

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5078239号
(P5078239)

(45) 発行日 平成24年11月21日(2012.11.21)

(24) 登録日 平成24年9月7日(2012.9.7)

(51) Int.Cl.		F I	
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 22 頁)

(21) 出願番号	特願2005-178560 (P2005-178560)	(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
(22) 出願日	平成17年6月17日(2005.6.17)	(74) 代理人	100108741 弁理士 渡邊 順之
(65) 公開番号	特開2006-32937 (P2006-32937A)	(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
(43) 公開日	平成18年2月2日(2006.2.2)	(72) 発明者	山本 良明 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
審査請求日	平成20年5月30日(2008.5.30)	審査官	岩田 行剛
(31) 優先権主張番号	特願2004-180574 (P2004-180574)		
(32) 優先日	平成16年6月18日(2004.6.18)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ照射方法及びレーザ照射装置、並びに非単結晶を結晶化する方法及び半導体装置を作製する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1のレーザ発振器から射出されたレーザビーム1をダイクロイックミラー1を通過させ、前記レーザビーム1とは波長の異なる第2のレーザ発振器から射出されたレーザビーム2を前記ダイクロイックミラー1で反射させてレーザビームを合成し、

前記合成されたレーザビームをアクロマートレンズを通過させ、照射レーザビームとして照射面上に投影するレーザ照射方法であって、

前記アクロマートレンズは、複数のレンズから構成され、かつ波長の異なる複数のレーザビームの焦点距離が異なっていて同一スポットを照射するものであるレーザ照射方法。

【請求項2】

第1のレーザ発振器から射出されたレーザビーム1をダイクロイックミラー1を通過させ、前記レーザビーム1とは波長の異なる第2のレーザ発振器から射出されたレーザビーム2を前記ダイクロイックミラー1で反射させて前記レーザビーム1と前記レーザビーム2を合成し、合成されたレーザビームをダイクロイックミラー2を通過させ、前記レーザビーム1および前記レーザビーム2とは波長の異なる第3のレーザ発振器から射出されたレーザビーム3を前記ダイクロイックミラー2で反射させて3つのレーザビームを合成し、

前記合成されたレーザビームをアポクロマートレンズを通過させ、照射レーザビームとして照射面上に投影するレーザ照射方法であって、

前記アポクロマートレンズは、複数のレンズから構成され、かつ波長の異なる複数のレ

ーザビームの焦点距離が異なっていて同一スポットを照射するものであるレーザー照射方法。

【請求項 3】

第 1 のレーザー発振器から射出されたレーザービーム 1 をダイクロイックミラー 1 を通過させ、前記レーザービーム 1 とは波長の異なる第 2 のレーザー発振器から射出されたレーザービーム 2 を前記ダイクロイックミラー 1 で反射させてレーザービームを合成し、合成された第 1 の合成レーザービームを $\lambda/2$ 波長板を通過させた後に偏光子を通過させ、

第 3 のレーザー発振器から射出されたレーザービーム 1 A をダイクロイックミラー 1 A を通過させ、レーザービーム 1 A とは波長の異なる第 4 のレーザー発振器から射出されたレーザービーム 2 A を前記ダイクロイックミラー 1 A で反射させてレーザービームを合成し、合成された第 2 の合成レーザービームを前記偏光子で反射させて前記第 1 の合成レーザービームと前記第 2 の合成レーザービームを更に合成し、合成された合成レーザービームを照射レーザービームとし、前記照射レーザービームを照射面上に投影するレーザー照射方法であって、

前記照射レーザービームを照射面上に投影する前に所定形状にするために、複数のレンズから構成され、かつ波長の異なる複数のレーザービームの焦点距離が異なっていて同一スポットを照射するアクロマートレンズ又はアポクロマートレンズである集光レンズを通過させることを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 4】

第 1 のレーザー発振器から射出されたレーザービーム 1 をダイクロイックミラー 1 を通過させ、前記レーザービーム 1 とは波長の異なる第 2 のレーザー発振器から射出されたレーザービーム 2 を前記ダイクロイックミラー 1 で反射させてレーザービームを合成し、合成されたレーザービームをダイクロイックミラー 2 を通過させ、前記レーザービーム 1 および前記レーザービーム 2 とは波長の異なる第 3 のレーザー発振器から射出されたレーザービーム 3 を前記ダイクロイックミラー 2 で反射させて 3 つのレーザービームを合成し、合成された第 1 の合成レーザービームを $\lambda/2$ 波長板を通過させた後に偏光子を通過させ、

第 4 のレーザー発振器から射出されたレーザービーム 1 A をダイクロイックミラー 1 A を通過させ、前記レーザービーム 1 A とは波長の異なる第 5 のレーザー発振器から射出されたレーザービーム 2 A を前記ダイクロイックミラー 1 A で反射させてレーザービームを合成し、合成されたレーザービームをダイクロイックミラー 2 A を通過させ、前記レーザービーム 1 A および前記レーザービーム 2 A とは波長の異なる第 6 のレーザー発振器から射出されたレーザービーム 3 A を前記ダイクロイックミラー 2 A で反射させて 3 つのレーザービームを合成し、合成された第 2 の合成レーザービームを前記偏光子で反射させて前記第 1 の合成レーザービームと前記第 2 の合成レーザービームを更に合成し、合成された合成レーザービームを照射レーザービームとし、前記照射レーザービームを照射面上に投影するレーザー照射方法であって、

前記照射レーザービームを照射面上に投影する前に所定形状にするために、複数のレンズから構成され、かつ波長の異なる複数のレーザービームの焦点距離が異なっていて同一スポットを照射するアクロマートレンズ又はアポクロマートレンズである集光レンズを通過させることを特徴とするレーザー照射方法。

【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載のレーザー照射方法を用いて非単結晶半導体膜をアニールする方法。

【請求項 6】

請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載のレーザー照射方法を用いて非単結晶半導体膜をアニールし、アニールにより得られた半導体膜を用いて半導体装置を作製する方法。

【請求項 7】

レーザービーム 1 を射出する第 1 のレーザー発振器、前記レーザービーム 1 とは異なる波長のレーザービーム 2 を射出する第 2 のレーザー発振器、前記レーザービーム 1 を通過させ、前記レーザービーム 2 を反射させてレーザービームを合成するダイクロイックミラー 1、及びそこで合成された照射レーザービームを投影する照射面を設置するステージを備え、

前記照射レーザービームを前記照射面上に投影する前に通過させ、所定形状にするための

10

20

30

40

50

アクロマートレンズを備えたレーザ照射装置であって、

前記アクロマートレンズは、複数のレンズから構成され、かつ波長の異なる複数のレーザビームの焦点距離が異なっていて同スポットを照射するものであることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 8】

レーザビーム 1 を射出する第 1 のレーザ発振器、前記レーザビーム 1 とは異なる波長のレーザビーム 2 を射出する第 2 のレーザ発振器、前記レーザビーム 1 を通過させ、前記レーザビーム 2 を反射させてレーザビームを合成するダイクロイックミラー 1、前記レーザビーム 1 および前記レーザビーム 2 とは異なる波長のレーザビーム 3 を射出する第 3 のレーザ発振器、前記ダイクロイックミラー 1 で合成されたレーザビームを通過させ、前記レーザビーム 3 を反射させてそれらレーザビームを合成するダイクロイックミラー 2、及び前記ダイクロイックミラー 2 で合成された照射レーザビームを投影する照射面を設置するステージを備え、

10

前記照射レーザビームを前記照射面上に投影する前に通過させ、所定形状にするためのアポクロマートレンズを備えたレーザ照射装置であって、

前記アポクロマートレンズは、複数のレンズから構成され、かつ波長の異なる複数のレーザビームの焦点距離が異なっていて同スポットを照射するものであることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 9】

レーザビーム 1 を射出する第 1 のレーザ発振器、前記レーザビーム 1 とは異なる波長のレーザビーム 2 を射出する第 2 のレーザ発振器、前記レーザビーム 1 を通過させ、前記レーザビーム 2 を反射させてレーザビームを合成するダイクロイックミラー 1、及び前記ダイクロイックミラー 1 で合成された第 1 の合成レーザビームを通過させる / 2 波長板を備え、

20

レーザビーム 1 A を射出する第 3 のレーザ発振器、前記レーザビーム 1 A とは異なる波長のレーザビーム 2 A を射出する第 4 のレーザ発振器、前記レーザビーム 1 A を通過させ、前記レーザビーム 2 A を反射させてレーザビームを合成し、第 2 の合成レーザビームを形成するダイクロイックミラー 1 A を備え、

更に前記 / 2 波長板を通過した前記第 1 の合成レーザビームを通過させ、前記第 2 の合成レーザビームを反射させて合成レーザビームを合成する偏光子を備え、

30

並びに前記偏光子で合成された照射レーザビームを投影する照射面を設置するステージを備えたレーザ照射装置であって、

前記照射レーザビームを前記照射面上に投影する前に通過させ、所定形状にするための複数のレンズから構成され、かつ波長の異なる複数のレーザビームの焦点距離が異なっていて同スポットを照射するアクロマートレンズ又はアポクロマートレンズである集光レンズを備えたことを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 10】

レーザビーム 1 を射出する第 1 のレーザ発振器、前記レーザビーム 1 とは異なる波長のレーザビーム 2 を射出する第 2 のレーザ発振器、前記レーザビーム 1 を通過させ、前記レーザビーム 2 を反射させてレーザビームを合成するダイクロイックミラー 1、前記レーザビーム 1 および前記レーザビーム 2 とは異なる波長のレーザビーム 3 を射出する第 3 のレーザ発振器、前記ダイクロイックミラー 1 で合成されたレーザビームを通過させ、前記レーザビーム 3 を反射させてそれらレーザビームを合成するダイクロイックミラー 2、及びそこで合成された第 1 の合成レーザビームを通過させる / 2 波長板を備え、

40

レーザビーム 1 A を射出する第 4 のレーザ発振器、前記レーザビーム 1 A とは異なる波長のレーザビーム 2 A を射出する第 5 のレーザ発振器、前記レーザビーム 1 A を通過させ、前記レーザビーム 2 A を反射させてレーザビームを合成するダイクロイックミラー 1 A、前記レーザビーム 1 A および前記レーザビーム 2 A とは異なる波長のレーザビーム 3 A を射出する第 6 のレーザ発振器、及び前記ダイクロイックミラー 1 A で合成されたレーザビームを通過させ、前記レーザビーム 3 A を反射させてそれらレーザビームを合成し、第

50

2の合成レーザービームを形成するダイクロイックミラー2Aを備え、

前記 / 2波長板を通過した前記第1の合成レーザービームを通過させ、前記第2の合成レーザービームを反射させて合成レーザービームを更に合成する偏光子を備え、

並びに前記偏光子で合成された照射レーザービームを投影する照射面を設置するステージを備えたレーザー照射装置であって、

前記照射レーザービームを前記照射面上に投影する前に通過させ、所定形状にするための複数のレンズから構成され、かつ波長の異なる複数のレーザービームの焦点距離が異なっていて同一スポットを照射するアクロマートレンズ又はアポクロマートレンズである集光レンズを備えたことを特徴とするレーザー照射装置。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学調整に困難を伴うことなく、3以上のレーザービームを照射面にて合成できる手法に関する。

より詳しくは、本発明は、光学調整に困難を伴うことなく、3以上のレーザービームを照射面にて合成し、高出力で生産性を向上させることができるレーザービームを照射する方法及び装置、並びにその合成されたレーザービームを用いた結晶化方法及び半導体装置の作製方法に関する。

【背景技術】

【0002】

20

近年、基板上に薄膜トランジスタ(以下TF 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TF Tは、従来の非晶質半導体膜を用いたTF 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ICチップで実装していたものを、画素と同一の基板上にTF Tを用いて一体形成することが可能となっている。

【0003】

また、その半導体装置に用いる基板は、コストの面から単結晶シリコン基板よりも、ガラス基板が有望視されている。

このガラス基板は耐熱性に劣り、熱変形しやすいため、ガラス基板上に結晶質半導体膜を用いたTF Tを形成する場合には、ガラス基板の熱変形を避けるために、半導体膜の結晶化にレーザーアニールが用いられる。

30

【0004】

このレーザーアニールの特徴は、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、基板にほとんど熱的損傷を与えないことなどが挙げられている。

なお、本発明のレーザーアニール法は、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結晶化させる技術や、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や単結晶ではない結晶性半導体膜(上記した単結晶ではない半導体膜をまとめて非単結晶半導体膜と呼ぶ)を加熱(アニール)する技術を指している。

40

また、本発明のレーザーアニール法は、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技術も含んでいる。

【0005】

そのレーザーアニールには、エキシマレーザから発振されたレーザービームが用いられることが多い。

そのエキシマレーザは、出力が大きく、高周波数での繰り返し照射が可能であるという利点を有し、さらにエキシマレーザから発振されるレーザービームは半導体膜としてよく用いられる珪素膜に対しての吸収係数が高いという利点を有する。

そのレーザービームの照射方法としては、照射面におけるレーザービームの形状が線状となるように光学系にて整形し、線状レーザービームの短手方向にレーザービームの照射位置を照

50

射面に対し相対的に移動させる方法が生産性が高く工業的に優れている。

上記方法でアニールされた半導体膜を用いてTFTを形成し、液晶ディスプレイを作製する手法は現在多く実施されている。

【0006】

そして、そのエキシマレーザにより発振されるレーザビームは不連続発振であるが、それ以外に連続発振のレーザビームもあり、その場合には、連続発振のレーザビーム（以下、CWレーザビームと呼ぶ）を線状に整形し、線状レーザビームの短手方向にレーザビームの照射位置を相対的に移動させることで、移動方向に結晶粒が長く伸びた大粒径結晶ができる。

このCWレーザビームを用いて大粒径結晶の長手方向にTFTのチャンネル長方向を合わせてTFTを作製した場合、エキシマレーザで作製したTFTに比べ、移動度の高いTFTが作製でき、このTFTを用いればドライバやCPU等の回路を高速で駆動させることができる。

【0007】

その半導体膜のレーザアニールには可視域あるいは紫外域の波長を持ったレーザビームが多く用いられるのであり、それは半導体膜への吸収効率が良いためである。

しかしながら、CWレーザに用いられる固体レーザ媒質から発振する波長は、一般的に赤から近赤外域であり、半導体膜での吸収効率が低いため、非線形光学素子を用いて可視域あるいは紫外域の波長を持つ高調波に変調し、これをレーザアニールに用いる。

この高調波はレーザ媒質から発振した基本波を非線形光学素子に入射することで得られるものの、レーザの出力が大きくなると多光子吸収等の非線形光学効果により非線形光学素子にダメージが与えられ、レーザ発振器のブレイクダウンにつながる問題がある。

【0008】

そのため、現在生産されている可視域のCWレーザの出力値は、前記非線形光学素子の問題から最大でも15W程度である。

そのCWレーザを用いてレーザアニールを行った場合には、エキシマレーザを用いた場合に比べ生産性が悪く、更なる生産性の向上が必要である。

例えば、10Wの532nmのCWレーザを長手方向300 μ m、短手方向10 μ m程度の線状に整形し、レーザアニールにより半導体膜を結晶化した場合、一度のスキャンでできる大粒径の幅は200 μ m程度となる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

上述したようにCWレーザを用いたレーザアニール方法は非線形光学系の問題から、高出力化が困難となっている。

そこで、生産性向上のため複数のレーザ発振器からのレーザビームを合成し、その後任意の光学系にてビーム整形して基板に照射するのが、生産性を上げるのには簡便な手法であるということになる。

しかしながら、同一波長のレーザ発振器を用いた場合、複数のビームを合成するために使用する偏光子は縦偏光と横偏光のビームのみしか合成できず、そのため最大で2つのレーザビームまでしか合成できない（特許文献1）。

また、光軸の異なる複数のレーザビームを照射面にて合成する手法は、照射面でのスポットの大きさが数 μ mと微小のため光学調整に困難を伴う。

【特許文献1】特公平7-94171号公報

【0010】

本発明は、このような問題に対処すべく鋭意研究開発に努め、その結果開発に成功したものである。

すなわち、本発明は、光学調整に困難を伴うことなく、3以上のレーザビームを照射面にて合成し、高出力で生産性を向上させることができる手法を提供することを発明の解決すべき課題とするものである。

10

20

30

40

50

したがって、本発明は、光学調整に困難を伴うことなく、3以上のレーザービームを照射面に合成し、高出力で生産性を向上させることができるレーザービームを照射する方法及び装置、並びに前記合成されたレーザービームを用いた半導体膜の結晶化方法及び半導体装置の作製方法を提供することを発明の解決すべき課題、すなわち目的とするものである。

なお、本明細書においてレーザービームの合成とは、複数のレーザービームが集光レンズで集光される程度に隣接している状態を示す。また、複数のレーザービームを照射面に合成するとは、当該レーザービームが照射面において少なくとも一部重なっている状態を示す。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明は、前記したとおり光学調整に困難を伴うことなく、3以上のレーザービームを照射面に合成し、高出力で生産性を向上させることができるレーザービームを照射する方法及び装置、並びに前記合成されたレーザービームを用いた半導体膜の結晶化方法及び半導体装置の作製方法を提供するものである。

10

その技術内容を簡潔に言えば、本発明は、波長の互いに異なる複数のレーザー発振器とダイクロイックミラー、又はそれに加えて偏光子を用いてレーザービームを合成し、生産性を向上させるレーザー照射技術に関する。

【0012】

そのうちのレーザー照射方法については、第1に、レーザー発振器から射出されたレーザー光1をダイクロイックミラー1を通過させ、レーザー光1とは波長の異なるレーザー発振器から射出されたレーザー光2をダイクロイックミラー1で反射させてレーザー光を合成し、合成されたレーザー光を照射レーザー光とし、照射レーザー光を照射面上に投影することを特徴とするものである。

20

【0013】

第2には、レーザー発振器から射出されたレーザー光1をダイクロイックミラー1を通過させ、レーザー光1とは波長の異なるレーザー発振器から射出されたレーザー光2をダイクロイックミラー1で反射させてレーザー光1とレーザー光2を合成し、合成されたレーザー光をダイクロイックミラー2を通過させ、レーザー光1およびレーザー光2とは波長の異なるレーザー発振器から射出されたレーザー光3をダイクロイックミラー2で反射させて3つのレーザー光を合成し、合成されたレーザー光を照射レーザー光とし、照射レーザー光を照射面上に投影することを特徴とするものである。

30

【0014】

第3には、レーザー発振器から射出されたレーザー光1をダイクロイックミラー1を通過させ、レーザー光1とは波長の異なるレーザー発振器から射出されたレーザー光2をダイクロイックミラー1で反射させてレーザー光を合成し、合成された第1の合成レーザー光を $\lambda/2$ 波長板を通過させた後に偏光子を通過させ、

レーザー発振器から射出されたレーザー光1Aをダイクロイックミラー1Aを通過させ、レーザー光1Aとは波長の異なるレーザー発振器から射出されたレーザー光2Aをダイクロイックミラー1Aで反射させてレーザー光を合成し、合成された第2の合成レーザー光を前記偏光子で反射させて第1の合成レーザー光と第2の合成レーザー光を更に合成し、合成された合成レーザー光を照射レーザー光とし、照射レーザー光を照射面上に投影することを特徴とするものである。

40

【0015】

第4には、レーザー発振器から射出されたレーザー光1をダイクロイックミラー1を通過させ、レーザー光1とは波長の異なるレーザー発振器から射出されたレーザー光2をダイクロイックミラー1で反射させてレーザー光を合成し、合成されたレーザー光をダイクロイックミラー2を通過させ、レーザー光1およびレーザー光2とは波長の異なるレーザー発振器から射出されたレーザー光3をダイクロイックミラー2で反射させて3つのレーザー光を合成し、合成された第1の合成レーザー光を $\lambda/2$ 波長板を通過させた後に偏光子を通過させ、

レーザー発振器から射出されたレーザー光1Aをダイクロイックミラー1Aを通過させ、レーザー光1Aとは波長の異なるレーザー発振器から射出されたレーザー光2Aをダイクロイック

50

ミラー 1 A で反射させてレーザ光を合成し、合成されたレーザ光をダイクロイックミラー 2 A を通過させ、レーザ光 1 A およびレーザ光 2 A とは波長の異なるレーザ発振器から射出されたレーザ光 3 A をダイクロイックミラー 2 A で反射させて 3 つのレーザ光を合成し、合成された第 2 の合成レーザ光を前記偏光子で反射させて合成レーザ光を更に合成し、合成された合成レーザ光を照射レーザ光とし、照射レーザ光を照射面上に投影することを特徴とするものである。

【 0 0 1 6 】

また、本発明のレーザ照射方法は、合成されたレーザビームを照射面上に投影する前に所定形状にするために集光レンズを通過させるのがよく、その際集光レンズにはアクロマートレンズ又はアポクロマートレンズが好ましい。

さらに、本発明における結晶化する方法は、前記した合成されたレーザビームを用いて半導体膜を結晶化するものであり、半導体装置を作製する方法は、前記した照射レーザ光を用いて非単結晶を結晶化し、その結晶化により得られた結晶質半導体膜を用いて半導体装置を作製するものである。

【 0 0 1 7 】

そして、残るレーザ照射装置については、第 1 に、レーザ光 1 を射出するレーザ発振器、レーザ光 1 とは異なる波長のレーザ光 2 を射出するレーザ発振器、レーザ光 1 を通過させ、レーザ光 2 を反射させてレーザ光を合成するダイクロイックミラー 1、及びそこで合成された照射レーザ光を投影する照射面を設置するステージを備えたことを特徴とするものである。

【 0 0 1 8 】

第 2 には、レーザ光 1 を射出するレーザ発振器、レーザ光 1 とは異なる波長のレーザ光 2 を射出するレーザ発振器、レーザ光 1 を通過させ、レーザ光 2 を反射させてレーザ光を合成するダイクロイックミラー 1、前記レーザ光 1 および前記レーザ光 2 とは異なる波長のレーザ光 3 を射出するレーザ発振器、ダイクロイックミラー 1 で合成されたレーザ光を通過させ、レーザ光 3 を反射させてそれらレーザ光を合成するダイクロイックミラー 2、及びダイクロイックミラー 2 で合成された照射レーザ光を投影する照射面を設置するステージを備えたことを特徴とするものである。

【 0 0 1 9 】

第 3 には、レーザ光 1 を射出するレーザ発振器、レーザ光 1 とは異なる波長のレーザ光 2 を射出するレーザ発振器、レーザ光 1 を通過させ、レーザ光 2 を反射させてレーザ光を合成するダイクロイックミラー 1、及びダイクロイックミラー 1 で合成された第 1 の合成レーザ光を通過させる / 2 波長板を備え、

レーザ光 1 A を射出するレーザ発振器、レーザ光 1 A とは異なる波長のレーザ光 2 A を射出するレーザ発振器、レーザ光 1 A を通過させ、レーザ光 2 A を反射させてレーザ光を合成し、第 2 の合成レーザ光を形成するダイクロイックミラー 1 A を備え、

更に前記 / 2 波長板を通過した第 1 の合成レーザ光を通過させ、第 2 の合成レーザ光を反射させて合成レーザ光を合成する偏光子を備え、

並びに偏光子で合成された照射レーザ光を投影する照射面を設置するステージを備えたことを特徴とするものである。

【 0 0 2 0 】

第 4 には、レーザ光 1 を射出するレーザ発振器、レーザ光 1 とは異なる波長のレーザ光 2 を射出するレーザ発振器、レーザ光 1 を通過させ、レーザ光 2 を反射させてレーザ光を合成するダイクロイックミラー 1、前記レーザ光 1 および前記レーザ光 2 とは異なる波長のレーザ光 3 を射出するレーザ発振器、ダイクロイックミラー 1 で合成されたレーザ光を通過させ、レーザ光 3 を反射させてそれらレーザ光を合成するダイクロイックミラー 2、及びそこで合成された第 1 の合成レーザ光を通過させる / 2 波長板を備え、

レーザ光 1 A を射出するレーザ発振器、レーザ光 1 A とは異なる波長のレーザ光 2 A を射出するレーザ発振器、レーザ光 1 A を通過させ、レーザ光 2 A を反射させてレーザ光を合成するダイクロイックミラー 1 A、前記レーザ光 1 A および前記レーザ光 2 A とは異な

10

20

30

40

50

る波長のレーザー光 3 A を射出するレーザー発振器、及びダイクロイックミラー 1 A で合成されたレーザー光を通過させ、レーザー光 3 A を反射させてそれらレーザー光を合成し、第 2 の合成レーザー光を形成するダイクロイックミラー 2 A を備え、

前記 / 2 波長板を通過した第 1 の合成レーザー光を通過させ、第 2 の合成レーザー光を反射させて合成レーザー光を更に合成する偏光子を備え、

並びに偏光子で合成された照射レーザー光を投影する照射面を設置するステージを備えたことを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0021】

本発明は、連続発振のレーザービームを用いたレーザーアニール方法において、従来困難とされていた可視あるいは紫外域の波長を持ち、15 W 程度以上の高出力のレーザービームを提供することをダイクロイックミラーを用いることにより成功したものであり、極めて優れた効果を奏するものである。

10

すなわち、本発明は、波長の互いに異なる複数のレーザー発振器と、ダイクロイックミラー又はそれに偏光子を用いて、可視あるいは紫外域の波長を持つレーザービームを合成し高出力で生産性を向上させることができるレーザー照射技術である。

【0022】

そのダイクロイックミラーとは、ある特定の波長域のみ反射率が高くなるようにコーティングしてあるミラーのことであり、これにより、偏光方向を考慮することなく、レーザービームを合成することができる。

20

そのため、2 つより多い数のレーザービームを合成することができ、これにより、より出力の大きいレーザービームを得ることが可能となり、生産性を上げることができる。

また、ダイクロイックミラーに加え、偏光子を用いて合成することで、同一波長のレーザービームを 2 つずつ合成することができ、更に生産性を上げることができることである。

【0023】

この点に関し更に説明するに、半導体膜のレーザーアニールには、半導体膜への吸収効率が良いことから、可視あるいは紫外域の波長を持ったレーザービームが多く用いられるが、CW レーザに用いられる固体レーザー媒質から発振する波長は、一般的に赤から近赤外域であり、半導体膜での吸収効率が低いため、非線形光学素子を用いて可視あるいは紫外の波長を持つ高調波に変調することが行われる。

30

この変調は、レーザー媒質から発振した基本波を非線形光学素子に入射することで行えるものの、レーザーの出力が大きくなると多光子吸収等の非線形光学効果により非線形光学素子にダメージが与えられ、ブレイクダウンにつながる問題があり、現在生産されている可視域の CW レーザは、前記非線形光学素子の問題から最大でも 15 W 程度である。

【0024】

これを回避するために、複数のレーザー発振器からのレーザービームを合成し、その後任意の光学系にてビーム整形し、生産性を上げる簡便な手法もあるが、その場合においても同一波長のレーザー発振器を用いた場合には、そのビームの合成に使用する偏光子が縦偏光と横偏光のビーム 2 つしか合成できないため、最大で 2 つのレーザービームしか合成できない。

40

本発明は、この合成にダイクロイックミラーを使用するものであり、それにより 3 台以上のレーザー発振器から射出されたレーザービームを合成することができ、可視あるいは紫外域の波長を持った高出力のレーザービームを提供することができる。

また、ダイクロイックミラーに加え、偏光子を用いて合成することで、同一波長のレーザービームを 2 つずつ合成することができ、更に高出力のレーザービームを提供することができ、より生産性を上げることが可能である。

【0025】

その結果、本発明では、この合成された可視あるいは紫外域の波長を持った高出力のレーザービームを線状に整形し、これを非単結晶半導体膜に照射することでレーザービームの移動方向に結晶粒が長く伸びた大粒径結晶を作製することができる。

50

また、この大粒径結晶の長手方向にチャンネル長方向を合わせてT F Tを作製することにより、エキシマレーザで作製したT F Tに比べ移動度の高いT F Tが作製でき、かつこのT F Tを用いることによりドライバやC P U等の回路を高速で駆動させることができる。

以上のとおりであり、本発明は優れた作用効果を奏するものである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

以下において、本発明について、発明を実施するための最良の形態を含む実施の形態に関し説明する。

また、最良の形態に関しては複数の態様に関し図面を用いて説明するが、本発明は、それらによって何ら限定されるものではなく、特許請求の範囲の記載によって特定されるものであることはいうまでもない。

本発明は、ダイクロイックミラーを用いて異なる発振波長のレーザビームを合成することを特徴とする。そのダイクロイックミラーによるレーザビームの合成は、一方のレーザビームを通過させ、それとは波長の異なるレーザを通過したレーザビームと同一の方向に反射することにより行われるものである。

【0027】

そのダイクロイックミラーとは、特定の波長域のみ反射率が高くなるようにコーティングしてあり、それにより特定波長域の光を選択的に反射し、他の波長の光を通過させるミラーのことであり、そのミラーは市販されていて容易に入手することができる。

その反射できる波長域は、特に制限されることはなく、コーティングする物質を選択することにより各種の波長を反射することができ、例えばコーティングする物質を選択することにより、波長が355nm、405nm、488nm、532nmあるいは628nm等のレーザビームを反射することができる。

その反射のために使用するコーティング用物質については、例えば誘電体多層膜が用いられる。

【0028】

本発明においては、偏光子がダイクロイックミラーと併用してもよい。この併用によりダイクロイックミラー単独使用に比し、より多くのレーザ光を合成することができ、高出力のレーザビームを合成することができる。

この偏光子は、横偏光を通過させ、縦偏光を反射する素子であり、これを用いることによるレーザ光の合成は、通過した横偏光と同一の方向に縦偏光を反射することにより行われるものである。

その偏光子は薄膜と透明母材でできており、その構造及び形状はキューブ型やプレート型となっている。

【0029】

また、本発明において、偏光子を用いる際に付随的に用いることになる / 2波長板は、縦偏光であるレーザビームを横偏光に変換するために使用するものであり、これにレーザビームを通過させることにより偏光の方向が0~90°回転して横偏光に変換し、偏光子を通過することができるようになる。

この / 2波長板は、水晶や雲母などの複屈折材料からできているもので、その構造及び形状は平行平板である。

【0030】

[実施の形態1] (3波長3台のレーザ発振器+2ダイクロイックミラー(+アポクロマトレンズ)の場合)

まず、互いに異なる発振波長を持つ3台のレーザ発振器と、特定の波長域の反射率が高い2枚のダイクロイックミラーを用いる形態に関し、その概念図である図1を用いて説明する。

この形態は、第2のレーザ照射方法及びレーザ照射装置に該当するものである。

レーザ発振器B(101)は波長446nmのレーザビームを射出し、そのレーザビームは、532nmの波長域のみを反射するダイクロイックミラー104で、レーザ発振器

10

20

30

40

50

G (1 0 2) から射出した波長 5 3 2 n m のレーザービームと合成される。

さらに、ダイクロイックミラー 1 0 4 で合成されたレーザービームはダイクロイックミラー 1 0 5 を通過する。他方レーザー発振器 R (1 0 3) から射出した波長 6 2 8 n m のレーザービームはダイクロイックミラー 1 0 5 で反射され、ダイクロイックミラーを通過したレーザービームと合成される。

【 0 0 3 1 】

それら 3 つの互いに異なる波長を持つレーザービームが合成されてできたレーザービーム (以下、白色レーザービームと略す) は、光学系 1 0 6 によって任意の形状に整形され、半導体膜上の照射面 1 0 7 に照射される。

なお、波長 5 3 2 n m のレーザービームは、Y A G または Y V O ₄ 等の基本波 (波長 1 0 6 4 n m) を非線形光学素子によって第二高調波に変換することにより得られる。

また、波長 6 2 8 n m のレーザービームは、光パラメトリック発振器とディレイ装置によって基本波から変換された波長 1 5 3 5 n m のレーザービームを K T A 結晶を用いた非線形光学素子にて波長 1 0 6 4 n m のレーザと和周波混合することにより得られる。

さらに、波長 4 4 6 n m のレーザービームは、前述した波長 1 5 3 5 n m のレーザービーム及び波長 6 2 8 n m のレーザービームを非線形光学素子によって和周波混合することにより得ることができる。

【 0 0 3 2 】

本発明の実施の形態では、白色レーザービームによりレーザアニールを行う。

その際に白色レーザービームのように波長域の広い光を単レンズで集光すると、色収差が生じるため焦点距離が波長ごとに異なるが、それには色収差を補正する色消しレンズを用いることにより対処することができる。

図 2 に図示するアポクロマートレンズを用いて色消しレンズを説明する。

アポクロマートレンズとは異なる 3 つの波長を持った光の色収差を補正するように設計された色消しレンズであり、同様に 2 つの波長の光の色収差を補正できる色消しレンズはアポクロマートレンズといわれる。

【 0 0 3 3 】

図 2 において、アポクロマートレンズ 2 0 1 は、通常屈折率の互いに異なるレンズ 2 0 1 a , 2 0 1 b , 2 0 1 c からなっており、異なる 3 つの波長の色収差を補正し、半導体膜上の照射面 2 0 2 に単一焦点を結ぶ。

図 2 において、太い実線に付された矢印は白色レーザービームの進路を表しており、白色レーザービームがレンズ 2 0 1 a に入射すると、色収差により光路が 3 つに分離するが、そのことを実線、一点鎖線及び点線の 3 種の線で表している。

色収差は後続のレンズ 2 0 1 b , 2 0 1 c により補正され照射面 2 0 2 で同一焦点に集光され、その結果より一層高出力のレーザービームを照射することができる。

【 0 0 3 4 】

この実施の形態 1 においては、前記したアポクロマートレンズを用いて色収差を補正し、より一層高出力のレーザービームを照射することができる。

前記したアポクロマートレンズ及び前記図 1 に概要を図示した白色レーザー発振器を用いたレーザ照射装置の光学系を使用した例を、図 3 に基づいて説明する。

ここで、白色レーザー発振器とは、図 1 において、レーザー発振器 1 0 1 , 1 0 2 及び 1 0 3 並びにダイクロイックミラー 1 0 4 及び 1 0 5 を含む系のことを指す。

図 3 において、(a) は側面図、同 (b) は平面図を示している。

【 0 0 3 5 】

白色レーザー発振器 3 0 1 から射出したレーザービームはシリンドリカルレンズ 3 0 2 によって、ビームの一軸方向のみ集光される。

一軸方向のみ集光されたレーザービームは、アポクロマートレンズ 3 0 3 により、シリンドリカルレンズ 3 0 2 が作用していない方向のみの色収差を補正し集光され、高出力で半導体膜上の照射面 3 0 4 に照射される。

前記したレーザー発振器及び光学系を用いて、線状ビームを整形し、半導体膜を線状ビー

10

20

30

40

50

ムの短軸方向に移動させることにより高出力のレーザービームを半導体膜に照射することができる。

このようにして得られた半導体膜にTFTを作製し、周知の方法にて表示装置を作製することにより高性能の表示装置を製造することができる。

【0036】

[実施の形態2] (2波長4台のレーザー発振器+偏光子+3ダイクロイックミラー(+アクロマトレンズ)の場合)

この形態は、第3のレーザー照射方法及びレーザー照射装置に該当するものである。

2つの発振波長を持つ4台のレーザー発振器と、それぞれ特定の波長域の反射率が高い3枚のダイクロイックミラーと偏光子とを用いる第2の形態に関し、図4及び5を用いて説明する。

10

前記した実施の形態1では、3つの異なる波長のレーザービームを用いており、その色収差の補正にはアポクロマトレンズを使用しているが、本実施の形態2では、レーザービームは、2種の波長であるから、アクロマトレンズを用いて、色収差を補正し、集光することができる。

【0037】

図4には、2つの異なる波長のレーザービームを発振する4台のレーザー発振器と2台のダイクロイックミラーと偏光子とを用いて、4台のレーザー発振器から射出したレーザービームを合成し、アクロマトレンズを用いて集光する場合の概略図を示す。

図4において、レーザー発振器G(401)から射出した波長532nmのレーザービームとレーザー発振器V(402)から射出した波長355nmのレーザービームは、355nmの波長域のみを反射するダイクロイックミラー403で合成される。

20

合成されたレーザービームは、縦偏光のため、 $\lambda/2$ 波長板404にて横偏光に変換し、偏光子405に入射する。

ここで、偏光子405は横偏光のみを通過させ、縦偏光は反射する素子である。

【0038】

同様に、レーザー発振器G(406)から射出した波長532nmのレーザービームとレーザー発振器V(407)から射出した波長355nmのレーザービームは、355nmの波長域のみを反射するダイクロイックミラー408で合成され、縦偏光のまま偏光子405で反射し、横偏光のビームと合成される。

30

合成された4つのレーザービームは、アクロマトレンズ等を用いた光学系409によって集光されるとともに任意の形状に整形され、半導体膜上の照射面410に照射される。

ここで、波長355nmのレーザービームは、YAGまたはYVO₄等の基本波(波長1064nm)を非線形光学素子によって第三高調波に変換することで得られる。

なお、図4においては、レーザー発振器(406)及び(407)は、射出する波長がそれぞれレーザー発振器(401)及び(402)と同一波長のものを使用しており、それが好ましいが、前者のレーザー発振器(406)及び(407)が射出する波長は、後者のレーザー発振器(401)及び(402)が発振する波長とは異なるものであってもよい。

【0039】

図4に概略を示した実施の形態2に関しても、実施の形態1と同様に光学系409のアクロマトレンズを用いて色収差を補正し、より一層高出力のレーザービームを照射することができ、このより好ましい態様に関し、図5を用いて更に説明する。

40

図5において、レーザー発振器501は、図4中における、レーザー発振器401、402、406及び407、ダイクロイックミラー403及び408、 $\lambda/2$ 波長板404、並びに偏光子405を含む系を指す。

図5において、(a)は側面図、(b)は平面図を示しており、レーザー発振器501から射出したレーザービームは、ビームの一軸方向のみに作用するシリンドリカルレンズ502により一軸方向のみ集光される。

【0040】

一軸方向のみ集光されたレーザービームは、アクロマトレンズ503によりシリンドリ

50

カルレンズ 502 が作用していない方向のみの色収差を補正し集光され、半導体膜上の照射面 504 に照射される。

上記したレーザ発振器、並びにシリンドリカルレンズ及びアポクロマトレンズ等の光学系を用いて、線状ビームを整形し、半導体膜を線状ビームの短軸方向に相対的に移動させることにより、実施の形態 1 と同様に高出力のレーザビームを半導体膜に照射することができる。

その結果、このようにして得られた半導体膜に T F T を作製し、周知の方法にて表示装置を作製することにより、実施の形態 1 と同様に高性能の表示装置を製造することができる。

【0041】

【実施の形態 3】（3 波長 6 台のレーザ発振器 + 偏光子 + 5 ダイクロイックミラー（+ アポクロマトレンズ）の場合）

この形態は、第 4 のレーザ照射方法及びレーザ照射装置に該当するものである。

実施の形態 1 では、異なる 3 つの波長のレーザビームと複数のダイクロイックミラーを用いて、3 台のレーザ発振器からのレーザビームを同一光軸上に合成した。

さらに、実施の形態 2 では、異なる 2 つの波長のレーザビームと複数のダイクロイックミラーと偏光子を用いて、4 台のレーザ発振器からのレーザビームを合成した。

同様に、異なる 3 つの波長のレーザビームと複数のダイクロイックミラーと偏光子とを用いることで、6 台のレーザ発振器からのレーザビームを合成することが可能である。

【0042】

すなわち 3 つの異なる波長のレーザビームと複数のダイクロイックミラーと偏光子とを用いて、6 台のレーザ発振器から射出したレーザビームをアポクロマトレンズを用いて合成する場合の概略図を図 6 に示す。

図 6 において、波長 446 nm のレーザ発振器 B (601) から射出したレーザビームと波長 532 nm のレーザ発振器 G (602) から射出したレーザビームは、532 nm の波長域のみを反射するダイクロイックミラー 604 で合成される。

ダイクロイックミラー 604 で合成されたレーザビームは、ダイクロイックミラー 605 でレーザ発振器 R (603) から射出した波長 628 nm のレーザビームと合成される。

【0043】

合成されたレーザビームは、縦偏光のため / 2 波長板 606 にて横偏光に変換し、偏光子 607 に入射することで、偏光子 607 を通過する。

同様に、レーザ発振器 B (608) から射出した波長 446 nm のレーザビームとレーザ発振器 G (609) から射出した波長 532 nm のレーザビームは、532 nm の波長域のみを反射するダイクロイックミラー 611 で合成される。

さらに、ダイクロイックミラー 604 で合成されたレーザビームはダイクロイックミラー 612 でレーザ発振器 R (610) から射出した波長 628 nm のレーザビームと合成され、縦偏光のまま偏光子 607 で反射し、偏光子 607 を通過してきた横偏光のレーザビームと合成される。

なお、図 6 においては、レーザ発振器 (608)、(609) 及び (610) は、射出する波長がそれぞれレーザ発振器 (601)、(602) 及び (603) と同一波長のものを使用しており、それが好ましいが、前者のレーザ発振器 (608)、(609) 及び (610) が射出する波長は、後者のそれが発振する波長とは異なるものであってもよい。

【0044】

合成された 6 本のレーザビームは、光学系 613 によって任意の形状に整形され、半導体膜上の照射面 614 に照射される。

光学系 613 は、前述した実施の形態 1 のアポクロマトレンズを用いた光学系と同様の系を用いればよい。

上記したレーザ発振器及び光学系を用いて、線状ビームを整形し、半導体膜を線状ビー

10

20

30

40

50

ムの短軸方向に移動させることにより高出力のレーザービームを半導体膜に照射することができる。

このようにして得られた半導体膜にTFTを作製し、周知の方法にて表示装置を作製することにより高性能の表示装置を製造することができる。

【0045】

前記実施の形態までは、球面のアポクロマトレンズ又はアクロマトレンズを用いて、線状レーザービームの短手方向のみの色収差を補正した。

一軸方向のみに作用するシリンドリカル色消しレンズを用いて、長手方向及び短手方向をそれぞれ集光することで、色収差を長手方向にも補正することが可能である。

また、レーザー発振器を複数台用いた場合、それぞれのレーザー発振器のビーム拡がり角あるいはビーム径が異なる。

そこで、シリンドリカル色消しレンズを、すべてのレーザービームを同一の焦点距離に設計するのではなく、照射面でのスポット径が同一になるように設計することで、ビーム長手方向の長さを揃えることが可能である。

その場合について図7に図示する。

【0046】

図7には、波長446nmのレーザービーム701と波長628nmのレーザービーム702をシリンドリカルアポクロマトレンズ703を用いて、照射面705上で合成する場合の例を示す。

図7の例においては、レーザービーム701とレーザービーム702のビーム径及びビーム拡がり角が異なっている。

ここにおいて、波長の異なる2つのレーザービーム701, 702を照射面705上で同じビーム長になるように、シリンドリカルアポクロマトレンズ703は設計されている。

そのため、互いに波長の異なるレーザービーム701と702とは、それぞれの焦点704aと704bとが同一位置ではないものの、照射面705上の同一スポットを照射するように設計されている。

なお、異なる3つの波長のレーザービームを用いる場合には、シリンドリカルアポクロマトレンズに代えシリンドリカルアポクロマトレンズを用いて同様に設計すればよい。

【0047】

また、本発明の発明を実施するための最良の形態である実施の形態1ないし3においては、いずれも3以上のレーザービームを合成する態様となっているが、本発明は2つのレーザービームを合成する場合に利用することも排除するものではなく、それも本発明の1態様である。

なお、この場合には偏光子を用いる従来の場合のように、 $\lambda/2$ 波長板を使用する必要もなく、かつ3以上のレーザービームの合成への変更も簡便に行うことができ、その際にはダイクロイックミラーも流用できる利点もある。

さらに、本発明におけるレーザー発振器としては、本発明の趣旨からしてCWレーザー発振器を用いるのが好ましいが、それに限定されるものでもなく、エキシマレーザーにより発振される不連続レーザーを利用することも勿論である。

例えば、レーザーパルス繰り返し周波数が10MHz以上、好ましくは80MHz以上のパルスレーザーを用いてもよい。パルス発振でレーザー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ns~数百nsと言われており、上記周波数帯を用いることで、半導体膜がレーザー光によって溶融してから固化するまでに、次のパルスのレーザー光を照射できる。したがって、従来のパルス発振のレーザー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。

【実施例1】

【0048】

本実施例は、本発明のレーザー照射方法及びレーザー照射装置を用い、本発明の半導体装置を作製する方法であり、それについて、図8及び図9を用いて説明する。

10

20

30

40

50

なお、以下の説明においては、本実施例に加え、その製造プロセスにおいて採用し得る他の態様に関するも併記する。

まず、基板 1100 上に下地絶縁膜 1101a、1101b を形成する（図 8（a））が、その際本実施例においては基板にガラス基板を使用する。

なお、その基板の材料としては、ガラス基板、石英基板、結晶性ガラスなどの絶縁性基板やセラミック基板、ステンレス基板、金属基板（タンタル、タングステン、モリブデン等）、半導体基板、プラスチック基板（ポリイミド、アクリル、ポリエチレンテレフタレート、ポリカーボネート、ポリアリレート、ポリエーテルスルホン等）等を用いることができるが、少なくともプロセス中に発生する熱に耐えうる材料を使用する。

【0049】

その下地絶縁膜としては、本実施例では 1 層目の絶縁膜 1101a として窒化酸化シリコン膜を 50nm、2 層目の絶縁膜 1101b として酸化窒化シリコン膜を 100nm で形成する。

なお、その基板上に形成する下地絶縁膜 1101a、1101b としては、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜などが使用でき、これら絶縁膜を単層又は 2 以上の複数層形成する。

これらはスパッタ法や減圧 CVD 法、プラズマ CVD 法等の公知の方法を用いて形成する。

本実施例の下地絶縁膜は 2 層の積層構造だが、本発明では下地絶縁膜は勿論単層でも 3 層以上の複数層でも構わない。

なお、窒化酸化シリコン膜と酸化窒化シリコン膜はその窒素と酸素の割合が異なっていることを意味しており、前者の方がより窒素の含有量が高いことを示している。

【0050】

次いで、非晶質半導体膜 1102 を下地絶縁膜上に形成する。

本実施例では、アモルファスシリコンを CVD 法により膜厚 66nm で形成する。

なお、その非晶質半導体膜はシリコン又はシリコンを主成分とする材料（例えば Si_xGe_{1-x} 等）で 25 ~ 80nm の厚さに形成すればよい。

その作製方法としては、公知の方法、例えばスパッタ法、減圧 CVD 法又はプラズマ CVD 法等が使用できる。

その形成後、アモルファスシリコンの結晶化を行う（図 8（b））。

【0051】

本実施例においては、その結晶化は、勿論本発明のレーザー照射方法及び装置を用いるレーザーアニールにより行う。

したがって、異なる波長のレーザー光を射出する 3 台以上のレーザー発振器を使用しそれら発振器から射出されたレーザー光を合成してレーザーアニールを行う。

具体的には、上記実施の形態 1 で示したように、3 台のレーザー光の合成にダイクロイックミラーを使用し、それにより 3 台のレーザー発振器から射出されたレーザービームを合成し、その合成されたレーザービームをアモルファスシリコン膜に照射し、より生産性を上げて結晶化を行う。

そのアニールによる結晶化後、結晶性半導体膜をエッチングにより所望の形状の半導体膜 1102a ~ 1102d とする。

【0052】

続いて、ゲート絶縁膜 1103 を形成する（図 8（c））ことになるが、本実施例では酸化シリコン膜を形成する。

その膜厚は 115nm 程度とし、減圧 CVD 法またはプラズマ CVD 法、スパッタ法などでシリコンを含む絶縁膜を形成すればよい。

その後、ゲート絶縁膜上に第 1 の導電層 1104a ~ 1104d として膜厚 30nm の窒化タンタル（Ta₂N₅）とその上に第 2 の導電層 1105a ~ 1105d として膜厚 370nm のタングステン（W）を形成する。

【0053】

10

20

30

40

50

TaN膜、W膜ともスパッタ法で形成すればよく、TaN膜はTaのターゲットを用いて窒素雰囲気中で、W膜はWのターゲットを用いて成膜すればよい。

なお、本実施例では、前記したとおり第1の導電層を膜厚30nmのTaN、第2の導電層を膜厚370nmのWとしたが、これに限定されず、第1の導電層と第2の導電層は、共にTa、W、Ti、Mo、Al、Cu、Cr、Ndから選ばれた元素、又は前記元素を主成分とする合金材料もしくは化合物材料で形成してもよい。

【0054】

また、それら両導電層は、リン等の不純物元素をドーピングした多結晶珪素膜に代表される半導体膜を用いてもよいし、AgPdCu合金を用いてもよいし、更にその組み合わせも適宜選択すればよい。

その両導電層の膜厚は、第1の導電層が20~100nm、第2の導電層が100~400nmの範囲で形成すればよい。

本実施例では、前記したとおり2層の積層構造としたが、1層としてもよいし、もしくは3層以上の積層構造としてもよい。

【0055】

次に、ゲート電極またはレジストを形成しパターンングしたものをマスクとして用い、半導体膜1102a~1102dにn型またはp型の導電性を付与する不純物を選択的に添加し、ソース領域、ドレイン領域、さらにはLDD領域等を形成する。

その後、レジストからなるマスクを除去して第1のパッシベーション膜1120を形成する(図9(a))。

本実施例では、プラズマCVD法により膜厚100nmの酸化窒化シリコン膜を形成する。

なお、この第1のパッシベーション膜としてはシリコンを含む絶縁膜を100~200nmの厚さに形成すればよい。

その膜の成膜法としては、プラズマCVD法や、スパッタ法を用いればよい。

【0056】

その際には、プラズマCVD法でSiH₄、N₂O、NH₃から作製される酸化窒化シリコン膜、又はSiH₄、N₂Oから作製される酸化窒化シリコン膜を形成すればよい。

この場合の作製条件は、反応圧力20~200Pa、基板温度300~400とし、高周波(60MHz)電力密度0.1~1.0W/cm²である。

また、第1のパッシベーション膜としてSiH₄、N₂O、H₂から作製される酸化窒化水素化シリコン膜を適用してもよい。

勿論、第1のパッシベーション膜1120は、本実施例のような酸化窒化シリコン膜の単層構造に限定されるものではなく、他のシリコンを含む絶縁膜を単層構造、もしくは積層構造として用いてもよい。

【0057】

その後、レーザアニール法を行い、半導体層の結晶性の回復、半導体層に添加された不純物元素の活性化を行う。

なお、この活性化にも、結晶化の場合と同様に、互いに異なる波長のレーザビームを射出する3台以上のレーザ発振器を使用し、それら発振器から射出されたレーザビームをダイクロイックミラー又はそれに加えて偏光子を使用して合成し、高出力の合成されたレーザビームを照射することができ、本実施例ではそれを採用する。高出力のレーザビームを用いることより、より生産性を上げることができる。

また、第1のパッシベーション膜1120を形成した後で熱処理を行うことで、活性化処理と同時に半導体層の水素化も行うことができる。

その水素化は、第1のパッシベーション膜に含まれる水素によって、半導体層のダングリングボンドを終端するものである。

【0058】

さらに、第1のパッシベーション膜1120を形成する前に加熱処理を行ってもよい。

但し、第1の導電層1104a~1104d及び第2の導電層1105a~1105d

10

20

30

40

50

を構成する材料が熱に弱い場合には、本実施例のように配線などを保護するため、第1のパッシベーション膜1120を形成した後で熱処理を行うことが望ましい。

また、この場合、第1のパッシベーション膜がないため、当然パッシベーション膜に含まれる水素を利用しての水素化は行うことができない。

この場合には、プラズマにより励起された水素を用いる手段（プラズマ水素化）を用いての水素化や、3～100%の水素を含む雰囲気中において、300～450℃で1～12時間の加熱処理による水素化を用いればよい。

【0059】

次いで、第1のパッシベーション膜1120上に第1の層間絶縁膜1121を形成する（図9（b））。

本実施例では、膜厚1.6μmの非感光性アクリル膜を形成した（図9（b））。

なお、その第1の層間絶縁膜としては無機絶縁膜あるいは有機絶縁膜を用いることができる。

無機絶縁膜としては、CVD法により形成された酸化シリコン膜や、SOG（Spin On Glass）法により塗布された酸化シリコン膜などを用いることができ、有機絶縁膜としてはポリイミド、ポリアミド、BCB（ベンゾシクロブテン）、アクリル又はポジ型感光性有機樹脂、ネガ型感光性有機樹脂等の膜を用いることができる。

さらに、アクリル膜と酸化窒化シリコン膜の積層構造を用いてもよい。

【0060】

また、その層間絶縁膜は、シロキサン系ポリマーを用いることができる。

シロキサンは、シリコン（Si）と酸素（O）との結合で骨格構造が構成される。置換基として、少なくとも水素を含む有機基（例えばアルキル基、芳香族炭化水素）が用いられる。置換基として、フルオロ基を用いてもよい。または置換基として、少なくとも水素を含む有機基と、フルオロ基とを用いてもよい

そのシロキサン系ポリマーは、その構造により、例えばシリカガラス、アルキルシロキサンポリマー、アルキルシルセスキオキサンポリマー、水素化シルセスキオキサンポリマー、水素化アルキルシルセスキオキサンポリマーなどに分類することができる。

さらに、Si-N結合を有するポリマー（ポリシラザン）を含む材料で層間絶縁膜を形成してもよい。

【0061】

上記した材料を用いることで、層間絶縁膜は、膜厚を薄くしても十分な絶縁性及び平坦性を有するものを得ることができる。

そのため、第1の層間絶縁膜によって基板上に形成されたTFTによる凹凸を緩和し、平坦化することができ、特に、第1の層間絶縁膜は平坦化の意味合いが強いので、平坦化されやすい材質の絶縁膜を用いることが好ましい。

また、上記した材料は、耐熱性が高いため、多層配線におけるリフロー処理にも耐える層間絶縁膜を得ることができる。

さらに、吸湿性が低いため、脱水量の少ない層間絶縁膜を形成することができる。

【0062】

その後、第1の層間絶縁膜上に窒化酸化シリコン膜等からなる第2のパッシベーション膜を形成してもよく、本実施例では、RFスパッタ法を用いて、酸化窒化シリコン膜を70nmの膜厚で形成する。

なお、その膜厚は、10～200nm程度で形成すればよく、第2のパッシベーション膜によって第1の層間絶縁膜へ水分が出入りすることを抑制することができる。

第2のパッシベーション膜には、他にも窒化シリコン膜、窒化アルミニウム膜、酸化窒化アルミニウム膜、ダイヤモンドライクカーボン（DLC）膜やカーボンナイトライド（CN）膜も同様に使用できる。

【0063】

その製膜の際には、RFスパッタ法を用いて成膜された膜は緻密性が高く、バリア性に優れている。

10

20

30

40

50

そのRFスパッタの条件は、例えば酸化窒化シリコン膜を成膜する場合、Siターゲットで、 N_2 、Ar、 N_2O をガスの流量比が31:5:4となるように流し、圧力0.4Pa、電力3000Wとして成膜する。

また、例えば窒化シリコン膜を成膜する場合、Siターゲットで、チャンバー内の N_2 、Arをガスの流量比が1:1となるように流し、圧力0.8Pa、電力3000W、成膜温度を215℃として成膜する。

【0064】

次いで、エッチングにより第2のパッシベーション膜、第1の層間絶縁膜及び第1のパッシベーション膜をエッチングし、ソース及びドレイン領域に達するコンタクトホールを形成する。

その後、各ソース及びドレイン領域とそれぞれ電氣的に接続する配線及び電極を形成する。

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)との積層膜をパターンニングして形成する。

勿論2層構造に限らず、単層構造でもよいし、3層以上の積層構造にしてもよい。

また、配線材料としては、AlとTiに限らない。

例えばTaN膜上にAl膜やCu膜を形成し、更にTi膜を形成した積層膜をパターンニングして配線を形成してもよい。

【0065】

以上の工程により、図9(c)に示すような半導体装置が完成する。

なお、本発明のレーザアニール方法を用いた半導体装置の作製方法は、上述したTFTの作製工程に限定されない。

また、本実施例は上記実施の形態又は実施例と自由に組み合わせて行うことができる。

【実施例2】

【0066】

本発明のレーザアニール方法を用い、本発明の作製方法により製造した半導体装置を組み入れた電子機器としては、ビデオカメラ、デジタルカメラ、ゴーグル型ディスプレイ(ヘッドマウントディスプレイ)、ナビゲーションシステム、音響再生装置(カーオーディオ、オーディオコンポ等)、コンピュータ、ゲーム機器、携帯情報端末(モバイルコンピュータ、携帯電話、携帯型ゲーム機または電子書籍等)あるいは記録媒体を備えた画像再生装置(具体的にはDVD(digital versatile disc))等が挙げられ、それらは記録媒体を再生し、その画像を表示するディスプレイを備えた装置である。

【0067】

それら電子機器の具体例を図10に示す。

図10(A)はテレビ受像機であり、それは筐体2001、支持台2002、表示部2003、スピーカー部2004、ビデオ入力端子2005等を含む。

そのテレビ受像機は、本発明のレーザ照射方法を用いて作製した半導体装置を表示部2003に使用することによって作製することができる。

同(B)はデジタルカメラであり、それは本体2101、表示部2102、受像部2103、操作キー2104、外部接続ポート2105あるいはシャッター2106などを含む。

そのデジタルカメラは、本発明のレーザ照射方法を用いて作製した半導体装置を表示部2102やその他回路などに使用することによって作製することができる。

【0068】

図10(C)はコンピュータであり、それは本体2201、筐体2202、表示部2203、キーボード2204、外部接続ポート2205あるいはポインティングマウス2206等を含む。

そのコンピュータは、本発明のレーザ照射方法を用いて作製した半導体装置を表示部2203やその他回路などに用いることによって作製することができる。

10

20

30

40

50

すなわち、本発明のレーザ照射方法を表示部 2 2 0 3 やその他回路などの加工に用いることによってコンピュータを作製することができる。

同 (D) はモバイルコンピュータであり、それは本体 2 3 0 1、表示部 2 3 0 2、スイッチ 2 3 0 3、操作キー 2 3 0 4、赤外線ポート 2 3 0 5 等を含む。

本発明のレーザ照射方法を表示部 2 3 0 2 やその他回路などの加工に用いることによって、モバイルコンピュータを作製することができる。

【0069】

図 10 (E) は記録媒体を備えた携帯型の画像再生装置 (DVD 再生装置など) であり、それは、本体 2 4 0 1、筐体 2 4 0 2、表示部 A 2 4 0 3、表示部 B 2 4 0 4、記録媒体 (DVD 等) 読み込み部 2 4 0 5、操作キー 2 4 0 6 あるいはスピーカー部 2 4 0 7 等

10

を含む。
その表示部 A 2 4 0 3 は主として画像情報を表示し、表示部 B 2 4 0 4 は主として文字情報を表示する。

本発明のレーザ照射方法を表示部 A 2 4 0 3、表示部 B 2 4 0 4 あるいはその他の回路などの加工に用いることによって、画像再生装置を作製することができる。

なお、記録媒体を備えた画像再生装置にはゲーム機器なども含まれる。

【0070】

図 10 (F) はゴーグル型ディスプレイ (ヘッドマウントディスプレイ) であり、それは、本体 2 5 0 1、表示部 2 5 0 2、アーム部 2 5 0 3 を含む。

本発明のレーザ照射方法を表示部 2 5 0 2 やその他回路などの加工に用いることによ

20

って、ゴーグル型ディスプレイを作製することができる。
同 (G) はビデオカメラであり、それは、本体 2 6 0 1、表示部 2 6 0 2、筐体 2 6 0 3、外部接続ポート 2 6 0 4、リモコン受信部 2 6 0 5、受像部 2 6 0 6、バッテリー 2 6 0 7、音声入力部 2 6 0 8、操作キー 2 6 0 9 あるいは接眼部 2 6 1 0 等を含む。

本発明のレーザ照射方法を表示部 2 6 0 2 やその他回路などの加工に用いることによ

【0071】

って、ビデオカメラを作製することができる。
図 10 (H) は携帯電話であり、それは、本体 2 7 0 1、筐体 2 7 0 2、表示部 2 7 0 3、音声入力部 2 7 0 4、音声出力部 2 7 0 5、操作キー 2 7 0 6、外部接続ポート 2 7 0 7 あるいはアンテナ 2 7 0 8 等を含む。

30

本発明のレーザ照射方法を表示部 2 7 0 3 やその他回路などの加工に用いることによ

って、携帯電話を作製することができる。
なお、上述した電子機器の他に、フロント型若しくはリア型のプロジェクターに用いる

ことも可能となる。
以上のとおりであり、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

【図面の簡単な説明】

【0072】

【図 1】本発明の実施の形態 1 の概念図。

【図 2】本発明で使用するアポクロマートレンズの構造及び色消し機能の図示。

40

【図 3】本発明の実施の形態 1 においてアポクロマートレンズを用いた態様の場合の図示。

【図 4】本発明の実施の形態 2 の概略図。

【図 5】本発明の実施の形態 2 においてアポクロマートレンズを用いた態様の場合の図示。

【図 6】本発明の実施の形態 3 の概略図。

【図 7】本発明で使用することができるシリンドリカル色消しレンズの構造及び色消し機能の図示。

【図 8】本発明のレーザ照射方法を用いて、本発明の半導体装置を作製する方法を図示。

【図 9】本発明のレーザ照射方法を用いて、本発明の半導体装置を作製する方法を図示。

【図 10】本発明の半導体装置の作製方法により製造した半導体装置を組み込まれた電子

50

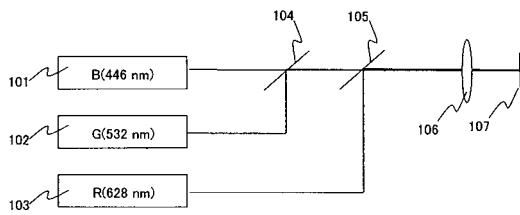
機器を図示。

【符号の説明】

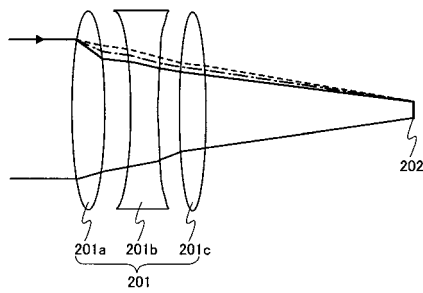
【 0 0 7 3 】

- 1 0 1 (102、103) レーザ発振器
- 4 0 1 (402、406、407)
- 1 0 4 (105) ダイクロイックミラー
- 4 0 3 (408)
- 1 0 6 (409) 光学系
- 1 0 7 (202、304、410) 照射面
- 2 0 1 (303) アポクロマトレンズ
- 3 0 1 白色レーザー発振器
- 3 0 2 シリンドリカルレンズ
- 4 0 4 / 2 波長板
- 4 0 5 偏光子

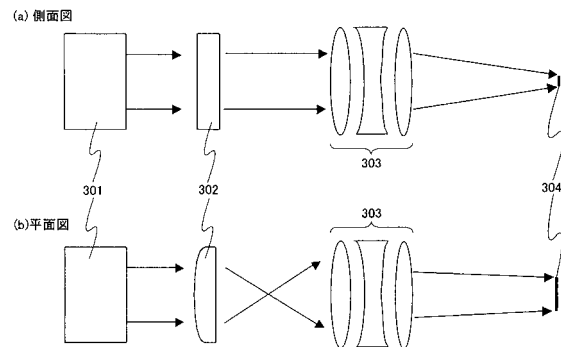
【 図 1 】



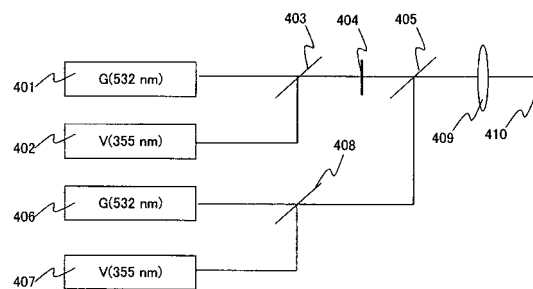
【 図 2 】



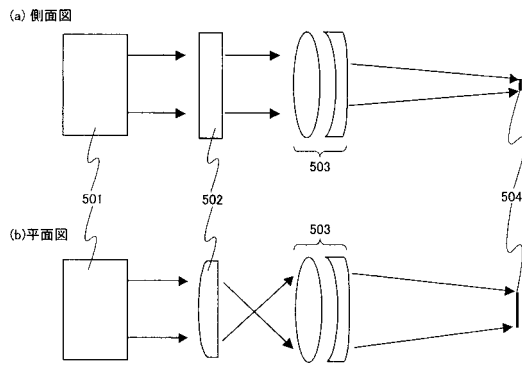
【 図 3 】



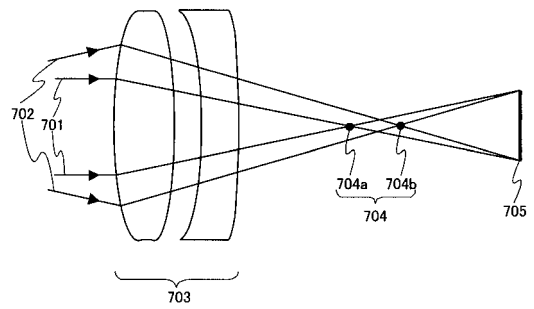
【 図 4 】



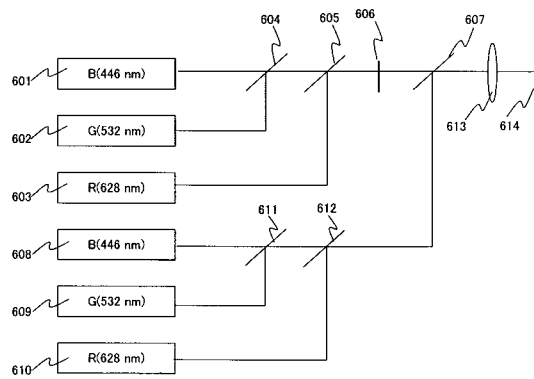
【図5】



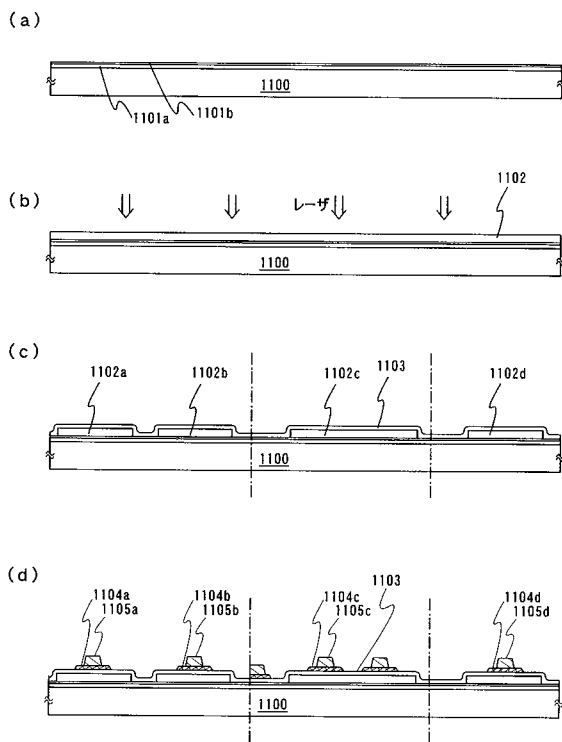
【図7】



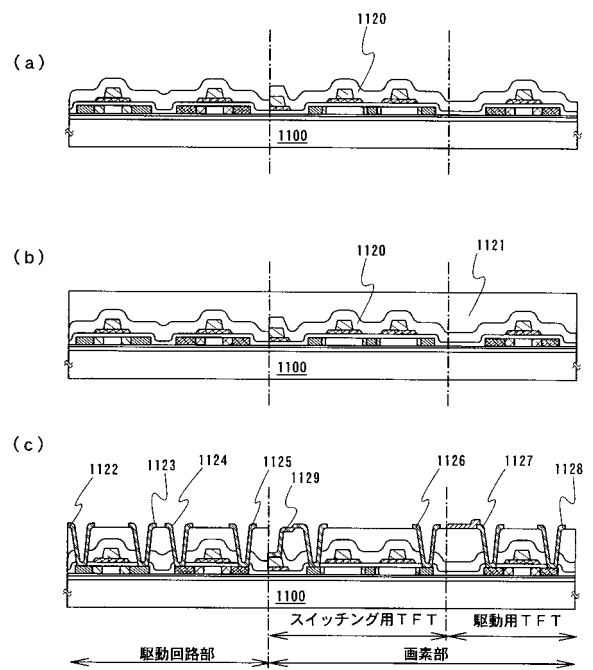
【図6】



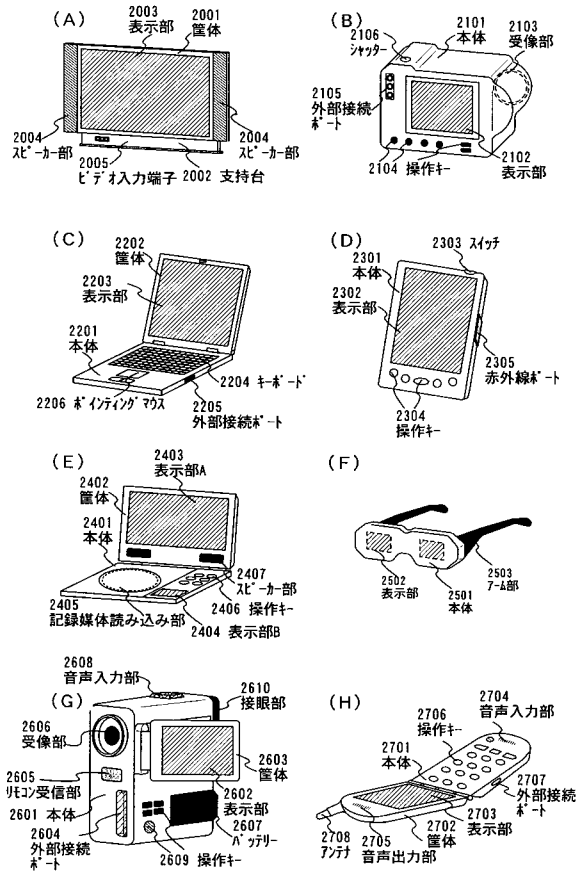
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-037079(JP,A)
特開平03-232223(JP,A)
特開平05-315278(JP,A)
特開2000-058478(JP,A)
特開2003-228034(JP,A)
特開2001-345284(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