

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4683691号
(P4683691)

(45) 発行日 平成23年5月18日 (2011.5.18)

(24) 登録日 平成23年2月18日 (2011.2.18)

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

請求項の数 5 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2000-143255 (P2000-143255)	(73) 特許権者	000153878
(22) 出願日	平成12年5月16日 (2000.5.16)		株式会社半導体エネルギー研究所
(65) 公開番号	特開2001-326358 (P2001-326358A)		神奈川県厚木市長谷398番地
(43) 公開日	平成13年11月22日 (2001.11.22)	(72) 発明者	笠原 健司
審査請求日	平成19年5月9日 (2007.5.9)		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	河崎 律子
			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	長尾 里築子
			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	仲沢 美佐子
			神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体装置の作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に有機樹脂膜を形成した後、前記有機樹脂膜を島状にパターニングし、
 前記島状の有機樹脂膜を覆う無機絶縁膜を形成し、
 前記無機絶縁膜に接して非晶質半導体膜を形成し、
 前記非晶質半導体膜が、前記無機絶縁膜を介して前記島状の有機樹脂膜の上方に存在する第一領域と、前記第一領域の両側に位置し、前記無機絶縁膜を介して前記島状の有機樹脂膜の上方に存在しない第二領域とを有するように、前記非晶質半導体膜をパターニングして島状の非晶質半導体膜を形成し、

前記島状の非晶質半導体膜にレーザー光を照射することによって、島状の結晶質半導体膜を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

10

【請求項 2】

請求項 1 において、前記有機樹脂膜は感光性を有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 または 2 において、前記無機絶縁膜と前記非晶質半導体膜は、大気にふれることなく連続して形成され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 3 のいずれか一項において、前記レーザー光は、前記基板の表面側である前記島状の非晶質半導体膜側から照射することを特徴とする半導体装置の作製方法。

20

【請求項 5】

請求項 1 乃至 3 のいずれか一項において、前記レーザー光は、前記基板の表面側である前記島状の非晶質半導体膜側および裏面側から同時に照射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性を有する半導体膜の作製方法、並びに前記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、結晶性を有する半導体、すなわち結晶質半導体で活性層を形成した薄膜トランジスタ（以下、TFTと記す）およびそれを用いた半導体装置に関する。なお、ここでいう半導体装置には、液晶表示装置やEL表示装置等の電気光学装置および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。

【0002】

【従来の技術】

絶縁表面を有する透明性基板（以下、基板と記す）上に非晶質半導体膜を形成し、この非晶質半導体膜を結晶化させた結晶質半導体をTFTの活性層に用いる技術が開発されている。絶縁表面を有する透光性基板には、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が多くの場合用いられている。このような基板は石英ガラスに比べ耐熱性が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がある。また、ガラス基板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オン（PES）など光学的異方性を有しないプラスチックを基板として用いること注目されており、このような基板を用いれば、大面積、軽量かつ衝撃に強い製品を製造することが可能となる。

【0003】

レーザーアニール法は基板の温度をあまり上昇させず、非晶質半導体膜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以下の短波長光を発振するエキシマレーザーは、このレーザーアニール法の開発当初から用いられてきた代表的なレーザーである。近年ではその他に固体レーザーのYAGレーザーを用いる技術も開発されている。これらの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を形成したモノシリック型の液晶表示装置を可能とした。

【0004】

通常、基板に接するように下地膜を形成し、この下地膜に接するように非晶質半導体膜を形成し、結晶質半導体膜はこの非晶質半導体膜をレーザーアニールして作製される。この結晶質半導体膜は粒径0.1μm～0.6μm程度の単結晶粒が集合したものであり、その結晶粒の位置と大きさはランダムなものであった。また、このようにして基板上に形成された結晶質半導体膜からTFTを作製するために、結晶質半導体膜は島状のパターンに分離されるが、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。そのため、TFTのチャネル形成領域、ソース領域およびドレイン領域を単一の結晶粒で形成することはほぼ不可能であった。

【0005】

結晶粒内と比較して、結晶粒の界面（結晶粒界）には、結晶欠陥などに起因する再結合中心や捕獲中心が無数に存在している。この捕獲中心にキャリアがトラップされると結晶粒

10

20

30

40

50

界のポテンシャルが上昇しキャリアに対して障壁となるため、電流輸送特性が低下することが知られている。特にチャネル形成領域の結晶性はトランジスタの電気特性に重大な影響を及ぼす。チャネル形成領域に多くの粒界を含むTFTにおいては、単結晶シリコン基板に作製されるMOS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。

【0006】

このような問題を解決するために、結晶粒を大きく成長させる試みがなされている。例えば、「H. Kuriyama, S. Kiyama, S. Noguchi, T. Kuwahara, S. Ishida, T. Noda, K. Sano, H. Iwata, H. Kawahara, M. Osumi, S. Tsuda, S. Nakano, and Y. Kuwano : Jpn. J. Appl. Phys., vol. 30, p3700-p3703, 1991」には、基板を400 ~ 500 に加熱しながら非晶質シリコン膜にレーザー光を照射するレーザーアニール法についての報告がある。ここでは、基板を加熱することで、シリコン膜の冷却速度が3分の1程度まで遅くなり、結晶粒の大粒形成ができることが示されている。

10

【0007】

また、「R. Ishihara and A. Burtsev : AM-LCD '98., p153-156, 1998」では、基板と下地の酸化シリコンとの間に高融点金属膜を形成し、この高融点金属膜の上方に非晶質シリコン膜を形成し、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。膜側から照射されるレーザー光は、シリコン膜に吸収されて熱に変わる。一方、基板側から照射されるレーザー光は高融点金属膜に吸収されて熱に変わり、高融点金属膜を高温で加熱する。加熱された高融点金属膜とシリコン膜の間の酸化シリコン層が、熱の蓄積層として働くため、溶融しているシリコン膜の冷却速度を小さくすることができる。ここでは、高融点金属膜を任意の場所に形成することにより、任意の場所に最大で直径6.4 μm の結晶粒を得ることが報告されている。

20

【0008】

さらに、「W. Yeh et al.: Jpn. J. Appl. Phys., vol. 38, pp.L110-L112, 1999」では、基板上に形成する下地膜である酸化シリコン膜を多孔質酸化シリコン膜にし、その上に形成する非晶質シリコン膜にレーザー光を照射するレーザーアニール法についての報告がある。多孔質酸化シリコン膜を下地膜に用いることにより、非晶質シリコン膜から基板への熱伝導を小さくすることができるため、非晶質シリコン膜の冷却速度を小さくすることができ、結晶粒の大粒形成を図る試みが報告されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、加熱しながらレーザーアニールする方法は、基板にプラスチックのように耐熱性のないものを用いることはできない。そして、比較的安価な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を基板に利用する場合にも、耐熱性の問題から加熱温度は制限されてしまう。また、この方法によって得られる結晶粒径は0.3 μm 程度であり十分な大きさではない。

30

【0010】

また、基板と下地膜との間に高融点金属膜を形成し、その上方に非晶質シリコン膜を形成してレーザーアニールする方法では、この方法により形成された半導体膜を活性層としてトップゲート型のTFT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膜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、TFTの高速動作を実現することは困難となる。一方、高融点金属膜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TFTに対しては有効に適用できうると考えられる。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、高融点金属膜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、TFT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。

40

【0011】

また、透光性のない高融点金属膜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になってしまう。高融点金属材料として使用されるクロム(C

50

r)膜やチタン(Ti)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も大きい。

【0012】

一方、TFET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、基板と下地膜との間に高融点金属膜を設けることは、そのバランスを崩してしまうことが懸念される。

10

【0013】

そして、下地膜に多孔質酸化シリコン膜を用い、その上に非晶質シリコン膜を形成しレーザーアニールする法では、多孔質酸化シリコン膜が通常のTFETの作製に用いられる酸化シリコン膜用のエッチャントであるフッ化水素(HF)系エッチャントに対するエッチングレートが高く、エッチングの制御が困難になることが予想される。

【0014】

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TFET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TFETを実現する。さらに、そのようなTFETを透過型の液晶表示装置や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。

20

【0015】

【課題を解決するための手段】

そこで、本発明人らは島状に形成した非晶質半導体膜をレーザーアニールして結晶化する際に、島状非晶質半導体膜が加熱溶解し冷却固化する過渡的な現象において、島状シリコン層の端から島状シリコン層の中央領域にかけて温度勾配をもたせることで、結晶核生成領域と結晶核生成速度および結晶粒成長方向を制御することにより、結晶粒の大粒径化を図った。

【0016】

従来のレーザーアニール法について図10に示す。図10はTFETのチャネル形成領域における幅方向の断面図である。ただし、本明細書中で、TFETのソースとドレインを結ぶ方向をチャネル形成領域の長さ方向とし、前記チャネル形成領域の長さ方向に垂直な方向をチャネル形成領域の幅方向とする。図10で示すように、基板2201上に酸化シリコンからなる無機絶縁膜2202を形成し、無機絶縁膜上に島状に非晶質シリコン層2203を設けた構造にレーザー光を照射すると、非晶質シリコン層はレーザー光を吸収することにより加熱溶解する。溶解シリコン層は、レーザー光照射終了後に、冷却固化することで結晶質シリコン層となる(図10で示すこのような構成を以後構成1と記す)。構成1の場合、レーザー照射中および照射後にシリコン層と無機絶縁膜の界面から無機絶縁膜を経て基板に放出される熱量は、島状シリコン層の中央領域に比べて島状シリコン層の端の領域ほど大きくなる。従って、島状シリコン層の中央領域に比べて島状シリコン層の端の領域ほど温度は低くなる。すなわち、島状シリコン層の中央領域から島状シリコン層の端の領域に向かう方向に熱流ができるため、島状シリコン層の端で固相化が始まり、中央領域に向かって結晶粒が成長する。発明者らは、このような構造の島状シリコン層の端からの結晶粒成長距離は最大でも2 μ m程度にしかならないことを実験で確認している。

30

40

【0017】

そのため、本発明人は、特願平11-304722の明細書中で、図11で示すような構成を述べている。図11はチャネル形成領域における幅方向の断面図であり、基板上2301に所定の形状を有する有機樹脂膜2302を設け、無機絶縁膜2303、島状に非晶質半導体膜2304を形成し、レーザーアニールし、結晶粒の位置と大きさを制御した結

50

晶質半導体膜を作製する方法を述べている（図 1 1 で示すこのような構成を以後構成 2 と記す）。構成 2 では、有機樹脂膜のような低熱伝導率膜を非晶質半導体膜の下方に設けることで、レーザーアニールにより加熱・溶融した液相半導体膜から基板側への熱拡散速度を遅くできる。液相半導体膜が固相状態へ変化する過程において、下層への熱拡散を抑えることで、半導体膜の冷却速度を小さくし、粒径の大きな結晶を形成している。

【 0 0 1 8 】

本明細書で開示する本発明の作製方法を図 1 に示す。図 1 は T F T のチャネル形成領域の幅方向の断面図である。図 1 に示すように、透光性を有する基板 1 上に接して有機樹脂膜を形成した後、前記有機樹脂膜を所定の形状にパターンニングし、前記有機樹脂膜 2 を覆う無機絶縁膜 3 を形成し、前記無機絶縁膜に接して非晶質半導体膜 4 を形成する。そして前記非晶質半導体膜 3 は前記無機絶縁膜を介して前記有機樹脂膜 2 の上方に存在している第一領域 5 a を、前記有機樹脂膜 2 の上方に存在していない第二領域 5 b がはさむように連続して設ける。このとき、前記第二領域は前記第一領域の端から $0.5 \mu\text{m} \sim 5 \mu\text{m}$ の幅になるように島状非晶質半導体膜 5 を形成する。そして前記島状非晶質半導体膜にレーザー光を照射することによって、結晶粒の位置とその大きさを制御した結晶質半導体膜 7 を作製している。

10

【 0 0 1 9 】

このように、無機絶縁膜を介して有機樹脂膜の上方に存在している第一領域、有機樹脂膜の上方に存在していない第二領域を設けることで、レーザーアニールして結晶化する過程において、第二領域の島状半導体膜の端から固相化が始まり、島状半導体膜の中央部分である第一領域に向かって結晶成長が起こる。第一領域は下方に有機樹脂が存在するために、下方に有機樹脂が存在しない第二領域と比較して、小さな冷却速度となる。結果として、島状半導体膜の端から島状半導体膜の中央領域にかけて大きな温度勾配を実現できる。

20

【 0 0 2 0 】

構成 1、構成 2 および、本発明の構成の有効性を熱伝導解析シミュレーションで比較した。ガラス基板上に形成した膜厚を、有機樹脂膜 100 nm 、酸化珪素膜 150 nm 、非晶質シリコン膜 55 nm とし、これらの構造にエネルギー密度 $0.3 \text{ J} / \text{cm}^2$ 、パルス半値幅 30 ns のレーザー光を照射した場合の、半導体層の溶融・凝固過程の温度履歴を熱伝導解析シミュレーションした。ただし、有機樹脂膜の熱伝導率の正確な値は不明であるため、本計算では酸化珪素膜の $1 / 10$ の熱伝導率であるとした。

30

【 0 0 2 1 】

図 1 2 に、熱伝導解析シミュレーション結果から導出した、半導体層と下地絶縁膜界面における固相化開始時間を、構成 1、構成 2 および本発明の構成で比較している。図 1 2 の横軸は、島状半導体端から内部に向かう方向の位置であり、縦軸は固相化開始時間である。

【 0 0 2 2 】

構成 1 の場合、島状シリコン層の端から $1.5 \mu\text{m}$ 以内の領域では、温度勾配ができているが、さらに内側の領域では、温度は一定であることがわかる。温度勾配のない領域で形成される結晶粒の位置と大きさはランダムなものになる。島状シリコン層の端から $1.5 \mu\text{m}$ 以内の領域では、温度勾配があるので、島状シリコン膜の端から固相化が始まり、島状シリコン膜の内側への方向性ある結晶成長する。ただし、結晶成長距離は、 $1.5 \mu\text{m}$ 以上にはならない。

40

【 0 0 2 3 】

構成 2 の場合、島状シリコン層の端から $2.5 \mu\text{m}$ 以内の領域では、温度勾配ができているが、さらに内側の領域では、温度は一定である。構成 2 では、低熱伝導性の有機樹脂膜が存在するために、構成 1 と比較して、島状半導体膜の冷却速度は小さくなっている。そのため、島状半導体膜の端から内側領域に向かってより大きな温度勾配が実現できている。

【 0 0 2 4 】

本発明の構成の場合、島状シリコン層の端から $4.5 \mu\text{m}$ 以内の領域で、温度勾配ができています。本発明の構成では、島状シリコン膜の端が最も早く冷却し易い効果と、島状シリ

50

コン膜内部で低熱伝導性の有機樹脂膜が存在するための冷却し難い効果とが、構成２と比較して、より有効に実現できる。つまり、構成２では、低熱伝導性の有機樹脂膜が島状シリコン膜の端部直下にも存在するため、島状シリコン膜の端が最も早く冷却し易い効果を抑制してしまう。一方、本発明の構成では、島状シリコン膜の端部直下には低熱伝導性の有機樹脂膜が存在しない。結果として、島状半導体膜の端から内側領域に向かっての広い範囲で温度勾配が形成できる（つまり固相化開始時間差をつけることができる）ため、結晶成長が島状シリコン内側領域にまでより効果的に伸張できることがわかった。

【００２５】

図１３に構成１、構成２および本発明の構成によって形成される結晶粒を比較し、チャネル形成領域の幅方向を断面とした鳥瞰図を示す。図１３（ａ）、（ｂ）、（ｃ）は、それぞれ本発明の構成、構成１、構成２の場合である。

10

【００２６】

そこで、本発明の構成では、透光性を有する基板に接して所定の形状を有する有機樹脂膜と、前記有機樹脂膜を覆う無機絶縁膜を有し、前記無機絶縁膜に接して前記無機絶縁膜を介して前記有機樹脂膜の上方に存在する結晶質半導体膜からなる第一領域を、前記有機樹脂膜の上方に存在しない結晶質半導体膜からなる第二領域によってはさむように連続して存在していることを特徴とする半導体装置である。

【００２７】

前記第二領域は、前記第一領域の端から $0.5\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ の幅になるように島状結晶質半導体膜が存在していることを特徴とする半導体装置である。

20

【００２８】

前記無機絶縁膜は、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜から選ばれた単層膜、またはそれらの積層膜であり、その膜厚は $50\text{nm} \sim 500\text{nm}$ （好ましくは $100\text{nm} \sim 300\text{nm}$ ）とする。

【００２９】

また、他の発明の構成として、前記基板と前記有機樹脂膜の間に下地絶縁膜を有している構成としてもよい。

【００３０】

また、前記有機樹脂膜は、ＢＣＢ（ベンゾシクロブテン）樹脂、ポリイミド系樹脂（フッ素添加ポリイミド）、アクリル系樹脂、シロキサン系樹脂、フッ素添加パラキシレン、フッ素添加バリレン、テフロン、フルオロポリアリルエーテル、ＰＦＣＢ、ポリシラザンから選ばれた単層膜、またはそれらの積層膜であって、その有機樹脂膜の熱伝導率は、 $1.0\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ 以下であることを特徴としている。

30

【００３１】

また、上記有機樹脂膜が、感光性を有していればパターンニングを簡単に行うことができるため好ましい。

【００３２】

そこで、上記構造を実現するための発明の構成は、透光性を有する基板上に接して有機樹脂膜を形成した後、前記有機樹脂膜を所定の形状にパターンニングし、前記所定の形状を有する有機樹脂膜を覆う無機絶縁膜を形成し、前記無機絶縁膜に接して非晶質半導体膜を形成する。そして前記非晶質半導体膜を前記無機絶縁膜を介して前記有機樹脂膜の上方に存在している第一領域が、前記有機樹脂膜の上方に存在していない第二領域によってはさむように連続して設け、前記島状非晶質半導体膜にレーザー光を照射することによって、島状結晶質半導体膜を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

40

【００３３】

前記第二領域は前記第一領域の端から $0.5\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ の幅になるように島状結晶質半導体膜を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法である。

【００３４】

また、上記作製方法において、無機絶縁膜と前記非晶質半導体膜は、大気にふれることなく連続して形成してもよい。

50

【 0 0 3 5 】

また、上記作製方法において、上記レーザー光は、前記基板の表面側から照射してもよいし、前記基板の表面側および裏面側から同時に照射してもよい。

【 0 0 3 6 】

【 発明の実施の形態 】

本発明の実施形態について、以下に説明する。

【 0 0 3 7 】

図 1 はチャネル形成領域における幅方向の断面図である。本発明は、図 1 で示すように、非晶質半導体膜 4 を前記無機絶縁膜 3 を介して前記有機樹脂膜 2 の上方に存在している第一領域 5 a を前記有機樹脂膜 2 の上方に存在していない第二領域 5 b がはさむように連続して設けられ、前記第二領域は前記第一領域の端から $0.5 \mu\text{m} \sim 5 \mu\text{m}$ の幅になるように島状非晶質半導体膜 5 を形成し、前記島状非晶質半導体膜にレーザー光 6 を照射することによって、島状結晶質半導体膜 7 を形成することを特徴としている。

10

【 0 0 3 8 】

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、YAGレーザー、またはアルゴンレーザーをその光源とし、光学系にて線状または矩形状に島状に形成したレーザー光を半導体膜に対して島状半導体膜が形成された基板の表側（本明細書中では島状半導体膜が形成されている面と定義する）もしくは裏側（本明細書中では島状半導体膜が形成された面と反対側の面と定義する）から照射するか、基板の表側と裏側の両方から照射する。

20

【 0 0 3 9 】

レーザーアニール法では、照射するレーザー光（またはレーザービーム）の条件を最適なものとするにより半導体膜を加熱溶解させ、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。

【 0 0 4 0 】

そして、前記島状非晶質半導体膜 5 を結晶化し島状結晶質半導体膜 7 を形成する方法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、YAGレーザー、またはアルゴンレーザーをその光源とし、光学系にて線状または矩形状に島状に形成したレーザー光を半導体膜に対して島状半導体膜が形成された基板の表側（本明細書中では島状半導体膜が形成されている面と定義する）もしくは裏側（本明細書中では島状半導体膜が形成された面と反対側の面と定義する）から照射するか、基板の表側と裏側の両方から照射する。

30

【 0 0 4 1 】

図 2 は本発明のレーザーアニール装置の光学系の基本的な構成の一例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YAGレーザー、またはアルゴンレーザーなどを適用する。図 2 (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 2 (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のエネルギー分布の均一化を図ることができる。

40

【 0 0 4 2 】

なお、レーザーアニール法では、特に、波長 400 nm 以下のレーザー光を発するエキシマレーザーを光源に使用すると、半導体膜を優先的に加熱することができるので適している。エキシマレーザーのパルス幅は数nsec～数十nsec、例えば 30 nsec であるので、パルス

50

発振周波数を30Hzとして照射すると、半導体膜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ことになる。レーザー光の照射が終わった直後からは無機絶縁膜を通して熱が拡散するので、第二領域の方が急激に冷却が始まり固相状態へ変化するのに対し、第一領域では有機樹脂膜の存在により第二領域と比較して半導体膜から基板への熱拡散が抑えられ、冷却速度が小さくなる。

【0043】

有機樹脂膜2は、基板上においてTFTの活性層(チャネル形成領域、ソース領域、ドレイン領域、およびLDD領域が形成される半導体膜)の配置に合わせて形成する。

【0044】

また、有機樹脂膜2としては、熱伝導率が $1.0\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$ 以下、好ましくは $0.3\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$ 以下であれば特に限定されない。この有機樹脂膜2の熱伝導率は、基板(石英ガラス： $1.4\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$)及び有機樹脂膜上に接するシリコンを含む無機絶縁膜($1\sim 20\text{ W m}^{-1}\text{ K}^{-1}$)と比べて非常に低いため、十分に半導体膜から基板への熱拡散が抑えられる。

10

【0045】

例えば、上記有機樹脂膜2として、BCB(ベンゾシクロブテン)樹脂、ポリイミド系樹脂(フッ素添加ポリイミド)、アクリル系樹脂、シロキサン系樹脂、フッ素添加パラキシレン、フッ素添加パリレン、テフロン、フルオロポリアリルエーテル、PFCB、ポリシラザン等が挙げられる。中でも、耐熱性が450程度と高く、耐プラズマ性を有し、且つ平坦性を有するBCB(ベンゾシクロブテン)樹脂が本発明に最も好ましい。

20

【0046】

また、有機樹脂膜2に無機絶縁膜3や非晶質半導体膜等を積層するため、表面が平坦となるスピンコート法により形成することが望ましく、パターンニングされた有機樹脂膜の端部はテーパ形状として、カバレッジを良好なものとすることが望ましい。また、スピンコート法で代表される塗布法を用いて有機樹脂膜を形成すれば、CVD装置を用いた無機絶縁膜に比べコストが格段に低く、複雑な成膜プロセスを必要としないため有利である。また、パターン加工の面においても感光性の有機樹脂膜を用いれば、フォトリソグラフィによるフォトリソグラフィを必要としないため工程を削減することができる。また、感光性の有機樹脂膜を用いない場合においても、無機絶縁膜のエッチングに比べ基板や下地絶縁膜とのエッチングレートが確保しやすく、制御性も高いため有利である。

30

【0047】

また、有機樹脂膜2の膜厚は、 $100\text{ nm}\sim 500\text{ nm}$ とすることが望ましい。この膜厚を調節することによって、結晶化工程における冷却速度を制御することができる。なお、 100 nm より薄い膜厚とした場合、平坦性が悪化してしまう。また、 500 nm より厚い膜厚とした場合、段差が大きすぎて積層膜を形成することが困難になってしまう。

【0048】

また、シリコンを構成元素とする無機絶縁膜3としては、PCVD法、LPCVD法、またはスパッタ法により酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜から選ばれた単層膜、または、それらの積層膜を適宜用いることができる。この無機絶縁膜は、基板及び有機樹脂膜からの不純物拡散を防ぐ役目と、積層される半導体膜との密着性を向上させる役目を果たしている。また、有機樹脂膜としてBCB樹脂を用いた場合、単膜での耐熱性は450程度であるが、これを酸化シリコン膜で覆った場合には550程度の加熱処理に耐えることができる。このように、無機絶縁膜は、有機樹脂膜を保護する役目を果たすとともに、有機樹脂膜の耐熱性を向上させる効果をも有している。

40

【0049】

また、このシリコンを構成元素とする無機絶縁膜の膜厚は、 $50\text{ nm}\sim 500\text{ nm}$ (好ましくは $100\text{ nm}\sim 300\text{ nm}$)とする。この無機絶縁膜の膜厚が 500 nm より厚くなると、無機絶縁膜自体の熱容量が大きくなるために、低熱伝導率の有機樹脂が半導体膜から基板側への熱拡散を抑える効果が薄れる可能性が高い。また、無機絶縁膜の膜厚が 50 nm より薄くなるとカバレッジが悪くなり有機樹脂膜を覆いきれなくなる恐れがある。

50

【 0 0 5 0 】

また、シリコンを構成元素とする無機絶縁膜上に形成する非晶質半導体膜としては、非晶質半導体膜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。また、非晶質半導体膜の成膜方法は、P C V D法、L P C V D法、スパッタ法等の公知の方法を用いればよい。

【 0 0 5 1 】

図1を用い、本発明の作製方法における実施の形態の一例として島状の結晶質半導体膜の作製例を簡略に示す。

【 0 0 5 2 】

まず、基板1上に有機樹脂膜を形成し、パターンニングを施して所望の形状の有機樹脂膜2を形成する。(図1(A))

10

【 0 0 5 3 】

次いで、有機樹脂膜2を覆う無機絶縁膜3を形成する。続いて、無機絶縁膜3上に非晶質半導体膜4を形成する。(図1(B))また、ここで大気に触れさせずに無機絶縁膜3と非晶質半導体膜4とを連続成膜して不純物の混入を低減してもよい。

【 0 0 5 4 】

次いで、非晶質半導体膜をパターンニングし、第一領域5aおよび第二領域5bからなる島状の非晶質半導体膜5を完成する。(図1(C))

【 0 0 5 5 】

次いで、レーザー光6を照射して非晶質半導体膜の結晶化を行い結晶質半導体膜6を形成する。(図1(D))

20

【 0 0 5 6 】

以下、図1に示した工程により形成された島状の結晶質半導体膜をT F Tの活性層(チャネル形成領域、ソース領域、ドレイン領域、およびL D D領域が形成される半導体膜)に用い、公知の方法に従ってT F Tを作製すれば、優れた電気特性を有する半導体装置が得られる。

【 0 0 5 7 】

また、図3はチャネル形成領域における幅方向の断面図であるが、図13に示すように下地絶縁膜3008を設けてもよい。この下地絶縁膜3008は、基板3001からの不純物拡散を防ぐとともに、基板3001と有機樹脂膜3002との密着性の向上を図ることができる。

30

【 0 0 5 8 】

なお本明細書中の「冷却速度」は、レーザー光による熔融後の半導体膜における冷却速度を指している。

【 0 0 5 9 】

また、図4はチャネル形成領域における幅方向の断面図であるが、図4に示すように、結晶化の工程は、通常のレーザーアニール法のみが適用されるものでなく、基板の表面側及び裏面側からレーザー光4006を同時に照射してもよい。また、レーザー光は、パルス発振型または連続発光型を用いてもよい。また、レーザー光は、光学系にて線状ビーム、スポット状ビーム、面状ビームなどとするのが可能であり、その形状に限定されるものはない。

40

【 0 0 6 0 】

また、基板を加熱させながらレーザーアニール法を行ってもよい。また、熱アニール法とレーザーアニール法とを組み合わせてもよい。また、触媒元素を用いる結晶化法を応用してもよい。

【 0 0 6 1 】

以上の構成でなる本発明について、以下に示す実施例でもってさらに詳細な説明を行うこととする。

【 実施例 】

[実施例 1]

50

ここでは、同一基板上に画素部と、画素部の周辺に設ける駆動回路のTFT（nチャネル型TFT及びpチャネル型TFT）を同時に作製する方法について詳細に図5～図7を用いて説明する。

【0062】

まず、透光性を有する基板1001上に有機樹脂膜（膜厚100nm～500nm）をスピンコート法等により塗布し、焼成することで形成する。本実施例では、有機樹脂膜としてベンゾシクロブテン膜（以下、BCB膜と呼ぶ）をスピンコート法により塗布した後、焼成（300℃、1時間）して200nmの膜厚を得た。なお、本実施例で用いたBCB膜の膜厚は、スピン回転数により膜厚を容易に制御することができる。また、透過型表示素子（液晶パネル等）に用いない場合には透光性を有する基板1001が透明である必要はなく、この後のCVD装置を使用するプロセスに対して耐えうる耐熱性と耐プラズマ性を有するものであれば、有機樹脂膜はBCB膜に限定されないことは言うまでもない。

10

【0063】

次いで、BCB膜を公知のフォトリソグラフィ法によりパターニングし、ドライエッチングにより島状の有機樹脂膜100a～100fを形成する。本実施例では、O₂とCF₄との混合ガスを用いてドライエッチングを行った。ただし、島状の有機樹脂膜の位置については、後の工程で形成する島状の結晶質シリコン膜に合わせて形成する。また、有機樹脂膜として感光性を有する材料を用いれば、レジストを用いることなくパターニングを行えるため、製造工程の短縮化ができる。

【0064】

20

次いで、島状の有機樹脂膜を覆って公知の方法により膜厚50nm～500nmの無機絶縁膜101を形成する。無機絶縁膜としては、PCVD法、LPCVD法、スパッタ法等の公知の方法を用いて酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜から選ばれた単層膜またはそれらの積層膜を用いることができる。ただし、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜を用いる場合は、内部応力のバランスを考慮することが必要である。この無機絶縁膜は基板からの不純物拡散を防ぐ目的と、後で形成される半導体膜との密着性の向上させる目的と、後でエッチングされる半導体膜との選択比を確保する目的とによって形成されている。本実施例ではPCVD法により膜厚100nmの酸化シリコン膜を成膜した。

【0065】

30

次いで、無機絶縁膜上に非晶質半導体膜102を形成する。本実施例ではPCVD法により膜厚55nmの非晶質シリコン膜（アモルファスシリコン膜）を形成した。（図5（A））また、非晶質構造を含む半導体膜であれば非晶質シリコン膜に限定されず、例えば微結晶半導体膜、非晶質シリコンゲルマニウム膜などの非晶質構造を含む化合物半導体膜を用いてもよい。また、無機絶縁膜と非晶質半導体膜とを大気に触れさせずに連続成膜を行ってもよい。そして、非晶質半導体膜208の不要な部分をエッチング除去して103a～103eを形成する。（図5（B））

【0066】

次いで、非晶質半導体膜の結晶化をレーザーアニール法により行う。レーザービームとしては幅100～1000μmの線状ビームを用い、図5（B）に示すように基板表面側から照射する。本実施例では、パルス発振型のエキシマレーザーを光源とするレーザー照射装置を用いた。

40

【0067】

このレーザー光の結晶化工程において、パルス状のレーザー光が照射されると、島状半導体膜は瞬時に加熱され熔融状態となる。この後、第二領域においては熔融状態のシリコン膜の下面から無機絶縁膜を通じ、基板へと順次に熱が伝導し、熔融状態のシリコン膜は島状シリコン膜の端から冷却されていく。

【0068】

一方、第一領域においては、熔融状態のシリコン膜の下面から無機絶縁膜を通じ、有機樹脂膜、基板へと順次に熱が伝導することで、熔融状態のシリコン膜は徐々に冷却されてい

50

く。

【0069】

以上のようにして非晶質半導体膜が無機絶縁膜を介して有機樹脂膜の上方に存在している第一領域と非晶質半導体膜が有機樹脂膜の上方に存在していない第二領域を設けることにより、レーザー照射後の島状半導体膜の温度分布を大きくし、格子欠陥密度が非常に小さく、結晶粒径が大きい島状の結晶質シリコン膜104a~104eを所望の位置に得ることができた。この島状の結晶質半導体膜をTF Tの活性層に用いた場合、優れた特性を得ることができる。

【0070】

また、半導体層104a~104eを形成した後、TF T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)のドーピングを行ってもよい。

10

【0071】

次いで、半導体層104a~104eを覆うゲート絶縁膜107を形成する。ゲート絶縁膜107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Si=32%、O=59%、N=7%、H=2%)で形成した。勿論、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。

【0072】

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O₂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。

20

【0073】

次いで、図5(C)に示すように、ゲート絶縁膜107上に膜厚20~100nmの第1の導電膜108と、膜厚100~400nmの第2の導電膜109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108と、膜厚370nmのW膜からなる第2の導電膜109を積層形成した。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した。また、W膜は、Wのターゲットを用いたスパッタ法で形成した。その他に6フッ化タングステン(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20μΩ/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99.9999%)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9~20μΩ/cmを実現することができた。

30

【0074】

なお、本実施例では、第1の導電膜108をTa₂N、第2の導電膜109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多結晶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(Ta₂N)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(Ta₂N)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。

40

【0075】

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110~115を形成し、

50

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比を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った。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) を用いた。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。

10

【0076】

この後、レジストからなるマスク110~115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比を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った。基板側 (試料ステージ) にも20W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Ta₂N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。

【0077】

20

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15~45°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117~122 (第1の導電層117a~122aと第2の導電層117b~122b) を形成する。116はゲート絶縁膜であり、第1の形状の導電層117~122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。

【0078】

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6(A))ドーピング処理はイオンドープ法、若しくはイオン注入法で行えば良い。イオンドープ法の条件はドーズ量を $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$ とし、加速電圧を60~100keVとして行う。本実施例ではドーズ量を $1.5 \times 10^{15} \text{ atoms/cm}^2$ とし、加速電圧を80keV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117~121がn型を付与する不純物元素に対するマスクとなり、自己整合的に高濃度不純物領域123~127が形成される。高濃度不純物領域123~127には $1 \times 10^{20} \sim 1 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ の濃度範囲でn型を付与する不純物元素を添加する。

30

【0079】

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128b~133bを形成する。一方、第1の導電層117a~122aは、ほとんどエッチングされず、第1の導電層128a~133aを形成する。次いで、第2のドーピング処理を行って図6(B)の状態を得る。ドーピングは第2の導電層128b~133bを不純物元素に対するマスクとして用い、第1の導電層のテーパ部下方の半導体層に不純物元素が添加されるようにドーピングする。こうして、第1の導電層と重なる不純物領域134~138を形成する。この不純物領域へ添加されたリン(P)の濃度は、第1の導電層のテーパ部の膜厚に従って緩やかな濃度勾配を有している。なお、第1の導電層のテーパ部と重なる半導体層において、第1の導電層のテーパ部の端部から内側に向かって若干、不純物濃度が低くなってい

40

50

るものの、ほぼ同程度の濃度である。また、第1の不純物領域123～127にも不純物元素が添加され、不純物領域139～143を形成する。

【0080】

次いで、レジストからなるマスクを除去せずに第3のエッチング処理を行う。この第3のエッチング処理では第1の導電層のテーパー部を部分的にエッチングして、半導体層と重なる領域を縮小するために行われる。第3のエッチングは、エッチングガスに CHF_3 を用い、反応性イオンエッチング法(RIE法)を用いて行う。第3のエッチングにより、第1の導電層144～149が形成される。この時、同時に絶縁膜116もエッチングされて、絶縁膜150、151が形成される。

【0081】

上記第3のエッチングによって、第1の導電層144～148と重ならない不純物領域(LDD領域)134a～138aが形成される。なお、不純物領域(GOLD領域)134b～138bは、第1の導電層144～148と重なったままである。

【0082】

このようにすることで、本実施例は、第1の導電層144～148と重なる不純物領域(GOLD領域)134b～138bにおける不純物濃度と、第1の導電層144～148と重ならない不純物領域(LDD領域)134a～138aにおける不純物濃度との差を小さくすることができ、信頼性を向上させることができる。

【0083】

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152～154を形成して第3のドーピング処理を行う。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155～160を形成する。第2の導電層128a～132a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155～160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152～154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155～160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 $2 \times 10^{20} \sim 2 \times 10^{21} \text{ atoms/cm}^3$ 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TFT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TFT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。

【0084】

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。

【0085】

次いで、レジストからなるマスク152～154を除去して第1の層間絶縁膜161を形成する。この第1の層間絶縁膜161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した。勿論、第1の層間絶縁膜161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。

【0086】

次いで、図7(B)に示すように、それぞれの半導体層に添加された不純物元素を活性化処理する工程を行う。この活性化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。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った。なお、熱アニール法の他に、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(RTA法)を適用することができる。

10

20

30

40

50

。

【0087】

なお、本実施例では、上記活性化処理と同時に、結晶化の際に触媒として使用したニッケルが高濃度のリンを含む不純物領域139、141、142、155、158にゲッタリングされ、主にチャネル形成領域となる半導体層中のニッケル濃度が低減される。このようにして作製したチャネル形成領域を有する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。

【0088】

また、第1の層間絶縁膜を形成する前に活性化処理を行っても良い。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、例えば窒化珪素膜）を形成した後で活性化処理を行うことが好ましい。

10

【0089】

さらに、3～100%の水素を含む雰囲気中で、300～550 で1～12時間の熱処理を行い、半導体層を水素化する工程を行う。本実施例では水素を約3%の含む窒素雰囲気中で410、1時間の熱処理を行った。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）を行っても良い。

【0090】

また、活性化処理としてレーザーアニール法を用いる場合には、上記水素化を行った後、エキシマレーザーやYAGレーザー等のレーザービームを照射することが望ましい。

20

【0091】

次いで、第1の層間絶縁膜161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162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したが、粘度が10～1000cp、好ましくは40～200cpのものを用い、表面に凸凹が形成されるものを用いた。また、第2の層間絶縁膜162として表面が平坦化する膜を用いてもよい。

【0092】

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、TFTの形成と同じフォトリソで行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。なお、この凸部は配線及びTFT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。

30

【0093】

そして、駆動回路において、各不純物領域とそれぞれ電氣的に接続する配線163～167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ニングして形成する。

【0094】

また、画素部においては、画素電極170、ゲート配線169、接続電極168を形成する。（図7（C））この接続電極168によりソース配線（133bと149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169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170は、画素TFTのドレイン領域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158と電氣的な接続が形成される。また、画素電極170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。

40

【0095】

以上の様にして、nチャネル型TFT501とpチャネル型TFT502からなるCMO

50

S回路、及びnチャネル型TFT503を有する駆動回路506と、画素TFT504、保持容量505とを有する画素部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。

【0096】

駆動回路506のnチャネル型TFT501はチャネル形成領域171、ゲート電極の一部を構成する第1の導電層144と重なる低濃度不純物領域134b(GOLD領域)、ゲート電極の外側に形成される低濃度不純物領域134a(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139を有している。このnチャネル型TFT501と電極166で接続してCMOS回路を形成するpチャネル型TFT502にはチャネル形成領域172、ゲート電極と重なる不純物領域157、ゲート電極の外側に形成される不純物領域158、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155を有している。また、nチャネル型TFT503にはチャネル形成領域173、ゲート電極の一部を構成する第1の導電層146と重なる低濃度不純物領域136b(GOLD領域)、ゲート電極の外側に形成される低濃度不純物領域137a(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141を有している。

10

【0097】

画素部の画素TFT504にはチャネル形成領域174、ゲート電極の一部を構成する第1の導電層147と重なる低濃度不純物領域137b(GOLD領域)、ゲート電極の外側に形成される低濃度不純物領域137a(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143を有している。また、保持容量505の一方の電極として機能する半導体層158~160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505は、絶縁膜451を誘電体として、電極(148と132bの積層)と、半導体層158~160とで形成している。

20

【0098】

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。

【0099】

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8に示す。なお、図5~図7に対応する部分には同じ符号を用いている。図7中の鎖線A-A'は図8中の鎖線A-A'で切断した断面図に対応している。また、図7中の鎖線B-B'は図8中の鎖線B-B'で切断した断面図に対応している。

30

【0100】

また、本実施例で示す工程に従えば、アクティブマトリクス基板の作製に必要なフォトリソマスクの数を5枚とすることができる。その結果、工程を短縮し、製造コストの低減及び歩留まりの向上に寄与することができる。

【0101】

以上の様な構成は、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の構造を最適化し、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、ゲート配線低抵抗材料で形成することにより、配線抵抗を十分低減できる。従って、表示領域(画面サイズ)が4インチクラス以上の表示装置に適用することができる。そして、非晶質半導体膜が無機絶縁膜を介して有機樹脂膜の上方に存在している第一領域と非晶質半導体膜が有機樹脂膜の上方に存在していない第二領域を設けることにより、レーザー照射後の島状半導体膜水平方向の温度勾配形成領域を長くすることができ、その結果として、格子欠陥密度が非常に小さく、結晶粒径が大きい島状の結晶質シリコン膜104a~104eを用いることにより、完成したTFTにおいて非常に優れた特性を実現することができる。

40

【0102】

[実施例2]

50

本実施例では、基板と有機樹脂膜との間に下地絶縁膜を設けた例を図3に示す。

【0103】

まず、ガラス基板3001上に公知の方法により膜厚50nm~400nmの下地絶縁膜3008を形成する。下地絶縁膜3008としては、PCVD法、LPCVD法、スパッタ法等の公知の方法を用いて酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜から選ばれた単層膜またはそれらの積層膜を用いることができる。ただし、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜を用いる場合は、内部応力のバランスを考慮することが必要である。この下地絶縁膜3008は基板からの不純物拡散を防ぐ目的によって形成されている。本実施例ではPCVD法により膜厚50nmの酸化シリコン膜を成膜した。

【0104】

次いで、下地絶縁膜3008上に有機樹脂膜（膜厚100nm~500nm）をスピコート法等により塗布し、焼成することで形成する。本実施例では、有機樹脂膜としてベンゾシクロブテン膜（以下、BCB膜と呼ぶ）をスピコート法により塗布した後、焼成（300℃、1時間）して200nmの膜厚を得た。また、透過型表示素子（液晶パネル等）に用いない場合には透光性を有する基板3001が透明である必要はなく、この後のCVD装置を使用するプロセスに対して耐えうる耐熱性と耐プラズマ性を有するものであれば、有機樹脂膜はBCB膜に限定されないことは言うまでもない。

【0105】

次いで、実施例1に従いBCB膜を公知のフォトリソグラフィ法によりパターンニングし、ドライエッチングにより島状の有機樹脂膜3002を形成する。ここで、下地絶縁膜3008はガラス基板表面をドライエッチングから保護している。

【0106】

以降の工程は、実施例1に従い島状の有機樹脂膜3002を覆って公知の方法により無機絶縁膜3003、及び非晶質半導体膜を形成した後、そして、非晶質半導体膜の不要な部分をエッチング除去して島状の非晶質半導体膜3005aを形成する。次いで、非晶質半導体膜の結晶化をレーザーアニール法により行う。以上のようにして非晶質半導体膜が無機絶縁膜を介して有機樹脂膜の上方に存在している第一領域と非晶質半導体膜が有機樹脂膜の上方に存在していない第二領域を設けることにより、レーザー照射後の島状半導体膜水平方向の温度勾配形成領域を長くすることができ、その結果として、格子欠陥密度が非常に小さく、結晶粒径が大きい島状の結晶質シリコン膜を所望の位置に得ることができた。

【0107】

また、本実施例は実施例1と適宜組み合わせることが可能である。

【0108】

[実施例3]

本実施例では、実施例1とは異なるレーザー照射方法による結晶化を行った例を図4に示す。なお、実施例1とは、レーザー照射方法以外は同一であるため、詳細な説明は省略する。

【0109】

実施例1に従い、基板4001上に島状の有機樹脂膜4002を形成する。次いで、実施例1と同様にして島状の有機樹脂膜4002を覆う無機絶縁膜4003を形成し、無機絶縁膜4003上に非晶質半導体膜を形成する。ただし、本実施例において、基板4001、及び島状の有機樹脂膜4002は透光性を有することが必要である。

【0110】

次いで、図4に示すように基板の表面側及び裏面側からレーザー光を同時に照射する。以上の工程により、結晶粒径の大きな結晶質シリコン膜を所望の位置に得た。この結晶質半導体膜をTFTの活性層に用いた場合、優れた特性を得ることができる。

【0111】

また、本実施例は、実施例1または実施例2と適宜、自由に組み合わせることが可能であ

10

20

30

40

50

る。

[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、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 9 を用いる。

【0112】

まず、実施例 1 に従い、図 7 (c) の状態のアクティブマトリクス基板を得た後、図 7 (c) のアクティブマトリクス基板上、少なくとも画素電極 170 上に配向膜 171 を形成しラビング処理を行う。なお、本実施例では配向膜 171 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 (図示しない) 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。

10

【0113】

次いで、対向基板 171 を用意する。次いで、対向基板 171 上に着色層 172、173、平坦化膜 174 を形成する。赤色の着色層 172 と青色の着色層 173 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。

【0114】

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 8 では、少なくともゲート配線 169 と画素電極 170 の間隙と、ゲート配線 169 と接続電極 168 の間隙と、接続電極 168 と画素電極 170 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。

20

【0115】

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。

【0116】

次いで、平坦化膜 174 上に透明導電膜からなる対向電極 175 を少なくとも画素部に形成し、対向基板の全面に配向膜 176 を形成し、ラビング処理を施した。

【0117】

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 177 で貼り合わせる。シール材 177 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 178 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 178 には公知の液晶材料を用いれば良い。なお、本実施例は反射型であるので実施例 1 よりも基板間隔は半分程度となる。このようにして図 15 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 FPC を貼りつけた。

30

【0118】

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。

40

【0119】

なお、本実施例のアクティブマトリクス型液晶表示装置は、実施例 1 で説明した構造と照らし合わせて説明したが、実施例 1 の構成に限定されるものでなく、実施の形態で示した構成を実施例 1 に応用して完成させたアクティブマトリクス基板を用いても良い。いずれにしても、実施の形態で示した有機樹脂膜を設けたアクティブマトリクス基板であれば自由に組み合わせてアクティブマトリクス型液晶表示装置を作製することができる。

【0120】

[実施例 5]

本願発明を実施して形成された CMOS 回路や画素部は様々な電気光学装置 (アクティブ

50

マトリクス型液晶ディスプレイ、アクティブマトリクス型ＥＣディスプレイ、アクティブマトリクス型ＥＬディスプレイ）に用いることが出来る。即ち、それら電気光学装置を表示部に組み込んだ電子機器全てに本願発明を実施出来る。

【０１２１】

その様な電子機器としては、ビデオカメラ、デジタルカメラ、プロジェクター（リア型またはフロント型）、ヘッドマウントディスプレイ（ゴーグル型ディスプレイ）、カーナビゲーション、カーステレオ、パーソナルコンピュータ、携帯情報端末（モバイルコンピュータ、携帯電話または電子書籍等）などが挙げられる。それらの一例を図１４、図１５及び図１６に示す。

【０１２２】

図１４（Ａ）はパーソナルコンピュータであり、本体３００１、画像入力部３００２、表示部３００３、キーボード３００４等を含む。本発明を画像入力部３００２、表示部３００３やその他の信号制御回路に適用することが出来る。

【０１２３】

図１４（Ｂ）はビデオカメラであり、本体３１０１、表示部３１０２、音声入力部３１０３、操作スイッチ３１０４、バッテリー３１０５、受像部３１０６等を含む。本発明を表示部３１０２やその他の信号制御回路に適用することが出来る。

【０１２４】

図１４（Ｃ）はモバイルコンピュータ（モータールコンピュータ）であり、本体３２０１、カメラ部３２０２、受像部３２０３、操作スイッチ３２０４、表示部３２０５等を含む。本発明は表示部３２０５やその他の信号制御回路に適用出来る。

【０１２５】

図１４（Ｄ）はゴーグル型ディスプレイであり、本体３３０１、表示部３３０２、アーム部３３０３等を含む。本発明は表示部３３０２やその他の信号制御回路に適用することが出来る。

【０１２６】

図１４（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３４０１、表示部３４０２、スピーカ部３４０３、記録媒体３４０４、操作スイッチ３４０５等を含む。なお、このプレーヤーは記録媒体としてＤＶＤ（Digital Versatile Disc）、ＣＤ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出来る。本発明は表示部３４０２やその他の信号制御回路に適用することが出来る。

【０１２７】

図１４（Ｆ）はデジタルカメラであり、本体３５０１、表示部３５０２、接眼部３５０３、操作スイッチ３５０４、受像部（図示しない）等を含む。本願発明を表示部３５０２やその他の信号制御回路に適用することが出来る。

【０１２８】

図１５（Ａ）はフロント型プロジェクターであり、投射装置３６０１、スクリーン３６０２等を含む。本発明は投射装置３６０１の一部を構成する液晶表示装置３８０８やその他の信号制御回路に適用することが出来る。

【０１２９】

図１５（Ｂ）はリア型プロジェクターであり、本体３７０１、投射装置３７０２、ミラー３７０３、スクリーン３７０４等を含む。本発明は投射装置３７０２の一部を構成する液晶表示装置３８０８やその他の信号制御回路に適用することが出来る。

【０１３０】

なお、図１５（Ｃ）は、図１５（Ａ）及び図１５（Ｂ）中における投射装置３６０１、３７０２の構造の一例を示した図である。投射装置３６０１、３７０２は、光源光学系３８０１、ミラー３８０２、３８０４～３８０６、ダイクロイックミラー３８０３、プリズム３８０７、液晶表示装置３８０８、位相差板３８０９、投射光学系３８１０で構成される。投射光学系３８１０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

10

20

30

40

50

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 15 (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、IR フィルム等の光学系を設けてもよい。

【0131】

また、図 15 (D) は、図 15 (C) 中における光源光学系 3801 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 3801 は、リフレクター 3811、光源 3812、レンズアレイ 3813、3814、偏光変換素子 3815、集光レンズ 3816 で構成される。なお、図 15 (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、IR フィルム等の光学系を設けてもよい。

10

【0132】

ただし、図 15 に示したプロジェクターにおいては、透過型の電気光学装置を用いた場合を示しており、反射型の電気光学装置での適用例は図示していない。

【0133】

図 16 (A) は携帯電話であり、本体 3901、音声出力部 3902、音声入力部 3903、表示部 3904、操作スイッチ 3905、アンテナ 3906 等を含む。本願発明を音声出力部 3902、音声入力部 3903、表示部 3904 やその他の信号制御回路に適用することが出来る。

【0134】

図 16 (B) は携帯書籍（電子書籍）であり、本体 4001、表示部 4002、4003、記憶媒体 4004、操作スイッチ 4005、アンテナ 4006 等を含む。本発明は表示部 4002、4003 やその他の信号回路に適用することが出来る。

20

【0135】

図 16 (C) はディスプレイであり、本体 4101、支持台 4102、表示部 4103 等を含む。本発明は表示部 4103 に適用することが出来る。本発明のディスプレイは特に大画面化した場合において有利であり、対角 10 インチ以上（特に 30 インチ以上）のディスプレイには有利である。

【0136】

以上の様に、本願発明の適用範囲は極めて広く、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 1～4 のどのような組み合わせからなる構成を用いても実現することが出来る

30

【0137】

【発明の効果】

本発明の結晶化の技術を用いることにより、結晶粒径が大きい島状の結晶質シリコン膜を所望の位置に得ることができる。また、この結晶粒径の大きな領域は非常に格子欠陥密度が小さく、該領域を TFT のチャネル形成領域として用いた場合、優れた電気特性を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の構成を説明する図。

【図 2】 本発明のレーザーアニール装置の光学系の基本的な構成の例。

40

【図 3】 本発明の構成を説明する図。

【図 4】 本発明の構成を説明する図。

【図 5】 アクティブマトリクス基板の作製工程を示す断面図。

【図 6】 アクティブマトリクス基板の作製工程を示す断面図。

【図 7】 アクティブマトリクス基板の作製工程を示す断面図。

【図 8】 アクティブマトリクス基板の作製工程を示す上面図。

【図 9】 アクティブマトリクス型液晶表示装置の断面構造図。

【図 10】 従来の構成（構成 1）を説明する図。

【図 11】 特願平 11-304722 の構成（構成 2）を説明する図。

【図 12】 熱伝導解析シミュレーション結果から求めた、固相化開始時間の島状シリコン

50

層の端からの距離依存性。

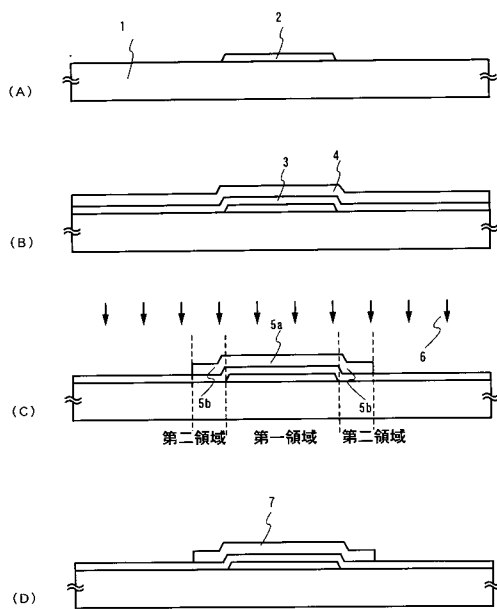
【図 1 3】 構成 1、構成 2 および本発明の構成によって形成される結晶粒の比較図。

【図 1 4】 電子機器の一例を示す図。

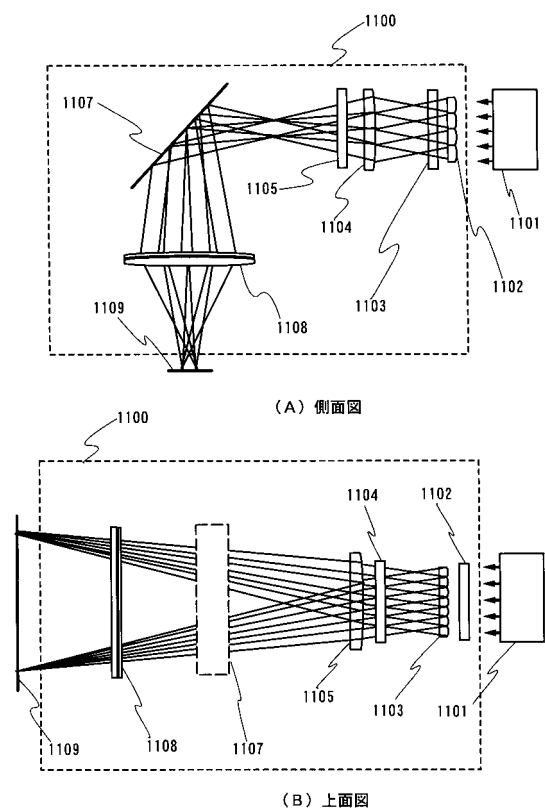
【図 1 5】 電子機器の一例を示す図。

【図 1 6】 電子機器の一例を示す図。

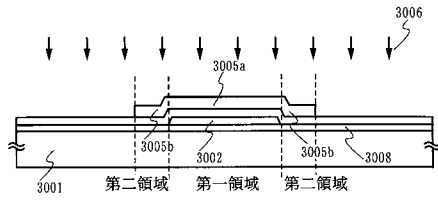
【図 1】



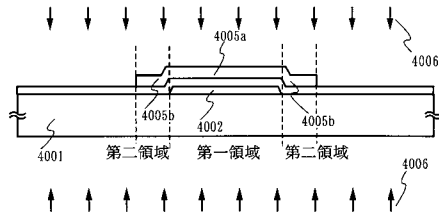
【図 2】



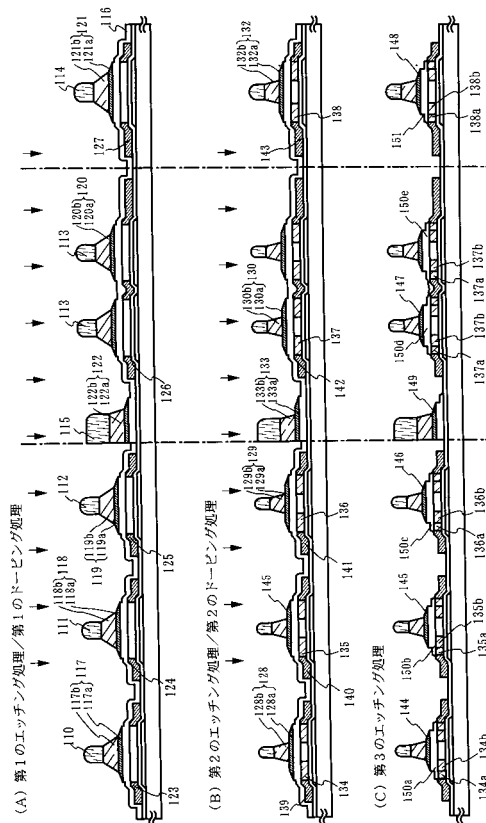
【図 3】



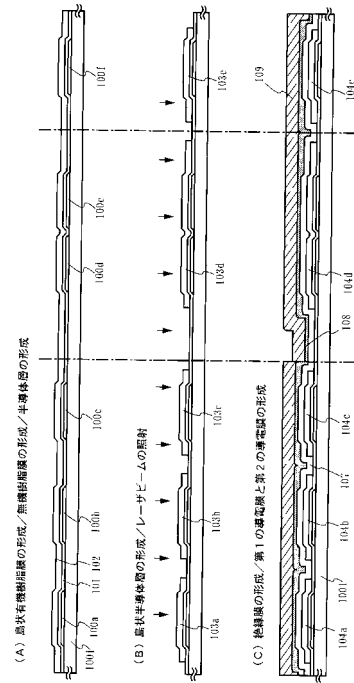
【図 4】



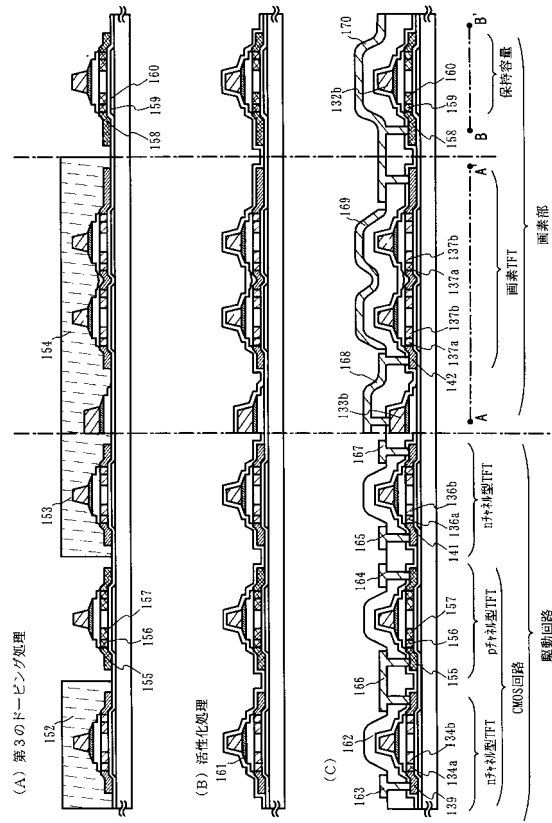
【図 6】



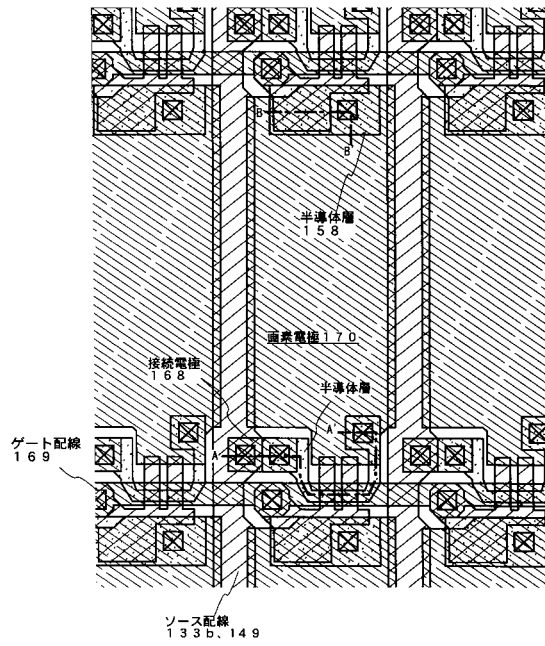
【図 5】



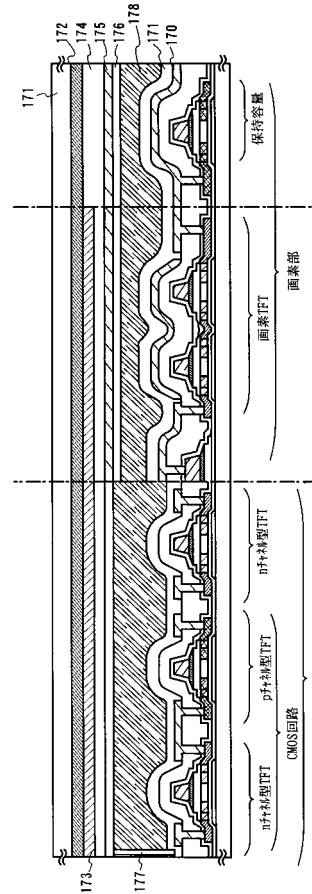
【図 7】



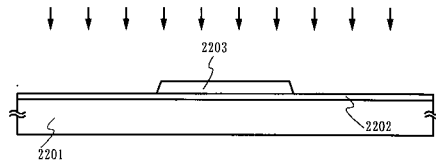
【図 8】



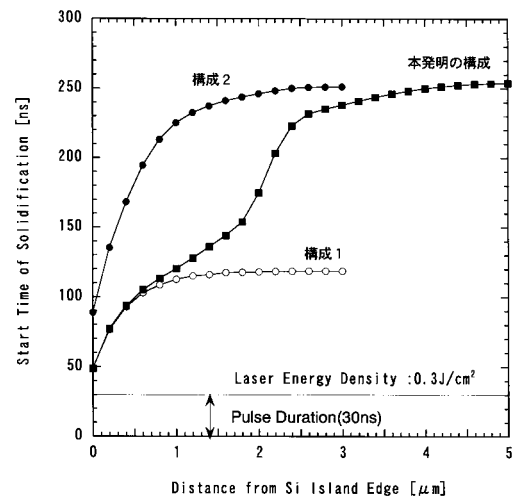
【図 9】



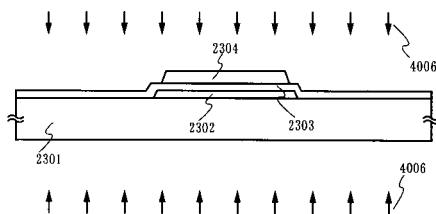
【図 10】



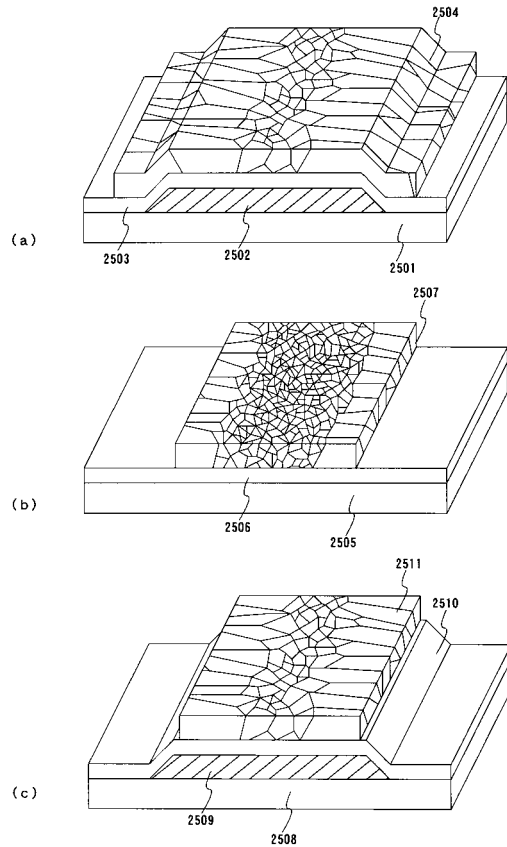
【図 12】



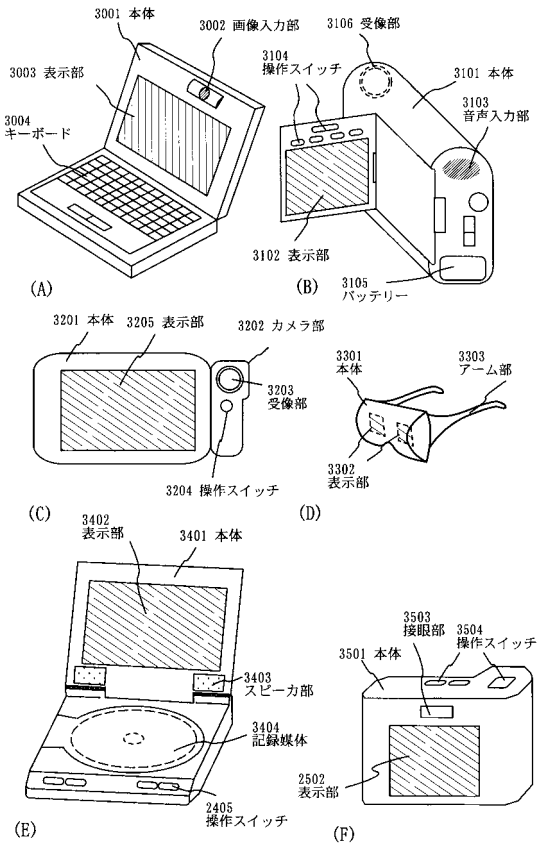
【図 11】



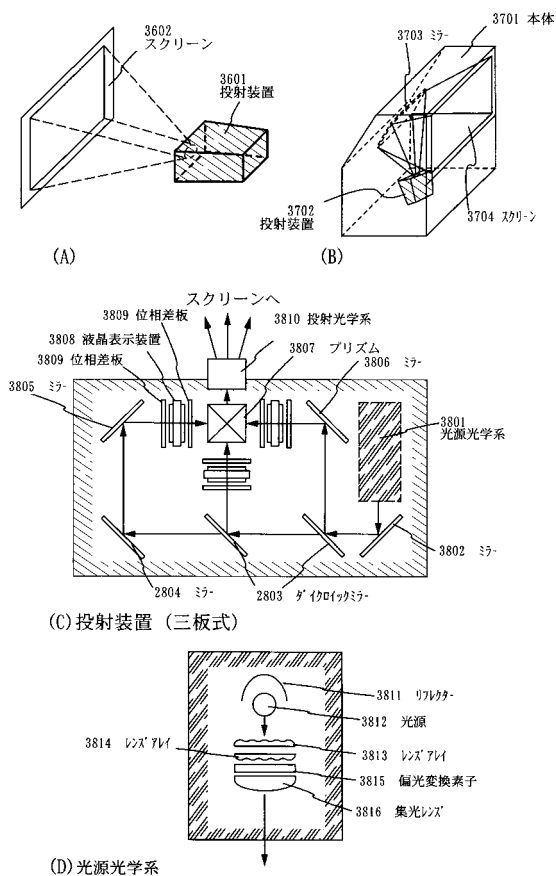
【図 13】



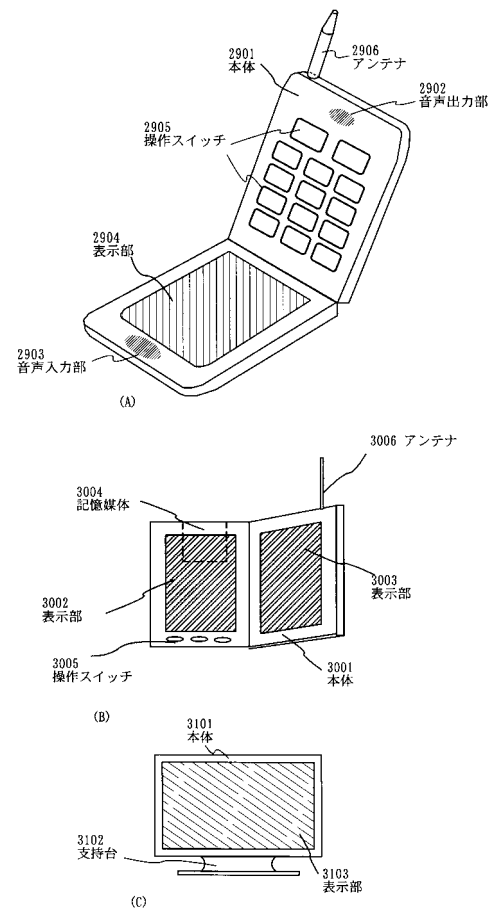
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(72)発明者 大谷 久

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

審査官 綿引 隆

(56)参考文献 特開平 1 0 - 1 5 0 2 0 0 (J P , A)

特開 2 0 0 1 - 1 9 6 5 9 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 21/20

H01L 21/336

H01L 29/786