

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4761734号
(P4761734)

(45) 発行日 平成23年8月31日(2011.8.31)

(24) 登録日 平成23年6月17日(2011.6.17)

(51) Int. Cl. F I
 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 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2004-231798 (P2004-231798)
 (22) 出願日 平成16年8月9日(2004.8.9)
 (65) 公開番号 特開2005-101548 (P2005-101548A)
 (43) 公開日 平成17年4月14日(2005.4.14)
 審査請求日 平成19年7月11日(2007.7.11)
 (31) 優先権主張番号 特願2003-293897 (P2003-293897)
 (32) 優先日 平成15年8月15日(2003.8.15)
 (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】 半導体装置の作製方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上に半導体膜を形成する工程と、
可視領域の波長を有する、強度分布の均一なレーザービームを前記半導体膜に対して垂直に照射する工程とを有し、

前記基板は、前記半導体膜を透過した前記レーザービームを吸収する特性を有し、
 前記基板の厚さを d [mm] とすると、前記レーザービームに対する前記基板の吸収係数 $[mm^{-1}]$ は、 $1n10/2d$ の条件を満たし、
 前記基板に対して前記レーザービームを相対的に往復走査させて照射し、
 前記基板は、可視光に対して不透明な着色ガラス基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2】

第1の面及び第2の面を有する基板において、当該第1の面上に半導体膜を形成する工程と、

可視領域の波長を有する、強度分布の均一なレーザービームを前記半導体膜に対して垂直に照射する工程とを有し、

前記基板は、前記半導体膜を透過した前記レーザービームの一部を吸収し、一部を前記第1の面で反射する特性を有し、

前記基板の厚さを d [mm] とすると、前記レーザービームに対する前記基板の吸収係数 $[mm^{-1}]$ は、 $1n10/2d$ の条件を満たし、

10

20

前記基板に対して前記レーザービームを相対的に往復走査させて照射し、
前記基板は、可視光に対して不透明な着色ガラス基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 3】

請求項 1 または請求項 2 において、前記レーザービームに対する前記基板の吸収係数は $1 \text{ [mm}^{-1}\text{]}$ 以上であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 4】

第 1 の面及び第 2 の面を有する基板において、当該第 1 の面上に半導体膜を形成する工程と、

可視領域の波長を有する、強度分布の均一なレーザービームを前記半導体膜に対して垂直に照射する工程とを有し、

前記基板は、前記半導体膜を透過して前記第 1 の面に達した前記レーザービームを、前記第 1 の面で反射する特性を有し、

前記第 2 の面で反射される前記レーザービームの反射率は 0.4% 以下であり、

前記基板に対して前記レーザービームを相対的に往復走査させて照射し、

前記基板は、可視光に対して不透明な着色ガラス基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 5】

請求項 1 乃至 4 のいずれか一において、前記基板は、前記レーザービームに対して不透明であることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 のいずれか一において、基板に不純物を混入して着色することにより、前記着色ガラス基板を形成することを特徴とする半導体装置の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、基板上形成した半導体膜でトランジスタ等の素子を形成した半導体装置、並びに該半導体膜のアニール等をするためのレーザービームの照射方法、及びレーザービームの照射を工程に含んだ半導体装置の作製方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、基板上に薄膜トランジスタ（以下 T F T と記す。）を製造する技術が大幅に進歩し、アクティブマトリクス型表示装置への応用開発が進められている。特に、多結晶半導体膜を用いた T F T は、従来の非晶質半導体膜を用いた T F T よりも電界効果移動度が高いので、高速動作が可能である。そのため、画素の駆動用の回路を外付けの I C チップで実装していたものを、画素と同一の基板上に T F T を用いて一体形成することが可能となっている。

【0003】

T F T を作製するために適した多結晶半導体膜は、非晶質半導体膜を結晶化して得られているが、通常この結晶化にはレーザーアニール法が用いられている。これは、通常のアニールでは 600 以上の高温が必要であるのに対し、廉価なガラス基板は耐熱性に劣り熱変形しやすいためである。すなわち、レーザーアニール法は輻射加熱あるいは伝導加熱を利用するアニール法と比較して処理時間を大幅に短縮できることや、半導体基板又は半導体膜を選択的、局所的に加熱して、基板に殆ど熱的損傷を与えないといった有利な特徴を有しているため、ガラス基板上に形成した非晶質半導体膜の結晶化に広く用いられている。

【0004】

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

10

20

30

40

50

技術も含んでいる。

【0005】

レーザーアニールに用いられるレーザー発振器はその発振方法により、パルス発振と連続発振の2種類に大別される。近年では、半導体膜の結晶化においてエキシマレーザーのようなパルス発振のレーザー発振器よりもArレーザーや、YVO₄レーザーのような連続発振（略してCWともいう）のレーザー発振器を用いる方が、半導体膜内に形成される結晶の粒径が大きくなることを見出されている。このとき用いる連続発振のレーザービームの波長としては、非晶質半導体膜の吸収率が比較的高く、レーザー出力の得易い可視領域の波長が用いられる。半導体膜内の結晶粒径が大きくなると、該半導体膜を用いて形成されるTFTチャンネル領域に入る粒界の数が減るので移動度が高くなり、より高性能なデバイスの開発に利用できる。そのため、連続発振のレーザー発振器を使った半導体膜の結晶化技術は注目を集めている。

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、連続発振のレーザー発振器を用いてレーザーアニールを行うにあたって、半導体膜においてアニールの状態が不均一になるという問題がある。その原因として、レーザー発振器から発振されたレーザービームは、ガウス分布で中心から端に向かってエネルギーが弱まる特徴を有していることが挙げられる。従って、均一にアニールすることは難しい。

20

【0007】

本発明はこのような問題に鑑み、基板上に形成した半導体膜などの加工対象物に対し、均一にアニールなどのレーザー処理をすることができるレーザービームの照射方法、及びそれを用いた半導体装置の作製方法、並びにその方法により作製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】

【0008】

半導体装置を作製するにあたって、基板としてガラス基板を使用し、このガラス基板に半導体膜を形成したものを照射面として、可視のレーザービームを垂直に入射することでレーザーアニールを行うとき、ガラス基板は可視光に対して吸収率が低いために、基板に入射したレーザービーム（以下、入射光と呼ぶ。）は基板の第1の面内を透過し、基板の第2の面に到達する。なおここで、基板の第1の面とは半導体膜が形成され、レーザービームを照射する基板の面を示し、基板の第2の面とは基板の第1の面の反対の面を示している。そして、基板の第2の面でレーザービームは反射し、この反射したレーザービーム（以下、反射光と呼ぶ。）は、半導体膜に再入射する。このとき、入射光によって加熱され、熔融した半導体膜に反射光が再入射する。このことによって、半導体膜上において入射光と反射光による干渉が起こる為に、レーザービーム同士が強め合う部分と弱め合う部分ができ、レーザービームでアニールされる半導体膜の状態にバラツキが生じてしまうことが判明した。

30

【0009】

本発明では、レーザーアニール等のレーザー処理を行うに際し、照射するレーザービームの波長に合わせて、そのレーザービームを基板の第1の面で反射するか又は基板内で吸収することができる基板、或いは一部を基板の第1の面で反射し一部を基板内で吸収することができる基板を用いるものである。

40

【0010】

本発明は、基板の基板の第1の面上に結晶性を有する半導体膜が備えられた半導体装置に関し、その基板は、一部が半導体膜に吸収され、一部が透過光となり基板の第1の面に達し、かつ、該半導体膜を結晶化可能なエネルギー密度で照射されるレーザービームを、基板の第1の面で反射するか若しくはその基板内で吸収するか、又は一部を基板の第1の面で反射し一部を基板内で吸収する特性を有している。そのような特性を有する基板を用いることで、基板上にレーザービームが入射したとき、基板の第2の面からの反射光の強度が

50

半導体膜のアニール状態に影響を及ぼす閾値未満になれば、反射光は半導体膜のアニールの均一性に影響しなくなる。従って、強度分布が均一なレーザービームを用いたとき、反射光の影響を受けることなく、半導体膜を均一にアニールすることができる。さらに、YVO₄レーザの第二高調波のような可視領域の波長をもつ連続発振のレーザ発振器を用いてレーザアニールを行うことで、他の高次の高調波と比較して比較的効率よく基板全面を大粒径の多結晶からなる領域（以下、大粒径領域と呼ぶ。）とすることができる。

【0011】

上記の発明において、基板の厚さを d とすると、レーザービームに対する基板の吸収係数は、 $\ln 10 / 2d$ の条件を満たすことが好ましい。実際には、基板の第2の面からの反射率は4%程度あり、これが影響して不均一なアニールとなる。本発明者の実験によると、その反射率を0.4%とすることで、その影響を無くすことができた。よって、光が基板の厚さの2倍の距離（ $2d$ ）を進む間に、光の強度が $1/10$ になれば、干渉の影響が消失することが可能であると考えられ、上記の式が導出されることとなる。ここで上記した条件において、入射光強度 I_0 の光が吸収係数の媒質中を距離 $2d$ 進んだときの強度（つまりはビームが入射する基板の第1の面における基板の第2の面での反射光の強度）を I とし、 $I = I_0 / 10$ になるときの吸収係数を最小値とした。基板の吸収係数がこの条件を満たせば、基板の第2の面からの反射光の強度が半導体膜のアニール状態に影響を及ぼす閾値未満になるため、反射光の影響を考慮することなくアニールを行うことができる。

【0012】

TFT付きの基板の製造に用いられるガラスを素材とした基板は0.5～1.1mm程度のものが市販されている。このことを考慮すると、1.1mmの厚さの基板において、基板の第2の面からの反射光の強度が半導体膜のアニール状態に影響を及ぼさないための吸収係数は、上記の計算式から約 $1/\text{mm}$ である。従って、薄い基板でも、基板の第2の面からの反射光の強度が半導体膜のアニール状態に影響を及ぼさない程度とするためには、吸収係数が $1/\text{mm}$ 以上である必要がある。このことから、上記の発明において、レーザービームに対する基板の吸収係数は $1/\text{mm}$ 以上である。

【0013】

上記発明において、上記した基板は照射するレーザービームに対して不透明である。照射するレーザービームに対して不透明であるとは、レーザービームの透過率が小さいことを意味するものであり、すなわち、基板の第2の面（レーザービームが入射しない側の面）で反射光が発生しないものである。これにより入射光と反射光との干渉が発生せず、アニールの均一性に影響を及ぼすことを無くすことができる。特に、YVO₄レーザの第二高調波（532nm）のような可視領域の波長をもつ連続発振のレーザ発振器を用いてレーザアニールを行う場合には、基板は、可視光に対して不透明であることが好ましく、例えば色付きガラス基板や、セラミックス基板などの絶縁性基板を用いることができる。

【0014】

本発明では、このような特性を有する基板を用いることで、その基板上に形成される半導体膜は、多結晶性を有し、その結晶粒は一方向に長く、結晶粒の長さがレーザービームを走査する一方向に沿って600nm以上であるものを得ることができる。

【0015】

本発明は、レーザ発振器から射出されたレーザービームを、光学系を用いて強度分布の均一なレーザービームとし、半導体膜等の光吸収性の薄膜を形成した基板に照射するレーザ照射方法に関し、そのレーザービームを基板の第1の面で反射するか若しくはその基板内で吸収するか、又は一部を基板の第1の面で反射し一部を吸収する特性を有する基板を用い、そのレーザービームは、光吸収性の薄膜が形成された基板に対して垂直に照射し、基板に対して該レーザービームを相対的に往復走査させて照射する。

【0016】

上記の発明において、基板の厚さを d とすると、レーザービームに対する基板の吸収係数は、 $\ln 10 / 2d$ の条件を満たすようにすることが好ましい。また、基板の厚さが

10

20

30

40

50

0.5 ~ 1.1 mm程度のものが多く流通していることを考慮すると、基板の吸収係数は1 / mm以上であることが好ましい。

【0017】

本発明は、レーザービームを基板に対して垂直に入射することができる。なぜならば、レーザービームを、基板の第1の面で反射する基板、又は吸収する基板、或いは基板の第1の面で一部を反射し一部を吸収する基板を用いることで、基板の第2の面からの反射光の影響を考慮する必要がないためである。

【0018】

上記の発明において、レーザー発振器はYVO₄レーザー、YLFレーザー、Arレーザー、エキシマレーザー、YAGレーザー、ガラスレーザーのいずれか一種又は複数種を組み合わせることができる。

10

【0019】

上記の発明において、YVO₄レーザーの第二高調波(532 nm)のような可視領域の波長をもつ連続発振のレーザー発振器を用いてレーザーアニールを行う場合には、基板は、可視光に対して不透明であることが好ましく、例えば色付きガラス基板や、セラミックス基板などの絶縁性基板を用いることができる。不透明な基板を用いることによって、基板裏面からの反射光が発生せず、このため、反射光の影響を考慮することなくレーザーアニールを行うことができる。このように、基板裏面からの反射光の影響がなくなると、レーザービームを半導体膜に対して垂直に入射させることが可能になるため、基板の走査方向によらずレーザーアニールをより同じにできる。

20

【0020】

本発明は、基板に半導体膜を形成する工程と、レーザー発振器から射出されたレーザービームを光学系を用いて強度分布の均一なレーザービームとし、基板を照射面としてレーザーアニールする工程とを有し、そのレーザーアニールする工程は、半導体膜をレーザーアニールする際に照射するレーザービームを、その基板の第1の面で反射若しくはその基板で吸収するか、又は一部を基板の第1の面で反射し一部を吸収する特性を有する基板を用い、レーザービームは、基板に対して垂直に照射し、基板に対して該レーザービームを相対的に往復走査させて照射する半導体装置の作製方法である。

【0021】

上記の発明において、基板の厚さをdとすると、レーザービームに対する基板の吸収係数は、 $\ln 10 / 2d$ の条件を満たす基板を用いることが好ましい。特に、基板の吸収係数が1 / mm以上であることが好ましい。

30

【0022】

レーザー発振器はYVO₄レーザー、YLFレーザー、Arレーザー、エキシマレーザー、YAGレーザー、ガラスレーザーのいずれか一種あるいは複数種を組み合わせることができる。

【0023】

上記の発明において、YVO₄レーザーの第二高調波(532 nm)のような可視領域の波長をもつ連続発振のレーザー発振器を用いてレーザーアニールを行う場合には、基板は、可視光に対して不透明であることが好ましく、例えば色付きガラス基板や、セラミックス基板などの絶縁性基板を用いることができる。

40

【発明の効果】

【0024】

本発明を用いてレーザーアニールを行うことにより、レーザービームが、その基板の第1の面で反射するか、又はその基板で吸収するか、或いは一部を基板の第1の面で反射し一部を吸収することにより、基板上にレーザービームが入射したとき、基板の第2の面からの反射光の強度が半導体膜のアニール状態に影響を及ぼす閾値未満になれば、半導体膜のアニールの均一性を向上させることができる。そして、アニールに用いるレーザービームに対して不透明である基板を用いれば、レーザービームの透過率は小さくなり、基板上にレーザービームが入射したとき、基板の第2の面に入射光が到達しないため、基板の第2の面で反射

50

光が発生せず、アニールの均一性を向上させることができる。従って、レーザアニールするにあたって、反射光の影響を考慮する必要がなくなる。

【0025】

このことから、反射光の影響を抑えるために、半導体膜に対してレーザビームを斜めに入射させる必要もなくなり、半導体膜に対してレーザビームを垂直に入射させることが可能となる。垂直入射が可能となると、光学設計により大きな自由度を持たせることができるので、例えばディフラクティブオプティクスを用いたビームホモジナイザを使い、強度分布が均一なレーザビームを容易に形成することができる。また、本発明を用いれば、強度分布の均一なレーザビームを基板に垂直に入射させても、基板の第2の面からの反射光の影響がほとんどない、あるいは全くないため、レーザアニールされた半導体膜の結晶性の均一性を著しく向上させることができる。この時、Arレーザの発振波長やYVO₄レーザの第二高調波のような可視領域の波長をもつ連続発振のレーザ発振器を用いると、他の高次の高調波と比較してエネルギー効率が高いため、比較的短時間で、半導体膜の全面を大粒径領域とすることができる。また、該半導体膜を用いてTFTを作製すると、従来の結晶性半導体膜に比べて移動度が著しく高くなり、高速動作の必要な半導体装置にも該TFTを適用できる。

10

【0026】

さらに、本発明を用いるとレーザビームを基板に対して垂直に入射させることが可能となるため、レーザアニールの走査方向による違いがなくなり、レーザビームを往復走査させてアニールを行っても、往路、復路ともに同様な大粒径領域とすることができることから、短時間で多数の基板を処理できる。即ち、スループットが高くなるという利点がある。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。但し、本発明は多くの異なる態様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。

【0028】

(実施の形態1)

本発明の第1の実施の態様について図1及び図3を用いて詳細に説明する。

30

【0029】

まず、基板として、不純物を混入して着色し、可視光に対して不透明なガラス基板を用意する。ガラス基板には、非晶質半導体膜または非単結晶半導体膜を形成し、この基板を照射面としてレーザアニールを行う。なお、ガラス基板としては、着色ガラス基板のほかに、セラミックスなどレーザアニール処理に耐え得る耐熱性を有し、用いるレーザビームに対して不透明な材料であれば、基板として用いることができる。

【0030】

次にレーザ照射方法について、図1を用いて説明する。図1において、レーザビームは実線の矢印の方向に伝搬する。レーザ発振器100は、YVO₄レーザであり、第二高調波を出力する。なお、レーザ発振器100は、YVO₄レーザに限らず、YLFレーザ、Arレーザ、YAGレーザ、エキシマレーザ、ガラスレーザの中から一種、あるいは複数を組み合わせて用いてもよい。エキシマレーザ、ガラスレーザなどは、パルスレーザであるが、これらのレーザを用いても、本発明が特徴とする効果を得ることは可能である。その後、ビームホモジナイザとしてディフラクティブオプティクス101を用いて強度分布の均一な矩形のレーザビームを形成する。そして、凸シリンドリカルレンズ102及び103を用いて長尺方向及び短尺方向に長さを調節する。これによって、望みの縦横比の長方形レーザビームに整形し、ミラー104で反射した後、集光レンズ105で長方形のレーザビームのサイズを調節し、非晶質半導体膜106を形成した不透明なガラス基板107に入射する。なお、集光レンズ105によって集光されたレーザビームは、ガラ

40

50

ス基板 107 に対して垂直に入射する。また、基板を移動させる移動ステージとしては、X 軸ステージ 108 及び Y 軸ステージ 109 を使用する。

【0031】

ガラス基板 107 の第 1 の面において、レーザービームは垂直に入射するが、ガラス基板 107 は可視光に対して不透明な着色ガラスであり、レーザービームはガラス基板 107 を透過しないために、ガラス基板 107 の第 2 の面には到達せず、従ってガラス基板 107 の第 2 の面からの反射光も発生しない。このため、ガラス基板 107 の第 2 の面からの反射光の影響を考慮することなく、レーザーアニールを行うことができる。さらに、基板に対して垂直に入射できることから、ディフラクティブオプティクス 101 及び凸シリンドリカルレンズ 102、103 によって形成された強度分布の均一な長方形のレーザービームは、ガラス基板 107 の走査方向 A、B に対して全く対称な関係にある。従って、走査方向 A、B によらず、同様なレーザーアニールを行うことができるため、効率よくガラス基板 107 全面に均一なアニールを行うことができる。

10

【0032】

次に、図 3 を用いて非晶質半導体膜 106 全面を大粒径領域とする照射方法について説明する。識別を容易にするため図中の符号は図 1 と同じものを使った。非晶質半導体膜 106 が形成された基板 107 を吸着ステージに固定し、レーザービームを照射する。まず X 軸ステージ 108 により、非晶質半導体膜 106 を一筋走査する。一筋は図 3 中において、A1 の部分に相当する。図 3 中、X 軸ステージ 108 にて、往路 A_m (m は正の整数) の部分をレーザー照射した後、大粒径領域 110 の幅の長さ分だけ Y 軸ステージ 109 を走査方向とは垂直な方向にスライドさせ、復路 B_m の部分をレーザー照射する。このような一連の動作を繰り返すことにより、非晶質半導体膜 106 全面を大粒径領域とすることができる。

20

【0033】

このような問題を解決するためには、基板の第 1 面に対してレーザービームを斜めに入射してアニールする方法もある。これについて、図 2 を参照して説明する。図 2 (a) 及び (b) は、半導体膜 201 を形成した基板 202 を、移動ステージ 203 を A 方向又は B 方向に移動させながら、可視のレーザービームを用いてレーザーアニールを行う様子を示している。このとき、上記のように基板としてガラス基板を用いる場合、基板は可視光に対して透明であるため、入射光は基板の第 1 面内を透過し、基板の第 2 の面で反射して半導体膜 201 に再入射する。干渉を防ぐためには、図 2 (b) のように、入射光と反射光とが半導体膜 201 上で重ならないような入射角度でレーザービームを入射する必要がある。しかしながら、図 2 (a) のように入射角度が小さい場合、たとえレーザービームの強度分布が均一であったとしても、入射光と反射光とが半導体膜 201 上で重なり合うため、干渉を起こし、アニールの状態は不均一になる可能性がある。

30

【0034】

したがって、入射光と反射光との干渉を防ぐためにとられていた手法の一つとして、図 2 (b) に示すように入射角度を大きくとって斜めに入射し、入射光と反射光とが半導体膜上で重ならないようにする手法があり、この場合、干渉による不均一なアニールは起こらない。しかしながら、この場合、入射角度を大きくとるため、光学系の設計が難しく、またビームホモジナイザを用いることが難しいという問題がある。ビームホモジナイザとは、ディフラクティブオプティクスのような、レーザービームの強度分布を均一化する光学系である。上記のように、レーザー発振器から発振されたレーザービームの強度分布はガウス分布であり、その強度分布は均一ではない。従って、照射面において強度分布の均一なレーザービームを形成しようとするとき、レーザー発振器と照射面との間に、光学系としてビームホモジナイザを配置することが必要となる。しかしながら、一般的なビームホモジナイザは、ビームホモジナイザと平行に位置した照射面において強度分布の均一なレーザービームを形成するように設計されている。従って、一般的なビームホモジナイザを使って、基板に対してレーザービームの入射角度を大きくとって入射させた場合、強度分布の均一なレーザービームを形成できないため、基板全面に均一なアニールを行うことができない。しかし

40

50

、本発明を適用することで、基板に対してレーザビームを垂直に入射できることから、一般的なビームホモジナイザを用いて、照射面において均一なレーザビームを形成することができる。照射面である半導体膜を形成する基板には、本発明による基板を利用し、かつ強度分布が均一なレーザビームを用いてレーザアニールを行えば、基板全面に均一なアニールを行うことができる。

【0035】

また、図2(b)に示したように、A方向に基板を動かしてアニールした後の半導体膜の状態(具体的には結晶性や結晶の配向)は、B方向に基板を動かしてアニールした後の半導体膜の状態とは異なるという問題がある。この理由は以下の通りである。まず、A方向に動かした場合、半導体膜には入射光より先に反射光が入射する。一方、B方向に基板を動かした場合、反射光より先に入射光が入射する。入射光は、基板の第1の面において一部が反射、あるいは基板の第2の面で透過しているため、基板の第2の面からの反射光は、入射光よりエネルギーが弱く、A方向に動かした場合、半導体膜は、まず弱い反射光によって加熱され、その後、強い入射光によって加熱される。また、B方向に動かした場合はその逆になるため、加熱のされ方が異なる。このことから、A方向によるアニールと、B方向によるアニールとは、アニール後の半導体膜の状態が異なる結果となる。従って、半導体膜の全面が同じ状態になるようにアニールしたい場合に、一方向にしか走査できない。つまり、A方向及びB方向に移動ステージを往復走査させてアニールすることはできないため、一枚の基板を処理するために要する時間が長く、スループットが低いという問題がある。

【0036】

しかし、本発明が開示するレーザ照射方法を用いれば、レーザアニールの際に、レーザビームが基板の第1の面で反射するか、あるいは基板に吸収されるか、あるいはその両方がおこるために、上記で説明したように基板の第2の面からの反射光の強度が小さくなり、反射光は半導体膜のアニールの均一性に影響しなくなるため、基板の第2の面からの反射光の影響を考慮する必要がない。従って、半導体膜が入射光によってのみ加熱されることから、基板全面において半導体膜の加熱のされ方が同じになり、アニール後の半導体膜の状態が均一になる。従って、図2において、A方向及びB方向ともにレーザビームを照射することができる。つまり、レーザビームを往復走査させてアニールをすることが可能になるため、従来の手法に比べてスループットが向上する。

【0037】

図2に示したように、レーザビームを、基板に対して斜めに入射する場合、移動ステージの移動方向によって、アニールされた半導体膜の状態が異なるが、本発明によると、図2の(a)及び(b)に示すA方向またはB方向ともにレーザビームを照射してアニールしても、アニール後の半導体膜の状態は基板全面において均一な大粒径の多結晶半導体膜である。従って、レーザビームの往復走査によるアニールが可能であるため、一枚の基板を処理する時間が短縮され、短時間で多数の基板を処理することができる。即ち、スループットが高くなる。

【0038】

(実施の形態2)

本発明の第2の実施の態様について図7を参照して詳細に説明する。図7は、大型のガラス基板にレーザアニールを行う一例を示している。

【0039】

まず、大型のガラス基板706を用意する。ガラス基板706は、発明を実施するための最良の形態1と同様に、不純物を混入して着色した可視光に対して不透明なガラス基板とする。そして、ガラス基板706上に、公知の手段(スパッタ法、LPCVD法、またはプラズマCVD法等)を用いて非晶質半導体膜705を形成し、ガラス基板706を照射面としてレーザアニールを行う。あるいはレーザアニール前に、金属元素などを半導体膜に導入後、熱処理を行うことで、該半導体膜を結晶化させてもよい。

【0040】

レーザー発振器701としては連続発振のYAGレーザーまたはYVO₄レーザーの第二高調波を用いるが、図7に示すように、同じレーザー発振器を計10台用いて、大型のガラス基板706のレーザーアニールを行う。レーザー発振器及び、光学系は全てのレーザー照射装置において同様のものを使用するため、符号は全てには付けず、一つのレーザー照射装置を取り上げて説明する。

【0041】

また、図7に示すように、レーザービームの照射開始位置を一つずつ前後にずらしている理由は以下の通りである。非晶質半導体膜705上において、矩形形状のレーザービームの中心から、該レーザービームと隣り合う矩形形状のレーザービームの中心までの距離は60mmと短く、集光レンズ704をこの間隔で配置するのは、少し無理がある。仮に配置が可能であっても、光学調整の際に必要な空間が充分でないことが予想される。そこで、光学系間で適度な距離を保つためには、図7に示すようにレーザービームの照射位置を一つずつ前後にずらすことが有効である。これによって、隣り合う光学系が触れ合うこともなく、また光学系の配置、調整を容易に行うことができる。しかし、レーザービームの照射開始位置が前後にずれるために、非晶質半導体膜705全面を結晶化させるためには、ガラス基板706の走査距離を少し長めにとる必要がある。

【0042】

レーザー発振器701から射出されたレーザービームは、ディフラクティブオプティクス702によって強度分布の均一な矩形形状のレーザービームに整形され、該レーザービームはミラー703で反射された後、集光レンズ704によって集光され、非晶質半導体膜705に対して垂直に入射する。他のレーザー照射装置においても同様に、強度分布が均一な矩形形状のレーザービームを形成し、非晶質半導体膜705に垂直に入射する。

【0043】

ガラス基板706を移動させる移動ステージとしては、X軸ステージ707、Y軸ステージ708を使用する。ガラス基板706が大型なため、より安定して基板を移動させるために、X軸ステージ707の稼動軸は二軸用意する。そして、X軸ステージ707及びY軸ステージ708は、発明を実施するための最良の形態1で図3を用いて説明したように、まず、X軸ステージ707で非晶質半導体膜705をP方向に一筋走査した後、大粒径領域の幅方向の長さ分だけY軸ステージ708をP方向に垂直な方向にスライドさせ、再びX軸ステージ707をQ方向に走査させレーザー照射する。このような一連の動作を繰り返すことにより、非晶質半導体膜705全面を大粒径領域とすることができる。

【0044】

本実施の形態では、レーザー照射装置を10系統使用してレーザーアニールを行ったが、例えば半数の5系統、あるいは倍の20系統を用いても、本発明を適用してレーザーアニールを行うことができる。こうして、大型ガラス基板上に形成した非晶質半導体膜の全面を大粒径領域とすることができる。該半導体膜を用いてTFTを作製すると、従来の結晶性半導体膜に比べて移動度が著しく高くなり、高速動作の必要な半導体装置にも該TFTを適用できる。

【実施例1】

【0045】

本実施例では、本発明の第2の実施の態様として説明した方法で作製した基板を用いて、薄膜チップを作製し、画素部が形成された基板に実装する過程を図5及び図6を用いて説明する。

【0046】

まず、実施の形態2に従って作製した、レーザーアニールにより多結晶半導体薄膜が形成された基板を用意する。図4(A)に、レーザーアニール後の基板401及び基板上に形成された半導体膜402を示す。そして、基板401上の結晶化した半導体膜402をパターンニングしたり、ゲート電極やマスク等を形成したりした後、ドーピングを行う。なお、半導体膜はレーザービームによる結晶化の前にパターンニングしておいても良いし、パターンニング前に結晶化しても良い。その後ドーパントの活性化、各種絶縁膜、配線などの形成を

10

20

30

40

50

行うことで、基板上に複数の集積回路が形成される。この過程において、ガラス基板やセラミックスを用いることで、シリコン基板やSOI基板を用いた場合に比べてメートル単位の大基板を利用することができ、一枚当たりの基板から得られる集積回路が多くなる。従って、スループットの向上が期待され、大量生産に向いている。そして、集積回路が形成されたら、図4(B)に示すように、基板401を分断することで、集積回路どうしが分離した薄膜チップ403が形成される。

【0047】

次に、上記作製方法を用いて形成された薄膜チップを、画素部が形成された基板に実装する様子を、図5(A)、図5(B)に示す。図5(A)では、基板501上に画素部502と、走査線駆動回路503とが形成されている。そして、薄膜チップ504に形成された信号線駆動回路が、基板501に実装されている。具体的には、薄膜チップ504に形成された信号線駆動回路が、基板501に貼り合わされ、画素部502と電氣的に接続されている。また505はFPCであり、画素部502と、走査線駆動回路503と、薄膜チップ504に形成された信号線駆動回路とに、それぞれ電源の電位、各種信号等が、FPC505を介して供給される。

10

【0048】

図5(B)では、基板511上に画素部512と、走査線駆動回路513とが形成されている。そして、薄膜チップ514に形成された信号線駆動回路が、基板511に実装されたFPC515に更に実装されている。画素部512と、走査線駆動回路513と、薄膜チップ514に形成された信号線駆動回路とに、それぞれ電源の電位、各種信号等が、FPC515を介して供給される。

20

【0049】

薄膜チップの実装方法は、特に限定されるものではなく、公知のCOG方法やワイヤボンディング方法、或いはTAB方法などを用いることができる。また薄膜チップを実装する位置は、電氣的な接続が可能であるならば、図5に示した位置に限定されない。また、図5では信号線駆動回路のみを薄膜チップで形成する例について示したが、走査線駆動回路を薄膜チップで形成しても良いし、またコントローラ、CPU、メモリ等を薄膜チップで形成し、実装するようにしても良い。また、信号線駆動回路や走査線駆動回路全体を薄膜チップで形成するのではなく、各駆動回路を構成している回路の一部だけを、薄膜チップで形成するようにしても良い。

30

【0050】

なお、駆動回路が薄膜チップとして実装された半導体表示装置において、画素部に用いるトランジスタは、アモルファスシリコンのような非晶質半導体膜で形成されたTFTに限定されない。微結晶半導体膜や多結晶半導体膜を用いたTFTであっても良い。単結晶シリコンを用いて形成されたトランジスタであっても良いし、SOIを用いたトランジスタであっても良い。また、有機半導体を用いたトランジスタであっても良いし、カーボンナノチューブを用いたトランジスタであってもよい。駆動回路などの集積回路を別途薄膜チップで形成して基板に実装することで、全ての回路を画素部と同じ基板上に形成する場合に比べて、歩留まりを高めることができ、また各回路の特性に合わせたプロセスの最適化を容易に行うことができる。

40

【実施例2】

【0051】

本実施例では、本発明の第1の実施の態様として説明した方法で作製した多結晶半導体薄膜基板を用いて作製するCPU(Central Processing Unit)の構成について説明する。

【0052】

図6に、本実施例のCPUの構成を示す。図6に示すCPUは、基板600上に、演算回路(ALU: Arithmetic logic unit)601、ALUコントローラ(ALU Controller)602、インストラクション・デコーダ(Instruction Decoder)603、インタラップ・コントローラ(Interrupt Controller)604、タイミングコントローラ(Timing Controller)605、レジスタ(Register)606、レジスタ・コントローラ(Register Controller)

50

r) 607、バスインターフェース (Bus I/F) 608、読み出し専用メモリー (ROM: read only memory) 609とを主に有している。勿論、図6に示すCPUは、その構成を簡略化して示した一例にすぎず、実際のCPUはその用途によって多種多様な構成を有している。

【0053】

バスインターフェース (Bus I/F) 608を介してCPUに入力された命令は、インストラクション・デコーダ (Instruction Decoder) 603に入力され、デコードされた後、ALUコントローラ (ALU Controller) 602、インタラップ・コントローラ (Interrupt Controller) 604、レジスタ・コントローラ (Register Controller) 607、タイミングコントローラ (Timing Controller) 605に入力される。

10

【0054】

ALUコントローラ (ALU Controller) 602、インタラップ・コントローラ (Interrupt Controller) 604、レジスタ・コントローラ (Register Controller) 607、タイミングコントローラ (Timing Controller) 605は、デコードされた命令に基づき、各種制御を行う。具体的にALUコントローラ (ALU Controller) 602は、演算回路 (ALU) 601の動作を制御するための信号を生成する。また、インタラップ・コントローラ (Interrupt Controller) 604は、CPUのプログラム実行中に、外部の入出力装置や、周辺回路からの割り込み要求を、その優先度やマスク状態から判断し、処理する。レジスタ・コントローラ (Register Controller) 607は、レジスタ (Register) 606のアドレスを生成し、CPUの状態に応じてRegister 606の読み出しや書き込みを行う。

20

【0055】

タイミングコントローラ (Timing Controller) 605は、演算回路 (ALU) 601、ALUコントローラ (ALU Controller) 602、インストラクション・デコーダ (Instruction Decoder) 603、インタラップ・コントローラ (Interrupt Controller) 604、レジスタ・コントローラ (Register Controller) 607の動作のタイミングを制御する信号を生成する。例えばタイミングコントローラ (Timing Controller) 605は、基準クロック信号CLK1を元に、内部クロック信号CLK2を生成する内部クロック生成部を備えており、クロック信号CLK2を上記各種回路に供給する。読み出し専用メモリー (ROM) 609はCPUにおいて実行される各種プログラムが記憶されている。

30

【0056】

また本実施例では、CPUを例に挙げて説明したが、本発明の半導体装置はCPUに限定されない。なお、実施例1と同様に、ガラス基板やセラミックス基板を用いることで、一枚の面積基板に多数のCPUを作製することができ、大量生産に向いていることが利点である。

【図面の簡単な説明】

【0057】

【図1】本発明のレーザー照射方法を説明する図。

【図2】レーザービームを斜めに入射してアニールする方法について説明する図。

【図3】半導体膜106全面を大粒径領域とする照射方法について説明する図。

【図4】実施例1の薄膜チップを説明する図。

40

【図5】実施例1の薄膜チップを画素が形成された基板に実装する態様を説明する図。

【図6】実施例2のCPUを説明する図。

【図7】本発明の実施の形態2を説明する図。

【符号の説明】

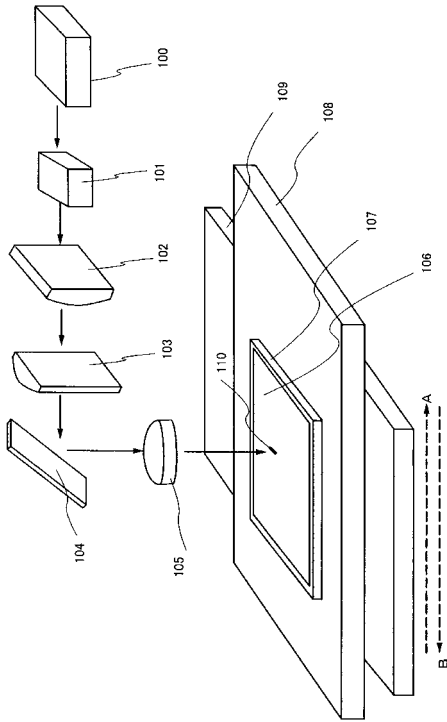
【0058】

- 100 レーザ発振器
- 101 ディフラクティブオブティクス
- 102 凸シリンダリカルレンズ
- 103 凸シリンダリカルレンズ
- 104 ミラー

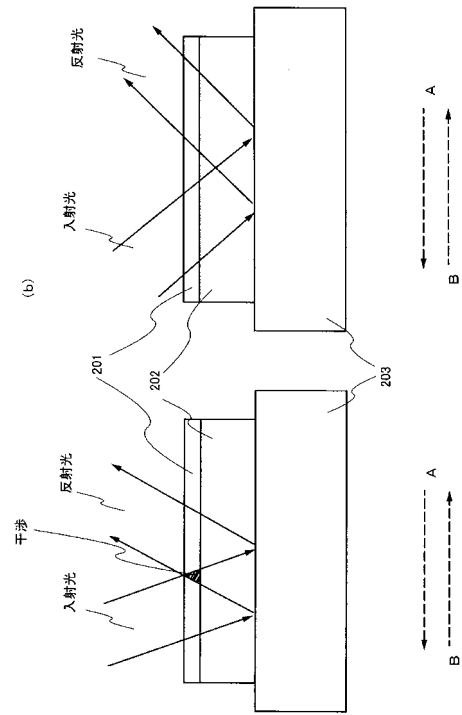
50

| | | |
|-------|--|----|
| 1 0 5 | 集光レンズ | |
| 1 0 6 | 非晶質半導体膜 | |
| 1 0 7 | ガラス基板 | |
| 1 0 8 | X 軸ステージ | |
| 1 0 9 | Y 軸ステージ | |
| 1 1 0 | 大粒径領域 | |
| 2 0 1 | 半導体膜 | |
| 2 0 2 | 基板 | |
| 2 0 3 | 移動ステージ | |
| 4 0 1 | 基板 | 10 |
| 4 0 2 | 半導体膜 | |
| 4 0 3 | 薄膜チップ | |
| 5 0 1 | 基板 | |
| 5 0 2 | 画素部 | |
| 5 0 3 | 走査線駆動回路 | |
| 5 0 4 | 薄膜チップ | |
| 5 0 5 | F P C (フレキシブルプリント回路) | |
| 5 1 1 | 基板 | |
| 5 1 2 | 画素部 | |
| 5 1 3 | 走査線駆動回路 | 20 |
| 5 1 4 | 薄膜チップ | |
| 5 1 5 | F P C | |
| 6 0 0 | 基板 | |
| 6 0 1 | 演算回路 (A L U : Arithmetic logic unit) | |
| 6 0 2 | A L U コントローラ (ALU Controller) | |
| 6 0 3 | インストラクション・デコーダ (Instruction Decoder) | |
| 6 0 4 | インタラップ・コントローラ (Interrupt Controller) | |
| 6 0 5 | タイミングコントローラ (Timing Controller) | |
| 6 0 6 | レジスタ (Register) | |
| 6 0 7 | レジスタ・コントローラ (Register Controller) | 30 |
| 6 0 8 | バスインターフェース (Bus I/F) | |
| 6 0 9 | 読み出し専用メモリー (R O M) | |
| 7 0 1 | レーザ | |
| 7 0 2 | ディフラクティブオプティクス | |
| 7 0 3 | ミラー | |
| 7 0 4 | 集光レンズ | |
| 7 0 5 | 非晶質半導体膜 | |
| 7 0 6 | ガラス基板 | |
| 7 0 7 | X 軸ステージ | |
| 7 0 8 | Y 軸ステージ | 40 |

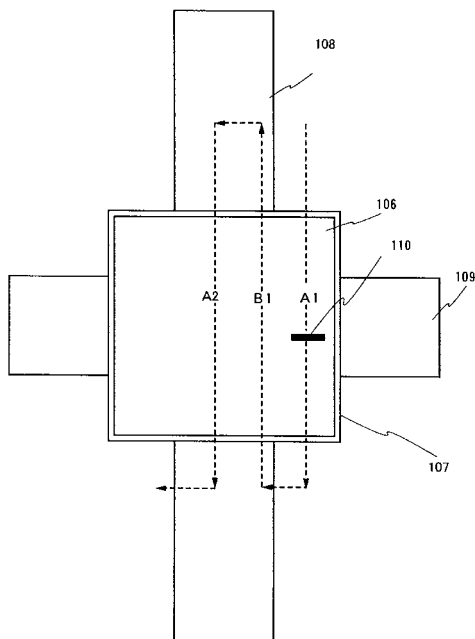
【図1】



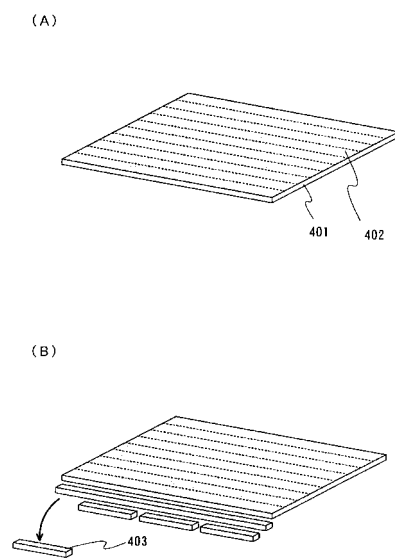
【図2】



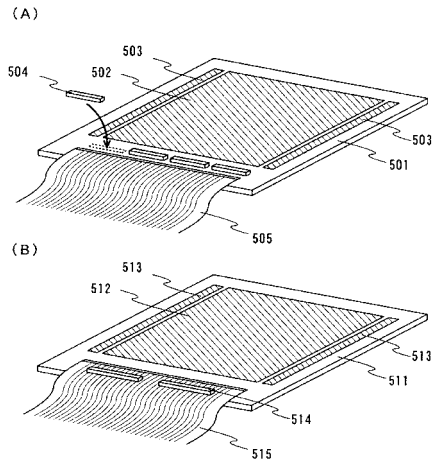
【図3】



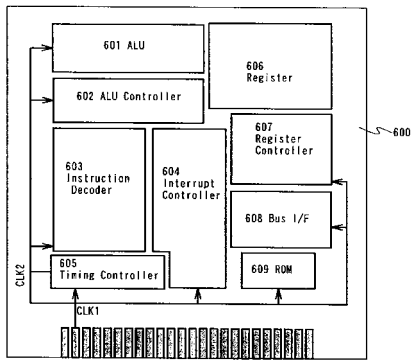
【図4】



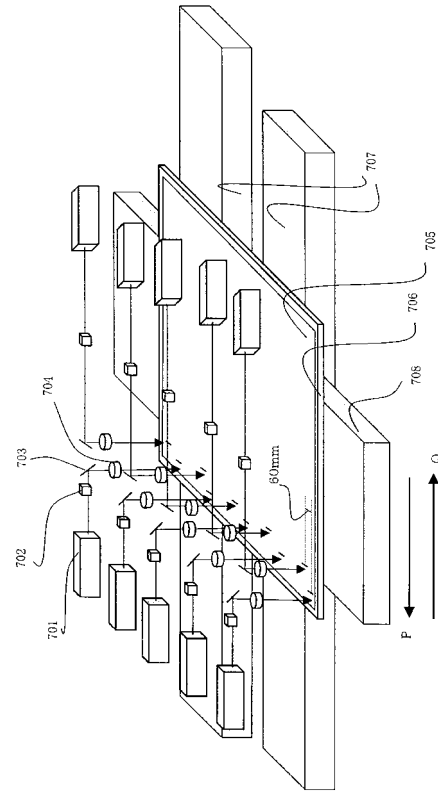
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-218058(JP,A)
特開2003-224070(JP,A)
特開2003-173969(JP,A)
特開2003-197531(JP,A)
特開2002-299265(JP,A)
特開2002-141300(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/20
H01L 21/336
H01L 29/786
H01L 21/268