

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-524574

(P2004-524574A)

(43) 公表日 平成16年8月12日(2004.8.12)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	F I	テーマコード (参考)
<b>G09F 9/00</b>	G09F 9/00 362	2H090
<b>G02F 1/1333</b>	G02F 1/1333 500	2H092
<b>G02F 1/1368</b>	G02F 1/1368	5C094
<b>G09F 9/35</b>	G09F 9/35	5D021
<b>H04R 19/04</b>	H04R 19/04	5G435
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 51 頁)		

(21) 出願番号 特願2002-575699 (P2002-575699)  
 (86) (22) 出願日 平成14年3月4日 (2002.3.4)  
 (85) 翻訳文提出日 平成15年9月22日 (2003.9.22)  
 (86) 国際出願番号 PCT/IB2002/000642  
 (87) 国際公開番号 W02002/077702  
 (87) 国際公開日 平成14年10月3日 (2002.10.3)  
 (31) 優先権主張番号 0107404.6  
 (32) 優先日 平成13年3月23日 (2001.3.23)  
 (33) 優先権主張国 英国 (GB)  
 (81) 指定国 EP (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), CN, JP, KR

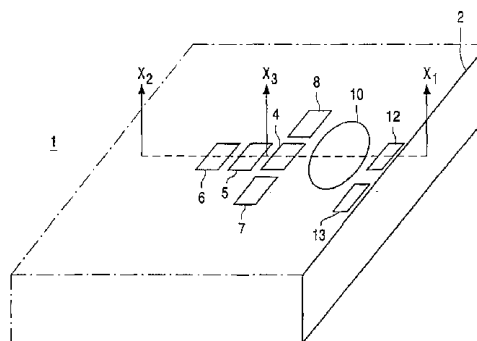
(71) 出願人 590000248  
 コーニンクレッカ フィリップス エレクトロニクス エヌ ヴィ  
 Koninklijke Philips Electronics N. V.  
 オランダ国 5621 ペーアー アイン  
 ドーフェン フルーネヴァウツウェッハ  
 1  
 Groenewoudseweg 1, 5  
 621 BA Eindhoven, The Netherlands  
 (74) 代理人 100072051  
 弁理士 杉村 興作

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 集積化した音響トランスジューサを有する表示基板

## (57) 【要約】

プレート、例えば、画素電極 (72) 及び薄膜トランジスタ (69) を備えている画素 (4-8) のような表示要素と、キャビティ (28) 上方に薄膜層から形成されるマイクロホン、スピーカ又はブザーのような音響トランスジューサ (10) が上に形成されるガラスプレート (2) を備えている表示基板 (1) について記述する。キャビティ (28) は、ガラスプレート (2) を深さ方向に粉体プラスチックすることにより形成することができる。集積化した音響トランスジューサ (10) を有する表示基板 (1) は、表示デバイス、例えば液晶表示デバイスに組み込むことができる。絶縁材料製のプレート (102) と、該プレート内のキャビティ (120) と、前記プレート上に堆積した複数の層と、これらの堆積層から形成され、キャビティ (120) の上方に位置する可動部材 (122) とを具えている個別の音響トランスジューサについても記述する。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

プレートと、該プレート上に形成した 1 つ以上の表示コンポーネントと、キャビティを覆って前記プレート上に形成した音響トランスジューサとを備えていることを特徴とする表示基板。

## 【請求項 2】

前記音響トランスジューサがマイクロホン又はスピーカであり、且つ前記音響トランスジューサが、固定電極と、ダイアフラム電極を含む可動ダイアフラムとを備えていることを特徴とする請求項 1 に記載の表示基板。

## 【請求項 3】

プレートを用立てるステップと、前記プレートに 1 つ以上の表示コンポーネントを形成するステップと、キャビティを覆って前記プレート上に音響トランスジューサを形成するステップとを備えていることを特徴とする表示基板の形成方法。

## 【請求項 4】

前記音響トランスジューサを形成するステップが、固定電極と、ダイアフラム電極を含む可動ダイアフラムとを備えているマイクロホン又はスピーカを形成するステップを備えていることを特徴とする請求項 3 に記載の方法。

## 【請求項 5】

前記ダイアフラム電極を前記 1 つ以上の表示コンポーネントの少なくとも第 1 部分と同じ導体層から形成することを特徴とする請求項 2 に記載の表示基板、又は請求項 4 に記載の方法。

## 【請求項 6】

前記固定電極を前記 1 つ以上の表示コンポーネントの少なくとも第 2 部分と同じ導体層から形成することを特徴とする請求項 2 又は 5 に記載の表示基板、又は請求項 4 又は 5 に記載の方法。

## 【請求項 7】

前記可動ダイアフラムが絶縁層も含むことを特徴とする請求項 2 ～ 6 のいずれか一項に記載の表示基板又は方法。

## 【請求項 8】

前記ダイアフラムの絶縁層を前記 1 つ以上の表示コンポーネントの少なくとも一部と同じ絶縁層から形成することを特徴とする請求項 7 に記載の表示基板又は方法。

## 【請求項 9】

前記キャビティが前記音響トランスジューサと前記プレートの表面との間にあることを特徴とする請求項 1, 2 又は 5 ～ 8 のいずれか一項に記載の表示基板、又は請求項 3 ～ 8 のいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 10】

前記キャビティを前記プレート内に形成することを特徴とする請求項 1, 2 又は 5 ～ 8 のいずれか一項に記載の表示基板、又は請求項 3 ～ 8 のいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 11】

前記キャビティが前記プレートの深さ全体にわたって延在することを特徴とする請求項 10 に記載の表示基板又は方法。

## 【請求項 12】

前記キャビティを粉体プラスチックによるキャビティとすることを特徴とする請求項請求項 10 又は 11 に記載の表示基板又は方法。

## 【請求項 13】

前記表示基板が液晶表示デバイス用の能動マトリックス基板となるように、前記 1 つ以上の表示コンポーネントが能動マトリックスアレイを形成することを特徴とする請求項請求項 1, 2 又は 5 ～ 12 のいずれか一項に記載の表示基板、又は請求項 3 ～ 12 のいずれか一項に記載の方法。

## 【請求項 14】

10

20

30

40

50

前記能動マトリックスアレイが薄膜トランジスタを備え、且つ前記ダイアフラム電極が前記薄膜トランジスタのゲートと同じ導体層から形成されることを特徴とする請求項請求項 5 に従属する請求項 1 3 に記載の表示基板又は方法。

【請求項 1 5】

前記能動マトリックスアレイが画素電極を備え、且つ前記固定電極が前記画素電極と同じ導体層から形成されることを特徴とする請求項 6 に従属する請求項 1 3 又は 1 4 に記載の表示基板又は方法。

【請求項 1 6】

前記表示基板が液晶表示デバイス用の受動基板となるように、前記 1 つ以上の表示コンポーネントを共通電極することを特徴とする請求項 1 , 2 又は 5 ~ 1 2 のいずれか一項に記載の表示基板、又は請求項 3 ~ 1 2 のいずれか一項に記載の方法。 10

【請求項 1 7】

絶縁材料製のプレートと、該プレート内のキャビティと、前記プレート上に堆積した複数の層と、前記堆積層から形成されると共に、前記キャビティを覆って位置付けられる可動部材とを備えていることを特徴とする音響トランスジューサ。

【請求項 1 8】

前記音響トランスジューサがさらに、前記可動部材に対向する固定電極も備え、前記可動部材が第 1 金属層から形成した可動電極を備え、前記第 1 金属層を前記複数の層の 1 つとし、前記絶縁層を前記複数の層のうちの他の 1 つとし、且つ前記固定電極を第 2 金属層から形成し、該第 2 金属層を前記複数の層のうちのさらに別の層とすることを特徴とする請求項 1 7 に記載の音響トランスジューサ。 20

【請求項 1 9】

絶縁材料製のプレートを用立てるステップと、前記プレート上に複数の層を堆積するステップと、前記プレートにキャビティを形成するステップと、前記堆積層から、前記キャビティを覆って位置付けられる可動部材を形成するステップとを備えていることを特徴とする音響トランスジューサの形成方法。

【請求項 2 0】

前記可動部材に対向する固定電極を形成するステップも備え、且つ前記可動部材を、前記複数の層の 1 つである第 1 金属層と、前記複数の層のうちの、他の 1 つである絶縁層とから形成し、且つ前記固定電極を、前記複数の層のうちのさらに他の層である第 2 金属層から形成することを特徴とする請求項 1 9 に記載の方法。 30

【請求項 2 1】

前記キャビティを粉体プラスチックにより形成することを特徴とする請求項 1 9 又は 2 0 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、表示基板及び表示デバイス、例えば表示基板を内蔵する液晶表示デバイスに関するものである。本発明は音響トランスジューサにも関するものである。

【背景技術】

【0002】

多くの電気製品、例えば、ポータブルコンピュータ、パーソナルオーガナイザー及び携帯電話は、1 つ以上の表示デバイスと 1 つ以上の音響トランスジューサとを備えている。

【0003】

従来の表示デバイスには、液晶、プラズマ、ポリマ発光ダイオード、有機発光ダイオード及び電界放出型の表示デバイスがある。このようなデバイスは一般に、2 つの対向する表示基板を、これら基板間における電氣的に制御可能な光変調層又はアレイと一緒に備えている。光変調層又はアレイは、一方の表示基板の上か、又は 2 つの表示基板間のギャップ内に設けられる。表示基板の 1 つが薄膜トランジスタ ( T F T ) の能動マトリックスを有している代表的な液晶表示デバイスが米国特許第 5,130,829 号に開示されている。 30

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 4 】

通常用いられる音響トランスジューサの例には、マイクロホン、スピーカ、圧電ブザーがある。電気製品には2つ以上の音響トランスジューサを必要とするものがよくある。例えば、携帯電話は一般に、音声入力用のマイクロホンと、オーディオ出力用のスピーカと、ユーザの注意を促すブザーとを必要とする。

## 【 0 0 0 5 】

電気製品に対しては、それらの機能性のレベルを高める傾向があり、このために、これら製品のユーザにはより多くの情報を表示させる必要がある。従って、大面積の表示デバイスが要求される。しかしながら、これとは逆に、特に携帯機器の場合には、これらの製品を小形化する傾向にある。しかし、例えば携帯電話を小形化しても、テキストメッセージ及びインターネットの内容を表示するために、大きめの表示デバイスが必要である。

10

## 【 0 0 0 6 】

従って、表示デバイスも含む製品にとっては、音響トランスジューサの如きコンポーネントに利用できるスペースがますます不足することになる。このような問題を軽減するための従来の解決策は、小形の音響トランスジューサを形成して使用することにある。しかし、一般にこのようなコンポーネントのサイズを小さくすると、それらの製造単価が高くなる。また、最終製品へのそれらコンポーネントのアセンブリ、接続及び試験がより厄介なものとなる。

## 【 0 0 0 7 】

小形の音響トランスジューサの形成を表示デバイスとは別にすると、音響トランスジューサの分野（音響トランスジューサを表示デバイスと一緒に使用する考えとは全く別）では、シリコンウェハ上に堆積した薄膜層を用いて音響トランスジューサユニットを形成することは既知である。このような音響トランスジューサについては、Quanbo Zou外による論文、“Design and Fabrication of Silicon Condenser Microphone Using Corrugated Diaphragm Technique”, Journal of Microelectromechanical Systems, Vol. 5, No. 3, 1996年9月；Seung S. Lee外による論文、“Piezoelectric Cantilever Microphone and Microspeaker”, Journal of Microelectromechanical Systems, Vol. 5, No. 4, 1996年12月；及びEP-A-0 979 992に開示されている。多数の音響トランスジューサは、慣例のバッチ処理法にて各シリコンウェハに形成し、その後、ウェハをスライスすることにより個々の音響トランスジューサを形成するようにして形成することができ。これに伴う製法技術は、「マイクロマシニング」とも称される。

20

30

## 【 0 0 0 8 】

これらのタイプの音響トランスジューサは小形に形成することができる。薄膜層は、音響トランスジューサの作動に必要とされる集積半導体回路を形成するのに用いることもできる。しかし、1つ以上の表示デバイスを含むことによりスペースが貴重になる製品にとって、斯様な音響トランスジューサの使用は、各音響トランスジューサのパッケージングが最終製品に固有のスペースを必要とするから、スペースの不足問題を十分に解決することにはならない。さらに、最終製品内への音響トランスジューサの挿入及び結線は、このような音響トランスジューサを極めて小形にすることのために特に厄介になる。

## 【 発明の開示 】

40

## 【 発明が解決しようとする課題 】

## 【 0 0 0 9 】

従って、上述した問題に対しては、音響トランスジューサのサイズを単に縮小する以外の別の解決策を提供するのが望ましい。

## 【 課題を解決するための手段 】

## 【 0 0 1 0 】

本発明の第1の要点は、プレートと、該プレート上に形成した1つ以上の表示コンポーネントと、キャビティを覆って前記プレート上に形成した音響トランスジューサとを備えている表示基板にある。

## 【 0 0 1 1 】

50

本発明の第2の要点は、前記第1の要点による表示基板を備えている表示デバイスにある。

【0012】

本発明は、音響トランスジューサを、表示デバイスを構成する表示基板の1つの集積化部分として形成することにより、集積化された表示デバイスと音響トランスジューサを形成するアイデアに由来する。このようにすれば、表示デバイスと音響トランスジューサとの双方を必要とする製品におけるスペースを節約することができる。さらに、音響トランスジューサを最終製品に別個に挿入して表示デバイスに結線する際の作業を省くことができる。これは、音響トランスジューサを表示デバイスの基板上に小形に形成する場合に特に有利である。

10

【0013】

表示基板を形成するプレートは、ガラス、石英又はプラスチック材料とするのが好適である。このようにすることにより、このような材料は慣例の表示デバイス用の基板材料として通常用いられているので、表示デバイスを特に経済的に作ることができる。

【0014】

本発明の第3の要点は、プレートを用立てるステップと、前記プレートに1つ以上の表示コンポーネントを形成するステップと、キャビティ上方の前記プレート上に音響トランスジューサを形成するステップとを備えている表示基板の形成方法にある。

【0015】

本発明の第4の要点は、前記第3の要点による方法を用いて表示基板を形成するステップを含む表示デバイスの形成方法にある。

20

【0016】

キャビティはプレート内に形成することができ、この場合に、キャビティは基板の深さ全体にわたって延在させることができる。キャビティは粉体プラスチック（噴射）によって形成するのが好適であり、この粉体プラスチックによると、強度なプレート材料にキャビティを形成することができる。

【0017】

キャビティは、1つ以上の犠牲的な層を用いることによって、音響トランスジューサとプレートの表面との間に形成することもできる。これにより設計の自由度を高めることができる。

30

【0018】

同じ基板上に音響トランスジューサ並びに1つ以上の表示要素をまとめて形成することにより、処理ステップ、特に様々な薄膜層の堆積及び/又はエッチングステップを共有させることができるため、生産工程が簡単になる。音響トランスジューサは、固定電極とダイアフラム電極を構成する可動ダイアフラムとを備えているマイクロホン又はスピーカとすることができる。この場合のダイアフラム電極は、表示基板上に形成するそれぞれの表示要素の少なくとも第1部分と同じ導体層から形成するのが好適である。さらに、固定電極は、表示基板上に形成するそれぞれの表示要素の少なくとも第2部分と同じ導体層から形成するのが好適である。可動ダイアフラムはさらに絶縁層も備え、この場合、この絶縁層はそれぞれの表示要素の少なくとも一部と同じ絶縁層から形成して、生産工程を簡単にするのが好適である。しかし、絶縁層（又は実際にはいずれかの他の層）は、音響トランスジューサ及び表示要素の個々の性能特性を最適にするために別に形成することができる。

40

【0019】

表示基板は液晶表示デバイス用の能動マトリックス表示基板とし、且つ表示要素が薄膜トランジスタ及び画素電極を含むようにするのが好適である。この場合、ダイアフラム電極は薄膜トランジスタのゲートと同じ導体層から形成するのが好適であり、また、固定電極は画素電極と同じ導体層から形成するのが好適である。

【0020】

表示デバイスを、2つ以上の音響トランスジューサを必要とする最終製品用のものとする場合には、複数の音響トランスジューサを1つの表示基板上に形成することにより、本発

50

明に由来する恩恵が倍化することになる。

【 0 0 2 1 】

本発明の第 5 の要点は、絶縁材料製の基板と、該基板内のキャビティと、前記基板上に堆積した複数の層と、前記堆積層により形成されると共に、前記キャビティの上に位置付けられる可動部材とを備えている音響トランスジューサにある。

【 0 0 2 2 】

本発明の第 6 の要点は、絶縁材料製の基板を用立てるステップと、前記基板上に複数の層を堆積するステップと、前記基板にキャビティを形成するステップと、前記堆積層から、前記キャビティ上に位置付けられる可動部材を形成するステップとを備えている音響トランスジューサの形成方法にある。

10

【 0 0 2 3 】

固定電極を可動部材に対向して形成し；前記可動部材を、複数の層の 1 つとする第 1 金属層と、前記複数層のうちの、他の 1 つとする絶縁層とから形成し；且つ前記固定電極を、前記複数層のうちの、さらに他の層とする第 2 金属層により形成するのが好適である。

【 0 0 2 4 】

キャビティは粉体プラスチックにより形成するのが好適である。

【 0 0 2 5 】

上記本発明に係る第 5 及び第 6 の要点は、前述した本発明の第 1 ～ 第 4 の要点による音響トランスジューサも、これを表示基板上に集積化してない従来の音響トランスジューサ以上の潜在的な特典をもたらすと云うことに由来する。例えば、絶縁基板の上に層を堆積し、この絶縁基板にキャビティを形成することによって音響トランスジューサを形成することにより、丈夫で廉価な基板材料から有効で小形の音響トランスジューサを作ることができたため、前述した従来のシリコンウェハを基体とする音響トランスジューサに比べて、パッケージング及び/又は処理及び/又は材料コストが短縮する。さらに、本発明の第 5 及び第 6 の要点による音響トランスジューサは、表示基板に共通するそれらの特徴のおかげで、それらの物理的な外形又は表示デバイスと並べての最終製品内への組み込みパッケージングが慣例の音響トランスジューサに比べて簡単になるように形成することができる。

20

【 0 0 2 6 】

従属請求項では、上述した様々な特典に加え、本発明のさらなる特典や、可能性を規定している。

30

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 7 】

本発明をより詳細に説述するために、添付の図面に従ってこれを説明する。

【 0 0 2 8 】

なお、図面は概略的に示したものであって、実寸図示したものではない。それぞれの図における各部の相対的な寸法及び比率は明瞭化のため及び図面の都合で拡大したり、縮小して示してある。

【 0 0 2 9 】

図 1 は、第 1 実施例にて形成される表示基板 1 の部分の概略図である。表示基板 1 はガラスプレート 2 を備えている。慣例の表示基板と同じように、ガラスプレート 2 の上側面（図 1 で見て）には複数の表示要素が設けられている。“表示要素”なる用語は、ここでは、表示基板における、この表示基板の表示機能に貢献する部分を指すのに用いる。この実施例における複数の表示要素は画素アレイを包含する。このような画素が多数設けられるのであるが、明瞭化のために、図 1 ではこれらの画素の 5 つだけ、即ち画素 4、5、6、7 及び 8 だけを示してある。

40

【 0 0 3 0 】

ガラスプレート 2 の上側面には、マイクロホン 10、即ち、1 タイプの音響トランスジューサも設けられている。この例では、ガラスプレート 2 の上側面上から見たマイクロホンの形状はほぼ円形をしている。このマイクロホン 10 は、固定電極と振動電極とを備えているコンデンサマイクロホンである。これらの各マイクロホン電極に対する外部接点、即

50

ち振動電極用の接点 1 2 及び固定電極用接点 1 3 もガラスプレート上に設けられている。マイクロホン 1 0 の作動時には、振動電極が音波に応答して固定電極に対して動くので、2 つの電極間のキャパシタンスが変化する。2 つの外部接点に適当な回路を接続することにより、この変化するキャパシタンスを測定し、且つ処理することができる。

#### 【0031】

画素 4 , 5 , 6 , 7 , 8 は T F T を備えており、且つこれらの画素は、図 2 に概略的に示すように（ここでは、表示基板 1 を図 1 の線  $X_1 - X_2$  を通る断面にて示してある）、表示基板 1 を液晶表示デバイス 1 1 の能動マトリックス表示基板として使用し得るような能動マトリックスアレイを形成する。図 2 では、ガラスプレート 2、マイクロホン 1 0 及び接点 1 2 を個別に示してある。しかしながら、明瞭化のために、線  $X_1 - X_2$  に沿う画素 4 , 5 , 6 及び他の表示要素は、ガラスプレート 2 の表面上に形成される能動マトリックス層 1 4 として一緒に示してある。

10

#### 【0032】

ガラスプレート 2 は、その深さ全体にわたり延在するキャビティ 2 8 を有している。マイクロホン 1 0 はキャビティ 2 8 の上に形成される。キャビティ 2 8 の断面はほぼ円形とし、これにより、後に詳細に説明するように、マイクロホン 1 0 をほぼ円形状に形成する。

#### 【0033】

振動電極用の接点 1 2 は、マイクロホン 1 0 の隣りで、能動マトリックス層 1 4 によって覆われる箇所以外の位置におけるガラスプレート 2 の上に設けられる。

#### 【0034】

能動マトリックス層 1 4 によって覆われるガラスプレート 2 の領域は、下記のとおり、液晶表示領域を形成するのに用いられる。ガラスプレート 2 は能動マトリックス層 1 4 の上に堆積した液晶配向層 2 0 を有している。液晶表示デバイス 1 1 はさらに、ガラスプレート 2 から離間されて、上に共通電極 1 8 を有する第 2 ガラスプレート 1 6 も備えている。この第 2 ガラスプレート 1 6 は、共通電極 1 8 の上に堆積した液晶配向層 2 2 を有している。2 つのガラスプレート 2 , 1 6 の 2 つの配向層 2 0 と 2 2 との間には、挟れネマチック液晶材料から成る液晶層 2 4 が配置されている。液晶層 2 4 のカバレッジ領域の縁部における 2 つの配向層 2 0 と 2 2 の間には、シール 2 6 が設けられている。液晶表示デバイスにおけるこれらのもの及び他のディテールは、（マイクロホンは別にして、能動マトリックス層 1 4 に対応する領域に関する限りでは、）US 5,130,829 に開示されている液晶表示デバイスのものと同じであり、また同じように作動する。

20

30

#### 【0035】

液晶層は、製造プロセスを簡単にするために、マイクロホンの上方に延在させることもでき、この場合に、マイクロホンは液晶層を通過する振動によって依然音波に応答するも、この場合には通常マイクロホンの応答品質が損なわれることになる。

#### 【0036】

図 3 は、この実施例の表示基板を製造するのに用いられる処理ステップを示す。これらの処理ステップを、順次の製造工程における表示基板 1 の要部構成を概略的に示す図 4 a ~ 図 4 f を用いて説明する。図 4 a ~ 図 4 f では、表示基板 1 を図 1 の線  $X_1 - X_3$  を通る断面、即ち、振動電極用の接点 1 2、マイクロホン 1 0 及び単一画素 4 を含む断面によって示してある。しかし、画素 4 について以下説明する処理手順は、実際には全画素アレイに対して同時に行なわれるものとする。

40

#### 【0037】

図 4 a に示した要部は次ぎのようにして形成される。ステップ s 2 では、ガラスプレート 2 を用立てる。ステップ s 4 では、ガラスプレート 2 の表面上で、マイクロホン 1 0 を形成すべき箇所の上に最初の粉体プラストレジスト層（powderblast resist layer）4 2 を堆積する。ステップ s 6 では、金属層を堆積し、これをパターン化して、画素 4 の T F T を形成すべき所にゲート 4 4 を形成する。ステップ s 8 では第 1 シリコン窒化物（SiN）層 4 8、即ち、絶縁層をガラスプレート 2 のほぼ全領域にわたって堆積する。ステップ s 1 0 及び s 1 2 では、形成する T F T 用の 2 つのアモルファスシリコン層を堆積する。特

50

に、ステップ s 1 0 にて、ゲート 4 4 上の第 1 SiN 層 4 8 の上に、未だドーピングしていないアモルファスシリコン層 5 0 を堆積し、次いでステップ s 1 2 にて  $n^+$  アモルファスシリコン層 5 2 を堆積して、図 4 a に示す全体の構成を形成する。

【0038】

図 4 b に示すさらなる要部は次ぎのようにして形成する。ステップ s 1 4 にて、別の金属層を堆積し、これをパターン化して、形成すべき T F T 用のソース 5 6 及びドレイン 5 8 と、形成するマイクロホンのマイクロホン振動電極 6 0 として作用する電極とを形成する。この際、ゲート 4 4 の上方の  $n^+$  アモルファスシリコン層 5 2 も小領域除去する。このようにして、図 4 b に示す全体の構成のものを得る。

【0039】

図 4 c に示すさらなる要部は次ぎのようにして形成する。ステップ s 1 6 にて、ガラスプレート 2 のほぼ全領域の上方に第 2 SiN 層 6 2、即ち絶縁層を堆積する。これにより、T F T 6 9 の製造が実質上完了する。ステップ s 1 8 では、第 2 SiN 層 6 2 に貫通孔、特にドレイン 5 8 の上に孔 6 6 を、そしてマイクロホンの振動電極 6 0 の延長部分上に孔 6 8 をエッチングして形成する。このようにして、図 4 c に示す全体の構成のものを得る。

【0040】

図 4 d に示す追加の要部は次ぎのようにして形成する。ステップ s 2 0 にて、第 2 SiN 層 6 2 及びこの層における孔 6 4、6 6 及び 6 8 の上にインジウム錫酸化物 ( I T O ) 製の透明電極層を堆積し、これをパターン化して、画素電極 7 2、T F T 6 9 のドレイン 5 8 を画素電極 7 2 に接続するドレイン端子 7 4、マイクロホンの固定電極 7 6 として作用する電極、図 1 につき前述したマイクロホンの固定電極用接点 1 3 (これは図 1 の断面線  $X_1 - X_3$  上にはないので、図 4 d には示していない) 及びマイクロホンの振動電極 6 0 用の (図 1 及び図 2 につき前述した) 接点 1 2 を形成する。マイクロホンの固定電極 7 6 は作動中はほぼ静止したままとなるも、前述したマイクロホンの振動電極 6 0 は振動し得るようにするために、I T O 層の厚さは、第 1 SiN 層 4 8 とマイクロホンの振動電極 6 0 との接合厚さよりも、I T O 層に含まれる物質の相対剛性率に応じた量だけ厚くする。マイクロホンの固定電極 7 6 は、それにギャップ 8 0、8 1、8 2 及び 8 3 を含むようにパターン化して、マイクロホンの固定電極 7 6 を上から見た場合に、それがメッシュ状となるようにする。(マイクロホンを完成させると、これらのギャップは後に詳述するように、音響空気孔を成す。) このようにして、図 4 d に示す全体の構成のものを得る。

【0041】

図 4 e に示す追加の要部は次ぎのようにして形成する。ステップ s 2 2 では、マイクロホン 1 0 を形成すべき箇所に相当する領域を除くガラスプレート 2 の底部表面の全領域上に第 2 の粉体プラストレジスト層 4 3 を堆積する。この例では、キャビティの直径を 1 mm ~ 2 mm とするが、一般にこの大きさは、マイクロホンに必要とされる音響レスポンスに従って変えることができる。ステップ s 2 4 では、鉄のペレットを用いる粉体プラスチングにより、ガラスプレート 2 の底部表面に、このガラスプレート 2 の深さ全体にわたるキャビティ 2 8 を形成する。粉体プラスチング処理中に、ガラスプレート 2 の底部表面における残りの領域は第 2 の粉体プラストレジスト層 4 3 によって保護される。キャビティの完成に近づくと、即ち粉体プラスチング作業がキャビティ領域内の第 1 SiN 層 4 8 の底面に向かって進むと、この第 1 SiN 層 4 8 は第 1 の粉体プラストレジスト層 4 2 によって保護される。粉体プラスチング処理中は、全構体の頂部表面を、例えば粉体プラスチングする前に、それに被着する有機ホトレジストのような層によって随意保護し、後にそれをエッチングして除去することができる。さらに、ガラスプレートの前側は、例えば粉体プラスチング中このガラスプレートに取り付けるプレート (例えば、金属プレート) によって保護することもできる。粉体プラスチング処理及び粉体プラスチングに対するレジスト層のさらなる詳細についても後に説明する。このようにして、図 4 e に示す全体の構成のものを得る。

【0042】

図 4 f に示す追加の要部は次ぎのようにして形成する。ステップ s 2 6 では、粉体プラ

10

20

30

40

50



トレジスト層 4 2 及び 4 3 をエッチングすることにより除去する。ステップ s 2 8 では、マイクロホン 1 0 を形成すべき箇所の第 2 SiN 層 6 2 をエッチングして除去する。これにより、マイクロホンの固定電極 7 6 とマイクロホンの振動電極 6 0 との間に音響キャビティ 9 2 が残り、従って前述したギャップ 8 0 , 8 1 , 8 2 及び 8 3 によって音響キャビティ 9 2 につながる音響空気孔を形成する。この箇所における第 2 SiN 層 6 2 を除去することのさらなる効果は、キャビティ 2 8 の上方箇所に第 1 SiN 層 4 8 と、キャビティの上に懸垂されるマイクロホン振動電極 6 0 とが残ることにある。このようにして、マイクロホン振動電極 6 0 と、これに取り付けられた第 1 SiN 層 4 8 とが一緒になってマイクロホン 1 0 の振動ダイアフラム 9 4 を形成する。さらに、ステップ s 2 8 で第 2 SiN 層 6 2 を除去することによって、音響キャビティ 9 2 に沿うマイクロホン固定電極 7 6 及び振動ダイアフラム 9 4 と、固定電極により規定される音響空気孔 8 0 , 8 1 , 8 2 及び 8 3 を備えるマイクロホン 1 0 を完成させる。

10

#### 【 0 0 4 3 】

図 4 f には、マイクロホン 1 0 以外の他の完成機能アイテムとして画素 4 及びマイクロホン振動電極接点 1 2 も示してある。

#### 【 0 0 4 4 】

画素 4 は、画素電極 7 2 及びその関連する T F T 6 9 を備えている。画素 4 ( 及び他の画素、並びにガラスプレート 2 の残部領域におけるゲートリードの如き、図示してない他の T F T の接続部 ) は図 1 及び図 2 につき前述した能動マトリックス層 1 4 に形成する表示要素を構成する。

20

#### 【 0 0 4 5 】

この実施例では、ガラスプレートの厚さを 1 m m とするも、それは任意の都合の良い厚さとする 것도でき、また、様々な堆積層の各厚さは、この例では 2 ミクロンとする第 2 SiN 層 6 2 と、粉体プラストレジスト層 4 2 及び 4 3 とを除けば、標準の T F T の製造プロセスと同様に、0 . 0 5 m m 乃至 1 ミクロンとする。粉体プラストレジスト層 4 2 及び 4 3 については以下詳細に説明する。第 2 SiN 層 6 2 の厚さは、完成マイクロホンの音響チャンバの高さを規定し、従ってその厚さは実際にはマイクロホンに必要とされる音響レスポンス特性に従って選定すべきである。しかしながら、層の厚さが厚くなればなるほど、その形成に時間がかかる製造コストとの兼ね合いがあり、さらにこの例では、最適な T F T 特性との兼ね合いもある。従って、第 2 SiN 層 6 2 の厚さは、こうした兼ね合いに鑑みて望まれるように選択するのがよい。

30

#### 【 0 0 4 6 】

特に明記しない限り、いずれの層も慣例の態様で堆積し、且つパターン化し、また、例えば US 5,130,829 に記載されているような標準のホトリソグラフィック及びエッチング技法を用いてエッチングする。表示基板 1 におけるマイクロホン 1 0 の一体化に関連する部分以外の部分 ( 即ち、画素 4 、他の画素及びゲートリード線や図示してない他の外部接続線、行及び列アドレス導体のような図示してない他の能動マトリックスコンポーネント ) も同様に、US 5,130,829 に記載されているような慣例の態様にて形成される。

#### 【 0 0 4 7 】

上記プロセスのステップ s 2 4 にて実行される粉体プラスチングプロセスは粉体プラスチングの一例であり、これは固体材料を機械的に除去する既知の方法である。粉体プラスチング及び粉体プラストレジスト層については、例えば、H.J. Lighart , P.J. Slikkerveer , F.H. In't Veld , P.H.W. Swinkels 及び M.H. Zonneveld による文献 " Philips Journal of Research " Vol.50, No. 3/4 p.475-499 (1996) に記載されている。粉体プラスチングは、例えば幾つかのタイプのプラズマディスプレイパネルの製造においてリブ構体を形成するのに用いられている。

40

#### 【 0 0 4 8 】

本実施例では、第 2 粉体プラストレジスト層 4 3 が粉体プラスチングステップ s 2 4 を通して粉体プラスチされるため、この層は比較的丈夫で、厚い層とする必要がある。この第 2 粉体プラストレジスト層 4 3 用に用いる材料は、オランダの UCB Chemicals 社から市販

50

されている、ポリウレタンアクリレートを主成分とする感光性の弾性ポリマであるEbecryl 270<sup>TM</sup>とする。これは液状になり、ドクターブレードを用いて被着して、約100ミクロンの厚さにする。次いでこれを、ホトリソグラフィ法を用いてパターン化する。他のポリマ又はマスク材料を代わりに用いることもできる。

【0049】

しかしながら、第1粉体ブラストレジスト層42は、粉体ブラスティングステップs24によってガラスプレート2のほぼ全厚を除去し終えてからの粉体ブラスティングに曝されるだけである。このために、第1粉体ブラストレジスト層42には薄い層及び/又は弱い材料を用いることができ、従ってこの例では第1粉体ブラストレジスト層42としてポリイミドを用い、これをスピンコーティングによって(ステップs4にて)数ミクロンの厚さに被着し、また、これをホトリソグラフィ法を用いてパターン化する。この薄いポリイミド層の使用は特に、後にその上に堆積してマイクロホン10を形成する薄い層とコンパチブルである。しかし、ポリイミドは粉体ブラスティングに対する耐性が最適なものではないので、粉体ブラスティングステップs24は、このポリイミド層がキャピティ28に対するガラスを除去するのに必要とされる最小限の粉体ブラスティングに曝されるだけとするように、慎重に調整するのが好適である。他の例では、このような慎重な調整(又は等価的なプロセス制御)は、第1粉体ブラストレジスト層42用に厚い及び/又は丈夫な材料を用いたり、例えば第2粉体ブラストレジスト層43に用いるのと同じ材料を用いることによって緩和させることができるも、このようにすると層厚が比較的厚くなる。

10

【0050】

また、他の例では、鉄のペレット以外の粉体、例えばガラスビーズ、シリカ又はアルミナ粒を用いることもできる。また、ガラスを除去してキャピティ28を形成するのに、粉体ブラスティングの代わりに他の機械的な手段を用いることもできる。

20

【0051】

ガラスプレート2の代わりに、例えば幾つかの液晶表示デバイスに用いられているような石英又はプラスチックプレートのような、他の材料製のプレートを用いることもできる。さらに、例えば所謂液晶オン-シリコン(LCOS)表示デバイスに用いられるようなシリコンプレートを用いることもできる。

【0052】

TFT69を形成するための上述したプロセスは、透過型表示デバイス用の能動マトリックス基板を形成する標準の6-マスク底部ゲートのバックチャネルエッチング法である。TFTを形成するのに、他のタイプのプロセス(例えば、頂部ゲート、電界遮蔽画素、又は底部ゲートエッチストップ法)を用いることもでき、このうちの幾つかはマスク長の短いものを用いる。さらに、表示基板は、透過型のものでなく、反射型又は透過反射兼用型の表示基板とすることもできる。さらにまた、本発明は他のタイプの能動マトリックス表示基板、例えばTFTではなく、薄膜ダイオードを用いるものに適用することもできる。

30

【0053】

上述した例の特に有利な点は、マイクロホン10を作るのに用いるすべての層がTFT69を形成するのに用いられるため、全生産工程が簡単になることにある。しかし、他の実施例では、このような層のうち1つ以上を、TFT領域とマイクロホン領域とで別々に堆積し、その厚さ及び/又は材料の選定をTFT及びマイクロホン用に別々に最適化し得るようにする。

40

【0054】

他の例では、マイクロホンを能動表示基板でなく、受動表示基板、即ち上に共通電極18を有しているガラスプレート16の上に集積化することもできる。これは処理フローの見地での共有性は劣るが、それでも表示デバイス及び音響トランスジューサを必要とする最終製品にとってはスペースの節約等の点で、少なくともある程度は先に述べた利点を依然もたらすことになる。同様に、他の例では、マイクロホンを液晶表示デバイスの一方の表示基板上に集積化することができ、この場合に、双方の表示基板を受動タイプ、即ち受動マトリックス液晶表示デバイスとする。

50

## 【 0 0 5 5 】

本発明は、適当な表示基板を備えている任意タイプの表示デバイスに適用することにもできる。これには特に次ぎのようなもの、即ち、プラズマ表示デバイス、電界放出表示デバイス、ポリマ発光ダイオード表示デバイス及び有機発光ダイオード表示デバイスが含まれる。プラズマ表示デバイスの場合には、その生産工程において粉体ブラッシングを予め用いる場合に、生産工程の能率化が達成される。

## 【 0 0 5 6 】

上述した例では、ガラスプレートの上から見たマイクロホンの形状をほぼ円形とする。この形状はマスク（即ち、ホトレジスト及び粉体ブラスト用のレジスト）によって規定されるだけであるから、必要に応じて、粉体ブラッシングの使用に有利な他の形状のものを用いることもできる。 10

## 【 0 0 5 7 】

上述した例のコンデンサタイプのマイクロホンの代わりに、他のタイプのマイクロホン、例えば、エレクトレットマイクロホンを形成することもできる。

## 【 0 0 5 8 】

上述した例にて形成するマイクロホンは、それをその2つの電極間に静電界をかけて励起する場合には、スピーカとして用いることもできる。静電界を変えることにより（即ち、2つの電極間に供給する交流電圧を変えることにより）、振動ダイアフラムを動かして、必要な音を発生させる。他の例では、表示基板の上にマイクロホンの代わりに圧電ブザーを設けることができる。 20

## 【 0 0 5 9 】

さらに他の例では、表示基板の上に単一の音響トランスジューサの代わりに、単一又は複数のマイクロホンと、スピーカ又は圧電ブザーとの組み合わせから成る2つ以上の音響トランスジューサを形成することができる。

## 【 0 0 6 0 】

表示要素及び音響トランスジューサ用に用いられる薄膜層は、音響トランスジューサの作動に必要とされる集積半導体回路を形成するのに用いることもできる。

## 【 0 0 6 1 】

上述した例での処理効率は、表示基板をガラスプレート上に構築して、表示要素及び音響トランスジューサを平行に形成することによって達成される。既に述べたように、1つ以上の層を表示要素又は音響トランスジューサ用に別々に最適化することが望まれる場合には、個々の層をそれぞれの領域に別々に堆積して処理し、他の領域は層が堆積されないようにマスクしたり、又は不必要な層をそこから除去する。しかし、状況によっては、音響トランスジューサ及び表示要素を表示基板上に全く別の処理、即ち先ず表示要素を形成し、次いで音響トランスジューサを形成するか、又はその逆とすることによって、総生産効率を高めることもできる。これは、例えば標準設計の表示領域を様々なタイプ、個数、大きさ、或いは位置の音響トランスジューサと組み合わせる必要がある場合に云えることである。 30

## 【 0 0 6 2 】

さらに、上述した例の音響トランスジューサの部分だけを形成することにより、表示要素を持たない個別の音響トランスジューサを形成することもできる。 40

## 【 0 0 6 3 】

音響トランスジューサを別個に形成するのに特に好適な他の例を図5～図7につき説明する。図1～図4の例と同じように、図5～図7の例によって、表示基板上に（前もってか、又は後に加えられる表示要素と一緒に）音響トランスジューサを形成したり、音響トランスジューサの部分だけを形成することにより、表示要素を持たない各別の音響トランスジューサを形成したりすることができる。

## 【 0 0 6 4 】

図5は、さらなるコンデンサマイクロホンの例に用いられる処理ステップを示す。これらの処理工程をマイクロホンの要部の構成を概略的に示す図6 a 及び図6 b によって説明す 50

る。

#### 【0065】

図6aに示す要部は次ぎのようにして形成する。ステップs40では、厚さ0.7mmのガラスプレート102を用立てる。ステップs42では、ガラスプレート102の底部表面上に底部粉体プラストレジスト層104を堆積し、これをパターン化して、マイクロホンを形成すべき箇所に相当する領域にギャップ105を形成し、且つガラスプレート102の頂部表面上に頂部粉体プラストレジスト層106を堆積する。この例では、双方の粉体プラストレジスト層を最初の主実施例につき前述した、オランダのUCB Chemicals社から市販されているEbecryl 270<sup>TM</sup>とし、その厚さを約100ミクロンとする。本例ではさらに、粉体プラストレジスト層の選択に関する可能性及び影響は最初の主実施例における場合と同じとする。ステップs44では、ガラスプレート102の頂部層表面上に様々な層を順次堆積し、各層の厚さを0.05mm~1ミクロンとするが、他の例と同様にこれらの層厚は必要に応じて変えることができることは勿論である。それぞれの層は、堆積順に、第1SiN層（即ち、絶縁層）108、底部クロム層110（導体として作用する）、アルミニウム層112（犠牲層として作用する）、第2SiN層（即ち、絶縁層）114及び頂部クロム（又は他の金属）層116（導体として作用する）とする。このようにして、図6aに示す全体の構成のものを得る。

10

#### 【0066】

図6bに示す追加の要部は次ぎのようにして形成する。ステップs46では、粉体プラッシングを行なって、マイクロホンのダイアフラムを形成すべき箇所に、ガラスプレート102の深さ全体に延在するキャビティ120をこのガラスプレート120に形成する。ステップs48では、選択した箇所における様々な層、即ち、頂部粉体レジスト層106からキャビティ120の箇所に残存している粉体プラストレジスト層；キャビティ120の箇所における犠牲的なアルミニウム層112；及び（音響空気孔及び下にある層への電気的接点を形成するための）第2SiN層114及び頂部金属層116における選択領域を除去する。これにより、振動ダイアフラム122（この振動ダイアフラム122は、キャビティ120の上方箇所における第1SiN層108と、底部クロム層110とから成る）と、固定電極構体124（この固定電極構体124は、ダイアフラム122の上方箇所における頂部金属層116と第2SiN層114とから成り、さらに、そこに音響空気孔129を備えている）と、固定電極用の接点128及び振動電極用の接点126とを具えているマイクロホン130を完成する。

20

30

#### 【0067】

最初の主実施例のマイクロホンについて述べたように、図6bの構成はマイクロホン以外のスピーカを形成するのに用いることもできる。

#### 【0068】

上述したいずれの例においても、上に振動ダイアフラムを位置させるキャビティは、ガラスプレート（例えば、ガラスプレート2又はガラスプレート102）からその材料を除去することによって形成する。他の例では、ガラスプレートと振動ダイアフラムを形成する層との間に1つ以上の犠牲的な層を設けることによってキャビティを形成することもでき、この場合には、犠牲的な層を除去することによって空になった空所にキャビティが形成される。犠牲的な層には、例えばSiN、Al又はホトレジストの如き有機材料を含む適当な材料を用いることができる。

40

#### 【0069】

さらに他の例では、図7aに概略的に示す圧電ブザーを備える音響トランスジューサを形成する。圧電ブザー201は、ガラスプレート202の深さ全体にわたり延在するように、このガラスプレートに粉体プラッシングにより形成される、長方形で、音響特性に必要とされる大きさ、この例では10mm×10mmのキャビティ204を有するガラスプレート202を備えている。

#### 【0070】

圧電材料、本例ではジルコン酸チタン酸鉛（PZT）製の正方形のプレートで、厚さが音

50

響特性に必要とされる100ミクロン程度で、面積が10mm×10mmの圧電材料プレート206の頂部と底部表面にそれぞれ電極208及び210を設ける。この圧電材料プレート206をガラスプレート202に接着して、キャビティ204を覆うようにして、圧電トランスジューサを形成する。本例では、圧電材料製のプレート206を、その正方形の領域のほぼ全周に沿ってガラスプレート202に接着して、ダイアフラムを形成する。

【0071】

圧電材料のプレート206は、キャビティ204の領域よりも僅かに小さく作り、その一辺に沿ってのみガラスプレートに接着して、図7bに示すように片持ばりを形成することもできる。

10

【0072】

ダイアフラム又は片持ばりは、粉体プラスチックによって、キャビティ204とは異なり、図7c(ダイアフラム用)及び図7d(片持ばり用)に示すように、ガラスプレートの或る深さにまでしか延在しないキャビティ212の上に形成することもできる。

【0073】

両面に電極を有する圧電材料のプレート206は、圧電材料製の大きなシートにおけるそれぞれの領域の上に複数の電極を被着し、この電極被着シートを個々の電極被着プレート206に切り出すことによって首尾良く形成することもできる。

【0074】

キャビティ204, 212及び圧電材料のプレート206は、正方形以外の形状に作ることもできる。

20

【0075】

圧電プザー201は、2つの電極208と210との間に交流電圧を印加することにより作動させる。

【0076】

表示基板(例えば、液晶表示基板)及び音響トランスジューサ(例えば、マイクロホン)の形成につき述べた上記例はいずれも例証に過ぎず、本発明は他の適当なタイプの表示基板及び/又は音響トランスジューサを形成するのに適用することができる。同様に、材料の種類及び厚さのようなそれぞれの層の特徴も単なる例に過ぎない。

【0077】

従って、本発明は上述した例のみに限定されるものでなく、幾多の変更を加え得ることは当業者に明らかである。

30

【図面の簡単な説明】

【0078】

【図1】集積化したマイクロホンを有する表示基板の一部を示す概略図である。

【図2】図1に示した表示基板を備えている液晶表示デバイスの概略断面図である。

【図3】図1及び図2に示した表示基板を形成するのに用いられる処理ステップを示すフローチャートである。

【図4】a～fは図3の処理進行に応じた表示基板の要部の構成を概略的に示した図である。

40

【図5】コンデンサマイクロホンを形成するのに用いる処理ステップを示すフローチャートである。

【図6】a及びbは図5の処理進行に応じたコンデンサマイクロホンの要部の構成を概略的に示した図である。

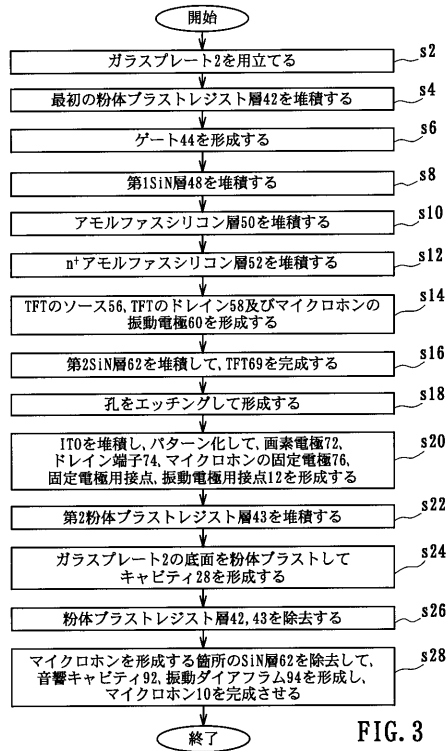
【図7a】キャビティを覆うダイアフラムを備えている圧電プザーの概略図である。

【図7b】キャビティ上方に片持ばりを備えている圧電プザーの概略図である。

【図7c】キャビティを覆うダイアフラムを備えている他の圧電プザーの概略図である。

【図7d】キャビティ上方に片持ばりを備えている圧電プザーの概略図である。

【図3】



【図5】

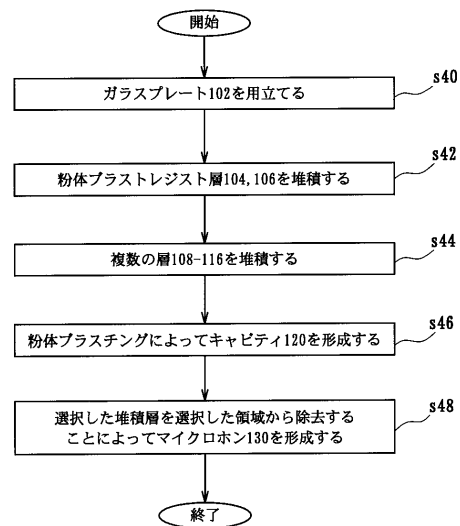


FIG. 5

## 【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau(43) International Publication Date  
3 October 2002 (03.10.2002)

PCT

(10) International Publication Number  
WO 02/077702 A1(51) International Patent Classification: G02F 1/1333,  
1/13, 1/04M 1/02, 1/04R 1/28, 1/02(74) Agent: SHARROCK, Daniel, J.; International Oc-  
tavoibureau B.V., Prof. Holstlaan 6, NL-5656 AA  
Eindhoven (NL).

(21) International Application Number: PCT/IB02/00642

(81) Designated States (national): CN, JP, KR.

(22) International Filing Date: 4 March 2002 (04.03.2002)

(84) Designated States (regional): European patent (AT, BE,  
CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE, TR).

(25) Filing Language: English

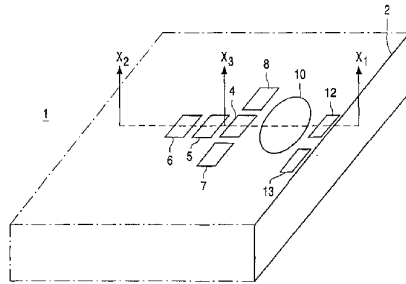
(26) Publication Language: English

Published:  
with international search report

(30) Priority Data: 0107404.6 23 March 2001 (23.03.2001) GB

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guid-  
ance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the begin-  
ning of each regular issue of the PCT Gazette.(71) Applicant: KONINKLIJKE PHILIPS ELECTRON-  
ICS N.V. (NL/NL); Groenewoudseweg 1, NL-5621 BA  
Eindhoven (NL).(72) Inventors: MURDEN, Vega; Prof. Holstlaan 6, NL-5656  
AA Eindhoven (NL); GREEN, Peter, W.; Prof. Holstlaan  
6, NL-5656 AA Eindhoven (NL).

(54) Title: DISPLAY SUBSTRATE WITH AN INTEGRATED ACOUSTIC TRANSDUCER



(57) Abstract: A display substrate (1) comprising a plate, for example a glass plate (2), on which display elements, e.g. pixels (4-8) comprising pixel electrodes (72) and thin-film-transistors (69), and an acoustic transducer (10), e.g. a microphone, speaker or buzzer, formed from thin film layers over a cavity (28), are formed. The cavity (28) may be provided by powderblasting through the depth of the glass plate (2). The display substrate (1) with integrated acoustic transducer (10) may be incorporated in a display device, e.g. a liquid crystal display device (11). Also described is a discrete acoustic transducer, comprising a plate of an insulating material (102), a cavity (120) in the plate (102), a plurality of layers that have been deposited on the plate, and a moveable member (122) formed from the deposited layers and positioned over the cavity (120).



WO 02/077702 A1

WO 02/077702

PCT/IB02/00642

## DISPLAY SUBSTRATE WITH AN INTEGRATED ACOUSTIC TRANSDUCER

5

The present invention relates to display substrates, and display devices, for example liquid crystal display devices, incorporating display substrates. The present invention also relates to acoustic transducers.

10 Many electrical products, for example portable computers, personal organisers, and mobile telephones, include one or more display devices and one or more acoustic transducers.

Known display devices include liquid crystal, plasma, polymer light emitting diode, organic light emitting diode and field emission display devices. Such devices typically comprise two opposing display substrates with an electrically controllable light modulation layer or array between the two display substrates. The light modulation layer or array is provided either on one of the display substrates or in a gap between the two display substrates. A typical liquid crystal display device, with one of the display substrates having an active matrix of thin film transistors (TFTs) is disclosed in US 5,130,829.

20 Examples of commonly used acoustic transducers are microphones, speakers and piezoelectric buzzers. Often electrical products require two or more acoustic transducers. For example, mobile telephones typically require a microphone for voice input, a speaker for audio output, e.g. speech, and a buzzer to attract a user's attention.

25 There is a trend for electrical products to provide increasing levels of functionality, and consequently more information is required to be displayed to users of the products. Hence larger area display devices are required. Conversely, however, there is a trend for products to be made smaller, especially in the case of portable equipment. For example, ever smaller mobile telephones require ever larger displays for purposes of displaying text messages and Internet content.



WO 02/077702

PCT/IB02/00642

2

Consequently the space available for components such as acoustic transducers, in products also including display devices, is becoming increasingly scarce. A known solution for alleviating this problem is to provide and use smaller acoustic transducers. However, generally, as components are  
5 reduced in size, their unit production costs increase. Also, their assembly, connection and testing in an end product becomes more burdensome.

Considering, in isolation, the provision of small acoustic transducers, it is known within the field of acoustic transducers (quite separately from consideration of their use with display devices) to form acoustic transducer  
10 units using thin film layers deposited on silicon wafers. Such acoustic transducers are disclosed in "Design and Fabrication of Silicon Condenser Microphone Using Corrugated Diaphragm Technique", Quanbo Zou et al., Journal of Microelectromechanical Systems, Vol. 5, No. 3, September 1996; "Piezoelectric Cantilever Microphone and Microspeaker", Seung S. Lee et al.,  
15 Journal of Microelectromechanical Systems, Vol. 5, No. 4, December 1996; and EP-A-0 979 992. Multiple acoustic transducers can be formed on each silicon wafer in conventional batch processing manner, and individual acoustic transducers thereafter formed by slicing of the wafer. The production techniques involved are often termed "micromachining".

20 These types of acoustic transducers can be produced in miniature form. The thin film layers can also be used to form integral semiconductor circuitry required for operation of the acoustic transducers. However, in products where space is at a premium due to the inclusion of one or more display devices, the use of such acoustic transducers would not fully resolve the problem of lack of  
25 space, because the packaging of each acoustic transducer would need its own space in the end product. Moreover, insertion and connection of the acoustic transducer in the end product would be particularly burdensome due to the very miniaturisation advantage that such acoustic transducers might provide.

30 Overall, therefore, it is desirable to provide an alternative solution, other than simple reduction in size of acoustic transducers, to the problems described above.

WO 02/077702

PCT/IB02/00642

3

In a first aspect, the present invention provides a display substrate, comprising: a plate; one or more display components formed on the plate; and an acoustic transducer formed on the plate over a cavity.

5 In a second aspect, the present invention provides a display device comprising a display substrate according to the first aspect.

The present invention derives from the idea of providing an integrated display and acoustic transducer by forming the acoustic transducer as an integrated part of one of the display substrates of a display device. Thus space can be saved in a product requiring both a display device and an acoustic  
10 transducer. Moreover, the requirement to separately insert and connect the acoustic transducer into an end product is removed as these operations occur when the display device is inserted and connected. This is particularly advantageous when the acoustic transducer is formed in miniature form on the substrate of the display device.

15 Preferably, the plate from which the display substrate is formed is of glass, quartz or a plastics material. This allows particularly economical display devices to be produced as such materials are commonly used as substrate materials for conventional display devices.

20 In a third aspect, the present invention provides a method of forming a display substrate, comprising: providing a plate; forming one or more display components on the plate; and forming an acoustic transducer on the plate over a cavity.

In a fourth aspect, the present invention provides a method of forming a display device, comprising forming a display substrate using a method  
25 according to the third aspect.

The cavity may be formed in the plate, in which case the cavity may extend through the whole depth of the substrate. Preferably, the cavity is produced by powderblasting, as this allows the provision of cavities in strong plate materials.

30 The cavity may alternatively be formed between the acoustic transducer and a surface of the plate, by the use of one or more sacrificial layers. This allows flexibility of design.

WO 02/077702

PCT/IB02/00642

4

The joint provision of an acoustic transducer as well as one or more display elements on the same substrate allows process steps, in particular deposition and/or etching of various thin film layers, to be shared, thus simplifying the production process. The acoustic transducer may be a microphone or speaker, comprising a fixed electrode and a moveable diaphragm comprising a diaphragm electrode. In this case, the diaphragm electrode is preferably formed from a same layer of conductor as at least a first part of respective display elements formed on the display substrate. Further, the fixed electrode is preferably formed from a same layer of conductor as at least a second part of respective display elements formed on the display substrate. The moveable diaphragm may further comprise an insulation layer, in which case this insulation layer is preferably formed from a same insulation layer as at least a part of respective display elements, thus simplifying the production process. However, the insulation layer (or indeed any other layer) may be provided separately for the purpose of optimising the performance characteristics of the acoustic transducer and the display element individually.

Preferably the display substrate is an active matrix display substrate for a liquid crystal display device, and the display elements include thin-film-transistors and pixel electrodes. In this case, the diaphragm electrode is preferably formed from a same layer of conductor as the gates of the thin-film-transistors, and the fixed electrode is preferably formed from a same layer of conductor as the pixel electrodes.

When the display device is intended for an end product that requires more than one acoustic transducer, a plurality of acoustic transducers may be provided on one display substrate, thus multiplying the benefits derived from the present invention.

In a fifth aspect, the present invention provides an acoustic transducer, comprising: a substrate of an insulating material; a cavity in the substrate; a plurality of layers which have been deposited on the substrate; and a moveable member formed from the deposited layers and positioned over the cavity.

WO 02/077702

PCT/IB02/00642

5

In a sixth aspect, the present invention provides a method of forming an acoustic transducer, comprising: providing a substrate of an insulating material; depositing a plurality of layers on the substrate; forming a cavity in the substrate; and forming, from the deposited layers, a moveable member  
5 positioned over the cavity.

Preferably, a fixed electrode is formed opposing the moveable member; the moveable member is formed from a moveable electrode formed from a first metal layer, the first metal layer being one of the plurality of layers, and an insulating layer, the insulating layer being another one of the plurality of layers;  
10 and the fixed electrode is formed from a second metal layer, the second metal layer being another one of the plurality of layers.

Preferably, the cavity is formed by powderblasting.

The fifth and sixth aspects are derived from the realisation that acoustic transducers derived as part of the above mentioned first to fourth aspects of  
15 the present invention also provide potential benefits over known acoustic transducers even when not integrated as such on a display substrate. For example, by forming such acoustic transducers by depositing layers on an insulating substrate and forming a cavity in the insulating substrate, effective miniature acoustic transducers can be made from strong cheap substrate  
20 materials, thus reducing packaging and/or processing and/or material costs compared to the known silicon wafer based acoustic transducers discussed earlier above. Alternatively, or additionally, acoustic transducers according to the fifth and sixth aspects may, by virtue of their features common with display substrates, be provided such that their external physical form or packaging  
25 makes their incorporation into end products alongside display devices more straightforward than that of conventional acoustic transducers.

The dependent claims define, in addition to the various preferences discussed above, yet further preferences or possibilities of the present invention.

30 The above described and other aspects of the invention will be apparent from and elucidated with reference to the embodiments described hereinafter.

WO 02/077702

PCT/IB02/00642

6

Embodiments of the present invention will now be described, by way of example, with reference to the accompanying drawings, in which:

FIG. 1 is a schematic illustration of part of a display substrate with an  
5 integrated microphone;

FIG. 2 is a schematic illustration of a cross-section of a liquid crystal display device comprising the display substrate illustrated in FIG. 1;

FIG. 3 is a flowchart showing process steps employed for producing the display substrate shown in FIGS. 1 and 2;

10 FIGS. 4a-4f schematically illustrate the build-up of the features of the display substrate 1 as the process of FIG. 3 progresses;

FIG. 5 is a flowchart showing the process steps employed for producing a condenser microphone;

15 FIGS. 6a and 6b schematically illustrate the build-up of the features of the condenser microphone as the process of FIG. 5 progresses;

FIG. 7a is a schematic illustration of a piezoelectric buzzer comprising a diaphragm over a cavity;

FIG. 7b is a schematic illustration of a piezoelectric buzzer comprising a cantilever over a cavity;

20 FIG. 7c is a schematic illustration of another piezoelectric buzzer comprising a diaphragm over a cavity; and

FIG. 7d is a schematic illustration of another piezoelectric buzzer comprising a cantilever over a cavity.

25 It should be noted that the figures are diagrammatic and not drawn to scale. Relative dimensions and proportions of parts of these figures have been shown exaggerated or reduced in size, for the sake of clarity and convenience in the drawings.

30 FIG. 1 is a schematic illustration of part of a display substrate 1 provided in a first embodiment. The display substrate 1 comprises a glass plate 2. As with conventional display substrates, plural display elements are provided on the upper surface (as viewed in FIG. 1) of the glass plate 2. The

WO 02/077702

PCT/IB02/00642

7

term "display element" is used herein to refer to any item included as a part of a display substrate that contributes to the display functionality of the display substrate. In this embodiment, the plural display elements include an array of pixels. A large number of such pixels are provided, but for clarity only five of these, namely pixels 4, 5, 6, 7 and 8, are shown in FIG. 1.

A microphone 10, i.e. one type of acoustic transducer, is also provided on the upper surface of the glass plate 2. In this embodiment the shape of the microphone as viewed from above the upper surface of the glass plate 2 is approximately circular. The microphone 10 is a condenser microphone comprising a fixed electrode and a vibrating electrode. An external contact is provided for each of these microphone electrodes, i.e. contact 12 for the vibrating electrode and contact 13 for the fixed electrode. In operation of the microphone 10, the capacitance between the two electrodes varies as the vibrating electrode moves relative to the fixed electrode in response to sound waves. By connecting a suitable circuit to the two external contacts, this varying capacitance may be measured and processed.

The pixels 4,5,6,7,8 include TFTs and form an active matrix array such that the display substrate 1 may be used as an active matrix display substrate of a liquid crystal display device 11, as schematically illustrated in FIG. 2 where the display substrate 1 is shown in cross-section through the line  $X_1$ - $X_2$  of FIG. 1. In FIG. 2, the glass plate 2, the microphone 10 and the contact 12 are individually indicated. However, for clarity, the pixels 4, 5, 6 and any other display elements along the line  $X_1$ - $X_2$  are represented together as an active matrix layer 14 formed on the surface of the glass plate 2.

The glass plate 2 has a cavity 28 extending through the whole depth of the glass plate 2. The microphone 10 is formed over the cavity 28. The cavity 28 is of approximately circular cross-section, and this provides the approximately circular shape of the microphone 10, as will be explained in more detail below.

The contact 12 for the vibrating electrode is provided on the glass plate 2 next to the microphone 10 at a position outside of the area covered by the active matrix layer 14.

WO 02/077702

PCT/IB02/00642

8

The area of the glass plate 2 that is covered by the active matrix layer 14 is used to form a liquid crystal display area as follows. The glass plate 2 has a liquid crystal orientation layer 20 deposited over the active matrix layer 14. The liquid crystal display device 11 further comprises a second glass plate 16, with a common electrode 18 thereon, spaced apart from the glass plate 2. The second glass plate 16 has a liquid crystal orientation layer 22 deposited over the common electrode 18. A liquid crystal layer 24, comprising twisted nematic liquid crystal material, is disposed between the orientation layers 20, 22 of the two glass plates 2, 16. A seal 26 is provided between the two orientation layers 20, 24 at the edge of the area of coverage of the liquid crystal layer 24. These and other details of the liquid crystal display device (in so far as the area corresponding to the active matrix layer 14, in contrast to the microphone 10, is concerned) are the same, and operate the same, as the liquid crystal display device disclosed in US 5,130,829, the contents of which are contained herein by reference.

Alternatively, the liquid crystal layer may extend over the microphone in order to simplify the production process, in which case the microphone will still respond to sound by virtue of vibrations passing through the liquid crystal layer, although this will usually have a detrimental affect on the quality of the microphone response.

FIG. 3 shows the process steps employed in this embodiment for producing the display substrate 1. These process steps will now be described, with the aid of FIGS. 4a-4f which schematically illustrate the build-up of the features of the display substrate 1 as the process progresses. In FIGS. 4a-4f, the display substrate 1 is shown in terms of the cross-section through the line X<sub>1</sub>-X<sub>3</sub> of FIG. 1, i.e. to include the contact 12 for the vibrating electrode, the microphone 10, and just the single pixel 4. It will be appreciated however, that the procedures described below in relation to the pixel 4 are in fact performed at the same time for the whole array of pixels.

The features shown in FIG. 4a are formed as follows. At step s2, the glass plate 2 is provided. At step s4, an initial powderblast resist layer 42 is deposited on the surface of the glass plate 2 over the area where the

WO 02/077702

PCT/IB02/00642

9

microphone 10 is to be provided. At step s6, a metal layer is deposited, and patterned to form a gate 44 where the TFT of the pixel 4 is to be formed. At step s8, a first silicon nitride (SiN) layer 48, i.e. an insulation layer, is deposited over substantially the whole area of the glass plate 2. At steps s10 and s12, two amorphous silicon layers, for the TFT being formed, are deposited. More particularly, at step s10 an undoped amorphous silicon layer 50 is deposited over the first SiN layer 48 above the gate 44, followed at step s12 by an n+ amorphous silicon layer 52, thus forming the overall structure shown in FIG. 4a.

10 The additional features shown in FIG. 4b are formed as follows. At step s14, a further metal layer is deposited and patterned to provide a source 56 and a drain 58 for the TFT being formed, and an electrode which will serve as the microphone vibrating electrode 60 of the microphone being formed. The n+ amorphous silicon layer 52 is also removed in a small area over the gate 44.

15 Thus the overall structure shown in FIG. 4b is arrived at.

The additional features shown in FIG. 4c are formed as follows. At step s16, a second SiN layer 62, i.e. insulation layer, is deposited over substantially the whole area of the glass plate 2. By virtue of this, fabrication of the TFT 69 is essentially completed. At step s18, through holes are etched in the second SiN layer 62, in particular a hole 66 over the drain 58, and a hole 68 over an extended portion of the microphone vibrating electrode 60. Thus the overall structure shown in FIG. 4c is arrived at.

20

The additional features shown in FIG. 4d are formed as follows. At step s20, a transparent electrode layer of indium tin oxide (ITO) is deposited over the second SiN layer 62 and the holes 64, 66 and 68 therein, and patterned to form a pixel electrode 72, a drain terminal 74 connecting the drain 58 of the TFT 69 to the pixel electrode 72, an electrode which will serve as the microphone fixed electrode 76, the microphone fixed electrode contact 13 mentioned earlier with reference to FIG. 1 (but not shown here in FIG. 4d as it does not fall on the cross-section line X<sub>1</sub>-X<sub>3</sub>), and the contact 12 (mentioned earlier with reference to FIGS. 1 and 2) for the microphone vibrating electrode 60. In order that the microphone fixed electrode 76 will remain substantially

25

30



WO 02/077702

PCT/IB02/00642

10

stationary in operation whilst the earlier described microphone vibrating electrode 60 will vibrate, the ITO layer is made thicker than the joint thickness of the first SiN layer 48 and the microphone vibrating electrode 60, by an amount dependent on the relative stiffness of the materials involved. The microphone fixed electrode 76 is patterned such as to include gaps 80, 81, 82, and 83 therein, such that when the microphone fixed electrode 76 is viewed from above it is in the form of a mesh. (When the microphone is completed, these gaps will form acoustic air holes, as will be described in more detail below.) Thus the overall structure shown in FIG. 4d is arrived at.

10 The additional features shown in FIG. 4e are formed as follows. At step s22, a second powderblast resist layer 43 is deposited over the whole area of the bottom surface of the glass plate 2 except for the area corresponding to where the microphone 10 is to be provided. In this embodiment the cavity is of diameter ~1mm - 2mm, although generally this may be varied according to  
15 the required acoustic response of the microphone. At step s24, powderblasting, using iron pellets, is performed on the bottom surface of the glass plate 2, to form a cavity 28 through the whole depth of the glass plate 2. During the powderblasting process, the remaining area of the bottom surface of the glass plate 2 is protected by the second powderblast resist layer 43. As  
20 the cavity nears completion, i.e. as the powderblasting works its way toward the underneath of the first SiN layer 48 in the area of the cavity, the first SiN layer 48 is protected by the first powderblast resist layer 42. During the powderblasting process the top surface of the overall structure may optionally be protected by a layer, for example an organic photoresist, applied thereto  
25 before the powderblasting and removed by etching thereafter. In addition, the front side of the plate may be protected by, for example, a plate (e.g. metal) which is used to mount the glass plate during the powderblasting. Further details of the powderblasting process and powderblasting resists are given below. Thus the overall structure shown in FIG. 4e is arrived at.

30 The additional features shown in FIG. 4f are formed as follows. At step s26, the powderblast resist layers 42 and 43 are removed by etching. At step s28, the second SiN layer 62 is removed by etching in the area where the

WO 02/077702

PCT/IB02/00642

11

microphone 10 is to be provided. This leaves an acoustic cavity 92 between the microphone fixed electrode 76 and the microphone vibrating electrode 60, and consequently the earlier mentioned gaps 80, 81, 82 and 83 form acoustic air holes connected to the acoustic cavity 92. A further effect of the removal of the second SiN layer 62 in this area is to leave the first SiN layer 48 in the area over the cavity 28 and the microphone vibrating electrode 60 suspended over the cavity. In this way the microphone vibrating electrode 60, and the portion of the first SiN layer 48 attached thereto, together form a vibrating diaphragm 94 of the microphone 10. Furthermore, the removal of the second SiN layer 62 at step s28 completes the formation of the microphone 10, which comprises the microphone fixed electrode 76 and the vibrating diaphragm 94, along with the acoustic cavity 92 and acoustic air holes 80, 81, 82 and 83 defined thereby.

In addition to the microphone 10, other completed functional items indicated in FIG. 4f are the pixel 4 and the microphone vibrating electrode contact 12.

The pixel 4 comprises the pixel electrode 72 and its associated TFT 69. The pixel 4 (and the other pixels, and other TFT connections such as gate leads, not shown, of the rest of the area of the glass plate 2 ) constitute the display elements provided in the active matrix layer 14 and discussed earlier in relation to FIGS.1 and 2.

In this embodiment, the glass plate is of thickness 1mm, although any convenient thickness may be used, and the various deposited layers are each of a thickness between 0.05mm and 1 micron, as per standard TFT manufacturing processes, except for the second SiN layer 62 which in this example is 2 microns and the powderblast resist layers 42 and 43. The powderblast resist layers 42 and 43 are discussed in more detail below. The thickness of the second SiN layer 62 defines the height of the acoustic chamber of the finished microphone, so will in fact be chosen in part according to the required acoustic response properties of the microphone. However, there is a trade-off with process costs in that thicker layers take longer to produce, and furthermore in this embodiment there is a trade-off with optimum

TFT characteristics. Consequently, the thickness may be selected as desired in the light of these trade-offs.

Unless otherwise stated, all the layers are deposited in conventional fashion, and patterned and etched using standard photolithographic and etching techniques, as described for example in US 5,130,829. Any further details of the parts of the display substrate 1 other than those related to the integrated inclusion of the microphone 10, (i.e. the pixel 4, the other pixels and gate leads and other external connections not shown, and other active matrix components not shown, such as row and column address conductors) are likewise provided and implemented in conventional fashion, again as described for example in US 5,130,829.

The powderblasting process carried out at step s24 in the above process is an example of powderblasting and is a known process for mechanically removing solid material. Powderblasting, and powderblast resists, are discussed for example in the reference H.J. Lighart, P.J. Slikkerveer, F.H. In't Veld, P.H.W. Swinkels and M.H. Zonneveld, Philips Journal of Research, Vol. 50, No. 3/4 p.475 - 499 (1996). Powderblasting is used for example to produce a rib-structure in the manufacture of some types of plasma display panels.

In this embodiment the second powderblast resist layer 43 is subjected to powderblasting throughout the powderblasting step s24, and hence is required to be a relatively strong and thick layer. The material used for the second powderblast resist 43 is Ebecryl 270<sup>TM</sup>, (available from UCB Chemicals, Netherlands), which is a photosensitive elastomeric polymer based on polyurethane acrylate. This comes in liquid form and is applied using a doctor blade, giving a thickness of approximately 100 microns. This is patterned using photolithography. It will be appreciated that other polymers or mask materials may be used instead.

The first powderblast resist layer 42 is however only exposed to powderblasting toward the end of the powderblasting step s24 when the powderblasting has removed substantially all the thickness of the glass plate 2 in the cavity 28. It is therefore possible to use a thinner layer and/or weaker

material for the first powderblast resist layer 42, and hence in this embodiment the material used is polyimide, and this is applied (at step s4) by spin coating to a few microns thickness and patterned using photolithography. This use of a thin polyimide layer is particularly compatible with the thin layers subsequently deposited thereon to form the microphone 10. As the polyimide is however not of optimum resistance with respect to powderblasting, the powderblasting step s24 is preferably carefully timed so that the polyimide layer is only exposed to the minimum powderblasting required to remove the glass from the cavity 28. In other embodiments, such careful timing (or equivalent process control) may be relaxed by employing a thicker and/or stronger material for the first powderblast resist layer 42, for example by using the same material as used for the second powderblast resist layer 43, although this provides a less compatible layer thickness.

Also, in other embodiments, powders other than iron pellets, for example glass beads, silica or alumina particles may be used. Also, other mechanical means for removing the glass to form the cavity 28 may be used instead of powderblasting.

Instead of the glass plate 2, a plate of some other material may be used, for example a quartz or plastic plate as used in some liquid crystal display devices. A further possibility is a silicon plate, as used for example in so-called liquid crystal on silicon (LCOS) display devices.

The process described above for forming the TFT 69 is a standard six-mask bottom gate back channel etch, which provides an active matrix substrate for a transmissive display. Alternatively, other types of TFT may be employed (e.g. top gate, field shielded pixel, or bottom gate etch stop), some of which may use a reduced mask count. Further, the display substrate may be for a reflective or transreflective display, rather than a transmissive display. Yet further, the invention may be applied to other types of active matrix display substrates, for example ones using thin film diodes as opposed to TFTs.

One particular advantage of the above embodiment is that all the layers used to produce the microphone 10 are used in the formation of the TFT 69, thus simplifying the overall production process. However, in other

WO 02/077702

PCT/IB02/00642

14

embodiments, one or more of such layers may be deposited separately in the microphone area compared to the TFT area so that the thickness and/or choice of material may be optimised separately for the TFT and the microphone. This still advantageously shares process flow aspects.

5 In other embodiments the microphone may instead be integrated on the passive display substrate, i.e. the glass plate 16 that has the common electrode 18 thereon, rather than the active display substrate. Although this shares less process flow aspects, this will still provide, at least to a degree, the earlier described advantages with respect to saving space etc. in an end  
10 product requiring a display device and an acoustic transducer. Likewise, in other embodiments the microphone may be integrated on a display substrate of a liquid crystal display device in which both display substrates are of the passive type, i.e. a passive matrix liquid crystal display.

It will be appreciated that the present invention may be also be applied  
15 to any type of display device that includes a suitable display substrate. This includes, inter alia, the following: a plasma display device; a field emission display device; a polymer light emitting diode display device; and an organic light emitting diode display device. In the case of a plasma display device, efficiencies in the production process may be achieved if powderblasting is  
20 already used in the production process of the plasma display device.

In the above embodiment the shape of the microphone as viewed from above the glass plate is substantially circular. Since the shape is merely defined by masks (i.e. photoresist and powderblast resist) other shapes may be used as required, which represents an advantage of the use of  
25 powderblasting.

Other types of microphone, for example an electret microphone, may be provided instead of the condenser type microphone of the above embodiment.

The microphone provided in the above embodiment may also be used, i.e. constitute, a speaker, if it is excited by application of an electrostatic field  
30 between the two electrodes thereof. By varying the electrostatic field (i.e. by varying an alternating voltage applied between the two electrodes) movement of the vibrating diaphragm is achieved thus producing the required sound. In

WO 02/077702

PCT/IB02/00642

15

other embodiments, a piezoelectric buzzer may be provided on the display substrate instead of a microphone.

In further embodiments, instead of a single acoustic transducer, more than one acoustic transducer, comprising any combination of single or plural  
5 microphones, speakers or piezoelectric buzzers, may be formed on the display substrate.

The thin film layers used for the display elements and the acoustic transducer(s) may also be used to produce integral semiconductor circuitry required for operation of the acoustic transducer.

10 In the main embodiment described above, processing efficiency is achieved by virtue of forming the display elements and the acoustic transducer in parallel as the display substrate is built up on the glass plate. As already mentioned, if it is desired to optimise one or more layers separately for the display elements or the acoustic transducer, then individual layers may be  
15 deposited or processed separately in the respective areas, with the other area either being masked from deposition or having unnecessary layers removed therefrom. However, in some circumstances overall production may be more efficient if the acoustic transducer and the display elements are provided on the display substrate in quite separate processes, i.e. the display elements are  
20 formed first, and then the acoustic transducer, or vice-versa. This may be the case, for example, where a standard design of display area is required to be combined with various types, numbers, sizes, or positions of acoustic transducers.

Furthermore, discrete acoustic transducers may be provided by forming  
25 just the acoustic transducer part of the above embodiments, without display elements.

Further embodiments that are particularly suited to separate formation of the acoustic transducer will now be described with reference to FIGS.5 to 7. It will be appreciated that, in the same way as with the embodiments of FIGS.1  
30 to 4, the embodiments of FIGS.5 to 7 allow the provision of acoustic transducers on display substrates (with display elements added either previously or afterwards), as well as the provision of separate discrete acoustic

transducers by forming just the acoustic transducer part to be described, without display elements.

FIG. 5 shows the process steps employed in a further condenser microphone embodiment. These process steps will now be described, with the aid of FIGS. 6a and 6b which schematically illustrate the build-up of the features of the microphone.

The features shown in FIG. 6a are formed as follows. At step s40, a glass plate 102, of thickness 0.7mm, is provided. At step s42 a bottom powderblast resist layer 104 is deposited on the bottom surface of the glass plate 102 and patterned with a gap 105 in the area corresponding to where the microphone is to be provided, and a top powderblast resist layer 106 is deposited on the top surface of the glass plate 102. In this embodiment, both the powderblast resist layers 104, 106 are of Ebecryl 270™ (available from UCB Chemicals, Netherlands) which was discussed earlier in relation to the first main embodiment, and of a thickness of about 100 microns. Furthermore, in the present embodiment, the possibilities and influences of the choice of powderblast resist are the same as in the first main embodiment. At step s44, various layers are successively deposited on the top surface of the glass plate 102, each to a thickness of between 0.05mm and 1 microns (but as in the other embodiments, the thicknesses may of course be varied as required). The layers are, in order of deposition, a first SiN layer (i.e. insulating layer) 108, a bottom chromium layer 110 (to serve as a conductor), an aluminium layer 112 (which will serve as a sacrificial layer), a second SiN layer (i.e. insulating layer) 114, and a top chromium (or other metal) layer 116 (to serve as a conductor). Thus the overall structure shown in FIG. 6a is arrived at.

The additional features shown in FIG. 6b are formed as follows. At step s46, powderblasting is performed to provide a cavity 120 is provided in the glass plate, extending the whole depth of the glass plate 102, in the area where the diaphragm of the microphone is to be provided. At step s48, various layers are removed in selected areas i.e. the remaining powderblast resist from the top powderblast resist layer 106 at the area of the cavity 120; the sacrificial aluminium layer 112 in this area; and selected areas in the second

WO 02/077702

PCT/IB02/00642

17

SiN layer 114 and the top metal layer 116 (for providing acoustic air holes and electrical contacts to underlying layers). This results in a completed microphone 130, comprising a vibrating diaphragm 122 (the vibrating diaphragm 122 comprising the first SiN layer 108 and the bottom chromium layer 110 in the area over the cavity 120), a fixed electrode structure 124 (the fixed electrode structure 124 comprising the top metal layer 116 and the second SiN layer 114 in the area over the diaphragm 122, and further comprising acoustic air holes 129 therein), a contact 128 for the fixed electrode and a contact 126 for the vibrating electrode.

As described with respect to the microphone of the first main embodiment, the structure of FIG. 6b may also be used to provide a speaker rather than a microphone.

In all of the above embodiments, the cavity over which the vibrating diaphragm is located is formed by removing material from the glass plate (e.g. glass plate 2 or glass plate 102). In other embodiments, the cavity may be formed instead by providing one or more sacrificial layers between the glass plate and the layers that will form the vibrating diaphragm, then removing the sacrificial layer(s) to produce the cavity in the space vacated by the sacrificial layer(s). Any appropriate material may be used for the sacrificial layer(s), including for example SiN, Al, or organic material such as photoresist.

In a further embodiment, an acoustic transducer comprising a piezoelectric buzzer, schematically illustrated in FIG. 7a, is provided. The piezoelectric buzzer 201 comprises a glass plate 202 with a cavity 204, of rectangular area, sized as required for acoustic properties, in this example approximately 10mm x 10mm, formed therein by powderblasting such as to extend through the whole depth of the glass plate 202.

A square shaped plate of piezoelectric material 206, in this embodiment lead zirconate titanate (PZT) of thickness as required for acoustic properties, in this example of the order of 100 microns, and of approximate area 10mm x 10mm, is provided with electrodes 208 and 210 on the top and bottom surfaces thereof. The plate of piezoelectric material 206 is bonded to the glass plate 202, over the cavity 204, thereby providing the piezoelectric transducer



WO 02/077702

PCT/IB02/00642

18

201. In this embodiment the plate of piezoelectric material 206 is bonded to the glass plate 202 along substantially the whole of the perimeter of its square area, thereby forming a diaphragm.

5 The plate of piezoelectric material 206 may alternatively be made slightly smaller than the area of the cavity 204, and bonded along only one side thereof, thereby forming a cantilever, as shown in FIG. 7b.

The diaphragm or cantilever may alternatively be provided over a cavity 212, again produced by powderblasting, that differs from the cavity 204 in that it only extends through some of the depth of the glass plate 202, as shown in  
10 FIG. 7c (for the diaphragm) and FIG. 7d (for the cantilever).

The plate of piezoelectric material 206 with electrodes thereon may conveniently be provided by applying a plurality of electrodes over respective areas of a larger sheet of piezoelectric material and then cutting the processed sheet into individual electrode coated plates 206.

15 The cavity 204, 212 and plate of piezoelectric material 206 may be formed in shapes other than square.

The piezoelectric buzzer 201 is operated by applying an alternating voltage between the two electrodes 208, 210.

It will be appreciated that the above examples of provision of display  
20 substrates (e.g. liquid crystal display substrates) and acoustic transducers (e.g. microphones) are described by way of example only, and that the invention may be applied to the provision of any other appropriate type of display substrate and/or acoustic transducer. Likewise, layer characteristics, such as type of material and thickness, are merely exemplary.

25 From reading the present disclosure, other variations and modifications will be apparent to persons skilled in the art. Such variations and modifications may involve equivalent and other features which are already known in the design, manufacture and use of display devices and acoustic transducers, and which may be used instead of or in addition to features already described herein.

30 Although Claims have been formulated in this Application to particular combinations of features, it should be understood that the scope of the disclosure of the present invention also includes any novel feature or any novel

WO 02/077702

PCT/IB02/00642

19

combination of features disclosed herein either explicitly or implicitly or any generalisation thereof, whether or not it relates to the same invention as presently claimed in any Claim and whether or not it mitigates any or all of the same technical problems as does the present invention. Features which are

5 described in the context of separate embodiments may also be provided in combination in a single embodiment. Conversely, various features which are, for brevity, described in the context of a single embodiment, may also be provided separately or in any suitable subcombination. The Applicants hereby give notice

10 that new Claims may be formulated to such features and/or combinations of such features during the prosecution of the present Application or of any further Application derived therefrom.

WO 02/077702

PCT/IB02/00642

20

## CLAIMS

1. A display substrate, comprising:  
a plate;  
5 one or more display components formed on the plate; and  
an acoustic transducer formed on the plate over a cavity.
2. A display substrate according to claim 1, wherein the acoustic  
transducer is a microphone or a speaker, and comprises a fixed electrode and  
10 a moveable diaphragm comprising a diaphragm electrode.
3. A method of forming a display substrate, comprising:  
providing a plate;  
forming one or more display components on the plate; and  
15 forming an acoustic transducer on the plate over a cavity.
4. A method according to claim 3, wherein the step of forming an  
acoustic transducer comprises forming a microphone or a speaker comprising  
a fixed electrode and a moveable diaphragm, the moveable diaphragm  
20 comprising a diaphragm electrode.
5. A display substrate according to claim 2 or a method according  
to claim 4, wherein the diaphragm electrode is formed from a same layer of  
conductor as at least a first part of the one or more display components.
- 25 6. A display substrate according to claim 2 or 5 or a method  
according to claim 4 or 5, wherein the fixed electrode is formed from a same  
layer of conductor as at least a second part of the one or more display  
components.
- 30 7. A display substrate or a method according to any of claims 2 to  
6, wherein the moveable diaphragm further comprises an insulation layer.

WO 02/077702

PCT/IB02/00642

21

8. A display substrate or a method according to claim 7, wherein the insulation layer of the diaphragm is formed from a same insulation layer as at least a part of the one or more display components.

5

9. A display substrate according to any of claims 1, 2 or 5 to 8 or a method according to any of claims 3 to 8, wherein the cavity is between the acoustic transducer and a surface of the plate.

10

10. A display substrate according to any of claims 1, 2 or 5 to 8 or a method according to any of claims 3 to 8, wherein the cavity is formed in the plate.

15

11. A display substrate or a method according to claim 10, wherein the cavity extends the whole depth of the plate.

12. A display substrate or a method according to claim 10 or 11, wherein the cavity is a powderblasted cavity.

20

13. A display substrate according to any of claims 1, 2 or 5 to 12 or a method according to any of claims 3 to 12, wherein the one or more display components form an active matrix array such that the display substrate is an active matrix substrate for a liquid crystal display device.

25

14. A display substrate or a method according to claim 13 when dependent from claim 5, wherein the active matrix array comprises thin-film-transistors, and the diaphragm electrode is formed from a same layer of conductor as the gates of the thin-film-transistors.

30

15. A display substrate or a method according to claim 13 or 14 when dependent from claim 6, wherein the active matrix array comprises pixel

WO 02/077702

PCT/IB02/00642

22

electrodes, and the fixed electrode is formed from a same layer of conductor as the pixel electrodes.

16. A display substrate according to any of claims 1, 2 or 5 to 12 or a method according to any claims 3 to 12, wherein the one or more display components is a common electrode such that the display substrate is a passive substrate for a liquid crystal display device.

17. An acoustic transducer, comprising:  
a plate of an insulating material;  
a cavity in the plate;  
a plurality of layers that have been deposited on the plate; and  
a moveable member formed from the deposited layers and positioned over the cavity.

18. An acoustic transducer according to claim 17, wherein the acoustic transducer further comprises a fixed electrode opposing the moveable member; the moveable member comprises a moveable electrode formed from a first metal layer, the first metal layer being one of the plurality of layers, and an insulating layer, the insulating layer being another one of the plurality of layers; and the fixed electrode is formed from a second metal layer, the second metal layer being another one of the plurality of layers.

19. A method of forming an acoustic transducer, comprising:  
providing a plate of an insulating material;  
depositing a plurality of layers on the plate;  
forming a cavity in the plate; and  
forming, from the deposited layers, a moveable member positioned over the cavity.

20. A method according to claim 19, further comprising forming a fixed electrode opposing the moveable member; and wherein the moveable

WO 02/077702

PCT/IB02/00642

23

member is formed from a moveable electrode formed from a first metal layer, the first metal layer being one of the plurality of layers, and an insulating layer, the insulating layer being another one of the plurality of layers; and the fixed electrode is formed from a second metal layer, the second metal layer being  
5 another one of the plurality of layers.

21. A method according to claim 19 or 20, wherein the cavity is formed by powderblasting.

WO 02/077702

PCT/IB02/00642

1/7

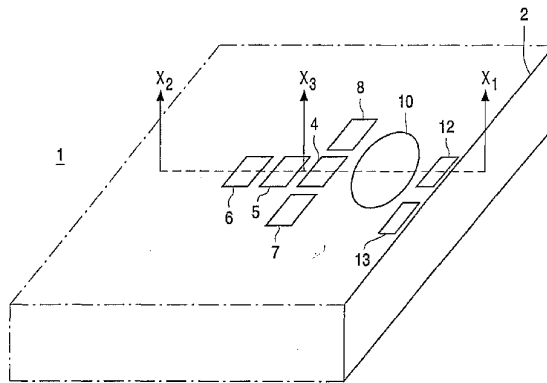


FIG. 1

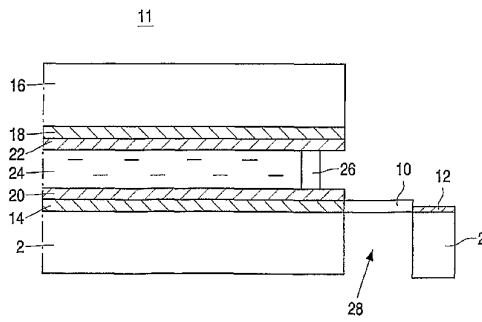


FIG. 2

WO 02/077702

PCT/IB02/00642

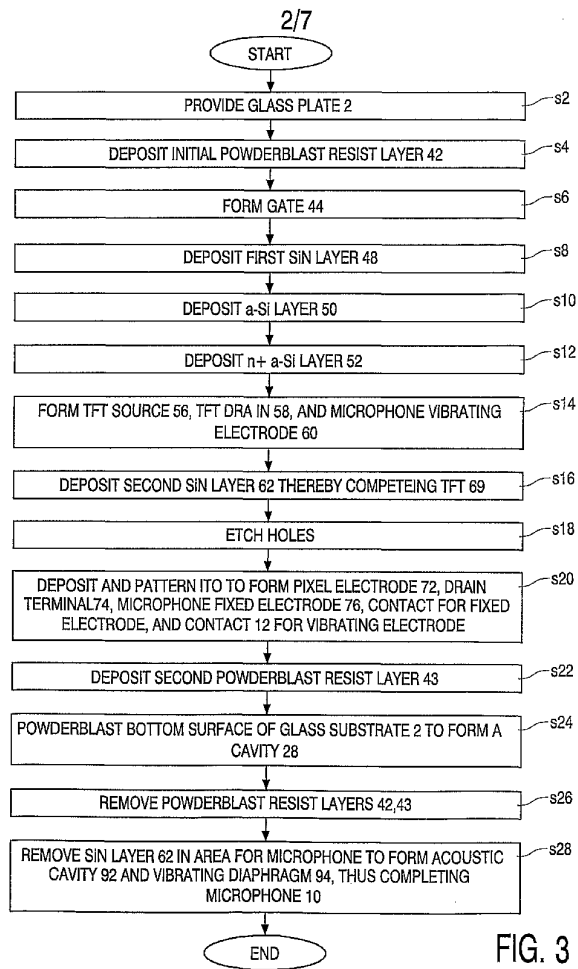


FIG. 3



WO 02/077702

PCT/IB02/00642

3/7

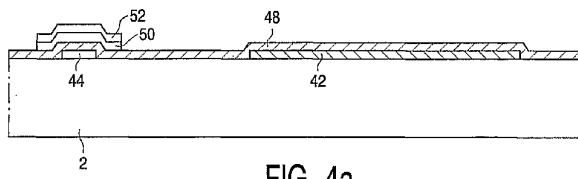


FIG. 4a

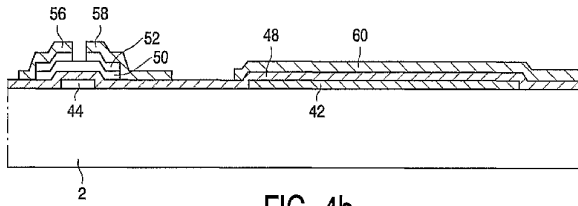


FIG. 4b

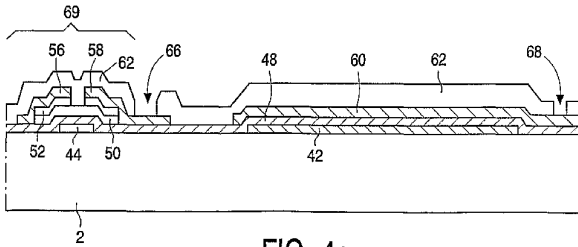
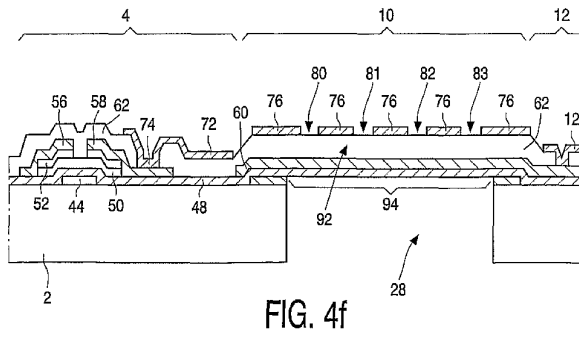
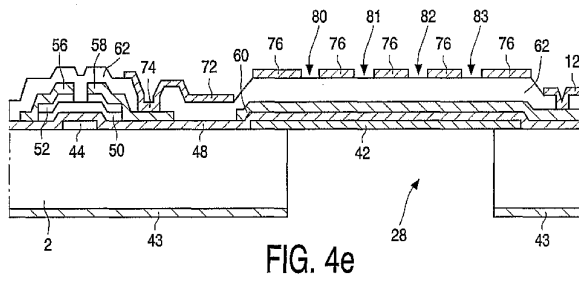
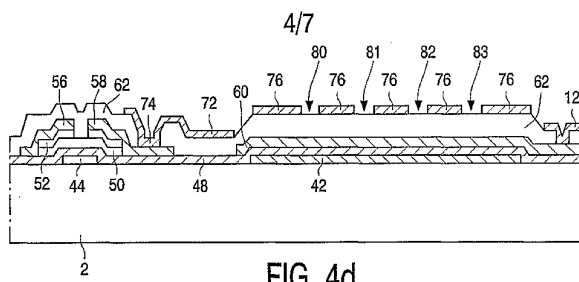


FIG. 4c

WO 02/077702

PCT/IB02/00642



WO 02/077702

PCT/IB02/00642

5/7

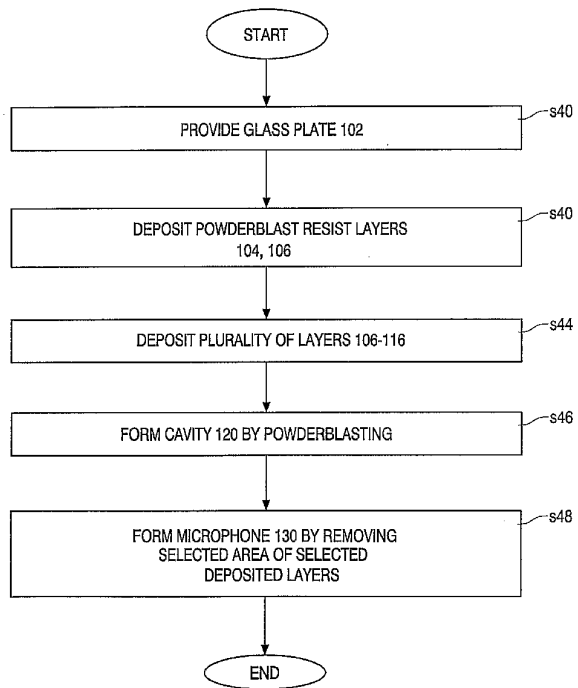


FIG. 5

WO 02/077702

PCT/IB02/00642

6/7

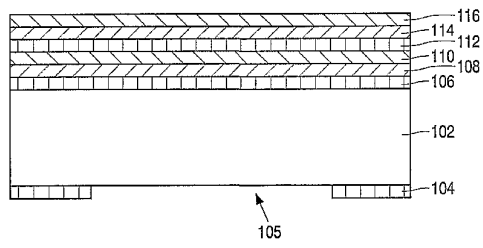


FIG. 6a

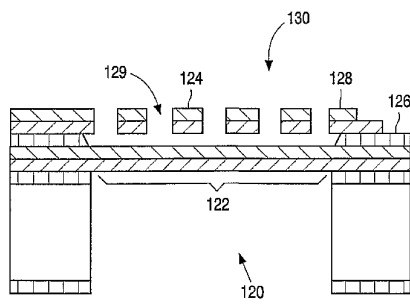


FIG. 6b

WO 02/077702

PCT/IB02/00642

7/7

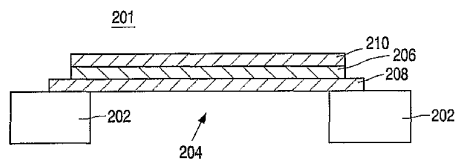


FIG. 7a

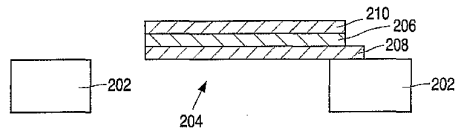


FIG. 7b

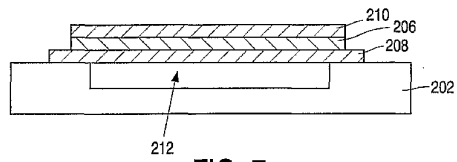


FIG. 7c

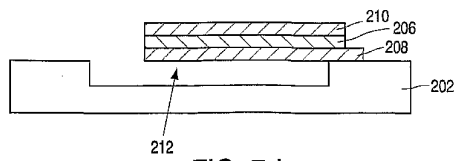


FIG. 7d

## 【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/IB 02/00642
<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 G02F1/1333 G02F1/13 H04M1/02 H04R1/28 H04R17/02		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 G02F H04M H04R		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC, IBM-TDB, COMPENDEX		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	GB 2 343 811 A (NIPPON ELECTRIC CO) 17 May 2000 (2000-05-17) page 4, line 12 -page 6, line 21; figures 2,3 ---	1-4
A	GB 2 344 921 A (NOKIA MOBILE PHONES LTD) 21 June 2000 (2000-06-21) page 6, line 19 -page 11, line 18; figure 1 ---	1-16
A	US 5 335 210 A (BERNSTEIN JONATHAN) 2 August 1994 (1994-08-02) column 2, line 64 -column 4, line 52; figures 1-4 --- -/-	1-16
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 16 May 2002		Date of mailing of the international search report 17/07/2002
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 6818 Patentstrasse 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 951 epo nl, Fax: (+31-70) 340-2016		Authorized officer Kiernan, L

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No. PCT/IB 02/00642
C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>RIED R P ET AL: "PIEZOELECTRIC MICROPHONE WITH ON-CHIP CMOS CIRCUITS" JOURNAL OF MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 2, no. 3, 1 September 1993 (1993-09-01), pages 111-120, XP000426531 ISSN: 1057-7157 the whole document -----</p>	1-16

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/IB 02/00642

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 2343811	A	JP 2000152385 A	30-05-2000
		GB 2358546 A , B	25-07-2001
GB 2344921	A	NONE	
US 5335210	A	NONE	



<b>INTERNATIONAL SEARCH REPORT</b>	International application No. PCT/IB 02/00642
<b>Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)</b>	
This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:	
1. <input type="checkbox"/> Claims Nos.: because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:	
2. <input type="checkbox"/> Claims Nos.: because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:	
3. <input type="checkbox"/> Claims Nos.: because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).	
<b>Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)</b>	
This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:	
see additional sheet	
1. <input type="checkbox"/> As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.	
2. <input type="checkbox"/> As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.	
3. <input type="checkbox"/> As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:	
4. <input checked="" type="checkbox"/> No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:	
1-16	
<b>Remark on Protest</b>	
<input type="checkbox"/> The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.	
<input type="checkbox"/> No protest accompanied the payment of additional search fees.	

International Application No. PCT/IB 02/00642

## FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

1. Claims: 1-16

The subject-matter of claims 1-16 concerns the definition of the structural features of a display substrate and corresponding method of provision thereof.

2. Claims: 17-21

The subject-matter of claims 17-21 concerns an acoustic transducer and its corresponding method of manufacture.

---

フロントページの続き

(72)発明者 フェガ ムルデン

オランダ国 5 6 5 6 アーアー アインドーフェン プロフ ホルストラーン 6

(72)発明者 ベテロ ウェー グレーン

オランダ国 5 6 5 6 アーアー アインドーフェン プロフ ホルストラーン 6

F ターム(参考) 2H090 JA19 JB02 JB03 JC01 LA04

2H092 JA24 NA25 PA01 PA06 RA10

5C094 AA15 BA03 BA43 DB05

5D021 CC20

5G435 AA18 BB12 HH18 LL07

专利名称(译)	具有集成声换能器的显示板		
公开(公告)号	<a href="#">JP2004524574A</a>	公开(公告)日	2004-08-12
申请号	JP2002575699	申请日	2002-03-04
[标]申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	皇家飞利浦电子股份有限公司的Vie		
[标]发明人	フェガムルデン ペテロウェーグレン		
发明人	フェガ ムルデン ペテロ ウェー グレン		
IPC分类号	G02F1/13 G02F1/1333 G02F1/1368 G09F9/00 G09F9/35 H04R1/28 H04R17/02 H04R19/01 H04R19/04		
CPC分类号	H04R19/005 G02F1/1333 G02F1/133308 H04R17/02 H04R19/016 H04R31/00		
FI分类号	G09F9/00.362 G02F1/1333.500 G02F1/1368 G09F9/35 H04R19/04		
F-TERM分类号	2H090/JA19 2H090/JB02 2H090/JB03 2H090/JC01 2H090/LA04 2H092/JA24 2H092/NA25 2H092/PA01 2H092/PA06 2H092/RA10 5C094/AA15 5C094/BA03 5C094/BA43 5C094/DB05 5D021/CC20 5G435/AA18 5G435/BB12 5G435/HH18 5G435/LL07		
优先权	2001007404 2001-03-23 GB		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

#### 摘要(译)

板，例如，像素电极（72）和作为薄膜晶体管（69）的显示元件等，并具有设置有（4-8）的像素中，从上方的薄膜层形成的空腔（28）的麦克风，扬声器或蜂鸣器一种显示基板（1），包括玻璃板（2），其上形成有声换能器（10）。腔（28）可以通过在深度方向上对玻璃板（2）进行粉末喷射而形成。具有集成声换能器（10）的显示基板（1）可以结合到显示装置中，例如液晶显示装置。在板中形成空腔，在板上沉积多个层，由这些沉积层形成并位于空腔上方的可移动构件，（122），以及各个声换能器。

