

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-249607

(P2011-249607A)

(43) 公開日 平成23年12月8日(2011.12.8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 21/20 (2006.01)	HO 1 L 21/20	5 F 1 5 2
HO 1 L 21/268 (2006.01)	HO 1 L 21/268 J	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁)

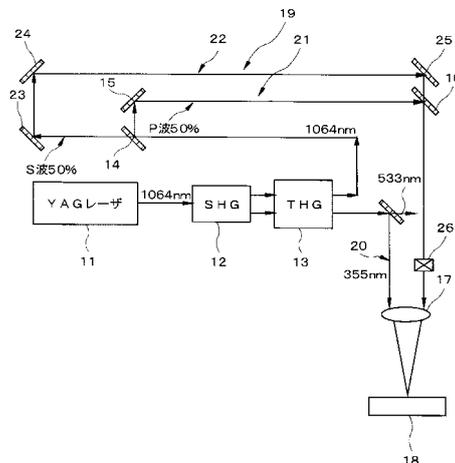
(21) 出願番号	特願2010-121945 (P2010-121945)	(71) 出願人	500171707 株式会社ブイ・テクノロジー 神奈川県横浜市保土ヶ谷区神戸町134番地
(22) 出願日	平成22年5月27日 (2010.5.27)	(74) 代理人	100090158 弁理士 藤巻 正憲
		(72) 発明者	梶山 康一 神奈川県横浜市保土ヶ谷区神戸町134番地 株式会社ブイ・テクノロジー内
		(72) 発明者	水村 通伸 神奈川県横浜市保土ヶ谷区神戸町134番地 株式会社ブイ・テクノロジー内
		(72) 発明者	濱野 邦幸 神奈川県横浜市保土ヶ谷区神戸町134番地 株式会社ブイ・テクノロジー内 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザアニール方法及び装置

(57) 【要約】

【課題】アモルファスシリコン膜をレーザアニールして、低温ポリシリコン膜を形成する際に、YAGレーザのような低コストのレーザ光源装置を使用しても、アモルファスシリコン膜に対して、十分なエネルギーを与えて効率的に相転移させることができるレーザアニール方法及び装置を提供する。

【解決手段】YAGレーザ光源11からの基本波を、波長変換器12, 13で第2高調波及び第3高調波に変換し、第3高調波のレーザ光を被照射体18に照射すると共に、基本波は、約3mの第3の光学系21及び約6mの第4の光学系22を経由させ、約10ns及び約20ns遅延させて、被照射体18に照射する。これにより、第3高調波で溶融したアモルファスシリコン膜の溶融部は基本波がP波とS波とに分割されて照射されるので、アモルファスシリコン膜には吸収されないYAG基本波が溶融Siに吸収されてその加熱に有効に使用される。



【選択図】 図2

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

第 1 のパルスレーザー光と、前記第 1 のパルスレーザー光よりも高次の高調波の第 2 のパルスレーザー光とを出力するレーザー照射部を有し、前記第 2 のパルスレーザー光をアモルファスシリコン膜に照射し、前記第 2 のパルスレーザー光の照射により前記アモルファスシリコン膜が溶融する工程と、

その溶融部が凝固する前の時点で、前記第 1 のパルスレーザー光の一部を前記第 2 のパルスレーザー光の照射より第 1 の遅延時間だけ遅延させた後、前記アモルファスシリコン膜の前記溶融部に照射する工程と、

この溶融部が凝固する前の時点で、前記第 1 のパルスレーザー光の他の一部又は残部を前記第 1 のパルスレーザー光の前記一部の照射より第 2 の遅延時間だけ遅延させた後、前記アモルファスシリコン膜の前記溶融部に照射する工程と、

を有し、

アニール対象部に前記第 2 のパルスレーザー光のエネルギーと、前記第 1 のパルスレーザー光の 2 又は複数に分割されたエネルギーとを、順次付与することを特徴とするレーザーアニール方法。

【請求項 2】

前記第 2 のパルスレーザー光は、波長が 550 nm 以下であり、前記第 1 のパルスレーザー光は、波長が 550 nm を超えることを特徴とする請求項 1 に記載のレーザーアニール方法。

【請求項 3】

第 1 のパルスレーザー光を出力する第 1 の発振器と、前記第 1 のパルスレーザー光よりも高次の高調波の第 2 のパルスレーザー光を出力する第 2 の発振器と、前記第 1 のパルスレーザー光をアモルファスシリコン膜に照射する第 1 の光学系と、前記第 2 のパルスレーザー光を前記アモルファスシリコン膜に照射して溶融部を形成する第 2 の光学系と、を有し、

前記第 1 の光学系は、前記第 2 の光学系による前記第 2 のパルスレーザー光の照射よりも第 1 の遅延時間だけ遅延させて前記第 1 のパルスレーザー光の一部を前記アモルファスシリコン膜の前記溶融部に照射させる第 3 の光学系と、前記第 3 の光学系による前記第 1 のパルスレーザー光の一部の照射よりも第 2 の遅延時間だけ遅延させて前記第 1 のパルスレーザー光の他の一部又は残部を前記アモルファスシリコン膜の前記溶融部に照射させる第 4 の光学系とを有し、

前記第 1 の遅延時間は、前記第 2 のパルスレーザー光による照射により前記アモルファスシリコン膜が溶融した後、溶融部が凝固する前の時点で前記第 1 のパルスレーザー光の前記一部が照射されるものであり、

前記第 2 の遅延時間は、前記第 1 のパルスレーザー光の前記一部の照射により溶融が維持されている前記溶融部が凝固する前の時点で前記第 1 のパルスレーザー光の前記他の一部又は残部が照射されるものであることを特徴とするレーザーアニール装置。

【請求項 4】

前記第 2 のパルスレーザー光は、波長が 550 nm 以下であり、前記第 1 のパルスレーザー光は、波長が 550 nm を超えることを特徴とする請求項 3 に記載のレーザーアニール装置。

【請求項 5】

パルス発振のレーザー光の基本波を出力するレーザー光源と、前記基本波を 1 又は複数の高次の高調波に変換する 1 又は複数の波長変換器と、前記基本波又は低次の高調波の第 1 のパルスレーザー光を前記アモルファスシリコン膜に導光して照射する第 1 の光学系と、前記第 1 のパルスレーザー光よりも高次の高調波の第 2 のパルスレーザー光を前記アモルファスシリコン膜に導光して照射することにより溶融部を形成する第 2 の光学系と、を有し、

前記第 1 の光学系は、前記第 2 の光学系による前記第 2 のパルスレーザー光の照射よりも第 1 の遅延時間だけ遅延させて前記第 1 のパルスレーザー光の一部を前記アモルファスシリコン膜の前記溶融部に照射させる第 3 の光学系と、前記第 3 の光学系による前記第 1 のパルスレーザー光の一部の照射よりも第 2 の遅延時間だけ遅延させて前記第 1 のパルスレーザー光の他の一部又は残部を前記アモルファスシリコン膜の前記溶融部に照射させる第 4 の光学

10

20

30

40

50

系とを有し、

前記第 1 の遅延時間は、前記第 2 のパルスレーザー光による照射により前記アモルファスシリコン膜が溶融した後、溶融部が凝固する前の時点で前記第 1 のパルスレーザー光の前記一部が照射されるものであり、

前記第 2 の遅延時間は、前記第 1 のパルスレーザー光の前記一部の照射により溶融が維持されている前記溶融部が凝固する前の時点で前記第 1 のパルスレーザー光の前記他の一部又は残部が照射されるものであることを特徴とするレーザーアニール装置。

【請求項 6】

前記レーザー光源は、基本波の波長が 1064 nm の YAG レーザ光源であり、前記第 1 のパルスレーザー光は、前記基本波又は波長が 533 nm の第 2 高調波であり、前記第 2 のパルスレーザー光は、波長が 355 nm の第 3 高調波であることを特徴とする請求項 5 に記載のレーザーアニール装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、薄膜トランジスタ液晶パネル等において、アモルファスシリコン膜をパルスレーザー光の照射によりアニールして低温ポリシリコン膜を形成するレーザーアニール方法及び装置に関し、特に、マイクロレンズアレイを使用して、薄膜トランジスタを形成すべき領域のみをアニールすることができるレーザーアニール方法及び装置に関する。

【背景技術】

20

【0002】

液晶パネルにおいては、ガラス基板上にアモルファスシリコン膜を形成し、このアモルファスシリコン膜に対して、基板の一端から、線状のビーム形状を有する連続レーザー光を、前記ビームの長手方向に垂直の方向に走査することにより、低温ポリシリコン膜を形成している。この線状のレーザー光の走査により、アモルファスシリコン膜がレーザー光により加熱されて一旦溶融し、その後、レーザー光の通過により溶融シリコンが急冷され、凝固することにより結晶化して、低温ポリシリコン膜が形成される（特許文献 1、2）。

【0003】

しかし、この低温ポリシリコン膜の形成装置においては、アモルファスシリコン膜の全体がレーザー光の照射を受けて高温になり、アモルファスシリコン膜の溶融凝固により全体が低温ポリシリコン膜となる。このため、薄膜トランジスタ（以下、TFT）を形成すべき領域以外の領域もアニールされるため、処理効率が悪いという問題点がある。

30

【0004】

そこで、マイクロレンズアレイを使用し、各マイクロレンズにより、アモルファスシリコン膜上で、微小な複数個の領域にパルスレーザー光を集光させ、各トランジスタに対応する微小領域に、同時に個別的にパルスレーザー光を照射してアニールする方法が提案されている（特許文献 3）。この方法では、複数個の TFT 形成予定領域のアモルファスシリコン膜のみをアニール処理するため、レーザー光の利用効率が高くなるという利点がある。

【0005】

しかしながら、これらの従来のアモルファスシリコン膜のレーザーアニール装置においては、アモルファスシリコン膜に対し、アモルファスシリコン膜に対する吸収率が高い XeCl ガスのエキシマレーザを照射している。このエキシマレーザは基本波長が 308 nm である。又は、YAG レーザを使用し、この YAG レーザの基本波長が 1064 nm であるため、これを 3 倍の高調波（波長が 355 nm）にして、アモルファスシリコン膜に対する吸収特性が良好なレーザー光にした後、レーザーアニールに使用している。

40

【0006】

このため、エキシマレーザを使用した場合は、そのエキシマレーザ装置の装置コストが高く、また、XeCl ガスを使用すると共にランプの寿命が短いために、ランニングコストも高いという問題点がある。

【0007】

50

一方、YAGレーザに関しては、装置コスト及びランニングコストは低いのであるが、基本波長が1064nmであり、このような長波長のレーザ光は、アモルファスシリコン膜で吸収されないため、波長が355nmの第3高調波のレーザ光を使用する必要がある。この第3高調波は、基本波の出力の30%程度しか利用できないため、十分な出力が得られないという難点がある。

【0008】

一方、特許文献4には、波長が長い第1のレーザビームを波長が短い第2のレーザビームよりも遅延させて被加工物に導く光学系を備えた表面熱処理装置が開示されている。この装置は、YAGレーザから出力された基本波長のレーザ光（波長：1.06μm）の光学路を、第2高調波のレーザ光（波長：0.53μm）の光学路より長くして、出力が低い第2のレーザビームの照射の後、時間差をもって出力が高い第1のレーザビームを照射することにより、被加工物の表面を極めて浅く、能率良く熱処理するようにしたものである。

10

【0009】

また、特許文献5には、被加工物の表面の第1層を第1の光パルスにより照射して加工し、その後、遅延して、第1の光パルスとは波長が異なる第2の光パルスにより照射して第1層より下層の第2層を加工するには超レーザ表面処理装置が開示されている。

【0010】

更に、特許文献6には、冷却時の時定数を長くすることにより、グレインサイズを揃えることを目的として、同一波長のレーザビームを電力密度の高い順にビームスポット以上の距離を離して連動して走査しながら試料に照射するレーザ加熱方法が開示されている。先に照射されるレーザビームは、多結晶シリコン膜を溶融するのに十分なエネルギー密度を有し、次順に照射されるレーザビームは、波長は同一であるものの、多結晶シリコン膜を溶融しない程度に十分な加熱力をもつものである。

20

【0011】

更にまた、特許文献7には、レーザアニールによる再結晶時の粒径を大きくするために、3つのレーザ装置を使用し、従来の1出力パルスに相当するエネルギーを、 $n=3$ 発の段階的に出力が異なるパルスに分割し、これを連続的に薄膜の表面に照射することにより、溶融して再結晶する時間を長くすることにより、最大2000の粒径を得るレーザアニール装置が開示されている。

30

【0012】

更にまた、特許文献8には、半導体材料を均一且つ良好に結晶化させることを目的として、波長が異なる複数種類の光エネルギーの光を、同時に又は時間差をもって材料に照射する光源装置が開示されている。この場合、先ず、エネルギーが小さい方の光を照射すると、照射された半導体層の全体が溶融し、その後、最表面から固化（結晶化）が始まる。その後、少し遅れてエネルギーが高い光を照射すると、半導体層の固化し始めた最表面が再度溶融し、最終的に半導体層の全体にわたり、結晶粒がより均一なものとなる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0013】

40

【特許文献1】特許第3945805号公報

【特許文献2】特開2004-282060号公報

【特許文献3】特開2004-311906号公報

【特許文献4】特公昭64-1045号公報

【特許文献5】特開昭56-29323号公報

【特許文献6】特公平4-20254号公報

【特許文献7】特開平3-60015号公報

【特許文献8】特開平6-163406号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【0014】

しかしながら、上述の従来技術は、結晶粒径の均一化、結晶粒径の長大化等を目的として、同一波長又は複数の波長のレーザ光を時間差をおいて被照射体に照射するものであるが、YAGレーザのような低コストのレーザ光源装置を使用して、レーザ光源から出射されるレーザ光のエネルギーを有効に使用できるものではなかった。

【0015】

本発明はかかる問題点に鑑みてなされたものであって、アモルファスシリコン膜をレーザアニールして、低温ポリシリコン膜を形成する際に、YAGレーザのような低コストのレーザ光源装置を使用しても、アモルファスシリコン膜に対して、十分なエネルギーを与えて効率的に相転移させることができるレーザアニール方法及び装置を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0016】

本発明に係るレーザアニール方法は、第1のパルスレーザ光と、前記第1のパルスレーザ光よりも高次の高調波の第2のパルスレーザ光とを出力するレーザ照射部を有し、前記第2のパルスレーザ光をアモルファスシリコン膜に照射し、前記第2のパルスレーザ光の照射により前記アモルファスシリコン膜が溶融する工程と、

その溶融部が凝固する前の時点で、前記第1のパルスレーザ光の一部を前記第2のパルスレーザ光の照射より第1の遅延時間だけ遅延させた後、前記アモルファスシリコン膜の前記溶融部に照射する工程と、

20

この溶融部が凝固する前の時点で、前記第1のパルスレーザ光の他の一部又は残部を前記第1のパルスレーザ光の前記一部の照射より第2の遅延時間だけ遅延させた後、前記アモルファスシリコン膜の前記溶融部に照射する工程と、

を有し、

アニール対象部に前記第2のパルスレーザ光のエネルギーと、前記第1のパルスレーザ光の2又は複数に分割されたエネルギーとを、順次付与することを特徴とする。

【0017】

このレーザアニール方法において、例えば、前記第2のパルスレーザ光は、波長が550nm以下であり、前記第1のパルスレーザ光は、波長が550nmを超えるものである。

30

【0018】

本発明に係る第1のレーザアニール装置は、第1のパルスレーザ光を出力する第1の発振器と、前記第1のパルスレーザ光よりも高次の高調波の第2のパルスレーザ光を出力する第2の発振器と、前記第1のパルスレーザ光をアモルファスシリコン膜に照射する第1の光学系と、前記第2のパルスレーザ光を前記アモルファスシリコン膜に照射して溶融部を形成する第2の光学系と、を有し、

前記第1の光学系は、前記第2の光学系による前記第2のパルスレーザ光の照射よりも第1の遅延時間だけ遅延させて前記第1のパルスレーザ光の一部を前記アモルファスシリコン膜の前記溶融部に照射させる第3の光学系と、前記第3の光学系による前記第1のパルスレーザ光の一部の照射よりも第2の遅延時間だけ遅延させて前記第1のパルスレーザ光の他の一部又は残部を前記アモルファスシリコン膜の前記溶融部に照射させる第4の光学系とを有し、

40

前記第1の遅延時間は、前記第2のパルスレーザ光による照射により前記アモルファスシリコン膜が溶融した後、溶融部が凝固する前の時点で前記第1のパルスレーザ光の前記一部が照射されるものであり、

前記第2の遅延時間は、前記第1のパルスレーザ光の前記一部の照射により溶融が維持されている前記溶融部が凝固する前の時点で前記第1のパルスレーザ光の前記他の一部又は残部が照射されるものであることを特徴とする。

【0019】

この第1のレーザアニール装置において、前記第2のパルスレーザ光は、波長が550

50

n m 以下であり、前記第 1 のパルスレーザー光は、波長が 5 5 0 n m を超えるものである。

【 0 0 2 0 】

本発明に係る第 2 のレーザーアニール装置は、パルス発振のレーザー光の基本波を出力するレーザー光源と、前記基本波を 1 又は複数の高次の高調波に変換する波長変換器と、前記基本波又は低次の高調波の第 1 のパルスレーザー光を前記アモルファスシリコン膜に導光して照射する第 1 の光学系と、前記第 1 のパルスレーザー光よりも高次の高調波の第 2 のパルスレーザー光を前記アモルファスシリコン膜に導光して照射することにより溶融部を形成する第 2 の光学系と、を有し、

前記第 1 の光学系は、前記第 2 の光学系による前記第 2 のパルスレーザー光の照射よりも第 1 の遅延時間だけ遅延させて前記第 1 のパルスレーザー光の一部を前記アモルファスシリコン膜の前記溶融部に照射させる第 3 の光学系と、前記第 3 の光学系による前記第 1 のパルスレーザー光の一部の照射よりも第 2 の遅延時間だけ遅延させて前記第 1 のパルスレーザー光の他の一部又は残部を前記アモルファスシリコン膜の前記溶融部に照射させる第 4 の光学系とを有し、

前記第 1 の遅延時間は、前記第 2 のパルスレーザー光による照射により前記アモルファスシリコン膜が溶融した後、溶融部が凝固する前の時点で前記第 1 のパルスレーザー光の前記一部が照射されるものであり、

前記第 2 の遅延時間は、前記第 1 のパルスレーザー光の前記一部の照射により溶融が維持されている前記溶融部が凝固する前の時点で前記第 1 のパルスレーザー光の前記他の一部又は残部が照射されるものであることを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

この第 2 のレーザーアニール装置において、例えば、前記レーザー光源は、基本波の波長が 1 0 6 4 n m の Y A G レーザ光源であり、前記第 1 のパルスレーザー光は、前記基本波又は波長が 5 3 3 n m の第 2 高調波であり、前記第 2 のパルスレーザー光は、波長が 3 5 5 n m の第 3 高調波である。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 2 】

本発明によれば、高次の高調波（例えば、波長が 5 5 0 n m 以下）である第 2 のパルスレーザー光による照射によりアモルファスシリコン膜が溶融した後、溶融部が凝固する前に、第 1 の遅延時間だけ遅延して、波長が例えば 5 5 0 n m を超える第 1 のパルスレーザー光の一部による照射が行われる。これにより、第 2 のパルスレーザー光により溶融した領域が溶融した状態のまま、第 1 のパルスレーザー光の一部による照射を受けるので、固体のアモルファスシリコン膜には吸収されない第 1 のパルスレーザー光であっても、溶融して金属 Si となった溶融部においては、十分に吸収され、第 1 のパルスレーザー光のエネルギーが溶融部に付与される。そして、その後、第 1 のパルスレーザー光の残部又は他の一部が、第 2 の遅延時間だけ遅延して、溶融状態が維持されている溶融部に照射される。これにより、Y A G レーザのように波長が長いレーザー光源を使用しても、アモルファスシリコン膜を溶融させることができると共に、十分に大きなエネルギーを付与することができる。そして、本発明においては、エネルギーが高い（ビーム強度が高い）基本波又は低次の高調波である第 1 のパルスレーザー光は、2 つ又はそれ以上に分割し、第 1 のパルスレーザー光の一部及び第 1 のパルスレーザー光の残部として、又は第 1 のパルスレーザー光の一部及び第 1 のパルスレーザー光の他の一部（以降、第 1 のパルスレーザー光の更に他の一部又は残部）として、分割された後、相互間に第 2 の遅延時間だけおいて、溶融部に照射される。このため、エネルギーが低い（ビーム強度が低い）高調波である第 2 のパルスレーザー光と、エネルギーが高いが分割された第 1 のパルスレーザー光の一部と、同様の第 1 のパルスレーザー光の他の一部とが、相互間に第 1 の遅延時間及び第 2 の遅延時間をおいて照射されるので、基本波と高次の高調波との 2 個の波の場合に比して、より長時間、ほぼ一定の強度でレーザー光が照射され、より高効率でレーザー光のエネルギーをアモルファスシリコン膜に吸収させることができる。

【 0 0 2 3 】

なお、本発明の第1のレーザアニール装置において、前記第2の発振器から出力される第2のパルスレーザ光は、基本波長ではなく、2次又は3次等の高調波を使用すればよいので、この第2のレーザアニール装置も、低コストにすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】レーザアニール装置を示す図である。

【図2】本発明の実施形態に係るレーザアニール装置の光源の部分を示す模式図である。

【図3】本実施形態の動作を示すレーザ光の照射タイミングのグラフ図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下、本発明の実施形態について、添付の図面を参照して具体的に説明する。図1は、マイクロレンズを使用したレーザアニール装置を示す図である。図1に示すレーザアニール装置は、逆スタガ構造の薄膜トランジスタのような半導体装置の製造工程において、例えば、そのチャンネル領域形成予定領域のみにレーザ光を照射してアニールし、このチャンネル領域形成予定領域を多結晶化して、ポリシリコン膜を形成するための装置である。このマイクロレンズを使用したレーザアニール装置は、発振器1から出射されたレーザ光を、レンズ群2により平行ビームに整形し、多数のマイクロレンズ5からなるマイクロレンズアレイを介して被照射体6に照射する。レーザ発振器1は、図2にて後述するように、例えば、YAGレーザを光源とするものであり、波長が355nm及び1064nmの2つのレーザ光を両者間に遅延時間を設けて出射するものである。マイクロレンズアレイは、透明基板4に多数のマイクロレンズ5が配置されたものであり、レーザ光を被照射体6としての薄膜トランジスタ基板に設定された薄膜トランジスタ形成予定領域に集光させるものである。透明基板4は被照射体6に平行に配置され、マイクロレンズ5は、トランジスタ形成予定領域の配列ピッチの例えば2以上の整数倍（例えば2）のピッチで配置されている。本実施形態の被照射体6は、例えば、薄膜トランジスタであり、そのa-Si膜のチャンネル領域形成予定領域にレーザ光を照射して、ポリシリコンチャンネル領域を形成する。マイクロレンズ5の上方には、マイクロレンズ5により、チャンネル形成予定領域のみにレーザ光を照射するためのマスク3が配置されており、このマスク3により、被照射体6においてチャンネル領域が画定される。

【0026】

本実施形態のレーザ発振器1は、図2に示すように、基本波の波長が1064nmのYAGレーザ光源11と、この基本波を2次の高調波に変換する第1の波長変換器12と、3次の高調波に変換する第2の波長変換器13とを有する。第1の波長変換器12はレーザ光源11からの基本波を、波長が533nmの第2高調波(SHG)に変換して、基本波と第2高調波を出力する。第2の波長変換器13は、この第2高調波と基本波を合成して第3高調波(THG)を生成し、波長が355nmの第3高調波と、第2高調波及び基本波とを出力する。なお、図2において、ミラー24とミラー25との間の距離及びミラー15とミラー16との間の距離は、ミラー23とミラー24との間の距離及びミラー15とミラー14との間の距離に比べて、極めて大きいものであるが、図示上は、理解の容易のために縦と横との縦横比が、実際の物理的寸法に比して、著しく大きくなるように描画している。

【0027】

第2の波長変換器13から出力された第3高調波(波長:355nm)は、レンズ17を含む第2の光学系20により、アモルファスシリコン膜が形成された被照射体18に照射される。一方、第2の波長変換器13から出力された基本波(波長:1064nm)は、その一部が、ミラー14,ミラー15,ミラー16等を含む第3の光学系21を經由して、レンズ17により被照射体18に照射される。また、基本波の残部は、ミラー14を透過し、ミラー23,ミラー24,ミラー25で反射し、ミラー16を透過してレンズ17により被照射体18に照射され、ミラー23,24,25は、第4の光学系22を構成する。そして、この第3の光学系21及び第4の光学系22により、基本波を導光する第

10

20

30

40

50

1の光学系19が構成される。なお、第2の波長変換器13から出力された第2高調波(波長:533nm)も、第3高調波(波長:355nm)に遅延させて、又は遅延させずに、アモルファスシリコン膜の照射に使用しても良い。

【0028】

第2の波長変換器13から出力された基本波は、その一部がミラー14で反射し、残部がミラー14を透過する。この反射量及び透過量は、例えば、夫々50%である。このミラー14で反射する基本波をP波といい、ミラー14を透過する基本波をS波という。この基本波のP波が導光される第3の光学系21の光路は、第2の波長変換器13から、ミラー14, 15, 16を経て、レンズ17から被照射体18に至るものであり、この光路長は、例えば、3mである。例えば、ミラー14, 15と、ミラー16との間の物理的距離を約1.5mにすれば、第2の波長変換器13から出力された基本波は、ミラー14, 15で折り返されるので、3mの光路長を確保することができる。従って、基本波のうちの50%のP波は、第3の光学系21を導光され、第3高調波は第2の光学系を経て被照射体18に照射されるので、両者の光路長には、約3mの差があり、この光路長の差により、基本波のP波は、第3高調波に対して、約10ns遅延して、アモルファスシリコン膜に照射される。

10

【0029】

また、ミラー14を透過してミラー23, 24, 25により反射した基本波のうちのS波は、第4の光学系22を導光されて被照射体18に照射される。この第4の光学系22は、第2の波長変換器13から、ミラー14, 23, 24, 25, 16を経て、レンズ17から被照射体18に至るものであり、この光路長は、例えば、6mである。例えば、ミラー23, 24と、ミラー25との間の物理的距離を約3mにすれば、第2の波長変換器13から出力された基本波は、ミラー23, 24で折り返されるので、6mの光路長を確保することができる。従って、基本波のうちの50%のS波は、第4の光学系22を導光され、基本波のうちの50%のP波は、第3の光学系21を導光されるので、両者の光路長には、約3mの差があり、この光路長の差により、基本波のS波は、基本波のS波に対して、約10ns遅延して、アモルファスシリコン膜に照射される。よって、第3高調波と、P波と、S波とは、それらの間に約10nsの遅延時間をおいて、被照射体18の溶融部に照射される。なお、第3の光学系21のミラー16とレンズ17の間には、第3の光学系21及び第4の光学系22を導光されるレーザ光の強度を調整するアッテネータ26が配置されている。

20

30

【0030】

次に、上述のごとく構成された本実施形態のレーザアニール装置の動作について説明する。YAGレーザの基本波の場合は、アモルファスシリコン膜に照射されても、このアモルファスシリコン膜では吸収されにくく、YAGレーザ基本波は、アモルファスシリコン膜を溶融させることができなると共に、アモルファスシリコン膜を透過して、その下地のガラス基板に到達し、ガラス基板を損傷させる。このため、従来、YAGレーザの場合は、第3高調波(波長が355nm)を使用して、レーザアニールが行われている。

【0031】

しかし、本実施形態においては、YAGレーザ光源11から、基本波(波長が1064nm)のレーザ光を1ショットだけ、パルス出力する。そうすると、このレーザ光は第1波長変換器12で第2高調波(SHG)に変換され、第2高調波と基本波が入力された第2波長変換器13で第3高調波(THG)に変換される。そして、この第3高調波はレンズ17を介して、被照射体18に照射され、被照射体18を局部的に溶融させる。一方、基本波のうちのP波は、ミラー14, 15, 16を含む第3光学系21を経由して遅延され、例えば、第3高調波に対して10ns遅延して、被照射体18の溶融部に照射される。更に、基本波のうちのS波は、ミラー23, 24, 25を含む第4光学系22を経由して遅延され、例えば、P波に対して10ns遅延して、被照射体18の溶融部に照射される。

40

【0032】

50

図3(a)は、第3高調波が照射された後、基本波のP波が例えば10ns遅延して照射され、更に基本波のS波が例えば10ns遅延して照射されたことを示す。そして、この第3高調波が照射されると、第3高調波の波長は355nmであるので、アモルファスシリコン膜が溶融する。仮に、この第3高調波の照射のみの場合には、アモルファスシリコン膜の凝固が約50ns後に開始される。そこで、第3高調波の照射後、10ns遅延して基本波のP波が照射された場合には、この基本波のP波は、溶融状態の金属Siに照射されるので、固体アモルファスシリコン膜に照射された場合と異なり、基本波の波長でも、溶融部に十分吸収され、この溶融部に大きな熱源を付与する。また、基本波のP波が溶融状態の金属Siに照射された後、10ns遅延して基本波のS波が照射された場合には、この基本波のS波は、溶融状態の金属Siには十分に吸収され、この溶融部に大きな熱源を与える。そして、基本波は、高調波よりもエネルギーが大きく、レーザ光の強度が高くなるが、本実施形態では、基本波は、そのエネルギーが50%ずつに分割され、強度が約半分のP波及びS波が約10nsの遅延時間で遅延して溶融部に照射されるので、エネルギー及びレーザ光強度がほぼそろった3つのパルスレーザ光が、相互間に約10nsの遅延時間で遅延してアモルファスシリコン膜に局部的に照射される。これにより、第3高調波と、基本波のP波と、基本波のS波との3波の全てから熱を付与されて、アモルファスシリコン膜には全体で図3(b)に示す熱が付与される。

10

20

30

40

50

【0033】

これにより、アモルファスシリコン膜には極めて大きな熱が付与される。YAGレーザの第3高調波の場合には、その熱量が基本波の場合の30%程度しかない。例えば、YAGレーザの場合、基本波の1064nmの波長のレーザ光のエネルギーが10であるとすると、第2高調波の533nmの波長のレーザ光のエネルギーは5、第3高調波の355nmの波長のレーザ光のエネルギーは3である。このため、第3高調波を単独で照射した場合は、アモルファスシリコン膜に付与される熱量は少ない。このため、アモルファスシリコン膜に十分な熱を与えてアニールしようとする、YAGレーザの出力を極めて大きくする必要があり、従来は、その出力の損失が極めて大きいものであった。

【0034】

これに対し、本実施形態においては、第3高調波の照射によりアモルファスシリコン膜に付与される熱量は少なくとも、溶融したシリコンが凝固する前に、即ち、第3高調波の照射後50ns以内に、基本波を2回に分けて順次照射するので、この基本波から大きな熱量が溶融部に付与される。これにより、YAGレーザ光源11から発せられたレーザ光のエネルギーを無駄にすることなく、高効率でアモルファスシリコン膜の加熱に使用することができる。しかも、このYAGレーザ光源11は、装置コストが低く、ランニングコストも低いという利点がある。基本波はエネルギーが高いので、第3高調波と基本波との2つのみの場合は、基本波は一度に高エネルギー密度の波として照射される。これに対し、本実施形態の場合は、基本波は、第3高調波とエネルギー密度が同程度のP波及びS波として、2個に分割されて、所定の遅延時間だけ遅延して、アモルファスシリコン膜の溶融部に照射される。従って、本実施形態の場合は、基本波と第3高調波との2個の波の場合に比して、より長時間、ほぼ一定の強度でレーザ光が照射され、より高効率でレーザ光のエネルギーがアモルファスシリコン膜に吸収される。

【0035】

本発明は、上記実施形態に限らず、種々の変形が可能である。レーザ光源は、YAGレーザに限らず、種々のレーザを使用することができる。アモルファスシリコン膜は短波長のレーザ光を吸収するが、長波長のレーザ光は吸収しないため、先ず、エネルギーは小さいものの吸収効率が良い短波長のレーザ光を照射してアモルファスシリコン膜を溶融させた後、一定の遅延時間の後、金属状態の溶融シリコンに、長波長でエネルギーが大きなレーザ光を分割して照射することに本発明の特徴がある。そこで、このような3段階のレーザ光の照射が可能であれば、種々のレーザ光源を使用することができる。また、光エネルギーのレーザ光は、上記実施形態のように2個に分割するのではなく、3個以上に分割して、夫々、所定の遅延時間で遅延させてもよい。更に、分割の程度は、上記実施形態のように、

50%に限らず、例えば、40%と60%というように、分割割合を変えてもよい。

【0036】

例えば、上記実施形態では、YAGレーザの同一の光源を使用し、第1の光学系19を使用して、基本波を第3高調波よりも遅延させて2段階のレーザ光の照射を行っているが、これに限らず、別のレーザ光源を使用して、短波長の照射とこれに続く長波長の照射とを行ってもよい。この場合は、第1の発振器が、長波長の第1のパルスレーザ光を出力するタイミングを、第2の発振器が、短波長の第2のパルスレーザ光を出力するタイミングよりも、所定の遅延時間だけ遅らせるように、パルスのタイミングを制御すればよい。

【0037】

この場合に、先に照射される第2のパルスレーザ光は、波長が550nm以下の短波長とすることが好ましい。この550nm以下であれば、第2のパルスレーザ光は、アモルファスシリコン膜で吸収され、アモルファスシリコン膜を十分に加熱して溶融させることができる。従って、エネルギーが大きな後発の第1のパルスレーザ光は、波長が550nmを超えるものである。この波長が550nmを超える長波長は、アモルファスシリコン膜に対して吸収されにくく、これを溶融させるには至らないが、溶融金属Siに対して大きなエネルギーを与えることができる。

10

【0038】

また、上記実施形態においては、長波長の第1のパルスレーザ光として、基本波長を使用したか、基本波長の代わりに、第2高調波の533nmのレーザ光を使用してもよい。この533nmの第2高調波は、基本波長に比べればエネルギーが小さいが、アモルファスシリコン膜に与えるべき全体のエネルギーの大きさに応じて、第2高調波も使用することができる。

20

【0039】

更に、例えば、第4高調波、及び第5高調波等も使用することができる。なお、第2、第3高調波発生素子としては、LBO結晶(LiB₃O₅)又はKTP結晶(KTiOP₄)を使用することが周知である。また、第4高調波発生素子としては、BBO結晶(-BaB₂O₄)を使用することが周知である。

【0040】

更にまた、第3高調波、第2高調波、基本波長のレーザ光を、順次、遅延させながら、アモルファスシリコン膜に照射してもよい。

30

【産業上の利用可能性】

【0041】

本発明によれば、低コストのレーザ光源を使用して、アモルファスシリコン膜をレーザアニールすることができるので、レーザ光を使用したアニール技術に極めて有用である。

【符号の説明】

【0042】

1：レーザ光源

2：レンズ群

3：マスク

4：透明基板

5：マイクロレンズ

6：被照射体

7：遮光板

11：YAGレーザ光源

12：第1波長変換器

13：第2波長変換器

14, 15, 16, 23, 24, 25：ミラー

17：レンズ

18：被照射体

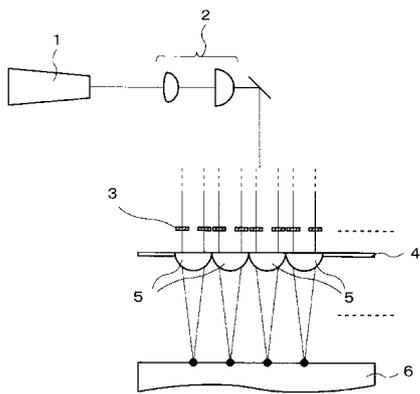
19：第1光学系

40

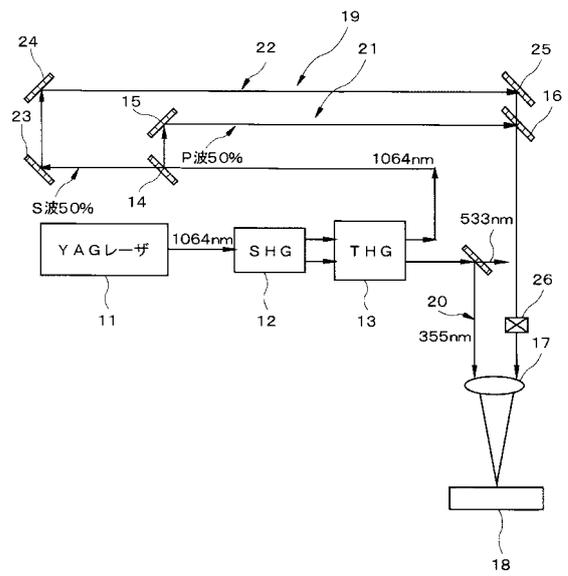
50

- 2 0 : 第 2 光学系
- 2 1 : 第 3 光学系
- 2 2 : 第 4 光学系

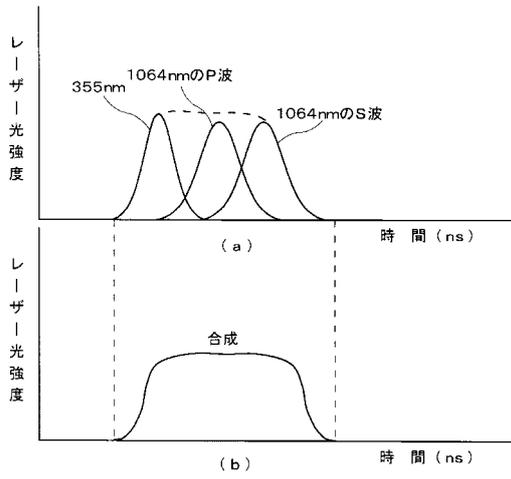
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5F152 BB03 CE05 EE02 EE03 EE05 FF06 FF33 FF47 FG03 FG19
FG30