

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5377859号
(P5377859)

(45) 発行日 平成25年12月25日(2013.12.25)

(24) 登録日 平成25年10月4日(2013.10.4)

(51) Int.Cl.

F 1

HO1L 21/20	(2006.01)	HO1L 21/20
HO1L 21/336	(2006.01)	HO1L 29/78 627G
HO1L 29/786	(2006.01)	HO1L 27/08 331E
HO1L 27/08	(2006.01)	HO1L 27/08 321B
HO1L 21/8238	(2006.01)	GO2F 1/1368

請求項の数 6 (全 36 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2008-4842 (P2008-4842)

(22) 出願日

平成20年1月11日 (2008.1.11)

(65) 公開番号

特開2008-205443 (P2008-205443A)

(43) 公開日

平成20年9月4日 (2008.9.4)

審査請求日

平成22年12月13日 (2010.12.13)

(31) 優先権主張番号

特願2007-13868 (P2007-13868)

(32) 優先日

平成19年1月24日 (2007.1.24)

(33) 優先権主張国

日本国 (JP)

(73) 特許権者 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷398番地

(72) 発明者 田中 幸一郎

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社

半導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 森若 智昭

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社

半導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 小俣 貴嗣

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社

半導体エネルギー研究所内

(72) 発明者 桃 純平

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社

半導体エネルギー研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】半導体装置の作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に半導体膜を形成し、

線状のレーザビームを前記半導体膜に照射し、

前記半導体膜の照射された領域を完全に溶融させ、

前記半導体膜の溶融している領域の一部と前記半導体膜の溶融している領域に隣接する

一部に前記線状のレーザビームが照射されるように前記線状のレーザビームと前記基板を相対的に移動させ、

前記半導体膜の前記溶融させた領域に結晶性半導体を形成し、

前記結晶性半導体が形成された半導体膜を所定の形状に加工して、結晶性半導体膜を形成し、 10

前記結晶性半導体膜にチャネル形成領域を有する素子を形成し、

被照射面での前記線状のレーザビームの走査方向の幅は、前記結晶性半導体の結晶粒の、前記走査方向に対して垂直方向の幅と同じ、又は前記垂直方向の幅よりも細いことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 2】

請求項 1において、

前記被照射面での前記線状のレーザビームの前記走査方向の幅は、2 μm未満であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 3】

基板上に半導体膜を形成し、
 前記半導体膜上にキャップ膜を形成し、
線状のレーザビームを、前記キャップ膜を通過させて前記半導体膜に照射し、
前記半導体膜の照射された領域を完全に溶融させ、
前記半導体膜の溶融している領域の一部と前記半導体膜の溶融している領域に隣接する
一部に前記線状のレーザビームが照射されるように前記線状のレーザビームと前記基板を
相対的に移動させ、

前記半導体膜の前記溶融させた領域に結晶性半導体を形成し、
 前記結晶性半導体が形成された半導体膜を所定の形状に加工して、結晶性半導体膜を形成し、

前記結晶性半導体膜にチャネル形成領域を有する素子を形成し、
 被照射面での前記線状のレーザビームの走査方向の幅は、前記結晶性半導体の結晶粒の、前記走査方向に対して垂直方向の幅と同じ、又は前記垂直方向の幅よりも細いことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 4】

請求項 3において、
 前記被照射面での前記線状のレーザビームの前記走査方向の幅は、 $5 \mu m$ 以下であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 5】

請求項 1乃至 4 のいずれか 1 項において、
 非球面シリンドリカルレンズまたは屈折率分布レンズにより、前記線状のレーザビームは前記走査方向に集光されていることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 6】

請求項 1乃至 5 のいずれか 1 項において、
 前記レーザビームは、連続発振のレーザビーム又は擬似連続発振のレーザビームであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、レーザビームを照射して半導体膜を結晶化する技術に関する。また、結晶化された半導体膜を用いて半導体装置を作製する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

非晶質シリコン膜にレーザビームを照射し、結晶化して結晶性シリコン膜を形成する技術が、広く研究されており、多くの提案がなされている。エキシマレーザで非晶質シリコン膜を結晶化することで得られる多結晶シリコン膜が用いられたアクティブマトリクス型液晶表示装置が、携帯電話などの高精細パネルとして、既に製品化されている。

【0003】

レーザアニールに用いられるレーザはその発振方法により、パルス発振レーザと連続発振レーザの 2 種類に大別される。エキシマレーザはパルス発振レーザである。近年では、エキシマレーザのようなパルス発振レーザよりも $Nd : YVO_4$ レーザのような連続発振レーザを用いる方が、大粒径の結晶性シリコンを形成できることが報告されている。例えば、非特許文献 1 には、結晶性シリコンは、粒界がレーザビームの走査方向に平行になって、 $3 \mu m \times 20 \mu m$ と非常に大きな粒径になること、(100) 配向が支配的であること、電界効果移動度が $532 \text{ cm}^2 / \text{V s}$ の薄膜トランジスタを作製したことが記載されている。

【非特許文献 1】Akito Hara、外 5 名、AM-LCD'01 DIGEST
 OF TECHNICAL PAPERS、2001 年、pp. 227 - 230

【発明の開示】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明者らは、レーザビームの照射により、特性の優れた結晶性半導体膜、究極には非単結晶半導体膜から単結晶半導体膜を作製すべく研究を行っている。その研究の成果として、非単結晶半導体膜から、直交する3面において結晶の面方位が一定の割合以上で揃っている結晶性半導体膜を形成できる方法を見出した。以下、図22を用いて、その結晶化方法を説明する。

【0005】

結晶化する非単結晶半導体膜を用意する。ここでは非晶質珪素膜を結晶化する例を示す。図22に示すように、ガラス基板1上に、厚さ50nm乃至150nm下地となる絶縁膜2を形成し、下地となる絶縁膜2上に、厚さ20nm以上100nm以下の非晶質珪素膜3を形成する。非晶質珪素膜3上にキャップ膜4を形成する。キャップ膜4は、厚さ200nm以上1000nm以下のレーザビームを透過する膜で形成される。例えば、キャップ膜4は酸化珪素や窒化珪素で形成することができる。キャップ膜4を通過させて線状レーザビーム5を非晶質珪素膜3に照射することで、非晶質珪素膜3を結晶化し、結晶性半導体6を形成する。線状レーザビーム5は、図中の矢印で示すように、その短軸方向に走査される。

【0006】

線状レーザビーム5は次のようなビームが選択される。出力が数十W～百W程度で、波長が可視光から紫外光で、シングルモード、又はシングルモードと見なせるビームであり、連続発振レーザ(Continuous Wave Laser、以下、「CWレーザ」ともいう。)又は擬似連続発振レーザ(以下、「擬似CWレーザ」ともいう。)から射出されたビームを選択する。このようなレーザビームのビームスポットを、シリンドリカルレンズなどを含む光学系により、線状に整形する。例えば、整形前のビームスポットが2mm径の円状であれば、焦点距離f=20mmのシリンドリカルレンズで整形すると、短軸方向の長さが10μm程度の線状のビームスポットとすることができます。

【0007】

また、本発明者らの研究により、レーザビームのエネルギーによって、レーザビームの照射により結晶化することで得られる結晶性半導体膜の結晶構造が決定されることが分かっている。図23を用いて、レーザビームのエネルギーと結晶構造の関係を説明する。レーザビームのエネルギーEがE₀よりも低いときは、溶融しないため、結晶構造は変化しない。エネルギーEが、E₀よりも高くなるに従って、結晶性半導体の結晶粒が大きくなる。E₀以上E₁未満であれば微結晶となり、E₁以上E₂未満であれば小粒径結晶となり、E₃以上E₄未満であれば大粒径結晶となる。E₄以上となると、半導体膜がアプレーションする、あるいはスプリットする。

【0008】

大粒径結晶に成長させるには、レーザビームのエネルギーEを、半導体膜を完全溶融させるエネルギーE₂以上とする必要があることが分かった。また、完全溶融し、大粒径結晶が得られるエネルギーEの範囲(E₂ E < E₄)において、各結晶粒の結晶の面方位が揃った結晶性半導体が形成できるエネルギーEの範囲(E₂ E < E₃)があることが分かった。

【0009】

なお、膜が完全溶融している状態とは、膜が上面から被形成面との界面まで溶融している状態、液体になっている状態をいう。

【0010】

図22では、線状レーザビーム5の照射によって、大粒径結晶の結晶性半導体6が形成された状態を示している。線状レーザビーム5に、連続発振レーザ又は擬似連続発振レーザから射出されたビームを選択することで、線状レーザビーム5の走査方向に固液界面が移動し、結晶がラテラル成長する。その結果として、走査方向に長い大粒径結晶でなる結晶性半導体6を形成することができる。なお、図22において結晶性半導体6の点線が粒

10

20

30

40

50

界を示している。

【0011】

本発明者らの研究では、レーザビームの照射により結晶の面方位が揃った結晶性半導体を形成するには、完全溶融した半導体中に必要以上に結晶核が発生することを抑えるために、非晶質珪素膜に与える熱量を必要最小限にするようにレーザビームのビームプロファイルを最適化することが要求されたことが分かった。キャップ膜には、溶融した非晶質珪素の粘性が低下することを抑える効果、反射防止効果や蓄熱効果などがあるため、キャップ膜を設けることで、非晶質珪素膜に与える熱量の最適化に有効である。

【0012】

しかしながら、シングルモードのレーザビームは、レーザから射出したときのビームプロファイルがガウス分布であること、また、実用化されているレーザの出力が小さいなどの要因により、結晶の面方位が揃った結晶性半導体膜が形成されるレーザの出力の範囲は非常に狭く、このような結晶性半導体を高い歩留まりで形成することは困難である。10

【0013】

本発明は、本発明者らのこれまでの研究によって見出されたものであり、本発明の解決すべき課題とは、結晶の面方位が揃った結晶性半導体を歩留まりよく形成する手段を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0014】

図22を用いて説明したように、完全溶融させるようにレーザビームを照射して、半導体膜をラテラル成長させることで、粒界がレーザビームの走査方向にのびている大粒径結晶を形成することが可能である。本発明者らの研究において、線状レーザビームの幅が太いほど、大粒径結晶の配向が乱れる傾向があることが分かった。20

【0015】

そこで、本発明者らは、隣り合う結晶粒の面方位が揃わなくなる原因に、液体状態の半導体に乱流が生じているとの見解に達した。溶融状態の半導体膜に乱流が生ずると、位置によって配向しやすい方位が異なり、凝固したときに配向する方位が変わるからである。そのため、線状レーザビームが太いほど、完全溶融している領域が広いので、溶融半導体に乱流が生じやすく、その結果、隣り合う結晶粒の面方位が異なるのである。

【0016】

本発明は、このような知見から得られたものであり、線状のレーザビームの幅（線状レーザビームの短軸方向の長さ）を細くして、完全溶融された半導体に乱流が発生することを防ぐものである。本発明は、基板上に非単結晶半導体膜を形成し、線状のレーザビームを走査しながら、線状のレーザビームを非単結晶半導体膜に照射して、非単結晶半導体膜を完全に溶融することで、結晶性半導体を形成する半導体膜の結晶化方法であり、被照射面での線状のレーザビームの幅を、 $2 \mu m$ 未満とすることで、溶融された半導体に乱流が発生することを防いで、レーザビームの照射領域内で無秩序な結晶成長を抑え、隣り合う結晶粒の配向をそろえるというものである。30

【0017】

本発明は、線状のレーザビームの幅が $2 \mu m$ を越えないようにすることで、溶融した半導体膜に乱流が発生することを抑え、結晶の面方位が揃った結晶性半導体膜を歩留まりよく形成することにある。なお、線状のレーザビームの幅は $2 \mu m$ 未満 $0.2 \mu m$ 以上の範囲とする。40

【0018】

また、図22に示したように、キャップ膜を非単結晶半導体膜上面に形成する場合は、キャップ膜により、溶融した半導体膜に乱流が発生することを抑える効果があることから、線状のレーザビームの幅を $2.0 \mu m$ 以上に広げてもよく、線状のレーザビームの幅の上限を $5 \mu m$ とすることができます。

【0019】

レーザビームの形状が線状とは、被照射面でのビームスポットのアスペクト比（長軸の50

長さ / 短軸の長さ) が 10 以上の細長い形状であることをいい、理想的な線でなくともよい。例えば、長円状でもよい。被照射面での線状のレーザビームの幅は、被照射面でのビームスポットの短軸の長さのことであり、線状のレーザビームの長さは、被照射面でのビームスポットの長軸の長さのことである。

【 0 0 2 0 】

また、線状レーザビームの幅は、形成される結晶性半導体の結晶粒の幅から決めることもできる。本発明は、線状レーザビームの幅を結晶粒の幅と同程度、又はそれ以下にすることで、溶融された半導体に乱流が発生することを防いで、レーザビームの照射領域内で無秩序な結晶成長を抑え、隣り合う結晶粒の結晶の面方位を揃えるというものである。

【 0 0 2 1 】

なお、結晶性半導体の結晶粒の幅とは、線状のレーザビームの長軸方向における結晶粒の長さであり、その方向の結晶粒界の間隔である。結晶粒の長さとは、線状レーザビームの走査方向の結晶粒の長さであり、線状のレーザビームの短軸方向の結晶粒の長さである。

結晶粒の幅及び長さは、光学顕微鏡、電子顕微鏡で結晶性半導体膜を観察することで測定することができる。また、結晶性半導体膜の E B S P (Electron Back Scatter Diffraction Pattern ; 電子後方散乱回折像) からも測定することができる。

【 0 0 2 2 】

本発明において、線状のレーザビーム幅を細くするための集光レンズには、非球面シリンドリカルレンズを用いることが好ましい。非球面シリンドリカルレンズで球面収差を抑えることで、幅方向に線状のレーザビームを極めて細く集光することができる。また、非球面シリンドリカルレンズの代わりに、同様の機能を有する屈折率分布レンズ (Gradient Index lens) を用いることもできる。なお、屈折率分布レンズはグリンレンズ (GRIN レンズ) とも呼ばれている。

【 0 0 2 3 】

レーザビームが照射される半導体膜の結晶構造は、非単結晶であればよい。例えば、非晶質、微結晶、多結晶構造である。半導体膜は、代表的には、珪素を主成分とする半導体膜、又はゲルマニウムを主成分とする膜であり、例えば、珪素膜、珪素とゲルマニウムの化合物膜 (Si_{1-x}Ge_x) 、炭化珪素膜 (SiC) である。これらの半導体膜は CVD 法やスパッタ法で形成することができる。また、半導体膜は、P (リン) 、As (ヒ素) 等の n 型の不純物、B (ボロン) のような p 型の不純物を含んでいてもよい。結晶化される前の半導体膜の厚さは 10 nm ~ 200 nm の範囲である。

【 0 0 2 4 】

レーザビームの波長は 250 nm ~ 600 nm の範囲とすることができる。半導体膜の上面又は下面にレーザビームを熱として吸収する、金属のような光吸収層を形成した場合は、波長の範囲は 250 nm ~ 1.2 μm とすることができます。また、レーザビームには、レーザの基本波だけでなく、高調波 (代表的には、第 2 高調波、第 3 高調波) も用いることができる。

【 0 0 2 5 】

レーザビームは横シングルモードが好ましい。横シングルモードのほうが、マルチモードよりもレーザビームのビームプロファイルを均一化しやすく、またビームスポットを絞りやすいからである。

【 0 0 2 6 】

レーザビームを発振するレーザは、連続発振レーザ、擬似連続発振レーザ及びパルス発振レーザのいずれでもよい。パルス発振レーザを用いる場合は、完全溶融させた半導体が横成長するように、線状レーザビームの照射領域が連結するようにする。

【 0 0 2 7 】

本発明に用いられるレーザには、例えば、KrF レーザなどのエキシマレーザ、Ar レーザ、Kr レーザ等の気体レーザがある。その他、固体レーザとして、YAG レーザ、Y

10

20

30

40

50

V O₄ レーザ、Y L F レーザ、Y A l O₃ レーザ、G d V O₄ レーザ、K G W レーザ、K Y W レーザ、アレキサンドライトレーザ、T i : サファイアレーザ、Y₂O₃ レーザ等がある。なお、エキシマレーザはパルス発振レーザであるが、Y A G レーザなどの固体レーザには、連続発振レーザにも、擬似連続発振レーザにも、パルス発振レーザにもなるものがある。

【発明の効果】

【0028】

線状のレーザビーム幅を細くすることで、溶融状態の半導体に乱流が発生することを抑えることができるため、結晶の面方位が揃っている結晶性半導体を高い歩留まりで形成することができる。

10

【0029】

結晶の面方位が揃った結晶性半導体をチャネル形成領域として、電界効果移動度が高い、サブスレッショルド値が低い等の優れた電気的特性を有する半導体素子を形成することができる。また、同一の基板上に、優れた電気的特性を有する複数の半導体素子を、電気的特性のばらつきがなく形成することが可能になる。

【0030】

非球面シリンドリカルレンズ又は屈折率分布レンズを用いて線状レーザビームの幅を細くすることで、線状レーザビームを照射する光学系を非常に簡単な構成とすることができます。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0031】

以下に、図面を用いて、本発明の半導体膜の結晶化方法、及び半導体装置の作製方法を説明する。ただし、本発明は多くの異なる態様で実施することが可能であり、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本発明は本実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

【0032】

【実施の形態1】

本実施の形態では、非単結晶半導体膜を結晶化する方法、及び結晶化された半導体膜を用いて半導体装置を作製する方法を説明する。図1(A)～図1(C)は、非単結晶半導体膜を結晶化する方法を説明するための断面図である。

30

【0033】

まず、図1(A)に示すように、基板100を用意する。基板100として、例えば、ガラス基板、石英基板、サファイヤ基板、及び樹脂基板などの絶縁材料でなる基板、ステンレス基板などの導電性基板、ならびに半導体基板などを用いることができる。なお、半導体装置の作製工程の加熱温度に耐えることができる場合は、P E T (ポリエチレンテレフタレート)、P E N (ポリエチレンナフタレート)、P E S (ポリエーテルスルホン)、ポリプロピレンに代表されるプラスチックでなる基板や、アクリル樹脂などに代表される合成樹脂でなる基板を用いることができる。

【0034】

40

ステンレス基板などの導電性基板又は半導体基板を用いる場合は、その基板表面に、下地膜として機能する絶縁膜を形成し、この絶縁膜上に半導体膜を形成してもよい。また、ガラス基板や樹脂基板など、半導体膜を汚染するような物質を含む基板を用いる場合も、下地膜として機能する絶縁膜で表面を覆い、半導体膜が汚染されないようにするのが好ましい。また、絶縁膜を厚く形成することで、基板に熱を伝わりにくくする効果があり、ガラス基板やプラスチック基板のような耐熱性の低い基板の使用を可能にする。基板の表面に形成される絶縁膜には、酸化珪素(SiO_x)、窒化珪素(SiN_x)、酸化窒化珪素(SiO_xN_y、x > y > 0)、窒化酸化珪素(SiO_xN_y、0 < x < y)などの単層膜又は積層膜を用いることができる。これらの絶縁膜は、C V D法やスパッタ法で形成することができる。

50

【0035】

本実施の形態では、基板100にガラス基板を用い、基板100表面に下地膜となる絶縁膜101を厚さ50nm～300nm形成する。例えば、絶縁膜101として厚さ50nm～150nmの窒化酸化珪素膜と、厚さ50nm～150nmの酸化窒化珪素膜の積層膜をCVD法で形成する。この場合、下層の窒化酸化珪素膜は上層の酸化窒化珪素膜よりも窒素の含有量が多くなるように形成することが好ましい。下層の窒化酸化珪素膜は、窒素の含有量を多くすることで汚染防止の効果(パッシベーション効果)が高くなるようにし、上層の酸化窒化珪素膜は、窒素の含有量を抑えて、結晶性半導体膜との界面準位密度が高くならないようにする。なお、下層の窒化酸化珪素膜の代わりに窒化珪素膜を形成することができる。また上層の酸化窒化珪素膜の代わりに酸化珪素膜を形成することができる。10

【0036】

次に、結晶化の対象となる半導体膜102を絶縁膜101上に形成する。半導体膜102は、珪素又はゲルマニウムを主成分とする半導体で形成することができる。例えば、珪素、ゲルマニウム、シリコンゲルマニウム(Si_{1-x}Ge_x、0 < x < 1)、及び炭化珪素(SiC)などの半導体である。これらの半導体でなる膜は、CVD法又はスパッタ法で形成することができる。また、半導体膜102は、P(リン)、As(ヒ素)のようなn型の不純物、又はB(ボロン)のようなp型の不純物を含んでいてもよい。

【0037】

レーザビームを照射する前の半導体膜102の結晶構造は非単結晶であればよい。20 例えば、非晶質、微結晶、多結晶構造である。

【0038】

半導体膜102の厚さは、5nm以上200nm以下とすることができる。半導体膜102の厚さは、好ましくは10nm以上100nm以下の厚さ、より好ましくは10nm以上80nm以下とする。

【0039】

なお、下地膜として機能する絶縁膜101は、必要に応じて設ければよく、基板100がガラスの場合は、ガラスからの不純物が半導体膜102に拡散することを防止するものであるが、基板100として石英基板を用いた場合は、下地膜として機能する絶縁膜101を設ける必要はない。また、絶縁膜101と基板100との間に剥離層を設け、基板100上に半導体素子などを形成した後に、剥離層に剥離を生じさせて、基板100から半導体素子を分離することも可能である。30

【0040】

次に、半導体膜102上にキャップ膜103を形成する。キャップ膜103には、レーザビームの波長に対し十分な透過率を持ち、熱膨張係数や弾性率などの物性値が半導体膜102と近い膜を用いることが好ましい。例えば、キャップ膜103は、酸化珪素(SiO_x)、窒化珪素(SiNx)、酸化窒化珪素(SiO_xNy、x > y > 0)、窒化酸化珪素(SiO_xNy、0 < x < y)から選ばれた絶縁膜の単層膜又は積層膜で形成することができる。キャップ膜103を積層膜とした場合、薄膜による光の干渉効果を利用して半導体膜102の光吸收効率を高めることができる。このような積層構造のキャップ膜103を用いることにより、レーザビームを効率良く吸収させることができるために、レーザの使用可能な出力範囲を広げることができる。40

【0041】

キャップ膜103には、完全溶融した半導体膜102の粘性が低下することを抑える効果、蓄熱効果などにより、完全溶融した半導体膜102に乱流が発生することを抑制する効果等がある。乱流の抑制効果を得るために、キャップ膜103の厚さは100nm以上1000nm以下、より好ましくは200nm以上600nm以下とする。

【0042】

キャップ膜103に、上記の酸化珪素など絶縁膜を用いる場合は、ゲート絶縁膜と同等の固く緻密な膜であることが好ましい。このような固く緻密な絶縁膜は、例えば、成膜速50

度を遅くすることで形成することができる。成膜速度は1 nm / min以上400 nm / min以下、好ましくは1 nm / min以上100 nm / min以下とする。

【0043】

次に、図1(B)に示すように、キャップ膜103を介して、線状レーザビーム105を走査しながら、線状レーザビーム105を半導体膜102に照射する。なお、矢印120は線状レーザビーム105の走査方向を示している。半導体膜102において線状レーザビーム105が照射されている部分は完全に溶融され、液体状態の半導体106となる。線状レーザビーム105が基板と相対的に移動することで、半導体膜102のそれまで溶融状態であった部分が冷却され、固化した結果、図1(C)に示すように結晶性半導体107が形成される。

10

【0044】

図2は、図1(B)の断面図に対応する斜視図である。線状レーザビーム105を走査することにより、半導体膜102中を固液界面が走査方向に移動するので、線状レーザビーム105の走査方向に結晶が横成長し、図2に示すように走査方向に長い複数の大粒径結晶でなる結晶性半導体107が形成される。その結果、結晶性半導体107には、走査方向に沿って複数の粒界が形成される。結晶粒の幅(粒界の間隔)は、液体状態の半導体106が冷却され固化する時間で決定され、0.01 μm以上10 μm以下となる。

【0045】

本発明は、線状レーザビーム105の幅W₀を細くすることにより、液体状態の半導体106に温度勾配が発生することを抑え、液体状態の半導体106に乱流が発生することを抑制する結晶化方法である。液体状態の半導体106に乱流を発生させないようにすることにより、隣り合う結晶粒の成長方向、成長距離などが均一化され、その結果として、結晶性半導体107の各結晶粒の結晶の面方位を揃えることができる。

20

【0046】

従って、本発明において、線状レーザビーム105によって完全溶融された半導体に乱流が発生しないようにするために、被照射面において線状レーザビーム105の幅W₀は、結晶性半導体107の結晶粒の幅(粒界の間隔)と同程度とすることが好ましい。図1に示す結晶化方法では、キャップ膜103に乱流の抑制効果があるため、線状レーザビーム105の幅W₀は5 μmを越えないようにすればよく、線状レーザビーム105の幅W₀の好ましい範囲は5 μm以下0.2 μm以上であり、より好ましい範囲は2 μm未満0.2 μm以上である。

30

【0047】

本発明では、キャップ膜103を形成せずに、線状レーザビーム105を照射することで、半導体膜102をラテラル成長させることができる。この場合は、完全溶融した半導体膜102に乱流が発生することを抑制するために、線状レーザビーム105の幅W₀は2 μmを越えないことが好ましく、その幅W₀は2 μm未満0.2 μm以上とすることが好ましい。線状レーザビーム105の幅W₀を2 μm未満と極細くすることで、半導体膜を完全溶融できるレーザの出力の範囲が広がり、ラテラル成長した結晶性半導体の歩留まりを向上させることできる。また、完全溶融した半導体に乱流が発生することが抑制されるため、結晶化された半導体の結晶の面方位をそろえることが可能になる。

40

【0048】

次に、図3を用いて、幅が5 μm以下の線状レーザビームを照射するためのレーザ照射装置の構成を説明する。図3に、本発明のレーザ照射装置の構成例を示す。図3において、x方向が線状レーザビームの長軸方向であり、半導体膜を結晶化するにはy方向に線状レーザビームを走査する。

【0049】

図3に示すように、レーザ照射装置は、レーザビームを発振するレーザ151、基板固定用ステージ152、Xステージ153、Yステージ154を有する。レーザ151には、シングルモード(より具体的にはシングル横モードTEM₀₀)又はそれに近いモードのレーザが、マルチモードよりも半導体の結晶化に適している。シングルモードのレーザ

50

のビームプロファイルがガウス分布であり、マルチモードのレーザよりもビームプロファイルを制御することが容易であるからである。

【0050】

レーザ151には、CWレーザ、擬似CWレーザ又はパルス発振レーザのいずれかの種類のレーザを用いることができる。レーザ151には、例えば、KrFレーザなどのエキシマレーザ、Arレーザ、Krレーザ等の気体レーザがある。その他、固体レーザとして、YAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YAlO₃レーザ、GdVO₄レーザ、KGWレーザ、KYWレーザ、アレキサンンドライトレーザ、Ti:サファイアレーザ、Y₂O₃レーザ等がある。

【0051】

レーザ151のレーザ媒質から発振されるビームの高調波を用いる場合は、レーザ151の基本波を高調波に変換する非線形光学素子を用いる。この非線形光学素子はレーザ151に組み込んでいても、レーザ151と独立した部品として、レーザ照射装置に設けられていてもよい。

【0052】

基板固定用ステージ152は、線状レーザビームが照射される被処理物Obを吸着して固定するための装置である。基板固定用ステージ152はXステージ153によりx方向に移動され、Yステージ154によりy方向に移動される。Xステージ153、Yステージ154によって被照射物Obを移動することにより、被処理物Obの被照射面における線状レーザビームのビームスポット150をxy平面で走査する。

10

20

【0053】

なお、図3のレーザ照射装置は、ビームスポット150を固定し、Xステージ153、Yステージ154によって被処理物Obを移動することで、線状レーザビームを走査する構造であるが、線状レーザビームの走査は、被処理物Obを固定し、ビームスポット150を移動する構造でも、両者の構造を組み合わせてもよい。

【0054】

図3のレーザ照射装置の光学系は、レーザ151の射出側から、スリット155、偏向ミラー156、投影レンズ157、集光レンズ158が順次配置されて、構成されている。

【0055】

30

偏向ミラー156は、光路を偏向する必要がある箇所に適宜配置される。よって、偏向ミラー156の位置、及びその数は図3に限定されるものではなく、また偏向ミラー156を設けなくともよい。

【0056】

スリット155はレーザビームのビームプロファイルを均一化するための光学部材である。スリット155はビームスポット150の線状レーザビームのx方向の両端を遮蔽するように配置されている。シングルモードのレーザビームのビームプロファイルはガウス分布であり、ビームの端部は、強度が半導体を完全溶融させるには不足する。スリット155を通過させることで、レーザビームに強度の弱い部分が被処理物Obに照射されないようにしている。なお、レーザビームの照射領域の端に小粒径結晶又は微結晶が形成されることが許容される場合は、スリット155を設けなくともよい。

40

【0057】

投影レンズ157はスリット155の像を被照射物Obに投影するためのレンズである。そのため、スリット155が被照射面と共に役の関係になるように、投影レンズ157が配置されている。図3のレーザ照射装置には、投影レンズ157に凸型シリンドリカルレンズを用い、ビームスポット150をx方向に集光するようにこのシリンドリカルレンズが配置されている。凸型シリンドリカルレンズの代わりに、凸型球面レンズでもよい。なお、投影レンズ157を集光レンズ158の射出側に配置することもできるし、投影レンズ157を省いてもよい。

【0058】

50

集光レンズ158は、ビームスポット150を幅方向に集光し、幅が5μm以下の線状に加工するためのレンズである。図3のレーザ照射装置には、集光レンズ158に凸型の非球面シリンドリカルレンズが用いられ、ビームスポット150をy方向に集光するよう、この非球面シリンドリカルレンズを配置している。非球面シリンドリカルレンズを用いることで、従来のシリンドリカルレンズでは困難であった、幅が5μm以下の線状レーザビームを形成することが可能であり、さらに2μm未満の極細い線状レーザビームを形成することも可能である。非球面シリンドリカルレンズで極細の線状レーザビームが形成できることは後述する。

【0059】

上述したように、集光レンズ158の他の光学部材は必要に応じて設けることができる部材であり、図3のレーザ照射装置は、集光レンズ158を有していればよく、非常に単純な構造の光学系とすることができる。

【0060】

なお、図3の光学系において、被処理物Obの表面の凹凸の高低差（表面粗さ）よりも、集光レンズ158の焦点深度が浅い場合は、レーザ照射装置にオートフォーカス装置を設け、線状レーザビームを走査しながら、集光レンズ158の焦点位置を調節できるようとする。集光レンズ158の焦点位置の調節は、集光レンズ158の位置を移動する（図3の場合は、集光レンズ158をz方向に移動する）、又は基板固定用ステージ152を上下（z軸方向）に移動することで行うことができる。集光レンズ158を動かす装置の方が、移動する対象が軽いため、オートフォーカス装置として好ましい。

【0061】

図3のレーザ照射装置を用いて、半導体膜を結晶化するには、図1(A)に示す、絶縁膜101、半導体膜102及びキャップ膜103を形成した基板100を被処理物Obとして基板固定用ステージ152に固定する。基板100を移動することで線状レーザビームを、その幅方向に走査しながら、レーザビームを半導体膜102に照射することができる。走査速度は、使用するレーザ151の発振方式、レーザ151の出力、半導体膜102の材料及びその厚さ、キャップ膜103の有無、及び構造及びその厚さなどを考慮することで決定することができる。特にレーザ151にパルス発振レーザを用いる場合は、線状レーザビームの照射領域を走査方向に重ねて、半導体膜102がラテラル成長するよう、走査速度を制御する。

【0062】

所定の距離y方向に基板100の一辺からその対辺まで、線状レーザビームを走査したら、線状レーザビームの長さ又は長さ以上、Xステージ153により基板100をx方向に移動し、半導体膜102の結晶化されていない部分にビームスポット150が照射されるように位置あわせを行う。再度、Yステージ154により基板100をy方向に移動しながら、線状レーザビームを照射する。以上の一連の動作を繰り返すことにより、半導体膜102の所望の部分を結晶化して、結晶性半導体107を形成することができる。

【0063】

次に、図4を用いて、本発明の結晶化方法で形成された結晶性半導体107から半導体装置を作製する方法を説明する。

【0064】

結晶化工程を完了することで、図1(C)に示すように、基板100上に結晶性半導体107が形成される。次に、半導体装置を製造するために、図4(A)に示すように、エッチング処理によってキャップ膜103を除去する。

【0065】

次に、結晶性半導体107上にレジストを塗布する。レジストを露光し、現像することによって所望の形状にレジストを形成する。このレジストをマスクとしてエッチングを行い、結晶性半導体107を部分的に除去する。この工程によって、図4(B)に示すように、絶縁膜101上に島状の結晶性半導体膜108を形成する。形成された結晶の面方位が揃った結晶性半導体107を保護するために、レジストの形成を行う前に、結晶性半導

10

20

30

40

50

体 107 の表面を酸化するとよい。この酸化膜はレジストのぬれ性を向上させる効果もある。ここでの酸化処理には、例えば、オゾン含有水溶液の塗布、又は酸素雰囲気で UV 照射することにより生成されたオゾンによる処理が用いられる。

【 0066 】

島状の結晶性半導体膜 108 を用いて薄膜トランジスタ、ダイオード、抵抗素子、コンデンサ、光電変換素子、電荷結合素子等の半導体装置を構成する半導体素子を形成する。ここでは、半導体装置の作製方法の一形態として薄膜トランジスタ（以下、TFTと略記する。）を作製する。

【 0067 】

なお、TFTを作製する場合、島状の結晶性半導体膜 108 を形成するためのレジストの形成前に、TFT のしきい値電圧を制御するために微量な不純物元素（ボロン又はリン）を結晶性半導体 107 にドーピングする。なお、このドーピングは必要に応じて行えばよい。

【 0068 】

図 4 (C) に示すように、結晶性半導体膜 108 上に絶縁膜 109 を形成する。絶縁膜 109 は TFT のゲート絶縁膜として機能する。例えば、絶縁膜 109 として酸化珪素膜を形成する。

【 0069 】

次に、絶縁膜 109 上に導電膜を形成する。この導電膜には、ヒロックの発生が少ない W、Mo、Ti、Ta、Co などから選ばれる高融点金属、及び窒化タンゲステン、窒化モリブデン、窒化チタン、窒化タンタルなど高融点金属の化合物を用いることが好ましい。導電膜は単層でも積層でもよい。エッチング処理により、導電膜を所望の形状に加工し、ゲート配線 110 を形成する。

【 0070 】

次いで、ゲート配線 110 を形成する際に用いたレジストをマスクとして用い、結晶性半導体膜 108 に導電型を付与する不純物元素（P、As 等）をドーピングする。ここでは、n チャネル型 TFT を製造するため、リン、ヒ素のような n 型を付与する不純物元素を添加して、n 型不純物領域 112 を形成する。n 型不純物領域 112 はソース領域又はドレイン領域として機能する。なお、p チャネル型 TFT を製造する場合は、ボロンのような p 型を付与する不純物元素を導入する。

【 0071 】

導電型を付与する不純物元素を結晶性半導体膜 108 に添加することで、結晶性半導体膜 108 のゲート配線 110 と重なる領域に、チャネル形成領域 113 が形成される。

【 0072 】

不純物元素を添加した後、不純物元素を活性化するために加熱処理又はレーザビームの照射を行う。この処理によって、不純物元素の活性化と同時に、絶縁膜 109 へのプラズマダメージや、絶縁膜 109 と結晶性半導体膜 108 との界面に発生したプラズマダメージを回復することができる。

【 0073 】

次に、図 4 (D) に示すように絶縁膜 114 を形成する。そして、絶縁膜 114 及び絶縁膜 109 をエッチングし、n 型不純物領域 112 に達するコントラクトホールを形成する。絶縁膜 114 上に導電膜を形成する。導電膜をエッチングにより所望の形状に加工して、配線 115 を形成する。ここでは、配線 115 はソース配線、又はドレイン配線として機能する。

【 0074 】

配線 115 を構成する導電膜は、例えば、W、Mo、Ti、Al、Cu から選ばれた金属、又はこれら金属を主成分とする合金、及びこれら金属を主成分とする化合物から選ばれた材料で形成することができる。また、導電膜は単層でも多層でもよい。導電膜を多層膜とするには、例えば、Ti 膜、Al 膜、Ti 膜の順に積層して形成する。

【 0075 】

10

20

30

40

50

以上の工程により、図4(D)に示すように基板100上にTFTが形成される。結晶性半導体膜108は、結晶の面方位が揃った結晶性半導体膜であるため、基板100上の複数のTFTの電気的特性のばらつきが抑えることができる。また、サブスレッショルド値が小さく、オン電流が大きく、電界効果移動度が高いという優れた電気的特性のTFTを作製することができる。従って、このようなTFTにより、消費電力が低く、高速で動作する集積回路を作製することができる。

【0076】

本発明の結晶化方法を用いて形成された結晶性半導体膜を用いて、様々な半導体装置を作製することができる。以下、以下の実施の形態において、様々な半導体装置の作製方法を説明する。

10

【0077】

[実施の形態2]

本実施の形態では、半導体装置の一例である液晶表示装置の作製方法について、図5、及び図6を用いて説明する。

【0078】

図5(A)に示すように、実施の形態1と同様に基板100上に下地膜として機能する絶縁膜101を形成し、絶縁膜101上に非単結晶構造の半導体膜102を形成し、半導体膜102上にキャップ膜103を形成する。

【0079】

ここでは、基板100として、ガラス基板を用いる。絶縁膜101としては、厚さ40~60nmの窒化酸化珪素(SiO_xN_y、0 < x < y)をプラズマCVD法により形成する。また、半導体膜102としてプラズマCVD法により、ガスにSiH₄及びH₂を用いて、厚さ10nm~80nmの非晶質珪素膜を形成する。キャップ膜103としては、プラズマCVD法により厚さ200~1000nmの窒化酸化珪素(SiO_xN_y、0 < x < y)を形成する。例えば、ガスに、SiH₄(流量10sccm)、NH₃(流量100sccm)、N₂O(流量20sccm)、H₂(流量400sccm)を用いることで、酸素を10atomi%以下含み、かつ珪素に対する窒素の組成比が1.3以上1.5以下である窒化酸化珪素膜が形成される。

20

【0080】

次に、線状レーザビーム105を走査しながら、図5(B)に示すように、キャップ膜103から半導体膜102に線状レーザビーム105を照射する。線状レーザビーム105を照射することにより半導体膜102が完全溶融し、液体状態の半導体106となる。線状レーザビーム105を走査することで、完全溶融した半導体膜102がラテラル成長して、絶縁膜101上に大粒径結晶でなる結晶性半導体107が形成される。本発明では線状レーザビーム105の幅を5μm以下とすることにより、完全溶融された半導体膜102に乱流が発生されることが抑制されるため、結晶性半導体107を結晶の面方位が揃った結晶性半導体とすることができます。

30

【0081】

なお、半導体膜102やキャップ膜103に水素が含まれている場合、線状レーザビームの照射により水素の噴出を防ぐために、線状レーザビーム105の照射前に、加熱処理をして、水素濃度を下げておく。

40

【0082】

結晶性半導体107を形成した後、キャップ膜103を除去する。キャップ膜103の除去方法としては、ドライエッチング、ウェットエッチング、研磨等の各種除去方法を用いることができる。ここでは、ドライエッチング法によりキャップ膜103を除去する。

【0083】

次に、図5(C)に示すように結晶性半導体107を選択的にエッチングして半導体層201~203を形成する。その結晶性半導体107のエッチング方法としては、ドライエッチング、ウェットエッチング等を用いることができるが、ここでは、結晶性半導体107上にレジストを塗布した後、露光及び現像を行ってレジストマスクを形成する。その

50

形成されたレジストマスクを用いて SF₆ : O₂ の流量比を 4 : 1.5 としたドライエッチング法により、結晶性半導体 107（結晶性珪素）を選択的にエッチングし、その後レジストマスクを除去する。

【0084】

次いで、図 5 (D) に示すように、半導体層 201 ~ 203 上に絶縁膜 204 を形成する。この絶縁膜 204 は薄膜トランジスタのゲート絶縁膜として機能する。その絶縁膜 204 は、酸化珪素 (SiO_x)、窒化珪素 (SiNx)、酸化窒化珪素 (SiO_xNy, x > y > 0)、窒化酸化珪素 (SiO_xNy, 0 < x < y) などの単層膜又は積層膜で形成する。ここでは、絶縁膜 204 として厚さ 115 nm の酸化窒化珪素をプラズマ CVD 法により形成する。

10

【0085】

次に、絶縁膜 204 を介して、半導体層 201 ~ 203 上にゲート電極 205 ~ 208 を形成する。これらゲート電極 205 ~ 208 は、金属、合金、金属化合物又は一導電型の不純物を添加した多結晶半導体で形成することができる。

【0086】

金属を用いる場合は、タンクステン (W)、モリブデン (Mo)、チタン (Ti)、タンタル (Ta)、アルミニウム (Al) などを用いることができる。さらに、金属を窒化させた金属窒化物を用いることができ、それに加えて当該金属窒化物からなる第 1 の層と当該金属からなる第 2 の層とを積層させた構造としても良い。これらの材料はスパッタ法、蒸着法などで形成することができる。

20

【0087】

また、液滴吐出法を用いて微粒子を含むペーストをゲート絶縁膜上に吐出し、乾燥・焼成することにより、ゲート電極 205 ~ 208 を形成することができる。さらに、絶縁膜 204 上に、微粒子を含むペーストを印刷し、乾燥し、しかる後ペーストを焼成することで、ゲート電極 205 ~ 208 を形成することができる。代表的な微粒子には、金、銅、金と銀の合金、金と銅の合金、銀と銅の合金、金と銀と銅の合金等がある。

【0088】

ここでは、絶縁膜 204 上に、スパッタ法により、膜厚 30 nm の窒化タンタル膜及び膜厚 370 nm のタンクステン膜の積層膜を形成する。しかる後、フォトリソグラフィー工程により形成したレジストマスクを用いてこの積層膜をエッチングして、窒化タンタル膜の端部がタンクステン膜の端部より外側に突き出した構造のゲート電極 205 ~ 208 を形成する。

30

【0089】

次いで、ゲート電極 205 ~ 208 をマスクとして、半導体層 201 ~ 203 に n 型を付与する不純物元素又は p 型を付与する不純物元素を添加して、高濃度不純物領域 209 ~ 215 を形成する。また、ゲート電極 205 ~ 208 の一部に重なる低濃度不純物領域 216 ~ 223 を形成する。

【0090】

なお、ここでは、高濃度不純物領域 209、210、213、214 及び 215、並びに低濃度不純物領域 216、217 及び 220 ~ 223 に、p 型を付与する不純物元素であるボロンをドーピングする。また、高濃度不純物領域 211、212、及び低濃度不純物領域 218、219 に、n 型を付与する不純物元素であるリンをドーピングする。半導体層 201 ~ 203 に不純物元素をドーピングすることにより、自己整合的にチャネル形成領域 201c ~ 203c が形成される。

40

【0091】

この後、半導体層 201 ~ 203 に添加した不純物元素を活性化するために加熱処理を行うが、ここでは窒素雰囲気で 550 度、4 時間の加熱を行う。以上の工程により、薄膜トランジスタ 225 ~ 227 を形成する。

【0092】

なお、薄膜トランジスタ 225、227 は p チャネル型の薄膜トランジスタであり、薄

50

膜トランジスタ 226 は n チャネル型の薄膜トランジスタである。 p チャネル型の薄膜トランジスタ 225 及び n チャネル型の薄膜トランジスタ 226 により駆動回路を構成し、 p チャネル型の薄膜トランジスタ 227 は、画素の電極に電圧を印加するスイッチング素子として機能する。なお、画素の薄膜トランジスタ 227 は n チャネル型のトランジスタとしてもよい。ここでは、駆動回路には、 n チャネル型及び p チャネル型両方のトランジスタを形成したが、 n チャネル型のみ、又は p チャネル型のみとすることもできる。

【 0093 】

次に、図 6 (A) に示すように、薄膜トランジスタ 225 ~ 227 上に第 1 の層間絶縁膜を形成する。ここでは、第 1 の層間絶縁膜として酸化珪素膜 231 、窒化珪素膜 232 、及び酸化珪素膜 233 を積層して形成する。

10

【 0094 】

次に、第 1 の層間絶縁膜の一部である酸化珪素膜 233 上に薄膜トランジスタ 225 ~ 227 の高濃度不純物領域に接続する配線 234 ~ 239 、及び接続端子 240 を形成する。ここでは、スパッタ法により、 Ti 膜 100 nm 、 Al 膜 700 nm 、 Ti 膜 100 nm を連続的に成膜して積層膜を形成する。次いで、フォトリソグラフィー工程によって形成したレジストマスクを用いて、この積層膜をエッチングし、配線 234 ~ 239 、及び接続端子 240 を形成する。

【 0095 】

次いで、配線 234 ~ 239 及び接続端子 240 上に第 2 の層間絶縁膜 241 を形成する。第 2 の層間絶縁膜 241 は、酸化珪素、窒化珪素又は酸化窒化珪素（窒素を含む酸化珪素又は酸素を含む窒化珪素）等の無機絶縁材料の単層膜又は積層膜で形成すればよい。このような無機絶縁材料でなる膜を形成する方法には、スパッタ法、 L P C V D 法、又はプラズマ C V D 法等を用いればよい。

20

【 0096 】

ここでは、プラズマ C V D 法を用い、膜厚 100 nm ~ 150 nm の酸素を含む窒化珪素膜を形成した後、フォトリソグラフィー工程により形成したレジストマスクを用いて酸素を含む窒化珪素膜を選択的にエッチングして、薄膜トランジスタ 227 の配線 239 、及び接続端子 240 に達するコンタクトホールを形成すると共に、第 2 の層間絶縁膜 241 を形成し、その後、レジストマスクを除去する。本実施の形態のように、第 2 の層間絶縁膜 241 を形成することで、駆動回路部の TFT や配線等の露出を防ぎ、汚染を回避することができる。

30

【 0097 】

次に、薄膜トランジスタ 227 の配線 239 に接続する第 1 の画素電極 242 、及び接続端子 240 と接続する導電層 244 を形成する。液晶表示装置が透過型液晶表示装置の場合は、第 1 の画素電極 242 を透光性を有する導電膜で形成する。また、液晶表示装置が反射型液晶表示装置の場合は、第 1 の画素電極 242 を反射性を有する導電膜で形成する。また、半透過型とする場合は、第 1 の画素電極 242 の一部を透光性を有する導電膜で形成し、残りの部分を反射性を有する導電膜で形成する。

【 0098 】

ここでは、液晶表示装置を透過型とする。スパッタ法により膜厚 125 nm の酸化珪素を含む ITO を成膜する。フォトリソグラフィー工程により形成したレジストマスクを用いて、この ITO 膜をエッチングして、第 1 の画素電極 242 及び導電層 244 を形成する。

40

【 0099 】

次に、配向膜として機能する絶縁膜 243 を形成する。なお、配向膜は必要に応じて形成すればよい。絶縁膜 243 は、ポリイミドやポリビニルアルコール等の高分子化合物層をロールコート法、印刷法等で形成した後、ラビングすることにより形成することができる。また、基板に対して斜めから SiO₂ を蒸着することで絶縁膜 243 を形成することができる。また、光反応型の高分子化合物に偏光した UV 光を照射し光反応型の高分子化合物を重合させることでも、絶縁膜 243 の形成が可能である。ここでは、ポリイミドや

50

ポリビニルアルコール等の高分子化合物層を印刷し、焼成した後、ラビングすることで形成する。

【0100】

次に、図6(B)に示すように、対向基板251に、透光性の導電膜でなる第2の画素電極253を形成し、第2の画素電極253上に配向膜として機能する絶縁膜254を形成する。対向基板251としては、基板100と同様のものを適宜選択することができる。また、第2の画素電極253は第1の画素電極242と同様に形成することができ、配向膜として機能する絶縁膜254は絶縁膜243と同様に形成することができる。なお、対向基板251及び第2の画素電極253の間に、カラーフィルターとして機能する着色層252は必要に応じて設ければよい。RGB方式のカラー表示を行う場合は、着色層252として、赤、緑、青の各色に対応した染料や顔料が分散された着色層を画素に対応して形成する。10

【0101】

次に、基板100及び対向基板251をシール材257で貼り合わせ、その基板100及び対向基板251の間に液晶層255を形成する。その液晶層255は、毛細管現象を利用した真空注入法により、配向膜として機能する絶縁膜243、254、及びシール材257で囲まれた領域に液晶材料を注入することにより形成することができる。さらに、対向基板251の一方の表面にシール材257を形成し、シール材257に囲まれる領域に液晶材料を滴下した後、減圧下において基板100と対向基板251を圧着させ、シール材257で2枚の基板の隙間を封止することで、液晶層255を形成することもできる。20

【0102】

シール材257には、熱硬化型のエポキシ樹脂、UV硬化型のアクリル樹脂、熱可塑型のナイロン樹脂及びポリエステル樹脂等を用いることができる。なお、基板100及び対向基板251の間隔を保つために、シール材257にフィラーを含ませることが好ましい。。

【0103】

また、基板100及び対向基板251の間隔を保つために、配向膜として機能する絶縁膜243、254の間にスペーサ256を設けてもよく、そのスペーサ256としては、有機樹脂を塗布し、該有機樹脂を所望の形状、代表的には柱状又は円柱状にエッチングして形成することができる。さらに、スペーサ256としてビーズスペーサを用いてもよいので、ここではスペーサ256としてビーズスペーサを用いる。また、図示しないが、基板100、対向基板251の一方又は両方に偏光板を設ける。30

【0104】

次に、図6(C)に示すように、端子部263においては、薄膜トランジスタのゲート配線、ソース配線に接続される接続端子(図6(C)においては、ソース配線又はドレイン配線に接続される接続端子240を示す。)が形成されている。その接続端子240に、導電層244及び異方性導電膜261を介してFPC(フレキシブルプリント配線)262を接続しており、接続端子240には導電層244及び異方性導電膜261を介してビデオ信号やクロック信号が入力される。40

【0105】

駆動回路部264には、ソースドライバやゲートドライバ等の画素を駆動する回路が形成されており、ここでは、nチャネル型の薄膜トランジスタ226及びpチャネル型の薄膜トランジスタ225によりCMOS回路が形成されている。

【0106】

画素部265には、複数の画素が形成されており、各画素には液晶素子258が形成されており、この液晶素子258は、第1の画素電極242、第2の画素電極253及びその間に充填されている液晶層255が重なっている部分である。さらに、その液晶素子258が有する第1の画素電極242は、薄膜トランジスタ227と電気的に接続されている。50

【0107】

以上の工程により液晶表示装置を作製することができ、本実施の形態で示す液晶表示装置は、駆動回路部264や画素部265に形成される薄膜トランジスタの半導体層において、結晶の面方位が一定方向に揃っている。このため、複数の薄膜トランジスタの電気特性のばらつきを抑えることが可能であり、その結果、色むらや欠陥のない液晶表示装置を作製することができる。

【0108】

さらに、上記のような電気的特性に優れた薄膜トランジスタを形成できるため、アクティブマトリクス型の液晶表示装置の低消費電力化、高精細化を実現することができる。

【0109】**[実施の形態3]**

本実施の形態では、半導体装置の一例である発光素子を有する発光装置の作製工程について説明する。

【0110】

実施の形態1と同様の工程により、基板100上に絶縁膜101を介して結晶性半導体を形成する。そして、図7(A)に示すように、実施の形態2と同様の工程により、この結晶性半導体を用いて、薄膜トランジスタ225～227を形成する。

【0111】

その薄膜トランジスタ225～227のゲート電極上に、第1の層間絶縁膜として、酸化珪素膜231、窒化珪素膜232、及び酸化珪素膜233を積層して形成する。さらに、第1の層間絶縁膜の一部の酸化珪素膜233上に薄膜トランジスタ225～227の半導体層に接続する配線308～313、及び接続端子314を形成する。

【0112】

次に、第1の層間絶縁膜、配線308～313及び接続端子314上に、第2の層間絶縁膜315を形成する。その後、薄膜トランジスタ227の配線313に接続する第1の電極層316、及び接続端子314と接続する導電層320を形成する。その第1の電極層316及び導電層320は、スパッタ法により膜厚125nmの酸化珪素を含むITOを成膜した後、フォトリソグラフィー工程により形成したレジストマスクを用いて選択的にエッチングして形成する。本実施の形態のように、第2の層間絶縁膜315を形成することで、駆動回路部のTFTや配線等の露出を防ぎ、駆動回路を汚染物質から保護することができる。

【0113】

次に、第1の電極層316の端部を覆う有機絶縁物膜317を形成する。ここでは、感光性ポリイミドを塗布し焼成した後、露光及び現像を行って、駆動回路部、画素部の第1の電極層316、及び画素部の周辺部における第2の層間絶縁膜315が露出されるよう有機絶縁物膜317を形成する。

【0114】

次に、第1の電極層316及び有機絶縁物膜317の一部上に蒸着法により発光物質を含む層318を形成するが、その発光物質を含む層318は、発光性を有する有機化合物、又は発光性を有する無機化合物で形成する。なお、発光物質を含む層318は、発光性を有する有機化合物及び発光性を有する無機化合物で形成してもよい。また、発光物質を含む層318を赤色の発光性の発光物質、青色の発光性の発光物質、及び緑色の発光性の発光物質を用いて、それぞれ赤色の発光性の画素、青色の発光性の画素、及び緑色の発光性の画素を形成することができる。

【0115】

ここでは、赤色の発光性の発光物質を含む層として、DNTPDを50nm、NPBを10nm、ビス[2,3-ビス(4-フルオロフェニル)キノキサリナト]イリジウム(アセチルアセトナート)(略称:Ir(Fd_pq)₂(acac))が添加されたNPBを30nm、Alq₃を60nm、及びLiFを1nm積層して形成する。さらに、緑色の発光性の発光物質を含む層として、DNTPDを50nm、NPBを10nm、クマリ

10

20

30

40

50

ン 5 4 5 T (C 5 4 5 T) が添加された Al₂O₃ を 40 nm、Al₂O₃ を 60 nm、及び LiF を 1 nm 積層して形成する。

【 0 1 1 6 】

また、青色の発光性の発光物質を含む層として、DNTPD を 50 nm、NPB を 10 nm、2,5,8,11-テトラ(tert-ブチル)ペリレン(略称: TBP)が添加された、9-[4-(N-カルバゾリル)]フェニル-10-フェニルアントラセン(略称: CZPA)を 30 nm、Al₂O₃ を 60 nm 及び LiF を 1 nm 積層して形成する。さらには、白色の発光性の発光物質を用いて発光物質を含む層を形成することで、赤色の発光性の画素、青色の発光性の画素、及び緑色の発光性の画素のほかに、白色の発光性の画素を形成してもよい。なお、白色の発光性の画素を設けることにより消費電力を削減することが可能である。10

【 0 1 1 7 】

次に、発光物質を含む層 318、及び有機絶縁物膜 317 上に第 2 の電極層 319 を形成するが、ここでは、膜厚 200 nm の Al 膜を蒸着法により形成する。その結果、第 1 の電極層 316、発光物質を含む層 318、及び第 2 の電極層 319 により発光素子 321 が構成される。

【 0 1 1 8 】

発光物質を含む層 318 に、有機化合物でなる発光層を形成する場合には、この発光層の他に、正孔注入性材料で形成される正孔注入層、正孔輸送性材料で形成される正孔輸送層、電子輸送性材料で形成される電子輸送層、電子注入性材料で形成される電子注入層を適宜形成することができる。20

【 0 1 1 9 】

また、発光物質を含む層 318 として、無機化合物を用いた発光層を形成することもできる。この場合は、発光素子 321 は無機 EL 素子として機能する。この場合、発光層と電極層 316、319 の間にバッファー層を設けてもよく、このバッファー層はキャリアの注入を容易にし、かつ両層の混合を抑制する役割をもつ。

【 0 1 2 0 】

その無機 EL 素子は、その素子構成により、分散型無機 EL 素子と薄膜型無機 EL 素子とに分類され、前者は、発光材料の粒子をバインダ中に分散させた発光物質を含む層を有し、後者は、発光材料の薄膜からなる発光物質を含む層を有している点に違いはあるが、高電界で加速された電子を必要とする点では共通である。本発明では、無機 EL 素子の構成に特段の限定はない。30

【 0 1 2 1 】

発光素子 321 を形成した後、図 7 (B) に示すように、第 2 の電極層 319 上に保護膜 322 を形成する。その保護膜 322 は、発光素子 321 に水分や酸素等が侵入することを防ぐためのものである。保護膜 322 は、プラズマ CVD 法又はスパッタ法などの薄膜形成法を行い、窒化珪素、酸化珪素、窒化酸化珪素、酸化窒化珪素、酸化窒化アルミニウム、又は酸化アルミニウム、ダイアモンドライクカーボン (DLC)、窒素含有炭素 (CN)、その他の絶縁性材料を用いて形成することが好ましい。

【 0 1 2 2 】

さらに、シール材 323 で封止基板 324 を基板 100 上に形成される第 2 の層間絶縁膜 315 と貼り合わせることにより、基板 100、封止基板 324、及びシール材 323 で囲まれた空間 325 に発光素子 321 が備えられた構造になっている。空間 325 には、充填材が充填されており、不活性気体(窒素やアルゴン等)が充填される場合の他、シール材 323 などの樹脂材料で充填することもできる。40

【 0 1 2 3 】

なお、シール材 323 にはエポキシ系樹脂を用いるのが好ましく、これらの材料はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。また、封止基板 324 に用いる材料としてガラス基板、石英基板または樹脂基板を用いることができる。例えば樹脂基板としては、FRP (Fiberglass - Reinforced Plastics)

)、P V F (ポリビニルフロライド)、P E T (ポリエチレンテレフタレート)、P E N (ポリエチレンナフタレート)、P E S (ポリエーテルスルホン)、ポリエステル系樹脂又はアクリル系樹脂等からなる基板がある。

【0124】

次に、図7(C)に示すように、実施の形態2と同様に異方性導電層326を用いてFPC327を接続端子314に接する導電層320と貼りつける。以上の工程により、アクティブマトリクス型の発光装置を形成することができる。

【0125】

本実施の形態で示す発光装置は、駆動回路部や画素部に形成される薄膜トランジスタの半導体層(特にチャネル形成領域)は、結晶の面方位が一定方向に揃っている。そのため、発光素子を駆動する薄膜トランジスタの電気特性のばらつきを抑えることが可能であり、その結果として、発光素子の輝度のばらつきが低減され、色むらや欠陥の少ない高精細な表示が可能で発光装置を作製することができる。10

【0126】

さらに、結晶の面方位が一定方向に揃っているため、S値が低い、電界効果移動度が高いなど電気的特性に優れた薄膜トランジスタを形成できるため、表示装置を低消費電力化、高精細化することができる。

【0127】

[実施の形態4]

本実施の形態では、本発明の半導体装置を有する電子機器の具体例について説明する。20
本実施の形態では、実施の形態2及び3に示される表示装置を表示部に有する電子機器について説明する。このような電子機器として、例えば、テレビジョン装置(単にテレビ、又はテレビジョン受信機ともよぶ)、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、携帯電話装置(単に携帯電話機、携帯電話ともよぶ)、PDA等の携帯情報端末、携帯型ゲーム機、コンピュータ用のモニター、コンピュータ、カーオーディオ等の音響再生装置、家庭用ゲーム機等の記録媒体を備えた画像再生装置等が挙げられる。また、鉄道の駅や空港などにおける情報表示盤や、街頭における広告表示盤なども挙げられる。

【0128】

以下、図8を参照して、電子機器の具体例について説明する。図8(A)～図8(F)は電子機器の外観図である。30

【0129】

図8(A)に示す携帯情報端末は、本体9201、表示部9202等を備えている。表示部9202に、実施の形態2及び実施の形態3に示す表示装置を適用することにより、高精細な表示が可能な携帯情報端末を安価に提供することができる。

【0130】

図8(B)に示すデジタルビデオカメラは、表示部9701、表示部9702等を備えている。表示部9701に、実施の形態2及び実施の形態3に示す表示装置を適用することにより、高精細な表示が可能なデジタルビデオカメラを安価に提供することができる。

【0131】

図8(C)に示す携帯電話は、本体9101、表示部9102等を備えている。表示部9102に、実施の形態2及び実施の形態3に示す表示装置を適用することにより、信頼性の高い携帯電話を安価に提供することができる。40

【0132】

図8(D)に示す携帯型のテレビジョン装置は、本体9301、表示部9302等を備えている。表示部9302に、実施の形態2及び実施の形態3に示す表示装置を適用することにより、高精細な表示が可能な携帯型のテレビジョン装置を安価に提供することができる。

【0133】

図8(E)に示す携帯型のコンピュータは、本体9401、表示部9402等を備えている。その表示部9402に、実施の形態2及び実施の形態3に示す表示装置を適用する50

ことにより、高画質な表示が可能な携帯型のコンピュータを安価に提供することができる。

【0134】

図8(F)に示すテレビジョン装置は、本体9501、表示部9502等を備えている。表示部9502に、実施の形態2及び実施の形態3に示す表示装置を適用することにより、高精細な表示が可能なテレビジョン装置を安価に提供することができる。

【0135】

ここで、図8(C)の携帯電話のより具体的な構成を図9を用いて説明する。図9は携帯電話の分解図である。

【0136】

図9に示すように、携帯電話は、筐体2700、2706、パネル2701、ハウジング2702、プリント配線基板2703、操作ボタン2704、バッテリ2705を有する。パネル2701はハウジング2702に脱着自在に組み込まれ、ハウジング2702はプリント配線基板2703に嵌着される。ハウジング2702はパネル2701が組み込まれる電子機器に合わせて、形状や寸法が適宜変更される。

【0137】

プリント配線基板2703には、パッケージングされた複数の半導体装置が実装されており、このうちの1つとして、本発明の半導体装置を用いることができる。プリント配線基板2703に実装される複数の半導体装置は、コントローラ、中央処理ユニット(CPU: Central Processing Unit)、メモリ、電源回路、音声処理回路、送受信回路等のいずれかの機能を有する。

【0138】

パネル2701は、接続フィルム2708を介して、プリント配線基板2703に接続される。上記のパネル2701、ハウジング2702、プリント配線基板2703は、操作ボタン2704やバッテリ2705と共に、筐体2700、2706の内部に収納され、パネル2701が含む画素領域2709は、筐体2700に設けられた開口窓から視認できるように配置されている。パネル2701に実施の形態2又は実施の形態3の表示装置が用いられる。

【0139】

次に、図10を用いて、図8(D)及び図8(F)に示すテレビジョン装置の構成例を説明する。図10は、テレビジョン装置の主要な構成を示すブロック図である。

【0140】

チューナ9511は映像信号と音声信号を受信する。映像信号は、映像検波回路9512と、そこから出力される信号を赤、緑、青の各色に対応した色信号に変換する映像信号処理回路9513と、その映像信号をドライバICの入力仕様に変換するためのコントロール回路9514により処理される。

【0141】

コントロール回路9514は、表示パネル9515の走査線駆動回路9516及び信号線駆動回路9517それぞれに信号を出力する回路である。なお、デジタル駆動する場合には、コントロール回路9514の信号線駆動回路9517への出力側に信号分割回路9518を設け、入力デジタル信号をm個に分割して供給する構成とすることができる。

【0142】

チューナ9511で受信した音声信号は音声検波回路9521に送られ、その出力は音声信号処理回路9522を経てスピーカ9523に供給される。制御回路9524は受信局(受信周波数)や音量の制御情報を入力部9525から受け、チューナ9511や音声信号処理回路9522に信号を出力する。

【0143】

[実施の形態5]

本実施の形態では、非接触でデータの伝送が可能な半導体装置について説明する。

【0144】

10

20

30

40

50

まず、図11を参照して、非接触でデータの伝送が可能な半導体装置の構成を、説明する。図11は、非接触でデータの伝送が可能な半導体装置の構成例を示すブロック図である。本実施の形態の半導体装置は、大別して、アンテナ部2001、電源部2002、ロジック部2003から構成される。

【0145】

そのアンテナ部2001は、外部信号の受信とデータの送信を行うためのアンテナ2011からなり、また半導体装置における信号の伝送方式は、電磁結合方式、電磁誘導方式又はマイクロ波方式等を用いることができる。なお、その伝送方式は、実施者が使用用途を考慮して適宜選択し、伝送方式に最適なアンテナ2011が設けられる。

【0146】

電源部2002は、整流回路2021、保持容量2022、及び定電圧回路2023からなる。整流回路2021は、アンテナ部2001で受信された電波から電圧を作る回路である。保持容量2022は、整流回路2021で生成された電圧を保持するための回路である。定電圧回路2023は、整流回路2021で生成された電圧を一定の大きさにするための回路である。

【0147】

ロジック部2003は、受信した信号を復調する復調回路2031と、クロック信号を生成するクロック生成・補正回路2032と、各コード認識及び判定回路2033と、メモリからデータを読み出すための信号を受信信号により作り出すメモリコントローラ2034と、符号化した信号を受信信号にのせるための変調回路2035と、読み出したデータを符号化する符号化回路2037と、データを保持するマスクROM2038とを有する。変調回路2035は変調用抵抗2036を有する。

【0148】

各コード認識及び判定回路2033が認識・判定するコードは、フレーム終了信号(E OF : e n d o f frame)、フレーム開始信号(S OF : s t a r t o f frame)、フラグ、コマンドコード、マスク長(mask length)、マスク値(mask value)等である。また、各コード認識及び判定回路2033は、送信エラーを識別する巡回冗長検査(CRC:cyclic redundancy check)機能も含む。

【0149】

次に、図12～図15を参照して、アンテナ部2001、電源部2002、ロジック部2003を有する半導体装置の作製方法を説明する。図12～図15は、本実施の形態の半導体装置の作製方法を説明するための断面図である。なお、図12～図15において、電源部2002、ロジック部2003として代表的に薄膜トランジスタを図示している。電源部2002及びロジック部2003には、薄膜トランジスタの他、ダイオード、抵抗素子、容量素子又は記憶素子など回路の機能に応じて各種の半導体素子が形成される。

【0150】

また、本実施の形態では、半導体装置の作製方法として、半導体素子を基板上に作製した後、作製時に用いた基板を半導体素子から剥離し、半導体素子を別の基板に転置する技術を説明する。この技術を適用することで、本実施の形態の半導体装置のみでなく、実施の形態2及び実施の形態3で説明した表示装置など他の半導体装置を作製することも可能である。

【0151】

まず、図12(A)に示すように、基板400を用意する。基板400には金属基板やステンレス基板の一表面に絶縁膜を形成したもの、本工程の処理温度に耐えうる耐熱性があるプラスチック基板等を用いることができるが、ここでは、基板400としてガラス基板を用いる。

【0152】

次に、下地となる絶縁膜401を形成する前に、基板400上に剥離膜402を形成する。剥離膜402に剥離を生じさせることによって、基板400を半導体素子から分離す

10

20

20

30

40

50

る。

【0153】

剥離膜402は、タングステン(W)、モリブデン(Mo)、チタン(Ti)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、ニッケル(Ni)、コバルト(Co)、ジルコニウム(Zr)、亜鉛(Zn)、ルテニウム(Ru)、ロジウム(Rh)、パラジウム(Pd)、オスミウム(Os)、イリジウム(Ir)、珪素(Si)から選択された元素でなる材料、元素を主成分とする合金材料、及びこれら元素を主成分とする化合物材料から選択された材料でなる単層膜、又は積層膜である。なお、珪素を含む層の結晶構造は、非晶質、微結晶、多結晶のいずれの場合でもよい。これらの材料でなる膜はスパッタ法やプラズマCVD法、塗布法、印刷法等により形成することができる。

10

【0154】

その剥離膜402が単層構造の場合には、好ましくは、タングステン層、モリブデン層、又はタングステンとモリブデンの混合物でなる層を形成する。なお、タングステンとモリブデンの混合物とは、例えば、タングステンとモリブデンの合金に相当する。あるいは単層の剥離膜402に化合物材料を用いる場合は、タングステン酸化物、タングステン酸化窒化物、モリブデン酸化物、モリブデン酸化窒化物、タングステン酸化物とモリブデン酸化物の混合物、又はタングステン酸化窒化物とモリブデン酸化窒化物の混合物が好ましい。

【0155】

その剥離膜402が積層構造の場合には、好ましくは、1層目にタングステン層、モリブデン層、又はタングステンとモリブデンの混合物でなる層のいずれかを形成する。2層目に、タングステン層、モリブデン層、タングステン又はモリブデンの酸化物層、タングステン又はモリブデンの窒化物層、タングステン又はモリブデンの酸化窒化物層、タングステン酸化物とモリブデン酸化物の混合物でなる層のいずれかを形成する。

20

【0156】

その剥離膜402として、タングステン層とタングステン酸化物層の積層膜を形成するには、タングステン層を形成し、その上層に酸化物でなる絶縁膜(代表的には、酸化珪素膜)を形成することで、タングステン層と絶縁膜との界面に、タングステンの酸化物を含む層が形成されることを利用することができる。この方法を利用して、2層目に窒化物、酸化窒化物を形成する場合は、タングステンを含む層を形成した後、その上層に窒化珪素層、酸化窒化珪素層又は窒化酸化珪素層を形成するとよい。

30

【0157】

あるいは、タングステン層の表面に対して、熱酸化処理、酸素プラズマ処理、N₂Oプラズマ処理、オゾン水等の酸化力の強い溶液での処理、水素が添加された水での処理等を行って、タングステン酸化物層を形成することもできる。

【0158】

以上の形成方法は、剥離膜402として、モリブデン層と、酸化物などのモリブデン化合物でなる層との積層膜を形成する場合にも適用できる。

【0159】

なお、タングステンの酸化物は、WO_xで表される。本実施の形態の場合、xは2~3の範囲内にあり、xが2の場合(WO₂)、xが2.5の場合(W₂O₅)、xが2.75の場合(W₄O₁₁)、xが3の場合(WO₃)などがある。

40

【0160】

本実施の形態の剥離膜402及び絶縁膜401の形成方法として、ここでは、スパッタ法により厚さ20~100nm、好ましくは40~80nmのタングステン膜を形成する。その後、N₂Oガスを流しながらプラズマを発生させて剥離膜402表面を酸化させ、酸化タングステン膜を形成する。かかる後、プラズマCVD法により窒化酸化珪素膜と、酸化窒化珪素膜の積層膜を形成する。この積層膜が下地の絶縁膜401である。

【0161】

次に、実施の形態1及び2と同様に剥離膜402上に絶縁膜401を形成し、絶縁膜4

50

01上に薄膜トランジスタ404を形成する。薄膜トランジスタ404は、実施の形態2で説明した薄膜トランジスタの作製方法を用いることができ、実施の形態2の薄膜トランジスタ225～227と同様に形成することができる。

【0162】

続いて、その薄膜トランジスタ404を覆う層間絶縁膜405を形成し、層間絶縁膜405上に薄膜トランジスタ404に電気的に接続する配線406を形成する。配線406は、例えば、実施の形態2に示す配線234～239と同様に形成することができる。次に、配線406を覆う絶縁膜407を形成し、絶縁膜407上に配線406に接続する導電膜408を形成する。

【0163】

層間絶縁膜405及び絶縁膜407は樹脂材料で形成することができる。例えば、ポリイミド、アクリル、又はシロキサンポリマーを塗布し焼成して形成することができる。また、スパッタ法やプラズマCVD法、塗布法、印刷法等により、無機化合物を用いて単層又は積層で形成してもよい。その無機化合物の代表例としては、酸化珪素、窒化珪素、酸化窒化珪素、窒化酸化珪素がある。

【0164】

次に、図12(B)に示すように、導電膜408上に積層して導電膜411を形成する。ここでは、印刷法により金粒子を有する組成物を印刷し、200℃で30分加熱して組成物を焼成して導電膜411を形成する。また、蒸着法やスパッタ法で導電膜を形成し、エッチングにより所望の形状に加工することで、導電膜411を形成することもできる。

【0165】

続いて、図12(C)に示すように、絶縁膜407上に厚さ1～20μm、好ましくは5～10μmの絶縁膜412を形成する。ここでは、絶縁膜412を、エポキシ樹脂を用いて形成する。その際には、エポキシ樹脂の組成物を含む溶液をスピンドルコート法により塗布し、160℃で30分加熱して溶液を硬化させてエポキシ樹脂を硬化させる。しかる後、導電膜411を覆う部分のエポキシ樹脂を除去して、導電膜411の上面を露出するが、導電膜408及び導電膜411の周囲がエポキシ樹脂に覆われているようとする。

【0166】

ここでは、絶縁膜401から絶縁膜412までの積層体を素子形成層410ということとする。

【0167】

次に、図12(D)に示すように、後の剥離工程を容易に行うために、レーザビーム413を絶縁膜401、405、407、及び絶縁膜412に照射して、図12(E)に示すような開口部414を形成する。レーザビーム413を照射することにより、絶縁膜401、405、407、412がレーザビーム413を吸収し溶融して開口部414が形成される。開口部414は基板400の周囲を囲むように形成される。開口部414を形成した後、絶縁膜412に粘着部材415を貼りあわせる。なお、開口部414を形成しなくとも、素子形成層410を基板400から容易に分離することができる場合は、レーザビーム413の照射を省略することができる。

【0168】

次に、剥離膜402及び絶縁膜401の界面に形成されている金属酸化物層(ここでは、タンゲステン酸化物層)において剥離を生じさせ、図13(A)に示すように、基板400から素子形成層410を分離する。この工程で、粘着部材415は、基板400から分離された素子形成層410を支持するための支持部材として機能する。

【0169】

剥離膜402に形成されているタンゲステン酸化物層は脆いため、力学的な力を加えることで剥離が生じ、素子形成層410を基板400から分離することができる。素子形成層410を基板400から分離する方法として、代表的には、人間の手や把治具で素子形成層410を剥す方法、ローラーを有する剥離装置を用いる方法などがある。

10

20

30

40

50

【0170】

なお、本実施の形態では、素子形成層410と基板400を分離するために、剥離膜402を形成する方法を用いたが、剥離膜402を形成しない方法を用いることもできる。例えば、図12(E)の工程の後、基板400を機械的に研削及び研磨し除去する方法や、基板400をHF等の溶液を用いて溶解する方法を用いることができる。

【0171】

次に、図13(B)に示すように、素子形成層410の絶縁膜401に、可撓性基板422を貼り付け、その後、粘着部材415を素子形成層410から剥す。ここでは、可撓性基板422として、キャスト法によりポリアニリンで形成されたフィルムを用いる。

【0172】

その後、図13(C)に示すように、可撓性基板422をダイシングフレーム432のUVシート431に貼り付ける。UVシート431は粘着性を有するため、UVシート431上に可撓性基板422が固定される。この後、導電膜411にレーザビームを照射して、導電膜411と導電膜408の間の密着性を高めてよい。

【0173】

続いて、図13(D)に示すように、導電膜411上に接続端子433を形成する。

この接続端子433を形成することで、後にアンテナとして機能する導電膜との位置合わせ及び素子形成層410との電気的な接続を容易に行うことが可能である。

【0174】

次に、図14(A)に示すように素子形成層410及び可撓性基板422にレーザビーム434を照射して、図14(B)に示すように、素子形成層410を複数に分断する。これは、1枚の基板400上に、半導体装置を構成する複数の回路が形成されているため、素子形成層410を1つの装置ごとに分割するための工程である。なお、素子形成層410の分割にレーザカット法を用いたが、ダイシング法、スクライビング法等を用いることができる。なお、ここでは、装置ごとに分断された素子形成層410を薄膜集積回路という。なお、図14(B)には、素子形成層410を2つの薄膜集積回路442a、薄膜集積回路442bに分割した例を示しているが、薄膜集積回路の数は2に限定されるものではない。

【0175】

次に、ダイシングフレーム432のUVシート431にUV光を照射して、UVシート431の粘着力を低下させた後、UVシート431をエキスパンダ枠444で支持する。その際、UVシート431を伸ばした状態でエキスパンダ枠444で支持する。その結果、図14(C)に示すように、薄膜集積回路442a、442bの間に形成された溝441の幅を拡大することができる。なお、拡大された溝446は、後に薄膜集積回路442a、442bに貼りあわせられるアンテナ基板の大きさにあわせることが好ましい。

【0176】

次に、アンテナ基板457を用意する。アンテナ基板457は、可撓性基板456と、可撓性基板456上に形成されたアンテナとして機能する導電膜452a、452bと、導電膜452a、452bを封止している絶縁膜453である。なお、可撓性基板456には、薄膜集積回路に対応して、アンテナとして機能する導電膜が形成されており、かつアンテナとして機能する導電膜の一部が露出するように、開口部が設けられている。

【0177】

そして、異方性導電接着剤455a、455bを用いて、アンテナ基板457を薄膜集積回路442a、442bに貼りあわせる。この結果、図15(A)に示すように、導電膜452a、452bが、それぞれ、薄膜集積回路442a、442bの接続端子433に、異方性導電接着剤455a、455bに含まれる導電性粒子454a、454bによって電気的に接続される。

【0178】

次に、図15(B)に示すように、導電膜452a、452b、及び薄膜集積回路442a、442bが形成されていない領域で、アンテナ基板457を分断する。ここでは、

10

20

30

40

50

レーザビーム 461 を用いたレーザカット法により分断を行う。以上の工程により、図 15 (C) に示すように、非接触でデータの伝送が可能な半導体装置 462a、462b を作製することができる。

【0179】

なお、素子形成層 410 及びアンテナ基板 457 の分割は次のように行ってもよい。異方性導電接着剤 455a、455b を用いてアンテナ基板 457 を薄膜集積回路 442a、442b に貼りあわせた状態で（図 15 (A) の状態で）、薄膜集積回路 442a、442b を封止するように可撓性基板 463 を設ける。次いで、レーザカット法で、アンテナ基板 457 を分割することで、図 15 (D) に示すような薄膜集積回路が可撓性基板 463 に封止されている半導体装置 464 が作製できる。図 15 (C) の半導体装置 464 では、可撓性基板 463 とアンテナ基板 457 の可撓性基板 456 によって、薄膜集積回路が封止されるため、図 15 (D) の半導体装置 462a、462b よりも薄膜集積回路の劣化を抑制する効果が高い。10

【0180】

以上の工程により、薄型で軽量で、かつ撓めることができ可能な半導体装置を作製することが可能である。また、半導体装置の薄膜トランジスタの半導体層（特に、チャネル形成領域）の結晶の面方位が揃っているため、薄膜トランジスタの電気特性のばらつきを抑えることが可能である。このため、高性能で信頼性の高い半導体装置を作製することができる。20

【0181】

次に、上記非接触でデータの伝送が可能な半導体装置の用途について図 16 を用いて示す。

【0182】

本実施の形態の半導体装置 500 は、物品の表面に固定する、物品に埋め込む等の方法で用いられる。例えば、本等の紙が用いられている物品なら、半導体装置 500 を紙に埋め込む又は漉き込む。有機樹脂からなるパッケージなら当該有機樹脂に半導体装置 500 を埋め込み、電子機器などのプリント基板に実装する。

【0183】

図 16 (A) は、本実施の形態の半導体装置 500 を用いた ID ラベルの構成例を示す図である。ラベル台紙 501（セパレート紙）上に複数の ID ラベル 502 が形成されている。各 ID ラベル 502 は、無線通信が可能なアンテナと薄膜集積回路を有する半導体装置 500 を内包している。ID ラベル 502 は、ボックス 503 に収納されている。ID ラベル 502 には、その商品や役務に関する情報（商品名、ブランド、商標、商標権者、販売者、製造者等）が記されている。一方、内蔵されている半導体装置 500 の薄膜集積回路には、その商品（又は商品の種類）固有の ID ナンバーが記憶されている。半導体装置 500 の集積回路には、ID ラベル 502 の表面に明記しきれない多大な情報、例えば、商品の産地、販売地、品質、原材料、効能、用途、数量、形状、価格、生産方法、使用方法、生産時期、使用時期、賞味期限、取扱説明、商品に関する知的財産情報等が記憶されている。30

【0184】

図 16 (B) は、ID タグ 504 の構成例を示す図である。ID タグ 504 には、紙やプラスチックのタグに半導体装置 500 を内蔵している。無線通信可能な ID タグ 504 を商品に備え付けることにより、商品の流通経路をたどることができるため商品管理が容易になる。

【0185】

図 16 (C) は、ID カード 505 の構成例を示す図である。ID カード 505 は、2 枚のプラスチックカードの間に半導体装置 500 が挟まれている。ID カード 505 としては、キャッシュカード、クレジットカード、プリペイドカード、電子乗車券、電子マネー、テレフォンカード、会員カード等のあらゆるカード類が含まれる。

【0186】

50

20

30

40

50

図16(D)には、紙に半導体装置500を内包した物品の構成例を示し、その物品の具体例として無記名債券506を示す。無記名債券506には、半導体装置500が埋め込まれている。無記名債券506には、切手、切符、チケット、入場券、商品券、図書券、文具券、ビール券、おこめ券、各種ギフト券、各種サービス券等が含まれる。

【0187】

また、図16(B)に示すIDタグ504を物品に取り付ける代わりに、物品に半導体装置500を取り付けることもできる。包装紙、包装箱、ボトルなどの包装用資材又は梱包用資材(例えば、図16(E)のボトル507参照)、自転車、自動二輪車などの乗物類(図16(F)の自転車508参照)、身の回り品、食品類、衣類、生活用品類、電子機器等に本実施の形態の半導体装置500を設けることにより、検品システム等のシステムの効率をあげることができる。10

【実施例1】

【0188】

本実施例では、幅が2μm以下の線状レーザビームを得るために非球面シリンドリカルレンズについて説明する。

【0189】

非球面シリンドリカルレンズを設計するため、ビームスポットを直径2μmの円状に集光することができる回転対称非球面レンズを設計した。回転対称非球面レンズの光学設計には、汎用的な光学設計ソフトウェアの1つである「ZEMAX」(ZEMAX Development Corporation社製)を用いた。レンズのサーフェスタイプ(Surface type)は、ZEMAXで用意されている偶数次非球面(Even Surface)を用いた。偶数次非球面は、コーニック定数を用いて記述される非球面をベースに、半径座標rの偶数次の多項式で記述される。その面のサグ(sag)は、下記式(1)dで記述される。20

【0190】

【数1】

$$d = \frac{cr^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2 r^2}} + \alpha_1 r^2 + \alpha_2 r^4 + \alpha_3 r^6 + \alpha_4 r^8 + \alpha_5 r^{10} + \alpha_6 r^{12} + \alpha_7 r^{14} + \alpha_8 r^{16} \quad \cdots(1)$$

【0191】

なお、式(1)において、cは曲率半径の逆数であり、kはコーニック定数であり、rは球面の半径であり、 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_8$ は非球面係数である。30

【0192】

本実施例では、式(1)において、rの6次以上の非球面係数 $\alpha_3, \alpha_4, \alpha_5, \dots, \alpha_8$ をゼロとし、多項式の第1項乃至第3項のみを用いた。

【0193】

図17～図21は、回転対称非球面レンズを設計したときのZEMAXのウインドウ画面である。図17は、式(1)のパラメータの入力画面であり、回転対称非球面レンズのレンズデータが示されている。図18は回転対称非球面レンズの回転中心軸を含む面で切断した断面図を示す画面である。図18に示すように、設計した回転対称非球面レンズは平凸レンズである。40

【0194】

図19、図20及び図21はスポットダイアグラム(Spot diagrams)を示す画面である。図19～図21のスポットダイアグラムから、図17のレンズデータで設計された回転対称非球面レンズにより、ビームスポットを直径2μm以下に集光できることが分かる。

【0195】

図17のレンズデータで記述される曲面を有する回転対称非球面レンズは、球面収差が非常に小さいため、ビームスポットを直径2μm以下に集光できる。よって、図17のレンズデータで記述される回転対称非球面を基に、一軸方向のみに屈折率を有する回転対称50

非球面シリンドリカルレンズを設計することで、ビームスポットを幅 2 μm 程度の極細い線状に集光するレンズを作製することができる。

【0196】

なお、図 17 のレンズデータをもとに設計される回転対称非球面シリンドリカルレンズは焦点深度が ± 2 μm 程度となる。そのため、この焦点深度の範囲よりも表面粗さが大きい半導体膜を結晶化する場合は、オートフォーカス装置を用いて、ピントを調節しながら、レーザビームを照射することができる。

【0197】

非球面シリンドリカルレンズは球面収差が小さいため、図 19 ~ 図 21 に示すように、
非球面シリンドリカルレンズによってビーム幅が 2 μm 以下の極細い線状に集光する
ことが可能である。また、本実施例の非球面シリンドリカルレンズと同じように通過するビーム
を屈折して、ビームを幅が 2 μm 以下の極細い線状に集光する屈折率分布レンズを設計
することも可能である。屈折率分布レンズを設計するには、レンズ媒質の屈折率の勾配を
決定することで可能である。
10

【図面の簡単な説明】

【0198】

【図 1】(A) ~ (C) 本発明の半導体膜の結晶化方法を説明する断面図。

【図 2】図 1 (B) に対応する斜視図。

【図 3】本発明の半導体膜の結晶化方法に用いられるレーザ照射装置の構成を示す図。

【図 4】(A) ~ (D) 本発明によって形成された結晶性半導体膜を用いて、薄膜トランジスタを作製する方法を説明するための断面図。
20

【図 5】(A) ~ (D) 本発明の半導体装置の作製方法を説明するための断面図であり、
アクティブマトリクス型液晶表示装置の作製方法を説明する断面図。

【図 6】(A) ~ (C) 図 5 (D) に続く工程を説明するための断面図。

【図 7】(A) ~ (C) 本発明の半導体装置の作製方法を説明するための断面図であり、
アクティブマトリクス型発光装置の作製方法を説明する断面図。

【図 8】本発明の半導体装置を表示部に有する電子機器の外観図。(A) 携帯情報端末、
(B) デジタルビデオカメラ、(C) 携帯電話、(D) 携帯型のテレビジョン装置、(E)
携帯型のコンピュータ、(F) テレビジョン装置。

【図 9】図 8 (C) の携帯電話の分解図。
30

【図 10】図 8 (D) 及び図 8 (F) のテレビジョン装置の構成例を示すブロック図。

【図 11】本発明の非接触でデータの伝送が可能な半導体装置のブロック図。

【図 12】(A) ~ (E) 本発明の半導体装置の作製方法を説明するための断面図であり、
非接触でデータの伝送が可能な半導体装置の作製方法を説明する断面図。

【図 13】(A) ~ (D) 図 12 (E) に続く工程を説明するための断面図。

【図 14】(A) ~ (C) 図 13 (D) に続く工程を説明するための断面図。

【図 15】(A) ~ (D) 図 14 (C) に続く工程を説明するための断面図。

【図 16】(A) ~ (F) 本発明の非接触でデータの伝送が可能な半導体装置の用途を説明する図。

【図 17】回転対称非球面レンズの設計に用いたソフトウェアのウインドウ画面であり、
レンズデータが示されたウインドウ画面。
40

【図 18】回転対称非球面レンズの設計に用いたソフトウェアのウインドウ画面であり、
回転対称非球面レンズの断面が示されたウインドウ画面。

【図 19】回転対称非球面レンズの設計に用いたソフトウェアのウインドウ画面であり、
回転対称非球面レンズのスポットダイアグラムが示されたウインドウ画面。

【図 20】回転対称非球面レンズの設計に用いたソフトウェアのウインドウ画面であり、
回転対称非球面レンズのスポットダイアグラムが示されたウインドウ画面。

【図 21】回転対称非球面レンズの設計に用いたソフトウェアのウインドウ画面であり、
回転対称非球面レンズのスポットダイアグラムが示されたウインドウ画面。

【図 22】発明者らが開発した半導体膜の結晶化方法を説明するための斜視図。
50

【図23】発明者らが開発した半導体膜の結晶化方法において、レーザビームのエネルギーと半導体膜の結晶構造の関係を示す図。

【符号の説明】

【0199】

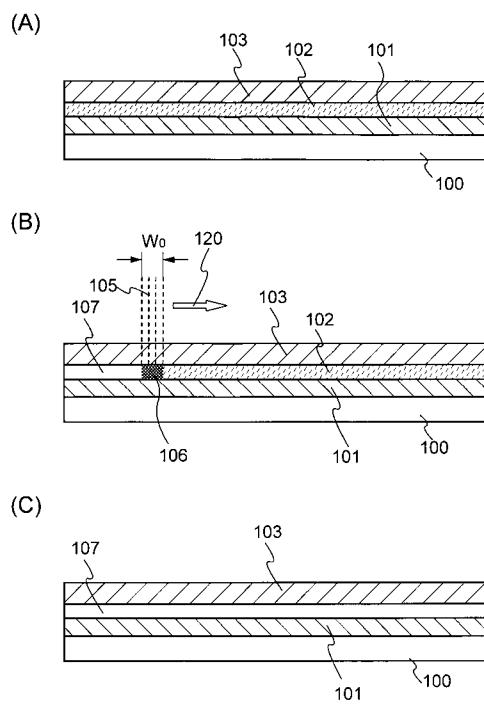
O b	被照射物	
W ₀	線状レーザビームの幅	
1	ガラス基板	
2	絶縁膜	
3	非晶質珪素膜	
4	キップ膜	10
5	線状レーザビーム	
6	結晶性半導体	
100	基板	
101	絶縁膜	
102	半導体膜	
103	キップ膜	
105	線状レーザビーム	
106	液体状態の半導体	
107	結晶性半導体	
108	結晶性半導体膜	20
109	絶縁膜	
110	ゲート配線	
112	n型不純物領域	
113	チャネル形成領域	
114	絶縁膜	
115	配線	
150	ビームスポット	
151	レーザ	
152	基板固定用ステージ	
153	Xステージ	30
154	Yステージ	
155	スリット	
156	偏向ミラー	
157	投影レンズ	
158	集光レンズ	
201、202、203	半導体層	
201c、202c、203c	チャネル形成領域	
204	絶縁膜	
205～208	ゲート電極	
209～215	高濃度不純物領域	40
216～223	低濃度不純物領域	
225～227	薄膜トランジスタ	
231	酸化珪素膜(第1の層間絶縁膜)	
232	窒化珪素膜(第1の層間絶縁膜)	
233	酸化珪素膜(第1の層間絶縁膜)	
234～239	配線	
240	接続端子	
241	第2の層間絶縁膜	
242	画素電極	
243	絶縁膜	50

2 4 4	導電層	
2 5 1	対向基板	
2 5 2	着色層	
2 5 3	画素電極	
2 5 4	絶縁膜	
2 5 5	液晶層	
2 5 6	スペーサ	
2 5 7	シール材	
2 5 8	液晶素子	
2 6 1	異方性導電膜	10
2 6 2	F P C (フレキシブルプリント配線)	
2 6 3	端子部	
2 6 4	駆動回路部	
2 6 5	画素部	
3 0 8 ~ 3 1 3	配線	
3 1 4	接続端子	
3 1 5	第 2 の層間絶縁膜	
3 1 6	電極層	
3 1 7	有機絶縁物膜	
3 1 8	発光物質を含む層	20
3 1 9	電極層	
3 2 0	導電層	
3 2 1	発光素子	
3 2 2	保護膜	
3 2 3	シール材	
3 2 4	封止基板	
3 2 5	空間	
3 2 6	異方性導電層	
3 2 7	F P C	
4 0 0	基板	30
4 0 1	絶縁膜	
4 0 2	剥離膜	
4 0 4	薄膜トランジスタ	
4 0 5	層間絶縁膜	
4 0 6	配線	
4 0 7	絶縁膜	
4 0 8	導電膜	
4 1 0	素子形成層	
4 1 1	導電膜	
4 1 2	絶縁膜	40
4 1 3	レーザビーム	
4 1 4	開口部	
4 1 5	粘着部材	
4 2 2	可撓性基板	
4 3 1	U V シート	
4 3 2	ダイシングフレーム	
4 3 3	接続端子	
4 3 4	レーザビーム	
4 4 1	溝	
4 4 2 a 、 4 4 2 b	薄膜集積回路	50

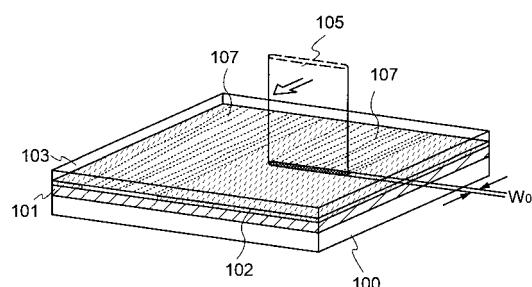
4 4 4	エキスパンダ枠	
4 4 6	溝	
4 5 2 a、4 5 2 b	導電膜	
4 5 3	絶縁膜	
4 5 4 a、4 5 4 b	導電性粒子	
4 5 5 a、4 5 5 b	異方性導電接着剤	
4 5 6	可撓性基板	
4 5 7	アンテナ基板	
4 6 1	レーザビーム	
4 6 2 a、4 6 2 b	半導体装置	10
4 6 3	可撓性基板	
4 6 4	半導体装置	
5 0 0	半導体装置	
5 0 1	ラベル台紙	
5 0 2	IDラベル	
5 0 3	ボックス	
5 0 4	IDタグ	
5 0 5	IDカード	
5 0 6	無記名債券	
5 0 7	ボトル	20
5 0 8	自転車	
2 0 0 1	アンテナ部	
2 0 0 2	電源部	
2 0 0 3	ロジック部	
2 0 1 1	アンテナ	
2 0 2 1	整流回路	
2 0 2 2	保持容量	
2 0 2 3	定電圧回路	
2 0 3 1	復調回路	
2 0 3 2	クロック生成・補正回路	30
2 0 3 3	判定回路	
2 0 3 4	メモリコントローラ	
2 0 3 5	変調回路	
2 0 3 6	変調用抵抗	
2 0 3 7	符号化回路	
2 0 3 8	マスクROM	
2 7 0 0	筐体	
2 7 0 1	パネル	
2 7 0 2	ハウジング	
2 7 0 3	プリント配線基板	40
2 7 0 4	操作ボタン	
2 7 0 5	バッテリ	
2 7 0 8	接続フィルム	
2 7 0 9	画素領域	
9 1 0 1	本体	
9 1 0 2	表示部	
9 2 0 1	本体	
9 2 0 2	表示部	
9 3 0 1	本体	
9 3 0 2	表示部	50

9 4 0 1	本体	
9 4 0 2	表示部	
9 5 0 1	本体	
9 5 0 2	表示部	
9 5 1 1	チューナ	
9 5 1 2	映像検波回路	10
9 5 1 3	映像信号処理回路	
9 5 1 4	コントロール回路	
9 5 1 5	表示パネル	
9 5 1 6	走査線駆動回路	
9 5 1 7	信号線駆動回路	
9 5 1 8	信号分割回路	
9 5 2 1	音声検波回路	
9 5 2 2	音声信号処理回路	
9 5 2 3	スピーカ	
9 5 2 4	制御回路	
9 5 2 5	入力部	
9 7 0 1	表示部	
9 7 0 2	表示部	

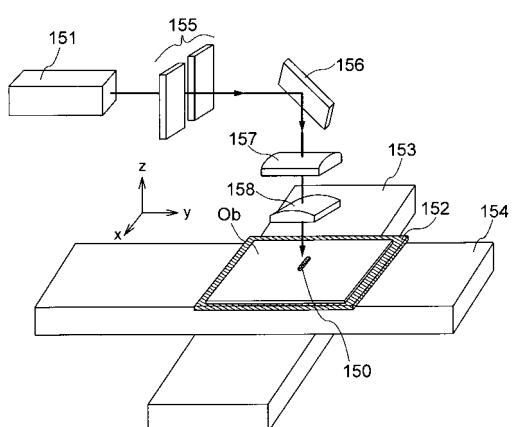
【図1】



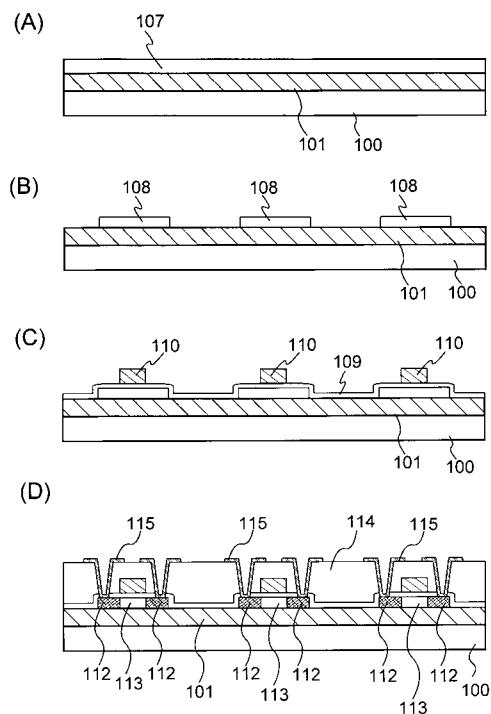
【図2】



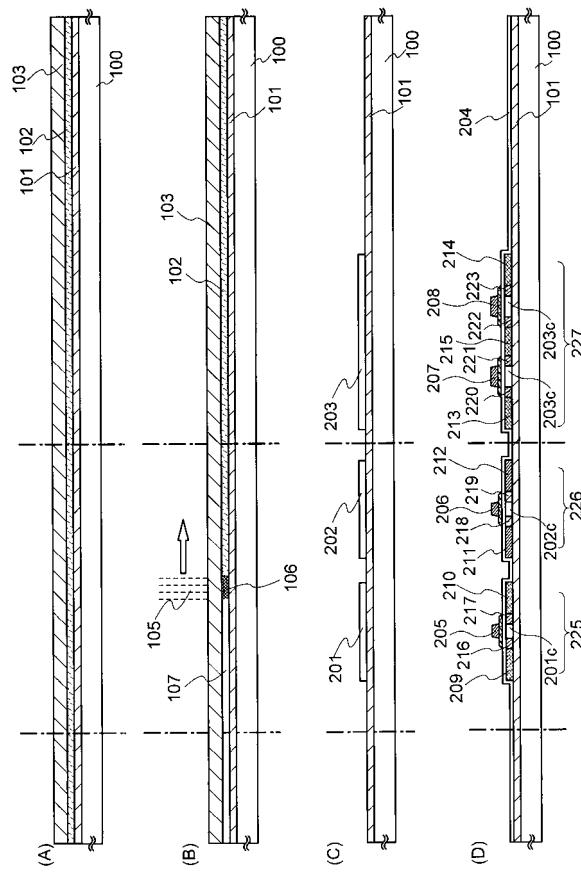
【図3】



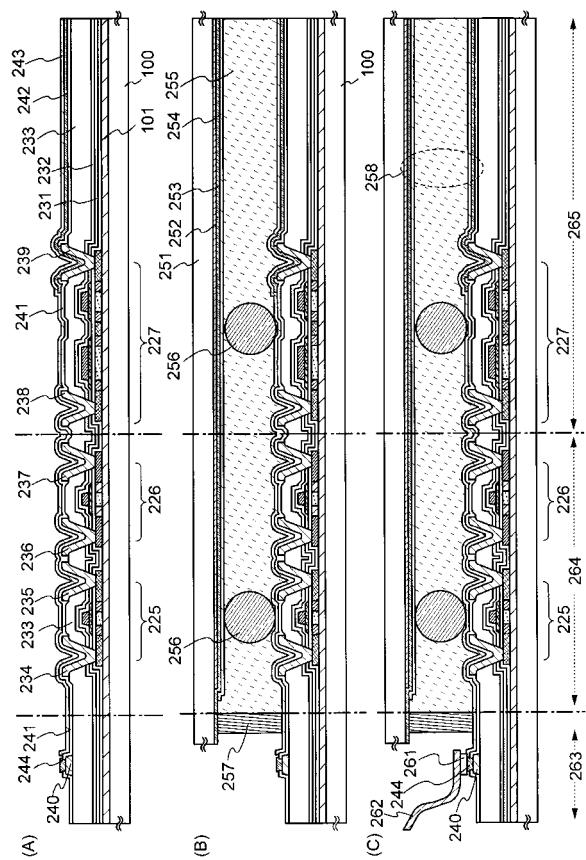
【 义 4 】



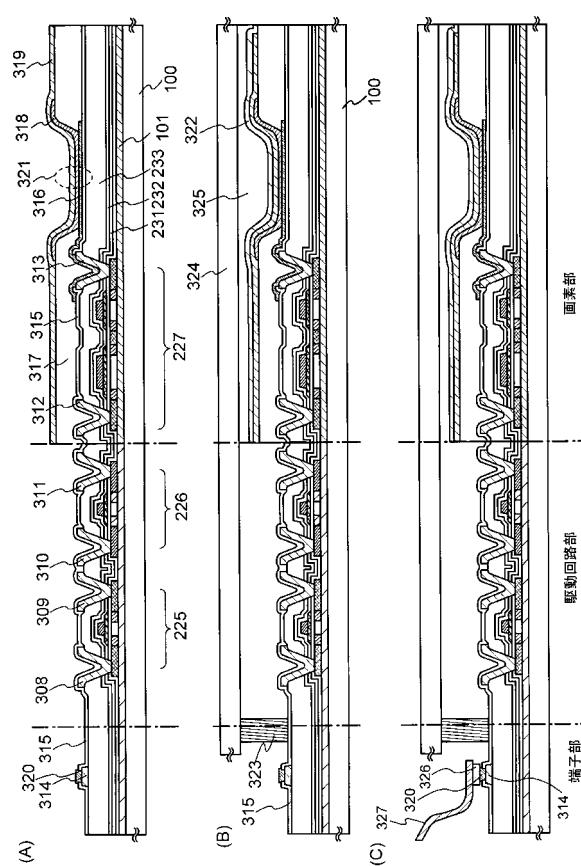
【 図 5 】



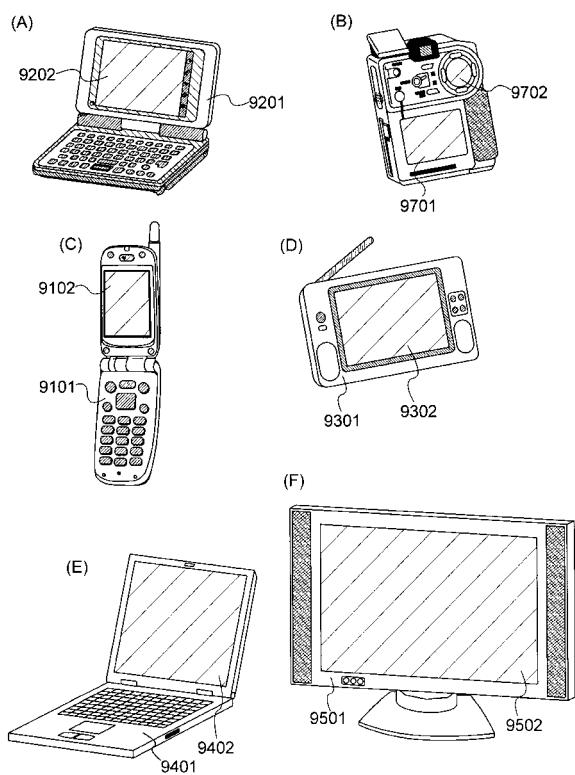
【図6】



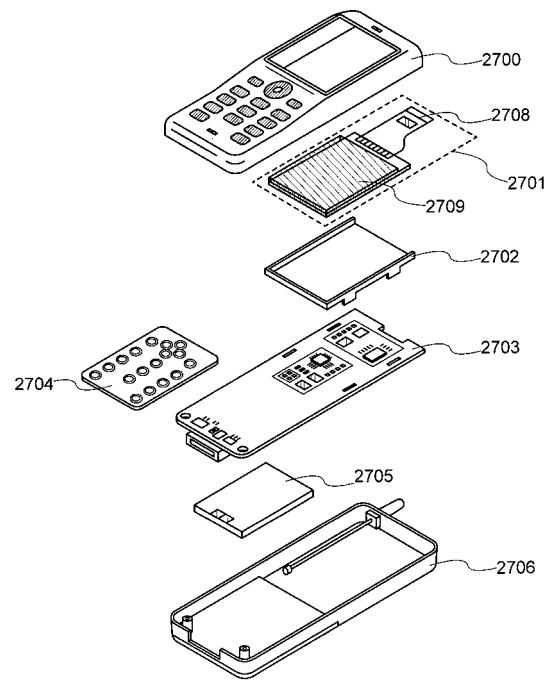
【図7】



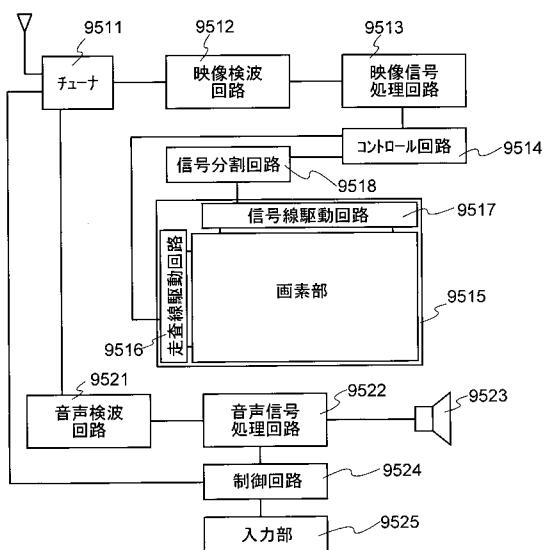
【図 8】



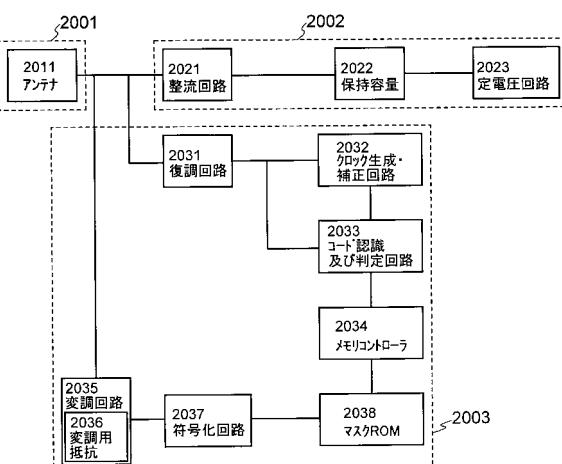
【図 9】



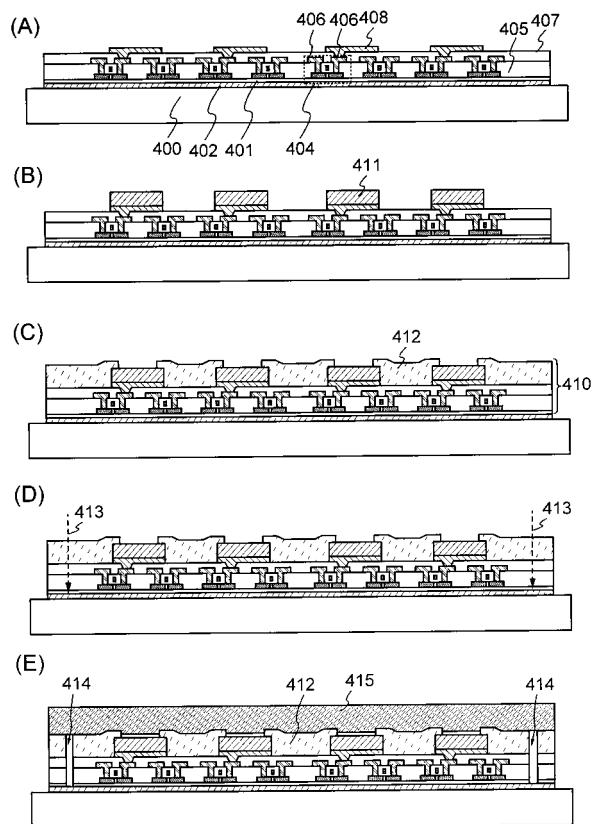
【図 10】



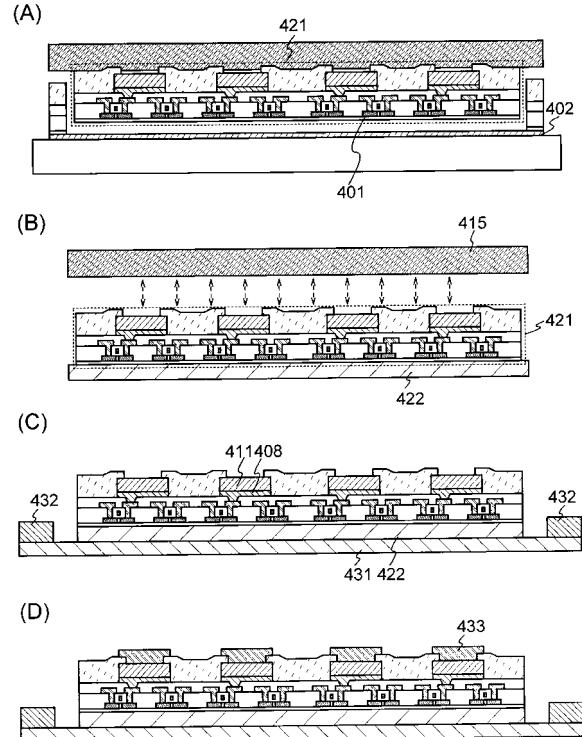
【図 11】



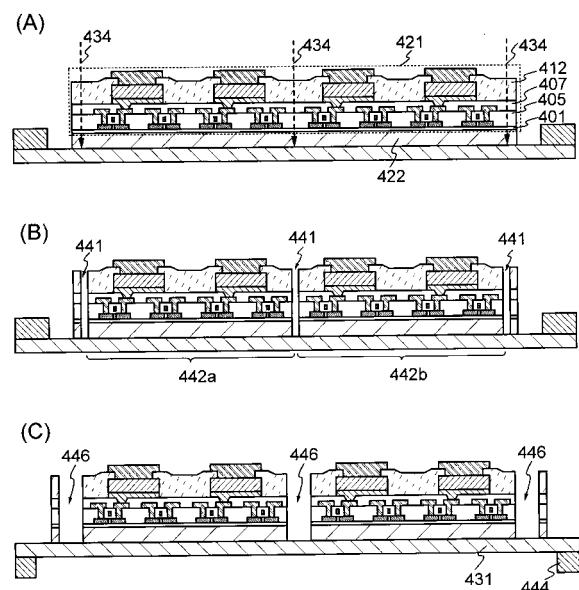
【図12】



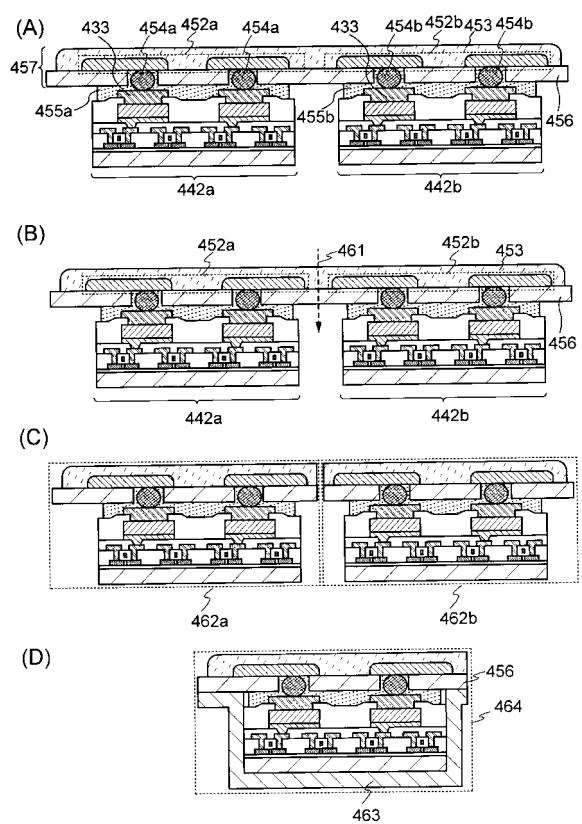
【図13】



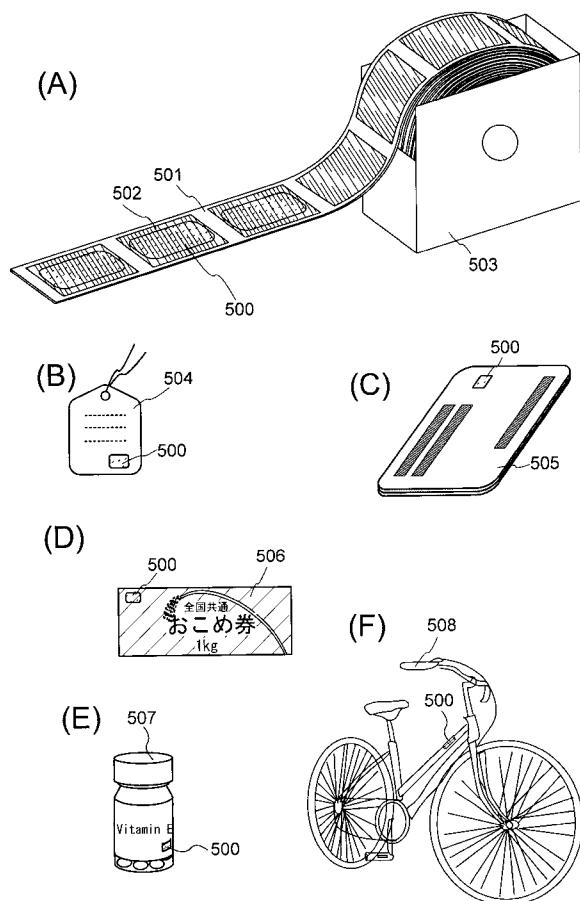
【図14】



【図15】



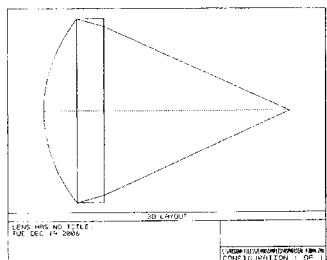
【図16】



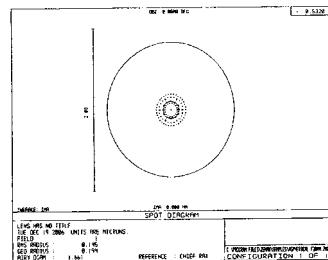
【図17】

Sort Order	Type	Radius	Thickness	Class	Semi-Diameter	Comic	Var (unrest)	2nd Order Term	3rd Order Term
1	Standard	Infinity	Infinity		0.000000	0.000000			
2	Standard	10.380000	3.000000	E7C	5.000000	0.000000		0.0359 V	0.000055
3	Standard	10.312178	10.212178	V	4.588705	0.000010			
4	Standard	Infinity	-0.002000		0.00034	0.000000			
5	Standard	Infinity			0.00055	0.000000			

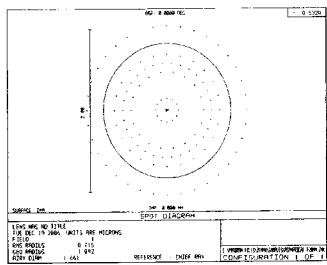
【 図 1 8 】



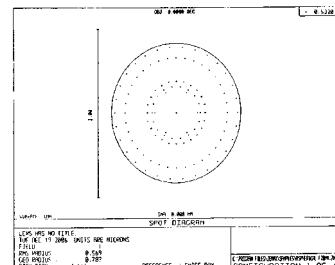
【 図 20 】



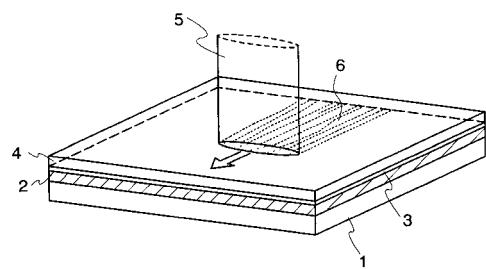
【図19】



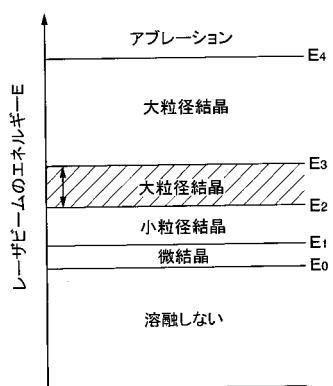
【図21】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

		F I	
H 0 1 L	27/092	(2006.01)	H 0 5 B 33/14 A
G 0 2 F	1/1368	(2006.01)	H 0 5 B 33/14 Z
H 0 1 L	51/50	(2006.01)	H 0 5 B 33/10
H 0 5 B	33/14	(2006.01)	
H 0 5 B	33/10	(2006.01)	

審査官 河合 俊英

(56)参考文献 特開平11-274096(JP,A)
特開2005-217209(JP,A)
特開2004-311488(JP,A)
特開昭58-206163(JP,A)
特開2003-218055(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H 0 1 L	2 1 / 2 0
G 0 2 F	1 / 1 3 6 8
H 0 1 L	2 1 / 3 3 6
H 0 1 L	2 1 / 8 2 3 8
H 0 1 L	2 7 / 0 8
H 0 1 L	2 7 / 0 9 2
H 0 1 L	2 9 / 7 8 6
H 0 1 L	5 1 / 5 0
H 0 5 B	3 3 / 1 0
H 0 5 B	3 3 / 1 4