

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4364674号
(P4364674)

(45) 発行日 平成21年11月18日 (2009.11.18)

(24) 登録日 平成21年8月28日 (2009.8.28)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 L 21/20 (2006.01)

H O 1 L 21/20

H O 1 L 21/268 (2006.01)

H O 1 L 21/268 G

H O 1 L 21/336 (2006.01)

H O 1 L 29/78 6 2 7 G

H O 1 L 29/786 (2006.01)

H O 1 S 3/00 B

H O 1 S 3/00 (2006.01)

請求項の数 6 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2004-53312 (P2004-53312)
 (22) 出願日 平成16年2月27日 (2004.2.27)
 (65) 公開番号 特開2004-282060 (P2004-282060A)
 (43) 公開日 平成16年10月7日 (2004.10.7)
 審査請求日 平成18年3月28日 (2006.3.28)
 (31) 優先権主張番号 特願2003-54695 (P2003-54695)
 (32) 優先日 平成15年2月28日 (2003.2.28)
 (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 山崎 舜平
 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

審査官 河本 充雄

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】

ガラス基板の上方に非晶質シリコン膜を形成し、高調波であり波長532nmである連続発振の第1のレーザービームを前記非晶質シリコン膜において楕円状ビームとなるように加工し、基本波であり波長1.064μmである連続発振の第2のレーザービームを前記第1のレーザービームと重ねて同時に前記非晶質シリコン膜に照射し、前記第1のレーザービーム及び前記第2のレーザービームと、前記非晶質シリコン膜とを相対的に移動しながら照射することにより、前記非晶質シリコン膜を結晶化する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、前記第2のレーザービームを射出する第2のレーザー発振器の出力は、前記第1のレーザービームを射出する第1のレーザー発振器の出力より大きいことを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項3】

請求項1又は請求項2において、前記第1のレーザービーム及び前記第2のレーザービームを、前記シリコン膜に吸収されるエネルギー密度の分布が不連続となるように照射する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 1 乃至請求項 3 のいずれかーにおいて、
複数の前記第 1 のレーザビームを互いにつなげて長いビームを形成し、前記第 2 のレーザビームと重ねて同時に前記非晶質シリコン膜に照射す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 乃至請求項 3 のいずれかーにおいて、
複数の前記第 2 のレーザビームを前記第 1 のレーザビームの両側にそれぞれ重ねて同時に前記非晶質シリコン膜に照射す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 乃至請求項 5 のいずれかーにおいて、
前記第 1 のレーザビーム及び前記第 2 のレーザビームは、YAG レーザ、YVO₄ レーザ又は YAlO₃ レーザから射出されることを特徴とする半導体装置の作製方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はレーザ光の照射方法およびそれを行うためのレーザ照射装置（レーザと該レーザから出力されるレーザ光を被照射体まで導くための光学系を含む装置）に関する。また、前記レーザ処理の工程を含んで作製された半導体装置の作製方法に関する。なお、ここでいう半導体装置とは、半導体特性を利用することで機能しうる装置全般を指し、液晶表示装置や発光装置等の電気光学装置及び該電気光学装置を部品として含む電子装置も含まれるものとする。

20

【背景技術】

【0002】

近年、基板上に薄膜トランジスタ（以下、TFTと記す）を製造する技術が大幅に進歩し、アクティブマトリクス型の表示装置への応用開発が進められている。特に、多結晶半導体膜を用いたTFTは、従来の非晶質半導体膜を用いたTFTよりも電界効果移動度（モビリティともいう）が高いので、高速動作が可能である。そのため、従来基板の外に設けられた駆動回路で行っていた画素の制御を、画素と同一の基板上に形成した駆動回路で行うことが試みられている。

30

【0003】

ところで半導体装置に用いる基板は、コストの面から単結晶シリコン基板よりも、ガラス基板が有望視されている。ガラス基板は耐熱性に劣り、熱変形しやすいため、ガラス基板上にポリシリコンTFTを形成する場合には、ガラス基板の熱変形を避けるために、半導体膜の結晶化にレーザアニールが用いられる。

【0004】

レーザアニールの特徴は、輻射加熱或いは伝導加熱を利用するアニール法と比較して処理時間を大幅に短縮できることや、半導体基板又は半導体膜を選択的、局所的に加熱して、基板に殆ど熱的損傷を与えないことなどが上げられている。

40

【0005】

なお、ここでいうレーザアニール法とは、半導体基板又は半導体膜に形成された損傷層やアモルファス層を再結晶化する技術や、基板上に形成された非晶質半導体膜を結晶化させる技術を指している。また、半導体基板又は半導体膜の平坦化や表面改質に適用される技術も含んでいる。

【0006】

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、パルス発振と連続発振の 2 種類に大別される。近年では、半導体膜の結晶化においてパルス発振のレーザよりも連続発振のレーザを用いるほうが、半導体膜内に形成される結晶の粒径が大きくなることが見

50

出されている。半導体膜内の結晶粒径が大きくなると、該半導体膜を用いて形成されるＴＦＴチャネル領域に入る粒界の数が減るので移動度が高くなり、より高性能のデバイスの開発に利用できる。そのため、連続発振のレーザはにわかに脚光を浴び始めている。（例えば特許文献１参照）

【０００７】

また、連続発振のレーザによる半導体または半導体膜のレーザアニール工程においては、生産性を上げるためにレーザ発振器から射出されたレーザビームを照射面上において長い楕円状に加工し、楕円状のレーザビーム（以下楕円ビームと称する。）を半導体膜に照射する方法がよく用いられる。加工後のレーザビームの形状が楕円状になるのは、元のレーザビームの形状が円形もしくはそれに近い形状であるからである。

10

【０００８】

【特許文献１】米国特許出願公開第２００２／００３１８７６ Ａ１ 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００９】

連続発振のレーザを半導体膜のアニールに用いる場合、極めて高特性のデバイスの作製が期待できる一方で、半導体膜に十分に吸収される波長域のレーザで形成できるビームスポットのサイズは極めて小さい。例えばＹＡＧレーザを使用する場合、高調波に変換しなければならないため最大出力が１０Ｗ程度のレーザしか適用できず、照射面でのビームスポットのサイズは最大でも５００μｍ×２０μｍ程度である。従って、このようなサイズのビームスポットを照射面上で、前後左右に動かすことで前記照射面上の必要な部分に対しレーザアニールを行う。

20

【００１０】

ここで、図１（ａ）に楕円状のビームスポット１０１の半導体膜における照射跡を示す。また、ビームスポット１０１の断面Ａにおけるエネルギー密度分布を１０５に示す。半導体膜における前記ビームスポットの照射跡には大きく分類して、２つの結晶状態が形成される。領域１０２及び１０４には、パルス発振のエキシマレーザでレーザ結晶化を行った場合に形成される結晶に似た状態の結晶粒が形成され、領域１０３には結晶粒径が前記パルスレーザで結晶化した場合と比較して非常に大きい結晶状態（以下この状態を、長結晶粒と呼ぶ）が形成される。

30

【００１１】

より具体的には、領域１０３に形成される長結晶粒は、短辺が数μｍ、長辺が数十～数百μｍのレーザの走査方向に長い結晶粒であり、領域１０３の中に長結晶粒が無数に敷き詰められた状態で形成される。それに対し、領域１０２及び１０４に形成される結晶は、長辺が数μｍ以下の結晶粒や直径１μｍ程度の結晶粒であり、長結晶粒に比べ非常に小さな結晶粒である。領域１０２及び１０４は、そのような小さな結晶粒の集合体として形成される。領域１０２及び１０４に形成された小さな結晶粒はパルス発振のエキシマレーザでレーザ結晶化を行った場合に形成される結晶に似た状態の結晶粒と言える。以下、パルス発振のエキシマレーザでレーザ結晶化を行った場合に形成される結晶に似た状態の結晶粒が形成される領域を結晶性不良領域と呼ぶ。

40

【００１２】

半導体膜内の結晶粒径が大きくなると、該半導体膜を用いて形成されるＴＦＴのチャネル領域における粒界の数が減るので移動度が高くなる。また、結晶性不良領域のＴＦＴの移動度は、長結晶粒領域に形成されるＴＦＴの移動度よりも大きく劣る。つまり、長結晶粒領域に形成されるＴＦＴと、結晶性不良領域のＴＦＴの電気特性には大きな差異が生じるため、たとえば、ＣＰＵなどの高特性が要求される半導体装置を作製する場合、該結晶性不良領域には、半導体素子を形成することができない。

【００１３】

エネルギー密度分布がガウシアン形状の楕円ビームを半導体膜に照射した場合、照射跡の中で結晶性不良領域が占める割合は通常２割程度である。従ってＴＦＴを配置できない

50

領域も2割程度存在するため、半導体素子の高集積化の点で問題がある。本発明は、半導体膜上に形成される結晶性不良領域をできる限り小さくすることを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本発明は、照射面である半導体膜に、連続発振レーザから射出された高調波と同時に波長1 μ m程度の基本波を補助的に照射する。上記の方法によって、パルス発振のエキシマレーザでレーザ結晶化を行った場合に形成される結晶に似た状態の結晶粒領域の形成を防止しながら、半導体膜上に長結晶粒領域を形成することを可能としたレーザ照射方法および照射装置、並びに半導体装置の作製方法を提供する。

【0015】

図1(b)は本発明の要旨を説明する図面である。半導体膜に楕円状のビームスポット106を照射する。ビームスポット106の波長域は半導体膜によく吸収される領域にあり、断面Bにおけるビームスポット106のエネルギー密度分布は111で示される。図中で、エネルギー密度Aは半導体膜の溶融の閾値、エネルギー密度Bは長結晶粒領域形成の閾値を表す。

【0016】

本発明は基本波によるビームスポット107をビームスポット106に重ね合わせて補助的に照射する。波長が1 μ m程度の基本波は通常の半導体膜には吸収されないが、高調波により溶融した半導体膜にはよく吸収される。そのため、ビームスポット106が照射された領域であって、かつエネルギー密度が半導体膜の溶融の閾値Aを超える領域だけが基本波を吸収する。すなわち、半導体膜に吸収されるエネルギー分布を図1(b)の実線で示したように不連続とすることができる。よって、結晶性不良領域のできるエネルギーを全く半導体膜に与えず、長結晶粒領域のできるエネルギーのみを半導体膜に与えることも可能となる。基本波のレーザビームを楕円ビームまたは長方形状のビームスポットに加工して照射することで、半導体膜の溶融した領域にエネルギーを補助的に与えることができ、長結晶粒が形成できる。本明細書中では楕円ビームと長方形状のビームを総称して、長いビームと呼ぶ。ビームスポット106および107を照射した時に半導体膜が吸収するエネルギー密度は112で示される。

【0017】

ビームスポット106および107により形成された半導体膜の照射跡には大きく分類して、2つの結晶状態が形成される。領域108及び110は、結晶性不良領域であり、領域109は長結晶粒領域である。図1(b)に示した照射跡は、図1(a)に示した、楕円状のビームスポットのみを照射して出来た照射跡よりも、結晶性不良領域の割合が小さく、長結晶粒領域の割合が大きいことがわかる。なお、条件を適切に選ぶと結晶性不良領域をほとんど0とすることができるが、熱伝導の影響があるため完全に0とすることはできない。

【0018】

以上のように、高調波に対して基本波を補助的に照射することで結晶性不良領域の形成を抑制しながら半導体膜に長結晶粒領域を形成することが可能となる。なお、本発明では半導体膜の照射に用いるビームスポット形状は図1(b)の構成に限定されない。高調波のビームを複数用い、それらをつなげて長いビームを作り、基本波のビームスポットを重ね合わせても良い。また、エネルギー密度が低い場合結晶性不良領域が形成されてしまう部分だけに基本波を補助的に照射する構成としても良い。あるいは基本波の方を複数用いてもよいし、高調波、基本波共に複数用いても構わない。

【0019】

本明細書で開示するレーザ照射装置に関する発明の構成は、可視光線以下の波長を出力する第1のレーザ発振器と、前記第1のレーザ発振器から射出される第1のレーザビームを照射面において長いビームに加工する手段と、基本波を出力する第2のレーザ発振器と、前記長いビームが照射される領域においてエネルギー密度の低い部分に、前記第2のレーザ発振器から射出される第2のレーザビームを照射する手段と、前記第1のレーザビー

10

20

30

40

50

ム及び前記第2のレーザビームに対して前記照射面を相対的に第1方向に移動させる手段と、前記第1のレーザビーム及び前記第2のレーザビームに対して前記照射面を相対的に第2方向に移動させる手段と、を有するレーザ照射装置であることを特徴としている。

【0020】

また、前記第1方向と前記第2方向は互いに直交することを特徴とする。

【0021】

なお、上記発明の構成において、好ましくは前記長いビームが照射される領域においてエネルギー密度の低い部分に、前記第2のレーザ発振器から射出される第2のレーザビームのエネルギー密度の高い部分を照射することを特徴とする。

【0022】

上記発明の構成において、前記第1のレーザ発振器及び前記第2のレーザ発振器は、連続発振の気体レーザ、固体レーザまたは金属レーザであることを特徴としている。前記気体レーザとして、Arレーザ、Krレーザ、CO₂レーザ等があり、前記固体レーザとして、YAGレーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YALO₃レーザ、アレキサンドライトレーザ、Ti:サファイヤレーザ等があり、前記金属レーザとしてはヘリウムカドミウムレーザが挙げられる。

【0023】

また、上記発明の構成において、前記第1のレーザビームは非線形光学素子により高調波に変換されていることを特徴とする。前記非線形光学素子に使われる結晶は、例えばLB 20 OやBBOやKDP、KTPやKB5、CLBOと呼ばれるものを使うと変換効率の点で優れている。これらの非線形光学素子をレーザの共振器の中に入れることで、変換効率を大幅に上げることができる。

【0024】

また、上記発明の構成において、前記第1のレーザビームはTEM₀₀で発振されると、得られる長いビームのエネルギー均一性を上げることができるので好ましい。

【0025】

レーザビームに対して透光性を持つ基板上に成膜された半導体膜をアニールする場合、均一なレーザビームの照射を実現するためには、照射面に垂直な平面であって、かつビームの形状を長方形と見立てたときの短辺を含む面または長辺を含む面のいずれか一方を入射面と定義すると、前記レーザー光の入射角度は、入射面に含まれる前記短辺または前記長辺の長さがW、前記照射面に設置され、かつ、前記レーザー光に対して透光性を有する基板の厚さがdであるとき、 $\arctan(W/2d)$ を満たすのが望ましい。複数のレーザビームを使用する場合、この議論は個々のレーザビームについて成り立つ必要がある。なお、レーザビームの軌跡が、前記入射面上にないときは、該軌跡を該入射面に射影したものの入射角度をとす。この入射角度でレーザビームが入射されれば、基板の表面での反射光と、前記基板の裏面からの反射光とが干渉せず、一様なレーザビームの照射を行うことができる。以上の議論は、基板の屈折率を1として考えた。実際は、基板の屈折率が1.5前後のものが多く、この数値を考慮に入れると上記議論で算出した角度よりも大きな計算値が得られる。しかしながら、ビームスポットの長手方向の両端のエネルギーは減衰があるため、この部分での干渉の影響は少なく、上記の算出値で十分に干渉減衰の効果が得られる。

【0026】

また、前記基板として、ガラス基板、石英基板やシリコン基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス基板、可撓性基板などを用いることができる。前記ガラス基板として、バリウムホウケイ酸ガラス、またはアルミノホウケイ酸ガラスなどのガラスからなる基板が挙げられる。また、可撓性基板とは、PET、PEI、PEN、アクリルなどからなるフィルム状の基板のことであり、可撓性基板を用いて半導体装置を作製すれば、軽量化が見込まれる。可撓性基板の表面、または表面および裏面にアルミ膜(AlON、AlN、AlOなど)、炭素膜(DLC(ダイヤモンドライクカーボン)など)、SiNなどの

10

20

30

40

50

バリア層を単層または多層にして形成すれば、耐久性などが向上するので望ましい。上記の に対する不等式は、基板がレーザービームに対して透光性のあるもの以外には適用されない。なぜならば、この場合、基板の厚さ d が全く意味のない数値となるからである。

【 0 0 2 7 】

また、本明細書で開示するレーザー照射方法に関する発明の構成は、可視光線以下の波長である第 1 のレーザービームを照射面において長いビームに加工し、前記照射面において、前記長いビームが照射される領域においてエネルギー密度の低い部分に、前記第 2 のレーザー発振器から射出される基本波である第 2 のレーザービームを第 1 のレーザービームと同時に照射し、前記長いビームに対して前記照射面を相対的に第 1 方向に移動しながら照射するレーザー照射方法である。

10

【 0 0 2 8 】

なお、上記発明の構成において、前記長いビームが照射される領域においてエネルギー密度の低い部分に、前記第 2 のレーザー発振器から射出される基本波である第 2 のレーザービームのエネルギー密度の高い部分を照射することが好ましい。

【 0 0 2 9 】

上記発明の構成において、前記第 1 のレーザービームまたは前記第 2 のレーザービームは、連続発振の気体レーザー、固体レーザーまたは金属レーザーから射出されたものであることを特徴としている。前記気体レーザーとして、Ar レーザ、Kr レーザ、CO₂ レーザ等があり、前記固体レーザーとして、YAG レーザ、YVO₄ レーザ、YLF レーザ、YAlO₃ レーザ、アレキサンドライトレーザー、Ti : サファイヤレーザー等があり、前記金属レーザーとしてはヘリウムカドミウムレーザーが挙げられる。

20

【 0 0 3 0 】

また、上記発明の構成において、前記第 1 のレーザービームは非線形光学素子により高調波に変換されていることを特徴とする。前記非線形光学素子に使われる結晶は、例えばLB0 やBBOやKDP、KTPやKB5、CLB0と呼ばれるものを使うと変換効率の点で優れている。これらの非線形光学素子をレーザーの共振器の中に入れることで、変換効率を大幅に上げることができる。

【 0 0 3 1 】

また、上記発明の構成において、前記レーザービームはTEM₀₀で発振されると、得られる長いビームのエネルギー均一性を上げることができるので好ましい。

30

【 0 0 3 2 】

レーザービームに対して透光性を持つ基板上に成膜された半導体膜をアニールする場合、均一なレーザービームの照射を実現するためには、照射面に垂直な平面であって、かつビームの形状を長方形と見立てたときの短辺を含む面または長辺を含む面のいずれか一方を入射面と定義すると、前記レーザー光の入射角度 θ は、入射面に含まれる前記短辺または前記長辺の長さが W 、前記照射面に設置され、かつ、前記レーザー光に対して透光性を有する基板の厚さが d であるとき、 $\arctan(W/2d)$ を満たすのが望ましい。複数のレーザービームを使用する場合、この議論は個々のレーザービームについて成り立つ必要がある。なお、レーザービームの軌跡が、前記入射面上にないときは、該軌跡を該入射面に射影したものの入射角度を θ とする。この入射角度 θ でレーザービームが入射されれば、基板の表面での反射光と、前記基板の裏面からの反射光とが干渉せず、一様なレーザービームの照射を行うことができる。以上の議論は、基板の屈折率を 1 として考えた。実際は、基板の屈折率が 1.5 前後のものが多く、この数値を考慮に入れると上記議論で算出した角度よりも大きな計算値が得られる。しかしながら、ビームスポットの長手方向の両端のエネルギーは減衰があるため、この部分での干渉の影響は少なく、上記の算出値で十分に干渉減衰の効果が得られる。

40

【 0 0 3 3 】

また、前記基板として、ガラス基板、石英基板やシリコン基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス基板、可撓性基板などを用いることができる。上記の に対する不等

50

式は、基板がレーザービームに対して透光性のあるもの以外には適用されない。なぜならば、この場合、基板の厚さ d が全く意味のない数値となるからである。

【0034】

また、本明細書で開示する半導体装置の作製方法に関する発明の構成は、基板上に非単結晶半導体膜を形成する工程と、可視光線以下の波長である第1のレーザービームを照射面において長いビームに加工し、前記長いビームが照射される領域においてエネルギー密度の低い部分に、前記第2のレーザー発振器から射出される基本波である第2のレーザービームを第1のレーザービームと同時に照射する工程を有し、前記長いビームに対して前記照射面を相対的に第1方向に移動しながら照射する工程を有し、前記非単結晶半導体膜のレーザーアニールを行うことを特徴とする半導体装置の作製方法である。

10

【0035】

なお、上記発明の構成において、前記長いビームが照射される領域においてエネルギー密度の低い部分に、前記第2のレーザー発振器から射出される基本波である第2のレーザービームのエネルギー密度の高い部分を照射することが好ましい。

【0036】

上記発明の構成において、前記結晶性不良領域の幅は $15\ \mu\text{m}$ 以下である。なお、結晶性不良領域において結晶粒の大きさは通常直径 $1\ \mu\text{m}$ 程度である。

【0037】

また、上記発明の構成において、前記第1のレーザービームまたは前記第2のレーザービームは、連続発振の気体レーザー、固体レーザーまたは金属レーザーから射出されたものであることを特徴としている。前記気体レーザーとして、Arレーザー、Krレーザー、 CO_2 レーザー等があり、前記固体レーザーとして、YAGレーザー、 YVO_4 レーザー、YLFレーザー、 YAlO_3 レーザー、アレキサンドライトレーザー、Ti:サファイヤレーザー等があり、前記金属レーザーとしてはヘリウムカドミウムレーザーが挙げられる。

20

【0038】

また、上記発明の構成において、前記第1のレーザービームは非線形光学素子により高調波に変換されていることを特徴とする。前記非線形光学素子に使われる結晶は、例えばLB0やBBOやKDP、KTPやKB5、CLB0と呼ばれるものを使うと変換効率の点で優れている。これらの非線形光学素子をレーザーの共振器の中に入れることで、変換効率を大幅に上げることができる。

30

【0039】

また、上記発明の構成において、前記レーザービームは TEM_{00} で発振されると、得られる長いビームのエネルギー均一性を上げることができるので好ましい。

【0040】

レーザービームに対して透光性を持つ基板上に成膜された半導体膜をアニールする場合、均一なレーザービームの照射を実現するためには、照射面に垂直な平面であって、かつビームの形状を長方形と見立てたときの短辺を含む面または長辺を含む面のいずれか一方を入射面と定義すると、前記レーザー光の入射角度 θ は、入射面に含まれる前記短辺または前記長辺の長さが W 、前記照射面に設置され、かつ、前記レーザー光に対して透光性を有する基板の厚さが d であるとき、 $\arctan(W/2d)$ を満たすのが望ましい。複数のレーザービームを使用する場合、この議論は個々のレーザービームについて成り立つ必要がある。なお、レーザービームの軌跡が、前記入射面上にないときは、該軌跡を該入射面に射影したものの入射角度を θ とする。この入射角度 θ でレーザービームが入射されれば、基板の表面での反射光と、前記基板の裏面からの反射光とが干渉せず、一様なレーザービームの照射を行うことができる。以上の議論は、基板の屈折率を1として考えた。実際は、基板の屈折率が1.5前後のものが多く、この数値を考慮に入れると上記議論で算出した角度よりも大きな計算値が得られる。しかしながら、ビームスポットの長手方向の両端のエネルギーは減衰があるため、この部分での干渉の影響は少なく、上記の算出値で十分に干渉減衰の効果が得られる。

40

【0041】

50

また、前記基板として、ガラス基板、石英基板やシリコン基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス基板、可撓性基板などを用いることができる。上記の に対する不等式は、基板がレーザービームに対して透光性のあるもの以外には適用されない。なぜならば、この場合、基板の厚さ d が全く意味のない数値となるからである。

【発明の効果】

【0042】

本発明の構成で半導体膜のレーザーアニールを行うことにより、半導体膜上に形成される結晶性不良領域をできる限り小さくすることができ、長結晶粒領域の割合を高くすることが可能になる。従ってTFTを配置できない領域を低減させ、半導体素子の高集積化を行うことが可能になる。また、本発明では、波長が $1\ \mu\text{m}$ 程度の基本波を高調波と同時に半導体膜に照射するため、該半導体膜の急激な温度変化の抑制や、出力の小さい高調波のエネルギーの補助などを効率良く行うことができる。以上の利点を満たした上で、アクティブマトリクス型の液晶表示装置に代表される半導体装置において、半導体装置の動作特性および信頼性の向上を実現することができる。さらに、半導体装置の製造コストの低減を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0043】

(実施の形態1)

【0044】

本発明の実施形態について図2を用いて説明する。本実施形態では、長いビーム205及び長いビーム206を形成し半導体膜表面204に照射する例を示す。

【0045】

まず、LD励起式の10Wのレーザー発振器201(Nd:YVO₄レーザー、CW、第2高調波(532nm))を用意する。前記レーザー発振器は、TEM₀₀の発振モードで、共振器にLBO結晶が内蔵されており、第2高調波に変換されている。特に第2高調波に限定する必要はないがエネルギー効率の点で、第2高調波の方が、さらに高次の高調波と比較して優れている。ビーム径は2.25mmである。広がり角は0.3mrad程度である。45°反射ミラー202にて、鉛直方向から角度 θ ずれた方向にレーザービームの進行方向を変換する。次に、焦点距離20mm、平面の部分が水平面と一致する平凸レンズ203にレーザービームを角度 θ で入射させる。前記角度 θ は適宜変更してよいが、本実施の形態では20°とした。照射面には半導体膜204を設置し、水平面と平行とする。半導体膜204はガラス基板の表面に成膜する。半導体膜204と平凸レンズ203との距離は、20mm程度とし、できるだけ入射面に平行な方向に伸びた長いビーム205が半導体膜204上に形成されるよう、距離を微調整する。微調整の精度は50 μm 程度とする。これにより、長径500 μm 、短径20 μm 程度の楕円形状に近い長いビーム205が形成される。

【0046】

半導体膜204が成膜された基板は、厚さ d のガラス基板であり、レーザー照射の際に基板が落ちないように、吸着ステージ207に固定されている。吸着ステージ207は、X軸用の一軸ロボット208とY軸用の一軸ロボット209により、半導体膜表面204に平行な面上をXY方向に動作できる。前述の干渉が出ない条件式は、

$$\arctan(W/2d)$$

であるから、例えば基板に厚さ0.7mmのものをを使うと

$$19.7^\circ$$

となる。

【0047】

次に、出力300Wのレーザー発振器210(Nd:YAGレーザー、CW、基本波(1.064 μm))、TE M₀₀)を用意する。レーザー発振器により発振された基本波は光ファイバ212を透過し、射出される。光ファイバは伝送形式がSI型、コア径が直径0.6mmであり、光ファイバからの出射光のNAは0.2である。光ファイバからの出射光は平凸レンズ211で集束させる。平凸レンズ211は、光ファイバ径に対し等倍の集光倍率を有し、平凸レンズ

から 170 mm の位置にある焦点位置でのビームスポット径は直径 0.6 mm となる。基本波は半導体膜 204 に対して角度 θ で入射させる。角度 θ は 55° 程度とし、照射面に 1 mm × 0.6 mm の楕円形状に近いビーム 206 を形成する。ビーム 206 は長いビーム 205 を覆うように配置する。

【0048】

波長が 1 μ m 程度の基本波は通常の半導体薄膜にはあまり吸収されず効率が悪いが、第 2 高調波を同時に用いると、第 2 高調波により溶かされた半導体薄膜に基本波がよく吸収されて、より半導体膜のアニール効率が良くなる。すなわち、半導体膜の液化による吸収係数の上昇を利用することで、基本波を本工程に採用できるようにする。その効果は、半導体膜 204 の急激な温度変化を抑えることや、出力の小さい第 2 高調波のレーザビームのエネルギーの補助などである。特に基本波の広がり第 2 高調波の長いビーム 205 の短径方向に大きくとると温度変化をゆるやかにすることができる。基本波は、高調波とは異なり波長変換のための非線形光学素子を用いる必要がなく、非常に大出力なレーザビーム、例えば高調波の 100 倍以上のエネルギーをもつものを得ることが可能である。非線形光学素子の対レーザの耐力が非常に弱いために、このようなエネルギー差が生じる。また、高調波を発生させる非線形光学素子は変質しやすく、固体レーザの利点であるメンテフリーの状態を長く保てないなどの欠点がある。よって、本発明により基本波で高調波を補助することは、非常に意義のあることと言える。

【0049】

次に、半導体膜の作製方法の例を示す。前記半導体膜は、可視光線に対して透明なガラス基板上に形成する。具体的には、厚さ 0.7 mm のガラス基板の片面に厚さ 200 nm の酸化窒化シリコンを成膜しその上に厚さ 66 nm の非晶質シリコン膜をプラズマ CVD 法にて成膜する。さらに半導体膜のレーザに対する耐性を高めるために、500 1 時間の熱アニールを該半導体膜に対して行った。前記熱アニールの他に、従来技術の項目で述べた金属元素による半導体膜の結晶化を行ってもよい。どちらの膜を使っても、最適なレーザビームの照射条件はほぼ同様である。

【0050】

ついで、前記半導体膜 204 に対するレーザの照射の例を示す。レーザ発振器 201 の出力は最大 10 W 程度であるが、長いビーム 205 のサイズが比較的小さいためエネルギー密度が十分あり、9 W 程度に出力を落として照射を行う。また、レーザ発振器 210 の出力は 300 W とし、長いビーム 205 を覆うようにビーム 206 を形成する。ビーム 206 の短径は、長いビーム 205 の短径と比較し、長さが 30 倍異なる。Y 軸ロボット 209 を使って長いビーム 205 の短径方向に半導体膜 204 が成膜された基板を走査させることにより、レーザアニールを行うことができる。上記の方法によって実際にレーザアニールされた半導体膜の様子を図 3 に示す。図 3 (a) は透過型明視野顕微鏡写真、図 3 (b) は反射型暗視野顕微鏡写真である。長いビーム 205 の長径方向、幅 235 μ m の領域に、走査方向に長く伸びた長結晶粒領域 (領域 A) が形成でき、長結晶粒領域 (領域 A) の両端に結晶性不良領域 (領域 B) が幅 15 μ m 形成される。前記走査のとき、先に基本波が半導体膜 204 に照射され、その後、第 2 高調波が照射され、最後に基本波が再び照射される。基本波は熔融状態のシリコンには吸収されるため、半導体膜 204 の急激な温度変化を抑えることが可能となる。

【0051】

また、図 3 (c) および図 3 (d) にはレーザ発振器 201 の出力を 10 W とし、レーザ発振器 210 からの基本波を照射しないでレーザアニールした場合の半導体膜の様子を示す。図 3 (c) は透過型明視野顕微鏡写真、図 3 (d) は反射型暗視野顕微鏡写真である。長いビーム 205 の長径方向、幅 220 μ m の領域に、走査方向に長く伸びた長結晶粒領域 (領域 A) が形成され、長結晶粒領域 (領域 A) の両端に結晶性不良領域 (領域 B) が幅 25 μ m 形成される。図 3 (a) および (b) と比べ、長結晶粒領域 (領域 A) が狭くなり、結晶性不良領域 (領域 B) が広がっていることがわかる。これらの結果から、本発明の方法によって長結晶粒領域の両端にできる結晶性不良領域の割合を低減できるこ

とがわかる。なお、図3(b)および図3(d)の照射跡の両端には表面ラフネスの強い部分(図中、黒い部分)があることが示されているが、本発明の方法を採用することによって表面ラフネスの強い部分も低減しながらレーザアニールできることがわかる。

【0052】

なお、本実施の形態において、高調波のレーザビームの入射角度は 20° 以上とする。これにより干渉が抑制されるので、より均一なレーザの照射が可能となる。走査速度は数十 cm/s ~数百 cm/s 程度が適当であり、ここでは 50cm/s とする。

【0053】

図8に半導体膜全面を長結晶粒領域とする照射方法を示す。識別を容易にするため図中の符号は図2と同じものを使った。半導体膜が成膜された基板を吸着ステージ207に固定し、レーザ発振器201及びレーザ発振器210を発振させる。出力は9W及び300Wとし、まずY軸ロボット209により走査速度 50cm/s にて、半導体膜表面を1筋走査する。前記1筋は図8中において、A1の部分に相当する。図8中、Y軸ロボットにて、往路 A_m (m は正の整数)の部分レーザ照射した後、X軸ロボット208により、長結晶粒領域と結晶性不良領域の幅分だけ長いビームをその長径方向にスライドさせ、復路 B_m の部分をレーザ照射する。このような一連の動作を繰り返すことにより、半導体膜全面において長結晶粒領域の割合を高く保つことができる。なお、長結晶粒領域の半導体膜の特性は非常に高く特にTFTなどの半導体素子を作製した場合には極めて高い電気移動度を示すことが期待できるが、そのような高い特性が必要でない半導体膜の部分には長結晶粒領域を形成する必要がない。よって、そのような部分にはレーザビームを照射しない、もしくは長結晶粒領域を形成しないようにレーザ照射を行ってもよい。長結晶粒領域を形成しないで効率よく半導体膜をアニールするには、例えば、走査の速度を増加させればよい。本発明人の実施によれば、 2m/s 程度の速度で長いビーム205のみを走査させると、非晶質シリコン膜を結晶化させることができるが、このとき長結晶粒領域は形成されず、いわゆる一般に言われるポリシリコン膜が形成された。なお、上記の条件は照射対象の半導体膜やレーザビームのエネルギー分布などに影響されることは言うまでもない。

(実施の形態2)

【0054】

本実施形態では、基本波を使うことで、実施の形態1で示した第2高調波を成形して得られる長いビームのエネルギー分布をより均一化する例を図4に沿って示す。

【0055】

まず、LD励起式の 10W のレーザ発振器301(Nd:YVO₄レーザ、CW、第2高調波(532nm))を用意する。前記レーザ発振器は、TEM₀₀の発振モードで、共振器にLBO結晶が内蔵されており、第2高調波に変換されている。ビーム径は 2.25mm である。広がり角は 0.3mrad 程度である。 45° 反射ミラー302にて、鉛直方向から角度ずれた方向にレーザビームの進行方向を変換する。次に、焦点距離 20mm 、平面の部分が水平面と一致する平凸レンズ303にレーザビームを角度で入射させる。前記角度は適宜変更してよいが、本実施例では 20° とした。照射面には半導体膜304を設置し、水平面と平行とする。半導体膜304はガラス基板の表面に成膜する。半導体膜304と平凸レンズ303との距離は、 30mm 程度とし、できるだけ入射面に平行な方向に伸びた長いビーム305が半導体膜304上に形成されるよう、距離を微調整する。微調整の精度は $50\mu\text{m}$ 程度とする。これにより、長径 $500\mu\text{m}$ 、短径 $20\mu\text{m}$ 程度の楕円形状に近い長いビーム305が形成される。

【0056】

半導体膜304が成膜された基板は、厚さ d のガラス基板であり、レーザ照射の際に基板が落ちないように、吸着ステージ307に固定されている。吸着ステージ307は、X軸用の一軸ロボット308とY軸用の一軸ロボット309により、半導体膜表面304に平行な面上をXY方向に動作できる。前述の干渉が出ない条件式は、

$$\arctan(W/2d)$$

であるから、例えば基板に厚さ 0.7mm のものを使うと

10

20

30

40

50

19.7°

となる。

【0057】

次に、出力300Wのレーザ発振器310及び314（Nd:YAGレーザ、CW、基本波（1.064μm）、TEM₀₀）を用意する。レーザ発振器により発振された基本波は光ファイバ315および316を透過し、射出される。光ファイバは伝送形式がSI型、コア径が直径0.6mmであり、光ファイバからの出射光のNAは0.2である。光ファイバからの出射光は平凸レンズ311および313で集束させる。平凸レンズ311および313は、光ファイバ径に対し等倍の集光倍率を有し、平凸レンズから170mmの位置にある焦点位置でのビームスポット径は直径0.6mmとなる。基本波は半導体膜304に対して角度で入射させる。角度は55°程度とし、照射面に1mm×0.6mmの楕円形状に近いビーム306および312を形成する。ビーム306および312は長いビーム305を覆うように配置する。

10

【0058】

前記配置は、例えば図4b)に記載したようにし、第2高調波により出来る長いビーム305の長径の方向の両側に、基本波による長いビーム306、312を配置し、それぞれの長いビームの長径を同一直線上に乗せるようにする。このようにすると、第2高調波により出来る長いビーム305のビームの両端におけるエネルギーの減衰部分に直接、基本波が作用し、エネルギーの減衰分のエネルギーを補助するので好ましい。通常レーザビームは、スポットの中央のエネルギーが最も強く、その周辺部にいくに従いエネルギーが減衰する、ガウシアンライクのエネルギー分布を持つ。よって、第2高調波により形成された長いビーム305も、その両端のエネルギーはその中央のエネルギーと比較して弱く、レーザアニールの均一性に影響する。それを、半導体膜に対してより透光性の高い基本波を、第2高調波により形成された長いビーム305によって溶かされた領域に向かって照射することで、前記溶かされた領域における前記基本波の照射された部分を選択的に加熱することが可能となる。

20

【0059】

図4b)の構成を、図5a)、b)を使ってより詳細に説明する。図4b)の側面図において、第2高調波による長いビーム305のみでレーザアニールを行う場合、図5a)に図示したような温度分布で半導体膜が加熱される。通常熔融部分は固体部分よりも熱伝導がよいため、長いビーム中央部分においてはエネルギー分布は一樣となるが、やはり長いビーム305の両端部分はエネルギーの減衰が激しく温度低下が起こっている。基本波は半導体膜を高い透過率で透過するので、この領域に直接、基本波を照射することが可能であることから、これにより半導体膜における温度分布の一樣な部分をより増加させることができる。すなわち、図4b)の側面図のように長いビーム305の両端から長いビーム306、312を照射することで、半導体膜の温度分布は、図5b)のように変化させることが出来る。すなわち、半導体膜の温度分布の一樣な部分を増やし、アニールの温度ムラを抑えることが可能となる。また、長いビームの両端におけるエネルギーの減衰領域の幅を減らすことも可能となる。

30

【0060】

ついで、半導体膜304に対するレーザの照射の例を示す。レーザ発振器301の出力は最大10W程度であるが、長いビーム305のサイズが比較的小さいためエネルギー密度が十分あり、9W程度に出力を落として照射を行う。また、レーザ発振器310、314の出力は300Wとし、長いビーム305を両端から覆うように長いビーム306、312を配置する。本実施形態においては、長いビーム306及び312の短径は、長いビーム305の短径と比較し、長さが10倍異なるが、図4では図を見やすくするため同程度の大きさに記載した。同程度の大きさとしても本発明の主旨は変わらないので、実施者が使用する膜などの条件に合わせたレーザビームの大きさを適宜選べばよい。

40

【0061】

Y軸ロボット309を使って長いビーム305の短径方向に半導体膜304が成膜された

50

基板を走査させることにより、長いビーム 305 の長径方向、幅 250 μm の領域に、走査方向に長く延びた単結晶の粒が敷き詰められた状態で形成できるが、前記走査のとき、先に基本波が半導体膜 304 に照射され、その後、第 2 高調波が照射され、最後に基本波が再び照射される。これにより、半導体膜 304 の急激な温度変化を抑えることが可能となる。このとき、高調波のレーザービームの入射角度は 20° 以上とする。これにより干渉が抑制されるので、より均一なレーザの照射が可能となる。基本波の長いビーム 306、312 の補助がないと、形成される長結晶粒領域の幅は、190 μm くらいであるが、前記補助のため、前記長結晶粒領域の幅は、250 μm 程度と広がる。温度分布の様な領域は広がるがやはり前記長結晶粒領域の幅方向における両端部分においては、温度の低い部分でのアニールが施されており、この部分に作製される半導体素子の特性低下が懸念される。よって、この部分には半導体素子を作製しないか、あるいは、長いビームをその長径方向にオーバーラップさせて走査させることで、半導体素子の特性が低下するような領域を消失させることを行ってもよい。例えば、前記長結晶粒領域の幅 250 μm のうち、特性の低下が懸念される領域が、その両端の 5 μm ずつあると仮定すると、有効に使用できる前記長結晶粒領域の幅は 240 μm となる。よって、Y 軸ロボット 209 により 1 方向の走査で、半導体膜 304 を結晶化した後、X 軸ロボットを 245 μm 動かして、再び Y 軸ロボット 309 の走査により長結晶粒領域を形成することを繰り返せば、前記特性の低下が懸念される領域が基板内で占める割合を最小にすることが可能である。

(実施の形態 3)

【0062】

本実施形態では、第 2 高調波を成形して得られる長いビームを幾つか組み合わせ、より長いビームを形成し、さらに、基本波によりエネルギーの補助を施す例を図 6 に沿って示す。

【0063】

まず、図示しない LD 励起式の 10 W のレーザー発振器 (Nd:YVO₄ レーザ、CW、第 2 高調波 (532 nm)) を 4 台用意する。前記レーザー発振器は、TEM₀₀ の発振モードで、共振器に LBO 結晶が内蔵されており、第 2 高調波に変換されている。ビーム径は 2.25 mm である。広がり角は 0.3 mrad 程度である。反射ミラーを幾つか使用することで、鉛直方向から角度 ずれた方向にレーザービームの進行方向をそれぞれ変換し、照射面にてほぼ 1 つに合成されるように 4 方向から入射させる。前記 4 方向は、それぞれ光軸 A、光軸 B、光軸 C、光軸 D と一致させる。光軸 A と光軸 B、及び、光軸 C と光軸 D は、照射面に対し垂直な平面 A に対し面対称に位置させ、光軸 A と光軸 B とのなす角度、及び、光軸 C と光軸 D の成す角度、をそれぞれ 20° とする。また、平面 A と照射面に垂直な平面 B に対して、光軸 A と光軸 C、及び、光軸 B と光軸 D を面対称に位置させ、光軸 A と光軸 B を含む平面 C と、光軸 C と光軸 D を含む平面 D との成す角度を 50° とする。

【0064】

次に、焦点距離 150 mm の平凸シリンドリカルレンズ 401 a、401 b、401 c、及び 401 d を、前記光軸 A、光軸 B、光軸 C、及び光軸 D にそれぞれ 0° 入射させるよう配置する。このとき前記平凸シリンドリカルレンズの集光方向は平面 C または平面 D に含まれる方向とする。前記平凸シリンドリカルレンズ 401 と照射面との距離はそれぞれの光軸上で測って 110 ~ 120 mm の間で調整する。

【0065】

さらに、焦点距離 20 mm の平凸シリンドリカルレンズ 402 a 及び 402 b の母線が、前記平面 C 及び平面 D にそれぞれ含まれるように配置する。前記母線は、シリンドリカルレンズの曲面部における、シリンドリカルレンズの平面部から最も離れた場所に位置する母線とする。また、前記、平凸シリンドリカルレンズ 402 a 及び 402 b の平面部と、前記平面 C 及び平面 D とは、互いにそれぞれ直交するように配置する。前記平凸シリンドリカルレンズ 402 と照射面との距離はそれぞれの光軸上で測って約 18 mm の辺りで調整する。

【0066】

以上の配置により、長径 400 μm 、短径 20 μm 程度のサイズの長いビームが 4 つ、照

10

20

30

40

50

射面 4 0 3 において形成される。このままでは、前記照射面 4 0 3 において、4 つのビームは完全に 1 つに合成されるので、より長いビームを形成することは出来ないが、各レンズの位置を微調整することで、図 6 b) に記載したような配置に変換することができる。すなわち、4 つ長いビーム 4 0 5 a、4 0 5 b、4 0 5 c 及び 4 0 5 d の長径を一直線上に配置し、それらを前記直線の方に互いにずらし合わせることで、長いビームをより長いビームとすることができる。これにより、幅 1.5 mm の長結晶粒領域が得られる。

【 0 0 6 7 】

次に、出力 2 0 0 0 W の CW の LD 励起 YAG レーザ (基本波) を用い、光学系 4 0 4 により 1 × 2 mm の楕円ビーム 4 0 5 e を照射面に形成する。このとき前記 4 つの長いビームを覆うように前記楕円ビーム 4 0 5 e を形成する。用いる光学系 4 0 4 は例えば、図 2 で示した平凸レンズ 2 1 1 のようにレーザビームを平凸レンズに斜め入射させて形成してもよい。あるいは、2 枚のシリンドリカルレンズを直交させて用い、丸のビームを楕円に変換してもよい。ここで重要なのは、決して基本波をレーザ発振器に戻してはならないということである。半導体膜の表面は、多少なりとも反射があることから、レーザビームを照射面に対して垂直に入射させることだけはやってはならない。

【 0 0 6 8 】

以上のようにして形成した長いビームを用い、例えば実施形態 1 で示した X 軸用の一軸口ボット 2 0 8 と Y 軸用の一軸口ボット 2 0 9 などを用いて半導体膜を全面結晶化すればよい。半導体膜は例えば、実施形態 1 で示した方法にて作製すればよい。本実施形態を用いる利点は、より長いビームが出来ているので処理時間が短く済み、また、ガウシアンライクのエネルギー分布を持つ長いビームを互いにオーバーラップさせて隣接させることでエネルギー分布を長径方向に均一化できるため、比較的溫度のムラが抑えられるので好ましい。

(実施の形態 4)

【 0 0 6 9 】

本実施形態では、第 2 高調波を成形して得られる長いビームをガルバノミラーなどの偏向手段を用いて、さらに、基本波によるビームをガルバノミラーなどの偏向手段を用いて照射しエネルギーの補助を施す例を図 7 に沿って示す。

【 0 0 7 0 】

まず、LD 励起式の 1 0 W のレーザ発振器 6 0 1 (Nd:YVO₄ レーザ、CW、第 2 高調波 (532nm)) を用意する。前記レーザ発振器は、TEM₀₀ の発振モードで、共振器に LBO 結晶が内蔵されており、第 2 高調波に変換されている。ビーム径は 2.25mm である。広がり角は 0.3mrad 程度である。このビームは丸型なので、これを長楕円形に変換する光学系 6 0 2 に入射させる。変換手段は、例えば、シリンドリカルレンズ 2 枚構成のビームエキスパンダーとし、1 方向だけビームを伸ばし楕円形としてもよい。また、通常のビームエキスパンダーを前記ビームエキスパンダーに組み合わせて用い、広がり角を制御してもよい。次いで、ガルバノミラー 6 0 3 にて、楕円形状に変換されたレーザビームを偏向する。偏向されたレーザビームは f レンズ 6 0 4 を介し、半導体膜 6 0 6 が形成する平面上に到達する。f レンズにより、楕円形状に変換された前記レーザビームを前記平面上で集光する。これにより、例えば短径 2 0 μm、長径 4 0 0 μm の長いビーム 6 0 5 が前記平面上に形成される。ガルバノミラー 6 0 3 の角度を変化させることで、前記平面上において、前記長いビーム 6 0 5 が走査される。ガルバノミラーの角度による長いビーム 6 0 5 の形状の変化は f レンズ 6 0 4 により抑えられる。レーザビームの半導体膜 6 0 6 に対する入射角度は 2 0 ° とする。これにより半導体膜 6 0 6 上における、半導体膜 6 0 6 表面からのレーザビームの反射光と半導体膜 6 0 6 が成膜された基板の裏面からのレーザビームの反射光との干渉の発生を防ぐことができる。

【 0 0 7 1 】

第 2 高調波により形成される長いビーム 6 0 5 に合わせて半導体膜 6 0 6 に基本波を照射するため、出力 3 0 0 W の LD 励起の YAG レーザ 6 0 8 (Nd:YAG レーザ、CW、基本波 (1.064 μm)、TEM₀₀、広がり角は 3 mrad 程度) を用意する。レーザ発振器により発振された基

10

20

30

40

50

本波は光ファイバ612を透過し、射出される。光ファイバは伝送形式がSI型、コア径が直径0.6mmであり、光ファイバからの出射光のNAは0.2である。光ファイバからの出射光は、コリメートレンズなどを用いた光学系613でコリメートさせる。コリメートしたレーザビームをガルバノミラー609にて、半導体膜606方向に偏向する。偏向されたレーザビームはf レンズ610を介し、半導体膜606が形成する平面上に到達する。f レンズにより、前記レーザビームを前記平面上で集光する。これにより、例えば短径600μm、長径1mmのビーム611が前記平面上に形成される。ガルバノミラー609の角度を変化させることで、前記平面上において、前記ビーム611を走査させる。ガルバノミラー609の動作はガルバノミラー603の動作に同期させて行うように制御し、前記平面上において、ビーム611を前記第2高調波の長いビーム605の位置に合わせて走査させる。ガルバノミラーの角度によるビーム611の形状の変化はf レンズ610により抑えられる。レーザビームの半導体膜606に対する入射角度は55°程度とする。これにより半導体膜606上における、半導体膜606表面からのレーザビームの反射光と半導体膜606が成膜された基板の裏面からのレーザビームの反射光との干渉の発生を防ぐことができる。

10

【0072】

本実施形態では、ガルバノミラー603および609はそれぞれ1枚構成で用い、1軸のみの走査とする。これでは、2次元平面の全面走査ができないので、前記基板を一軸ステージ607に載せ、図7紙面の左右方向に動作させ、基板全面をアニールできるようにする。長いビーム605の走査の速度は、100~2000mm/sとし、好ましくは500mm/s程度とする。

20

【0073】

半導体膜606の全面をレーザアニールするために、例えば、ガルバノミラー603および609を半周期動作させた後、1軸ステージ607を長結晶粒領域の幅の分だけ移動させ、再びガルバノミラー603を半周期動作させることを繰り返し行えばよい。本実施形態では、前記長結晶粒領域の幅は235μm程度であり、その分だけ1軸ステージ607を順次送っていけばよい。

【0074】

なお、本実施例では基本波のレーザビームをガルバノミラーによって走査する構成について説明したが、ガルバノミラーを使わずに、ファイバーおよび光学系を基板に対して相対的に動作させることによって、第2高調波のレーザビームの照射位置と同位置に基本波のレーザビームを走査させる構成としてもよい。

30

【実施例1】

【0075】

本実施例ではアクティブマトリクス基板の作製方法について図9~10を用いて説明する。

【0076】

まず、本実施例ではコーニング社の#7059ガラスや#1737ガラスなどに代表されるバリウムホウケイ酸ガラス、またはアルミノホウケイ酸ガラスなどのガラスからなる基板700を用いる。なお、基板700としては、石英基板やシリコン基板、金属基板またはステンレス基板の表面に絶縁膜を形成したものをを用いても良い。また、本実施例の処理温度に耐えうる耐熱性が有するプラスチック基板を用いてもよい。

40

【0077】

次いで、基板700上に酸化シリコン膜、窒化シリコン膜または酸化窒化シリコン膜などの絶縁膜から成る下地膜701を形成する。本実施例では下地膜701として2層構造を用いるが、前記絶縁膜の単層膜または2層以上積層させた構造を用いても良い。下地膜701の一層目としては、プラズマCVD法を用い、SiH₄、NH₃、及びN₂Oを反応ガスとして成膜される酸化窒化シリコン膜701aを10~200nm(好ましくは50~100nm)形成する。本実施例では、膜厚50nmの酸化窒化シリコン膜701a(組成比Si=32%、O=27%、N=24%、H=17%)を形成する。次いで、下地膜7

50

01の二層目としては、プラズマCVD法を用い、 SiH_4 、及び N_2O を反応ガスとして成膜される酸化窒化シリコン膜701bを50~200nm(好ましくは100~150nm)の厚さに積層形成する。本実施例では、膜厚100nmの酸化窒化シリコン膜701b(組成比 $\text{Si}=32\%$ 、 $\text{O}=59\%$ 、 $\text{N}=7\%$ 、 $\text{H}=2\%$)を形成する。

【0078】

次いで、下地膜上に半導体膜702を形成する。半導体膜702は、非晶質構造を有する半導体膜を公知の手段(スパッタ法、LPCVD法、またはプラズマCVD法等)により、25~80nm(好ましくは30~60nm)の厚さで形成する。半導体膜の材料に限定はないが、好ましくはシリコンまたはシリコンゲルマニウム(SiGe)合金などで形成すると良い。続いて、レーザ結晶化法を行なって得られた結晶質半導体膜を所望の形状にパターニングして、半導体層802~806を形成する。もちろん、レーザ結晶化法だけでなく、他の公知の結晶化処理(RTAやファーネスアニール炉等を利用した熱結晶化法、ニッケルなどの触媒を用いた熱結晶化法等)と組み合わせて行なってもよい。

【0079】

レーザ結晶化法で結晶質半導体膜を作製するには、連続発振型のYAGレーザ、 YVO_4 レーザ、YLFレーザ、 YAlO_3 レーザ、Ti:サファイアレーザ等を用いることができる。これらのレーザを用いる場合には、レーザから放射されたレーザビームを光学系で矩形状または楕円状に集光し半導体膜に照射する方法を用いると良い。結晶化の条件は実施者が適宜選択する。

【0080】

本実施例では、プラズマCVD法を用い、55nmの非晶質シリコン膜を成膜する。そして、

連続発振のYAGレーザの基本波と連続発振の YVO_4 レーザの第2高調波を用いたレーザ結晶化法により結晶質シリコン膜を形成する。そして、この結晶質シリコン膜をフォトリソグラフィ法を用いたパターニング処理によって、半導体層802~806を形成する。

【0081】

半導体層802~806を形成した後、TFTのしきい値を制御するために微量な不純物元素(ボロンまたはリン)のドーピングを行なってもよい。

【0082】

次いで、半導体層802~806を覆うゲート絶縁膜807を形成する。ゲート絶縁膜807はプラズマCVD法またはスパッタ法を用い、厚さを40~150nmとしてシリコンを含む絶縁膜で形成する。本実施例では、プラズマCVD法により110nmの厚さで酸化窒化シリコン膜(組成比 $\text{Si}=32\%$ 、 $\text{O}=59\%$ 、 $\text{N}=7\%$ 、 $\text{H}=2\%$)で形成する。もちろん、ゲート絶縁膜は酸化窒化シリコン膜に限定されるものでなく、他のシリコンを含む絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。

【0083】

また、酸化シリコン膜を用いる場合には、プラズマCVD法でTEOS(Tetraethyl Orthosilicate)と O_2 とを混合し、反応圧力40Pa、基板温度300~400とし、高周波(13.56MHz)電力密度0.5~0.8W/cm²で放電させて形成することができる。このようにして作製される酸化シリコン膜は、その後400~500の熱アニールによりゲート絶縁膜として良好な特性を得ることができる。

【0084】

次いで、図9(B)に示すように、ゲート絶縁膜807上に膜厚20~100nmの第1の導電膜808と、膜厚100~400nmの第2の導電膜809とを積層形成する。本実施例では、膜厚30nmのTa₂N膜からなる第1の導電膜808と、膜厚370nmのW膜からなる第2の導電膜809を積層形成する。Ta₂N膜はスパッタ法で形成し、Taのターゲットを用い、窒素を含む雰囲気内でスパッタする。また、W膜は、Wのターゲットを用いたスパッタ法で形成する。その他に6フッ化タンゲステン(WF₆)を用いる熱CVD法で形成することもできる。いずれにしてもゲート電極として使用するためには

低抵抗化を図る必要があり、W膜の抵抗率は $20\ \mu\text{ cm}$ 以下にすることが望ましい。W膜は結晶粒を大きくすることで低抵抗率化を図ることができるが、W膜中に酸素などの不純物元素が多い場合には結晶化が阻害され高抵抗化する。従って、本実施例では、高純度のW（純度 99.99% ）のターゲットを用いたスパッタ法で、さらに成膜時に気相中からの不純物の混入がないように十分配慮してW膜を形成することにより、抵抗率 $9\sim 20\ \mu\text{ cm}$ を実現することができた。

【0085】

なお、本実施例では、第1の導電膜808をTa₂N₅、第2の導電膜809をWとしたが、特に限定されず、いずれもTa、W、Ti、Mo、Al、Cu、Cr、Ndから選ばれた元素、または前記元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料で形成してもよい。また、リン等の不純物元素をドーピングした結晶質シリコン膜に代表される半導体膜を用いてもよい。また、AgPdCu合金を用いてもよい。また、第1の導電膜をタンタル（Ta）膜で形成し、第2の導電膜をW膜とする組み合わせ、第1の導電膜を窒化チタン（TiN）膜で形成し、第2の導電膜をW膜とする組み合わせ、第1の導電膜を窒化タンタル（Ta₂N₅）膜で形成し、第2の導電膜をAl膜とする組み合わせ、第1の導電膜を窒化タンタル（Ta₂N₅）膜で形成し、第2の導電膜をCu膜とする組み合わせとしてもよい。

【0086】

次に、フォトリソグラフィ法を用いてレジストからなるマスク810～815を形成し、電極及び配線を形成するための第1のエッチング処理を行なう。第1のエッチング処理では第1及び第2のエッチング条件で行なう。本実施例では第1のエッチング条件として、ICP（Inductively Coupled Plasma：誘導結合型プラズマ）エッチング法を用い、エッチング用ガスに CF_4 と Cl_2 と O_2 とを用い、それぞれのガス流量を $25/25/10$ （sccm）とし、1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF（13.56MHz）電力を投入してプラズマを生成してエッチングを行う。ここでは、松下電器産業（株）製のICPを用いたドライエッチング装置（Model E645 - ICP）を用いる。基板側（試料ステージ）にも150WのRF（13.56MHz）電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。この第1のエッチング条件によりW膜をエッチングして第1の導電層の端部をテーパ形状とする。

【0087】

この後、レジストからなるマスク810～815を除去せずに第2のエッチング条件に変え、エッチング用ガスに CF_4 と Cl_2 とを用い、それぞれのガス流量を $30/30$ （sccm）とし、1Paの圧力でコイル型の電極に500WのRF（13.56MHz）電力を投入してプラズマを生成して約30秒程度のエッチングを行う。基板側（試料ステージ）にも200WのRF（13.56MHz）電力を投入し、実質的に負の自己バイアス電圧を印加する。 CF_4 と Cl_2 を混合した第2のエッチング条件ではW膜及びTa₂N₅膜とも同程度にエッチングされる。なお、ゲート絶縁膜上に残渣を残すことなくエッチングするためには、10～20%程度の割合でエッチング時間を増加させると良い。

【0088】

上記第1のエッチング処理では、レジストからなるマスクの形状を適したものとすることにより、基板側に印加するバイアス電圧の効果により第1の導電層及び第2の導電層の端部がテーパ形状となる。このテーパ部の角度は $15\sim 45^\circ$ となる。こうして、第1のエッチング処理により第1の導電層と第2の導電層から成る第1の形状の導電層817～822（第1の導電層817a～822aと第2の導電層817b～822b）を形成する。816はゲート絶縁膜であり、第1の形状の導電層817～822で覆われない領域は20～50nm程度エッチングされ薄くなった領域が形成される。

【0089】

そして、レジストからなるマスクを除去せずに第1のドーピング処理を行い、半導体層にn型を付与する不純物元素を添加する。（図10（A））ドーピング処理はイオンドーピング法、若しくはイオン注入法で行なえば良い。イオンドーピング法の条件はドーズ量を $1\times 10^{13}\sim 5\times 10^{15}\text{ ions/cm}^2$ とし、加速電圧を60～100keVとして行なう。本実

10

20

30

40

50

施例ではドーズ量を $1.5 \times 10^{15} \text{ ions} / \text{cm}^2$ とし、加速電圧を 80 keV として行った。n 型を付与する不純物元素として 15 族に属する元素、典型的にはリン (P) または砒素 (As) を用いるが、ここではリン (P) を用いた。この場合、導電層 817 ~ 821 が n 型を付与する不純物元素に対するマスクとなり、自己整合的に第 1 の高濃度不純物領域 706 ~ 710 が形成される。第 1 の高濃度不純物領域 706 ~ 710 には $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} \text{ atoms} / \text{cm}^3$ の濃度範囲で n 型を付与する不純物元素を添加する。

【0090】

次いで、レジストからなるマスクを除去せずに第 2 のエッチング処理を行なう。ここでは、エッチングガスに CF_4 と Cl_2 と O_2 とを用い、W 膜を選択的にエッチングする。この時、第 2 のエッチング処理により第 2 の導電層 828b ~ 833b を形成する。一方、第 1 の導電層 817a ~ 822a は、ほとんどエッチングされず、第 2 の形状の導電層 828 ~ 833 (第 1 の導電層 828a ~ 833a と第 2 の導電層 828b ~ 833b) を形成する。

10

【0091】

次いで、レジストからなるマスクを除去せずに、図 10 (B) に示すように、第 2 のドーピング処理を行なう。この場合、第 1 のドーピング処理よりもドーズ量を下げて、 $70 \sim 120 \text{ keV}$ の高い加速電圧で、n 型を付与する不純物元素を導入する。本実施例ではドーズ量を $1.5 \times 10^{14} \text{ ions} / \text{cm}^2$ とし、加速電圧を 90 keV として行なった。第 2 のドーピング処理は第 2 の形状の導電層 828 ~ 833 をマスクとして用い、第 2 の導電層 828b ~ 833b の下方における半導体層にも不純物元素が導入され、新たに第 2 の高濃度不純物領域 823a ~ 827a および低濃度不純物領域 823b ~ 827b が形成される。

20

【0092】

次いで、レジストからなるマスクを除去した後、新たにレジストからなるマスク 834a および 834b を形成して、図 10 (C) に示すように、第 3 のエッチング処理を行なう。エッチング用ガスに SF_6 および Cl_2 とを用い、それぞれのガス流量を $50 / 10 (\text{sccm})$ とし、 1.3 Pa の圧力でコイル型の電極に 500 W の RF (13.56 MHz) 電力を投入してプラズマを生成し、約 30 秒のエッチング処理を行なう。基板側 (資料ステージ) には 10 W の RF (13.56 MHz) 電力を投入し、実質的には不の自己バイアス電圧を印加する。こうして、前記第 3 のエッチング処理により、p チャネル型 TFT および画素部の TFT (画素 TFT) の TaN 膜をエッチングして、第 3 の形状の導電層 835 ~ 838 (第 1 の導電層 835a ~ 838a と第 2 の導電層 835b ~ 838b) を形成する。

30

【0093】

次いで、レジストからなるマスクを除去した後、第 2 の形状の導電層 828、830 および第 3 の形状の導電層 835 ~ 838 をマスクとして用い、ゲート絶縁膜 816 を選択的に除去して絶縁層 839 ~ 844 を形成する。(図 11 (A))

【0094】

次いで、新たにレジストからなるマスク 845a ~ 845c を形成して第 3 のドーピング処理を行なう。この第 3 のドーピング処理により、p チャネル型 TFT の活性層となる半導体層に前記一導電型とは逆の導電型を付与する不純物元素が添加された不純物領域 846a ~ 846c、847a ~ 847c を形成する。第 2 の導電層 835a、838a を不純物元素に対するマスクとして用い、p 型を付与する不純物元素を添加して自己整合的に不純物領域を形成する。本実施例では、不純物領域 846、847 はジボラン (B_2H_6) を用いたイオンドープ法で形成する。(図 11 (B)) この第 3 のドーピング処理の際には、n チャネル型 TFT を形成する半導体層はレジストからなるマスク 845a ~ 845c で覆われている。第 1 のドーピング処理及び第 2 のドーピング処理によって、不純物領域 846a ~ 846c、847a ~ 847c にはそれぞれ異なる濃度でリンが添加されているが、そのいずれの領域においても p 型を付与する不純物元素の濃度を $2 \times 10^{20} \sim 2 \times 10^{21} \text{ atoms} / \text{cm}^3$ となるようにドーピング処理することにより、p チャネル型 T

40

50

F Tのソース領域およびドレイン領域として機能するために何ら問題は生じない。本実施例では、pチャネル型T F Tの活性層となる半導体層の一部が露呈しているため、不純物元素（ボロン）を添加しやすい利点を有している。

【0095】

以上までの工程で、それぞれの半導体層に不純物領域が形成される。

【0096】

次いで、レジストからなるマスク845a~845cを除去して第1の層間絶縁膜861を形成する。この第1の層間絶縁膜861としては、プラズマCVD法またはスパッタ法を用い、厚さを100~200nmとしてシリコンを含む絶縁膜で形成する。本実施例では、プラズマCVD法により膜厚150nmの酸化窒化シリコン膜を形成する。もちろん、第1の層間絶縁膜861は酸化窒化シリコン膜に限定されるものでなく、他のシリコンを含む絶縁膜を単層または積層構造として用いても良い。

10

【0097】

次いで、図11(C)に示すように、加熱処理を行なって、半導体層の結晶性の回復、それぞれの半導体層に添加された不純物元素の活性化を行なう。この加熱処理はファーンズアニール炉を用いる熱アニール法で行なう。熱アニール法としては、酸素濃度が1ppm以下、好ましくは0.1ppm以下の窒素雰囲気中で400~700℃、代表的には500~550℃で行えばよく、本実施例では550℃、4時間の熱処理で活性化処理を行う。なお、熱アニール法の他に、レーザアニール法、またはラピッドサーマルアニール法(RTA法)を適用することができる。レーザアニール法については発明実施の形態で示した方法を採用してもよい。

20

【0098】

また、第1の層間絶縁膜を形成する前に加熱処理を行なっても良い。ただし、用いた配線材料が熱に弱い場合には、本実施例のように配線等を保護するため層間絶縁膜（シリコンを主成分とする絶縁膜、例えば窒化シリコン膜）を形成した後で活性化処理を行なうことが好ましい。

【0099】

さらに、3~100%の水素を含む雰囲気中で、300~550℃で1~12時間の熱処理を行ない、半導体層を水素化する工程を行なう。本実施例では水素を約3%の含む窒素雰囲気中で410℃、1時間の熱処理を行う。この工程は層間絶縁膜に含まれる水素により半導体層のダングリングボンドを終端する工程である。水素化の他の手段として、プラズマ水素化（プラズマにより励起された水素を用いる）を行なっても良い。

30

【0100】

次いで、第1の層間絶縁膜861上に無機絶縁膜材料または有機絶縁物材料から成る第2の層間絶縁膜862を形成する。本実施例では、膜厚1.6μmのアクリル樹脂膜を形成するが、粘度が10~1000cp、好ましくは40~200cpのものをを用い、表面に凸凹が形成されるものをを用いる。

【0101】

本実施例では、鏡面反射を防ぐため、表面に凸凹が形成される第2の層間絶縁膜を形成することによって画素電極の表面に凸凹を形成した。また、画素電極の表面に凹凸を持たせて光散乱性を図るため、画素電極の下方の領域に凸部を形成してもよい。その場合、凸部の形成は、T F Tの形成と同じフォトマスクで行なうことができるため、工程数の増加なく形成することができる。

40

【0102】

なお、この凸部は配線及びT F T部以外の画素部領域の基板上に適宜設ければよい。こうして、凸部を覆う絶縁膜の表面に形成された凸凹に沿って画素電極の表面に凸凹が形成される。

【0103】

また、第2の層間絶縁膜862として表面が平坦化する膜を用いてもよい。その場合は、画素電極を形成した後、公知のサンドブラスト法やエッチング法等の工程を追加して表

50

面を凹凸化させて、鏡面反射を防ぎ、反射光を散乱させることによって白色度を増加させることが好ましい。

【0104】

そして、駆動回路906において、各不純物領域とそれぞれ電氣的に接続する配線863～867を形成する。なお、これらの配線は、膜厚50nmのTi膜と、膜厚500nmの合金膜(AlとTiとの合金膜)との積層膜をパターンニングして形成する。

【0105】

また、画素部907においては、画素電極870、ゲート配線869、接続電極868を形成する(図12)。この接続電極868によりソース配線(843bと849の積層)は、画素TFTと電氣的な接続が形成される。また、ゲート配線869は、画素TFTのゲート電極と電氣的な接続が形成される。また、画素電極870は、画素TFTのドレイン領域842と電氣的な接続が形成され、さらに保持容量を形成する一方の電極として機能する半導体層858と電氣的な接続が形成される。また、画素電極870としては、AlまたはAgを主成分とする膜、またはそれらの積層膜等の反射性の優れた材料を用いることが望ましい。

【0106】

以上の様にして、nチャネル型TFT901とpチャネル型TFT902からなるCMOS回路、及びnチャネル型TFT903を有する駆動回路906と、画素TFT904、保持容量905とを有する画素部907を同一基板上に形成することができる。こうして、アクティブマトリクス基板が完成する。

【0107】

駆動回路906のnチャネル型TFT901はチャネル形成領域823c、ゲート電極の一部を構成する第1の導電層828aと重なる低濃度不純物領域823b(GOLD領域)、とソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域823aを有している。このnチャネル型TFT901と電極866で接続してCMOS回路を形成するpチャネル型TFT902にはチャネル形成領域846d、ゲート電極の外側に形成される不純物領域846b、846c、ソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域846aを有している。また、nチャネル型TFT903にはチャネル形成領域825c、ゲート電極の一部を構成する第1の導電層830aと重なる低濃度不純物領域825b(GOLD領域)、とソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域825aを有している。

【0108】

画素部の画素TFT904にはチャネル形成領域826c、ゲート電極の外側に形成される低濃度不純物領域826b(LDD領域)とソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度不純物領域826aを有している。また、保持容量905の一方の電極として機能する半導体層847a～847cには、それぞれp型を付与する不純物元素が添加されている。保持容量905は、絶縁膜844を誘電体として、電極(838aと838bの積層)と、半導体層847a～847cとで形成している。

【0109】

また、本実施例の画素構造は、ブラックマトリクスを用いることなく、画素電極間の隙間が遮光されるように、画素電極の端部をソース配線と重なるように配置形成する。

【0110】

また、本実施例で作製するアクティブマトリクス基板の画素部の上面図を図13に示す。なお、図9～図12に対応する部分には同じ符号を用いている。図12中の鎖線A-A'は図13中の鎖線A-A'で切断した断面図に対応している。また、図12中の鎖線B-B'は図13中の鎖線B-B'で切断した断面図に対応している。

【実施例2】

【0111】

本実施例では、実施例1で作製したアクティブマトリクス基板から、反射型液晶表示装置を作製する工程を以下に説明する。説明には図14を用いる。

【 0 1 1 2 】

まず、実施例 1 に従い、図 1 2 の状態のアクティブマトリクス基板を得た後、図 1 2 のアクティブマトリクス基板上、少なくとも画素電極 8 7 0 上に配向膜 9 6 7 を形成しラビング処理を行なう。なお、本実施例では配向膜 9 6 7 を形成する前に、アクリル樹脂膜等の有機樹脂膜をパターンニングすることによって基板間隔を保持するための柱状のスペーサ 9 7 2 を所望の位置に形成した。また、柱状のスペーサに代えて、球状のスペーサを基板全面に散布してもよい。

【 0 1 1 3 】

次いで、対向基板 9 6 9 を用意する。次いで、対向基板 9 6 9 上に着色層 9 7 0、9 7 1、平坦化膜 9 7 3 を形成する。赤色の着色層 9 7 0 と青色の着色層 9 7 1 とを重ねて、遮光部を形成する。また、赤色の着色層と緑色の着色層とを一部重ねて、遮光部を形成してもよい。

10

【 0 1 1 4 】

本実施例では、実施例 1 に示す基板を用いている。従って、実施例 1 の画素部の上面図を示す図 1 3 では、少なくともゲート配線 8 6 9 と画素電極 8 7 0 の間隙と、ゲート配線 8 6 9 と接続電極 8 6 8 の間隙と、接続電極 8 6 8 と画素電極 8 7 0 の間隙を遮光する必要がある。本実施例では、それらの遮光すべき位置に着色層の積層からなる遮光部が重なるように各着色層を配置して、対向基板を貼り合わせた。

【 0 1 1 5 】

このように、ブラックマスク等の遮光層を形成することなく、各画素間の隙間を着色層の積層からなる遮光部で遮光することによって工程数の低減を可能とした。

20

【 0 1 1 6 】

次いで、平坦化膜 9 7 3 上に透明導電膜からなる対向電極 9 7 6 を少なくとも画素部に形成し、対向基板の全面に配向膜 9 7 4 を形成し、ラビング処理を施した。

【 0 1 1 7 】

そして、画素部と駆動回路が形成されたアクティブマトリクス基板と対向基板とをシール材 9 6 8 で貼り合わせる。シール材 9 6 8 にはフィラーが混入されていて、このフィラーと柱状スペーサによって均一な間隔を持って 2 枚の基板が貼り合わせられる。その後、両基板の間に液晶材料 9 7 5 を注入し、封止剤（図示せず）によって完全に封止する。液晶材料 9 7 5 には公知の液晶材料を用いれば良い。このようにして図 1 4 に示す反射型液晶表示装置が完成する。そして、必要があれば、アクティブマトリクス基板または対向基板を所望の形状に分断する。さらに、対向基板のみに偏光板（図示しない）を貼りつけた。そして、公知の技術を用いて F P C を貼りつけた。

30

【 0 1 1 8 】

以上のようにして作製される液晶表示パネルは各種電子機器の表示部として用いることができる。

【 0 1 1 9 】

なお、本実施例は実施例 1 と自由に組み合わせることが可能である。

【実施例 3】

【 0 1 2 0 】

40

本実施例では、本発明を用いて発光装置を作製した例について説明する。本明細書において、発光装置とは、基板上に形成された発光素子を該基板とカバー材の間に封入した表示用パネルおよび該表示用パネルに I C を実装した表示用モジュールを総称したものである。なお、発光素子は、電場を加えることで発生するルミネッセンス (Electro Luminescence) が得られる有機化合物を含む層（発光層）と陽極層と、陰極層とを有する。また、有機化合物におけるルミネッセンスには、一重項励起状態から基底状態に戻る際の発光（蛍光）と三重項励起状態から基底状態に戻る際の発光（リン光）があり、これらのうちどちらか、あるいは両方の発光を含む。

【 0 1 2 1 】

図 1 5 は本実施例の発光装置の断面図である。図 1 5 において、基板 1 1 0 0 上に設け

50

られたスイッチングTFT1003は図12のnチャネル型TFT903を用いて形成される。したがって、構造の説明はnチャネル型TFT903の説明を参照すれば良い。

【0122】

なお、本実施例ではチャネル形成領域が二つ形成されるダブルゲート構造としているが、チャネル形成領域が一つ形成されるシングルゲート構造もしくは三つ形成されるトリプルゲート構造であっても良い。

【0123】

基板1100上に設けられた駆動回路は図12のCMOS回路を用いて形成される。従って、構造の説明はnチャネル型TFT901とpチャネル型TFT902の説明を参照すれば良い。なお、本実施例ではシングルゲート構造としているが、ダブルゲート構造もしくはトリプルゲート構造であっても良い。

10

【0124】

また、配線1101、1103はCMOS回路のソース配線、配線1102はドレイン配線として機能する。また、配線1104はソース配線1108とスイッチングTFTのソース領域とを電気的に接続する配線として機能し、配線1105はドレイン配線1109とスイッチングTFTのドレイン領域とを電気的に接続する配線として機能する。

【0125】

なお、電流制御TFT1004は図12のpチャネル型TFT1302を用いて形成される。従って、構造の説明はpチャネル型TFT1302の説明を参照すれば良い。なお、本実施例ではシングルゲート構造としているが、ダブルゲート構造もしくはトリプルゲート構造であっても良い。

20

【0126】

また、配線1106は電流制御TFTのソース配線（電流供給線に相当する）であり、1107は電流制御TFTの画素電極1110上に重ねることで画素電極1110と電気的に接続する電極である。

【0127】

なお、1110は、透明導電膜からなる画素電極（発光素子の陽極）である。透明導電膜としては、酸化インジウムと酸化スズとの化合物、酸化インジウムと酸化亜鉛との化合物、酸化亜鉛、酸化スズまたは酸化インジウムを用いることができる。また、前記透明導電膜にガリウムを添加したものをを用いても良い。画素電極1110は、上記配線を形成する前に平坦な層間絶縁膜1111上に形成する。本実施例においては、樹脂からなる平坦な層間絶縁膜1111を用いてTFTによる段差を平坦化する。TFTによる段差を平坦化することは非常に重要である。後に形成される発光層は非常に薄いため、段差が存在することによって発光不良を起こす場合がある。従って、発光層をできるだけ平坦面に形成しうるように画素電極を形成する前に平坦化しておくことが望ましい。

30

【0128】

配線1101～1107を形成後、図15に示すようにバンク1112を形成する。バンク1112は100～400nmのシリコンを含む絶縁膜もしくは有機樹脂膜をパターンニングして形成すれば良い。

【0129】

なお、バンク1112は絶縁膜であるため、成膜時における素子の静電破壊には注意が必要である。本実施例ではバンク1112の材料となる絶縁膜中にカーボン粒子や金属粒子を添加して抵抗率を下げ、静電気の発生を抑制する。この際、抵抗率は $1 \times 10^6 \sim 1 \times 10^{12} \text{ m}$ （好ましくは $1 \times 10^8 \sim 1 \times 10^{10} \text{ m}$ ）となるようにカーボン粒子や金属粒子の添加量を調節すれば良い。

40

【0130】

画素電極1110の上には発光層1113が形成される。なお、図15では一画素しか図示していないが、本実施例ではR（赤）、G（緑）、B（青）の各色に対応した発光層を作り分けている。また、本実施例では蒸着法により低分子系有機発光材料を形成している。具体的には、正孔注入層として20nm厚の銅フタロシアニン（CuPc）膜を設け

50

、その上に発光層として70nm厚のトリス-8-キノリノラトアルミニウム錯体(Alq_3)膜を設けた積層構造としている。 Alq_3 にキナクリドン、ペリレンもしくはDCM1といった蛍光色素を添加することで発光色を制御することができる。

【0131】

但し、以上の例は発光層として用いることのできる有機発光材料の一例であって、これに限定する必要はまったくない。発光層、電荷輸送層または電荷注入層を自由に組み合わせて発光層(発光及びそのためのキャリアの移動を行わせるための層)を形成すれば良い。例えば、本実施例では低分子系有機発光材料を発光層として用いる例を示したが、高分子系有機発光材料を用いても良い。また、電荷輸送層や電荷注入層として炭化シリコン等の無機材料を用いることも可能である。これらの有機発光材料や無機材料は公知の材料を用いることができる。

10

【0132】

次に、発光層1113の上には導電膜からなる陰極1114が設けられる。本実施例の場合、導電膜としてアルミニウムとリチウムとの合金膜を用いる。勿論、公知のMgAg膜(マグネシウムと銀との合金膜)を用いても良い。陰極材料としては、周期表の1族もしくは2族に属する元素からなる導電膜もしくはそれらの元素を添加した導電膜を用いれば良い。

【0133】

この陰極1114まで形成された時点で発光素子1115が完成する。なお、ここでいう発光素子1115は、画素電極(陽極)1110、発光層1113及び陰極1114で形成されたダイオードを指す。

20

【0134】

発光素子1115を完全に覆うようにしてパッシベーション膜1116を設けることは有効である。パッシベーション膜1116としては、炭素膜、窒化シリコン膜もしくは窒化酸化シリコン膜を含む絶縁膜からなり、該絶縁膜を単層もしくは組み合わせた積層で用いる。

【0135】

この際、カバレッジの良い膜をパッシベーション膜として用いることが好ましく、炭素膜、特にDLC(ダイヤモンドライクカーボン)膜を用いることは有効である。DLC膜は室温から100以下の温度範囲で成膜可能であるため、耐熱性の低い発光層1113の上方にも容易に成膜することができる。また、DLC膜は酸素に対するブロッキング効果が高く、発光層1113の酸化を抑制することが可能である。そのため、この後に続く封止工程を行う間に発光層1113が酸化するといった問題を防止できる。

30

【0136】

さらに、パッシベーション膜1116上に封止材1117を設け、カバー材1118を貼り合わせる。封止材1117としては紫外線硬化樹脂を用いれば良く、内部に吸湿効果を有する物質もしくは酸化防止効果を有する物質を設けることは有効である。また、本実施例においてカバー材1118はガラス基板や石英基板やプラスチック基板(プラスチックフィルムも含む)の両面に炭素膜(好ましくはダイヤモンドライクカーボン膜)を形成したものをを用いる。

40

【0137】

こうして図15に示すような構造の発光装置が完成する。なお、バンク1112を形成した後、パッシベーション膜1116を形成するまでの工程をマルチチャンバー方式(またはインライン方式)の成膜装置を用いて、大気解放せずに連続的に処理することは有効である。また、さらに発展させてカバー材1118を貼り合わせる工程までを大気解放せずに連続的に処理することも可能である。

【0138】

こうして、プラスチック基板を母体とする絶縁体上にnチャネル型TFET1001、1002、スイッチングTFET(nチャネル型TFET)1003および電流制御TFET(nチャネル型TFET)1004が形成される。ここまでの製造工程で必要としたマスク数は

50

、一般的なアクティブマトリクス型発光装置よりも少ない。

【 0 1 3 9 】

即ち、T F Tの製造工程が大幅に簡略化されており、歩留まりの向上および製造コストの低減が実現できる。

【 0 1 4 0 】

さらに、図 1 5 を用いて説明したように、ゲート電極に絶縁膜を介して重なる不純物領域を設けることによりホットキャリア効果に起因する劣化に強いnチャネル型T F Tを形成することができる。そのため、信頼性の高い発光装置を実現できる。

【 0 1 4 1 】

また、本実施例では画素部と駆動回路の構成のみ示しているが、本実施例の製造工程に従えば、その他にも信号分割回路、D / Aコンバータ、オペアンプ、補正回路などの論理回路を同一の絶縁体上に形成可能であり、さらにはメモリやマイクロプロセッサをも形成しうる。

【 0 1 4 2 】

さらに、発光素子を保護するための封止（または封入）工程まで行った後の本実施例の発光装置について図 1 6 を用いて説明する。なお、必要に応じて図 1 5 で用いた符号を引用する。

【 0 1 4 3 】

図 1 6 (A) は、発光素子の封止までを行った状態を示す上面図、図 1 6 (B) は図 1 6 (A) を C - C ' で切断した断面図である。点線で示された 1 2 0 5 はソース側駆動回路、1 2 0 6 は画素部、1 2 0 7 はゲート側駆動回路である。また、1 3 0 1 はカバー材、1 3 0 2 は第 1 シール材、1 3 0 3 は第 2 シール材であり、第 1 シール材 1 3 0 2 で囲まれた内側には封止材 1 3 0 7 が設けられる。

【 0 1 4 4 】

なお、1 3 0 4 はソース側駆動回路 1 2 0 5 及びゲート側駆動回路 1 2 0 7 に入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となる F P C (フレキシブルプリントサーキット) 1 3 0 5 からビデオ信号やクロック信号を受け取る。なお、ここでは F P C しか図示されていないが、この F P C にはプリント配線基盤 (P W B) が取り付けられていても良い。本明細書における発光装置には、発光装置本体だけでなく、それに F P C もしくは P W B が取り付けられた状態をも含むものとする。

【 0 1 4 5 】

次に、断面構造について図 1 6 (B) を用いて説明する。基板 1 1 0 0 の上方には画素部 1 2 0 6、ゲート側駆動回路 1 2 0 7 が形成されており、画素部 1 2 0 6 は電流制御 T F T 1 0 0 4 とそのドレインに電氣的に接続された画素電極 1 1 1 0 を含む複数の画素により形成される。また、ゲート側駆動回路 1 2 0 7 は n チャネル型 T F T 1 0 0 1 と p チャネル型 T F T 1 0 0 2 とを組み合わせた C M O S 回路 (図 1 5 参照) を用いて形成される。

【 0 1 4 6 】

画素電極 1 1 1 0 は発光素子の陽極として機能する。また、画素電極 1 1 1 0 の両端にはバンク 1 1 1 2 が形成され、画素電極 1 1 1 0 上には発光層 1 1 1 3 および発光素子の陰極 1 1 1 4 が形成される。

【 0 1 4 7 】

陰極 1 1 1 4 は全画素に共通の配線としても機能し、接続配線 1 3 0 4 を経由して F P C 1 3 0 5 に電氣的に接続されている。さらに、画素部 1 2 0 6 及びゲート側駆動回路 1 2 0 7 に含まれる素子は全て陰極 1 1 1 4 およびパッシベーション膜 1 1 1 6 で覆われている。

【 0 1 4 8 】

また、第 1 シール材 1 3 0 2 によりカバー材 1 3 0 1 が貼り合わされている。なお、カバー材 1 3 0 1 と発光素子との間隔を確保するために樹脂膜からなるスペーサを設けても良い。そして、第 1 シール材 1 3 0 2 の内側には封止材 1 3 0 7 が充填されている。なお

10

20

30

40

50

、第1シール材1302、封止材1307としてはエポキシ系樹脂を用いるのが好ましい。また、第1シール材1302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。さらに、封止材1307の内部に吸湿効果をもつ物質や酸化防止効果をもつ物質を含有させても良い。

【0149】

発光素子を覆うようにして設けられた封止材1307はカバー材1301を接着するための接着剤としても機能する。また、本実施例ではカバー材1301を構成するプラスチック基板の材料としてFRP(Fiberglass-Reinforced Plastics)、PVF(ポリビニルフロライド)、マイラー、ポリエステルまたはアクリルを用いることができる。

【0150】

また、封止材1307を用いてカバー材1301を接着した後、封止材1307の側面(露呈面)を覆うように第2シール材1303を設ける。第2シール材1303は第1シール材1302と同じ材料を用いることができる。

【0151】

以上のような構造で発光素子を封止材1307に封入することにより、発光素子を外部から完全に遮断することができ、外部から水分や酸素等の発光層の酸化による劣化を促す物質が侵入することを防ぐことができる。従って、信頼性の高い発光装置が得られる。

【0152】

なお、本実施例は実施例1または2と自由に組み合わせることが可能である。

【実施例4】

【0153】

本実施例では、本発明のTFT回路によるアクティブマトリクス型液晶表示装置を組み込んだ半導体装置について図17、図18、図19で説明する。

【0154】

このような半導体装置には、携帯情報端末(電子手帳、モバイルコンピュータ、携帯電話等)、ビデオカメラ、スチルカメラ、パーソナルコンピュータ、テレビ等が挙げられる。それらの一例を図17と図18に示す。

【0155】

図17(A)は携帯電話であり、本体9001、音声出力部9002、音声入力部9003、表示装置9004、操作スイッチ9005、アンテナ9006から構成されている。本願発明は音声出力部9002、音声入力部9003、及びアクティブマトリクス基板を備えた表示装置9004に適用することができる。

【0156】

図17(B)はビデオカメラであり、本体9101、表示装置9102、音声入力部9103、操作スイッチ9104、バッテリー9105、受像部9106から成っている。本願発明は音声入力部9103、及びアクティブマトリクス基板を備えた表示装置9102、受像部9106に適用することができる。

【0157】

図17(C)はモバイルコンピュータ或いは携帯型情報端末であり、本体9201、カメラ部9202、受像部9203、操作スイッチ9204、表示装置9205で構成されている。本願発明は受像部9203、及びアクティブマトリクス基板を備えた表示装置9205に適用することができる。

【0158】

図17(D)はゴーグル型ディスプレイであり、本体9301、表示装置9302、アーム部9303で構成される。本願発明は表示装置9302に適用することができる。また、表示されていないが、その他の信号制御用回路に使用することもできる。

【0159】

図17(E)は携帯書籍であり、本体9501、表示装置9502、9503、記憶媒体9504、操作スイッチ9505、アンテナ9506から構成されており、ミニディスク(MD)やDVDに記憶されたデータや、アンテナで受信したデータを表示するもので

10

20

30

40

50

ある。表示装置 9 5 0 2、9 5 0 3 は直視型の表示装置であり、本発明はこの適用することができる。

【 0 1 6 0 】

図 1 8 (A) はプログラムを記録した記録媒体 (以下、記録媒体と呼ぶ) を用いるプレイヤーであり、本体 9 7 0 1、表示装置 9 7 0 2、スピーカ部 9 7 0 3、記録媒体 9 7 0 4、操作スイッチ 9 7 0 5 で構成される。なお、この装置は記録媒体として D V D (D i g t i a l V e r s a t i l e D i s c)、C D 等を用い、音楽鑑賞や映画鑑賞やゲームやインターネットを行うことができる。

【 0 1 6 1 】

図 1 8 (B) はテレビであり本体 3 1 0 1、支持台 3 1 0 2、表示部 3 1 0 3 で構成される。

10

【 0 1 6 2 】

図 1 8 (C) はパーソナルコンピュータであり、本体 9 6 0 1、画像入力部 9 6 0 2、表示装置 9 6 0 3、キーボード 9 6 0 4 で構成される。

【 0 1 6 3 】

図 1 9 (A) はフロント型プロジェクターであり、投射装置 3 6 0 1、スクリーン 3 6 0 2 で構成される。本発明は投射装置やその他の信号制御回路に適用することができる。

【 0 1 6 4 】

図 1 9 (B) はリア型プロジェクターであり、本体 3 7 0 1、投射装置 3 7 0 2、ミラー 3 7 0 3、スクリーン 3 7 0 4 で構成される。本発明は投射装置やその他の信号制御回路に適用することができる。

20

【 0 1 6 5 】

なお、図 1 9 (C) は、図 1 9 (A) 及び図 1 9 (B) 中における投射装置 3 6 0 1、3 7 0 2 の構造の一例を示した図である。投射装置 3 6 0 1、3 7 0 2 は、光源光学系 3 8 0 1、ミラー 3 8 0 2、3 8 0 4 ~ 3 8 0 6、ダイクロイックミラー 3 8 0 3、プリズム 3 8 0 7、液晶表示装置 3 8 0 8、位相差板 3 8 0 9、投射光学系 3 8 1 0 で構成される。投射光学系 3 8 1 0 は、投射レンズを含む光学系で構成される。本実施例は三板式の例を示したが、特に限定されず、例えば単板式であってもよい。また、図 1 9 (C) 中において矢印で示した光路に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するためのフィルム、I R フィルム等の光学系を設けてもよい。

30

【 0 1 6 6 】

また、図 1 9 (D) は、図 1 9 (C) 中における光源光学系 3 8 0 1 の構造の一例を示した図である。本実施例では、光源光学系 3 8 0 1 は、リフレクター 3 8 1 1、光源 3 8 1 2、レンズアレイ 3 8 1 3、3 8 1 4、偏光変換素子 3 8 1 5、集光レンズ 3 8 1 6 で構成される。なお、図 1 9 (D) に示した光源光学系は一例であって特に限定されない。例えば、光源光学系に実施者が適宜、光学レンズや、偏光機能を有するフィルムや、位相差を調節するフィルム、I R フィルム等の光学系を設けてもよい。

【 0 1 6 7 】

また、本発明はその他にも、発光型表示素子に適用することも可能である。このように、本願発明の適用範囲はきわめて広く、あらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。また、本実施例の電子機器は実施例 1 乃至 3 と自由に組み合わせることが可能である。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 1 6 8 】

【図 1】ビームスポットの照射跡の様子を示す図。

【図 2】発明の実施の形態 1 を説明する図。

【図 3】半導体膜のレーザアニールの様子を示す図。

【図 4】発明の実施の形態 2 を説明する図。

【図 5】発明の実施の形態 2 を説明する図。

【図 6】発明の実施の形態 3 を説明する図。

50

【図 7】 発明の実施の形態 4 を説明する図。

【図 8】 レーザアニールの様子を示す図。

【図 9】 画素 T F T、駆動回路の T F T の作製工程を示す断面図。

【図 10】 画素 T F T、駆動回路の T F T の作製工程を示す断面図。

【図 11】 画素 T F T、駆動回路の T F T の作製工程を示す断面図。

【図 12】 画素 T F T、駆動回路の T F T の作製工程を示す断面図。

【図 13】 画素 T F T の構成を示す断面図。

【図 14】 アクティブマトリクス型液晶表示装置の作製工程を示す断面図。

【図 15】 発光装置の駆動回路及び画素部の断面構造図。

【図 16】 (A) 発光装置の上面図。(B) 発光装置の駆動回路及び画素部の断面構造図。

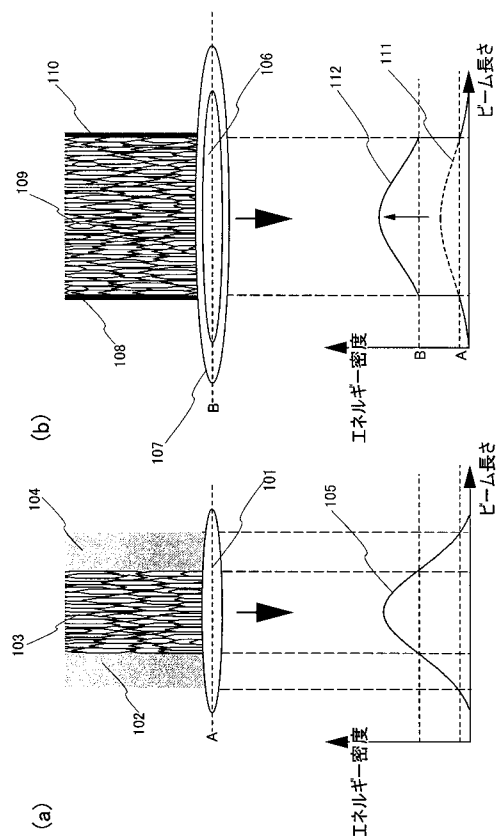
10

【図 17】 半導体装置の一例を示す図。

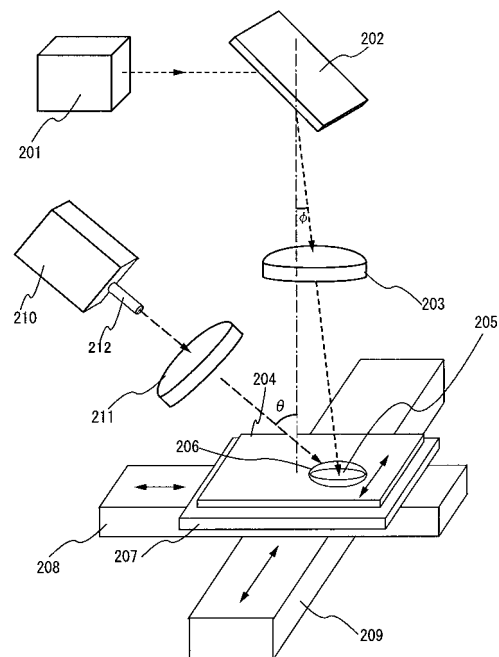
【図 18】 半導体装置の一例を示す図。

【図 19】 半導体装置の一例を示す図。

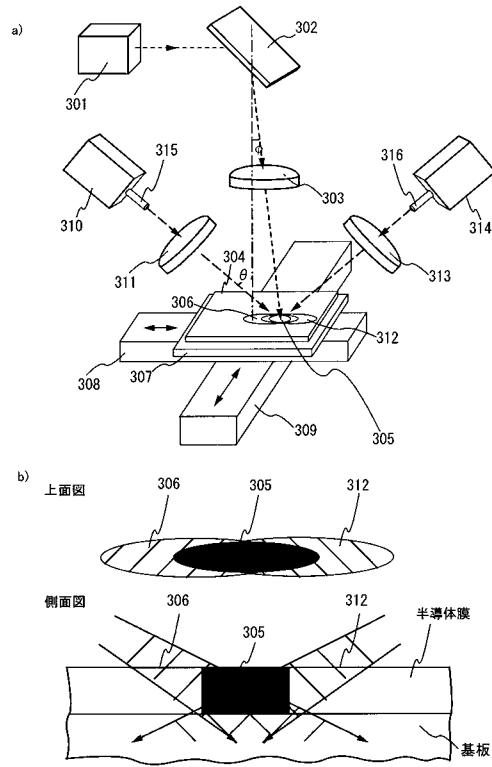
【図 1】



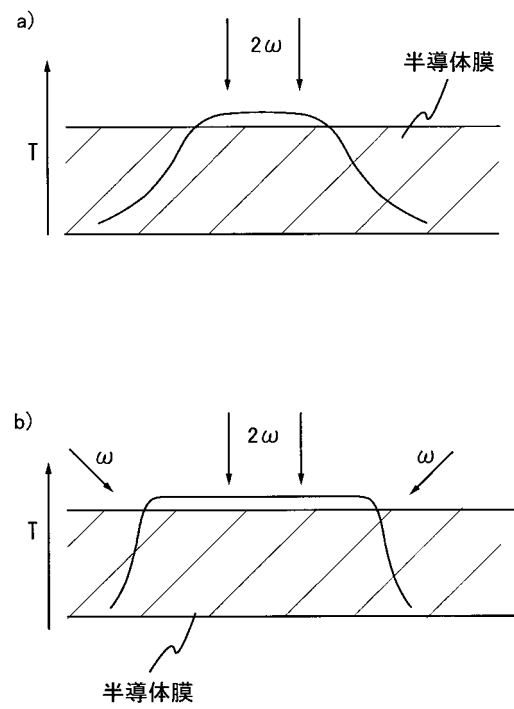
【図 2】



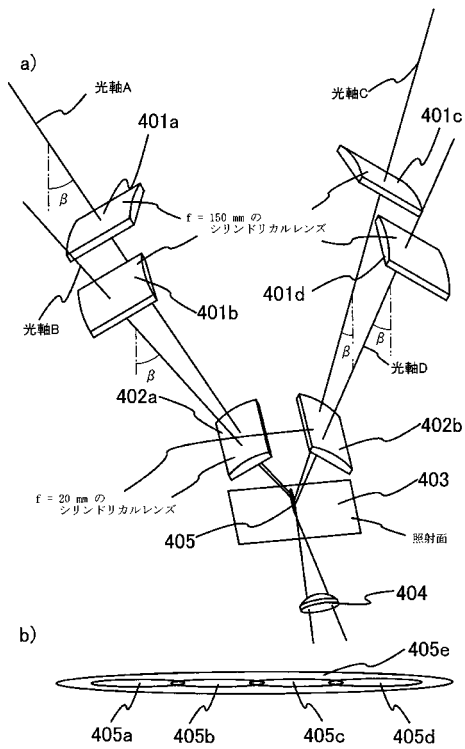
【図 4】



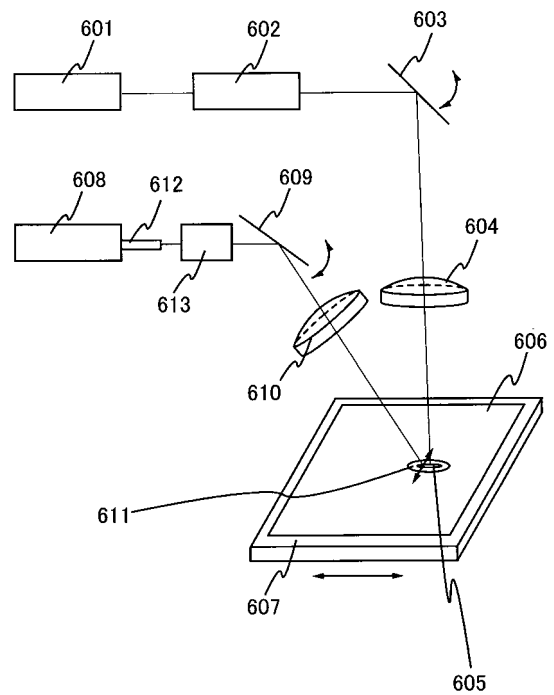
【図 5】



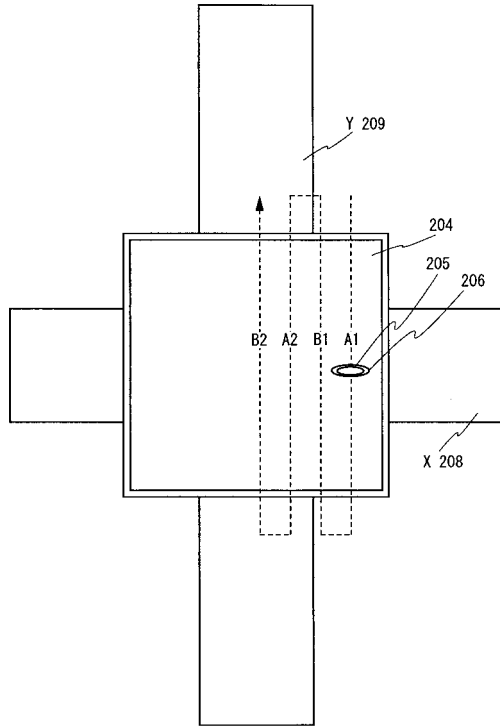
【図 6】



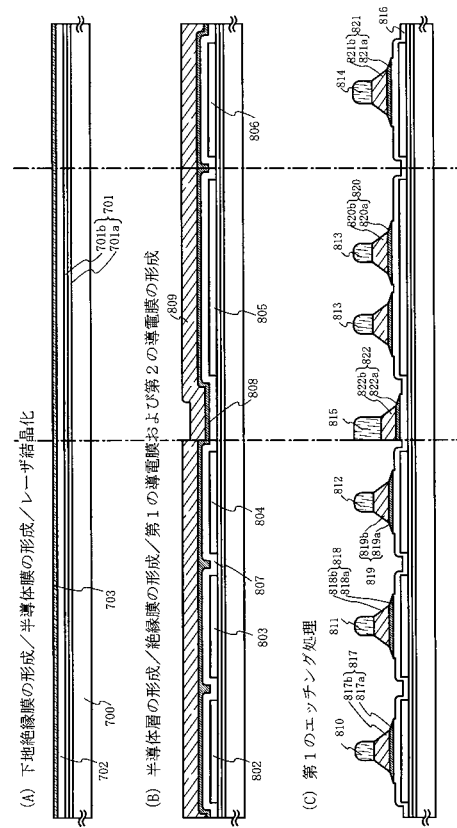
【図 7】



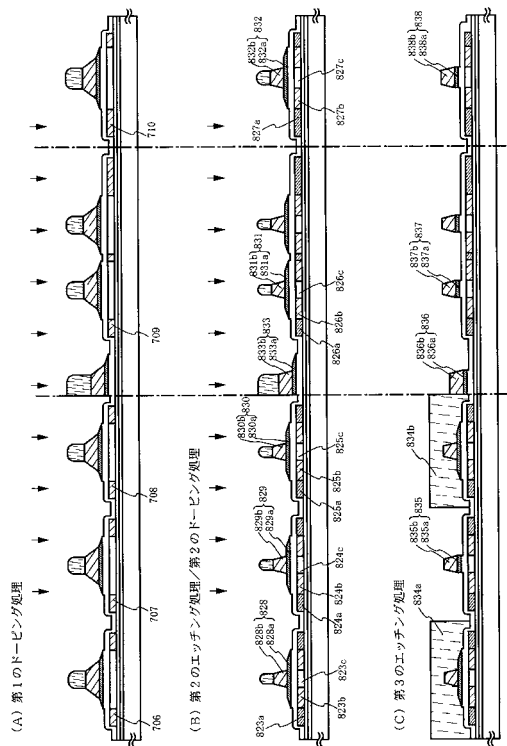
【図 8】



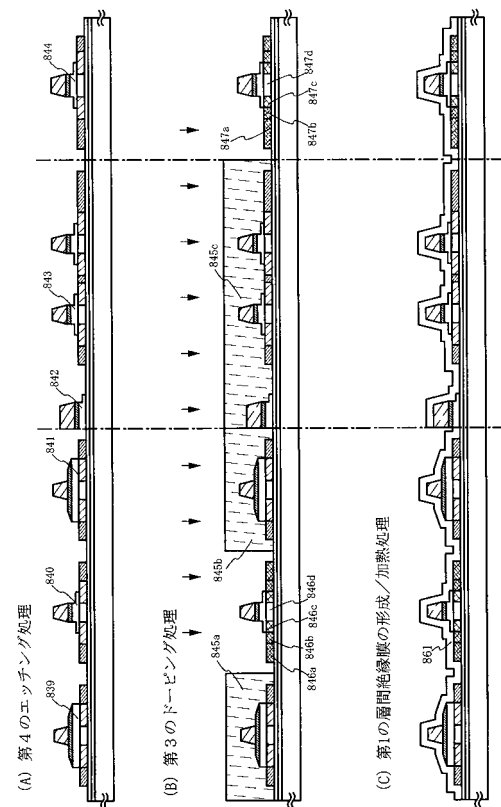
【図 9】



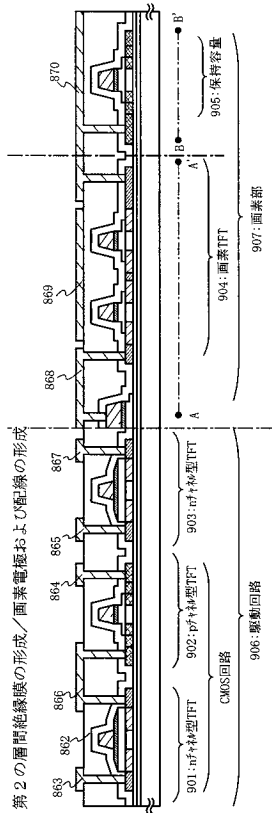
【図 10】



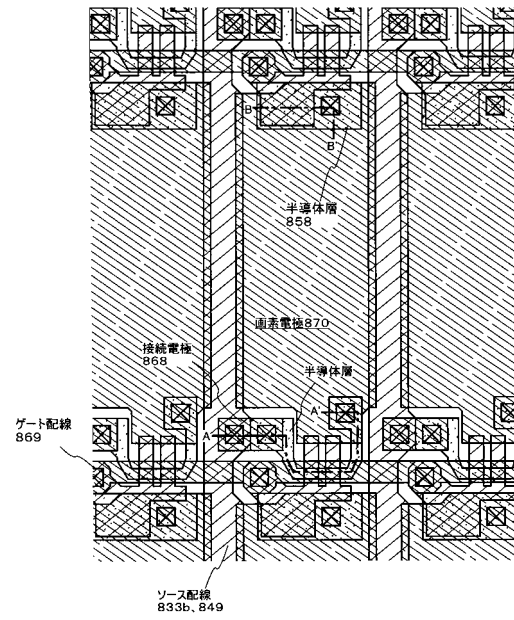
【図 11】



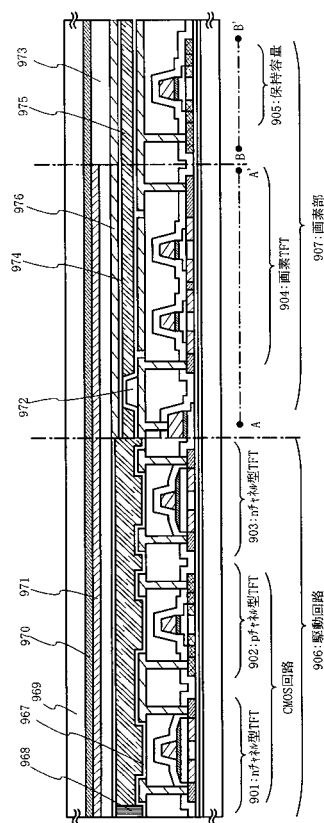
【図 1 2】



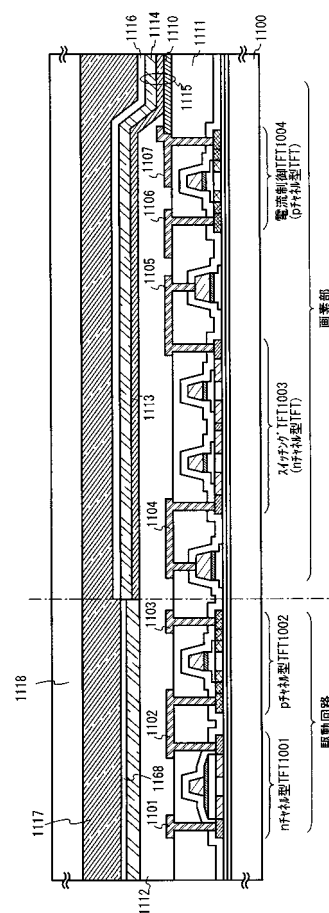
【図 1 3】



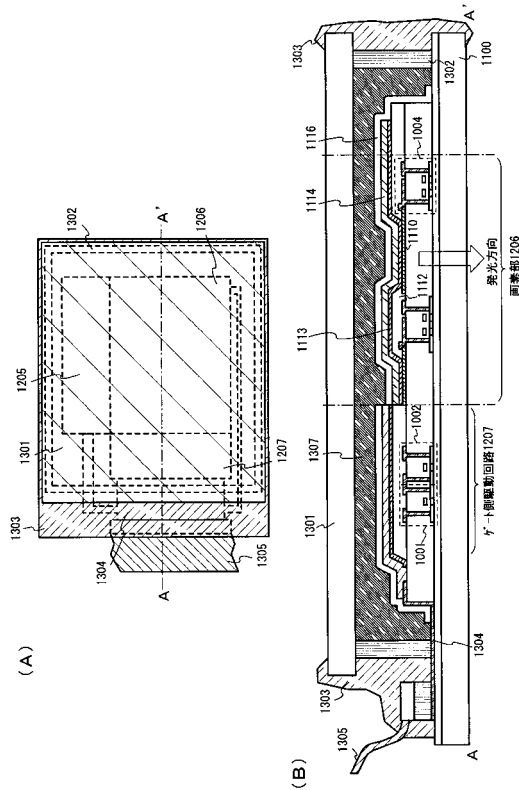
【図 1 4】



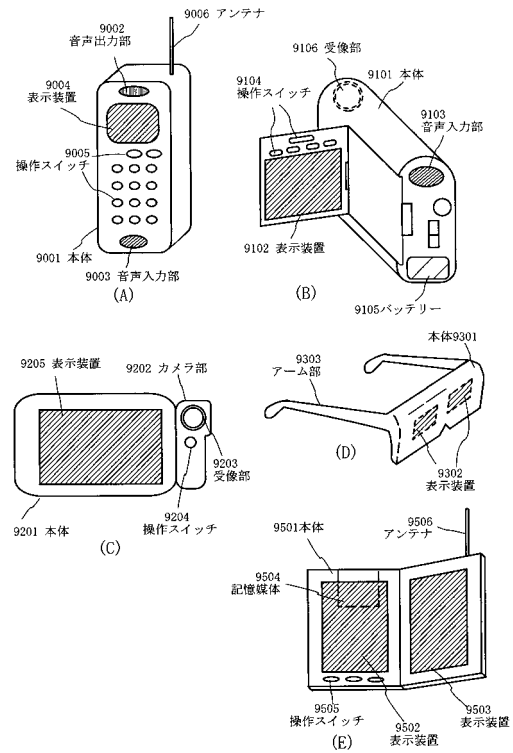
【図 1 5】



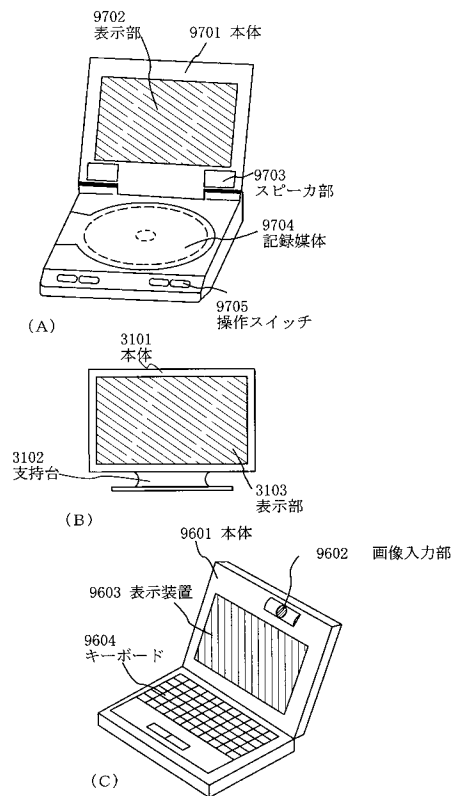
【 図 1 6 】



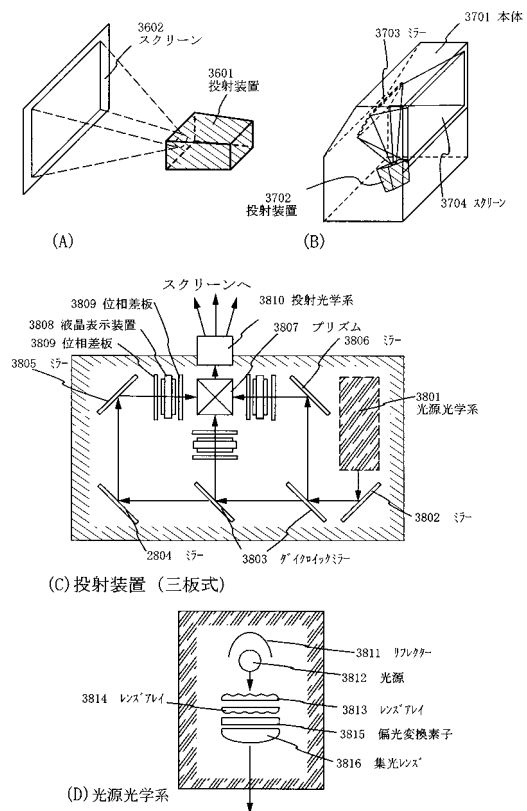
【 図 1 7 】



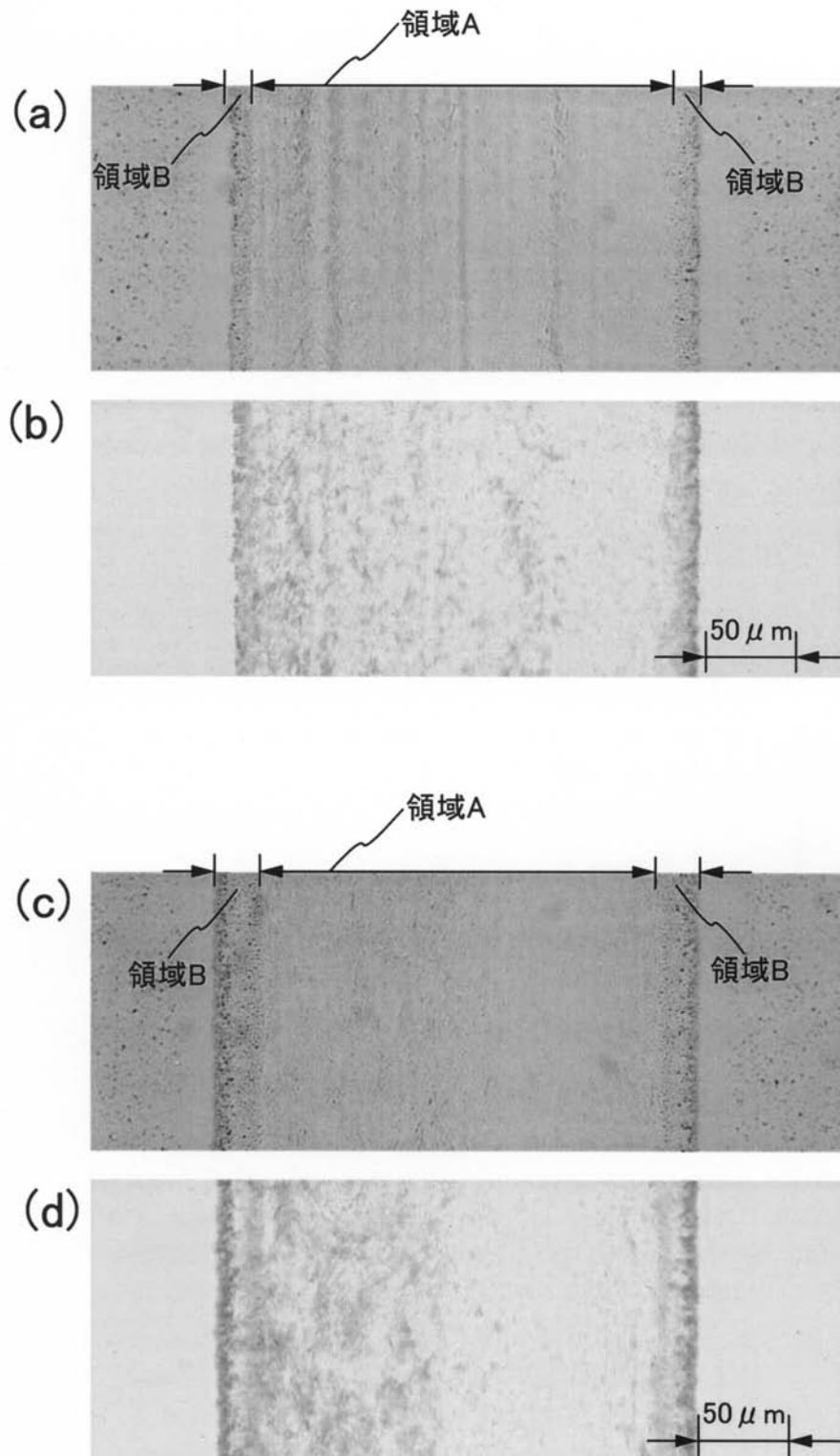
【 図 1 8 】



【 図 1 9 】



【図 3】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開昭57-183023(JP,A)
特開2002-261015(JP,A)
特開2002-217125(JP,A)
特開2003-051446(JP,A)
特開平05-021340(JP,A)
特開平05-226790(JP,A)
特開平08-083765(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L	21/20
H01L	21/268
H01L	21/336
H01L	29/786
H01S	3/00