

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4190901号
(P4190901)

(45) 発行日 平成20年12月3日(2008. 12. 3)

(24) 登録日 平成20年9月26日(2008. 9. 26)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/268 (2006. 01)

H O 1 L 21/268 J

H O 1 L 21/20 (2006. 01)

H O 1 L 21/20

H O 1 L 21/336 (2006. 01)

H O 1 L 29/78 6 2 7 G

H O 1 L 29/786 (2006. 01)

請求項の数 12 (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2003-22932 (P2003-22932)
 (22) 出願日 平成15年1月31日(2003. 1. 31)
 (62) 分割の表示 特願2000-244271 (P2000-244271)
 の分割
 原出願日 平成12年8月11日(2000. 8. 11)
 (65) 公開番号 特開2003-243322 (P2003-243322A)
 (43) 公開日 平成15年8月29日(2003. 8. 29)
 審査請求日 平成19年5月11日(2007. 5. 11)
 (31) 優先権主張番号 特願平11-229516
 (32) 優先日 平成11年8月13日(1999. 8. 13)
 (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 加藤 浩一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ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】

レーザ発振器から発生したレーザ光を線状レーザビームに加工する第1及び第2の光学系を有し、

前記第1の光学系によって、前記線状レーザビームの長手方向と直角な方向の加工を行い、

前記第2の光学系によって、前記線状レーザビームの前記長手方向の加工を行い、
照射面に対し前記線状レーザビームを照射するレーザ照射装置であって、

前記第1の光学系は、凸レンズで構成され前記レーザ光を分割するための第1及び第2の一体型シリンドリカルアレイレンズと分割されたレーザ光を集光するためのダブレットシリンドリカルレンズとを有し、

前記第1の一体型シリンドリカルアレイレンズの焦点距離をfとすると、
前記第1の一体型シリンドリカルアレイレンズの主点と、前記第2の一体型シリンドリカルアレイレンズとの最短距離dは、 $1.1f < d < 1.9f$ の範囲にあることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 2】

レーザ発振器から発生したレーザ光を線状レーザビームに加工する第1及び第2の光学系を有し、

前記第1の光学系によって、前記線状レーザビームの長手方向と直角な方向の加工を行い、

10

20

前記第 2 の光学系によって、前記線状レーザビームの前記長手方向の加工を行い、照射面に対し前記線状レーザビームを照射するレーザ照射装置であって、
前記第 1 の光学系は、凸レンズで構成され前記レーザ光を分割するため第 1 及び第 2 の一体型シリンドリカルアレイレンズと分割されたレーザ光を集光するためのダブレットシリンドリカルレンズとを有し、

前記第 2 の光学系は、凸レンズで構成され前記レーザ光を分割するためのシリンドリカルアレイレンズと、前記シリンドリカルアレイレンズによって分割された前記レーザ光を合成するシリンドリカルレンズとを有し、

前記第 1 の一体型シリンドリカルアレイレンズの焦点距離を f とすると、
前記第 1 の一体型シリンドリカルアレイレンズの主点と、前記第 2 の一体型シリンドリカルアレイレンズとの最短距離 d は、 $1 \cdot 1 f < d < 1 \cdot 9 f$ の範囲にあり、

前記シリンドリカルアレイレンズの焦点距離を f_1 とすると、
前記シリンドリカルアレイレンズの主点と、前記シリンドリカルレンズとの最短距離 D は、 $1 \cdot 3 f_1 < D < 3 f_1$ の範囲にあることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 において、
前記第 1 及び第 2 の一体型シリンドリカルアレイレンズは、曲率を持つ面を互いに外側に向けて平行に配置されていることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項において、
前記レーザ照射装置は、少なくとも 1 方向に動くステージ有し、
前記線状レーザビームは、前記ステージを動かすことで照射面を走査することを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項において、
前記レーザ光は、エキシマレーザであることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項において、
前記第 1 及び第 2 の一体型シリンドリカルアレイレンズは、同一形状であることを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項 7】

レーザ発振器から発生したレーザ光を第 1 及び第 2 の光学系によって線状レーザビームに加工し、

前記線状レーザビームを半導体膜に対し長手方向と直角な方向に走査する半導体装置の作製方法であって、

前記第 1 の光学系において、
前記レーザ光を、凸レンズで構成された第 1 の一体型シリンドリカルアレイレンズに入射することで分割し、前記分割された各レーザ光を第 2 の一体型シリンドリカルアレイレンズを構成するそれぞれのシリンドリカルレンズに入射して透過した後、ダブレットシリンドリカルレンズで集光させることによって、前記線状レーザビームの前記長手方向と直角な方向の加工を行い、

前記第 2 の光学系において、前記線状レーザビームの前記長手方向の加工を行い、
前記第 1 の一体型シリンドリカルアレイレンズの焦点距離を f とすると、
前記第 1 の一体型シリンドリカルアレイレンズの主点と、前記第 2 の一体型シリンドリカルアレイレンズとの最短距離 d は、 $1 \cdot 1 f < d < 1 \cdot 9 f$ の範囲にあることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 8】

レーザ発振器から発生したレーザ光を第 1 及び第 2 の光学系によって線状レーザビームに加工し、

前記線状レーザビームを半導体膜に対し長手方向と直角な方向に走査する半導体装置の

10

20

30

40

50

作製方法であって、

前記第 1 の光学系において、

前記レーザ光を、凸レンズで構成された第 1 の一体型シリンドリカルアレイレンズに入射することで分割し、前記分割された各レーザ光を第 2 の一体型シリンドリカルアレイレンズを構成するそれぞれのシリンドリカルレンズに入射して透過した後、ダブレットシリンドリカルレンズで集光することによって、前記線状レーザビームの前記長手方向と直角な方向の加工を行い、

前記第 2 の光学系において、

前記レーザ光を、凸レンズで構成されたシリンドリカルアレイレンズに入射することで分割した後、シリンドリカルレンズで集光することによって、前記線状レーザビームの前記長手方向の加工を行い、

前記第 1 の一体型シリンドリカルアレイレンズの焦点距離を f とすると、

前記第 1 の一体型シリンドリカルアレイレンズの主点と、前記第 2 の一体型シリンドリカルアレイレンズとの最短距離 d は、 $1.1f < d < 1.9f$ の範囲にあり、

前記シリンドリカルアレイレンズの焦点距離を f_1 とすると、

前記シリンドリカルアレイレンズの主点と、前記第 2 のシリンドリカルレンズとの最短距離 D は、 $1.3f_1 < D < 3f_1$ の範囲に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 7 又は請求項 8 において、

前記第 1 及び第 2 の一体型シリンドリカルアレイレンズは、曲率を持つ面を互いに外側に向けて平行に配置されてい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 7 乃至請求項 9 のいずれか一項において、

前記線状レーザビームの走査は、ステージを動かすことによって行われることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 11】

請求項 7 乃至請求項 10 のいずれか一項において、

前記レーザ光は、エキシマレーザであることを特徴とする半導体装置の作製方法。

【請求項 12】

請求項 7 乃至請求項 11 のいずれか一項において、

前記第 1 及び第 2 の一体型シリンドリカルアレイレンズは、同一形状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】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本願発明は薄膜で構成された回路を有する半導体装置を作製するための装置に関する。例えば液晶表示装置に代表される電気光学装置、及び電気光学装置を部品として搭載した電気機器の構成を作製する装置に関する。なお、本明細書中において半導体装置とは、半導体特性を利用することで機能しうる装置全般を指し、上記電気光学装置および電気機器も半導体装置である。

【0002】

【従来の技術】

近年、ガラス等の絶縁基板上に形成された非晶質半導体膜や結晶性半導体膜（単結晶でない、多結晶、微結晶等の結晶性を有する半導体膜）、即ち非単結晶半導体膜に対し、レーザアニールを施して、結晶化させ、又は結晶性を向上させる技術が、広く研究されている。上記半導体膜には、珪素膜がよく用いられる。

【0003】

ガラス基板は、従来よく使用されてきた石英基板と比較し、安価で加工性に富んでおり、大面積基板を容易に作成できる利点を持っている。これが上記研究の行われる理由である

10

20

30

40

50

。また、結晶化に好んでレーザが使用されるのは、ガラス基板の融点が高いからである。レーザは基板の温度をあまり上昇させずに非単結晶膜にのみ高いエネルギーを与えることができる。

【 0 0 0 4 】

結晶性珪素膜は多くの結晶粒からできているため、多結晶珪素膜、あるいは多結晶半導体膜と呼ばれる。レーザアニールを施して形成された結晶性珪素膜は、高い移動度を有するため、この結晶性珪素膜を用いて薄膜トランジスタ (T F T) を形成し、例えば、一枚のガラス基板上に、画素駆動用と駆動回路用の T F T を作製する、モノリシック型の液晶電気光学装置等に盛んに利用されている。

【 0 0 0 5 】

また、出力の大きい、エキシマレーザ等のパルスレーザビームを、被照射面において、数 c m 角の四角いスポットや、長さ 1 0 c m 以上の線状となるように光学系にて加工し、レーザビームを走査させて (あるいはレーザビームの照射位置を被照射面に対し相対的に移動させて)、レーザアニールを行う方法が、量産性が高く工業的に優れているため、好んで用いられている。

【 0 0 0 6 】

特に、線状レーザビームを用いると、前後左右の走査が必要なスポット状のレーザビームを用いた場合とは異なり、線状レーザの線方向に直角な方向だけの走査で被照射面全体にレーザ照射を行うことができるため、高い量産性が得られる。線方向に直角な方向に走査するのは、それが最も効率のよい走査方向であるからである。この高い量産性により、現在レーザアニールにはパルス発振エキシマレーザビームを適当な光学系で加工した線状レーザビームを使用することが主流になりつつある。

【 0 0 0 7 】

図 1 に、照射面においてレーザビームの断面形状を線状に加工するための光学系の構成の例を示す。この構成は、レーザビームの断面形状を線状に変換するだけでなく、同時に、照射面におけるレーザビームのエネルギー均質化を果たすものである。一般にビームのエネルギーの均質化を行う光学系を、ビームホモジナイザと呼ぶ。

【 0 0 0 8 】

まず、側面図について説明する。レーザ発振器 1 0 1 から出たレーザビームは、シリンドリカルレンズアレイ 1 0 2 a と 1 0 2 b により、レーザビームの進行方向と直角方向に分割される。該方向を本明細書中では、縦方向と呼ぶことにする。この構成では、4 分割となっている。これらの分割されたレーザビームは、シリンドリカルレンズ 1 0 4 により、いったん 1 つのレーザビームにまとめられる。ミラー 1 0 7 で反射され、その後、ダブレットシリンドリカルレンズ 1 0 8 により、照射面 1 0 9 にて再び 1 つのレーザビームに集光される。ダブレットシリンドリカルレンズとは、2 枚のシリンドリカルレンズで構成されているレンズのことをいう。これにより、線状レーザビームの幅方向のエネルギー均質化がなされ、幅方向の長さが決定される。

【 0 0 0 9 】

次に、上面図について説明する。レーザ発振器 1 0 1 から出たレーザビームは、シリンドリカルレンズアレイ 1 0 3 により、レーザビームの進行方向と直角方向でかつ、縦方向と直角方向に分割される。該方向を本明細書中では、横方向と呼ぶことにする。この構成では、7 分割となっている。その後、シリンドリカルレンズ 1 0 5 にて、レーザビームは照射面 1 0 9 にて 1 つに合成される。これにより、線状レーザビームの長手方向のエネルギー均質化がなされ、線状レーザビームの長さが決定される。

【 0 0 1 0 】

上記の諸レンズは、エキシマレーザに対応するため合成石英製である。また、エキシマレーザをよく透過するように表面にコーティングを施している。これにより、レンズ 1 つのエキシマレーザの透過率は 9 9 % 以上になった。

【 0 0 1 1 】

上記の構成で加工された線状レーザビームをそのレーザビームの幅方向に徐々にずらしな

10

20

30

40

50

がら重ねて照射することにより、非単結晶珪素膜全面に対し、レーザアニールを施して、結晶化させ、又は結晶性を向上させることができる。

【 0 0 1 2 】

次に、照射対象となる半導体膜の典型的な作成方法を示す。

【 0 0 1 3 】

まず、基板として、厚さ0.7mm、5インチ角のコーニング1737基板を用意した。基板にプラズマCVD装置を用いて、厚さ200nmのSiO₂膜（酸化珪素膜）を成膜し、SiO₂膜表面に厚さ50nmの非晶質珪素膜（以下、a-Si膜と表記する）を成膜した。

【 0 0 1 4 】

基板を、温度500度の窒素雰囲気中で1時間加熱し、膜中の水素濃度を減らした。これにより、膜の耐レーザ性が著しく向上した。

10

【 0 0 1 5 】

レーザ装置は、ラムダ社製のXeClエキシマレーザ（波長308nm、パルス幅30ns）L3308を使用した。このレーザ装置はパルス発振式で、500mJ/パルスのエネルギーを出す能力を持っている。レーザビームのサイズは、レーザビームの出口で、10×30mm（共に半値幅）である。エキシマレーザの発生するレーザビームの形状は一般的に長方形であり、アスペクト比で表現すると、3～5位の範囲に入る。レーザビームの強度は、レーザビームの中央ほど強いガウシアン分布を示す。前記レーザビームのサイズは、図1に示した構成をもつ光学系により、エネルギー分布の様な125mm×0.4mmの線状レーザビームに変換された。

20

【 0 0 1 6 】

本発明者の実験によると、上述の半導体膜に対しレーザを照射する場合、重ね合わせのピッチは線状レーザビームの幅（半値幅）の1/10前後が最も適当であった。これにより、結晶性の膜内における均一性が向上した。上記の例では、前記半値幅が0.4mmであったので、エキシマレーザのパルス周波数を30ヘルツ、走査速度を1.0mm/sとし、レーザビームを照射した。このとき、レーザビームの照射面におけるエネルギー密度は420mJ/cm²とした。これまで述べた方法は線状レーザビームを使って半導体膜を結晶化するために用いられる極めて一般的なものである。

【 0 0 1 7 】

【発明が解決しようとする課題】

30

パルス発振エキシマレーザビームを上述したような光学系により線状に加工し、例えば非単結晶珪素膜に対し、前記線状レーザビームを走査させながら照射すると、多結晶珪素膜が得られる。

【 0 0 1 8 】

得られた多結晶珪素膜を観察した結果、縦横に走る縞模様ができてしまう現象が目立った。（図2参照。）

【 0 0 1 9 】

これらの縞の一本一本で膜の半導体特性が異なったため、例えばこの縞状の膜を使用してドライバー画素一体型（システムオンパネル）の液晶ディスプレイを作成した場合、この縞が画面にそのまま出てしまう不都合が生じた。画面上にできる縞はドライバー部における結晶性の不均一と画素部のその両方に起因した。この問題は、レーザビームや、レーザビームの照射対象である非単結晶珪素膜の膜質を改良することで改善されつつあり、作成する液晶ディスプレイによっては、問題にならない程度にまで改善されている。しかしながら、より高精細、高特性の液晶ディスプレイを作成する場合、やはり、上記の縞は問題となる。本発明はこの問題を解決しようとするものである。

40

【 0 0 2 0 】

上記縞模様ができて主な原因は、線状レーザビームの幅方向におけるエッジ付近のエネルギーのぼやけ（エネルギーがレーザビームのエッジに近づくにつれて徐々に減衰する様子を表現するもの）と、線状レーザビームの長手方向におけるエネルギーの不均一であった。本明細射中で、前記エネルギーのぼやけの領域は、線状レーザビーム内の最大エネルギー

50

ー密度に対し、90%以下のエネルギー密度を有する領域と定義する。

【0021】

線状レーザビームの幅方向におけるエッジ付近のエネルギーのばやけは、線状レーザビームの長手方向と平行な方向に縞模様を形成する原因となった。また、線状レーザビームの長手方向におけるエネルギーの不均一は、線状レーザビームの長手方向と直交する方向に縞模様を形成する原因となった。

【0022】

線状レーザビームの長手方向におけるエネルギーの不均一の問題を解決するために、シリンドリカルアレイレンズ102、103のアレイの数を増やすことがまず考えられた。

【0023】

上述の例におけるシリンドリカルアレイレンズの分割数は縦4分割、横7分割で、計28分割であった。この分割数を増やすことで、レーザアニールの均質性をあげる試みは、長年にわたって行われている。以下、その試みの例を挙げる。

【0024】

4分割のシリンドリカルアレイレンズを構成するシリンドリカルレンズ1つのサイズは、上記の例で、幅3mm、長さ50mmと細長い。これらの数値を、シリンドリカルレンズ1つの幅と長さに関するアスペクト比で表現すると、 $50/3$ で、約16.7である。一方、7分割のシリンドリカルアレイレンズを構成するシリンドリカルレンズ1つのサイズは、上記の例で、幅7mm、長さ50mmで比較的太い。アスペクト比で、表現すると、 $50/7$ で、約7.1である。

【0025】

よって、7分割のシリンドリカルアレイレンズをより細かくする方が、レンズ作成技術を考えると容易である。しかしながら、上記28分割で得られた線状レーザビームのエネルギー分布を詳しく調べると、線状レーザビームの幅方向に対する中心線近くのエネルギーと、前記方向に関して線状レーザビームのエッジ近くのエネルギーとは、明らかに異なることがわかった。どちらがより高いエネルギーを持つようになるかは、光学調整する度に違った。よって、7分割のシリンドリカルアレイレンズの分割数をいくら増やしても、線状レーザビーム内のエネルギー分布は、均一な方向には向かわず、線状レーザビームの幅方向にある不均一な分布をもつようになるだけである。

【0026】

上記の考察に基づき、より均一なレーザアニール効果が期待できる光学系の作成を考えると、4分割のシリンドリカルアレイレンズの分割数を増やすしかない。

【0027】

しかしながら、該光学系を構成するレンズは加工の困難な合成石英である。また、上記の例に出したシリンドリカルアレイレンズを構成するシリンドリカルレンズの幅3mm、長さ50mmというのは、レンズとしては非常に形状が細長いため、単独で作成するには、高い技術を必要とした。

【0028】

前記シリンドリカルアレイレンズはシリンドリカルレンズを1つ1つ作成した後、互いに組み合わせることでシリンドリカルアレイレンズとしている。あるいは、アレイを形成した後高温にさらして、一体化させることによりシリンドリカルアレイレンズとしている。よって、各シリンドリカルレンズは、もとは互いに分離している。

【0029】

これらのシリンドリカルレンズに十分な強度と精度を持たせるには、少なくとも、レンズ幅とレンズ長のアスペクト比が20以下である必要がある。なお、この数値は、本発明者の経験に基づくものである。

【0030】

例えば、上記のシリンドリカルアレイレンズ以外に、2mm幅、長さ60mm、厚さ3mmのシリンドリカルレンズを8本作成し、これらのシリンドリカルレンズを幅方向に並べ、枠に収めることにより、シリンドリカルアレイレンズを作成したことがあったが精度が

10

20

30

40

50

全く足りず、各シリンドリカルレンズを通過するレーザービームの方向性も見た目で見えるほどばらばらになり、得られた線状レーザービームのエネルギー均一性は、先に示したもののよりも悪くなった。この例は、アスペクト比が30のものである。

【0031】

例えば、図1に示した光学系の例で、シリンドリカルアレイレンズ102に含まれるシリンドリカルレンズの幅をすべて半分にし、分割数を2倍の8分割にすると、シリンドリカルアレイレンズ102に含まれる1つのシリンドリカルレンズのアスペクト比は33となり、先に作成した2mm幅のシリンドリカルアレイレンズのものよりも大きくなる。

【0032】

シリンドリカルアレイレンズを構成するシリンドリカルレンズのアスペクト比を増やさずに分割数を増やすために、レーザー発振器から出されるレーザービームをビームエキスパンダーで拡大する方法をとることもできるが、レーザービームの広がりが増えた分だけ、ダブルットシリンドリカルレンズ108の収差を減らさなければ、レーザービームが照射面で十分1つにならない問題が新たに生じる。

【0033】

以下、ダブルットシリンドリカルレンズ108の仕様の例を、図7に沿って示す。ダブルットシリンドリカルレンズ108は、焦点距離175mm、幅70mm、長さ160mm、中心厚31mmである。上述したレンズは、幅方向に曲率をもつ。レーザービームの入射面701の曲率半径は125mm、その次の面702の曲率半径は69mm、これらの面701と面702との中心距離は10mmとする。これらの構成で、1つのシリンドリカルレンズができる。2つ目のシリンドリカルレンズは、面702から中心距離で1mm離れたところに、レーザービームの入射面703を配置する。レーザービームの入射面703の曲率半径は75mm、その次の面704の曲率半径は、226mmとする。これらの面703と面704との中心距離は20mmとする。曲率半径に付けた符号は、曲率の向きを示す。

【0034】

図12にダブルットシリンドリカルレンズ108と同様の曲率をもつダブルットレンズの焦点におけるスポットサイズを、光学設計ソフトゼマックスを用い、計算した例を示す。図12aは、波長308nm、直径24mmの平行光線を前記ダブルットレンズに入射させたときのビームスポットである。50μm近いスポットとなっている。よって、ダブルットシリンドリカルレンズ108にレーザービームが入射するときに、レーザービームの広がりが24mmあるとすると、線状レーザービームの幅方向におけるぼやけが50μm程度になることがわかる。上記の例に出した光学系の作る線状レーザービームの幅は400μmであるから、ぼやけの領域の線状レーザービームの幅に対する割合は1割を超える。このぼやけが、珪素膜に横縞を形成する原因となる。

【0035】

一方、図12bは、波長308nm、直径12mmの平行光線を前記ダブルットレンズに入射させたときのビームスポットである。4μm以下のスポットとなっている。これは線状レーザービームの幅の1%程度のぼやけに相当する。これ以上の精度を要求するのはレンズの作成精度から言って難しい。

【0036】

以上のシミュレーション結果から、ダブルットシリンドリカルレンズ108の収差の影響を抑えるためには、入射するレーザービームのサイズをできるだけ小さくするのがよいことがわかる。あるいは、一般的であるが、前記ダブルットシリンドリカルレンズ108を非球面レンズに置換するか、レンズを3枚で構成するトリプレットレンズ以上の高精度レンズに入れ替えるかなければならない。

【0037】

現状の技術では、合成石英を非球面加工することは、非常に困難である。また、トリプレットレンズを作成するのもコストや調整の面で得策ではない。ダブルットシリンドリカルレンズ108の収差は、発振器が発生させるレーザービームの幅が細ければ細いほど抑えら

10

20

30

40

50

れることから、発振器が発生させるレーザービームのサイズは、 $10 \times 30 \text{ mm}$ 程度 (10 mm の方がレーザービームの幅に当たる)よりも著しく大きくするのは好ましくない。

【0038】

以上の考察から、現行の構成では、4分割のシリンダカルアレイレンズの分割数は、増やせても5分割くらいまでであることが予想できる。この分割数では、線状レーザービームのエネルギーの均一性は現状と変わらない。そこで、線状レーザービームの幅方向におけるエッジのエネルギーのぼやけの部分の面積が増加するのを承知で、レーザービームの幅をビームエキスパンダーで広げる方法にてレーザービームの分割数を増やし、前記均一性を確保しているのが現状である。

【0039】

本発明の課題は、上述の問題点を解消し、縞模様の少ない多結晶珪素膜を得るためのレーザー照射装置を提供することにある。

【0040】

【課題を解決するための手段】

本発明者は以下のようなシリンダカルアレイレンズを、シリンダカルアレイレンズ102の代わりに用いることで本問題を解決する。

【0041】

すなわち、本発明で用いるシリンダカルアレイレンズは、強度と精度を保つために、一体型のものとする。このようなシリンダカルレンズは、例えば、エッチングや削りだしによって作成することができる。ここでいう一体型の意味は、互いに隣り合うシリンダカルレンズが、レンズ曲面を形成する以前から一体となっているということである。

【0042】

前記シリンダカルアレイレンズは一体型であることから、シリンダカルアレイレンズを構成する1つのシリンダカルレンズのアスペクト比を20より大きくとっても、強度や精度に問題がでることはない。

【0043】

現存する一体型のシリンダカルアレイレンズの例を挙げると、例えば 1 mm 幅のシリンダカルレンズを10～50個連ね、長さは 50 mm 、曲率半径 20 mm のものがある。各シリンダカルレンズを通過したレーザービームも方向性は、 $\pm 1\%$ の精度であっている。また、それぞれのレンズの焦点距離も $\pm 3\%$ の範囲に収まっている(カタログ値)。

【0044】

本発明者は、上記一体型のシリンダカルアレイレンズを、はじめて線状レーザービームを形成するための光学系に組み込む着想に至った。線状レーザービームを形成するための光学系には、線状レーザービームが極めて細い(アスペクト比にすると100以上)ため、どうしても一体型のシリンダカルアレイレンズを用いる必要がある。

【0045】

前記一体型のシリンダカルアレイレンズを構成する幅 1 mm のシリンダカルレンズのアスペクト比は50である。このような微細なレンズの作成が可能になったのは、シリンダカルアレイレンズを一体型にした効果である。

【0046】

本発明は、このような技術の進歩に基づいて発明されたものである。

すなわち本発明は、照射面において断面形状が線状となるレーザービームを照射するレーザー照射装置であって、レーザービームを出射するレーザー発振器と、光学系と、少なくとも1方向に動くステージと、を有し、前記光学系は、前記レーザービームを、該レーザービームの進行方向に対し、直角方向に分割する役割を果たす一体型のシリンダカルアレイレンズ(図4では401a、401bに対応)と、前記一体型のシリンダカルアレイレンズにて分割されたレーザービームを照射面で1つにする役割を果たす光学系(図4では402、406に対応)と、前記直角方向と直角な面に含まれる方向であり、かつレーザービームの進行方向に対し直角である方向にレーザービームを分割する役割を果たす光学系(図4では403に対応)と、該光学系にて分割されたレーザービームを照射面で1つにする役割を果

10

20

30

40

50

たす光学系（図４では４０４に対応）と、を有しており、前記一体型のシリンドリカルアレイレンズを形成する１つのシリンドリカルレンズの幅と長さに関するアスペクト比が２０以上であることを特徴とするレーザ照射装置である。

【００４７】

また、他の構成は、照射面において断面形状が線状となるレーザビームを照射するレーザ照射装置であって、長方形のレーザビームを発生させるレーザ発振器と、光学系と、少なくとも１方向に動くステージと、を有し、前記光学系は、レーザビームを、該レーザビームの進行方向に対し、直角方向に分割する役割を果たす一体型のシリンドリカルアレイレンズ（図４では４０１a、４０１bに対応）と、前記一体型のシリンドリカルアレイレンズにて分割されたレーザビームを照射面で１つにする役割を果たす光学系（図４では４０２、４０６に対応）と、前記直角方向と直角な面に含まれる方向であり、かつレーザビームの進行方向に対し直角である方向にレーザビームを分割する役割を果たす光学系（図４では４０３に対応）と、該光学系にて分割されたレーザビームを照射面で１つにする役割を果たす光学系（図４では４０４に対応）と、を有しており、前記一体型のシリンドリカルアレイレンズを形成する１つのシリンドリカルレンズの幅が、前記長方形のレーザビームの短辺の長さの１／６以下であることを特徴とするレーザ照射装置である。

10

【００４８】

前記長方形のレーザビームは、前記長方形のレーザビームのエネルギー面内分布における最大エネルギーの５％以上の領域で定義されており、かつ、前記長方形のレーザビームの短辺の長さは、前記領域に入る最大の長方形の短辺の長さで定義する。

20

【００４９】

上記発明で、１／６以下としたのは、５分割まででは現状の技術で可能だが、６分割以上では、本発明の構成が必要となるからである。

【００５０】

上記何れの発明に関しても、照射面において断面形状が線状となる前記レーザビームの長手方向と、少なくとも１方向に動く前記ステージの動作方向とが、直角であると生産性が高いので好ましい。

【００５１】

上記何れの発明に関しても、前記レーザ発振器はエキシマレーザを発生するものであると、大出力が得られ生産性が上がるので好ましい。エキシマレーザの他に、半導体膜に対し吸収係数の高い波長領域で、大出力の得られるパルス発振のレーザ装置として、YAGレーザの高調波がある。これを本発明に用いてもよい。

30

【００５２】

上記何れの発明に関しても、一体型のシリンドリカルアレイレンズを構成するシリンドリカルレンズの数は６本以上であるとより一様なレーザアニールが可能となる。

【００５３】

上記何れのレーザ照射装置に、ロードアンロード室と、トランスファ室と、プレヒート室と、レーザ照射室と、徐冷室と、を有していると、大量生産に使用できるので好ましい。

【００５４】

【発明の実施の形態】

40

まず、照射対象として、５インチ角の基板に対し照射面で線状に加工されたレーザビームを照射する例を示す。

【００５５】

図３にレーザ照射装置を図示する。図３に示したものは、線状レーザビームを基板に照射する装置の１つの例である。該構成の説明を以下に列挙する。

【００５６】

レーザ発振器３０１から発生した、サイズ１０×３０mmのレーザビームは、ミラー３０２a、ミラー３０２b、ミラー３０２cを経由し、光学系３０３に入射する。これらのミラーは、レーザビームの光学系に対する入射方向を制御するために設置されている。まず、ミラー３０２aによりレーザビームは上方へ曲げられ、次にミラー３０２bによりレーザビ

50

ームは水平方向に曲げられ、さらにミラー 3 0 2 cにより他の水平方向に曲げられる。

【 0 0 5 7 】

光学系 3 0 3 をでたレーザービームは、ミラー 3 0 4 を介し、ダブレットシリンドリカルレンズ 3 0 5 で基板 3 0 7 の表面に線状レーザービーム 3 0 6 として集光される。3 0 8 は基板 3 0 7 をのせる為のステージである。前記ステージ 3 0 8 は移動機構 3 0 9 により、線状レーザービーム 3 0 6 に対し直角方向（図中矢印の方向）に走査される。これにより、基板 3 0 7 全面にレーザービームを照射することができる。該移動機構 3 0 9 には、ボールねじ式やリニアモータ等が使える。

【 0 0 5 8 】

上述のいずれか 2 組のミラーの間にビームコリメータを挿入し、レーザービームの広がり角を抑えるとより得られる線状レーザービームのエネルギー均一性が高まる。レーザービームの広がり角は、レーザービームの短辺方向で抑えるのがよい。レーザービームの短辺方向における広がり角は、一般的に 0 . 5 mrad 程度である。

【 0 0 5 9 】

次に、線状レーザービームの幅方向の均一性と幅を決定する光学系の構成について図 4 に沿って説明する。図 3 の光学系 3 0 3 の中に、図 4 中のレンズ 4 0 1 ~ 4 0 4 が入っている。図 3 のミラー 3 0 4 が、図 4 のミラー 4 0 5 と同じものである。また、図 3 中のダブレットシリンドリカルレンズ 3 0 5 は、図 4 中のダブレットシリンドリカルレンズ 4 0 6 と同じものである。

【 0 0 6 0 】

1 2 本のシリンドリカルレンズによりなる一体型のシリンドリカルアレイレンズ 4 0 1 a にて、レーザービームは幅方向に 1 2 分割される。これらのレーザービームは、1 2 本のシリンドリカルレンズによりなる一体型のシリンドリカルアレイレンズ 4 0 1 b のシリンドリカルレンズそれぞれに入射する。これらのレーザービームは、シリンドリカルレンズ 4 0 2 にてある面に集光される。これらのレーザービームは再び分離し、ダブレットシリンドリカルレンズ 4 0 6 にて照射面 4 0 7 に集光される。光路途中にミラー 4 0 5 を挿入し、光路を直角に曲げている。

【 0 0 6 1 】

次に、線状レーザービームの長手方向の均一性と長さを決定する光学系の構成について説明する。シリンドリカルアレイレンズ 4 0 3 はレーザービームを長手方向に 7 分割する。これらのレーザービームは、シリンドリカルレンズ 4 0 4 により、引き延ばされながら照射面 4 0 7 にて 1 つに合成される。

【 0 0 6 2 】

照射面 4 0 7 に非単結晶半導体膜が形成された基板が配置される。線状のレーザービームに対し、基板を直角方向に移行することで、基板全面にレーザービームが照射できる。

【 0 0 6 3 】

なお、光学系保護のため、光学系のまわりの雰囲気を窒素等のレンズコーティング物質と反応しにくい気体としてもよい。そのために、光学系を光学系保護室に封入してもよい。該光学系保護室に出入射するレーザーの窓には、コーティングされた石英を用いると 9 9 % 以上の高い透過率が得られるのでよい。また、基板の汚染防止のため、チャンバーを設けて、その中に基板を入れた状態でレーザービームの照射を行ってもよい。

【 0 0 6 4 】

ステージ 3 0 8 は移動機構 3 0 9 により線状レーザービーム 3 0 6 の長手方向に対し、垂直な方向に等速で移動する。

【 0 0 6 5 】

レーザービームの照射中に、赤外ランプにより基板のレーザービームが照射されている箇所に強光を照射して加熱すると、より均一性の高い多結晶性珪素膜が得られる。

【 0 0 6 6 】

上記光学系を構成する上では、幾何光学に従って設計すればよい。各レンズの焦点距離等、具体的な例は、実施例に記載した。以下に該構成を設計する上で考慮に入れた方がよい

10

20

30

40

50

点を述べる。

【0067】

まず、一体型のシリンドリカルアレイルレンズ401aと401bとは、凸レンズで構成されるものとした方がいい。なぜならば、もし凹レンズで構成すると、レンズ作成の際、とがった部分ができるので作成が困難となるからである。

【0068】

また、一体型のシリンドリカルアレイルレンズ401aと401bとを、凸レンズで構成した場合、一体型のシリンドリカルアレイルレンズ401aの主点（レンズに関する専門用語で、一般に主点と焦点との距離が焦点距離と定義されている。）と401bとの最短距離dを、 $1.1f$ よりも長く、 $1.9f$ よりも短くとするようにする。ここで、 f はシリンドリカルアレイルレンズ401aの焦点距離である。図5（A）に一体型シリンドリカルアレイルレンズ401aと401bとの位置関係を示す。

10

【0069】

図5（A）の符号の説明をする。面501は、シリンドリカルアレイルレンズ401aのレーザービームの進行方向側にある主点すべてを含む面である。面503は、シリンドリカルアレイルレンズ401aのレーザービームの進行方向側にある焦点すべてを含む面である。面505は面501から距離 $1.1f$ だけ離れた面である。面507は面501から距離 $1.9f$ だけ離れた面である。シリンドリカルアレイルレンズ401bは面505と面507に挟まれた領域内に配置する。

【0070】

20

下限値 $1.1f$ は、一体型のシリンドリカルアレイルレンズ401bに入射するレーザービームのエネルギー密度を極端に高くすることを防ぐためにある。上限値 $1.9f$ は、分割されたある1つのレーザービームが2つ以上のシリンドリカルレンズに入射することを防ぐためにある。好ましくは、距離dを $1.3f \sim 1.7f$ の範囲に収めた方がよい。これにより、光学系の設計マージンを広げることができる。

【0071】

他の考慮すべき点は、シリンドリカルレンズ404の球面収差を抑えるために、シリンドリカルアレイルレンズ403の主点とシリンドリカルレンズ404との最短距離Dを、 $1.3f_1 < D < 3f_1$ とする。ここで、 f_1 はシリンドリカルアレイルレンズ403の焦点距離である。図5（B）にシリンドリカルアレイルレンズ403とシリンドリカルレンズ404との位置関係を示す。

30

【0072】

図5（B）の符号の説明をする。面502は、シリンドリカルアレイルレンズ403のレーザービームの進行方向側にある主点すべてを含む面である。面504は、シリンドリカルアレイルレンズ403のレーザービームの進行方向側にある焦点すべてを含む面である。面506は面502から距離 $1.3f_1$ だけ離れた面である。面508は面502から距離 $3f_1$ だけ離れた面である。シリンドリカルレンズ404は面506と面508に挟まれた領域内に配置する。

【0073】

下限値 $1.3f_1$ は、シリンドリカルレンズ404に当たるレーザービームのエネルギー密度を大きくしないためにある。また上限値 $3f_1$ は、シリンドリカルレンズ404の球面収差を抑えるためにある。これにより、線状レーザービームのエネルギー分布がより一様になる。球面収差の影響が強くと、線状レーザービームの形状が長方形でなくなり、線状レーザービームの中央部分の幅が細くなる。

40

【0074】

上述した、線状レーザービームの中央部分の幅が細くなる例を以下に示す。例えば、前記最短距離Dを、シリンドリカルアレイルレンズ403の焦点距離 f_1 とシリンドリカルレンズ404の焦点距離 f_2 の和と等しくとる。この光学系の組み合わせはレーザービームを引き延ばす役割を果たしているので、 $f_1 \ll f_2$ である。

【0075】

50

よって、この場合 $3f_1 < D$ ($= f_1 + f_2$) の条件を満たしている。 $3f_1 < D$ の条件を満たしている光学系を組んで、光学設計ソフトSOLSTISを用いて計算した結果、図10のようなエネルギー分布をもつ線状レーザービームが得られた。図中、濃い部分がエネルギーの高い部分である。該図面は、エネルギー分布を見やすくするために、アスペクト比を実際より小さく表現している。線状レーザービームの長手方向における端の部分でやや線状レーザービームが膨れて、ぼけてしまっている。これは、シリンドリカルレンズ404の球面収差の影響である。

【0076】

あるいは、シリンドリカルレンズ404の球面収差を抑えるために、該レンズを複数枚のレンズで構成し、あるいは非球面レンズとし、より球面収差を少なくしたものにする方法もある。現在の技術では、非球面レンズの作製は非常に困難であるので、複数枚のレンズで構成する方が現実的である。

【0077】

一方、 $1.3f_1 < D < 3f_1$ の範囲で、例えば、 $D = 2f_1$ である場合のシミュレーション結果を図11に示す。図10で示したものと同一のソフトを用い計算したものであるが、非常に直線性の高いエッジを持つ線状レーザービームとなっていることがわかる。

【0078】

本発明のレーザー照射装置は、非単結晶珪素膜だけでなく、その他の非単結晶半導体膜にも適用でき、例えばゲルマニウムや、ダイヤモンドの非単結晶半導体膜等にも適用できる。

【0079】

上述したレーザー照射装置にて結晶化された半導体膜を用いて、公知の方法で半導体デバイス、例えば、低温ポリシリコンTFTの液晶ディスプレイを作成すればよい。あるいは、実施者の考案した半導体デバイスを作成してもよい。

【0080】

【実施例】

〔実施例1〕

本実施例では、a-Si膜のレーザーアニールの例を示す。また、具体的な光学系の仕様を示す。用いるレーザー発振器は、300Hz、150WのXeClエキシマレーザーとする。

【0081】

基板は、厚さ0.7mmのコーニング1737を用いる。この基板は600℃までの温度であれば十分な耐久性がある。この基板の片面に、プラズマCVD法によりSiO₂膜を200nm成膜する。さらに、その上から、a-Si膜を55nm成膜する。成膜法は他の方法、たとえば、スパッタ法等を用いてもよい。

【0082】

成膜済みの基板を500℃の窒素雰囲気中で1時間加熱し、a-Si膜中の水素濃度を減少させる。これにより、a-Si膜の耐レーザー性を飛躍的に高めることができる。該膜内の水素濃度は 1×10^{20} atoms/cm³オーダーが適当である。

【0083】

レーザービームは、図4に示した光学系により、長さ160mm、幅0.4mmの線状レーザービームに加工される。図4に示した光学系は、1つの例である。レーザービームはa-Si膜に線状に結像する。上記のサイズは、結像したときのレーザービームのサイズである。

【0084】

以下に、図4に記載した光学系の各レンズの具体的なサイズや焦点距離、位置関係をしめす。光学系の母材はすべて石英とする。また、コーティングは、XeClエキシマレーザービームの波長である308nmに対する透過率が99%以上得られるものを使用する。

【0085】

まず、図4の側面図に関して説明する。

【0086】

一体型シリンドリカルアレイレンズ401a、401bは、共に同一形状で、焦点距離41

10

20

30

40

50

mm、幅1mm、長さ50mm、中心厚2mm、であるシリンドリカルレンズ12個で構成されている。このレンズで、レーザビームを縦方向に分割する。これらのレンズを同一形状としたのは、レンズ作成コストの低減が主な目的である。同じレンズを2枚作成するのは、異なるレンズを2枚作成するよりも、コストがかからない。形状を同一にして設計上無理が出るようであれば、互いに異なるもので構成した方がよい。

【0087】

シリンドリカルレンズ402は、焦点距離375mm、幅50mm、長さ50mm、中心厚5mm、である。このレンズで、上記縦方向に分割されたレーザビームを、ある面にていったん1つにする。前記面は光路の途中にあるので、再び光は分離する。

【0088】

ダブレットシリンドリカルレンズ406は、焦点距離175mm、幅70mm、長さ160mm、中心厚31mmである。これらのレンズで、上記縦方向に分割されたレーザビームを、照射面にて1つに合成する。

【0089】

次に、上面図に関して説明する。

【0090】

シリンドリカルアレイレンズ403は、焦点距離43mm、幅7mm、長さ50mm、中心厚5mm、であるシリンドリカルレンズ7本で構成されている。このレンズで、レーザビームを横方向に分割する。

【0091】

シリンドリカルレンズ404は、焦点距離1000mm、幅50mm、長さ50mm、中心厚5mm、である。このレンズで、上記横方向に分割されたレーザビームを、照射面にて1つに合成する。

【0092】

上述したレンズすべては、幅方向に曲率をもつ。

【0093】

配置は図6に従えばよい。図4と同一符号をもつレンズは、同一の役割をするレンズである。

【0094】

すなわち、一体型のシリンドリカルアレイレンズ401aと一体型のシリンドリカルアレイレンズ401bとの距離は75mmとし、曲率を持つ面は互いに外側に向ける。

【0095】

一体型のシリンドリカルアレイレンズ401bとシリンドリカルレンズ402との距離は、50mmとする。

【0096】

シリンドリカルレンズ402とシリンドリカルアレイレンズ403との距離は、180mmとする。シリンドリカルアレイレンズ403とシリンドリカルレンズ404との距離は、87mmとする。シリンドリカルレンズ402、シリンドリカルアレイレンズ403、シリンドリカルレンズ404、それぞれの曲率を持つ面は、レーザ発振器側に向ける。

【0097】

シリンドリカルレンズ404と、ダブレットシリンドリカルレンズ406との光学的距離は、720mmとする。途中ミラー405を経由させる。ミラー405により、レーザ光路は90度下方に曲げられる。

【0098】

ダブレットシリンドリカルレンズ406と照射面407との距離は、252mmである。

【0099】

ダブレットシリンドリカルレンズ406の形状は、前述に図7に沿って説明したものとする。すなわち、ダブレットシリンドリカルレンズ108と同じものとする。

【0100】

線状レーザビームのサイズを変更したい場合は幾何光学に従って各光学部材の焦点距離や

10

20

30

40

50

、サイズを調節すればよい。

【0101】

上記線状レーザビームの線方向におけるエネルギー分布が $\pm 5\%$ 以内であるとa-Si膜に対し均質な結晶化を行える。好ましくは、 $\pm 3\%$ 以内、より好ましくは、 $\pm 1\%$ 以内にするにより均質な結晶化が行える。エネルギー分布を均一するためには、精密なレンズのアライメントが必要となる。

【0102】

用いるXeClエキシマレーザの最大エネルギーは、 500 mJ/パルス である。線状レーザビームの面積は 0.64 cm^2 であるから、得られる線状レーザビームの最大エネルギー密度は 500 mJ/cm^2 以上となる。

10

【0103】

このレーザ照射装置を使って、a-Si膜を結晶化させる。線状レーザビームの長さが 160 mm であるから、 5 インチ角 の基板に対し、線状レーザビームを1方向に走査させることで、基板のほぼ全面にレーザビームを照射することができる。

【0104】

本実施例の照射条件を以下に示す。

【0105】

線状レーザビームのエネルギー密度： 420 mJ/cm^2

レーザの繰り返し周波数： 30 Hz

基板の移動速度： 1 mm/s

20

レーザビームの照射時の雰囲気：クラス1000以下のクリーンルーム内の雰囲気

【0106】

上記の条件は、レーザ発振器のパルス幅やレーザビームが照射される膜の状態、作成するデバイスが要求する特性等に依存するので、実施者は、そのことを考慮にいれて諸条件を適宜決定しなければならない。

【0107】

レーザビームの照射時の雰囲気は、上記のようではなく、レーザ照射室をチャンバーで囲って、 H_2 に置換してもよい。雰囲気の置換は、主に基板の汚染防止のために行う。ガスの供給は、ガスポンプを通して行う。前記雰囲気は H_2 、 He 、 N_2 、または Ar でもよい。また、それらの混合気体でもよい。また、該雰囲気を真空(10^{-1} torr 以下)にしても、汚染防止効果はある。

30

【0108】

レーザ発振器にXeClエキシマレーザを使用したか、他の大出力レーザを利用してもよい。基板として、コーニング1737の他に、コーニング7059等の他のガラス基板を用いることができる。あるいは、石英基板を用いてもよい。

【0109】

上述したレーザ照射装置にて結晶化された半導体膜を用いて、公知の方法で半導体デバイス、例えば、低温ポリシリコンTFTの液晶ディスプレイを作成すればよい。あるいは、実施者の考案した半導体デバイスを作成してもよい。

【0110】

40

〔実施例2〕

本実施例では、多結晶珪素膜にレーザビームを照射する例を示す。

【0111】

基板は、厚さ 0.7 mm のコーニング1737を用いる。この基板は 600°C までの温度であれば十分な耐久性がある。この基板の片面に、プラズマCVD法により SiO_2 膜を 200 nm 成膜する。さらに、その上から、a-Si膜を 55 nm 成膜する。成膜法は他の方法、たとえば、スパッタ法等を用いてもよい。

【0112】

次に、特開平7 130652号公報に記載の方法で、前記a-Si膜を結晶化させる。以下、前記方法に関し簡単に述べる。前記a-Si膜に、濃度が 10 ppm の酢酸ニッケル水溶液

50

を塗布し、これを窒素雰囲気にて550の雰囲気に4時間さらし、a-Si膜を結晶化させる。前記塗布の方法は例えばスピコート法を使うとよい。このように、ニッケルを添加したa-Si膜は、低温短時間で結晶化する。これは、ニッケルが結晶成長の核の役割を果たし、結晶成長を促進させるのが原因と考えられている。

【0113】

上記の方法で結晶化される多結晶珪素膜は、レーザビームを照射することで、さらに、半導体素子の材料として特性の高いものになる。そこで、前記多結晶珪素膜の特性を向上させるため、実施例1で用いたレーザ照射装置を使って、前記多結晶珪素膜にレーザビームを照射する。実施例1と実施例2とは組み合わせて用いることができる。

【0114】

〔実施例3〕

本実施例では、実施例1で示した光学系とは異なる光学系を用いた例を示す。図8を使って、その光学系を説明する。本実施例では、一体型のシリンドリカルアレレンズ401aの主点と401bとの距離が1.3f~1.7fの範囲に収まっている例を示す。これにより、光学系の設計マージンを広げることができる。なお、fは一体型シリンドリカルアレレンズ401aの焦点距離である。

【0115】

レーザビームは、図8に示した光学系により、照射面にて、長さ160mm、幅0.4mmの線状レーザビームに加工される。照射対象である半導体膜は照射面に配置される。上記のサイズは、照射面における線状レーザビームのサイズである。前記半導体膜は、例えば、実施例1や実施例2に作成方法を記載したものとする。

【0116】

以下に、図8に記載した光学系の各レンズの具体的なサイズや焦点距離、位置関係をしめす。光学系の母材はすべて石英とする。また、コーティングはXeClエキシマレーザが発生させる波長308nmのレーザビームに対する透過率が99%以上得られるものを使用する。

【0117】

一体型のシリンドリカルアレレンズ801aは、焦点距離61mm、幅1mm、長さ50mm、中心厚2mm、であるシリンドリカルレンズ12個で構成されている。このレンズで、レーザビームを縦方向に分割する。

【0118】

一体型のシリンドリカルアレレンズ801bは、焦点距離41mm、幅1mm、長さ50mm、中心厚2mm、であるシリンドリカルレンズ12個で構成されている。

【0119】

シリンドリカルレンズ802は、焦点距離375mm、幅50mm、長さ50mm、中心厚5mm、である。このレンズで、上記縦方向に分割されたレーザビームを、ある面にていったん1つにする。前記面は光路の途中にあるので、再び光は分離する。

【0120】

ダブレットシリンドリカルレンズ806は、焦点距離175mm、幅70mm、長さ160mm、中心厚31mmである。これらのレンズで、上記縦方向に分割されたレーザビームを、照射面にて1つに合成する。

【0121】

シリンドリカルアレレンズ803は、焦点距離43mm、幅7mm、長さ50mm、中心厚5mm、であるシリンドリカルレンズ7本で構成されている。このレンズで、レーザビームを横方向に分割する。

【0122】

シリンドリカルレンズ804は、焦点距離1000mm、幅50mm、長さ50mm、中心厚5mm、である。このレンズで、上記横方向に分割されたレーザビームを、照射面にて1つに合成する。

【0123】

10

20

30

40

50

上述したレンズすべては、幅方向に曲率をもつ。

【0124】

各レンズの配置は図8に従えばよい。

【0125】

すなわち、一体型のシリンドリカルアレイルレンズ801aと一体型のシリンドリカルアレイルレンズ801bとの距離は93mmとし、曲率を持つ面は互いに外側に向ける。

【0126】

一体型のシリンドリカルアレイルレンズ801bとシリンドリカルレンズ802との距離は、70mmとする。

【0127】

シリンドリカルレンズ802とシリンドリカルアレイルレンズ803との距離は、180mmとする。シリンドリカルアレイルレンズ803とシリンドリカルレンズ804との距離は、87mmとする。シリンドリカルレンズ802、シリンドリカルアレイルレンズ803、シリンドリカルレンズ804、それぞれの曲率を持つ面は、レーザ発振器側に向ける。

【0128】

シリンドリカルレンズ804と、ダブレットシリンドリカルレンズ806との光学的距離は、720mmとする。途中ミラー805を経由させる。ミラー805により、レーザ光路は90度下方に曲げられる。

【0129】

ダブレットシリンドリカルレンズ806と照射面807との距離は、252mmである。

【0130】

ダブレットシリンドリカルレンズ806の形状は、ダブレットシリンドリカルレンズ406と同一のものを使う。

【0131】

線状レーザビームのサイズを変更したい場合は幾何光学に従って各光学部材の焦点距離や、サイズを調節すればよい。

【0132】

上記線状レーザビームの線方向におけるエネルギー分布が±5%以内であるとa-Si膜に対し均質な結晶化を行える。好ましくは、±3%以内、より好ましくは、±1%以内にする
とより均質な結晶化が行える。エネルギー分布を均一するためには、精密なレンズのアライメントが必要となる。

【0133】

上述したレーザ照射装置にて結晶化された半導体膜を用いて、公知の方法で半導体デバイス、例えば、低温ポリシリコンTFTの液晶ディスプレイを作成すればよい。あるいは、実施者の考案した半導体デバイスを作成してもよい。

【0134】

〔実施例4〕

本実施例では、大量生産用のレーザ照射装置の例を図9に沿って示す。図9はレーザ照射装置の上面図である。

【0135】

ロードアンロード室901から、トランスファ室902に設置された搬送用のロボットアーム903を使って基板を運ぶ。まず、基板は、アライメント室904で位置合わせがなされた後、プレヒート室905に運ばれる。ここで例えば赤外ランプヒータを使って基板の温度を所望の温度、例えば300 程度にあらかじめ加熱しておく。その後、ゲートバルブ906を経由し、レーザ照射室907に基板を設置する。その後、ゲートバルブ906を閉める。

【0136】

レーザビームは、実施例1で示したレーザ発振器900を出た後、光学系909を介し、石英窓910の直上に設置した図示しないミラーで90度下方に曲げられ、石英窓910

10

20

30

40

50

を介し、レーザ照射室 907 内にある照射面にて線状レーザビームに加工される。レーザビームは、照射面に設置された基板に照射される。光学系 909 は、前述に示したものを使用すればよい。また、それに準ずる構成のものを使用してもよい。

【0137】

レーザビームの照射の前にレーザ照射室 907 の雰囲気を、真空ポンプ 911 を使って高真空 (10^{-3} Pa) 程度に引く。または、真空ポンプ 911 とガスポンプ 912 を使って所望の雰囲気にする。前記雰囲気は、前述したように、Ar や H_2 、あるいはそれらの混合気体でもよい。

【0138】

その後、レーザビームを照射しながら、移動機構 913 により基板を走査させることで、基板に線状レーザビームを照射する。このとき、図示しない赤外線ランプを線状レーザビームが照射されている部分に当ててもよい。

10

【0139】

レーザビームの照射が終了した後は、クーリング室 908 に基板を運び、基板を徐冷したのち、アライメント室 904 を経由してロードアンロード室 901 に基板を帰す。これら一連の動作を繰り返すことで、基板を多数、レーザアニールできる。

【0140】

本実施例は発明の実施の形態や他の実施例と組み合わせて用いることができる。

【0141】

【発明の効果】

20

本発明により、線状レーザビームの幅方向に平行にできる干渉縞の強弱を著しく低下させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 線状レーザビームを形成する光学系。

【図2】 線状レーザビームをスキャンさせながら照射した珪素膜の様子を示す図。

【図3】 本発明が開示する線状レーザビームを形成する光学系の例を示す図。

【図4】 本発明が開示するレーザ照射装置の例を示す図。

【図5】 線状レーザビームを形成する光学系を設計するときを考慮すべき点を説明する図。

【図6】 実施例における線状レーザビームを形成する光学系を示す図。

30

【図7】 実施例における線状レーザビームを形成する光学系の一部を示す図。

【図8】 実施例における線状レーザビームを形成する光学系を示す図。

【図9】 レーザ照射装置を示す図。

【図10】 光学設計ソフトによる計算例を示す図。

【図11】 光学設計ソフトによる計算例を示す図。

【図12】 光学設計ソフトによる計算例を示す図。

【符号の説明】

101 レーザ発振器

102 レーザ光を分割するシリンドリカルアレイレンズ

103 レーザ光を分割するシリンドリカルアレイレンズ

40

104 レーザ光を集光するためのシリンドリカルレンズ

105 レーザ光を集光するためのシリンドリカルレンズ

107 反射ミラー

108 レーザ光を集光するためのダブレットシリンドリカルレンズ

109 照射面

301 レーザ発振器ステージ

302 ミラー移動機構

303 光学系基板

304 ミラー

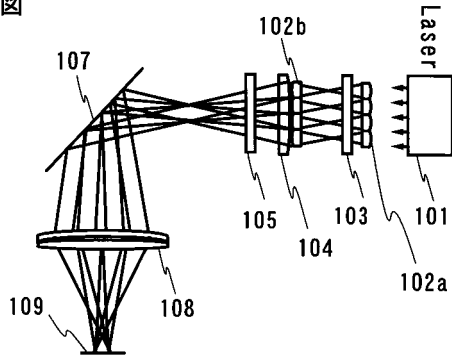
305 ダブレットシリンドリカルレンズ

50

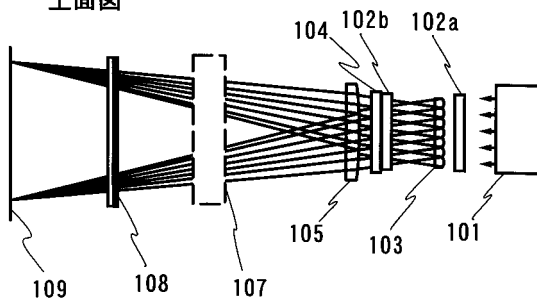
3 0 6	線状レーザビーム	
3 0 7	基板	
3 0 8	ステージ	
3 0 9	移動機構	
4 0 1	一体型のシリンドリカルアレレンズ	
4 0 2	シリンドリカルレンズ	
4 0 3	シリンドリカルアレレンズ	
4 0 4	シリンドリカルレンズ	
4 0 5	ミラー	
4 0 6	ダブレットシリンドリカルレンズ	10
4 0 7	照射面	
5 0 1	シリンドリカルアレレンズ 4 0 1 a のレーザビームが出る側にある主点すべてを含む面	
5 0 2	シリンドリカルアレレンズ 4 0 3 のレーザビームが出る側にある主点すべてを含む面	
5 0 3	シリンドリカルアレレンズ 4 0 1 a のレーザビームが出る側にある焦点すべてを含む面	
5 0 4	シリンドリカルアレレンズ 4 0 3 のレーザビームが出る側にある焦点すべてを含む面	
5 0 5	面 5 0 1 から距離 $1.1f$ だけ離れた面	20
5 0 6	面 5 0 2 から距離 $1.3f$ だけ離れた面	
5 0 7	面 5 0 1 から距離 $1.9f$ だけ離れた面	
5 0 8	面 5 0 2 から距離 $3f$ だけ離れた面	
7 0 1	ダブレットシリンドリカルレンズの面	
7 0 2	ダブレットシリンドリカルレンズの面	
7 0 3	ダブレットシリンドリカルレンズの面	
7 0 4	ダブレットシリンドリカルレンズの面	
8 0 1	一体型のシリンドリカルアレレンズ	
8 0 2	シリンドリカルレンズ	
8 0 3	シリンドリカルアレレンズ	30
8 0 4	シリンドリカルレンズ	
8 0 5	ミラー	
8 0 6	ダブレットシリンドリカルレンズ	
8 0 7	照射面	
9 0 0	レーザ発振器	
9 0 1	ロードアンロード室	
9 0 2	トランスファ室	
9 0 3	ロボットアーム	
9 0 4	アライメント室	
9 0 5	プレヒート室	40
9 0 6	ゲートバルブ	
9 0 7	レーザ照射室	
9 0 8	照射面	
9 0 9	レーザ光学系	
9 1 0	石英窓	
9 1 1	真空ポンプ	
9 1 2	ガスポンベ	
9 1 3	移動機構	
9 1 4	赤外線ランプ	
9 1 5	クーリング室	50

【図 1】

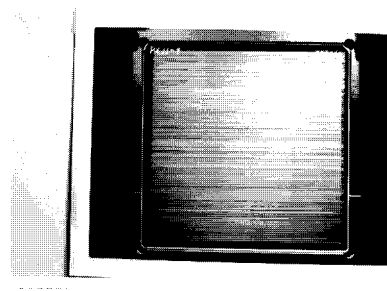
側面図



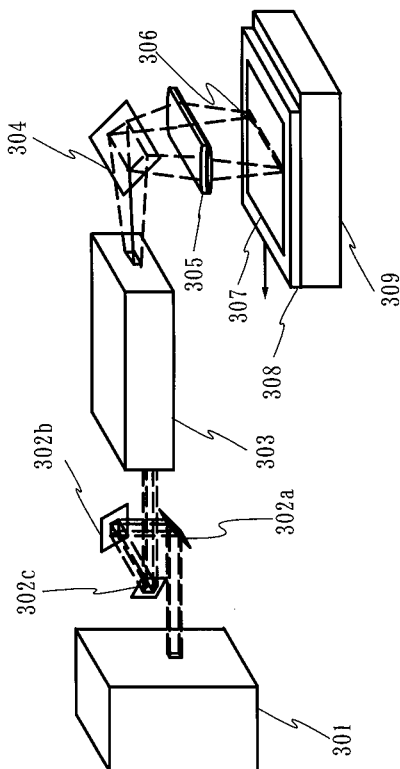
上面図



【図 2】

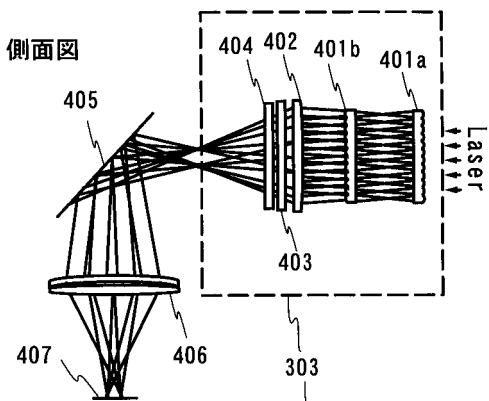


【図 3】

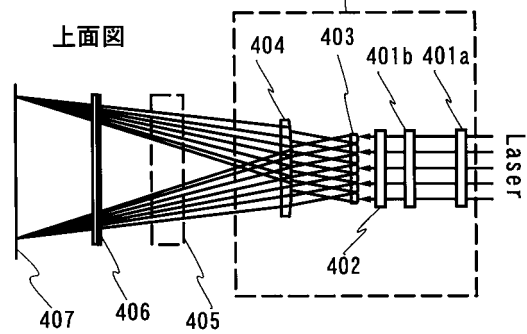


【図 4】

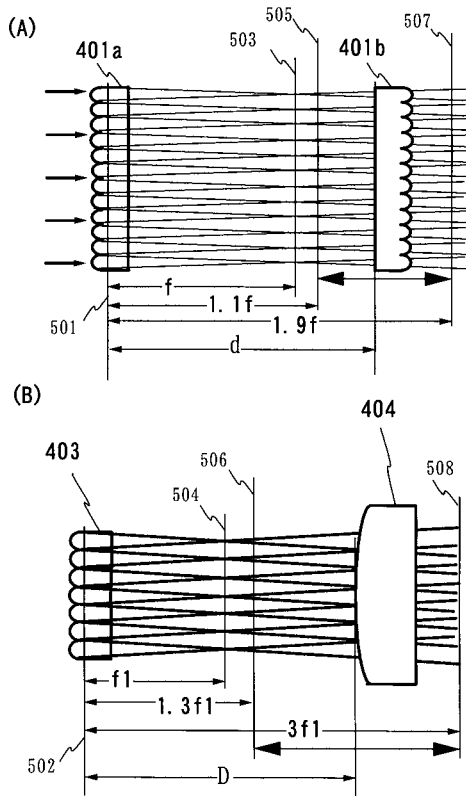
側面図



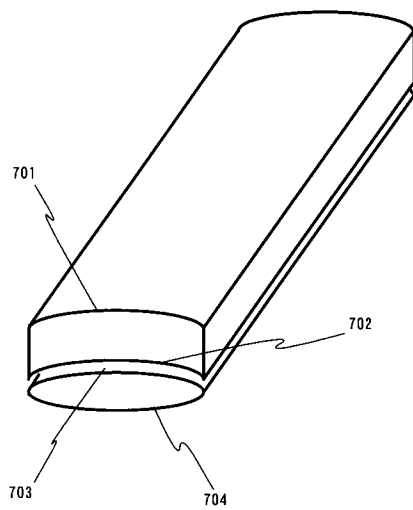
上面図



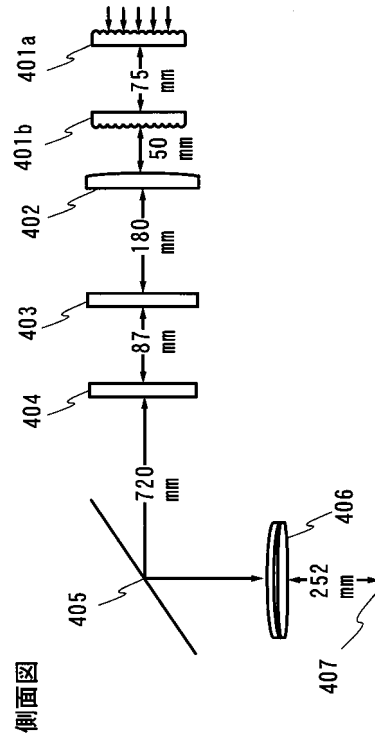
【図 5】



【図 7】

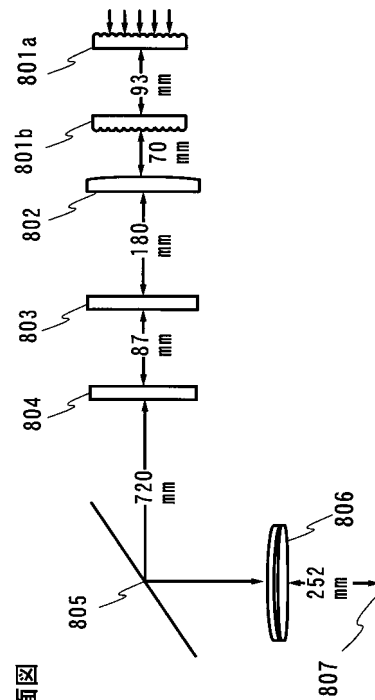


【図 6】



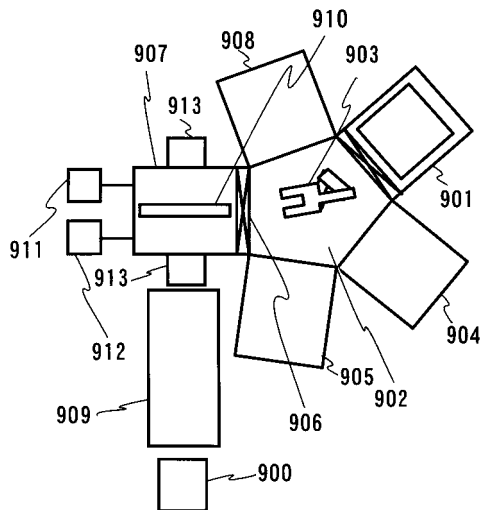
側面図

【図 8】

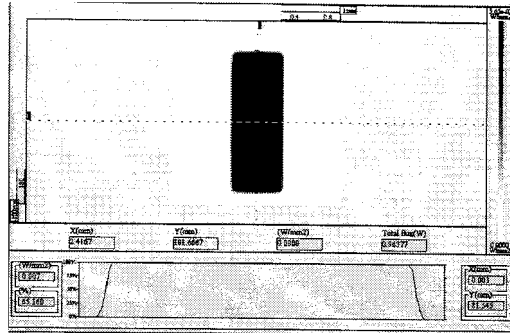


側面図

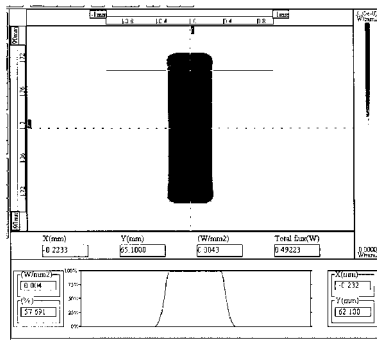
【 図 9 】



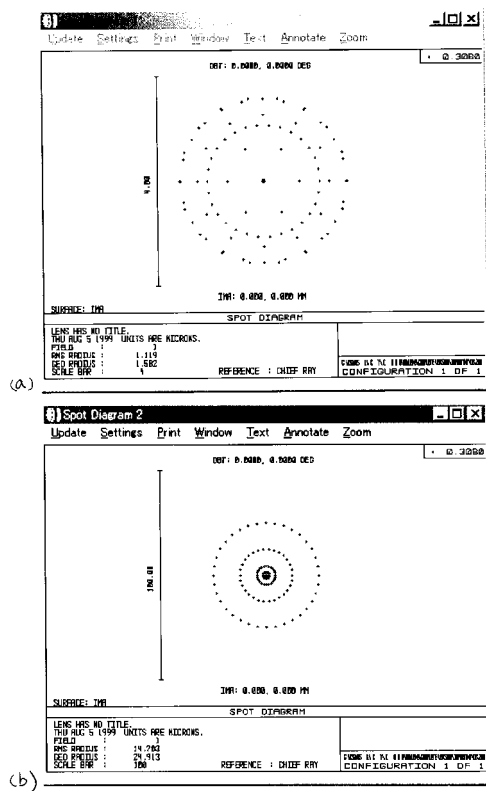
【 図 1 1 】



【 図 1 0 】



【圖 1 2】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平 0 9 - 2 7 5 0 8 1 (J P , A)
特開平 1 0 - 2 9 3 2 6 7 (J P , A)
特開平 1 1 - 1 8 6 1 8 9 (J P , A)
特開平 1 0 - 2 4 2 0 7 3 (J P , A)
特開平 1 0 - 2 5 3 9 1 6 (J P , A)
特開昭 6 3 - 1 0 3 8 3 7 (J P , A)
特開 2 0 0 1 - 1 2 7 0 0 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

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