

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6077052号  
(P6077052)

(45) 発行日 平成29年2月8日(2017.2.8)

(24) 登録日 平成29年1月20日(2017.1.20)

(51) Int.Cl.	F I
H O 1 L 29/786 (2006.01)	H O 1 L 29/78 6 1 8 C
H O 1 L 21/8238 (2006.01)	H O 1 L 27/08 3 2 1 E
H O 1 L 27/092 (2006.01)	H O 1 L 21/20
H O 1 L 21/20 (2006.01)	

請求項の数 2 (全 31 頁)

(21) 出願番号	特願2015-102735 (P2015-102735)	(73) 特許権者	000153878
(22) 出願日	平成27年5月20日 (2015.5.20)		株式会社半導体エネルギー研究所
(62) 分割の表示	特願2014-152176 (P2014-152176) の分割	(72) 発明者	山崎 舜平
原出願日	平成15年1月28日 (2003.1.28)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
(65) 公開番号	特開2015-181186 (P2015-181186A)		半導体エネルギー研究所内
(43) 公開日	平成27年10月15日 (2015.10.15)	(72) 発明者	磯部 敦生
審査請求日	平成27年6月16日 (2015.6.16)		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2002-19286 (P2002-19286)		半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成14年1月28日 (2002.1.28)	(72) 発明者	宮入 秀和
(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
(31) 優先権主張番号	特願2002-27497 (P2002-27497)		半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成14年2月4日 (2002.2.4)	(72) 発明者	川鍋 千穂
(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
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の円形状の開口部を有する絶縁層と、  
前記開口部内及び前記絶縁層上に設けられた結晶性半導体領域と、を有し、  
前記結晶性半導体領域は、チャネル形成領域を有することを特徴とする半導体素子。

【請求項2】

複数の円形状の開口部を有する絶縁層と、  
前記開口部内及び前記絶縁層上に設けられた結晶性半導体領域と、を有し、  
前記結晶性半導体領域は、前記絶縁層上で分離されており、  
前記結晶性半導体領域は、チャネル形成領域を有することを特徴とする半導体素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、結晶構造を有する半導体膜を用いて形成される半導体装置及びその作製方法に係り、特に絶縁表面上に形成された結晶性半導体膜でチャネル形成領域を形成した電界効果型トランジスタを含む半導体装置及びその作製方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ガラス等による絶縁基板上に非晶質半導体膜を形成し、レーザー光の照射により結晶化させる技術が知られている。結晶構造を有する半導体膜(結晶性半導体膜)を用いて作製

される薄膜トランジスタ（以下、TFTと記す）は、液晶表示装置に代表される平面型表示装置（フラットパネルディスプレイ）に応用されている。

【0003】

半導体製造プロセスにおけるレーザー光の応用は、半導体基板又は半導体膜に形成された損傷層や非晶質層を再結晶化する技術、絶縁表面上に形成された非晶質半導体膜を結晶化させる技術に展開されている。適用されるレーザー発振装置は、エキシマレーザーに代表される気体レーザーや、YAGレーザーに代表される固体レーザーが通常用いられている。

【0004】

レーザー光の照射による非晶質半導体膜の結晶化の一例は、レーザー光の走査速度をビームスポット径×5000/秒以上として高速走査により非晶質半導体膜を完全な熔融状態に至らしめることなく多結晶化するものや（例えば、特許文献1参照。）、レーザー処理装置を用いて光学系にて線状にビームを加工して照射する方法が知られている（例えば、特許文献2参照。）。10

【0005】

さらに、Nd:YVO<sub>4</sub>レーザーなど固体レーザー発振装置を用いて、その第2高調波であるレーザー光を非晶質半導体膜に照射して、従来に比べ結晶粒径の大きい結晶性半導体膜を形成し、TFTを作製する技術が開示されている（例えば、特許文献3参照。）。20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開昭62-104117号公報

【特許文献2】特開平8-195357号公報

【特許文献3】特開2001-144027号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

しかしながら、欠陥や結晶粒界又は結晶亜粒界が少なく、且つ、配向の揃った高品質の結晶性半導体膜を絶縁表面上に形成するためには、帯域熔融法などとして知られているように単結晶基板上の半導体膜を高温に加熱して熔融状態としてから再結晶化する方法が主流であった。30

【0008】

公知のグラフォエピタキシー技術のように下地の段差を利用しているので、その段差に沿って結晶が成長し、形成された単結晶半導体膜の表面にその段差が残ることが問題であると考えられている。さらに、歪み点が比較的低いガラス基板上にグラフォエピタキシーを用いて単結晶半導体膜を形成することは出来なかった。

【0009】

一方、平坦な表面上に形成された非晶質半導体膜にレーザー光を照射して結晶化させると結晶は多結晶となり、結晶粒界等の欠陥が任意に形成されて配向の揃った結晶を得ることはできなかった。40

【0010】

結晶粒界には結晶欠陥が多数生成され、それがキャリアトラップとなって、電子又は正孔の移動度が低下する要因と考えられている。また、結晶化に伴って起こる半導体の体積収縮、下地との熱応力や格子不整合などによる欠陥、結晶粒界又は亜粒界の存在しない半導体膜を形成することは出来なかった。よって、張り合わせSOI(Silicon on Insulator)を省いては、絶縁表面上に形成され、結晶化又は再結晶化された結晶性半導体膜をもって、単結晶基板上に形成されるMOSトランジスタと同等の品質を得ることはできなかった。

【0011】

いずれにしても、結晶化によって起こる半導体の体積収縮、下地との熱応力や格子不整 50

合などによる欠陥、結晶粒界又は亜粒界の存在しない結晶性半導体膜を形成することは出来なかった。よって、張り合わせSOI (Silicon on Insulator)を省いては、絶縁表面上に形成され、結晶化又は再結晶化された結晶性半導体膜をもって、単結晶基板に形成されるMOSトランジスタと同等の品質を得ることはできなかった。

#### 【0012】

例えば、ガラス基板上に半導体膜を形成してTF Tを作り込む場合には、TF Tは任意に形成される結晶粒界と無関係に配置され、TF Tのチャネル形成領域の結晶性を厳密な意味で制御することができず、任意に介在する結晶粒界や結晶欠陥により特性が低下し、且つ個々の素子特性がばらつく要因となっていた。

#### 【0013】

本発明は上記問題点に鑑みなされたものであり、絶縁表面上に少なくともチャネル形成領域において結晶粒界が可能な限り存在しない結晶性半導体膜を形成し、高速動作が可能で電流駆動能力が高く、且つ複数の素子間においてばらつきの小さい半導体素子又は半導体素子群により構成される半導体装置を提供することを目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0014】

上記問題点を解決するために本発明は、絶縁表面を有する基板上に開口部が設けられた絶縁膜を形成し、絶縁膜上及び開口部にかけて非晶質半導体膜又は結晶粒界が任意に存在する多結晶構造の半導体膜を形成し、その開口部を充填する形態で結晶性半導体膜を形成するものである。すなわち、その後絶縁膜の開口部に溶融した半導体を流し込むように当該半導体膜を溶融して結晶化又は再結晶化させて結晶性半導体膜を形成する。そして、開口部以外の領域に延在する結晶性半導体膜を除去して該開口部の結晶性半導体膜を残存せしめ、該結晶性半導体膜の上面部に接するゲート絶縁膜とゲート電極を形成することを特徴とするものである。

#### 【0015】

開口部は絶縁基板の表面を直接エッチング処理して形成しても良いし、酸化珪素、窒化珪素、又は酸窒化珪素膜等を用い、それをエッチング処理して開口部を形成しても良い。開口部はTF Tのチャネル形成領域を含む島状の半導体膜の配置に合わせて形成し、少なくともチャネル形成領域に合致するように形成されていることが望ましい。また、開口部はチャネル長方向に延在して設けられている。開口部の幅（チャネル形成領域とする場合におけるチャネル幅方向）が $0.01\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $2\text{ }\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $0.1\sim 1\text{ }\mu\text{m}$ で形成し、その深さは、 $0.01\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $1\text{ }\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $0.05\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 以下で形成する。

#### 【0016】

最初の段階において絶縁膜上及び開口部にかけて形成する半導体膜はプラズマCVD法、スパッタリング法、減圧CVD法で形成される非晶質半導体膜又は多結晶半導体膜、或いは、固相成長により形成された多結晶半導体膜などが適用される。尚、本発明でいう非晶質半導体膜とは、狭義の意味で完全な非晶質構造を有するものだけではなく、微細な結晶粒子が含まれた状態、又はいわゆる微結晶半導体膜、局所的に結晶構造を含む半導体膜を含む。代表的には非晶質シリコン膜が適用され、その他に非晶質シリコンゲルマニウム膜、非晶質シリコンカーバイト膜などを適用することもできる。また、多結晶半導体膜は、これら非晶質半導体膜を公知の方法で結晶化させたものである。

#### 【0017】

結晶性半導体膜を溶融して結晶化させる手段としては、気体レーザー発振装置、固体レーザー発振装置を光源とするパルス発振又は連続発振レーザー光を適用する。照射するレーザー光は光学系にて線状に集光されたものであり、その強度分布が長手方向において均一な領域を有し、短手方向に分布を持っても良く、光源として用いるレーザー発振装置は、矩形ビーム固体レーザー発振装置が適用され、特に好ましくは、スラブレザー発振装置が適用される。或いは、Nd、Tm、Hoをドープしたロッドを用いた固体レーザー発振装置であり、特にYAG、YVO<sub>4</sub>、YLF、YAlO<sub>3</sub>などの結晶にNd、Tm、

10

20

30

40

50

H oをドーブした結晶を使った固体レーザー発振装置にスラブ構造増幅器を組み合わせたものでも良い。スラブ材料としては、Nd : Y A G、Nd : G G G (ガドリニウム・ガリウム・ガーネット)、Nd : G s G G (ガドリニウム・スカンジウム・ガリウム・ガーネット)等の結晶が使用される。スラブレザーでは、この板状のレーザー媒質の中を、全反射を繰り返しながらジグザグ光路で進む。

【 0 0 1 8 】

また、それに準ずる強光を照射しても良い。例えば、ハロゲンランプ、キセノンランプ、高圧水銀灯、メタルハライドランプ、エキシマランプから放射される光を反射鏡やレンズ等により集光したエネルギー密度の高い光であっても良い。

【 0 0 1 9 】

線状に集光され長手方向に拡張されたレーザー光又は強光は結晶性半導体膜に照射し、且つレーザー光の照射位置と結晶性半導体膜が形成された基板とを相対的に動かして、レーザー光が一部又は全面を走査することにより結晶性半導体膜を溶融させ、その状態を経て結晶化又は再結晶化を行う。レーザー光の走査方向は、開口部の長手方向又はトランジスタのチャネル長方向に沿って行う。これによりレーザー光の走査方向に沿って結晶が成長し、結晶粒界又は結晶亜粒界がチャネル長方向と交差することを防ぐことができる。

【 0 0 2 0 】

上記の如く作製される本発明の半導体装置は、絶縁表面を有する基板上に開口部が形成された絶縁膜が設けられ、基板上に形成された結晶性半導体膜は前記開口部を充填する領域を有し、当該充填領域にチャネル形成領域が備えられていることを特徴としている。また、絶縁表面上に形成され、一対の一導電型不純物領域の間に接続して、複数の結晶方位を有し、結晶粒界が形成されることなく、チャネル長方向と平行な方向に延在する複数の結晶粒が集合した結晶性半導体膜を有し、当該結晶質半導体膜はその厚さと同じ又は同程度の深さの開口部に埋設されていることを特徴としている。

【 0 0 2 1 】

また他の構成は、絶縁表面を有する基板上にチャネル長方向に延在する開口部が形成された絶縁膜が設けられ、基板上に形成された結晶性半導体膜は前記開口部を充填する領域を有し、当該充填領域にチャネル形成領域が備えられていて、開口部は前記結晶性半導体膜と同じかそれ以上の深さを有していることを特徴としている。

【 0 0 2 2 】

すなわち、絶縁表面上に形成され、一対の一導電型不純物領域の間に接続して複数の結晶方位を有し、結晶粒界が形成されることなくチャネル長方向と平行な方向に延在する複数の結晶粒が集合した結晶性半導体膜と、当該結晶性半導体膜と絶縁層を介して重畳する導電層によりチャネル形成領域が形成される構成を有し、当該結晶性半導体膜はチャネル幅方向が  $0.01\text{ }\mu\text{m} \sim 2\text{ }\mu\text{m}$ 、好ましくは  $0.1 \sim 1\text{ }\mu\text{m}$  であり、厚さが  $0.01\text{ }\mu\text{m}$  以上  $1\text{ }\mu\text{m}$ 、好ましくは  $0.05 \sim 0.2\text{ }\mu\text{m}$  であり、前記結晶質半導体膜はその厚さと同じ又は同程度開口部に埋設されていることを特徴としている。

【 0 0 2 3 】

開口部の深さを半導体膜の厚さと同程度とすることにより、レーザー光又は強光の照射により溶融した半導体が表面張力により開口部(即ち凹部)に凝集して固化する。その結果、開口部(即ち凸部)にある半導体膜の厚さは薄くなり、そこに応力歪みを集中させることができる。また開口部の側面は結晶方位をある程度規定する効力を持つ。開口部の側面の角度は基板表面に対して  $5 \sim 90$  度、好ましくは  $30 \sim 90$  度で形成する。レーザー光をチャネル長方向と平行な方向に走査することにより、その方向に延在する開口部に沿って、特定の結晶方位を優先的に配向させることができる。

【 0 0 2 4 】

半導体膜がレーザー光又は強光の照射により溶融した後、固化を開始するのは開口部の底面と側面とが交わる領域からであり、ここから結晶成長が始まる。例えば、図39に示すように絶縁膜(1)と絶縁膜(2)により段差形状が形成された系においてA~D点における熱解析シミュレーションを行った結果、図40のような特性が得られている。熱の

10

20

30

40

50

逃げる場所として直下の絶縁膜(2)と側面に存在する絶縁膜(1)の両方があるため、B点が最も早く温度が下がることになる。以降、A点、C点、D点の順である。このシミュレーション結果は側壁の角度が45度の場合であるが、90度の場合にも定性的には同様な現象が考えられる。即ち、半導体膜を一旦熔融状態とし、表面張力により絶縁表面上に形成した開口部に凝集させ、開口部の底部と側壁の概略交点から結晶成長させることにより結晶化に伴い発生する歪みを開口部以外の領域に集中させることができる。即ち、開口部に充填されるように形成した結晶性半導体膜においては歪みから開放することができる。

#### 【0025】

半導体膜を熔融状態として、表面張力により絶縁表面上に形成した開口部に凝集させ、開口部の底部と側面部の概略交点から結晶成長させることにより結晶化に伴い発生する歪みを開口部以外の領域に集中させることができる。即ち、開口部に充填されるように形成した結晶性半導体膜は歪みから開放することができる。そして、絶縁膜上に残存し、結晶粒界、結晶欠陥を含む結晶性半導体膜はエッチングにより除去してしまう。

#### 【0026】

上記本発明によって、トランジスタ等の半導体素子、特にTFTのチャネル形成領域の場所を指定して、結晶粒界が存在しない結晶性半導体膜を形成することが可能となる。これにより不用意に介在する結晶粒界や結晶欠陥により特性がばらつく要因を無くすことができ、特性ばらつきの小さいTFT又はTFT素子群を形成することができる。

#### 【発明の効果】

#### 【0027】

以上説明したように、半導体膜を熔融状態として表面張力により絶縁表面上に形成した開口部に凝集させ、開口部の底部と側面部の概略交点から結晶成長させることにより結晶化に伴い発生する歪みを開口部以外の領域に集中させることができる。この開口部以外の領域にある結晶性半導体膜をエッチング除去することにより、結晶性の良い領域を選択的に取り出すことができる。

#### 【0028】

さらに、トランジスタ等の半導体素子、特にTFTのチャネル形成領域の場所を指定して、結晶粒界が存在しない結晶性半導体膜を形成することができる。これにより不用意に介在する結晶粒界や結晶欠陥により特性がばらつく要因を無くすことができ、特性ばらつきの小さいTFT又はTFT素子群を形成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0029】

【図1】本発明における結晶化方法を説明する図。

【図2】結晶化における開口部の形状と結晶性半導体膜の形態との関係の詳細を説明する縦断面図。

【図3】本発明における結晶化方法を説明する図。

【図4】本発明により作製されるTFTの作製工程を説明する上面図及び縦断面図。

【図5】本発明により作製されるTFTの作製工程を説明する上面図及び縦断面図。

【図6】本発明により作製されるTFTの作製工程を説明する上面図及び縦断面図。

【図7】本発明により作製されるTFTの作製工程を説明する上面図及び縦断面図。

【図8】本発明により作製されるTFTの作製工程を説明する上面図及び縦断面図。

【図9】本発明により作製されるTFTの作製工程を説明する上面図及び縦断面図。

【図10】本発明により作製されるTFTの作製工程を説明する上面図及び縦断面図。

【図11】本発明により作製されるTFTの構造を説明する上面図及び縦断面図。

【図12】本発明により作製されるTFTの構造を説明する上面図及び縦断面図。

【図13】本発明に適用するレーザー照射装置の一態様を示す配置図。

【図14】本発明における線状に集光されたレーザー光とその走査方向を説明する図。

【図15】本発明を用いて作製される半導体装置の外観図の一例。

【図16】図15で示す半導体装置の画素部の作製工程を説明する上面図。

10

20

30

40

50

【図 17】図 15 で示す半導体装置の画素部の作製工程を説明する上面図。

【図 18】図 15 で示す半導体装置の画素部の作製工程を説明する上面図。

【図 19】図 15 で示す半導体装置の画素部の構造を説明する上面図。

【図 20】図 19 に対応する画素部の構造を説明する縦断面図。

【図 21】170nmの段差を設け、0.5μmの凸部の幅と間隔を設けた下地絶縁膜上に150nmの非晶質珪素膜を形成して結晶化したときの表面状態を表す走査電子顕微鏡 (SEM) 写真 (セコエッチ後)。

【図 22】170nmの段差を設け、1.8μmの凸部の幅と間隔を設けた下地絶縁膜上に150nmの非晶質珪素膜を形成して結晶化したときの表面状態を表す走査電子顕微鏡 (SEM) 写真 (セコエッチ後)。

10

【図 23】凹部に形成された結晶の配向を示すEBSPマッピングデータ。

【図 24】半導体装置の一例を示す図。

【図 25】プロジェクターの一例を示す図。

【図 26】本発明における結晶化方法を説明する図。

【図 27】本発明における結晶化方法を説明する斜視図。

【図 28】本発明における結晶化方法を説明する斜視図。

【図 29】本発明における結晶化方法を説明する斜視図。

【図 30】本発明における結晶化方法を説明する斜視図。

【図 31】本発明により作製されるTF Tの作製工程を説明する上面図及び縦断面図。

【図 32】本発明により作製されるTF Tの作製工程を説明する上面図及び縦断面図。

20

【図 33】本発明により作製されるTF Tの作製工程を説明する上面図及び縦断面図。

【図 34】本発明により作製されるTF Tの作製工程を説明する上面図及び縦断面図。

【図 35】本発明により作製されるTF Tの作製工程を説明する上面図及び縦断面図。

【図 36】本発明により作製されるTF Tの一例を説明する上面図及び縦断面図。

【図 37】本発明により作製されるTF Tの一例を説明する上面図及び縦断面図。

【図 38】本発明により作製されるTF Tの一例を説明する上面図及び縦断面図。

【図 39】熱解析のシミュレーションに用いた構造を示す断面図。

【図 40】熱解析のシミュレーションの結果を示すグラフ。

【発明を実施するための形態】

【0030】

30

本発明の実施の形態を図面を用いて詳細に説明する。但し、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

【0031】

本発明は、絶縁表面を有する基板上に開口部が設けられた絶縁膜を形成し、絶縁膜上及び開口部にかけて非晶質半導体膜又は結晶粒界が任意に存在する多結晶構造の半導体膜を形成し、その開口部を充填する形態で結晶性半導体膜を形成するものである。まず、その態様について図 27 を用いて説明する。

【0032】

40

図 27 において示す斜視図は、基板 101 上に第 1 絶縁膜 102 と帯状にパターン形成された第 2 絶縁膜 103 ~ 105 が形成された形態を示している。ここでは、第 2 絶縁膜による帯状のパターンが 3 本示されているが、勿論その数に限定されることはない。基板は市販の無アルカリガラス基板、石英基板、サファイア基板、単結晶又は多結晶半導体基板の表面を絶縁膜で被覆した基板、金属基板の表面を絶縁膜で被覆した基板を適用することができる。

【0033】

帯状に形成される第 2 絶縁膜の幅  $W_1$  は 0.1 ~ 10 μm (好ましくは 0.5 ~ 1 μm) 隣接する第 2 絶縁膜の間隔  $W_2$  は 0.1 ~ 5 μm (好ましくは 0.5 ~ 1 μm) であり、第 2 絶縁膜の厚さ  $d$  はその上に形成する非単結晶半導体膜の厚さと同程度かそれ以上の厚さ

50

をもって形成する。また、段差形状は規則的な周期パターンである必要はなく、T F Tのチャネル形成領域を含む島状の半導体領域の配置及び形状に合わせて形成すれば良い。よって、第2絶縁膜の長さLも限定はなく、例えばT F Tのチャネル形成領域を形成することができる程度の長さがあれば良い。

#### 【0034】

第1絶縁膜は、窒化珪素又は窒酸化珪素を用いて形成する。また、第2絶縁膜は酸化珪素又は酸窒化珪素を用いて形成する。酸化珪素はオルトケイ酸テトラエチル (Tetraethyl Ortho Silicate: T E O S) と $O_2$ とを混合しプラズマC V D法で形成することができる。窒酸化珪素膜は $SiH_4$ 、 $NH_3$ 、 $N_2O$ 又は、 $SiH_4$ 、 $N_2O$ を原料として用いプラズマC V D法で形成することができる。

10

#### 【0035】

図27の形態であるように、開口部による凹凸形状を第1絶縁膜と第2絶縁膜により形成する場合には、エッチング加工における選択比を確保するために、第2絶縁膜のエッチング速度が相対的に早くなるように材料及び成膜条件を適宜調整することが望ましい。また、ナトリウムなどアルカリ金属イオンに対してブロッキング効果のあることが望ましい。そして、第2絶縁膜で形成される開口部の側壁の角度は $5 \sim 90$ 度、好ましくは $30 \sim 90$ 度の範囲で適宜設定すれば良い。

#### 【0036】

図28で示すように、この第1絶縁膜102と第2絶縁膜103～105から成る表面上および開口部を覆う非晶質半導体膜106を $50 \sim 200$  nmの厚さに形成する。非晶質半導体膜は、珪素、珪素とゲルマニウムの化合物又は合金、珪素と炭素の化合物又は合金を適用することができる。

20

#### 【0037】

そして、この非晶質半導体膜106に連続発振レーザー光を照射して結晶化を行う。適用されるレーザー光は光学系にて線状に集光及び拡張されたものであり、その強度分布が長手方向において均一な領域を有し、短手方向に分布を持っていても良く、光源として用いるレーザー発振装置は、矩形ビーム固体レーザー発振装置が適用され、特に好ましくは、スラブレザー発振装置が適用される。或いは、Nd、Tm、Hoをドープしたロッドを用いた固体レーザー発振装置であり、特にYAG、 $YVO_4$ 、YLF、 $YAlO_3$ などの結晶にNd、Tm、Hoをドープした結晶を使った固体レーザー発振装置にスラブ構造増幅器を組み合わせたものでも良い。そして、線状の長手方向に対し交差する方向に走査する。この時、下地絶縁膜に形成される帯状のパターンの長手方向と平行な方向に走査することが最も望ましい。尚、ここでいう線状とは、短手方向の長さに対し、長手方向の長さの比が1対10以上のものをもって言う。

30

#### 【0038】

スラブ材料としては、Nd:YAG、Nd:GGG (ガドリニウム・ガリウム・ガーネット)、Nd:GSGG (ガドリニウム・スカンジウム・ガリウム・ガーネット) 等の結晶が使用される。スラブレザーでは、この板状のレーザー媒質の中を、全反射を繰り返しながらジグザグ光路で進む。

#### 【0039】

また、連続発振レーザー光の波長は、非晶質半導体膜の光吸収係数を考慮して $400 \sim 700$  nmであることが望ましい。このような波長帯の光は、波長変換素子を用いて基本波の第2高調波、第3高調波を取り出すことで得られる。波長変換素子としてはADP (リン酸二水素化アンモニウム)、 $Ba_2NaNb_5O_{15}$  (ニオブ酸バリウムナトリウム)、CdSe (セレンカドミウム)、KDP (リン酸二水素カリウム)、 $LiNbO_3$  (ニオブ酸リチウム)、Se、Te、LBO、BBO、KB5などが適用される。特にLBOを用いることが望ましい。代表的な一例は、Nd:YVO<sub>4</sub>レーザー発振装置 (基本波 $1064$  nm) の第2高調波 ( $532$  nm) を用いる。また、レーザーの発振モードはTEM<sub>00</sub>モードであるシングルモードを適用する。

40

#### 【0040】

50

最も適した材料として選ばれる珪素の場合、吸収係数が  $10^3 \sim 10^4 \text{ cm}^{-1}$  である領域はほぼ可視光域にある。ガラスなど可視光透過率の高い基板と、珪素により  $30 \sim 200 \text{ nm}$  の厚さをもって形成される非晶質半導体膜を結晶化する場合、波長  $400 \sim 700 \text{ nm}$  の可視光域の光を照射することで、当該半導体領域を選択的に加熱して、下地絶縁膜にダメージを与えずに結晶化を行うことができる。具体的には、非晶質珪素膜に対し、波長  $532 \text{ nm}$  の光の侵入長は概略  $100 \text{ nm} \sim 1000 \text{ nm}$  であり、膜厚  $30 \text{ nm} \sim 200 \text{ nm}$  で形成される非晶質半導体膜 106 の内部まで十分達することができる。即ち、半導体膜の内側から加熱することが可能であり、レーザー光の照射領域における半導体膜のほぼ全体を均一に加熱することができる。

#### 【0041】

10

レーザー光の照射により溶融した半導体は、表面張力が働いて開口部（凹部）に集まる。それにより固化した状態では、図29で示すように表面がほぼ平坦になる。さらに結晶の成長端や結晶粒界又は結晶亜粒界は第2絶縁膜上（凸部上）に形成される（図中ハッチングで示す領域110）。こうして結晶性半導体膜107が形成される。

#### 【0042】

その後図30で示すように、結晶性半導体膜107をエッチングして島状の半導体領域108、109を形成する。この時、図29で示したように、成長端や結晶粒界又は結晶亜粒界が集中する領域110をエッチング除去することにより良質な半導体領域のみ残すことができる。そして、この島状の半導体領域108、109の、特に開口部（凹部）を充填する結晶性半導体を使ってチャネル形成領域が位置せしめるようにゲート絶縁膜及びゲート電極を形成する。このような各段階を経てTFTを完成させることができる。

20

#### 【0043】

図2は本発明者による実験結果から得られた結晶化の知見を概念図として示すものである。図2（A）～（E）は第1絶縁膜及び第2絶縁膜により形成される開口部（凹部）の深さ及び間隔と結晶成長の関係を模式的に説明している。

#### 【0044】

尚、図2で示す長さに関する符号に関し、 $t_{01}$ ：第2絶縁膜上（凸部）の非晶質半導体膜の厚さ、 $t_{02}$ ：開口部（凹部）の非晶質半導体膜の厚さ、 $t_{11}$ ：第2絶縁膜上（凸部）の結晶性半導体膜の厚さ、 $t_{12}$ ：開口部（凹部）の結晶性半導体膜の厚さ、 $d$ ：第2絶縁膜の厚さ（開口部の深さ）、 $W1$ ：第2絶縁膜の幅、 $W2$ ：開口部の幅である。また、201は第1絶縁膜、202は第2絶縁膜、203は第3絶縁膜である。

30

#### 【0045】

図2（A）は、 $d < t_{02}$ 、 $W1$ 、 $W2$ が  $1 \mu\text{m}$  と同程度かそれより小さい場合であり、開口部の溝の深さが非晶質半導体膜204よりも小さい場合には、溶融結晶化の過程を経ても開口部が浅いので結晶性半導体膜205の表面が十分平坦化されることはない。即ち、結晶性半導体膜205の下地の凹凸形状が概略保存されたまま残ってしまう。

#### 【0046】

図2（B）は、 $d \sim t_{02}$ 、 $W1$ 、 $W2$ が  $1 \mu\text{m}$  と同程度かそれより小さい場合であり、開口部の溝の深さが非晶質半導体膜204とほぼ等しいかそれより大きい場合には、表面張力が働いて開口部（凹部）に集まる。それにより固化した状態では、図2（B）で示すように表面がほぼ平坦になる。この場合、 $t_{11} < t_{12}$  となり、第2絶縁膜202上の膜厚が薄い部分220に応力が集中しここに歪みが蓄積され、結晶粒界が形成されることになる。

40

#### 【0047】

図2（C）は、 $d \gg t_{02}$ 、 $W1$ 、 $W2$ が  $1 \mu\text{m}$  と同程度かそれより小さい場合であり、この場合は結晶性半導体膜205が開口部を充填するように形成され、第2絶縁膜202上には殆ど残存しないようにすることも可能である。

#### 【0048】

図2（D）は、 $d \sim t_{02}$ 、 $W1$ 、 $W2$ が  $1 \mu\text{m}$  と同程度か若干大きい場合であり、開口部の

50



幅が広がると結晶性半導体膜 205 が開口部を充填し、平坦化の効果はあるが、開口部の中央付近には結晶粒界や結晶亜粒界が発生する。また、第 2 絶縁膜上にも同様に応力が集中しここに歪みが蓄積され、結晶粒界が形成される。

これは、間隔が広がることで応力緩和の効果が低減するためであると推定している。

【0049】

図 2 (E) は、 $d$ 、 $t_{02}$ 、 $W1$ 、 $W2$  が  $1\text{ }\mu\text{m}$  よりも大きい場合であり、図 2 (D) の状態がさらに顕在化してくる。

【0050】

図 22 で示す走査電子顕微鏡 (SEM) 写真はその一例を示し、 $170\text{ nm}$  の段差を設け、 $1.8\text{ }\mu\text{m}$  の凸部の幅と間隔を設けた下地絶縁膜上に  $150\text{ nm}$  の非晶質珪素膜を形成して結晶化した結果を示している。結晶性半導体膜の表面は結晶粒界を顕在化させるためにセコ液でエッチングしてある。図 21 との比較において明らかなように、結晶粒界は、段差形状の凸部のもでなく、全体に広がっていることが分かる。従って、このような構造では、結晶粒界のない結晶性半導体膜を選択的に取り出すことはできない。

【0051】

以上、図 2 を用いて説明したように、半導体素子を形成する場合、特に TFT を形成する場合には、図 2 (B) の形態が最も適していると考えられる。また、ここでは結晶性半導体膜を形成する下地の凹凸形状は、第 1 絶縁膜と第 2 絶縁膜で形成する一例を示したが、ここで示す形態に限定されず同様な形状を有するものであれば代替することができる。例えば、石英基板の表面をエッチング処理して直接開口部を形成し、凹凸形状を設けても良い。

【0052】

図 13 は、結晶化に際し適用することのできるレーザー処理装置の構成の一例を示す。図 13 はレーザー発振装置 401a、401b、シャッター 402、高変換ミラー 403 ~ 406、シリンドリカルレンズ 407、408、スリット 409、載置台 411、載置台 411 を X 方向及び Y 方向に変位させる駆動手段 412、413、当該駆動手段をコントロールする制御手段 414、予め記憶されたプログラムに基づいてレーザー発振装置 401 や制御手段 414 に信号を送る情報処理手段 415 等から成っているレーザー処理装置の構成を正面図と側面図により示すものである。

【0053】

レーザー発振装置は矩形ビーム固体レーザー発振装置が適用され、特に好ましくは、スラブレーザー発振装置が適用される。或いは、 $\text{YAG}$ 、 $\text{YVO}_4$ 、 $\text{YLF}$ 、 $\text{YAlO}_3$  などの結晶に  $\text{Nd}$ 、 $\text{Tm}$ 、 $\text{Ho}$  をドープした結晶を使った固体レーザー発振装置にスラブ構造増幅器を組み合わせたものでも良い。スラブ材料としては、 $\text{Nd}:\text{YAG}$ 、 $\text{Nd}:\text{GGG}$  (ガドリニウム・ガリウム・ガーネット)

、 $\text{Nd}:\text{GSGG}$  (ガドリニウム・スカンジウム・ガリウム・ガーネット) 等の結晶が使用される。その他にも、連続発振可能な気体レーザー発振装置、固体レーザー発振装置を適用することもできる。連続発振固体レーザー発振装置としては  $\text{YAG}$ 、 $\text{YVO}_4$ 、 $\text{YLF}$ 、 $\text{YAlO}_3$  などの結晶に  $\text{Cr}$ 、 $\text{Nd}$ 、 $\text{Er}$ 、 $\text{Ho}$ 、 $\text{Ce}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Ti}$  又は  $\text{Tm}$  をドープした結晶を使ったレーザー発振装置を適用する。発振波長の基本波はドープする材料によっても異なるが、 $1\text{ }\mu\text{m}$  から  $2\text{ }\mu\text{m}$  の波長で発振する。 $5\text{ W}$  以上のより高い出力を得るためには、ダイオード励起の固体レーザー発振装置をカスケード接続しても良い。

【0054】

このようなレーザー発振装置から出力される円形状又は矩形状のレーザー光は、シリンドリカルレンズ 407、408 により照射面の断面形状において線状に集光される。また、照射面での干渉を防ぐため、高変換ミラーを適宜調節して  $10\sim 80$  度の角度を持って斜め方向から入射する構成となっている。シリンドリカルレンズ 407、408 は合成石英製とすれば高い透過率が得られ、レンズの表面に施されるコーティングは、レーザー光の波長に対する透過率が  $99\%$  以上を実現するために適用される。勿論、照射面の断面形状は線状に限定されず、矩形状、楕円形又は長円形など任意な形状としても構わない。い

10

20

30

40

50

ずれにしても短軸と長軸の比が、1対10～1対100の範囲に含まれるものを指している。また、波長変換素子410は基本波に対する高調波を得るために備えられている。

【0055】

また、載置台411を駆動手段412、413により二軸方向に動かすことにより基板420のレーザー処理を可能としている。一方の方向への移動は基板420の一辺の長さよりも長い距離を1～200cm/sec、好ましくは5～75cm/secの等速度で連続的に移動させることが可能であり、他方へは線状ビームの長手方向と同程度の距離を不連続にステップ移動させることが可能となっている。レーザー発振装置401a、401bの発振と、載置台411は、マイクロプロセッサを搭載した情報処理手段415により同期して作動するようになっている。

10

【0056】

載置台411は図中で示すX方向に直線運動をすることにより、固定された光学系から照射されるレーザー光で基板全面の処理を可能としている。位置検出手段416は基板420がレーザー光の照射位置にあることを検出して、その信号を情報処理手段415に伝送し、情報処理手段415によりレーザー光の照射タイミングを同期させている。つまり、基板420がレーザー光の照射位置にない時は、シャッター402を閉め、レーザー光の照射を止めている。

【0057】

このような構成のレーザー照射装置により基板420に照射されるレーザー光は、図中に示すX方向又はY方向に相対移動させることにより半導体膜の所望の領域または全面を処理することができる。

20

【0058】

以上のように、非晶質半導体膜に連続発振レーザー光を照射する結晶化において、下地絶縁膜に段差形状を設けることにより、その部分に結晶化に伴う歪み又は応力を集中させることができ、活性層とする結晶性半導体にその歪み又は応力がかからないようにすることができる。歪み又は応力から開放された結晶性半導体膜にチャネル形成領域が配設されるようにTFTを形成することにより、高速で電流駆動能力を向上させることが可能となり、素子の信頼性を向上させることも可能となる。

【0059】

(実施形態1)

上記した本発明の態様について図1を用いて説明する。図1は本発明の結晶性半導体膜を形成する工程を説明する縦断面図である。

30

【0060】

図1(A)において、窒化珪素、窒素含有量が酸素含有量よりも大きな酸窒化珪素、窒化アルミニウム、又は酸窒化アルミニウムで形成される第1絶縁膜201は30～300nmの厚さで形成する。その上に酸化珪素又は酸窒化珪素で10～1000nm、好ましくは50～200nmの厚さで所定の形状で開口部が形成された第2絶縁膜202を形成する。所定の形状とは矩形、円形、多角形、帯状、又は作製するTFTの島状の半導体膜(活性層)の形状に合致する形状としても良い。酸化珪素はオルトケイ酸テトラエチル(Tetraethyl Ortho Silicate: TEOS)とO<sub>2</sub>とを混合しプラズマCVD法で形成することができる。酸窒化珪素膜はSiH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O又はSiH<sub>4</sub>、NH<sub>3</sub>、N<sub>2</sub>Oを原料として用いプラズマCVD法で形成することができる。

40

【0061】

第1絶縁膜201と第2絶縁膜の選択的な加工は、緩衝フッ酸を用いたエッチング、又はCHF<sub>3</sub>を用いたドライエッチングにより行う。いずれにしても、エッチング加工における選択比を確保するために、第2絶縁膜のエッチング速度が第1絶縁膜のそれより相対的に早くなるように材料及び成膜条件を適宜調整することが望ましい。そして、第2絶縁膜で形成される開口部の側面部の角度は5～90度、好ましくは30～90度の範囲で適宜設定すれば良い。

【0062】

50

基板として用いる部材は市販の無アルカリガラス基板、石英基板、サファイア基板、単結晶又は多結晶半導体基板の表面を絶縁膜で被覆した基板、金属基板の表面を絶縁膜で被覆した基板を適用することが可能である。

#### 【0063】

エッチング後に残存する第2絶縁膜202の幅W1に限定はなく0.1~10 $\mu$ m程度で形成する。また、第2絶縁膜202に形成する開口部の幅W2は0.01~2 $\mu$ m(好ましくは0.1~1 $\mu$ m)であり、第2絶縁膜の厚さdは0.01~1 $\mu$ m(好ましくは0.05~0.2 $\mu$ m)で形成する。また、開口部の長さ(紙面と垂直な方向)は特に限定されず、直線の又は曲部をもって形成されていても良く、例えばTFTのチャンネル形成領域を形成することができる程度の長さがあれば良い。

10

#### 【0064】

図1(B)で示すように、この第1絶縁膜201と第2絶縁膜202から成る表面上および開口部を覆う非晶質半導体膜204を0.2~3 $\mu$ m(好ましくは0.5~1.5 $\mu$ m)、即ち第2絶縁膜で形成される開口部の深さと同程度かそれ以上の厚さで形成することが望ましい。非晶質半導体膜は、珪素、珪素とゲルマニウムの化合物又は合金、珪素と炭素の化合物又は合金を適用することができる。非晶質半導体膜は図示するように、下地の絶縁膜上及び開口部にかけて形成され、下地の凹凸形状を反映して堆積する。また、第1絶縁膜及び第2絶縁膜の表面に付着した硼素などの化学汚染の影響を排除し、しかも窒化珪素と非晶質半導体膜が直接に接しないように、非晶質半導体膜の下層側に第3絶縁膜203として酸窒化珪素膜を同一の成膜装置内で大気に触れさせることなく連続的に成膜すると良い。

20

#### 【0065】

そして、この非晶質半導体膜204を瞬間的に熔融させ結晶化させる。この結晶化はレーザー光又はランプ光源からの放射光を光学系にて半導体膜が熔融する程度のエネルギー密度に集光して照射する。この工程においては、特に連続発振レーザー発振装置を光源とするレーザー光を適用することが好ましい。適用されるレーザー光は光学系にて線状に集光及び長手方向に拡張されたものであり、その強度分布が長手方向において均一な領域を有し、短手方向に分布を持たせておくことが望ましい。

#### 【0066】

レーザー発振装置は、矩形ビーム固体レーザー発振装置が適用され、特に好ましくは、スラブレザー発振装置が適用される。スラブ材料としては、Nd:YAG、Nd:GGG(ガドリニウム・ガリウム・ガーネット)、Nd:GSGG(ガドリニウム・スカンジウム・ガリウム・ガーネット)等の結晶が使用される。スラブレザーでは、この板状のレーザー媒質の中を、全反射を繰り返しながらジグザグ光路で進む。或いは、Nd、Tm、Hoをドープしたロッドを用いた固体レーザー発振装置であり、特にYAG、YVO<sub>4</sub>、YLF、YAlO<sub>3</sub>などの結晶にNd、Tm、Hoをドープした結晶を使った固体レーザー発振装置にスラブ構造増幅器を組み合わせたものでも良い。そして、図中に矢印で示すように、線状の長手方向に対し交差する方向に走査する。尚、ここでいう線状とは、短手方向の長さに対し、長手方向の長さの比が1対10以上のものをもって言う。

30

#### 【0067】

また、連続発振レーザー光の波長は、非晶質半導体膜の光吸収係数を考慮して400~700nmであることが望ましい。このような波長帯の光は、波長変換素子を用いて基本波の第2高調波、第3高調波を取り出すことで得られる。波長変換素子としてはADP(リン酸二水素化アンモニウム)、Ba<sub>2</sub>NaNb<sub>5</sub>O<sub>15</sub>(ニオブ酸バリウムナトリウム)、CdSe(セレンカドミウム)、KDP(リン酸二水素カリウム)、LiNbO<sub>3</sub>(ニオブ酸リチウム)、Se、Te、LiBO、BBO、KBSなどが適用される。特にLiBOを用いることが望ましい。代表的な一例は、Nd:YVO<sub>4</sub>レーザー発振装置(基本波1064nm)の第2高調波(532nm)を用いる。また、レーザーの発振モードはTEM<sub>00</sub>モードであるシングルモードを適用する。

40

#### 【0068】

50

最も適した材料として選ばれる珪素の場合、吸収係数が  $10^3 \sim 10^4 \text{ cm}^{-1}$  である領域はほぼ可視光域にある。ガラスなど可視光透過率の高い基板と、珪素により  $30 \sim 200 \text{ nm}$  の厚さをもって形成される非晶質半導体膜を結晶化する場合、波長  $400 \sim 700 \text{ nm}$  の可視光域の光を照射することで、当該半導体膜を選択的に加熱して、下地絶縁膜にダメージを与えずに結晶化を行うことができる。具体的には、非晶質珪素膜に対し、波長  $532 \text{ nm}$  の光の侵入長は概略  $100 \text{ nm} \sim 1000 \text{ nm}$  であり、膜厚  $30 \text{ nm} \sim 200 \text{ nm}$  で形成される非晶質半導体膜  $106$  の内部まで十分達することができる。即ち、半導体膜の内側から加熱することが可能であり、レーザー光の照射領域における半導体膜のほぼ全体を均一に加熱することができる。

【0069】

10

レーザー光の照射により瞬間的に溶融した半導体は、表面張力が働いて開口部（凹部）に集まる。それにより固化して形成される結晶性半導体膜  $205$  は、図1（C）で示すように表面がほぼ平坦になる。結晶の成長端や結晶粒界は第2絶縁膜上（凸部上）に形成される（図1（C）で示す領域  $220$ ）。

【0070】

その後、好ましくは図1（D）に示すように  $500 \sim 600$  の加熱処理を行い、結晶性半導体膜に蓄積された歪みを除去すると良い。この歪みは、結晶化によって起こる半導体の体積収縮、下地との熱応力や格子不整合などにより発生するものである。この加熱処理は、例えば、ガス加熱方式の瞬間熱アニール（RTA）法を用いて  $1 \sim 10$  分の処理を行えば良い。尚、この工程は本発明において必須な要件ではなく、適宜選択して行えば良いものである。

20

【0071】

図1（E）で示すように、結晶性半導体膜  $205$  の表面をエッチングして開口部（凹部）に埋め込まれている結晶性半導体膜  $206$  を選択的に抽出する。これは、第2絶縁膜  $202$  上に残存し結晶粒界、結晶欠陥を含む結晶性半導体膜を除去し、開口部（凹部）にある良質な結晶のみを残すことを目的としている。結晶性半導体膜  $206$  は、複数の結晶方位を有し、結晶粒界が形成されていないという特徴を有している。

【0072】

特に開口部（凹部）を充填する結晶性半導体を使ってチャネル形成領域が位置せしめるようにゲート絶縁膜及びゲート電極を形成するとTFTを完成させることができる。この時、TFTのチャネル長方向と平行な方向に開口部を形成し、且つレーザー光をその方向に走査することにより、結晶成長をその方向に行うことができ、特定の結晶方位を優先的に結晶成長させることができる。その詳細は、図2で示すものと同様であり、 $W1$ 、 $W2$  が  $1 \mu\text{m}$  と同程度かそれより小さく、開口部の溝の深さが非晶質半導体膜  $203$  の厚さとほぼ等しいかそれより大きくなる形状が最も適している。

30

【0073】

図21で示す走査電子顕微鏡（SEM）写真はその一例を示し、石英基板上に酸化珪素で形成した第2絶縁膜により  $170 \text{ nm}$  の段差を設け、 $0.5 \mu\text{m}$  の凸部の幅（ $W1$ ）と間隔（ $W2$ ）を設けた下地上に  $150 \text{ nm}$  の非晶質珪素膜を形成して、その後レーザー光を照射して結晶化した結果を示している。結晶性半導体膜の表面は結晶粒界を顕在化させるためにセコ液でエッチングしてある。セコ液は、 $\text{HF} : \text{H}_2\text{O} = 2 : 1$  に添加剤として  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  を用いて調合した薬液である。

40

この写真から明らかなように、結晶粒界は段差形状の凸部に集中していることが分かる。

【0074】

図23は開口部（凹部）に形成される結晶性半導体膜の配向性を反射電子回折パターン（EBSP：Electron Back Scatter diffraction Pattern）により求めた結果を示している。EBSPは走査型電子顕微鏡（SEM：Scanning Electron Microscopy）に専用の検出器を設け、電子ビームを結晶面に照射してその菊池線からの結晶方位同定をコンピューターで画像認識させることによって、そのミクロな結晶性を表面配向のみならず、結晶の全方向に関して測定するものである（以下、この手法を便宜上EBSP法と呼ぶ）。

50

## 【0075】

図23のデータは、開口部（凹部）においては線状に集光されたレーザー光の走査方向と平行な方向に結晶が成長していることを示している。成長の面方位は、特にチャンネルが形成される表面近傍においては、 $\langle 110 \rangle$ 方位が優勢であるとみなすことができるが、その他に $\langle 100 \rangle$ 方位の成長も存在している。

## 【0076】

以上のように、非晶質半導体膜に連続発振レーザー光を照射する結晶化において、半導体膜の下地側に開口部（又は、それに伴う凹凸形状）を設けることにより、当該開口部以外の領域に結晶化に伴う歪み又は応力を集中させることができ、結晶粒界など結晶性の悪い領域を選択的に形成することが可能となる。即ち、当該開口部に複数の結晶方位を有し、結晶粒界が形成されることなく、成長方向と平行な方向に延在する複数の結晶粒が集合した結晶性半導体膜を残存させることができる。このような結晶性半導体膜でチャンネル形成領域が配設されるようにTFTを形成することにより、高速で電流駆動能力を向上させることが可能となり、素子の信頼性を向上させることも可能となる。

## 【0077】

## （実施形態2）

本発明の結晶性半導体膜の形成において、実施の形態1で示すように非晶質半導体膜にレーザー光を照射して結晶化させても良いが、結晶化した後さらにレーザー光を照射して溶融させ、再結晶化しても良い。

## 【0078】

図3はその一例を示し、まず、実施の形態1と同様にして第1絶縁膜201、第2絶縁膜202、酸化珪素膜203、非晶質半導体膜204を形成する。非晶質半導体膜204には、珪素の結晶化温度を低温化させ配向性を向上させる等、結晶化を促進する触媒作用のある金属元素としてNiを添加する。Niの添加法に限定はなく、スピン塗布法、蒸着法、スパッタ法などを適用することができる。スピン塗布法による場合には酢酸ニッケル塩が5～10ppmの水溶液を塗布して金属元素含有層210を形成する。勿論、触媒元素はNiに限定されるものではなく、他の公知の材料を用いても良い。

## 【0079】

次いで、図3（B）で示すように550～580℃、4～8時間の加熱処理により非晶質半導体膜204を結晶化させて結晶性半導体膜211を形成する。この結晶性珪素膜511は棒状または針状の結晶が集合して成り、その各々の結晶は巨視的にはある特定の方向性をもって成長しているため、結晶性が揃っている。また、特定方位の配向率が高いという特徴がある。

## 【0080】

図3（C）で示すように、加熱処理により結晶化した結晶性半導体膜に対し、連続発振レーザー光又はそれと同等な強光を照射して溶融させ再結晶化する。こうして、表面がほぼ平坦化された結晶性半導体膜212を得ることができる。この結晶性半導体膜212も同様に結晶の成長端や結晶粒界は第2絶縁膜上（凸部上）に形成されている。また、結晶性半導体膜211において残存する非晶質領域もこの処理により結晶化させることができる。レーザー光を照射する対象として結晶性半導体膜を用いる利点は半導体膜の光吸収係数の変動率にあり、結晶化した半導体膜にレーザー光を照射して溶融させたとしても光吸収係数は殆ど変動しない。よって、レーザー照射条件のマージンを広くとることができる。

## 【0081】

その後、結晶性半導体膜212に残存する金属元素を取り除くゲッタリング処理を行うことが好ましい。結晶性半導体膜212に接して薄い酸化珪素等で形成されるバリア膜213を形成し、希ガス元素を $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ 以上の濃度で含有する非晶質珪素膜214をゲッタリングサイトとして形成する。加熱処理は500～700℃にて行えば良い。この技術の詳細については、特願2001-019367号出願（又は特願2002-020801号出願）を参照されたい。また、このゲッタリング処理に伴う加熱処理は、結晶性

半導体膜 2 1 2 の歪みを緩和するという効果も合わせ持っている。

【 0 0 8 2 】

その後、図 3 ( E ) に示すように、非晶質珪素膜 2 1 4、バリア膜 2 1 3 を除去し、実施の形態 1 と同様に、結晶性半導体膜 2 1 2 の表面をエッチングして開口部 ( 凹部 ) に埋め込まれている結晶性半導体膜 2 1 5 を選択的に抽出する。こうして、複数の結晶方位を有し、結晶粒界が形成されていない結晶性半導体膜 2 1 5 を得ることができる。このような二段階の結晶化処理は、実施の形態 1 と比較して比較的歪みの少ない結晶性半導体膜を形成することを可能にする。

【 0 0 8 3 】

( 実施形態 3 )

次に、本実施の形態において開口部を有する下地絶縁膜上に結晶性珪素膜を形成し、その開口部に充填された充填領域にチャネル形成領域が配設される T F T を作製する一形態を図 4 乃至図 1 0 を用いて説明する。尚、各図面において、( A ) は上面図、( B ) 以降はそれに対応する各部位の縦断面図を示す。

【 0 0 8 4 】

図 4 において、ガラス基板 3 0 1 上に 3 0 ~ 3 0 0 nm の窒化珪素膜又は酸窒化アルミニウム膜でなる第 1 絶縁膜 3 0 2 を形成する。その上に酸化珪素膜又は酸窒化珪素膜を形成し、写真蝕刻により矩形状のパターンを有する第 2 絶縁膜 3 0 3 を形成する。酸化珪素膜はプラズマ C V D 法で T E O S と O<sub>2</sub> とを混合し、反応圧力 4 0 Pa、基板温度 4 0 0 とし、高周波 ( 1 3 . 5 6 MHz ) 電力密度 0 . 6 W/cm<sup>2</sup> で放電させ 1 0 0 0 nm の厚さに堆積し、その後エッチングにより開口部 3 0 4 を形成する。この場合、開口部の深さは第 2 絶縁膜の厚さとほぼ同じ厚さで形成され 0 . 0 1 ~ 1 μm、好ましくは 0 . 0 5 ~ 0 . 2 μm を有している。

【 0 0 8 5 】

そして図 5 で示すように第 1 絶縁膜 3 0 2 及び第 2 絶縁膜 3 0 3 上に酸化膜又は酸窒化珪素膜から成る第 3 絶縁膜 3 0 5 と非晶質半導体膜 3 0 6 を同一のプラズマ C V D 装置を用い大気に触れさせることなく連続的に成膜する。非晶質珪素膜 6 0 5 は珪素を主成分に含む半導体膜で形成し、プラズマ C V D 法で S i H<sub>4</sub> を原料気体として用い形成する。この段階では、図示するように開口部 3 0 4 の底面及び側面を被覆して平坦でない表面形状が形成される。

【 0 0 8 6 】

そして、図 6 で示すように連続発振レーザー光を照射して結晶化させる。結晶化の条件は、連続発振モードの Y V O<sub>4</sub> レーザー発振器を用い、その第 2 高調波 ( 波長 5 3 2 nm ) の出力 2 ~ 1 0 W を、光学系にて短手方向に対する長手方向の比が 1 0 以上である線状レーザー光に集光し、且つ長手方向に均一なエネルギー密度分布を有するように集光し、1 0 ~ 2 0 0 cm/sec の速度で走査して結晶化させる。均一なエネルギー密度分布とは、完全に一定であるもの以外を排除することではなく、エネルギー密度分布において許容される範囲は ± 1 0 % である。このようなレーザー光の照射は、図 1 3 で示す構成のレーザー処理装置を適用することができる。

【 0 0 8 7 】

線状に集光されたレーザー光 3 6 0 の走査方向と開口部の配置との関係は図 1 4 に示されている。線状に集光されたレーザー光 3 6 0 の強度分布はその強度分布が長手方向において均一な領域を有していることが望ましい。これは加熱される半導体の温度が照射領域の温度を一定にすることが目的である。線状に集光されたレーザー光の長手方向 ( 走査方向と交差する方向 ) に温度分布が生じると、結晶の成長方向をレーザー光の走査方向に限定することができなくなるためである。開口部 3 0 4 の配列は図示のように線状に集光されたレーザー光 3 6 0 の走査方向と合わせて配列させておくことで、結晶の成長方向と、全ての T F T のチャネル長方向とを合わせることができる。これにより T F T の素子間の特性ばらつきを小さくすることができる。

【 0 0 8 8 】

この条件でレーザー光を照射することにより、非晶質半導体膜は瞬間的に熔融し結晶化させる。実質的には熔融帯が移動しながら結晶化が進行する。熔融した珪素は表面張力が働いて開口部（凹部）に凝集し固化する。これにより、図6に示すように開口部604を充填する形態で表面が平坦な結晶性半導体膜307が形成される。

#### 【0089】

その後図7に示すように、少なくとも開口部304に結晶性半導体膜307が残存するようにエッチング処理を行いう。このエッチング処理により、第2絶縁膜303上にある結晶性半導体膜は除去され、開口部の形状に合わせて結晶性半導体膜から成る島状の半導体膜308が得られる。結晶性半導体膜はフッ素系のガスと酸素とをエッチングガスとして用いることにより下地の酸化膜と選択性をもってエッチングすることができる。例えば、エッチングガスとして、 $\text{CF}_4$ と $\text{O}_2$ の混合ガスが適用される。この島状の半導体膜308は、実施の形態1で示したように、複数の結晶方位を有し、結晶粒界が形成されていないという特徴を有している。或いは、化学的機械研磨（CMP）により上面部をエッチングしても良い。島状の半導体膜308の厚さは0.01～1 $\mu\text{m}$ 、好ましくは0.05～0.2 $\mu\text{m}$ である。

#### 【0090】

尚、図7は、この島状の半導体膜308の形状、即ち、第1絶縁膜及び第2絶縁膜により形成される開口部304の形状を限定的に示すものではなく、実施の形態1で述べた如く、所定のデザインルールに従う範囲内において、特に限定されるものではない。例えば、図7の島状の半導体膜の形状は、複数の短冊状の結晶性半導体膜は一对の矩形の結晶性半導体膜と接続した形態を有しており、後述するように、複数の短冊状の結晶性半導体膜にTFETのチャネル形成領域が配置される形態となっている。

#### 【0091】

図8は、島状の半導体膜308の上面及び側面を覆いゲート絶縁膜として用いる第4絶縁膜310、ゲート電極として用いる導電膜311を形成する。第4絶縁膜310は、30～200nmの酸化珪素膜又は酸窒化珪素膜を形成する。また、導電膜311はタングステン又はタングステンを含む合金等で形成する。

#### 【0092】

図9では、島状の半導体膜308に一導電型の不純物領域313を形成する段階を示している。この不純物領域313は、ゲート電極として用いる導電膜311をマスクとして、自己整合的に形成しても良いし、フォトリソ等でマスクングして形成しても良い。不純物領域313はソース及びドレイン領域を形成し、必要に応じて低濃度ドレイン領域を適宜設けることもできる。

#### 【0093】

この不純物領域313は、不純物イオンを電界で加速して半導体膜に注入するイオン注入法又はイオンドーピング法などが適用される。この場合において、注入するイオン種の質量分離の有無は本発明を適用する上で本質的な問題とはならない。

#### 【0094】

そして、図10に示すように50～100nm程度の水素を含む窒化珪素膜又は酸窒化珪素膜による第5絶縁膜314を形成する。この状態で400～450℃に熱処理をすることにより窒化珪素膜又は酸窒化珪素膜が含有する水素が放出され島状の半導体膜に対する水素化を行うことができる。酸化珪素膜等で形成する第6絶縁膜を形成し、ソース及びドレイン領域を形成する不純物領域313と接触する配線316を形成する。

#### 【0095】

こうしてTFETを作製することができる。図4～図10を用いて説明したTFETの構成は、複数のチャネル形成領域が並列に配設され、一对の不純物領域と接続して設けられたマルチチャネル型のTFETを示している。この構成において、並列に配設するチャネル形成領域の数に限定はなく、必要に応じて複数個配設すれば良い。このチャネル形成領域は、複数の結晶方位を有し、結晶粒界が形成されることなく、チャネル長方向と平行な方向に延在する複数の結晶粒が集合した結晶性半導体膜で形成されている。

## 【 0 0 9 6 】

## (実施形態 4)

図 1 1 は低濃度ドレイン ( L D D ) 構造を持った n チャネル型マルチチャネル T F T と、 p チャネル型マルチチャネル T F T とで C M O S 構造の基本回路であるインバータ回路を構成する一例を示している。図 1 1 において、第 2 絶縁膜 3 2 0、開口部 3 2 1、島状の半導体膜 3 2 2、3 2 3 は実施の形態 3 と同様に形成される。

## 【 0 0 9 7 】

図 1 1 ( A ) は上面図を示し、島状の半導体膜 3 2 2 にはソース及びドレイン領域を形成する第 1 n 型不純物領域 3 3 3 が形成され、島状の半導体膜 3 2 3 にはソース及びドレイン領域を形成する第 1 p 型不純物領域 3 3 4 が形成され、その他にゲート電極を形成する導電層 3 3 0、ソース及びドレイン配線 3 3 7 ~ 3 3 9 が形成されている。島状の半導体膜 3 2 3 の厚さは 0 . 0 1 ~ 1  $\mu$ m、好ましくは 0 . 0 5 ~ 0 . 2  $\mu$ m である。

10

## 【 0 0 9 8 】

図 1 1 ( B ) 及び ( C ) は G - G ' 線及び H - H ' 線に対応した縦断面図を示し、 n チャネル型の T F T には第 1 n 型不純物領域 3 3 3 に隣接して L D D 領域を形成する第 2 n 型不純物領域が形成されている。ゲート電極 3 3 0 は二層構造であり、第 1 n 型不純物領域 3 2 2、第 2 n 型不純物領域及び第 1 p 型不純物領域は自己整合的に形成することができる。3 3 1 はチャネル形成領域である。このようなゲート電極と不純物領域、及びその作製方法の詳細については、特開 2 0 0 2 - 1 4 3 3 7 号公報又は特願 2 0 0 1 - 0 1 1 0 8 5 号出願を参照されたい。

20

## 【 0 0 9 9 】

その他、図 1 1 で示す第 5 絶縁膜 3 1 4、第 6 絶縁膜 3 1 5 は実施の形態 3 と同じものが適用されるのでここでは説明を省略する。

## 【 0 1 0 0 】

## (実施形態 5)

実施の形態 3 で示すマルチチャネル T F T において、ゲート電極の構成が異なる一例を図 1 2 により示す。尚、ゲート電極及び L D D 領域の構成以外は、実施の形態 3 と同じであり、共通の符号を用いて示し、詳細な説明は省略する。

## 【 0 1 0 1 】

図 1 2 で示す T F T の構造はゲート電極を窒化チタン又は窒化タンタルなど窒化物金属 3 5 0 a とタングステン又はタングステン合金など高融点金属 3 5 1 b で形成する一例であり、ゲート電極 3 5 0 b の側面にスペーサ 3 5 1 を設けている。スペーサ 3 5 1 は酸化珪素などの絶縁体で形成しても良いし、導電性を持たせるために n 型の多結晶珪素で形成しても良く、異方性ドライエッチングにより形成する。L D D 領域 3 5 2 はこのスペーサを形成する前に形成することにより、ゲート電極 3 5 0 b に対し自己整合的に形成することができる。スペーサを導電性材料で形成した場合には、L D D 領域が実質的にゲート電極と重畳するゲート・オーバーラップ L D D (Gate-Overlapped LDD) 構造とすることができる。

30

## 【 0 1 0 2 】

このようなスペーサを設けて自己整合的に L D D 領域を形成する構造は、特にデザインルールを微細化する場合において有効である。また、ここでは単極性の T F T 構造を示したが、実施の形態 4 と同様に C M O S 構造を形成することもできる。

40

## 【 0 1 0 3 】

## (実施形態 6)

本実施の形態は、開口部を有する下地絶縁膜上に結晶性珪素膜を形成し、その開口部に充填された充填領域にチャネル形成領域が配設される T F T を作製する一例を示す。

## 【 0 1 0 4 】

図 3 1 において、ガラス基板 6 0 1 上に 1 0 0 nm の窒酸化珪素膜でなる第 1 絶縁膜 6 0 2 を形成する。その上に酸化珪素膜を形成し、写真蝕刻により矩形状のパターンを有する第 2 絶縁膜 6 0 3 を形成する。酸化珪素膜はプラズマ C V D 法で T E O S と O<sub>2</sub> とを混合

50



し、反応圧力 40 Pa、基板温度 400 とし、高周波 (13.56 MHz) 電力密度 0.6 W/cm<sup>2</sup> で放電させ 150 nm の厚さに堆積し、その後エッチングにより開口部 604a、604b を形成する。

【0105】

尚、図 31 において (A) は上面図、(B) は A-A' 線に対応する縦断面図、(C) は B-B' 線に対応する縦断面図を示す。以降、図 32 ~ 図 36 は同様の扱いとする。

【0106】

そして図 32 で示すように第 1 絶縁膜 602 及び第 2 絶縁膜 603 を覆う非晶質珪素膜 605 を 150 nm の厚さで形成する。非晶質珪素膜 605 はプラズマ CVD 法で SiH<sub>4</sub> を原料気体として用い形成する。

10

【0107】

そして、図 33 で示すように連続発振レーザー光を照射して結晶化させる。結晶化の条件は、連続発振モードの YVO<sub>4</sub> レーザー発振器を用い、その第 2 高調波 (波長 532 nm) の出力 5.5 W を長手方向に 400 μm、短手方向に 50 ~ 100 μm に光学系にて長手方向に均一なエネルギー密度分布を有するように集光し、50 cm/sec の速度で走査して結晶化させる。均一なエネルギー密度分布とは、完全に一定であるもの以外を排除することではなく、エネルギー密度分布において許容される範囲は ±5 % である。このようなレーザー光の照射は、図 13 で示す構成のレーザー処理装置を適用することができる。光学系にて集光したレーザー光は、その強度分布が長手方向において均一な領域を有し、短手方向に分布を持っていたとしても良い。結晶化はこの強度分布が長手方向において均一な領域で成されるようにし、これによりレーザー光の走査方向と平行な方向に結晶成長する効力を高めることができる。

20

【0108】

この条件でレーザー光を照射することにより、非晶質珪素膜は瞬間的に熔融し熔融帯が移動しながら結晶化が進行する。熔融した珪素は表面張力が働いて開口部 (凹部) に凝集し固化する。これにより、開口部 604a、604b を充填する形態で結晶性半導体膜 606 が形成される。

【0109】

その後図 34 に示すように、少なくとも開口部 604a、604b に結晶性半導体膜が残存するようにマスクパターンを形成してエッチング処理を施し、チャネル形成領域を含む島状の半導体領域 607、608 を形成する。

30

【0110】

図 35 は、半導体領域 607、608 の上層側にゲート絶縁膜 609、ゲート電極 610、611 が形成された状態を示している。ゲート絶縁膜は 80 nm の酸化珪素膜をプラズマ CVD 法で形成すれば良い。ゲート電極 610、611 はタングステン又はタングステンを含有する合金で形成する。このような構造とすることにより、開口部 604a、604b を充填する島状の半導体領域にチャネル形成領域を設けることができる。

【0111】

以降、ソース及びドレイン領域、低濃度ドレイン領域等を適宜形成すれば TFT を完成させることができる。

40

【0112】

(実施形態 7)

実施の形態 6 と同様な工程で形成されるものであるが、図 36 で示すように、第 2 絶縁膜 603 に形成する開口部の形状を、細長い短冊状の領域とそれと接続する領域とで形成し、その開口部 604c に合わせて結晶性珪素膜で成る島状の半導体領域 620 を形成し、ゲート絶縁膜 621、ゲート電極 622 を形成することにより、シングルゲート・マルチチャネル型の TFT を形成することができる。

【0113】

(実施形態 8)

実施例 7 において、第 2 絶縁膜を非晶質半導体膜の厚さよりも厚く形成し、例えば 35

50

0 nmで形成することで、図 3 7 に示すように、結晶性半導体膜で形成される島状の半導体領域 6 2 0 を開口部 6 0 4 d に完全に埋め込むことができる。

そして、ゲート絶縁膜 6 2 1 及びゲート電極 6 2 2 を同様に形成すればシングルゲート・マルチチャネル型の T F T を形成することができる。

#### 【 0 1 1 4 】

(実施形態 9)

図 3 8 はシングルゲート・マルチチャネル型の T F T の他の一例を示している。基板 6 0 1 上に第 1 絶縁膜 6 0 2、第 2 絶縁膜 6 0 3、島状の半導体領域 6 3 0、ゲート絶縁膜 6 3 1、ゲート電極 6 3 2 は実施例 1 乃至 3 と同様に形成するものである。図 3 8 において異なる部分は、第 2 絶縁膜 6 0 3 で形成される開口部 6 0 4 e の他に、島状の半導体領域 6 3 0 が形成された後において、チャネル形成領域が形成される当該半導体領域の周辺の第 2 絶縁膜を除去して第 2 の開口部 6 2 5 を形成している点にある。

10

#### 【 0 1 1 5 】

チャネル形成領域付近の形態を図 3 8 ( D ) に拡大図として示すが、島状の半導体領域 6 3 0 の側面及び上面に接してゲート絶縁膜 6 3 1 が形成され、それを覆う形でゲート電極 6 3 2 が形成されることになり、この場合チャネル形成領域は半導体領域 6 3 0 の上部 6 3 4 と側面部 6 3 5 の両方に形成されることになる。これにより空乏化領域を増やすことができ、T F T の電流駆動能力を向上させることができる。

#### 【 0 1 1 6 】

(実施形態 1 0)

20

本発明は様々な半導体装置に適用できるものであり、実施の形態 1 乃至 5 に基づいて作製される表示パネルの形態を説明する。

#### 【 0 1 1 7 】

図 1 5 は基板 9 0 0 には画素部 9 0 2、ゲート信号側駆動回路 9 0 1 a、9 0 1 b、データ信号側駆動回路 9 0 1 c、入出力端子部 9 0 8、配線又は配線群 9 1 7 が備えられている。シールパターン 9 4 0 はゲート信号側駆動回路 9 0 1 a、9 0 1 b、データ信号側駆動回路 9 0 1 c 及び当該駆動回路部と入力端子とを接続する配線又は配線群 9 1 7 と一部が重なっていても良い。このようにすると、表示パネルの額縁領域(画素部の周辺領域)の面積を縮小させることができる。外部入力端子部には、F P C 9 3 6 が固着されている。

30

#### 【 0 1 1 8 】

さらに、本発明の T F T を用いてマイクロプロセッサ、メモリ、又はメディアプロセッサ / D S P (Digital Signal Processor) 等が形成されたチップが実装されていても良い。これらの機能回路は、画素部 9 0 2、ゲート信号側駆動回路 9 0 1 a、9 0 1 b、データ信号側駆動回路 9 0 1 c とは異なるデザインルールで形成されるものであり、具体的には 1  $\mu$ m 以下のデザインルールが適用される。

実装の方法に限定はなく C O G 方式等が適用されている。

#### 【 0 1 1 9 】

例えば、実施の形態 3 乃至 5 で示す T F T は画素部 9 0 2 のスイッチング素子として、さらにゲート信号側駆動回路 9 0 1 a、9 0 1 b、データ信号側駆動回路 9 0 1 c を構成する能動素子として適用することができる。

40

#### 【 0 1 2 0 】

図 1 9 は画素部 9 0 2 の一画素の構成を示す一例であり、T F T 8 0 1 ~ 8 0 3 が備えられている。これらは、画素に備える発光素子や液晶素子を制御するそれぞれスイッチング用、リセット用、駆動用の T F T である。これらの T F T の作製工程は図 1 6 乃至図 1 9 により示されている。尚、工程の詳細は実施の形態 3 と同様であり詳細な説明は省略する。

#### 【 0 1 2 1 】

図 1 6 は第 2 絶縁膜 5 0 3 と、それに開口部 5 0 4、5 0 5 を形成した段階を示している。図 1 7 では、開口部 5 0 4、5 0 5 を形成した後、非晶質半導体膜 5 0 6 を堆積し、

50

それに線状に集光されたレーザー光 5 0 7 を照射して結晶性半導体膜 5 0 8 を形成する段階を示している。

【 0 1 2 2 】

図 1 8 は第 2 絶縁膜 5 0 3 上にある結晶性半導体膜をエッチングにより選択的に除去し、開口部を充填する形で結晶性半導体膜となる島状の半導体膜 5 0 9、5 1 0 が形成された状態を示している。

【 0 1 2 3 】

さらに、ゲート絶縁膜（図示せず）及びゲート電極（又はゲート配線）5 1 4 ~ 5 1 6 を形成する。開口部 5 1 1 ~ 5 1 3 は島状の半導体膜 5 0 9、5 1 0 がゲート電極（又はゲート配線）5 1 4 ~ 5 1 6 と交差する位置に合わせて形成されるものである。これにより、実施の形態 3 と同様なゲート構造を得ることができる。その後、n 型又は p 型の不純物領域を形成し、絶縁膜を介して電源線 8 1 9、その他各種配線 8 2 0、8 2 1 及び画素電極 5 1 7 を形成することにより、図 1 9 で示す画素構造を得ることができる。

【 0 1 2 4 】

図 2 0 ( A ) は図 1 9 における A - A' 線に対応する縦断面図を示している。さらに図 2 0 ( B ) に示すように画素電極 5 1 7 を用いて有機発光素子を形成することができる。

【 0 1 2 5 】

図 2 0 ( B ) は発光素子 3 3 からの発光が基板側とは反対側に放射する形態（上方放射型）のを示している。配線 5 2 0 と接続する発光素子 3 3 の一方の電極である陰極を画素電極 5 1 7 で形成する。有機化合物層 2 7 は陰極側から電子注入輸送層、発光層、正孔注入輸送層の順で形成する。その上層側に形成される陽極 2 9 との間には薄い透光性の金属層 2 8 が設けられている。陽極 2 9 は酸化インジウムスズ（ITO）、酸化亜鉛（ZnO）、酸化インジウム亜鉛（IZO）

など透光性導電膜を抵抗加熱蒸着法で形成する。この金属層 2 8 は陽極 2 9 を形成するに当たり、有機化合物層 2 7 にダメージがおよび、素子特性が悪化するのを防いでいる。その後形成する保護膜 2 4、パッシベーション膜 2 5 はを形成する。

【 0 1 2 6 】

有機化合物層 2 1 を低分子有機化合物で形成する場合には、銅フタロシアニン（CuPc）と芳香族アミン系材料である MTDA TA 及び - NPD で形成される正孔注入輸送層、トリス - 8 - キノリノラトアルミニウム錯体（Alq<sub>3</sub>）で形成される電子注入層兼発光層を積層させて形成することができる。Alq<sub>3</sub> は一重項励起状態からの発光（蛍光）を可能としている。

【 0 1 2 7 】

輝度を高めるには三重項励起状態からの発光（燐光）を利用することが好ましい。この場合には、有機化合物層 2 1 としてフタロシアニン系材料である CuPc と芳香族アミン系材料である - NPD で形成される正孔注入輸送層上に、カルバゾール系の CBP + Ir（ppy）<sub>3</sub> を用いて発光層を形成し、さらにバソキュプロイン（BCP）を用いて正孔ブロック層、Alq<sub>3</sub> による電子注入輸送層を積層させた構造とすることもできる。

【 0 1 2 8 】

上記二つの構造は低分子系有機化合物を用いた例であるが、高分子系有機化合物と低分子系有機化合物を組み合わせた有機発光素子を実現することもできる。

例えば、有機化合物層 2 1 として陽極側から、高分子系有機化合物のポリチオフェン誘導体（PEDOT）により正孔注入輸送層、- NPD による正孔注入輸送層、CBP + Ir（ppy）<sub>3</sub> による発光層、BCP による正孔ブロック層、Alq<sub>3</sub> による電子注入輸送層を積層させても良い。正孔注入層を PEDOT に変えることにより、正孔注入特性が改善され、発光効率を向上させることができる。

【 0 1 2 9 】

いずれにしても、三重項励起状態かからの発光（燐光）は、一重項励起状態からの発光（蛍光）よりも発光効率が高く、同じ発光輝度を得るにも動作電圧（有機発光素子を発光

10

20

30

40

50

させるに要する電圧)を低くすることが可能である。

【0130】

このように本発明を用いて有機発光素子を用いた表示パネルを作製することができる。また、ここでは例示しなかったが、液晶の電気光学特性を利用した表示パネルを作製することもできる。

【0131】

(実施の形態11)

本実施の形態では、図1に示した第2絶縁膜202を形成するにあたって、ガラス基板をエッチングストッパーとして用い、第2絶縁膜202上に第1絶縁膜201に相当する絶縁膜を形成する例を示す。

10

【0132】

図26(A)において、まずガラス基板701上に酸化珪素又は窒化珪素で10~3000nm、好ましくは100~2000nmの厚さで所定の形状で開口部が形成された第2絶縁膜702を形成する。詳細は、実施の形態1と同様である。開口部の形成は、ウェットエッチングでもドライエッチングでも良いが、本実施例では、 $\text{CHF}_3$ ガスを用いたドライエッチングを用いる。この場合、ガス流量は30~40sccm、反応圧力は2.7~4.0kPa、印加電力は500W、基板温度は20とすれば良い。

【0133】

また、本実施の形態の場合、ガラス基板701としては、酸化珪素膜との選択比の高い材質(例えば、コーニング社製1737ガラス基板等)を用いることが好ましい。選択比が高ければ第2絶縁膜702の形成にあたって、ガラス基板701をそのままエッチングストッパーとして用いることが可能だからである。

20

【0134】

そして、第2絶縁膜702を形成したら、その上を窒化珪素、窒素含有量が酸素含有量よりも大きな窒化珪素またはこれらの積層でなる第1絶縁膜703で覆い、さらにその上に非晶質半導体膜704を形成して、図26(B)の状態を得る。これら第1絶縁膜703及び非晶質半導体膜704の詳細については、実施の形態1の記載を参照すれば良い。図26(B)以降の工程は、実施の形態1に従えば良いのでここでの説明は省略する。

【0135】

本実施の形態によれば、ガラス基板701と第2絶縁膜702との選択比を十分高く確保することが可能であるため、第2絶縁膜702の開口部を形成する際のプロセスマージンが向上する。また、第2絶縁膜702の下端部におけるえぐれ等の問題も起こることがない。さらに、第2絶縁膜702を設けない部分は、ガラス基板上に窒化珪素膜、窒素含有量が酸素含有量よりも大きな窒化珪素またはこれらの積層膜という構成となるため、窒化アルミニウム等の特殊な絶縁膜を用いる必要がない。

30

【0136】

尚、本実施の形態は、実施の形態1~10のいずれの構成とも自由に組み合わせて実施することが可能である。

【0137】

(実施の形態12)

本発明を用いて様々な装置を完成させることができる。その一例は、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、デジタルカメラ、パーソナルコンピュータ、テレビ受像器、携帯電話、投影型表示装置等が挙げられる。それらの一例を図24、図25に示す。

40

【0138】

図24(A)は本発明を適用してテレビ受像器を完成させる一例であり、筐体3001、支持台3002、表示部3003等により構成されている。本発明により作製されるTFTは表示部3003の他に、各種論理回路、高周波回路、メモリ、マイクロプロセッサ、メディアプロセッサ、グラフィクス用LSIなど様々な集積回路をガラス上に形成し組み込むことができ、本発明によりテレビ受像器を完成させることができる。

50

## 【 0 1 3 9 】

図 2 4 ( B ) は本発明を適用してビデオカメラを完成させた一例であり、本体 3 0 1 1、表示部 3 0 1 2、音声入力部 3 0 1 3、操作スイッチ 3 0 1 4、バッテリー 3 0 1 5、受像部 3 0 1 6 等により構成されている。本発明により作製される T F T は表示部 3 0 1 2 の他に、各種論理回路、高周波回路、メモリ、マイクロプロセッサ、メディアプロセッサ、グラフィクス用 L S I など様々な集積回路をガラス上に形成し組み込むことができ、本発明によりビデオカメラを完成させることができる。

## 【 0 1 4 0 】

図 2 4 ( C ) は本発明を適用してノート型のパーソナルコンピュータを完成させた一例であり、本体 3 0 2 1、筐体 3 0 2 2、表示部 3 0 2 3、キーボード 3 0 2 4 等により構成されている。本発明により作製される T F T は表示部 3 0 2 3 の他、各種論理回路、高周波回路、メモリ、マイクロプロセッサ、メディアプロセッサ、グラフィクス用 L S I、暗号 L S I など様々な集積回路をガラス上に形成し組み込むことができ、本発明によりパーソナルコンピュータを完成させることができる。

10

## 【 0 1 4 1 】

図 2 4 ( D ) は本発明を適用して P D A (Personal Digital Assistant) を完成させた一例であり、本体 3 0 3 1、スタイラス 3 0 3 2、表示部 3 0 3 3、操作ボタン 3 0 3 4、外部インターフェース 3 0 3 5 等により構成されている。本発明により作製される T F T は表示部 3 0 3 3 の他、各種論理回路、高周波回路、メモリ、マイクロプロセッサ、メディアプロセッサ、グラフィクス用 L S I、暗号 L S I など様々な集積回路をガラス上に形成し組み込むことができ、本発明により P D A を完成させることができる。

20

## 【 0 1 4 2 】

図 2 4 ( E ) は本発明を適用して音響再生装置を完成させた一例であり、具体的には車載用のオーディオ装置であり、本体 3 0 4 1、表示部 3 0 4 2、操作スイッチ 3 0 4 3、3 0 4 4 等により構成されている。本発明により作製される T F T は表示部 3 0 4 2 の他、各種論理回路、高周波回路、メモリ、マイクロプロセッサ、メディアプロセッサ、グラフィクス用 L S I、増幅回路など様々な集積回路をガラス上に形成し組み込むことができ、本発明によりオーディオ装置を完成させることができる。

## 【 0 1 4 3 】

図 2 4 ( F ) は本発明を適用してデジタルカメラを完成させた一例であり、本体 3 0 5 1、表示部 ( A ) 3 0 5 2、接眼部 3 0 5 3、操作スイッチ 3 0 5 4、表示部 ( B ) 3 0 5 5、バッテリー 3 0 5 6 等により構成されている。本発明により作製される T F T は表示部 ( A ) 3 0 5 2 および表示部 ( B ) 3 0 5 5 の他、各種論理回路、高周波回路、メモリ、マイクロプロセッサ、メディアプロセッサ、グラフィクス用 L S I、暗号 L S I など様々な集積回路をガラス上に形成し組み込むことができ、本発明によりデジタルカメラを完成させることができる。

30

## 【 0 1 4 4 】

図 2 4 ( G ) は本発明を適用して携帯電話を完成させた一例であり、本体 3 0 6 1、音声出力部 3 0 6 2、音声入力部 3 0 6 3、表示部 3 0 6 4、操作スイッチ 3 0 6 5、アンテナ 3 0 6 6 等により構成されている。本発明により作製される T F T は表示部 3 0 6 4 の他、各種論理回路、高周波回路、メモリ、マイクロプロセッサ、メディアプロセッサ、グラフィクス用 L S I、暗号 L S I、携帯電話用 L S I など様々な集積回路をガラス上に形成し組み込むことができ、本発明により携帯電話を完成させることができる。

40

## 【 0 1 4 5 】

図 2 5 ( A ) はフロント型プロジェクターであり、投射装置 2 6 0 1、スクリーン 2 6 0 2 等を含む。図 2 5 ( B ) はリア型プロジェクターであり、本体 2 7 0 1、投射装置 2 7 0 2、ミラー 2 7 0 3、スクリーン 2 7 0 4 等を含む。

## 【 0 1 4 6 】

尚、図 2 5 ( C ) は、図 2 5 ( A ) 及び図 2 5 ( B ) 中における投射装置 2 6 0 1、2 7 0 2 の構造の一例を示した図である。投射装置 2 6 0 1、2 7 0 2 は、光源光学系 2 8

50

01、ミラー2802、2804～2806、ダイクロイックミラー2803、プリズム2807、液晶表示装置2808、位相差板2809、投射光学系2810で構成される。投射光学系2810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25(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。

#### 【0147】

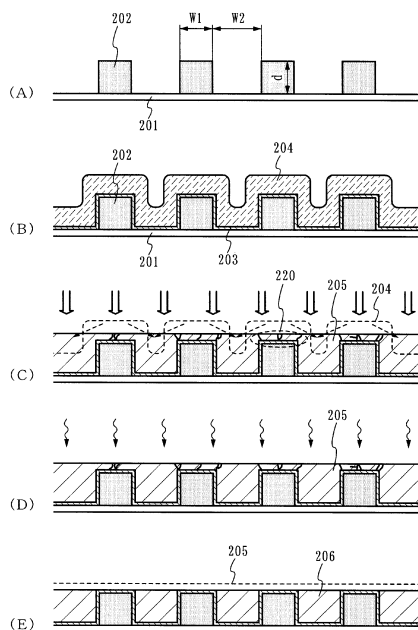
また、図25(D)は、図25(C)中における光源光学系2801の構造の一例を示した図である。本実施例では、光源光学系2801は、リフレクター2811、光源2812、レンズアレイ2813、2814、偏光変換素子2815、集光レンズ2816で

10

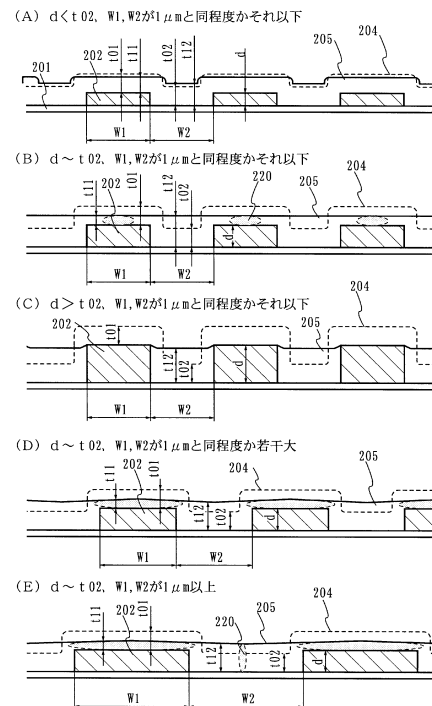
#### 【0148】

尚、ここで示す装置はごく一例であり、これらの用途に限定するものではない。

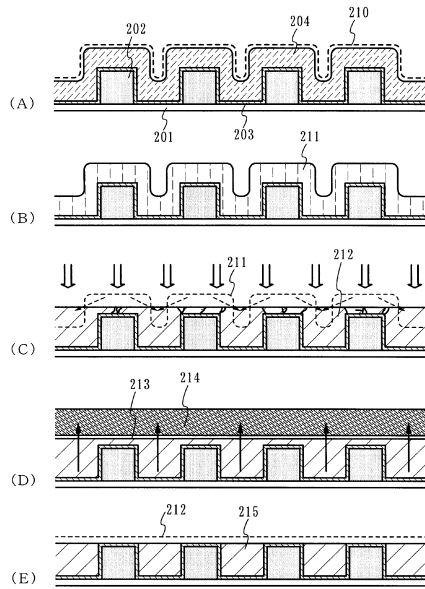
【図1】



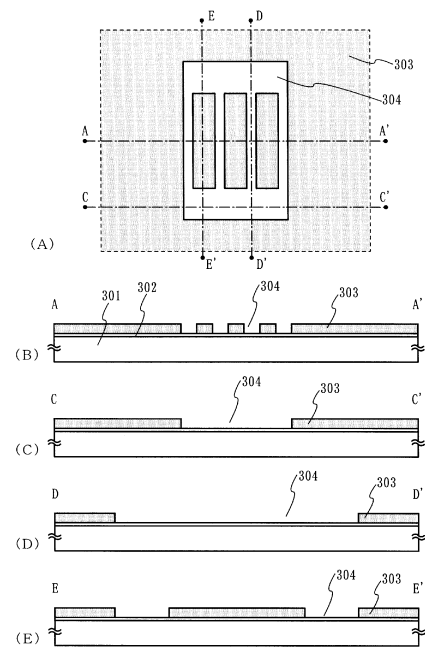
【図2】



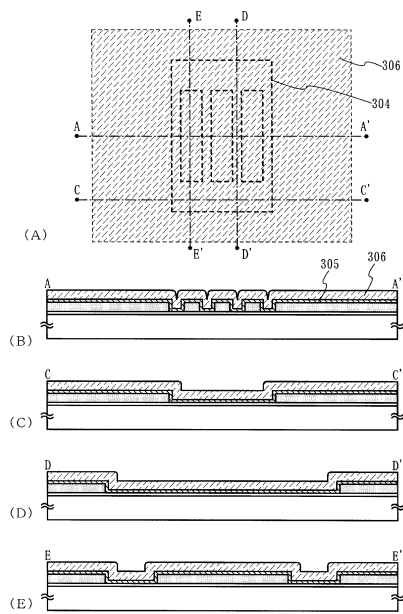
【図 3】



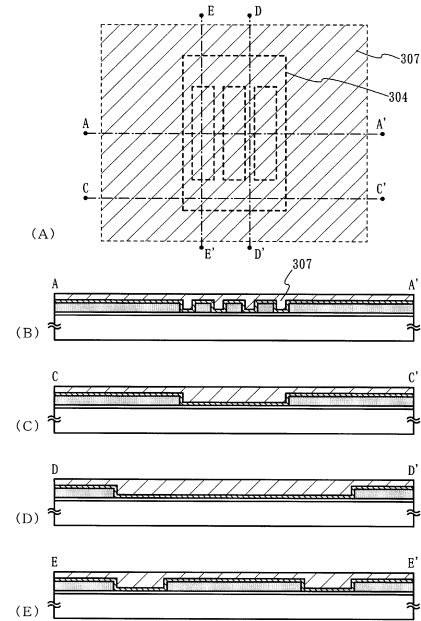
【図 4】



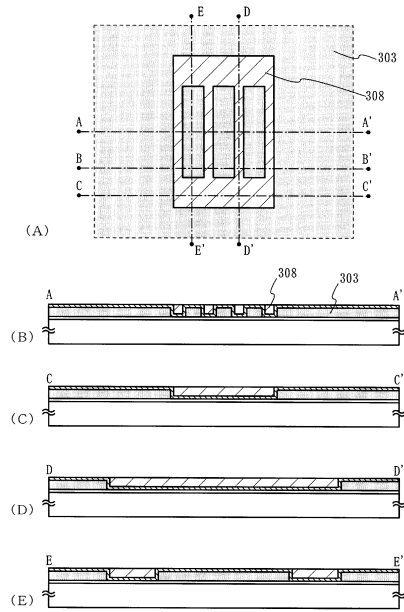
【図 5】



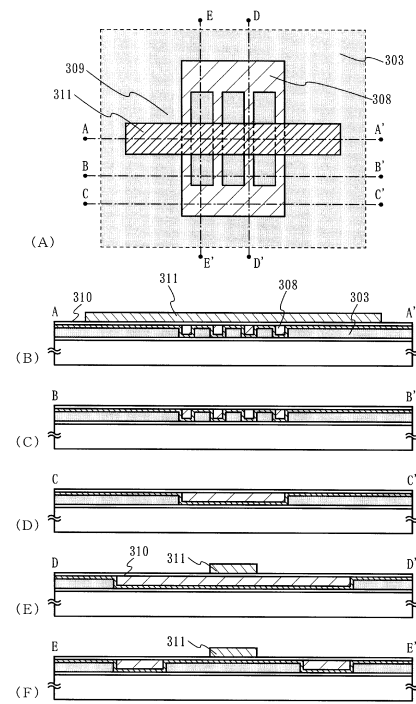
【図 6】



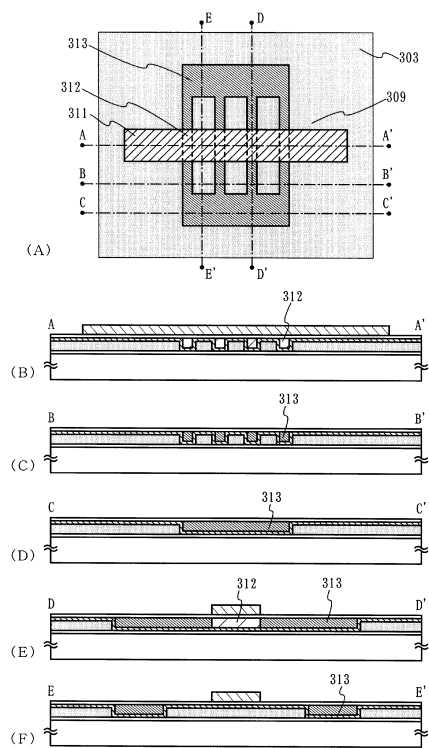
【図 7】



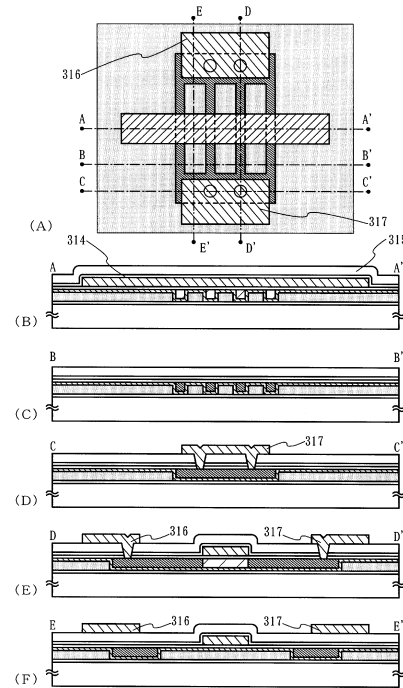
【図 8】



【図 9】

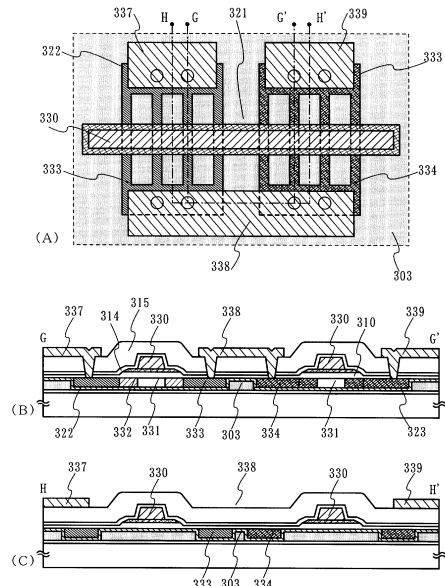


【図 10】

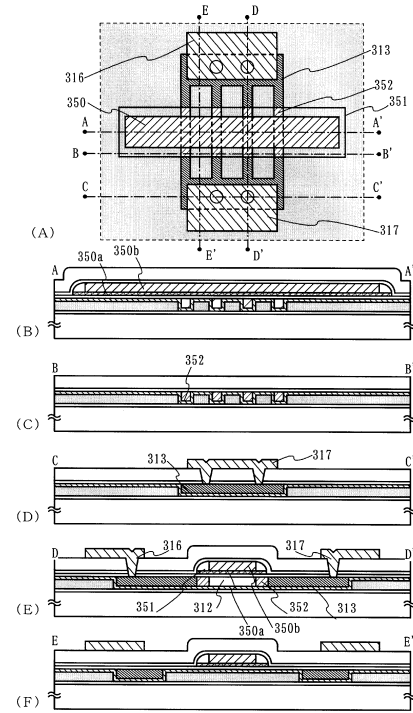




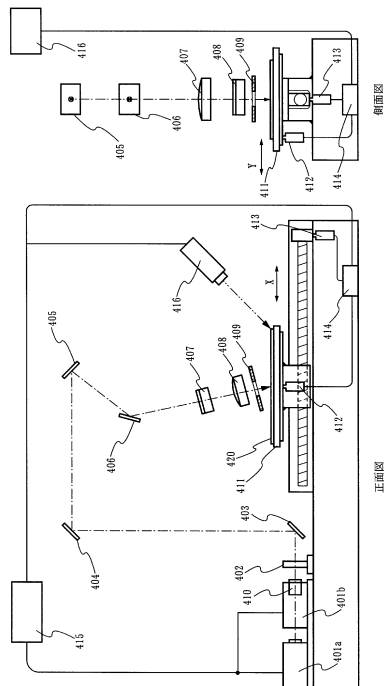
【図 1 1】



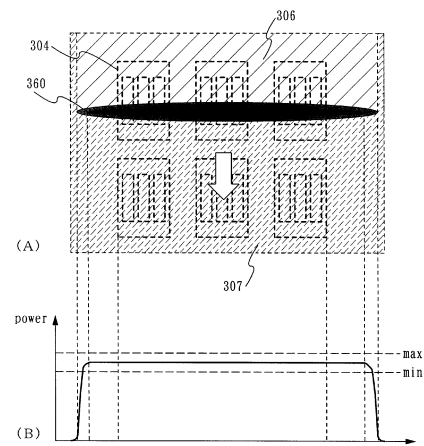
【図 1 2】



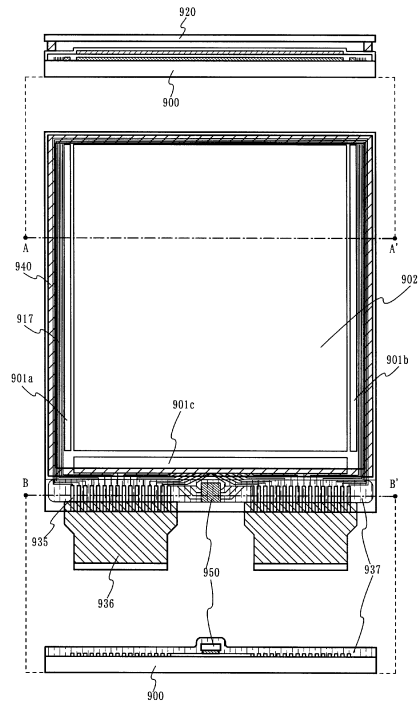
【図 1 3】



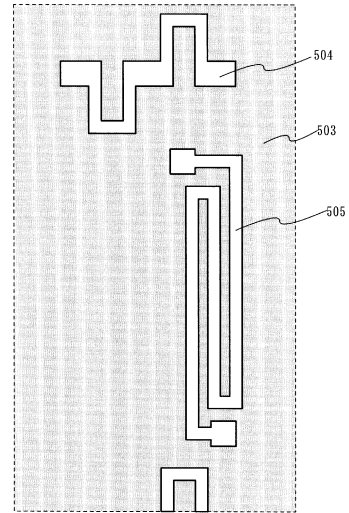
【図 1 4】



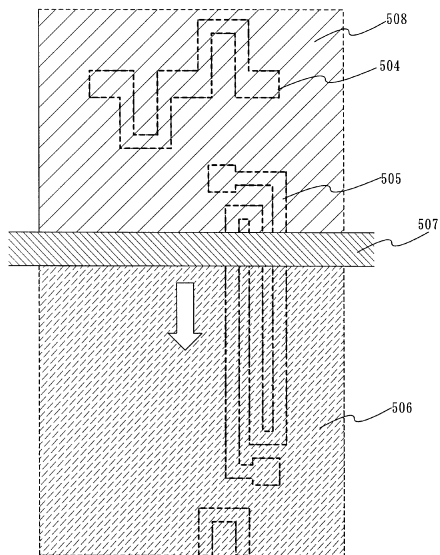
【図 15】



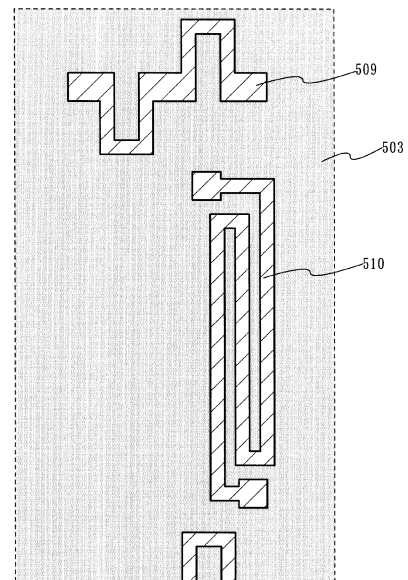
【図 16】



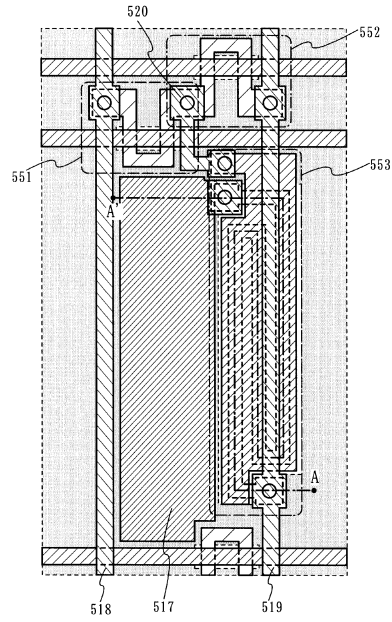
【図 17】



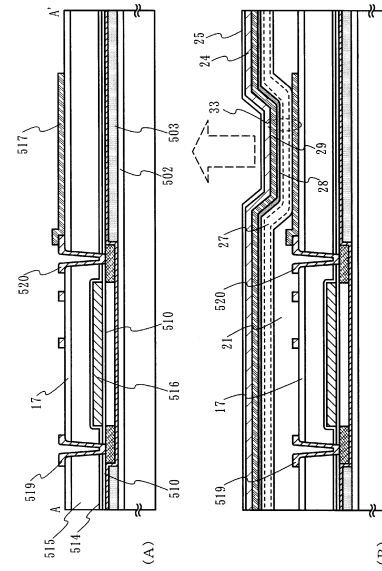
【図 18】



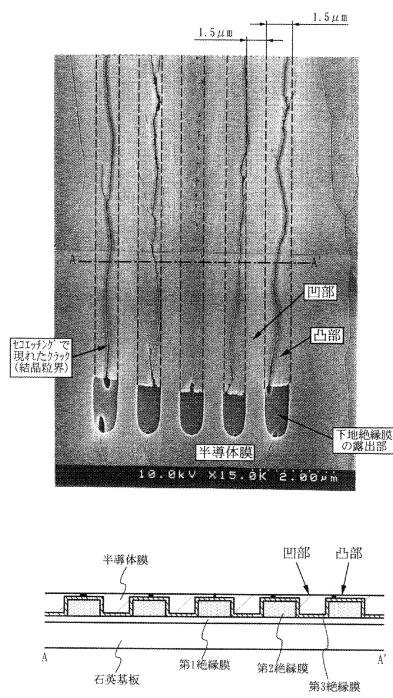
【図 19】



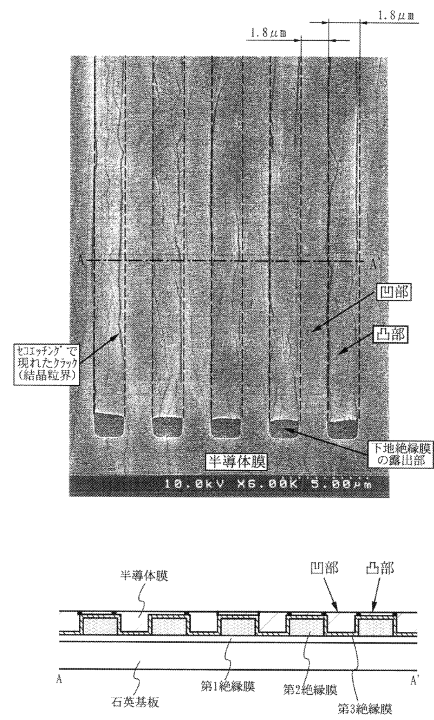
【図 20】



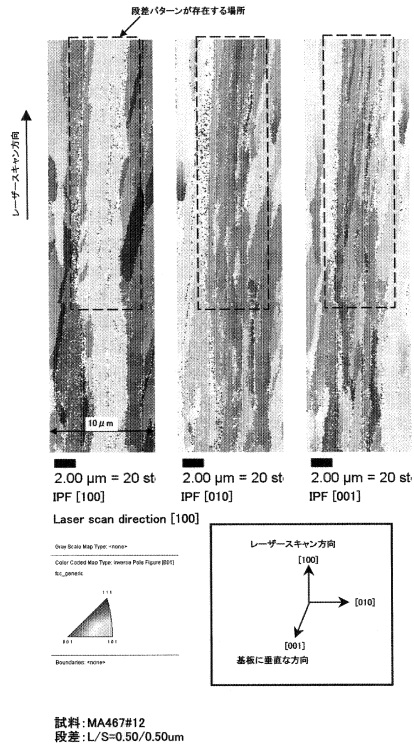
【図 21】



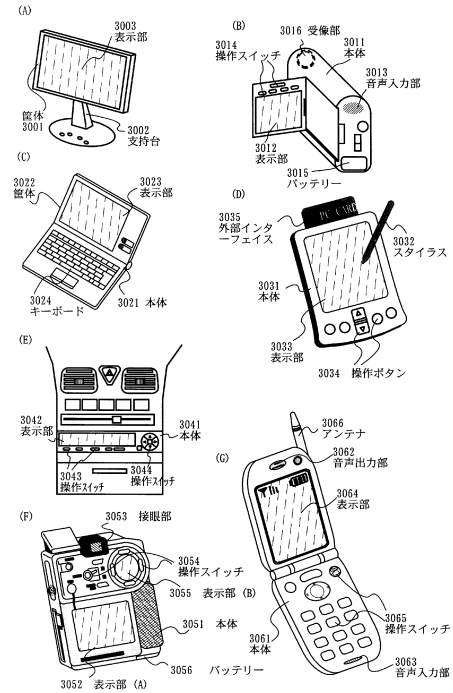
【図 22】



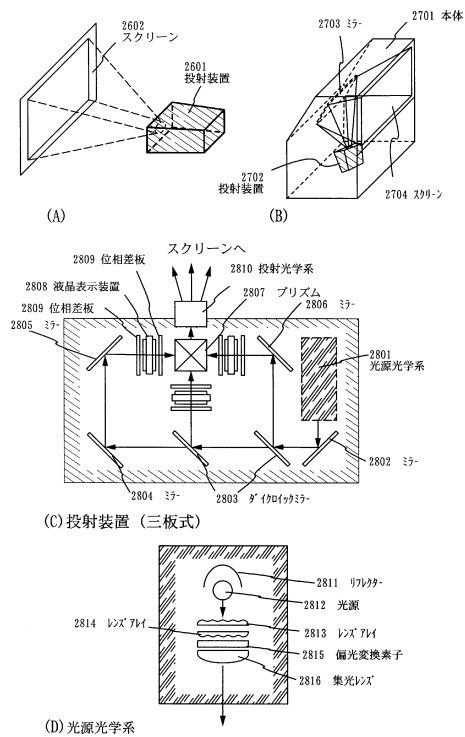
【図 23】



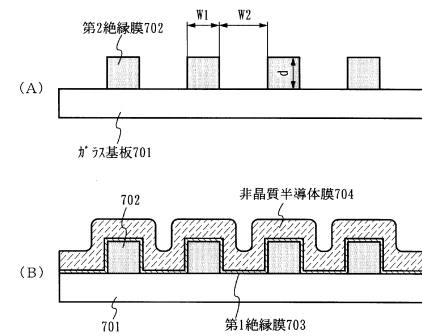
【図 24】



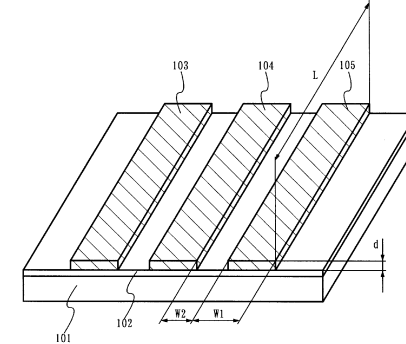
【図 25】



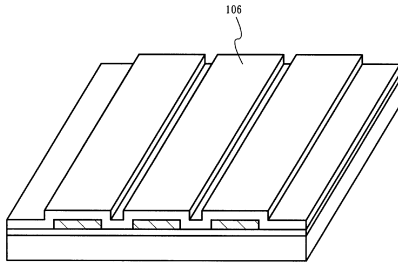
【図 26】



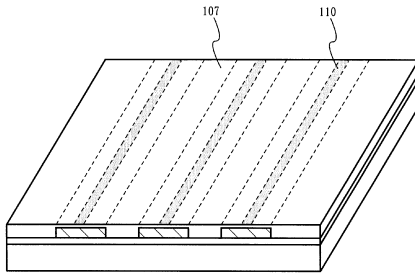
【図 27】



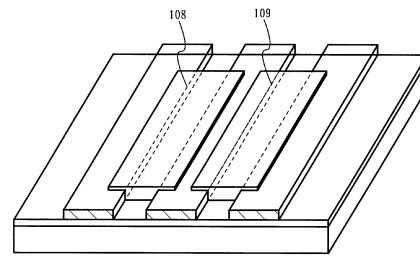
【図 28】



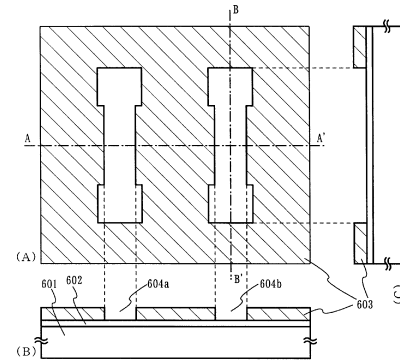
【図 29】



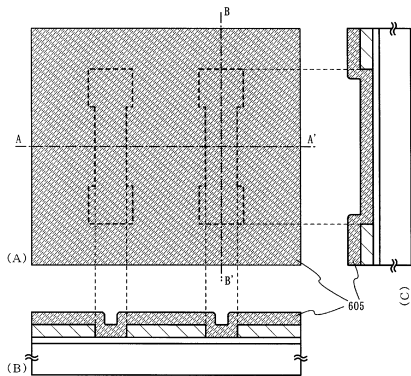
【図 30】



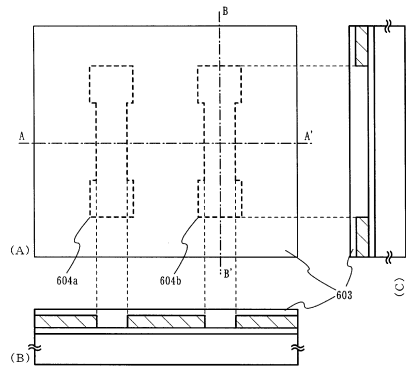
【図 31】



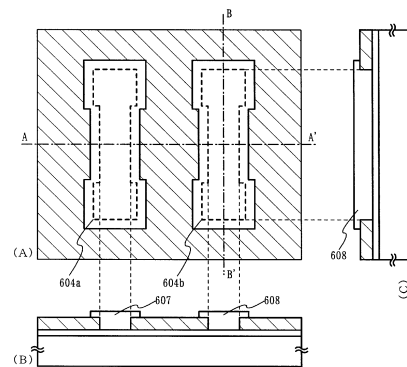
【図 32】



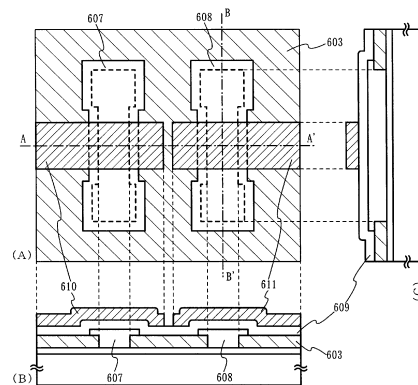
【図 33】



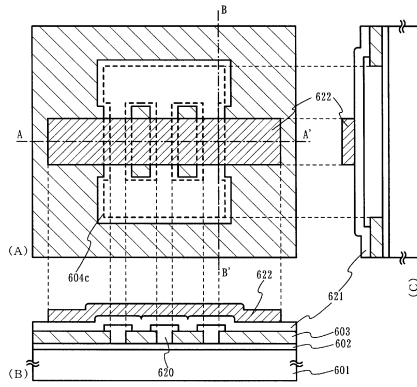
【図 34】



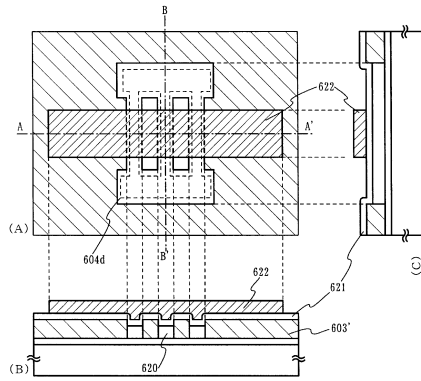
【図 35】



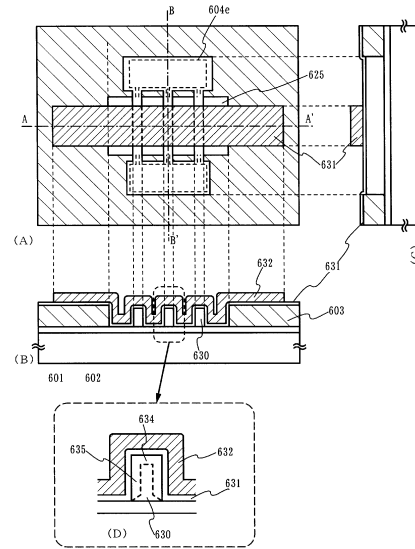
【図 36】



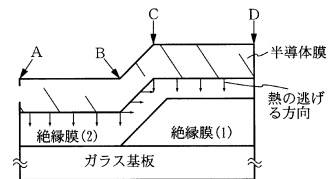
【図 37】



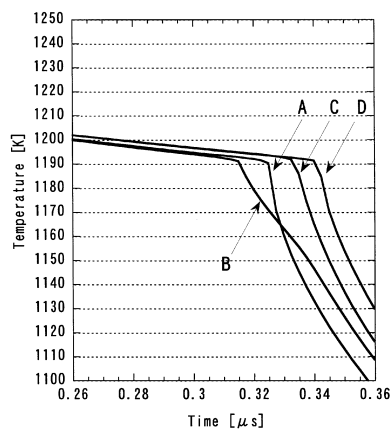
【図 38】



【図 39】



【図 40】



---

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 特願2002-118282(P2002-118282)

(32)優先日 平成14年4月19日(2002.4.19)

(33)優先権主張国 日本国(JP)

(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 下村 明久

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

(72)発明者 荒尾 達也

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 岩本 勉

(56)参考文献 特開平06-085256(JP,A)

特開2002-009289(JP,A)

特開平07-254700(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/336、29/76、29/772 - 29/786