

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5048688号
(P5048688)

(45) 発行日 平成24年10月17日(2012.10.17)

(24) 登録日 平成24年7月27日(2012.7.27)

(51) Int.Cl.

F I

G O 2 F 1/1335 (2006.01)

G O 2 F 1/1335 5 2 0

請求項の数 8 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2008-556014 (P2008-556014)	(73) 特許権者	000005049
(86) (22) 出願日	平成19年12月10日(2007.12.10)		シャープ株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2007/073787		大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
(87) 国際公開番号	W02008/093467	(74) 代理人	100101683
(87) 国際公開日	平成20年8月7日(2008.8.7)		弁理士 奥田 誠司
審査請求日	平成21年7月27日(2009.7.27)	(74) 代理人	100155000
(31) 優先権主張番号	特願2007-21200 (P2007-21200)		弁理士 喜多 修市
(32) 優先日	平成19年1月31日(2007.1.31)	(74) 代理人	100139930
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		弁理士 山下 亮司
		(74) 代理人	100125922
			弁理士 三宅 章子
		(74) 代理人	100151817
			弁理士 川口 寿志

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 液晶表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の画素を有し、前記複数の画素のそれぞれの中に、入射光を表示面に向けて反射させる反射領域を備えた液晶表示装置であって、

前記反射領域は、金属層と、前記金属層の上に形成された半導体層と、前記半導体層の上に形成された反射層とを備え、

前記反射層の表面には、複数の第1の凹部又は凸部と、複数の第2の凹部又は凸部が形成されており、

前記複数の第1の凹部又は凸部は、前記金属層の凹部又は凸部の形状を反映して形成されており、前記複数の第2の凹部又は凸部は前記半導体層の凹部又は凸部の形状を反映して形成されており、

前記金属層の凹部又は凸部と前記半導体層の凸部又は凹部とが互いに一部分で重なるように形成され、前記反射層には、両者が重なる部分と重ならない部分との間で段差が形成されており、

前記複数の第1の凹部又は凸部は、第1の方向に沿って隣接する前記第1の凹部又は凸部の複数の第1の対を有し、前記複数の第1の対は、凹部又は凸部の間隔が互いに異なる2つの対を含むか、または、

前記複数の第2の凹部又は凸部は、第2の方向に沿って隣接する前記第2の凹部又は凸部の複数の第2の対を有し、前記複数の第2の対は、凹部又は凸部の間隔が互いに異なる2つの対を含む、液晶表示装置。

10

20

【請求項 2】

前記複数の第 1 の凹部又は凸部は、前記第 1 の方向と異なる第 3 の方向に沿って隣接する前記第 1 の凹部又は凸部の複数の第 3 の対を有し、前記複数の第 3 の対は、凹部又は凸部の間隔が互いに異なる 2 つの対を含む、請求項 1 に記載の液晶表示装置。

【請求項 3】

前記複数の第 2 の凹部又は凸部は、前記第 2 の方向と異なる第 4 の方向に沿って隣接する前記第 2 の凹部又は凸部の複数の第 4 の対を有し、前記複数の第 4 の対は、凹部又は凸部の間隔が互いに異なる 2 つの対を含む、請求項 1 に記載の液晶表示装置。

【請求項 4】

前記複数の第 1 の凹部又は凸部は、前記第 1 の方向と異なる第 3 の方向に沿って隣接する前記第 1 の凹部又は凸部の複数の第 3 の対を有し、前記複数の第 3 の対は、凹部又は凸部の間隔が互いに異なる 2 つの対を含み、且つ、

前記複数の第 2 の凹部又は凸部は、前記第 2 の方向と異なる第 4 の方向に沿って隣接する前記第 2 の凹部又は凸部の複数の第 4 の対を有し、前記複数の第 4 の対は、凹部又は凸部の間隔が互いに異なる 2 つの対を含む、請求項 1 に記載の液晶表示装置。

【請求項 5】

前記反射層の表面において、前記複数の第 1 の凹部又は凸部及び前記複数の第 2 の凹部又は凸部の少なくとも一方がランダムに配置されている、請求項 1 に記載の液晶表示装置。

【請求項 6】

前記反射層の表面において、前記複数の第 1 の凹部又は凸部及び前記複数の第 2 の凹部又は凸部の両方がランダムに配置されている、請求項 5 に記載の液晶表示装置。

【請求項 7】

前記複数の画素のそれぞれに対応して設けられた半導体素子を備え、

前記金属層、前記半導体層、および前記反射層は、それぞれ、前記半導体素子のゲート電極、半導体部分、およびソース・ドレイン電極と同じ材料で形成されている、請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の液晶表示装置。

【請求項 8】

液晶層と、前記液晶層と前記反射層との間に配置された層間絶縁層及び画素電極とを備え、前記画素電極の前記液晶層側の表面が、前記反射層の前記第 1 の凹部又は凸部及び前記第 2 の凹部又は凸部の形状を反映することなく平坦に形成されている、請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、反射光を利用して表示を行うことができる反射型あるいは半透過型の液晶表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

液晶表示装置（LCD）には、表示用の光源として画面背面のバックライトを利用する透過型液晶表示装置、外光の反射光を利用する反射型液晶表示装置、および外光の反射光とバックライトの両方を利用する半透過型液晶表示装置（反射／透過型液晶表示装置）がある。反射型液晶表示装置および半透過型液晶表示装置は、透過型液晶表示装置に比べて消費電力が小さく、明るい場所で画面が見やすいという特徴があり、半透過型液晶表示装置は反射型液晶表示装置に比べて、暗い場所でも画面が見やすいという特徴がある。

【0003】

図 10 は、従来の反射型液晶表示装置（例えば、特許文献 1）におけるアクティブマトリックス基板 100 を表した断面図である。

【0004】

この図に示すように、このアクティブマトリックス基板 100 は、絶縁性基板 101 と

10

20

30

40

50

、絶縁性基板 101 の上に積層された、ゲート層 102、ゲート絶縁層 104、半導体層 106、金属層 108、および反射層 110 を備えている。ゲート層 102、ゲート絶縁層 104、半導体層 106、および金属層 108 は、絶縁性基板 101 の上に積層された後、1つのマスクを用いてエッチングが施され、島状の積層構造を有するように形成される。その後、この積層構造の上に反射層 110 が形成されることにより、凹凸を有する反射面 112 が形成されている。なお、アクティブマトリックス基板 100 の上部には、図示していないが、透明電極、液晶層、カラーフィルタ基板 (CF 基板) 等が積層されている。

【0005】

図 11 は、従来の半透過型液晶表示装置 (例えば、特許文献 2) の断面図である。

10

【0006】

この図に示すように、従来の半透過型液晶表示装置では、スイッチング素子 (TF T) 203 のドレイン電極 222 の上に層間絶縁膜 204 が形成されており、層間絶縁膜 204 の上には、電食防止膜 205、反射電極膜 206、及び非晶質透明電極膜 218 が積層されている。反射電極膜 206 が形成された領域は半透過型液晶表示装置の反射領域である。反射領域における層間絶縁膜 204 の上部には凹凸が形成されており、その凹凸を反映して、電食防止膜 205、反射電極膜 206、及び非晶質透明電極膜 218 にも凹凸が形成されている。

【0007】

また、反射層に凹凸が均等な間隔で繰り返し配置された場合、光の干渉により反射光に回折縞 (モアレ) や色付きが発生し得る。この回折縞等の発生を抑えるために、凹凸の一部を不規則に配置した液晶表示装置が特許文献 3 に記載されている。

20

【特許文献 1】特開平 9-54318 号公報

【特許文献 2】特開 2005-277402 号公報

【特許文献 3】特開 2002-14211 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

特許文献 1 に記載されたアクティブマトリックス基板 100 では、反射層 110 の一部は、ゲート層 102 等が形成されていない部分 (島の間の部分、以下、「間隙部」と呼ぶ) において、絶縁性基板 101 に到達するように形成されている。したがって、間隙部では、反射面 112 の表面は絶縁性基板 101 の方向に陥没し、深い窪み (あるいは凹部) を有する面となる。

30

【0009】

反射型液晶表示装置あるいは半透過型液晶表示装置において、広い視野角にわたって明るい表示を行うためには、表示装置に入射する入射光を、一方向に鏡面反射させることなく、反射面 112 によって表示面全体により均等に効率的に反射させる必要がある。そのためには、反射面 112 は完全な平面ではなく、適度な凹凸を有しているほうが良い。

【0010】

しかし、上述のアクティブマトリックス基板 100 の反射面 112 は、深い窪みを有している。そのため、窪みの下部に位置する反射面に光が到達しにくく、また、光が到達したとしても、その反射光は液晶層側に反射されにくいと、反射光が表示に対して有効に用いられないという問題がある。さらに、反射面 112 の多くの部分が、液晶表示装置の表示面に対して大きな角度を有することになるため、その部分からの反射光が表示に有効に利用されないという問題がある。

40

【0011】

図 12 は、反射面 112 の傾きと反射光の出射角との関係を表した図である。図 12 (a) は、光が屈折率 N_a を有する媒質 a から屈折率 N_b を有する媒質 b に入射したときの入射角 α と出射角 β との関係を表している。この場合、スネルの法則により、次の関係が成り立つ。

50

$$N a \times \sin \alpha = N b \times \sin \beta$$

【0012】

図12(b)は、液晶表示装置の表示面に垂直に入射した入射光が、表示面（あるいは基板）に対して θ だけ傾いた反射面によって反射された場合の、入射光と反射光の関係を表した図である。図に示すように、表示面に垂直に入射した入射光は、表示面に対して角度 θ だけ傾いた反射面によって反射され、出射角 ϕ の方向に出射される。

【0013】

スネルの法則に基づいて、反射面の角度 θ 毎に出射角 ϕ を計算した結果を表1に示す。

【0014】

【表1】

θ	ϕ	$90-\phi$
0	0	90
2	6.006121	83.99388
4	12.04967	77.95033
6	18.17181	71.82819
8	24.42212	65.57788
10	30.86588	59.13412
12	37.59709	52.40291
14	44.76554	45.23446
16	52.64382	37.35618
18	61.84543	28.15457
20	74.61857	15.38143
20.5	79.76542	10.23458
20.6	81.12757	8.872432
20.7	82.73315	7.266848
20.8	84.80311	5.19888
20.9	88.85036	1.149637
20.905	89.79914	0.200856

【0015】

この表の値は、空気（air）の屈折率を1.0、ガラス基板および液晶層の屈折率を1.5として計算している。表1に示すように、反射面の角度 θ が20度を超えると、出射角 ϕ が非常に大きくなり（ $90-\phi$ が非常に小さくなり）、出射光のほとんどが利用者に届かなくなってしまう。したがって、反射層の反射面に凹凸をつけたとしても、反射光を有効に用いるためには、反射面のより多くの部分において角度 θ を20度以下にする必要がある。

【0016】

上述のアクティブマトリックス基板100の反射面112は、20度より大きい部分が多いため、反射光が表示にあまり有効に利用されていない。この問題を解決するために、反射層110の下に絶縁層を形成し、その絶縁層の上に反射層110を形成することが考えられる。しかし、この場合、絶縁層を形成する工程、および反射層110とTFTのドレインとを接続するためのコンタクトホールを絶縁層に形成する工程が必要となり、材料および工程数が増えるという問題が発生する。

【0017】

また、特許文献2の半透過型液晶表示装置では、ドレイン電極222の上に層間絶縁膜204を積層した後、その上部に凹凸を形成する工程が必要であり、さらにその上に、電食防止膜205、反射電極膜206、及び非晶質透明電極膜218を積層する工程が必要

である。このように、従来の半透過型液晶表示装置にも、反射領域を形成するために材料や工程数が増加するという問題があった。

【0018】

さらに、従来の半透過型液晶表示装置では、液晶層211に接する非晶質透明電極膜218の表面に凹凸が形成されるため、液晶層211に形成される電界が均一にならず、反射領域における液晶の配向を所望の向きに均一に制御することが困難であった。また、非晶質透明電極膜218の端部には層間絶縁膜204の端部形状を反映した斜面が形成されるが、この斜面によって反射領域の端部付近における液晶の配向が乱されるという問題もあった。

【0019】

特許文献3の液晶表示装置では、スイッチング素子の上に形成した感光性樹脂層にフォトリソグラフィ法によって凹凸を形成し、その後凹凸の上に反射層が形成されている。したがって、この液晶表示装置においても、上述した特許文献2の半透過型液晶表示装置と同様の問題が発生する。

【0020】

本発明は、上記の課題を鑑みてなされたものであり、その目的は、反射光の干渉等に起因するモアレや色付きが低減された高画質の反射型及び半透過型の液晶表示装置を低コストで提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0021】

本発明の液晶表示装置は、複数の画素を有し、前記複数の画素のそれぞれの中に、入射光を表示面に向けて反射させる反射領域を備えた液晶表示装置であって、前記反射領域は、金属層と、前記金属層の上に形成された半導体層と、前記半導体層の上に形成された反射層とを備え、前記反射層の表面には、複数の第1の凹部又は凸部と、複数の第2の凹部又は凸部が形成されており、前記複数の第1の凹部又は凸部は、前記金属層の凹部（開口部を含む）又は凸部の形状を反映して形成されており、前記複数の第2の凹部又は凸部は前記半導体層の凹部（開口部を含む）又は凸部の形状を反映して形成されており、前記複数の第1の凹部又は凸部は、第1の方向に沿って隣接する前記第1の凹部又は凸部の複数の第1の対を有し、前記複数の第1の対は、凹部又は凸部の間隔が互いに異なる2つの対を含むか、または、前記複数の第2の凹部又は凸部は、第2の方向に沿って隣接する前記第2の凹部又は凸部の複数の第2の対を有し、前記複数の第2の対は、凹部又は凸部の間隔が互いに異なる2つの対を含む。

【0022】

ある実施形態において、前記複数の第1の凹部又は凸部は、前記第1の方向と異なる第3の方向に沿って隣接する前記第1の凹部又は凸部の複数の第3の対を有し、前記複数の第3の対は、凹部又は凸部の間隔が互いに異なる2つの対を含む。

【0023】

ある実施形態において、前記複数の第2の凹部又は凸部は、前記第2の方向と異なる第4の方向に沿って隣接する前記第2の凹部又は凸部の複数の第4の対を有し、前記複数の第4の対は、凹部又は凸部の間隔が互いに異なる2つの対を含む。

【0024】

ある実施形態において、前記複数の第1の凹部又は凸部は、前記第1の方向と異なる第3の方向に沿って隣接する前記第1の凹部又は凸部の複数の第3の対を有し、前記複数の第3の対は、凹部又は凸部の間隔が互いに異なる2つの対を含み、且つ、前記複数の第2の凹部又は凸部は、前記第2の方向と異なる第4の方向に沿って隣接する前記第2の凹部又は凸部の複数の第4の対を有し、前記複数の第4の対は、凹部又は凸部の間隔が互いに異なる2つの対を含む。

【0025】

ある実施形態では、前記反射層の表面において、前記複数の第1の凹部又は凸部及び前記複数の第2の凹部又は凸部の少なくとも一方がランダムに配置されている。

【0026】

ある実施形態では、前記反射層の表面において、前記複数の第1の凹部又は凸部及び前記複数の第2の凹部又は凸部の両方がランダムに配置されている。

【0027】

ある実施形態は、前記複数の画素のそれぞれに対応して設けられた半導体素子を備え、前記金属層、前記半導体層、および前記反射層は、それぞれ、前記半導体素子のゲート電極、半導体部分、およびソース・ドレイン電極と同じ材料で形成されている。

【0028】

ある実施形態は、液晶層と、前記液晶層と前記反射層との間に配置された層間絶縁層及び画素電極とを備え、前記画素電極の前記液晶層側の表面が、前記反射層の前記第1の凹部又は凸部及び前記第2の凹部又は凸部の形状を反映することなく平坦に形成されている。

10

【発明の効果】

【0029】

本発明によれば、反射光の干渉等に起因するモアレや色付きが低減された高画質の反射型及び半透過型の液晶表示装置を低コストで提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】実施形態1の液晶表示装置の断面形状を模式的に表した図である。

【図2】実施形態1の液晶表示装置を表した平面図であり、(a)は画素領域の構成を表しており、(b)は反射部の構成を表している。

20

【図3】実施形態1のTFT部および反射部の構成を表す断面図であり、(a)は反射部の構成を表しており、(b)はTFT部の構成を表している。

【図4】実施形態1と従来の液晶表示装置の反射部の構成を比較するための模式図であり、(a)は実施形態1の反射部の断面を、(b)は従来の液晶表示装置の反射部の断面を、また、(c)は反射部の角部における表面の角度を、それぞれ表した図である。

【図5】実施形態1の反射部の製造方法を表した平面図である。

【図6】実施形態1の反射部の製造方法を表した断面図である。

【図7】実施形態2による液晶表示装置の反射部を表した平面図である。

【図8】実施形態3による液晶表示装置の反射部を表した平面図である。

30

【図9】実施形態4の液晶表示装置を表した断面図である。

【図10】従来の反射型液晶表示装置におけるアクティブマトリックス基板を表した断面図である。

【図11】従来の半透過型液晶表示装置の断面図である。

【図12】液晶表示装置における反射面の傾きと反射光との関係を表した図であり、(a)は、光が屈折率 N_a を有する媒質aから屈折率 N_b を有する媒質bに入射したときの入射角 α と出射角 β との関係を表しており、(b)は、液晶表示装置の表示面の角度と入射光および反射光の関係を表した図である。

【符号の説明】

【0031】

40

- 10 液晶表示装置
- 12 TFT基板
- 14 対向基板
- 16 液晶
- 18 液晶層
- 22 透明基板
- 26 層間絶縁層
- 28 画素電極
- 30 反射部
- 31 層

50

3 2	T F T 部	
3 4	対向電極	
3 6	C F 層	
3 8	透明基板	
4 0	表示面	
4 2	反射領域	
4 4	T F T 領域	
4 6	透過領域	
5 0	画素	
5 2	ソースライン	10
5 4	ゲートライン	
5 6	C s メタル層	
5 8	コンタクトホール	
6 1	ゲート絶縁層	
6 2	半導体層	
6 3	反射層	
6 5	開口部	
6 7	凸部	
6 8、6 9	凹部	
1 0 0	アクティブマトリックス基板	20
1 0 1	絶縁性基板	
1 0 2	ゲート層	
1 0 4	ゲート絶縁層	
1 0 6	半導体層	
1 0 8	金属層	
1 1 0	反射層	
1 1 2	反射面	
2 0 3	スイッチング素子	
2 0 4	層間絶縁膜	
2 0 5	電食防止膜	30
2 0 6	反射電極膜	
2 1 1	液晶層	
2 1 8	非晶質透明電極膜	
2 2 2	ドレイン電極	

【発明を実施するための最良の形態】

【0032】

(実施形態1)

以下、図面を参照しながら、本発明による液晶表示装置の第1の実施形態を説明する。

【0033】

図1は、本実施形態の液晶表示装置10の断面形状を模式的に表した図である。液晶表示装置10は、アクティブマトリックス方式による反射透過型の液晶表示装置(LCD)である。液晶表示装置10は、図1に示すように、TFT(Thin Film Transistor)基板12、例えばカラーフィルタ基板(CF基板)等の対向基板14、およびTFT基板12と対向基板14との間に封入された液晶16を含む液晶層18を備えている。 40

【0034】

TFT基板12は、透明基板22、層間絶縁層26、画素電極28を備えており、反射部30とTFT部32とを含んでいる。なお、TFT基板12には、後述する、ゲートライン(走査線)、ソースライン(信号線)、およびCsライン(補助容量電極線)も形成されている。 50

【0035】

対向基板14は、対向電極34、カラーフィルタ層（CF層）36、および透明基板38を備えている。透明基板38の上部の面は、液晶表示装置の表示面40となる。なお、TFT基板12および対向基板14は、それぞれ、配向膜および偏光板を備えているが、ここでは、図示を省略している。

【0036】

液晶表示装置10において、反射部30が形成されている領域を反射領域42と呼び、TFT部32が形成されている領域をTFT領域44と呼ぶ。反射領域では、表示面40から入射した光が、反射部30によって反射され、液晶層18および対向基板14を通過して表示面40から出射される。さらに、液晶表示装置10は、反射領域42およびTFT領域44以外の領域に形成された透過領域46を有している。透過領域46では、液晶表示装置10の光源から発せられた光が、TFT基板12、液晶層18、および対向基板14を通過して表示面40から出射される。

10

【0037】

なお、図1に示すように、反射部30の上部の対向基板14の側に透過性樹脂等によって形成された層31を設けることにより、反射領域42における液晶層18の厚さを、透過領域46における液晶層18の厚さの半分にすることも可能である。これにより、反射領域42と透過領域46における光路長を同じにすることができる。なお、図1には、層31は対向電極34とCF層36との間に形成されるように示しているが、層31は対向電極34の液晶層18側の面上に形成してもよい。

20

【0038】

図2は、液晶表示装置10における画素領域及び反射部30の構成を、より具体的に表した平面図である。

【0039】

図2(a)は、液晶表示装置10の一部を、表示面40の上から見た場合の平面図である。図に示すように、液晶表示装置10には、複数の画素50がマトリックス状に配置されている。それぞれの画素50には、上述した反射部30とTFT部32が形成されており、TFT部32にはTFTが形成されている。

【0040】

画素50の境界部分には、列方向（図の上下方向）にソースライン52が延びており、行方向（図の左右方向）にゲートライン（ゲートメタル層）54が延びている。また、画素50の中央部分には、行方向にCsライン（Csメタル層または金属層）56が延びている。反射領域30の層間絶縁層26には、画素電極28とTFTのドレイン電極とを接続するためのコンタクトホール58が形成されている。

30

【0041】

図2(b)は、Csメタル層56の上部における反射部30の構成を模式的に表した平面図である。なお、この図では、コンタクトホール58は図示を省略している。反射部30は、図3を用いて後述するように、Csメタル層56の上に形成されたゲート絶縁層61と、ゲート絶縁層61の上に形成された半導体層62と、半導体層62の上に形成された反射層63とを備えている。

40

【0042】

反射層63の表面には、図に示すように、複数の凸部67及び凹部68が形成されている。なお、ここでは、構成を分かりやすくする為に、18個の凹部68と11個の凸部67を図示しているが、実際には更に多くの凹部68が形成され得る。複数の凹部68はCsメタル層56の開口部（又は凹部）65の形状を反映して形成されており、凸部67は、島状に形成された半導体層62の形状を反映して形成されている。

【0043】

Csメタル層56を島状に形成し、その形状を反映させて開口部（又は凹部）65の代わりに凸部を形成してもよく、反射部30を覆って形成された半導体層62に開口部（又は凹部）を形成し、その形状を反映させることによって凸部67の代わりに凹部を形成し

50

てもよい。本明細書では、凹部 6 8 又はそれに代わる凸部を第 1 の凹部又は凸部と呼び、凸部 6 7 又はそれに代わる凹部を第 2 の凹部又は凸部とよぶ。

【0044】

凹部 6 8 (あるいは第 1 の凹部又は凸部) 及び凸部 6 7 (あるいは第 2 の凹部又は凸部) はどちらもランダムに配置されている。ただし、凸部 6 7 と凹部 6 8 は、必ずしも完全にランダムに配置されなくてもよく、反射層 6 3 の表面の一部においてランダムに配置されてもよい。また、対称性を有しない配置あるいは異方性を有する配置を採用しても良い。

【0045】

いずれにせよ、ある方向 (第 1 の方向) に沿って隣接する凹部 6 8 の複数の対 (第 1 の対) は、凹部 6 8 の間隔が互いに異なる 2 つの対を含む。また、ある方向 (第 2 の方向) に沿って隣接する凸部 6 7 の複数の対 (第 2 の対) は、凸部 6 7 の間隔が互いに異なる 2 つの対を含む。

10

【0046】

また、第 1 の方向と異なる方向 (第 3 の方向) に沿って隣接する凹部 6 8 の複数の対 (第 3 の対) が、凹部 6 8 の間隔が互いに異なる 2 つの対を含んでもよく、第 2 の方向と異なる方向 (第 4 の方向) に沿って隣接する凸部 6 7 の複数の対 (第 4 の対) が、凸部 6 7 の間隔が互いに異なる 2 つの対を含んでもよい。これらの配置方法によって、反射光の干渉に起因するモアレや色付きの発生を低減することが可能となる。

【0047】

20

次に、図 3 を参照して、反射部 3 0 及び T F T 部 3 2 の構成をより詳細に説明する。

【0048】

図 3 (a) は、反射部 3 0 の断面 (図 2 (b) において矢印 B で示した部分の断面) を表している。反射部 3 0 には、図に示すように、C s メタル層 (金属層) 5 6、ゲート絶縁層 (絶縁層) 6 1、半導体層 6 2、および反射層 6 3 が積層されている。半導体層 6 2 は、例えば、真性アモルファスシリコン層 (S i (i) 層) と、リンがドーピングされた n⁺ アモルファスシリコン層 (S i (n⁺) 層) とにより構成される。

【0049】

C s メタル層 5 6 は開口部 6 5 を有しており、島状に形成された半導体層 6 2 の一部は開口部 6 5 の内側に位置している。開口部 6 5 の上部における反射層 6 3 の表面には凹部 6 8 が形成され、半導体層 6 2 の上部における反射層 6 3 の表面には凸部 6 7 が形成されている。また、反射層 6 3 の表面の、その下に半導体層 6 2 が形成されていない部分は凹部 6 9 となる。凹部 6 8 の内側における半導体層 6 2 の上の反射層 6 3 には段差が形成されている。

30

【0050】

凹部 6 8 は、C s メタル層 5 6 の開口部 6 5 の上にゲート絶縁層 6 1 と半導体層 6 2 と反射層 6 3 とが形成されたことによって、反射層 6 3 が窪んでできたものである。また、凸部 6 7 は、半導体層 6 2 の上に反射層 6 3 が形成されたことにより、反射層 6 3 が突出してできたものである。なお、C s メタル層 5 6 には、開口部 6 5 の代わりに凹部 (窪み) が形成されることもあり得る。その場合、凹部 6 8 は C s メタル層のその凹部に応じて形成される。

40

【0051】

C s メタル層 5 6 の開口部 6 5 の側面に段差を付けて、凹部 6 8 の斜面に段差を加えてもよい。また、半導体層 6 2 の側面に段差を付けて、凸部 6 7 の斜面に段差を加えてもよい。

【0052】

図 3 (b) は、T F T 部 3 2 におけるゲートメタル層 (金属層) 5 4、ゲート絶縁層 6 1、半導体層 6 2、および反射層 6 3 の構成を表した図であり、図 2 (a) の矢印 A の部分の断面図である。T F T 部 3 2 のゲートメタル層 5 4 は、反射部 3 0 の C s メタル層 5 6 と同時に、同じ部材によって形成される。同様に、T F T 部 3 2 のゲート絶縁層 6 1、

50

半導体層 6 2、および反射層 6 3 は、それぞれ、反射部 3 0 のゲート絶縁層 6 1、半導体層 6 2、および反射層 6 3 と同時に、同じ部材によって形成される。反射層 6 3 は T F T のドレイン電極に接続されている。

【0053】

図 4 は、実施形態 1 の反射部 3 0 と、図 1 0 に示した従来の液晶表示装置の反射部の構造を比較した断面図である。図 4 (a) は、実施形態 1 の反射部 3 0 の構造を、図 4 (b) は、従来の液晶表示装置の反射部の構造を、それぞれ、模式的に表している。なお、これらの図では、簡略化のために、反射部 3 0 の各層の斜面、および従来の液晶表示装置の各層の斜面は垂直な面として表し、また、各段差の角部 (図中の点線円で示した部分) は直角に折れ曲がるものとして表している。

10

【0054】

これらの図に示すように、実施形態 1 の反射部 3 0 における反射層 6 3 の表面には、1 つの凹部 6 8 及び 1 つの凸部 6 7 によって計 8 つの角部が形成される。一方、従来の液晶表示装置においては、反射部の 1 つの凹部には 4 つの角部しか形成されない。

【0055】

図 4 では、これらの角部は直角として表しているが、実際の角部には、図 4 (c) に示すように、基板に平行な面 (角度 0 度) から基板に対して 2 0 度よりも大きい角度 (この図では、例として 3 0 度として表している) を有する面が連続的に形成される。したがって、反射部により多くの凹部を形成すれば、反射層の表面に、基板に対する角度が 2 0 度以下である面 (有効反射面) をより多く形成することができる。

20

【0056】

また、角部に形成される有効反射面は互いに異なる様々な傾斜角を有しているので、反射光が一定の方向のみに向かうことがない。よって、より多くの凹部を形成することにより、より多くの広範囲に広がる反射光を得ることができる。また、凹部の数を増やし、かつ凹部の側面の傾斜角度を 2 0 度以下にすれば、さらに多くの広範囲に広がる反射光を得ることができる。

【0057】

図 4 (a) および (b) に示すように、実施形態 1 の反射部 3 0 には、従来の液晶表示装置に比べてより多くの凹部及び凸部が形成される。したがって、角部もより多く形成されるため、反射層 6 3 の表面により多くの有効反射面を形成することが可能となり、表示面に向けてより多くの光を広範囲に反射させることができる。また、凹部 6 8 及び凸部 6 7 は C s メタル層 5 6 及び半導体層 6 2 の整形形状に応じて形成される。よって、これらの凹部や凸部の形状、深さ、および斜面傾斜角を、C s メタル層 5 6 および半導体層 6 2 の整形時に容易に調節することができる。

30

【0058】

また、実施形態 1 において凹部 6 8 の内側に位置する反射層 6 3 は、ゲート絶縁層 6 1 の上、あるいはゲート絶縁層 6 1 及び半導体層 6 2 の上に形成されている。一方、従来の液晶表示装置では、凹部の内側の反射層は、ゲート絶縁層も半導体層も介することなく、ガラス基板の上に直接形成されている。したがって、実施形態 1 における凹部 6 8 の底面は、従来の液晶表示装置における凹部の底面よりも浅く形成されることになり、入射光を

40

【0059】

従来の液晶表示装置では、凹部の底面が深い位置に形成されているため、凹部内面の傾斜角が大きくなり、凹部内に傾斜 2 0 度以下の有効反射面を多く形成することが困難であった。また、この凹部は、ゲート層 1 0 2、ゲート絶縁層 1 0 4、半導体層 1 0 6 を形成した後で、これらの層を一括して除去することにより形成されるため、凹部内面の傾斜角をコントロールして有効反射面を増やすことも困難であった。

【0060】

また、本実施形態の表示装置では、C s メタル層 5 6 および半導体層 6 2 の形状に応じて凹部 6 8 及び凸部 6 7 が形成されるため、これらの層の積層時に凹部 6 8 及び凸部 6 7

50

の位置、大きさ、及び形状を調整することができる。これにより、凹部 68 及び凸部 67 の斜面の傾斜をコントロールして、傾斜が 20 度以下の有効反射面をより多く形成し、より多くの光を表示面側に反射させることが可能となる。

【0061】

さらに、本実施形態の液晶表示装置では、図 1 に示したように、層間絶縁層 26 及び画素電極 28 の液晶層 18 側の面は、反射層 63 の凹部 68 及び凸部 67 の形状を反映することなく、対向電極 34 の液晶層 18 側の面と同様に平坦に形成されている。したがって、図 11 に示した従来の半透過型液晶表示装置と比べて、液晶層 18 に形成される電界がより均一となり、反射領域 42 における液晶の配向を所望の向きに均一に制御することが可能となる。

10

【0062】

また、反射部 30 の端部付近における画素電極 28 に段差が形成されないので、液晶の配向が乱されることもない。したがって、本実施形態によれば、透過率が高く視野角特性に優れた表示ムラの少ない液晶表示装置を提供することが可能となる。

【0063】

次に、図 5 および図 6 を用いて TFT 基板 12 の製造方法について説明する。図 5 は、反射領域 42 における TFT 基板 12 の製造過程を表した平面図、図 6 は、反射領域 42 における TFT 基板 12 (図 2 (b) の矢印 B で示した部分) の製造過程を表した断面図である。

【0064】

20

図 5 (a) および図 6 (a) に示すように、まず、洗浄した透明基板 22 の上に Al (アルミニウム) による金属薄膜をスパッタリング等の方法により成膜する。この金属薄膜は、Al の他、Ti (チタン)、Cr (クロム)、Mo (モリブデン)、Ta (タンタル)、W (タングステン)、あるいはこれらの合金等を用いて形成することもでき、これらの材料による層と窒化膜との積層物によって形成することもできる。

【0065】

その後、金属薄膜の上にレジスト膜を形成し、露光・現像工程によりレジストパターンを作成した後、ドライまたはウェットエッチングを施して、開口部 65 を有する Cs メタル層 (金属層) 56 が形成される。Cs メタル層 56 の厚さは、例えば 50 ~ 1000 nm である。なお、Cs メタル層 56 には開口部 65 が形成されたとしたが、遮光部と透過部が反転したレジストパターンを用いて、開口部の位置に凸状の Cs メタル層 56 (あるいは島状の層) を形成してもよい。この工程では、図 2 (a) で示したゲートライン (ゲートメタル層) 54、および図 3 (a) で示した TFT 部 32 のゲートメタル層 54 も同一金属で同時に形成される。

30

【0066】

次に、図 5 (b) および図 6 (b) に示すように、P-CVD 法により、SiH₄、NH₃、N₂ の混合ガスを使用して、SiN (窒化シリコン) からなるゲート絶縁層 61 を基板全面に作成する。ゲート絶縁層 61 は、SiO₂ (酸化シリコン)、Ta₂O₅ (酸化タンタル)、Al₂O₃ (酸化アルミニウム) 等によって形成されても良い。ゲート絶縁層 61 の厚さは 100 ~ 600 nm である。なお、この工程では、図 3 (b) で示した TFT 部 32 のゲート絶縁層 61 も同時に形成される。

40

【0067】

次に、ゲート絶縁層 61 の上に、アモルファスシリコン (a-Si) 膜、およびアモルファスシリコンにリン (P) をドーピングした n⁺a-Si 膜を形成する。a-Si 膜の厚さは 30 ~ 300 nm である。また、n⁺a-Si 膜の厚さは 20 ~ 100 nm である。その後、これらの膜をフォトリソグラフィ法により整形することにより、半導体層 62 が島状に形成される。遮光部と透過部が反転したレジストパターンを用いて半導体層 62 に凹部 (窪み) あるいは開口部を形成してもよい。この工程では、図 3 (b) で示した TFT 部 32 の半導体層 62 も同時に形成される。

【0068】

50

次に、図 5 (c) および図 6 (c) に示すように、スパッタリング法等により A l 等による金属薄膜を基板全面に形膜し、反射層 6 3 を形成する。なお、金属薄膜には、C s メタル層 5 6 の材料として上に列挙した材料が用いられ得る。反射層 6 3 の厚さは、3 0 ~ 1 0 0 0 n m 以下である。

【0 0 6 9】

このとき、C s メタル層 5 6 の開口部 6 5 の上部における反射層 6 3 の表面には凹部 6 8 が形成され、半導体層 6 2 の上部における反射層 6 3 の表面には凸部 6 7 が形成される。なお、この工程では、図 3 (b) で示した T F T 部 3 2 の反射層 6 3 も同時に形成されるが、T F T 部 3 2 において、反射層 6 3 は T F T のソース電極およびドレイン電極を形成する。またこのとき、図 2 (a) におけるソースライン 5 2 も反射層 6 3 の一部として形成され得る。

10

【0 0 7 0】

次に、図 5 (d) および図 6 (d) に示すように、感光性アクリル樹脂をスピンコートにより塗布して、層間絶縁層 (層間樹脂層) 2 6 が形成される。層間絶縁層 2 6 の厚さは、0 . 3 ~ 5 μ m 以下である。なお、反射層 6 3 と層間絶縁層 2 6 との間には、P - C V D 法によって S i N_x、S i O₂ 等の薄膜が保護膜として形成され得るが、ここでは図示を省略している。保護膜の厚さは、5 0 ~ 1 0 0 0 n m 以下である。層間絶縁層 2 6 および保護膜は、反射領域 4 2 だけでなく、T F T 領域 4 4 も含めた透明基板 2 2 の上部全面に形成される。その後、露光装置を用いた現像処理により、反射部 3 0 の中心付近にコンタクトホール 5 8 が形成される。

20

【0 0 7 1】

次に、図 5 (e) および図 6 (e) に示すように、層間絶縁層 2 6 の上に、I T O または I Z O 等からなる透明電極膜がスパッタリング法等により形成され、この透明電極膜を、フォトリソグラフィ法によりパターン整形することにより、画素電極 2 8 が形成される。画素電極 2 8 は、反射領域 4 2 だけでなく、T F T 領域 4 4 も含め、画素の上部全面に形成される。

【0 0 7 2】

反射領域 4 2 では、画素電極 2 8 は、層間絶縁層 2 6 およびコンタクトホール 5 8 の上に形成され、画素電極 2 8 の金属部材はコンタクトホール 5 8 を介して反射層 6 3 に接する。したがって、T F T 部 3 2 における T F T のドレイン電極は、コンタクトホール 5 8 を介して画素電極 2 8 と電氣的に接続される。上述の工程において、層間絶縁層 2 6 の上面及び画素電極 2 8 の面は、反射層 6 3 の凹部 6 8 及び凸部 6 7 の形状を反映することなく平坦に形成される。

30

【0 0 7 3】

なお、凹部 6 8 及び凸部 6 7 は、反射層 6 3 により多く形成することが好ましい。そのため、C s メタル層 5 6 の開口部及び島状の半導体層 6 2 を、製造工程におけるマスクとフォトリソグラフィーの限界内において、反射面上にできる限り多く形成することが好ましい。C s メタル層 5 6 の開口部及び半導体層 6 2 の好ましい最大幅は 2 ~ 1 7 μ m である。

【0 0 7 4】

本実施形態によれば、反射光が効率よく利用され、且つ反射光の干渉に起因するモアレ及び色付きが低減された、輝度の高い高品位の表示が可能な液晶表示装置を提供することが可能となる。

40

【0 0 7 5】

(実施形態 2)

以下、本発明による液晶表示装置の第 2 の実施形態を説明する。実施形態 1 の構成要素と同じ構成要素には同一の参照番号を付け、その説明を省略している。

【0 0 7 6】

本実施形態の液晶表示装置は、上述した実施形態 1 の液晶表示装置 1 0 と基本的には同じ構成を有しており、ただ反射部 3 0 に形成される凹部 6 8 及び凸部 6 7 の配置が異なるのみである。よって、以下、凹部 6 8 及び凸部 6 7 の配置を中心に説明することとし、他

50

の部分についての説明は省略する。

【0077】

図7は、実施形態2による液晶表示装置の反射部30を模式的に表した平面図であり、実施形態1の反射部30を表した図2(b)に対応するものである。反射部30における反射層63の表面には、図に示すように、複数の凸部67及び凹部68が形成されている。実施例1と同様、Csメタル層56を島状に形成し、その形状を反映させて開口部(又は凹部)65の代わりに凸部を形成してもよく、半導体層62に開口部(又は凹部)を形成し、その形状を反映させて凸部67の代わりに凹部を形成してもよい。

【0078】

図に示すように、凹部68(あるいは第1の凹部又は凸部)は縦方向及び横方向に等間隔に配置されており、凸部67(あるいは第2の凹部又は凸部)は、実施形態1と同様、ランダムに配置されている。なお、凸部67は必ずしも完全にランダムに配置されなくてもよく、反射層63の表面の一部においてランダムに配置されてもよい。また、対称性を有しない配置あるいは異方性を有する配置を採用しても良い。

10

【0079】

いずれにせよ、ある方向(第2の方向)に沿って隣接する凸部67の複数の対(第2の対)は、凸部67の間隔が互いに異なる2つの対を含む。また、第2の方向と異なる方向(第4の方向)に沿って隣接する凸部67の複数の対(第4の対)が、凸部67の間隔が互いに異なる2つの対を含んでもよい。これらの配置方法によって、反射光の干渉に起因するモアレや色付きの発生を低減することが可能となる。

20

【0080】

(実施形態3)

以下、本発明による液晶表示装置の第3の実施形態を説明する。実施形態1の構成要素と同じ構成要素には同一の参照番号を付け、その説明を省略している。

【0081】

本実施形態の液晶表示装置は、上述した実施形態1の液晶表示装置10と基本的には同じ構成を有しており、ただ反射部30に形成される凹部68及び凸部67の配置が異なるのみである。よって、以下、凹部68及び凸部67の配置を中心に説明することとし、他の部分についての説明は省略する。

【0082】

30

図8は、実施形態3による液晶表示装置の反射部30を模式的に表した平面図であり、実施形態1の反射部30を表した図2(b)に対応するものである。反射部30における反射層63の表面には、図に示すように、複数の凸部67及び凹部68が形成されている。実施例1と同様、Csメタル層56を島状に形成し、その形状を反映させて開口部(又は凹部)65の代わりに凸部を形成してもよく、半導体層62に開口部(又は凹部)を形成し、その形状を反映させて凸部67の代わりに凹部を形成してもよい。

【0083】

図に示すように、凹部68(あるいは第1の凹部又は凸部)は、実施形態1と同様、ランダムに配置されており、凸部67(あるいは第2の凹部又は凸部)は、縦方向及び横方向に等間隔に配置されている。なお、凹部68は必ずしも完全にランダムに配置されなくてもよく、反射層63の表面の一部においてランダムに配置されてもよい。また、対称性を有しない配置あるいは異方性を有する配置を採用しても良い。

40

【0084】

いずれにせよ、ある方向(第1の方向)に沿って隣接する凹部68の複数の対(第1の対)は、凹部68の間隔が互いに異なる2つの対を含む。また、第1の方向と異なる方向(第3の方向)に沿って隣接する凹部68の複数の対(第3の対)が、凹部68の間隔が互いに異なる2つの対を含んでもよい。これらの配置方法によって、反射光の干渉に起因するモアレや色付きの発生を低減することが可能となる。

【0085】

(実施形態4)

50

以下、図面を参照しながら、本発明による液晶表示装置の第4の実施形態を説明する。実施形態1～3の構成要素と同じ構成要素には同一の参照番号を付け、その説明を省略している。

【0086】

図9は、本実施形態の液晶表示装置の断面形状を模式的に表した図である。この液晶表示装置は、実施形態1～3の液晶表示装置から層間絶縁層26を除いたものであり、以下に述べる点以外は実施形態1～3の液晶表示装置と同じである。なお、図9には、対向基板14の詳細な構造、およびTF T部32については図示を省略している。

【0087】

図に示すように、実施形態4では、層間絶縁層26が形成されないため、画素電極28が図示しない絶縁膜を介して反射部30およびTF T部32の反射層63の上に形成される。反射部30及びTF T部32の構造および製造方法は、層間絶縁層26が除かれる点以外は、実施形態1にて説明したものと同一である。また、表示装置における画素配置や配線構造も、図2(a)に示したものと同様である。この構成によっても、実施形態1～3と同様、反射層63の有効反射面の面積が広がり、より多くの光を表示面に反射させることができる。

【0088】

実施形態1～4では、Csメタル層56の開口部65、半導体層62、凸部67、及び凹部68が円形に形成されるものとしたが、これらを、楕円形、三角形、四角形等の多角形、凹部又は凸部の淵が鋸歯状であるもの、あるいは、それらを組み合わせたものなど、様々な形状に形成してもよい。

【0089】

本発明による液晶表示装置は、上述の実施形態によって示したように、反射層の表面に多くの段差や角部を有しており、傾斜角度が20度以下の斜面も多いので、有効反射面が広く、かつ散乱特性が優れた反射領域を得ることができる。また、反射層表面の形状に対称性が現われにくいので、反射光の干渉に起因するモアレや色付きの発生を低減又は防止することができる。よって、高い明度を有する明瞭な表示が可能な液晶表示装置を提供することが可能となる。

【0090】

また、反射面の段差および角部がCsメタル層および半導体層の整形時の形状に応じて形成されるので、製造工程を増やすことなく、優れた反射特性を有する反射領域を容易に得ることができる。さらに、本願発明による液晶表示装置は上述した製造方法で形成されるため、透過型の液晶表示装置と同じ材料および工程で製造することができる。よって、高品質の液晶表示装置を安価に提供することが可能となる。

【0091】

さらに、本発明によれば、画素電極の液晶層側の面が対向電極の面と同様に平坦に形成され、反射部の端部付近における画素電極にも段差が形成されないため、液晶の配向を所望の向きに均一に制御することが可能となる。よって、透過率が高く視野角特性に優れた表示ムラの少ない液晶表示装置を提供することが可能となる。

【0092】

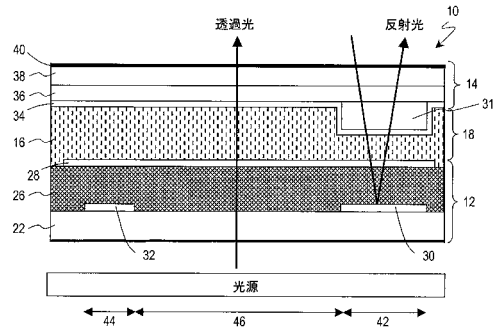
本発明による液晶表示装置には、液晶パネルを利用したディスプレイ装置、テレビ、携帯電話等も含まれる。本実施形態は半透過型の液晶表示装置を例として用いたが、上述した反射部と同様の形態を有する反射型液晶表示装置等も本願発明の一形態に含まれる。

【産業上の利用可能性】

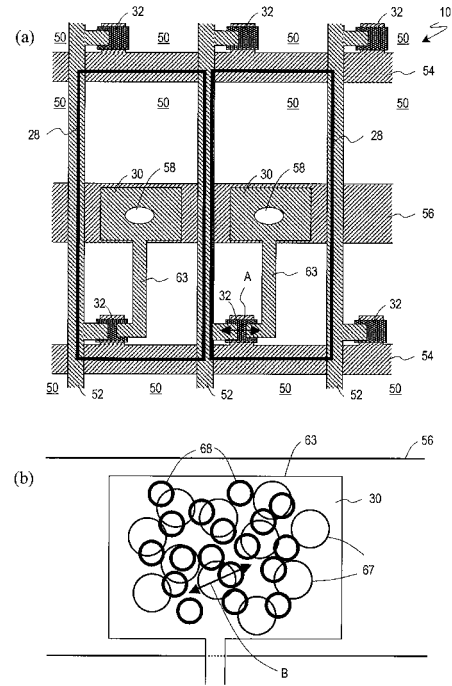
【0093】

本発明によれば、高画質の半透過型液晶表示装置及び反射型液晶表示装置を安価に提供することが可能となる。本発明による液晶表示装置は、種々の液晶表示装置に好適に用いられ、例えば、携帯電話、カーナビ等の車載表示装置、ATMや販売機等の表示装置、携帯型表示装置、ノート型PCなど、反射光を利用して表示を行う半透過型および反射型の液晶表示装置に好適に用いられる。

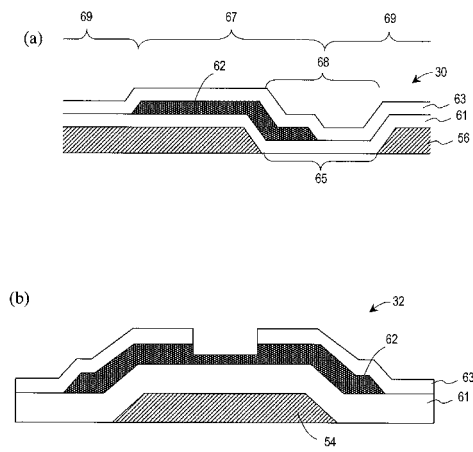
【図 1】



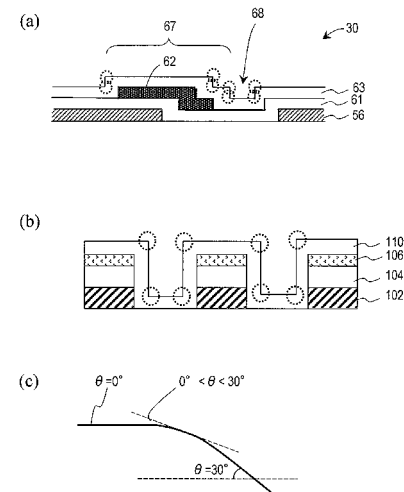
【図 2】



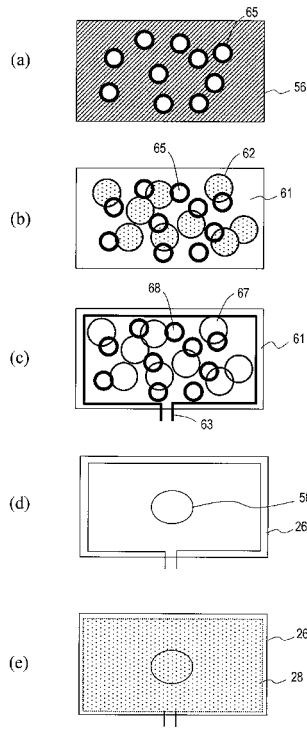
【図 3】



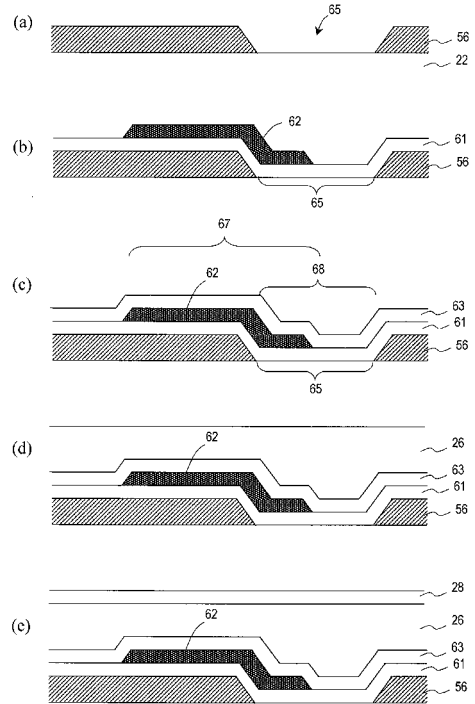
【図 4】



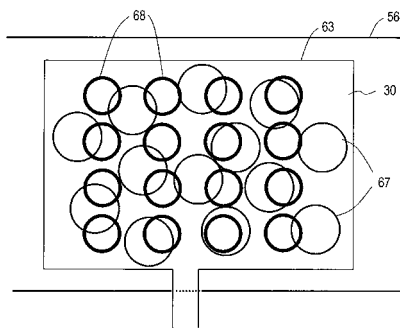
【図 5】



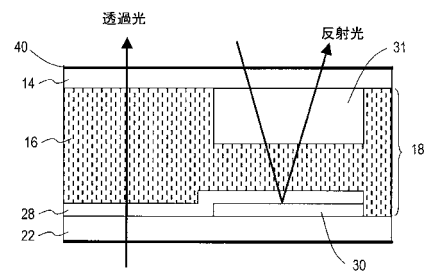
【図 6】



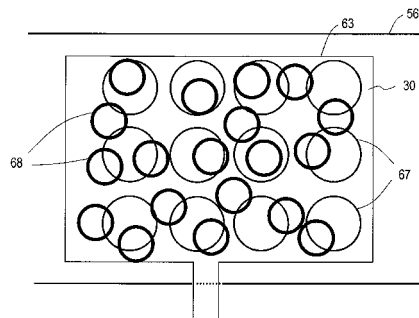
【図 7】



【図 9】



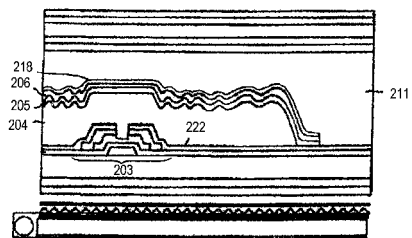
【図 8】



【図 10】

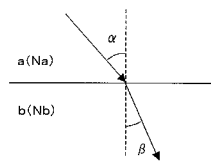


【図 11】

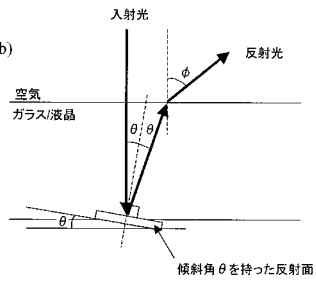


【図 12】

(a)



(b)



フロントページの続き

- (72)発明者 嶋田 純也
大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 今井 元
大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 菊池 哲郎
大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 北川 英樹
大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 今出 光則
大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 原 義仁
大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

審査官 鈴木 俊光

- (56)参考文献 特開 2 0 0 5 - 3 4 5 7 5 7 (J P , A)
特開平 0 9 - 0 5 4 3 1 8 (J P , A)
特開平 1 0 - 3 2 5 9 5 3 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., D B 名)
G02F 1/1335
G02F 1/1368

专利名称(译)	液晶表示装置		
公开(公告)号	JP5048688B2	公开(公告)日	2012-10-17
申请号	JP2008556014	申请日	2007-12-10
[标]申请(专利权)人(译)	夏普株式会社		
申请(专利权)人(译)	夏普公司		
当前申请(专利权)人(译)	夏普公司		
[标]发明人	嶋田純也 今井元 菊池哲郎 北川英樹 今出光則 原義仁		
发明人	嶋田 純也 今井 元 菊池 哲郎 北川 英樹 今出 光則 原 義仁		
IPC分类号	G02F1/1335		
CPC分类号	G02F1/133555 G02F1/133345 G02F1/133553 G02F1/1362 G02F2202/10		
FI分类号	G02F1/1335.520		
代理人(译)	奥田诚治 三宅明子		
审查员(译)	铃木俊光		
优先权	2007021200 2007-01-31 JP		
其他公开文献	JPWO2008093467A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

本发明的一个目的是提供一种高质量的反射和半透射液晶显示器件，其具有低成本的减少的莫尔纹和着色。 本发明的液晶显示装置是在多个像素的每一个中设置有反射区域的液晶显示装置，并且反射区域包括金属层（56），半导体层（62）和反射层（63）。多个凹部（68）和凸部（67）形成在反射层（63）的表面上，并且多个凹部（68）对应于金属层（56）的开口（65）。形成多个凸部（67）以反映半导体层（62）的形状，并且沿着多个凹部（68）是凹部的方向相邻的多个对形成68）包括两个间隔彼此不同的对，并且沿多个突起（67）的方向相邻的多个对包括两对突起（67）的间隔彼此不同的对。

θ	ϕ	$90 - \phi$
0	0	90
2	6.006121	83.99388
4	12.04967	77.95033
6	18.17181	71.82819
8	24.42212	65.57788
10	30.86588	59.13412
12	37.59709	52.40291
14	44.76554	45.23446
16	52.64382	37.35618
18	61.84543	28.15457
20	74.61857	15.38143
20.5	79.76542	10.23458
20.6	81.12757	8.872432
20.7	82.73315	7.266848
20.8	84.80311	5.19888
20.9	88.85036	1.149637
20.905	89.79914	0.200856