(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2017-107181
(P2017-107181A)
(43)公開日　平成29年6月15日(2017.6.15)

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
G09F	9/46	(2006.01)	G09F	9/46	Z	2H192
G02F	1/1368	(2006.01)	G02F	1/1368		3K107
G09F	9/30	(2006.01)	G09F	9/30	365	5C094
G09F	9/00	(2006.01)	G09F	9/00	366A	5G435
H01L	51/50	(2006.01)	H05B	33/14	A	

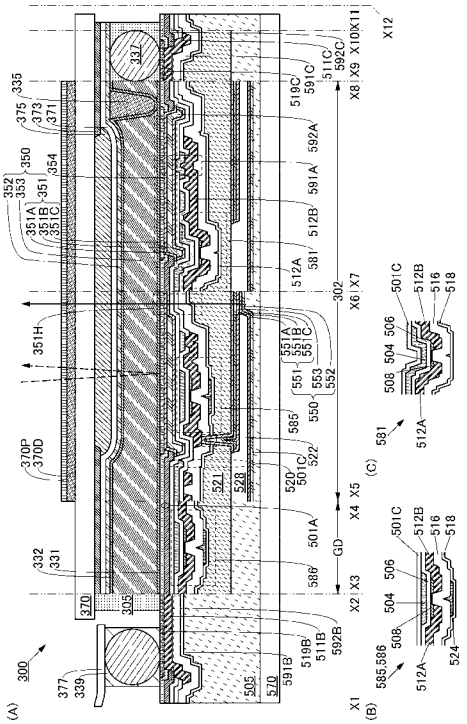
審査請求 未請求　請求項の数 12　ＯＬ　（全 150 頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2016-210578 (P2016-210578)
(22)出願日　平成28年10月27日 (2016.10.27)
(31)優先権主張番号　特願2015-214087 (P2015-214087)
(32)優先日　平成27年10月30日 (2015.10.30)
(33)優先権主張国　日本国 (JP)
(31)優先権主張番号　特願2015-234396 (P2015-234396)
(32)優先日　平成27年12月1日 (2015.12.1)
(33)優先権主張国　日本国 (JP)

(71)出願人　000153878
株式会社半導体エネルギー研究所
神奈川県厚木市長谷３９８番地
(72)発明者　佐々木　俊毅
神奈川県厚木市長谷３９８番地　株式会社半導体エネルギー研究所内
(72)発明者　瀬尾　哲史
神奈川県厚木市長谷３９８番地　株式会社半導体エネルギー研究所内
(72)発明者　大澤　信晴
神奈川県厚木市長谷３９８番地　株式会社半導体エネルギー研究所内
(72)発明者　横山　浩平
神奈川県厚木市長谷３９８番地　株式会社半導体エネルギー研究所内
最終頁に続く

(54)【発明の名称】表示装置、電子機器およびその作製方法

(57)【要約】
【課題】利便性に優れ、消費電力の低い新規な表示装置を提供する。
【解決手段】液晶層を有する表示素子と、発光層を有する表示素子と、第１のトランジスタと、第２のトランジスタと、を有する表示装置である。第１のトランジスタは、液晶層を有する表示素子の電極と電気的に接続され、第２のトランジスタは、発光層を有する表示素子の電極と電気的に接続される。液晶層を有する表示素子の電極と発光層を有する表示素子の電極は、それぞれ反射膜と導電膜とを有する。液晶層を有する表示素子の反射膜は、発光層を有する表示素子の反射膜が有する金属を含む領域を有する。
【選択図】図２



【特許請求の範囲】
【請求項１】
第１の表示素子と、第２の表示素子と、第１のトランジスタと、第２のトランジスタと、
を有する表示装置であって、
前記第１の表示素子は、第１の電極と、液晶層と、を有し、
前記第２の表示素子は、第２の電極と、発光層と、を有し、
前記第１のトランジスタは、前記第１の電極と電気的に接続され、
前記第２のトランジスタは、前記第２の電極と電気的に接続され、
前記第１の電極は、第１の反射膜と、第１の導電膜と、を有し、
前記第２の電極は、第２の反射膜と、第２の導電膜と、を有し、
前記第１の反射膜は、前記第２の反射膜が有する金属を含む領域を有する、
ことを特徴とする表示装置。
【請求項２】
請求項１において、
前記第１の反射膜、及び前記第２の反射膜は、ＡｇまたはＡｌのうち少なくとも一つを有する、
ことを特徴とする表示装置。
【請求項３】
第１の表示素子と、第２の表示素子と、第１のトランジスタと、第２のトランジスタと、
を有する表示装置であって、
前記第１の表示素子は、第１の電極と、液晶層と、を有し、
前記第２の表示素子は、第２の電極と、第３の電極と、発光層と、を有し、
前記第１のトランジスタは、前記第１の電極と電気的に接続され、
前記第２のトランジスタは、前記第２の電極と電気的に接続され、
前記第１の電極は、第１の反射膜と、第１の導電膜と、を有し、
前記第２の電極は、第２の反射膜と、第２の導電膜と、を有し、
前記第３の電極は、第３の反射膜を有し、
前記第１の反射膜は、前記第２の反射膜が有する金属を含む領域を有し、
前記第２の反射膜は、前記第３の反射膜が有する金属を含む領域を有する、
ことを特徴とする表示装置。
【請求項４】
請求項３において、
前記第１の反射膜、前記第２の反射膜、及び前記第３の反射膜は、ＡｇまたはＡｌのうち少なくとも一つを有する、
ことを特徴とする表示装置。
【請求項５】
請求項１乃至請求項４のいずれか一項において、
前記第１の導電膜、及び前記第２の導電膜は、ＩｎまたはＺｎのうち少なくとも一つを有する、
ことを特徴とする表示装置。
【請求項６】
請求項１乃至請求５のいずれか一項において、
前記第１の電極は、さらに第３の導電膜を有し、
前記第２の電極は、さらに第４の導電膜を有し、
前記第１の反射膜は、前記第１の導電膜と前記第３の導電膜とに挟持される領域を有し、
前記第２の反射膜は、前記第２の導電膜と前記第４の導電膜とに挟持される領域を有する、

ことを特徴とする表示装置。
【請求項７】
請求項６において、
前記第３の導電膜、及び前記第４の導電膜は、ＩｎまたはＺｎのうち少なくとも一つを有する、
ことを特徴とする表示装置。
【請求項８】
請求項６または請求項７において、
第３の導電膜は、第１の導電膜が有する金属を含む領域を有し、
第４の導電膜は、第２の導電膜が有する金属を含む領域を有する、
ことを特徴とする表示装置。
【請求項９】
請求項１乃至請求項８のいずれか一項において、
前記第１の反射膜は、開口部を有し、
前記開口部は、前記第１の導電膜、前記第２の反射膜、及び前記第２の導電膜と、重なる領域を有する、
ことを特徴とする表示装置。
【請求項１０】
請求項９において、
前記第２の表示素子は、前記開口部に向けて光を射出する機能を有し、
前記第２の表示素子は、前記第１の表示素子が表示をする方向と、同一方向に表示をする機能を有する、
ことを特徴とする表示装置。
【請求項１１】
請求項１乃至請求項１０のいずれか一項において、
前記第１のトランジスタ、及び前記第２のトランジスタは、酸化物半導体を有する、
ことを特徴とする表示装置。
【請求項１２】
請求項１乃至請求項１１のいずれか一項に記載の表示装置と、
筐体またはタッチセンサの少なくとも一と、
を有する電子機器。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明の一態様は、表示装置、または該表示装置を有する電子機器及びその作製方法に関する。
【０００２】
なお、本発明の一態様は、上記の技術分野に限定されない。本明細書等で開示する発明の一態様の技術分野は、物、方法、または、製造方法に関する。または、本発明の一態様は、プロセス、マシン、マニュファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関する。そのため、より具体的に本明細書で開示する本発明の一態様の技術分野としては、半導体装置、表示装置、液晶表示装置、発光装置、照明装置、蓄電装置、記憶装置、それらの駆動方法、または、それらの製造方法、を一例として挙げることができる。
【背景技術】
【０００３】
バックライトとして面発光を行う光源を用い、透過型の液晶表示素子を組み合わせることで、消費電力の低減と表示品位の低下の抑制を両立する液晶表示装置が知られている（例えば特許文献１参照）。
【０００４】

また、自発光型の発光素子を用いた表示装置の開発が進められている。自発光型の表示装置は、視認性が高く、透過型液晶表示装置に必要なバックライトが不要である等の利点がある。

【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開２０１１－２４８３５１号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
発光素子または透過型の液晶表示素子を有する表示装置は、強い外光が存在するような明るい環境下において表示を行うと、視認性が低くなるという課題がある。また、当該表示装置は、明るい環境下において視認性が高くなるよう、高い輝度を出力すると、消費電力が高くなってしまう。一方、反射型の液晶表示素子を有する表示装置は、暗い環境下において表示を行うと、表示が暗く、色再現性が低く、視認性が低くなるという課題がある。そのため、明るい環境下においても暗い環境下においても、視認性が高く、消費電力の低い、利便性の高い表示装置が求められている。
【０００７】
したがって、本発明の一態様では、視認性が高く、利便性に優れた表示装置を提供することを課題の一とする。または、本発明の一態様では、消費電力が低減された表示装置を提供することを課題の一とする。または、本発明の一態様では、色再現性の高い表示装置を提供することを課題の一とする。または、本発明の一態様では、信頼性の優れた表示装置を提供することを課題の一とする。または、本発明の一態様では、新規な表示装置を提供することを課題の一とする。または、本発明の一態様では、新規な表示装置の作製方法を提供することを課題の一とする。
【０００８】
なお、上記の課題の記載は、他の課題の存在を妨げない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの課題の全てを解決する必要はない。上記以外の課題は、明細書等の記載から自ずと明らかであり、明細書等の記載から上記以外の課題を抽出することが可能である。
【課題を解決するための手段】
【０００９】
本発明の一態様は、第１のトランジスタを用いて液晶層を有する第１の表示素子を駆動し、第２のトランジスタを用いて発光層を有する第２の表示素子を駆動することができる表示装置である。また、液晶層を有する第１の表示素子の電極と、発光層を有する第２の表示素子の電極とが、それぞれ反射膜を有し、それらの反射膜が同じ金属を有する表示装置である。
【００１０】
すなわち、本発明の一態様は、第１の表示素子と、第２の表示素子と、第１のトランジスタと、第２のトランジスタと、を有する表示装置であって、第１の表示素子は、第１の電極と、液晶層と、を有し、第２の表示素子は、第２の電極と、発光層と、を有し、第１のトランジスタは、第１の電極と電気的に接続され、第２のトランジスタは、第２の電極と電気的に接続され、第１の電極は、第１の反射膜と、第１の導電膜と、を有し、第２の電極は、第２の反射膜と、第２の導電膜と、を有し、第１の反射膜は、第２の反射膜が有する金属を含む領域を有する表示装置である。
【００１１】
上記構成において、第１の反射膜、及び第２の反射膜は、ＡｇまたはＡｌのうち少なくとも一つを有すると好ましい。
【００１２】
また、本発明の他の一態様は、第１の表示素子と、第２の表示素子と、第１のトランジ

スタと、第２のトランジスタと、を有する表示装置であって、第１の表示素子は、第１の電極と、液晶層と、を有し、第２の表示素子は、第２の電極と、第３の電極と、発光層と、を有し、第１のトランジスタは、第１の電極と電気的に接続され、第２のトランジスタは、第２の電極と電気的に接続され、第１の電極は、第１の反射膜と、第１の導電膜と、を有し、第２の電極は、第２の反射膜と、第２の導電膜と、を有し、第３の電極は、第３の反射膜を有し、第１の反射膜は、第２の反射膜が有する金属を含む領域を有し、第２の反射膜は、第３の反射膜が有する金属を含む領域を有する表示装置である。

【００１３】

上記構成において、第１の反射膜、第２の反射膜、及び第３の反射膜は、ＡｇまたはＡｌのうち少なくとも一つを有すると好ましい。

【００１４】

また、上記各構成において、第１の導電膜、及び第２の導電膜は、ＩｎまたはＺｎのうち少なくとも一つを有すると好ましい。

【００１５】

また、上記各構成において、第１の電極は、さらに第３の導電膜を有し、第２の電極は、さらに第４の導電膜を有し、第１の反射膜は、第１の導電膜と第３の導電膜とに挟持される領域を有し、第２の反射膜は、第２の導電膜と第４の導電膜とに挟持される領域を有すると好ましい。

【００１６】

上記構成において、第３の導電膜、及び第４の導電膜は、ＩｎまたはＺｎのうち少なくとも一つを有すると好ましい。また、第３の導電膜は、第１の導電膜が有する金属を含む領域を有し、第４の導電膜は、第２の導電膜が有する金属を含む領域を有すると好ましい。

【００１７】

また、上記各構成において、第１の反射膜は、開口部を有し、開口部は、第１の導電膜、第２の反射膜、及び第２の導電膜と、重なる領域を有すると好ましい。また、第２の表示素子は、開口部に向けて光を射出する機能を有し、第２の表示素子は、第１の表示素子が表示をする方向と、同一方向に表示をする機能を有すると好ましい。

【００１８】

また、上記各構成において、第１のトランジスタ、及び第２のトランジスタは、酸化物半導体を有すると好ましい。

【００１９】

また、本発明の他の一態様は、当該表示装置と、筐体またはタッチセンサの少なくとも一と、を有する電子機器である。また、本発明の一態様は、表示装置だけでなく、表示装置を有する電子機器も範疇に含める。従って、本明細書中における表示装置とは、画像表示デバイスを指す。また、表示装置にコネクター、例えばＦＰＣ（Ｆｌｅｘｉｂｌｅ Ｐｒｉｎｔｅｄ Ｃｉｒｃｕｉｔ）、ＴＣＰ（Ｔａｐｅ Ｃａｒｒｉｅｒ Ｐａｃｋａｇｅ）が取り付けられたモジュール、ＴＣＰの先にプリント配線板が設けられたモジュール、または表示装置にＣＯＧ（Ｃｈｉｐ Ｏｎ Ｇｌａｓｓ）方式によりＩＣ（集積回路）が直接実装されたモジュールも全て本発明の一態様である。

【発明の効果】

【００２０】

本発明の一態様により、視認性が高く、利便性に優れた表示装置を提供することができる。または、本発明の一態様により、消費電力が低減された表示装置を提供することができる。または、本発明の一態様により、色再現性の高い表示装置を提供することができる。または、本発明の一態様により、信頼性の優れた表示装置を提供することができる。または、本発明の一態様により、新規な表示装置を提供することができる。または、本発明の一態様により、新規な表示装置の作製方法を提供することができる。

【００２１】

なお、これらの効果の記載は、他の効果の存在を妨げない。なお、本発明の一態様は、

必ずしも、これらの効果の全てを有する必要はない。なお、これら以外の効果は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の効果を抽出することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【００２２】

【図１】本発明の一態様の表示装置の構成を説明する図。
【図２】本発明の一態様の表示装置の構成を説明する断面図。
【図３】本発明の一態様の表示装置の画素回路を説明する図。
【図４】本発明の一態様の表示装置の構成を説明する図。
【図５】本発明の一態様の表示装置の構成を説明する断面図。
【図６】本発明の一態様の表示装置の構成を説明する断面図。
【図７】本発明の一態様の表示装置の構成を説明する断面図。
【図８】本発明の一態様の表示装置の構成を説明する断面図。
【図９】本発明の一態様の表示装置の構成を説明する断面図。
【図１０】本発明の一態様の表示装置の構成を説明する断面図。
【図１１】本発明の一態様の表示装置の構成を説明する断面図。
【図１２】本発明の一態様の表示装置の構成を説明する断面図。
【図１３】本発明の一態様の表示装置の構成を説明する断面図。
【図１４】本発明の一態様の表示装置の構成を説明する断面図。
【図１５】本発明の一態様の表示装置の構成を説明する断面図。
【図１６】本発明の一態様の表示装置の作製方法を説明する断面図。
【図１７】本発明の一態様の表示装置の作製方法を説明する断面図。
【図１８】本発明の一態様の表示装置の作製方法を説明する断面図。
【図１９】本発明の一態様の表示装置の作製方法を説明する断面図。
【図２０】本発明の一態様の表示装置の作製方法を説明する断面図。
【図２１】本発明の一態様の表示装置の作製方法を説明する断面図。
【図２２】本発明の一態様の表示装置の作製方法を説明する断面図。
【図２３】本発明の一態様の表示装置の作製方法を説明する断面図。
【図２４】本発明の一態様の表示装置に係る発光素子の構成を説明する断面図。
【図２５】本発明の一態様の表示装置に係る発光素子の構成を説明する断面図。
【図２６】本発明の一態様の表示装置に係る発光素子の構成を説明する断面図、及びエネルギー準位の相関を説明する図。
【図２７】本発明の一態様の表示装置に係る発光素子の構成を説明する断面図、及びエネルギー準位の相関を説明する図。
【図２８】トランジスタの一例を示す上面図及び断面図。
【図２９】トランジスタの一例を示す上面図及び断面図。
【図３０】トランジスタの一例を示す断面図。
【図３１】トランジスタの一例を示す断面図。
【図３２】トランジスタの一例を示す上面図及び断面図。
【図３３】トランジスタの一例を示す上面図及び断面図。
【図３４】トランジスタの一例を示す上面図及び断面図。
【図３５】トランジスタの一例を示す上面図及び断面図。
【図３６】トランジスタの作製工程の一例を示す断面図。
【図３７】トランジスタの作製工程の一例を示す断面図。
【図３８】トランジスタの作製工程の一例を示す断面図。
【図３９】酸化物半導体膜中に移動する酸素を表すモデル図。
【図４０】本発明の一態様に係る酸化物半導体の原子数比の範囲を説明する図。
【図４１】$InMZnO_4$の３結晶を説明する図。
【図４２】酸化物半導体の積層構造におけるバンド図。
【図４３】ＣＡＡＣ－ＯＳおよび単結晶酸化物半導体のＸＲＤによる構造解析を説明する

図、ならびにＣＡＡＣ－ＯＳの制限視野電子回折パターンを示す図。
【図４４】ＣＡＡＣ－ＯＳの断面ＴＥＭ像、ならびに平面ＴＥＭ像およびその画像解析像。
【図４５】ｎｃ－ＯＳの電子回折パターンを示す図、およびｎｃ－ＯＳの断面ＴＥＭ像。
【図４６】ａ－ｌｉｋｅ　ＯＳの断面ＴＥＭ像。
【図４７】Ｉｎ－Ｇａ－Ｚｎ酸化物の電子照射による結晶部の変化を示す図。
【図４８】本発明の一態様に係る入出力装置の構成を説明する図。
【図４９】本発明の一態様に係る情報処理装置の構成を説明するブロック図および投影図。
【図５０】本発明の一態様に係る表示部の構成を説明するブロック図および回路図。
【図５１】本発明の一態様に係るプログラムを説明するフローチャート。
【図５２】本発明の一態様に係る画像情報を説明する模式図。
【図５３】本発明の一態様に係る半導体装置の構成を説明する断面図および回路図。
【図５４】本発明の一態様に係るＣＰＵの構成を説明するブロック図。
【図５５】本発明の一態様に係る記憶素子の構成を説明する回路図。
【図５６】本発明の一態様に係る電子機器の構成を説明する図。
【図５７】実施例における、発光素子の電流効率－輝度特性。
【図５８】実施例における、発光素子の輝度－電圧特性。
【図５９】実施例における、発光素子の電界発光スペクトル。
【図６０】実施例における、発光素子の輝度の角度分布、及び色度の視野角依存性を説明する図。
【図６１】実施例における、表示装置の表示例を説明する図。
【図６２】実施例における、表示装置の電界発光スペクトル。
【図６３】実施例における、表示装置の色度の視野角依存性を説明する図。
【図６４】実施例における、表示装置の色度図。
【発明を実施するための形態】
【００２３】
以下、本発明の実施の態様について図面を用いて詳細に説明する。但し、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることが可能である。従って、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されない。
【００２４】
なお、図面等において示す各構成の、位置、大きさ、範囲などは、理解の簡単のため、実際の位置、大きさ、範囲などを表していない場合がある。このため、開示する発明は、必ずしも、図面等に開示された位置、大きさ、範囲などに限定されない。
【００２５】
また、図面において、構成要素を機能ごとに分類し、互いに独立したブロックとして、ブロック図を示している場合があるが、実際の構成要素は、機能ごとに完全に切り分けることが困難であり、一つの構成要素が複数の機能に係わる場合もある。
【００２６】
また、本明細書等において、第１、第２等として付される序数詞は便宜上用いており、工程順又は積層順を示さない場合がある。そのため、例えば、「第１の」を「第２の」又は「第３の」などと適宜置き換えて説明することができる。また、本明細書等に記載されている序数詞と、本発明の一態様を特定するために用いられる序数詞は一致しない場合がある。
【００２７】
また、本明細書等において、図面を用いて発明の構成を説明するにあたり、同じものを指す符号は異なる図面間でも共通して用いる場合がある。
【００２８】
また、本明細書等において、「膜」という用語と、「層」という用語とは、互いに入れ

替えることが可能である。例えば、「導電層」という用語を、「導電膜」という用語に変更することが可能な場合がある。または、例えば、「絶縁膜」という用語を、「絶縁層」という用語に変更することが可能な場合がある。

【００２９】

また、本明細書等において、「半導体」と表記した場合であっても、例えば、導電性が十分に低い場合は、「絶縁体」としての特性を有する場合がある。また、「半導体」と「絶縁体」とは境界が曖昧であり、厳密に区別できない場合がある。したがって、本明細書等に記載の「半導体」は、「絶縁体」に言い換えることが可能な場合がある。同様に、本明細書等に記載の「絶縁体」は、「半導体」に言い換えることが可能な場合がある。または、本明細書等に記載の「絶縁体」を「半絶縁体」に言い換えることが可能な場合がある。

【００３０】

また、本明細書等において、「半導体」と表記した場合であっても、例えば、導電性が十分に高い場合は、「導電体」としての特性を有する場合がある。また、「半導体」と「導電体」とは境界が曖昧であり、厳密に区別できない場合がある。したがって、本明細書等に記載の「半導体」は、「導電体」に言い換えることが可能な場合がある。同様に、本明細書等に記載の「導電体」は、「半導体」に言い換えることが可能な場合がある。

【００３１】

また、本明細書等において、トランジスタの第１の電極または第２の電極の一方がソース電極を、他方がドレイン電極を指す。

【００３２】

なお、トランジスタが有するソースおよびドレインとは、トランジスタの極性及び各端子に与えられる電位の高低によって、その呼び方が入れ替わる場合がある。一般にｎチャネル型トランジスタでは、低い電位が与えられる端子がソースと呼ばれ、高い電位が与えられる端子がドレインと呼ばれる。また、ｐチャネル型トランジスタでは、低い電位が与えられる端子がドレインと呼ばれ、高い電位が与えられる端子がソースと呼ばれる。したがって、本明細書等においては、便宜上、ソースとドレインとが固定されていると仮定して、トランジスタの接続関係を説明する場合があるが、実際には上記の電位関係に従ってソースとドレインとの呼び方が入れ替わっても良い。

【００３３】

また、トランジスタが直列に接続されている状態とは、例えば、第１のトランジスタのソースまたはドレインの一方のみが、第２のトランジスタのソースまたはドレインの一方のみに接続されている状態を意味する。また、トランジスタが並列に接続されている状態とは、第１のトランジスタのソースまたはドレインの一方が、第２のトランジスタのソースまたはドレインの一方に接続され、第１のトランジスタのソースまたはドレインの他方が、第２のトランジスタのソースまたはドレインの他方に接続されている状態を意味する。

【００３４】

また、本明細書等において回路図上は独立している構成要素同士が接続されている場合であっても、実際には、例えば配線の一部が電極として機能する場合など、一の導電膜が、複数の構成要素の機能を併せ持っている場合もある。本明細書等において接続とは、このような、一の導電膜が、複数の構成要素の機能を併せ持っている場合も、その範疇に含める。

【００３５】

また、本明細書において、「平行」とは、二つの直線が－１０°以上１０°以下の角度で配置されている状態をいう。したがって、－５°以上５°以下の場合も含まれる。また、「略平行」とは、二つの直線が－３０°以上３０°以下の角度で配置されている状態をいう。また、「垂直」とは、二つの直線が８０°以上１００°以下の角度で配置されている状態をいう。したがって、８５°以上９５°以下の場合も含まれる。また、「略垂直」とは、二つの直線が６０°以上１２０°以下の角度で配置されている状態をいう。

【００３６】
また、本明細書において、結晶が三方晶または菱面体晶である場合、六方晶系として表す。
【００３７】
また、本明細書等において、一重項励起状態（Ｓ＊）は、励起エネルギーを有する一重項状態のことである。また、Ｓ１準位は、一重項励起エネルギー準位の最も低い準位であり、最も低い一重項励起状態の励起エネルギー準位のことである。また、三重項励起状態（Ｔ＊）は、励起エネルギーを有する三重項状態のことである。また、Ｔ１準位は、三重項励起エネルギー準位の最も低い準位であり、最も低い三重項励起状態の励起エネルギー準位のことである。なお、本明細書等において、単に一重項励起状態および一重項励起エネルギー準位と表記した場合であっても、最も低い一重項励起状態およびＳ１準位を表す場合がある。また、三重項励起状態および三重項励起エネルギー準位と表記した場合であっても、最も低い三重項励起状態およびＴ１準位を表す場合がある。
【００３８】
また、本明細書等において、蛍光材料とは、一重項励起状態から基底状態へ緩和する際に可視光領域に発光を与える材料である。一方、燐光材料とは、三重項励起状態から基底状態へ緩和する際に、室温において可視光領域に発光を与える材料である。換言すると燐光材料とは、三重項励起エネルギーを可視光へ変換可能な材料の一つである。
【００３９】
また、燐光発光エネルギーまたは三重項励起エネルギーは、燐光発光の最も短波長側の発光ピーク（ショルダーを含む）または立ち上がりの波長から導出することができる。なお、該燐光発光は、低温（例えば、１０Ｋ）環境下において、時間分解フォトルミネッセンス法を行うことで観測することができる。また、熱活性化遅延蛍光の発光エネルギーは、熱活性化遅延蛍光の最も短波長側の発光ピーク（ショルダーを含む）または立ち上がりの波長から導出することができる。
【００４０】
また、本明細書等において、青色の波長領域とは、４００ｎｍ以上４９０ｎｍ未満の波長領域であり、青色の発光とは該領域に少なくとも一つの発光スペクトルピークを有する発光である。また、緑色の波長領域とは、４９０ｎｍ以上５５０ｎｍ未満の波長領域であり、緑色の発光とは該領域に少なくとも一つの発光スペクトルピークを有する発光である。また、黄色の波長領域とは、５５０ｎｍ以上５９０ｎｍ未満の波長領域であり、黄色の発光とは該領域に少なくとも一つの発光スペクトルピークを有する発光である。また、赤色の波長領域とは、５９０ｎｍ以上７４０ｎｍ以下の波長領域であり、赤色の発光とは該領域に少なくとも一つの発光スペクトルピークを有する発光である。
【００４１】
なお、本明細書等において、室温とは、０℃以上４０℃以下の範囲の温度をいう。
【００４２】
（実施の形態１）
本実施の形態では、本発明の一態様の表示装置について、図１乃至図２５を用いて以下説明する。
【００４３】
図１（Ａ）は、本発明の一態様の表示装置３００の構成を説明する下面図である。また、図１（Ｂ－１）は、図１（Ａ）の一部を説明する下面図であり、図１（Ｂ－２）は、図１（Ｂ－１）に図示する一部の構成が省略された下面図である。
【００４４】
図２（Ａ）（Ｂ）（Ｃ）は、本発明の一態様の表示装置３００の構成を説明する断面図である。図２（Ａ）は、図１（Ａ）の切断線Ｘ１－Ｘ２、Ｘ３－Ｘ４、Ｘ５－Ｘ６、Ｘ７－Ｘ８、Ｘ９－Ｘ１０、Ｘ１１－Ｘ１２における断面図である。また、図２（Ｂ）は、表示装置３００の一部の構成を説明する断面図であり、図２（Ｃ）は、表示装置３００の他の一部の構成を説明する断面図である。

【００４５】
図３は、本発明の一態様の表示装置３００が有する画素回路３０２を説明する図である。
【００４６】
＜表示装置の構成例１＞
図１（Ａ）に示すように、本発明の一態様の表示装置３００は、画素部５０２と、画素部５０２の外側に配置される駆動回路ＧＤ及び駆動回路ＳＤとを有する。また、画素部５０２は、画素回路３０２を有する。
【００４７】
画素回路３０２は、第１の表示素子３５０と、第２の表示素子５５０と、を有する（図３参照）。また、画素回路３０２は、スイッチ５８１を有し、スイッチ５８１は、トランジスタを有する。また、画素回路３０２は、トランジスタ５８５を有する（図２参照）。
【００４８】
第２の表示素子５５０は、第１の表示素子３５０が表示をする方向と同一の方向に表示をする機能を有する。例えば、第１の表示素子３５０が外光を反射する強度を制御して表示をする方向を、図２（Ａ）中の破線矢印で示す。また、第２の表示素子５５０が表示をする方向を、図２（Ａ）中の実線矢印で示す。
【００４９】
第１の表示素子３５０は、入射する光を反射する機能と、反射する光の強さを制御する機能と、を有する。そのため、第１の表示素子３５０は、入射する光を反射する機能を有する反射膜３５１Ｂと、反射する光の強さを制御する機能を有する材料を有する層と、を有する。
【００５０】
第１の表示素子３５０には、反射型の液晶素子を用いることが好ましい。具体的には、第１の表示素子３５０は、液晶層３５３と、電極３５１と、電極３５２と、を有すると好ましい。電極３５１は、光を反射する機能を有する反射膜３５１Ｂを有すると好ましい。また、液晶層３５３は、液晶材料を有する。なお、電極３５２は、電極３５１との間に液晶材料の配向を制御する電界が形成されるよう配置される。また、液晶層３５３が、第１の表示素子３５０に入射し反射膜３５１Ｂで反射する光の強さを制御する機能を有すると好ましい。
【００５１】
また、電極３５１は、反射膜３５１Ｂを挟持するように、導電膜３５１Ａ及び導電膜３５１Ｃを有する構成であると好ましい。反射膜３５１Ｂを導電膜３５１Ａ及び導電膜３５１Ｃが挟持することで、反射膜３５１Ｂが有する元素が他の層に拡散することを抑制することができる。また、外部から侵入する不純物によって反射膜３５１Ｂが汚染されることを抑制することができる。
【００５２】
また、導電膜３５１Ａ、及び導電膜３５１Ｃは、光を透過する機能を有することが好ましい。導電膜３５１Ａが光を透過する機能を有することで、外部から第１の表示素子３５０に入射した光を効率よく反射膜３５１Ｂで反射させることができる。また、導電膜３５１Ｃが光を透過する機能を有することで、後に示すように第２の表示素子５５０が射出する光を効率よく外部へ取り出すことができる。
【００５３】
なお、導電膜３５１Ａ、及び導電膜３５１Ｃを構成する材料は、同じであっても良いし、異なっていても良い。導電膜３５１Ａ、及び導電膜３５１Ｃに同じ材料を用いる場合、電極３５１の形成過程におけるエッチング工程によるパターン形成が容易になり、表示装置３００の製造コストを低減できるため好ましい。また、導電膜３５１Ａ、及び導電膜３５１Ｃは、それぞれ２層以上の層が積層された構成であっても良い。
【００５４】
また、表示装置３００は、配向膜３３１および配向膜３３２を有する。配向膜３３２は

、配向膜３３１との間に液晶層３５３を挟持するように配設される。
【００５５】
また、表示装置３００は、画素回路３０２と重なる領域に、着色層３７５と、遮光膜３７３と、絶縁膜３７１と、機能膜３７０Ｄと、機能膜３７０Ｐと、を有する。
【００５６】
着色層３７５は、第１の表示素子３５０と重なる領域を有する。遮光膜３７３は、第１の表示素子３５０と重なる領域に開口部を有する。着色層３７５を設けることにより、外部から第１の表示素子３５０に入射する光が着色層３７５を介して反射膜３５１Ｂに入射し、反射膜３５１Ｂで反射した光が着色層３７５を介して外部へ取り出されるため、外部から第１の表示素子３５０に入射し、反射する光を所定の色で外部に取り出すことができる。
【００５７】
絶縁膜３７１は、着色層３７５と液晶層３５３との間、または遮光膜３７３と液晶層３５３との間に配設される。これにより、遮光膜３７３または着色層３７５等から液晶層３５３への不純物の拡散を抑制することができる。また、着色層３７５の厚さに基づく凹凸を平坦にするよう絶縁膜３７１を配設してもよい。
【００５８】
機能膜３７０Ｄ及び機能膜３７０Ｐは、第１の表示素子３５０と重なる領域を有する。機能膜３７０Ｄは、第１の表示素子３５０との間に、基板３７０を挟持するように配設される。機能膜３７０Ｄ及び機能膜３７０Ｐには、第１の表示素子３５０及び第２の表示素子５５０の表示を鮮明にする機能を有する膜や、表示装置３００の表面を保護する機能を有する膜などを用いることができる。なお、機能膜３７０Ｄ及び機能膜３７０Ｐは、どちらか一方であってもよい。
【００５９】
また、表示装置３００は、基板３７０と、基板５７０と、機能層５２０と、を有する。
【００６０】
基板３７０は、基板５７０と重なる領域を有する。機能層５２０は、基板５７０および基板３７０との間に配設される。
【００６１】
機能層５２０は、画素回路３０２が有するトランジスタと、第２の表示素子５５０と、絶縁膜５２１と、絶縁膜５２８と、を有する。
【００６２】
絶縁膜５２１は、画素回路３０２が有するトランジスタおよび第２の表示素子５５０との間に配設される。絶縁膜５２１は、絶縁膜５２１と重なるさまざまな構造に由来する段差を平坦化することができるよう形成されると好ましい。
【００６３】
また、第２の表示素子５５０には、発光素子を用いることが好ましい。具体的には、有機エレクトロルミネッセンス素子（有機ＥＬ素子）、無機エレクトロルミネッセンス素子（無機ＥＬ素子）、または発光ダイオード（ＬＥＤ）などを用いることができる。
【００６４】
第２の表示素子５５０は、電極５５１と、電極５５２と、発光層５５３と、を有する。電極５５２は、電極５５１と重なる領域を有し、発光層５５３は、電極５５１及び電極５５２の間に配設される。そして、電極５５１は、接続部５２２において、画素回路３０２が有するトランジスタ５８５と電気的に接続される。
【００６５】
また、絶縁膜５２８は、電極５５１と電極５５２とで挟持される領域を有する。絶縁膜５２８は、絶縁性を有し、電極５５１及び電極５５２の短絡を防止することができる。そのためには、電極５５１の側端部は、絶縁膜５２８と接する領域を有すると好ましい。また、絶縁膜５２８は、第２の表示素子５５０と重なる領域に開口部を有し、該開口部において、第２表示素子５５０が発光する。

【００６６】
発光層５５３は、発光性の材料として、有機材料または無機材料を有することが好ましい。具体的には、蛍光発光性の有機材料、または燐光発光性の有機材料を用いることができる。また、量子ドットなどの発光性の無機材料を用いることができる。
【００６７】
また、第１の表示素子３５０が有する反射膜３５１Ｂは、開口部３５１Ｈを有する。開口部３５１Ｈは、光を透過する機能を有する導電膜３５１Ａ及び導電膜３５１Ｃと重なる領域を有する。第２の表示素子５５０は、開口部３５１Ｈに向けて光を射出する機能を有する。換言すると、第１の表示素子３５０は、反射膜３５１Ｂと重なる領域に表示を行う機能を有し、第２の表示素子５５０は、開口部３５１Ｈと重なる領域に表示を行う機能を有する。
【００６８】
また、第１の表示素子３５０は、反射膜３５１Ｂと重なる領域に表示をする機能を有し、第２の表示素子５５０は、開口部３５１Ｈと重なる領域に表示をする機能を有するため、第２の表示素子５５０は、第１の表示素子３５０が表示をする領域に囲まれた領域に表示をする機能を有する（図１（Ｂ－１）または図１（Ｂ－２）参照）。
【００６９】
したがって、絶縁膜５２８が有する開口部は、開口部３５１Ｈと重なる領域を有すると好ましく、絶縁膜５２８が有する開口部と開口部３５１Ｈとの面積が、概ね同等であると好ましい。そうすることで、絶縁膜５２８が有する開口部において発光した第２の表示素子５５０の光を、開口部３５１Ｈから効率的に取り出すことができる。具体的には、絶縁膜５２８が有する開口部の面積を１としたときの開口部３５１Ｈの面積は、好ましくは０．５以上２以下であり、より好ましくは０．７以上１．４以下である。
【００７０】
なお、外部から入射する光を第１の表示素子３５０において効率よく反射するためには、絶縁膜５２８が有する開口部の面積より開口部３５１Ｈの面積が小さい方が好ましい。あるいは、第２の表示素子５５０が呈する光を出来るだけ多く外部へ取り出すためには、絶縁膜５２８が有する開口部の面積より開口部３５１Ｈの面積が大きい方が好ましい。
【００７１】
以上のように、反射型の液晶素子を第１の表示素子３５０に用い、発光素子を第２の表示素子５５０に用い、明るい環境下においては反射型の液晶素子（第１の表示素子３５０）により表示を行い、暗い環境下においては発光素子（第２の表示素子５５０）が射出する光を用いて表示を行うことで、消費電力が低減され、明るい環境下でも暗い環境下でも視認性の高く利便性の高い表示装置を提供することができる。また、薄暗い環境下においては、外光を利用した反射型の液晶素子による表示と、発光素子が射出する光を用いた表示を行うことで、視認性が高く消費電力が低減された利便性の高い表示装置を提供することができる。
【００７２】
＜第２の表示素子の構成要素＞
ここで、第２の表示素子５５０の構成について、図２４乃至図２５を用いて説明する。
【００７３】
≪構成例１≫
図２４（Ａ）は、本発明の一態様の表示装置３００に係る発光素子の断面図である。第２の表示素子５５０に用いることができる発光素子５５０Ａは、一対の電極（電極５５１及び電極５５２）、及び該一対の電極間に設けられた発光層５５３を有する。また、発光素子５５０Ａは、発光層５５３の他に、正孔注入層５６１、正孔輸送層５６２、電子輸送層５６８、及び電子注入層５６９を有すると好ましい。
【００７４】
なお、発光素子５５０Ａの構成は、これに限定されず、正孔注入層５６１、正孔輸送層５６２、電子輸送層５６８、及び電子注入層５６９の中から選ばれた少なくとも一つを有

する構成とすればよい。あるいは、第２の表示素子５５０に用いる発光素子は、正孔または電子の注入障壁を低減する、正孔または電子の輸送性を向上する、正孔または電子の輸送性を阻害する、もしくは電極による消光現象を抑制する、ことができる等の機能を有する層を有する構成としてもよい。なお、上記各層はそれぞれ単層であっても、複数の層が積層された構成であってもよい。

【００７５】

また、発光層５５３は、青色、緑色、赤色、黄色、または白色等の光を射出する機能を有すると好ましい。第２の表示素子５５０においては、少なくとも互いに異なる３色の発光を呈する発光素子を有する。そのため、図２４（Ａ）では、発光層５５３を、発光層５５３Ｒ、発光層５５３Ｇ、発光層５５３Ｂとして図示している。

【００７６】

発光層５５３Ｒ、発光層５５３Ｇ、発光層５５３Ｂは、それぞれ異なる色を呈する機能を有する発光材性の材料（発光材料）を有することが好ましい。例えば、発光層５５３Ｒが赤色を呈する機能を有する発光材料を有することで、領域５７１Ｒは赤色の発光を呈し、発光層５５３Ｇが緑色を呈する機能を有する発光材料を有することで、領域５７１Ｇは緑色の発光を呈し、発光層５５３Ｂが青色を呈する機能を有する発光材料を有することで、領域５７１Ｂは青色の発光を呈する。このような構成を有する発光素子を、表示装置３００の画素に用いることで、フルカラー表示が可能な表示装置を作製することができる。

【００７７】

なお、それぞれの発光層の膜厚は、同じであっても良いし、異なっていても良い。また、発光層５５３Ｒ、発光層５５３Ｇ、発光層５５３Ｂ、のいずれか一つまたは複数の発光層は、２層以上が積層された構成としても良く、発光材料を有さない層が含まれていても良い。

【００７８】

また、本発明の一態様の表示装置は、第２の表示素子５５０と重なる領域に、光学素子（例えば、着色層、色変換層（例えば量子ドット等）、偏光板、反射防止膜等）として機能する着色層３７５、機能膜３７０Ｄ、及び機能膜３７０Ｐを有する。そのため、発光素子５５０Ａが呈する発光の色純度を向上させることができ、表示装置３００の色純度を高めることができる。あるいは、表示装置３００のコントラスト比を高めることができる。

【００７９】

発光素子５５０Ａにおいては、一対の電極（電極５５１及び電極５５２）間に電圧を印加することにより、陰極から電子が、陽極から正孔（ホール）が、それぞれ発光素子に注入され、電流が流れる。そして、注入された電子および正孔が再結合することによって、発光層５５３（発光層５５３Ｒ、発光層５５３Ｇ、及び発光層５５３Ｂ）が有する発光材料が励起状態となり、励起された発光材料から発光を得ることができる。

【００８０】

発光層５５３は、少なくとも発光性の材料を有すればよく、該発光性の材料としては、発光性の有機材料または無機材料が好ましい。発光性の有機材料としては、蛍光を呈する材料（蛍光材料）を用いることができる。また、発光性の有機材料としては、三重項励起エネルギーを発光に変換することができる機能を有すると好ましく、燐光を発することができる材料（燐光材料）は、発光効率が高いため好適である。また、発光性の無機材料としては、量子ドットが発光スペクトルの半値幅が小さく、色純度の高い発光を呈する機能を有するため好適である。

【００８１】

発光層の形成方法としては、異なる色の発光を呈する機能を有する発光層を共通の領域に形成し、着色層（カラーフィルタともいう）を用いて発光色を変える方式（いわゆる、カラーフィルタ方式）と、異なる色の発光を呈する機能を有する発光層をそれぞれ異なる領域に形成する方式（いわゆる、塗り分け方式）とが挙げられる。塗り分け方式においては、着色層を用いて発光色を変える必要がないため、発光層から射出される光の利用効率が高く、発光効率の高い発光素子を作製することができる。

【００８２】
しかしながら、塗り分け方式においては、シャドウマスク（ファインメタルマスクともいう）を用いて、異なる色を呈する機能を有する発光層を異なる領域に形成する必要があるため、シャドウマスクの開口部を所望の位置に配置（アライメントともいう）する精度が高く要求される。表示装置の画素の密度が高くなり、精細度が高くなると、高いアライメント精度が必要となるため、表示装置の作製する際の歩留りが低下してしまう。したがって、シャドウマスクを用いた発光層の形成工程は少ない方が好ましい。
【００８３】
シャドウマスクを用いた発光層の形成工程が少ない構成について、図２４（Ｂ）を用いて説明する。図２４（Ｂ）に示す発光素子５５０Ｂは、発光層５５３Ｒを領域５７１Ｒと重なる領域に、発光層５５３Ｇを領域５７１Ｇと重なる領域にそれぞれ形成し、発光層５５３Ｂを、領域５７１Ｒ、領域５７１Ｇ、及び領域５７１Ｂと重なる領域に形成することで、シャドウマスクを用いた発光層の形成工程を少なくすることができる。
【００８４】
発光素子５５０Ｂは、正孔注入層５６１、正孔輸送層５６２、発光層５５３Ｂ、電子輸送層５６８、電子注入層５６９、及び電極５５２を、領域５７１Ｒ、領域５７１Ｇ、及び領域５７１Ｂに共通で形成することができるため、シャドウマスクを用いた形成工程を、発光層５５３Ｒ及び発光層５５３Ｇの形成工程である２回とすることができる。そのため、発光素子５５０Ｂの作製時における生産性を発光素子５５０Ａより高めることができる。
【００８５】
発光素子５５０Ｂにおいては、領域５７１Ｒ及び領域５７１Ｇにおける発光層５５３Ｂは、発光に寄与しない構成とすると好ましい。例えば、発光層５５３Ｂとして、電子輸送性に優れ、正孔輸送性に劣る材料、またはＨＯＭＯ（Ｈｉｇｈｅｓｔ　Ｏｃｃｕｐｉｅｄ　Ｍｏｌｅｃｕｌａｒ　Ｏｒｂｉｔａｌ、最高被占軌道ともいう）準位が、発光層５５３Ｒおよび発光層５５３Ｇが有する材料よりも低い材料、を用いる構成とすればよい。すなわち、発光層５５３Ｂは、領域５７１Ｂにおいて発光層としての機能を有し、領域５７１Ｒおよび領域５７１Ｇにおいて電子輸送層としての機能を有する構成とすればよい。
【００８６】
また、例えば、発光層５５３Ｒおよび発光層５５３Ｇがホスト材料とゲスト材料とを有する構成である場合、該ホスト材料は、正孔輸送性を有する材料（正孔輸送性材料）と、電子輸送性を有する材料（電子輸送性材料）とを有すると好ましい。このような構成とすることで、発光層５５３Ｒおよび発光層５５３Ｇはバイポーラ性を有し、発光層におけるキャリアバランスを好適にすることができる。
【００８７】
また、発光層５５３Ｒおよび発光層５５３Ｇが呈する光の波長は、発光層５５３Ｂが呈する光の波長より長波長であると好ましい。そうすることで、発光層５５３Ｒおよび発光層５５３Ｇが射出する発光のエネルギーによって、発光層５５３Ｂが有する発光材料が励起して発光することを抑制することができる。また、領域５７１Ｒおよび領域５７１Ｇにおいて発光層５５３Ｂが発光したとしても、発光層５５３Ｂが呈する発光を発光層５５３Ｒおよび発光層５５３Ｇが吸収することで、発光層５５３Ｒおよび発光層５５３Ｇが呈する発光に変換することができ、領域５７１Ｒおよび領域５７１Ｇにおいて発光層５５３Ｂが呈する発光が外部へ射出されることを抑制することができる。
【００８８】
このような構成としては、例えば、発光層５５３Ｒが、赤色の光を呈する機能を有する燐光材料を有する構成を用い、発光層５５３Ｇが、緑色の光を呈する機能を有する燐光材料を有する構成を用い、発光層５５３Ｂが、青色の光を呈する機能を有する蛍光材料を有する構成であると好ましい。このような構成とすることで、高い発光効率と、高い信頼性とを両立する発光素子を作製することができる。あるいは、発光層５５３Ｂが、青色の光を呈する機能を有する燐光材料を有する構成であってもよい。

【００８９】
なお、発光層５５３Ｒ及び発光層５５３Ｇを成膜する工程において、正孔輸送層と発光層とを順次成膜してもよい。そうすることで、電極５５１と電極５５２との間の膜厚を、発光層が呈する光が外部に射出されやすい膜厚とすることができる。
【００９０】
また、図２４（Ａ）（Ｂ）に示す発光素子５５０Ａ及び発光素子５５０Ｂは、電極５５１側に光を取り出す下面射出（ボトムエミッション）型の発光素子であると好ましいが、電極５５１と反対方向に光を取り出す上面射出（トップエミッション）型の発光素子であってもよい。
【００９１】
発光素子５５０Ａ及び発光素子５５０Ｂが、ボトムエミッション型である場合、電極５５２は、光を反射する機能を有することが好ましい。そのため、電極５５２は、光を反射する機能を有する反射膜を有することが好ましい。また、電極５５１は、光を透過する機能を有することが好ましい。また、電極５５１は、光を透過する機能と光を反射する機能とを有する反射膜５５１Ｂを有すると好ましい。反射膜５５１Ｂを有することで、電極５５１が、光を透過する機能と光を反射する機能とを有し、電極５５１と電極５５２との間で光が共振するマイクロキャビティ構造を構成することができる。
【００９２】
具体的には、電極５５１は、導電膜５５１Ａと、導電膜５５１Ａ上の反射膜５５１Ｂと、反射膜５５１Ｂ上の導電膜５５１Ｃと、を有すると好ましい。すなわち、電極５５１は、反射膜５５１Ｂが、導電膜５５１Ａと、導電膜５５１Ｃとで挟持される領域を有すると好ましい。
【００９３】
また、第２の表示素子５５０における反射膜５５１Ｂは、第１の表示素子３５０における反射膜３５１Ｂが有する材料と同じ材料を有する領域を有すると好ましい。反射膜５５１Ｂと反射膜３５１Ｂとが同じ材料を有する領域を有することで、表示装置の製造コストを安価にすることができる。
【００９４】
また、反射膜５５１Ｂ及び反射膜３５１Ｂが有する材料は、光を反射する機能を有する金属が好ましく、銀（Ａｇ）またはアルミニウム（Ａｌ）のうち少なくとも一つを有するとさらに好ましい。Ａｌは、反射率が高く、材料コストが安く、パターン形成が容易、といった利点があるため、Ａｌを反射膜に用いることで、表示装置の製造コストを安価にすることができる。また、Ａｇは特に高い反射率を有するため、反射膜の反射率を高めることができ、表示装置の消費電力を低減させることができる。また、Ａｇは吸収率が低いため、光が透過する程度（好ましくは、１ｎｍ以上３０ｎｍ以下）の厚さにすることで、光が透過する機能と光が反射する機能を有する反射膜を構成することができる。
【００９５】
したがって、反射膜５５１Ｂは、反射膜３５１Ｂより膜厚が薄い領域を有すると好ましい。
【００９６】
また、上記理由から、電極５５２が有する反射膜が、反射膜５５１Ｂと同じ材料を有すると好ましく、反射膜５５１Ｂが反射膜３５１Ｂと同じ材料を有すると好ましい。該材料は、光を反射する機能を有する金属が好ましく、銀（Ａｇ）またはアルミニウム（Ａｌ）のうち少なくとも一つを有するとさらに好ましい。
【００９７】
また、反射膜５５１Ｂは、電極５５２が有する反射膜より膜厚が薄い領域を有すると好ましい。
【００９８】
また、第２の表示素子５５０が有する導電膜５５１Ａ及び導電膜５５１Ｃは、第１の表示素子３５０が有する導電膜３５１Ａ及び３５１Ｃが有する材料と同じ材料を有する領域

を有すると好ましい。導電膜５５１Ａ、導電膜５５１Ｃ、導電膜３５１Ａ、及び導電膜３５１Ｃが同じ材料を有する領域を有することで、表示装置の製造コストを安価にすることができる。

【００９９】

また、導電膜５５１Ａが、導電膜５５１Ｃが有する金属と同じ金属を有する領域を有する場合、電極５５１の形成過程におけるエッチング工程によるパターン形成が容易になるため好ましい。また、導電膜３５１Ａが、導電膜３５１Ｃが有する金属と同じ金属を有する領域を有する場合、電極３５１の形成過程におけるエッチング工程によるパターン形成が容易になるため好ましい。

【０１００】

また、導電膜５５１Ｃ、及び導電膜３５１Ｃが有する材料は、光を透過する機能を有すると好ましく、該材料は金属酸化物であると好ましい。また、導電膜５５１Ａ、及び導電膜３５１Ａが有する材料は、光を透過する機能を有すると好ましく、該材料は金属酸化物であると好ましい。また、これら金属酸化物は、インジウム（Ｉｎ）または亜鉛（Ｚｎ）のうち少なくとも一つを有すると好ましい。金属酸化物がＩｎまたは／及びＺｎを有することで、導電性を高め、光の透過率を高めることができる。また、Ｚｎは、材料コストが安いため、Ｚｎを導電膜に用いることで、表示装置の製造コストを安価にすることができる。

【０１０１】

なお、Ａｌを有する材料とＩｎを有する酸化物とが直接に接する場合、Ａｌを有する材料とＩｎを有する酸化物との間でイオン化傾向の差が生じることで、当該材料及び当該酸化物の間で電子の授受が生じ、当該材料及び当該酸化物を有する電極で電食が生じる場合がある。そのため、Ａｌを有する材料とＩｎを有する酸化物とが、接しない構成であると好ましい。このことからも、反射膜３５１Ｂ及び反射膜５５１Ｂが有する金属としては、Ａｇが特に好ましい。

【０１０２】

なお、図５（Ａ）に示すように、電極５５１は、導電膜５５１Ａまたは導電膜５５１Ｃのいずれか一方のみを有する構成であっても良い。また、電極３５１は、導電膜３５１Ａまたは導電膜３５１Ｃのいずれか一方のみを有する構成であっても良い。

【０１０３】

≪マイクロキャビティ構造≫

また、第２の表示素子５５０に用いることができる発光素子は、マイクロキャビティ構造を有すると好ましい。

【０１０４】

電極５５１が反射膜５５１Ｂを有し、電極５５２が反射膜を有するため、発光層５５３（発光層５５３Ｒ、発光層５５３Ｇ、及び発光層５５３Ｂ）から射出される光は、一対の電極（電極５５１と電極５５２）の間で共振される。そのため、発光層５５３は、射出する光のうち所望の波長の光が強まる位置に形成されると好ましい。例えば、電極５５１の反射領域から発光層５５３Ｒの発光領域までの光学距離と、電極５５２の反射領域から発光層５５３Ｒの発光領域までの光学距離と、を調整することにより、発光層５５３Ｒが射出する光のうち所望の波長の光を強めることができる。また、電極５５１の反射領域から発光層５５３Ｇの発光領域までの光学距離と、電極５５２の反射領域から発光層５５３Ｇの発光領域までの光学距離と、を調整することにより、発光層５５３Ｇが射出する光のうち所望の波長の光を強めることができる。また、電極５５１の反射領域から発光層５５３Ｂの発光領域までの光学距離と、電極５５２の反射領域から発光層５５３Ｂの発光領域までの光学距離と、を調整することにより、発光層５５３Ｂが射出する光のうち所望の波長の光を強めることができる。すなわち、複数の発光層（ここでは、発光層５５３Ｒ、発光層５５３Ｇ、及び発光層５５３Ｂ）を有する発光素子の場合、それぞれの発光素子で光学距離を最適化することが好ましい。

【０１０５】

例えば、発光素子５５０Ａ及び発光素子５５０Ｂにおいては、各領域（領域５７１Ｒ、領域５７１Ｇ、及び領域５７１Ｂ）で発光層の厚さを調整することで、発光層５５３Ｒ、発光層５５３Ｇ、及び発光層５５３Ｂが呈する光のうち所望の波長の光を強めることができる。また、各領域（領域５７１Ｒ、領域５７１Ｇ、及び領域５７１Ｂ）で導電膜５５１Ｃの厚さを調整することで、発光層５５３Ｒ、発光層５５３Ｇ、及び発光層５５３Ｂが呈する光のうち所望の波長の光を強めることができる。また、各領域（領域５７１Ｒ、領域５７１Ｇ、及び領域５７１Ｂ）で正孔注入層５６１または正孔輸送層５６２のうち少なくとも一つ、あるいは電子注入層５６９または電子輸送層５６８のうち少なくとも一つ、の厚さを異ならせることで、発光層５５３Ｒ、発光層５５３Ｇ、及び発光層５５３Ｂが呈する光を強めても良い。

【０１０６】

例えば、電極５５１における反射膜５５１Ｂが有する材料の屈折率が、発光層５５３Ｒの屈折率よりも小さい場合においては、領域５７１Ｒにおける電極５５１と電極５５２との間の光学距離が$m_R \lambda_R / 2$（m_Rは自然数、λ_Rは領域５７１Ｒで強める光の波長を、それぞれ表す）となるよう、領域５７１Ｒにおける電極５５１と電極５５２との間の膜厚を調整する。同様に、領域５７１Ｇにおける電極５５１と電極５５２との間の光学距離が$m_G \lambda_G / 2$（m_Gは自然数、λ_Gは領域５７１Ｇで強める光の波長を、それぞれ表す）となるよう、領域５７１Ｇにおける電極５５１と電極５５２との間の膜厚を調整する。さらに、領域５７１Ｂにおける電極５５１と電極５５２との間の光学距離が$m_B \lambda_B / 2$（m_Bは自然数、λ_Bは領域５７１Ｂで強める光の波長を、それぞれ表す）となるよう、領域５７１Ｂにおける電極５５１と電極５５２との間の膜厚を調整する。

【０１０７】

なお、電極５５１及び電極５５２の反射領域を厳密に決定することが困難な場合、各電極の任意の領域を反射領域と仮定することで、発光層５５３Ｒ、発光層５５３Ｇ、及び発光層５５３Ｂが射出する光を強める各領域の光学距離を導出してもよい。また、発光層５５３Ｒ、発光層５５３Ｇ、及び発光層５５３Ｂの発光領域を厳密に決定することは困難な場合、各発光層の任意の領域を発光領域と仮定することで、各発光層が射出する光を強める光学距離を導出してもよい。

【０１０８】

上記のように、マイクロキャビティ構造を設け、各領域の一対の電極間の光学距離を調整することで、電極近傍における光の散乱および光の吸収を抑制し、高い光取り出し効率を実現することができる。また、取り出す光の発光スペクトルが狭線化するため、色純度の高い発光を実現することができる。

【０１０９】

すなわち、第２の表示素子５５０がマイクロキャビティ構造を有することで、表示装置３００の消費電力を低減することができる。また、表示装置の色再現性を高めることができる。

【０１１０】

なお、上記構成においては、導電膜５５１Ａ、及び導電膜５５１Ｃは、光を透過する機能を有することが好ましい。また、導電膜５５１Ａ、及び導電膜５５１Ｃを構成する材料は、互いに同じであっても良いし、異なっていても良い。導電膜５５１Ａ、及び導電膜５５１Ｃに同じ材料を用いる場合、電極５５１の形成過程におけるエッチング工程によるパターン形成が容易になり、発光素子５５０Ａの製造コストを低減できるため好ましい。また、導電膜５５１Ａ、及び導電膜５５１Ｃは、それぞれ２層以上の層が積層された構成であっても良い。

【０１１１】

なお、発光素子５５０Ａ及び発光素子５５０Ｂにおいては、電極５５１と電極５５２とで挟持された領域５７１Ｒ、領域５７１Ｇ、及び領域５７１Ｂ、の間に絶縁膜５２８を有する。絶縁膜５２８は、電極５５１の端部を覆い、該電極と重畳する開口部を有する。絶縁膜５２８を設けることによって、各領域の電極５５１を、それぞれ島状に分離すること

が可能となる。
【０１１２】
なお、発光層５５３Ｒと、発光層５５３Ｇとは、絶縁膜５２８と重畳する領域において、互いに重なる領域を有していてもよい。あるいは、発光層５５３Ｇと、発光層５５３Ｂとは、絶縁膜５２８と重畳する領域において、互いに重なる領域を有していてもよい。あるいは、発光層５５３Ｒと、発光層５５３Ｂとは、絶縁膜５２８と重畳する領域において、互いに重なる領域を有していてもよい。
【０１１３】
≪構成例２≫
第２の表示素子５５０に用いる発光素子は、カラーフィルタ方式で形成されてもよい。図２５（Ａ）（Ｂ）に例示する発光素子５５０Ｃ及び発光素子５５０Ｄは、異なる色の発光を呈する機能を有する発光層を、領域５７１Ｒ、領域５７１Ｇ、及び領域５７１Ｂに共通で形成する発光素子である。
【０１１４】
発光素子５５０Ｃ及び発光素子５５０Ｄは、発光素子の形成工程においてシャドウマスクを用いる必要がないため、高い生産性で作製することができる。
【０１１５】
また、発光素子５５０Ｃ及び発光素子５５０Ｄにおいても、マイクロキャビティ構造を設け、電極５５１と電極５５２との光学距離を調整することで、高い光取り出し効率を実現することができる。
【０１１６】
なお、発光素子５５０Ｃ及び発光素子５５０Ｄにおいては、各領域（領域５７１Ｒ、領域５７１Ｇ、及び領域５７１Ｂ）で導電膜５５１Ｃの厚さを調整することで、発光層５５３Ｒ、発光層５５３Ｇ、及び発光層５５３Ｂが呈する光を強めると好ましい。
【０１１７】
また、図２５（Ｂ）に示す発光素子５５０Ｄのように、第２の表示素子５５０に用いる発光素子が、電荷発生層を有し、少なくとも２つの発光ユニットが電荷発生層を挟持するよう積層された構成を有していても良い。なお、２つの発光ユニットに挟まれる電荷発生層は、一対の電極間に電圧を印加したときに、一方の発光ユニットに電子を注入し、他方の発光ユニットに正孔を注入する機能を有する構成であれば良い。例えば、電荷発生層は、正孔輸送性材料に電子受容体であるアクセプター性材料が添加された構成であってもよく、電子輸送性材料に電子供与体であるドナー性材料が添加された構成であってもよい。また、これらの両方の構成が積層されていても良い。
【０１１８】
なお、一つの発光ユニットは、少なくとも発光層を有し、発光層の他に、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、及び電子注入層を有する。具体的には、例えば、発光素子５５０Ｄは、電荷発生層５６５を有し、電荷発生層５６５を挟持する一方の発光ユニットが、正孔注入層５６１、正孔輸送層５６２、発光層５５３Ｒ、発光層５５３Ｇ、電子輸送層５６３、及び電子注入層５６４を有し、他方の発光ユニットが、正孔注入層５６６、正孔輸送層５６７、発光層５５３Ｂ、電子輸送層５６８、及び電子注入層５６９を有する。なお、電荷発生層５６５が正孔注入層または電子注入層の役割を担うことができる場合は、正孔注入層または電子注入層を設けない構成であってもよい。また、第２の表示素子５５０に用いる発光素子の構成としては、これらに限らない。
【０１１９】
また、２つの発光ユニットが有する発光層のうち、いずれか一方または双方を、層状にさらに分割して、当該分割した層ごとに異なる色の発光を呈する機能を有する発光材料を含有させるようにしてもよい。
【０１２０】
上記構成は、白色発光を得る構成として好適である。例えば、青色の発光を呈する発光材料と、緑色および赤色の発光を呈する発光材料と、を用いることで、白色発光を得るこ

とができる。あるいは、青色の発光を呈する発光材料と、黄色の発光を呈する発光材料と、を用いることで、白色発光を得ることができる。なお、ここで、白色発光とは、少なくとも青色と他の色（緑色、赤色、黄色のいずれか一つ以上）の発光を含んでいれば良く、白色でなくてもよい。白色の発光を呈する機能を有する発光素子を本発明の一態様の表示装置に用いることで、高い解像度の表示装置を作製することができる。

【０１２１】

また、図２５（Ｂ）においては、２つの発光ユニットを有する発光素子について説明したが、上記構成を３つ以上の発光ユニットを積層した発光素子についても、同様に適用することができる。発光素子５５０Ｄに例示するように、一対の電極間に複数の発光ユニットを電荷発生層で仕切って配置することで、電流密度を低く保ったまま、高輝度発光を可能とし、さらに長寿命な発光素子を実現できる。また、消費電力が低い発光素子を実現することができる。

【０１２２】

また、例えば、図２に示される本発明の一態様の表示装置は、第２の表示素子と重なる領域に、光学素子として機能する着色層３７５を有する。例えば、図２５に示される発光素子５５０Ｃ及び発光素子５５０Ｄにおいて、着色層３７５Ｒを介して領域５７１Ｒから射出される光は、赤色を呈する光となり、着色層３７５Ｇを介して領域５７１Ｇから射出される光は、緑色を呈する光となり、着色層３７５Ｂを介して領域５７１Ｂから射出される光は、青色を呈する光となる。

【０１２３】

なお、図５（Ｂ）に示すように、画素回路３０２は、第１の表示素子３５０と第２の表示素子５５０と挟持され、開口部３５１Ｈと重なる領域に、着色層５７５を有する構成であっても良い。着色層５７５は、第２の表示素子５５０と重なる領域を有し、第２の表示素子５５０から射出される光が着色層５７５及び着色層３７５を通して外部に射出される。そのため、着色層５７５を有する構成とすることで、第２の表示素子５５０から射出される光の色純度を高めることができる。

【０１２４】

＜画素回路の構成要素＞

また、画素回路３０２は、絶縁膜５０１Ｃと、中間膜３５４と、を有する。また、画素回路３０２は、スイッチ５８１を有し、スイッチ５８１は、トランジスタを有する。また、画素回路３０２は、トランジスタ５８５を有する。これらのトランジスタは、半導体膜５０８を有すると好ましい。半導体膜５０８は、酸化物半導体を有すると好ましい。

【０１２５】

スイッチ５８１に用いることができるトランジスタ、トランジスタ５８５、及びトランジスタ５８６は、半導体膜５０８の他に、半導体膜５０８と重なる領域を有する導電膜５０４及び絶縁膜５０６を有する。また、導電膜５１２Ａおよび導電膜５１２Ｂを有し、絶縁膜５１６及び絶縁膜５１８を有する（図２（Ｂ）及び図２（Ｃ）参照）。

【０１２６】

導電膜５０４は、トランジスタにおけるゲート電極の機能を有し、絶縁膜５０６は、ゲート絶縁膜の機能を有する。また、導電膜５１２Ａはソース電極またはドレイン電極の一方の機能を有し、導電膜５１２Ｂは、ソース電極またはドレイン電極の他方の機能を有する。

【０１２７】

トランジスタ５８５及びトランジスタ５８６は、導電膜５０４との間に半導体膜５０８を挟むように設けられた導電膜５２４を有すると好ましい（図２（Ｂ）参照）。導電膜５２４は、トランジスタにおけるゲート電極の機能を有する。

【０１２８】

また、絶縁膜５１６及び絶縁膜５１８は、スイッチ５８１に用いることができるトランジスタの保護絶縁膜として機能する領域を有する。また、絶縁膜５１６は、トランジスタ５８５及びトランジスタ５８６のゲート絶縁膜として機能する領域を有し、絶縁膜５１８

は、トランジスタ５８５及びトランジスタ５８６の保護絶縁膜として機能する領域を有する。

【０１２９】

すなわち、半導体膜５０８は、絶縁膜５０６と重なる領域を有し、絶縁膜５１６及び絶縁膜５１８と重なる領域を有する。また、半導体膜５０８は、絶縁膜５０１Ｃ、及び絶縁膜５２１と重なる領域を有する。

【０１３０】

以上のように、機能層５２０は、絶縁膜５２１と、絶縁膜５２８の他に、絶縁膜５０１Ｃ、絶縁膜５０６、絶縁膜５１６、及び絶縁膜５１８等の絶縁膜を有する。そのため、開口部３５１Ｈから射出される第２の表示素子５５０の発光は、これらの絶縁膜を通して射出される。第２の表示素子５５０から射出される光の強度を高めるためには、開口部３５１Ｈと重なる領域の絶縁膜の層数は少ない方が好ましい。あるいは、開口部３５１Ｈと重なる領域の絶縁膜が複数ある場合、互いに接する２つの絶縁膜における屈折率の差は小さい方が好ましく、屈折率が同じであるとより好ましい。

【０１３１】

すなわち、半導体膜５０８は、ゲート電極としての機能を有する導電膜、及び保護絶縁膜としての機能を有する絶縁膜と重なる領域を有すると好ましく、開口部３５１Ｈは、重なる絶縁膜の層数が少ない方が好ましい。したがって、本発明の一態様の表示装置は、開口部３５１Ｈと重なる領域を有する絶縁膜の層数が、半導体膜５０８と重なる領域を有する絶縁膜の層数より少ない方が好ましい。

【０１３２】

例えば、図６（Ａ）に示すように、本発明の一態様の表示装置の構成としては、絶縁膜５０１Ｃは、開口部３５１Ｈと重なる領域において開口部を有し、絶縁膜５０６は、開口部３５１Ｈと重なる領域において開口部を有し、絶縁膜５１６は、開口部３５１Ｈと重なる領域において開口部を有し、絶縁膜５１８は、開口部３５１Ｈと重なる領域において開口部を有する構成が好ましい。

【０１３３】

なお、本発明の一態様の表示装置の構成としては、図６（Ａ）に例示する構成に限定されない。例えば、図６（Ｂ）に示すように、絶縁膜５１８は、開口部３５１Ｈと重なる領域において開口部を有する構成が好ましい。または、例えば、図７（Ａ）に示すように、絶縁膜５０１Ｃは、開口部３５１Ｈと重なる領域において開口部を有する構成が好ましい。または、例えば、図７（Ｂ）に示すように、絶縁膜５１６は、開口部３５１Ｈと重なる領域において開口部を有する構成が好ましい。図７（Ｂ）に例示する構成は、絶縁膜５１６の側端部が絶縁膜５０６と絶縁膜５１８とで挟持される領域を有する構成であるため、半導体膜５０８への不純物の侵入を効果的に抑制することができ、信頼性の高い表示装置を得ることができ好適である。

【０１３４】

また、上記に例示した構成は、それぞれ第１の表示素子３５０と第２の表示素子５５０とに挟持され開口部３５１Ｈと重なる領域に、着色層５７５を有する構成であってもよい。このような構成とすることで、第２の表示素子５５０から射出される光が着色層５７５及び着色層３７５を通して外部に射出されるため、第２の表示素子５５０から射出される光の色純度を高めることができ、且つ、第２の表示素子５５０から射出される光の強度を高めることができる。

【０１３５】

このように、いずれか一つの絶縁膜を有さない構成とすることで開口部３５１Ｈと重なる領域の透過率を向上させることができる。また、開口部３５１Ｈと重なる領域における透過率を向上させるためには、接する２つの絶縁膜の屈折率の差が小さい方が好ましい。

【０１３６】

例えば、大きい屈折率を有する材料を含む層から小さい屈折率を有する材料を含む層へ光が入射するとき、スネルの法則によって、光の進行する角度が変化する。例えば、第２

の表示素子５５０に有機ＥＬ素子を用いる場合、有機ＥＬ素子に用いられる発光材料の屈折率は、一般に１．７から１．９である。そのため、該発光材料を含む層（層Ａとする）は、一般のガラス等と比べて大きい屈折率を有する。該発光材料を含む層から射出された光が、例えば、該発光材料の屈折率より小さい屈折率を有する材料を含む層（層Ｂとする）に入射するとき、光の進行する角度が変化し、臨界角θ（θ＝ａｒｃｓｉｎ（n_A／n_B）であり、n_Aは、材料Ａを含む層から材料Ｂを含む層へ光が入射する際の材料Ａの屈折率を、n_Bは、同様に材料Ｂの屈折率を、それぞれ表す）より大きい角度で層Ａから層Ｂに入射する光は層Ｂの外部に取り出すことが困難となる。これを防ぐため、屈折率に差を有する２つの層のうち、一方の層を有さない構成とする、または２つの層の屈折率差を小さくすることで、屈折率の差に基づく光の強度の低下を小さくすることが可能となる。

【０１３７】

例えば、屈折率が大きい材料を含む層と、屈折率が小さい材料を含む層とを有する構成から、屈折率が大きい材料を含む層を有し、屈折率が小さい材料を含む層を有さない構成に変更することで、屈折率の差に基づく光の強度の低下をなくすことができ、発光素子の光が通過する層の透過率を向上させることが可能となる。または、該２つの層における材料を屈折率の差が小さい材料に変更することで、屈折率の差に基づく光の強度の低下を小さくすることができ、発光素子の光が通過する層の透過率を向上させることが可能となる。

【０１３８】

具体的には、酸化シリコンの屈折率は、窒化シリコンの屈折率より小さいため、酸化シリコンと窒化シリコンとが接する領域を有する構成においては、酸化シリコンと窒化シリコンとの屈折率の差に基づく光の強度の低下が生じやすい。そのため、例えば、酸化シリコンを含む絶縁膜を有さない構成とすることで、窒化シリコンを含む絶縁膜との屈折率の差に基づく光の強度の低下をなくすことができる。また、例えば、窒化シリコンを含む絶縁膜を有さない構成とすることで、酸化シリコンを含む絶縁膜との屈折率の差に基づく光の強度の低下をなくすことができる。

【０１３９】

なお、絶縁膜の層数が同じであっても、絶縁膜の膜厚を変化させることにより、光の干渉の影響によって透過率が変化する。そのため、絶縁膜の膜厚は、所望の透過率が得られるよう調整することが好ましい。

【０１４０】

以下では、本発明の一態様の表示装置３００の、他の構成要素について説明する。

【０１４１】

画素回路３０２は、第１の導電膜と、第２の導電膜とを有する。

【０１４２】

第１の導電膜は、第１の表示素子３５０と電気的に接続される。例えば、第１の導電膜を、第１の表示素子３５０の電極３５１に用いることができる（図２（Ａ）参照）。

【０１４３】

第２の導電膜は、第１の導電膜と重なる領域を有する。また、画素回路３０２が有するトランジスタは、第２の導電膜と電気的に接続される。例えば、第２の導電膜を、スイッチ５８１に用いることができるトランジスタのソース電極またはドレイン電極としての機能を有する導電膜５１２Ｂに、用いることができる（図２（Ａ）および図３参照）。

【０１４４】

絶縁膜５０１Ｃは、第１の導電膜と第２の導電膜との間に挟持される領域を有する。また、絶縁膜５０１Ｃは、開口部５９１Ａを有する（図２（Ａ）参照）。第２の導電膜は、開口部５９１Ａにおいて、第１の導電膜と電気的に接続される。例えば、第２の導電膜を兼ねる導電膜５１２Ｂは、第１の導電膜を兼ねる電極３５１と電気的に接続される。すなわち、電極３５１は、スイッチ５８１に用いることができるトランジスタと電気的に接続される。なお、電極３５１は、絶縁膜５０１Ｃと接する側端部を有する。本明細書等において、開口部５９１Ａにおいて第２の導電膜と電気的に接続される第１の導電膜を、貫通

電極と呼称する場合がある。

【０１４５】

中間膜３５４は、電極３５１と接する領域を有し、絶縁膜５０１Ｃとの間に第１の導電膜を兼ねる電極３５１を挟持する領域を有する。

【０１４６】

絶縁膜５０１Ｃは、絶縁膜５０１Ａと導電膜５１１Ｂとの間に挟持される領域を有する。また、絶縁膜５０１Ｃは、絶縁膜５０１Ａと導電膜５１１Ｂとに挟持される領域に開口部５９１Ｂを有し、絶縁膜５０１Ａと導電膜５１１Ｃとに挟持される領域に開口部５９１Ｃを有する。

【０１４７】

また、表示装置３００は、端子５１９Ｂを有し、端子５１９Ｂは、導電膜５１１Ｂと、中間膜３５４と、を有する。また、表示装置３００は、端子５１９Ｃと、導電体３３７とを有し、端子５１９Ｃは、導電膜５１１Ｃと、中間膜３５４とを有する（図２（Ａ）参照）。

【０１４８】

導電膜５１１Ｂは、画素回路３０２と電気的に接続される。例えば、電極３５１または第１の導電膜を反射膜３５１Ｂに用いる場合、端子５１９Ｂの接点として機能する面は、電極３５１における、第１の表示素子３５０に入射する光に向いている面と同じ方向を向いている。

【０１４９】

また、導電性材料３３９を用いて、フレキシブルプリント基板３７７と端子５１９Ｂとを電気的に接続することができる。これにより、端子５１９Ｂを介して電力または信号を、画素回路３０２に供給することができる。

【０１５０】

導電膜５１１Ｃは、画素回路３０２と電気的に接続される。例えば、電極３５１または第１の導電膜を反射膜３５１Ｂに用いる場合、端子５１９Ｃの接点として機能する面は、電極３５１における、第１の表示素子３５０に入射する光に向いている面と同じ方向を向いている。

【０１５１】

導電体３３７は、端子５１９Ｃと電極３５２との間に挟持され、端子５１９Ｃと電極３５２とを電気的に接続する。例えば、導電性の粒子を導電体３３７に用いることができる。

【０１５２】

また、絶縁膜５０１Ａは、開口部５９２Ａ、開口部５９２Ｂ、及び開口部５９２Ｃを有する。開口部５９２Ａは、中間膜３５４及び電極３５１と重なる領域を有する。開口部５９２Ｂは、中間膜３５４及び導電膜５１１Ｂと重なる領域を有する。開口部５９２Ｃは、中間膜３５４及び導電膜５１１Ｃと重なる領域を有する。また、絶縁膜５０１Ａは、開口部５９２Ａの端部において、中間膜３５４と絶縁膜５０１Ｃとに挟持される領域を有する。

【０１５３】

また、表示装置３００は、接合層５０５と、封止材３０５と、構造体３３５と、を有する。

【０１５４】

接合層５０５は、機能層５２０および基板５７０との間に配設され、機能層５２０および基板５７０を貼り合わせる機能を有する。

【０１５５】

封止材３０５は、機能層５２０および基板３７０との間に配設され、機能層５２０および基板３７０を貼り合せる機能を有する。

【０１５６】

構造体３３５は、機能層５２０および基板３７０との間に所定の間隔を設ける機能を有

する。
【０１５７】
＜画素および配線等の配置例＞
　また、表示装置３００は、駆動回路ＧＤと、駆動回路ＳＤと、を有する（図１（Ａ）参照）。
【０１５８】
　駆動回路ＧＤは、走査線ＧＬ１及びＧＬ２と電気的に接続される。駆動回路ＧＤは、例えば、トランジスタ５８６を有する。具体的には、画素回路３０２が有するトランジスタ（例えばスイッチ５８１が有するトランジスタ）と同じ工程で形成することができる半導体膜を有するトランジスタを、トランジスタ５８６に用いることができる（図２（Ａ）および図２（Ｂ）参照）。
【０１５９】
　駆動回路ＳＤは、信号線ＳＬ１及びＳＬ２と電気的に接続される。駆動回路ＳＤは、例えば、端子５１９Ｂまたは端子５１９Ｃと同一の工程で形成することができる端子に、導電性材料を用いて電気的に接続される。
【０１６０】
　また、画素回路３０２（ｉ，ｊ）は、信号線ＳＬ１（ｊ）と電気的に接続される（図３参照）。なお、導電膜５１２Ａが、信号線ＳＬ１（ｊ）と電気的に接続されると好ましい（図２（Ａ）および図３参照）。
【０１６１】
　図４（Ａ）は、本発明の一態様の表示装置３００に用いることができる画素回路および配線等の配置を説明するブロック図である。また、図４（Ｂ－１）および図４（Ｂ－２）は、本発明の一態様の表示装置３００に用いることができる開口部３５１Ｈの配置を説明する模式図である。
【０１６２】
　なお、本発明の一態様の表示装置３００は、複数の画素回路３０２を有することが好ましく、例えば図４（Ａ）に示すように、表示装置３００は、一群の画素回路３０２（ｉ，１）乃至画素回路３０２（ｉ，ｎ）と、他の一群の画素回路３０２（１，ｊ）乃至画素回路３０２（ｍ，ｊ）と、を有する。なお、ｉは、１以上ｍ以下の整数であり、ｊは、１以上ｎ以下の整数であり、ｍおよびｎは、１以上の整数である。
【０１６３】
　一群の画素回路３０２（ｉ，１）乃至画素回路３０２（ｉ，ｎ）は、それぞれ第１の表示素子３５０、第２の表示素子５５０、スイッチ５８１、及びトランジスタ５８５等を有し、行方向（図４（Ａ）において矢印Ｒで示す方向）に配設される。また、他の一群の画素回路３０２（１，ｊ）乃至画素回路３０２（ｍ，ｊ）は、それぞれ第１の表示素子３５０、第２の表示素子５５０、スイッチ５８１、及びトランジスタ５８５等を有し、行方向と交差する列方向（図４（Ａ）において矢印Ｃで示す方向）に配設される。
【０１６４】
　行方向に配設される一群の画素回路３０２（ｉ，１）乃至画素回路３０２（ｉ，ｎ）は、走査線ＧＬ１（ｉ）と電気的に接続される。また、列方向に配設される他の一群の画素回路３０２（１，ｊ）乃至画素回路３０２（ｍ，ｊ）は、信号線ＳＬ１（ｊ）と電気的に接続される。
【０１６５】
　例えば、画素回路３０２（ｉ，ｊ）の行方向（図４（Ｂ－１）において矢印Ｒで示す方向）に隣接する画素は、画素回路３０２（ｉ，ｊ）が有する開口部３５１Ｈの配置と異なるように、配設される開口部を有する。また、例えば、画素回路３０２（ｉ，ｊ）の列方向（図４（Ｂ－２）において矢印Ｃで示す方向）に隣接する画素は、画素回路３０２（ｉ，ｊ）が有する開口部３５１Ｈの配置と異なるように、配置される開口部を有する。
【０１６６】
　なお、信号線ＳＬ１（ｊ）に沿って列方向に長い帯状の発光層を、発光層５５３（ｊ）

に用いるとき、該発光層と異なる色を射出する発光層を、信号線ＳＬ１（ｊ＋１）に沿って列方向に長い帯状の発光層として、発光層５５３（ｊ＋１）に用いることができる。このとき、画素回路３０２（ｉ，ｊ）が射出する光と、画素回路３０２（ｉ，ｊ＋１）が射出する光とは、異なる色の光となる。換言すると、画素回路３０２（ｉ，ｊ）が有する発光素子は、画素回路３０２（ｉ，ｊ＋１）が有する発光素子が呈する光とは異なる光を呈する機能を有する。

【０１６７】

なお、白色の光を射出する機能を有する発光層を、発光層５５３（ｊ）および５５３（ｊ＋１）に用いてもよい。具体的には、青色の発光層、緑色の発光層、及び赤色の発光層、または青色の発光層及び黄色の発光層を、積層させて、発光層５５３（ｊ）および５５３（ｊ＋１）に用いることができる。

【０１６８】

以上のように、本発明の一態様の表示装置３００は、画素回路３０２を有し、画素回路３０２は、第１の表示素子３５０と、第２の表示素子５５０とを有し、第１の表示素子３５０が有する電極３５１は、画素回路３０２が有するスイッチ５８１に用いることができるトランジスタと電気的に接続し、第２の表示素子５５０が有する電極５５１は、画素回路３０２が有するトランジスタ５８５と電気的に接続し、第２の表示素子５５０は、開口部３５１Ｈを通して光を射出する機能を有し、第１の表示素子３５０は、表示装置３００に入射する光を反射する機能を有する。

【０１６９】

これによって、例えば同一の工程を用いて形成することができるトランジスタを用いて、第１の表示素子３５０と、第２の表示素子５５０と、を駆動することができる。

【０１７０】

次に、本発明の一態様の表示装置を構成する第１の表示素子の構成例について説明する。

【０１７１】

＜第１の表示素子の構成要素＞

第１の表示素子３５０は、光の反射または透過を制御する機能を有する表示素子を用いることができる。例えば、液晶素子と偏光板とを組み合わせた構成、またはシャッター方式のＭＥＭＳ表示素子等を用いることができる。また、反射型の表示素子を用いることにより、表示装置の消費電力を低減することができる。具体的には、反射型の液晶素子を第１の表示素子３５０に用いることが好ましい。

【０１７２】

ＩＰＳ（Ｉｎ－Ｐｌａｎｅ－Ｓｗｉｔｃｈｉｎｇ）モード、ＴＮ（Ｔｗｉｓｔｅｄ Ｎｅｍａｔｉｃ）モード、ＦＦＳ（Ｆｒｉｎｇｅ Ｆｉｅｌｄ Ｓｗｉｔｃｈｉｎｇ）モード、ＡＳＭ（Ａｘｉａｌｌｙ Ｓｙｍｍｅｔｒｉｃ ａｌｉｇｎｅｄ Ｍｉｃｒｏ－ｃｅｌｌ）モード、ＯＣＢ（Ｏｐｔｉｃａｌｌｙ Ｃｏｍｐｅｎｓａｔｅｄ Ｂｉｒｅｆｒｉｎｇｅｎｃｅ）モード、ＦＬＣ（Ｆｅｒｒｏｅｌｅｃｔｒｉｃ Ｌｉｑｕｉｄ Ｃｒｙｓｔａｌ）モード、ＡＦＬＣ（ＡｎｔｉＦｅｒｒｏｅｌｅｃｔｒｉｃ Ｌｉｑｕｉｄ Ｃｒｙｓｔａｌ）モードなどの駆動方法を用いて駆動することができる液晶素子を用いることができる。

【０１７３】

また、例えば垂直配向（ＶＡ）モード、具体的には、ＭＶＡ（Ｍｕｌｔｉ－Ｄｏｍａｉｎ Ｖｅｒｔｉｃａｌ Ａｌｉｇｎｍｅｎｔ）モード、ＰＶＡ（Ｐａｔｔｅｒｎｅｄ Ｖｅｒｔｉｃａｌ Ａｌｉｇｎｍｅｎｔ）モード、ＥＣＢ（Ｅｌｅｃｔｒｉｃａｌｌｙ Ｃｏｎｔｒｏｌｌｅｄ Ｂｉｒｅｆｒｉｎｇｅｎｃｅ）モード、ＣＰＡ（Ｃｏｎｔｉｎｕｏｕｓ Ｐｉｎｗｈｅｅｌ Ａｌｉｇｎｍｅｎｔ）モード、ＡＳＶ（Ａｄｖａｎｃｅｄ Ｓｕｐｅｒ－Ｖｉｅｗ）モードなどの駆動方法を用いて駆動することができる液晶素子を用いることができる。

【０１７４】

また、第１の表示素子３５０の駆動方法としては、上述した駆動方法の他、ＰＤＬＣ（Ｐｏｌｙｍｅｒ Ｄｉｓｐｅｒｓｅｄ Ｌｉｑｕｉｄ Ｃｒｙｓｔａｌ）モード、ＰＮＬＣ（Ｐｏｌｙｍｅｒ Ｎｅｔｗｏｒｋ Ｌｉｑｕｉｄ Ｃｒｙｓｔａｌ）モード、ゲストホストモードなどがある。ただし、これに限定されず、液晶素子およびその駆動方式として様々なものを用いることができる。

【０１７５】

＜第１の表示素子に用いることができる材料＞

第１の表示素子３５０には、液晶素子に用いることができる液晶材料等を用いればよい。例えば、サーモトロピック液晶、低分子液晶、高分子液晶、高分子分散型液晶、強誘電性液晶、反強誘電性液晶等を用いることができる。または、コレステリック相、スメクチック相、キュービック相、カイラルネマチック相、等方相等を示す液晶材料を用いることができる。または、ブルー相を示す液晶材料を用いることができる。

【０１７６】

また、配向膜を用いないブルー相（Ｂｌｕｅ Ｐｈａｓｅ）を示す液晶を用いてもよい。ブルー相は液晶相の一つであり、コレステリック液晶を昇温していくと、コレステリック相から等方相へ転移する直前に発現する相である。ブルー相は狭い温度範囲でしか発現しないため、温度範囲を改善するために５重量％以上のカイラル剤を混合させた液晶組成物を液晶層に用いる。ブルー相を示す液晶とカイラル剤とを含む液晶組成物は、応答速度が１ｍｓｅｃ以下と短く、光学的等方性であるため配向処理が不要であり、かつ、視野角依存性が小さい。また配向膜を設けなくてもよいのでラビング処理も不要となるため、ラビング処理によって引き起こされる静電破壊を防止することができ、作製工程中の液晶表示装置の不良や破損を軽減することができる。よって液晶表示装置の生産性を向上させることが可能となる。

【０１７７】

また、画素（ピクセル）をいくつかの領域（サブピクセル）に分け、それぞれ別の方向に分子を倒すよう工夫されているマルチドメイン化あるいはマルチドメイン設計といわれる方法を用いることができる。

【０１７８】

＜第２の表示素子に用いることができる材料＞

第２の表示素子５５０に好適な発光素子に用いることができる材料について、以下説明する。

【０１７９】

≪発光層≫

発光層に用いることができる材料としては、例えば以下のような材料を挙げることができる。

【０１８０】

≪燐光材料≫

また、燐光材料としては、イリジウム、ロジウム、または白金系の有機金属錯体、あるいは金属錯体が挙げられ、中でも有機イリジウム錯体、例えばイリジウム系オルトメタル錯体が好ましい。オルトメタル化する配位子としては４Ｈ－トリアゾール配位子、１Ｈ－トリアゾール配位子、イミダゾール配位子、ピリジン配位子、ピリミジン配位子、ピラジン配位子、あるいはイソキノリン配位子などが挙げられる。金属錯体としては、ポルフィリン配位子を有する白金錯体などが挙げられる。

【０１８１】

また、青色または緑色に発光ピークを有する物質としては、例えば、トリス｛２－［５－（２－メチルフェニル）－４－（２，６－ジメチルフェニル）－４Ｈ－１，２，４－トリアゾール－３－イル－κＮ２］フェニル－κＣ｝イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｍｐｐｔｚ－ｄｍｐ）$_3$）、トリス（５－メチル－３，４－ジフェニル－４Ｈ－１，２，４－トリアゾラト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（Ｍｐｔｚ）$_3$）、トリス［４－（３－ビフェニル）－５－イソプロピル－３－フェニル－４Ｈ－１，２，４－トリアゾラ

ト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｉＰｒｐｔｚ－３ｂ）$_3$）、トリス［３－（５－ビフェニル）－５－イソプロピル－４－フェニル－４Ｈ－１，２，４－トリアゾラト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｉＰｒ５ｂｔｚ）$_3$）、のような４Ｈ－トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス［３－メチル－１－（２－メチルフェニル）－５－フェニル－１Ｈ－１，２，４－トリアゾラト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（Ｍｐｔｚ１－ｍｐ）$_3$）、トリス（１－メチル－５－フェニル－３－プロピル－１Ｈ－１，２，４－トリアゾラト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（Ｐｒｐｔｚ１－Ｍｅ）$_3$）のような１Ｈ－トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、ｆａｃ－トリス［１－（２，６－ジイソプロピルフェニル）－２－フェニル－１Ｈ－イミダゾール］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｉＰｒｐｍｉ）$_3$）、トリス［３－（２，６－ジメチルフェニル）－７－メチルイミダゾ［１，２－ｆ］フェナントリジナト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｄｍｐｉｍｐｔ－Ｍｅ）$_3$）のようなイミダゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、ビス［２－（４’，６’－ジフルオロフェニル）ピリジナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$］イリジウム（ＩＩＩ）テトラキス（１－ピラゾリル）ボラート（略称：ＦＩｒ６）、ビス［２－（４’，６’－ジフルオロフェニル）ピリジナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$］イリジウム（ＩＩＩ）ピコリナート（略称：ＦＩｒｐｉｃ）、ビス｛２－［３’，５’－ビス（トリフルオロメチル）フェニル］ピリジナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$｝イリジウム（ＩＩＩ）ピコリナート（略称：Ｉｒ（ＣＦ$_3$ｐｐｙ）$_2$（ｐｉｃ））、ビス［２－（４’，６’－ジフルオロフェニル）ピリジナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$］イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：ＦＩｒ（ａｃａｃ））のような電子吸引基を有するフェニルピリジン誘導体を配位子とする有機金属イリジウム錯体が挙げられる。

【０１８２】

緑色または黄色に発光ピークを有する物質としては、例えば、トリス（４－メチル－６－フェニルピリミジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｍｐｐｍ）$_3$）、トリス（４－ｔ－ブチル－６－フェニルピリミジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｔＢｕｐｐｍ）$_3$）、（アセチルアセトナト）ビス（６－メチル－４－フェニルピリミジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｍｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス（６－ｔｅｒｔ－ブチル－４－フェニルピリミジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｔＢｕｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス［４－（２－ノルボルニル）－６－フェニルピリミジナト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｎｂｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス［５－メチル－６－（２－メチルフェニル）－４－フェニルピリミジナト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｍｐｍｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス｛４，６－ジメチル－２－［６－（２，６－ジメチルフェニル）－４－ピリミジニル－κＮ３］フェニル－κＣ｝イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｄｍｐｐｍ－ｄｍｐ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス（４，６－ジフェニルピリミジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｄｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ））のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、（アセチルアセトナト）ビス（３，５－ジメチル－２－フェニルピラジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｍｐｐｒ－Ｍｅ）$_2$（ａｃａｃ））、（アセチルアセトナト）ビス（５－イソプロピル－３－メチル－２－フェニルピラジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｍｐｐｒ－ｉＰｒ）$_2$（ａｃａｃ））のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス（２－フェニルピリジナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｐｐｙ）$_3$）、ビス（２－フェニルピリジナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｐｐｙ）$_2$（ａｃａｃ））、ビス（ベンゾ［ｈ］キノリナト）イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｂｚｑ）$_2$（ａｃａｃ））、トリス（ベンゾ［ｈ］キノリナト）イリジウム（ＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｂｚｑ）$_3$）、トリス（２－フェニルキノリナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｐｑ）$_3$）、ビス（２－フェニルキノリナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｐｑ）$_2$（ａｃａｃ））のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、ビス（２，４－ジフェニル

－１，３－オキサゾラト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｄｐｏ）$_2$（ａｃａｃ））、ビス｛２－［４’－（パーフルオロフェニル）フェニル］ピリジナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$｝イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｐ－ＰＦ－ｐｈ）$_2$（ａｃａｃ））、ビス（２－フェニルベンゾチアゾラト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｂｔ）$_2$（ａｃａｃ））など有機金属イリジウム錯体の他、トリス（アセチルアセトナト）（モノフェナントロリン）テルビウム（ＩＩＩ）（略称：Ｔｂ（ａｃａｃ）$_3$（Ｐｈｅｎ））のような希土類金属錯体が挙げられる。上述した中でも、ピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、信頼性や発光効率にも際だって優れるため、特に好ましい。

【０１８３】

また、黄色または赤色に発光ピークを有する物質としては、例えば、（ジイソブチリルメタナト）ビス［４，６－ビス（３－メチルフェニル）ピリミジナト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（５ｍｄｐｐｍ）$_2$（ｄｉｂｍ））、ビス［４，６－ビス（３－メチルフェニル）ピリミジナト］（ジピバロイルメタナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（５ｍｄｐｐｍ）$_2$（ｄｐｍ））、ビス［４，６－ジ（ナフタレン－１－イル）ピリミジナト］（ジピバロイルメタナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｄ１ｎｐｍ）$_2$（ｄｐｍ））のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、（アセチルアセトナト）ビス（２，３，５－トリフェニルピラジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｔｐｐｒ）$_2$（ａｃａｃ））、ビス（２，３，５－トリフェニルピラジナト）（ジピバロイルメタナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｔｐｐｒ）$_2$（ｄｐｍ））、（アセチルアセトナト）ビス［２，３－ビス（４－フルオロフェニル）キノキサリナト］イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（Ｆｄｐｑ）$_2$（ａｃａｃ））のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス（１－フェニルイソキノリナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｐｉｑ）$_3$）、ビス（１－フェニルイソキノリナト－Ｎ，Ｃ$^{2'}$）イリジウム（ＩＩＩ）アセチルアセトナート（略称：Ｉｒ（ｐｉｑ）$_2$（ａｃａｃ））のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、２，３，７，８，１２，１３，１７，１８－オクタエチル－２１Ｈ，２３Ｈ－ポルフィリン白金（ＩＩ）（略称：ＰｔＯＥＰ）のような白金錯体や、トリス（１，３－ジフェニル－１，３－プロパンジオナト）（モノフェナントロリン）ユーロピウム（ＩＩＩ）（略称：Ｅｕ（ＤＢＭ）$_3$（Ｐｈｅｎ））、トリス［１－（２－テノイル）－３，３，３－トリフルオロアセトナト］（モノフェナントロリン）ユーロピウム（ＩＩＩ）（略称：Ｅｕ（ＴＴＡ）$_3$（Ｐｈｅｎ））のような希土類金属錯体が挙げられる。上述した中でも、ピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、信頼性や発光効率にも際だって優れるため、特に好ましい。また、ピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、色度の良い赤色発光が得られる。

【０１８４】

また、発光層に含まれる発光性の有機材料としては、三重項励起エネルギーを発光に変換できる材料であればよい。該三重項励起エネルギーを発光に変換できる材料としては、燐光材料の他に、熱活性化遅延蛍光材料が挙げられる。したがって、燐光材料と記載した部分に関しては、熱活性化遅延蛍光材料と読み替えても構わない。なお、熱活性化遅延蛍光材料は、一重項励起エネルギー準位と三重項励起エネルギー準位のエネルギー差が小さく、三重項励起エネルギーを逆項間交差によって一重項励起エネルギーに変換することができる機能を有する材料である。そのため、三重項励起状態をわずかな熱エネルギーによって一重項励起状態に逆項間交差が可能で、一重項励起状態からの発光（蛍光）を効率よく呈することができる。また、熱活性化遅延蛍光が効率良く得られる条件としては、三重項励起エネルギー準位と一重項励起エネルギー準位のエネルギー差が、好ましくは０ｅＶより大きく０．２ｅＶ以下、さらに好ましくは０ｅＶより大きく０．１ｅＶ以下であることが挙げられる。

【０１８５】

熱活性化遅延蛍光材料としては、例えば以下の材料を用いることができる。まず、フラ

ーレンやその誘導体、プロフラビン等のアクリジン誘導体、エオシン等が挙げられる。また、マグネシウム（Ｍｇ）、亜鉛（Ｚｎ）、カドミウム（Ｃｄ）、スズ（Ｓｎ）、白金（Ｐｔ）、インジウム（Ｉｎ）、もしくはパラジウム（Ｐｄ）等を含む金属含有ポルフィリンが挙げられる。該金属含有ポルフィリンとしては、例えば、プロトポルフィリン－フッ化スズ錯体（略称：SnF_2（Ｐｒｏｔｏ　ＩＸ））、メソポルフィリン－フッ化スズ錯体（略称：SnF_2（Ｍｅｓｏ　ＩＸ））、ヘマトポルフィリン－フッ化スズ錯体（略称：SnF_2（Ｈｅｍａｔｏ　ＩＸ））、コプロポルフィリンテトラメチルエステル－フッ化スズ錯体（略称：SnF_2（Ｃｏｐｒｏ　ＩＩＩ－４Ｍｅ））、オクタエチルポルフィリン－フッ化スズ錯体（略称：SnF_2（ＯＥＰ））、エチオポルフィリン－フッ化スズ錯体（略称：SnF_2（Ｅｔｉｏ　Ｉ））、オクタエチルポルフィリン－塩化白金錯体（略称：$PtCl_2$ＯＥＰ）等が挙げられる。

【０１８６】

また、一種の材料から構成される熱活性化遅延蛍光材料としては、π電子過剰型複素芳香環及びπ電子不足型複素芳香環を有する複素環化合物も用いることができる。具体的には、２－（ビフェニル－４－イル）－４，６－ビス（１２－フェニルインドロ［２，３－ａ］カルバゾール－１１－イル）－１，３，５－トリアジン（略称：ＰＩＣ－ＴＲＺ）、２－｛４－［３－（Ｎ－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）－９Ｈ－カルバゾール－９－イル］フェニル｝－４，６－ジフェニル－１，３，５－トリアジン（略称：ＰＣＣｚＰＴｚｎ）、２－［４－（１０Ｈ－フェノキサジン－１０－イル）フェニル］－４，６－ジフェニル－１，３，５－トリアジン（略称：ＰＸＺ－ＴＲＺ）、３－［４－（５－フェニル－５，１０－ジヒドロフェナジン－１０－イル）フェニル］－４，５－ジフェニル－１，２，４－トリアゾール（略称：ＰＰＺ－３ＴＰＴ）、３－（９，９－ジメチル－９Ｈ－アクリジン－１０－イル）－９Ｈ－キサンテン－９－オン（略称：ＡＣＲＸＴＮ）、ビス［４－（９，９－ジメチル－９，１０－ジヒドロアクリジン）フェニル］スルホン（略称：ＤＭＡＣ－ＤＰＳ）、１０－フェニル－１０Ｈ，１０’Ｈ－スピロ［アクリジン－９，９’－アントラセン］－１０’－オン（略称：ＡＣＲＳＡ）等が挙げられる。該複素環化合物は、π電子過剰型複素芳香環及びπ電子不足型複素芳香環を有するため、電子輸送性及び正孔輸送性が高く、好ましい。なお、π電子過剰型複素芳香環とπ電子不足型複素芳香環とが直接結合した物質は、π電子過剰型複素芳香環のドナー性とπ電子不足型複素芳香環のアクセプター性が共に強く、一重項励起状態の準位と三重項励起状態の準位の差が小さくなるため、特に好ましい。なお、π電子不足型複素芳香環の代わりに、シアノ基のような電子吸引基が結合した芳香環を用いても良い。

【０１８７】

≪蛍光材料≫

なお、発光層に蛍光材料を用いてもよい。蛍光材料としては、特に限定はないが、アントラセン誘導体、テトラセン誘導体、クリセン誘導体、フェナントレン誘導体、ピレン誘導体、ペリレン誘導体、スチルベン誘導体、アクリドン誘導体、クマリン誘導体、フェノキサジン誘導体、フェノチアジン誘導体などが好ましく、例えば以下の材料を用いることができる。

【０１８８】

具体的には、５，６－ビス［４－（１０－フェニル－９－アントリル）フェニル］－２，２’－ビピリジン（略称：ＰＡＰ２ＢＰｙ）、５，６－ビス［４’－（１０－フェニル－９－アントリル）ビフェニル－４－イル］－２，２’－ビピリジン（略称：ＰＡＰＰ２ＢＰｙ）、Ｎ，Ｎ’－ジフェニル－Ｎ，Ｎ’－ビス［４－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル］ピレン－１，６－ジアミン（略称：１，６ＦＬＰＡＰｒｎ）、Ｎ，Ｎ’－ビス（３－メチルフェニル）－Ｎ，Ｎ’－ビス［３－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル］ピレン－１，６－ジアミン（略称：１，６ｍＭｅｍＦＬＰＡＰｒｎ）、Ｎ，Ｎ’－ビス［４－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル］－Ｎ，Ｎ’－ビス（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）ピレン－１，６－ジアミン（略称：１，６ｔＢｕ－ＦＬＰＡＰｒｎ）、Ｎ，Ｎ’－ジフェニル－Ｎ，Ｎ’－ビス

［４－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル］－３，８－ジシクロヘキシルピレン－１，６－ジアミン（略称：ｃｈ－１，６ＦＬＰＡＰｒｎ）、Ｎ，Ｎ’－ビス［４－（９Ｈ－カルバゾール－９－イル）フェニル］－Ｎ，Ｎ’－ジフェニルスチルベン－４，４’－ジアミン（略称：ＹＧＡ２Ｓ）、４－（９Ｈ－カルバゾール－９－イル）－４’－（１０－フェニル－９－アントリル）トリフェニルアミン（略称：ＹＧＡＰＡ）、４－（９Ｈ－カルバゾール－９－イル）－４’－（９，１０－ジフェニル－２－アントリル）トリフェニルアミン（略称：２ＹＧＡＰＰＡ）、Ｎ，９－ジフェニル－Ｎ－［４－（１０－フェニル－９－アントリル）フェニル］－９Ｈ－カルバゾール－３－アミン（略称：ＰＣＡＰＡ）、ペリレン、２，５，８，１１－テトラ（ｔｅｒｔ－ブチル）ペリレン（略称：ＴＢＰ）、４－（１０－フェニル－９－アントリル）－４’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＡＰＡ）、Ｎ，Ｎ’’－（２－ｔｅｒｔ－ブチルアントラセン－９，１０－ジイルジ－４，１－フェニレン）ビス［Ｎ，Ｎ’，Ｎ’－トリフェニル－１，４－フェニレンジアミン］（略称：ＤＰＡＢＰＡ）、Ｎ，９－ジフェニル－Ｎ－［４－（９，１０－ジフェニル－２－アントリル）フェニル］－９Ｈ－カルバゾール－３－アミン（略称：２ＰＣＡＰＰＡ）、Ｎ－［４－（９，１０－ジフェニル－２－アントリル）フェニル］－Ｎ，Ｎ’，Ｎ’－トリフェニル－１，４－フェニレンジアミン（略称：２ＤＰＡＰＰＡ）、Ｎ，Ｎ，Ｎ’，Ｎ’，Ｎ’’，Ｎ’’，Ｎ’’’，Ｎ’’’－オクタフェニルジベンゾ［ｇ，ｐ］クリセン－２，７，１０，１５－テトラアミン（略称：ＤＢＣ１）、クマリン３０、Ｎ－（９，１０－ジフェニル－２－アントリル）－Ｎ，９－ジフェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－アミン（略称：２ＰＣＡＰＡ）、Ｎ－［９，１０－ビス（１，１’－ビフェニル－２－イル）－２－アントリル］－Ｎ，９－ジフェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－アミン（略称：２ＰＣＡＢＰｈＡ）、Ｎ－（９，１０－ジフェニル－２－アントリル）－Ｎ，Ｎ’，Ｎ’－トリフェニル－１，４－フェニレンジアミン（略称：２ＤＰＡＰＡ）、Ｎ－［９，１０－ビス（１，１’－ビフェニル－２－イル）－２－アントリル］－Ｎ，Ｎ’，Ｎ’－トリフェニル－１，４－フェニレンジアミン（略称：２ＤＰＡＢＰｈＡ）、９，１０－ビス（１，１’－ビフェニル－２－イル）－Ｎ－［４－（９Ｈ－カルバゾール－９－イル）フェニル］－Ｎ－フェニルアントラセン－２－アミン（略称：２ＹＧＡＢＰｈＡ）、Ｎ，Ｎ，９－トリフェニルアントラセン－９－アミン（略称：ＤＰｈＡＰｈＡ）、クマリン６、クマリン５４５Ｔ、Ｎ，Ｎ’－ジフェニルキナクリドン（略称：ＤＰＱｄ）、ルブレン、２，８－ジ－ｔｅｒｔ－ブチル－５，１１－ビス（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－６，１２－ジフェニルテトラセン（略称：ＴＢＲｂ）、ナイルレッド、５，１２－ビス（１，１’－ビフェニル－４－イル）－６，１１－ジフェニルテトラセン（略称：ＢＰＴ）、２－（２－｛２－［４－（ジメチルアミノ）フェニル］エテニル｝－６－メチル－４Ｈ－ピラン－４－イリデン）プロパンジニトリル（略称：ＤＣＭ１）、２－｛２－メチル－６－［２－（２，３，６，７－テトラヒドロ－１Ｈ，５Ｈ－ベンゾ［ｉｊ］キノリジン－９－イル）エテニル］－４Ｈ－ピラン－４－イリデン｝プロパンジニトリル（略称：ＤＣＭ２）、Ｎ，Ｎ，Ｎ’，Ｎ’－テトラキス（４－メチルフェニル）テトラセン－５，１１－ジアミン（略称：ｐ－ｍＰｈＴＤ）、７，１４－ジフェニル－Ｎ，Ｎ，Ｎ’，Ｎ’－テトラキス（４－メチルフェニル）アセナフト［１，２－ａ］フルオランテン－３，１０－ジアミン（略称：ｐ－ｍＰｈＡＦＤ）、２－｛２－イソプロピル－６－［２－（１，１，７，７－テトラメチル－２，３，６，７－テトラヒドロ－１Ｈ，５Ｈ－ベンゾ［ｉｊ］キノリジン－９－イル）エテニル］－４Ｈ－ピラン－４－イリデン｝プロパンジニトリル（略称：ＤＣＪＴＩ）、２－｛２－ｔｅｒｔ－ブチル－６－［２－（１，１，７，７－テトラメチル－２，３，６，７－テトラヒドロ－１Ｈ，５Ｈ－ベンゾ［ｉｊ］キノリジン－９－イル）エテニル］－４Ｈ－ピラン－４－イリデン｝プロパンジニトリル（略称：ＤＣＪＴＢ）、２－（２，６－ビス｛２－［４－（ジメチルアミノ）フェニル］エテニル｝－４Ｈ－ピラン－４－イリデン）プロパンジニトリル（略称：ＢｉｓＤＣＭ）、２－｛２，６－ビス［２－（８－メトキシ－１，１，７，７－テトラメチル－２，３，６，７－テトラヒドロ－１Ｈ，５Ｈ－ベンゾ［ｉｊ］キノリジン－９－イル）エテニル］－４Ｈ－ピラン－４－イリデン｝プ

ロパンジニトリル（略称：ＢｉｓＤＣＪＴＭ）、５，１０，１５，２０－テトラフェニルビスベンゾ［５，６］インデノ［１，２，３－ｃｄ：１’，２’，３’－ｌｍ］ペリレン、などが挙げられる。

【０１８９】

≪ホスト材料≫

発光層では、発光材料をホスト材料に分散して用いると好ましい。この場合、ホスト材料は発光材料より重量比で多く存在する。ホスト材料としては、様々な材料を用いることができる。例えば、正孔を輸送する機能を有する材料（正孔輸送性材料）や電子を輸送する機能を有する材料（電子輸送性材料）などを用いることができる。また、正孔輸送性および電子輸送性を有するバイポーラ性材料も用いることができる。

【０１９０】

ホスト材料としては、正孔よりも電子の輸送性の高い材料を用いることができ、この場合、1×10^{-6} ｃｍ^2／Ｖｓ以上の電子移動度を有する材料であることが好ましい。電子を受け取りやすい材料（電子輸送性を有する材料）としては、含窒素複素芳香族化合物のようなπ電子不足型複素芳香環骨格を有する化合物、及び亜鉛やアルミニウム系金属錯体などを用いることができる。具体的には、例えば、オキサジアゾール誘導体、トリアゾール誘導体、ベンゾイミダゾール誘導体、キノキサリン誘導体、ジベンゾキノキサリン誘導体、フェナントロリン誘導体、ピリジン誘導体、ビピリジン誘導体、ピリミジン誘導体、トリアジン誘導体などの化合物が挙げられる。また、例えば、キノリン配位子、ベンゾキノリン配位子、オキサゾール配位子、あるいはチアゾール配位子を有する金属錯体が挙げられる。

【０１９１】

具体的には、例えば、トリス（８－キノリノラト）アルミニウム（ＩＩＩ）（略称：Ａｌｑ）、トリス（４－メチル－８－キノリノラト）アルミニウム（ＩＩＩ）（略称：Ａｌｍｑ$_3$）、ビス（１０－ヒドロキシベンゾ［ｈ］キノリナト）ベリリウム（ＩＩ）（略称：ＢｅＢｑ$_2$）、ビス（２－メチル－８－キノリノラト）（４－フェニルフェノラト）アルミニウム（ＩＩＩ）（略称：ＢＡｌｑ）、ビス（８－キノリノラト）亜鉛（ＩＩ）（略称：Ｚｎｑ）など、キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等が挙げられる。また、この他ビス［２－（２－ベンゾオキサゾリル）フェノラト］亜鉛（ＩＩ）（略称：ＺｎＰＢＯ）、ビス［２－（２－ベンゾチアゾリル）フェノラト］亜鉛（ＩＩ）（略称：ＺｎＢＴＺ）などのオキサゾール系、またはチアゾール系配位子を有する金属錯体なども用いることができる。さらに、金属錯体以外にも、２－（４－ビフェニリル）－５－（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，３，４－オキサジアゾール（略称：ＰＢＤ）や、１，３－ビス［５－（ｐ－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，３，４－オキサジアゾール－２－イル］ベンゼン（略称：ＯＸＤ－７）、９－［４－（５－フェニル－１，３，４－オキサジアゾール－２－イル）フェニル］－９Ｈ－カルバゾール（略称：ＣＯ１１）、３－（４－ビフェニリル）－４－フェニル－５－（４－ｔｅｒｔ－ブチルフェニル）－１，２，４－トリアゾール（略称：ＴＡＺ）、９－［４－（４，５－ジフェニル－４Ｈ－１，２，４－トリアゾール－３－イル）フェニル］－９Ｈ－カルバゾール（略称：ＣｚＴＡＺ１）、２，２’，２’’－（１，３，５－ベンゼントリイル）トリス（１－フェニル－１Ｈ－ベンゾイミダゾール）（略称：ＴＰＢＩ）、２－［３－（ジベンゾチオフェン－４－イル）フェニル］－１－フェニル－１Ｈ－ベンゾイミダゾール（略称：ｍＤＢＴＢＩｍ－ＩＩ）、バソフェナントロリン（略称：ＢＰｈｅｎ）、２，９－ビス（ナフタレン－２－イル）－４，７－ジフェニル－１，１０－フェナントロリン（略称：ＮＢＰｈｅｎ）、バソキュプロイン（略称：ＢＣＰ）などの複素環化合物や、２－［３－（ジベンゾチオフェン－４－イル）フェニル］ジベンゾ［ｆ，ｈ］キノキサリン（略称：２ｍＤＢＴＰＤＢｑ－ＩＩ）、２－［３’－（ジベンゾチオフェン－４－イル）ビフェニル－３－イル］ジベンゾ［ｆ，ｈ］キノキサリン（略称：２ｍＤＢＴＢＰＤＢｑ－ＩＩ）、２－［３’－（９Ｈ－カルバゾール－９－イル）ビフェニル－３－イル］ジベンゾ［ｆ，ｈ］キノキサリン（略称：２ｍＣｚＢＰＤＢｑ）、２－［４－（３，６－ジフェニル－９Ｈ－カルバゾ

ール－９－イル）フェニル］ジベンゾ［ｆ，ｈ］キノキサリン（略称：２ＣｚＰＤＢｑ－ＩＩＩ）、７－［３－（ジベンゾチオフェン－４－イル）フェニル］ジベンゾ［ｆ，ｈ］キノキサリン（略称：７ｍＤＢＴＰＤＢｑ－ＩＩ）、及び、６－［３－（ジベンゾチオフェン－４－イル）フェニル］ジベンゾ［ｆ，ｈ］キノキサリン（略称：６ｍＤＢＴＰＤＢｑ－ＩＩ）、２－［３－（３，９’－ビ－９Ｈ－カルバゾール－９－イル）フェニル］ジベンゾ［ｆ，ｈ］キノキサリン（略称：２ｍＣｚＣｚＰＤＢｑ）、４，６－ビス［３－（フェナントレン－９－イル）フェニル］ピリミジン（略称：４，６ｍＰｎＰ２Ｐｍ）、４，６－ビス［３－（４－ジベンゾチエニル）フェニル］ピリミジン（略称：４，６ｍＤＢＴＰ２Ｐｍ－ＩＩ）、４，６－ビス［３－（９Ｈ－カルバゾール－９－イル）フェニル］ピリミジン（略称：４，６ｍＣｚＰ２Ｐｍ）などのジアジン骨格を有する複素環化合物や、２－｛４－［３－（Ｎ－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）－９Ｈ－カルバゾール－９－イル］フェニル｝－４，６－ジフェニル－１，３，５－トリアジン（略称：ＰＣＣｚＰＴｚｎ）などのトリアジン骨格を有する複素環化合物や、３，５－ビス［３－（９Ｈ－カルバゾール－９－イル）フェニル］ピリジン（略称：３５ＤＣｚＰＰｙ）、１，３，５－トリ［３－（３－ピリジル）フェニル］ベンゼン（略称：ＴｍＰｙＰＢ）などのピリジン骨格を有する複素環化合物、４，４’－ビス（５－メチルベンゾオキサゾール－２－イル）スチルベン（略称：ＢｚＯｓ）などの複素芳香族化合物も用いることができる。上述した複素環化合物の中でも、トリアジン骨格、ジアジン（ピリミジン、ピラジン、ピリダジン）骨格、またはピリジン骨格を有する複素環化合物は、安定で信頼性が良好であり好ましい。また、当該骨格を有する複素環化合物は、電子輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与する。また、ポリ（２，５－ピリジンジイル）（略称：ＰＰｙ）、ポリ［（９，９－ジヘキシルフルオレン－２，７－ジイル）－ｃｏ－（ピリジン－３，５－ジイル）］（略称：ＰＦ－Ｐｙ）、ポリ［（９，９－ジオクチルフルオレン－２，７－ジイル）－ｃｏ－（２，２’－ビピリジン－６，６’－ジイル）］（略称：ＰＦ－ＢＰｙ）のような高分子化合物を用いることもできる。ここに述べた物質は、主に1×10^{-6}ｃｍ^{2}／Ｖｓ以上の電子移動度を有する物質である。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であれば、上記以外の物質を用いても構わない。

【０１９２】

また、ホスト材料としては、以下の正孔輸送性材料を用いることができる。

【０１９３】

正孔輸送性材料としては、電子よりも正孔の輸送性の高い材料を用いることができ、1×10^{-6}ｃｍ^{2}／Ｖｓ以上の正孔移動度を有する材料であることが好ましい。具体的には、芳香族アミン、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、スチルベン誘導体などを用いることができる。また、該正孔輸送性材料は高分子化合物であっても良い。

【０１９４】

これら正孔輸送性の高い材料として、具体的には、芳香族アミン化合物としては、Ｎ，Ｎ’－ジ（ｐ－トリル）－Ｎ，Ｎ’－ジフェニル－ｐ－フェニレンジアミン（略称：ＤＴＤＰＰＡ）、４，４’－ビス［Ｎ－（４－ジフェニルアミノフェニル）－Ｎ－フェニルアミノ］ビフェニル（略称：ＤＰＡＢ）、Ｎ，Ｎ’－ビス｛４－［ビス（３－メチルフェニル）アミノ］フェニル｝－Ｎ，Ｎ’－ジフェニル－（１，１’－ビフェニル）－４，４’－ジアミン（略称：ＤＮＴＰＤ）、１，３，５－トリス［Ｎ－（４－ジフェニルアミノフェニル）－Ｎ－フェニルアミノ］ベンゼン（略称：ＤＰＡ３Ｂ）等を挙げることができる。

【０１９５】

また、カルバゾール誘導体としては、具体的には、３－［Ｎ－（４－ジフェニルアミノフェニル）－Ｎ－フェニルアミノ］－９－フェニルカルバゾール（略称：ＰＣｚＤＰＡ１）、３，６－ビス［Ｎ－（４－ジフェニルアミノフェニル）－Ｎ－フェニルアミノ］－９－フェニルカルバゾール（略称：ＰＣｚＤＰＡ２）、３，６－ビス［Ｎ－（４－ジフェニルアミノフェニル）－Ｎ－（１－ナフチル）アミノ］－９－フェニルカルバゾール（略称：ＰＣｚＴＰＮ２）、３－［Ｎ－（９－フェニルカルバゾール－３－イル）－Ｎ－フェニ

ルアミノ］－９－フェニルカルバゾール（略称：ＰＣｚＰＣＡ１）、３，６－ビス［Ｎ－（９－フェニルカルバゾール－３－イル）－Ｎ－フェニルアミノ］－９－フェニルカルバゾール（略称：ＰＣｚＰＣＡ２）、３－［Ｎ－（１－ナフチル）－Ｎ－（９－フェニルカルバゾール－３－イル）アミノ］－９－フェニルカルバゾール（略称：ＰＣｚＰＣＮ１）等を挙げることができる。

【０１９６】

また、カルバゾール誘導体としては、他に、４，４’－ジ（Ｎ－カルバゾリル）ビフェニル（略称：ＣＢＰ）、１，３，５－トリス［４－（Ｎ－カルバゾリル）フェニル］ベンゼン（略称：ＴＣＰＢ）、９－［４－（１０－フェニル－９－アントリル）フェニル］－９Ｈ－カルバゾール（略称：ＣｚＰＡ）、１，４－ビス［４－（Ｎ－カルバゾリル）フェニル］－２，３，５，６－テトラフェニルベンゼン等を用いることができる。

【０１９７】

また、芳香族炭化水素としては、例えば、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン（略称：ｔ－ＢｕＤＮＡ）、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ジ（１－ナフチル）アントラセン、９，１０－ビス（３，５－ジフェニルフェニル）アントラセン（略称：ＤＰＰＡ）、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ビス（４－フェニルフェニル）アントラセン（略称：ｔ－ＢｕＤＢＡ）、９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン（略称：ＤＮＡ）、９，１０－ジフェニルアントラセン（略称：ＤＰＡｎｔｈ）、２－ｔｅｒｔ－ブチルアントラセン（略称：ｔ－ＢｕＡｎｔｈ）、９，１０－ビス（４－メチル－１－ナフチル）アントラセン（略称：ＤＭＮＡ）、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ビス［２－（１－ナフチル）フェニル］アントラセン、９，１０－ビス［２－（１－ナフチル）フェニル］アントラセン、２，３，６，７－テトラメチル－９，１０－ジ（１－ナフチル）アントラセン、２，３，６，７－テトラメチル－９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン、９，９’－ビアントリル、１０，１０’－ジフェニル－９，９’－ビアントリル、１０，１０’－ビス（２－フェニルフェニル）－９，９’－ビアントリル、１０，１０’－ビス［（２，３，４，５，６－ペンタフェニル）フェニル］－９，９’－ビアントリル、アントラセン、テトラセン、ルブレン、ペリレン、２，５，８，１１－テトラ（ｔｅｒｔ－ブチル）ペリレン等が挙げられる。また、この他、ペンタセン、コロネン等も用いることができる。このように、1×10^{-6} ｃｍ^2／Ｖｓ以上の正孔移動度を有し、炭素数１４以上炭素数４２以下である芳香族炭化水素を用いることがより好ましい。

【０１９８】

なお、芳香族炭化水素は、ビニル骨格を有していてもよい。ビニル基を有している芳香族炭化水素としては、例えば、４，４’－ビス（２，２－ジフェニルビニル）ビフェニル（略称：ＤＰＶＢｉ）、９，１０－ビス［４－（２，２－ジフェニルビニル）フェニル］アントラセン（略称：ＤＰＶＰＡ）等が挙げられる。

【０１９９】

また、ポリ（Ｎ－ビニルカルバゾール）（略称：ＰＶＫ）やポリ（４－ビニルトリフェニルアミン）（略称：ＰＶＴＰＡ）、ポリ［Ｎ－（４－｛Ｎ’－［４－（４－ジフェニルアミノ）フェニル］フェニル－Ｎ’－フェニルアミノ｝フェニル）メタクリルアミド］（略称：ＰＴＰＤＭＡ）、ポリ［Ｎ，Ｎ’－ビス（４－ブチルフェニル）－Ｎ，Ｎ’－ビス（フェニル）ベンジジン］（略称：Ｐｏｌｙ－ＴＰＤ）等の高分子化合物を用いることもできる。

【０２００】

さらに、正孔輸送性の高い材料としては、例えば、４，４’－ビス［Ｎ－（１－ナフチル）－Ｎ－フェニルアミノ］ビフェニル（略称：ＮＰＢまたはα－ＮＰＤ）やＮ，Ｎ’－ビス（３－メチルフェニル）－Ｎ，Ｎ’－ジフェニル－［１，１’－ビフェニル］－４，４’－ジアミン（略称：ＴＰＤ）、４，４’，４’’－トリス（カルバゾール－９－イル）トリフェニルアミン（略称：ＴＣＴＡ）、４，４’，４’’－トリス［Ｎ－（１－ナフチル）－Ｎ－フェニルアミノ］トリフェニルアミン（略称：１’－ＴＮＡＴＡ）、４，４

’，４’’－トリス（Ｎ，Ｎ－ジフェニルアミノ）トリフェニルアミン（略称：ＴＤＡＴＡ）、４，４’，４’’－トリス［Ｎ－（３－メチルフェニル）－Ｎ－フェニルアミノ］トリフェニルアミン（略称：ＭＴＤＡＴＡ）、４，４’－ビス［Ｎ－（スピロ－９，９’－ビフルオレン－２－イル）－Ｎ－フェニルアミノ］ビフェニル（略称：ＢＳＰＢ）、４－フェニル－４’－（９－フェニルフルオレン－９－イル）トリフェニルアミン（略称：ＢＰＡＦＬＰ）、４－フェニル－３’－（９－フェニルフルオレン－９－イル）トリフェニルアミン（略称：ｍＢＰＡＦＬＰ）、Ｎ－（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－イル）－Ｎ－｛９，９－ジメチル－２－［Ｎ’－フェニル－Ｎ’－（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－イル）アミノ］－９Ｈ－フルオレン－７－イル｝フェニルアミン（略称：ＤＦＬＡＤＦＬ）、Ｎ－（９，９－ジメチル－２－ジフェニルアミノ－９Ｈ－フルオレン－７－イル）ジフェニルアミン（略称：ＤＰＮＦ）、２－［Ｎ－（４－ジフェニルアミノフェニル）－Ｎ－フェニルアミノ］スピロ－９，９’－ビフルオレン（略称：ＤＰＡＳＦ）、４－フェニル－４’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＡ１ＢＰ）、４，４’－ジフェニル－４’’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＢｉ１ＢＰ）、４－（１－ナフチル）－４’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＡＮＢ）、４，４’－ジ（１－ナフチル）－４’’－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）トリフェニルアミン（略称：ＰＣＢＮＢＢ）、４－フェニルジフェニル－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）アミン（略称：ＰＣＡ１ＢＰ）、Ｎ，Ｎ’－ビス（９－フェニルカルバゾール－３－イル）－Ｎ，Ｎ’－ジフェニルベンゼン－１，３－ジアミン（略称：ＰＣＡ２Ｂ）、Ｎ，Ｎ’，Ｎ’’－トリフェニル－Ｎ，Ｎ’，Ｎ’’－トリス（９－フェニルカルバゾール－３－イル）ベンゼン－１，３，５－トリアミン（略称：ＰＣＡ３Ｂ）、Ｎ－（４－ビフェニル）－Ｎ－（９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－イル）－９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－アミン（略称：ＰＣＢｉＦ）、Ｎ－（１，１’－ビフェニル－４－イル）－Ｎ－［４－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）フェニル］－９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－アミン（略称：ＰＣＢＢｉＦ）、９，９－ジメチル－Ｎ－フェニル－Ｎ－［４－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）フェニル］フルオレン－２－アミン（略称：ＰＣＢＡＦ）、Ｎ－フェニル－Ｎ－［４－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）フェニル］スピロ－９，９’－ビフルオレン－２－アミン（略称：ＰＣＢＡＳＦ）、２－［Ｎ－（９－フェニルカルバゾール－３－イル）－Ｎ－フェニルアミノ］スピロ－９，９’－ビフルオレン（略称：ＰＣＡＳＦ）、２，７－ビス［Ｎ－（４－ジフェニルアミノフェニル）－Ｎ－フェニルアミノ］スピロ－９，９’－ビフルオレン（略称：ＤＰＡ２ＳＦ）、Ｎ－［４－（９Ｈ－カルバゾール－９－イル）フェニル］－Ｎ－（４－フェニル）フェニルアニリン（略称：ＹＧＡ１ＢＰ）、Ｎ，Ｎ’－ビス［４－（カルバゾール－９－イル）フェニル］－Ｎ，Ｎ’－ジフェニル－９，９－ジメチルフルオレン－２，７－ジアミン（略称：ＹＧＡ２Ｆ）などの芳香族アミン化合物等を用いることができる。また、３－［４－（１－ナフチル）－フェニル］－９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール（略称：ＰＣＰＮ）、３－［４－（９－フェナントリル）－フェニル］－９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール（略称：ＰＣＰＰｎ）、３，３’－ビス（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール）（略称：ＰＣＣＰ）、１，３－ビス（Ｎ－カルバゾリル）ベンゼン（略称：ｍＣＰ）、３，６－ビス（３，５－ジフェニルフェニル）－９－フェニルカルバゾール（略称：ＣｚＴＰ）、３，６－ジ（９Ｈ－カルバゾール－９－イル）－９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール（略称：ＰｈＣｚＧＩ）、２，８－ジ（９Ｈ－カルバゾール－９－イル）－ジベンゾチオフェン（略称：Ｃｚ２ＤＢＴ）、４－｛３－［３－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル］フェニル｝ジベンゾフラン（略称：ｍｍＤＢＦＦＬＢｉ－ＩＩ）、４，４’，４’’－（ベンゼン－１，３，５－トリイル）トリ（ジベンゾフラン）（略称：ＤＢＦ３Ｐ－ＩＩ）、１，３，５－トリ（ジベンゾチオフェン－４－イル）ベンゼン（略称：ＤＢＴ３Ｐ－ＩＩ）、２，８－ジフェニル－４－［４－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル］ジベンゾチオフェン

（略称：ＤＢＴＦＬＰ－ＩＩＩ）、４－［４－（９－フェニル－９Ｈ－フルオレン－９－イル）フェニル］－６－フェニルジベンゾチオフェン（略称：ＤＢＴＦＬＰ－ＩＶ）、４－［３－（トリフェニレン－２－イル）フェニル］ジベンゾチオフェン（略称：ｍＤＢＴＰＴｐ－ＩＩ）等のアミン化合物、カルバゾール化合物、チオフェン化合物、フラン化合物、フルオレン化合物、トリフェニレン化合物、フェナントレン化合物等を用いることができる。上述した化合物の中でも、ピロール骨格、フラン骨格、チオフェン骨格、または芳香族アミン骨格を有する化合物は、安定で信頼性が良好であり好ましい。また、当該骨格を有する化合物は、正孔輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与する。

【０２０１】

なお、ホスト材料が呈する発光ピークが、燐光材料の三重項ＭＬＣＴ（Ｍｅｔａｌ　ｔｏ　Ｌｉｇａｎｄ　Ｃｈａｒｇｅ　Ｔｒａｎｓｆｅｒ）遷移の吸収帯、より具体的には、最も長波長側の吸収帯と重なるように、ホスト材料および燐光材料を選択することが好ましい。これにより、発光効率が飛躍的に向上した発光素子とすることができる。ただし、燐光材料に替えて熱活性化遅延蛍光材料を用いる場合においては、最も長波長側の吸収帯は一重項の吸収帯であることが好ましい。

【０２０２】

また、ホスト材料は、複数の物質を混合した材料であっても良く、混合したホスト材料を用いる場合は、電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料とを混合することが好ましい。電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料とを混合することによって、発光層のキャリア輸送性を容易に調整することができ、再結合領域の制御も簡便に行うことができる。電子輸送性を有する材料と正孔輸送性を有する材料との含有量の比は、電子輸送性を有する材料：正孔輸送性を有する材料＝１：９から９：１が好ましい。

【０２０３】

また、これらの混合された物質によって励起錯体を形成してもよい。発光材料の最も低エネルギー側の吸収帯の波長と重なるような発光波長を有する発光を呈する励起錯体を形成するよう、混合する物質の組み合わせを選択することで、当該励起錯体から発光材料へ励起エネルギーが移動しやすくなり、効率よく発光材料から発光を得ることができるため好ましい。また、駆動電圧も低減することができるため好ましい。

【０２０４】

また、発光層において、ホスト材料および発光材料以外の材料を有していても良い。また、上述した材料の他、高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等）または量子ドットなどの無機化合物を用いてもよい。

【０２０５】

≪量子ドット≫

量子ドットは、数ｎｍから数十ｎｍサイズの半導体ナノ結晶であり、1×10^{3}個から1×10^{6}個程度の原子から構成されている。量子ドットはサイズに依存してエネルギーシフトするため、同じ物質から構成される量子ドットであっても、サイズによって発光波長が異なる。そのため、用いる量子ドットのサイズを変更することによって、容易に発光波長を変更することができる。

【０２０６】

また、量子ドットは、発光スペクトルのピーク幅が狭いため、色純度のよい発光を得ることができる。さらに、量子ドットの理論的な内部量子効率は１００％であると言われており、蛍光発光を呈する有機化合物の２５％を大きく上回り、燐光発光を呈する有機化合物と同等となっている。このことから、量子ドットを発光材料として用いることによって発光効率の高い発光素子を得ることができる。その上、無機材料である量子ドットは、その本質的な安定性にも優れているため、寿命の観点からも好ましい発光素子を得ることができる。

【０２０７】

量子ドットを構成する材料としては、第１４族元素、第１５族元素、第１６族元素、複数の第１４族元素からなる化合物、第４族から第１４族に属する元素と第１６族元素との

化合物、第２族元素と第１６族元素との化合物、第１３族元素と第１５族元素との化合物、第１３族元素と第１７族元素との化合物、第１４族元素と第１５族元素との化合物、第１１族元素と第１７族元素との化合物、酸化鉄類、酸化チタン類、カルコゲナイドスピネル類、半導体クラスターなどを挙げることができる。

【０２０８】

具体的には、セレン化カドミウム、硫化カドミウム、テルル化カドミウム、セレン化亜鉛、酸化亜鉛、硫化亜鉛、テルル化亜鉛、硫化水銀、セレン化水銀、テルル化水銀、砒化インジウム、リン化インジウム、砒化ガリウム、リン化ガリウム、窒化インジウム、窒化ガリウム、アンチモン化インジウム、アンチモン化ガリウム、リン化アルミニウム、砒化アルミニウム、アンチモン化アルミニウム、セレン化鉛、テルル化鉛、硫化鉛、セレン化インジウム、テルル化インジウム、硫化インジウム、セレン化ガリウム、硫化砒素、セレン化砒素、テルル化砒素、硫化アンチモン、セレン化アンチモン、テルル化アンチモン、硫化ビスマス、セレン化ビスマス、テルル化ビスマス、ケイ素、炭化ケイ素、ゲルマニウム、錫、セレン、テルル、ホウ素、炭素、リン、窒化ホウ素、リン化ホウ素、砒化ホウ素、窒化アルミニウム、硫化アルミニウム、硫化バリウム、セレン化バリウム、テルル化バリウム、硫化カルシウム、セレン化カルシウム、テルル化カルシウム、硫化ベリリウム、セレン化ベリリウム、テルル化ベリリウム、硫化マグネシウム、セレン化マグネシウム、硫化ゲルマニウム、セレン化ゲルマニウム、テルル化ゲルマニウム、硫化錫、セレン化錫、テルル化錫、酸化鉛、フッ化銅、塩化銅、臭化銅、ヨウ化銅、酸化銅、セレン化銅、酸化ニッケル、酸化コバルト、硫化コバルト、酸化鉄、硫化鉄、酸化マンガン、硫化モリブデン、酸化バナジウム、酸化バナジウム、酸化タングステン、酸化タンタル、酸化チタン、酸化ジルコニウム、窒化ケイ素、窒化ゲルマニウム、酸化アルミニウム、チタン酸バリウム、セレンと亜鉛とカドミウムの化合物、インジウムと砒素とリンの化合物、カドミウムとセレンと硫黄の化合物、カドミウムとセレンとテルルの化合物、インジウムとガリウムと砒素の化合物、インジウムとガリウムとセレンの化合物、インジウムとセレンと硫黄の化合物、銅とインジウムと硫黄の化合物、およびこれらの組合せなどを挙げることができるが、これらに限定されない。また、組成が任意の比率で表される、いわゆる合金型量子ドットを用いても良い。例えば、カドミウムとセレンと硫黄の合金型量子ドットは、元素の含有比率を変化させることで発光波長を変えることができるため、青色発光を得るには有効な手段の一つである。

【０２０９】

量子ドットの構造としては、コア型、コア－シェル型、コア－マルチシェル型などがあり、そのいずれを用いても良いが、コアを覆ってより広いバンドギャップを持つ別の無機材料でシェルを形成することによって、ナノ結晶表面に存在する欠陥やダングリングボンドの影響を低減することができる。これにより、発光の量子効率が大きく改善するためコア－シェル型やコア－マルチシェル型の量子ドットを用いることが好ましい。シェルの材料の例としては、硫化亜鉛や酸化亜鉛が挙げられる。

【０２１０】

また、量子ドットは、表面原子の割合が高いことから、反応性が高く、凝集が起こりやすい。そのため、量子ドットの表面には保護剤が付着している又は保護基が設けられていることが好ましい。当該保護剤が付着している又は保護基が設けられていることによって、凝集を防ぎ、溶媒への溶解性を高めることができる。また、反応性を低減させ、電気的安定性を向上させることも可能である。保護剤（又は保護基）としては、例えば、ポリオキシエチレンラウリルエーテル、ポリオキシエチレンステアリルエーテル、ポリオキシエチレンオレイルエーテル等のポリオキシエチレンアルキルエーテル類、トリプロピルホスフィン、トリブチルホスフィン、トリヘキシルホスフィン、トリオクチルホスフィン等のトリアルキルホスフィン類、ポリオキシエチレンｎ－オクチルフェニルエーテル、ポリオキシエチレンｎ－ノニルフェニルエーテル等のポリオキシエチレンアルキルフェニルエーテル類、トリ（ｎ－ヘキシル）アミン、トリ（ｎ－オクチル）アミン、トリ（ｎ－デシル）アミン等の第３級アミン類、トリプロピルホスフィンオキシド、トリブチルホスフィン

オキシド、トリヘキシルホスフィンオキシド、トリオクチルホスフィンオキシド、トリデシルホスフィンオキシド等の有機リン化合物、ポリエチレングリコールジラウレート、ポリエチレングリコールジステアレート等のポリエチレングリコールジエステル類、また、ピリジン、ルチジン、コリジン、キノリン類等の含窒素芳香族化合物等の有機窒素化合物、ヘキシルアミン、オクチルアミン、デシルアミン、ドデシルアミン、テトラデシルアミン、ヘキサデシルアミン、オクタデシルアミン等のアミノアルカン類、ジブチルスルフィド等のジアルキルスルフィド類、ジメチルスルホキシドやジブチルスルホキシド等のジアルキルスルホキシド類、チオフェン等の含硫黄芳香族化合物等の有機硫黄化合物、パルミチン酸、ステアリン酸、オレイン酸等の高級脂肪酸、アルコール類、ソルビタン脂肪酸エステル類、脂肪酸変性ポリエステル類、３級アミン変性ポリウレタン類、ポリエチレンイミン類等が挙げられる。

【０２１１】

量子ドットは、サイズが小さくなるに従いバンドギャップが大きくなるため、所望の波長の光が得られるように、そのサイズを適宜調整する。結晶のサイズが小さくなるにつれて、量子ドットの発光は青色側へ、つまり、高エネルギー側へシフトするため、量子ドットのサイズを変更させることにより、紫外領域、可視領域、赤外領域のスペクトルの波長領域にわたって、その発光波長を調整することができる。量子ドットのサイズ（直径）は、０．５ｎｍ乃至２０ｎｍ、好ましくは１ｎｍ乃至１０ｎｍの範囲が通常良く用いられる。なお、量子ドットはそのサイズ分布が狭いほど、より発光スペクトルが狭線化し、色純度の良好な発光を得ることができる。また、量子ドットの形状は特に限定されず、球状、棒状、円盤状、その他の形状であってもよい。なお、棒状の量子ドットである量子ロッドは、指向性を有する光を呈する機能を有するため、量子ロッドを発光材料として用いることにより、より外部量子効率が良好な発光素子を得ることができる。

【０２１２】

ところで、有機ＥＬ素子では多くの場合、発光材料をホスト材料に分散し、発光材料の濃度消光を抑制することによって発光効率を高めている。ホスト材料は発光材料以上の一重項励起エネルギー準位または三重項励起エネルギー準位を有する材料であることが必要である。特に、青色燐光材料を発光材料に用いる場合においては、それ以上の三重項励起エネルギー準位を有し、且つ、寿命の観点で優れたホスト材料が必要であり、その開発は困難を極めている。ここで、量子ドットは、ホスト材料を用いずに量子ドットのみで発光層を構成しても発光効率を保つことができるため、この点でも寿命という観点から好ましい発光素子を得ることができる。量子ドットのみで発光層を形成する場合には、量子ドットはコアーシェル構造（コアーマルチシェル構造を含む）であることが好ましい。

【０２１３】

発光層の発光材料に量子ドットを用いる場合、当該発光層の膜厚は３ｎｍ乃至１００ｎｍ、好ましくは１０ｎｍ乃至１００ｎｍとし、発光層中の量子ドットの含有率は１乃至１００体積％とする。ただし、量子ドットのみで発光層を形成することが好ましい。なお、当該量子ドットを発光材料としてホストに分散した発光層を形成する場合は、ホスト材料に量子ドットを分散させる、またはホスト材料と量子ドットとを適当な液媒体に溶解または分散させてウェットプロセス（スピンコート法、キャスト法、ダイコート法、ブレードコート法、ロールコート法、インクジェット法、印刷法、スプレーコート法、カーテンコート法、ラングミュア・ブロジェット法など）により形成すればよい。燐光性の発光材料を用いた発光層については、上記ウェットプロセスの他、真空蒸着法も好適に利用することができる。

【０２１４】

ウェットプロセスに用いる液媒体としては、たとえば、メチルエチルケトン、シクロヘキサノン等のケトン類、酢酸エチル等の脂肪酸エステル類、ジクロロベンゼン等のハロゲン化炭化水素類、トルエン、キシレン、メシチレン、シクロヘキシルベンゼン等の芳香族炭化水素類、シクロヘキサン、デカリン、ドデカン等の脂肪族炭化水素類、ジメチルホルムアミド（ＤＭＦ）、ジメチルスルホキシド（ＤＭＳＯ）等の有機溶媒を用いることがで

きる。
【０２１５】
≪正孔注入層≫
正孔注入層は、陽極または電荷発生層からのホール注入障壁を低減することでホール注入を促進する機能を有し、例えば遷移金属酸化物、フタロシアニン誘導体、あるいは芳香族アミンなどによって形成される。遷移金属酸化物としては、モリブデン酸化物やバナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物などが挙げられる。フタロシアニン誘導体としては、フタロシアニンや金属フタロシアニンなどが挙げられる。芳香族アミンとしてはベンジジン誘導体やフェニレンジアミン誘導体などが挙げられる。ポリチオフェンやポリアニリンなどの高分子化合物を用いることもでき、例えば自己ドープされたポリチオフェンであるポリ（エチレンジオキシチオフェン）／ポリ（スチレンスルホン酸）などがその代表例である。
【０２１６】
正孔注入層として、正孔を輸送することができる機能を有する材料（正孔輸送性材料）と、これに対して電子受容性（アクセプター性）を示す材料の複合材料を有する層を用いることもできる。あるいは、電子受容性（アクセプター性）を示す材料を含む層と正孔輸送性材料を含む層の積層を用いても良い。これらの材料間では定常状態、あるいは電界存在下において電荷の授受が可能である。電子受容性を示す材料としては、キノジメタン誘導体やクロラニル誘導体、ヘキサアザトリフェニレン誘導体などの有機アクセプターを挙げることができる。具体的には、７，７，８，８－テトラシアノ－２，３，５，６－テトラフルオロキノジメタン（略称：F_4－ＴＣＮＱ）、クロラニル、２，３，６，７，１０，１１－ヘキサシアノ－１，４，５，８，９，１２－ヘキサアザトリフェニレン（略称：ＨＡＴ－ＣＮ）等の電子吸引基（ハロゲン基やシアノ基）を有する化合物である。また、遷移金属酸化物、例えば第４族から第８族金属の酸化物を用いることができる。具体的には、バナジウム酸化物、ニオブ酸化物、タンタル酸化物、クロム酸化物、モリブデン酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物、レニウム酸化物、チタン酸化物、ルテニウム酸化物、ジルコニウム酸化物、ハフニウム酸化物、銀酸化物などである。中でもモリブデン酸化物は大気中でも安定であり、吸湿性が低く、扱いやすいため好ましい。
【０２１７】
正孔輸送性材料としては、電子よりも正孔の輸送性の高い材料を用いることができ、1×10^{-6} ｃｍ^2／Ｖｓ以上の正孔移動度を有する材料であることが好ましい。具体的には、発光層に用いることができる正孔輸送性材料として挙げた芳香族アミン、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、スチルベン誘導体などを用いることができる。また、該正孔輸送性材料は高分子化合物であっても良い。
【０２１８】
≪正孔輸送層≫
正孔輸送層は正孔輸送性材料を含む層であり、正孔注入層の材料として例示した正孔輸送性材料を使用することができる。正孔輸送層は正孔注入層に注入された正孔を発光層へ輸送する機能を有するため、正孔注入層の最高被占軌道（Ｈｉｇｈｅｓｔ Ｏｃｃｕｐｉｅｄ Ｍｏｌｅｃｕｌａｒ Ｏｒｂｉｔａｌ、ＨＯＭＯともいう）準位と同じ、あるいは近いＨＯＭＯ準位を有することが好ましい。
【０２１９】
また、1×10^{-6} ｃｍ^2／Ｖｓ以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外の物質を用いてもよい。なお、正孔輸送性の高い物質を含む層は、単層だけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層してもよい。
【０２２０】
≪電子輸送層≫
電子輸送層は、電子注入層を経て陰極または電荷発生層から注入された電子を発光層へ輸送する機能を有する。電子輸送性材料としては、正孔よりも電子の輸送性の高い材料を

用いることができ、１×１０$^{-6}$ｃｍ^{2}／Ｖｓ以上の電子移動度を有する材料であることが好ましい。電子を受け取りやすい化合物（電子輸送性を有する材料）としては、含窒素複素芳香族化合物のようなπ電子不足型複素芳香族や金属錯体などを用いることができる。具体的には、発光層に用いることができる電子輸送性材料として挙げたキノリン配位子、ベンゾキノリン配位子、オキサゾール配位子、あるいはチアゾール配位子を有する金属錯体、オキサジアゾール誘導体、トリアゾール誘導体、ベンゾイミダゾール誘導体、キノキサリン誘導体、ジベンゾキノキサリン誘導体、フェナントロリン誘導体、ピリジン誘導体、ビピリジン誘導体、ピリミジン誘導体、トリアジン誘導体などが挙げられる。また、１×１０$^{-6}$ｃｍ^{2}／Ｖｓ以上の電子移動度を有する物質であることが好ましい。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であれば、上記以外の物質を電子輸送層として用いても構わない。また、電子輸送層は、単層だけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層してもよい。

【０２２１】

また、電子輸送層と発光層との間に電子キャリアの移動を制御する層を設けても良い。電子キャリアの移動を制御する層は上述したような電子輸送性の高い材料に、電子トラップ性の高い物質を少量添加した層であって、電子キャリアの移動を抑制することによって、キャリアバランスを調節することが可能な層である。このような構成は、発光層を電子が突き抜けてしまうことにより発生する問題（例えば素子寿命の低下）の抑制に大きな効果を発揮する。

【０２２２】

また、ｎ型の化合物半導体を用いても良く、例えば、酸化チタン、酸化亜鉛、酸化ケイ素、酸化錫、酸化タングステン、酸化タンタル、チタン酸バリウム、ジルコン酸バリウム、酸化ジルコニウム、酸化ハフニウム、酸化アルミニウム、酸化イットリウム、ケイ酸ジルコニウムのような酸化物、窒化ケイ素のような窒化物、硫化カドミウム、セレン化亜鉛及び硫化亜鉛等も用いることができる。

【０２２３】

≪電子注入層≫

電子注入層は陰極または電荷発生層からの電子注入障壁を低減することで電子注入を促進する機能を有し、例えば第１族金属、第２族金属、あるいはこれらの酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩などを用いることができる。また、先に示す電子輸送性材料と、これに対して電子供与性を示す材料の複合材料を用いることもできる。電子供与性を示す材料としては、第１族金属、第２族金属、あるいはこれらの酸化物などを挙げることができる。具体的には、フッ化リチウム（ＬｉＦ）、フッ化ナトリウム（ＮａＦ）、フッ化セシウム（ＣｓＦ）、フッ化カルシウム（CaF_2）、リチウム酸化物（LiO_x）等のようなアルカリ金属、アルカリ土類金属、またはそれらの化合物を用いることができる。また、フッ化エルビウム（ErF_3）のような希土類金属化合物を用いることができる。また、電子注入層にエレクトライドを用いてもよい。該エレクトライドとしては、例えば、カルシウムとアルミニウムの混合酸化物に電子を高濃度添加した物質等が挙げられる。また、電子注入層に、電子輸送層で用いることが出来る物質を用いても良い。

【０２２４】

また、電子注入層に、有機化合物と電子供与体（ドナー）とを混合してなる複合材料を用いてもよい。このような複合材料は、電子供与体によって有機化合物に電子が発生するため、電子注入性および電子輸送性に優れている。この場合、有機化合物としては、発生した電子の輸送に優れた材料であることが好ましく、具体的には、例えば上述した電子輸送層を構成する物質（金属錯体や複素芳香族化合物等）を用いることができる。電子供与体としては、有機化合物に対し電子供与性を示す物質であればよい。具体的には、アルカリ金属やアルカリ土類金属や希土類金属が好ましく、リチウム、ナトリウム、セシウム、マグネシウム、カルシウム、エルビウム、イッテルビウム等が挙げられる。また、アルカリ金属酸化物やアルカリ土類金属酸化物が好ましく、リチウム酸化物、カルシウム酸化物、バリウム酸化物等が挙げられる。また、酸化マグネシウムのようなルイス塩基を用いる

こともできる。また、テトラチアフルバレン（略称：ＴＴＦ）等の有機化合物を用いることもできる。

【０２２５】

なお、上述した、発光層、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、及び電子注入層は、それぞれ、蒸着法（真空蒸着法を含む）、インクジェット法、塗布法、グラビア印刷等の方法で形成することができる。また、上述した、発光層、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、及び電子注入層には、上述した材料の他、無機化合物や、高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等）を用いてもよい。

【０２２６】

≪電荷発生層≫

電荷発生層に、有機化合物とアクセプター性材料の複合材料が含まれる場合、該複合材料には正孔注入層に用いることができる複合材料を用いればよい。有機化合物としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール化合物、芳香族炭化水素、高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等）など、種々の化合物を用いることができる。なお、有機化合物としては、正孔移動度が1×10^{-6}ｃｍ^2／Ｖｓ以上である化合物を適用することが好ましい。ただし、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外の物質を用いてもよい。有機化合物とアクセプター性材料の複合材料は、キャリア注入性、キャリア輸送性に優れているため、低電圧駆動、低電流駆動を実現することができる。

【０２２７】

なお、電荷発生層は、有機化合物とアクセプター性材料の複合材料を含む層と他の材料により構成される層を組み合わせた積層構造として形成してもよい。例えば、有機化合物とアクセプター性材料の複合材料を含む層と、電子供与性物質の中から選ばれた一の化合物と電子輸送性の高い化合物とを含む層とを組み合わせて形成してもよい。また、有機化合物とアクセプター性材料の複合材料を含む層と、透明導電膜を含む層とを組み合わせて形成してもよい。

【０２２８】

なお、電荷発生層は、光取出し効率の点から、可視光に対して透光性（具体的には、電荷発生層に対する可視光の透過率が４０％以上）を有することが好ましい。また、電荷発生層は、一対の電極（電極５５１及び電極５５２）よりも低い導電率であっても機能する。

【０２２９】

上述した材料を用いて電荷発生層を形成することにより、発光層が積層された場合における駆動電圧の上昇を抑制することができる。

【０２３０】

≪一対の電極≫

電極５５１及び電極５５２は、発光素子の陽極または陰極としての機能を有する。電極５５１及び電極５５２は、金属、合金、導電性化合物、およびこれらの混合物や積層体などを用いて形成することができる。

【０２３１】

電極５５２は、反射膜を有し、該反射膜は、光を反射する機能を有する導電性材料により形成されると好ましい。該導電性材料としては、アルミニウム（Ａｌ）またはＡｌを含む合金等が挙げられる。Ａｌを含む合金としては、ＡｌとＬ（Ｌは、チタン（Ｔｉ）、ネオジム（Ｎｄ）、ニッケル（Ｎｉ）、及びランタン（Ｌａ）の一つまたは複数を表す）とを含む合金等が挙げられ、例えばＡｌとＴｉ、またはＡｌとＮｉとＬａを含む合金等である。アルミニウムは、抵抗値が低く、光の反射率が高い。また、アルミニウムは、地殻における存在量が多く、安価であるため、アルミニウムを用いることによる発光素子の作製コストを低減することができる。また、銀（Ａｇ）、またはＡｇとＮ（Ｎは、イットリウム（Ｙ）、Ｎｄ、マグネシウム（Ｍｇ）、イッテルビウム（Ｙｂ）、Ａｌ、Ｔｉ、ガリウム（Ｇａ）、亜鉛（Ｚｎ）、インジウム（Ｉｎ）、タングステン（Ｗ）、マンガン（Ｍｎ）、スズ（Ｓｎ）、鉄（Ｆｅ）、Ｎｉ、銅（Ｃｕ）、パラジウム（Ｐｄ）、イリジウム（

Ｉｒ）、または金（Ａｕ）の一つまたは複数を表す）とを含む合金等を用いても良い。銀を含む合金としては、例えば、銀とパラジウムと銅を含む合金、銀と銅を含む合金、銀とマグネシウムを含む合金、銀とニッケルを含む合金、銀と金を含む合金、銀とイッテルビウムを含む合金等が挙げられる。その他、タングステン、クロム（Ｃｒ）、モリブデン（Ｍｏ）、銅、チタンなどの遷移金属を用いることができる。

【０２３２】

また、発光層から得られる発光は、電極５５１を通して取り出される。したがって、電極５５１は、光を透過する機能を有する導電性材料により形成されると好ましい。該導電性材料としては、可視光の透過率が４０％以上１００％以下、好ましくは６０％以上１００％以下であり、かつその抵抗率が1×10^{-2}Ω・ｃｍ以下の導電性材料が挙げられる。

【０２３３】

また、電極５５１は、光を透過する機能を有する導電膜と、光を反射する機能を有する反射膜とを有すると好ましく、該導電膜及び該反射膜は、光を透過する機能を有する導電性材料により形成されると好ましい。導電性材料としては、可視光の反射率が２０％以上８０％以下、好ましくは４０％以上７０％以下であり、かつその抵抗率が1×10^{-2}Ω・ｃｍ以下の導電性材料が挙げられる。例えば、導電性を有する金属、合金、導電性化合物などを１種又は複数種用いて形成することができる。具体的には、例えば、インジウム錫酸化物（Ｉｎｄｉｕｍ　Ｔｉｎ　Ｏｘｉｄｅ、以下ＩＴＯ）、珪素または酸化珪素を含むインジウム錫酸化物（略称：ＩＴＳＯ）、酸化インジウム－酸化亜鉛（Ｉｎｄｉｕｍ　Ｚｉｎｃ　Ｏｘｉｄｅ）、チタンを含有した酸化インジウム－錫酸化物、インジウム－チタン酸化物、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウムなどのインジウムを有する導電性金属酸化物や、酸化亜鉛、ガリウムを有する酸化亜鉛などの金属酸化物を用いることができる。また、光を透過する程度（好ましくは、１ｎｍ以上３０ｎｍ以下の厚さ）の金属薄膜を用いることができる。金属としては、例えば、Ａｇ、またはＡｇとＡｌ、ＡｇとＭｇ、ＡｇとＡｕ、ＡｇとＹｂなどの合金等を用いることができる。

【０２３４】

また、電極５５１は、光を反射する機能を有する反射膜と、光を透過する機能を有する導電膜との積層であると好ましい。その場合、電極５５１は、各発光層からの所望の光を共振させ、その波長の光を強めることができるように、光学距離を調整する機能を有することができるため好ましい。

【０２３５】

なお、本明細書等において、光を透過する機能を有する材料は、可視光を透過する機能を有し、且つ導電性を有する材料であればよく、例えば上記のようなＩＴＯに代表される酸化物導電体に加えて、酸化物半導体、または有機物を含む有機導電体を含む。有機物を含む有機導電体としては、例えば、有機化合物と電子供与体（ドナー）とを混合してなる複合材料、有機化合物と電子受容体（アクセプター）とを混合してなる複合材料等が挙げられる。また、グラフェンなどの無機炭素系材料を用いても良い。また、当該材料の抵抗率としては、好ましくは1×10^{5}Ω・ｃｍ以下、さらに好ましくは1×10^{4}Ω・ｃｍ以下である。

【０２３６】

また、上記の材料の複数を積層することによって電極５５１及び電極５５２の一方または双方を形成してもよい。

【０２３７】

電極５５１または電極５５２が陰極としての機能を有する場合には、仕事関数が小さい（３．８ｅＶ以下）材料を有することが好ましい。例えば、元素周期表の第１族又は第２族に属する元素（リチウム、ナトリウム、セシウム等のアルカリ金属、カルシウム、ストロンチウム等のアルカリ土類金属、マグネシウム等）、これら元素を含む合金（例えば、ＡｇとＭｇ、ＡｌとＬｉ）、ユーロピウム（Ｅｕ）、Ｙｂ等の希土類金属、これら希土類金属を含む合金、アルミニウム、銀を含む合金等を用いることができる。

【０２３８】
また、電極５５１または電極５５２を陽極として用いる場合、仕事関数の大きい（４．０ｅＶ以上）材料を用いることが好ましい。
【０２３９】
電極５５１及び電極５５２の成膜方法は、スパッタリング法、蒸着法、印刷法、塗布法、ＭＢＥ（Ｍｏｌｅｃｕｌａｒ Ｂｅａｍ Ｅｐｉｔａｘｙ）法、ＣＶＤ（Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｖａｐｏｒ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）法、パルスレーザ堆積法、ＡＬＤ（Ａｔｏｍｉｃ Ｌａｙｅｒ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）法等を適宜用いることができる。
【０２４０】
＜表示装置の構成要素＞
次に、本発明の一態様の表示装置を構成するその他の要素について説明する。なお、これらの構成は明確に分離できず、一つの構成が他の構成を兼ねる場合や他の構成の一部を含む場合がある。
【０２４１】
≪基板≫
作製工程中の熱処理に耐えうる程度の耐熱性を有する材料を基板５７０及び基板３７０等に用いることができる。具体的には、例えば、厚さ０．７ｍｍまたは０．５ｍｍの無アルカリガラスを用いることができる。
【０２４２】
また、基板５７０および基板３７０等には、例えば、第６世代（１５００ｍｍ×１８５０ｍｍ）、第７世代（１８７０ｍｍ×２２００ｍｍ）、第８世代（２２００ｍｍ×２４００ｍｍ）、第９世代（２４００ｍｍ×２８００ｍｍ）、第１０世代（２９５０ｍｍ×３４００ｍｍ）等の面積が大きなガラス基板を用いることができる。これにより、大型の表示装置を作製することができる。
【０２４３】
また、有機材料、無機材料または有機材料と無機材料等の複合材料等を用いることができる。例えば、ガラス、セラミックス、金属等の無機材料を用いることができる。具体的には、無アルカリガラス、ソーダ石灰ガラス、カリガラス、クリスタルガラス、石英またはサファイア等を用いることができる。また、無機酸化物、無機窒化物または無機酸化窒化物等を用いることができる。例えば、酸化シリコン、窒化シリコン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウム等を用いることができる。また、鉄やアルミニウム等を有する金属を用いることができる。
【０２４４】
また、シリコンや炭化シリコンからなる単結晶半導体基板、多結晶半導体基板、シリコンゲルマニウム等の化合物半導体基板、ＳＯＩ基板等を用いることができる。これにより、半導体素子を基板５７０等に形成することができる。
【０２４５】
また、例えば、樹脂、樹脂フィルムまたはプラスチック等の有機材料を用いることができる。また、可撓性を有する基板を用いてもよい。具体的には、ポリエステル、ポリオレフィン、ポリアミド（ナイロン、アラミド等）、ポリイミド、ポリカーボネート、ポリウレタン、アクリル、またはエポキシ等の樹脂フィルムまたは樹脂板を用いることができる。もしくは、シリコーン等のシロキサン結合を有する樹脂を含む材料を用いることができる。また、ポリエチレンテレフタレート（ＰＥＴ）、ポリエチレンナフタレート（ＰＥＮ）、ポリエーテルサルフォン（ＰＥＳ）を用いることができる。また、紙または木材等を用いてもよい。
【０２４６】
また、金属板、薄板状のガラス板または無機材料等の膜を樹脂フィルム等に貼り合わせた複合材料を用いることができる。例えば、繊維状または粒子状の金属、ガラスもしくは無機材料等を樹脂フィルムに分散した複合材料を、用いることができる。例えば、繊維状または粒子状の樹脂もしくは有機材料等を無機材料に分散した複合材料を用いることがで

きる。
【０２４７】
また、単層の材料または複数の層が積層された材料を用いることができる。例えば、基材と基材に含まれる不純物の拡散を防ぐ絶縁膜等が積層された材料を用いることができる。具体的には、ガラスとガラスに含まれる不純物の拡散を防ぐ酸化シリコン、窒化シリコンまたは酸化窒化シリコン等から選ばれた一または複数の膜が積層された材料を用いることができる。または、樹脂と樹脂を透過する不純物の拡散を防ぐ酸化シリコン、窒化シリコンまたは酸化窒化シリコン等が積層された材料を用いることができる。
【０２４８】
なお、トランジスタまたは容量素子等を基板に直接形成する方法を用いることができる。また、例えば作製工程中に加わる熱に耐熱性を有する工程用の基板にトランジスタまたは容量素子等を形成し、形成されたトランジスタまたは容量素子等を基板５７０等に転置する方法を用いることができる。これにより、例えば可撓性を有する基板にトランジスタまたは容量素子等を形成できる。
【０２４９】
なお、発光素子、及び表示素子の作製工程において支持体として機能するものであれば、これら以外のものでもよい。あるいは、発光素子、及び表示素子を保護する機能を有するものであればよい。
【０２５０】
なお、基板３７０には、透光性を有する材料を用いることが好ましい。具体的には厚さ０．７ｍｍもしくは０．５ｍｍの無アルカリガラス、または厚さ０．２ｍｍから０．１ｍｍ程度まで研磨した無アルカリガラスを用いることができる。
【０２５１】
≪構造体３３５≫
構造体３３５等には、例えば、有機材料、無機材料または有機材料と無機材料の複合材料を用いることができる。これにより、構造体３３５等を挟む構成の間に所定の間隔を設けることができる。具体的には、ポリエステル、ポリオレフィン、ポリアミド、ポリイミド、ポリカーボネート、ポリシロキサン若しくはアクリル樹脂等またはこれらから選択された複数の樹脂の複合材料などを用いることができる。また、感光性を有する材料を用いて形成してもよい。
【０２５２】
≪封止材３０５≫
封止材３０５等には、無機材料、有機材料または無機材料と有機材料の複合材料等を用いることができる。また、熱溶融性の樹脂または硬化性の樹脂等の有機材料を用いることができる。また、反応硬化型接着剤、光硬化型接着剤、熱硬化型接着剤または／および嫌気型接着剤等の有機材料を用いることができる。具体的には、エポキシ樹脂、アクリル樹脂、シリコーン樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、イミド樹脂、ＰＶＣ（ポリビニルクロライド）樹脂、ＰＶＢ（ポリビニルブチラル）樹脂、ＥＶＡ（エチレンビニルアセテート）樹脂等を含む接着剤を用いることができる。
【０２５３】
≪接合層５０５≫
接合層５０５には、例えば、封止材３０５に用いることができる材料を用いることができる。
【０２５４】
≪絶縁膜≫
絶縁膜５２１、絶縁膜５２８、絶縁膜５０１Ｃ、絶縁膜５０６、絶縁膜５１６、絶縁膜５１８、絶縁膜３７１等には、例えば、絶縁性の無機材料、絶縁性の有機材料、または無機材料と有機材料を含む絶縁性の複合材料を用いることができる。具体的には、無機酸化物膜、無機窒化物膜、もしくは無機酸化窒化物膜等、またはこれらから選ばれた複数を積層した積層材料を用いることができる。例えば、酸化シリコン、窒化シリコン、酸化窒化

シリコン、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム等、またはこれらから選ばれた複数を積層した積層材料を含む膜を用いることができる。また、ポリエステル、ポリオレフィン、ポリアミド、ポリイミド、ポリカーボネート、ポリシロキサン、もしくはアクリル等、またはこれらから選択された複数の樹脂の積層材料もしくは複合材料などを用いることができる。また、感光性を有する材料を用いて形成してもよい。

【０２５５】

なお、酸化窒化シリコン膜とは、その組成として、窒素よりも酸素の含有量が多い膜を指し、好ましくは酸素が５５原子％以上６５原子％以下、窒素が１原子％以上２０原子％以下、シリコンが２５原子％以上３５原子％以下、水素が０．１原子％以上１０原子％以下の範囲で含まれる膜をいう。窒化酸化シリコン膜とは、その組成として、酸素よりも窒素の含有量が多い膜を指し、好ましくは窒素が５５原子％以上６５原子％以下、酸素が１原子％以上２０原子％以下、シリコンが２５原子％以上３５原子％以下、水素が０．１原子％以上１０原子％以下の濃度範囲で含まれる膜をいう。

【０２５６】

絶縁膜５２１は、絶縁膜５２１と重なるさまざまな構造に由来する段差を平坦化することができるよう形成すると好ましい。そのため、絶縁膜５２１には、絶縁性の有機材料を用いることが好ましい。

【０２５７】

絶縁膜５２８は、電極５５１及び電極５５２の短絡を防止する機能を有すると好ましい。そのため、絶縁膜５２８には、絶縁性の有機材料を用いることが好ましく、例えば、厚さ１μｍのポリイミドを含む膜を用いることが好ましい。

【０２５８】

また、絶縁膜５０１Ｃには、シリコンおよび酸素を含む材料を用いることが好ましい。これにより、画素回路が有するトランジスタまたは第２の表示素子５５０等への不純物の拡散を抑制することができる。例えば、シリコン、酸素および窒素を含む厚さ２００ｎｍの膜を絶縁膜５０１Ｃに用いることができる。

【０２５９】

また、絶縁膜３７１には、ポリイミド、エポキシ樹脂、アクリル樹脂等を用いることが好ましい。

【０２６０】

≪中間膜≫

例えば、水素を透過または供給する機能を備える材料を中間膜３５４に用いることができる。また、導電性を有する材料を中間膜３５４に用いることができる。また、透光性を有する材料を中間膜３５４に用いることができる。

【０２６１】

中間膜３５４は、酸化物導電体、または酸化物半導体を有すると好ましい。具体的には、インジウムおよび酸素を有する材料、インジウム、ガリウム、亜鉛、及び酸素を有する材料、またはインジウム、スズ、及び酸素を有する材料等を中間膜３５４に用いることができる。なお、これらの材料は、水素を透過する機能を有する。

【０２６２】

中間膜３５４の厚さは、例えば、１０ｎｍ以上５００ｎｍ以下、好ましくは１０ｎｍ以上１００ｎｍ以下であると好ましい。具体的には、インジウム、ガリウム、亜鉛、及び酸素を有する厚さ５０ｎｍの膜または１００ｎｍの膜を用いることができる。

【０２６３】

なお、エッチングストッパーとして機能する膜が積層された材料を中間膜３５４に用いることができる。または、エッチングストッパーとして機能する膜を中間膜３５４上に積層してもよい。具体的には、インジウム、ガリウム、亜鉛、及び酸素を有する厚さ５０ｎｍの膜と、インジウム、スズ、及び酸素を有する厚さ２０ｎｍの膜と、をこの順で積層した材料を中間膜３５４に用いることができる。また、インジウム、ガリウム、亜鉛、及び酸素を有する厚さ５０ｎｍの膜を中間膜３５４として用い、該中間膜３５４上に、インジ

ウム、スズ、及び酸素を有する厚さ２０ｎｍの膜を積層してもよい。
【０２６４】
≪配線、端子、導電膜≫
配線、端子、導電膜等には、導電性を有する材料を用いることができる。具体的には、導電性を有する材料を、信号線ＳＬ１（ｊ）、信号線ＳＬ２（ｊ）、走査線ＧＬ１（ｉ）、走査線ＧＬ２（ｉ）、配線ＣＳＣＯＭ、配線ＡＮＯ、端子５１９Ｂ、端子５１９Ｃ、第１の導電膜、第２の導電膜、導電膜５１１Ｂ、導電膜５１１Ｃ、導電膜５１２Ｂ等に用いることができる。
【０２６５】
例えば、無機導電性材料、有機導電性材料、金属または導電性セラミックスなどを用いることができる。具体的には、アルミニウム、金、白金、銀、銅、クロム、タンタル、チタン、モリブデン、タングステン、ニッケル、鉄、コバルト、パラジウムまたはマンガンから選ばれた金属元素などを用いることができる。または、上述した金属元素を含む合金などを用いることができる。特に、銅とマンガンの合金がウエットエッチング法を用いた微細加工に好適である。
【０２６６】
また、アルミニウム膜上にチタン膜を積層する二層構造、窒化チタン膜上にチタン膜を積層する二層構造、窒化チタン膜上にタングステン膜を積層する二層構造、窒化タンタル膜または窒化タングステン膜上にタングステン膜を積層する二層構造、チタン膜と、そのチタン膜上にアルミニウム膜を積層し、さらにその上にチタン膜を形成する三層構造等を用いることができる。
【０２６７】
また、酸化インジウム、インジウム錫酸化物、インジウム亜鉛酸化物、酸化亜鉛、ガリウムを添加した酸化亜鉛などの導電性酸化物を用いることができる。
【０２６８】
また、グラフェンまたはグラファイトを含む膜を用いることができる。例えば、酸化グラフェンを含む膜を形成し、酸化グラフェンを含む膜を還元することにより、グラフェンを含む膜を形成することができる。酸化グラフェンを還元する方法としては、熱を加える方法や還元剤を用いる方法等を挙げることができる。また、導電性高分子を用いてもよい。
【０２６９】
また、第１の導電膜は、電極３５１または配線等に用いることができる。
【０２７０】
また、第２の導電膜は、スイッチ５８１に用いることができるトランジスタの導電膜５１２Ｂまたは配線等に用いることができる。
【０２７１】
≪電極３５１≫
電極３５１には、電極５５１が有する材料を用いることが好ましい。また、例えば、配線等に用いる材料を用いることができる。具体的には、電極３５１が有する反射膜は、電極５５１が有する反射膜と、同じ金属を有すると好ましい。
【０２７２】
≪反射膜≫
例えば、可視光を反射する材料を反射膜３５１Ｂに用いることができる。具体的には、銀を含む材料を反射膜３５１Ｂに用いることが好ましい。例えば、銀およびパラジウム等を含む材料または銀および銅等を含む材料を反射膜３５１Ｂに用いることができる。
【０２７３】
反射膜３５１Ｂは、例えば、液晶層３５３を透過してくる光を反射する。これにより、第１の表示素子３５０を反射型の液晶素子にすることができる。また、例えば、表面に凹凸を有する材料を、反射膜３５１Ｂに用いることができる。これにより、入射する光をさまざまな方向に反射して、白色の表示をすることができる。

【０２７４】
なお、電極３５１に反射膜３５１Ｂを用いる構成に限られない。例えば、液晶層３５３と電極３５１の間に反射膜３５１Ｂを配設する構成を用いることができる。または、反射膜３５１Ｂと液晶層３５３の間に透光性を有する電極３５１を配置する構成を用いることができる。
【０２７５】
≪電極３５２≫
電極３５２には、可視光について透光性を有し且つ導電性を有する材料を用いることができる。例えば、導電性酸化物、光が透過する程度に薄い金属膜または金属ナノワイヤを電極３５２に用いることができる。具体的には、インジウムを含む導電性酸化物を電極３５２に用いることができる。または、厚さ１ｎｍ以上１０ｎｍ以下の金属薄膜を電極３５２に用いることができる。または、銀を含む金属ナノワイヤを電極３５２に用いることができる。
【０２７６】
具体的には、酸化インジウム、インジウム錫酸化物、インジウム亜鉛酸化物、酸化亜鉛、ガリウムを添加した酸化亜鉛、アルミニウムを添加した酸化亜鉛などを用いることができる。
【０２７７】
≪画素回路３０２≫
画素回路３０２（ｉ，ｊ）は、信号線ＳＬ１（ｊ）、信号線ＳＬ２（ｊ）、走査線ＧＬ１（ｉ）、走査線ＧＬ２（ｉ）、配線ＣＳＣＯＭおよび配線ＡＮＯと電気的に接続される（図３参照）。
【０２７８】
画素回路３０２（ｉ，ｊ＋１）は、信号線ＳＬ１（ｊ＋１）、信号線ＳＬ２（ｊ＋１）、走査線ＧＬ１（ｉ）、走査線ＧＬ２（ｉ）、配線ＣＳＣＯＭおよび配線ＡＮＯと電気的に接続される。
【０２７９】
なお、信号線ＳＬ２（ｊ）に供給する信号に用いる電圧が、信号線ＳＬ１（ｊ＋１）に供給する信号に用いる電圧と異なる場合、信号線ＳＬ１（ｊ＋１）を信号線ＳＬ２（ｊ）から離して配置する。具体的には、信号線ＳＬ２（ｊ＋１）を信号線ＳＬ２（ｊ）に隣接するように配置する。
【０２８０】
画素回路３０２は、スイッチ５８１、容量素子Ｃ１、スイッチ５８２、トランジスタ５８５および容量素子Ｃ２を有する。
【０２８１】
例えば、走査線ＧＬ１（ｉ）と電気的に接続されるゲート電極と、信号線ＳＬ１（ｊ）と電気的に接続される第１の電極と、を有するトランジスタを、スイッチ５８１に用いることができる。
【０２８２】
容量素子Ｃ１は、スイッチ５８１に用いるトランジスタの第２の電極に電気的に接続される第１の電極と、配線ＣＳＣＯＭに電気的に接続される第２の電極と、を有する。
【０２８３】
例えば、走査線ＧＬ２（ｉ）と電気的に接続されるゲート電極と、信号線ＳＬ２（ｊ）と電気的に接続される第１の電極と、を有するトランジスタを、スイッチ５８２に用いることができる。
【０２８４】
トランジスタ５８５は、スイッチ５８２に用いるトランジスタの第２の電極に電気的に接続されるゲート電極と、配線ＡＮＯと電気的に接続される第１の電極と、を有する。
【０２８５】
なお、半導体膜をゲート電極との間に挟むように設けられた導電膜を有するトランジス

タを、トランジスタ５８５に用いることができる。例えば、トランジスタ５８５の第１の電極と同じ電位を供給することができる配線と、電気的に接続された導電膜を該導電膜に用いることができる。

【０２８６】

容量素子Ｃ２は、スイッチ５８２に用いるトランジスタの第２の電極に電気的に接続される第１の電極と、トランジスタ５８５の第１の電極に電気的に接続される第２の電極と、を有する。

【０２８７】

なお、第１の表示素子３５０の第１の電極をスイッチ５８１に用いるトランジスタの第２の電極と電気的に接続し、第１の表示素子３５０の第２の電極を配線ＶＣＯＭ１と電気的に接続する。これにより、第１の表示素子３５０を駆動することができる。

【０２８８】

また、第２の表示素子５５０の第１の電極をトランジスタ５８５の第２の電極と電気的に接続し、第２の表示素子５５０の第２の電極を配線ＶＣＯＭ２と電気的に接続する。これにより、第２の表示素子５５０を駆動することができる。

【０２８９】

≪スイッチ５８１、スイッチ５８２、トランジスタ５８５、トランジスタ５８６≫

スイッチ５８１、スイッチ５８２、トランジスタ５８５、トランジスタ５８６等には、例えば、ボトムゲート型またはトップゲート型等のトランジスタを用いることができる。

【０２９０】

また、例えば、第１４族の元素を含む半導体を上記トランジスタの半導体膜に利用することができる。具体的には、シリコンを含む半導体をトランジスタの半導体膜に用いることができる。例えば、単結晶シリコン、ポリシリコン、微結晶シリコンまたはアモルファスシリコンなどをトランジスタの半導体膜に用いることができる。

【０２９１】

また、スイッチ５８１、スイッチ５８２、トランジスタ５８５、トランジスタ５８６等には、例えば、酸化物半導体を半導体膜に用いるトランジスタを利用することができる。具体的には、インジウムを含む酸化物半導体またはインジウムとガリウムと亜鉛を含む酸化物半導体を半導体膜に用いることができる。

【０２９２】

一例を挙げれば、アモルファスシリコンを半導体膜に用いたトランジスタと比較して、オフ状態におけるリーク電流が小さいトランジスタをスイッチ５８１、スイッチ５８２、トランジスタ５８５、トランジスタ５８６等に用いることができる。具体的には、酸化物半導体を半導体膜５０８に用いたトランジスタをスイッチ５８１、スイッチ５８２、トランジスタ５８５、トランジスタ５８６等に用いることができる。

【０２９３】

これにより、アモルファスシリコンを半導体膜に用いたトランジスタを利用する画素回路と比較して、画素回路が画像信号を保持することができる時間を長くすることができる。具体的には、フリッカーの発生を抑制しながら、選択信号を３０Ｈｚ未満、好ましくは１Ｈｚ未満、より好ましくは一分に一回未満の頻度で供給することができる。その結果、情報処理装置の使用者に蓄積する疲労を低減することができる。また、駆動に伴う消費電力を低減することができる。

【０２９４】

インジウムを含む酸化物半導体をトランジスタのチャネルとして機能する領域を有する半導体膜５０８に用いることができる。例えば、インジウム、ガリウムおよび亜鉛を含む厚さ２５ｎｍの膜を用いることができる。

【０２９５】

トランジスタのゲート電極として機能する領域を有する導電膜５０４には、配線等に用いる材料を用いることができる。例えば、タンタルおよび窒素を含む厚さ１０ｎｍの膜と、銅を含む厚さ３００ｎｍの膜と、をこの順で積層した導電膜を用いることができる。

【０２９６】
トランジスタのゲート絶縁膜として機能する領域を有する絶縁膜５０６には、絶縁膜５０１Ｃ等に用いる絶縁膜を用いることができる。例えば、シリコンおよび窒素を含む厚さ４００ｎｍの膜と、シリコン、酸素および窒素を含む厚さ２００ｎｍの膜と、を積層した材料を用いることができる。
【０２９７】
トランジスタのソース電極またはドレイン電極として機能する領域を有する導電膜５１２Ａまたは導電膜５１２Ｂには、配線等に用いる材料を用いることができる。例えば、タングステンを含む厚さ５０ｎｍの膜と、アルミニウムを含む厚さ４００ｎｍの膜と、チタンを含む厚さ１００ｎｍの膜と、をこの順で積層した導電膜を用いることができる。
【０２９８】
≪開口部３５１Ｈ≫
第１の表示素子３５０が有する反射膜３５１Ｂの非開口部の総面積に対する開口部３５１Ｈの総面積の比の値が大きすぎると、第１の表示素子３５０を用いた表示が暗くなってしまう。また、非開口部の総面積に対する開口部３５１Ｈの総面積の比の値が小さすぎると、第２の表示素子５５０を用いた表示が暗くなってしまう。また、反射膜３５１Ｂに設ける開口部３５１Ｈの面積が小さすぎると、第２の表示素子５５０が射出する光から取り出せる光の効率が低下してしまう。そのため、画素回路３０２に対する開口部３５１Ｈの面積比は、１％以上１０％以下が好ましい。
【０２９９】
なお、第２の表示素子５５０として、開口部３５１Ｈより発光面積の大きな発光素子（例えばＬＥＤなど）を用いる場合、開口部３５１Ｈの面積が小さくなると、第２の表示素子５５０から射出される光の強度も小さくなる。すなわち、第２の表示素子５５０から射出される光の強度と、開口部３５１Ｈの面積とは比例するため、開口部３５１Ｈの面積を小さくした場合に、第２の表示素子５５０から射出される光の強度を保つためには、第２の表示素子５５０の消費電力が高くなってしまう。
【０３００】
一方、本発明の一態様においては、第２の表示素子５５０に有機ＥＬ素子や無機ＥＬ素子などの電流駆動型の発光素子を用い、開口部３５１Ｈの面積と第２の表示素子５５０の発光部の面積とを同程度にすることができる。そうすることで、開口部３５１Ｈの面積が小さくなっても第２の表示素子５５０の消費電力はほとんど変わらずに第２の表示素子５５０から射出される光の強度を保つことができる。
【０３０１】
また、多角形（例えば四角形や十字等）、楕円形、または円形等の形状を開口部３５１Ｈの形状に用いることができる。また、細長い筋状、スリット状、市松模様状の形状を開口部３５１Ｈの形状に用いることができる。また、開口部３５１Ｈを隣接する画素に寄せて配置してもよい。好ましくは、開口部３５１Ｈを同じ色を表示する機能を有する他の画素に寄せて配置する。これにより、第２の表示素子５５０が射出する光が隣接する画素に配置された着色膜に入射してしまう現象（クロストークともいう）を抑制できる。
【０３０２】
≪配向膜３３１、配向膜３３２≫
配向膜３３１または配向膜３３２には、有機材料を用いることができ、例えば、ポリイミド等を含む材料を用いることができる。具体的には、所定の方向に配向するようにラビング処理または光配向技術を用いて形成された材料を用いることができる。
【０３０３】
例えば、可溶性のポリイミドを含む膜を配向膜３３１または配向膜３３２に用いることができる。
【０３０４】
≪着色層≫
所定の色の光を透過する材料を着色層３７５及び着色層５７５に用いることができる。

これにより、着色層３７５及び着色層５７５を例えばカラーフィルタに用いることができる。

【０３０５】

例えば、青色の光を透過する材料、緑色の光を透過する材料、赤色の光を透過する材料、黄色の光を透過する材料または白色の光を透過する材料などを着色層３７５及び着色層５７５に用いることができる。

【０３０６】

≪遮光膜３７３≫

光の透過を妨げる材料を遮光膜３７３に用いることができる。これにより、遮光膜３７３を例えばブラックマトリクスに用いることができる。

【０３０７】

≪機能膜≫

機能膜３７０Ｄ及び機能膜３７０Ｐには、例えば、偏光板、位相差板、拡散フィルム、反射防止膜または集光フィルム等を用いることができる。または、２色性色素を含む偏光板を用いることができる。

【０３０８】

また、ゴミの付着を抑制する帯電防止膜、汚れを付着しにくくする撥水性の膜、使用に伴う傷の発生を抑制するハードコート膜などを、機能膜３７０Ｄ及び機能膜３７０Ｐに用いることができる。

【０３０９】

≪駆動回路ＧＤ≫

シフトレジスタ等のさまざまな順序回路等を駆動回路ＧＤに用いることができる。例えば、トランジスタ５８６、容量素子等を駆動回路ＧＤに用いることができる。具体的には、トランジスタ５８５と同一の工程で形成することができるトランジスタを用いることができる。

【０３１０】

また、スイッチ５８１に用いることができるトランジスタと異なる構成のトランジスタを、トランジスタ５８６に用いることができる。具体的には、導電膜５２４を有するトランジスタをトランジスタ５８６に用いることができる（図２（Ｂ）参照）。

【０３１１】

導電膜５０４との間に半導体膜５０８を挟むように、導電膜５２４を配設し、導電膜５２４および半導体膜５０８の間に絶縁膜５１６を配設し、半導体膜５０８および導電膜５０４の間に絶縁膜５０６を配設する。例えば、導電膜５０４と同じ電位を供給する配線に導電膜５２４を電気的に接続する。

【０３１２】

なお、トランジスタ５８５と同一の構成のトランジスタを、トランジスタ５８６に用いることができる。

【０３１３】

また、例えば、集積回路を駆動回路ＧＤに用いてもよい。具体的には、シリコン基板上に形成された集積回路を駆動回路ＧＤに用いることができる。

【０３１４】

≪駆動回路ＳＤ≫

例えば、集積回路を駆動回路ＳＤに用いることができる。具体的には、シリコン基板上に形成された集積回路を駆動回路ＳＤに用いることができる。

【０３１５】

例えば、ＣＯＧ（Ｃｈｉｐ　ｏｎ　ｇｌａｓｓ）法を用いて、画素回路３０２と電気的に接続されるパッドに駆動回路ＳＤを実装することができる。具体的には、異方性導電膜を用いて、パッドに集積回路を実装できる。

【０３１６】

なお、パッドは、端子５１９Ｂまたは端子５１９Ｃと同一の工程で形成することができ

る。
【０３１７】
＜表示装置の構成例２＞
図８（Ａ）（Ｂ）は、本発明の一態様の表示装置３００Ｂの構成を説明する断面図である。図８（Ａ）は、図１（Ａ）の切断線Ｘ１－Ｘ２、Ｘ３－Ｘ４、Ｘ５－Ｘ６、Ｘ７－Ｘ８、Ｘ９－Ｘ１０、Ｘ１１－Ｘ１２における断面図である。図８（Ｂ）は、表示装置３００Ｂの一部の構成を説明する断面図である。
【０３１８】
なお、表示装置３００Ｂは、ボトムゲート型のトランジスタに換えてトップゲート型のトランジスタを有する点が、図２に示す表示装置３００とは異なる。ここでは、図２の説明と同様の構成を用いることができる部分について図２の説明を援用し、異なる部分について詳細に説明する。
【０３１９】
≪スイッチ５８１Ｂ、トランジスタ５８５Ｂ、トランジスタ５８６Ｂ≫
トランジスタ５８６Ｂは、絶縁膜５０１Ｃと重なる領域を備える導電膜５０４と、絶縁膜５０１Ｃおよび導電膜５０４の間に配設される領域を備える半導体膜５０８と、を有する。なお、導電膜５０４はゲート電極の機能を有する（図８（Ｂ）参照）。
【０３２０】
半導体膜５０８は、導電膜５０４と重ならない第１の領域５０８Ａおよび第２の領域５０８Ｂと、第１の領域５０８Ａおよび第２の領域５０８Ｂの間に導電膜５０４と重なる第３の領域５０８Ｃと、を有する。
【０３２１】
トランジスタ５８６Ｂは、第３の領域５０８Ｃおよび導電膜５０４の間に、絶縁膜５０６を有する。なお、絶縁膜５０６はゲート絶縁膜の機能を有する。
【０３２２】
第１の領域５０８Ａおよび第２の領域５０８Ｂは、第３の領域５０８Ｃに比べて抵抗率が低く、ソース領域の機能またはドレイン領域の機能を有する。
【０３２３】
なお、例えば後に詳細に説明する酸化物半導体の抵抗率を制御する方法を用いて、第１の領域５０８Ａおよび第２の領域５０８Ｂを半導体膜５０８に形成することができる。具体的には、希ガスを含むガスを用いるプラズマ処理を適用することができる。
【０３２４】
また、例えば、導電膜５０４をマスクに用いることができる。これにより、第３の領域５０８Ｃの一部の形状を、導電膜５０４の端部の形状に自己整合させることができる。
【０３２５】
トランジスタ５８６Ｂは、第１の領域５０８Ａと接する導電膜５１２Ａと、第２の領域５０８Ｂと接する導電膜５１２Ｂと、を有する。導電膜５１２Ａおよび導電膜５１２Ｂは、ソース電極またはドレイン電極の機能を有する。
【０３２６】
トランジスタ５８６Ｂと同一の工程で形成することができるトランジスタを、トランジスタ５８５Ｂ、及びスイッチ５８１Ｂが有するトランジスタに用いることができる。
【０３２７】
表示装置３００Ｂが有する電極３５１及び電極５５１は、表示装置３００が有する電極３５１及び電極５５１と同様の構成を有することができる。
【０３２８】
すなわち、電極３５１は、反射膜３５１Ｂを有し、反射膜３５１Ｂは、導電膜３５１Ａ及び導電膜３５１Ｃで挟持される領域を有すると好ましい。また、電極５５１は、反射膜５５１Ｂを有し、反射膜５５１Ｂは、導電膜５５１Ａ及び導電膜５５１Ｃで挟持される領域を有すると好ましい。
【０３２９】

そうすることで、表示装置の製造コストを低減することができる。また、表示装置の消費電力を低減させることができる。

【０３３０】

また、第２の表示素子５５０が、マイクロキャビティ構造を有することで、表示装置の消費電力を低減させることができる。また、色純度の高い発光を得ることができるため、表示装置の色再現性を高めることができる。

【０３３１】

なお、図９（Ａ）に示すように、電極５５１は、導電膜５５１Ａまたは導電膜５５１Ｃのいずれか一方のみを有する構成であっても良い。また、電極３５１は、導電膜３５１Ａまたは導電膜３５１Ｃのいずれか一方のみを有する構成であっても良い。

【０３３２】

また、表示装置３００Ｂは、図９（Ｂ）に示すように、第１の表示素子３５０と第２の表示素子５５０とに挟持され、開口部３５１Ｈと重なる領域において、着色層５７５を有する構成であってもよい。着色層５７５は、第２の表示素子５５０と重なる領域を有し、第２の表示素子５５０から射出される光が着色層５７５及び着色層３７５を通して外部に射出される。そのため、着色層５７５を有する構成とすることで、第２の表示素子５５０から射出される光の色純度を高めることができる。

【０３３３】

また、表示装置３００Ｂは、半導体膜５０８と重なる領域を有する絶縁膜の層数より、開口部３５１Ｈと重なる領域を有する絶縁膜の層数が少ない構成であってもよい。例えば、図１０（Ａ）に示すように、開口部３５１Ｈが、絶縁膜５０１Ｃ、絶縁膜５０６、絶縁膜５１６、及び絶縁膜５１８と重なる領域を有さない構成であってもよい。また、例えば、図１０（Ｂ）に示すように、開口部３５１Ｈが、絶縁膜５１８と重なる領域を有さない構成であってもよい。

【０３３４】

≪酸化物半導体膜の抵抗率の制御方法≫

酸化物半導体膜の抵抗率を制御する方法について説明する。

【０３３５】

所定の抵抗率を有する酸化物半導体膜を、半導体膜５０８または導電膜５２４等に用いることができる。

【０３３６】

例えば、酸化物半導体膜に含まれる水素、水等の不純物の濃度及び／又は膜中の酸素欠損を制御する方法を、酸化物半導体膜の抵抗率を制御する方法に用いることができる。

【０３３７】

具体的には、プラズマ処理を水素、水等の不純物濃度及び／又は膜中の酸素欠損を増加または低減する方法に用いることができる。

【０３３８】

また、希ガス（Ｈｅ、Ｎｅ、Ａｒ、Ｋｒ、Ｘｅ）、水素、ボロン、リン及び窒素の中から選ばれた一種以上を含むガスを用いて行うプラズマ処理を適用できる。例えば、Ａｒ雰囲気下でのプラズマ処理、Ａｒと水素の混合ガス雰囲気下でのプラズマ処理、アンモニア雰囲気下でのプラズマ処理、Ａｒとアンモニアの混合ガス雰囲気下でのプラズマ処理、または窒素雰囲気下でのプラズマ処理などを適用できる。これにより、キャリア密度が高く、抵抗率が低い酸化物半導体膜にすることができる。

【０３３９】

または、イオン注入法、イオンドーピング法またはプラズマイマージョンイオンインプランテーション法などを用いて、水素、ボロン、リンまたは窒素を酸化物半導体膜に注入して、抵抗率が低い酸化物半導体膜にすることができる。

【０３４０】

または、水素を含む絶縁膜を酸化物半導体膜に接して形成し、絶縁膜から酸化物半導体膜に水素を拡散させる方法を用いることができる。これにより、酸化物半導体膜のキャリ

ア密度を高め、抵抗率を低くすることができる。

【０３４１】

例えば、膜中の含有水素濃度が１×１０^{22}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}以上の絶縁膜を酸化物半導体膜に接して形成することで、効果的に水素を酸化物半導体膜に含有させることができる。具体的には、窒化シリコン膜を酸化物半導体膜に接して形成する絶縁膜に用いることができる。

【０３４２】

酸化物半導体膜に含まれる水素は、金属原子と結合する酸素と反応して水になると共に、酸素が脱離した格子（または酸素が脱離した部分）に酸素欠損を形成する。該酸素欠損に水素が入ることで、キャリアである電子が生成される場合がある。また、水素の一部が金属原子と結合する酸素と結合することで、キャリアである電子を生成する場合がある。これにより、キャリア密度が高く、抵抗率が低い酸化物半導体膜にすることができる。

【０３４３】

具体的には、二次イオン質量分析法（ＳＩＭＳ：Ｓｅｃｏｎｄａｒｙ Ｉｏｎ Ｍａｓｓ Ｓｐｅｃｔｒｏｍｅｔｒｙ）により得られる水素濃度が、８×１０^{19}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}以上、好ましくは１×１０^{20}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}以上、より好ましくは５×１０^{20}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}以上である酸化物半導体膜を導電膜５２４に好適に用いることができる。

【０３４４】

一方、抵抗率の高い酸化物半導体膜をトランジスタのチャネルが形成される半導体膜に用いることができる。具体的には半導体膜５０８に好適に用いることができる。

【０３４５】

例えば、酸素を有する絶縁膜、別言すると、酸素を放出することが可能な絶縁膜を酸化物半導体膜に接して形成し、絶縁膜から酸化物半導体膜に酸素を供給させて、膜中または界面の酸素欠損を補填することができる。これにより、抵抗率が高い酸化物半導体膜にすることができる。

【０３４６】

例えば、酸化シリコンまたは酸化窒化シリコンを、酸素を放出することが可能な絶縁膜に用いることができる。

【０３４７】

酸素欠損が補填され、水素濃度が低減された酸化物半導体膜は、高純度真性化、又は実質的に高純度真性化された酸化物半導体膜といえる。ここで、実質的に真性とは、酸化物半導体膜のキャリア密度が、８×１０^{11}ｃｍ$^{-3}$未満、好ましくは１×１０^{11}ｃｍ$^{-3}$未満、さらに好ましくは１×１０^{10}ｃｍ$^{-3}$未満であることを指す。高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体膜は、キャリア発生源が少ないため、キャリア密度を低くすることができる。また、高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体膜は、欠陥準位密度が低いため、トラップ準位密度を低減することができる。

【０３４８】

また、高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体膜を備えるトランジスタは、オフ電流が著しく小さく、チャネル幅が１×１０^{6}μｍでチャネル長Ｌが１０μｍの素子であっても、ソース電極とドレイン電極間の電圧（ドレイン電圧）が１Ｖから１０Ｖの範囲において、オフ電流が、半導体パラメータアナライザの測定限界以下、すなわち１×１０$^{-13}$Ａ以下という特性を備えることができる。

【０３４９】

上述した高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体膜をチャネル領域に用いるトランジスタは、電気特性の変動が小さく、信頼性の高いトランジスタとなる。

【０３５０】

具体的には、二次イオン質量分析法（ＳＩＭＳ）により得られる水素濃度が、２×１０^{20}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}以下、好ましくは５×１０^{19}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}以下、より好ましくは１×１０^{19}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}以下、５×１０^{18}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}未満、

好ましくは1×10^{18}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}以下、より好ましくは5×10^{17}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}以下、さらに好ましくは1×10^{16}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}以下である酸化物半導体を、トランジスタのチャネルが形成される半導体に好適に用いることができる。

【０３５１】

なお、半導体膜５０８よりも水素濃度及び／又は酸素欠損量が多く、抵抗率が低い酸化物半導体膜を、導電膜５２４に用いる。

【０３５２】

また、半導体膜５０８に含まれる水素濃度の２倍以上、好ましくは１０倍以上の濃度の水素を含む膜を、導電膜５２４に用いることができる。

【０３５３】

また、半導体膜５０８の抵抗率の1×10^{-8}倍以上1×10^{-1}倍未満の抵抗率を備える膜を、導電膜５２４に用いることができる。

【０３５４】

具体的には、抵抗率が1×10^{-3}Ωｃｍ以上1×10^{4}Ωｃｍ未満、好ましくは、1×10^{-3}Ωｃｍ以上1×10^{-1}Ωｃｍ未満である膜を、導電膜５２４に用いることができる。

【０３５５】

＜表示装置の構成例３＞

また、図２に示す表示装置３００に、タッチパネルを設ける構成としてもよい。当該タッチパネルとしては、静電容量方式（表面型静電容量方式、投影型静電容量方式等）を好適に用いることができる。

【０３５６】

表示装置３００にタッチパネルを設ける構成について、図１１乃至図１３を用いて説明する。

【０３５７】

図１１は表示装置３００にタッチパネル６９１を設ける構成の断面図であり、図１２は表示装置３００にタッチパネル６９２を設ける構成の断面図であり、図１３は表示装置３００にタッチパネル６９３を設ける構成の断面図である。

【０３５８】

図１１に示すタッチパネル６９１は、基板３７０と着色層３７５との間に設けられる、所謂インセル型である。タッチパネル６９１は、遮光膜３７３、及び着色層３７５を形成する前に、基板３７０上に形成すればよい。

【０３５９】

なお、タッチパネル６９１は、遮光膜６６２と、絶縁膜６６３と、導電膜６６４と、導電膜６６５と、絶縁膜６６６と、導電膜６６７と、絶縁膜６６８と、を有する。例えば、指やスタイラスなどの被検知体が近接することで、導電膜６６４と、導電膜６６５との相互容量が変化するため、その変化量を検知することで、タッチパネル６９１は被検知体を検出することができる。

【０３６０】

また、図１１に示すトランジスタ５８６の上方においては、導電膜６６４と、導電膜６６５との交差部を明示している。導電膜６６７は、絶縁膜６６６に設けられた開口部を介して、導電膜６６５を挟む２つの導電膜６６４と電気的に接続されている。なお、図１１においては、導電膜６６７が設けられる領域を駆動回路ＧＤに相当する領域に設ける構成を例示したが、これに限定されず、例えば、画素回路３０２が設けられる領域に形成してもよい。

【０３６１】

導電膜６６４、及び導電膜６６５は、遮光膜６６２と重なる領域に設けられる。また、図１１に示すように、導電膜６６４は、第２の表示素子５５０と重ならないように設けられると好ましい。別言すると、導電膜６６４は、第２の表示素子５５０と重なる領域に開口部を有する。すなわち、導電膜６６４はメッシュ形状を有する。このような構成とする

ことで、導電膜６６４は、第２の表示素子５５０が射出する光を遮らない構成とすることができる。したがって、タッチパネル６９１を配置することによる輝度の低下が極めて少ないため、視認性が高く、且つ消費電力が低減された表示装置を実現できる。なお、導電膜６６５も同様の構成とすればよい。

【０３６２】

また、導電膜６６４及び導電膜６６５が第２の表示素子５５０と重ならないため、導電膜６６４及び導電膜６６５には、可視光の透過率が低い金属材料を用いることができる。そのため、可視光の透過率が高い酸化物材料を用いる場合と比較して、導電膜６６４及び導電膜６６５の抵抗を低くすることが可能となり、タッチパネルのセンサ感度を向上させることができる。

【０３６３】

なお、遮光膜６６２には、遮光膜３７３に用いることのできる材料を適用できる。また、絶縁膜６６３、６６６、６６８には、絶縁膜５２１、５２８、５０１Ｃ、３７１等に用いることのできる材料を適用できる。また、導電膜６６４、６６５、６６７には、第１の導電膜、第２の導電膜、導電膜５１１Ｂ、５１１Ｃ、５１２Ｂ等に用いることのできる材料を適用できる。

【０３６４】

また、導電膜６６４、６６５、６６７には、導電性のナノワイヤを用いてもよい。当該ナノワイヤは、直径の平均値が１ｎｍ以上１００ｎｍ以下、好ましくは５ｎｍ以上５０ｎｍ以下、より好ましくは５ｎｍ以上２５ｎｍ以下の大きさとすればよい。また、上記ナノワイヤとしては、Ａｇナノワイヤ、Ｃｕナノワイヤ、またはＡｌナノワイヤ等の金属ナノワイヤ、あるいは、カーボンナノチューブなどを用いればよい。例えば、導電膜６６４、６６５、６６７のいずれか一つあるいは全部にＡｇナノワイヤを用いる場合、可視光における光透過率を８９％以上、シート抵抗値を４０Ω／□以上１００Ω／□以下とすることができる。

【０３６５】

図１２に示すタッチパネル６９２は、基板３７０の上方に設けられる、所謂オンセル型である。タッチパネル６９２は、基板６７０上に形成される点でタッチパネル６９１と異なる。タッチパネル６９２の他の構成については、タッチパネル６９１と同様の構成を有する。

【０３６６】

図１３に示すタッチパネル６９３は、基板６７２上に設けられ、接着剤６７４を介して基板３７０と接着されている。タッチパネル６９３は、所謂アウトセル型（外付け型ともいう）である。タッチパネル６９３の他の構成については、タッチパネル６９１と同様の構成を有する。このように、本発明の一態様の表示装置は、様々な形態のタッチパネルと組み合わせて用いることができる。

【０３６７】

＜表示装置の構成例４＞

また、図２に示す表示装置３００に、横電界方式、ここではＦＦＳモードの液晶素子を用いる構成の一例を図１４に示す。

【０３６８】

図１４に示す表示装置３００Ｃは、先の説明の構成に加え、電極３５１、端子５１９Ｃ上の絶縁膜３８１と、絶縁膜３８１上の導電膜３８２と、を有する。

【０３６９】

また、一点鎖線Ｘ９－Ｘ１０に示す領域において、絶縁膜３８１は開口部を有し、当該開口部を介して、導電膜３８２と、端子５１９Ｃとが電気的に接続されている。また、図１４においては、封止材３０５中に含まれる導電体３３７が、設けられない構成である。

【０３７０】

導電膜３８２は、共通電極としての機能を有する。また、導電膜３８２は、上面形状において、スリットを有する形状または櫛歯形状とすればよい。また、図１４に示す表示装

置３００Ｃにおいては、導電膜３８２を設ける構成のため、基板３７０側に設けられる電極３５２が設けられない構成である。なお、導電膜３８２を設け、さらに基板３７０側に電極３５２を設ける構成としてもよい。

【０３７１】

なお、絶縁膜３８１には、絶縁膜５２１、５２８、５０１Ｃ、３７１等に用いることのできる材料を適用できる。また、導電膜３８２には、第１の導電膜、第２の導電膜、導電膜５１１Ｂ、５１１Ｃ、５１２Ｂ等に用いることのできる材料を適用できる。

【０３７２】

なお、導電膜３８２を、透光性を有する材料にて形成することで、透光性を有する容量素子を形成することができる。当該透光性を有する容量素子は、導電膜３８２と、導電膜３８２と重なる絶縁膜３８１と、により構成される。このような構成とすることで、容量素子に蓄積される電荷量を大きくすることができるため好適である。

【０３７３】

＜表示装置の構成例５＞

また、図２に示す表示装置３００は、図１５に示す表示装置３００Ｄように、基板３７０を有さない構成であってもよい。その場合、機能膜３７０Ｄおよび機能膜３７０Ｐが着色層３７５、遮光膜３７３、絶縁膜３７１、電極３５２、配向膜３３２等を有する構成とすればよい。基板３７０を有さないことで、表示装置３００Ｄの厚さを薄くすることができる。また、表示装置３００Ｄの表示を鮮明にすることができる。なお、着色層３７５、遮光膜３７３、絶縁膜３７１、電極３５２、配向膜３３２等は、直接、機能膜３７０Ｄに形成してもよい。あるいは、後に説明するような工程用基板に着色層３７５、遮光膜３７３、絶縁膜３７１、電極３５２、配向膜３３２等を形成し、これらの膜を工程用基板から分離し、機能膜３７０Ｄに貼ってもよい。

【０３７４】

＜表示装置の作製方法＞

次に、本発明の一態様の表示装置の作製方法について、図１６乃至図２３を参照しながら説明する。図１６乃至図２３は、本発明の一態様の表示装置３００の作製方法を説明する図である。図１６乃至図２３は図１（Ａ）の切断線Ｘ１－Ｘ２、Ｘ３－Ｘ４、Ｘ５－Ｘ６、Ｘ７－Ｘ８、Ｘ９－Ｘ１０、Ｘ１１－Ｘ１２における断面図である。

【０３７５】

本実施の形態で説明する表示装置の作製方法は、以下の９のステップを有する。

【０３７６】

≪第１のステップ≫

第１のステップにおいては、まず、基板５１０上に剥離膜５０１Ｗを形成する。本実施の形態で説明する作製方法においては、剥離膜５０１Ｗが積層された基板５１０を工程用基板として用いる（図１６（Ａ）参照）。

【０３７７】

基板５１０としては、作製工程中の熱処理に耐えうる程度の耐熱性を有する基板を用いることができる。

【０３７８】

例えば、第６世代（１５００ｍｍ×１８５０ｍｍ）、第７世代（１８７０ｍｍ×２２００ｍｍ）、第８世代（２２００ｍｍ×２４００ｍｍ）、第９世代（２４００ｍｍ×２８００ｍｍ）、第１０世代（２９５０ｍｍ×３４００ｍｍ）等の面積が大きなガラス基板を基板５１０に用いることができる。これにより、大型の表示装置を作製することができる。

【０３７９】

例えば、ガラス、セラミックス、金属等の無機材料を、基板５１０に用いることができる。具体的には、無アルカリガラス、ソーダ石灰ガラス、カリガラス、クリスタルガラス、石英またはサファイア等を、基板５１０に用いることができる。また、無機酸化物膜、無機窒化物膜または無機酸化窒化物膜等を、基板５１０に用いることができる。例えば、酸化シリコン、窒化シリコン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウム等を、基板５１０に

用いることができる。また、鉄やアルミニウム等を有する金属を、基板５１０に用いることができる。

【０３８０】

剥離膜５０１Ｗとしては、例えば無機材料または樹脂等を用いることができる。また、単膜の材料または複数の膜が積層された材料を、剥離膜５０１Ｗに用いることができる。具体的には、タングステン、モリブデン、チタン、タンタル、ニオブ、ニッケル、コバルト、ジルコニウム、亜鉛、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、オスミウム、イリジウム、シリコンから選択された元素を含む金属、該元素を含む合金または該元素を含む化合物等の無機材料を、剥離膜５０１Ｗに用いることができる。

【０３８１】

中でも、タングステンを含む膜またはタングステンを含む膜およびタングステンの酸化物を含む膜が積層された材料を、剥離膜５０１Ｗに用いることが好ましい。

【０３８２】

タングステンを含む膜にタングステンの酸化物を含む膜を形成する方法として、タングステンを含む膜に他の膜を積層する方法を用いることができる。具体的には、タングステンを含む膜にシリコンおよび酸素を含む膜を積層する。例えば、亜酸化窒素を含むガスを用いて、シリコンおよび酸素を含む膜を積層する。

【０３８３】

また、熱酸化処理、酸素プラズマ処理、亜酸化窒素プラズマ処理または酸化力の強い溶液（例えば、オゾン水等）を用いる処理等を、タングステンを含む膜の表面に施してタングステンの酸化物を含む膜を形成してもよい。

【０３８４】

具体的には、亜酸化窒素を含む雰囲気でプラズマ処理した表面を備える厚さ３０ｎｍタングステンを含む膜を、剥離膜５０１Ｗに用いることができる。

【０３８５】

また、ポリイミド、ポリエステル、ポリオレフィン、ポリアミド、ポリカーボネート若しくはアクリル樹脂等の有機材料を、剥離膜５０１Ｗに用いることができる。具体的には、ポリイミドを含む膜を剥離膜５０１Ｗに用いることができる。２００℃以上、好ましくは２５０℃以上、より好ましくは３００℃以上、より好ましくは３５０℃以上の耐熱性を備えるポリイミドを含む膜を剥離膜５０１Ｗに用いることができる。

【０３８６】

次に、工程用基板と重なる領域を有する中間膜を形成する。中間膜には、後のステップで工程用基板から分離することができる材料を用いる。これにより、基板５１０側に剥離膜５０１Ｗを残して、中間膜を工程用基板から分離することができる。または、中間膜と共に剥離膜５０１Ｗを基板５１０から分離することができる。

【０３８７】

また、中間膜としては、エッチングストッパーとして機能する膜が積層された材料を用いることができる。具体的には、インジウム、ガリウム、亜鉛および酸素を含む膜と、インジウム、スズおよび酸素を含む膜と、をこの順で積層した積層材料を中間膜に用いることができる。また、インジウム、スズ、シリコンおよび酸素を含む膜を中間膜に用いることができる。これにより、例えば、絶縁膜５０１Ａを所定の形状に形成する際に中間膜の厚さが減少してしまう現象を抑制することができる。中間膜の厚さとしては、１０ｎｍ以上１００ｎｍ以下が好ましい。

【０３８８】

本実施の形態においては、中間膜として、インジウム、ガリウム、亜鉛および酸素を含む厚さが５０ｎｍの膜を用いる。例えば、スパッタリング法を利用して、中間膜を形成することができる。具体的には、インジウム、ガリウムおよび亜鉛を１：１：１．２の比率で含む材料をターゲットに用いるスパッタリング法を利用することができる。または、インジウム、ガリウムおよび亜鉛を４：２：４．１の比率で含む材料をターゲットに用いるスパッタリング法を利用することができる。

【０３８９】
次に、中間膜を所定の形状にすることで中間膜３５４を形成する（図１６（Ａ）参照）。
【０３９０】
例えば、フォトリソグラフィー法およびエッチング法を用いて所定の形状にする。
【０３９１】
≪第２のステップ≫
第２のステップにおいて、中間膜３５４と重なる領域を備える絶縁膜５０１Ａ及び第１の導電膜を形成する（図１６（Ｂ）参照）。
【０３９２】
まず、後に絶縁膜５０１Ａとなる絶縁膜を、中間膜３５４を覆うように成膜する。後のステップで工程用基板から分離することができる材料を絶縁膜５０１Ａに用いることができる。具体的には、シラン等を原料ガスに用いる化学気層成長法により、後に絶縁膜５０１Ａとなる絶縁膜を形成することができる。また、シリコンおよび酸素を含む材料、またはシリコン、酸素及び窒素を含む材料を用いることができる。なお、該絶縁膜の厚さは、２００ｎｍ以上６００ｎｍ以下が好ましい。
【０３９３】
本実施の形態においては、シリコン及び窒素を含む材料を用いて、厚さが２００ｎｍ程度の絶縁膜を形成する。
【０３９４】
次に、後に絶縁膜５０１Ａとなる絶縁膜を加熱する。例えば、４５０℃で１時間、加熱する。これにより、該絶縁膜は水素を放出し、剥離膜５０１Ｗとの界面に向かって水素が拡散する。または、該絶縁膜から放出された水素は、中間膜３５４を透過し、中間膜３５４と剥離膜５０１Ｗとの界面に拡散する。これにより、後のステップにおいて、中間膜３５４および絶縁膜５０１Ａを工程用基板から分離することができる構造が、中間膜３５４と工程用基板の間、及び絶縁膜５０１Ａと工程用基板の間、に形成される。
【０３９５】
次に、開口部５９２Ａ、開口部５９２Ｂ、及び開口部５９２Ｃが形成されるよう、絶縁膜にパターンを形成し、絶縁膜５０１Ａを形成する。例えば、フォトリソグラフィー法およびエッチング法を用いて所定の形状にする。
【０３９６】
上記、形成した絶縁膜５０１Ａ上に、導電膜を形成し、フォトリソグラフィー法およびエッチング法を用いて所定の形状にすることで、第１の導電膜を形成する。具体的には、中間膜３５４を透過して入射する外光を反射することができる領域、及び開口部３５１Ｈを形成する。なお、第１の導電膜を電極３５１に用いることができる（図１６（Ｂ）参照）。
【０３９７】
第１の導電膜としては、例えば、インジウム、スズおよび酸素を含む厚さ２０ｎｍの導電膜３５１Ａと、銀を含む厚さ１００ｎｍの反射膜３５１Ｂと、インジウム、スズおよび酸素を含む厚さ１００ｎｍの導電膜３５１Ｃと、をこの順で積層した積層材料を用いることができる。または、例えば、インジウム、スズ、シリコンおよび酸素を含む厚さ２０ｎｍの導電膜３５１Ａと、銀を含む厚さ１００ｎｍの反射膜３５１Ｂと、インジウム、スズ、シリコンおよび酸素を含む厚さ１００ｎｍの導電膜３５１Ｃと、をこの順で積層した積層材料を、第１の導電膜に用いることができる。第１の導電膜にエッチングストッパーとして機能する膜を用いることで、後のステップにおいて絶縁膜５０１Ｃを所定の形状に形成する際に第１の導電膜の厚さが減少してしまう現象を、抑制することができる。
【０３９８】
≪第３のステップ≫
第３のステップにおいて、絶縁膜５０１Ａ、中間膜３５４、及び第１の導電膜を覆い、第１の導電膜と重なる領域に開口部５９１Ａを備え、中間膜３５４と重なる領域に開口部

５９２Ｂ及び開口部５９２Ｃを備える、絶縁膜５０１Ｃを形成する（図１７（Ａ）参照）。

【０３９９】

例えば、フォトリソグラフィー法およびエッチング法を用いて所定の形状に加工する。

【０４００】

例えば、シラン等を原料ガスに用いる化学気相成長法により、絶縁膜５０１Ｃを形成することができる。

【０４０１】

例えば、２００ｎｍ以上６００ｎｍ以下の厚さの絶縁膜を絶縁膜５０１Ｃに用いることができる。また、シリコン及び酸素を含む材料、またはシリコン、酸素、及び窒素を含む材料を絶縁膜５０１Ｃに用いることができる。なお、絶縁膜５０１Ｃは、単層膜であっても積層膜であっても良い。

【０４０２】

≪第４のステップ≫

第４のステップにおいて、画素回路３０２が有するトランジスタを形成する。また、開口部５９１Ａと重なる第２の導電膜を形成する（図１７（Ｂ）、図１８（Ａ）、及び図１８（Ｂ）参照）。

【０４０３】

画素回路３０２が有するトランジスタは、例えば以下のように、導電膜、半導体膜、及び絶縁膜を所定の順序で成膜およびパターン形成することで、形成することができる。

【０４０４】

例えば、絶縁膜５０１Ｃと重なる領域を有する導電膜を形成し、所定の形状に形成する。該導電膜は、例えばスイッチ５８１に用いることができるトランジスタ、トランジスタ５８５、及びトランジスタ５８６のゲート電極として機能する領域を有する導電膜５０４に用いることができる。

【０４０５】

また、導電膜５０４及び絶縁膜５０１Ｃと重なる領域に、絶縁膜を成膜し、所定の形状に形成する。該絶縁膜は、例えばスイッチ５８１に用いることができるトランジスタ、トランジスタ５８５、及びトランジスタ５８６のゲート絶縁膜として機能する領域を有する絶縁膜５０６に用いることができる。また、該絶縁膜は、例えば開口部５９１Ａ、５９１Ｂ、５９１Ｃと重なる領域に開口部を有する（図１７（Ｂ）参照）。

【０４０６】

次に、導電膜５０４と重なる領域を有する半導体膜を成膜し、所定の形状に形成する。該半導体膜は、例えばスイッチ５８１に用いることができるトランジスタ、トランジスタ５８５、及びトランジスタ５８６の半導体膜５０８としての機能を有する。

【０４０７】

また、開口部５９１Ａにおいて、第１の導電膜と電気的に接続し、開口部５９１Ｂ、開口部５９２Ｂ、開口部５９１Ｃ、及び開口部５９２Ｃにおいて中間膜３５４と電気的に接続することができる第２の導電膜を形成し、所定の形状に形成する。第２の導電膜は、例えばスイッチ５８１に用いることができるトランジスタ、トランジスタ５８５、及びトランジスタ５８６の導電膜５１２Ａ及び５１２Ｂに用いることができる（図１８（Ａ）参照）。

【０４０８】

また、開口部５９１Ａに重なる領域を備える他の導電膜を用いて、第１の導電膜および第２の導電膜を電気的に接続することができる。例えば、導電膜５０４と同一の工程で形成することができる導電膜を、該他の導電膜に用いることができる。

【０４０９】

次に、半導体膜５０８、第２の導電膜、及び絶縁膜５０１Ｃと重なる領域を有する絶縁膜を形成する。該絶縁膜は、例えばスイッチ５８１に用いることができるトランジスタ、トランジスタ５８５、及びトランジスタ５８６の絶縁膜５１６に用いることができる。

【０４１０】
　また、絶縁膜５１６、半導体膜５０８、及びゲート電極としての機能を有する導電膜５０４と重なる領域を有する導電膜を形成し、所定の形状に形成する。該導電膜は、例えばトランジスタ５８５、及びトランジスタ５８６の導電膜５２４に用いることができる。
【０４１１】
　また、導電膜５２４は、導電膜５０４との間に半導体膜５０８を挟持するよう形成することが好ましい。また、絶縁膜５１６、及び導電膜５２４と重なる領域を有する絶縁膜を形成する。該絶縁膜は、スイッチ５８１に用いることができるトランジスタ、トランジスタ５８５、及びトランジスタ５８６の絶縁膜５１８として用いることができる（図１８（Ｂ）参照）。
【０４１２】
≪第５のステップ≫
　第５のステップにおいて、画素回路３０２が有するトランジスタ５８５と電気的に接続される第２の表示素子５５０を形成する（図１９（Ａ）及び図１９（Ｂ）参照）。
【０４１３】
　第２の表示素子５５０は、例えば以下のように、形成することができる。
【０４１４】
　例えば、トランジスタ５８５上に、絶縁膜５２１を成膜し、所定の形状に形成する。絶縁膜５２１は、絶縁膜５２１と重なるトランジスタ５８５等が有する段差を平坦化することができるよう形成することが好ましい（図１９（Ａ）参照）。
【０４１５】
　また、絶縁膜５２１は、第２の導電膜と重なる領域に接続部５２２を有する。また、絶縁膜５２１およびトランジスタ５８５と重なる領域に、導電性材料を成膜し、所定の形状に加工し電極５５１を形成する。
【０４１６】
　電極５５１としては、例えば、インジウム、スズおよび酸素を含む厚さ７０ｎｍの導電膜５５１Ａと、銀を含む厚さ２０ｎｍの反射膜５５１Ｂと、インジウム、スズおよび酸素を含む厚さ１０ｎｍの導電膜５５１Ｃと、をこの順で積層した積層材料を用いることができる。または、例えば、インジウム、スズ、シリコンおよび酸素を含む厚さ７０ｎｍの導電膜５５１Ａと、銀を含む厚さ２０ｎｍの反射膜５５１Ｂと、インジウム、スズ、シリコンおよび酸素を含む厚さ１０ｎｍの導電膜５５１Ｃと、をこの順で積層した積層材料を、電極５５１に用いることができる。
【０４１７】
　上記のように、反射膜５５１Ｂを光が透過する程度の厚さで形成することで、電極５５１は、光を透過する機能と光を反射する機能とを有する。また、電極５５１は、第２の表示素子５５０の陰極または陽極としての機能を有する。電極５５１は、絶縁膜５２１に設けられた接続部５２２においてトランジスタ５８５と電気的に接続する。
【０４１８】
　また、電極５５１の側端部および絶縁膜５２１と重なる領域に、絶縁膜を成膜し、所定の形状に加工することで絶縁膜５２８を形成する。絶縁膜５２８は、電極５５１と重なる領域に開口部を有する（図１９（Ａ）参照）。
【０４１９】
　次に、電極５５１及び絶縁膜５２８と重なる領域に、発光層５５３を成膜する。発光層５５３は、発光性の有機材料または無機材料を有すると好ましい。また、発光層５５３、電極５５１、及び絶縁膜５２８と重なる領域に電極５５２を成膜する。なお、発光層５５３に加えて、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、電子注入層、及び電荷発生層等の機能を有する少なくとも一つの層を、電極５５１及び絶縁膜５２８と重なる領域に成膜してもよい。
【０４２０】
　電極５５２は、反射膜を有し、該反射膜は、光を反射する機能を有する導電性材料によ

り形成されると好ましい。また、電極５５２は、第２の表示素子５５０の陽極または陰極としての機能を有する（図１９（Ｂ）参照）。

【０４２１】

≪第６のステップ≫

第６のステップにおいて、工程用基板との間に第２の表示素子５５０を挟む基板５７０を積層する（図２０参照）。

【０４２２】

例えば、印刷法またはコーティング法等を用いて工程用基板に接合層５０５を形成し、接合層５０５を用いて工程用基板と基板５７０を貼り合わせる。

【０４２３】

≪第７のステップ≫

第７のステップにおいて、工程用基板を分離する。また、第１の導電膜との間に中間膜３５４を挟む配向膜３３１を形成する（図２１参照）。

【０４２４】

例えば、剥離膜５０１Ｗから絶縁膜５０１Ａおよび中間膜３５４を分離する。例えば、工程用基板から絶縁膜５０１Ａの一部が分離した構造を備える剥離の起点を形成することで、絶縁膜５０１Ａおよび中間膜３５４を工程用基板から分離してもよい。剥離の起点を形成する場合、剥離の起点から徐々に、工程用基板から絶縁膜５０１Ａまたは中間膜３５４が分離した構造を備える領域を広げ、絶縁膜５０１Ａおよび中間膜３５４を工程用基板から分離することができる。剥離の起点は、例えば、レーザ等を用いる方法（具体的にはレーザアブレーション法）等または鋭利な先端を備える刃物等を用いる方法により、形成することができる。

【０４２５】

なお、剥離膜５０１Ｗから絶縁膜５０１Ａおよび中間膜３５４を分離する際に、剥離膜５０１Ｗと、絶縁膜５０１Ａおよび中間膜３５４との界面に、極性溶媒（代表的には水）または非極性溶媒等を添加すると好ましい。例えば、水を用いることで、分離する際の帯電に伴うダメージを軽減することができる。

【０４２６】

また、本発明の一態様の表示装置においては、第１の表示素子３５０と重なる領域に配向膜３３１を形成するために、例えば、印刷法を用いて、配向膜３３１に用いるポリイミドを含む膜を第１の導電膜上に形成する。例えば、可溶性のポリイミドを用いる方法またはポリアミック酸等のポリイミド前駆体を用いる方法で、配向膜３３１に用いるポリイミドを含む膜を形成することができる。なお、可溶性のポリイミドを用いる方法は、ポリアミック酸等のポリイミド前駆体を用いる方法に比べて、配向膜３３１を形成する際に第２の表示素子５５０に加わる温度を、低温化することができる。これにより、第２の表示素子５５０に加わる熱に伴う損傷を軽減することができる。その結果、信頼性に優れた表示装置を提供することができる。

【０４２７】

≪第８のステップ≫

第８のステップにおいて、基板３７０上に、第１の表示素子３５０の作製に必要な、着色層３７５、構造体３３５、配向膜３３２等を形成する（図２２（Ａ）（Ｂ）参照）。

【０４２８】

まず、基板３７０上に遮光膜３７３を形成する。その後、基板３７０及び遮光膜３７３上に着色層３７５を形成する。遮光膜３７３には、例えばチタン膜を用いることができる。また、着色層３７５には、例えば顔料を含んだアクリル樹脂を用いることができる。また、遮光膜３７３及び着色層３７５上に絶縁膜３７１を形成する。その後、絶縁膜３７１上に電極３５２を形成する（図２２（Ａ）参照）。絶縁膜３７１には、例えばアクリル樹脂を用いることができる。また、電極３５２には例えばＩＴＳＯを用いることができる。

【０４２９】

次に、電極３５２上の所望の領域に構造体３３５を形成する。また、電極３５２及び構

造体３３５上に配向膜３３２を形成する。（図２２（Ｂ）参照）。構造体３３５には、例えばアクリル樹脂を用いることができる。また、配向膜３３２として、例えばポリイミドを含む膜を形成することができる。なお、配向膜３３２は、設けない構成としてもよい。また、本実施の形態においては、構造体３３５を基板３７０上に形成する構成について例示したが、これに限定されない。例えば、基板５７０上に形成される第２の表示素子５５０上に構造体３３５を形成してもよい。

【０４３０】

≪第９のステップ≫

第９のステップにおいて、基板５７０と、基板３７０とを貼り合せ、封止材３０５を用いて封止する。その後、配向膜３３１及び配向膜３３２との間に液晶層３５３を配設し、第１の表示素子３５０を形成する。あるいは、配向膜３３１上に液晶層３５３を配設し、基板５７０と、基板３７０とを貼り合せ、封止材３０５を用いて封止することで、第１の表示素子３５０を形成する（図２３参照）。

【０４３１】

なお、端子５１９Ｃ上の封止材３０５は、導電体３３７を有する。導電体３３７としては、ディスペンサ法等を用いて封止材３０５中の所望の領域に導電性の粒子を散布すればよい。なお、導電体３３７を介して端子５１９Ｃと電極３５２とが電気的に接続される。

【０４３２】

次に、基板３７０上に、機能膜３７０Ｄ及び機能膜３７０Ｐを形成する。なお、機能膜３７０Ｄまたは／及び機能膜３７０Ｐは形成しなくてもよい。

【０４３３】

その後、端子５１９Ｂ上に導電性材料３３９を介してフレキシブルプリント基板３７７を接着する（図２（Ａ）参照）。なお、導電性材料３３９には、例えばＡＣＦ（異方性導電フィルム（Ａｎｉｓｏｔｒｏｐｉｃ Ｃｏｎｄｕｃｔｉｖｅ Ｆｉｌｍ）やＡＣＰ（Ａｎｉｓｏｔｒｏｐｉｃ Ｃｏｎｄｕｃｔｉｖｅ Ｐａｓｔｅ）を用いることができる。

【０４３４】

以上の工程により、本発明の一態様の表示装置３００を作製することができる。

【０４３５】

また、上記本発明の一態様の表示装置の作製方法は、中間膜を形成するステップと、第１の導電膜を形成するステップと、第１の導電膜と重なる開口部を備える絶縁膜を形成するステップと、第１の導電膜との間に絶縁膜を挟む領域を備え第１の導電膜と電気的に接続されるトランジスタを形成するステップと、トランジスタと電気的に接続される第２の表示素子を形成するステップと、第１の導電膜と電気的に接続される第１の表示素子を形成するステップと、を有する。これにより、高い温度が必要とされるトランジスタの作製工程、高い真空度が必要とされる第２の表示素子の作製工程、高い温度または高い真空度が必要とされない第１の表示素子の作製工程、という順番に、各作製工程において必要とされる温度と真空度を次第に下げ難易度を下げながら、表示装置を作製することができる。その結果、信頼性に優れた新規な表示装置を提供することができる。また、信頼性に優れ新規な表示装置の作製方法を提供することができる。

【０４３６】

なお、本実施の形態において、本発明の一態様について述べた。または、他の実施の形態において、本発明の一態様について述べる。ただし、本発明の一態様は、これらに限定されない。つまり、本実施の形態および他の実施の形態では、様々な発明の態様が記載されているため、本発明の一態様は、特定の態様に限定されない。例えば、本発明の一態様では、表示素子として、発光素子および反射型の液晶素子を用いる場合の例を示したが、本発明の一態様は、これに限定されない。場合によっては、または、状況に応じて、本発明の一態様では、例えば、発光素子または反射型の液晶素子を用いなくてもよい。または、例えば、本発明の一態様では、液晶素子が有する反射膜と、発光素子が有する反射膜と、が同じ金属を有する場合の例を示したが、本発明の一態様は、これに限定されない。場合によっては、または、状況に応じて、本発明の一態様では、例えば、液晶素子が有する

反射膜と、発光素子が有する反射膜とが同じ金属を有さなくてもよい。

【０４３７】

（実施の形態２）

本実施の形態においては、実施の形態１に示す表示装置に用いることができる発光素子の発光層の構成について、図２６及び図２７を用いて、以下説明を行う。なお、図２６及び図２７において、図２４及び図２５に示す符号と同様の機能を有する箇所には、同様のハッチパターンとし、符号を省略する場合がある。また、同様の機能を有する箇所には、同様の符号を付し、その詳細な説明は省略する場合がある。

【０４３８】

＜発光素子の構成例１＞

図２６（Ａ）は、図２４及び図２５に例示した発光素子に用いることができる発光層５５３Ｂの断面模式図である。

【０４３９】

発光層５５３Ｂは、図２６（Ａ）に例示するように、ホスト材料５３１と、ゲスト材料５３２とを有する。なお、ゲスト材料５３２は蛍光材料として、以下説明する。

【０４４０】

≪発光層５５３Ｂの発光機構≫

発光層５５３Ｂの発光機構について、以下説明を行う。

【０４４１】

一対の電極（電極５５１及び電極５５２）あるいは電荷発生層から注入された電子および正孔が発光層５５３Ｂにおいて再結合することにより、励起子が生成する。ゲスト材料５３２と比較してホスト材料５３１は大量に存在するので、励起子の生成により、ホスト材料５３１の励起状態が形成される。

【０４４２】

なお、励起子はキャリア（電子および正孔）対のことである。励起子はエネルギーを有するため、励起子が生成した材料は励起状態となる。

【０４４３】

形成されたホスト材料５３１の励起状態が一重項励起状態である場合、ホスト材料５３１の一重項励起エネルギー準位の最も低い準位（Ｓ１準位）からゲスト材料５３２のＳ１準位へ一重項励起エネルギーがエネルギー移動し、ゲスト材料５３２の一重項励起状態が形成される。

【０４４４】

ゲスト材料５３２は蛍光材料であるため、ゲスト材料５３２において一重項励起状態が形成されると、ゲスト材料５３２は速やかに発光する。このとき、高い発光効率を得るためには、ゲスト材料５３２の蛍光量子収率は高いことが好ましい。なお、ゲスト材料５３２において、キャリアが再結合し、生成した励起状態が一重項励起状態である場合も同様である。

【０４４５】

次に、キャリアの再結合によってホスト材料５３１の三重項励起状態が形成される場合について説明する。この場合のホスト材料５３１およびゲスト材料５３２のエネルギー準位の相関を図２６（Ｂ）に示す。また、図２６（Ｂ）における表記および符号は、以下の通りである。なお、ホスト材料５３１の三重項励起エネルギー準位の最も低い準位（Ｔ１準位）がゲスト材料５３２のＴ１準位より低いことが好ましいため、図２６（Ｂ）では、この場合を図示するが、ホスト材料５３１のＴ１準位がゲスト材料５３２のＴ１準位よりも高くてもよい。

【０４４６】

・Ｈｏｓｔ（５３１）：ホスト材料５３１
・Ｇｕｅｓｔ（５３２）：ゲスト材料５３２（蛍光材料）
・S_{FH}：ホスト材料５３１のＳ１準位
・T_{FH}：ホスト材料５３１のＴ１準位

・S_{FG}：ゲスト材料５３２（蛍光材料）のＳ１準位
・T_{FG}：ゲスト材料５３２（蛍光材料）のＴ１準位
【０４４７】
図２６（Ｂ）に示すように、キャリアの再結合によって生成した三重項励起子同士が相互作用し、互いに励起エネルギーの受け渡し及びスピン角運動量の交換を行うことで、結果として一方がホスト材料５３１のＳ１準位（S_{FH}）のエネルギーを有する一重項励起子に変換される反応、すなわち三重項－三重項消滅（ＴＴＡ：ｔｒｉｐｌｅｔ－ｔｒｉｐｌｅｔ　ａｎｎｉｈｉｌａｔｉｏｎ）が生じる（図２６（Ｂ）　ＴＴＡ参照）。ホスト材料５３１の一重項励起エネルギーは、S_{FH}から、それよりもエネルギーの低いゲスト材料５３２のＳ１準位（S_{FG}）へエネルギー移動が生じ（図２６（Ｂ）　ルートE_1参照）、ゲスト材料５３２の一重項励起状態が形成され、ゲスト材料５３２が発光する。
【０４４８】
なお、発光層５５３Ｂにおける三重項励起子の密度が十分に高い場合（例えば、$1\times10^{-12}cm^{-3}$以上）では、三重項励起子単体の失活を無視し、２つの近接した三重項励起子による反応のみを考えることができる。
【０４４９】
また、ゲスト材料５３２においてキャリアが再結合し三重項励起状態が形成されるとき、ゲスト材料５３２の三重項励起状態は熱失活するため、発光に利用することが困難となる。しかしながら、ホスト材料５３１のＴ１準位（T_{FH}）がゲスト材料５３２のＴ１準位（T_{FG}）より低い場合、ゲスト材料５３２の三重項励起エネルギーは、ゲスト材料５３２のＴ１準位（T_{FG}）からホスト材料５３１のＴ１準位（T_{FH}）へエネルギー移動する（図２６（Ｂ）　ルートE_2参照）ことが可能であり、その後ＴＴＡに利用される。
【０４５０】
すなわち、ホスト材料５３１は、三重項励起エネルギーをＴＴＡによって一重項励起エネルギーに変換する機能を有すると好ましい。そうすることで、発光層５５３Ｂで生成した三重項励起エネルギーの一部を、ホスト材料５３１におけるＴＴＡによって一重項励起エネルギーに変換し、該一重項励起エネルギーをゲスト材料５３２に移動することで、蛍光発光として取り出すことが可能となる。そのためには、ホスト材料５３１のＳ１準位（S_{FH}）は、ゲスト材料５３２のＳ１準位（S_{FG}）より高いことが好ましい。また、ホスト材料５３１のＴ１準位（T_{FH}）は、ゲスト材料５３２のＴ１準位（T_{FG}）より低いことが好ましい。
【０４５１】
なお、特にゲスト材料５３２のＴ１準位（T_{FG}）がホスト材料５３１のＴ１準位（T_{FH}）よりも低い場合においては、ホスト材料５３１とゲスト材料５３２との重量比は、ゲスト材料５３２の重量比が低い方が好ましい。具体的には、ホスト材料５３１が１に対するゲスト材料５３２の重量比は、０より大きく０．０５以下が好ましい。そうすることで、ゲスト材料５３２でキャリアが再結合する確率を低減させることができる。また、ホスト材料５３１のＴ１準位（T_{FH}）からゲスト材料５３２のＴ１準位（T_{FG}）へのエネルギー移動が生じる確率を低減させることができる。
【０４５２】
なお、ホスト材料５３１は単一の化合物で構成されていても良く、複数の化合物から構成されていても良い。
【０４５３】
＜発光素子の構成例２＞
図２６（Ａ）（Ｂ）に示す発光層と異なる構成例について、図２６（Ｃ）（Ｄ）を用いて、以下説明を行う。
図２６（Ｃ）は、発光層５５３Ｇの断面模式図である。
【０４５４】
発光層５５３Ｇは、図２６（Ｃ）で示すように、ホスト材料５４１と、ゲスト材料５４２とを有する。また、ホスト材料５４１は、有機化合物５４１＿１と、有機化合物５４１

＿２と、を有する。なお、発光層５５３Ｇが有するゲスト材料５４２が燐光材料として、以下説明する。

【０４５５】

≪発光層５５３Ｇの発光機構≫

次に、発光層５５３Ｇの発光機構について、以下説明を行う。

【０４５６】

発光層５５３Ｇが有する、有機化合物５４１＿１と、有機化合物５４１＿２とは励起錯体を形成する。

【０４５７】

有機化合物５４１＿１と有機化合物５４１＿２との組み合わせは、互いに励起錯体を形成することが可能な組み合わせであればよいが、一方が正孔輸送性を有する化合物であり、他方が電子輸送性を有する化合物であることが、より好ましい。

【０４５８】

発光層５５３Ｇにおける有機化合物５４１＿１と、有機化合物５４１＿２と、ゲスト材料５４２とのエネルギー準位の相関を図２６（Ｄ）に示す。なお、図２６（Ｄ）における表記及び符号は、以下の通りである。

・Ｈｏｓｔ（５４１＿１）：有機化合物５４１＿１（ホスト材料）
・Ｈｏｓｔ（５４１＿２）：有機化合物５４１＿２（ホスト材料）
・Ｇｕｅｓｔ（５４２）：ゲスト材料５４２（燐光材料）
・S_{PH1}：有機化合物５４１＿１（ホスト材料）のＳ１準位
・T_{PH1}：有機化合物５４１＿１（ホスト材料）のＴ１準位
・S_{PH2}：有機化合物５４１＿２（ホスト材料）のＳ１準位
・T_{PH2}：有機化合物５４１＿２（ホスト材料）のＴ１準位
・T_{PG}：ゲスト材料５４２（燐光材料）のＴ１準位
・S_{E}：励起錯体のＳ１準位
・T_{E}：励起錯体のＴ１準位

【０４５９】

有機化合物５４１＿１と有機化合物５４１＿２とは励起錯体を形成し、該励起錯体のＳ１準位（S_{E}）とＴ１準位（T_{E}）は互いに隣接するエネルギーとなる（図２６（Ｄ）ルートE_{7}参照）。

【０４６０】

有機化合物５４１＿１及び有機化合物５４１＿２は、一方がホールを、他方が電子を受け取ることで速やかに励起錯体を形成する。あるいは、一方が励起状態となると、速やかに他方と相互作用することで励起錯体を形成する。したがって、発光層５５３Ｇにおいて形成される励起子のほとんどが励起錯体として存在する。励起錯体の励起エネルギー準位（S_{E}及びT_{E}）は、励起錯体を形成する各有機化合物（有機化合物５４１＿１及び有機化合物５４１＿２）のＳ１準位（S_{PH1}及びS_{PH2}）より低くなるため、より低い励起エネルギーでホスト材料５４１の励起状態を形成することが可能となる。これによって、発光素子の駆動電圧を下げることができる。

【０４６１】

そして、励起錯体の（S_{E}）と（T_{E}）の双方のエネルギーを、ゲスト材料５４２（燐光材料）のＴ１準位へ移動させて発光が得られる（図２６（Ｄ）　ルートE_{8}、E_{9}参照）。

【０４６２】

なお、励起錯体のＴ１準位（T_{E}）は、ゲスト材料５４２のＴ１準位（T_{PG}）より大きいことが好ましい。そうすることで、生成した励起錯体の一重項励起エネルギーおよび三重項励起エネルギーを、励起錯体のＳ１準位（S_{E}）およびＴ１準位（T_{E}）からゲスト材料５４２のＴ１準位（T_{PG}）へエネルギー移動することができる。

【０４６３】

また、励起錯体からゲスト材料５４２へ効率よく励起エネルギーを移動させるためには

、励起錯体のＴ１準位（T_E）が、励起錯体を形成する各有機化合物（有機化合物５４１＿１および有機化合物５４１＿２）のＴ１準位（T_{PH1}およびT_{PH2}）と同等か、より小さいことが好ましい。これにより、各有機化合物（有機化合物５４１＿１及び有機化合物５４１＿２）による励起錯体の三重項励起エネルギーのクエンチが生じにくくなり、効率よく励起錯体からゲスト材料５４２へエネルギー移動が発生する。

【０４６４】

また、有機化合物５４１＿１と有機化合物５４１＿２とが、効率よく励起錯体を形成するためには、有機化合物５４１＿１および有機化合物５４１＿２の一方のＨＯＭＯ準位が他方のＨＯＭＯ準位より高く、一方のＬＵＭＯ準位が他方のＬＵＭＯ準位より高いことが好ましい。例えば、有機化合物５４１＿１が正孔輸送性を有し、有機化合物５４１＿２が電子輸送性を有する場合、有機化合物５４１＿１のＨＯＭＯ準位が有機化合物５４１＿２のＨＯＭＯ準位より高いことが好ましく、有機化合物５４１＿１のＬＵＭＯ準位が有機化合物５４１＿２のＬＵＭＯ準位より高いことが好ましい。あるいは、有機化合物５４１＿２が正孔輸送性を有し、有機化合物５４１＿１が電子輸送性を有する場合、有機化合物５４１＿２のＨＯＭＯ準位が有機化合物５４１＿１のＨＯＭＯ準位より高いことが好ましく、有機化合物５４１＿２のＬＵＭＯ準位が有機化合物５４１＿１のＬＵＭＯ準位より高いことが好ましい。具体的には、有機化合物５４１＿１のＨＯＭＯ準位と有機化合物５４１＿２のＨＯＭＯ準位とのエネルギー差は、好ましくは０．０５ｅＶ以上であり、より好ましくは０．１ｅＶ以上であり、さらに好ましくは０．２ｅＶ以上である。また、有機化合物５４１＿１のＬＵＭＯ準位と有機化合物５４１＿２のＬＵＭＯ準位とのエネルギー差は、好ましくは０．０５ｅＶ以上であり、より好ましくは０．１ｅＶ以上であり、さらに好ましくは０．２ｅＶ以上である。

【０４６５】

また、有機化合物５４１＿１と有機化合物５４１＿２との組み合わせが、正孔輸送性を有する化合物と電子輸送性を有する化合物との組み合わせである場合、その混合比によってキャリアバランスを容易に制御することが可能となる。具体的には、正孔輸送性を有する化合物：電子輸送性を有する化合物＝１：９から９：１（重量比）の範囲が好ましい。また、該構成を有することで、容易にキャリアバランスを制御することができることから、キャリア再結合領域の制御も簡便に行うことができる。

【０４６６】

＜エネルギー移動機構＞

次に、ホスト材料５４１と、ゲスト材料５４２との分子間のエネルギー移動過程の支配因子について説明する。分子間のエネルギー移動の機構としては、フェルスター機構（双極子－双極子相互作用）と、デクスター機構（電子交換相互作用）の２つの機構が提唱されている。ここでは、ホスト材料５４１とゲスト材料５４２との分子間のエネルギー移動過程について説明するが、ホスト材料５４１が励起錯体の場合も同様である。

【０４６７】

≪フェルスター機構≫

フェルスター機構では、エネルギー移動に、分子間の直接的接触を必要とせず、ホスト材料５４１及びゲスト材料５４２間の双極子振動の共鳴現象を通じてエネルギー移動が起こる。双極子振動の共鳴現象によってホスト材料５４１がゲスト材料５４２にエネルギーを受け渡し、励起状態のホスト材料５４１が基底状態になり、基底状態のゲスト材料５４２が励起状態になる。なお、フェルスター機構の速度定数$k_{h*\rightarrow g}$を数式（１）に示す。

【０４６８】

【数１】

$$k_{h^*\rightarrow g}=\frac{9000c^4K^2\phi\ln 10}{128\pi^5n^4N\pi R^6}\int\frac{f'_h(\nu)\varepsilon_g(\nu)}{\nu^4}d\nu \quad \cdots(1)$$

【０４６９】

数式（１）において、νは、振動数を表し、ｆ’$_{h}$（ν）は、ホスト材料５４１の規格化された発光スペクトル（一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光スペクトル、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光スペクトル）を表し、ε$_{g}$（ν）は、ゲスト材料５４２のモル吸光係数を表し、Ｎは、アボガドロ数を表し、ｎは、媒体の屈折率を表し、Ｒは、ホスト材料５４１とゲスト材料５４２の分子間距離を表し、τは、実測される励起状態の寿命（蛍光寿命や燐光寿命）を表し、ｃは、光速を表し、φは、発光量子収率（一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光量子収率、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光量子収率）を表し、Ｋ^{2}は、ホスト材料５４１とゲスト材料５４２の遷移双極子モーメントの配向を表す係数（０から４）である。なお、ランダム配向の場合はＫ^{2}＝２／３である。

【０４７０】

≪デクスター機構≫

デクスター機構では、ホスト材料５４１とゲスト材料５４２が軌道の重なりを生じる接触有効距離に近づき、励起状態のホスト材料５４１の電子と、基底状態のゲスト材料５４２との電子の交換を通じてエネルギー移動が起こる。なお、デクスター機構の速度定数ｋ$_{h*\rightarrow g}$を数式（２）に示す。

【０４７１】

【数２】

$$k_{h^*\rightarrow g}=\left(\frac{2\pi}{h}\right)K^2\exp\left(-\frac{2R}{L}\right)\int f'_h(\nu)\varepsilon'_g(\nu)d\nu \quad \cdots(2)$$

【０４７２】

数式（２）において、ｈは、プランク定数であり、Ｋは、エネルギーの次元を持つ定数であり、νは、振動数を表し、ｆ’$_{h}$（ν）は、ホスト材料５４１の規格化された発光スペクトル（一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光スペクトル、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光スペクトル）を表し、ε’$_{g}$（ν）は、ゲスト材料５４２の規格化された吸収スペクトルを表し、Ｌは、実効分子半径を表し、Ｒは、ホスト材料５４１とゲスト材料５４２の分子間距離を表す。

【０４７３】

ここで、ホスト材料５４１からゲスト材料５４２へのエネルギー移動効率φ$_{ET}$は、数式（３）で表される。ｋ$_{r}$は、ホスト材料５４１の発光過程（一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光）の速度定数を表し、ｋ$_{n}$は、ホスト材料５４１の非発光過程（熱失活や項間交差）の速度定数を表し、τは、実測されるホスト材料５４１の励起状態の寿命を表す。

【０４７４】

【数３】

$$\phi_{ET}=\frac{k_{h^*\rightarrow g}}{k_r+k_n+k_{h^*\rightarrow g}}=\frac{k_{h^*\rightarrow g}}{\left(\frac{1}{\tau}\right)+k_{h^*\rightarrow g}} \quad \cdots(3)$$

【０４７５】

数式（３）より、エネルギー移動効率φ$_{ET}$を高くするためには、エネルギー移動の速度定数ｋ$_{h*\rightarrow g}$を大きくし、他の競合する速度定数ｋ$_{r}$＋ｋ$_{n}$（＝１／τ）が相対的に小さくなれば良いことがわかる。

【０４７６】

≪エネルギー移動を高めるための概念≫

フェルスター機構によるエネルギー移動においては、エネルギー移動効率φ$_{ET}$は、発光量子収率φ（一重項励起状態からのエネルギー移動を論じている場合は蛍光量子収率、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光量子収率）が高い方が良い。また、ホスト材料５４１の発光スペクトル（一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光スペクトル）とゲスト材料５４２の吸収スペクトル（一重項基底状態から三重

項励起状態への遷移に相当する吸収）との重なりが大きいことが好ましい。さらに、ゲスト材料５４２のモル吸光係数も高い方が好ましい。このことは、ホスト材料５４１の発光スペクトルと、ゲスト材料５４２の最も長波長側に現れる吸収帯とが重なることを意味する。

【０４７７】

また、デクスター機構によるエネルギー移動において、速度定数$k_{h*\rightarrow g}$を大きくするにはホスト材料５４１の発光スペクトル（一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光スペクトル、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光スペクトル）とゲスト材料５４２の吸収スペクトル（一重項基底状態から三重項励起状態への遷移に相当する吸収）との重なりが大きい方が良い。したがって、エネルギー移動効率の最適化は、ホスト材料５４１の発光スペクトルと、ゲスト材料５４２の最も長波長側に現れる吸収帯とが重なることによって実現される。

【０４７８】

なお、ホスト材料５４１からゲスト材料５４２へのエネルギー移動と同様に、励起錯体からゲスト材料５４２へのエネルギー移動過程についても、フェルスター機構、及びデクスター機構の双方の機構によるエネルギー移動が生じる。

【０４７９】

すなわち、ホスト材料５４１は、ゲスト材料５４２に効率的にエネルギー移動が可能なエネルギードナーとしての機能を有する励起錯体であり、該励起錯体を形成する組み合わせの有機化合物５４１＿１および有機化合物５４１＿２を有する。有機化合物５４１＿１および有機化合物５４１＿２が形成する励起錯体は、有機化合物５４１＿１および有機化合物５４１＿２単体の励起状態より低い励起エネルギーで形成が可能となる。したがって、発光素子の駆動電圧を低減することができる。

【０４８０】

さらに、励起錯体のＳ１準位からエネルギーアクセプターとなるゲスト材料５４２のＴ１準位へのエネルギー移動が生じやすくするためには、励起錯体の発光スペクトルと、ゲスト材料５４２の最も長波長側（低エネルギー側）に現れる吸収帯と、が重なると好ましい。そうすることで、ゲスト材料５４２の三重項励起状態の生成効率を高めることができる。

【０４８１】

なお、発光層５５３Ｇにおいて生成する励起錯体は、一重項励起エネルギー準位と三重項励起エネルギー準位とが近接しているという特徴を有するため、励起錯体の発光スペクトルとゲスト材料５４２の最も長波長側（低エネルギー側）に現れる吸収帯を重ねることで、励起錯体の三重項励起エネルギー準位からゲスト材料５４２の三重項励起エネルギー準位へのエネルギー移動も生じやすくすることが可能となる。

【０４８２】

発光層５５３Ｇを上述の構成とすることで、発光層５５３Ｇのゲスト材料５４２（燐光材料）からの発光を、効率よく得ることが可能となる。

【０４８３】

なお、上記に示すルートE_7乃至E_9の過程を、本明細書等においてＥｘＴＥＴ（Ｅｘｃｉｐｌｅｘ－Ｔｒｉｐｌｅｔ　Ｅｎｅｒｇｙ　Ｔｒａｎｓｆｅｒ）と呼称する場合がある。別言すると、発光層５５３Ｇは、励起錯体からゲスト材料５４２への励起エネルギーの供与がある。なお、この場合は必ずしもT_EからS_Eへの逆項間交差効率が高い必要はなく、S_Eからの発光量子収率が高い必要もないため、材料を幅広く選択することが可能となる。

【０４８４】

＜発光素子の構成例３＞

次に、図２６に示す発光層と異なる構成例について、図２７を用いて、以下説明を行う。

【０４８５】

図２７（Ａ）は、発光層５５３の断面模式図である。

【０４８６】

図２７（Ａ）に示すように、発光層５５３は、発光層５５３Ｂと発光層５５３Ｇとを有する。また、発光層５５３Ｂは、ホスト材料５３１と、ゲスト材料５３２とを有する。また、発光層５５３Ｇは、ホスト材料５４１と、ゲスト材料５４２とを有する。ホスト材料５４１は、有機化合物５４１＿１と、有機化合物５４１＿２とを有する。なお、ゲスト材料５３２が蛍光材料、ゲスト材料５４２が燐光材料として、以下説明する。

【０４８７】

≪発光層５５３の発光機構≫

発光層５５３Ｂの発光機構としては、図２６（Ａ）（Ｂ）に示す発光層５５３Ｂと同様の発光機構である。また、発光層５５３Ｇの発光機構としては、図２６（Ｃ）（Ｄ）に示す発光層５５３Ｇと同様の発光機構である。

【０４８８】

図２７（Ａ）に示すように、発光層５５３Ｂと、発光層５５３Ｇとが互いに接する構成を有する場合、発光層５５３Ｂと発光層５５３Ｇの界面において、発光層５５３Ｇの励起錯体から発光層５５３Ｂのホスト材料５３１へのエネルギー移動（とくに三重項励起エネルギーのエネルギー移動）が起こったとしても、発光層５５３Ｂにおいて上記三重項励起エネルギーを発光に変換することができる。

【０４８９】

なお、発光層５５３Ｂのホスト材料５３１のＴ１準位が、発光層５５３Ｇが有する有機化合物５４１＿１及び有機化合物５４１＿２のＴ１準位よりも低いと好ましい。また、発光層５５３Ｂにおいて、ホスト材料５３１のＳ１準位がゲスト材料５３２（蛍光材料）のＳ１準位よりも高く、且つ、ホスト材料５３１のＴ１準位がゲスト材料５３２（蛍光材料）のＴ１準位よりも低いと好ましい。

【０４９０】

具体的には、発光層５５３ＢにＴＴＡを用い、発光層５５３ＧにＥｘＴＥＴを用いる場合のエネルギー準位の相関を図２７（Ｂ）に示す。なお、図２７（Ｂ）における表記及び符号は、以下の通りである。

・Ｆｌｕｏｒｅｓｃｅｎｃｅ　ＥＭＬ（５５３Ｂ）：発光層５５３Ｂ（蛍光発光層）
・Ｐｈｏｓｐｈｏｒｅｓｃｅｎｃｅ　ＥＭＬ（５５３Ｇ）：発光層５５３Ｇ（燐光発光層）
・Ｈｏｓｔ（５３１）：ホスト材料５３１
・Ｇｕｅｓｔ（５３２）：ゲスト材料５３２（蛍光材料）
・Ｈｏｓｔ（５４１＿１）：ホスト材料（有機化合物５４１＿１）
・Ｇｕｅｓｔ（５４２）：ゲスト材料５４２（燐光材料）
・Ｅｘｃｉｐｌｅｘ：励起錯体（有機化合物５４１＿１及び有機化合物５４１＿２）
・S_{FH}：ホスト材料５３１のＳ１準位
・T_{FH}：ホスト材料５３１のＴ１準位
・S_{FG}：ゲスト材料５３２（蛍光材料）のＳ１準位
・T_{FG}：ゲスト材料５３２（蛍光材料）のＴ１準位
・S_{PH}：ホスト材料（有機化合物５４１＿１）のＳ１準位
・T_{PH}：ホスト材料（有機化合物５４１＿１）のＴ１準位
・T_{PG}：ゲスト材料５４２（燐光材料）のＴ１準位
・S_{E}：励起錯体のＳ１準位
・T_{E}：励起錯体のＴ１準位

【０４９１】

図２７（Ｂ）に示すように、励起錯体は励起状態でしか存在しないため、励起錯体と励起錯体との間の励起子拡散は生じにくい。また、励起錯体の励起エネルギー準位（S_{E}、T_{E}）は、発光層５５３Ｇの有機化合物５４１＿１（すなわち、燐光材料のホスト材料）の励起エネルギー準位（S_{PH}、T_{PH}）よりも低いので、励起錯体から有機化合物５４

１＿１へのエネルギーの拡散も生じない。すなわち、燐光発光層（発光層５５３Ｇ）内において、励起錯体の励起子拡散距離は短いため、燐光発光層（発光層５５３Ｇ）の効率を保つことが可能となる。また、蛍光発光層（発光層５５３Ｂ）と燐光発光層（発光層５５３Ｇ）の界面において、燐光発光層（発光層５５３Ｇ）の励起錯体の三重項励起エネルギーの一部が、蛍光発光層（発光層５５３Ｂ）に拡散したとしても、その拡散によって生じた蛍光発光層（発光層５５３Ｂ）の三重項励起エネルギーは、ＴＴＡを通じて発光に変換されるため、エネルギー損失を低減することが可能となる。

【０４９２】

以上のように、発光層５５３を用いた発光素子は、発光層５５３ＧにＥｘＴＥＴを利用し、且つ発光層５５３ＢにＴＴＡを利用することで、エネルギー損失が低減されるため、高い発光効率の発光素子とすることができる。また、発光層５５３に示すように、発光層５５３Ｂと、発光層５５３Ｇとが互いに接する構成とする場合、上記エネルギー損失が低減されるとともに、有機層の層数を低減させることができる。したがって、製造コストの少ない発光素子とすることができる。

【０４９３】

なお、発光層５５３Ｂと発光層５５３Ｇとは互いに接していない構成であっても良い。この場合、発光層５５３Ｇ中で生成する、有機化合物５４１＿１、有機化合物５４１＿２、またはゲスト材料５４２（燐光材料）の励起状態から発光層５５３Ｂ中のホスト材料５３１、またはゲスト材料５３２（蛍光材料）へのデクスター機構によるエネルギー移動（特に三重項エネルギー移動）を防ぐことができる。したがって、発光層５５３Ｂと発光層５５３Ｇとの間に設ける層は数ｎｍ程度の厚さがあればよい。具体的には、１ｎｍ以上５ｎｍ以下であると、駆動電圧の上昇を抑制することができ好適である。

【０４９４】

発光層５５３Ｂと発光層５５３Ｇとの間に設ける層は単一の材料で構成されていても良いが、正孔輸送性材料と電子輸送性材料の両方が含まれていても良い。単一の材料で構成する場合、バイポーラ性材料を用いても良い。ここでバイポーラ性材料とは、電子と正孔の移動度の比が１００以下である材料を指す。また、正孔輸送性材料または電子輸送性材料などを使用しても良い。もしくは、そのうちの少なくとも一つは、発光層５５３Ｇのホスト材料（有機化合物５４１＿１または有機化合物５４１＿２）と同一の材料で形成しても良い。これにより、発光素子の作製が容易になり、また、駆動電圧が低減される。さらに、正孔輸送性材料と電子輸送性材料とで励起錯体を形成しても良く、これによって励起子の拡散を効果的に防ぐことができる。具体的には、発光層５５３Ｇのホスト材料（有機化合物５４１＿１または有機化合物５４１＿２）あるいはゲスト材料５４２（燐光材料）の励起状態から、発光層５５３Ｂのホスト材料５３１あるいはゲスト材料５３２（蛍光材料）へのエネルギー移動を防ぐことができる。

【０４９５】

なお、発光層では、キャリアの再結合領域はある程度の分布を持って形成されることが好ましい。このため、発光層５５３Ｂまたは発光層５５３Ｇにおいて、適度なキャリアトラップ性があることが好ましく、特に、発光層５５３Ｇが有するゲスト材料５４２（燐光材料）が電子トラップ性を有していることが好ましい。また、発光層５５３Ｂが有するゲスト材料５３２（蛍光材料）が正孔トラップ性を有していることが好ましい。

【０４９６】

なお、発光層５５３Ｂからの発光が、発光層５５３Ｇからの発光よりも短波長側に発光のピークを有する構成とすることが好ましい。短波長の発光を呈する燐光材料を用いた発光素子は輝度劣化が早い傾向がある。そこで、短波長の発光を蛍光発光とすることによって、輝度劣化の小さい発光素子を提供することができる。

【０４９７】

また、発光層５５３Ｂと発光層５５３Ｇとで異なる発光波長の光を得ることによって、多色発光の素子とすることができる。この場合、発光スペクトルは異なる発光ピークを有する発光が合成された光となるため、少なくとも二つの極大値を有する発光スペクトルと

なる。
【０４９８】
　また、上記の構成は白色発光を得るためにも好適である。発光層５５３Ｂと発光層５５３Ｇとの光を互いに補色の関係とすることによって、白色発光を得ることができる。
【０４９９】
　また、発光層５５３Ｂ及び発光層５５３Ｇのいずれか一方または双方に、発光波長の異なる複数の発光材料を用いることによって、三原色や、４色以上の発光色からなる演色性の高い白色発光を得ることもできる。この場合、発光層を層状にさらに分割し、当該分割した層ごとに異なる発光材料を含有させるようにしても良い。
【０５００】
＜発光層に用いることができる材料の例＞
　次に、発光層５５３Ｂ、及び発光層５５３Ｇに用いることのできる材料について、以下説明する。
【０５０１】
≪発光層５５３Ｂに用いることのできる材料≫
　発光層５５３Ｂ中では、ホスト材料５３１が重量比で最も多く存在し、ゲスト材料５３２（蛍光材料）は、ホスト材料５３１中に分散される。ホスト材料５３１のＳ１準位は、ゲスト材料５３２（蛍光材料）のＳ１準位よりも高く、ホスト材料５３１のＴ１準位は、ゲスト材料５３２（蛍光材料）のＴ１準位よりも低いことが好ましい。
【０５０２】
　発光層５５３Ｂにおいて、ゲスト材料５３２としては、特に限定はないが、アントラセン誘導体、テトラセン誘導体、クリセン誘導体、フェナントレン誘導体、ピレン誘導体、ペリレン誘導体、スチルベン誘導体、アクリドン誘導体、クマリン誘導体、フェノキサジン誘導体、フェノチアジン誘導体などが好ましい。例えば実施の形態１で例示した材料を用いることができる。
【０５０３】
　また、発光層５５３Ｂにおいて、ホスト材料５３１に用いることが可能な材料としては、特に限定はないが、例えば実施の形態１で例示した材料を用いることができる。
【０５０４】
　なお、発光層５５３Ｂは２層以上の複数層でもって構成することもできる。例えば、第１の発光層と第２の発光層を正孔輸送層側から順に積層して発光層５５３Ｂとする場合、第１の発光層のホスト材料として正孔輸送性を有する物質を用い、第２の発光層のホスト材料として電子輸送性を有する物質を用いる構成などがある。
【０５０５】
　また、発光層５５３Ｂにおいて、ホスト材料５３１は、一種の化合物から構成されていても良く、複数の化合物から構成されていても良い。あるいは、発光層５５３Ｂにおいて、ホスト材料５３１およびゲスト材料５３２以外の材料を有していても良い。
【０５０６】
≪発光層５５３Ｇに用いることのできる材料≫
　発光層５５３Ｇ中では、ホスト材料５４１が重量比で最も多く存在し、ゲスト材料５４２（燐光材料）は、ホスト材料５４１中に分散される。発光層５５３Ｇのホスト材料５４１（有機化合物５４１＿１及び有機化合物５４１＿２）のＴ１準位は、ゲスト材料５４２のＴ１準位よりも高いことが好ましい。
【０５０７】
　有機化合物５４１＿１としては、亜鉛やアルミニウム系金属錯体の他、オキサジアゾール誘導体、トリアゾール誘導体、ベンゾイミダゾール誘導体、キノキサリン誘導体、ジベンゾキノキサリン誘導体、ジベンゾチオフェン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、ピリミジン誘導体、トリアジン誘導体、ピリジン誘導体、ビピリジン誘導体、フェナントロリン誘導体などが挙げられる。他の例としては、芳香族アミンやカルバゾール誘導体などが挙げられる。具体的には、実施の形態１で示した電子輸送性材料および正孔輸送性材料を用い

ることができる。

【０５０８】

有機化合物５４１＿２としては、有機化合物５４１＿１と励起錯体を形成できる組み合わせが好ましい。具体的には、実施の形態１で示した電子輸送性材料および正孔輸送性材料を用いることができる。この場合、有機化合物５４１＿１と有機化合物５４１＿２とで形成される励起錯体の発光ピークが、ゲスト材料５４２（燐光材料）の三重項ＭＬＣＴ（Ｍｅｔａｌ　ｔｏ　Ｌｉｇａｎｄ　Ｃｈａｒｇｅ　Ｔｒａｎｓｆｅｒ）遷移の吸収帯、より具体的には、最も長波長側の吸収帯と重なるように、有機化合物５４１＿１、有機化合物５４１＿２、およびゲスト材料５４２（燐光材料）を選択することが好ましい。これにより、発光効率が飛躍的に向上した発光素子とすることができる。ただし、燐光材料に替えて熱活性化遅延蛍光材料を用いる場合においては、最も長波長側の吸収帯は一重項の吸収帯であることが好ましい。

【０５０９】

ゲスト材料５４２（燐光材料）としては、イリジウム、ロジウム、または白金系の有機金属錯体、あるいは金属錯体が挙げられ、中でも有機イリジウム錯体、例えばイリジウム系オルトメタル錯体が好ましい。オルトメタル化する配位子としては４Ｈ－トリアゾール配位子、１Ｈ－トリアゾール配位子、イミダゾール配位子、ピリジン配位子、ピリミジン配位子、ピラジン配位子、あるいはイソキノリン配位子などが挙げられる。金属錯体としては、ポルフィリン配位子を有する白金錯体などが挙げられる。具体的には、実施の形態１で示した燐光材料を用いることができる。

【０５１０】

発光層５５３Ｇに含まれる発光材料としては、三重項励起エネルギーを発光に変換できる材料であればよい。該三重項励起エネルギーを発光に変換できる材料としては、燐光材料の他に、熱活性化遅延蛍光材料が挙げられる。したがって、燐光材料と記載した部分に関しては、熱活性化遅延蛍光材料と読み替えても構わない。

【０５１１】

また、熱活性化遅延蛍光を示す材料は、単独で逆項間交差により三重項励起状態から一重項励起状態を生成できる材料であっても良いし、励起錯体を形成する複数の材料から構成されても良い。

【０５１２】

熱活性化遅延蛍光材料が、一種類の材料から構成される場合、具体的には、実施の形態１で示した熱活性化遅延蛍光材料を用いることができる。

【０５１３】

また、熱活性化遅延蛍光材料をホスト材料として用いる場合、励起錯体を形成する２種類の化合物を組み合わせて用いることが好ましい。この場合、上記に示した励起錯体を形成する組み合わせである電子を受け取りやすい化合物と、正孔を受け取りやすい化合物とを用いることが特に好ましい。

【０５１４】

また、発光層５５３Ｂ、及び発光層５５３Ｇに含まれる発光材料の発光色に限定は無く、それぞれ同じでも異なっていても良い。各々から得られる発光が混合されて素子外へ取り出されるので、例えば両者の発光色が互いに補色の関係にある場合、発光素子は白色の光を与えることができる。発光素子の信頼性を考慮すると、発光層５５３Ｂに含まれる発光材料の発光ピーク波長は発光層５５３Ｇに含まれる発光材料のそれよりも短いことが好ましい。

【０５１５】

なお、発光層５５３Ｂ及び発光層５５３Ｇは、蒸着法（真空蒸着法を含む）、インクジェット法、塗布法、グラビア印刷等の方法で形成することができる。

【０５１６】

以上、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態及び実施例に示した構成と適宜組み合わせて用いることができる。

【０５１７】
（実施の形態３）
本実施の形態においては、本発明の一態様の表示装置に用いることができるトランジスタについて、図２８乃至図４２を参照して説明する。
【０５１８】
＜トランジスタの構成例１＞
図２８（Ａ）は、本発明の一態様の表示装置に用いることができるトランジスタ２００の上面図であり、図２８（Ｂ）は、図２８（Ａ）に示す一点鎖線Ｘ１－Ｘ２間における切断面の断面図に相当し、図２８（Ｃ）は、図２８（Ａ）に示す一点鎖線Ｙ１－Ｙ２間における切断面の断面図に相当する。なお、図２８（Ａ）において、煩雑になることを避けるため、トランジスタ２００の構成要素の一部（ゲート絶縁膜として機能する絶縁膜等）を省略して図示している。また、一点鎖線Ｘ１－Ｘ２方向をチャネル長方向、一点鎖線Ｙ１－Ｙ２方向をチャネル幅方向と呼称する場合がある。なお、トランジスタの上面図においては、以降の図面においても図２８（Ａ）と同様に、構成要素の一部を省略して図示する場合がある。
【０５１９】
トランジスタ２００は、基板２０２上のゲート電極として機能する導電膜２０４と、基板２０２及び導電膜２０４上の絶縁膜２０６と、絶縁膜２０６上の絶縁膜２０７と、絶縁膜２０７上の酸化物半導体膜２０８と、酸化物半導体膜２０８に電気的に接続されるソース電極として機能する導電膜２１２ａと、酸化物半導体膜２０８に電気的に接続されるドレイン電極として機能する導電膜２１２ｂと、を有する。また、トランジスタ２００上、より詳しくは、導電膜２１２ａ、２１２ｂ及び酸化物半導体膜２０８上には絶縁膜２１４、２１６、及び絶縁膜２１８が設けられる。絶縁膜２１４、２１６、及び絶縁膜２１８は、トランジスタ２００の保護絶縁膜としての機能を有する。
【０５２０】
また、絶縁膜２０６及び絶縁膜２０７は、トランジスタ２００のゲート絶縁膜としての機能を有する。
【０５２１】
以下に、トランジスタに含まれる構成要素について、詳細に説明する。
【０５２２】
≪基板≫
基板２０２の材質などに大きな制限はないが、少なくとも、後の熱処理に耐えうる程度の耐熱性を有している必要がある。例えば、ガラス基板、セラミック基板、石英基板、サファイア基板等を、基板２０２として用いてもよい。また、シリコンや炭化シリコンを材料とした単結晶半導体基板、多結晶半導体基板、シリコンゲルマニウム等の化合物半導体基板、ＳＯＩ基板等を適用することも可能であり、これらの基板上に半導体素子が設けられたものを、基板２０２として用いてもよい。なお、基板２０２として、ガラス基板を用いる場合、第６世代（１５００ｍｍ×１８５０ｍｍ）、第７世代（１８７０ｍｍ×２２００ｍｍ）、第８世代（２２００ｍｍ×２４００ｍｍ）、第９世代（２４００ｍｍ×２８００ｍｍ）、第１０世代（２９５０ｍｍ×３４００ｍｍ）などの大面積基板を用いることで、大型の表示装置を作製することができる。このような大面積基板を用いることで製造コストを低減させることができるため好ましい。
【０５２３】
また、基板２０２として、可撓性基板を用い、可撓性基板上に直接、トランジスタ２００を形成してもよい。または、基板２０２とトランジスタ２００の間に剥離層を設けてもよい。剥離層は、その上にトランジスタを一部あるいは全部完成させた後、基板２０２より分離し、他の基板に転載するのに用いることができる。その際、トランジスタ２００を耐熱性の劣る基板や可撓性の基板にも転載できる。
【０５２４】
≪ゲート電極、ソース電極、及びドレイン電極として機能する導電膜≫

ゲート電極として機能する導電膜２０４、及びソース電極として機能する導電膜２１２ａ、及びドレイン電極として機能する導電膜２１２ｂとしては、クロム（Ｃｒ）、銅（Ｃｕ）、アルミニウム（Ａｌ）、金（Ａｕ）、銀（Ａｇ）、亜鉛（Ｚｎ）、モリブデン（Ｍｏ）、タンタル（Ｔａ）、チタン（Ｔｉ）、タングステン（Ｗ）、マンガン（Ｍｎ）、ニッケル（Ｎｉ）、鉄（Ｆｅ）、コバルト（Ｃｏ）から選ばれた金属元素、または上述した金属元素を成分とする合金か、上述した金属元素を組み合わせた合金等を用いてそれぞれ形成することができる。

【０５２５】

また、導電膜２０４、２１２ａ、２１２ｂは、単層構造でも、二層以上の積層構造としてもよい。例えば、シリコンを含むアルミニウム膜の単層構造、アルミニウム膜上にチタン膜を積層する二層構造、窒化チタン膜上にチタン膜を積層する二層構造、窒化チタン膜上にタングステン膜を積層する二層構造、窒化タンタル膜または窒化タングステン膜上にタングステン膜を積層する二層構造、チタン膜と、そのチタン膜上にアルミニウム膜を積層し、さらにその上にチタン膜を形成する三層構造等がある。また、アルミニウムに、チタン、タンタル、タングステン、モリブデン、クロム、ネオジム、スカンジウムから選ばれた一または複数を組み合わせた合金膜、もしくは窒化膜を用いてもよい。

【０５２６】

また、導電膜２０４、２１２ａ、２１２ｂには、インジウム錫酸化物、酸化タングステンを含むインジウム酸化物、酸化タングステンを含むインジウム亜鉛酸化物、酸化チタンを含むインジウム酸化物、酸化チタンを含むインジウム錫酸化物、インジウム亜鉛酸化物、酸化シリコンを添加したインジウム錫酸化物等の透光性を有する導電性材料を適用することもできる。

【０５２７】

また、導電膜２０４、２１２ａ、２１２ｂには、Ｃｕ－Ｘ合金膜（Ｘは、Ｍｎ、Ｎｉ、Ｃｒ、Ｆｅ、Ｃｏ、Ｍｏ、Ｔａ、またはＴｉ）を適用してもよい。Ｃｕ－Ｘ合金膜を用いることで、ウエットエッチングプロセスで加工できるため、製造コストを抑制することが可能となる。

【０５２８】

また、導電膜２０４、２１２ａ、２１２ｂは、上述の中でも特にチタン、タングステン、タンタル、及びモリブデンの中から選ばれる少なくとも一を有すると好適である。導電膜２０４、２１２ａ、２１２ｂがチタン、タングステン、タンタル、及びモリブデンの中から選ばれる少なくとも一を有すると、導電膜２０４、２１２ａ、２１２ｂが有する銅の外部への拡散を抑制することができ、所謂バリアメタルとしての機能を有することができる。

【０５２９】

また、導電膜２０４、２１２ａ、２１２ｂには、窒素とタンタルを含む窒化物、または窒素とチタンを含む窒化物を有すると好ましい。これらの窒化物は、導電性を有し、且つ銅または水素に対して高いバリア性を有する。また、これらの窒化物は、該膜からの水素の放出が少ないため、酸化物半導体膜と接する金属として好適である。

【０５３０】

≪ゲート絶縁膜として機能する絶縁膜≫

トランジスタ２００のゲート絶縁膜として機能する絶縁膜２０６、２０７としては、プラズマ化学気相堆積（ＰＥＣＶＤ：（Ｐｌａｓｍａ　Ｅｎｈａｎｃｅｄ　Ｃｈｅｍｉｃａｌ　Ｖａｐｏｒ　Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ））法、スパッタリング法等により、酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化アルミニウム膜、酸化ハフニウム膜、酸化イットリウム膜、酸化ジルコニウム膜、酸化ガリウム膜、酸化タンタル膜、酸化マグネシウム膜、酸化ランタン膜、酸化セリウム膜および酸化ネオジム膜を一種以上含む絶縁層を、それぞれ用いることができる。なお、絶縁膜２０６、２０７の積層構造とせずに、上述の材料から選択された単層の絶縁膜、または３層以上の絶縁膜を用いてもよい。

【０５３１】
また、絶縁膜２０６は、酸素の透過を抑制するブロッキング膜としての機能を有する。例えば、絶縁膜２０７、２１４、２１６及び／または酸化物半導体膜２０８中に過剰の酸素を供給する場合において、絶縁膜２０６は酸素の透過を抑制することができる。
【０５３２】
なお、トランジスタ２００のチャネル領域として機能する酸化物半導体膜２０８と接する絶縁膜２０７は、酸化物絶縁膜であることが好ましく、化学量論的組成よりも過剰に酸素を含有する領域（酸素過剰領域）を有することがより好ましい。別言すると、絶縁膜２０７は、酸素を放出することが可能な絶縁膜である。なお、絶縁膜２０７に酸素過剰領域を設けるには、例えば、酸素雰囲気下にて絶縁膜２０７を形成すればよい。または、成膜後の絶縁膜２０７に酸素を導入して、酸素過剰領域を形成してもよい。酸素の導入方法としては、イオン注入法、イオンドーピング法、プラズマイマージョンイオン注入法、プラズマ処理等を用いることができる。
【０５３３】
また、絶縁膜２０７として、酸化ハフニウムを用いる場合、以下の効果を奏する。酸化ハフニウムは、酸化シリコンや酸化窒化シリコンと比べて比誘電率が高い。したがって、酸化シリコン膜に対して膜厚を大きくできるため、トンネル電流によるリーク電流を小さくすることができる。すなわち、オフ電流の小さいトランジスタを実現することができる。さらに、結晶構造を有する酸化ハフニウムは、非晶質構造を有する酸化ハフニウムと比べて高い比誘電率を備える。したがって、オフ電流の小さいトランジスタとするためには、結晶構造を有する酸化ハフニウムを用いることが好ましい。結晶構造の例としては、単斜晶系や立方晶系などが挙げられる。ただし、本発明の一態様は、これらに限定されない。
【０５３４】
なお、本実施の形態では、絶縁膜２０６として窒化シリコン膜を形成し、絶縁膜２０７として酸化シリコン膜を形成する。窒化シリコン膜は、酸化シリコン膜と比較して比誘電率が高く、酸化シリコン膜と同等の静電容量を得るのに必要な膜厚が大きいため、トランジスタ２００のゲート絶縁膜として、窒化シリコン膜を含むことで絶縁膜を物理的に厚膜化することができる。よって、トランジスタ２００の絶縁耐圧の低下を抑制、さらには絶縁耐圧を向上させて、トランジスタ２００の静電破壊を抑制することができる。
【０５３５】
≪酸化物半導体膜≫
酸化物半導体膜２０８には、酸化物半導体を用いることができる。以下に、酸化物半導体について説明する。
【０５３６】
酸化物半導体は、少なくともインジウムまたは亜鉛を含むことが好ましい。特にインジウムおよび亜鉛を含むことが好ましい。また、それらに加えて、アルミニウム、ガリウム、イットリウムまたはスズなどが含まれていることが好ましい。また、ホウ素、シリコン、チタン、鉄、ニッケル、ゲルマニウム、ジルコニウム、モリブデン、ランタン、セリウム、ネオジム、ハフニウム、タンタル、タングステン、またはマグネシウムなどから選ばれた一種、または複数種が含まれていてもよい。
【０５３７】
ここで、酸化物半導体が、インジウム、元素Ｍ及び亜鉛を有する場合を考える。なお、元素Ｍは、アルミニウム、ガリウム、イットリウムまたはスズなどとする。そのほかの元素Ｍに適用可能な元素としては、ホウ素、シリコン、チタン、鉄、ニッケル、ゲルマニウム、ジルコニウム、モリブデン、ランタン、セリウム、ネオジム、ハフニウム、タンタル、タングステン、マグネシウムなどがある。ただし、元素Ｍとして、前述の元素を複数組み合わせても構わない場合がある。
【０５３８】
まず、図４０（Ａ）、図４０（Ｂ）、および図４０（Ｃ）を用いて、本発明の一態様に

係る酸化物半導体が有するインジウム、元素M及び亜鉛の原子数比の好ましい範囲について説明する。なお、図４０には、酸素の原子数比については記載しない。また、酸化物半導体が有するインジウム、元素M、及び亜鉛の原子数比のそれぞれの項を［Ｉｎ］、［Ｍ］、および［Ｚｎ］とする。

【０５３９】

図４０（Ａ）、図４０（Ｂ）、および図４０（Ｃ）において、破線は、［Ｉｎ］：［Ｍ］：［Ｚｎ］＝（１＋α）：（１－α）：１の原子数比（－１≦α≦１）となるライン、［Ｉｎ］：［Ｍ］：［Ｚｎ］＝（１＋α）：（１－α）：２の原子数比となるライン、［Ｉｎ］：［Ｍ］：［Ｚｎ］＝（１＋α）：（１－α）：３の原子数比となるライン、［Ｉｎ］：［Ｍ］：［Ｚｎ］＝（１＋α）：（１－α）：４の原子数比となるライン、および［Ｉｎ］：［Ｍ］：［Ｚｎ］＝（１＋α）：（１－α）：５の原子数比となるラインを表す。

【０５４０】

また、一点鎖線は、［Ｉｎ］：［Ｍ］：［Ｚｎ］＝１：１：βの原子数比（β≧０）となるライン、［Ｉｎ］：［Ｍ］：［Ｚｎ］＝１：２：βの原子数比となるライン、［Ｉｎ］：［Ｍ］：［Ｚｎ］＝１：３：βの原子数比となるライン、［Ｉｎ］：［Ｍ］：［Ｚｎ］＝１：４：βの原子数比となるライン、［Ｉｎ］：［Ｍ］：［Ｚｎ］＝２：１：βの原子数比となるライン、及び［Ｉｎ］：［Ｍ］：［Ｚｎ］＝５：１：βの原子数比となるラインを表す。

【０５４１】

また、図４０に示す、［Ｉｎ］：［Ｍ］：［Ｚｎ］＝０：２：１の原子数比またはその近傍値の酸化物半導体は、スピネル型の結晶構造をとりやすい。

【０５４２】

図４０（Ａ）および図４０（Ｂ）では、本発明の一態様に係る酸化物半導体が有する、インジウム、元素M、及び亜鉛の原子数比の好ましい範囲の一例について示している。

【０５４３】

一例として、図４１に、［Ｉｎ］：［Ｍ］：［Ｚｎ］＝１：１：１である、ＩｎＭＺｎＯ$_4$の結晶構造を示す。また、図４１は、ｂ軸に平行な方向から観察した場合のＩｎＭＺｎＯ$_4$の結晶構造である。なお、図４１に示すM、Ｚｎ、酸素を有する層（以下、（Ｍ，Ｚｎ）層）における金属元素は、元素Mまたは亜鉛を表している。この場合、元素Mと亜鉛の割合が等しいものとする。元素Mと亜鉛とは、置換が可能であり、配列は不規則である。

【０５４４】

ＩｎＭＺｎＯ$_4$は、層状の結晶構造（層状構造ともいう）をとり、図４１に示すように、インジウム、および酸素を有する層（以下、Ｉｎ層）が１に対し、元素M、亜鉛、および酸素を有する（Ｍ，Ｚｎ）層が２となる。

【０５４５】

また、インジウムと元素Mは、互いに置換可能である。そのため、（Ｍ，Ｚｎ）層の元素Mがインジウムと置換し、（Ｉｎ，Ｍ，Ｚｎ）層と表すこともできる。その場合、Ｉｎ層が１に対し、（Ｉｎ，Ｍ，Ｚｎ）層が２である層状構造をとる。

【０５４６】

［Ｉｎ］：［Ｍ］：［Ｚｎ］＝１：１：２となる原子数比の酸化物半導体は、Ｉｎ層が１に対し、（Ｍ，Ｚｎ）層が３である層状構造をとる。つまり、［Ｉｎ］および［Ｍ］に対し［Ｚｎ］が大きくなると、酸化物半導体が結晶化した場合、Ｉｎ層に対する（Ｍ，Ｚｎ）層の割合が増加する。

【０５４７】

ただし、酸化物半導体中において、Ｉｎ層が１層に対し、（Ｍ，Ｚｎ）層の層数が非整数である場合、Ｉｎ層が１層に対し、（Ｍ，Ｚｎ）層の層数が整数である層状構造を複数種有する場合がある。例えば、［Ｉｎ］：［Ｍ］：［Ｚｎ］＝１：１：１．５である場合、Ｉｎ層が１に対し、（Ｍ，Ｚｎ）層が２である層状構造と、（Ｍ，Ｚｎ）層が３である

層状構造とが混在する層状構造となる場合がある。

【０５４８】

例えば、酸化物半導体をスパッタリング装置にて成膜する場合、ターゲットの原子数比からずれた原子数比の膜が形成される。特に、成膜時の基板温度によっては、ターゲットの［Ｚｎ］よりも、膜の［Ｚｎ］が小さくなる場合がある。

【０５４９】

また、酸化物半導体中に複数の相が共存する場合がある（二相共存、三相共存など）。例えば、［Ｉｎ］：［Ｍ］：［Ｚｎ］＝０：２：１の原子数比の近傍値である原子数比では、スピネル型の結晶構造と層状の結晶構造との二相が共存しやすい。また、［Ｉｎ］：［Ｍ］：［Ｚｎ］＝１：０：０を示す原子数比の近傍値である原子数比では、ビックスバイト型の結晶構造と層状の結晶構造との二相が共存しやすい。酸化物半導体中に複数の相が共存する場合、異なる結晶構造の間において、粒界（グレインバウンダリーともいう）が形成される場合がある。

【０５５０】

また、インジウムの含有率を高くすることで、酸化物半導体のキャリア移動度（電子移動度）を高くすることができる。これは、インジウム、元素Ｍ及び亜鉛を有する酸化物半導体では、主として重金属のｓ軌道がキャリア伝導に寄与しており、インジウムの含有率を高くすることにより、ｓ軌道が重なる領域がより大きくなるため、インジウムの含有率が高い酸化物半導体はインジウムの含有率が低い酸化物半導体と比較してキャリア移動度が高くなるためである。

【０５５１】

一方、酸化物半導体中のインジウムおよび亜鉛の含有率が低くなると、キャリア移動度が低くなる。従って、［Ｉｎ］：［Ｍ］：［Ｚｎ］＝０：１：０を示す原子数比、およびその近傍値である原子数比（例えば図４０（Ｃ）に示す領域Ｃ）では、絶縁性が高くなる。

【０５５２】

従って、本発明の一態様に係る酸化物半導体は、キャリア移動度が高く、かつ、粒界が少ない層状構造となりやすい、図４０（Ａ）の領域Ａで示される原子数比を有することが好ましい。

【０５５３】

また、図４０（Ｂ）に示す領域Ｂは、［Ｉｎ］：［Ｍ］：［Ｚｎ］＝４：２：３から４．１、およびその近傍値を示している。近傍値には、例えば、原子数比が［Ｉｎ］：［Ｍ］：［Ｚｎ］＝５：３：４が含まれる。領域Ｂで示される原子数比を有する酸化物半導体は、特に、結晶性が高く、キャリア移動度も高い優れた酸化物半導体である。

【０５５４】

なお、酸化物半導体が、層状構造を形成する条件は、原子数比によって一義的に定まらない。原子数比により、層状構造を形成するための難易の差はある。一方、同じ原子数比であっても、形成条件により、層状構造になる場合も層状構造にならない場合もある。従って、図示する領域は、酸化物半導体が層状構造を有する原子数比を示す領域であり、領域Ａ乃至領域Ｃの境界は厳密ではない。

【０５５５】

続いて、上記酸化物半導体をトランジスタに用いる場合について説明する。

【０５５６】

なお、上記酸化物半導体をトランジスタに用いることで、粒界におけるキャリア散乱等を減少させることができるため、高い電界効果移動度のトランジスタを実現することができる。また、信頼性の高いトランジスタを実現することができる。

【０５５７】

また、トランジスタには、キャリア密度の低い酸化物半導体を用いることが好ましい。例えば、酸化物半導体は、キャリア密度が8×10^{11}／ｃｍ^{3}未満、好ましくは1×10^{11}／ｃｍ^{3}未満、さらに好ましくは1×10^{10}／ｃｍ^{3}未満であり、1×10^{-9}

／ｃｍ^{3}以上とすればよい。

【０５５８】

なお、高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体は、キャリア発生源が少ないため、キャリア密度を低くすることができる。また、高純度真性または実質的に高純度真性である酸化物半導体は、欠陥準位密度が低いため、トラップ準位密度も低くなる場合がある。

【０５５９】

また、酸化物半導体のトラップ準位に捕獲された電荷は、消失するまでに要する時間が長く、あたかも固定電荷のように振る舞うことがある。そのため、トラップ準位密度の高い酸化物半導体にチャネル領域が形成されるトランジスタは、電気特性が不安定となる場合がある。

【０５６０】

従って、トランジスタの電気特性を安定にするためには、酸化物半導体中の不純物濃度を低減することが有効である。また、酸化物半導体中の不純物濃度を低減するためには、近接する膜中の不純物濃度も低減することが好ましい。不純物としては、水素、窒素、アルカリ金属、アルカリ土類金属、鉄、ニッケル、シリコン等がある。

【０５６１】

ここで、酸化物半導体中における各不純物の影響について説明する。

【０５６２】

酸化物半導体において、第１４族元素の一つであるシリコンや炭素が含まれると、酸化物半導体において欠陥準位が形成される。このため、酸化物半導体におけるシリコンや炭素の濃度と、酸化物半導体との界面近傍のシリコンや炭素の濃度（二次イオン質量分析法（ＳＩＭＳ：Ｓｅｃｏｎｄａｒｙ Ｉｏｎ Ｍａｓｓ Ｓｐｅｃｔｒｏｍｅｔｒｙ）により得られる濃度）を、２×１０^{18}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}以下、好ましくは２×１０^{17}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}以下とする。

【０５６３】

また、酸化物半導体にアルカリ金属またはアルカリ土類金属が含まれると、欠陥準位を形成し、キャリアを生成する場合がある。従って、アルカリ金属またはアルカリ土類金属が含まれている酸化物半導体を用いたトランジスタはノーマリーオン特性となりやすい。このため、酸化物半導体中のアルカリ金属またはアルカリ土類金属の濃度を低減することが好ましい。具体的には、ＳＩＭＳにより得られる酸化物半導体中のアルカリ金属またはアルカリ土類金属の濃度を、１×１０^{18}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}以下、好ましくは２×１０^{16}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}以下にする。

【０５６４】

また、酸化物半導体において、窒素が含まれると、キャリアである電子が生じ、キャリア密度が増加し、ｎ型化しやすい。この結果、窒素が含まれている酸化物半導体を半導体に用いたトランジスタはノーマリーオン特性となりやすい。従って、該酸化物半導体において、窒素はできる限り低減されていることが好ましい、例えば、酸化物半導体中の窒素濃度は、ＳＩＭＳにおいて、５×１０^{19}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}未満、好ましくは５×１０^{18}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}以下、より好ましくは１×１０^{18}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}以下、さらに好ましくは５×１０^{17}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}以下とする。

【０５６５】

また、酸化物半導体に含まれる水素は、金属原子と結合する酸素と反応して水になるため、酸素欠損を形成する場合がある。該酸素欠損に水素が入ることで、キャリアである電子が生成される場合がある。また、水素の一部が金属原子と結合する酸素と結合して、キャリアである電子を生成することがある。従って、水素が含まれている酸化物半導体を用いたトランジスタはノーマリーオン特性となりやすい。このため、酸化物半導体中の水素はできる限り低減されていることが好ましい。具体的には、酸化物半導体において、ＳＩＭＳにより得られる水素濃度を、１×１０^{20}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}未満、好ましくは１×１０^{19}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}未満、より好ましくは５×１０^{18}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}未満

、さらに好ましくは1×10^{18}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}未満とする。

【０５６６】

不純物が十分に低減された酸化物半導体をトランジスタのチャネル形成領域に用いることで、安定した電気特性を付与することができる。

【０５６７】

続いて、該酸化物半導体を２層構造、または３層構造とした場合について述べる。酸化物半導体Ｓ１、酸化物半導体Ｓ２、および酸化物半導体Ｓ３の積層構造に接する絶縁体のバンド図と、酸化物半導体Ｓ２および酸化物半導体Ｓ３の積層構造に接する絶縁体のバンド図と、について、図４２を用いて説明する。

【０５６８】

図４２（Ａ）は、絶縁体Ｉ１、酸化物半導体Ｓ１、酸化物半導体Ｓ２、酸化物半導体Ｓ３、及び絶縁体Ｉ２を有する積層構造の膜厚方向のバンド図の一例である。また、図４２（Ｂ）は、絶縁体Ｉ１、酸化物半導体Ｓ２、酸化物半導体Ｓ３、及び絶縁体Ｉ２を有する積層構造の膜厚方向のバンド図の一例である。なお、バンド図は、理解を容易にするため絶縁体Ｉ１、酸化物半導体Ｓ１、酸化物半導体Ｓ２、酸化物半導体Ｓ３、及び絶縁体Ｉ２の伝導帯下端のエネルギー準位（Ｅｃ）を示す。

【０５６９】

酸化物半導体Ｓ１、酸化物半導体Ｓ３は、酸化物半導体Ｓ２よりも伝導帯下端のエネルギー準位が真空準位に近く、代表的には、酸化物半導体Ｓ２の伝導帯下端のエネルギー準位と、酸化物半導体Ｓ１、酸化物半導体Ｓ３の伝導帯下端のエネルギー準位との差が、０．１５ｅＶ以上、または０．５ｅＶ以上、かつ２ｅＶ以下、または１ｅＶ以下であることが好ましい。すなわち、酸化物半導体Ｓ１、酸化物半導体Ｓ３の電子親和力よりも、酸化物半導体Ｓ２の電子親和力が大きく、酸化物半導体Ｓ１、酸化物半導体Ｓ３の電子親和力と、酸化物半導体Ｓ２の電子親和力との差は、０．１５ｅＶ以上、または０．５ｅＶ以上、かつ２ｅＶ以下、または１ｅＶ以下であることが好ましい。

【０５７０】

図４２（Ａ）、および図４２（Ｂ）に示すように、酸化物半導体Ｓ１、酸化物半導体Ｓ２、酸化物半導体Ｓ３において、伝導帯下端のエネルギー準位はなだらかに変化する。換言すると、連続的に変化または連続接合するともいうことができる。このようなバンド図を有するためには、酸化物半導体Ｓ１と酸化物半導体Ｓ２との界面、または酸化物半導体Ｓ２と酸化物半導体Ｓ３との界面において形成される混合層の欠陥準位密度を低くするとよい。

【０５７１】

具体的には、酸化物半導体Ｓ１と酸化物半導体Ｓ２、酸化物半導体Ｓ２と酸化物半導体Ｓ３が、酸素以外に共通の元素を有する（主成分とする）ことで、欠陥準位密度が低い混合層を形成することができる。例えば、酸化物半導体Ｓ２がＩｎ－Ｇａ－Ｚｎ酸化物半導体の場合、酸化物半導体Ｓ１、酸化物半導体Ｓ３として、Ｉｎ－Ｇａ－Ｚｎ酸化物半導体、Ｇａ－Ｚｎ酸化物半導体、酸化ガリウムなどを用いるとよい。

【０５７２】

このとき、キャリアの主たる経路は酸化物半導体Ｓ２となる。酸化物半導体Ｓ１と酸化物半導体Ｓ２との界面、および酸化物半導体Ｓ２と酸化物半導体Ｓ３との界面における欠陥準位密度を低くすることができるため、界面散乱によるキャリア伝導への影響が小さく、高いオン電流が得られる。

【０５７３】

トラップ準位に電子が捕獲されることで、捕獲された電子は固定電荷のように振る舞うため、トランジスタのしきい値電圧はプラス方向にシフトしてしまう。酸化物半導体Ｓ１、酸化物半導体Ｓ３を設けることにより、トラップ準位を酸化物半導体Ｓ２より遠ざけることができる。当該構成とすることで、トランジスタのしきい値電圧がプラス方向にシフトすることを防止することができる。

【０５７４】

酸化物半導体Ｓ１、酸化物半導体Ｓ３は、酸化物半導体Ｓ２と比較して、導電率が十分に低い材料を用いる。このとき、酸化物半導体Ｓ２、酸化物半導体Ｓ２と酸化物半導体Ｓ１との界面、および酸化物半導体Ｓ２と酸化物半導体Ｓ３との界面が、主にチャネル領域として機能する。例えば、酸化物半導体Ｓ１、酸化物半導体Ｓ３には、図４０（Ｃ）において、絶縁性が高くなる領域Ｃで示す原子数比の酸化物半導体を用いればよい。なお、図４０（Ｃ）に示す領域Ｃは、［Ｉｎ］：［Ｍ］：［Ｚｎ］＝０：１：０、またはその近傍値である原子数比を示している。

【０５７５】

特に、酸化物半導体Ｓ２に領域Ａで示される原子数比の酸化物半導体を用いる場合、酸化物半導体Ｓ１および酸化物半導体Ｓ３には、［Ｍ］／［Ｉｎ］が１以上、好ましくは２以上である酸化物半導体を用いることが好ましい。また、酸化物半導体Ｓ３として、十分に高い絶縁性を得ることができる［Ｍ］／（［Ｚｎ］＋［Ｉｎ］）が１以上である酸化物半導体を用いることが好適である。

【０５７６】

≪トランジスタの保護絶縁膜として機能する絶縁膜≫

絶縁膜２１４、２１６は、酸化物半導体膜２０８に酸素を供給する機能を有する。また、絶縁膜２１８は、トランジスタ２００の保護絶縁膜としての機能を有する。また、絶縁膜２１４、２１６は、酸素を有する。また、絶縁膜２１４は、酸素を透過することのできる絶縁膜である。なお、絶縁膜２１４は、後に形成する絶縁膜２１６を形成する際の、酸化物半導体膜２０８へのダメージ緩和膜としても機能する。

【０５７７】

絶縁膜２１４としては、厚さが５ｎｍ以上１５０ｎｍ以下、好ましくは５ｎｍ以上５０ｎｍ以下の酸化シリコン、酸化窒化シリコン等を用いることができる。

【０５７８】

また、絶縁膜２１４は、欠陥量が少ないことが好ましく、代表的には、ＥＳＲ測定により、シリコンのダングリングボンドに由来するｇ＝２．００１に現れる信号のスピン密度が3×10^{17}ｓｐｉｎｓ／ｃｍ^{3}以下であることが好ましい。これは、絶縁膜２１４に含まれる欠陥密度が多いと、該欠陥に酸素が結合してしまい、絶縁膜２１４における酸素の透過量が減少してしまうためである。

【０５７９】

なお、絶縁膜２１４においては、外部から絶縁膜２１４に入った酸素が全て絶縁膜２１４の外部に移動せず、絶縁膜２１４にとどまる酸素もある。また、絶縁膜２１４に酸素が入ると共に、絶縁膜２１４に含まれる酸素が絶縁膜２１４の外部へ移動することで、絶縁膜２１４において酸素の移動が生じる場合もある。絶縁膜２１４として酸素を透過することができる酸化物絶縁膜を形成すると、絶縁膜２１４上に設けられる、絶縁膜２１６から脱離する酸素を、絶縁膜２１４を介して酸化物半導体膜２０８に移動させることができる。

【０５８０】

また、絶縁膜２１４は、窒素酸化物に起因する準位密度が低い酸化物絶縁膜を用いて形成することができる。なお、当該窒素酸化物に起因する準位密度は、酸化物半導体膜の価電子帯の上端のエネルギー準位（E_{V_OS}）と、酸化物半導体膜の伝導帯下端のエネルギー準位（E_{C_OS}）との間に形成され得る場合がある。上記酸化物絶縁膜として、窒素酸化物の放出量が少ない酸化窒化シリコン膜、または窒素酸化物の放出量が少ない酸化窒化アルミニウム膜等を用いることができる。

【０５８１】

なお、窒素酸化物の放出量の少ない酸化窒化シリコン膜は、昇温脱離ガス分析法において、窒素酸化物の放出量よりアンモニアの放出量が多い膜であり、代表的にはアンモニア分子の放出量が1×10^{18}分子／ｃｍ^{3}以上5×10^{19}分子／ｃｍ^{3}以下である。なお、アンモニアの放出量は、膜の表面温度が５０℃以上６５０℃以下、好ましくは５０℃以上５５０℃以下の加熱処理による放出量とする。

【０５８２】
窒素酸化物（NO_x、ｘは０より大きく２以下、好ましくは１以上２以下）、代表的にはNO_2またはNOは、絶縁膜２１４などに準位を形成する。当該準位は、酸化物半導体膜２０８のエネルギーギャップ内に位置する。そのため、窒素酸化物が、絶縁膜２１４及び酸化物半導体膜２０８の界面に拡散すると、当該準位が絶縁膜２１４側において電子をトラップする場合がある。この結果、トラップされた電子が、絶縁膜２１４及び酸化物半導体膜２０８界面近傍に留まるため、トランジスタのしきい値電圧をプラス方向にシフトさせてしまう。
【０５８３】
また、窒素酸化物は、加熱処理においてアンモニア及び酸素と反応する。絶縁膜２１４に含まれる窒素酸化物は、加熱処理において、絶縁膜２１６に含まれるアンモニアと反応するため、絶縁膜２１４に含まれる窒素酸化物が低減される。このため、絶縁膜２１４及び酸化物半導体膜２０８の界面において、電子がトラップされにくい。
【０５８４】
絶縁膜２１４として、上記酸化物絶縁膜を用いることで、トランジスタのしきい値電圧のシフトを低減することが可能であり、トランジスタの電気特性の変動を低減することができる。
【０５８５】
なお、トランジスタの作製工程の加熱処理、代表的には４００℃未満または３７５℃未満（好ましくは、３４０℃以上３６０℃以下）の加熱処理により、絶縁膜２１４は、１００Ｋ以下のＥＳＲで測定して得られたスペクトルにおいてｇ値が２．０３７以上２．０３９以下の第１のシグナル、ｇ値が２．００１以上２．００３以下の第２のシグナル、及びｇ値が１．９６４以上１．９６６以下の第３のシグナルが観測される。なお、第１のシグナル及び第２のシグナルのスプリット幅、並びに第２のシグナル及び第３のシグナルのスプリット幅は、ＸバンドのＥＳＲ測定において約５ｍＴである。また、ｇ値が２．０３７以上２．０３９以下の第１のシグナル、ｇ値が２．００１以上２．００３以下の第２のシグナル、及びｇ値が１．９６４以上１．９６６以下の第３のシグナルのスピンの密度の合計が1×10^{18}ｓｐｉｎｓ／cm^3未満であり、代表的には1×10^{17}ｓｐｉｎｓ／cm^3以上1×10^{18}ｓｐｉｎｓ／cm^3未満である。
【０５８６】
なお、１００Ｋ以下のＥＳＲスペクトルにおいてｇ値が２．０３７以上２．０３９以下の第１シグナル、ｇ値が２．００１以上２．００３以下の第２のシグナル、及びｇ値が１．９６４以上１．９６６以下の第３のシグナルは、窒素酸化物（NO_x、ｘは０より大きく２以下、好ましくは１以上２以下）起因のシグナルに相当する。窒素酸化物の代表例としては、一酸化窒素、二酸化窒素等がある。即ち、ｇ値が２．０３７以上２．０３９以下の第１のシグナル、ｇ値が２．００１以上２．００３以下の第２のシグナル、及びｇ値が１．９６４以上１．９６６以下の第３のシグナルのスピンの密度の合計が少ないほど、酸化物絶縁膜に含まれる窒素酸化物の含有量が少ないといえる。
【０５８７】
また、上記酸化物絶縁膜は、ＳＩＭＳで測定される窒素濃度が6×10^{20}ａｔｏｍｓ／cm^3以下である。
【０５８８】
基板温度が２２０℃以上３５０℃以下であり、シラン及び一酸化二窒素を用いたＰＥＣＶＤ法を用いて、上記酸化物絶縁膜を形成することで、緻密であり、且つ硬度の高い膜を形成することができる。
【０５８９】
絶縁膜２１６は、化学量論的組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含む酸化物絶縁膜を用いて形成する。化学量論的組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含む酸化物絶縁膜は、加熱により酸素の一部が脱離する。化学量論的組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含む酸化物絶縁膜は、昇温脱離ガス分光法（ＴＤＳ：Ｔｈｅｒｍａｌ　Ｄｅｓｏｒｐｔｉｏｎ

Ｓｐｅｃｔｒｏｓｃｏｐｙ）にて、酸素原子に換算しての酸素の放出量が１．０×１０^{19}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}以上、好ましくは３．０×１０^{20}ａｔｏｍｓ／ｃｍ^{3}以上である酸化物絶縁膜である。なお、上記ＴＤＳにおける膜の表面温度としては１００℃以上７００℃以下、または１００℃以上５００℃以下の範囲が好ましい。

【０５９０】

絶縁膜２１６としては、厚さが３０ｎｍ以上５００ｎｍ以下、好ましくは５０ｎｍ以上４００ｎｍ以下の、酸化シリコン、酸化窒化シリコン等を用いることができる。

【０５９１】

また、絶縁膜２１６は、欠陥量が少ないことが好ましく、代表的には、ＥＳＲ測定により、シリコンのダングリングボンドに由来するｇ＝２．００１に現れる信号のスピン密度が１．５×１０^{18}ｓｐｉｎｓ／ｃｍ^{3}未満、さらには１×１０^{18}ｓｐｉｎｓ／ｃｍ^{3}以下であることが好ましい。なお、絶縁膜２１６は、絶縁膜２１４と比較して酸化物半導体膜２０８から離れているため、絶縁膜２１４より、欠陥密度が多くともよい。

【０５９２】

また、絶縁膜２１４、２１６は、同種の材料の絶縁膜を用いることができるため、絶縁膜２１４と絶縁膜２１６との界面が明確に確認できない場合がある。したがって、本実施の形態においては、絶縁膜２１４と絶縁膜２１６の界面を破線で図示している。なお、本実施の形態においては、絶縁膜２１４と絶縁膜２１６との２層構造について説明したが、これに限定されず、例えば、絶縁膜２１４または絶縁膜２１６の単層構造としてもよい。

【０５９３】

絶縁膜２１８は、酸素、水素、水、アルカリ金属、アルカリ土類金属等のブロッキングできる機能を有する。絶縁膜２１８を設けることで、酸化物半導体膜２０８からの酸素の外部への拡散と、絶縁膜２１４、２１６に含まれる酸素の外部への拡散と、外部から酸化物半導体膜２０８への水素、水等の入り込みを防ぐことができる。

【０５９４】

絶縁膜２１８としては、例えば、窒化物絶縁膜を用いることができる。該窒化物絶縁膜としては、窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化アルミニウム、窒化酸化アルミニウム等がある。なお、酸素、水素、水、アルカリ金属、アルカリ土類金属等のブロッキング効果を有する窒化物絶縁膜の代わりに、酸素、水素、水等のブロッキング効果を有する酸化物絶縁膜を設けてもよい。酸素、水素、水等のブロッキング効果を有する酸化物絶縁膜としては、酸化アルミニウム、酸化窒化アルミニウム、酸化ガリウム、酸化窒化ガリウム、酸化イットリウム、酸化窒化イットリウム、酸化ハフニウム、酸化窒化ハフニウム等がある。

【０５９５】

＜トランジスタの構成例２＞

次に、図２８（Ａ）（Ｂ）（Ｃ）に示すトランジスタ２００と異なる構成例について、図２９（Ａ）（Ｂ）（Ｃ）を用いて説明する。

【０５９６】

図２９（Ａ）は、本発明の一態様の表示装置に用いることができるトランジスタ２５０の上面図であり、図２９（Ｂ）は、図２９（Ａ）に示す一点鎖線Ｘ１－Ｘ２間における切断面の断面図に相当し、図２９（Ｃ）は、図２９（Ａ）に示す一点鎖線Ｙ１－Ｙ２間における切断面の断面図に相当する。

【０５９７】

トランジスタ２５０は、基板２０２上の第１のゲート電極として機能する導電膜２０４と、基板２０２及び導電膜２０４上の絶縁膜２０６と、絶縁膜２０６上の絶縁膜２０７と、絶縁膜２０７上の酸化物半導体膜２０８と、酸化物半導体膜２０８上の絶縁膜２１４、２１６と、酸化物半導体膜２０８に電気的に接続されるソース電極として機能する導電膜２１２ａと、酸化物半導体膜２０８に電気的に接続されるドレイン電極として機能する導電膜２１２ｂと、導電膜２１２ａ、２１２ｂ及び絶縁膜２１６上の絶縁膜２１８と、絶縁膜２１８上の導電膜２２０ａ、２２０ｂと、を有する。

【０５９８】
　また、トランジスタ２５０において、絶縁膜２１４、２１６及び絶縁膜２１８は、トランジスタ２５０の第２のゲート絶縁膜としての機能を有する。また、トランジスタ２５０において、導電膜２２０ａは、例えば、表示装置に用いる画素電極としての機能を有する。また、導電膜２２０ａは、絶縁膜２１４、２１６及び絶縁膜２１８に設けられる開口部２５２ｃを介して、導電膜２１２ｂと接続される。また、トランジスタ２５０において、導電膜２２０ｂは、第２のゲート電極（バックゲート電極ともいう）として機能する。
【０５９９】
　また、図２９（Ｃ）に示すように導電膜２２０ｂは、絶縁膜２０６、２０７、絶縁膜２１４、２１６、及び絶縁膜２１８に設けられる開口部２５２ａ、２５２ｂにおいて、第１のゲート電極として機能する導電膜２０４に接続される。よって、導電膜２２０ｂと導電膜２０４とは、同じ電位が与えられる。
【０６００】
　なお、本実施の形態においては、開口部２５２ａ、２５２ｂを設け、導電膜２２０ｂと導電膜２０４を接続する構成について例示したが、これに限定されない。例えば、開口部２５２ａまたは開口部２５２ｂのいずれか一方の開口部のみを形成し、導電膜２２０ｂと導電膜２０４を接続する構成、または開口部２５２ａ及び開口部２５２ｂを設けずに、導電膜２２０ｂと導電膜２０４を接続しない構成としてもよい。なお、導電膜２２０ｂと導電膜２０４を接続しない構成の場合、導電膜２２０ｂと導電膜２０４には、それぞれ異なる電位を与えることができる。
【０６０１】
　また、図２９（Ｂ）に示すように、酸化物半導体膜２０８は、第１のゲート電極として機能する導電膜２０４と、第２のゲート電極として機能する導電膜２２０ｂのそれぞれと対向するように位置し、２つのゲート電極として機能する導電膜に挟まれている。第２のゲート電極として機能する導電膜２２０ｂのチャネル長方向の長さ及びチャネル幅方向の長さは、酸化物半導体膜２０８のチャネル長方向の長さ及びチャネル幅方向の長さよりもそれぞれ長く、酸化物半導体膜２０８の全体は、絶縁膜２１４、２１６及び絶縁膜２１８を介して導電膜２２０ｂに覆われている。また、第２のゲート電極として機能する導電膜２２０ｂと第１のゲート電極として機能する導電膜２０４とは、絶縁膜２０６、２０７、絶縁膜２１４、２１６、及び絶縁膜２１８に設けられる開口部２５２ａ、２５２ｂにおいて接続されるため、酸化物半導体膜２０８のチャネル幅方向の側面は、絶縁膜２１４、２１６、及び絶縁膜２１８を介して第２のゲート電極として機能する導電膜２２０ｂと対向している。
【０６０２】
　別言すると、トランジスタ２５０のチャネル幅方向において、第１のゲート電極として機能する導電膜２０４及び第２のゲート電極として機能する導電膜２２０ｂは、第１のゲート絶縁膜として機能する絶縁膜２０６、２０７及び第２のゲート絶縁膜として機能する絶縁膜２１４、２１６、及び絶縁膜２１８に設けられる開口部において接続すると共に、第１のゲート絶縁膜として機能する絶縁膜２０６、２０７並びに第２のゲート絶縁膜として機能する絶縁膜２１４、２１６、及び絶縁膜２１８を介して酸化物半導体膜２０８を囲む構成である。
【０６０３】
　このような構成を有することで、トランジスタ２５０に含まれる酸化物半導体膜２０８を、第１のゲート電極として機能する導電膜２０４及び第２のゲート電極として機能する導電膜２２０ｂの電界によって電気的に囲むことができる。トランジスタ２５０のように、第１のゲート電極及び第２のゲート電極の電界によって、チャネル領域が形成される酸化物半導体膜を電気的に囲むトランジスタのデバイス構造をｓｕｒｒｏｕｎｄｅｄ　ｃｈａｎｎｅｌ（ｓ－ｃｈａｎｎｅｌ）構造と呼ぶことができる。
【０６０４】
　トランジスタ２５０は、ｓ－ｃｈａｎｎｅｌ構造を有するため、第１のゲート電極とし

て機能する導電膜２０４によってチャネルを誘起させるための電界を効果的に酸化物半導体膜２０８に印加することができるため、トランジスタ２５０の電流駆動能力が向上し、高いオン電流特性を得ることが可能となる。また、オン電流を高くすることが可能であるため、トランジスタ２５０を微細化することが可能となる。また、トランジスタ２５０は、第１のゲート電極として機能する導電膜２０４及び第２のゲート電極として機能する導電膜２２０ｂによって囲まれた構造を有するため、トランジスタ２５０の機械的強度を高めることができる。

【０６０５】

＜トランジスタの構成例３＞

次に、図２９（Ａ）（Ｂ）（Ｃ）に示すトランジスタ２５０と異なる構成例について、図３０（Ａ）（Ｂ）（Ｃ）（Ｄ）を用いて説明する。

【０６０６】

図３０（Ａ）（Ｂ）は、図２９（Ｂ）（Ｃ）に示すトランジスタ２５０の変形例の断面図である。また、図３０（Ｃ）（Ｄ）は、図２９（Ｂ）（Ｃ）に示すトランジスタ２５０の変形例の断面図である。

【０６０７】

図３０（Ａ）（Ｂ）に示すトランジスタ２５０Ａは、図２９（Ｂ）（Ｃ）に示すトランジスタ２５０が有する酸化物半導体膜２０８を３層の積層構造としている。より具体的には、トランジスタ２５０Ａが有する酸化物半導体膜２０８は、酸化物半導体膜２０８ａと、酸化物半導体膜２０８ｂと、酸化物半導体膜２０８ｃと、を有する。

【０６０８】

図３０（Ｃ）（Ｄ）に示すトランジスタ２５０Ｂは、図２９（Ｂ）（Ｃ）に示すトランジスタ２５０が有する酸化物半導体膜２０８を２層の積層構造としている。より具体的には、トランジスタ２５０Ｂが有する酸化物半導体膜２０８は、酸化物半導体膜２０８ｂと、酸化物半導体膜２０８ｃと、を有する。

【０６０９】

ここで、酸化物半導体膜２０８及び酸化物半導体膜２０８に接する絶縁膜のバンド構造について、図４２を参酌すればよい。図４２における酸化物半導体Ｓ１、Ｓ２、及びＳ３は、それぞれ酸化物半導体膜２０８ａ、２０８ｂ、２０８ｃに用いることができる酸化物半導体に相当する。また、絶縁体Ｉ１及びＩ２は、それぞれ絶縁膜２０７及び２１４に用いることができる絶縁体に相当する。

【０６１０】

また、トランジスタ２００、２５０が有する酸化物半導体膜２０８と、トランジスタ２５０Ａ、２５０Ｂが有する酸化物半導体膜２０８ｃと、は図面において、導電膜２１２ａ、２１２ｂから露出した領域の酸化物半導体膜が薄くなる、別言すると酸化物半導体膜の一部が凹部を有する形状について例示している。ただし、本発明の一態様はこれに限定されず、導電膜２１２ａ、２１２ｂから露出した領域の酸化物半導体膜が凹部を有さなくてもよい。この場合の一例を図３１（Ａ）（Ｂ）（Ｃ）（Ｄ）に示す。図３１（Ａ）（Ｂ）（Ｃ）（Ｄ）は、トランジスタの一例を示す断面図である。なお、図３１（Ａ）（Ｂ）は、先に示すトランジスタ２００の酸化物半導体膜２０８が凹部を有さない構造であり、図３１（Ｃ）（Ｄ）は、先に示すトランジスタ２５０Ｂの酸化物半導体膜２０８が凹部を有さない構造である。

【０６１１】

＜トランジスタの構成例４＞

次に、図２８（Ａ）（Ｂ）（Ｃ）に示すトランジスタ２００と異なる構成例について、図３２（Ａ）（Ｂ）（Ｃ）を用いて説明する。

【０６１２】

図３２（Ａ）は、本発明の一態様の表示装置に用いることができるトランジスタ２６０の上面図であり、図３２（Ｂ）は、図３２（Ａ）に示す一点鎖線Ｘ１－Ｘ２間における切断面の断面図に相当し、図３２（Ｃ）は、図３２（Ａ）に示す一点鎖線Ｙ１－Ｙ２間にお

ける切断面の断面図に相当する。

【０６１３】

トランジスタ２６０は、基板２０２上の絶縁膜２０６と、絶縁膜２０６上の酸化物半導体膜２０８と、酸化物半導体膜２０８上の絶縁膜２１４と、絶縁膜２１４上のゲート電極として機能する導電膜２２０と、絶縁膜２０６、酸化物半導体膜２０８、及び導電膜２２０上の絶縁膜２１６と、を有する。また、酸化物半導体膜２０８は、導電膜２２０が重畳し、且つ絶縁膜２１４と接するチャネル領域２０８ｉと、絶縁膜２１６と接するソース領域２０８ｓと、絶縁膜２１６と接するドレイン領域２０８ｄと、を有する。

【０６１４】

また、トランジスタ２６０は、絶縁膜２１６上の絶縁膜２１８と、絶縁膜２１６、及び絶縁膜２１８に設けられた開口部２５１ａを介して、ソース領域２０８ｓにおいて酸化物半導体膜２０８に電気的に接続される導電膜２１２ａと、絶縁膜２１６、及び絶縁膜２１８に設けられた開口部２５１ｂを介して、ドレイン領域２０８ｄにおいて酸化物半導体膜２０８に電気的に接続される導電膜２１２ｂと、有する。

【０６１５】

また、トランジスタ２６０において、絶縁膜２１４の側端部と、導電膜２２０の側端部とが、揃う領域を有すると好ましい。別言すると、トランジスタ２６０において、絶縁膜２１４の上端部と、導電膜２２０の下端部が概略揃う構成である。例えば、導電膜２２０をマスクとして絶縁膜２１４を加工することで、上記構造とすることができる。その他の構成は、トランジスタ２００と同様であり、同様の効果を奏する。

【０６１６】

＜トランジスタの構成例５＞

次に、図３２（Ａ）（Ｂ）（Ｃ）に示すトランジスタ２６０と異なる構成例について、図３３（Ａ）（Ｂ）（Ｃ）を用いて説明する。

【０６１７】

図３３（Ａ）は、本発明の一態様の表示装置に用いることができるトランジスタ２７０の上面図であり、図３３（Ｂ）は、図３３（Ａ）に示す一点鎖線Ｘ１－Ｘ２間における切断面の断面図に相当し、図３３（Ｃ）は、図３３（Ａ）に示す一点鎖線Ｙ１－Ｙ２間における切断面の断面図に相当する。

【０６１８】

トランジスタ２７０は、基板２０２上の第１のゲート電極（ボトムゲート電極ともいう）として機能する導電膜２０４と、基板２０２及び導電膜２０４上の絶縁膜２０６と、絶縁膜２０６上の酸化物半導体膜２０８と、酸化物半導体膜２０８上の絶縁膜２１４と、絶縁膜２１４上の第２のゲート電極（トップゲート電極ともいう）として機能する導電膜２２０と、絶縁膜２０６、酸化物半導体膜２０８、及び導電膜２２０上の絶縁膜２１６と、を有する。また、酸化物半導体膜２０８は、導電膜２２０が重畳し、且つ絶縁膜２１４と接するチャネル領域２０８ｉと、絶縁膜２１６と接するソース領域２０８ｓと、絶縁膜２１６と接するドレイン領域２０８ｄと、を有する。

【０６１９】

また、トランジスタ２７０は、絶縁膜２１６上の絶縁膜２１８と、絶縁膜２１６、及び絶縁膜２１８に設けられた開口部２５１ａを介して、ソース領域２０８ｓにおいて酸化物半導体膜２０８に電気的に接続される導電膜２１２ａと、絶縁膜２１６、及び絶縁膜２１８に設けられた開口部２５１ｂを介して、ドレイン領域２０８ｄにおいて酸化物半導体膜２０８に電気的に接続される導電膜２１２ｂと、有する。

【０６２０】

また、トランジスタ２７０は、絶縁膜２０６、及び絶縁膜２１４に設けられた開口部２５２を介して、導電膜２０４と導電膜２２０とが電気的に接続される。そのため、導電膜２０４と導電膜２２０には、同じ電位が与えられる。すなわち、トランジスタ２７０は、第１のゲート電極及び第２のゲート電極の電界によって、チャネル領域が形成される酸化物半導体膜を電気的に囲むｓ－ｃｈａｎｎｅｌ構造を有するトランジスタである。

【０６２１】
トランジスタ２７０は、ｓ－ｃｈａｎｎｅｌ構造を有するため、第１のゲート電極として機能する導電膜２０４によってチャネルを誘起させるための電界を効果的に酸化物半導体膜２０８に印加することができるため、トランジスタ２７０の電流駆動能力が向上し、高いオン電流特性を得ることが可能となる。また、オン電流を高くすることが可能であるため、トランジスタ２７０を微細化することが可能となる。また、トランジスタ２７０は、第１のゲート電極として機能する導電膜２０４及び第２のゲート電極として機能する導電膜２２０によって囲まれた構造を有するため、トランジスタ２７０の機械的強度を高めることができる。その他の構成は、トランジスタ２６０と同様であり、同様の効果を奏する。

【０６２２】
＜トランジスタの構成例６＞
次に、図２８（Ａ）（Ｂ）（Ｃ）に示すトランジスタ２００と異なる構成例について、図３４（Ａ）（Ｂ）（Ｃ）を用いて説明する。

【０６２３】
図３４（Ａ）は、本発明の一態様の表示装置に用いることができるトランジスタ２８０の上面図であり、図３４（Ｂ）は、図３４（Ａ）に示す一点鎖線Ｘ１－Ｘ２間における切断面の断面図に相当し、図３４（Ｃ）は、図３４（Ａ）に示す一点鎖線Ｙ１－Ｙ２間における切断面の断面図に相当する。

【０６２４】
トランジスタ２８０は、基板２０２上のゲート電極として機能する導電膜２０４と、基板２０２及び導電膜２０４上の絶縁膜２０６と、絶縁膜２０６上の絶縁膜２０７と、絶縁膜２０７上の酸化物半導体膜２０８と、酸化物半導体膜２０８上の絶縁膜２１４、２１６と、絶縁膜２１４、２１６に設けられる開口部２５１ａを介して酸化物半導体膜２０８に電気的に接続されるソース電極として機能する導電膜２１２ａと、絶縁膜２１４、２１６に設けられる開口部２５１ｂを介して酸化物半導体膜２０８に電気的に接続されるドレイン電極として機能する導電膜２１２ｂと、を有する。また、トランジスタ２８０上、より詳しくは、導電膜２１２ａ、２１２ｂ、及び絶縁膜２１６上には絶縁膜２１８が設けられる。絶縁膜２１４、２１６は、酸化物半導体膜２０８の保護絶縁膜としての機能を有する。絶縁膜２１８は、トランジスタ２８０の保護絶縁膜としての機能を有する。

【０６２５】
先に示すトランジスタ２００においては、チャネルエッチ型の構造であったのに対し、図３４（Ａ）（Ｂ）（Ｃ）に示すトランジスタ２８０は、チャネル保護型の構造である。このように、本発明の一態様に係る酸化物半導体膜は、様々なトランジスタに適用することができる。その他の構成は、トランジスタ２００と同様であり、同様の効果を奏する。

【０６２６】
＜トランジスタの構成例７＞
次に、図３４（Ａ）（Ｂ）（Ｃ）に示すトランジスタ２８０と異なる構成例について、図３５（Ａ）（Ｂ）（Ｃ）を用いて説明する。

【０６２７】
図３５（Ａ）は、本発明の一態様の表示装置に用いることができるトランジスタ２９０の上面図であり、図３５（Ｂ）は、図３５（Ａ）に示す一点鎖線Ｘ１－Ｘ２間における切断面の断面図に相当し、図３５（Ｃ）は、図３５（Ａ）に示す一点鎖線Ｙ１－Ｙ２間における切断面の断面図に相当する。

【０６２８】
トランジスタ２９０は、基板２０２上のゲート電極として機能する導電膜２０４と、基板２０２及び導電膜２０４上の絶縁膜２０６と、絶縁膜２０６上の絶縁膜２０７と、絶縁膜２０７上の酸化物半導体膜２０８と、酸化物半導体膜２０８上の絶縁膜２１４、２１６と、酸化物半導体膜２０８に電気的に接続されるソース電極として機能する導電膜２１２ａと、酸化物半導体膜２０８に電気的に接続されるドレイン電極として機能する導電膜２

１２ｂと、を有する。また、トランジスタ２９０上、より詳しくは、導電膜２１２ａ、２１２ｂ、及び絶縁膜２１６上には絶縁膜２１８が設けられる。絶縁膜２１４、２１６は、酸化物半導体膜２０８の保護絶縁膜としての機能を有する。絶縁膜２１８は、トランジスタ２９０の保護絶縁膜としての機能を有する。

【０６２９】

トランジスタ２９０は、図３４（Ａ）（Ｂ）（Ｃ）に示すトランジスタ２８０と絶縁膜２１４、２１６の形状が相違する。具体的には、トランジスタ２９０の絶縁膜２１４、２１６は、酸化物半導体膜２０８のチャネル領域上に島状に設けられる。その他の構成は、トランジスタ２８０と同様であり、同様の効果を奏する。

【０６３０】

また、本実施の形態に係るトランジスタは、上記の構造のそれぞれを自由に組み合わせることが可能である。

【０６３１】

＜トランジスタの作製方法＞

次に、本発明の一態様に係るトランジスタの作製方法について、図面を用いて説明する。

【０６３２】

なお、本発明の一態様に係るトランジスタが有する、導電膜、絶縁膜、酸化物半導体膜などの様々な膜は、スパッタリング法、化学気相堆積（ＣＶＤ）法、プラズマ化学気相堆積（ＰＥＣＶＤ）、真空蒸着法、パルスレーザ堆積（ＰＬＤ）法、を用いて形成することができる。ただし、これに限定されず、例えば、塗布法、印刷法、熱ＣＶＤ（Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｖａｐｏｒ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）法、または原子層堆積（ＡＬＤ：Ａｔｏｍｉｃ Ｌａｙｅｒ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）法により形成してもよい。熱ＣＶＤ法の例としてＭＯＣＶＤ（Ｍｅｔａｌ Ｏｒｇａｎｉｃ Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｖａｐｏｒ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ）法などを用いて、導電膜、絶縁膜、酸化物半導体膜などを形成してもよい。

【０６３３】

熱ＣＶＤ法は、プラズマを使わない成膜方法のため、プラズマダメージにより欠陥が生成されることが無いという利点を有する。

【０６３４】

熱ＣＶＤ法は、原料ガスと酸化剤を同時にチャンバー内に送り、チャンバー内を大気圧または減圧下とし、基板近傍または基板上で反応させて基板上に堆積させることで成膜を行ってもよい。

【０６３５】

また、ＡＬＤ法は、チャンバー内を大気圧または減圧下とし、反応のための原料ガスが順次チャンバーに導入され、そのガス導入の順序を繰り返すことで成膜を行ってもよい。例えば、それぞれのスイッチングバルブ（高速バルブとも呼ぶ）を切り替えて２種類以上の原料ガスを順番にチャンバーに供給し、複数種の原料ガスが混ざらないように第１の原料ガスと同時またはその後に不活性ガス（アルゴン、或いは窒素など）などを導入し、第２の原料ガスを導入する。なお、同時に不活性ガスを導入する場合には、不活性ガスはキャリアガスとなり、また、第２の原料ガスの導入時にも同時に不活性ガスを導入してもよい。また、不活性ガスを導入する代わりに真空排気によって第１の原料ガスを排出した後、第２の原料ガスを導入してもよい。第１の原料ガスが基板の表面に吸着して第１の層を成膜し、後から導入される第２の原料ガスと反応して、第２の層が第１の層上に積層されて薄膜が形成される。このガス導入順序を制御しつつ所望の厚さになるまで複数回繰り返すことで、段差被覆性に優れた薄膜を形成することができる。薄膜の厚さは、ガス導入順序を繰り返す回数によって調節することができるため、精密な膜厚調節が可能であり、微細なＦＥＴを作製する場合に適している。

【０６３６】

ＭＯＣＶＤ法などの熱ＣＶＤ法は、上記実施形態の導電膜、絶縁膜、酸化物半導体膜、

金属酸化膜などの様々な膜を形成することができ、例えば、Ｉｎ－Ｇａ－ＺｎＯ膜を成膜する場合には、トリメチルインジウム、トリメチルガリウム、及びジメチル亜鉛を用いる。なお、トリメチルインジウムの化学式は、$In(CH_3)_3$である。また、トリメチルガリウムの化学式は、$Ga(CH_3)_3$である。また、ジメチル亜鉛の化学式は、$Zn(CH_3)_2$である。また、これらの組み合わせに限定されず、トリメチルガリウムに代えてトリエチルガリウム（化学式$Ga(C_2H_5)_3$）を用いることもでき、ジメチル亜鉛に代えてジエチル亜鉛（化学式$Zn(C_2H_5)_2$）を用いることもできる。

【０６３７】

例えば、ＡＬＤを利用する成膜装置により酸化ハフニウム膜を形成する場合には、溶媒とハフニウム前駆体化合物を含む液体（ハフニウムアルコキシド、テトラキスジメチルアミドハフニウム（ＴＤＭＡＨ）などのハフニウムアミド）を気化させた原料ガスと、酸化剤としてオゾン（O_3）の２種類のガスを用いる。なお、テトラキスジメチルアミドハフニウムの化学式は$Hf[N(CH_3)_2]_4$である。また、他の材料液としては、テトラキス（エチルメチルアミド）ハフニウムなどがある。

【０６３８】

例えば、ＡＬＤを利用する成膜装置により酸化アルミニウム膜を形成する場合には、溶媒とアルミニウム前駆体化合物を含む液体（トリメチルアルミニウム（ＴＭＡ）など）を気化させた原料ガスと、酸化剤としてH_2Oの２種類のガスを用いる。なお、トリメチルアルミニウムの化学式は$Al(CH_3)_3$である。また、他の材料液としては、トリス（ジメチルアミド）アルミニウム、トリイソブチルアルミニウム、アルミニウムトリス（２，２，６，６－テトラメチル－３，５－ヘプタンジオナート）などがある。

【０６３９】

例えば、ＡＬＤを利用する成膜装置により酸化シリコン膜を形成する場合には、ヘキサクロロジシランを被成膜面に吸着させ、吸着物に含まれる塩素を除去し、酸化性ガス（O_2、一酸化二窒素）のラジカルを供給して吸着物と反応させる。

【０６４０】

例えば、ＡＬＤを利用する成膜装置によりタングステン膜を成膜する場合には、WF_6ガスとB_2H_6ガスを順次繰り返し導入して初期タングステン膜を形成し、その後、WF_6ガスとH_2ガスを順次繰り返し導入してタングステン膜を形成する。なお、B_2H_6ガスに代えてSiH_4ガスを用いてもよい。

【０６４１】

例えば、ＡＬＤを利用する成膜装置により酸化物半導体膜、例えばＩｎ－Ｇａ－ＺｎＯ膜を成膜する場合には、$In(CH_3)_3$ガスとO_3ガスを順次繰り返し導入してＩｎ－Ｏ層を形成し、その後、$Ga(CH_3)_3$ガスとO_3ガスを順次繰り返し導入してＧａ－Ｏ層を形成し、更にその後$Zn(CH_3)_2$ガスとO_3ガスを順次繰り返し導入してＺｎ－Ｏ層を形成する。なお、これらの層の順番はこの例に限らない。また、これらのガスを用いてＩｎ－Ｇａ－Ｏ層やＩｎ－Ｚｎ－Ｏ層、Ｇａ－Ｚｎ－Ｏ層などの混合化合物層を形成しても良い。なお、O_3ガスに変えてＡｒ等の不活性ガスでバブリングして得られたH_2Oガスを用いても良いが、Ｈを含まないO_3ガスを用いる方が好ましい。また、$In(CH_3)_3$ガスの代わりに、$In(C_2H_5)_3$ガスを用いても良い。また、$Ga(CH_3)_3$ガスの代わりに、$Ga(C_2H_5)_3$ガスを用いても良い。また、$Zn(CH_3)_2$ガスを用いても良い。

【０６４２】

≪トランジスタの作製方法１≫

まず、本発明の一態様の表示装置に用いることができるトランジスタである図３０（Ｃ）（Ｄ）に示す、トランジスタ２５０Ｂの作製方法について、図３６乃至図３８を用いて説明する。なお、図３６（Ａ）乃至図３６（Ｆ）、図３７（Ａ）乃至図３７（Ｆ）、及び図３８（Ａ）乃至図３８（Ｆ）は、トランジスタの作製方法を説明する断面図である。また、図３６（Ａ）（Ｃ）（Ｅ）、図３７（Ａ）（Ｃ）（Ｅ）、及び図３８（Ａ）（Ｃ）（Ｅ）は、チャネル長方向の断面図であり、図３６（Ｂ）（Ｄ）（Ｆ）、図３７（Ｂ）（Ｄ

）（Ｆ）、及び図３８（Ｂ）（Ｄ）（Ｆ）は、チャネル幅方向の断面図である。

【０６４３】

まず、基板２０２上に導電膜を形成し、該導電膜をリソグラフィ工程及びエッチング工程を行い加工して、ゲート電極として機能する導電膜２０４を形成する。次に、導電膜２０４上にゲート絶縁膜として機能する絶縁膜２０６、２０７を形成する（図３６（Ａ）（Ｂ）参照）。

【０６４４】

本実施の形態では、基板２０２としてガラス基板を用い、ゲート電極として機能する導電膜２０４として厚さ１００ｎｍのタングステン膜をスパッタリング法により形成する。また、絶縁膜２０６として厚さ４００ｎｍの窒化シリコン膜をＰＥＣＶＤ法により形成し、絶縁膜２０７として厚さ５０ｎｍの酸化窒化シリコン膜をＰＥＣＶＤ法により形成する。

【０６４５】

なお、絶縁膜２０６としては、窒化シリコン膜の積層構造とすることができる。具体的には、絶縁膜２０６を、第１の窒化シリコン膜と、第２の窒化シリコン膜と、第３の窒化シリコン膜との３層積層構造とすることができる。該３層積層構造の一例としては、以下のように形成することができる。

【０６４６】

第１の窒化シリコン膜としては、例えば、流量２００ｓｃｃｍのシラン、流量２０００ｓｃｃｍの窒素、及び流量１００ｓｃｃｍのアンモニアガスを原料ガスとしてＰＥ－ＣＶＤ装置の反応室に供給し、反応室内の圧力を１００Ｐａに制御し、２７．１２ＭＨｚの高周波電源を用いて２０００Ｗの電力を供給して、厚さが５０ｎｍとなるように形成すればよい。

【０６４７】

第２の窒化シリコン膜としては、流量２００ｓｃｃｍのシラン、流量２０００ｓｃｃｍの窒素、及び流量２０００ｓｃｃｍのアンモニアガスを原料ガスとしてＰＥＣＶＤ装置の反応室に供給し、反応室内の圧力を１００Ｐａに制御し、２７．１２ＭＨｚの高周波電源を用いて２０００Ｗの電力を供給して、厚さが３００ｎｍとなるように形成すればよい。

【０６４８】

第３の窒化シリコン膜としては、流量２００ｓｃｃｍのシラン、及び流量５０００ｓｃｃｍの窒素を原料ガスとしてＰＥＣＶＤ装置の反応室に供給し、反応室内の圧力を１００Ｐａに制御し、２７．１２ＭＨｚの高周波電源を用いて２０００Ｗの電力を供給して、厚さが５０ｎｍとなるように形成すればよい。

【０６４９】

なお、上記第１の窒化シリコン膜、第２の窒化シリコン膜、及び第３の窒化シリコン膜形成時の基板温度は３５０℃以下とすることができる。

【０６５０】

絶縁膜２０６を、窒化シリコン膜の３層の積層構造とすることで、例えば、導電膜２０４に銅（Ｃｕ）を含む導電膜を用いる場合において、以下の効果を奏する。

【０６５１】

第１の窒化シリコン膜は、導電膜２０４からの銅（Ｃｕ）元素の拡散を抑制することができる。第２の窒化シリコン膜は、水素を放出する機能を有し、ゲート絶縁膜として機能する絶縁膜の耐圧を向上させることができる。第３の窒化シリコン膜は、第３の窒化シリコン膜からの水素放出が少なく、且つ第２の窒化シリコン膜からの放出される水素の拡散を抑制することができる。

【０６５２】

絶縁膜２０７としては、後に形成される酸化物半導体膜２０８（より具体的には、酸化物半導体膜２０８ｂ）との界面特性を向上させるため、酸素を含む絶縁膜で形成されると好ましい。

【０６５３】

次に、絶縁膜２０７上に、酸化物半導体膜の積層膜を形成し、該積層膜を所望の形状に加工することで、酸化物半導体膜２０８ｂ及び酸化物半導体膜２０８ｃを有する、島状の酸化物半導体膜２０８を形成する（図３６（Ｃ）（Ｄ）参照）。

【０６５４】

酸化物半導体膜２０８を成膜する際の温度としては、室温以上３４０℃未満、好ましくは室温以上３００℃以下、より好ましくは１００℃以上２５０℃以下、さらに好ましくは１００℃以上２００℃以下である。酸化物半導体膜２０８を加熱して成膜することで、酸化物半導体膜２０８の結晶性を高めることができる。一方で、基板２０２として、大型のガラス基板（例えば、第６世代乃至第１０世代）を用いる場合、酸化物半導体膜２０８を成膜する際の温度を１５０℃以上３４０℃未満とした場合、基板２０２が変形する（歪むまたは反る）場合がある。よって、大型のガラス基板を用いる場合においては、酸化物半導体膜２０８の成膜する際の温度を１００℃以上１５０℃未満とすることで、ガラス基板の変形を抑制することができる。

【０６５５】

なお、酸化物半導体膜２０８ｂと、酸化物半導体膜２０８ｃの成膜時の基板温度は、同じでも異なっていてもよい。ただし、酸化物半導体膜２０８ｂと、酸化物半導体膜２０８ｃとの、基板温度を同じとすることで、製造コストを低減することができるため好適である。

【０６５６】

本実施の形態では、Ｉｎ－Ｇａ－Ｚｎ金属酸化物ターゲット（Ｉｎ：Ｇａ：Ｚｎ＝４：２：４．１［原子数比］）を用いて、スパッタリング法により酸化物半導体膜２０８ｂとなる酸化物半導体膜を成膜し、その後真空中で連続して、Ｉｎ－Ｇａ－Ｚｎ金属酸化物ターゲット（Ｉｎ：Ｇａ：Ｚｎ＝１：１：１．２［原子数比］）を用いて、スパッタリング法により酸化物半導体膜２０８ｃとなる酸化物半導体膜を成膜する。また、酸化物半導体膜２０８となる酸化物半導体膜の成膜時の基板温度を１７０℃とする。また、酸化物半導体膜２０８となる酸化物半導体膜の成膜時の成膜ガスとしては、酸素と、アルゴンと、を用いる。

【０６５７】

なお、スパッタリング法で酸化物半導体膜を成膜する場合、スパッタリングガスは、希ガス（代表的にはアルゴン）、酸素、希ガス及び酸素の混合ガスを適宜用いる。なお、混合ガスの場合、希ガスに対して酸素のガス比を高めることが好ましい。また、スパッタリングガスの高純度化も必要である。例えば、スパッタリングガスとして用いる酸素ガスやアルゴンガスは、露点が－４０℃以下、好ましくは－８０℃以下、より好ましくは－１００℃以下、より好ましくは－１２０℃以下にまで高純度化したガスを用いることで酸化物半導体膜に水分等が取り込まれることを可能な限り防ぐことができる。

【０６５８】

また、スパッタリング法で酸化物半導体膜を成膜する場合、スパッタリングガスは、酸素を含むと好ましい。酸化物半導体膜を成膜する際に、スパッタリングガスとして酸素を含むと、酸化物半導体膜の成膜と同時に、下層の膜（ここでは、絶縁膜２０７中）に、酸素を添加することが可能となる。したがって、絶縁膜２０７中に酸素過剰領域を設けることが可能となる。

【０６５９】

また、スパッタリング法で酸化物半導体膜を成膜する場合、スパッタリング装置におけるチャンバーは、酸化物半導体膜にとって不純物となる水等を可能な限り除去すべくクライオポンプのような吸着式の真空排気ポンプを用いて高真空（５×１０$^{-7}$ＰａからＸ１０$^{-4}$Ｐａ程度まで）排気することが好ましい。または、ターボ分子ポンプとコールドトラップを組み合わせて排気系からチャンバー内に気体、特に炭素または水素を含む気体が逆流しないようにしておくことが好ましい。

【０６６０】

次に、絶縁膜２０７及び酸化物半導体膜２０８上にソース電極及びドレイン電極となる

、導電膜２１２をスパッタリング法によって形成する（図３６（Ｅ）（Ｆ）参照）。

【０６６１】

本実施の形態では、導電膜２１２として、厚さ５０ｎｍのタングステン膜と、厚さ４００ｎｍのアルミニウム膜とが順に積層された積層膜をスパッタリング法により成膜する。なお、本実施の形態においては、導電膜２１２の２層の積層構造としたが、これに限定されない。例えば、導電膜２１２として、厚さ５０ｎｍのタングステン膜と、厚さ４００ｎｍのアルミニウム膜と、厚さ１００ｎｍのチタン膜とが順に積層された３層の積層構造としてもよい。

【０６６２】

次に、導電膜２１２を所望の形状に加工することで、それぞれ互いに分離された導電膜２１２ａ、２１２ｂを形成する（図３７（Ａ）（Ｂ）参照）。

【０６６３】

なお、本実施の形態においては、ドライエッチング装置を用い、導電膜２１２を加工する。ただし、導電膜２１２の加工方法としては、これに限定されず、例えば、ウエットエッチング装置を用いてもよい。なお、ウエットエッチング装置を用いて、導電膜２１２を加工するよりも、ドライエッチング装置を用いて導電膜２１２を加工した方が、より微細なパターンを形成することができる。一方で、ドライエッチング装置を用いて、導電膜２１２を加工するよりも、ウエットエッチング装置を用いて導電膜２１２を加工した方が、製造コストを低減することができる。

【０６６４】

また、導電膜２１２ａ、２１２ｂの形成後に、酸化物半導体膜２０８（より具体的には酸化物半導体膜２０８ｃ）の表面（バックチャネル側）を洗浄してもよい。当該洗浄方法としては、例えば、リン酸等の薬液を用いた洗浄が挙げられる。リン酸等の薬液を用いて洗浄を行うことで、酸化物半導体膜２０８ｃの表面に付着した不純物（例えば、導電膜２１２ａ、２１２ｂに含まれる元素等）を除去することができる。なお、当該洗浄を必ずしも行う必要はなく、場合によっては、洗浄を行わなくてもよい。

【０６６５】

また、導電膜２１２ａ、２１２ｂの工程、及び上記洗浄工程のいずれか一方または双方において、酸化物半導体膜２０８の導電膜２１２ａ、２１２ｂから露出した領域が、薄くなる場合がある。例えば、酸化物半導体膜２０８ｂよりも酸化物半導体膜２０８ｃの膜厚が薄くなる領域が形成される場合がある。

【０６６６】

次に、酸化物半導体膜２０８、及び導電膜２１２ａ、２１２ｂ上に絶縁膜２１４、及び絶縁膜２１６を形成する（図３７（Ｃ）（Ｄ）参照）。

【０６６７】

なお、絶縁膜２１４を形成した後、大気に曝すことなく、連続的に絶縁膜２１６を形成することが好ましい。絶縁膜２１４を形成後、大気開放せず、原料ガスの流量、圧力、高周波電力及び基板温度の一以上を調整して、絶縁膜２１６を連続的に形成することで、絶縁膜２１４と絶縁膜２１６との界面において大気成分由来の不純物濃度を低減することができるとともに、絶縁膜２１４、２１６に含まれる酸素を酸化物半導体膜２０８に移動させることが可能となり、酸化物半導体膜２０８の酸素欠損量を低減することが可能となる。

【０６６８】

例えば、絶縁膜２１４として、ＰＥＣＶＤ法を用いて、酸化窒化シリコン膜を形成することができる。この場合、原料ガスとしては、シリコンを含む堆積性気体及び酸化性気体を用いることが好ましい。シリコンを含む堆積性気体の代表例としては、シラン、ジシラン、トリシラン、フッ化シラン等がある。酸化性気体としては、一酸化二窒素、二酸化窒素等がある。また、上記の堆積性気体の流量に対して酸化性気体の流量を２０倍より大きく１００倍未満、好ましくは４０倍以上８０倍以下とし、処理室内の圧力を１００Ｐａ未満、好ましくは５０Ｐａ以下とするＰＥＣＶＤ法を用いることで、絶縁膜２１４が、窒素

を含み、且つ欠陥量の少ない絶縁膜となる。

【０６６９】

本実施の形態においては、絶縁膜２１４として、基板２０２を保持する温度を２２０℃とし、流量５０ｓｃｃｍのシラン及び流量２０００ｓｃｃｍの一酸化二窒素を原料ガスとし、処理室内の圧力を２０Ｐａとし、平行平板電極に供給する高周波電力を１３．５６ＭＨｚ、１００Ｗ（電力密度としては１．６×10^{-2}Ｗ／cm^2）とするＰＥＣＶＤ法を用いて、酸化窒化シリコン膜を形成する。

【０６７０】

絶縁膜２１６としては、ＰＥＣＶＤ装置の真空排気された処理室内に載置された基板を１８０℃以上３５０℃以下に保持し、処理室に原料ガスを導入して処理室内における圧力を１００Ｐａ以上２５０Ｐａ以下、さらに好ましくは１００Ｐａ以上２００Ｐａ以下とし、処理室内に設けられる電極に０．１７Ｗ／cm^2以上０．５Ｗ／cm^2以下、さらに好ましくは０．２５Ｗ／cm^2以上０．３５Ｗ／cm^2以下の高周波電力を供給する条件により、酸化シリコン膜または酸化窒化シリコン膜を形成する。

【０６７１】

絶縁膜２１６の成膜条件として、上記圧力の反応室において上記パワー密度の高周波電力を供給することで、プラズマ中で原料ガスの分解効率が高まり、酸素ラジカルが増加し、原料ガスの酸化が進むため、絶縁膜２１６中における酸素含有量が化学量論的組成よりも多くなる。一方、基板温度が、上記温度で形成された膜では、シリコンと酸素の結合力が弱いため、後の工程の加熱処理により膜中の酸素の一部が脱離する。この結果、化学量論的組成を満たす酸素よりも多くの酸素を含み、加熱により酸素の一部が脱離する酸化物絶縁膜を形成することができる。

【０６７２】

なお、絶縁膜２１６の形成工程において、絶縁膜２１４が酸化物半導体膜２０８の保護膜となる。したがって、酸化物半導体膜２０８へのダメージを低減しつつ、パワー密度の高い高周波電力を用いて絶縁膜２１６を形成することができる。

【０６７３】

なお、絶縁膜２１６の成膜条件において、酸化性気体に対するシリコンを含む堆積性気体の流量を増加することで、絶縁膜２１６の欠陥量を低減することが可能である。代表的には、ＥＳＲ測定により、シリコンのダングリングボンドに由来するｇ＝２．００１に現れる信号のスピン密度が６×10^{17}ｓｐｉｎｓ／cm^3未満、好ましくは３×10^{17}ｓｐｉｎｓ／cm^3以下、好ましくは１．５×10^{17}ｓｐｉｎｓ／cm^3以下である欠陥量の少ない酸化物絶縁層を形成することができる。この結果トランジスタの信頼性を高めることができる。

【０６７４】

また、絶縁膜２１４、２１６を成膜した後に、加熱処理（以下、第１の加熱処理とする）を行うと好適である。第１の加熱処理により、絶縁膜２１４、２１６に含まれる窒素酸化物を低減することができる。また、第１の加熱処理により、絶縁膜２１４、２１６に含まれる酸素の一部を酸化物半導体膜２０８に移動させ、酸化物半導体膜２０８に含まれる酸素欠損量を低減することができる。

【０６７５】

第１の加熱処理の温度は、代表的には、４００℃未満、好ましくは３７５℃未満、さらに好ましくは、１５０℃以上３５０℃以下とする。第１の加熱処理は、窒素、酸素、超乾燥空気（水の含有量が２０ｐｐｍ以下、好ましくは１ｐｐｍ以下、好ましくは１０ｐｐｂ以下の空気）、または希ガス（アルゴン、ヘリウム等）の雰囲気下で行えばよい。なお、上記窒素、酸素、超乾燥空気、または希ガスに水素、水等が含まれないことが好ましい該加熱処理には、電気炉、ＲＴＡ（Ｒａｐｉｄ　Ｔｈｅｒｍａｌ　Ａｎｎｅａｌ）等を用いることができる。

【０６７６】

次に、絶縁膜２１６上にバリア膜２３０を形成し、バリア膜２３０を介して、絶縁膜２

１６、２１４、または酸化物半導体膜２０８に酸素２４０を添加する（図３７（Ｅ）（Ｆ）参照）。

【０６７７】

なお、図３７（Ｅ）（Ｆ）において、絶縁膜２１４または絶縁膜２１６中に添加される酸素を模式的に破線の矢印で示している。

【０６７８】

バリア膜２３０は、酸素を透過し、且つ酸素の放出を抑制する機能を有する。バリア膜２３０としては、例えば、酸素と、金属（インジウム、亜鉛、チタン、アルミニウム、タングステン、タンタル、モリブデン、ハフニウム、またはイットリウムの中から選ばれる少なくとも一以上）と、を有する。特にバリア膜２３０としては、ＩＴＯ、ＩＴＳＯまたは酸化インジウムであると、凹凸に対する被覆性が良好であるため好ましい。または、バリア膜２３０に、先に記載の酸化物半導体膜（例えば、Ｉｎ：Ｇａ：Ｚｎ＝１：１：１［原子数比］、Ｉｎ：Ｇａ：Ｚｎ＝１：３：２［原子数比］、Ｉｎ：Ｇａ：Ｚｎ＝１：３：４［原子数比］、Ｉｎ：Ｇａ：Ｚｎ＝１：３：６［原子数比］、Ｉｎ：Ｇａ：Ｚｎ＝３：１：２［原子数比］、Ｉｎ：Ｇａ：Ｚｎ＝４：２：３［原子数比］など）を用いてもよい。

【０６７９】

また、バリア膜２３０としては、スパッタリング法を用いて形成することができる。また、バリア膜２３０の膜厚が薄い場合、絶縁膜２１６から外部に放出されうる酸素を抑制するのが困難になる場合がある。一方で、バリア膜２３０の膜厚が厚い場合、絶縁膜２１６中に好適に酸素を添加できない場合がある。したがって、バリア膜２３０の厚さとしては、１ｎｍ以上２０ｎｍ以下、または２ｎｍ以上１０ｎｍ以下とすると好ましい。本実施の形態では、バリア膜２３０として、厚さ５ｎｍのＩＴＳＯを成膜する。

【０６８０】

また、バリア膜２３０を介して絶縁膜２１６に酸素２４０を添加する方法としては、イオンドーピング法、イオン注入法、プラズマ処理法等がある。また、酸素２４０を添加する装置または添加する条件によっては、絶縁膜２１６の下方に位置する絶縁膜２１４、または酸化物半導体膜２０８にも酸素２４０を添加できる場合がある。また、酸素２４０としては、過剰酸素または酸素ラジカル等が挙げられる。また、酸素２４０を添加する際に、基板側にバイアスを印加することで効果的に酸素２４０を絶縁膜２１６に添加することができる。上記バイアスとしては、例えば、アッシング装置を用い、当該アッシング装置に印加するバイアスの電力密度を１Ｗ／ｃｍ^{2}以上５Ｗ／ｃｍ^{2}以下とすればよい。絶縁膜２１６上にバリア膜２３０を設けて酸素２４０を添加することで、バリア膜２３０が絶縁膜２１６から酸素が脱離することを抑制する保護膜として機能する。このため、絶縁膜２１６により多くの酸素を添加することができる。

【０６８１】

また、バリア膜２３０を介して絶縁膜２１６に酸素２４０を添加した後に、加熱処理（以下、第２の加熱処理とする）を行ってもよい。第２の加熱処理としては、先に記載の第１の加熱処理と同様とすることができる。

【０６８２】

次に、バリア膜２３０を除去し、絶縁膜２１６の表面を露出させた後に、絶縁膜２１６上に絶縁膜２１８を形成する（図３８（Ａ）（Ｂ）参照）。

【０６８３】

なお、バリア膜２３０を除去する際に、絶縁膜２１６の一部も除去される場合がある。また、バリア膜２３０の除去方法としては、ドライエッチング法、ウエットエッチング法、またはドライエッチング法とウエットエッチング法を組み合わせる方法等が挙げられる。本実施の形態においては、ウエットエッチング法を用いて、バリア膜２３０を除去する。バリア膜２３０の除去方法として、ウエットエッチング法を用いる方が、製造コストを抑制できるため好適である。

【０６８４】

絶縁膜２１８としては、例えば、スパッタリング法またはＰＥＣＶＤ法を用いて形成することができる。例えば、絶縁膜２１８をＰＥＣＶＤ法で成膜する場合、基板温度は４００℃未満、好ましくは３７５℃未満、さらに好ましくは１８０℃以上３５０℃以下である。絶縁膜２１８を成膜する場合の基板温度を、上述の範囲にすることで、緻密な膜を形成できるため好ましい。また、絶縁膜２１８を成膜する場合の基板温度を、上述の範囲にすることで、絶縁膜２１４、２１６中の酸素または過剰酸素を、酸化物半導体膜２０８に移動させることが可能となる。

【０６８５】

また、絶縁膜２１８形成後に、先に記載の第２の加熱処理と同等の加熱処理（以下、第３の加熱処理とする）を行ってもよい。このように、酸素２４０を絶縁膜２１６に添加した後に、４００℃未満、好ましくは３７５℃未満、さらに好ましくは１８０℃以上３５０℃以下の温度で、加熱処理を行うことで、絶縁膜２１６中の酸素または過剰酸素を酸化物半導体膜２０８（特に酸化物半導体膜２０８ｂ）中に移動させ、酸化物半導体膜２０８中の酸素欠損を補填することができる。

【０６８６】

ここで、酸化物半導体膜２０８中に移動する酸素について、図３９（Ａ）（Ｂ）を用いて説明を行う。なお、図３９（Ａ）は、チャネル長方向の断面図であり、図３９（Ｂ）は、チャネル幅方向の断面図である。図３９（Ａ）（Ｂ）は、絶縁膜２１８成膜時の基板温度（代表的には３７５℃未満）、または絶縁膜２１８の形成後の第３の加熱処理（代表的には３７５℃未満）によって、酸化物半導体膜２０８中に移動する酸素を表すモデル図である。なお、図３９（Ａ）（Ｂ）中において、酸化物半導体膜２０８中に示す酸素（酸素ラジカル、酸素原子、または酸素分子）を破線の矢印で表している。

【０６８７】

図３９（Ａ）（Ｂ）に示す酸化物半導体膜２０８は、酸化物半導体膜２０８に接する膜（ここでは、絶縁膜２０７、及び絶縁膜２１４）から酸素が移動することで、酸素欠損が補填される。特に、本発明の一態様に用いることができるトランジスタにおいて、酸化物半導体膜２０８のスパッタリング成膜時に、酸素ガスを用い、絶縁膜２０６中に酸素を添加するため、絶縁膜２０７は過剰酸素領域を有する。また、バリア膜２３０を介して酸素を添加するため、絶縁膜２１４、２１６は過剰酸素領域を有する。よって、該過剰酸素領域を有する絶縁膜に挟まれた酸化物半導体膜２０８は、酸化物半導体膜２０８中の酸素欠損を好適に補填することが可能となる。

【０６８８】

また、絶縁膜２０７の下方には、絶縁膜２０６が設けられており、絶縁膜２１４、２１６の上方には、絶縁膜２１８が設けられている。絶縁膜２０６、２１８を酸素透過性が低い材料、例えば、窒化シリコン等により形成することで、絶縁膜２０７、２１４、２１６中に含まれる酸素を酸化物半導体膜２０８側に閉じ込めることができるため、好適に酸化物半導体膜２０８に酸素を移動させることが可能となる。

【０６８９】

また、絶縁膜２１８としてＰＥＣＶＤ法により窒化シリコン膜を形成する場合、シリコンを含む堆積性気体、窒素、及びアンモニアを原料ガスとして用いることが好ましい。窒素と比較して少量のアンモニアを用いることで、プラズマ中でアンモニアが解離し、活性種が発生する。該活性種が、シリコンを含む堆積性気体に含まれるシリコン及び水素の結合、及び窒素の三重結合を切断する。この結果、シリコン及び窒素の結合が促進され、シリコン及び水素の結合が少なく、欠陥が少なく、緻密な窒化シリコン膜を形成することができる。一方、窒素に対するアンモニアの量が多いと、シリコンを含む堆積性気体及び窒素の分解が進まず、シリコン及び水素結合が残存してしまい、欠陥が増大した、且つ粗な窒化シリコン膜が形成されてしまう。これらのため、原料ガスにおいて、アンモニアに対する窒素の流量比を５倍以上５０倍以下、１０倍以上５０倍以下とすることが好ましい。

【０６９０】

本実施の形態においては、絶縁膜２１８として、ＰＥＣＶＤ装置を用いて、シラン、窒

素、及びアンモニアを原料ガスとして用いて、厚さ５０ｎｍの窒化シリコン膜を形成する。流量は、シランが５０ｓｃｃｍ、窒素が５０００ｓｃｃｍであり、アンモニアが１００ｓｃｃｍである。処理室の圧力を１００Ｐａ、基板温度を３５０℃とし、２７．１２ＭＨｚの高周波電源を用いて１０００Ｗの高周波電力を平行平板電極に供給する。ＰＥＣＶＤ装置は電極面積が６０００ｃｍ^{2}である平行平板型のＰＥＣＶＤ装置であり、供給した電力を単位面積あたりの電力（電力密度）に換算すると１．７×１０$^{-1}$Ｗ／ｃｍ^{2}である。

【０６９１】

次に、絶縁膜２１８上にリソグラフィ工程によりマスクを形成し、絶縁膜２１４、２１６、２１８の所望の領域に開口部２５２ｃを形成する。また、絶縁膜２１８上にリソグラフィ工程によりマスクを形成し、絶縁膜２０６、２０７、２１４、２１６、２１８の所望の領域に開口部２５２ａ、２５２ｂを形成する。なお、開口部２５２ｃは、導電膜２１２ｂに達するように形成される。また、開口部２５２ａ、２５２ｂは、それぞれ導電膜２０４に達するように形成される（図３８（Ｃ）（Ｄ）参照）。

【０６９２】

なお、開口部２５２ａ、２５２ｂと開口部２５２ｃとを、同じ工程で形成してもよく、異なる工程で形成してもよい。開口部２５２ａ、２５２ｂと開口部２５２ｃとを同じ工程で形成する場合、例えば、グレートーンマスクまたはハーフトーンマスクを用いて形成することができる。また、開口部２５２ａ、２５２ｂを複数回に分けて形成してもよい。例えば、事前に絶縁膜２０６、２０７に開口部を形成しておき、その後、当該開口部上の絶縁膜２１４、２１６、２１８を開口すればよい。

【０６９３】

次に、開口部２５２ａ、２５２ｂ、２５２ｃを覆うように絶縁膜２１８上に導電膜を形成し、当該導電膜を所望の形状に加工することで、導電膜２２０ａ、２２０ｂを形成する（図３８（Ｅ）（Ｆ）参照。）

【０６９４】

導電膜２２０ａ、２２０ｂとなる導電膜としては、例えば、インジウム（Ｉｎ）、亜鉛（Ｚｎ）、錫（Ｓｎ）の中から選ばれた一種を含む材料を用いることができる。とくに、導電膜２２０ａ、２２０ｂとしては、酸化タングステンを含むインジウム酸化物、酸化タングステンを含むインジウム亜鉛酸化物、酸化チタンを含むインジウム酸化物、酸化チタンを含むインジウムスズ酸化物、ＩＴＯ、インジウム亜鉛酸化物、ＩＴＳＯなどの透光性を有する導電性材料を用いることができる。また、導電膜２２０ａ、２２０ｂとなる導電膜としては、例えば、スパッタリング法を用いて形成することができる。本実施の形態においては、膜厚１１０ｎｍのＩＴＳＯをスパッタリング法で形成する。

【０６９５】

以上の工程で図３０（Ｃ）（Ｄ）に示すトランジスタ２５０Ｂを作製することができる。

【０６９６】

また、トランジスタ２５０Ｂの全ての作製工程において、基板温度を４００℃未満、好ましくは３７５℃未満、さらに好ましくは１８０℃以上３５０℃以下とすることで、大面積の基板を用いても基板の変形（歪みまたは反り）を極めて少なくすることができるため好適である。なお、トランジスタ２５０Ｂの作製工程において、基板温度が高くなる工程としては、代表的には、絶縁膜２０６、２０７の成膜時の基板温度（４００℃未満、好ましくは２５０℃以上３５０℃以下）、酸化物半導体膜２０８の成膜時の基板温度（室温以上３４０℃未満、好ましくは１００℃以上２００℃以下、さらに好ましくは１００℃以上１５０℃未満）、絶縁膜２１６、２１８の成膜時の基板温度（４００℃未満、好ましくは３７５℃未満、さらに好ましくは１８０℃以上３５０℃以下）、酸素２４０を添加後の第１の加熱処理または第２の加熱処理時の温度（４００℃未満、好ましくは３７５℃未満、さらに好ましくは１８０℃以上３５０℃以下）などが挙げられる。

【０６９７】

≪トランジスタの作製方法２≫
次に、先に示す≪トランジスタの作製方法１≫と異なる作製方法について、以下説明する。
【０６９８】
まず、≪トランジスタの作製方法１≫と同様に、図３７（Ｃ）（Ｄ）に示す工程まで行う。次に、図３７（Ｅ）（Ｆ）に示す、バリア膜２３０を形成し、酸素２４０の添加を行わない。その後、図３８（Ａ）（Ｂ）に示す工程を行わずに、図３８（Ｃ）（Ｄ）、及び図３８（Ｅ）（Ｆ）の工程を行う。
【０６９９】
この場合、バリア膜２３０としては、先に記載した材料の中でも絶縁性の高い材料を選択すればよい。本作製方法で用いるバリア膜２３０としては、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、または酸化イットリウムを用いると好ましい。
【０７００】
バリア膜２３０として、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、または酸化イットリウムをスパッタリング法にて成膜する場合、スパッタリングガスとして、少なくとも酸素を含むと好ましい。バリア膜２３０の形成時において、スパッタリングガスに酸素を用いることで、当該酸素がプラズマ中で酸素ラジカルとなり、当該酸素または当該酸素ラジカルのいずれか一方または双方が、絶縁膜２１６中に添加される場合がある。よって、図３７（Ｅ）（Ｆ）に示す酸素２４０を添加する工程を行わなくても良い。別言すると、バリア膜２３０の成膜時において、酸素添加処理と、バリア膜２３０の成膜とを同時に行うことが可能となる。なお、バリア膜２３０は、バリア膜２３０の成膜時（特に成膜初期）においては、酸素を添加する機能を有するが、バリア膜２３０の形成後（特に成膜後期）においては、酸素をブロックする機能を有する。
【０７０１】
また、バリア膜２３０として、例えば、酸化アルミニウムをスパッタリング法にて成膜する場合、絶縁膜２１６と、バリア膜２３０との界面近傍に混合層を形成する場合がある。例えば、絶縁膜２１６が酸化窒化シリコン膜の場合、該混合層としては、$Al_xSi_yO_z$が形成されうる。なお、該混合層が過剰酸素領域を有していてもよい。
【０７０２】
また、バリア膜２３０として、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、または酸化イットリウムを用いる場合、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、及び酸化イットリウムは、高い絶縁性を有し、且つ高い酸素バリア性を有する。よって、図３８（Ａ）（Ｂ）に示す絶縁膜２１８を成膜する工程を行わなくてもよい。よって、バリア膜２３０を除去せずに、絶縁膜２１８の代わりに、そのまま用いてもよい。
【０７０３】
また、バリア膜２３０の成膜時の基板温度を４００℃未満、好ましくは３７５℃未満、さらに好ましくは１８０℃以上３５０℃以下とすることで、絶縁膜２１６中に添加された酸素または過剰酸素を酸化物半導体膜２０８中に移動させることができる。
【０７０４】
このように、バリア膜２３０として、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、または酸化イットリウムを用いることで、トランジスタの製造工程を短くすることが可能となり、製造コストを抑制することができる。
【０７０５】
以上、本実施の形態で示す構成、方法は、他の実施の形態及び実施例で示す構成、方法と適宜組み合わせて用いることができる。
【０７０６】
（実施の形態４）
本実施の形態においては、酸化物半導体の構造等について、図４３乃至図４７を参照して説明する。
【０７０７】

＜酸化物半導体の構造＞

酸化物半導体は、単結晶酸化物半導体と、それ以外の非単結晶酸化物半導体と、に分けられる。非単結晶酸化物半導体としては、ＣＡＡＣ－ＯＳ（ｃ－ａｘｉｓ－ａｌｉｇｎｅｄ　ｃｒｙｓｔａｌｌｉｎｅ　ｏｘｉｄｅ　ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ）、多結晶酸化物半導体、ｎｃ－ＯＳ（ｎａｎｏｃｒｙｓｔａｌｌｉｎｅ　ｏｘｉｄｅ　ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ）、擬似非晶質酸化物半導体（ａ－ｌｉｋｅ　ＯＳ：ａｍｏｒｐｈｏｕｓ－ｌｉｋｅ　ｏｘｉｄｅ　ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ）および非晶質酸化物半導体などがある。

【０７０８】

また別の観点では、酸化物半導体は、非晶質酸化物半導体と、それ以外の結晶性酸化物半導体と、に分けられる。結晶性酸化物半導体としては、単結晶酸化物半導体、ＣＡＡＣ－ＯＳ、多結晶酸化物半導体およびｎｃ－ＯＳなどがある。

【０７０９】

非晶質構造は、一般に、等方的であって不均質構造を持たない、準安定状態で原子の配置が固定化していない、結合角度が柔軟である、短距離秩序は有するが長距離秩序を有さない、などといわれている。

【０７１０】

即ち、安定な酸化物半導体を完全な非晶質（ｃｏｍｐｌｅｔｅｌｙ　ａｍｏｒｐｈｏｕｓ）酸化物半導体とは呼べない。また、等方的でない（例えば、微小な領域において周期構造を有する）酸化物半導体を、完全な非晶質酸化物半導体とは呼べない。一方、ａ－ｌｉｋｅ　ＯＳは、等方的でないが、鬆（ボイドともいう。）を有する不安定な構造である。不安定であるという点では、ａ－ｌｉｋｅ　ＯＳは、物性的に非晶質酸化物半導体に近い。

【０７１１】

＜ＣＡＡＣ－ＯＳ＞

まずは、ＣＡＡＣ－ＯＳについて説明する。

【０７１２】

ＣＡＡＣ－ＯＳは、ｃ軸配向した複数の結晶部（ペレットともいう。）を有する酸化物半導体の一種である。

【０７１３】

ＣＡＡＣ－ＯＳをＸ線回折（ＸＲＤ：Ｘ－Ｒａｙ　Ｄｉｆｆｒａｃｔｉｏｎ）によって解析した場合について説明する。例えば、空間群Ｒ－３ｍに分類される$InGaZnO_4$の結晶を有するＣＡＡＣ－ＯＳに対し、ｏｕｔ－ｏｆ－ｐｌａｎｅ法による構造解析を行うと、図４３（Ａ）に示すように回折角（２θ）が３１°近傍にピークが現れる。このピークは、$InGaZnO_4$の結晶の（００９）面に帰属されることから、ＣＡＡＣ－ＯＳでは、結晶がｃ軸配向性を有し、ｃ軸がＣＡＡＣ－ＯＳの膜を形成する面（被形成面ともいう。）、または上面に略垂直な方向を向いていることが確認できる。なお、２θが３１°近傍のピークの他に、２θが３６°近傍にもピークが現れる場合がある。２θが３６°近傍のピークは、空間群Ｆｄ－３ｍに分類される結晶構造に起因する。そのため、ＣＡＡＣ－ＯＳは、該ピークを示さないことが好ましい。

【０７１４】

一方、ＣＡＡＣ－ＯＳに対し、被形成面に平行な方向からＸ線を入射させるｉｎ－ｐｌａｎｅ法による構造解析を行うと、２θが５６°近傍にピークが現れる。このピークは、$InGaZnO_4$の結晶の（１１０）面に帰属される。そして、２θを５６°近傍に固定し、試料面の法線ベクトルを軸（φ軸）として試料を回転させながら分析（φスキャン）を行っても、図４３（Ｂ）に示すように明瞭なピークは現れない。一方、単結晶$InGaZnO_4$に対し、２θを５６°近傍に固定してφスキャンした場合、図４３（Ｃ）に示すように（１１０）面と等価な結晶面に帰属されるピークが６本観察される。したがって、ＸＲＤを用いた構造解析から、ＣＡＡＣ－ＯＳは、ａ軸およびｂ軸の配向が不規則であることが確認できる。

【０７１５】
次に、電子回折によって解析したＣＡＡＣ－ＯＳについて説明する。例えば、ＩｎＧａＺｎＯ$_4$の結晶を有するＣＡＡＣ－ＯＳに対し、ＣＡＡＣ－ＯＳの被形成面に平行にプローブ径が３００ｎｍの電子線を入射させると、図４３（Ｄ）に示すような回折パターン（制限視野電子回折パターンともいう。）が現れる場合がある。この回折パターンには、ＩｎＧａＺｎＯ$_4$の結晶の（００９）面に起因するスポットが含まれる。したがって、電子回折によっても、ＣＡＡＣ－ＯＳに含まれるペレットがｃ軸配向性を有し、ｃ軸が被形成面または上面に略垂直な方向を向いていることがわかる。一方、同じ試料に対し、試料面に垂直にプローブ径が３００ｎｍの電子線を入射させたときの回折パターンを図４３（Ｅ）に示す。図４３（Ｅ）より、リング状の回折パターンが確認される。したがって、プローブ径が３００ｎｍの電子線を用いた電子回折によっても、ＣＡＡＣ－ＯＳに含まれるペレットのａ軸およびｂ軸は配向性を有さないことがわかる。なお、図４３（Ｅ）における第１リングは、ＩｎＧａＺｎＯ$_4$の結晶の（０１０）面および（１００）面などに起因すると考えられる。また、図４３（Ｅ）における第２リングは（１１０）面などに起因すると考えられる。

【０７１６】
また、透過型電子顕微鏡（ＴＥＭ：Ｔｒａｎｓｍｉｓｓｉｏｎ Ｅｌｅｃｔｒｏｎ Ｍｉｃｒｏｓｃｏｐｅ）によって、ＣＡＡＣ－ＯＳの明視野像と回折パターンとの複合解析像（高分解能ＴＥＭ像ともいう。）を観察すると、複数のペレットを確認することができる。一方、高分解能ＴＥＭ像であってもペレット同士の境界、即ち結晶粒界（グレインバウンダリーともいう。）を明確に確認することができない場合がある。そのため、ＣＡＡＣ－ＯＳは、結晶粒界に起因する電子移動度の低下が起こりにくいといえる。

【０７１７】
図４４（Ａ）に、試料面と略平行な方向から観察したＣＡＡＣ－ＯＳの断面の高分解能ＴＥＭ像を示す。高分解能ＴＥＭ像の観察には、球面収差補正（Ｓｐｈｅｒｉｃａｌ Ａｂｅｒｒａｔｉｏｎ Ｃｏｒｒｅｃｔｏｒ）機能を用いた。球面収差補正機能を用いた高分解能ＴＥＭ像を、特にＣｓ補正高分解能ＴＥＭ像と呼ぶ。Ｃｓ補正高分解能ＴＥＭ像は、例えば、日本電子株式会社製原子分解能分析電子顕微鏡ＪＥＭ－ＡＲＭ２００Ｆなどによって観察することができる。

【０７１８】
図４４（Ａ）より、金属原子が層状に配列している領域であるペレットを確認することができる。ペレット一つの大きさは１ｎｍ以上のものや、３ｎｍ以上のものがあることがわかる。したがって、ペレットを、ナノ結晶（ｎｃ：ｎａｎｏｃｒｙｓｔａｌ）と呼ぶこともできる。また、ＣＡＡＣ－ＯＳを、ＣＡＮＣ（Ｃ－Ａｘｉｓ Ａｌｉｇｎｅｄ ｎａｎｏｃｒｙｓｔａｌｓ）を有する酸化物半導体と呼ぶこともできる。ペレットは、ＣＡＡＣ－ＯＳの被形成面または上面の凹凸を反映しており、ＣＡＡＣ－ＯＳの被形成面または上面と平行となる。

【０７１９】
また、図４４（Ｂ）および図４４（Ｃ）に、試料面と略垂直な方向から観察したＣＡＡＣ－ＯＳの平面のＣｓ補正高分解能ＴＥＭ像を示す。図４４（Ｄ）および図４４（Ｅ）は、それぞれ図４４（Ｂ）および図４４（Ｃ）を画像処理した像である。以下では、画像処理の方法について説明する。まず、図４４（Ｂ）を高速フーリエ変換（ＦＦＴ：Ｆａｓｔ Ｆｏｕｒｉｅｒ Ｔｒａｎｓｆｏｒｍ）処理することでＦＦＴ像を取得する。次に、取得したＦＦＴ像において原点を基準に、２．８ｎｍ$^{-1}$から５．０ｎｍ$^{-1}$の間の範囲を残すマスク処理する。次に、マスク処理したＦＦＴ像を、逆高速フーリエ変換（ＩＦＦＴ：Ｉｎｖｅｒｓｅ Ｆａｓｔ Ｆｏｕｒｉｅｒ Ｔｒａｎｓｆｏｒｍ）処理することで画像処理した像を取得する。こうして取得した像をＦＦＴフィルタリング像と呼ぶ。ＦＦＴフィルタリング像は、Ｃｓ補正高分解能ＴＥＭ像から周期成分を抜き出した像であり、格子配列を示している。

【０７２０】

図４４（Ｄ）では、格子配列の乱れた箇所を破線で示している。破線で囲まれた領域が、一つのペレットである。そして、破線で示した箇所がペレットとペレットとの連結部である。破線は、六角形状であるため、ペレットが六角形状であることがわかる。なお、ペレットの形状は、正六角形状とは限らず、非正六角形状である場合が多い。

【０７２１】

図４４（Ｅ）では、格子配列の揃った領域と、別の格子配列の揃った領域と、の間を点線で示している。点線近傍においても、明確な結晶粒界を確認することはできない。点線近傍の格子点を中心に周囲の格子点を繋ぐと、歪んだ六角形や、五角形または／および七角形などが形成できる。即ち、格子配列を歪ませることによって結晶粒界の形成を抑制していることがわかる。これは、ＣＡＡＣ－ＯＳが、ａ－ｂ面方向において原子配列が稠密でないことや、金属元素が置換することで原子間の結合距離が変化することなどによって、歪みを許容することができるためと考えられる。

【０７２２】

以上に示すように、ＣＡＡＣ－ＯＳは、ｃ軸配向性を有し、かつａ－ｂ面方向において複数のペレット（ナノ結晶）が連結し、歪みを有した結晶構造となっている。よって、ＣＡＡＣ－ＯＳを、ＣＡＡ　ｃｒｙｓｔａｌ（ｃ－ａｘｉｓ－ａｌｉｇｎｅｄ　ａ－ｂ－ｐｌａｎｅ－ａｎｃｈｏｒｅｄ　ｃｒｙｓｔａｌ）を有する酸化物半導体と称することもできる。

【０７２３】

ＣＡＡＣ－ＯＳは結晶性の高い酸化物半導体である。酸化物半導体の結晶性は不純物の混入や欠陥の生成などによって低下する場合があるため、ＣＡＡＣ－ＯＳは不純物や欠陥（酸素欠損など）の少ない酸化物半導体ともいえる。

【０７２４】

なお、不純物は、酸化物半導体の主成分以外の元素で、水素、炭素、シリコン、遷移金属元素などがある。例えば、シリコンなどの、酸化物半導体を構成する金属元素よりも酸素との結合力の強い元素は、酸化物半導体から酸素を奪うことで酸化物半導体の原子配列を乱し、結晶性を低下させる要因となる。また、鉄やニッケルなどの重金属、アルゴン、二酸化炭素などは、原子半径（または分子半径）が大きいため、酸化物半導体の原子配列を乱し、結晶性を低下させる要因となる。

【０７２５】

＜ｎｃ－ＯＳ＞

次に、ｎｃ－ＯＳについて説明する。

【０７２６】

ｎｃ－ＯＳをＸＲＤによって解析した場合について説明する。例えば、ｎｃ－ＯＳに対し、ｏｕｔ－ｏｆ－ｐｌａｎｅ法による構造解析を行うと、配向性を示すピークが現れない。即ち、ｎｃ－ＯＳの結晶は配向性を有さない。

【０７２７】

また、例えば、ＩｎＧａＺｎＯ$_4$の結晶を有するｎｃ－ＯＳを薄片化し、厚さが３４ｎｍの領域に対し、被形成面に平行にプローブ径が５０ｎｍの電子線を入射させると、図４５（Ａ）に示すようなリング状の回折パターン（ナノビーム電子回折パターン）が観測される。また、同じ試料にプローブ径が１ｎｍの電子線を入射させたときの回折パターン（ナノビーム電子回折パターン）を図４５（Ｂ）に示す。図４５（Ｂ）より、リング状の領域内に複数のスポットが観測される。したがって、ｎｃ－ＯＳは、プローブ径が５０ｎｍの電子線を入射させることでは秩序性が確認されないが、プローブ径が１ｎｍの電子線を入射させることでは秩序性が確認される。

【０７２８】

また、厚さが１０ｎｍ未満の領域に対し、プローブ径が１ｎｍの電子線を入射させると、図４５（Ｃ）に示すように、スポットが略正六角状に配置された電子回折パターンを観測される場合がある。したがって、厚さが１０ｎｍ未満の範囲において、ｎｃ－ＯＳが秩序性の高い領域、即ち結晶を有することがわかる。なお、結晶が様々な方向を向いている

ため、規則的な電子回折パターンが観測されない領域もある。

【０７２９】

図４５（Ｄ）に、被形成面と略平行な方向から観察したｎｃ－ＯＳの断面のＣｓ補正高分解能ＴＥＭ像を示す。ｎｃ－ＯＳは、高分解能ＴＥＭ像において、補助線で示す箇所などのように結晶部を確認することのできる領域と、明確な結晶部を確認することのできない領域と、を有する。ｎｃ－ＯＳに含まれる結晶部は、１ｎｍ以上１０ｎｍ以下の大きさであり、特に１ｎｍ以上３ｎｍ以下の大きさであることが多い。なお、結晶部の大きさが１０ｎｍより大きく１００ｎｍ以下である酸化物半導体を微結晶酸化物半導体（ｍｉｃｒｏ　ｃｒｙｓｔａｌｌｉｎｅ　ｏｘｉｄｅ　ｓｅｍｉｃｏｎｄｕｃｔｏｒ）と呼ぶことがある。ｎｃ－ＯＳは、例えば、高分解能ＴＥＭ像では、結晶粒界を明確に確認できない場合がある。なお、ナノ結晶は、ＣＡＡＣ－ＯＳにおけるペレットと起源を同じくする可能性がある。そのため、以下ではｎｃ－ＯＳの結晶部をペレットと呼ぶ場合がある。

【０７３０】

このように、ｎｃ－ＯＳは、微小な領域（例えば、１ｎｍ以上１０ｎｍ以下の領域、特に１ｎｍ以上３ｎｍ以下の領域）において原子配列に周期性を有する。また、ｎｃ－ＯＳは、異なるペレット間で結晶方位に規則性が見られない。そのため、膜全体で配向性が見られない。したがって、ｎｃ－ＯＳは、分析方法によっては、ａ－ｌｉｋｅ　ＯＳや非晶質酸化物半導体と区別が付かない場合がある。

【０７３１】

なお、ペレット（ナノ結晶）間で結晶方位が規則性を有さないことから、ｎｃ－ＯＳを、ＲＡＮＣ（Ｒａｎｄｏｍ　Ａｌｉｇｎｅｄ　ｎａｎｏｃｒｙｓｔａｌｓ）を有する酸化物半導体、またはＮＡＮＣ（Ｎｏｎ－Ａｌｉｇｎｅｄ　ｎａｎｏｃｒｙｓｔａｌｓ）を有する酸化物半導体と呼ぶこともできる。

【０７３２】

ｎｃ－ＯＳは、非晶質酸化物半導体よりも規則性の高い酸化物半導体である。そのため、ｎｃ－ＯＳは、ａ－ｌｉｋｅ　ＯＳや非晶質酸化物半導体よりも欠陥準位密度が低くなる。ただし、ｎｃ－ＯＳは、異なるペレット間で結晶方位に規則性が見られない。そのため、ｎｃ－ＯＳは、ＣＡＡＣ－ＯＳと比べて欠陥準位密度が高くなる。

【０７３３】

＜ａ－ｌｉｋｅ　ＯＳ＞

ａ－ｌｉｋｅ　ＯＳは、ｎｃ－ＯＳと非晶質酸化物半導体との間の構造を有する酸化物半導体である。

【０７３４】

図４６に、ａ－ｌｉｋｅ　ＯＳの高分解能断面ＴＥＭ像を示す。ここで、図４６（Ａ）は電子照射開始時におけるａ－ｌｉｋｅ　ＯＳの高分解能断面ＴＥＭ像である。図４６（Ｂ）は$4.3\times10^{8}\ e^{-}/nm^{2}$の電子（$e^{-}$）照射後におけるａ－ｌｉｋｅ　ＯＳの高分解能断面ＴＥＭ像である。図４６（Ａ）および図４６（Ｂ）より、ａ－ｌｉｋｅ　ＯＳは電子照射開始時から、縦方向に延伸する縞状の明領域が観察されることがわかる。また、明領域は、電子照射後に形状が変化することがわかる。なお、明領域は、鬆または低密度領域と推測される。

【０７３５】

鬆を有するため、ａ－ｌｉｋｅ　ＯＳは、不安定な構造である。以下では、ａ－ｌｉｋｅ　ＯＳが、ＣＡＡＣ－ＯＳおよびｎｃ－ＯＳと比べて不安定な構造であることを示すため、電子照射による構造の変化を示す。

【０７３６】

試料として、ａ－ｌｉｋｅ　ＯＳ、ｎｃ－ＯＳおよびＣＡＡＣ－ＯＳを準備する。いずれの試料もＩｎ－Ｇａ－Ｚｎ酸化物である。

【０７３７】

まず、各試料の高分解能断面ＴＥＭ像を取得する。高分解能断面ＴＥＭ像により、各試料は、いずれも結晶部を有する。

【０７３８】
なお、ＩｎＧａＺｎＯ$_4$の結晶の単位格子は、Ｉｎ－Ｏ層を３層有し、またＧａ－Ｚｎ－Ｏ層を６層有する、計９層がｃ軸方向に層状に重なった構造を有することが知られている。これらの近接する層同士の間隔は、（００９）面の格子面間隔（ｄ値ともいう。）と同程度であり、結晶構造解析からその値は０．２９ｎｍと求められている。したがって、以下では、格子縞の間隔が０．２８ｎｍ以上０．３０ｎｍ以下である箇所を、ＩｎＧａＺｎＯ$_4$の結晶部と見なした。なお、格子縞は、ＩｎＧａＺｎＯ$_4$の結晶のａ－ｂ面に対応する。
【０７３９】
図４７は、各試料の結晶部（２２箇所から３０箇所）の平均の大きさを調査した例である。なお、上述した格子縞の長さを結晶部の大きさとしている。図４７より、ａ－ｌｉｋｅ　ＯＳは、ＴＥＭ像の取得などに係る電子の累積照射量に応じて結晶部が大きくなっていくことがわかる。図４７より、ＴＥＭによる観察初期においては１．２ｎｍ程度の大きさだった結晶部（初期核ともいう。）が、電子（ｅ$^-$）の累積照射量が４．２×１０^{8}ｅ$^-$／ｎｍ^{2}においては１．９ｎｍ程度の大きさまで成長していることがわかる。一方、ｎｃ－ＯＳおよびＣＡＡＣ－ＯＳは、電子照射開始時から電子の累積照射量が４．２×１０^{8}ｅ$^-$／ｎｍ^{2}までの範囲で、結晶部の大きさに変化が見られないことがわかる。図４７より、電子の累積照射量によらず、ｎｃ－ＯＳおよびＣＡＡＣ－ＯＳの結晶部の大きさは、それぞれ１．３ｎｍ程度および１．８ｎｍ程度であることがわかる。なお、電子線照射およびＴＥＭの観察は、日立透過電子顕微鏡Ｈ－９０００ＮＡＲを用いた。電子線照射条件は、加速電圧を３００ｋＶ、電流密度を６．７×１０^{5}ｅ$^-$／（ｎｍ^2・ｓ）、照射領域の直径を２３０ｎｍとした。
【０７４０】
このように、ａ－ｌｉｋｅ　ＯＳは、電子照射によって結晶部の成長が見られる場合がある。一方、ｎｃ－ＯＳおよびＣＡＡＣ－ＯＳは、電子照射による結晶部の成長がほとんど見られない。即ち、ａ－ｌｉｋｅ　ＯＳは、ｎｃ－ＯＳおよびＣＡＡＣ－ＯＳと比べて、不安定な構造であることがわかる。
【０７４１】
また、鬆を有するため、ａ－ｌｉｋｅ　ＯＳは、ｎｃ－ＯＳおよびＣＡＡＣ－ＯＳと比べて密度の低い構造である。具体的には、ａ－ｌｉｋｅ　ＯＳの密度は、同じ組成の単結晶の密度の７８．６％以上９２．３％未満である。また、ｎｃ－ＯＳの密度およびＣＡＡＣ－ＯＳの密度は、同じ組成の単結晶の密度の９２．３％以上１００％未満である。単結晶の密度の７８％未満である酸化物半導体は、成膜すること自体が困難である。
【０７４２】
例えば、Ｉｎ：Ｇａ：Ｚｎ＝１：１：１［原子数比］を満たす酸化物半導体において、菱面体晶構造を有する単結晶ＩｎＧａＺｎＯ$_4$の密度は６．３５７ｇ／ｃｍ^{3}である。よって、例えば、Ｉｎ：Ｇａ：Ｚｎ＝１：１：１［原子数比］を満たす酸化物半導体において、ａ－ｌｉｋｅ　ＯＳの密度は５．０ｇ／ｃｍ^{3}以上５．９ｇ／ｃｍ^{3}未満である。また、例えば、Ｉｎ：Ｇａ：Ｚｎ＝１：１：１［原子数比］を満たす酸化物半導体において、ｎｃ－ＯＳの密度およびＣＡＡＣ－ＯＳの密度は５．９ｇ／ｃｍ^{3}以上６．３ｇ／ｃｍ^{3}未満である。
【０７４３】
なお、同じ組成の単結晶が存在しない場合、任意の割合で組成の異なる単結晶を組み合わせることにより、所望の組成における単結晶に相当する密度を見積もることができる。所望の組成の単結晶に相当する密度は、組成の異なる単結晶を組み合わせる割合に対して、加重平均を用いて見積もればよい。ただし、密度は、可能な限り少ない種類の単結晶を組み合わせて見積もることが好ましい。
【０７４４】
以上のように、酸化物半導体は、様々な構造をとり、それぞれが様々な特性を有する。なお、酸化物半導体は、例えば、非晶質酸化物半導体、ａ－ｌｉｋｅ　ＯＳ、ｎｃ－ＯＳ

、ＣＡＡＣ－ＯＳのうち、二種以上を有する積層膜であってもよい。
【０７４５】
＜酸化物半導体のキャリア密度＞
次に、酸化物半導体のキャリア密度について、以下に説明を行う。
【０７４６】
酸化物半導体のキャリア密度に影響を与える因子としては、酸化物半導体中の酸素欠損（Ｖｏ）、または酸化物半導体中の不純物などが挙げられる。
【０７４７】
酸化物半導体中の酸素欠損が多くなると、該酸素欠損に水素が結合（この状態をＶｏＨともいう）した際に、欠陥準位密度が高くなる。または、酸化物半導体中の不純物が多くなると、該不純物に起因し欠陥準位密度が高くなる。したがって、酸化物半導体中の欠陥準位密度を制御することで、酸化物半導体のキャリア密度を制御することができる。
【０７４８】
ここで、酸化物半導体をチャネル領域に用いるトランジスタを考える。
【０７４９】
トランジスタのしきい値電圧のマイナスシフトの抑制、またはトランジスタのオフ電流の低減を目的とする場合においては、酸化物半導体のキャリア密度を低くする方が好ましい。酸化物半導体のキャリア密度を低くする場合においては、酸化物半導体中の不純物濃度を低くし、欠陥準位密度を低くすればよい。本明細書等において、不純物濃度が低く、欠陥準位密度の低いことを高純度真性または実質的に高純度真性と言う。高純度真性の酸化物半導体のキャリア密度としては、8×10^{15} ｃｍ$^{-3}$未満、好ましくは1×10^{11} ｃｍ$^{-3}$未満、さらに好ましくは1×10^{10} ｃｍ$^{-3}$未満であり、1×10^{-9} ｃｍ$^{-3}$以上とすればよい。
【０７５０】
一方で、トランジスタのオン電流の向上、またはトランジスタの電界効果移動度の向上を目的とする場合においては、酸化物半導体のキャリア密度を高くする方が好ましい。酸化物半導体のキャリア密度を高くする場合においては、酸化物半導体の不純物濃度をわずかに高める、または酸化物半導体の欠陥準位密度をわずかに高めればよい。あるいは、酸化物半導体のバンドギャップをより小さくするとよい。例えば、トランジスタのＩｄ－Ｖｇ特性のオン／オフ比が取れる範囲において、不純物濃度がわずかに高い、または欠陥準位密度がわずかに高い酸化物半導体は、実質的に真性とみなせる。また、電子親和力が大きく、それにともなってバンドギャップが小さくなり、その結果、熱励起された電子（キャリア）の密度が増加した酸化物半導体は、実質的に真性とみなせる。なお、より電子親和力が大きな酸化物半導体を用いた場合には、トランジスタのしきい値電圧がより低くなる。
【０７５１】
上述のキャリア密度が高められた酸化物半導体は、わずかにｎ型化している。したがって、キャリア密度が高められた酸化物半導体を、「Ｓｌｉｇｈｔｌｙ－ｎ」と呼称してもよい。
【０７５２】
実質的に真性の酸化物半導体のキャリア密度は、1×10^{5} ｃｍ$^{-3}$以上1×10^{18} ｃｍ$^{-3}$未満が好ましく、1×10^{7} ｃｍ$^{-3}$以上1×10^{17} ｃｍ$^{-3}$以下がより好ましく、1×10^{9} ｃｍ$^{-3}$以上5×10^{16} ｃｍ$^{-3}$以下がさらに好ましく、1×10^{10} ｃｍ$^{-3}$以上1×10^{16} ｃｍ$^{-3}$以下がさらに好ましく、1×10^{11} ｃｍ$^{-3}$以上1×10^{15} ｃｍ$^{-3}$以下がさらに好ましい。
【０７５３】
本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態及び実施例に示す構成と適宜組み合わせて用いることができる。
【０７５４】
（実施の形態５）

本実施の形態では、本発明の一態様の表示装置を有する入出力装置の構成について、図４８を参照しながら説明する。

【０７５５】

＜入出力装置の構成例＞

図４８は、入出力装置８００の構成を説明する分解図である。

【０７５６】

入出力装置８００は、表示装置８０６および表示装置８０６と重なる領域を備えるタッチセンサ８０４を有する。なお、入出力装置８００は、タッチパネルということができる。

【０７５７】

入出力装置８００は、タッチセンサ８０４および表示装置８０６を駆動する駆動回路８１０と、駆動回路８１０に電力を供給するバッテリ８１１と、タッチセンサ８０４、表示装置８０６、駆動回路８１０およびバッテリ８１１を収納する筐体部を有する。

【０７５８】

≪タッチセンサ８０４≫

タッチセンサ８０４は、表示装置８０６と重なる領域を備える。なお、ＦＰＣ８０３はタッチセンサ８０４に電気的に接続される。

【０７５９】

例えば、抵抗膜方式、静電容量方式または光電変換素子を用いる方式等をタッチセンサ８０４に用いることができる。

【０７６０】

なお、タッチセンサ８０４を表示装置８０６の一部に用いてもよい。

【０７６１】

≪表示装置８０６≫

例えば、実施の形態１で説明する表示装置を表示装置８０６に用いることができる。なお、ＦＰＣ８０５等は、表示装置８０６に電気的に接続される。

【０７６２】

≪駆動回路８１０≫

例えば、電源回路または信号処理回路等を駆動回路８１０に用いることができる。なお、バッテリまたは外部の商用電源が供給する電力を利用してもよい。

【０７６３】

信号処理回路は、ビデオ信号及びクロック信号等を出力する機能を備える。

【０７６４】

電源回路は、所定の電力を供給する機能を備える。

【０７６５】

≪筐体部≫

例えば、上部カバー８０１と、上部カバー８０１と嵌めあわせられる下部カバー８０２と、上部カバー８０１および下部カバー８０２で囲まれる領域に収納されるフレーム８０９と、を筐体部に用いることができる。

【０７６６】

フレーム８０９は、表示装置８０６を保護する機能、駆動回路８１０の動作に伴い発生する電磁波を遮断する機能または放熱板としての機能を有する。

【０７６７】

金属、樹脂またはエラストマー等を、上部カバー８０１、下部カバー８０２またはフレーム８０９に用いることができる。

【０７６８】

≪バッテリ８１１≫

バッテリ８１１は、電力を供給する機能を備える。

【０７６９】

なお、偏光板、位相差板、プリズムシートなどの部材を入出力装置８００に用いること

ができる。
【０７７０】
なお、本実施の形態は、本明細書で示す他の実施の形態及び実施例と適宜組み合わせることができる。
【０７７１】
（実施の形態６）
本実施の形態では、本発明の一態様の情報処理装置の構成について、図４９乃至図５２を参照しながら説明する。
【０７７２】
図４９（Ａ）は、情報処理装置１２００の構成を説明するブロック図である。図４９（Ｂ）および図４９（Ｃ）は、情報処理装置１２００の外観の一例を説明する投影図である。
【０７７３】
図５０（Ａ）は、表示部１２３０の構成を説明するブロック図である。図５０（Ｂ）は、表示部１２３０Ｂの構成を説明するブロック図である。図５０（Ｃ）は、画素１２３２（ｉ，ｊ）の構成を説明する回路図である。
【０７７４】
＜情報処理装置の構成例＞
本実施の形態で説明する情報処理装置１２００は、演算装置１２１０と入出力装置１２２０と、を有する（図４９（Ａ）参照）。
【０７７５】
そして、演算装置１２１０は、位置情報Ｐ１を供給され、画像情報Ｖ１および制御情報を供給する機能を備える。
【０７７６】
入出力装置１２２０は、位置情報Ｐ１を供給する機能を備え、画像情報Ｖ１および制御情報を供給される。
【０７７７】
入出力装置１２２０は、画像情報Ｖ１を表示する表示部１２３０および位置情報Ｐ１を供給する入力部１２４０を備える。
【０７７８】
また、表示部１２３０は、第１の表示素子および第１の表示素子と重なる第２の表示素子を備える。また、第１の表示素子を駆動する第１の画素回路および第２の表示素子を駆動する第２の画素回路を備える。
【０７７９】
入力部１２４０は、ポインタの位置を検知して、位置に基づいて決定された位置情報Ｐ１を供給する機能を備える。
【０７８０】
演算装置１２１０は、位置情報Ｐ１に基づいてポインタの移動速度を決定する機能を備える。
【０７８１】
演算装置１２１０は、画像情報Ｖ１のコントラストまたは明るさを移動速度に基づいて決定する機能を備える。
【０７８２】
本実施の形態で説明する情報処理装置１２００は、位置情報Ｐ１を供給し、画像情報Ｖ１を供給される入出力装置１２２０と、位置情報Ｐ１を供給され画像情報Ｖ１を供給する演算装置１２１０と、を含んで構成され、演算装置１２１０は、位置情報Ｐ１の移動速度に基づいて画像情報Ｖ１のコントラストまたは明るさを決定する機能を備える。
【０７８３】
これにより、画像情報の表示位置を移動する際に、使用者の目に与える負担を軽減することができ、使用者の目にやさしい表示をすることができる。また、消費電力を低減し、

直射日光等の明るい場所においても優れた視認性を提供できる。その結果、利便性または信頼性に優れた新規な情報処理装置を提供することができる。

【０７８４】

＜構成＞

本発明の一態様は、演算装置１２１０または入出力装置１２２０を備える。

【０７８５】

≪演算装置１２１０≫

演算装置１２１０は、演算部１２１１および記憶部１２１２を備える。また、伝送路１２１４および入出力インターフェース１２１５を備える（図４９（Ａ）参照）。

【０７８６】

≪演算部１２１１≫

演算部１２１１は、例えばプログラムを実行する機能を備える。例えば、実施の形態７で説明するＣＰＵを用いることができる。これにより、消費電力を十分に低減することができる。

【０７８７】

≪記憶部１２１２≫

記憶部１２１２は、例えば演算部１２１１が実行するプログラム、初期情報、設定情報または画像等を記憶する機能を有する。

【０７８８】

具体的には、ハードディスク、フラッシュメモリまたは酸化物半導体を含むトランジスタを用いたメモリ等を用いることができる。

【０７８９】

≪入出力インターフェース１２１５、伝送路１２１４≫

入出力インターフェース１２１５は端子または配線を備え、情報を供給し、情報を供給される機能を備える。例えば、伝送路１２１４と電気的に接続することができる。また、入出力装置１２２０と電気的に接続することができる。

【０７９０】

伝送路１２１４は配線を備え、情報を供給し、情報を供給される機能を備える。例えば、入出力インターフェース１２１５と電気的に接続することができる。また、演算部１２１１、記憶部１２１２または入出力インターフェース１２１５と電気的に接続することができる。

【０７９１】

≪入出力装置１２２０≫

入出力装置１２２０は、表示部１２３０、入力部１２４０、検知部１２５０または通信部１２９０を備える。

【０７９２】

≪表示部１２３０≫

表示部１２３０は、表示領域１２３１と、駆動回路ＧＤと、駆動回路ＳＤと、を有する（図５０（Ａ）参照）。例えば、実施の形態１で説明する表示装置を用いることができる。これにより、消費電力を低減することができる。

【０７９３】

表示領域１２３１は、行方向に配設される複数の画素１２３２（ｉ，１）乃至１２３２（ｉ，ｎ）と、列方向に配設される複数の画素１２３２（１，ｊ）乃至１２３２（ｍ，ｊ）と、複数の画素１２３２（ｉ，１）乃至１２３２（ｉ，ｎ）と電気的に接続される走査線ＧＬ１（ｉ）および走査線ＧＬ２（ｉ）と、複数の画素１２３２（１，ｊ）乃至１２３２（ｍ，ｊ）と電気的に接続される信号線ＳＬ１（ｊ）および信号線ＳＬ２（ｊ）と、を備える。なお、ｉは１以上ｍ以下の整数であり、ｊは１以上ｎ以下の整数であり、ｍおよびｎは１以上の整数である。

【０７９４】

なお、画素１２３２（ｉ，ｊ）は、画素回路として、スイッチＳＷ１、ＳＷ２、トラン

ジスタＭ、容量素子Ｃ１、Ｃ２を有する。また、画素１２３２（ｉ，ｊ）は、走査線ＧＬ１（ｉ）、走査線ＧＬ２（ｉ）、信号線ＳＬ１（ｊ）、信号線ＳＬ２（ｊ）、配線ＡＮＯ、配線ＣＳＣＯＭ、配線ＶＣＯＭ１および配線ＶＣＯＭ２と電気的に接続される（図５０（Ｃ）参照）。

【０７９５】

また、表示部は、複数の駆動回路を有することができる。例えば、表示部１２３０Ｂは、駆動回路ＧＤＡおよび駆動回路ＧＤＢを有することができる（図５０（Ｂ）参照）。

【０７９６】

≪駆動回路ＧＤ≫

駆動回路ＧＤは、制御情報に基づいて選択信号を供給する機能を有する。

【０７９７】

一例を挙げれば、制御情報に基づいて、３０Ｈｚ以上、好ましくは６０Ｈｚ以上の頻度で一の走査線に選択信号を供給する機能を備える。これにより、動画像をなめらかに表示することができる。

【０７９８】

例えば、制御情報に基づいて、３０Ｈｚ未満、好ましくは１Ｈｚ未満より好ましくは一分に一回未満の頻度で一の走査線に選択信号を供給する機能を備える。これにより、フリッカーが抑制された状態で静止画像を表示することができる。

【０７９９】

また、例えば、複数の駆動回路を備える場合、駆動回路ＧＤＡが選択信号を供給する頻度と、駆動回路ＧＤＢが選択信号を供給する頻度を、異ならせることができる。具体的には、動画像を滑らかに表示する領域に、静止画像をフリッカーが抑制された状態で表示する領域より高い頻度で選択信号を供給することができる。

【０８００】

≪駆動回路ＳＤ≫

駆動回路ＳＤは、画像情報Ｖ１に基づいて画像信号を供給する機能を有する。

【０８０１】

≪画素１２３２（ｉ，ｊ）≫

画素１２３２（ｉ，ｊ）は、第１の表示素子１２３５ＬＣおよび第１の表示素子１２３５ＬＣと重なる第２の表示素子１２３５ＥＬを備える。また、第１の表示素子１２３５ＬＣおよび第２の表示素子１２３５ＥＬを駆動する画素回路を備える（図５０（Ｃ）参照）。

【０８０２】

≪第１の表示素子１２３５ＬＣ≫

例えば、光の反射または透過を制御する機能を備える表示素子を、第１の表示素子１２３５ＬＣに用いることができる。例えば、液晶素子と偏光板を組み合わせた構成またはシャッター方式のＭＥＭＳ表示素子等を用いることができる。反射型の表示素子を用いることにより、表示装置の消費電力を抑制することができる。具体的には、反射型の液晶表示素子を第１の表示素子１２３５ＬＣに用いることができる。

【０８０３】

第１の表示素子１２３５ＬＣは、第１電極と、第２電極と、液晶層と、を有する。液晶層は、第１電極および第２電極の間の電圧を用いて配向を制御することができる液晶材料を含む。例えば、液晶層の厚さ方向（縦方向ともいう）、横方向または斜め方向の電界を、液晶材料の配向を制御する電界に用いることができる。

【０８０４】

≪第２の表示素子１２３５ＥＬ≫

例えば、光を射出する機能を備える表示素子を第２の表示素子１２３５ＥＬに用いることができる。具体的には、有機ＥＬ素子または無機ＥＬ素子を用いることができる。

【０８０５】

具体的には、白色の光を射出する機能を備える有機ＥＬ素子または無機ＥＬ素子を第２

の表示素子１２３５ＥＬに用いることができる。または、青色の光、緑色の光または赤色の光を射出する有機ＥＬ素子または無機ＥＬ素子を第２の表示素子１２３５ＥＬに用いることができる。

【０８０６】

≪画素回路≫

第１の表示素子または第２の表示素子を駆動する機能を備える回路を画素回路に用いることができる。

【０８０７】

スイッチ、トランジスタ、ダイオード、抵抗素子、インダクタまたは容量素子等を画素回路に用いることができる。

【０８０８】

例えば、単数または複数のトランジスタをスイッチに用いることができる。または、並列に接続された複数のトランジスタ、直列に接続された複数のトランジスタ、直列と並列が組み合わされて接続された複数のトランジスタを、一のスイッチに用いることができる。

【０８０９】

≪トランジスタ≫

例えば、同一の工程で形成することができる半導体膜を駆動回路および画素回路のトランジスタに用いることができる。

【０８１０】

例えば、ボトムゲート型のトランジスタまたはトップゲート型のトランジスタなどを用いることができる。

【０８１１】

ところで、例えば、アモルファスシリコンを半導体に用いるボトムゲート型のトランジスタの製造ラインは、酸化物半導体を半導体に用いるボトムゲート型のトランジスタの製造ラインに容易に改造できる。また、例えばポリシリコンを半導体に用いるトップゲート型の製造ラインは、酸化物半導体を半導体に用いるトップゲート型のトランジスタの製造ラインに容易に改造できる。

【０８１２】

例えば、第１４族の元素を含む半導体を用いるトランジスタを利用することができる。具体的には、シリコンを含む半導体を半導体膜に用いることができる。例えば、単結晶シリコン、ポリシリコン、微結晶シリコンまたはアモルファスシリコンなどを半導体膜に用いたトランジスタを用いることができる。

【０８１３】

なお、半導体にポリシリコンを用いるトランジスタの作製に要する温度は、半導体に単結晶シリコンを用いるトランジスタに比べて低い。

【０８１４】

また、ポリシリコンを半導体に用いるトランジスタの電界効果移動度は、アモルファスシリコンを半導体に用いるトランジスタに比べて高い。これにより、画素の開口率を向上することができる。また、極めて高い精細度で設けられた画素と、ゲート駆動回路およびソース駆動回路を同一の基板上に形成することができる。その結果、電子機器を構成する部品数を低減することができる。

【０８１５】

また、ポリシリコンを半導体に用いるトランジスタの信頼性は、アモルファスシリコンを半導体に用いるトランジスタに比べて優れる。

【０８１６】

例えば、酸化物半導体を用いるトランジスタを利用することができる。具体的には、インジウムを含む酸化物半導体またはインジウムとガリウムと亜鉛を含む酸化物半導体を半導体膜に用いることができる。

【０８１７】

一例を挙げれば、オフ状態におけるリーク電流が、半導体膜にアモルファスシリコンを用いたトランジスタより小さいトランジスタを用いることができる。具体的には、半導体膜に酸化物半導体を用いたトランジスタを用いることができる。

【０８１８】

これにより、画素回路が画像信号を保持することができる時間を、アモルファスシリコンを半導体膜に用いたトランジスタを利用する画素回路が保持することができる時間より長くすることができる。具体的には、フリッカーの発生を抑制しながら、選択信号を３０Ｈｚ未満、好ましくは１Ｈｚ未満より好ましくは一分に一回未満の頻度で供給することができる。その結果、情報処理装置の使用者に蓄積する疲労を低減することができる。また、駆動に伴う消費電力を低減することができる。

【０８１９】

また、例えば、化合物半導体を用いるトランジスタを利用することができる。具体的には、ガリウムヒ素を含む半導体を半導体膜に用いることができる。

【０８２０】

例えば、有機半導体を用いるトランジスタを利用することができる。具体的には、ポリアセン類またはグラフェンを含む有機半導体を半導体膜に用いることができる。

【０８２１】

≪入力部１２４０≫

さまざまなヒューマンインターフェイス等を入力部１２４０に用いることができる（図４９（Ａ）参照）。

【０８２２】

例えば、キーボード、マウス、タッチセンサ、マイクまたはカメラ等を入力部１２４０に用いることができる。なお、表示部１２３０に重なる領域を備えるタッチセンサを用いることができる。表示部１２３０と表示部１２３０に重なる領域を備えるタッチセンサを備える入出力装置を、タッチパネルということができる。

【０８２３】

例えば、使用者は、タッチパネルに触れた指をポインタに用いて様々なジェスチャー（タップ、ドラッグ、スワイプまたはピンチイン等）をすることができる。

【０８２４】

例えば、演算装置１２１０は、タッチパネルに接触する指の位置または軌跡等の情報を解析し、解析結果が所定の条件を満たすとき、特定のジェスチャーが供給されたとすることができる。これにより、使用者は、所定のジェスチャーにあらかじめ関連付けられた所定の操作命令を、当該ジェスチャーを用いて入力部１２４０に供給できる。

【０８２５】

一例を挙げれば、使用者は、画像情報の表示位置を変更する「スクロール命令」を、タッチパネルに沿ってタッチパネルに接触する指を移動するジェスチャーを用いて供給できる。

【０８２６】

≪検知部１２５０≫

検知部１２５０は、周囲の状態を検知して情報Ｐ２を取得する機能を備える。

【０８２７】

例えば、撮像素子、加速度センサ、方位センサ、圧力センサ、温度センサ、湿度センサ、照度センサまたはＧＰＳ（Ｇｌｏｂａｌ　ｐｏｓｉｔｉｏｎｉｎｇ　Ｓｙｓｔｅｍ）信号受信回路等を、検知部１２５０に用いることができる。

【０８２８】

例えば、検知部１２５０の照度センサが検知した周囲の明るさを、演算装置１２１０が、所定の照度と比較して十分に明るいと判断した場合、画像情報を第１の表示素子１２３５ＬＣを使用して表示する。または、薄暗いと判断した場合、画像情報を第１の表示素子１２３５ＬＣおよび第２の表示素子１２３５ＥＬを使用して表示する。または、暗いと判断した場合、画像情報を第２の表示素子１２３５ＥＬを使用して表示する。

【０８２９】
具体的には、反射型の液晶素子または／および有機ＥＬ素子を用いて、周囲の明るさに基づいて画像を表示する。
【０８３０】
これにより、例えば、外光の強い環境において反射型の表示素子を用い、薄暗い環境において自発光型の表示素子を用いて画像情報を表示することができる。その結果、消費電力が低減された、利便性または信頼性に優れた新規な情報処理装置を提供することができる。
【０８３１】
例えば、環境光の色度を検出する機能を備えるセンサを検知部１２５０に用いることができる。具体的には、ＣＣＤカメラ等を用いることができる。これにより、例えば、検知部１２５０が検出した環境光の色度に基づいて、ホワイトバランスの偏りを補うことができる。
【０８３２】
具体的には、第１のステップにおいて、環境光のホワイトバランスの偏りを検知する。
【０８３３】
第２のステップにおいて、第１の表示素子を用いて環境光を反射して表示する画像に不足する色の光の強さを予測する。
【０８３４】
第３のステップにおいて、第１の表示素子を用いて環境光を反射し、第２の表示素子を用いて不足する色の光を補うように光を射出して、画像を表示する。
【０８３５】
これにより、ホワイトバランスが偏った環境光を第１の表示素子が反射する光と、第２の表示素子が射出する光を用いて、ホワイトバランスの偏りが補正された表示をすることができる。その結果、消費電力が低減された、またはホワイトバランスが整えられた画像を表示することができる、利便性または信頼性に優れた新規な情報処理装置を提供することができる。
【０８３６】
≪通信部１２９０≫
通信部１２９０は、ネットワークに情報を供給し、ネットワークから情報を取得する機能を備える。
【０８３７】
≪プログラム≫
図５１および図５２を参照しながら、本発明の一態様を、本発明の一態様のプログラムを用いて説明する。
【０８３８】
図５１（Ａ）は、本発明の一態様のプログラムの主の処理を説明するフローチャートであり、図５１（Ｂ）は、割り込み処理を説明するフローチャートである。
【０８３９】
図５２は、表示部１２３０に画像情報を表示する方法を説明する模式図である。
【０８４０】
本発明の一態様のプログラムは、下記のステップを有するプログラムである（図５１（Ａ）参照）。
【０８４１】
第１のステップにおいて、設定を初期化する（図５１（Ａ）（Ｓ１）参照）。
【０８４２】
一例を挙げれば、所定の画像情報と第２のモードを初期設定に用いることができる。
【０８４３】
例えば、静止画像を所定の画像情報に用いることができる。または、選択信号を３０Ｈｚ未満、好ましくは１Ｈｚ未満より好ましくは一分に一回未満の頻度で供給するモードを

第２のモードに用いることができる。
【０８４４】
第２のステップにおいて、割り込み処理を許可する（図５１（Ａ）（Ｓ２）参照）。なお、割り込み処理が許可された演算装置は、主の処理と並行して割り込み処理を行うことができる。割り込み処理から主の処理に復帰した演算装置は、割り込み処理をして得た結果を主の処理に反映することができる。
【０８４５】
なお、カウンタの値が初期値であるとき、演算装置に割り込み処理をさせ、割り込み処理から復帰する際に、カウンタを初期値以外の値としてもよい。これにより、プログラムを起動した後に常に割り込み処理をさせることができる。
【０８４６】
第３のステップにおいて、第１のステップまたは割り込み処理において選択された、所定のモードで画像情報を表示する（図５１（Ａ）（Ｓ３）参照）。
【０８４７】
一例を挙げれば、初期設定に基づいて、第２のモードで所定の画像情報を表示する。
【０８４８】
具体的には、３０Ｈｚ未満、好ましくは１Ｈｚ未満より好ましくは一分に一回未満の頻度で一の走査線に選択信号を供給するモードを用いて、所定の画像情報を表示する。
【０８４９】
例えば、時刻Ｔ１に選択信号を供給し、表示部１２３０に第１の画像情報ＰＩＣ１を表示する（図５２参照）。また、例えば１秒後の時刻Ｔ２に選択信号を供給し所定の画像情報を表示する。
【０８５０】
または、割り込み処理において所定のイベントが供給されない場合において、第２のモードで一の画像情報を表示する。
【０８５１】
例えば、時刻Ｔ５に選択信号を供給し、表示部１２３０に第４の画像情報ＰＩＣ４を表示する。また、例えば１秒後の時刻Ｔ６に選択信号を供給し同一の画像情報を表示する。なお、時刻Ｔ５から時刻Ｔ６までの期間は、時刻Ｔ１から時刻Ｔ２までの期間と同じにすることができる。
【０８５２】
一例を挙げれば、割り込み処理において、所定のイベントが供給された場合、第１のモードで所定の画像情報を表示する。
【０８５３】
具体的には、割り込み処理において、「ページめくり命令」と関連付けられたイベントが供給された場合、３０Ｈｚ以上、好ましくは６０Ｈｚ以上の頻度で一の走査線に選択信号を供給するモードを用いて、表示されている一の画像情報から他の画像情報に表示を切り替える。
【０８５４】
または、割り込み処理において、「スクロール命令」と関連付けられたイベントが供給された場合、３０Ｈｚ以上、好ましくは６０Ｈｚ以上の頻度で一の走査線に選択信号を供給するモードを用いて、表示されていた第１の画像情報ＰＩＣ１の一部およびそれに連続する部分を含む第２の画像情報ＰＩＣ２を表示する。
【０８５５】
これにより、例えば「ページめくり命令」に伴って画像が徐々に切り替わる動画像を滑らかに表示することができる。または、「スクロール命令」に伴って画像が徐々に移動する動画像を滑らかに表示することができる。
【０８５６】
具体的には、「スクロール命令」と関連付けられたイベントが供給された後の時刻Ｔ３に選択信号を供給し、表示位置等が変更された第２の画像情報ＰＩＣ２を表示する（図５

２参照）。また、時刻Ｔ４に選択信号を供給し、さらに表示位置等が変更された第３の画像情報ＰＩＣ３を表示する。なお、時刻Ｔ２から時刻Ｔ３までの期間、時刻Ｔ３から時刻Ｔ４までの期間および時刻Ｔ４から時刻Ｔ５までの期間は、時刻Ｔ１から時刻Ｔ２までの期間より短い。

【０８５７】

第４のステップにおいて、終了命令が供給された場合は第５のステップに進み、終了命令が供給されなかった場合は第３のステップに進むように選択する（図５１（Ａ）（Ｓ４）参照）。

【０８５８】

なお、例えば、割り込み処理において、終了命令を供給することができる。

【０８５９】

第５のステップにおいて、終了する（図５１（Ａ）（Ｓ５）参照）。

【０８６０】

割り込み処理は以下の第６のステップ乃至第９のステップを備える（図５１（Ｂ）参照）。

【０８６１】

第６のステップにおいて、所定の期間の間に所定のイベントが供給された場合は、第７のステップに進み、所定のイベントが供給されなかった場合は、第８のステップに進む（図５１（Ｂ）（Ｓ６）参照）。

【０８６２】

例えば、０．５秒未満好ましくは０．１秒未満を所定の期間とすることができる。

【０８６３】

また、例えば終了命令を関連付けたイベントを所定のイベントに含めることができる。

【０８６４】

第７のステップにおいて、第１のモードを選択する（図５１（Ｂ）（Ｓ７）参照）。

【０８６５】

第８のステップにおいて、第２のモードを選択する（図５１（Ｂ）（Ｓ８）参照）。

【０８６６】

第９のステップにおいて、割り込み処理から復帰する（図５１（Ｂ）（Ｓ９）参照）。

【０８６７】

≪所定のイベント≫

様々な命令に様々なイベントを関連付けることができる。

【０８６８】

例えば、表示されている一の画像情報から他の画像情報に表示を切り替える「ページめくり命令」、一の画像情報の表示されている一部分の表示位置を移動して、一部分に連続する他の部分を表示する「スクロール命令」などがある。

【０８６９】

例えば、マウス等のポインティング装置を用いて供給する、「クリック」や「ドラッグ」等のイベント、指等をポインタに用いてタッチパネルに供給する、「タップ」、「ドラッグ」または「スワイプ」等のイベントを用いることができる。

【０８７０】

例えば、ポインタを用いて指し示すスライドバーの位置、スワイプの速度、ドラッグの速度等を用いて、さまざまな命令に引数を与えることができる。

【０８７１】

具体的には、「ページめくり命令」を実行する際に用いるページをめくる速度などを決定する引数や、「スクロール命令」を実行する際に用いる表示位置を移動する速度などを決定する引数を与えることができる。

【０８７２】

また、例えば、ページをめくる速度または／およびスクロール速度に応じて、表示の明るさ、コントラストまたは色味を変化してもよい。

【０８７３】
具体的には、ページをめくる速度または／およびスクロール速度が所定の速度より速い場合に、速度と同期して表示の明るさが暗くなるように表示してもよい。
【０８７４】
または、ページをめくる速度または／およびスクロール速度が所定の速度より速い場合に、速度と同期してコントラストが低下するように表示してもよい。
【０８７５】
例えば、表示されている画像を目で追いかけ難い速度を、所定の速度に用いることができる。
【０８７６】
また、画像情報に含まれる明るい階調の領域を暗い階調に近づけてコントラストを低下する方法を用いることができる。
【０８７７】
また、画像情報に含まれる暗い階調の領域を明るい階調に近づけてコントラストを低下する方法を用いることができる。
【０８７８】
具体的には、ページをめくる速度または／およびスクロール速度が所定の速度より速い場合に、速度と同期して黄色味が強くなるように表示してもよい。または、青みが弱くなるように表示してもよい。
【０８７９】
ところで、検知部１２５０を用いて情報処理装置の使用環境を検知して、検知された情報に基づいて、画像情報を生成してもよい。例えば、環境の明るさ等を検知して、画像情報の背景に使用者の嗜好に合わせた色を用いることができる（図４９（Ｂ）参照）。
【０８８０】
ところで、通信部１２９０を用いて特定の空間に配信された情報を受信して、受信した情報に基づいて、画像情報を生成してもよい。例えば、学校または大学等の教室で配信される教材を受信して表示して、教科書に用いることができる。または、企業等の会議室で配信される資料を受信して表示することができる（図４９（Ｃ）参照）。
【０８８１】
これにより、情報処理装置１２００を使用する使用者に好適な環境を提供することができる。
【０８８２】
なお、本実施の形態は、本明細書で示す他の実施の形態及び実施例と適宜組み合わせることができる。
【０８８３】
（実施の形態７）
本実施の形態では、電力が供給されない状況でも記憶内容の保持が可能で、かつ、書き込み回数にも制限が無い半導体装置（記憶装置）、およびそれを含むＣＰＵについて図５３乃至図５５を用いて説明する。本実施の形態で説明するＣＰＵは、例えば、実施の形態５で説明する情報処理装置に用いる事が出来る。
【０８８４】
＜記憶装置＞
電力が供給されない状況でも記憶内容の保持が可能で、かつ、書き込み回数にも制限が無い半導体装置（記憶装置）の一例を図５３に示す。なお、図５３（Ｂ）は図５３（Ａ）を回路図で表した図である。
【０８８５】
図５３（Ａ）及び（Ｂ）に示す半導体装置は、第１の半導体材料を用いたトランジスタ３２００と第２の半導体材料を用いたトランジスタ３３００、および容量素子３４００を有している。
【０８８６】

第１の半導体材料と第２の半導体材料は異なるエネルギーギャップを持つ材料とすることが好ましい。例えば、第１の半導体材料を酸化物半導体以外の半導体材料（シリコン（歪シリコン含む）、ゲルマニウム、シリコンゲルマニウム、炭化シリコン、ガリウムヒ素、アルミニウムガリウムヒ素、インジウムリン、窒化ガリウム、有機半導体など）とし、第２の半導体材料を酸化物半導体とすることができる。酸化物半導体以外の材料として単結晶シリコンなどを用いたトランジスタは、高速動作が容易である。一方で、酸化物半導体を用いたトランジスタは、オフ電流が低い。

【０８８７】

トランジスタ３３００は、酸化物半導体を有する半導体層にチャネルが形成されるトランジスタである。トランジスタ３３００は、オフ電流が小さいため、これを用いることにより長期にわたり記憶内容を保持することが可能である。つまり、リフレッシュ動作を必要としない、或いは、リフレッシュ動作の頻度が極めて少ない半導体記憶装置とすることが可能となるため、消費電力を十分に低減することができる。

【０８８８】

図５３（Ｂ）において、第１の配線３００１はトランジスタ３２００のソース電極と電気的に接続され、第２の配線３００２はトランジスタ３２００のドレイン電極と電気的に接続されている。また、第３の配線３００３はトランジスタ３３００のソース電極またはドレイン電極の一方と電気的に接続され、第４の配線３００４はトランジスタ３３００のゲート電極と電気的に接続されている。そして、トランジスタ３２００のゲート電極、およびトランジスタ３３００のソース電極またはドレイン電極の他方は、容量素子３４００の電極の一方と電気的に接続され、第５の配線３００５は容量素子３４００の電極の他方と電気的に接続されている。

【０８８９】

図５３（Ａ）に示す半導体装置では、トランジスタ３２００のゲート電極の電位が保持可能という特徴を活かすことで、次のように、情報の書き込み、保持、読み出しが可能である。

【０８９０】

情報の書き込みおよび保持について説明する。まず、第４の配線３００４の電位を、トランジスタ３３００がオン状態となる電位にして、トランジスタ３３００をオン状態とする。これにより、第３の配線３００３の電位が、トランジスタ３２００のゲート電極、および容量素子３４００に与えられる。すなわち、トランジスタ３２００のゲート電極には、所定の電荷が与えられる（書き込み）。ここでは、異なる二つの電位レベルを与える電荷（以下Ｌｏｗレベル電荷、Ｈｉｇｈレベル電荷という）のいずれかが与えられるとする。その後、第４の配線３００４の電位を、トランジスタ３３００がオフ状態となる電位にして、トランジスタ３３００をオフ状態とすることにより、トランジスタ３２００のゲート電極に与えられた電荷が保持される（保持）。

【０８９１】

トランジスタ３３００のオフ電流は極めて小さいため、トランジスタ３２００のゲート電極の電荷は長時間にわたって保持される。

【０８９２】

次に情報の読み出しについて説明する。第１の配線３００１に所定の電位（定電位）を与えた状態で、第５の配線３００５に適切な電位（読み出し電位）を与えると、トランジスタ３２００のゲート電極に保持された電荷量に応じて、第２の配線３００２は異なる電位をとる。一般に、トランジスタ３２００をｎチャネル型とすると、トランジスタ３２００のゲート電極にＨｉｇｈレベル電荷が与えられている場合の見かけのしきい値Ｖｔｈ＿Ｈは、トランジスタ３２００のゲート電極にＬｏｗレベル電荷が与えられている場合の見かけのしきい値Ｖｔｈ＿Ｌより低くなるためである。ここで、見かけのしきい値電圧とは、トランジスタ３２００を「オン状態」とするために必要な第５の配線３００５の電位をいう。したがって、第５の配線３００５の電位をＶｔｈ＿ＨとＶｔｈ＿Ｌの間の電位Ｖ０とすることにより、トランジスタ３２００のゲート電極に与えられた電荷を判別できる。

例えば、書き込みにおいて、Ｈｉｇｈレベル電荷が与えられていた場合には、第５の配線３００５の電位がＶ０（＞Ｖｔｈ＿Ｈ）となれば、トランジスタ３２００は「オン状態」となる。Ｌｏｗレベル電荷が与えられていた場合には、第５の配線３００５の電位がＶ０（＜Ｖｔｈ＿Ｌ）となっても、トランジスタ３２００は「オフ状態」のままである。このため、第２の配線３００２の電位を判別することで、保持されている情報を読み出すことができる。

【０８９３】

図５３（Ｃ）に示す半導体装置は、トランジスタ３２００を設けていない点で図５３（Ａ）と相違している。この場合も上記と同様の動作により情報の書き込みおよび保持動作が可能である。

【０８９４】

次に、図５３（Ｃ）に示す半導体装置の情報の読み出しについて説明する。トランジスタ３３００がオン状態となると、浮遊状態である第３の配線３００３と容量素子３４００とが導通し、第３の配線３００３と容量素子３４００の間で電荷が再分配される。その結果、第３の配線３００３の電位が変化する。第３の配線３００３の電位の変化量は、容量素子３４００の電極の一方の電位（または容量素子３４００に蓄積された電荷）によって、異なる値をとる。

【０８９５】

例えば、容量素子３４００の電極の一方の電位をＶ、容量素子３４００の容量をＣ、第３の配線３００３が有する容量成分をＣＢ、電荷が再分配される前の第３の配線３００３の電位をＶＢ０とすると、電荷が再分配された後の第３の配線３００３の電位は、（ＣＢ×ＶＢ０＋Ｃ×Ｖ）／（ＣＢ＋Ｃ）となる。従って、メモリセルの状態として、容量素子３４００の電極の一方の電位がＶ１とＶ０（Ｖ１＞Ｖ０）の２状態をとるとすると、電位Ｖ１を保持している場合のビット線ＢＬの電位（＝（ＣＢ×ＶＢ０＋Ｃ×Ｖ１）／（ＣＢ＋Ｃ））は、電位Ｖ０を保持している場合のビット線ＢＬの電位（＝（ＣＢ×ＶＢ０＋Ｃ×Ｖ０）／（ＣＢ＋Ｃ））よりも高くなることがわかる。

【０８９６】

そして、第３の配線３００３の電位を所定の電位と比較することで、情報を読み出すことができる。

【０８９７】

この場合、メモリセルを駆動させるための駆動回路に上記第１の半導体材料が適用されたトランジスタを用い、トランジスタ３３００として第２の半導体材料が適用されたトランジスタを駆動回路上に積層して設ける構成とすればよい。

【０８９８】

本実施の形態に示す半導体装置では、チャネル形成領域に酸化物半導体を用いたオフ電流の極めて小さいトランジスタを適用することで、極めて長期にわたり記憶内容を保持することが可能である。つまり、リフレッシュ動作が不要となるか、または、リフレッシュ動作の頻度を極めて低くすることが可能となるため、消費電力を十分に低減することができる。また、電力の供給がない場合（ただし、電位は固定されていることが望ましい）であっても、長期にわたって記憶内容を保持することが可能である。

【０８９９】

また、本実施の形態に示す半導体装置では、情報の書き込みに高い電圧を必要とせず、素子の劣化の問題もない。例えば、従来の不揮発性メモリのように、フローティングゲートへの電子の注入や、フローティングゲートからの電子の引き抜きを行う必要がないため、ゲート絶縁膜の劣化といった問題が全く生じない。すなわち、本実施の形態に示す半導体装置では、従来の不揮発性メモリで問題となっている書き換え可能回数に制限はなく、信頼性が飛躍的に向上する。さらに、トランジスタのオン状態、オフ状態によって、情報の書き込みが行われるため、高速な動作も容易に実現しうる。

【０９００】

なお、上記の記憶装置は、例えば、ＣＰＵ（Ｃｅｎｔｒａｌ　Ｐｒｏｃｅｓｓｉｎｇ

Ｕｎｉｔ）の他に、ＤＳＰ（Ｄｉｇｉｔａｌ Ｓｉｇｎａｌ Ｐｒｏｃｅｓｓｏｒ）、カスタムＬＳＩ、ＰＬＤ（Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ Ｌｏｇｉｃ Ｄｅｖｉｃｅ）等のＬＳＩ、ＲＦ－ＩＤ（Ｒａｄｉｏ Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ Ｉｄｅｎｔｉｆｉｃａｔｉｏｎ）にも応用可能である。

【０９０１】

＜ＣＰＵ＞

以下で、上記の記憶装置を含むＣＰＵについて説明する。

【０９０２】

図５４は、上記の記憶装置を含むＣＰＵの一例の構成を示すブロック図である。

【０９０３】

図５４に示すＣＰＵは、基板２１９０上に、ＡＬＵ２１９１（ＡＬＵ：Ａｒｉｔｈｍｅｔｉｃ ｌｏｇｉｃ ｕｎｉｔ、演算回路）、ＡＬＵコントローラ２１９２、インストラクションデコーダ２１９３、インタラプトコントローラ２１９４、タイミングコントローラ２１９５、レジスタ２１９６、レジスタコントローラ２１９７、バスインターフェース２１９８（Ｂｕｓ Ｉ／Ｆ）、書き換え可能なＲＯＭ２１９９、及びＲＯＭインターフェース２１８９（ＲＯＭ Ｉ／Ｆ）を有している。基板２１９０は、半導体基板、ＳＯＩ基板、ガラス基板などを用いる。ＲＯＭ２１９９及びＲＯＭインターフェース２１８９は、別チップに設けてもよい。もちろん、図５４に示すＣＰＵは、その構成を簡略化して示した一例にすぎず、実際のＣＰＵはその用途によって多種多様な構成を有している。例えば、図５４に示すＣＰＵまたは演算回路を含む構成を一つのコアとし、当該コアを複数含み、それぞれのコアが並列で動作するような構成としてもよい。また、ＣＰＵが内部演算回路やデータバスで扱えるビット数は、例えば８ビット、１６ビット、３２ビット、６４ビットなどとすることができる。

【０９０４】

バスインターフェース２１９８を介してＣＰＵに入力された命令は、インストラクションデコーダ２１９３に入力され、デコードされた後、ＡＬＵコントローラ２１９２、インタラプトコントローラ２１９４、レジスタコントローラ２１９７、タイミングコントローラ２１９５に入力される。

【０９０５】

ＡＬＵコントローラ２１９２、インタラプトコントローラ２１９４、レジスタコントローラ２１９７、タイミングコントローラ２１９５は、デコードされた命令に基づき、各種制御を行なう。具体的にＡＬＵコントローラ２１９２は、ＡＬＵ２１９１の動作を制御するための信号を生成する。また、インタラプトコントローラ２１９４は、ＣＰＵのプログラム実行中に、外部の入出力装置や、周辺回路からの割り込み要求を、その優先度やマスク状態から判断し、処理する。レジスタコントローラ２１９７は、レジスタ２１９６のアドレスを生成し、ＣＰＵの状態に応じてレジスタ２１９６の読み出しや書き込みを行なう。

【０９０６】

また、タイミングコントローラ２１９５は、ＡＬＵ２１９１、ＡＬＵコントローラ２１９２、インストラクションデコーダ２１９３、インタラプトコントローラ２１９４、及びレジスタコントローラ２１９７の動作のタイミングを制御する信号を生成する。例えばタイミングコントローラ２１９５は、基準クロック信号を元に、内部クロック信号を生成する内部クロック生成部を備えており、内部クロック信号を上記各種回路に供給する。

【０９０７】

図５４に示すＣＰＵでは、レジスタ２１９６に、記憶装置が設けられている。

【０９０８】

図５４に示すＣＰＵにおいて、レジスタコントローラ２１９７は、ＡＬＵ２１９１からの指示に従い、レジスタ２１９６における保持動作の選択を行う。すなわち、レジスタ２１９６が有する記憶装置において、フリップフロップによるデータの保持を行うか、容量素子によるデータの保持を行うかを、選択する。フリップフロップによるデータの保持が

選択されている場合、レジスタ２１９６内の記憶装置への、電源電圧の供給が行われる。容量素子におけるデータの保持が選択されている場合、容量素子へのデータの書き換えが行われ、レジスタ２１９６内の記憶装置への電源電圧の供給を停止することができる。

【０９０９】

図５５は、レジスタ２１９６として用いることのできる記憶素子の回路図の一例である。記憶素子２２００は、電源遮断で記憶データが揮発する回路２２０１と、電源遮断で記憶データが揮発しない回路２２０２と、スイッチ２２０３と、スイッチ２２０４と、論理素子２２０６と、容量素子２２０７と、選択機能を有する回路２２２０と、を有する。回路２２０２は、容量素子２２０８と、トランジスタ２２０９と、トランジスタ２２１０と、を有する。なお、記憶素子２２００は、必要に応じて、ダイオード、抵抗素子、インダクタなどのその他の素子をさらに有していても良い。

【０９１０】

ここで、回路２２０２には、上述した記憶装置を用いることができる。記憶素子２２００への電源電圧の供給が停止した際、回路２２０２のトランジスタ２２０９のゲートには接地電位（０Ｖ）、またはトランジスタ２２０９がオフする電位が入力され続ける構成とする。例えば、トランジスタ２２０９のゲートが抵抗等の負荷を介して接地される構成とする。

【０９１１】

スイッチ２２０３は、一導電型（例えば、ｎチャネル型）のトランジスタ２２１３を用いて構成され、スイッチ２２０４は、一導電型とは逆の導電型（例えば、ｐチャネル型）のトランジスタ２２１４を用いて構成した例を示す。ここで、スイッチ２２０３の第１の端子はトランジスタ２２１３のソースとドレインの一方に対応し、スイッチ２２０３の第２の端子はトランジスタ２２１３のソースとドレインの他方に対応し、スイッチ２２０３はトランジスタ２２１３のゲートに入力される制御信号ＲＤによって、第１の端子と第２の端子の間の導通または非導通（つまり、トランジスタ２２１３のオン状態またはオフ状態）が選択される。スイッチ２２０４の第１の端子はトランジスタ２２１４のソースとドレインの一方に対応し、スイッチ２２０４の第２の端子はトランジスタ２２１４のソースとドレインの他方に対応し、スイッチ２２０４はトランジスタ２２１４のゲートに入力される制御信号ＲＤによって、第１の端子と第２の端子の間の導通または非導通（つまり、トランジスタ２２１４のオン状態またはオフ状態）が選択される。

【０９１２】

トランジスタ２２０９のソースとドレインの一方は、容量素子２２０８の一対の電極のうちの一方、及びトランジスタ２２１０のゲートと電気的に接続される。ここで、接続部分をノードＭ２とする。トランジスタ２２１０のソースとドレインの一方は、低電源電位を供給することのできる配線（例えばＧＮＤ線）に電気的に接続され、他方は、スイッチ２２０３の第１の端子（トランジスタ２２１３のソースとドレインの一方）と電気的に接続される。スイッチ２２０３の第２の端子（トランジスタ２２１３のソースとドレインの他方）はスイッチ２２０４の第１の端子（トランジスタ２２１４のソースとドレインの一方）と電気的に接続される。スイッチ２２０４の第２の端子（トランジスタ２２１４のソースとドレインの他方）は電源電位ＶＤＤを供給することのできる配線と電気的に接続される。スイッチ２２０３の第２の端子（トランジスタ２２１３のソースとドレインの他方）と、スイッチ２２０４の第１の端子（トランジスタ２２１４のソースとドレインの一方）と、論理素子２２０６の入力端子と、容量素子２２０７の一対の電極のうちの一方と、は電気的に接続される。ここで、接続部分をノードＭ１とする。容量素子２２０７の一対の電極のうちの他方は、一定の電位が入力される構成とすることができる。例えば、低電源電位（ＧＮＤ等）または高電源電位（ＶＤＤ等）が入力される構成とすることができる。容量素子２２０７の一対の電極のうちの他方は、低電源電位を供給することのできる配線（例えばＧＮＤ線）と電気的に接続される。容量素子２２０８の一対の電極のうちの他方は、一定の電位が入力される構成とすることができる。例えば、低電源電位（ＧＮＤ等）または高電源電位（ＶＤＤ等）が入力される構成とすることができる。容量素子２２０

８の一対の電極のうちの他方は、低電源電位を供給することのできる配線（例えばＧＮＤ線）と電気的に接続される。

【０９１３】

なお、容量素子２２０７及び容量素子２２０８は、トランジスタや配線の寄生容量等を積極的に利用することによって省略することも可能である。

【０９１４】

トランジスタ２２０９のゲートには、制御信号ＷＥが入力される。スイッチ２２０３及びスイッチ２２０４は、制御信号ＷＥとは異なる制御信号ＲＤによって第１の端子と第２の端子の間の導通状態または非導通状態を選択され、一方のスイッチの第１の端子と第２の端子の間が導通状態のとき他方のスイッチの第１の端子と第２の端子の間は非導通状態となる。

【０９１５】

トランジスタ２２０９のソースとドレインの他方には、回路２２０１に保持されたデータに対応する信号が入力される。図５５では、回路２２０１から出力された信号が、トランジスタ２２０９のソースとドレインの他方に入力される例を示した。スイッチ２２０３の第２の端子（トランジスタ２２１３のソースとドレインの他方）から出力される信号は、論理素子２２０６によってその論理値が反転された反転信号となり、回路２２２０を介して回路２２０１に入力される。

【０９１６】

なお、図５５では、スイッチ２２０３の第２の端子（トランジスタ２２１３のソースとドレインの他方）から出力される信号は、論理素子２２０６及び回路２２２０を介して回路２２０１に入力する例を示したがこれに限定されない。スイッチ２２０３の第２の端子（トランジスタ２２１３のソースとドレインの他方）から出力される信号が、論理値を反転させられることなく、回路２２０１に入力されてもよい。例えば、回路２２０１内に、入力端子から入力された信号の論理値が反転した信号が保持されるノードが存在する場合に、スイッチ２２０３の第２の端子（トランジスタ２２１３のソースとドレインの他方）から出力される信号を当該ノードに入力することができる。

【０９１７】

また、図５５において、記憶素子２２００に用いられるトランジスタのうち、トランジスタ２２０９以外のトランジスタは、酸化物半導体以外の半導体でなる層または基板２１９０にチャネルが形成されるトランジスタとすることができる。例えば、シリコン層またはシリコン基板にチャネルが形成されるトランジスタとすることができる。また、記憶素子２２００に用いられるトランジスタ全てを、チャネルが酸化物半導体膜で形成されるトランジスタとすることもできる。または、記憶素子２２００は、トランジスタ２２０９以外にも、チャネルが酸化物半導体膜で形成されるトランジスタを含んでいてもよく、残りのトランジスタは酸化物半導体以外の半導体でなる層または基板２１９０にチャネルが形成されるトランジスタとすることもできる。

【０９１８】

図５５における回路２２０１には、例えばフリップフロップを用いることができる。また、論理素子２２０６としては、例えばインバータやクロックドインバータ等を用いることができる。

【０９１９】

本実施の形態に示す半導体装置では、記憶素子２２００に電源電圧が供給されない間は、回路２２０１に記憶されていたデータを、回路２２０２に設けられた容量素子２２０８によって保持することができる。

【０９２０】

また、酸化物半導体膜にチャネルが形成されるトランジスタはオフ電流が極めて小さい。例えば、酸化物半導体膜にチャネルが形成されるトランジスタのオフ電流は、結晶性を有するシリコンにチャネルが形成されるトランジスタのオフ電流に比べて著しく低い。そのため、酸化物半導体膜にチャネルが形成されるトランジスタをトランジスタ２２０９と

して用いることによって、記憶素子２２００に電源電圧が供給されない間も容量素子２２０８に保持された信号は長期間にわたり保たれる。こうして、記憶素子２２００は電源電圧の供給が停止した間も記憶内容（データ）を保持することが可能である。

【０９２１】

また、スイッチ２２０３及びスイッチ２２０４を設けることによって、プリチャージ動作を行うことを特徴とする記憶素子であるため、電源電圧供給再開後に、回路２２０１が元のデータを保持しなおすまでの時間を短くすることができる。

【０９２２】

また、回路２２０２において、容量素子２２０８によって保持された信号はトランジスタ２２１０のゲートに入力される。そのため、記憶素子２２００への電源電圧の供給が再開された後、容量素子２２０８によって保持された信号に応じて、トランジスタ２２１０の状態（オン状態、またはオフ状態）が決まり、回路２２０２から読み出すことができる。それ故、容量素子２２０８に保持された信号に対応する電位が多少変動していても、元の信号を正確に読み出すことが可能である。

【０９２３】

このような記憶素子２２００を、プロセッサが有するレジスタやキャッシュメモリなどの記憶装置に用いることで、電源電圧の供給停止による記憶装置内のデータの消失を防ぐことができる。また、電源電圧の供給を再開した後、短時間で電源供給停止前の状態に復帰することができる。よって、プロセッサ全体、もしくはプロセッサを構成する一つ、または複数の論理回路において、短い時間でも電源停止を行うことができるため、消費電力を抑えることができる。

【０９２４】

なお、本実施の形態では、記憶素子２２００をＣＰＵに用いる例として説明したが、記憶素子２２００は、ＤＳＰ（Ｄｉｇｉｔａｌ　Ｓｉｇｎａｌ　Ｐｒｏｃｅｓｓｏｒ）、カスタムＬＳＩ、ＰＬＤ（Ｐｒｏｇｒａｍｍａｂｌｅ　Ｌｏｇｉｃ　Ｄｅｖｉｃｅ）等のＬＳＩ、ＲＦ－ＩＤ（Ｒａｄｉｏ　Ｆｒｅｑｕｅｎｃｙ　Ｉｄｅｎｔｉｆｉｃａｔｉｏｎ）にも応用可能である。

【０９２５】

本実施の形態は、少なくともその一部を本明細書中に記載する他の実施の形態及び実施例と適宜組み合わせて実施することができる。

【０９２６】

（実施の形態８）

本実施の形態では、本発明の一態様の表示装置を有する電子機器について、図５６を用いて説明を行う。

【０９２７】

図５６（Ａ）乃至図５６（Ｇ）は、電子機器を示す図である。これらの電子機器は、筐体５０００、表示部５００１、スピーカ５００３、ＬＥＤランプ５００４、操作キー５００５（電源スイッチ、又は操作スイッチを含む）、接続端子５００６、センサ５００７（力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、におい又は赤外線を測定する機能を含むもの）、マイクロフォン５００８、等を有することができる。

【０９２８】

図５６（Ａ）はモバイルコンピュータであり、上述したものの他に、スイッチ５００９、赤外線ポート５０１０、等を有することができる。図５６（Ｂ）は記録媒体を備えた携帯型の画像再生装置（たとえば、ＤＶＤ再生装置）であり、上述したものの他に、第２表示部５００２、記録媒体読込部５０１１、等を有することができる。図５６（Ｃ）はゴーグル型ディスプレイであり、上述したものの他に、第２表示部５００２、支持部５０１２、イヤホン５０１３、等を有することができる。図５６（Ｄ）は携帯型遊技機であり、上述したものの他に、記録媒体読込部５０１１、等を有することができる。図５６（Ｅ）は

テレビ受像機能付きデジタルカメラであり、上述したものの他に、アンテナ５０１４、シャッターボタン５０１５、受像部５０１６、等を有することができる。図５６（Ｆ）は携帯型遊技機であり、上述したものの他に、第２表示部５００２、記録媒体読込部５０１１、等を有することができる。図５６（Ｇ）は持ち運び型テレビ受像器であり、上述したものの他に、信号の送受信が可能な充電器５０１７、等を有することができる。

【０９２９】

図５６（Ａ）乃至図５６（Ｇ）に示す電子機器は、様々な機能を有することができる。例えば、様々な情報（静止画、動画、テキスト画像など）を表示部に表示する機能、タッチパネル機能、カレンダー、日付又は時刻などを表示する機能、様々なソフトウェア（プログラム）によって処理を制御する機能、無線通信機能、無線通信機能を用いて様々なコンピュータネットワークに接続する機能、無線通信機能を用いて様々なデータの送信又は受信を行う機能、記録媒体に記録されているプログラム又はデータを読み出して表示部に表示する機能、等を有することができる。さらに、複数の表示部を有する電子機器においては、一つの表示部を主として画像情報を表示し、別の一つの表示部を主として文字情報を表示する機能、または、複数の表示部に視差を考慮した画像を表示することで立体的な画像を表示する機能、等を有することができる。さらに、受像部を有する電子機器においては、静止画を撮影する機能、動画を撮影する機能、撮影した画像を自動または手動で補正する機能、撮影した画像を記録媒体（外部又はカメラに内蔵）に保存する機能、撮影した画像を表示部に表示する機能、等を有することができる。なお、図５６（Ａ）乃至図５６（Ｇ）に示す電子機器が有することのできる機能はこれらに限定されず、様々な機能を有することができる。

【０９３０】

図５６（Ｈ）は、スマートウオッチであり、筐体７３０２、表示装置７３０４、操作ボタン７３１１、７３１２、接続端子７３１３、バンド７３２１、留め金７３２２、等を有する。

【０９３１】

ベゼル部分を兼ねる筐体７３０２に搭載された表示装置７３０４は、非矩形状の表示領域を有している。なお、表示装置７３０４としては、矩形状の表示領域としてもよい。表示装置７３０４は、時刻を表すアイコン７３０５、その他のアイコン７３０６等を表示することができる。

【０９３２】

なお、図５６（Ｈ）に示すスマートウオッチは、様々な機能を有することができる。例えば、様々な情報（静止画、動画、テキスト画像など）を表示部に表示する機能、タッチパネル機能、カレンダー、日付又は時刻などを表示する機能、様々なソフトウェア（プログラム）によって処理を制御する機能、無線通信機能、無線通信機能を用いて様々なコンピュータネットワークに接続する機能、無線通信機能を用いて様々なデータの送信又は受信を行う機能、記録媒体に記録されているプログラム又はデータを読み出して表示部に表示する機能、等を有することができる。

【０９３３】

また、筐体７３０２の内部に、スピーカ、センサ（力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、におい又は赤外線を測定する機能を含むもの）、マイクロフォン等を有することができる。なお、スマートウオッチは、発光素子をその表示装置７３０４に用いることにより作製することができる。

【０９３４】

筐体５０００及び筐体７３０２の材料としては、合金、プラスチック、セラミックス、炭素繊維を含む材料を用いることができる。炭素繊維を含む材料としては、炭素繊維強化樹脂複合材（Ｃａｒｂｏｎ　Ｆｉｂｅｒ　Ｒｅｉｎｆｏｒｃｅｄ　Ｐｌａｓｔｉｃｓ：ＣＦＲＰ）が軽量であり、且つ、腐食しない利点があるが黒色であり、外観やデザインが限られる。また、ＣＦＲＰは強化プラスチックの一種とも言え、強化プラスチックはガラス

繊維を用いてもよいし、アラミド繊維を用いてもよい。合金と比較して強い衝撃を受けた場合、繊維が樹脂から剥離する恐れがあるため、合金が好ましい。合金としては、アルミニウム合金やマグネシウム合金が挙げられるが、中でもジルコニウムと銅とニッケルとチタンを含む非晶質合金（金属ガラスとも呼ばれる）が弾性強度の点で優れている。この非晶質合金は、室温においてガラス遷移領域を有する非晶質合金であり、バルク凝固非晶質合金とも呼ばれ、実質的に非晶質原子構造を有する合金である。凝固鋳造法により、少なくとも一部の筐体の鋳型内に合金材料が鋳込まれ、凝固させて一部の筐体をバルク凝固非晶質合金で形成する。非晶質合金は、ジルコニウム、銅、ニッケル、チタン以外にもベリリウム、シリコン、ニオブ、ボロン、ガリウム、モリブデン、タングステン、マンガン、鉄、コバルト、イットリウム、バナジウム、リン、炭素などを含んでもよい。また、非晶質合金は、凝固鋳造法に限定されず、真空蒸着法、スパッタ法、電解めっき法、無電解メッキ法などによって形成してもよい。また、非晶質合金は、全体として長距離秩序（周期構造）を持たない状態を維持するのであれば、微結晶またはナノ結晶を含んでもよい。なお、合金とは、単一の固体相構造を有する完全固溶体合金と、２つ以上の相を有する部分溶体の両方を含むこととする。筐体５０００及び筐体７３０２に非晶質合金を用いることで高い弾性を有する筐体を実現できる。従って、電子機器やスマートウオッチを落下させても、筐体が非晶質合金であれば、衝撃が加えられた瞬間には一時的に変形しても元に戻るため、電子機器やスマートウオッチの耐衝撃性を向上させることができる。

【０９３５】

なお、本実施の形態は、本明細書で示す他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。

【０９３６】

なお、例えば、本明細書等において、ＸとＹとが接続されている、と明示的に記載されている場合は、ＸとＹとが電気的に接続されている場合と、ＸとＹとが機能的に接続されている場合と、ＸとＹとが直接接続されている場合とが、本明細書等に開示されているものとする。したがって、所定の接続関係、例えば、図または文章に示された接続関係に限定されず、図または文章に示された接続関係以外のものも、図または文章に記載されているものとする。

【０９３７】

ここで、Ｘ、Ｙは、対象物（例えば、装置、素子、回路、配線、電極、端子、導電膜、層、など）であるとする。

【０９３８】

ＸとＹとが直接的に接続されている場合の一例としては、ＸとＹとの電気的な接続を可能とする素子（例えば、スイッチ、トランジスタ、容量素子、インダクタ、抵抗素子、ダイオード、表示素子、発光素子、負荷など）が、ＸとＹとの間に接続されていない場合であり、ＸとＹとの電気的な接続を可能とする素子（例えば、スイッチ、トランジスタ、容量素子、インダクタ、抵抗素子、ダイオード、表示素子、発光素子、負荷など）を介さずに、ＸとＹとが、接続されている場合である。

【０９３９】

ＸとＹとが電気的に接続されている場合の一例としては、ＸとＹとの電気的な接続を可能とする素子（例えば、スイッチ、トランジスタ、容量素子、インダクタ、抵抗素子、ダイオード、表示素子、発光素子、負荷など）が、ＸとＹとの間に１個以上接続されることが可能である。なお、スイッチは、オンオフが制御される機能を有している。つまり、スイッチは、導通状態（オン状態）、または、非導通状態（オフ状態）になり、電流を流すか流さないかを制御する機能を有している。または、スイッチは、電流を流す経路を選択して切り替える機能を有している。なお、ＸとＹとが電気的に接続されている場合は、ＸとＹとが直接的に接続されている場合を含むものとする。

【０９４０】

ＸとＹとが機能的に接続されている場合の一例としては、ＸとＹとの機能的な接続を可能とする回路（例えば、論理回路（インバータ、ＮＡＮＤ回路、ＮＯＲ回路など）、信号

変換回路（ＤＡ変換回路、ＡＤ変換回路、ガンマ補正回路など）、電位レベル変換回路（電源回路（昇圧回路、降圧回路など）、信号の電位レベルを変えるレベルシフタ回路など）、電圧源、電流源、切り替え回路、増幅回路（信号振幅または電流量などを大きく出来る回路、オペアンプ、差動増幅回路、ソースフォロワ回路、バッファ回路など）、信号生成回路、記憶回路、制御回路など）が、ＸとＹとの間に１個以上接続されることが可能である。なお、一例として、ＸとＹとの間に別の回路を挟んでいても、Ｘから出力された信号がＹへ伝達される場合は、ＸとＹとは機能的に接続されているものとする。なお、ＸとＹとが機能的に接続されている場合は、ＸとＹとが直接的に接続されている場合と、ＸとＹとが電気的に接続されている場合とを含むものとする。

【０９４１】

なお、ＸとＹとが電気的に接続されている、と明示的に記載されている場合は、ＸとＹとが電気的に接続されている場合（つまり、ＸとＹとの間に別の素子又は別の回路を挟んで接続されている場合）と、ＸとＹとが機能的に接続されている場合（つまり、ＸとＹとの間に別の回路を挟んで機能的に接続されている場合）と、ＸとＹとが直接接続されている場合（つまり、ＸとＹとの間に別の素子又は別の回路を挟まずに接続されている場合）とが、本明細書等に開示されているものとする。つまり、電気的に接続されている、と明示的に記載されている場合は、単に、接続されている、とのみ明示的に記載されている場合と同様な内容が、本明細書等に開示されているものとする。

【０９４２】

なお、例えば、トランジスタのソース（又は第１の端子など）が、Ｚ１を介して（又は介さず）、Ｘと電気的に接続され、トランジスタのドレイン（又は第２の端子など）が、Ｚ２を介して（又は介さず）、Ｙと電気的に接続されている場合や、トランジスタのソース（又は第１の端子など）が、Ｚ１の一部と直接的に接続され、Ｚ１の別の一部がＸと直接的に接続され、トランジスタのドレイン（又は第２の端子など）が、Ｚ２の一部と直接的に接続され、Ｚ２の別の一部がＹと直接的に接続されている場合では、以下のように表現することが出来る。

【０９４３】

例えば、「ＸとＹとトランジスタのソース（又は第１の端子など）とドレイン（又は第２の端子など）とは、互いに電気的に接続されており、Ｘ、トランジスタのソース（又は第１の端子など）、トランジスタのドレイン（又は第２の端子など）、Ｙの順序で電気的に接続されている。」と表現することができる。または、「トランジスタのソース（又は第１の端子など）は、Ｘと電気的に接続され、トランジスタのドレイン（又は第２の端子など）はＹと電気的に接続され、Ｘ、トランジスタのソース（又は第１の端子など）、トランジスタのドレイン（又は第２の端子など）、Ｙは、この順序で電気的に接続されている」と表現することができる。または、「Ｘは、トランジスタのソース（又は第１の端子など）とドレイン（又は第２の端子など）とを介して、Ｙと電気的に接続され、Ｘ、トランジスタのソース（又は第１の端子など）、トランジスタのドレイン（又は第２の端子など）、Ｙは、この接続順序で設けられている」と表現することができる。これらの例と同様な表現方法を用いて、回路構成における接続の順序について規定することにより、トランジスタのソース（又は第１の端子など）と、ドレイン（又は第２の端子など）とを、区別して、技術的範囲を決定することができる。

【０９４４】

または、別の表現方法として、例えば、「トランジスタのソース（又は第１の端子など）は、少なくとも第１の接続経路を介して、Ｘと電気的に接続され、前記第１の接続経路は、第２の接続経路を有しておらず、前記第２の接続経路は、トランジスタを介した、トランジスタのソース（又は第１の端子など）とトランジスタのドレイン（又は第２の端子など）との間の経路であり、前記第１の接続経路は、Ｚ１を介した経路であり、トランジスタのドレイン（又は第２の端子など）は、少なくとも第３の接続経路を介して、Ｙと電気的に接続され、前記第３の接続経路は、前記第２の接続経路を有しておらず、前記第３の接続経路は、Ｚ２を介した経路である。」と表現することができる。または、「トラン

ジスタのソース（又は第１の端子など）は、少なくとも第１の接続経路によって、Ｚ１を介して、Ｘと電気的に接続され、前記第１の接続経路は、第２の接続経路を有しておらず、前記第２の接続経路は、トランジスタを介した接続経路を有し、トランジスタのドレイン（又は第２の端子など）は、少なくとも第３の接続経路によって、Ｚ２を介して、Ｙと電気的に接続され、前記第３の接続経路は、前記第２の接続経路を有していない。」と表現することができる。または、「トランジスタのソース（又は第１の端子など）は、少なくとも第１の電気的パスによって、Ｚ１を介して、Ｘと電気的に接続され、前記第１の電気的パスは、第２の電気的パスを有しておらず、前記第２の電気的パスは、トランジスタのソース（又は第１の端子など）からトランジスタのドレイン（又は第２の端子など）への電気的パスであり、トランジスタのドレイン（又は第２の端子など）は、少なくとも第３の電気的パスによって、Ｚ２を介して、Ｙと電気的に接続され、前記第３の電気的パスは、第４の電気的パスを有しておらず、前記第４の電気的パスは、トランジスタのドレイン（又は第２の端子など）からトランジスタのソース（又は第１の端子など）への電気的パスである。」と表現することができる。これらの例と同様な表現方法を用いて、回路構成における接続経路について規定することにより、トランジスタのソース（又は第１の端子など）と、ドレイン（又は第２の端子など）とを、区別して、技術的範囲を決定することができる。

【０９４５】

なお、これらの表現方法は、一例であり、これらの表現方法に限定されない。ここで、Ｘ、Ｙ、Ｚ１、Ｚ２は、対象物（例えば、装置、素子、回路、配線、電極、端子、導電膜、層、など）であるとする。

【０９４６】

なお、回路図上は独立している構成要素同士が電気的に接続しているように図示されている場合であっても、１つの構成要素が、複数の構成要素の機能を併せ持っている場合もある。例えば配線の一部が電極としても機能する場合は、一の導電膜が、配線の機能、及び電極の機能の両方の構成要素の機能を併せ持っている。したがって、本明細書における電気的に接続とは、このような、一の導電膜が、複数の構成要素の機能を併せ持っている場合も、その範疇に含める。

【実施例１】

【０９４７】

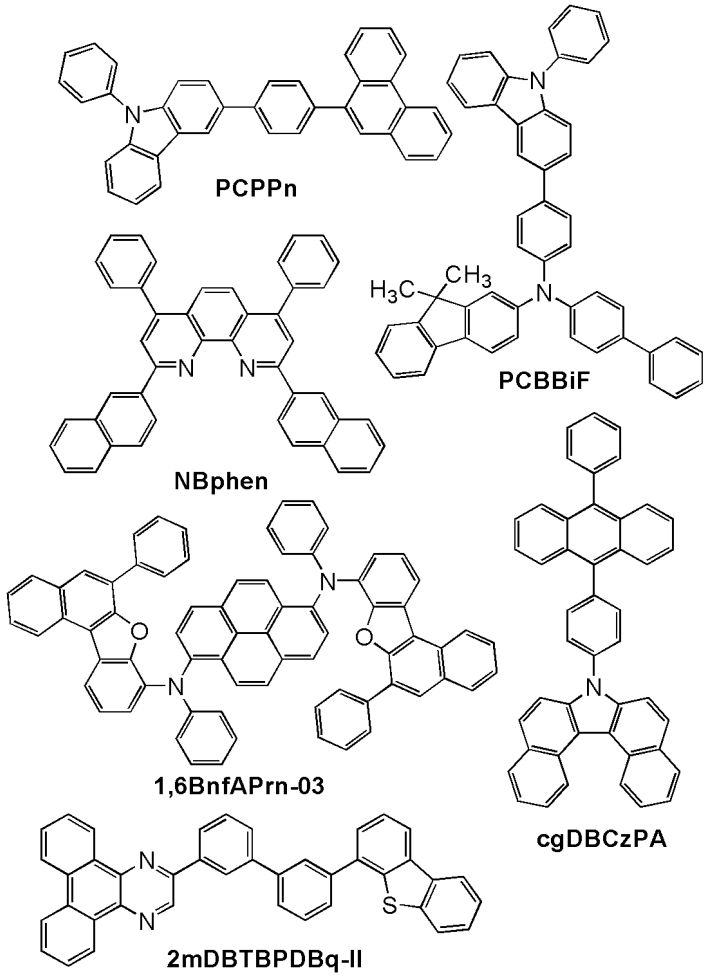
本実施例においては、本発明の一態様に係る発光素子を作製し、当該発光素子の発光特性を測定した。

【０９４８】

本実施例で作製した発光素子の素子構造の詳細を表１に示す。また、使用した化合物の構造と略称を以下に示す。なお、本実施例で作製した発光素子の断面構造は、図２４（Ｂ）で例示した発光素子の断面構造に相当する。

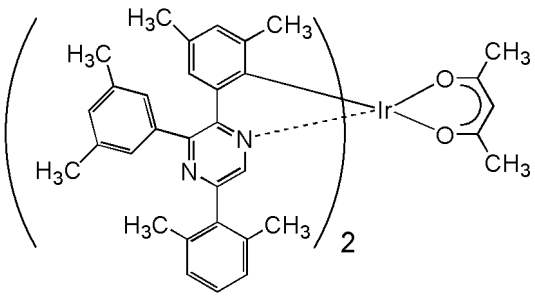
【０９４９】

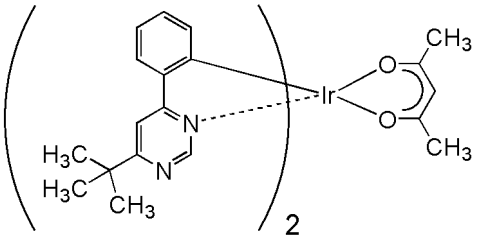
【化１】



【０９５０】

【化２】





【０９５１】

【表１】

	層	膜厚(nm)	材料	重量比
発光素子1	電極	120	Al	−
	電子注入層	1	LiF	−
	電子輸送層	15	NBphen	−
		5	cgDBCzPA	−
		25	cgDBCzPA : 1,6BnfAPrn-03	1:0.05
	発光層	30	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : $Ir(dmdppr-dmp)_2(acac)$	0.8:0.2:0.06
	正孔輸送層	30	PCBBiF	−
		10	PCPPn	−
	正孔注入層	10	PCPPn : MoO_3	1:0.5
	電極	10	ITSO	−
		20	APC	−
		70	ITSO	−
発光素子2	電極	120	Al	−
	電子注入層	1	LiF	−
	電子輸送層	15	NBphen	−
		5	cgDBCzPA	−
		25	cgDBCzPA : 1,6BnfAPrn-03	1:0.05
	発光層	10	2mDBTBPDBq-II : $Ir(tBuppm)_2(acac)$	0.7:0.06
		20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : $Ir(tBuppm)_2(acac)$	0.7:0.3:0.06
	正孔輸送層	10	PCPPn	−
	正孔注入層	10	PCPPn : MoO_3	1:0.5
	電極	10	ITSO	−
		20	APC	−
		70	ITSO	−
発光素子3	電極	120	Al	−
	電子注入層	1	LiF	−
	電子輸送層	15	NBphen	−
		5	cgDBCzPA	−
	発光層	25	cgDBCzPA : 1,6BnfAPrn-03	1:0.05
	正孔輸送層	10	PCPPn	−
	正孔注入層	10	PCPPn : MoO_3	1:0.5
	電極	10	ITSO	−
		20	APC	−
		70	ITSO	−

【０９５２】

＜発光素子の作製＞

≪発光素子１の作製≫

ガラス基板上に導電膜５５１Ａ、反射膜５５１Ｂ、及び導電膜５５１Ｃとして、ＩＴＳＯ、銀とパラジウムと銅の合金（Ａｇ－Ｐｄ－Ｃｕ、またはＡＰＣともいう）、及びＩＴＳＯを厚さがそれぞれ７０ｎｍ、２０ｎｍ、及び１０ｎｍになるよう順次形成することで、電極５５１を形成した。なお、電極５５１の電極面積は、４ｍｍ^2（２ｍｍ×２ｍｍ）とした。

【０９５３】

次に、電極５５１上に正孔注入層５６１として、３－［４－（９－フェナントリル）－フェニル］－９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール（略称：ＰＣＰＰｎ）と、酸化モリブデン（MoO_3）と、を重量比（ＰＣＰＰｎ：MoO_3）が１：０．５になるように、且つ厚さが１０ｎｍになるように共蒸着した。

【０９５４】

次に、正孔注入層５６１上に正孔輸送層５６２として、ＰＣＰＰｎを厚さが１０ｎｍになるように蒸着した。続いて、Ｎ－（１，１’－ビフェニル－４－イル）－Ｎ－［４－（９－フェニル－９Ｈ－カルバゾール－３－イル）フェニル］－９，９－ジメチル－９Ｈ－フルオレン－２－アミン（略称：ＰＣＢＢｉＦ）を厚さが３０ｎｍになるように蒸着した。

【０９５５】

次に、正孔輸送層５６２上に発光層５５３として、２－［３’－（ジベンゾチオフェン－４－イル）ビフェニル－３－イル］ジベンゾ［ｆ，ｈ］キノキサリン（略称：２ｍＤＢＴＢＰＤＢｑ－ＩＩ）と、ＰＣＢＢｉＦと、ビス｛４，６－ジメチル－２－［５－（２，６－ジメチルフェニル）－３－（３，５－ジメチルフェニル）－２－ピラジニル－κＮ］フェニル－κＣ｝（２，４－ペンタンジオナト－κ^2Ｏ，Ｏ’）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｄｍｄｐｐｒ－ｄｍｐ）$_2$（ａｃａｃ））と、を重量比（２ｍＤＢＴＢＰＤＢｑ－ＩＩ：ＰＣＢＢｉＦ：Ｉｒ（ｄｍｄｐｐｒ－ｄｍｐ）$_2$（ａｃａｃ）が０．８：０．２：０．０６になるように、且つ厚さが３０ｎｍになるように共蒸着した。なお、発光層５５３において、Ｉｒ（ｄｍｄｐｐｒ－ｄｍｐ）$_2$（ａｃａｃ）が発光材料である。

【０９５６】

次に、発光層５５３上に、電子輸送層５６８として、７－［４－（１０－フェニル－９－アントリル）フェニル］－７Ｈ－ジベンゾ［ｃ，ｇ］カルバゾール（略称：ｃｇＤＢＣｚＰＡ）と、Ｎ，Ｎ’－（ピレン－１，６－ジイル）ビス［（６，Ｎ－ジフェニルベンゾ［ｂ］ナフト［１，２－ｄ］フラン）－８－アミン］（略称：１，６ＢｎｆＡＰｒｎ－０３）と、を重量比（ｃｇＤＢＣｚＰＡ：１，６ＢｎｆＡＰｒｎ－０３）が１：０．０５になるように、且つ厚さが２５ｎｍになるように共蒸着した。さらに、ｃｇＤＢＣｚＰＡを厚さが５ｎｍになるように、及び２，９－ビス（ナフタレン－２－イル）－４，７－ジフェニル－１，１０－フェナントロリン（略称：ＮＢＰｈｅｎ）を厚さが１５ｎｍになるように、順次蒸着した。

【０９５７】

次に、電子輸送層５６８上に、電子注入層５６９として、フッ化リチウム（ＬｉＦ）を厚さが１ｎｍになるように蒸着した。

【０９５８】

次に、電子注入層５６９上に、電極５５２として、アルミニウム（Ａｌ）を厚さが１２０ｎｍになるように形成した。

【０９５９】

次に、窒素雰囲気のグローブボックス内において、有機ＥＬ用封止材を用いて、有機材料を形成したガラス基板を封止した。以上の工程により発光素子１を得た。

【０９６０】

≪発光素子２の作製≫

発光素子２は、先に示す発光素子１と、正孔輸送層５６２及び発光層５５３の形成工程のみ異なり、それ以外の工程は発光素子１と同様の作製方法とした。

【０９６１】

発光素子２の正孔輸送層５６２として、ＰＣＰＰｎを厚さが１０ｎｍになるように蒸着した。

【０９６２】

また、発光素子２の発光層５５３として、２ｍＤＢＴＢＰＤＢｑ－ＩＩと、ＰＣＢＢｉＦと、（アセチルアセトナト）ビス（６－ｔｅｒｔ－ブチル－４－フェニルピリミジナト）イリジウム（ＩＩＩ）（略称：Ｉｒ（ｔＢｕｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ））と、を重量比（

２ｍＤＢＴＢＰＤＢｑ－ＩＩ：ＰＣＢＢｉＦ：Ｉｒ（ｔＢｕｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ））が０．７：０．３：０．０６になるように、且つ厚さが２０ｎｍになるように共蒸着し、続いて、２ｍＤＢＴＢＰＤＢｑ－ＩＩと、Ｉｒ（ｔＢｕｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ）とを、重量比（２ｍＤＢＴＢＰＤＢｑ－ＩＩ：Ｉｒ（ｔＢｕｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ））が０．７：０．０６になるように、且つ厚さが１０ｎｍになるように共蒸着した。なお、発光層５５３において、Ｉｒ（ｔＢｕｐｐｍ）$_2$（ａｃａｃ）が発光材料である。

【０９６３】

≪発光素子３の作製≫

発光素子３は、先に示す発光素子２で形成した発光層５５３を形成せず、電子輸送層として形成したｃｇＤＢＣｚＰＡと１，６ＢｎｆＡＰｒｎ－０３との共蒸着膜を発光層とした。なお、発光素子３において、１，６ＢｎｆＡＰｒｎ－０３が発光材料である。

【０９６４】

＜発光素子の特性＞

次に、上記作製した発光素子１乃至３の特性を測定した。輝度およびＣＩＥ色度の測定には色彩輝度計（トプコン社製、ＢＭ－５Ａ）を用い、電界発光スペクトルの測定にはマルチチャンネル分光器（浜松ホトニクス社製、ＰＭＡ－１１）を用いた。

【０９６５】

発光素子１乃至発光素子３の電流効率－輝度特性を図５７に示す。また、輝度－電圧特性を図５８に示す。また、発光素子１乃至発光素子３に２．５ｍＡ／ｃｍ^{2}の電流密度で電流を流した際の電界発光スペクトルを図５９に示す。また、発光素子１乃至発光素子３が呈する発光の角度分布を測定した結果を図６０（Ａ）（Ｂ）に示す。なお、各発光素子の測定は室温（２３℃に保たれた雰囲気）で行った。

【０９６６】

また、発光素子１乃至発光素子３の素子特性を表２に示す。

【０９６７】

【表２】

	電圧 (V)	電流密度 (mA/cm^2)	CIE色度 (x, y)	輝度 (cd/m^2)	電流効率 (cd/A)	消費電力 (mW)
発光素子1	3.1	0.756	(0.665, 0.335)	463	61.3	14
発光素子2	3.0	1.28	(0.355, 0.638)	1867	146	23
発光素子3	2.9	3.62	(0.139, 0.069)	242	6.68	62

【０９６８】

図５９で示すように、発光素子１、発光素子２、及び発光素子３の電界発光スペクトルの最大値はそれぞれ６１６ｎｍ、５４３ｎｍ、及び４５７ｎｍであり、半値全幅はそれぞれ４４ｎｍ、４５ｎｍ、及び２６ｎｍであった。このように、発光素子１乃至発光素子３は、半値全幅が小さい電界発光スペクトルを示した。

【０９６９】

また、図５７乃至図５９、及び表２で示すように、発光素子１は、色純度の高い赤色の発光を示しており、赤色の発光を呈する発光素子として高い電流効率であった。また、発光素子２は、色純度の高い緑色の発光を示しており、緑色の発光を呈する発光素子として高い電流効率であった。また、発光素子３は、色純度の高い青色の発光を示しており、青色の発光を呈する発光素子として高い電流効率であった。

【０９７０】

また、図６０（Ａ）に示すように発光素子１、発光素子２、及び発光素子３の輝度の角度分布と完全拡散面（ランバーシアン、またはＬａｍｂｅｒｔｉａｎともいう）との差（

ランバーシアン比ともいう）はそれぞれ８８．１％、７６．０％、７２．２％であり、概ね同等であった。

【０９７１】

また、図６０（Ｂ）に示すように、発光素子１乃至発光素子３の色度の視野角依存性について、斜め方向における正面方向との色度差Δｕ’ｖ’を算出した結果、発光素子１、発光素子２、及び発光素子３の色度差Δｕ’ｖ’は、正面方向から７０°の角度における測定においても、それぞれ０．０４３、０．０１３、及び０．０１７と小さい結果が得られた。以上のように、発光素子１乃至発光素子３は、正面方向だけでなく斜め方向からも良好な発光状態が得られる発光素子であることが示された。

【０９７２】

次に、作製した発光素子１乃至発光素子３を用いて、表示装置を作製した場合における該表示装置の消費電力を見積もった。

【０９７３】

表示領域の縦横比が１６：９で、対角サイズが４．３インチで、面積が５０．９７ｃｍ^{2}である表示装置において、開口率が３５％と仮定して、表示装置の消費電力を見積もった。

【０９７４】

上記仕様の表示装置の表示素子として発光素子１乃至発光素子３を用いた場合、発光素子１の構造を有する表示素子の輝度が４６３ｃｄ／ｍ^2、発光素子２の構造を有する表示素子の輝度が１８６７ｃｄ／ｍ^2、発光素子３の構造を有する表示素子の輝度が２４２ｃｄ／ｍ^{2}のときに、色温度が６５００Ｋの白色（色度（ｘ，ｙ）が（０．３１３，０．３２９））を３００ｃｄ／ｍ^{2}で表示領域全面に表示させることができ、このときにこれらの表示素子の消費電力は９８ｍＷと見積もることができた。

【０９７５】

以上のように、発光素子１乃至発光素子３の構造を有する表示素子は、消費電力が低減された表示素子となることが示された。また、上記のような表示素子を用いることで、消費電力が低減された表示装置を提供することができることが示された。

【０９７６】

以上、本実施例に示す構成は、他の実施例及び他の実施の形態に示す構成と適宜組み合わせて用いることができる。

【実施例２】

【０９７７】

本実施例においては、本発明の一態様の表示装置を作製し、当該表示装置の消費電力を測定した。

【０９７８】

本実施例で用いた表示装置は、図２（Ａ）に示す断面構造を有する表示装置である。表示装置の作製方法は、実施の形態１を参酌すれば良い。

【０９７９】

＜表示装置の作製＞

基板５１０上の剥離膜５０１Ｗとしては、厚さが３０ｎｍのタングステンをスパッタリング法により成膜した。

【０９８０】

中間膜３５４としては、インジウム、ガリウムおよび亜鉛を含む材料をターゲットに用いるスパッタリング法を用いて厚さが５０ｎｍになるよう成膜し、所定の形状に形成した。

【０９８１】

絶縁膜５０１Ａとしては、プラズマ化学気相堆積（ＰＥＣＶＤ：（Ｐｌａｓｍａ Ｅｎｈａｎｃｅｄ Ｃｈｅｍｉｃａｌ Ｖａｐｏｒ Ｄｅｐｏｓｉｔｉｏｎ））法を用いて厚さが２００ｎｍの窒素を含む酸化シリコンと、厚さが２００ｎｍの窒化シリコンとを成膜し、所定の形状に形成した。

【０９８２】
電極３５１として、ＩＴＳＯを厚さが２０ｎｍになるようスパッタリング法を用いて成膜した。続いて、ＡＰＣを厚さが１００ｎｍになるようスパッタリング法を用いて成膜し、ＡＰＣを所定の形状に形成した。次に、ＩＴＳＯを厚さが１００ｎｍになるようスパッタリング法を用いて成膜し、厚さが２０ｎｍのＩＴＳＯと厚さが１００ｎｍのＩＴＳＯとを所定の形状に形成した。ここで、厚さが２０ｎｍのＩＴＳＯが導電膜３５１Ａであり、厚さが１００ｎｍのＡＰＣが反射膜３５１Ｂであり、厚さが１００ｎｍのＩＴＳＯが導電膜３５１Ｃである。なお、反射膜３５１Ｂが有する開口部が開口部３５１Ｈである。
【０９８３】
絶縁膜５０１Ｃとして、厚さが２００ｎｍの窒素を含む酸化シリコンとした。
【０９８４】
続いて、画素回路３０２が有するトランジスタを形成した。該トランジスタを形成するため、導電膜５０４、絶縁膜５０６、半導体膜５０８、導電膜５１２Ａ及び５１２Ｂ、絶縁膜５１６、導電膜５２４、及び絶縁膜５１８を順次形成した。
【０９８５】
導電膜５０４としては、窒素を含むタンタルを厚さが１０ｎｍになるよう成膜し、続いて銅を厚さが１００ｎｍになるよう成膜した。
【０９８６】
絶縁膜５０６としては、厚さが４５０ｎｍになるよう窒化シリコン及び窒素を含む酸化シリコンを成膜した。
【０９８７】
半導体膜５０８としては、インジウム、ガリウム及び亜鉛（Ｉｎ：Ｇａ：Ｚｎ＝４：２：４．１［原子数比］）を含む酸化物半導体をターゲットとしてスパッタリング法により厚さが１０ｎｍになるよう成膜し、続いてインジウム、ガリウム及び亜鉛（Ｉｎ：Ｇａ：Ｚｎ＝１：１：１．２［原子数比］）を含む酸化物半導体をターゲットとしてスパッタリング法により厚さが１５ｎｍになるよう成膜した。
【０９８８】
導電膜５１２Ａ及び５１２Ｂとしては、タングステンとアルミニウムとチタンとを厚さがそれぞれ５０ｎｍと４００ｎｍと１００ｎｍとになるよう順次成膜した。
【０９８９】
絶縁膜５１６としては、厚さが４３０ｎｍになるよう窒素を含む酸化シリコンを成膜した。
【０９９０】
導電膜５２４としては、厚さが５０ｎｍになるようインジウム、ガリウム及び亜鉛（Ｉｎ：Ｇａ：Ｚｎ＝４：２：４．１［原子数比］）を含む酸化物半導体をターゲットとしてスパッタリング法により成膜した。なお、導電膜５２４は、実施の形態１で例示した方法によって抵抗率を低下させた。
【０９９１】
絶縁膜５１８としては、厚さが１００ｎｍになるよう窒化シリコンを成膜した。
【０９９２】
なお、窒素を含む酸化シリコン及び窒化シリコンは、ＰＥＣＶＤ法により形成した。また、導電膜は、スパッタリング法により形成した。また、上記のトランジスタを形成する半導体膜、導電膜、及び絶縁膜は、成膜後にリソグラフィ法及びエッチング法を用いて、順次所定の形状に形成した。
【０９９３】
電極５５１として、ＩＴＳＯを厚さが７０ｎｍになるようスパッタリング法を用いて成膜した。続いて、ＡＰＣを厚さが２０ｎｍになるようスパッタリング法を用いて成膜し、ＡＰＣを所定の形状に形成した。次に、ＩＴＳＯを厚さが１０ｎｍになるようスパッタリング法を用いて成膜し、厚さが７０ｎｍのＩＴＳＯと厚さが１０ｎｍのＩＴＳＯとを所定の形状に形成した。ここで、厚さが７０ｎｍのＩＴＳＯが導電膜５５１Ａであり、厚さが

２０ｎｍのＡＰＣが反射膜５５１Ｂであり、厚さが１０ｎｍのＩＴＳＯが導電膜５５１Ｃである。

【０９９４】

したがって、本実施例で作製した表示装置においては、反射膜５５１Ｂと反射膜３５１Ｂとが、ＡＰＣを有する領域を有する。また、導電膜５５１Ａ、導電膜５５１Ｃ、導電膜３５１Ａ、及び導電膜３５１Ｃが、ＩＴＳＯを有する領域を有する。また、反射膜５５１Ｂが、導電膜５５１Ａと導電膜５５１Ｃとに挟持される領域を有する。また、反射膜３５１Ｂが、導電膜３５１Ａと導電膜３５１Ｃとに挟持される領域を有する。

【０９９５】

また、本実施例の表示装置では、先の実施例１で作製した発光素子１乃至発光素子３のいずれかに相当する発光素子を第２の表示素子５５０に用いた。

【０９９６】

第２の表示素子５５０を形成後、工程用基板として用いた基板５１０及び剥離膜５０１Ｗと、中間膜３５４及び絶縁膜５０１Ａとを分離した。その後、第１の表示素子３５０として液晶素子を形成した。

【０９９７】

第１の表示素子３５０を形成するため、中間膜３５４及び絶縁膜５０１Ａ上に配向膜を形成し、ラビング処理を行うことで配向膜３３１を形成した。その後、液晶材料を配設し、ラビング処理をした配向膜３３２を有する基板３７０と貼り合せた。

【０９９８】

以上の工程により、第１の表示素子３５０、第２の表示素子５５０、及びトランジスタを有する表示装置を作製した。

【０９９９】

本実施例で作製した表示装置の仕様を表３に示す。

【１０００】

【表３】

		仕様
パネルサイズ		対角1.55インチ
有効画素数		320 × RGB × 320
解像度		292 ppi
液晶素子	モード	反射型 Twisted ECBモード
	カラー化方式	カラーフィルタ方式
	開口率	69.0%
発光素子（有機EL素子）	カラー化方式	塗り分け方式
	開口率	3.9%

【１００１】

＜表示装置の消費電力の測定＞

上記作製した表示装置の表示例を図６１に示す。

【１００２】

図６１のように、本実施例で作製した表示装置は、良好な表示状態を示した。

【１００３】

次に、該表示装置の消費電力を測定した。

【１００４】

測定は、暗所で行い、白色の輝度が７５ｃｄ／ｍ^{2}になるよう表示させた表示装置の消費電力を測定した。また、上記の表示設定において、白色表示における消費電力に加えて、赤色表示の消費電力、緑色表示の消費電力、青色表示の消費電力をそれぞれ測定した。測定結果を表４に示す。なお、測定方法は、実施例１を参酌すれば良い。

【１００５】

また、赤色表示（Ｒ）、緑色表示（Ｇ）、及び青色表示（Ｂ）を行ったときの表示装置が呈する電界発光スペクトルを図６２に示す。また、赤色表示（Ｒ）、緑色表示（Ｇ）、青色表示（Ｂ）、及び白色表示（Ｗ）を行ったときの表示装置が呈する発光の色度の視野角依存性について、斜め方向における正面方向との色度差Δｕ’ｖ’を測定した結果を図６３（Ａ）（Ｂ）に示す。また、赤色表示（Ｒ）、緑色表示（Ｇ）、青色表示（Ｂ）、及び白色表示（Ｗ）を行ったときの表示装置が呈する発光のＣＩＥ色度（ｘ，ｙ）を測定した結果を図６４に示す。なお、図６３（Ａ）は、異なる発光色を呈する画素が隣り合う方向における測定結果であり、図６３（Ｂ）は、同じ発光色を呈する画素が隣り合う方向における測定結果である。

【１００６】

【表４】

	消費電力(mW)
赤	8.70
緑	17.1
青	44.4
白	60.4

【１００７】

図６２及び図６４に示すように、本実施例で作製した表示装置からは、先の実施例１で示した発光素子と同様の赤色（Ｒ）、緑色（Ｇ）、及び青色（Ｂ）の発光を示す結果が得られた。

【１００８】

また、図６３（Ａ）（Ｂ）に示すように、斜め方向における正面方向との色度差Δｕ’ｖ’を算出した結果、いずれの発光色のいずれの方向における測定においても、色度差Δｕ’ｖ’が０．０４以下と小さい値となった。

【１００９】

また、表４のように、本実施例で作製した表示装置は、消費電力が低い結果となった。

【１０１０】

以上のように、本実施例で作製した表示装置は、正面方向から斜め方向において良好な表示状態が得られる表示装置であることが示された。

【１０１１】

すなわち、電極３５１が反射膜と導電膜とを有し、電極５５１が反射膜と導電膜とを有し、電極３５１が有する反射膜と電極５５１が有する反射膜とが、それぞれ同じ金属を有する領域を有することにより、表示装置の消費電力を低減できることが示された。また、電極３５１が有する導電膜と電極５５１が有する導電膜とが、それぞれ同じ金属を有する領域を有することが好ましいことが示された。また、電極３５１が有する反射膜が導電膜により挟持される領域を有し、電極５５１が有する反射膜が導電膜により挟持される領域を有することが好ましいことが示された。

【１０１２】

以上、本実施例に示す構成は、他の実施例及び他の実施の形態に示す構成と適宜組み合わせて用いることができる。

【符号の説明】

【１０１３】

ＡＮＯ　配線
Ｃ１　容量素子
Ｃ２　容量素子
ＣＳＣＯＭ　配線
ＧＤ　駆動回路
ＧＤＡ　駆動回路

ＧＤＢ　駆動回路
ＧＬ１　走査線
ＧＬ２　走査線
Ｉ１　絶縁体
Ｉ２　絶縁体
Ｍ１　ノード
Ｍ２　ノード
Ｐ１　位置情報
Ｐ２　情報
ＰＩＣ１　画像情報
ＰＩＣ２　画像情報
ＰＩＣ３　画像情報
ＰＩＣ４　画像情報
Ｓ１　酸化物半導体
Ｓ２　酸化物半導体
Ｓ３　酸化物半導体
ＳＬ１　信号線
ＳＬ２　信号線
ＳＤ　駆動回路
ＶＣＯＭ１　配線
ＶＣＯＭ２　配線
２００　トランジスタ
２０２　基板
２０４　導電膜
２０６　絶縁膜
２０７　絶縁膜
２０８　酸化物半導体膜
２０８ａ　酸化物半導体膜
２０８ｂ　酸化物半導体膜
２０８ｃ　酸化物半導体膜
２０８ｄ　ドレイン領域
２０８ｉ　チャネル領域
２０８ｓ　ソース領域
２１２　導電膜
２１２ａ　導電膜
２１２ｂ　導電膜
２１４　絶縁膜
２１６　絶縁膜
２１８　絶縁膜
２２０　導電膜
２２０ａ　導電膜
２２０ｂ　導電膜
２３０　バリア膜
２４０　酸素
２５０　トランジスタ
２５０Ａ　トランジスタ
２５０Ｂ　トランジスタ
２５１ａ　開口部
２５１ｂ　開口部
２５２　開口部

２５２ａ　開口部
２５２ｂ　開口部
２５２ｃ　開口部
２６０　トランジスタ
２７０　トランジスタ
２８０　トランジスタ
２９０　トランジスタ
３００　表示装置
３００Ｂ　表示装置
３００Ｃ　表示装置
３００Ｄ　表示装置
３０２　画素回路
３０５　封止材
３３１　配向膜
３３２　配向膜
３３５　構造体
３３７　導電体
３３９　導電性材料
３５０　表示素子
３５１　電極
３５１Ａ　導電膜
３５１Ｂ　反射膜
３５１Ｃ　導電膜
３５１Ｈ　開口部
３５２　電極
３５３　液晶層
３５４　中間膜
３７０　基板
３７０Ｄ　機能膜
３７０Ｐ　機能膜
３７１　絶縁膜
３７３　遮光膜
３７５　着色層
３７７　フレキシブルプリント基板
３８１　絶縁膜
３８２　導電膜
５０１Ａ　絶縁膜
５０１Ｃ　絶縁膜
５０２　画素部
５０４　導電膜
５０５　接合層
５０６　絶縁膜
５０８　半導体膜
５０８Ａ　領域
５０８Ｂ　領域
５０８Ｃ　領域
５１０　基板
５１１Ｂ　導電膜
５１１Ｃ　導電膜
５１２Ａ　導電膜

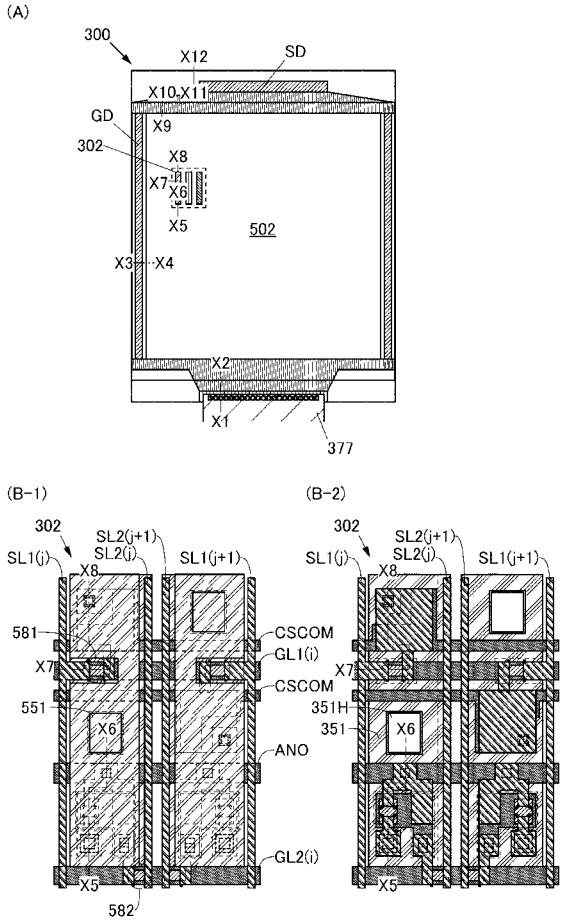
５１２Ｂ　導電膜
５１６　絶縁膜
５１８　絶縁膜
５１９Ｂ　端子
５１９Ｃ　端子
５２０　機能層
５２１　絶縁膜
５２２　接続部
５２４　導電膜
５２８　絶縁膜
５３１　ホスト材料
５３２　ゲスト材料
５４１　ホスト材料
５４１＿１　有機化合物
５４１＿２　有機化合物
５４２　ゲスト材料
５５０　表示素子
５５０Ａ　発光素子
５５０Ｂ　発光素子
５５０Ｃ　発光素子
５５０Ｄ　発光素子
５５１　電極
５５１Ａ　導電膜
５５１Ｂ　反射膜
５５１Ｃ　導電膜
５５２　電極
５５３　発光層
５５３Ｂ　発光層
５５３Ｇ　発光層
５５３Ｒ　発光層
５６１　正孔注入層
５６２　正孔輸送層
５６３　電子輸送層
５６４　電子注入層
５６５　電荷発生層
５６６　正孔注入層
５６７　正孔輸送層
５６８　電子輸送層
５６９　電子注入層
５７０　基板
５７１Ｂ　領域
５７１Ｇ　領域
５７１Ｒ　領域
５７５　着色層
５７５Ｂ　着色層
５７５Ｇ　着色層
５７５Ｒ　着色層
５８１　スイッチ
５８１Ｂ　スイッチ
５８２　スイッチ

５８５　トランジスタ
５８５Ｂ　トランジスタ
５８６　トランジスタ
５８６Ｂ　トランジスタ
５９１Ａ　開口部
５９１Ｂ　開口部
５９１Ｃ　開口部
５９２Ａ　開口部
５９２Ｂ　開口部
５９２Ｃ　開口部
６６２　遮光膜
６６３　絶縁膜
６６４　導電膜
６６５　導電膜
６６６　絶縁膜
６６７　導電膜
６６８　絶縁膜
６７０　基板
６７２　基板
６７４　接着剤
６９１　タッチパネル
６９２　タッチパネル
６９３　タッチパネル
８００　入出力装置
８０１　上部カバー
８０２　下部カバー
８０３　ＦＰＣ
８０４　タッチセンサ
８０５　ＦＰＣ
８０６　表示装置
８０９　フレーム
８１０　駆動回路
８１１　バッテリ
１２００　情報処理装置
１２１０　演算装置
１２１１　演算部
１２１２　記憶部
１２１４　伝送路
１２１５　入出力インターフェース
１２２０　入出力装置
１２３０　表示部
１２３０Ｂ　表示部
１２３１　表示領域
１２３２　画素
１２３５ＥＬ　表示素子
１２３５ＬＣ　表示素子
１２４０　入力部
１２５０　検知部
１２９０　通信部
２１８９　ＲＯＭインターフェース

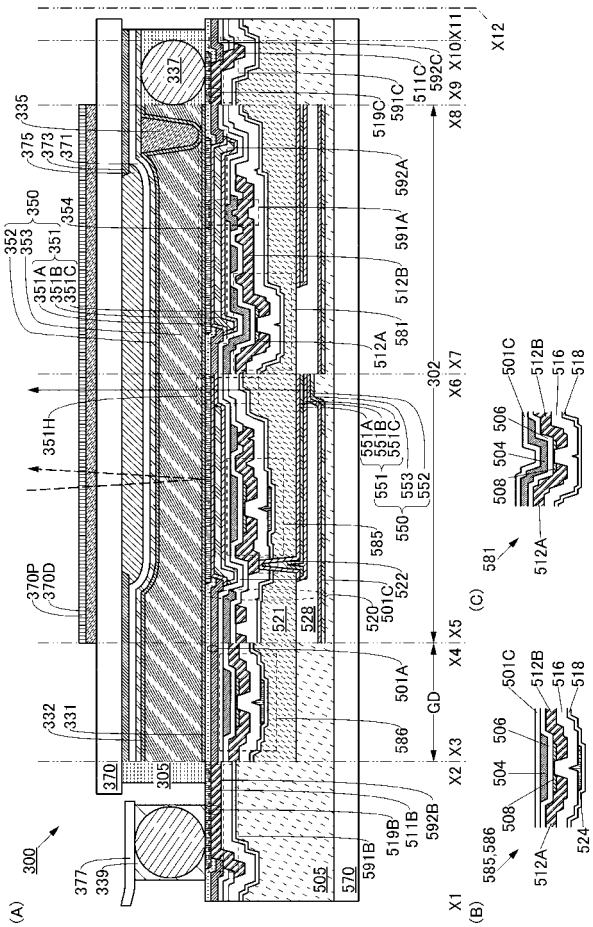
２１９０　基板
２１９１　ＡＬＵ
２１９２　ＡＬＵコントローラ
２１９３　インストラクションデコーダ
２１９４　インタラプトコントローラ
２１９５　タイミングコントローラ
２１９６　レジスタ
２１９７　レジスタコントローラ
２１９８　バスインターフェース
２１９９　ＲＯＭ
２２００　記憶素子
２２０１　回路
２２０２　回路
２２０３　スイッチ
２２０４　スイッチ
２２０６　論理素子
２２０７　容量素子
２２０８　容量素子
２２０９　トランジスタ
２２１０　トランジスタ
２２１３　トランジスタ
２２１４　トランジスタ
２２２０　回路
３００１　配線
３００２　配線
３００３　配線
３００４　配線
３００５　配線
３２００　トランジスタ
３３００　トランジスタ
３４００　容量素子
５０００　筐体
５００１　表示部
５００２　表示部
５００３　スピーカ
５００４　ＬＥＤランプ
５００５　操作キー
５００６　接続端子
５００７　センサ
５００８　マイクロフォン
５００９　スイッチ
５０１０　赤外線ポート
５０１１　記録媒体読込部
５０１２　支持部
５０１３　イヤホン
５０１４　アンテナ
５０１５　シャッターボタン
５０１６　受像部
５０１７　充電器
７３０２　筐体

７３０４　表示装置
７３０５　アイコン
７３０６　アイコン
７３１１　操作ボタン
７３１２　操作ボタン
７３１３　接続端子
７３２１　バンド
７３２２　留め金

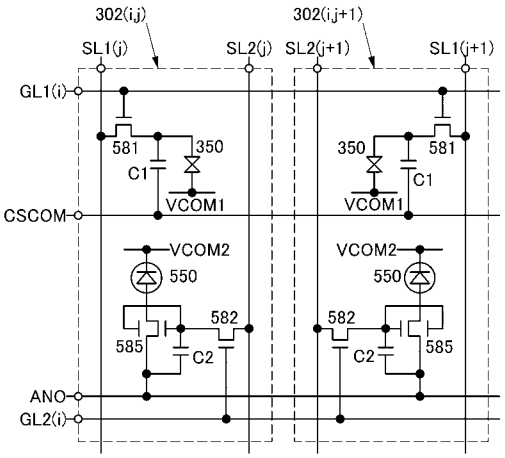
【図１】



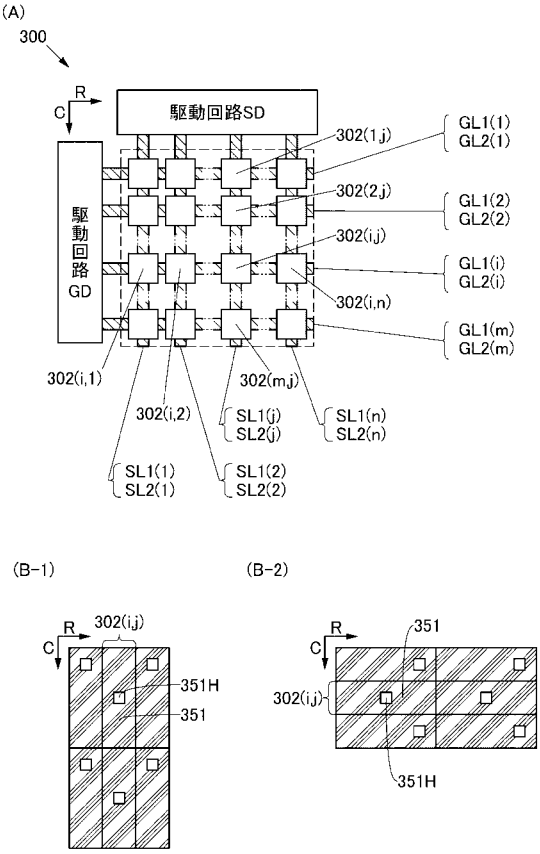
【図２】



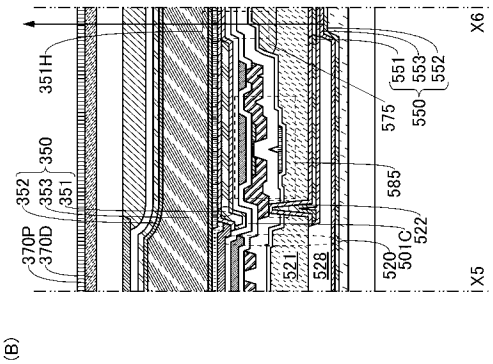
【図３】



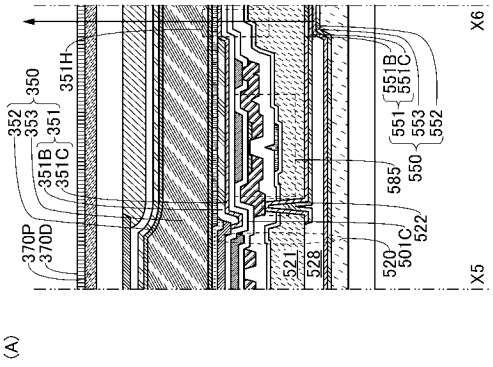
【図４】



【図５】

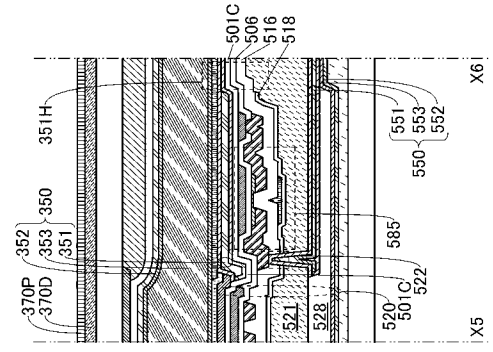


(B)

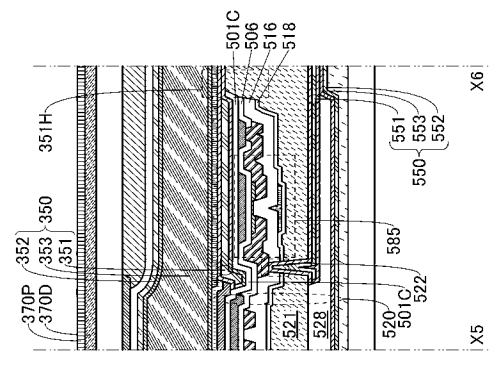


(A)

【図６】

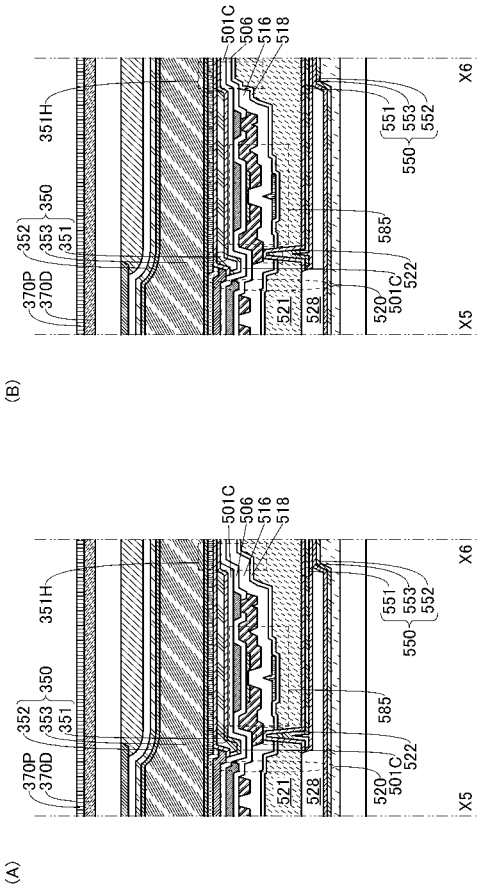


(B)

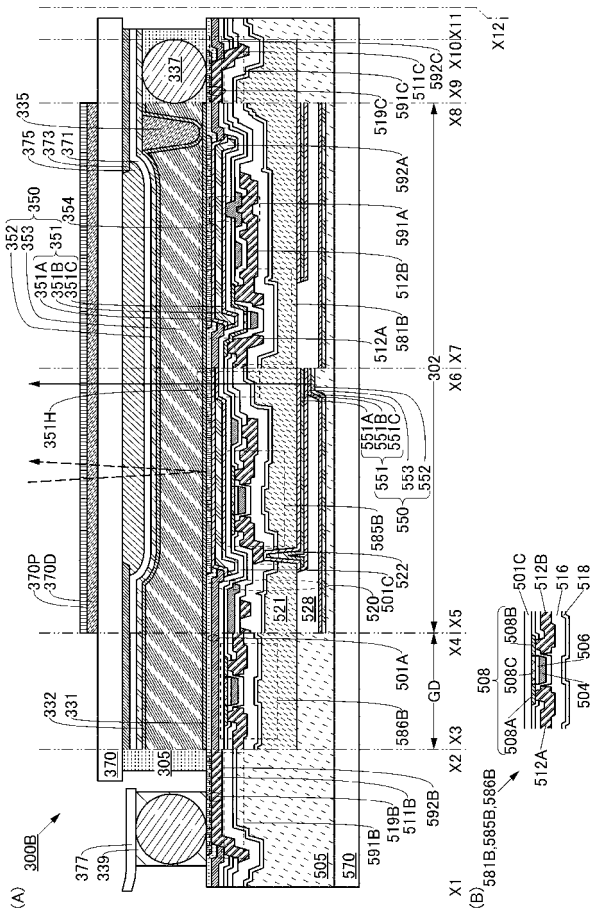


(A)

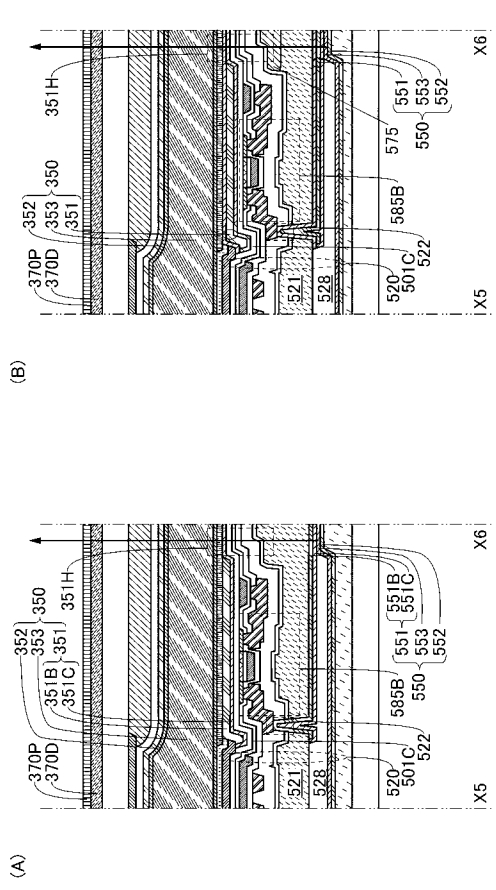
【図７】


(B)
(A)
501C
506
516
518
351H
352
353
350
351
370P
370D
551
553
552
550
585
522
520
501C
521
528
X5
X6

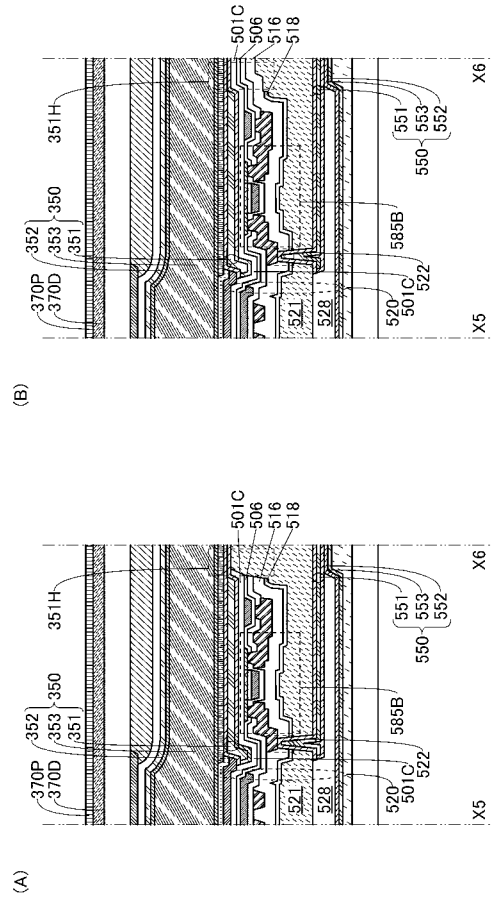
【図８】


(A)
(B)
X1
X2
X3
X4
X5
X6
X7
X8
X9
X10
X11
X12
GD
300B
337
335
375
373
371
519C
591C
511C
592C
350
352
353
351
354
351A
351B
351C
592A
591A
512B
512A
581B
302
351H
551A
551B
551C
551
553
552
550
585B
522
520
501C
521
528
501A
586B
332
331
370
305
377
339
505
570
591B
519B
511B
592B
370P
370D
508
508A
508B
508C
501C
512B
516
518
504
506
512A
581B,585B,586B

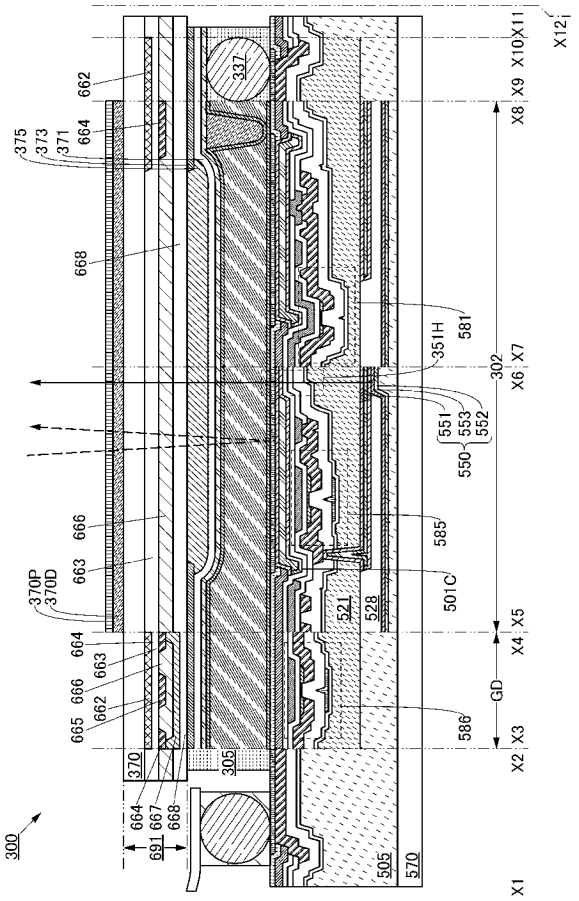
【図９】


(B)
(A)
351H
352
353
350
351
351B
351C
370P
370D
575
551
553
552
550
585B
522
520
501C
521
528
X5
X6

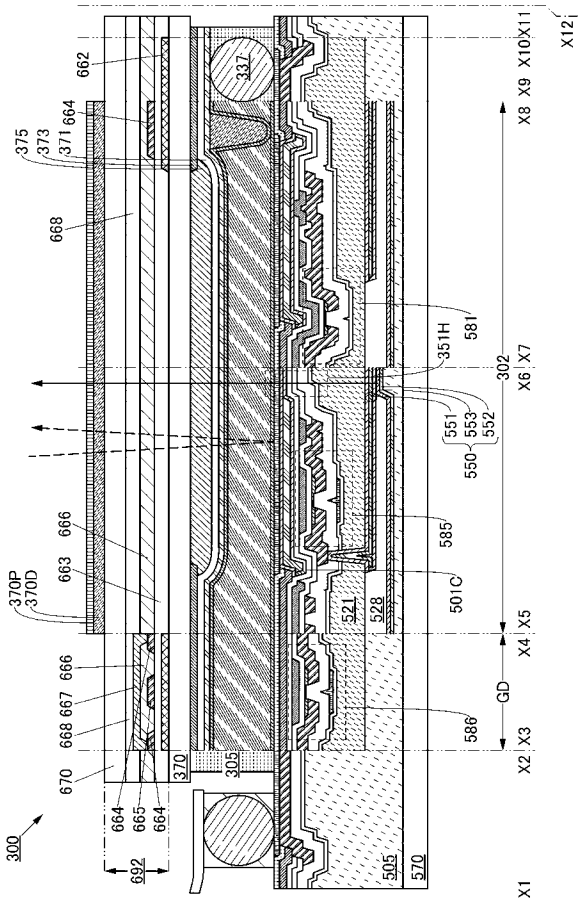
【図１０】


(B)
(A)
501C
506
516
518
351H
352
353
350
351
370P
370D
551
553
552
550
585B
522
520
501C
521
528
X5
X6

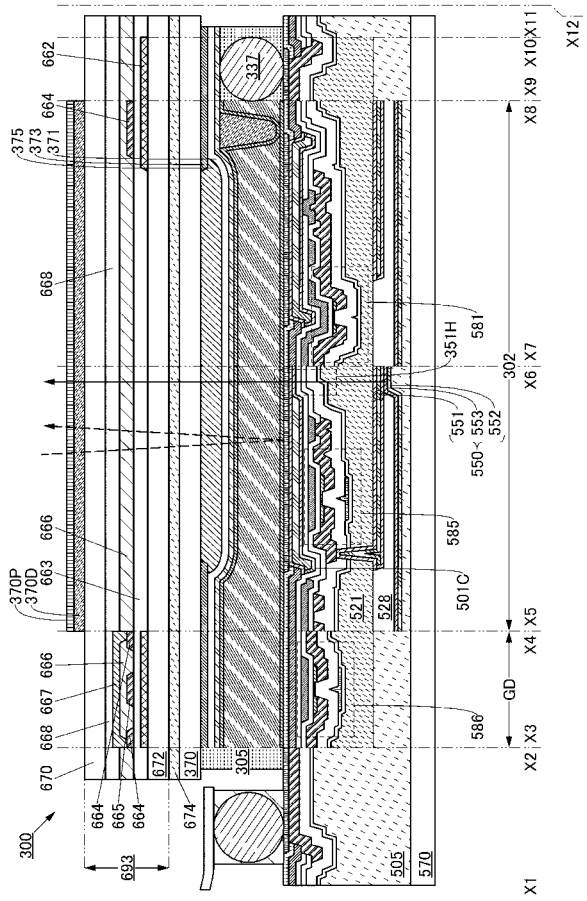
【図１１】



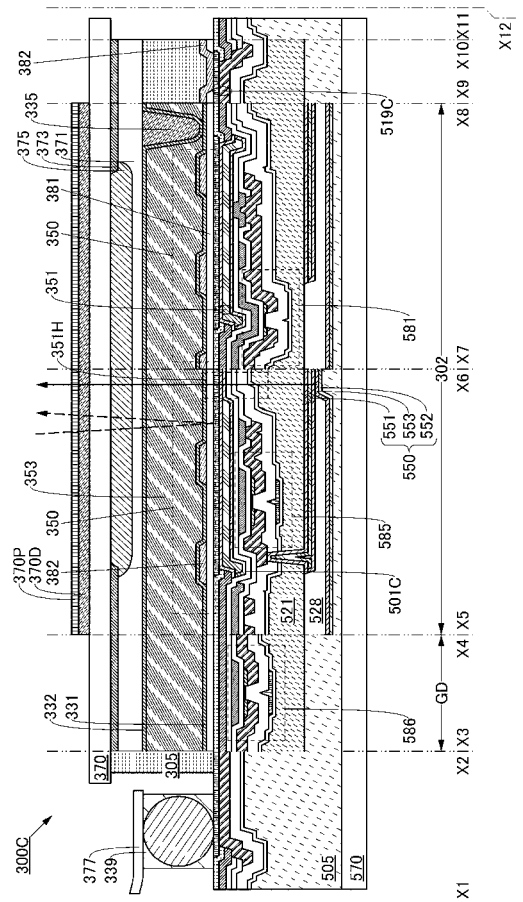
【図１２】



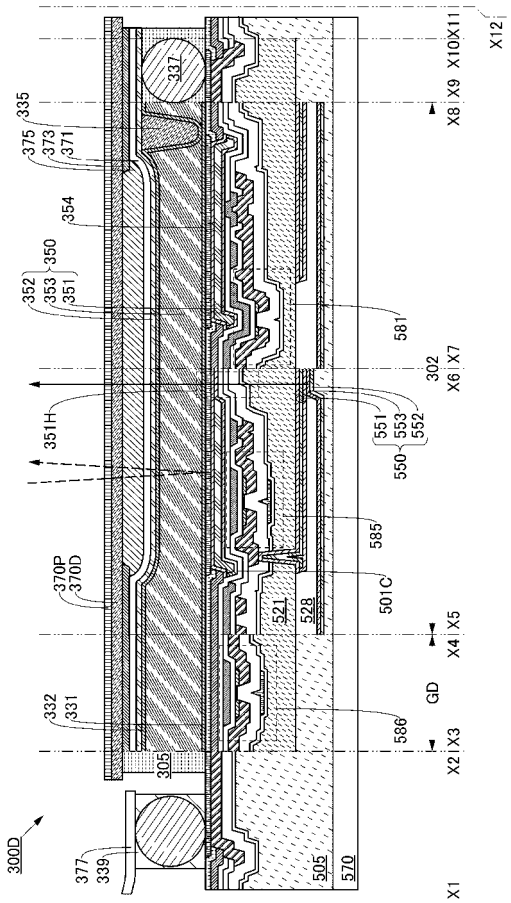
【図１３】



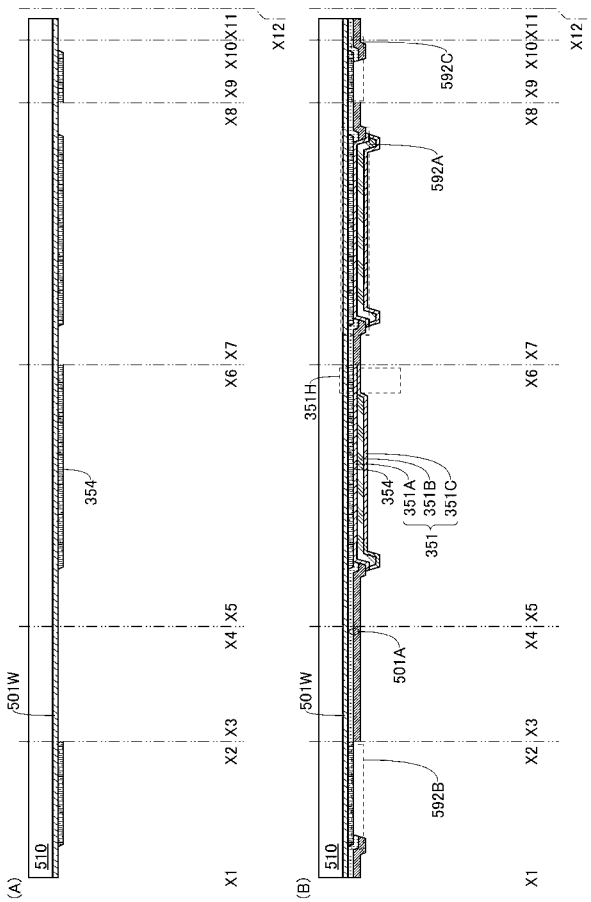
【図１４】



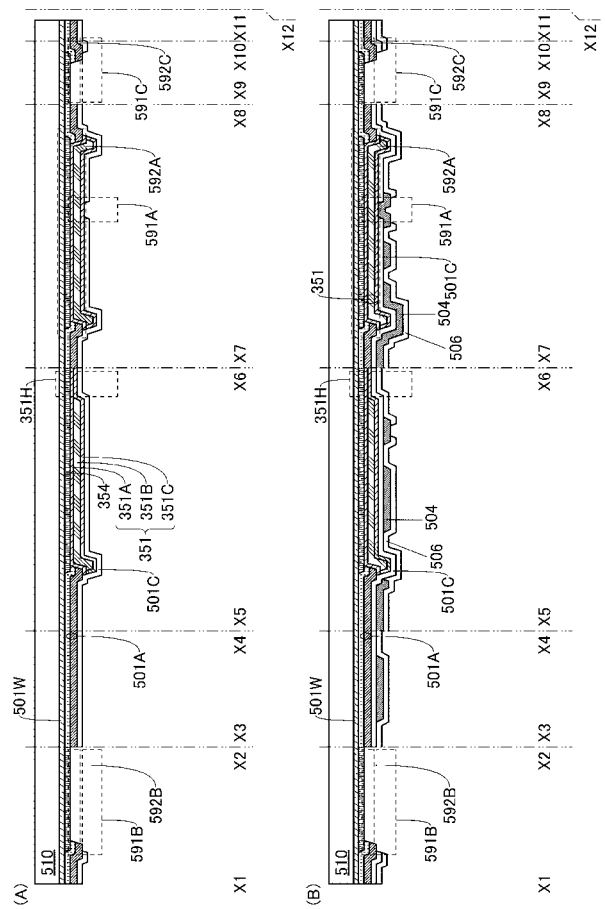
【図１５】



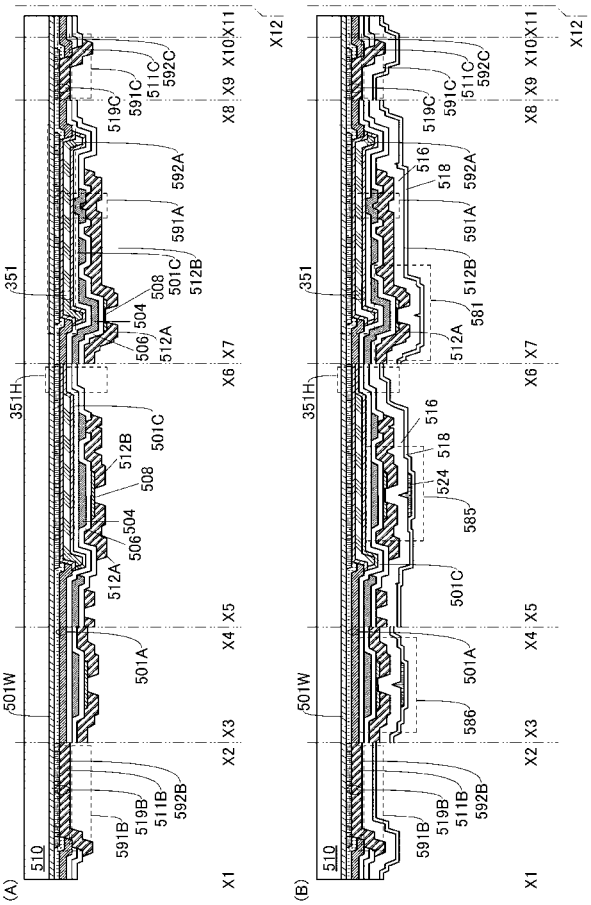
【図１６】



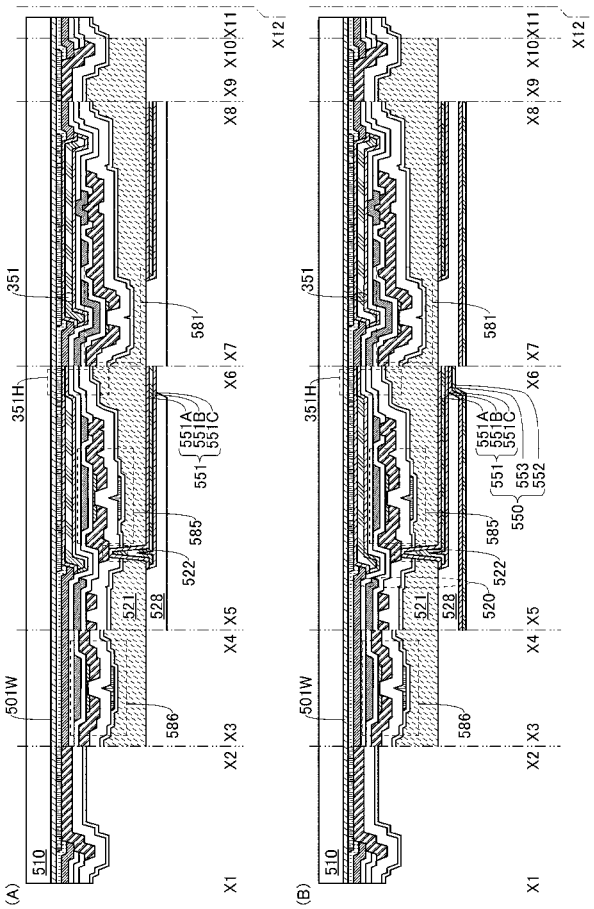
【図１７】



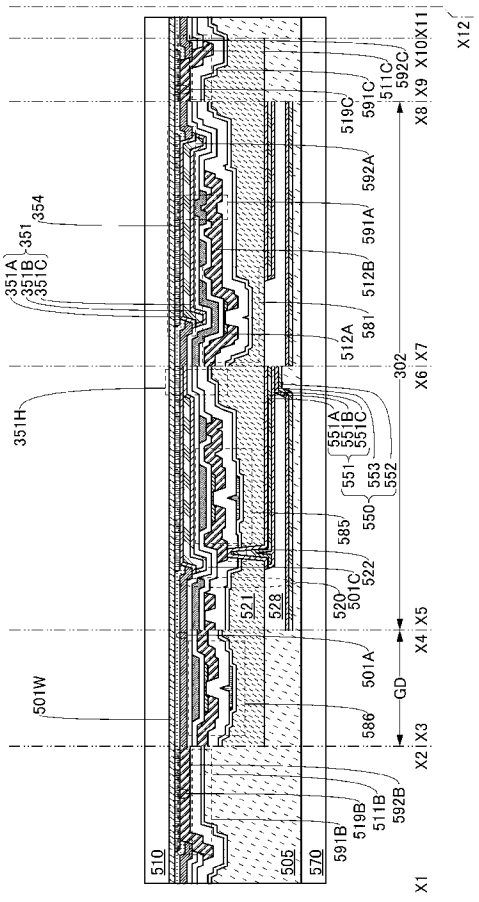
【図１８】



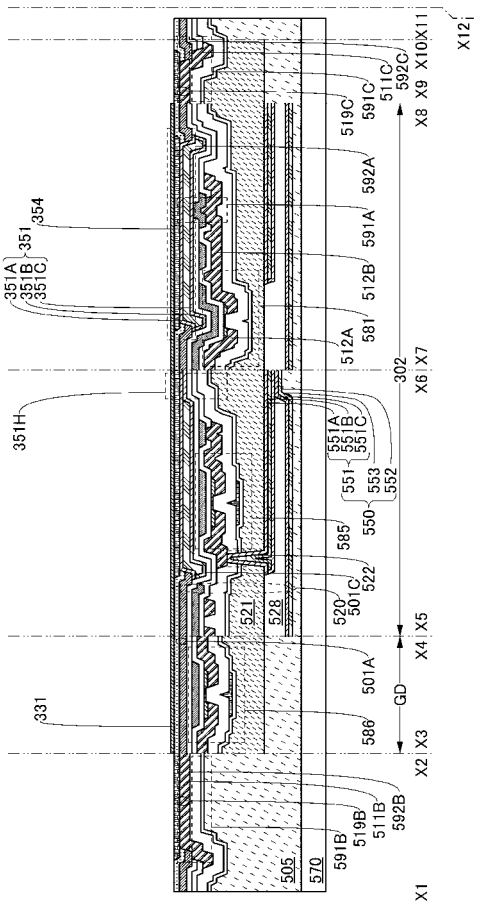
【図１９】



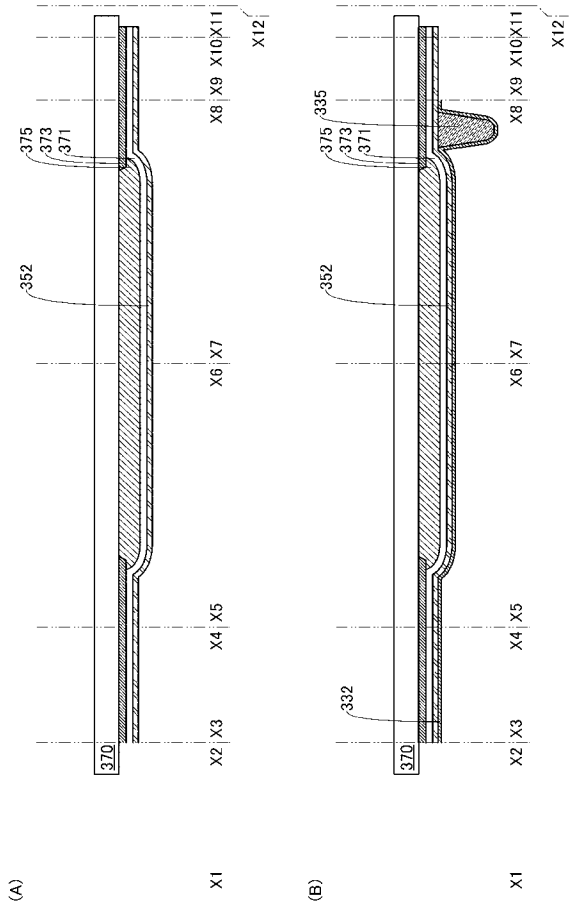
【図２０】



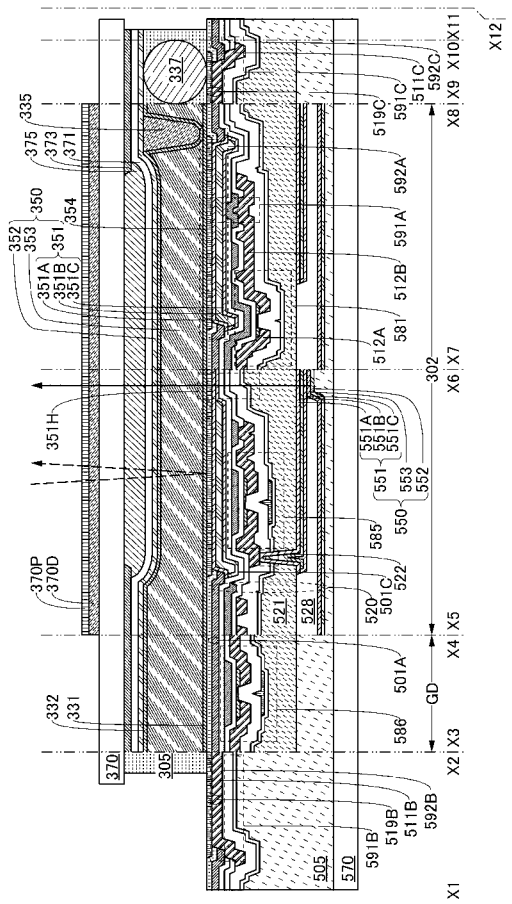
【図２１】



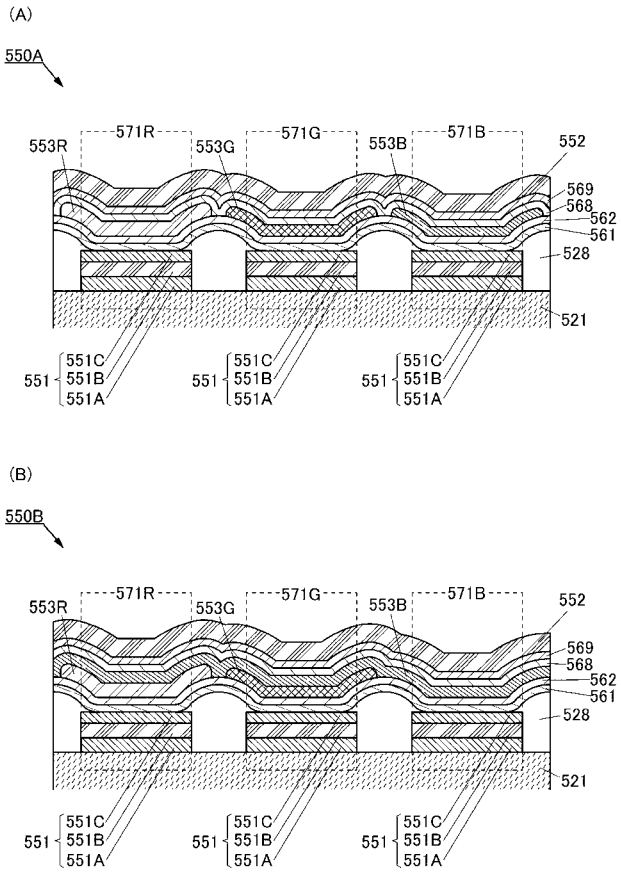
【図２２】



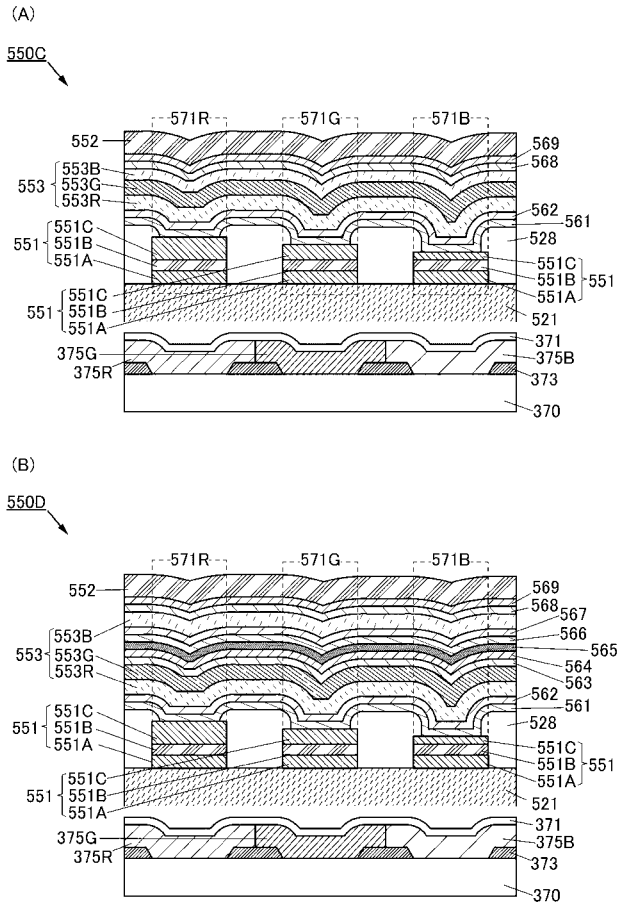
【図２３】



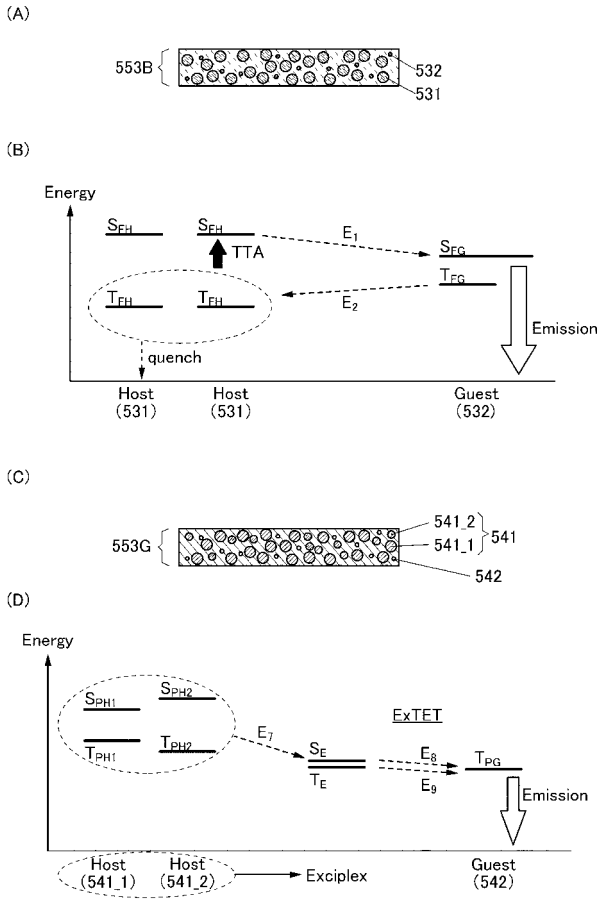
【図２４】



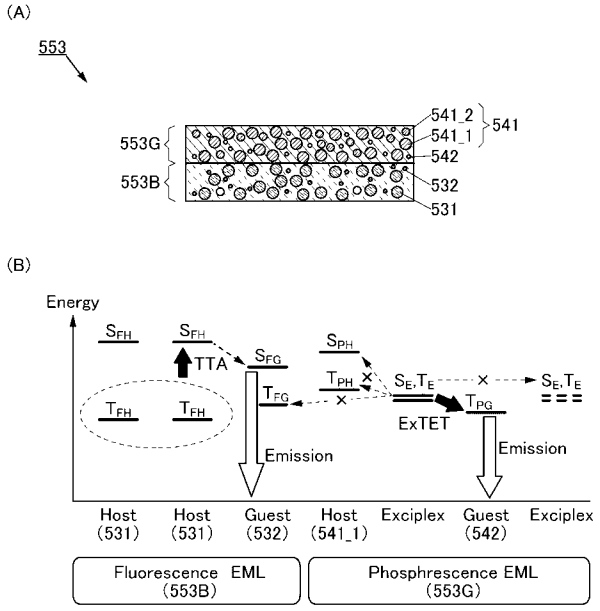
【図２５】



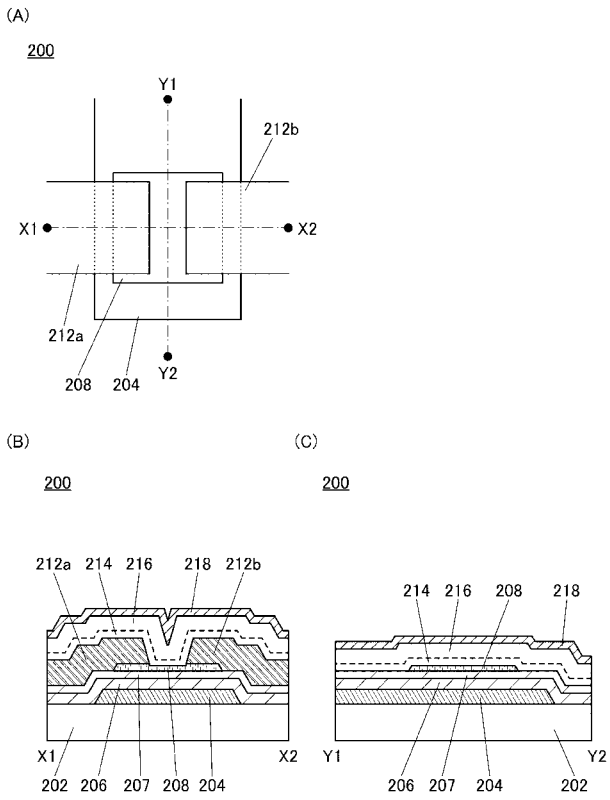
【図２６】



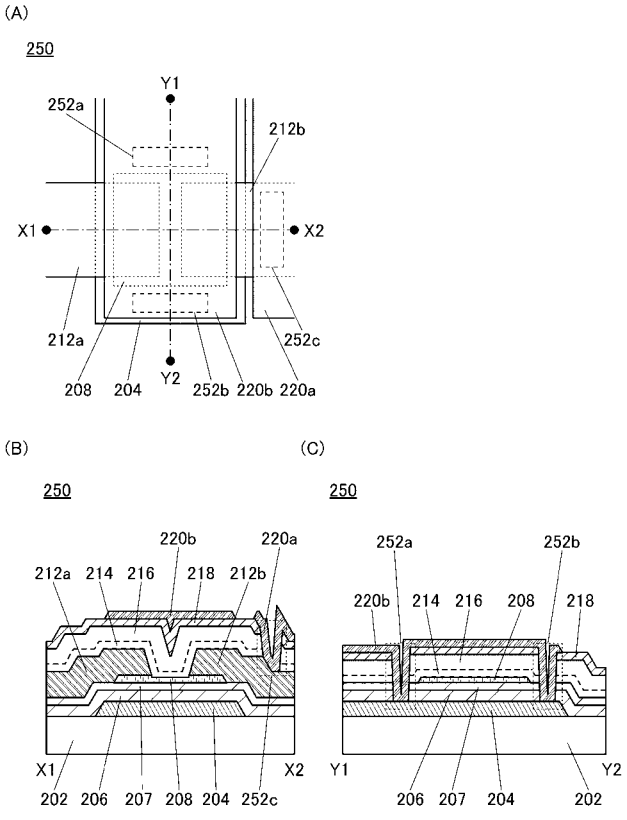
【図２７】



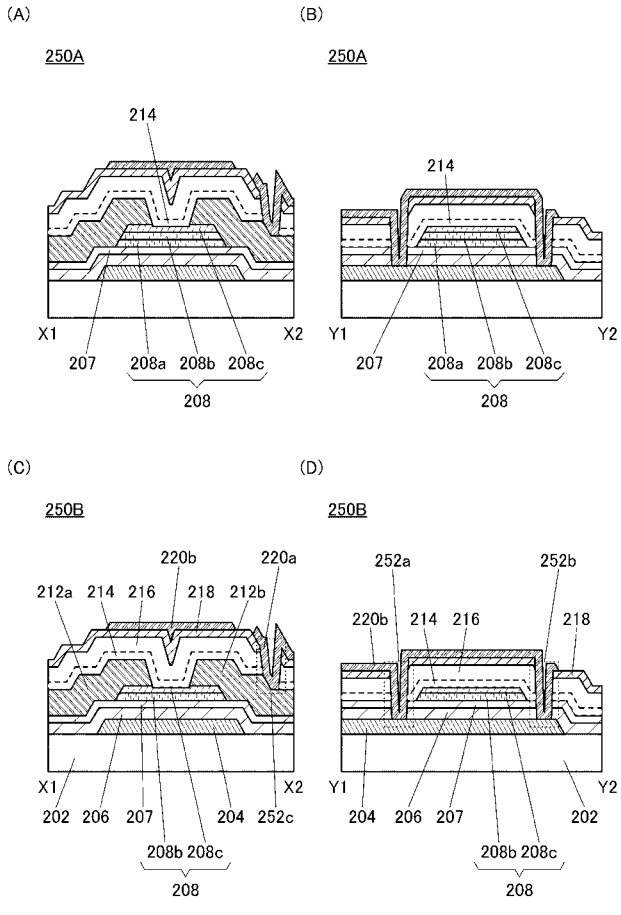
【図２８】



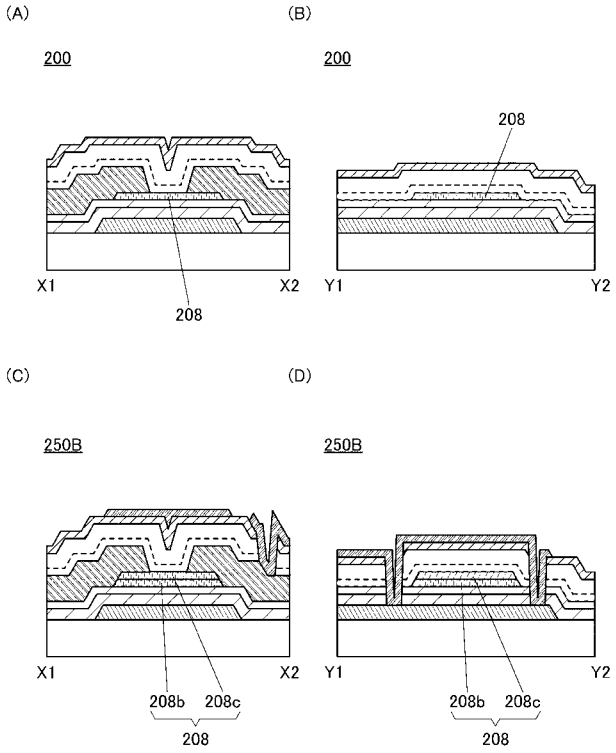
【図２９】



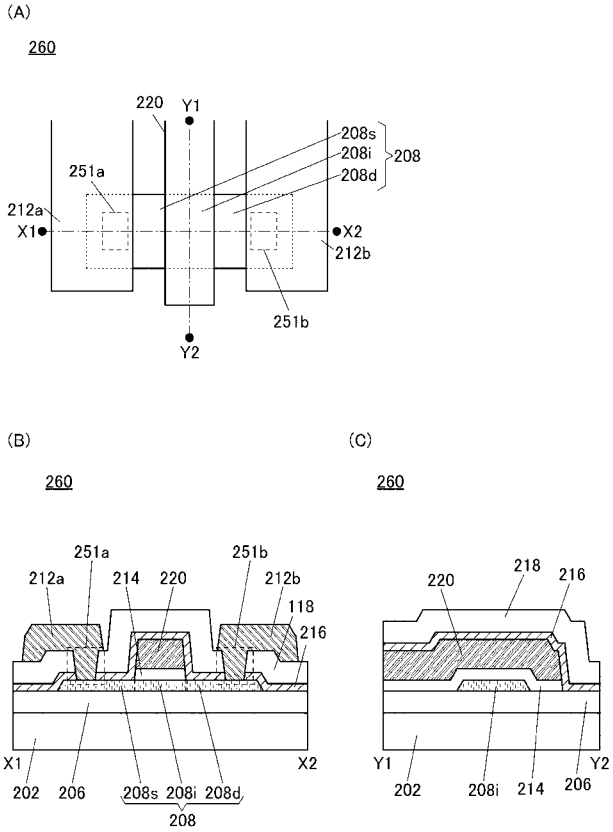
【図３０】



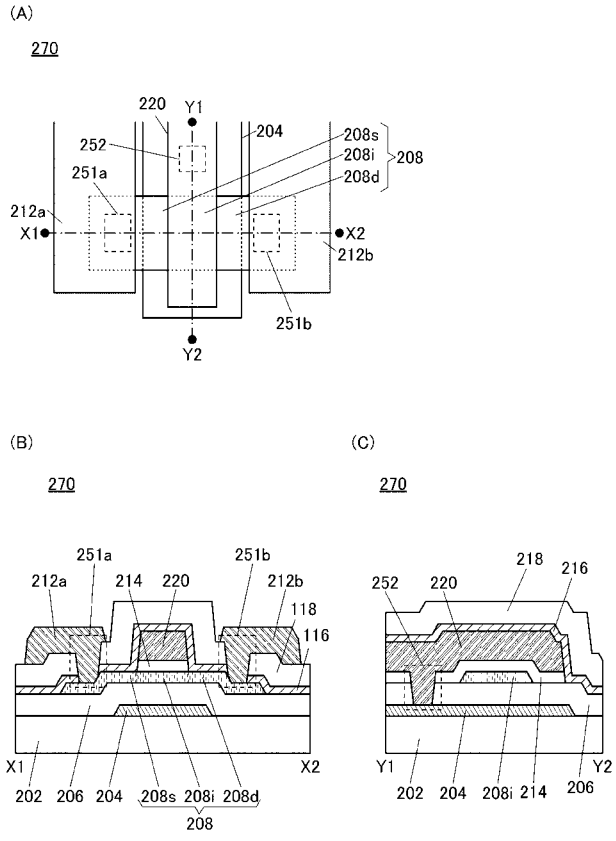
【図３１】



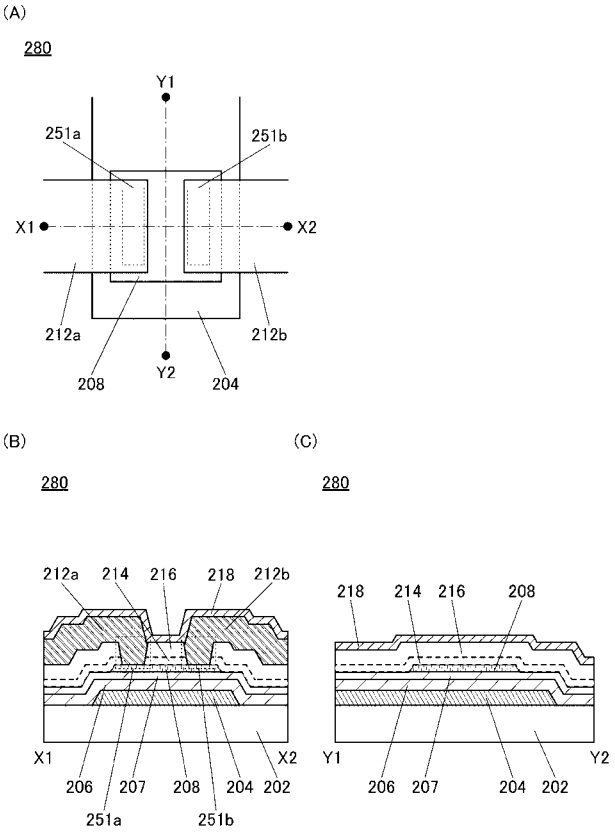
【図３２】



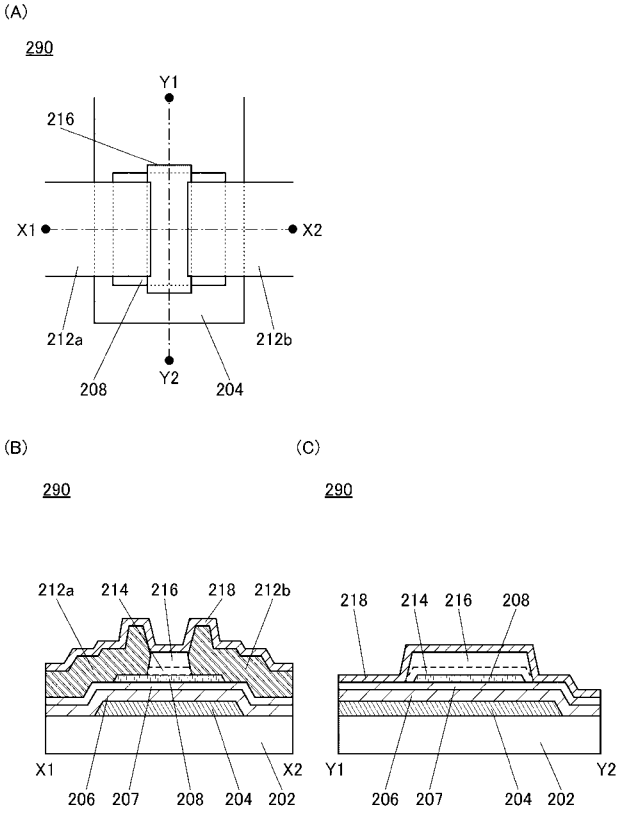
【図３３】



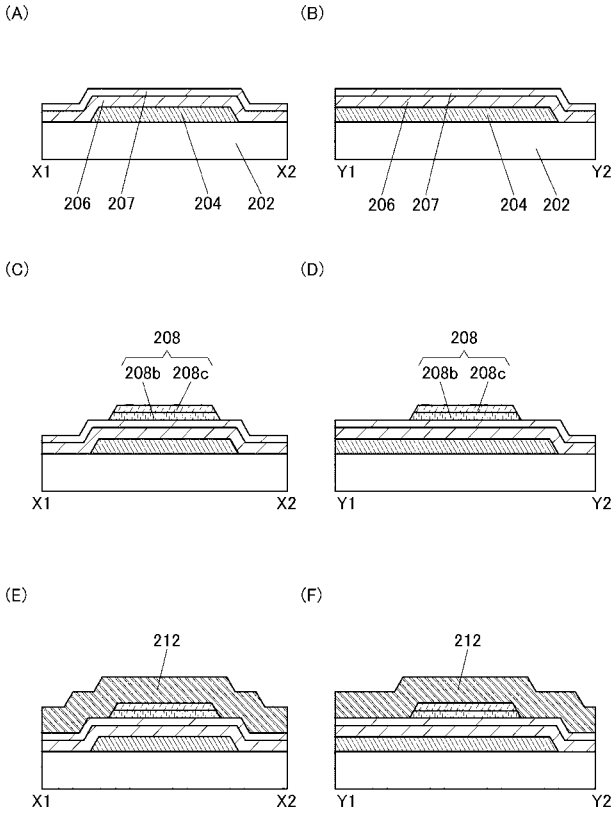
【図３４】



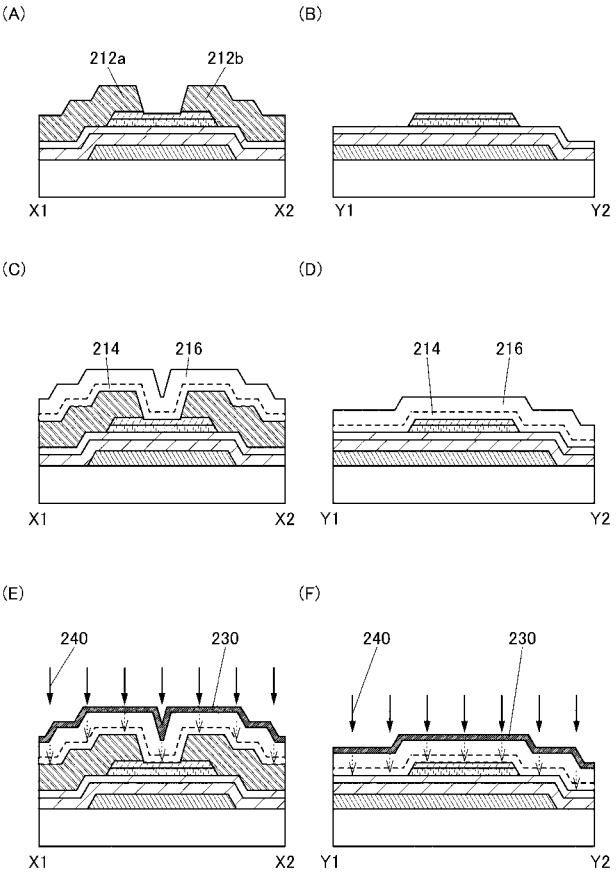
【図３５】



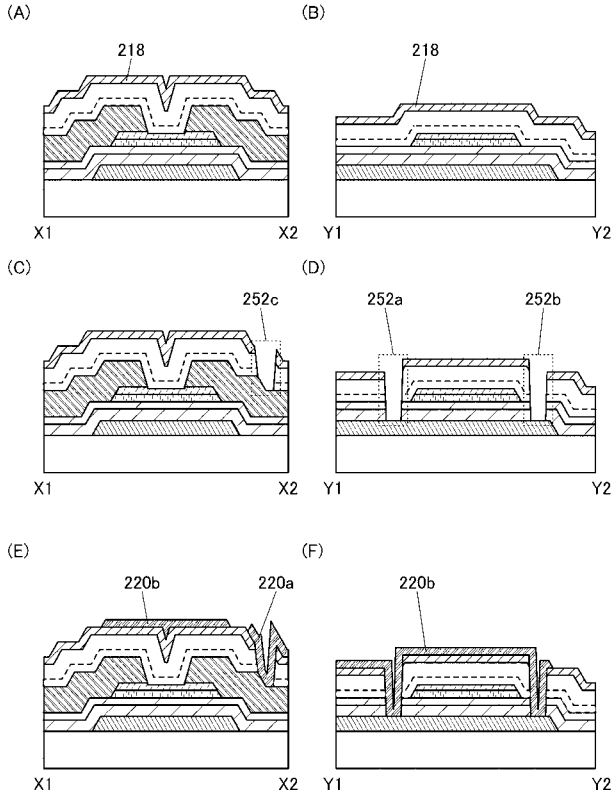
【図３６】



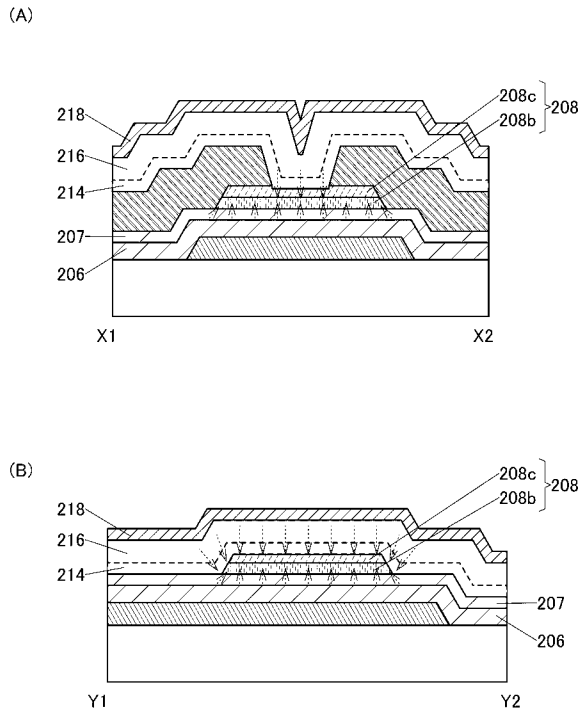
【図３７】



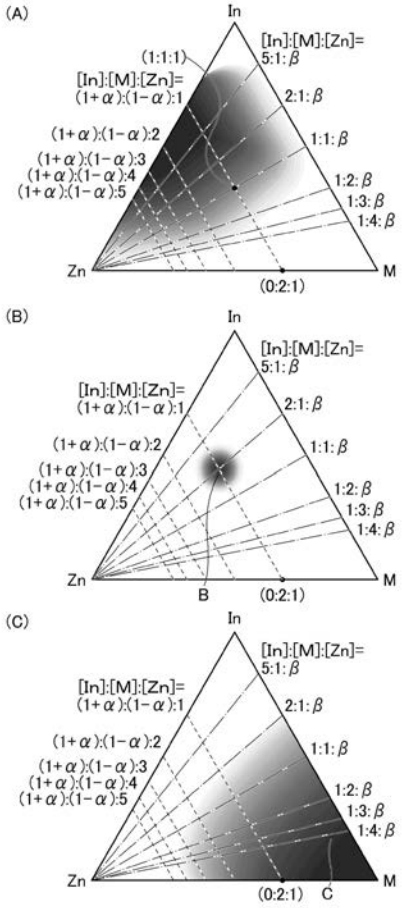
【図３８】



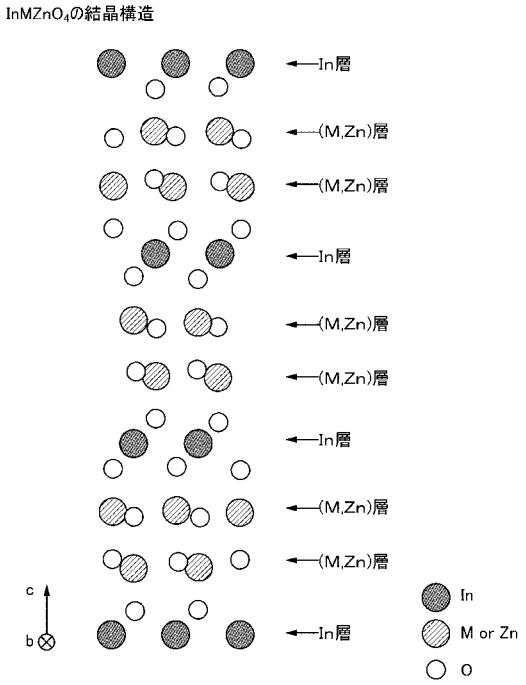
【図３９】



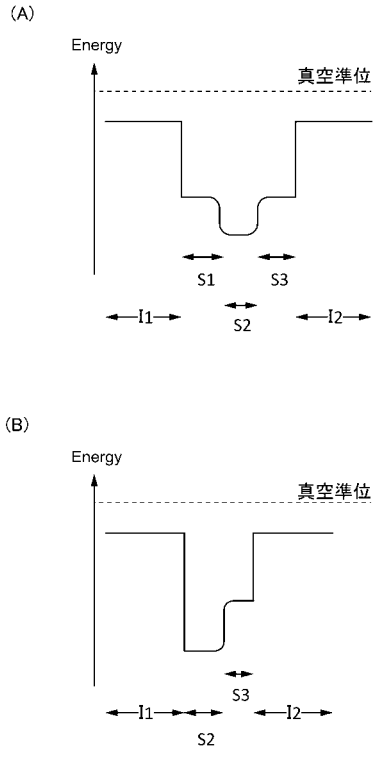
【図４０】



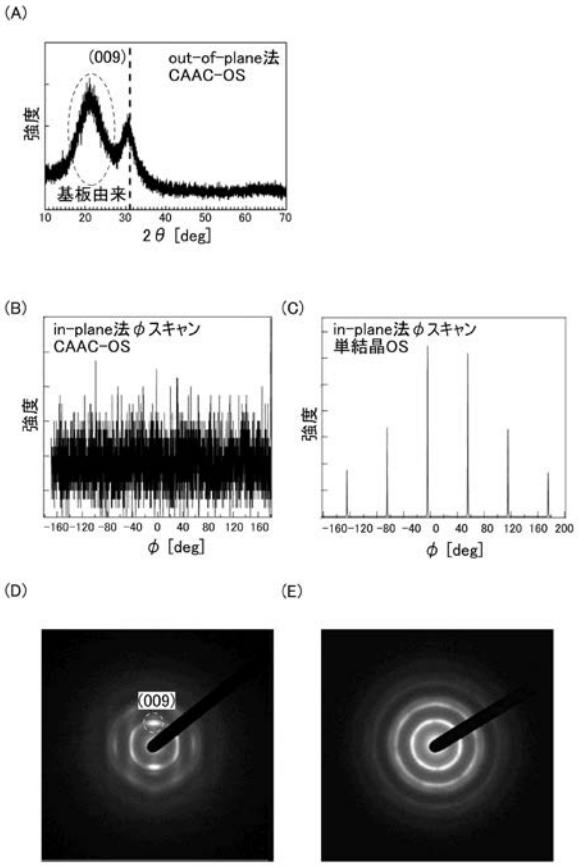
【図４１】



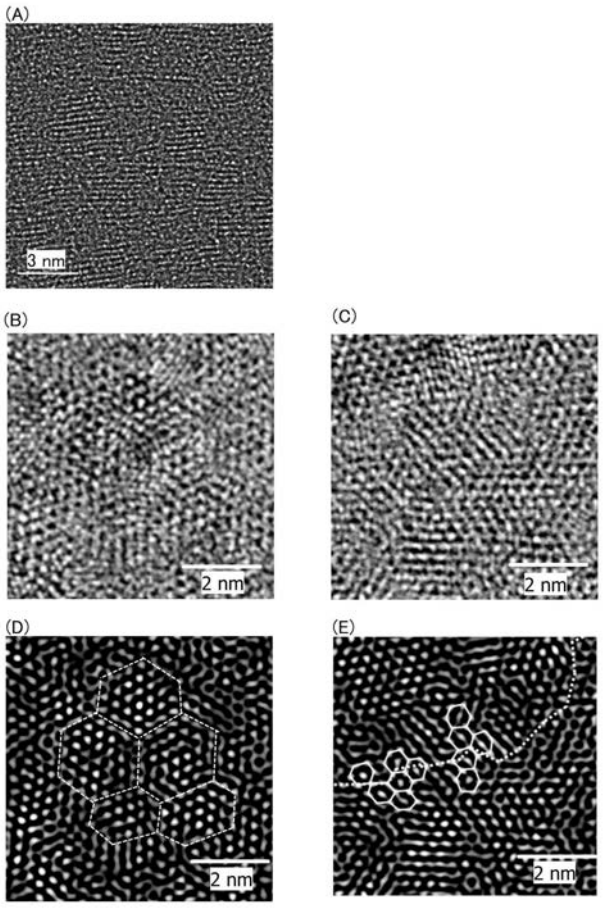
【図４２】



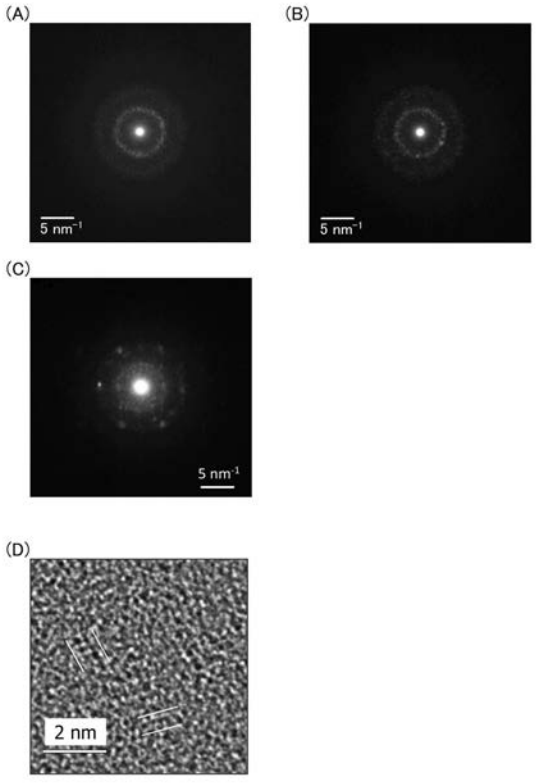
【図４３】



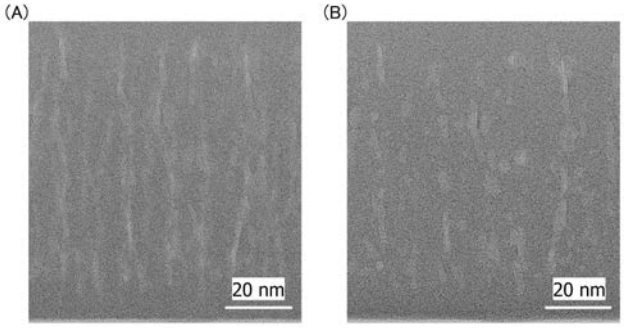
【図４４】



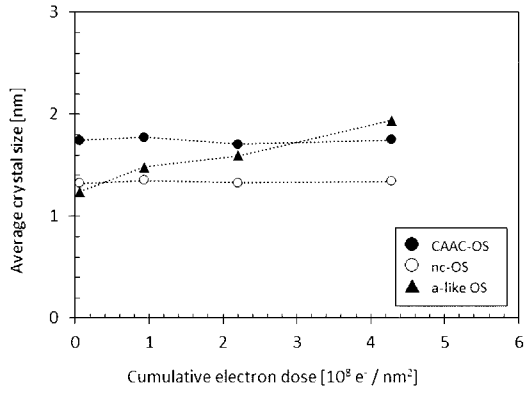
【図４５】



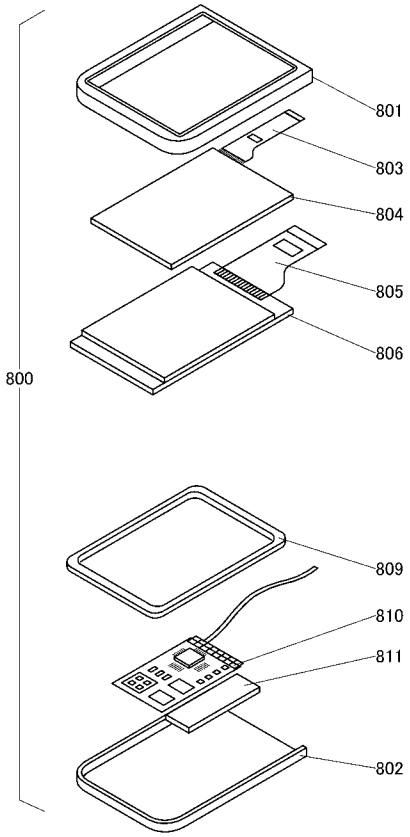
【図４６】



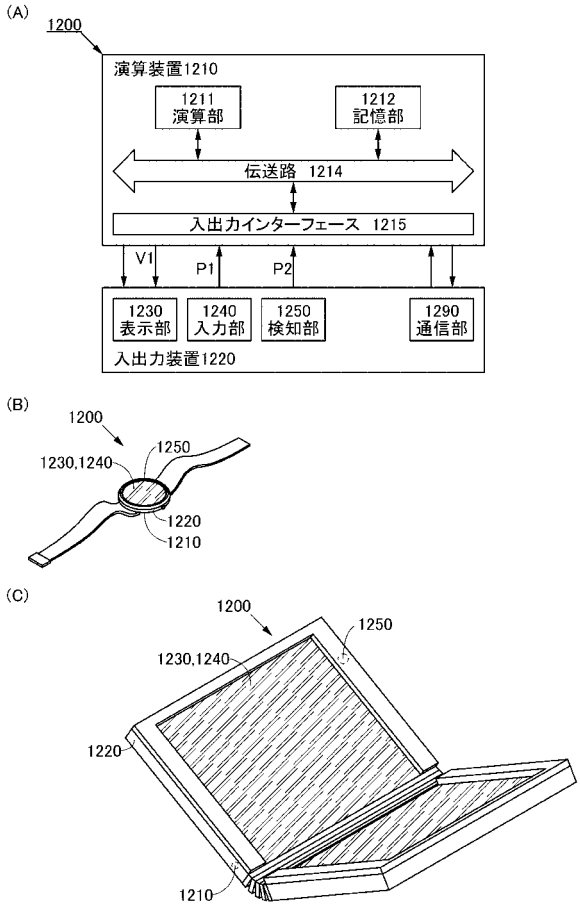
【図４７】



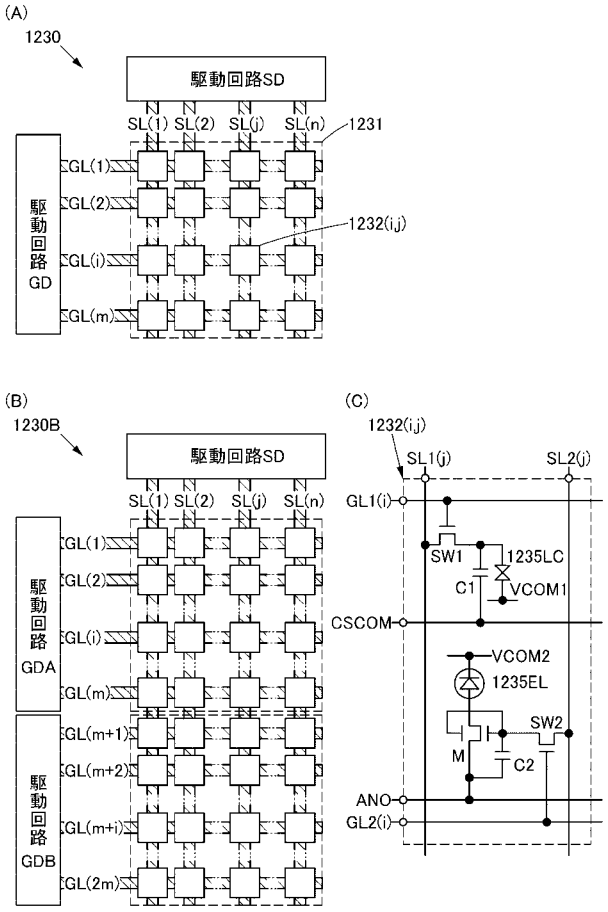
【図４８】



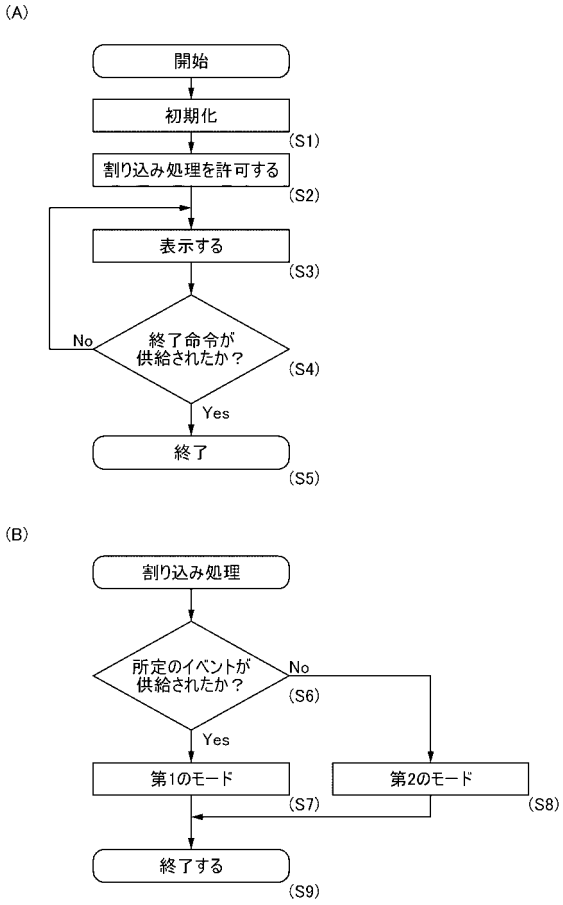
【図４９】



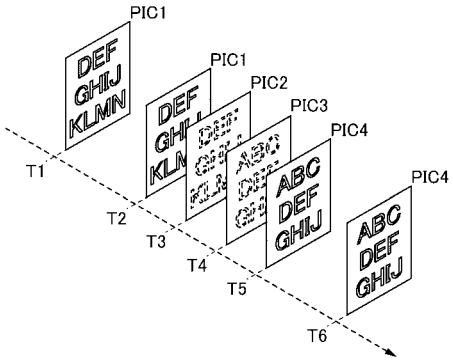
【図５０】



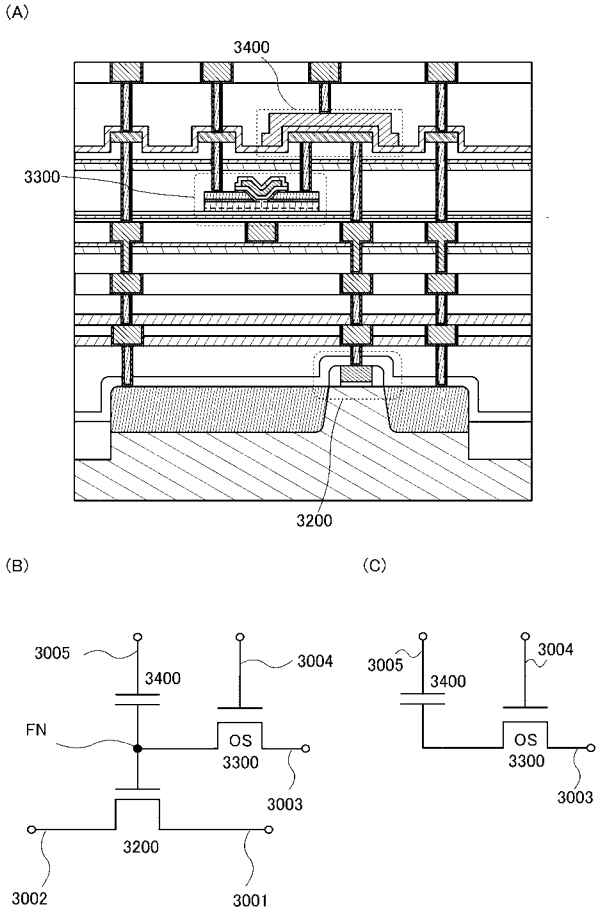
【図５１】



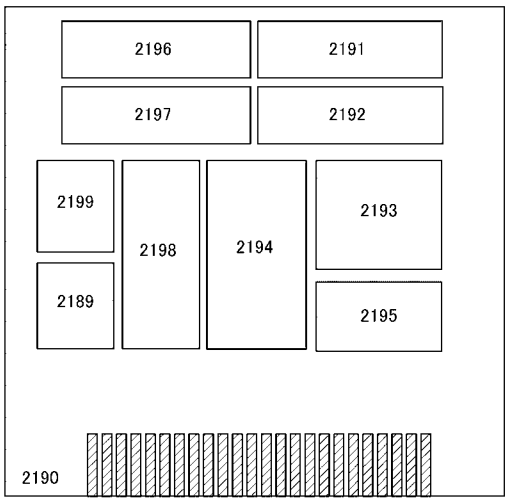
【図５２】



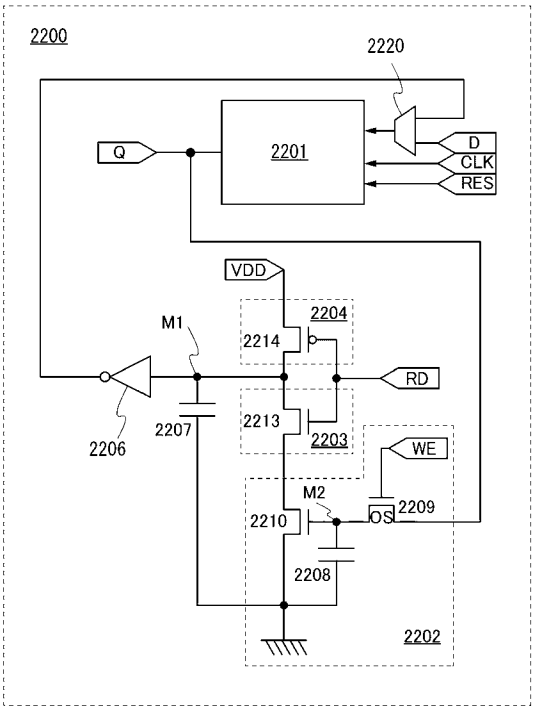
【図５３】



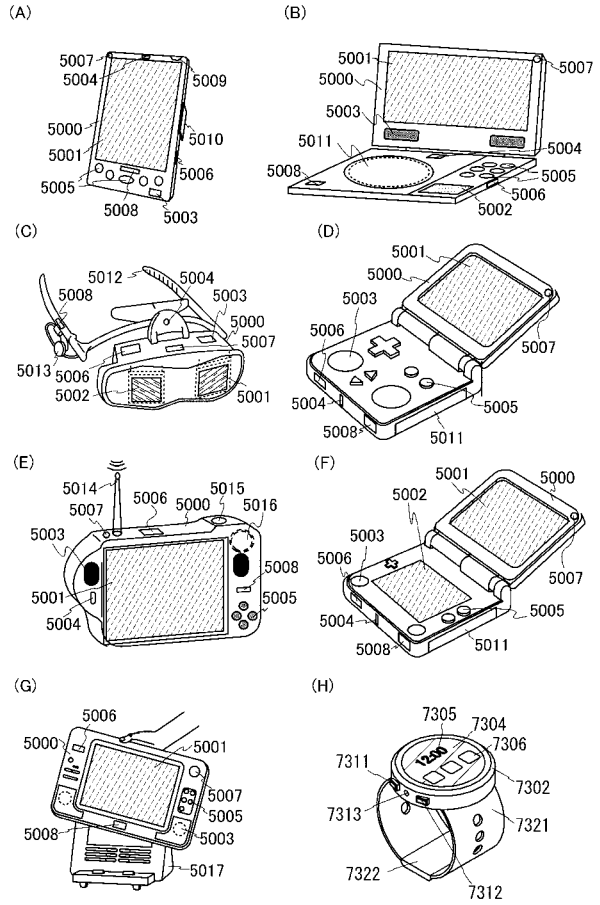
【図５４】



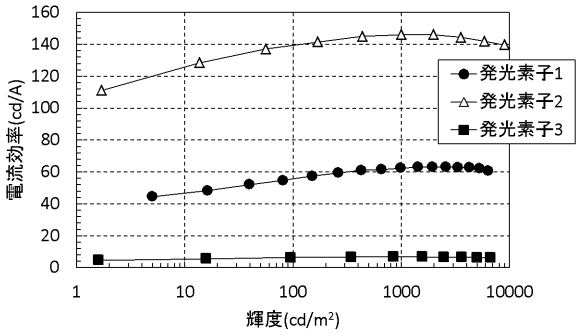
【図５５】



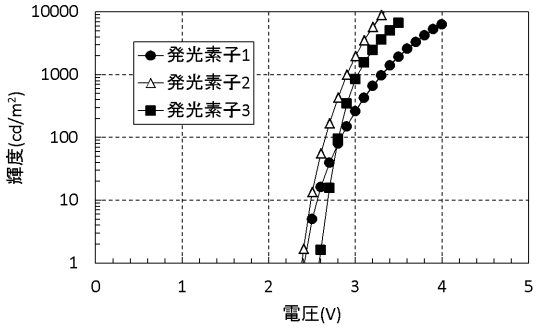
【図５６】



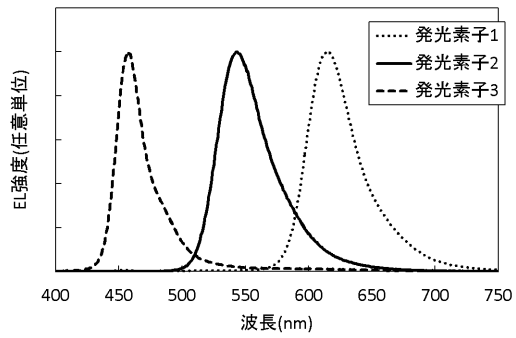
【図５７】



【図５８】

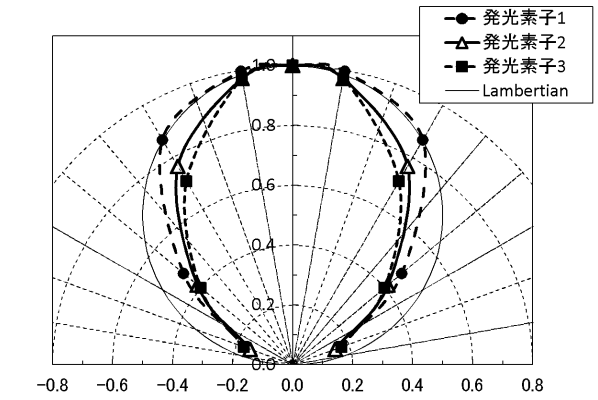


【図５９】

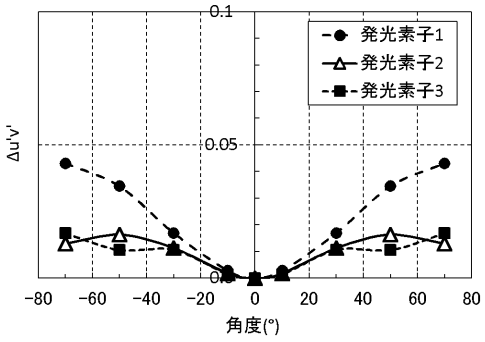


【図６０】

(A)

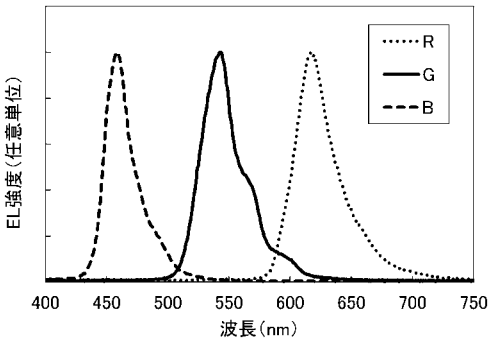


(B)

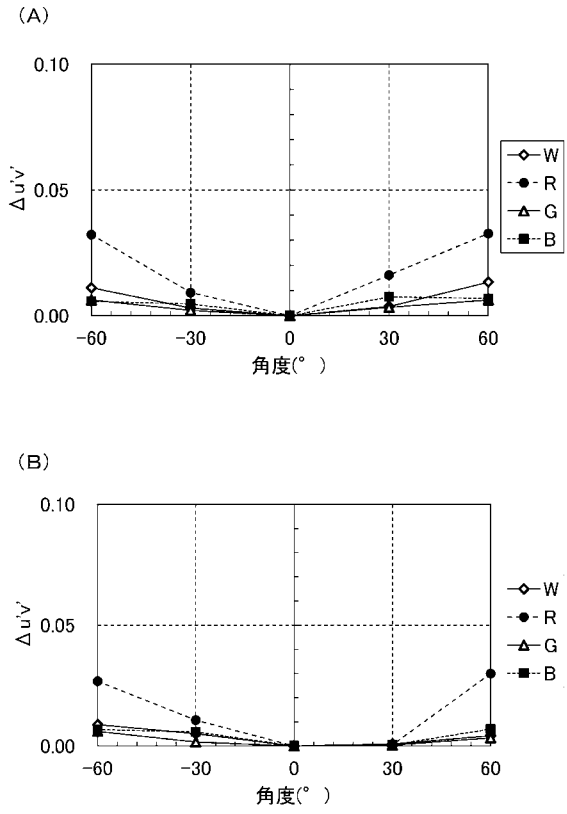


【図６１】

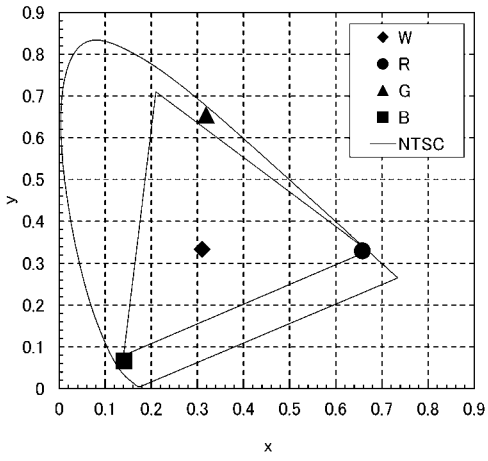
【図６２】



【図６３】



【図６４】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
Ｈ０５Ｂ 33/24	***(2006.01)***	Ｈ０５Ｂ	33/24		
Ｈ０５Ｂ 33/26	***(2006.01)***	Ｈ０５Ｂ	33/26	Ｚ	

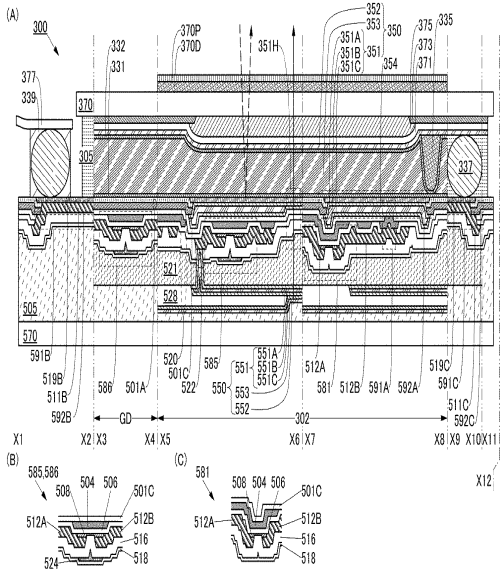
(72)発明者　神保　安弘
神奈川県厚木市長谷３９８番地　株式会社半導体エネルギー研究所内

Ｆターム(参考) 2H192 AA24 AA43 BA42 BB12 BC31 BC72 CB02 CB05 CB08 CB37
CB56 CB71 DA12 EA22 EA42 EA43 FA73 FB02 FB27 FB33
GB33 GB61
3K107 AA01 BB01 BB07 CC06 CC14 CC21 CC32 CC41 DD23 DD24
DD28 DD29 DD45X DD45Y EE03 EE04 EE65 EE66
5C094 AA01 AA08 AA22 AA31 BA03 BA07 BA08 BA27 BA43 DA03
DB04 EA04 EA06 EA07 EA10 ED11 FA02 FB12 FB14 FB20
GB10 HA08
5G435 AA01 AA04 AA14 AA16 BB05 BB12 BB16 EE49 FF03 HH12
HH13 HH20 LL07 LL08

专利名称(译)	显示装置，电子装置及其制造方法		
公开(公告)号	JP2017107181A	公开(公告)日	2017-06-15
申请号	JP2016210578	申请日	2016-10-27
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社半导体能源研究所		
申请(专利权)人(译)	半导体能源研究所有限公司		
[标]发明人	佐々木俊毅 瀬尾哲史 大澤信晴 横山浩平 神保安弘		
发明人	佐々木 俊毅 瀬尾 哲史 大澤 信晴 横山 浩平 神保 安弘		
IPC分类号	G09F9/46 G02F1/1368 G09F9/30 G09F9/00 H01L51/50 H05B33/24 H05B33/26		
CPC分类号	G02F1/133553 G02F1/1336 G02F1/134309 G02F2201/122 G02F2201/44 G02F2202/16 G02F2203/02 H01L27/1225 H01L27/15 H01L27/3232 H01L27/3267 H01L29/45 H01L29/7869 H01L33/405 H01L51/5218 H01L51/5231		
FI分类号	G09F9/46.Z G02F1/1368 G09F9/30.365 G09F9/00.366.A H05B33/14.A H05B33/24 H05B33/26.Z H01L27/32		
F-TERM分类号	2H192/AA24 2H192/AA43 2H192/BA42 2H192/BB12 2H192/BC31 2H192/BC72 2H192/CB02 2H192/CB05 2H192/CB08 2H192/CB37 2H192/CB56 2H192/CB71 2H192/DA12 2H192/EA22 2H192/EA42 2H192/EA43 2H192/FA73 2H192/FB02 2H192/FB27 2H192/FB33 2H192/GB33 2H192/GB61 3K107/AA01 3K107/BB01 3K107/BB07 3K107/CC06 3K107/CC14 3K107/CC21 3K107/CC32 3K107/CC41 3K107/DD23 3K107/DD24 3K107/DD28 3K107/DD29 3K107/DD45X 3K107/DD45Y 3K107/EE03 3K107/EE04 3K107/EE65 3K107/EE66 5C094/AA01 5C094/AA08 5C094/AA22 5C094/AA31 5C094/BA03 5C094/BA07 5C094/BA08 5C094/BA27 5C094/BA43 5C094/DA03 5C094/DB04 5C094/EA04 5C094/EA06 5C094/EA07 5C094/EA10 5C094/ED11 5C094/FA02 5C094/FB12 5C094/FB14 5C094/FB20 5C094/GB10 5C094/HA08 5G435/AA01 5G435/AA04 5G435/AA14 5G435/AA16 5G435/BB05 5G435/BB12 5G435/BB16 5G435/EE49 5G435/FF03 5G435/HH12 5G435/HH13 5G435/HH20 5G435/LL07 5G435/LL08		
优先权	2015214087 2015-10-30 JP 2015234396 2015-12-01 JP		
其他公开文献	JP2017107181A5		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

非常便利的是提供一种低功耗的新颖显示元件。和具有液晶层，具有发光层，第一晶体管，显示装置包括第二晶体管的显示装置的显示装置。第一晶体管电连接到具有液晶层的显示元件的电极，该第二晶体管被电连接到具有发光层的显示装置的电极。具有电极和具有液晶层的显示装置的发光层的显示元件的电极包括各自的反射膜和导电膜。具有液晶层的显示装置的反射膜具有包含具有发光层的显示装置的金属反射膜的区域。


(A)
300
332
331
370P
370D
351H
352
353
351A
351B
351C
350
351
354
375
373
371
335
377
339
370
305
337
521
528
505
570
591B
519B
511B
592B
586
501A
520
501C
522
585
550
551
551A
551B
551C
553
552
512A
581
512B
591A
592A
519C
591C
511C
592C
GD
302
X1
X2
X3
X4
X5
X6
X7
X8
X9
X10
X11
X12
(B)
585,586
508
504
506
501C
512A
512B
516
518
524
(C)
581
508
504
506
501C
512A
512B
516
518