

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4503344号
(P4503344)

(45) 発行日 平成22年7月14日(2010.7.14)

(24) 登録日 平成22年4月30日(2010.4.30)

(51) Int.Cl.

F 1

HO 1 L 21/268	(2006.01)	HO 1 L 21/268	J
HO 1 L 21/20	(2006.01)	HO 1 L 21/20	
HO 1 L 21/336	(2006.01)	HO 1 L 29/78	6 2 7 G
HO 1 L 29/786	(2006.01)		

請求項の数 10 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2004-123452 (P2004-123452)
(22) 出願日	平成16年4月19日 (2004.4.19)
(65) 公開番号	特開2004-343093 (P2004-343093A)
(43) 公開日	平成16年12月2日 (2004.12.2)
審査請求日	平成19年3月30日 (2007.3.30)
(31) 優先権主張番号	特願2003-116392 (P2003-116392)
(32) 優先日	平成15年4月21日 (2003.4.21)
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)

(73) 特許権者	000153878
	株式会社半導体エネルギー研究所
	神奈川県厚木市長谷398番地
(72) 発明者	田中 幸一郎
	神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
	半導体エネルギー研究所内
審査官	太田 一平

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ビーム照射装置および半導体装置の作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

10 MHz 以上のパルスで出力されるレーザの高調波のエネルギー ビームを被照射物上に走査する手段と、

前記走査する手段よりも下流にある、前記ビームを前記被照射物上で焦点を結ぶための f - レンズと、

前記ビームの走査開始位置及び走査終了位置で前記ビームを遮光する手段と、
を有し、

前記走査する手段はガルバノミラー又はポリゴンミラーであり、

前記遮光する手段と前記被照射物との距離は 1 cm 以下であることを特徴とするビーム照射装置。 10

【請求項 2】

請求項 1 において、前記パルスで出力されるレーザの高調波のエネルギー ビーム及び前記ビームを遮光する手段を複数有することを特徴とするビーム照射装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 において、前記遮光する手段は、前記ビームを反射する反射体、又は前記ビームを吸収する吸収体を有する遮光板であることを特徴とするビーム照射装置。

【請求項 4】

請求項 3 において、前記遮光板には矩形の開口部が設けられることを特徴とするビーム照射装置。

【請求項 5】

請求項 4において、前記開口部の長軸方向の長さは3～30cmであることを特徴とするビーム照射装置。

【請求項 6】

10MHz以上のパルスで出力されるレーザの高調波のエネルギー ビームを走査する手段と、

前記走査する手段よりも下流にあるf-レンズと、

前記ビームの走査開始位置及び走査終了位置で前記ビームを遮光する手段と、により半導体膜上で焦点を結びながら走査する半導体装置の作製方法であって、

前記走査する手段はガルバノミラー又はポリゴンミラーであり、

前記遮光する手段と前記半導体膜との距離を1cm以下と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6において、前記パルスで出力されるレーザの高調波のエネルギー ビーム及び前記ビームを遮光する手段を複数有す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6または7において、前記遮光する手段は、前記ビームを反射する反射体、又は前記ビームを吸収する吸収体を有する遮光板であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 9】

請求項8において、前記遮光板には矩形の開口部が設けられることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 10】

請求項9において、前記開口部の長軸方向の長さは3～30cmであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ビーム照射装置、及びビーム照射方法に関する。さらに本発明は、当該装置及び方法を用いた薄膜トランジスタの作製方法に関する。

【背景技術】

【0002】

表示装置や集積回路等が有する半導体素子として、チャネル形成領域に多結晶半導体膜を有する薄膜トランジスタ（以下、多結晶TFTと表記する）の研究が行われている。表示装置や集積回路の発達に伴い、多結晶TFTのさらなる特性向上が求められている。

【0003】

そこで多結晶TFTの特性向上のため、連続発振型のレーザ光による半導体膜の結晶化が検討されている。例えば、ガラス基板上にa-Si膜を線状又は島状にパターニングし、連続発振型のレーザ光から時間に対して連続的に出力するエネルギー ビームを照射走査してa-Si膜を結晶化する方法がある（特許文献1参照）。特許文献1によると、半導体薄膜を予め線状又は島状にパターニングしておくことにより、ガラス基板の温度は上がりず、クラックの発生等を防止することが記載されている。また特許文献1の図29、図31には、開孔が設けられた遮蔽板を用い、ガラス基板へのダメージや膜剥がれを起こさずに、a-Si膜の必要部分のみを選択的に結晶化することが記載されている。

【0004】

またレーザ光（レーザビームとも表記する）を走査（偏向ともいう）させる手段としてガルバノミラー（特許文献2参照）やポリゴンミラー（特許文献3参照）が用いられている。ガルバノミラーやポリゴンミラーは走査速度を高速化することが容易である。そのため、照射装置の負担を低減させることができる。

【特許文献1】特開2003-86505号公報

10

20

30

40

50

【特許文献2】特開2003-86507号公報

【特許文献3】特開2003-45890号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述のような連続発振型のレーザ光をガルバノミラーやポリゴンミラーを使って基板に照射する場合、走査幅に限度があった。そのため、複数回レーザ光の走査を繰り返す必要があり、レーザ光の走査が停止する領域があった。この停止する領域のため、均一なレーザ処理は困難であった。

【0006】

更にガルバノミラーやポリゴンミラー等の走査手段により走査されるレーザ光の速度は、走査幅の中心部と端部とで速度が一様とならなかった。例えば、ガルバノミラーにより第1の方向に往復運動させられたレーザ光は、往復運動の速度の向きが変わる領域（ガルバノミラーの止まり際）に向かって減速し、ついには速度がゼロとなり、その後は加速する。このような速度が減速、加速し、さらにゼロになる領域では照射時間が長くなり、被照射物に必要以上のエネルギーが照射されてしまう。その結果、非晶質半導体膜に膜剥がれ等が生じる恐れがあることを本発明者は見出した。膜剥がれが生じてしまうと、飛び散る半導体膜によって、正常な膜まで荒れてしまうことが懸念される。このように、レーザ光の走査速度が不均一になることは、半導体分野において問題となる。

【0007】

一方ポリゴンミラーでは、速度はゼロとならないものの、やはり走査幅の中心部と端部とでは速度が一様とならなかった。その結果、ガルバノミラーと同様に、非晶質半導体膜に膜剥がれ等が生じる恐れがあった。

【0008】

以上のように、均一な連続発振型のレーザ光の照射を行うには改良の余地があった。特に大型基板や量産を考えると、改良すべき点は多かった。

【0009】

そこで本発明は、ガルバノミラーやポリゴンミラーを使ってレーザ光照射を行う場合、レーザ光照射の端部における不具合を解決することを課題とする。特に、本発明は、大型基板や量産を考え、被照射物に均一なレーザ光を照射するレーザ照射装置、及びレーザ照射方法を提供することを課題とする。またさらに、上記のようなレーザ照射装置、及びレーザ照射方法を用いて薄膜トランジスタ（以下、TFTと表記する）に対する均一なレーザ処理、つまりレーザアニール（結晶化や活性化を含む）を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を鑑み本発明は、連続的に出力されるエネルギー ビーム（CWビーム、特に、光源にレーザを使用する場合CWレーザと表記する。）の被照射物上のスポット（照射領域）を、走査手段（偏向手段）等により往復運動させて走査する場合、スポットの走査速度（移動速度）が所定値以外となる場合、つまり一定とならない場合、被照射物に照射されるCWビームを遮断（遮光）する。言い換えると、走査速度が所定値以外となる範囲、つまり一定とならない範囲においてはCWビームを遮断する。スポットの走査速度（移動速度）が所定値以外とは、速度が一定でない、例えば増加、又は減少するとき、加えてゼロとなるときである。また速度が一定でなく、増加、減少又はゼロとなる領域とは、走査開始位置（一端）及び走査終了位置（他端）である。すなわち本発明は、スポットの走査速度が一定とならない範囲に、遮光手段を配置することを特徴とする。

【0011】

遮光手段は、遮光板を用いればよく、レーザビームを反射する反射体、又はレーザビームを吸収する吸収体を有する構成をとることができる。また遮光板の形状は適宜設定することができ、スポットの走査速度が一定とならない範囲が被照射物に当たらなければよい。また遮光手段は固定する必要はないため、走査手段と同期させて遮光することができ

10

20

30

40

50

ばよく、遮光手段にチョッパーを用いてよい。

【0012】

走査手段は、被照射物に対するレーザビームの入射位置を変化させる鏡面体（ミラーともいう）、例えば、単数又は複数の鏡面体を有する手段、複数の連続して配置された鏡面体を有する手段、又はその他の鏡面体を有する手段を用いることができる。具体的な走査手段には、ガルバノミラーやポリゴンミラーが挙げられる。その他の走査手段としては、軸に平面又は曲面を有する鏡面体を固定し、当該軸を中心として回動（回転や振動を含む）する鏡面体を用いてよい。このとき、軸の一端部又は両端部には、鏡面体の回動を制御する手段が設置される。回動を制御するとは、回転の場合は回転速度等、振動の場合は振動幅等を制御することを指す。また鏡面体を複数設けると、鏡面体間の反射状態が異なることがあることを考慮すると、鏡面体は単数である方が好ましい。

10

【0013】

なおガルバノミラーやポリゴンミラーを用いると、走査速度が10～数1000mm/sとかなりの高速にもかかわらず、加減速に要する時間が短いため、処理時間を短縮することができる。これはガルバノミラーやポリゴンミラーが軽量であるため、高速走査を行うことができるためである。

【0014】

連続的に出力されるエネルギー ビームを照射するための装置（CWレーザ照射装置）は、固体レーザを用いればよく、例えばYVO₄レーザや、YAGレーザ、YLFレーザ、YAlO₃レーザ、Arレーザ等を有すればよく、当該レーザから射出されるビームを用いて連続的に出力されるエネルギー ビームを照射することができる。またこれらのレーザの高調波を使用することができる。

20

【0015】

なおレーザビームは、任意の形状で構わず、好ましくは光学系を通過することにより線状となるように加工する。なおここでいう「線状」は、厳密な意味で「線」を意味しているのではなく、アスペクト比の大きい長方形（または長楕円形）を意味する。例えば、アスペクト比が10以上（好ましくは100～10000）のもの指す。例えば、線状のレーザビームのスポット径は、長軸150～1000μm、短軸5～20μmとする。線状に加工されたレーザビームを用いると、スループットの高い処理を行うことができる。

30

【0016】

なお被照射物とレーザビームとが相対的に移動して一列を処理し、その後、次列を処理できるように被照射物とレーザビームとが移動して処理を開始する。このような相対的な移動を繰り返して大型面積の処理が行われる。そのため、レーザビームの走査速度や被照射物の走査速度は、互いに同期させるように設定する。すなわち、レーザビームの進行方向（走査方向）を変化させる第1の走査手段と、第1の走査手段に対して相対的に被照射物を走査する第2の走査手段とを同期するように制御するといい。

【0017】

また好ましくは、レーザビームのスポット形状を一定とするため、被照射物と走査手段との間にfレンズを配置するとよい。さらに入射角を一定とすることができるテレンセントリックfレンズを用いると好ましい。このようなfレンズはサイズを大きくすることに限度があるが、被照射物を移動させて走査することにより、広範囲の領域に対して処理することができる。

40

【0018】

以上のような本発明により、レーザビームの均一な領域、すなわち等速度に走査する領域のみを被照射物に照射することができ、均一なレーザビームの照射方法を提供することができる。

【0019】

さらに被照射物として半導体膜を用いる場合、結晶性や電気特性が揃った多結晶TFTを提供することができる。そのような多結晶TFTを備えた液晶表示装置、自発光型素子を有する発光装置等の表示装置やCPUやメモリを有する集積回路回路において、表示の

50

均一化、又は性能の向上等の効果が期待できる。

【発明の効果】

【0020】

被照射物上を走査するレーザビームにおいて、走査速度が一定とならない範囲に遮光板を配置する本発明の走査手段を用いることにより、均一な処理を行うことができる。その結果、被照射物、特に半導体膜の膜剥がれを防止することができる。また本発明のレーザ照射方法等は、大型基板に形成された半導体膜をレーザアニールする場合に好適である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下に、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。但し、本発明は多くの異なる形態で実施することが可能であり、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本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。なお、実施の形態を説明するための全図において、同一部分又は同様な機能を有する部分には同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

【0022】

(実施の形態1)

本実施の形態では、具体的なビーム照射方法、及びビームを照射するための照射装置(ビーム照射装置)を、図3を用いて説明する。

【0023】

まず図3(A)に示すように、ビームのスポット31を走査手段により被照射物32上に走査する。まずビームのスポット31を第1の長軸方向(A1)へ走査し、次いで短軸方向(B1)に走査させ、さらに第2の長軸方向(A2)へ走査し、再び短軸方向(B1)に走査する。このような動作を繰り返すことで、被照射物の広範囲にビームのスポット31を走査させることができる。このとき例えば、長軸方向の走査は第1の走査手段により行われ、短軸方向の走査は第2の走査手段により行われる。第2の走査手段とはステージ等による被照射物の移動に相当する。

【0024】

また図3(B)にはビームのスポットの速度のグラフを例示する。図3(A)とあわせてみると、ビームのスポットの速度が低減、増加する領域及び短軸方向領域、つまり(C1)では、被照射物に光源との間に配置されるスリットやシャッター等により、CWビームが照射されない遮断領域とする。本実施の形態では遮光領域に、遮光板33を配置する。このとき被照射物32と、遮光板33との距離は、ビームの回折の影響を抑えるため近くに配置するとよい。好ましくは被照射物32と、遮光板33との距離は1cm以下とする。そして順次走査(ジグザグ走査)を行い、被照射物全体にビームを照射する。

【0025】

例えば、ビームのスポットサイズを $10 \times 500 \mu\text{m}$ とし、ビームのスポットの走査速度を 500 mm/s とし、一筋で照射できる照射領域の長軸方向の長さを 100 mm とすると、ビームのスポットは $0.2 \text{ 秒間で } 100 \text{ mm}$ 走査する。その後、被照射物は照射領域の幅分だけ(本実施の形態では短軸方向に $200 \mu\text{m}$)移動する。このとき遮光する領域(非照射領域)を、非照射物の両端から 5 mm とし、遮光板を 90 mm 間隔で設ける。そのためビームのスポットが遮光されているときに、ステージ等によって被照射物が短軸方向に $200 \mu\text{m}$ 移動する。以上のような走査により、大面積を有する被照射物の全面を均一に処理することができる。

【0026】

遮光板は、ビームを反射する反射体や、ビームを吸収する吸収体等を有する構成であればよい。そして反射体から反射されるビームは、ダンパー等に吸収させてもよい。さらにダンパーには発熱を防ぐための冷却水を循環させると好ましい。また遮光板となる反射体の材料としては、アルミニウムやステンレス等の金属材料、又はそれらの合金から形成することができる。また吸収体は黒色を有すればよく、これらに黒色を塗布すればよい。

10

20

30

40

50

【0027】

また遮光板は、被照射物と、第1の走査手段との間であって、被照射物上のビームの走査速度が変化する範囲に配置する。この遮光板は、走査手段の付近に備えてもよい。また、被照射物の付近に設けてもよい。遮光板を走査手段付近に設ける場合、遮光板のサイズを小さくすることができ、結果として照射装置を小型化することができる。また遮光板を被照射物付近に設ける場合、正確に照射領域を制御でき、さらに遮光板によるビームの回折の影響を抑えることができるので好ましい。

【0028】

また遮光板の配置は、所定の照射領域が形成できればよく、その間隔は、走査するビーム形状や照射領域を考慮して決定すればよい。第1の走査手段としてガルバノミラーを使用する場合、走査するビームの照射領域は5～30cm程度であり、遮光する領域を例えば両端0.5～2cm程度とすると、遮光板の間隔は1～29cmとなる。

10

【0029】

なお本発明において、ビームと被照射物とは相対的に移動すればよく、ビームが移動しても、被照射物が移動しても、両方が移動しても構わない。被照射物の移動手段としては、XY軸に移動するステージを用いればよい。例えば、被照射物の移動手段はX軸方向に移動するレールと、Y軸方向に移動するレールとを交差して配置し、被照射物が吸着等により固定されたステージをXY方向に移動する。または被照射物を空気等により浮上させ、XY方向に移動させることもできる。また照射領域の短軸方向に移動させる場合、ビームの走査と同期するようにステージの移動を制御する。

20

【0030】

特に、走査手段としてポリゴンミラーを用いる場合、ステージの移動距離は、ミラーごとに微調整すると好ましい。これは、ポリゴンミラーは複数のミラーを有するため、隣り合うミラーによるビームの反射方向が異なることが考えられるためである。例えば実施者は、複数のミラーに番号を付し、一度走査させる。このとき、各ミラーの移動の特性を把握し、これを踏まえてステージの移動を制御する制御装置の設定を行うとよい。

【0031】

さらに光源を複数用いたり、複数に分光したりして、効率よく被照射物（特に大型面積のもの）にビームを照射するとよい。その結果、量産性が飛躍的に向上する。

30

【0032】

また特に大型基板から多面取りパネルを製造する場合、両端に配置される遮光板の間に必ず任意のパネルが入るようにビームの照射を行うとよい。そのように照射することで、一つのパネル全面に渡って均一に結晶化された半導体膜を形成することができる。そのため、薄膜トランジスタを設ける領域に制限がなく、設計の自由度を高めることができる。

【0033】

また被照射物がビームに対して透明な基板に成膜された半導体膜である場合、ビームを斜めに入射させてもよい。斜め入射により半導体膜表面からの反射光と基板の裏面からの反射光とが起こす干渉を防止することができる。さらに該反射光を処理するためダンパー等を設けてもよい。ダンパーは、反射光を吸収する性質を有しており、さらに反射光の吸収により隔壁の温度が上昇するのを防ぐため、ダンパー内に冷却水を循環させる構造を有する。

40

【0034】

このような本発明により、CWビームによる均一性の高い処理方法、及び照射装置を提供することができる。さらに本発明の照射装置及び処理方法を半導体膜の結晶化に用い、均一性の高い結晶性半導体膜、すなわち多結晶TFTを提供することができる。

【0035】

(実施の形態2)

本実施の形態では図1を用いて、ビームの一形態としてCWレーザを用いたレーザ照射装置、及びレーザ照射方法を説明する。また被照射物のとして半導体膜を用い、第1の走査手段としてガルバノミラーを用いる場合を説明する。

50

【0036】

まず、レーザ発振器101から射出されるCWレーザが光学系102により長く引き伸ばされ、線状に加工される。具体的には、レーザが、光学系102が有するシリンドリカルレンズや凸レンズを通過すると、線状に加工することができる。

【0037】

その後、線状に加工されたレーザ（以下、線状レーザと表記する）は、ガルバノミラー103と、fレンズ104とを介して半導体膜106へ入射する。このとき線状レーザは、半導体膜上に所定の大きさのレーザビームのスポット105を形成するように調整されている。またfレンズ104により、ガルバノミラーの角度によらず、被照射物表面において、レーザビームのスポット105の形状が一定となる。

10

【0038】

なお図1においては、1500mm（図中Y方向の長さ）×1800mm（図中X方向の長さ）の大面積基板に成膜された半導体膜をレーザアニールする。fレンズ104の直径は、100～300mm程度が現実的であり、すなわち幅100～300mmに渡つて走査可能である。

【0039】

このときガルバノミラーの振動を制御する装置（制御装置）110によりガルバノミラーの振動が制御される。すなわちミラーの角度が変化するように振動し、レーザビームのスポット105は、一方向（例えば、図中のX軸方向）に移動する。例えばガルバノミラーが半周期振動すると、レーザビームが半導体膜上のX軸方向に一定幅移動する（往路）。

20

【0040】

そして、半導体膜はXYステージ109によりY軸方向へ移動する。そして同様に、ガルバノミラーにより、レーザビームのスポットが半導体膜上のX軸方向に移動する（復路）。このようなレーザビームの往復運動を用いて107に示すような経路をレーザビームのスポットが移動し、全体へレーザアニールが行われる。

【0041】

なお往復運動の方向は、レーザビームのスポットの長軸方向と垂直方向（図中、X軸方向）にするとスループットが高いので好ましい。また、レーザビームのスポットの長軸を往復方向とある角度を有する、いわゆる斜め入射となるように設定してもよい。すなわち垂直方向に限らず、その他の方向に設定してもよい。

30

【0042】

この往復運動の際、ガルバノミラー103の止まり際（Y軸方向の移動領域を含む）で、レーザビームのスポットの速度が一定でなく、増加、減少等してしまう。これによりレーザアニールの均一性が失われることが懸念されるが、本発明はレーザビームのスポットの速度が一定でない領域に遮光板108を設け、当該領域へのレーザビームの照射を遮断するため、均一なレーザアニールを行うことができる。

【0043】

このとき遮光板の形状は実施者が適宜設定することができる。また遮光手段は、遮光板に限定されるものではなく、走査手段と同期させて遮光してもよい。

40

【0044】

遮光板と半導体膜との距離は、レーザの回折の影響を抑えることを考慮すると、近くに配置した方がよい。その場合好ましくは、遮光板と半導体膜との距離は1cm以下とするといい。

【0045】

遮光板同士の間隔は、レーザビームのスポットの形状やfレンズ104により決定されるレーザの照射領域に合わせて設定すればよく、例えば3～30cmの間隔となるよう設定する。また遮光板の幅は、レーザの走査速度が一定になるまでの距離に合わせればよく、ガルバノミラーでは1～10mm程度で十分である。また板状の遮光板に3～30cmの開口部を単数、又は複数設けてもよい。その結果、一回の振動で走査するレーザビ

50

ームのスポット同士の重なりによる不均一なレーザアニールを防ぐことができる。

【0046】

ガルバノミラー103は一定の振動数で振り子運動を行い、その結果レーザビームのスポット105は一定の往復運動を行う。そしてXYステージ109は、所定の長さずつ移動し、さらに、一列分のレーザアニールを終えると、次の列へ移るように矩形状にも移動する。

【0047】

例えば、ガルバノミラー103を振動させながら、半導体膜において $100\text{ mm} \times 200\text{ }\mu\text{m}$ （一筋のX軸方向へのレーザ照射領域の領域）の範囲を結晶化する。次いで、XYステージ109により半導体膜106を $200\text{ }\mu\text{m}$ だけY軸方向に移動させ、ガルバノミラー103の振動によりレーザビームを照射する。この繰り返し往復運動により、 $100\text{ mm} \times 1500\text{ mm}$ の一列の範囲を均一にレーザアニールを行うことができる。このとき遮光板の間隔は 100 mm とする。同様にその他の領域に対してレーザビームの照射を行って、半導体膜全体のレーザアニールを行う。本実施の形態の場合、上述した工程を18回繰り返すことで、 $1500 \times 1800\text{ mm}$ の半導体膜全体をレーザアニールすることができる。

【0048】

また一般にCWレーザは、干渉性が高い。そのためレーザビームの入射角を 0° 以上とし（斜め入射）、被照射物の裏面からのレーザビームの反射光が、被照射物の表面からのレーザビームの反射光と被照射面上で干渉しないようにするのが好ましい。

【0049】

このように本発明は、CWレーザと、ガルバノミラーやポリゴンミラー等の第1の走査手段と、XYステージのような第2の走査手段と、fレンズと、遮光板とを用いることにより、被照射物として大面積領域を照射する場合であっても、均一にむらなくレーザアニールすることができる。その結果、量産性が高まり、半導体装置製造の低コスト化につながる。

【0050】

以上、本実施の形態では第1の走査手段としてガルバノミラーを用いたが、ポリゴンミラーや回転機能をする鏡面（好ましくは単数の鏡面）を有するミラーを使用することができる。

【0051】

また本発明において、半導体膜を所望の形状、例えば島状、線状、パネル形状にパターニングした後に、レーザアニール、つまりレーザ処理を行ってもよい。

【0052】

（実施の形態3）

本実施の形態では、基板上に形成される半導体膜に対して、複数のレーザ発振器を用いてレーザアニール、つまりレーザ処理を行い、薄膜トランジスタの量産性を高める場合を説明する。

【0053】

図2には、レーザ発振器201、テレセントリックfレンズ204、ガルバノミラー203、一対のスリット207をそれぞれ3つ用い、 $1500\text{ mm} \times 1800\text{ mm}$ の大面積基板に成膜した半導体膜205に対してレーザアニールを行う場合の例を示す。なお図2(A)は上面図、図2(B)は側面図を示す。

【0054】

基板に下地膜として酸化膜(SiONやSiO₂などの酸化珪素膜)、半導体膜を順次成膜する。半導体膜はCVD法や、スパッタ法等を用い、珪素を主成分とする材料で形成すればよい。本実施の形態では、シランガスを用いたCVD法により非晶質珪素膜を成膜する。成膜方法によっては半導体膜中の水素濃度が高すぎて、レーザアニールに耐えられないものがある。そこで、レーザアニールに耐える確率を高くするため、半導体膜中の水素濃度を $10^{20}/\text{cm}^3$ オーダー以下とすると好ましい。そのため成膜が終了した時点で、

10

20

30

40

50

水素濃度が上記の値以上である場合は、400～500程度の熱アニールにて、1時間程度の脱水素工程を行うとよい。

【0055】

このように形成された半導体膜に対してレーザアニールを行う。なおレーザアニール前に、半導体膜を所定の形状にパターニングしておいても構わない。レーザ発振器201には、例えば、LD励起のCWのNd:YVO₄レーザの第2高調波（波長532nm）を用いる。出力は10Wとし、TEM00モードのものを使用する。レーザビームのスポット径は2.3mm、広がり角は0.35mradとする。

【0056】

なおこの波長は、非晶質珪素膜や基板に対して透光性を示すため、干渉によるレーザアニールの不均一を抑える工夫を施す必要が生じことがある。その場合、例えば、レーザビームの半導体膜205に対する入射角を0°以外とするとい。このとき適切な入射角は、レーザビームのスポット形状やサイズに依存する。例えば、半導体膜205上のレーザビームのスポットのサイズを長径400μm、短径20μmの線状の橢円とし、入射面に長径が含まれるように設定すると、適正な入射角は20°程度である。このときレーザビームのスポット208を引き伸ばす方向、つまり当該スポットの長軸方向は、図2中のY軸方向である。目的によっては他の方向に引き伸ばすこともあるが、本実施の形態ではスループットを最大とするためY軸方向に引き伸ばすとよい。

【0057】

光学系202はレーザビームのスポット形状を線状に加工するもので、例えば、焦点距離50mmの平凹レンズと、焦点距離200mmの平凸レンズを145mm離して配置し、さらに平凸レンズの後方140mmに、焦点距離250mmの平凸シリンドリカルレンズを配置し、さらに平凸シリンドリカルレンズの後方、145mmに焦点距離100mmの平凹シリンドリカルレンズを配置する。なお、平凸シリンドリカルレンズと平凹シリンドリカルレンズの曲率の方向は同じとする。さらに、平凹シリンドリカルレンズから250mm程度後方にガルバノミラー203を配置し、テレセントリックfレンズ204はそれらレンズの仕様に合わせて配置する。本実施の形態では、テレセントリックfレンズ204の焦点距離は300mm程度とし、120mmとする。

【0058】

以上のような光学系を有するレーザ照射装置において、半導体膜205上で線状に伸ばされたレーザビームのスポット208は、ガルバノミラー203により、速度500mm/sで半導体膜205上を走査する。レーザビームのスポット208が半導体膜205上で加減速する位置には遮光板としてスリット207を設けて遮光領域とし、レーザビームのスポットの走査速度が一定の範囲のみ半導体膜に照射するようにする。このとき遮光板同士の間隔は100mmとし、レーザビームの回折防止を考慮すると、遮光板と半導体膜との距離を1cm以下とするとい。また、ガルバノミラーの加速は数mmで十分であるため、遮光板の幅は数mm程度でよい。本実施の形態では、遮光板の幅を5mmとする。すなわち110mmの範囲をガルバノミラー203で走査させ、その両端を5mmずつスリット207でカットし、遮光領域とする。そしてスポットサイズにより決まるガルバノミラーの一度の走査で形成される多結晶の領域の幅（Y軸方向のスポット幅）を200μmとすると、ガルバノミラーによりスポット208をX軸方向に110mm走査させた後、XYステージ206をY方向に200μm移動させ、再びガルバノミラー203によりレーザビームのスポットを半導体膜205上で走査させる。これらを繰り返し、図中のA領域をレーザアニールする。A領域はレーザ発振器の数だけでき、これらの間隔を100mmずつ開けておく。A領域のアニールが終了後、XYステージ206により、B領域をレーザアニールできる位置まで半導体膜205を移動させ、B領域をA領域と同様にレーザアニールする。これら一連の動作により、半導体膜205の全面をレーザアニールすることができる。もちろん、半導体膜205全面をレーザアニールする必要はなく、必要な位置のみレーザアニールすればよい。その結果、処理時間を短縮できる。この場合、位置決め機構などを精密に作る必要があるが、その構成は実施者が必要な精度を算出し適宜決

10

20

30

40

50

定するとよい。

【0059】

本実施の形態では、間隔を開けて複数のテレセントリック f レンズ204を配置している。そのため、隣り合うテレセントリック f レンズが干渉することなく、複数のレーザビームを半導体膜に同時に照射することが可能となる。これにより、レーザ発振器を1台のみ用いる場合と比較して高いスループットを得ることができ、特に大型基板に適する構成となる。

【0060】

また本実施の形態では、レーザビームの半導体膜に入射する角度を一定とするため f テレセントリックレンズを用いるが、代わりに f レンズを用いてもよい。

10

【0061】

以上のようにして、半導体膜の結晶化が行われる。その後、半導体膜を必要に応じて所定の形状にパターニングし、ゲート絶縁膜、ゲート電極、不純物領域を形成し、活性化を行う。本発明のレーザ照射装置及び方法は、半導体膜の活性化にも使用することができる。そして、層間絶縁膜、ソース配線、ドレイン配線、画素電極等を形成し、複数の薄膜トランジスタを有するアクティブマトリクス基板が形成される。またアクティブマトリクス基板を用いて、液晶表示装置、発光装置、その他の表示部を有する表示装置、又は半導体集積回路等を形成することができる。

【0062】

以上のように、複数のレーザ発振器を用いてレーザアニールを行うことによって、薄膜トランジスタの量産性を高めることができる。

20

【0063】

なお本実施の形態において、レーザ発振器を複数用いているが、一つのレーザ発振器からのレーザビームをミラー等により分割して、複数のスポットを形成しても構わない。

【0064】

以上、本実施の形態では第1の走査手段としてガルバノミラーを用いたが、ポリゴンミラーや回転機能をする鏡面（好ましくは単数鏡面）を有するミラーを使用することができる。

【0065】

（実施の形態4）

30

本実施の形態では、アクティブマトリクス基板を用いて作製される発光装置について、図4を用いて説明する。

【0066】

図4（A）には、発光装置、具体的にはELモジュールの断面を示す。また図4（B）には、ELモジュールの発光素子（有機化合物層、第1の導電膜及び第2の導電膜を有する）の積層構造を拡大したものを示す。

【0067】

図4（A）において、第1の基板400、下地絶縁膜401、本発明のレーザ照射装置を用いたレーザアニールにより形成される半導体膜を有するTFT422、第1の導電膜（電極）403、絶縁物（隔壁、土手、バンクとも呼ばれる）404、有機化合物層405、第2の導電膜（電極）406、保護膜407、空隙408、第2の基板409である。

40

【0068】

第1の基板及び第2の基板としては、ガラス基板、石英基板やシリコン基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス基板、可撓性基板などを用いることができる。可撓性基板とは、PET、PES、PEN、アクリルなどからなるフィルム状の基板のことであり、可撓性基板を用いて半導体装置を作製すれば、軽量化が見込まれる。可撓性基板の表面、または表面および裏面にアルミ膜（AlON、AlN、AlOなど）、炭素膜（DLCなど）、SiNなどのバリア層を単層または多層にして形成すれば、耐久性やガスバリア性などが向上するので望ましい。

50

【0069】

なお有機化合物層からの発光が上方又は下方のいずれかに出射されるかにより、第1の導電膜及び第2の導電膜のいずれかを透光性をするITO等から形成する。また両方に出射する場合は、第1の導電膜及び第2の導電膜を、透光性を有する導電膜とすればよい。

【0070】

第1の基板400上に設けられたTFT422(pチャネル型TFT)は、有機化合物層405に流れる電流を制御する素子であり、ドレイン領域(またはソース領域)として機能する不純物領域411と、チャネル形成領域412と、チャネル形成領域上に設けられたゲート電極417を有する。また、第1の導電膜403に接続され、ドレイン領域(またはソース領域)に接続されるドレイン電極(またはソース電極)416を有する。また、ドレイン電極416と同じ工程で電源供給線やソース配線などの配線418が同時に形成される。

10

【0071】

第1の基材400上には下地絶縁膜(ここでは、下層を窒化絶縁膜、上層を酸化絶縁膜)となる下地絶縁401形成されており、ゲート電極417と半導体膜との間には、ゲート絶縁膜が設けられている。また、層間絶縁膜402は有機材料または無機材料を有するように形成される。ここでは図示しないが、一つの画素には、他にもTFT(nチャネル型TFTまたはpチャネル型TFT)を一つ、または複数設けている。また、一つのチャネル形成領域412を有するTFTを示したが、特に限定されず、複数のチャネルを有するTFTとしてもよい。

20

【0072】

また本実施の形態ではトップゲート型TFTを例として説明したが、TFT構造に関係なく本発明を適用することが可能であり、例えばボトムゲート型(逆スタガ型)TFTや順スタガ型TFTに適用することが可能である。

【0073】

また、第1の導電膜403は、発光素子の陽極(或いは陰極)となる。第1の導電膜において、透明導電膜を用いる場合、ITO(酸化インジウム酸化スズ合金)、酸化インジウム酸化亜鉛合金(In_2O_3 ZnO)、酸化亜鉛(ZnO)等を用いることができる。

【0074】

また、第1の導電膜403の端部(および配線418)を覆う絶縁物404(バンク、隔壁、障壁、土手などと呼ばれる)を有している。絶縁物404としては、無機材料(酸化シリコン、窒化シリコン、酸化窒化シリコンなど)、感光性または非感光性の有機材料(ポリイミド、アクリル、ポリアミド、ポリイミドアミド、レジストまたはベンゾシクロブテン)、またはこれらの積層などを用いることができる。なお本実施の形態では、窒化シリコン膜で覆われた感光性の有機樹脂を用いる。例えば、有機樹脂の材料としてポジ型の感光性アクリルを用いた場合、絶縁物の上端部のみに曲率半径を有する曲面を持たせることができが好ましい。また、絶縁物として、感光性の光によってエッチャントに不溶解性となるネガ型、或いは光によってエッチャントに溶解性となるポジ型のいずれも使用することができる。

30

【0075】

また、有機化合物層405は、蒸着法または塗布法を用いて形成する。本実施の形態では、有機化合物層を蒸着装置で成膜を行い、均一な膜厚を得る。なお、信頼性を向上させるため、有機化合物層405の形成直前に真空加熱(100 ~ 250)を行って脱気することが好ましい。例えば、蒸着法を用いる場合、真空度が 5×10^{-3} Torr(0.665 Pa)以下、好ましくは 10^{-4} ~ 10^{-6} Paまで真空排気された成膜室で蒸着を行う。蒸着の際、予め、加熱により有機化合物は気化されており、蒸着時にシャッターが開くことにより基板の方向へ飛散する。気化された有機化合物は、上方に飛散し、メタルマスクに設けられた開口部を通って蒸着される。

40

【0076】

なお図4(B)に示すように、有機化合物層(EL層)405は、陽極側から順に、H

50

I L (ホール注入層)、H T L (ホール輸送層)、E M L (発光層)、E T L (電子輸送層)、E I L (電子注入層)の順に積層されている。代表的には、H I LとしてC u P c、H T Lとして-N P D、E T LとしてB C P、E I LとしてB C P : L iをそれぞれ用いる。

【0077】

また、有機化合物層(E L層)405として、フルカラー表示とする場合、赤色(R)、緑色(G)、青色(B)の発光を示す材料を、それぞれ蒸着マスクを用いた蒸着法、またはインクジェット法などによって適宜、選択的に形成すればよい。なおインクジェット法とは、導電膜や絶縁膜などの材料が混入された組成物の液滴(ドットとも表記する)を選択的に吐出(噴出)する方法である。具体的には、H I LとしてC u P cやP E D O T、H T Lとして-N P D、E T LとしてB C PやA l q₃、E I LとしてB C P : L iやC a F₂をそれぞれ用いる。また例えはE M Lは、R、G、Bのそれぞれの発光色に対応したドーパント(Rの場合D C M等、Gの場合D M Q D等)をドープしたA l q₃を用いればよい。なお、上記有機化合物層の積層構造に限定されない。

【0078】

より具体的な有機化合物層の積層構造は、赤色の発光を示す有機化合物層405を形成する場合、例えば、C u P cを30nm形成し、-N P Dを60nm形成した後、同一のマスクを用いて、赤色の発光層としてD C M₂及びルブレンが添加されたA l q₃を40nm形成し、電子輸送層としてB C Pを40nm形成し、電子注入層としてL iが添加されたB C Pを1nm形成する。また、緑色の発光を示す有機化合物層を形成する場合、例えば、C u P cを30nm形成し、-N P Dを60nm成膜した後、同一の蒸着マスクを用いて、緑色の発光層としてクマリン545Tが添加されたA l q₃を40nm形成し、電子輸送層としてB C Pを40nm形成し、電子注入層としてL iが添加されたB C Pを1nm形成する。また、青色の発光を示す有機化合物を含む層を形成する場合、例えば、C u P cを30nm形成し、-N P Dを60nm形成した後、同一のマスクを用いて発光層としてビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)ベンゾオキサゾラト]亜鉛:Zn(P B O)₂を10nm形成し、電子輸送層としてB C Pを40nm成膜し、電子注入層としてL iが添加されたB C Pを1nm形成する。

【0079】

以上、各色の有機化合物層のうち、共通しているC u P cや-N P Dは、画素部全面に形成することができる。またマスクは、各色で共有することもでき、例えば、赤色の有機化合物層を形成後、マスクをずらして、緑色の有機化合物層、再度マスクをずらして青色の有機化合物層を形成することができる。なお、形成する各色の有機化合物層の順序は適宜設定すればよい。

【0080】

また白色発光の場合、カラーフィルターや色変換層などを別途設けることによってフルカラー表示を行ってもよい。上方に発光する白色光に対するカラーフィルターや色変換層は、第2の基板に設けた後、張り合わせればよい。また、下方に発光する白色光に対するカラーフィルターや色変換層は、ドレイン電極(またはソース電極)416を形成後、絶縁膜を介して形成することができる。その後、カラーフィルターや色変換層上に絶縁膜、第2の導電膜の順に形成し、ドレイン電極(またはソース電極)416と第2の導電膜とは、絶縁膜に形成されるコンタクトを介して接続すればよい。

【0081】

本発明のレーザ照射装置、及びレーザ照射方法により、均一性の高い結晶性半導体膜を有する発光装置を提供することができる。その結果、表示部において、表示ムラに起因するレーザビームのムラの低減された発光装置を提供することができる。

【0082】

なお、本発明のアクティブマトリクス基板は液晶表示装置やその他の表示装置、更には半導体集積回路やC P Uにも採用することができる。

【0083】

10

20

30

40

50

(実施の形態 5)

本発明により作製されたアクティブマトリクス基板は、様々な電子機器に適用することができます。電子機器としては、携帯情報端末（携帯電話機、モバイルコンピュータ、携帯型ゲーム機又は電子書籍等）、ビデオカメラ、デジタルカメラ、ゴーグル型ディスプレイ、表示ディスプレイ、ナビゲーションシステム等が挙げられる。これら電子機器の具体例を図5に示す。

【0084】

図5(A)はディスプレイであり、筐体4001、音声出力部4002、表示部4003等を含む。本発明により形成されたアクティブマトリクス基板により発光素子又は液晶材料を有する表示部4003を完成することができる。表示装置は、パソコン用、TV放送受信用、広告表示用など全ての情報表示装置が含まれる。

10

【0085】

図5(B)はモバイルコンピュータであり、本体4101、スタイルス4102、表示部4103、操作ボタン4104、外部インターフェイス4105等を含む。本発明により形成されたアクティブマトリクス基板により発光素子や液晶材料を有する表示部4103を完成することができる。

【0086】

図5(C)はゲーム機であり、本体4201、表示部4202、操作ボタン4203等を含む。本発明により形成されたアクティブマトリクス基板により発光素子や液晶材料を有する表示部4202を完成することができる。図5(D)は携帯電話機であり、本体4301、音声出力部4302、音声入力部4303、表示部4304、操作スイッチ4305、アンテナ4306等を含む。本発明により形成されたアクティブマトリクス基板により発光素子や液晶材料を有する表示部4304を完成することができる。

20

【0087】

図5(E)は電子ブックリーダーであり、表示部4401等を含む。本発明により形成されたアクティブマトリクス基板により発光素子や液晶材料を有する表示部4202を完成することができる。

【0088】

以上のように、本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用いることが可能である。特に、アクティブマトリクス基板の絶縁基板をフレキシブル基板として薄型化や軽量化が実現することができる。

30

【0089】

(実施の形態 6)

なお本発明はCWビームに限定されず、パルス的に出力されるエネルギー ビーム（パルスビーム、特に、光源にレーザを使用する場合パルスレーザと表記する。）であっても、半導体膜がレーザ光によって溶融してから固化するまでに、次のレーザ光を照射できるような発振周波数でレーザ光を発振させることで、走査方向に向かって連続的に成長した結晶粒を得ることができれば、本発明の効果を奏することができる。すなわち、パルス発振の周期（発振周波数）が、半導体膜が溶融してから完全に固化するまでの時間よりも短くなるように、発振周波数の下限を定めたパルスビームを使用してもよい。例えば光源にレーザを用いたパルスレーザにおいて、具体的な発振周波数は10MHz以上とし、通常用いられている数十Hz～数百Hzの周波数よりも著しく高い周波数を使用する。

40

【0090】

高い周波数を使用する理由を説明すると、パルスレーザでは、レーザ光を半導体膜に照射してから半導体膜が完全に固化するまでの時間は数十nsec～数百nsecと言われてあり、上記周波数を用いることで、半導体膜がレーザ光によって溶融してから固化するまでに、次のレーザ光を照射することができる。したがって、従来のパルスレーザを用いる場合と異なり、半導体膜中において固液界面を連続的に移動させることができるので、走査方向に向かって連続的に成長した結晶粒を有する半導体膜が形成される。具体的には、結晶粒の走査方向における幅が10～30μm、走査方向に対して垂直な方向における

50

幅が1～5 μm程度の結晶粒の集合を形成することができ、C Wレーザと同程度の結晶粒を得ることができる。そして該走査方向に沿って長く伸びた単結晶の結晶粒を形成することで、少なくともTFTのキャリアの移動方向には結晶粒界のほとんど存在しない半導体膜の形成が可能となる。

【0091】

上記周波数での発振が可能であるならば、パルスビームとしてArレーザ、Krレーザ、エキシマレーザ、CO₂レーザ、YAGレーザ、Y₂O₃レーザ、YVO₄レーザ、YLFレーザ、YAlO₃レーザ、ガラスレーザ、ルビーレーザ、アレキサンドライトレーザ、Ti:サファイアレーザ、銅蒸気レーザまたは金蒸気レーザから射出されるビームを用いることができる。

10

【0092】

例えば、レーザ光として、エネルギー2W、TEM(00)の発振モード、第2高調波(532nm)、発振周波数80MHz、パルス幅12μsecのYVO₄レーザ光を用いることができ、この発振器を有するパルスレーザ照射装置を用いることができる。なお、レーザ光を光学系により加工することで半導体膜の表面に形成されるスポットは、短軸10μm、長軸100μmの矩形状とすることができます。発振周波数を80MHzとすることで、固液界面を連続的に移動させることができるので、走査方向に向かって連続的に成長した結晶粒が形成される。該走査方向に沿って長く伸びた単結晶の粒を形成することで、少なくともTFTのキャリアの移動方向、つまりチャネル方向には結晶粒界のほとんど存在しない半導体膜の形成が可能となる。

20

【0093】

すなわち本発明は、連続的又はパルス的に発振されるビームのいずれを用いて走査する場合であっても、レーザ光のスポットの走査速度が所定値以外となるとき、遮光することを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【0094】

【図1】本発明のレーザ照射装置を示す図。

【図2】本発明のレーザ照射装置を示す図。

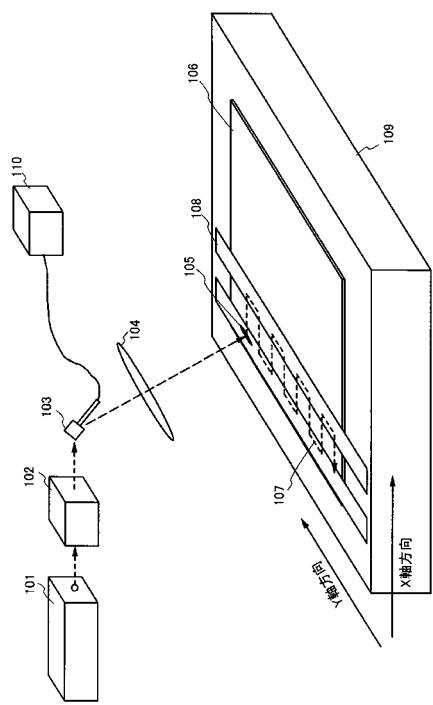
【図3】本発明のレーザ照射方法を示す図。

【図4】本発明のレーザ照射方法を用いて形成される発光装置を示す図。

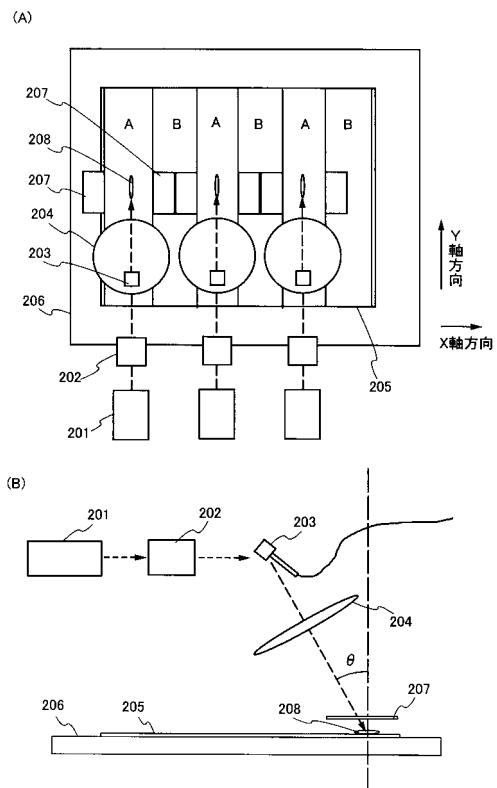
30

【図5】本発明のレーザ照射方法を用いて形成される電子機器を示す図。

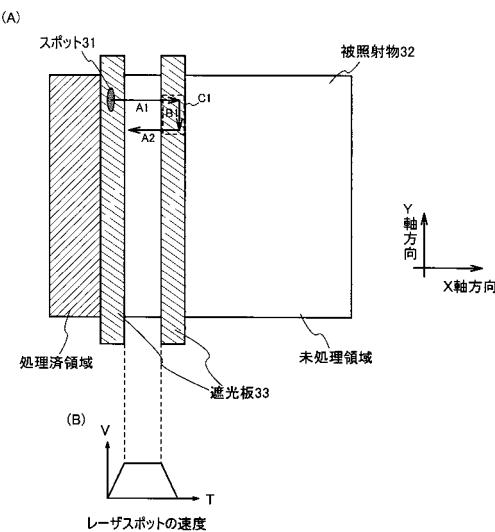
【図1】



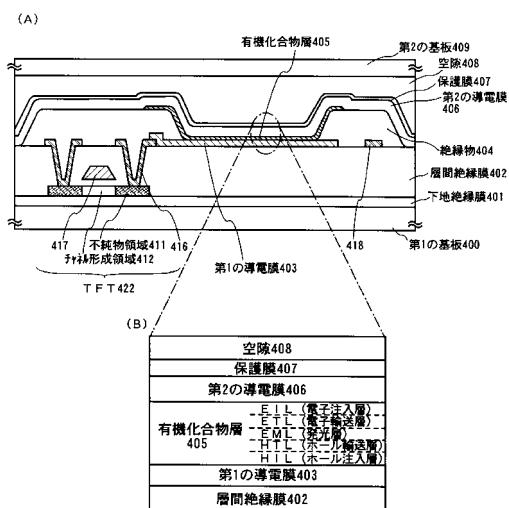
【図2】



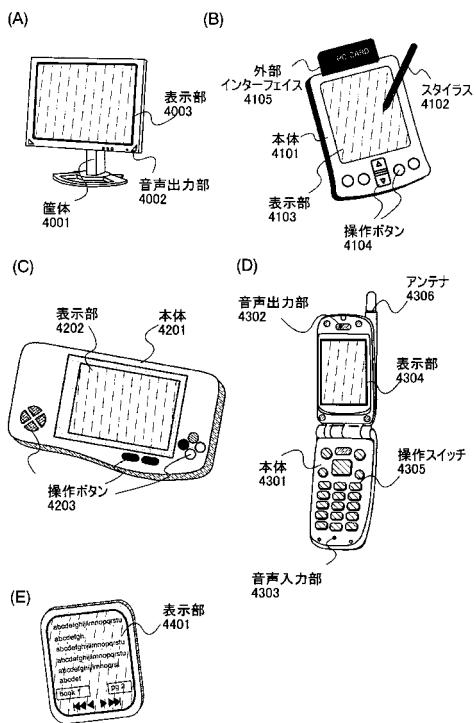
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-059859(JP,A)
特開2003-045820(JP,A)
特開平01-276621(JP,A)
特開2004-056058(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/268
H01L 21/20
H01L 21/336
H01L 29/786
B23K 26/00 - 26/42