

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4637333号
(P4637333)

(45) 発行日 平成23年2月23日 (2011.2.23)

(24) 登録日 平成22年12月3日 (2010.12.3)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 29/786 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 2 6 C
HO 1 L 21/336 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 2 7 G
HO 1 L 21/20 (2006.01)	HO 1 L 21/20
HO 1 L 21/268 (2006.01)	HO 1 L 21/268 J

請求項の数 8 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2000-246511 (P2000-246511)	(73) 特許権者	000153878
(22) 出願日	平成12年8月15日 (2000.8.15)		株式会社半導体エネルギー研究所
(65) 公開番号	特開2001-127305 (P2001-127305A)		神奈川県厚木市長谷398番地
(43) 公開日	平成13年5月11日 (2001.5.11)	(72) 発明者	河崎 律子
審査請求日	平成19年8月15日 (2007.8.15)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
(31) 優先権主張番号	特願平11-231281		半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成11年8月18日 (1999.8.18)	(72) 発明者	笠原 健司
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
		(72) 発明者	大谷 久
			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】

透光性基板の表側に島状の熱伝導層を形成し、
 前記島状の熱伝導層を覆って絶縁膜を形成し、
 前記絶縁膜上に、前記島状の熱伝導層と重なる領域と重ならない領域とを有する島状半
 導体層を形成し、

前記透光性基板の前記表側から前記島状半導体層にレーザー光を照射し、且つ、前記レ
 ーザー光のうち前記透光性基板を透過したレーザー光を反射板にて反射させることにより
 、前記透光性基板の裏側から前記島状半導体層に前記反射したレーザー光を照射し、

前記透光性基板の前記表側から前記レーザー光を照射し、前記裏側から前記反射したレ
 ーザー光を照射することによって、前記島状半導体層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、
 前記絶縁膜を、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を用いて形
 成する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、
 前記反射板の反射率が 20 ~ 90 % であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 4】

10

20

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかーにおいて、

前記島状の熱伝導層は、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム及び酸化窒化アルミニウムから選ばれた一種または複数種を用いて形成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、

前記島状の熱伝導層は、Si、N、O、及びM（Mは、Al及び希土類元素から選ばれた少なくとも一種）を含む化合物を用いて形成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 3 のいずれかーにおいて、

前記島状の熱伝導層は、Ta、Ti、Cr、またはWを用いて形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかーにおいて、

前記島状の熱伝導層は、熱伝導率が $10\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$ 以上であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 7 のいずれかーにおいて、

前記島状半導体層のうち、前記島状の熱伝導層と重なる領域をチャネル形成領域として薄膜トランジスタを形成す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】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、絶縁表面を有する基板上に形成する結晶構造を有する半導体膜の作製方法、並びに該半導体膜を活性層に用いた半導体装置の作製方法に関する。特に、結晶質半導体層で活性層を形成した薄膜トランジスタの作製方法に関する。尚、本明細書中において半導体装置とは、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、薄膜トランジスタを用いて形成されるアクティブマトリクス型の液晶表示装置に代表される電気光学装置、およびそのような電気光学装置を部品として搭載した電子機器を範疇とする。

【0002】

【従来の技術】

絶縁表面を有する透光性基板上に非晶質半導体層を形成し、レーザーアニール法や熱アニール法などで結晶化させた結晶質半導体層を活性層とした薄膜トランジスタ（Thin Film Transistor:以下、TFTと記す）が開発されている。絶縁基板には、バリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラスなどのガラス基板が多くの場合用いられている。このようなガラス基板は石英基板と比べ耐熱性は劣るものの市販価格は安価であり、また大面積基板を容易に製造できる利点を有している。

【0003】

レーザーアニール法はガラス基板の温度をあまり上昇させず、非晶質半導体層にのみ高いエネルギーを与えて結晶化させることができる結晶化技術として知られている。特に、波長400nm以下の短波長光を大出力で得られるエキシマレーザーは、この用途において最も適していると考えられている。エキシマレーザーを用いたレーザーアニール法は、レーザービームを被照射面においてスポット状や線状となるように光学系で加工し、その加工されたレーザー光で基板上の被照射面を走査すること（レーザー光の照射位置を被照射面に対して相対的に移動させる）により行う。例えば、線状レーザー光を用いたエキシマレーザーアニール法は、その長手方向と直角な方向だけの走査で被照射面全体をレーザーアニールすることも可能であり、生産性に優れることからTFTを用いる液晶表示装置の製造技術として主流となりつつある。その技術は一枚のガラス基板上に画素部を形成するTFT（画素TFT）と、画素部の周辺に設けられる駆動回路のTFTを形成したモノシ

10

20

30

40

50

リック型の液晶表示装置を可能とした。

【 0 0 0 4 】

しかし、レーザーアニール法で作製される結晶質半導体層は複数の結晶粒が集合して形成され、その結晶粒の位置と大きさはランダムなものであった。ガラス基板上に作製される T F T は、素子分離のために、結晶質半導体層を島状のパターンに分離して形成している。その場合において、結晶粒の位置や大きさを指定して形成することはできなかった。結晶粒の界面（結晶粒界）には、非晶質構造や結晶欠陥などに起因する再結合中心や捕獲中心や結晶粒界におけるポテンシャル準位の影響により、キャリアの電流輸送特性が低下させる原因があった。しかし、結晶の性質が T F T の特性に重大な影響を及ぼすチャネル形成領域を、結晶粒界の影響を排除して単一の結晶粒で形成することは殆ど不可能であった。そのため結晶質シリコン膜を活性層とする T F T は、単結晶シリコン基板に作製される M O S トランジスタの特性と同等なものは今日まで得られていない。

10

【 0 0 0 5 】

このような問題点を解決するために、結晶粒を大きく成長させる試みがなされている。例えば、「"High-Mobility Poly-Si Thin-Film Transistors Fabricated by a Novel Excimer Laser Crystallization method", K.Shimizu, O.Sugiura and M.Matsumura, IEEE Transactions on Electron Devices vol.40, No.1, pp112-117,1993」には、基板上に S i / S i O₂ / S i の 3 層構造の膜を形成し、エキシマレーザー光をその膜側と基板側の両側から照射するレーザーアニール法についての報告がある。その方法によれば、ある所定のエネルギー強度でレーザー光を照射することにより結晶粒の大粒形成を図ることができる

20

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

上記 Ishihara らの方法は、非晶質シリコン膜の下地材料の熱特性を局所的に変化させて、基板への熱の流れを制御して温度勾配を持たせることを特徴としている。しかしながら、そのためにガラス基板上に高融点金属層 / 酸化シリコン層 / 半導体膜の 3 層構造を形成している。この半導体膜を活性層としてトップゲート型の T F T を形成することは構造的には可能であるが、半導体膜と高融点金属層との間に設けられた酸化シリコン膜により寄生容量が発生するので、消費電力が増加し、T F T の高速動作を実現することは困難となる。

30

【 0 0 0 7 】

一方、高融点金属層をゲート電極とすることにより、ボトムゲート型または逆スタガ型の T F T に対しては有効に適用できうと考えられる。しかし、前記 3 層構造において、半導体膜の厚さを除いたとしても、高融点金属層と酸化シリコン層の膜厚は、結晶化工程において適した膜厚と、T F T 素子としての特性において適した膜厚とは必ずしも一致しないので、結晶化工程における最適設計と素子構造の最適設計とを両方同時に満足することはできない。

【 0 0 0 8 】

また、透光性のない高融点金属層をガラス基板の全面に形成すると、透過型の液晶表示装置を製作することは不可能である。高融点金属層は熱伝導率が高いという点では有用であるが、高融点金属材料として使用されるクロム (C r) 膜やチタン (T i) 膜は内部応力が高いので、ガラス基板との密着性に問題が生じる可能性が高い。さらに、内部応力の影響はこの上層に形成する半導体膜へも及び、形成された結晶性半導体膜に歪みを与える力として作用する可能性が大きい。

40

【 0 0 0 9 】

一方、T F T において重要な特性パラメータであるしきい値電圧（以下、 V_{th} と記す）を所定の範囲内に制御するためには、チャネル形成領域の価電子制御の他に、活性層に密接して絶縁膜で形成する下地膜やゲート絶縁膜の荷電欠陥密度を低減することや、その内部応力のバランスを考慮する必要がある。このような要求に対して、酸化シリコン膜や酸化窒化シリコン膜などのシリコンを構成元素として含む材料が適していた。従って、温度

50

勾配を持たせるために高融点金属層を設けることは、そのバランスを崩してしまうことが懸念される。

【 0 0 1 0 】

本発明はこのような問題点を解決するための技術であり、結晶粒の位置とその大きさを制御した結晶質半導体膜を作製し、さらにその結晶質半導体膜をＴＦＴのチャネル形成領域に用いることにより高速動作が可能なＴＦＴを実現する。さらに、そのようなＴＦＴを透過型の液晶表示装置や有機エレクトロルミネッセンス材料を用いた表示装置などのさまざまな半導体装置に適用できる技術を提供することを目的とする。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

ガラスなどの基板上に形成した非晶質半導体層から結晶質半導体層を形成するためにレーザーアニール法を用いる。本発明のレーザーアニール法は、パルス発振型または連続発光型のエキシマレーザーやアルゴンレーザーをその光源とし、光学系にて線状に形成されたレーザー光を島状半導体層に対して、島状半導体層が形成された基板の表側（本明細書中では島状半導体層が形成されている面と定義する）と裏側（本明細書中では島状半導体層が形成された面と反対側の面と定義する）との両方から照射する。

【 0 0 1 2 】

図２（Ａ）は本発明のレーザーアニール装置の構成を示す図である。レーザーアニール装置は、レーザー発振器１２０１、光学系１１００、基板を固定するステージ１２０２を有し、ステージ１２０２にはヒーター１２０３とヒータコントローラー１２０４が付加されて、基板を１００～４５０℃まで加熱することができる。ステージ１２０２上には反射板１２０５が設けられ、その上に基板１２０６を設置する。図２（Ａ）における構成のレーザーアニール装置の構成において、基板１２０６の保持方法を図２（Ｂ）を用いて説明する。ステージ１２０２に保持された基板１２０６は、反応室１２１３に設置されレーザー光が照射される。反応室内は図示されていない排気系またはガス系により減圧状態または不活性ガス雰囲気とすることができ、半導体膜を汚染させることなく１００～４５０℃まで加熱することができる。ステージ１２０２はガイドレール１２１６に沿って反応室内を移動することができ、基板の全面に線状レーザー光を照射させることができる。レーザー光は基板１２０６の上面に設けられた図示されていない石英製の窓から入射する。また、図２（Ｂ）ではこの反応室１２１３にトランスファー室１２１０、中間室１２１１、ロード・アンロード室１２１２が接続し、仕切弁１２１７、１２１８で分離されている。ロード・アンロード室１２１２には複数の基板を保持することが可能なカセット１２１４が設置され、トランスファー室１２１０に設けられた搬送ロボット１２１５により基板が搬送される。基板１２０６は搬送中の基板を表す。このような構成とすることによりレーザーアニールを減圧下または不活性ガス雰囲気中で連続して処理することができる。

【 0 0 1 3 】

図３は図２（Ａ）で示したレーザーアニール装置の光学系１１００の構成を説明する図である。レーザー発振器１１０１にはエキシマレーザーやアルゴンレーザーなどを適用する。図３（Ａ）は光学系１１００を側面から見た図であり、レーザー発振器１１０１から出たレーザー光はシリンドリカルレンズアレイ１１０２により縦方向に分割される。この分割されたレーザー光はシリンドリカルレンズ１１０４により、一旦集光された後広がって、ミラー１１０７で反射され、その後、シリンドリカルレンズ１１０８により照射面１１０９で線状レーザー光となるようにする。これにより、線状レーザー光の幅方向のエネルギー分布の均一化を図ることができる。また、図３（Ｂ）は光学系１１００を上面から見た図であり、レーザー発振器１１０１から出たレーザー光はシリンドリカルレンズアレイ１１０３により横方向に分割される。その後、シリンドリカルレンズ１１０５により、レーザー光は照射面１１０９で一つに合成される。これにより、線状レーザー光の長手方向におけるエネルギー分布の均一化を図ることができる。

【 0 0 1 4 】

図１は本発明のレーザーアニール法の概念を説明する図である。ガラスなどの基板１００

10

20

30

40

50

1 上に絶縁膜 1 0 0 2 が形成され、その上に島状半導体層 1 0 0 3 が形成されている。絶縁膜 1 0 0 2 は酸化シリコン膜や窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、およびアルミニウムを成分とする絶縁膜などを適用し、これらの膜単体が若しくは適宜組み合わせて用いる。そして、図 3 (A)、(B) で説明した光学系 1 1 0 0 により、シリンドリカルレンズ 1 1 0 8 と同等の機能を有するシリンドリカルレンズ 1 0 0 5 を通過したレーザー光は線状レーザー光として島状半導体層 1 0 0 3 に照射される。島状半導体層 1 0 0 3 には、シリンドリカルレンズ 1 0 0 5 を通過して直接島状半導体層 1 0 0 3 に照射する第 1 のレーザー光成分 1 0 0 6 と、絶縁膜 1 0 0 2 と基板 1 0 0 1 を透過して、反射板 1 0 0 4 で反射して、再度基板 1 0 0 1 と絶縁膜 1 0 0 2 を透過して島状半導体層 1 0 0 3 へ照射される第 2 のレーザー光成分 1 0 0 7 がある。いずれにしても、シリンドリカルレンズ 1 0 0 5 を通過したレーザー光は、集光される過程で基板表面に対し、45 ~ 90 ° の入射角を持つので、反射板 1 0 0 4 で反射するレーザー光は、島状半導体層 1 0 0 3 の内側の方向にも反射する。反射板 1 0 0 4 はアルミニウム (A l)、チタン (T i)、窒化チタン (T i N)、クロム (C r)、タングステン (W)、窒化タングステン (W N) などで反射表面を形成する。このように、反射表面を形成する材料を適宜選択することにより、その反射率を 20 ~ 90 % の範囲で変化させることができ、基板 1 0 0 1 の裏側から入射するレーザー光の強度を変化させることができる。また、この反射表面を鏡面にしておくと、240 ~ 320 nm の波長範囲で約 90 % の正反射率が得られる。また、材質をアルミニウムとして、その表面に数 100 nm の微細な凹凸形状を形成しておく、拡散反射率 (積分反射率 正反射率) は 50 ~ 70 % が得られる。

10

20

【 0 0 1 5 】

このようにして、レーザー光は基板 1 0 0 1 の表面と裏面から照射され、この基板 1 0 0 1 上に形成された島状半導体層 1 0 0 3 は両面からレーザーアニールされることになる。レーザーアニール法では、照射するレーザー光の条件を最適なものとするにより半導体膜を瞬時に加熱して溶融させ、結晶核の発生密度とその結晶核からの結晶成長を制御しようとしている。エキシマレーザーの発振パルス幅は数ナノ秒 ~ 数十ナノ秒、例えば 30 ナノ秒であるので、パルス発振周波数を 30 Hz として照射すると、そのレーザー光が照射された領域の半導体層はパルスレーザー光により瞬時に加熱され、その加熱時間よりも遥かに長い時間冷却される。

【 0 0 1 6 】

基板上に形成された島状半導体層に対して、一方の面のみからのレーザー光の照射では、片側しか加熱されない、加熱溶融と冷却固化のサイクルは急峻なものとなり、結晶核の発生密度を制御できたとしても十分な結晶成長は期待できない。しかし、半導体層の両方の面からレーザー光を照射するとこの加熱溶融と冷却固化のサイクルが緩やかなものとなり、冷却固化の過程で結晶成長に許容される時間が相対的に長くなることにより、十分な結晶成長を得ることができる。

30

【 0 0 1 7 】

その過渡的な現象において、島状半導体層に温度分布をもたせ、温度変化の緩やかな領域を設け核生成速度と核生成密度を制御することにより、結晶粒の大粒形化を図る。具体的には、図 1 で示すように、島状半導体層 1 0 0 3 と下地膜 1 0 0 2 が重なる領域において、下地膜 1 0 0 2 に膜厚の厚い部分を形成する。この部分は体積が増え熱容量が大きくなるので、島状半導体層のパルスレーザー光の照射による温度変化のサイクルは (他の膜厚の薄い部分と比較して) 緩やかなものとなる。本発明はこのように、基板の表面側と裏面側からレーザー光を照射して半導体層を直接加熱すると同時に、半導体層から基板側への熱伝導制御と、半導体層の基板と水平方向への熱伝導 (温度勾配に起因するもの) を利用することにより、結晶粒の大粒形化を実現している。

40

【 0 0 1 8 】

島状半導体層を形成した基板の表面側と裏面側からレーザー光を照射する方法は、その他に図 4 に示す構成を用いても良い。エキシマレーザーなどのレーザー発振器 4 0 1 から出た光はシリンドリカルレンズアレイ 4 0 2 (または 4 0 3) により分割される。この分割

50

されたレーザー光はシリンドリカルレンズ４０４（または４０５）により一旦集光された後広がってミラー４０８で反射される。この光路の途中にビームスプリッター４０６を置き、光路を２分割する。一方のレーザー光はミラー４０７、４１３で反射され、シリンドリカルレンズ４１４により線状レーザー光とされ、基板４１８の表側に照射する。このレーザー光を第１のレーザー光とする。基板４１８の表側には下地膜４１９、島状半導体層４２０が形成されている。他方のレーザー光はミラー４０８、４０９、４１１で反射され、シリンドリカルレンズ４１２により線状レーザー光とされ、基板４１８の裏側に照射する。このレーザー光を第２のレーザー光とする。この光路の途中にはレーザー光の強度を調節するためにアッテネータが設けられている。このような構成として、基板の表側と裏側からレーザー光を照射しても、前述と同様に半導体層の結晶粒の大粒形化をすることができる。

10

【００１９】

本発明は、このようなレーザーアニール法をデュアルビームレーザーアニール法と呼び、この方法を適用して島状半導体層の結晶粒の大粒形化を行う。そのような島状半導体層をＴＦＴの活性層に用いて、さらに各回路の機能に応じた構造を有するＴＦＴを有する半導体装置を作製することにより半導体装置の高性能化を図る。

【００２０】

そして、このようなデュアルビームレーザーアニール法を用いる本発明の構成は、透光性基板の一方の表面に第１の厚さの領域と、該第１の厚さよりも薄い第２の厚さの領域とを有する下地膜が形成され、前記第１の厚さの領域は前記第２の厚さの領域よりも小さい面積を有し、前記下地膜上の結晶構造を有する島状の半導体層は、前記第１の厚さの領域上と前記第２の厚さの領域上にわたって形成されていることを特徴としている。

20

【００２１】

また、他の発明の構成は、透光性基板の一方の表面に島状に形成された熱伝導層が設けられ、前記透光性基板上の下地膜は、前記熱伝導層を覆って形成され、前記下地膜上の結晶構造を有する島状の半導体層は、少なくとも一部が前記熱伝導層上に形成されていることを特徴としている。

【００２２】

また、他の発明の構成は、透光性基板の一方の表面に第１の厚さの下地膜を形成する工程と、前記下地膜の一部をエッチングして、第１の厚さの領域と、該第１の厚さよりも薄い第２の厚さの領域とを形成する工程と、前記下地膜上に、前記第１の厚さの領域上と前記第２の厚さの領域上にわたって島状半導体層を形成する工程と、前記透光性基板の一方の表面側と、他方の表面側とから、前記島状半導体層にレーザー光を照射して、該島状半導体層を結晶化させる工程とを有することを特徴としている。

30

【００２３】

また、他の発明の構成は、透光性基板の一方の表面に島状の熱伝導層を形成する工程と、前記透光性基板上に、前記島状の熱伝導層を覆って第１の厚さの下地膜を形成する工程と、前記下地膜上に形成され、前記島状の熱伝導層よりも大きな面積を有し、少なくとも一部が前記島状の熱伝導層に重なる島状半導体層を形成する工程と、前記透光性基板の一方の表面側と、他方の表面側とから、前記島状半導体層にレーザー光を照射して、該島状半導体層を結晶化させる工程とを有することを特徴としている。

40

【００２４】

また、他の発明の構成は、透光性基板の一方の表面に第１の厚さの下地膜を形成する工程と、前記下地膜の一部をエッチングして、第１の厚さの領域と、該第１の厚さよりも薄い第２の厚さの領域とを形成する工程と、前記下地膜上に、前記第１の厚さの領域上と前記第２の厚さの領域上にわたって島状半導体層を形成する工程と、前記透光性基板の一方の表面側からレーザー光を照射し、かつ、前記島状半導体層の周辺の領域より入射して前記透光性基板を透過したレーザー光を該透光性基板の他方の表面側に設けた反射板にて反射させ前記透光性基板の他方の表面側から照射して、該島状半導体層を結晶化させる工程とを有することを特徴としている。

50

【 0 0 2 5 】

また、他の発明の構成は、透光性基板の一方の表面に島状の熱伝導層を形成する工程と、前記透光性基板上に、前記島状の熱伝導層を覆って第1の厚さの下地膜を形成する工程と、前記下地膜上に形成され、前記島状の熱伝導層よりも大きな面積を有し、少なくとも一部が前記島状の熱伝導層に重なる島状半導体層を形成する工程と、前記透光性基板の一方の表面側からレーザー光を照射し、かつ、前記島状半導体層の周辺の領域より入射して前記透光性基板を透過したレーザー光を、該透光性基板の他方の表面側に設けた反射板にて反射させ前記透光性基板の他方の表面側から照射して、該島状半導体層を結晶化させる工程とを有することを特徴としている。

【 0 0 2 6 】

10

【発明の実施の形態】

[実施形態1]

本発明の実施形態を図5を用いて説明する。図5(A)において、基板501にはバリウムホウケイ酸ガラスやアルミノホウケイ酸ガラスなどの無アルカリガラス基板を用いる。例えば、コーニング社の#7059ガラスや#1737ガラス基などを好適に用いることができる。その他に、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリエチレンナフタレート(PEN)、ポリエーテルサルフォン(PES)など光学的異方性を有しないプラスチック基板を用いることもできる。基板501の島状半導体層を形成する側の表面には、基板501からのアルカリ金属元素などの不純物拡散を防ぐために、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下地膜502を100~300nmの厚さで形成する。下地膜502はこれらの膜からなる一層で形成しても良いし、複数の膜を積層させて形成しても良い。例えば、プラズマCVD法で SiH_4 、 NH_3 、 N_2O から作製される酸化窒化シリコン膜を形成する。

20

【 0 0 2 7 】

この下地膜502に膜厚の厚い部分と薄い部分を形成するために、写真蝕刻(フォトリソグラフィ)技術によりレジストのマスクを形成し、エッチング処理を施す。エッチングはフッ酸を含む溶液を用いたウエットエッチングや、 CF_4 を用いたドライエッチングなどを適用することができる。いずれにしろ、30~100nmの厚さエッチングすることにより下地膜502に膜厚の変化を持たせる。図5(A)はその形状を模式的に示している。

30

【 0 0 2 8 】

次に、25~200nm(好ましくは30~100nm)の厚さで非晶質構造を有する非晶質半導体層503を、プラズマCVD法やスパッタ法などの公知の方法で形成する。例えば、プラズマCVD法で非晶質シリコン膜を55nmの厚さに形成する。非晶質構造を有する半導体膜には、非晶質半導体層や微結晶半導体膜があり、非晶質シリコンゲルマニウム膜などの非晶質構造を有する化合物半導体膜を適用しても良い。そして、図5(B)に示すように非晶質半導体半導体層503から、島状半導体層504を形成する。島状半導体層504は正方形、長方形、または任意の多角形とすることができる。

【 0 0 2 9 】

次に、図5(C)に示すように、デュアルビームレーザーアニール法により結晶化を行う。その装置の構成および概念は、前述の様に図2~図4で説明したものと同様なものを適用する。結晶化のためにはまず、非晶質半導体層が含有する水素を放出させておくことが望ましく、400~500℃で1時間程度の熱処理を行い含有する水素量を5atomi%以下にしておくことと良い。

40

【 0 0 3 0 】

レーザーアニール条件は実施者が適宜選択するものであるが、例えば、エキシマレーザーのパルス発振周波数30Hzとし、レーザーエネルギー密度を100~500mJ/cm²(代表的には300~350mJ/cm²)として、線幅100~1000μm、例えば線幅400μmの線状ビーム505を照射する。この線幅は島状半導体層504よりも大きいものとし、1パルスの線状ビームで、少なくとも一つの島状半導体層504の基板側と

50

は反対の表面の全面と、島状半導体層 504 の周辺を照射することができる。島状半導体層 504 の周辺にある入射角 θ を持って照射された光の一部は基板の下側に置かれた反射板に達し、そこで反射角 θ を持って反射された光の一部は島状半導体層 504 の基板側の表面に照射される。このような線状ビームを用い、同じ場所を複数回照射する。或いは、線状ビームを走査しながら複数回照射する。この時の線状ビームの重ね合わせ率（オーバーラップ率）を 50 ~ 98 % として行うと良い。実際には照射パルス数を 10 ~ 40 パルスとすると良い。レーザービームの形状は線状に限定されるものでなく、面状としても同様に処理することができる。

【0031】

このような、レーザーアニール方法において、島状半導体層 504 の周辺にある入射角 θ を持って照射された光は、基板 501 を通過する過程で約 50 % 減衰する。反射板の正反射率を 90 % としても、実際に島状半導体層 504 の基板側の表面に照射されるレーザー光は、第 1 のレーザー光の 15 ~ 40 % 程度であると考えられる。しかし、この程度の強度の第 2 のレーザー光によっても島状半導体層 504 を十分に加熱することができる。その結果、結晶成長を十分成し遂げさせることが可能となる。図 2 で示すステージ 1202 に設けられたヒーター 1203 によっても基板を 100 ~ 450 °C までの加熱が可能であるので島状半導体層を加熱することの効果はある程度得ることができるが、第 2 のレーザー光による半導体層の加熱はこの温度以上の効果がある。

【0032】

島状半導体層 504 の中心側まで第 2 のレーザー光を効果的に入射させるには、反射板をアルミニウムとして、その表面に数 100 nm の微細な凹凸形状を形成して、拡散反射率を 50 ~ 70 % としておくことが有効である。これは、微細な凹凸形状の表面によりレーザー光の散乱角が大きくなるためである。

【0033】

図 5 (C) では、第 1 のレーザー光 505 と第 2 のレーザー光 506 とが島状半導体層に照射される様子を示している。島状半導体層は下地膜 502 の膜厚の厚い領域（領域 A）と薄い領域（領域 B）とに分けてみることができる。いずれにしても島状半導体層はレーザー光の照射により加熱され熔融状態となる。結晶核は熔融状態から固相状態へ移る冷却過程で生成形成されるものと推定されているが、その核発生密度は、熔融状態の温度と冷却速度とに相関があり、高温から急冷されると核発生密度が高くなる傾向が経験的知見として得られている。

【0034】

このような知見を基に推測すると、熔融状態から急激に冷却される領域 B では結晶核の発生密度が領域 A よりも高くなり、ランダムに結晶核が発生することにより多数の結晶粒が形成されやすく、それぞれの結晶核から成長する結晶粒の相互作用により粒形は小さくなる。一方、領域 A では熱容量が領域 B と比較して相対的に大きいので温度も低くなる。その結果、領域 B から領域 A へ、基板表面と水平方向の熱拡散が発生し、領域 A における温度変化は緩やかなものとなり、結晶成長が十分成し遂げられる。このとき、領域 A の核生成密度を小さくすることにより結晶粒の大粒形化を図ることができる。このことから、領域 A の大きさを 2 ~ 6 μm 程度とするのが良い。また、このような効果は、照射するパルスレーザー光の繰り返しパルス数を増していくと顕著に現れる。

【0035】

その結果、図 5 (C) に示すように結晶性半導体膜でなる島状半導体層 507 において、領域 A における結晶粒は 2 μm 以上の大粒形が得られ、領域 B ではそれに比較して小さな結晶粒となる。図 6 はこの様子を示す上面図であり、島状半導体層 601 は領域 A 602（中央部の点線四角の内側）とそれ以外の領域 B 606 とに分けてみることができる。領域 A 602 における核生成領域 603 を中心として島状半導体層 601 の端部に向かって結晶成長が進む。結晶性長端 605 の中心からの距離は 1 μm 以上とすることができる（図 6 では模式的に真円で示したが実際の形状は任意なものとなる）。

【0036】

その後の工程において、島状半導体層 507 は、3 ~ 100 % の水素を含む雰囲気中で 300 ~ 450 の加熱処理、或いは、プラズマによって生成された水素を含む雰囲気中で 200 ~ 450 の加熱処理によって、残留する欠陥を中和することができる。このようにして作製された島状半導体層 507 の領域 A の部分をチャネル形成領域として TFT の活性層を作製することにより、TFT の特性を向上させることができる。

【0037】

[実施形態 2]

TFT の活性層とする結晶構造を有する島状半導体層の作製方法は、レーザーアニール法のみから作製されるものではなく、本発明に関わるレーザーアニール法と熱アニール法を併用させても良い。特に、熱アニール法による結晶化は、特開平 7 - 130652 号公報で開示される触媒元素を用いる結晶化法にも応用すると、600 以下の温度で結晶化を実現でき、このようにして作製された結晶質半導体層を本発明に関わるレーザーアニール法で処理すると高品質の結晶質半導体層を得ることができる。このような実施形態を図 7 を用いて説明する。

【0038】

図 7 (A) において、基板 510 には実施形態 1 で示したガラス基板を好適に用いることができる。その他、下地膜 511、非晶質半導体層 512 は実施形態 1 と同様にして作製する。そして、重量換算で 5 ~ 100 ppm の触媒元素を含む水溶液をスピンコート法で塗布して触媒元素を含有する層 513 を形成する。或いは、触媒元素を含有する層 513 をスパッタ法や蒸着法などで形成しても良い。その場合、触媒元素を含有する層 513 の厚さは 0.5 ~ 2 nm とする。触媒元素にはニッケル (Ni)、ゲルマニウム (Ge)、鉄 (Fe)、パラジウム (Pd)、スズ (Sn)、鉛 (Pb)、コバルト (Co)、白金 (Pt)、銅 (Cu)、金 (Au) などである。

【0039】

その後、まず 400 ~ 500 で 1 時間程度の熱処理を行い、非晶質半導体層の含有水素量を 5 atomic % 以下にする。そして、ファーンズアニール炉を用い、窒素雰囲気中で 550 ~ 600 で 1 ~ 8 時間、好ましくは 550 で 4 時間の熱アニールを行う。以上の工程により結晶質シリコン膜から成る結晶質半導体層 514 を得ることができる (図 7 (B))。この熱アニールによって作製された結晶質半導体層は、光学顕微鏡観察により巨視的に観察すると局所的に非晶質領域が残存していることが観察されることがあり、このような場合、同様にラマン分光法では 480 cm^{-1} にブロードなピークを持つ非晶質成分が観測される。しかし、このような非晶質領域は本発明のデュアルビームレーザーアニール法により容易に除去することが可能であり、良質な結晶質半導体層を得ることができる。

【0040】

図 7 (C) に示すように結晶質半導体半導体層 514 から、島状半導体層 515 を形成する。この状態の基板に対して、図 7 (D) に示すように実施形態 1 と同様にしてデュアルビームレーザーアニールを施す。その結果、第 1 のレーザー光 516 および第 2 のレーザー光 517 により一旦熔融状態を経て新に結晶構造を有する島状半導体層 518 が形成される。このようにして作製された島状半導体層 518 は、図 5 で説明した島状半導体層 507 と比較して、同等かそれ以上の粒形の結晶粒を領域 A を中心に作製することができる。しかしながら、島状半導体層 518 中には触媒元素が $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 程度の濃度で含まれている。

【0041】

[実施形態 3]

本発明のデュアルビームレーザーアニール法による半導体層の結晶化法は、島状に形成した半導体層に温度分布を持たせ、図 5 ~ 7 で説明したように、熔融状態から急激に冷却される領域 B と下地の熱容量が大きく緩やかに冷却される領域 A を形成し、領域 A において大粒形の結晶を成長させることに特徴がある。実施形態 1 及び実施形態 2 では下地膜の膜厚を変化させて形成する例を示したが、そのような構成は他の方法を用いても実現することができる。

10

20

30

40

50

【0042】

図8はその一例を示し、実施形態1で述べたガラスなどの基板520上にタンタル(Ta)、Ti、Cr、Wなどの熱伝導層521を30~100nmの厚さで島状にして設ける。その上に設ける下地膜522はエッチング処理を施さず、非晶質半導体層523を積層する。非晶質半導体層523から島状半導体層を形成した後、デュアルビームレーザーアニール法により第1のレーザー光524と第2のレーザー光525を照射することにより、同様な結晶質半導体層526を得ることができる。結晶質半導体層526において、領域Aは熱伝導層521が形成されている領域がこれに相当し、それ以外の部分が領域Bに相当する。

【0043】

熱伝導層は熱伝導率が $10\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$ 以上であることが望ましい。このような材料として、アルミニウムの酸化物(酸化アルミニウム(Al_2O_3)は熱伝導率が $20\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$ であり適している。また、酸化アルミニウムは化学量論比に限定されるものでなく、熱伝導率特性と内部応力などの特性を制御するために、他の元素を添加しても良い。例えば、酸化アルミニウムに窒素を含ませて、酸化窒化アルミニウム($\text{Al N}_x\text{O}_{1-x}$: $0.02 \leq x \leq 0.5$)を用いても良いし、アルミニウムの窒化物(Al N_x)を用いることも可能である。また、シリコン(Si)、酸素(O)、窒素(N)とM(Mはアルミニウム(Al)または希土類元素から選ばれた少なくとも一種)を含む化合物を用いることができる。例えば、 Al Si O N や La Si O N などを好適に用いることができる。その他に、窒化ホウ素なども適用することができる。上記の酸化物、窒化物、および化合物はいずれもスパッタ法で形成することができる。これは所望の組成のターゲットを用い、アルゴン(Ar)や窒素などの不活性ガスを用いてスパッタすることにより形成できる。

【0044】

また、図9は図8の熱伝導層521の代りに酸化アルミニウム膜、窒化アルミニウム膜、酸化窒化アルミニウム膜を主な成分とする透光性の熱伝導層527を設けた例を示す。このような構成にして、デュアルビームレーザーアニール法により第1のレーザー光528と第2のレーザー光529を照射することにより、同様な結晶質半導体層530を得ることができる。ここでも、結晶質半導体層530において、領域Aは絶縁層527が形成されている領域がこれに相当し、それ以外の部分が領域Bに相当する。

【0045】

以上のように本実施形態では、下地膜の下に熱伝導層を設け、半導体層の温度勾配を利用する方法を、実施形態1で説明したデュアルビームレーザーアニール法に適用する例を示したが、このような方法は実施形態2と組み合わせて実施しても良い。

【0046】

【実施例】

[実施例1]

本発明の実施例を図10~図12を用いて説明する。ここでは、画素部のnチャネル型TFT(以下、画素TFTと記す)および保持容量と、画素部の周辺に設けられる駆動回路のnチャネル型TFTとpチャネル型TFTとを同時に作製する方法について工程に従って説明する。

【0047】

図10(A)において、基板101にはコーニング社の#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やアルミノホウケイ酸ガラスなどのガラス基板の他に、結晶化や活性化の工程をレーザーアニール法のみで行う場合には、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリエチレンナフタレート(PEN)、ポリエーテルサルホン(PES)など光学的異方性を有しないプラスチック基板を用いることができる。ガラス基板を用いる場合には、ガラス歪み点よりも10~20程度低い温度であらかじめ熱処理しておいても良い。

【0048】

そして、基板101のTFTの活性層とする島状半導体層を形成する表面に、基板101

10

20

30

40

50

からの不純物拡散を防ぐために、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下地膜 102 を形成する。例えば、プラズマ CVD 法で SiH_4 、 NH_3 、 N_2O から作製される酸化窒化シリコン膜 102a を 10 ~ 100 nm、同様に SiH_4 、 N_2O から作製される酸化窒化水素化シリコン膜 102b を 100 ~ 200 nm の厚さに積層形成する。このように下地膜 102 は 2 層構造としても良いが、上記材料の 1 層で形成しても良いし、2 層以上の積層構造としても良い。いづれにしてもその厚さが 100 ~ 300 nm 程度になるように形成する。

【0049】

酸化窒化シリコン膜は従来の平行平板型のプラズマ CVD 法を用いて形成する。酸化窒化シリコン膜 102a は、 SiH_4 を 10 SCCM、 NH_3 を 100 SCCM、 N_2O を 20 SCCM として反応室に導入し、基板温度 325 °C、反応圧力 40 Pa、放電電力密度 0.41 W/cm²、放電周波数 60 MHz とした。一方、酸化窒化水素化シリコン膜 102b は、 SiH_4 を 5 SCCM、 N_2O を 120 SCCM、 H_2 を 125 SCCM として反応室に導入し、基板温度 400 °C、反応圧力 20 Pa、放電電力密度 0.41 W/cm²、放電周波数 60 MHz とした。これらの膜は、基板温度を変化させ、反応ガスの切り替えのみで連続して形成することもできる。また、酸化窒化シリコン膜 102a は基板を中心に考えて、その内部応力が引張り応力となるように形成する。酸化窒化シリコン膜 102b も同様な方向に内部応力を持たせるが、酸化窒化シリコン膜 102a よりも絶対値で比較して小さい応力となるようにする。

【0050】

この下地膜 102 に膜厚の厚い部分と薄い部分を形成するために、写真蝕刻（フォトリソグラフィー）技術によりレジストのマスクを形成し、エッチング処理を施す。エッチング量によって段差が決まるが、概ね 30 ~ 100 nm とするのが好ましい。例えば、150 nm 酸化窒化シリコン膜 102b を 75 nm エッチングするには、フッ酸を含む溶液を用いたウェットエッチングを用いても良いし、 CF_4 を用いたドライエッチングなどを適用することができる。このようにして、下地膜 102 に凸形状を形成せしめ、模式的には図 10 (A) で示す構造とする。このとき凸領域の大きさは、作製する TFT の大きさを考慮して適宜決めれば良いが、結晶核の生成数を制御する目的においては 2 ~ 6 μm 程度の大きさ（直径若しくは対角線長さ）が好ましい。

【0051】

次に、25 ~ 80 nm（好ましくは 30 ~ 60 nm）の厚さで非晶質構造を有する半導体層 103 を、プラズマ CVD 法やスパッタ法などの方法で形成する。例えば、プラズマ CVD 法で非晶質シリコン膜を 55 nm の厚さに形成する。非晶質構造を有する半導体膜には、非晶質半導体層や微結晶半導体膜があり、非晶質シリコンゲルマニウム膜や非晶質シリコン炭素膜などの非晶質構造を有する化合物半導体膜を適用しても良い。

【0052】

そして、まず非晶質構造を有する半導体層 103 から、公知のフォトリソグラフィー法を使って、図 10 (B) で示すように第 1 の形状を有する島状半導体層 104' ~ 108' を形成する。図 13 (A) はこの状態における島状半導体層 104'、105' の上面図であり、同様に図 14 (A) は島状半導体層 108' の上面図を示す。図 13 および図 14 において、島状半導体層は長方形とし一辺が 50 μm 以下となるように形成するが、島状半導体層の形状は任意なものとなることが可能で、好ましくはその中心部から端部までの最小距離が 50 μm 以下となるような形態であればどのような多角形、或いは円形とすることもできる。また、図 13 における 102b-1、102b-2 および図 14 における 102b-5 は各島状半導体層の下に形成される下地膜 102 の凸部の領域を示す。この凸部が実施形態 1 ~ 3 で説明した領域 A に相当し、その周辺が領域 B に相当する。

【0053】

次に、このような第 1 の形状を有する島状半導体層 104' ~ 108' に対して結晶化の工程を行う。結晶化の工程は、実施形態 1 ~ 3 で説明したいずれの方法を適用することも可能である。いづれにしても、本発明に関わるデュアルビームレーザーアニール法を適用す

10

20

30

40

50

ることにより、新に図10(B)の第1の形状を有する島状半導体層104'~108'を結晶化させることができる。この場合、非晶質シリコン膜の結晶化に伴って膜が緻密化し、1~15%程度収縮する。従って、このような結晶質シリコン膜から成る島状半導体層は、基板を中心に考えて引張り応力を有していると考えられる。

【0054】

このようにして作製する結晶質半導体層から成る島状半導体層は、凸部の領域を中心に大きな結晶粒が得られ、島状半導体層の端部近傍においては結晶粒が小さくなる。従って、結晶の特性が悪くなり、この部分でTFTのチャンネル形成領域を形成しても電界効果移動度などの特性は悪くなる。

【0055】

このような結晶の特性の悪い領域にかかってTFTのゲート電極を形成すると、良好なTFTの特性は期待できない。さらに、オフ電流値(TFTのオフ状態で流れる電流値)が増大したり、この領域に電流が集中して局部的に発熱したりする可能性もある。従って、図13(B)及び図14(B)で示すように、第1の形状の島状半導体層の端部にゲート電極がかからないようにするため、これから第2の形状の島状半導体層104、105、108を形成する。同図中点線で示す104'、105'、108'は第1の形状の島状半導体層があった領域を示し、少なくともその領域の端部にゲート電極がかからないようにエッチング除去する。この第2の形状の島状半導体層104、105、108の形状は任意な形状のものとすれば良い。図10(B)において示されるその他の島状半導体層も同様な取り扱いとする。

【0056】

そして、第2の形状の島状半導体層104~108を形成した後、この島状半導体層104~108を覆って、プラズマCVD法またはスパッタ法により50~100nmの厚さの酸化シリコン膜によるマスク層116を形成する。そして、これらの島状半導体層に対し、TFTのしきい値電圧(V_{th})を制御する目的でp型を付与する不純物元素を $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 程度の濃度で島状半導体層の全面に添加しても良い。半導体に対してp型を付与する不純物元素には、ホウ素(B)、アルミニウム(Al)、ガリウム(Ga)など周期律表第13族の元素が知られている。その方法として、イオン注入法やイオンドープ法を用いることができるが、大面積基板を処理するにはイオンドープ法が適している。イオンドープ法ではジボラン(B_2H_6)をソースガスとして用いホウ素(B)を添加する。このような不純物元素の注入は必ずしも必要でなく省略しても差し支えないが、特にnチャンネル型TFTのしきい値電圧を所定の範囲内に収めるために好適に用いる手法である。

【0057】

駆動回路のnチャンネル型TFTのLDD領域を形成するために、n型を付与する不純物元素を島状半導体層105、107に選択的に添加する。そのため、あらかじめレジストマスク111~115を形成する。n型を付与する不純物元素としては、リン(P)や砒素(As)を用いれば良く、ここではリン(P)を添加すべく、フォスフィン(PH_3)を用いたイオンドープ法を適用する。本明細書においてここで形成された不純物領域117、118は第1の低濃度n型不純物領域と呼び、この領域のリン(P)濃度は $2 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ の範囲とする。そして、その濃度を(n^+)と表記する。また、不純物領域119は、画素マトリクス回路の保持容量を形成するための半導体層であり、この領域にも同じ濃度でリン(P)を添加する(図10(C))。

【0058】

次に、添加した不純物元素を活性化させる工程を行う。活性化は、窒素雰囲気中にて500~600℃で1~4時間の熱処理や、レーザー活性化の方法により行うことができる。また、両者を併用して行っても良い。レーザー活性化の方法による場合、KrFエキシマレーザー光(波長248nm)を用い、線状ビームを形成して、発振周波数5~50Hz、エネルギー密度100~500mJ/cm²として線状ビームのオーバーラップ割合を80~98%として走査して、島状半導体層が形成された基板全面を処理した。尚、レ

10

20

30

40

50

ーザー光の照射条件には何ら限定される事項はなく、実施者が適宜決定すれば良い。マスク層 116 はこの段階でフッ酸などの溶液でエッチング除去する。

【0059】

図 10 (D) において、ゲート絶縁膜 170 はプラズマ CVD 法またはスパッタ法を用い、膜厚を 40 ~ 150 nm としてシリコンを含む絶縁膜で形成する。例えば、120 nm の厚さで酸化窒化シリコン膜を形成する。また、 SiH_4 と N_2O に O_2 を添加させて作製された酸化窒化シリコン膜は、膜中の固定電荷密度が低減されこの用途に対して好ましい材料である。勿論、ゲート絶縁膜 170 はこのような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。いずれにしても、ゲート絶縁膜 170 は基板を中心に考え圧縮応力となるように形成する。

10

【0060】

そして、図 10 (D) に示すように、ゲート絶縁膜 170 上にゲート電極を形成する耐熱性導電層を形成する。耐熱性導電層は単層で形成しても良いが、必要に応じて二層あるいは三層といった複数の層から成る積層構造としても良い。このような耐熱性導電性材料を用い、導電性の窒化物金属膜から成る導電層 (A) 120 と金属膜から成る導電層 (B) 121 とを積層した構造とすると良い。導電層 (B) 121 は Ta、Ti、モリブデン (Mo)、W から選ばれた元素、または前記元素を主成分とする合金か、前記元素を組み合わせた合金膜 (代表的には Mo-W 合金膜、Mo-Ta 合金膜) で形成すれば良く、導電層 (A) 120 は窒化タンタル (Ta₂N₅)、WN、TiN、窒化モリブデン (Mo₃N₅) などで形成する。また、導電層 (A) 120 はタングステンシリサイド、チタンシリサイド、モリブデンシリサイドを適用しても良い。導電層 (B) 121 は低抵抗化を図るために含有する不純物濃度を低減させることが好ましく、特に酸素濃度に関しては 30 ppm 以下とすると良かった。例えば、W は酸素濃度を 30 ppm 以下とすることで 20 μcm 以下の比抵抗値を実現することができる。

20

【0061】

導電層 (A) 120 は 10 ~ 50 nm (好ましくは 20 ~ 30 nm) とし、導電層 (B) 121 は 200 ~ 400 nm (好ましくは 250 ~ 350 nm) とすれば良い。W 膜でゲート電極を形成する場合には、W をターゲットとしたスパッタ法で、アルゴン (Ar) ガスと窒素 (N_2) ガスを導入して導電層 (A) 120 を WN 膜で 50 nm の厚さに形成し、導電層 (B) 121 を W 膜で 250 nm の厚さに形成する。その他の方法として、W 膜は 6 フッ化タングステン (WF_6) を用いて熱 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 μcm 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。このことより、スパッタ法による場合、純度 99.9999% の W ターゲットを用い、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 ~ 20 μcm を実現することができる。

30

【0062】

一方、導電層 (A) 120 に TaN 膜を、導電層 (B) 121 に Ta 膜を用いる場合には、同様にスパッタ法で形成することが可能である。TaN 膜は Ta をターゲットとしてスパッタガスに Ar と窒素との混合ガスを用いて形成し、Ta 膜はスパッタガスに Ar を用いる。また、これらのスパッタガス中に適量の Xe や Kr を加えておくと、形成する膜の内部応力を緩和して膜の剥離を防止することができる。相の Ta 膜の抵抗率は 20 μcm 程度でありゲート電極に使用することができるが、相の Ta 膜の抵抗率は 180 μcm 程度でありゲート電極とするには不向きであった。TaN 膜は相に近い結晶構造を持つので、この上に Ta 膜を形成すれば相の Ta 膜が容易に得られた。尚、図示しないが、導電層 (A) 120 の下に 2 ~ 20 nm 程度の厚さでリン (P) をドーピングしたシリコン膜を形成しておくことは有効である。これにより、その上に形成される導電膜の密着性向上と酸化防止を図ると同時に、導電層 (A) 120 または導電層 (B) 121 が微量に含有するアルカリ金属元素がゲート絶縁膜 170 に拡散するのを防ぐことができる。い

40

50

ずれにしても、導電層 (B) 121 は抵抗率を $10 \sim 50 \mu \text{ cm}$ の範囲ですることが好ましい。

【0063】

そして、フォトリソグラフィの技術を使用してレジストマスク 122 ~ 127 を形成し、導電層 (A) 120 と導電層 (B) 121 とを一括でエッチングしてゲート電極 128 ~ 132 と容量配線 133 を形成する。ゲート電極 128 ~ 132 と容量配線 133 は、導電層 (A) から成る 128a ~ 133a と、導電層 (B) から成る 128b ~ 133b とが一体として形成されている (図 11 (A))。また、この状態における島状半導体層 104、105 とゲート電極 128、129 との位置関係を図 13 (C) に上面図として示す。同様に島状半導体層 108 とゲート電極 132、容量配線 133 の関係を図 14 (C) に示す。図 13 (C) および図 14 (C) において、ゲート絶縁膜 170 は省略して示す。

10

【0064】

導電層 (A) および導電層 (B) をエッチングする方法は実施者が適宜選択すれば良いが、前述のように W を主成分とする材料で形成されている場合には、高速でかつ精度良くエッチングを実施するために高密度プラズマを用いたドライエッチング法を適用することが望ましい。高密度プラズマを得る方法として、マイクロ波プラズマや誘導結合プラズマ (Inductively Coupled Plasma: ICP) エッチング装置を用いると良い。例えば、ICP エッチング装置を用いた W のエッチング法は、エッチングガスに CF_4 と Cl_2 の 2 種のガスを反応室に導入し、圧力 $0.5 \sim 1.5 \text{ Pa}$ (好ましくは 1 Pa) とし、誘導結合部に 200 ~ 1000 W の高周波 (13.56 MHz) 電力を印加する。この時、基板が置かれたステージには 20 W の高周波電力が印加され、自己バイアスで負電位に帯電することにより、正イオンが加速されて異方性のエッチングを行うことができる。ICP エッチング装置を使用することにより、W などの硬い金属膜も $2 \sim 5 \text{ nm/秒}$ のエッチング速度を得ることができる。また、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しオーバーエッチングをすると良い。しかし、この時に下地とのエッチングの選択比に注意する必要がある。例えば、W 膜に対する酸化窒化シリコン膜 (ゲート絶縁膜 170) の選択比は $2.5 \sim 3$ であるので、このようなオーバーエッチング処理により、酸化窒化シリコン膜が露出した面は $20 \sim 50 \text{ nm}$ 程度エッチングされて実質的に薄くなった。

20

30

【0065】

そして、画素 TFT に LDD 領域を形成するために、n 型を付与する不純物元素添加の工程 (n⁺ドープ工程) を行う。ここでは、ゲート電極 128 ~ 132 をマスクとして自己整合的に n 型を付与する不純物元素をイオンドープ法で添加する。n 型を付与する不純物元素として添加するリン (P) の濃度は $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ の濃度範囲で添加する。このようにして、図 11 (B) に示すように島状半導体層に第 2 の低濃度 n 型不純物領域 134 ~ 137 を形成する。

【0066】

次に、n チャネル型 TFT を形成する島状半導体層に対して、ソース領域またはドレイン領域として機能する高濃度 n 型不純物領域の形成を行う (n⁺ドープ工程)。まず、レジストのマスク 138 ~ 141 を形成し、n 型を付与する不純物元素を添加して高濃度 n 型不純物領域 142 ~ 147 を形成する。この領域の n 型を付与する不純物元素にはリン (P) を用い、その濃度が $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} / \text{cm}^3$ の濃度範囲となるようにフォスフィン (PH_3) を用いたイオンドープ法で行う (図 11 (C))。

40

【0067】

そして、p チャネル型 TFT を形成する島状半導体層 104、106 にソース領域およびドレイン領域とする高濃度 p 型不純物領域 151 ~ 154 を形成する。ここでは、ゲート電極 128、130 をマスクとして p 型を付与する不純物元素を添加し、自己整合的に高濃度 p 型不純物領域を形成する。このとき、n チャネル型 TFT を形成する島状半導体膜 105、107、108 は、レジストマスク 148 ~ 150 を形成し全面を被覆しておく

50

。高濃度 p 型不純物領域 1 5 1 ~ 1 5 4 はジボラン (B_2H_6) を用いたイオンドープ法で形成する。この領域のボロン (B) 濃度は $3 \times 10^{20} \sim 3 \times 10^{21} / cm^3$ となるようにする (図 1 1 (D)) 。この高濃度 p 型不純物領域 1 5 1 ~ 1 5 4 には、前工程においてリン (P) が添加されていて、高濃度 p 型不純物領域 1 5 2 、 1 5 4 には $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} / cm^3$ の濃度で、高濃度 p 型不純物領域 1 5 1 、 1 5 3 には $1 \times 10^{16} \sim 5 \times 10^{19} / cm^3$ の濃度で含有しているが、この工程で添加するボロン (B) の濃度を 1 . 5 から 3 倍となるようにすることにより、 p チャネル型 T F T のソース領域およびドレイン領域として機能する上で何ら問題はない。

【 0 0 6 8 】

その後、図 1 2 (A) に示すように、ゲート電極およびゲート絶縁膜上に第 1 の層間絶縁膜 1 5 5 を形成する。第 1 の層間絶縁膜は酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、窒化シリコン膜、またはこれらを組み合わせた積層膜で形成すれば良い。いずれにしても第 1 の層間絶縁膜 1 5 5 は無機絶縁物材料から形成する。第 1 の層間絶縁膜 1 5 5 の膜厚は 1 0 0 ~ 2 0 0 nm とする。ここで、酸化シリコン膜を用いる場合には、プラズマ C V D 法で、オルトケイ酸テトラエチル (T e t r a e t h y l O r t h o S i l i c a t e : T E O S) と O_2 とを混合し、反応圧力 4 0 Pa 、基板温度 3 0 0 ~ 4 0 0 とし、高周波 (1 3 . 5 6 M H z) 電力密度 0 . 5 ~ 0 . 8 W / c m ² で放電させて形成することができる。酸化窒化シリコン膜を用いる場合には、プラズマ C V D 法で SiH_4 、 N_2O 、 NH_3 から作製される酸化窒化シリコン膜、または SiH_4 、 N_2O から作製される酸化窒化シリコン膜で形成すれば良い。この場合の作製条件は反応圧力 2 0 ~ 2 0 0 Pa 、基板温度 3 0 0 ~ 4 0 0 とし、高周波 (6 0 M H z) 電力密度 0 . 1 ~ 1 . 0 W / c m ² で形成することができる。また、 SiH_4 、 N_2O 、 H_2 から作製される酸化窒化水素化シリコン膜を適用しても良い。窒化シリコン膜も同様にプラズマ C V D 法で SiH_4 、 NH_3 から作製することが可能である。このような第 1 の層間絶縁膜は、基板を中心に考えて圧縮応力となるように形成する。

【 0 0 6 9 】

その後、それぞれの濃度で添加された n 型または p 型を付与する不純物元素を活性化する工程を行う。この工程はファーネスアニール炉を用いる熱アニール法で行う。その他に、レーザーアニール法、またはラピッドサーマルアニール法 (R T A 法) を適用することができる。熱アニール法では酸素濃度が 1 p p m 以下、好ましくは 0 . 1 p p m 以下の窒素雰囲気中で 4 0 0 ~ 7 0 0 、代表的には 5 0 0 ~ 6 0 0 で行うものであり、本実施例では 5 5 0 で 4 時間の熱処理を行った。また、基板 1 0 1 に耐熱温度が低いプラスチック基板を用いる場合にはレーザーアニール法を適用することが好ましい。

【 0 0 7 0 】

活性化の工程の後、さらに、 3 ~ 1 0 0 % の水素を含む雰囲気中で、 3 0 0 ~ 4 5 0 で 1 ~ 1 2 時間の熱処理を行い、第 2 の形状の島状半導体層を水素化する工程を行う。この工程は熱的に励起された水素により第 2 の形状の島状半導体層にある $10^{16} \sim 10^{18} / cm^3$ 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) を行っても良い。また、 3 0 0 ~ 4 5 0 の加熱処理により、下地膜 1 0 2 の酸化窒化水素化シリコン膜 1 0 2 b 、第 1 の層間絶縁膜 1 5 5 の酸化窒化シリコン膜の水素を拡散させて島状半導体層を水素化しても良い。

【 0 0 7 1 】

活性化および水素化の工程が終了したら、有機絶縁物材料からなる第 2 の層間絶縁膜 1 5 6 を 1 . 0 ~ 2 . 0 μm の平均厚を有して形成する。有機樹脂材料としては、ポリイミド、アクリル、ポリアミド、ポリイミドアミド、B C B (ベンゾシクロブテン) 等を使用することができる。例えば、基板に塗布後、熱重合するタイプのポリイミドを用いる場合には、クリーンオープンを用い 3 0 0 で焼成して形成する。また、アクリルを用いる場合には、2 液性のものを用い、主材と硬化剤を混合した後、スピナーを用いて基板全面に塗布した後、ホットプレートで 8 0 で 6 0 秒の予備加熱を行い、さらにクリーンオープンを用い 2 5 0 で 6 0 分焼成して形成することができる。

【0072】

第2の層間絶縁膜を有機絶縁物材料で形成することにより、表面を良好に平坦化させることができる。また、有機樹脂材料は一般に誘電率が低いので、寄生容量を低減することができる。しかし、吸湿性があり保護膜としては適さないので、本実施例のように、第1の絶縁膜155として形成した酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、窒化シリコン膜などと組み合わせて用いる必要がある。

【0073】

その後、フォトリソを用い、所定のパターンのレジストマスクを形成し、それぞれの島状半導体膜に形成されたソース領域またはドレイン領域に達するコンタクトホールを形成する。コンタクトホールの形成はドライエッチング法により行う。この場合、エッチングガスに CF_4 、 O_2 、 He の混合ガスを用い有機樹脂材料から成る第2の層間絶縁膜156をまずエッチングし、その後、続いてエッチングガスを CF_4 、 O_2 として第1の絶縁膜155をエッチングする。さらに、島状半導体層との選択比を高めるために、エッチングガスを CHF_3 に切り替えてゲート絶縁膜170をエッチングすることにより、良好にコンタクトホールを形成することができる。

【0074】

そして、導電性の金属膜をスパッタ法や真空蒸着法で形成し、レジストマスクパターンを形成し、エッチングによってソース配線157～161とドレイン配線162～166を形成する。ドレイン配線167は隣接する画素のドレイン配線を示す。ここで、ドレイン配線166は画素電極として機能するものである。図示していないが、本実施例ではこの電極を、 Ti 膜を50～150nmの厚さで形成し、島状半導体層のソースまたはドレイン領域を形成する半導体膜とコンタクトを形成し、その Ti 膜上に重ねてアルミニウム(Al)を300～400nmの厚さで形成して配線する。

【0075】

図13(D)はこの状態における島状半導体層104、105、ゲート電極128、129、ソース配線157、158およびドレイン配線162、163の上面図を示す。ソース配線157、158は図示されていない第2の層間絶縁膜および第1の絶縁膜に設けられたコンタクトホールによって、島状半導体層104、105とそれぞれ230、233で接続している。また、ドレイン配線162、163は231、232で島状半導体層104、105と接続している。同様に、図14(D)では島状半導体層108、ゲート電極132、容量配線133、ソース配線161およびドレイン配線166の上面図を示し、ソース配線161はコンタクト部234で、ドレイン配線166はコンタクト部235でそれぞれ島状半導体層108と接続している。

【0076】

この状態でソース配線157～161とドレイン配線162～166とそれぞれの島状半導体層とのコンタクト部の接触を良好なものとするために熱処理を行う。熱処理はクリーンオープンを用い、200～300℃で1～4時間の範囲で行う。

【0077】

こうして同一の基板上に、駆動回路のTFTと画素部の画素TFTとを有した基板を完成させることができる。駆動回路には第1のpチャネル型TFT200、第1のnチャネル型TFT201、第2のpチャネル型TFT202、第2のnチャネル型TFT203、画素部には画素TFT204、保持容量205が形成されている。本明細書では便宜上このような基板をアクティブマトリクス基板と呼ぶ。

【0078】

駆動回路の第1のpチャネル型TFT200には、第2の形状の島状半導体膜104にチャネル形成領域206、高濃度p型不純物領域から成るソース領域207a、207b、ドレイン領域208a、208bを有したシングルドレインの構造を有している。第1のnチャネル型TFT201には、第2の形状の島状半導体膜105にチャネル形成領域209、ゲート電極129と重なるLDD領域210、ソース領域212、ドレイン領域211を有している。このLDD領域において、ゲート電極129と重なるLDD領域をL

ovとしてそのチャネル長方向の長さは0.5～3.0 μm、好ましくは1.0～2.0 μmとした。nチャネル型TFTにおけるLDD領域の長さをこのようにすることにより、ドレイン領域近傍に発生する高電界を緩和して、ホットキャリアの発生を防ぎ、TFTの劣化を防止することができる。駆動回路の第2のpチャネル型TFT 202は同様に、第2の形状の島状半導体膜106にチャネル形成領域213、高濃度p型不純物領域から成るソース領域214a、214b、ドレイン領域215a、215bを有したシングルドレインの構造を有している。第2のnチャネル型TFT 203には、第2の形状の島状半導体膜107にチャネル形成領域216、ゲート電極131と一部が重なるLDD領域217、218、ソース領域220、ドレイン領域219が形成されている。このTFTのゲート電極131と重なるLovの長さも0.5～3.0 μm、好ましくは1.0～2.0 μmとした。また、ゲート電極131と重ならないLDD領域をLoffとして、このチャネル長方向の長さは0.5～4.0 μm、好ましくは1.0～2.0 μmとした。画素TFT 204には、島状半導体膜108にチャネル形成領域221、222、LDD領域223～225、ソースまたはドレイン領域226～228を有している。LDD領域(Loff)のチャネル長方向の長さは0.5～4.0 μm、好ましくは1.5～2.5 μmである。さらに、容量配線133と、ゲート絶縁膜と同じ材料から成る絶縁膜と、画素TFT 204のドレイン領域228に接続する半導体層229とから保持容量205が形成されている。図12(B)では画素TFT 204をダブルゲート構造としたが、シングルゲート構造でも良いし、複数のゲート電極を設けたマルチゲート構造としても差し支えない。

【0079】

図15はこのようなアクティブマトリクス基板の画素部のほぼ一画素分を示す上面図である。図中に示すA-A'断面が図12(B)に示す画素部の断面図に対応している。画素TFT 204において、ゲート配線を兼ねるゲート電極132は、図示されていないゲート絶縁膜を介してその下の島状半導体層108と交差している。図示はしていないが、島状半導体層には、ソース領域、ドレイン領域、LDD領域が形成されている。また、234はソース配線161とソース領域226とのコンタクト部、235はドレイン配線166とドレイン領域228とのコンタクト部である。保持容量205は、画素TFT 204のドレイン領域228から延在する半導体層229とゲート絶縁膜を介して容量配線133が重なる領域で形成されている。

【0080】

以上のような工程を経て本発明のデュアルビームレーザーアニール法から形成された第2の形状の島状半導体層は、特にチャネル形成領域において結晶粒が大粒形成され、粒界の少ない構造を有している。このような第2の形状の島状半導体層を用いて、画素TFTおよび駆動回路が要求する仕様に応じて各回路を構成するTFTの構造を最適化することにより、半導体装置の動作性能と信頼性を向上させることを可能としている。さらにゲート電極を耐熱性を有する導電性材料で形成することによりLDD領域やソース領域およびドレイン領域の活性化を容易としている。そして、このようなアクティブマトリクス基板で高品質な表示装置を実現することができる。本実施例で作製したアクティブマトリクス基板からは、反射型の液晶表示装置を作製することができる。

【0081】

[実施例2]

実施例1で作製したアクティブマトリクス基板はそのまま反射型の液晶表示装置に適用することができる。一方、透過型の液晶表示装置とする場合には画素部の各画素に設ける画素電極を透明電極で形成すれば良い。本実施例では透過型の液晶表示装置に対応するアクティブマトリクス基板の作製方法について図16を用いて説明する。

【0082】

アクティブマトリクス基板は実施例1と同様に作製する。図16ではそのうち画素部の構成について示す。図16(A)では最初に第2の層間絶縁膜上に透明導電膜を形成し、パターンニング処理およびエッチング処理をして画素電極171を形成した後、ドレイン配線

10

20

30

40

50

172を画素電極171と重なる部分を設けて形成する例である。ドレイン配線172は、図16(B)で示すようにTi膜172aを50~150nmの厚さで形成し、島状半導体層のソースまたはドレイン領域を形成する半導体膜とコンタクトを形成し、そのTi膜172a上に重ねてAl膜172bを300~400nmの厚さで形成して設ける。この構成にすると、画素電極171はドレイン配線172を形成するTi膜172aのみと接触することになる。その結果、透明導電膜材料とAlとが直接接し反応するのを確実に防止できる。

【0083】

透明導電膜の材料は、酸化インジウム(In_2O_3)や酸化インジウム酸化スズ合金(In_2O_3 SnO_2 ; ITO)などをスパッタ法や真空蒸着法などを用いて形成して用いることができる。このような材料のエッチング処理は塩酸系の溶液により行う。しかし、特にITOのエッチングは残渣が発生しやすいので、エッチング加工性を改善するために酸化インジウム酸化亜鉛合金(In_2O_3 ZnO)を用いても良い。酸化インジウム酸化亜鉛合金は表面平滑性に優れ、ITOと比較して熱安定性にも優れているという特徴をもつ。同様に、酸化亜鉛(ZnO)も適した材料であり、さらに可視光の透過率や導電率を高めるためにガリウム(Ga)を添加した酸化亜鉛($\text{ZnO}:\text{Ga}$)などを用いることができる。

【0084】

駆動回路の構成は実施例1と同様にすれば良く、このようにして透過型の表示装置に対応したアクティブマトリクス基板を完成させることができる。

【0085】

[実施例3]

非晶質構造を有する島状半導体層から本発明のデュアルビームレーザーアニール法で結晶構造を有する島状半導体層を作製する方法において、実施形態2の方法により作製される結晶構造を有する島状半導体層には、結晶化の為に用いた微量($1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 程度)の触媒元素が残留する。勿論、そのような状態でもTFTを完成させることが可能であるが、残留する触媒元素を少なくともチャネル形成領域から除去する方がより好ましい。この触媒元素を除去する手段の一つにリン(P)によるゲッタリング作用を利用する手段がある。

【0086】

この目的におけるリン(P)によるゲッタリング処理は、図12(A)で説明した活性化工程で並行して行うことができる。この様子を図17で説明する。ゲッタリングに必要なリン(P)の濃度は高濃度n型不純物領域の不純物濃度と同程度でよく、活性化工程の熱アニールにより、nチャネル型TFTおよびpチャネル型TFTのチャネル形成領域から触媒元素をその濃度でリン(P)を含有する不純物領域へ偏析させることができる(図17で示す矢印の方向)。その結果その不純物領域には触媒元素が偏析し、その濃度は $1 \times 10^{17} \sim 1 \times 10^{19} \text{atoms/cm}^3$ 程度となる。このようにして作製したTFTはオフ電流値が下がり、結晶性が良いことから高い電界効果移動度が得られ、良好な特性を達成することができる。

【0087】

[実施例4]

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、アクティブマトリクス型液晶表示装置を作製する工程を説明する。図18に示すように、図12(B)の状態のアクティブマトリクス基板に柱状スペーサ901、902を形成する。スペーサは数 μm の粒子を散布して設ける方法でも良いが、このように基板全面に樹脂膜を形成した後これをパターンニングして柱状スペーサ形成しても良い。このような柱状スペーサの材料に限定はないが、例えば、JSR社製のNN700を用い、スピナーで塗布した後、露光と現像処理によって所定のパターンに形成する。さらにクリーンオープンなどを用い150~200℃で加熱して硬化させる。こうして作製する柱状スペーサは露光と現像処理の条件によって形状を異ならせることができるが、好ましくは、柱状スペーサ901、902の形

10

20

30

40

50

状は柱状で頂部が平坦な形状となるようにすると、対向側の基板を合わせたときに液晶表示パネルとしての機械的な強度を確保するうえで好適である。柱状の形状は円柱状、角柱状など特別の限定はないが、例えば円柱状としたときに具体的には、高さ H を $1.2 \sim 5 \mu\text{m}$ とし、平均半径 L_1 を $5 \sim 7 \mu\text{m}$ 、平均半径 L_1 と底部の半径 L_2 との比を $1:1.5$ とする。このとき側面のテーパ角は $\pm 15^\circ$ 以下とする。

【0088】

柱状スペーサの配置は任意に決定すれば良いが、好ましくは、図18で示すように、画素部においてはド레인配線166（画素電極）のコンタクト部235と重ねてその部分を覆うように柱状スペーサ902を形成すると良い。コンタクト部235は平坦性が損なわれこの部分では液晶がうまく配向しなくなるので、このようにしてコンタクト部235に

10

【0089】

その後、配向膜903を形成する。通常液晶表示素子の配向膜にはポリイミド樹脂を用いる。配向膜を形成した後、ラビング処理を施して液晶分子がある一定のプレチルト角を持って配向するようにする。画素部に設けた柱状スペーサ902の端部からラビング方向に対してラビングされない領域が $2 \mu\text{m}$ 以下となるようにする。また、ラビング処理では静電気の発生がしばしば問題となるが、駆動回路のTFT上であって、ソース配線およびド레인配線を覆うように柱状スペーサ901を形成すると、スペーサとしての本来の役割と、ラビング工程における静電気からTFTを保護する効果を得ることができる。図18

20

【0090】

対向側の対向基板904には、遮光膜905、透明導電膜906および配向膜907を形成する。遮光膜905はTi、Cr、Alなどを $150 \sim 300 \text{nm}$ の厚さで形成する。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剤908で貼り合わせる。シール剤908にはフィラー909が混入されていて、このフィラー909と柱状スペーサ901、902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910を注入し、封止剤（図示せず）によって完全に封止する。液晶材料には公知の液晶材料を用いれば良い。例えば、TN液晶

30

【0091】

図19はアクティブマトリクス基板の上面図を示し、画素部および駆動回路部とスペーサおよびシール剤の位置関係を示す上面図である。画素部700の周辺に駆動回路として走査信号駆動回路701と画像信号駆動回路702が設けられている。さらに、その他CPUやメモリーなどの信号処理回路703も付加されていても良い。そして、これらの駆動回路は接続配線711によって外部入出力端子710と接続されている。画素部700では走査信号駆動回路701から延在するゲート配線群704と画像信号駆動回路702から延在するソース配線群705がマトリクス状に交差して画素を形成し、各画素にはそれぞれ画素TFT204と保持容量205が設けられている。

40

【0092】

画素部において設けられる柱状スペーサ706は、図18で示した柱状スペーサ902に対応するもので、すべての画素に対して設けても良いが、マトリクス状に配列した画素の数個から数十個おきに設けても良い。即ち、画素部を構成する画素の全数に対するスペーサの数の割合は $20 \sim 100\%$ とすると良い。また、駆動回路部に設けるスペーサ707、708、709はその全面を覆うように設けても良いし、図18で示したように各TFTのソースおよびド레인配線の位置にあわせて複数個に分割して設けても良い。

50

【 0 0 9 3 】

シール剤 7 1 4 は、基板 1 0 1 上の画素部 7 0 0 および走査信号制御回路 7 0 1、画像信号制御回路 7 0 2、その他の信号処理回路 7 0 3 の外側であって、外部入出力端子 7 1 0 よりも内側に形成する。

【 0 0 9 4 】

このようなアクティブマトリクス型液晶表示装置の構成を図 2 0 の斜視図を用いて説明する。図 2 0 においてアクティブマトリクス基板は、ガラス基板 1 0 1 上に形成された、画素部 7 0 0 と、走査信号駆動回路 7 0 1 と、画像信号駆動回路 7 0 2 とその他の信号処理回路 7 0 3 とで構成される。画素部 7 0 0 には画素 T F T 2 0 4 と保持容量 2 0 5 が設けられ、画素部の周辺に設けられる駆動回路は C M O S 回路を基本として構成されている。走査信号駆動回路 7 0 1 と、画像信号駆動回路 7 0 2 はそれぞれゲート配線 1 3 2 とソース配線 1 6 1 で画素 T F T 2 0 4 に接続している。また、フレキシブルプリント配線板 (Flexible Printed Circuit : F P C) 7 1 3 が外部入力端子 7 1 0 に接続していて画像信号などを入力するのに用いる。フレキシブルプリント配線板 7 1 3 は補強樹脂 7 1 2 で接着強度を高めて固定されている。そして接続配線 7 1 1 でそれぞれの駆動回路に接続している。また、対向基板 1 7 5 には図示していないが、遮光膜や透明電極が設けられている。

10

【 0 0 9 5 】

このような構成の液晶表示装置は、実施例 1 ~ 3 で示したアクティブマトリクス基板を用いて形成することができる。例えば、実施例 1 で示すアクティブマトリクス基板を用いれば反射型の液晶表示装置が得られ、実施例 2 で示すアクティブマトリクス基板を用いると透過型の液晶表示装置を得ることができる。

20

【 0 0 9 6 】

[実施例 5]

本実施例では、本発明をアクティブマトリクス型有機エレクトロルミネッセンス (有機 E L) 材料を用いた表示装置 (有機 E L 表示装置) に適用した例を図 2 1 で説明する。図 2 1 (A) はガラス基板上に表示領域とその周辺に駆動回路を設けたアクティブマトリクス型有機 E L 表示装置の回路図を示す。この有機 E L 表示装置は、基板上に設けられた表示領域 1 1、X 方向周辺駆動回路 1 2、Y 方向周辺駆動回路 1 3 から成る。この表示領域 1 1 は、スイッチ用 T F T 3 0、保持容量 3 2、電流制御用 T F T 3 1、有機 E L 素子 3 3、X 方向信号線 1 8 a、1 8 b、電源線 1 9 a、1 9 b、Y 方向信号線 2 0 a、2 0 b、2 0 c などにより構成される。

30

【 0 0 9 7 】

図 2 1 (B) はほぼ一画素分の上面図を示している。スイッチ用 T F T 3 0 は図 1 0 (C) に示す n チャネル型 T F T 2 0 4 と同様にして形成し、電流制御用 T F T 3 1 は n チャネル型 T F T 2 0 1 と同様にして形成すると良い。

【 0 0 9 8 】

図 2 2 は図 2 1 (B) における B - B ' 断面図であり、スイッチ用 T F T 3 0、保持容量 3 2、電流制御用 T F T 3 1 および有機 E L 素子部の断面図を示している。図 2 2 において、島状半導体層 4 3、4 4 は実施形態 1 ~ 4 の方法で作製する。そして、基板 4 0 上に下地膜 4 1、4 2、ゲート絶縁膜 4 5、第 1 の層間絶縁膜 4 6、ゲート電極 4 7、4 8、容量配線 4 9、ソースおよびドレイン配線 1 8 a、1 9 a、5 1、5 2、第 2 の層間絶縁膜 5 0 は実施例 1 と同様にして作製する。そして、その上に第 2 の層間絶縁膜 5 0 と同様にして、第 3 の層間絶縁膜 5 3 を形成し、さらにドレイン配線 5 2 に達するコンタクトホールを形成した後、透明導電膜から成る画素電極 5 4 を形成する。有機 E L 素子部は、この画素電極 5 4 とその画素電極上と第 3 の層間絶縁膜 5 3 上に渡って形成された有機 E L 層 5 5 と、その上に形成された M g A g 化合物からなる第 1 の電極 5 6、A l から成る第 2 の電極 5 7 により形成されている。そして、図示しないがカラーフィルターを設ければカラー表示をすることも可能である。いずれにしても、実施例 1 ~ 5 で示したアクティブマトリクス基板の作製方法を応用すれば容易にアクティブマトリクス型 E L 表示装置を

40

50

作製することができる。このようなアクティブマトリクス型 E L 表示装置は実施例 1 ~ 3 を自由に組み合わせて作製されるアクティブマトリクス基板を用いて作製することができる。

【 0 0 9 9 】

[実施例 6]

本発明を実施して作製されたアクティブマトリクス基板および液晶表示装置並びに E L 表示装置は様々な電気光学装置に用いることができる。そして、そのような電気光学装置を表示媒体として組み込んだ電子機器全てに本発明を適用することができる。電子機器としては、パーソナルコンピュータ、デジタルカメラ、ビデオカメラ、携帯情報端末（モバイルコンピュータ、携帯電話、電子書籍など）、ナビゲーションシステムなどが上げられる。

10

【 0 1 0 0 】

図 2 3 (A) は携帯情報端末であり、本体 2 2 0 1、画像入力部 2 2 0 2、受像部 2 2 0 3、操作スイッチ 2 2 0 4、表示装置 2 2 0 5 で構成される。本発明は表示装置 2 2 0 5 やその他の信号制御回路に適用することができる。

【 0 1 0 1 】

このような携帯型情報端末は、屋内はもとより屋外で使用されることも多い。長時間の使用を可能とするためにはバックライト使用せず、外光を利用する反射型の液晶表示装置が低消費電力型として適しているが、周囲が暗い場合にはバックライトを設けた透過型の液晶表示装置が適している。このような背景から反射型と透過型の両方の特徴を兼ね備えたハイブリット型の液晶表示装置が開発されているが、本発明はこのようなハイブリット型の液晶表示装置にも適用できる。表示装置 2 2 0 5 はタッチパネル 3 0 0 2、液晶表示装置 3 0 0 3、LED バックライト 3 0 0 4 により構成されている。タッチパネル 3 0 0 2 は携帯型情報端末の操作を簡便にするために設けている。タッチパネル 3 0 0 2 の構成は、一端に LED などの発光素子 3 1 0 0 を、他の一端にフォトダイオードなどの受光素子 3 2 0 0 が設けられ、その両者の間に光路が形成されている。このタッチパネル 3 0 0 2 を押して光路を遮ると受光素子 3 2 0 0 の出力が変化するので、この原理を用いて発光素子と受光素子を液晶表示装置上でマトリクス状に配置させることにより、入力媒体として機能させることができる。

20

【 0 1 0 2 】

図 2 3 (B) はハイブリット型の液晶表示装置の画素部の構成であり、画素 T F T 2 0 4 および保持容量 2 0 5 上の層間絶縁膜上にドレイン配線 1 7 7 と画素電極 1 7 8 が設けられている。このような構成は、実施例 4 を適用すれば形成することができる。ドレイン配線は T i 膜と A l 膜の積層構造として画素電極を兼ねる構成としている。画素電極 1 7 8 は実施例 4 で説明した透明導電膜材料を用いて形成する。液晶表示装置 3 0 0 3 をこのようなアクティブマトリクス基板から作製することで携帯型情報端末に好適に用いることができる。

30

【 0 1 0 3 】

図 2 4 (A) はパーソナルコンピュータであり、マイクロプロセッサやメモリーなどを備えた本体 2 0 0 1、画像入力部 2 0 0 2、表示装置 2 0 0 3、キーボード 2 0 0 4 で構成される。本発明は表示装置 2 0 0 3 やその他の信号処理回路を形成することができる。

40

【 0 1 0 4 】

図 2 4 (B) はビデオカメラであり、本体 2 1 0 1、表示装置 2 1 0 2、音声入力部 2 1 0 3、操作スイッチ 2 1 0 4、バッテリー 2 1 0 5、受像部 2 1 0 6 で構成される。本発明は表示装置 2 1 0 2 やその他の信号制御回路に適用することができる。

【 0 1 0 5 】

図 2 4 (C) はゴーグル型ディスプレイであり、本体 2 9 0 1、表示装置 2 9 0 2、アーム部 2 9 0 3 から成っている。本発明は表示装置 2 9 0 2 やその他図示されていない信号制御回路に適用することができる。

【 0 1 0 6 】

50

図 2 4 (D) はテレビゲームまたはビデオゲームなどの電子遊技機器であり、CPU 等の電子回路 2 3 0 8、記録媒体 2 3 0 4 などが搭載された本体 2 3 0 1、コントローラ 2 3 0 5、表示装置 2 3 0 3、本体 2 3 0 1 に組み込まれた表示装置 2 3 0 2 で構成される。表示装置 2 3 0 3 と本体 2 3 0 1 に組み込まれた表示装置 2 3 0 2 とは、同じ情報を表示しても良いし、前者を主表示装置とし、後者を副表示装置として記録媒体 2 3 0 4 の情報を表示したり、機器の動作状態を表示したり、或いはタッチセンサーの機能を付加して操作盤とすることもできる。また、本体 2 3 0 1 とコントローラ 2 3 0 5 と表示装置 2 3 0 3 とは、相互に信号を伝達するために有線通信としても良いし、センサ部 2 3 0 6、2 3 0 7 を設けて無線通信または光通信としても良い。本発明は、表示装置 2 3 0 2、2 3 0 3 に適用することができる。表示装置 2 3 0 3 は従来の CRT を用いることもできる。

10

【 0 1 0 7 】

図 2 4 (E) はプログラムを記録した記録媒体（以下、記録媒体と呼ぶ）を用いるプレーヤーであり、本体 2 4 0 1、表示装置 2 4 0 2、スピーカー部 2 4 0 3、記録媒体 2 4 0 4、操作スイッチ 2 4 0 5 で構成される。尚、記録媒体には DVD (Digital Versatile Disc) やコンパクトディスク (CD) などを用い、音楽プログラムの再生や映像表示、ビデオゲーム（またはテレビゲーム）やインターネットを介した情報表示などを行うことができる。本発明は表示装置 2 4 0 2 やその他の信号制御回路に好適に利用することができる。

【 0 1 0 8 】

図 2 4 (F) はデジタルカメラであり、本体 2 5 0 1、表示装置 2 5 0 2、接眼部 2 5 0 3、操作スイッチ 2 5 0 4、受像部（図示しない）で構成される。本発明は表示装置 2 5 0 2 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 0 9 】

図 2 5 (A) はフロント型プロジェクターであり、光源光学系および表示装置 2 6 0 1、スクリーン 2 6 0 2 で構成される。本発明は表示装置やその他の信号制御回路に適用することができる。図 2 5 (B) はリア型プロジェクターであり、本体 2 7 0 1、光源光学系および表示装置 2 7 0 2、ミラー 2 7 0 3、スクリーン 2 7 0 4 で構成される。本発明は表示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 1 0 】

なお、図 2 5 (C) に、図 2 5 (A) および図 2 5 (B) における光源光学系および表示装置 2 6 0 1、2 7 0 2 の構造の一例を示す。光源光学系および表示装置 2 6 0 1、2 7 0 2 は光源光学系 2 8 0 1、ミラー 2 8 0 2、2 8 0 4 ~ 2 8 0 6、ダイクロイックミラー 2 8 0 3、ビームスプリッター 2 8 0 7、液晶表示装置 2 8 0 8、位相差板 2 8 0 9、投射光学系 2 8 1 0 で構成される。投射光学系 2 8 1 0 は複数の光学レンズで構成される。図 2 5 (C) では液晶表示装置 2 8 0 8 を三つ使用する三板式の例を示したが、このような方式に限定されず、単板式の光学系で構成しても良い。また、図 2 5 (C) 中で矢印で示した光路には適宜光学レンズや偏光機能を有するフィルムや位相を調節するためのフィルムや、IR フィルムなどを設けても良い。また、図 2 5 (D) は図 2 5 (C) における光源光学系 2 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 2 8 0 1 はリフレクター 2 8 1 1、光源 2 8 1 2、レンズアレイ 2 8 1 3、2 8 1 4、偏光変換素子 2 8 1 5、集光レンズ 2 8 1 6 で構成される。尚、図 2 5 (D) に示した光源光学系は一例であって図示した構成に限定されるものではない。

30

40

【 0 1 1 1 】

また、ここでは図示しなかったが、本発明はその他にも、ナビゲーションシステムやイメージセンサの読み取り回路など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 ~ 5 の技術を用いて実現することができる。

【 0 1 1 2 】

【 発明の効果 】

本発明の結晶質半導体膜は、パルス発振型または連続発光型のエキシマレーザーやアルゴ

50

ンレーザーをその光源とし、光学系にて線状に形成されたレーザー光を島状半導体層に対して、島状半導体層が形成された基板の表側と裏側との両方から照射するレーザーアニール法により得られる。このようなレーザーアニール法に用いるレーザー装置は複雑な構成を必要とせず、基板の裏面にミラーを設けるだけでよい。従って、処理基板の大型化にも容易に対応することができる。

【 0 1 1 3 】

そして、以上の如く、本発明により結晶粒の位置とその大きさを制御した結晶質半導体膜を得ることができる。また、このような結晶質半導体膜をＴＦＴのチャネル形成領域に用いることにより高速動作が可能なＴＦＴを実現することができる。さらに、このようなＴＦＴを透過型の液晶表示装置や有機エレクトロルミネッセンス材料を用いた表示装置などのさまざまな半導体装置に適用できる技術を提供することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【図１】 本発明に関わるレーザーアニール法の概念を説明する図。

【図２】 レーザーアニール装置の構成を説明する図。

【図３】 レーザーアニール装置の光学系の構成を説明する図。

【図４】 レーザーアニール装置の光学系の構成を説明する図。

【図５】 本発明の島状半導体層の作製工程を説明する図。

【図６】 本発明の結晶化の概念を説明する図。

【図７】 本発明の島状半導体層の作製工程を説明する図。

【図８】 本発明の島状半導体層の作製工程を説明する図。

20

【図９】 本発明の島状半導体層の作製工程を説明する図。

【図１０】 画素ＴＦＴ、駆動回路のＴＦＴの作製工程を示す断面図。

【図１１】 画素ＴＦＴ、駆動回路のＴＦＴの作製工程を示す断面図。

【図１２】 画素ＴＦＴ、駆動回路のＴＦＴの作製工程を示す断面図。

【図１３】 駆動回路のＴＦＴの作製工程を示す上面図。

【図１４】 画素ＴＦＴの作製工程を示す上面図。

【図１５】 画素部の画素構造を示す上面図。

【図１６】 画素ＴＦＴの構成を示す断面図。

【図１７】 画素ＴＦＴ、駆動回路のＴＦＴの作製工程を示す断面図。

【図１８】 アクティブマトリクス型液晶表示装置の断面図。

30

【図１９】 液晶表示装置の入出力端子、配線、回路配置、スペーサ、シール剤の配置を説明する上面図。

【図２０】 液晶表示装置の構造を示す斜視図。

【図２１】 アクティブマトリクス型ＥＬ表示装置の構成を示す図。

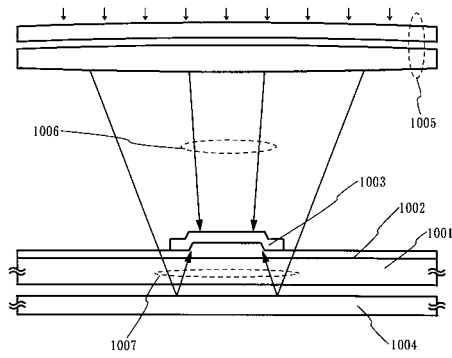
【図２２】 アクティブマトリクス型ＥＬ表示装置の画素部の構成を示す断面図。

【図２３】 半導体装置の一例を示す図。

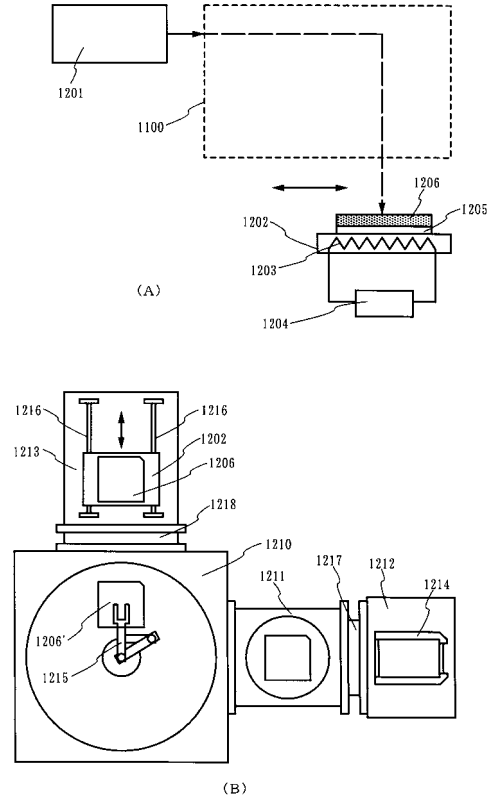
【図２４】 半導体装置の一例を示す図。

【図２５】 投影型液晶表示装置の構成を示す図。

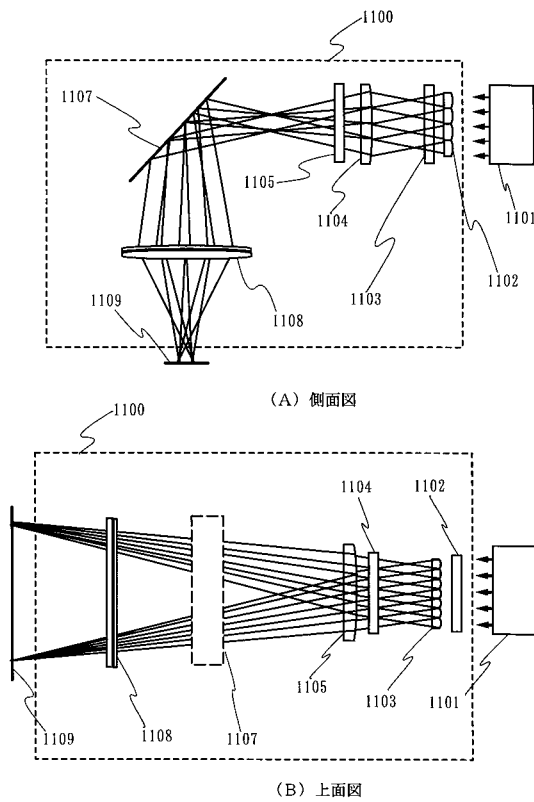
【図 1】



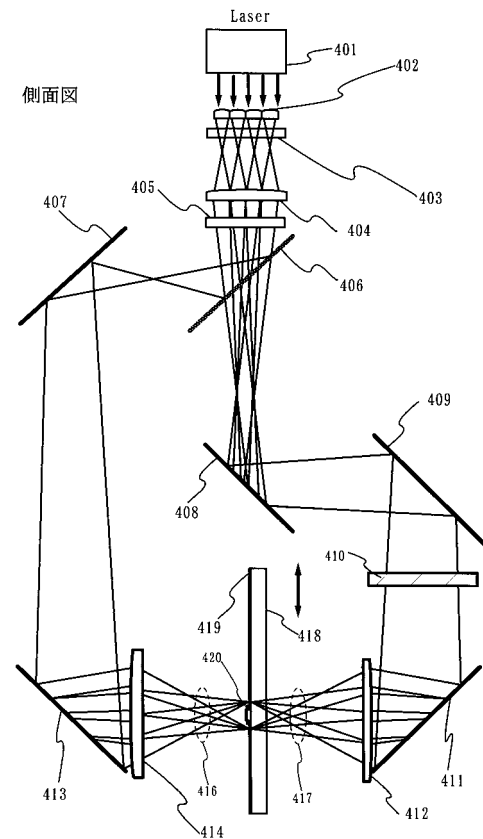
【図 2】



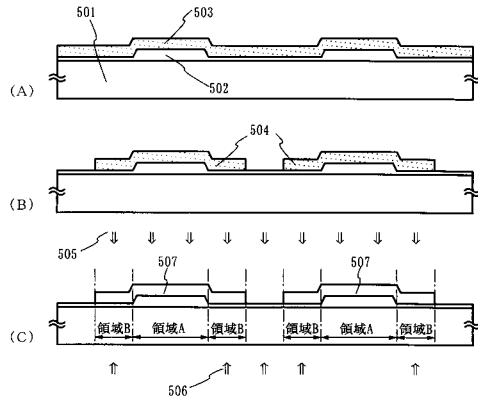
【図 3】



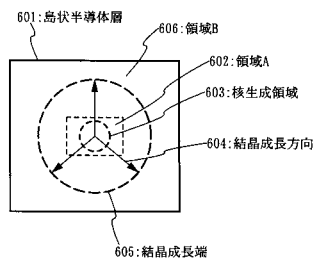
【図 4】



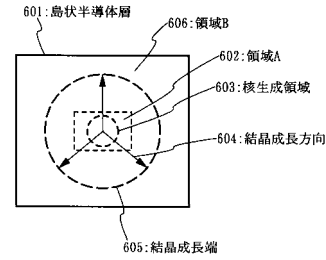
【図 5】



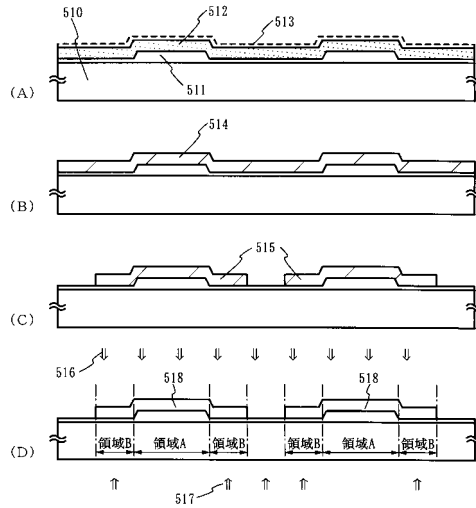
【図 6】



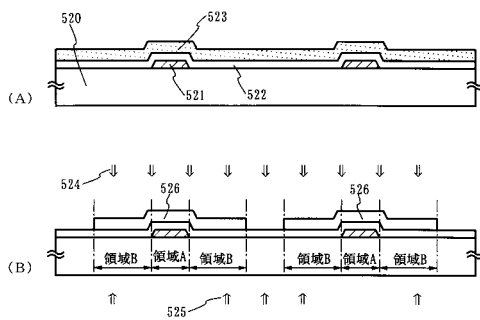
【図 6】



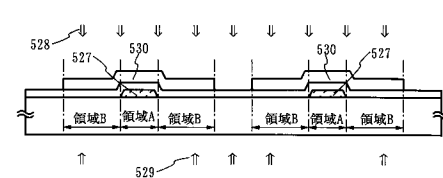
【図 7】



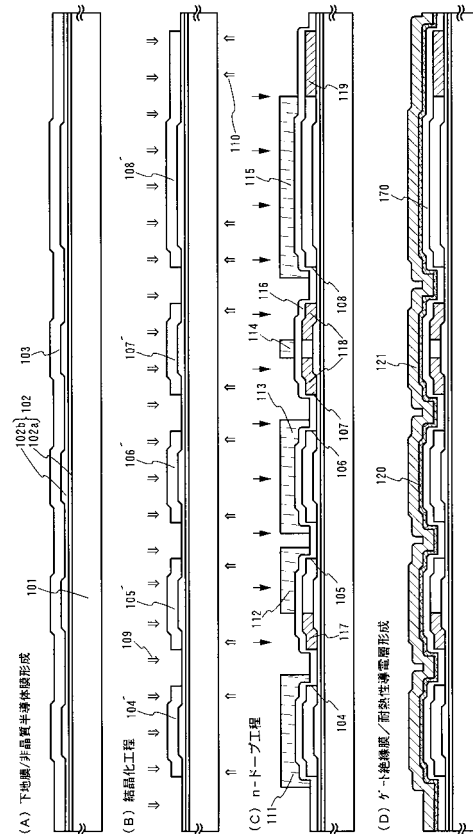
【図 8】



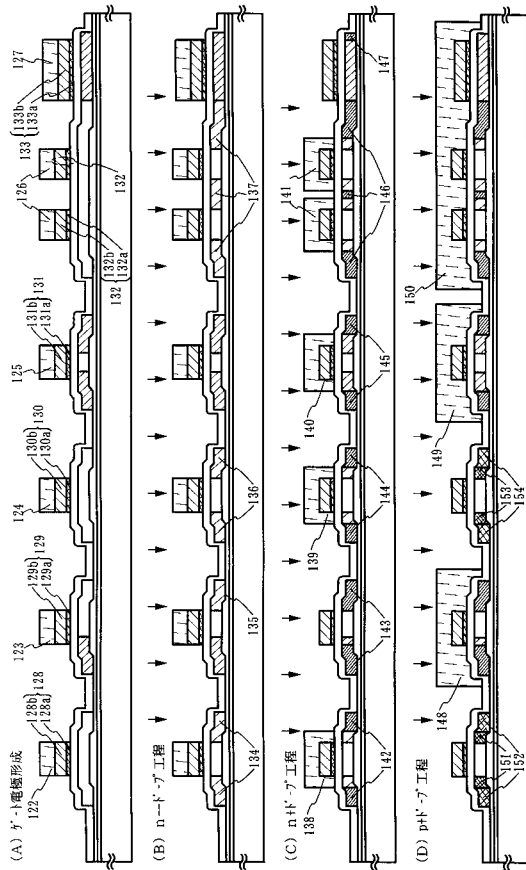
【図 9】



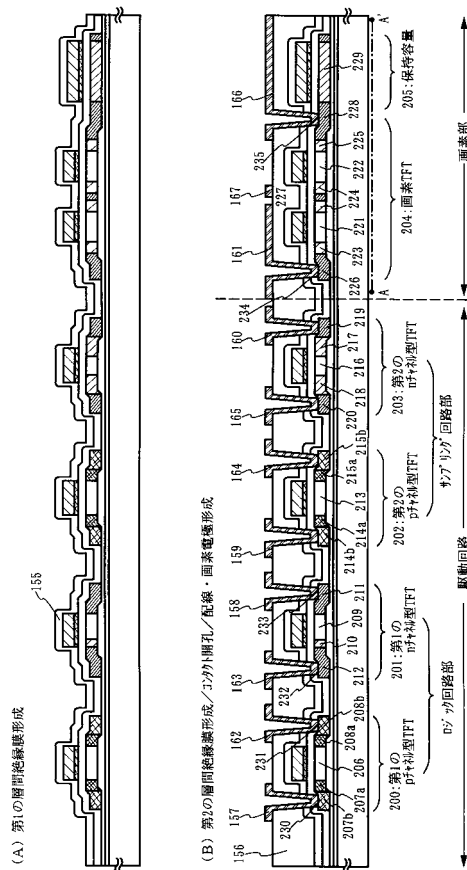
【図 10】



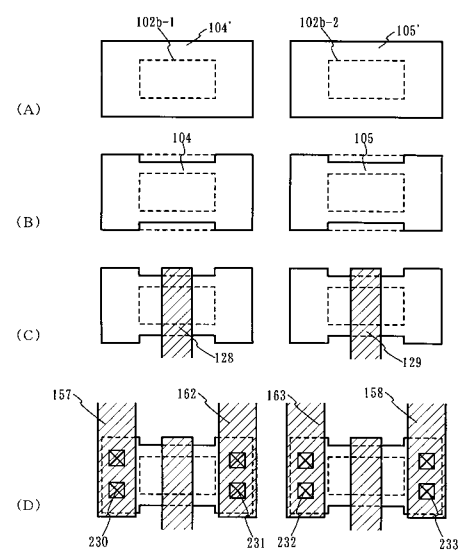
【 図 1 1 】



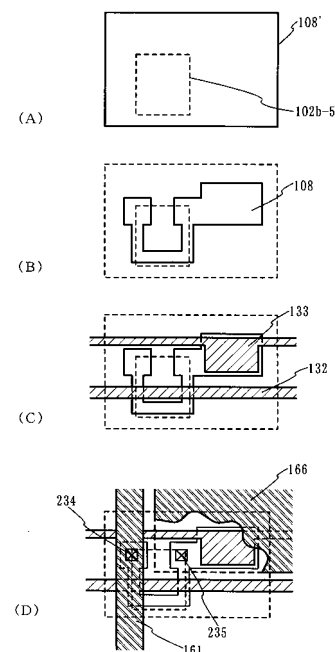
【 図 1 2 】



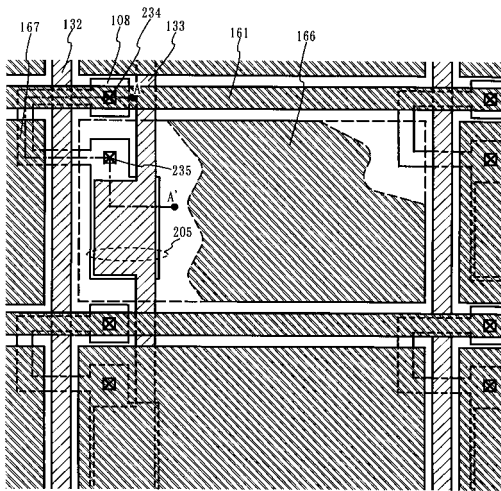
【 圖 1 3 】



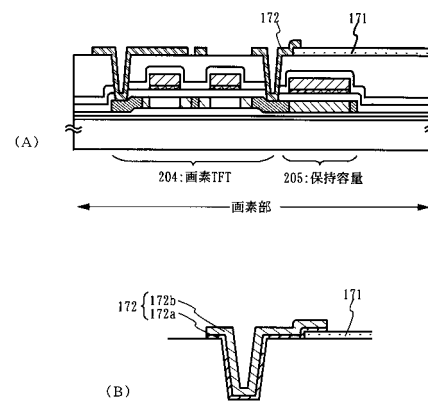
【 図 1 4 】



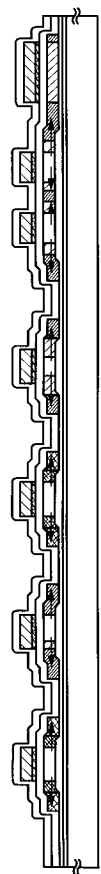
【図 15】



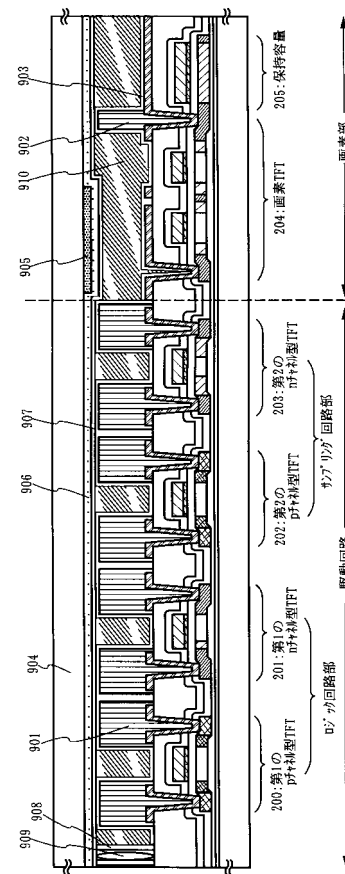
【図 16】



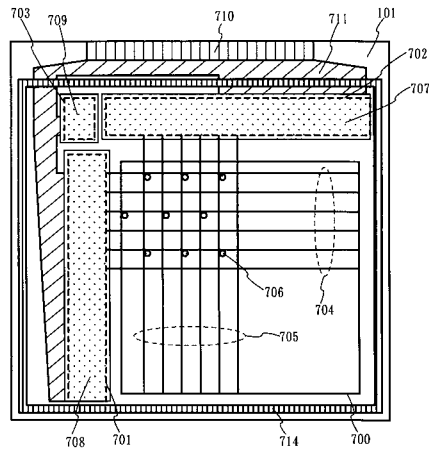
【図 17】



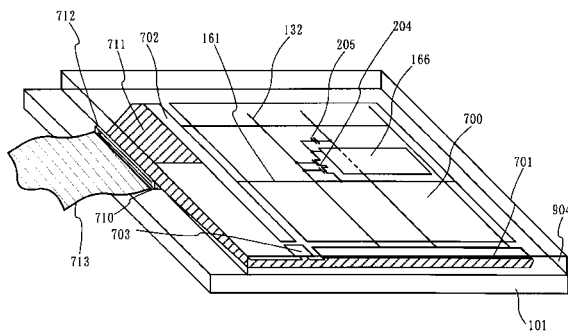
【図 18】



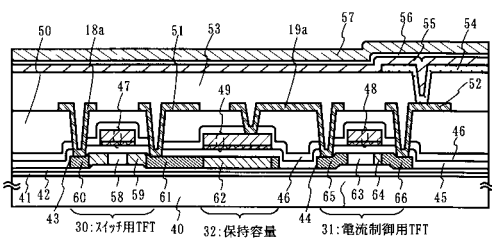
【図19】



【図20】

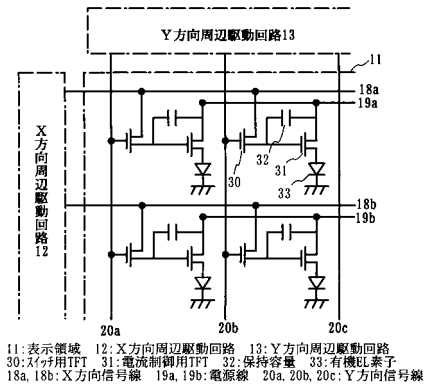


【図22】

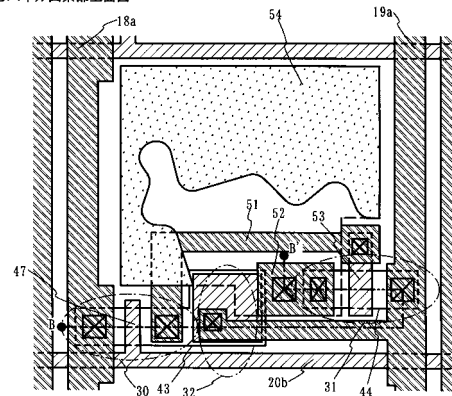


【図21】

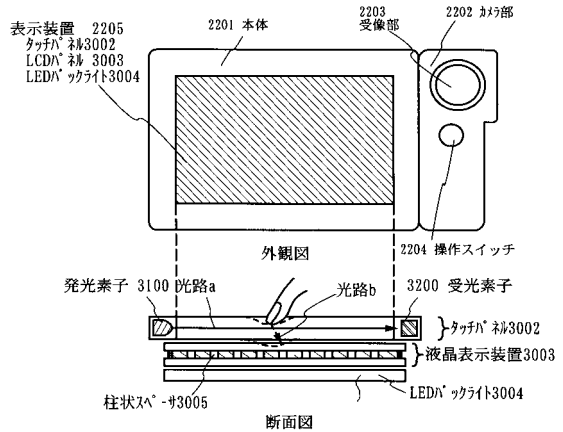
(A) ELパネル回路図



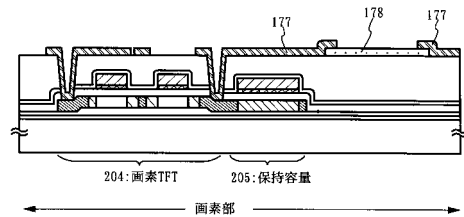
(B) ELパネル画素部上面図



【図23】

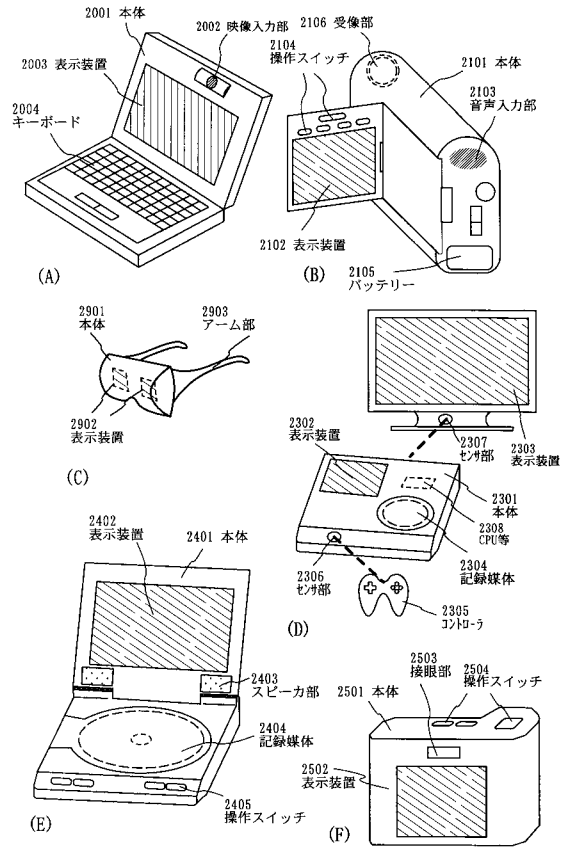


(A) 携帯情報端末機器（光学式タッチパネル）の外観図および断面図

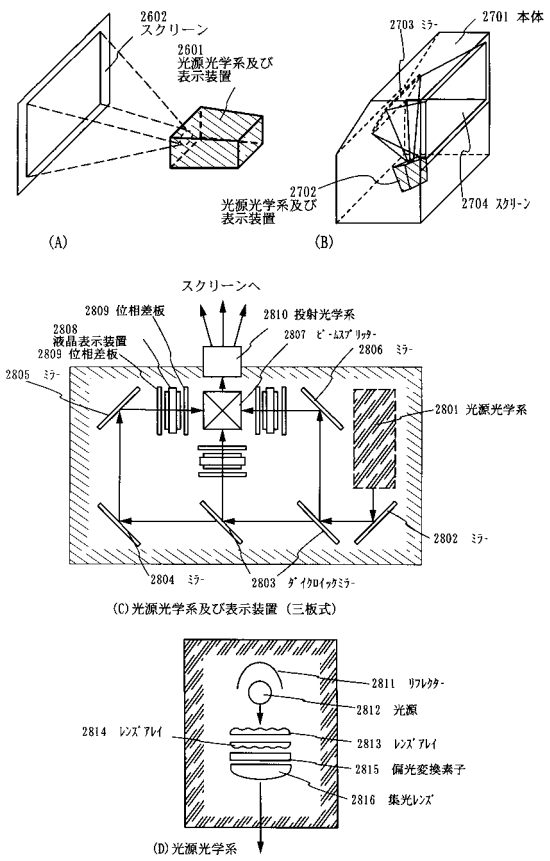


(B) 画素部断面図

【図 24】



【図 25】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 0 7 - 0 5 8 3 4 2 (J P , A)
特開平 0 3 - 0 5 0 7 2 0 (J P , A)
特開平 1 1 - 1 5 4 6 4 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 29/786

H01L 21/20

H01L 21/268

H01L 21/336