

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4748836号
(P4748836)

(45) 発行日 平成23年8月17日(2011.8.17)

(24) 登録日 平成23年5月27日(2011.5.27)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/268 (2006.01)	HO 1 L 21/268 J
B 2 3 K 26/073 (2006.01)	B 2 3 K 26/073
HO 1 L 21/20 (2006.01)	HO 1 L 21/20
B 2 3 K 101/40 (2006.01)	B 2 3 K 101:40

請求項の数 8 (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2000-244220 (P2000-244220)	(73) 特許権者	000153878
(22) 出願日	平成12年8月11日(2000.8.11)		株式会社半導体エネルギー研究所
(65) 公開番号	特開2001-127003 (P2001-127003A)		神奈川県厚木市長谷398番地
(43) 公開日	平成13年5月11日(2001.5.11)	(72) 発明者	田中 幸一郎
審査請求日	平成19年6月14日(2007.6.14)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
(31) 優先権主張番号	特願平11-229515		半導体エネルギー研究所内
(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)	審査官	萩原 周治
		(56) 参考文献	特開平08-148423 (JP, A)
			特開平09-293687 (JP, A)
			特開平09-129573 (JP, A)
			特開平08-210989 (JP, A)
			特開平07-142800 (JP, A)
			特開平10-125585 (JP, A)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ照射装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

レーザビームを発生させるレーザ発振器と、
前記レーザビームを、前記レーザビームの進行方向に対し直角方向に分割するシンドリカルレンズアレイと、
前記シンドリカルレンズアレイにより分割される前記レーザビームの各々の、前記レーザビームの出口から照射面までの光路長を、互いに前記レーザビームのコヒーレント長以上の差にするミラーと、を有し、
前記ミラーは、階段状に配置された複数の反射面を有し、
前記シンドリカルレンズアレイは、複数のシンドリカルレンズを有し、
前記複数の反射面の各々は、前記複数のシンドリカルレンズの各々に対応することを特徴とするレーザ照射装置。

【請求項2】

レーザビームを発生させるレーザ発振器と、
前記レーザビームを一方向に引き延ばす光学系と、
引き延ばした前記レーザビームを、前記レーザビームの進行方向に対し直角方向に分割するシンドリカルレンズアレイと、
前記シンドリカルレンズアレイにより分割される前記レーザビームの各々の、前記レーザビームの出口から照射面までの光路長を、互いに前記レーザビームのコヒーレント長以上の差にするミラーと、を有し、

前記ミラーは、階段状に配置された複数の反射面を有し、
前記シリンドリカルレンズアレイは、複数のシリンドリカルレンズを有し、
前記複数の反射面の各々は、前記複数のシリンドリカルレンズの各々に対応することを
 特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 3】

請求項 2 において、
 前記レーザービームを一方向に引き延ばす光学系は、ビームエキスパンダであることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 4】

レーザービームを発生させるレーザー発振器と、
 前記レーザービームを、前記レーザービームの進行方向に対し直角方向に分割するシリンドリカルレンズアレイと、

10

前記シリンドリカルレンズアレイにより分割された前記レーザービームを照射面で 1 つにし、前記照射面において断面形状が線状となる前記レーザービームの長さ方向において前記レーザービームのエネルギーを均一化する第 1 のシリンドリカルレンズと、

前記シリンドリカルレンズアレイにより分割される前記レーザービームの各々の、前記レーザービームの出口から前記照射面までの光路長を、互いに前記レーザービームのコヒーレント長以上の差にするミラーと、を有し、

前記ミラーは、階段状に配置された複数の反射面を有し、
前記シリンドリカルレンズアレイは、複数の第 2 のシリンドリカルレンズを有し、
前記複数の反射面の各々は、前記複数の第 2 のシリンドリカルレンズの各々に対応することを特徴とするレーザー照射装置。

20

【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか 1 項において、
 前記照射面において断面形状が線状となる前記レーザービームの長さ方向に対し直角方向に動くステージを有することを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項において、
 前記レーザー発振器は Y A G レーザの第 2 高調波を発生させるものであることを特徴とするレーザー照射装置。

30

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項において、
 前記レーザー発振器は Y A G レーザの第 3 高調波を発生させるものであることを特徴とするレーザー照射装置。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項において、
 前記レーザー発振器は Y A G レーザの第 4 高調波を発生させるものであることを特徴とするレーザー照射装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

40

【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

50

ザアニールを施して、結晶化させたり、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。

【 0 0 0 3 】

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。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(TFT)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TFT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。

10

【 0 0 0 5 】

また、出力の大きい、エキシマレーザ等のパルス発振のレーザビームを、被照射面において、数cm角の四角いスポットや、長さ10cm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。

20

【 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、線状レーザビーム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ビームを照射することができるため、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のエキシマレーザから出る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。

30

【 0 0 0 8 】

紫外光であるエキシマレーザを光源に使用するならば、上記光学系の母材は例えばすべて石英とするとよい。なぜならば、高い透過率が得られるからである。また、コーティングは、使用するエキシマレーザの波長に対する透過率が99%以上得られるものを使用するとよい。

【 0 0 0 9 】

まず、図1の側面図について説明する。レーザ発振器101から出たレーザビームは、シリンドリカルレンズアレイ102aと102bにより、レーザビームの進行方向に対して直角な方向に分割される。該方向を本明細書中では、縦方向と呼ぶことにする。前記縦方向は、光学系の途中にミラーが入ったとき、前記ミラーが曲げた光の方向に曲がるものとする。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104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107で反射され、その後、ダブルットシリンドリカルレンズ108により、照射面109にて再び1つのレーザビームに集光される。ダブル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。

40

【 0 0 1 0 】

次に、上面図について説明する。レーザ発振器101から出たレーザビームは、シリンド

50

リカルレンズアレイ103により、レーザービームの進行方向に対して直角な方向でかつ、縦方向に対して直角な方向に分割される。該方向を本明細書中では、横方向と呼ぶことにする。前記横方向は、光学系の途中でミラーが入ったとき、前記ミラーが曲げた光の方向に曲がるものとする。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105にて、レーザービームは照射面109にて1つに合成される。これにより、線状レーザービームの長さ方向のエネルギー均質化がなされ、また線状ビームの長さが決定される。

【0011】

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99%以上になった。

10

【0012】

上記の構成で加工された線状レーザービームをそのレーザービームの幅方向に徐々にずらしな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、結晶化させたり、結晶性を向上させることができる。

【0013】

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。

【0014】

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

20

【0015】

基板を、温度500の窒素雰囲気中に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。

【0016】

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レーザを発し、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。レーザビームの出口は本明細書中では、レーザ照射装置からレーザビームが出た直後における、レーザビームの進行方向に垂直な平面で定義

30

【0017】

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の線状レーザービームに変換された。

【0018】

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ービームの幅(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ー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。

40

【0019】

上記の線状レーザービームを用いて、レーザアニールされた珪素膜を非常に注意深く観察すると、非常に淡い干渉縞が見られた。干渉縞が見られる原因は、レーザビームを分割して1つの領域にまとめているため、分割された光が互いに干渉を起こしていることにある。しかしながら、エキシマレーザのコヒーレント長は数ミクロン~数十ミクロン程度である

50

ため強い干渉は起こらない。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】

エキシマレーザは大出力で高繰り返しのパルスを発振できる(現状で300ヘルツ程度)ので、半導体膜の結晶化によく用いられている。近年、製品化が進んでいる低温ポリシリコンTFTの液晶ディスプレイの作成には、エキシマレーザが半導体膜の結晶化工程で用いられている。

【0021】

最近、YAGレーザの最大出力が著しく向上している。YAGレーザは、固体レーザであるため、ガスレーザであるエキシマレーザと比較すると扱いやすく、保守が容易である。本発明者は、YAGレーザの出力の向上に伴い、YAGレーザを半導体膜の結晶化に用いる可能性について考察した。

10

【0022】

YAGレーザは、基本波として、波長1065nmのレーザビームを出すことで知られている。このレーザビームの珪素膜に対する吸収係数は非常に低く、このままでは珪素膜の1つであるa-Si膜の結晶化には使えない。ところが、このレーザビームは非線型光学結晶をもちいることにより、より短波長に変換することができる。変換される波長により、第2高調波(533nm)、第3高調波(355nm)、第4高調波(266nm)、第5高調波(213nm)、と名づけられている。

【0023】

第2高調波は波長533nmであるから、a-Si膜に対し十分な吸収係数があるので、a-Si膜の結晶化に用いる事ができる。

20

【0024】

しかしながら、上述の例に出した厚さ50nm程度のa-Si膜に対して、エキシマレーザほど吸収係数が高くない。第3高調波、第4高調波、第5高調波は、前記a-Si膜に対する吸収係数が非常に高いので、高いエネルギー効率で結晶化を行うことができる。

【0025】

現存するYAGレーザの第3高調波の最大出力は750mJ/パルスくらいである。また、第4高調波の最大出力は200mJ/パルスくらいである。第5高調波は、前記した最大出力よりもさらに低いので、これはまだa-Si膜の結晶化には不向きである。レーザビームの出力と、a-Si膜に対する吸収係数との兼ね合いから考えると、現段階では第2高調波または第3高調波を使うのが最もよい。

30

【0026】

さて、YAGレーザを半導体膜の結晶化に使用する場合、やはり、照射面でのレーザビームの形状は線状であるのが量産には好ましい。前記に示した光学系をそのままYAGレーザに適用できればよいが、その可能性について以下に考察する。

【0027】

まず、YAGレーザとエキシマレーザとの違いについて述べる。エキシマレーザから出るレーザビームの形状は一般に長方形であり、YAGレーザから出るレーザビームの形状は一般に円状である。500mJ/パルスを越える大出力のエキシマレーザで、200Hz以上の高繰り返しが可能なのレーザビームのサイズは、10×30mm程度のものが主流であり、上述の光学系はそのレーザビームのサイズに合わせて作成されている。一方、500mJ/パルスを越えるYAGレーザのレーザビームのサイズは直径10mm程度の円である。前記、直径10mmのYAGレーザを前記光学系に合わせ込むには、レーザビームのサイズを変更することができるビームエキスパンダーを使って、前記円状のレーザビームを楕円状に変換すればよい。この例の場合は、前記円状のレーザビームを、レーザビームのサイズを1方向に引き延ばすことのできるシリンダカルレンズで構成されるビームエキスパンダーを使って3倍引き延ばし、長直径30mm、短直径10mmの楕円状とすればよい。

40

【0028】

50

前記ビームエキスパンダーを、図1に示した光学系に組み込んで、YAGレーザー300に適応させた光学系の例を図3に示す。図3において、図1のものと同じ符号のものは同一形状のレンズであることを示す。

【0029】

シリンダリカルレンズ301は、焦点距離100mm、長さ、幅、共に50mm、厚さ10mmのものである。このレンズにまずレーザービームを入射させる。シリンダリカルレンズ302は、焦点距離300mm、長さ、幅、共に50mm、厚さ10mmのものである。これらのレンズを400mm離して配置する。これにより、レーザービームは一方向に3倍引き延ばされる。

【0030】

次に、YAGレーザーとエキシマレーザーのコヒーレント長の相違について考える。前述したように、エキシマレーザーのコヒーレント長は数ミクロン～数十ミクロン程度であり、レーザービームを分割して1つにするような光学系を通したときの光干渉は非常に弱い。一方で、YAGレーザーのコヒーレント長は非常に長く1cm程度ある。これによる干渉の影響は、無視できない。

【0031】

もしもYAGレーザーから出るレーザービームを図3で示した光学系に通して線状レーザービームに加工したとすると、図2(a)に示したような格子状に強弱が繰り返すエネルギー分布をもつ線状レーザービーム200ができる。

【0032】

格子状のエネルギー分布は、光干渉によるものである。図2(a)で線の濃いライン201がエネルギーの比較的高い領域を指し、その間の空白のライン202がエネルギーの比較的低い領域を指す。

【0033】

格子状のエネルギー分布をもつ線状レーザービーム200で、a-Si膜を結晶化するとやはりa-Si膜面内で不均一な結晶化が起こる。図2(b)に、線状レーザービームで結晶化される珪素膜203の表面の様子を示す。先にも述べたように、線状レーザービームはa-Si膜上で、線状レーザービームの幅方向に、前記線状レーザービームの幅の1/10程度ずつ重ね合わせながら照射されるので、線状レーザービームの線方向に平行な縞は互いにうち消され、あまり目立たなくなるが、線状レーザービームの幅方向に平行な線204、205は強く残る。図2(b)で線の濃いライン204がエネルギーの比較的高い領域を指し、その間の空白のライン205がエネルギーの比較的低い領域を指す。

【0034】

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。

【0035】

【課題を解決するための手段】

本発明者は、たとえ同一光源から出た光であっても、コヒーレント長以上の光路差のあるレーザービームは、互いに干渉しないという性質を利用し、干渉現象を抑えた光学系を考案した。本発明では、特に、線状レーザービームの幅方向に平行にできる干渉縞を消すことにより、上述の問題を解決する。

【0036】

線状レーザービームの幅方向に平行にできる干渉縞を無くすためには、横方向に分割されたレーザービーム各々の照射面における光路差が、光源のレーザービームのコヒーレント長以上あればよい。本発明で用いるレーザービームの光源は、YAGレーザーである。前記レーザービームのコヒーレント長は1cm程度である。

【0037】

このようなことを実現できる光学系の例を図4に示す。図4に示した光学系と、図3に示したものと大きな違いは、反射ミラー401にある。図4において、図3のものと同じ符号のものは同一形状のレンズであることを示す。

10

20

30

40

50

【0038】

ビームエキスパンダーを形成するシリンダリカルレンズ301と302の後ろに、階段状に加工された反射面を持つミラー401を配置する。ミラー401の役割は、シリンダリカルアレイレンズ402の各々のシリンダリカルレンズに、それぞれ光路差のあるレーザービームを入射させることにある。例えば、ミラー401の反射面の1つ401aに入射したレーザービームは進行方向を変え、シリンダリカルアレイレンズ402を形成するシリンダリカルレンズの1つ402aに入射する。同様に、ミラー401の、反射面401aとは異なる反射面の1つ401bに入射したレーザービームは進行方向を変え、シリンダリカルアレイレンズ402を形成するシリンダリカルレンズの1つ402bに入射する。

【0039】

ミラー401を階段状のミラーとしたため、レーザービームがYAGレーザーのレーザービームの出口を出てからシリンダリカルレンズ402aに入射するまでのレーザービームの光路長は、レーザービームがYAGレーザーのレーザービームの出口を出てからシリンダリカルレンズ402bに入射するまでのレーザービームの光路長と、長さdだけ異なる。この長さdが、YAGレーザーのコヒーレント長よりも長ければ、シリンダリカルレンズ402aを出たレーザービームと、シリンダリカルレンズ402bを出たレーザービームが照射面で干渉しあうことはない。

【0040】

シリンダリカルアレイレンズ402は、シリンダリカルアレイレンズ103と同様の役割を果たし、レーザービームを横方向に分割する。シリンダリカルアレイレンズ402により分割されたレーザービームは、シリンダリカルレンズ403により、照射面404にて1つに合成される。

【0041】

縦方向にレーザービームを分割し、照射面にて1つに合成する構成は、図1に示した従来の光学系と同様な光学系でよい。このようにしてできた線状レーザービームのエネルギー分布は、図5(a)に示したような線状レーザービーム500の長さ方向に平行な縞状の分布となる。縞状のエネルギー分布は、光干渉によるものである。図5(a)で線の濃いライン501がエネルギーの比較的高い領域を指し、その間の空白のライン502がエネルギーの比較的低い領域を指す。

【0042】

これは、階段状のミラー401による効果であり、線状レーザービームの幅方向に平行な縞状のエネルギー分布は消えてしまう。図5(b)に、線状レーザービーム500で結晶化された珪素膜503の表面の様子を示す。先にも述べたように、線状レーザービームはa-Si膜上で、線状レーザービームの幅方向に、前記線状レーザービームの幅の1/10程度ずつ重ね合わせながら照射されるので、線状レーザービームの線方向に平行な縞は互いにうち消され、あまり目立たなくなる。

【0043】

これにより、半導体膜を線状レーザービームに加工されたYAGレーザーでレーザーアニールする際に懸念される、線状レーザービームの長さ方向に垂直な方向(幅方向)にできる縞模様を消すことができる。

【0044】

他に光路差をつける手段としては、レーザービームに対して透明な板がある。前記板を、シリンダリカルアレイレンズを形成するあるシリンダリカルレンズの前に挿入することにより、前記シリンダリカルレンズに入射するレーザービームの光路長のみ変更することができる。ただし、一般にレーザービームに対して透明な板の屈折率(1.4~2.5)があまり大きくないので、レーザービームのコヒーレント長以上の光路差をつけようとする、前記コヒーレント長の3倍の厚さが必要となる。

【0045】

本発明は、YAGレーザーに限らず、Arレーザー等を用いたレーザー照射装置すべてに適用できるが、特にコヒーレント長が0.1mm以上と長い場合に有効であり、コヒーレント長が0

10

20

30

40

50

、1 mm以下である場合には特に本発明による顕著な効果は得られない。

【0046】

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光学系1（図6では607a、607bに対応）と、

光学系1にて分割されたレーザービームを照射面で1つにし、前記照射面において断面形状が線状となるレーザービームの幅方向においてレーザービームのエネルギーを均一化する役割を果たす光学系2（図6では608、609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3（図6では605に対応）と

光学系3にて分割されたレーザービームを照射面で1つにし、前記照射面において断面形状が線状となるレーザービームの長さ方向においてレーザービームのエネルギーを均一化する役割を果たす光学系4（図6では606に対応）と、

前記光学系3にて分割されるレーザービームの各々の光路長（前記レーザービームの出口から照射面まで）を、互いに前記レーザービームのコヒーレント長以上の差にする手段（図6では604に対応）と

を有することを特徴とするレーザー照射装置である。

【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シリンドリカルアレイレンズ1（図6では607a、607bに対応）と、

光学系1にて分割されたレーザービームを照射面で1つにし、前記照射面において断面形状が線状となるレーザービームの幅方向においてレーザービームのエネルギーを均一化する役割を果たす光学系（図6では608、609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シリンドリカルアレイレンズ2（図6では605に対応）と、

光学系3にて分割されたレーザービームを照射面で1つにし、前記照射面において断面形状が線状となるレーザービームの長さ方向においてレーザービームのエネルギーを均一化する役割を果たすシリンドリカルレンズ（図6では606に対応）と、

前記シリンドリカルアレイレンズ2にて分割されるレーザービームの各々の光路長（前記レーザービームの出口から照射面まで）を、互いに前記レーザービームのコヒーレント長以上の差にする手段（図6では604に対応）と、

を有することを特徴とするレーザー照射装置である。

【0048】

上記何れの発明に関しても、前記手段には、階段状のミラーを用いることができる。

【0049】

10

20

30

40

50

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ービームの長さ方向と、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。

【0050】

上記何れの発明に関しても、前記レーザー発振器はYAGレーザーの第2高調波、または、第3高調波、または、第4高調波、を発生するものであると、レーザー装置の保守管理が容易であるから、生産性が上がるので好ましい。

【0051】

上記何れのレーザー照射装置に、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、レーザー照射室と、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。

10

【0052】

【発明の実施の形態】

まず、照射対象として、5インチ角のa-Si膜が製膜された基板に対し照射面で線状に加工されたレーザービームを照射する例を示す。

【0053】

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。

【0054】

成膜済みの基板を500℃の窒素雰囲気中に1時間さらし、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 10^{20} atoms/cm³オーダーが適当である。

20

【0055】

図6にレーザー照射装置を図示する。図6に示したものは、線状レーザービームを基板に照射する装置の1つの例である。レーザービームは、図6中に示した光学系により、長さ125mm、幅0.4mmの線状レーザービームに加工される。線状レーザービームの長さが125mmであるから、5インチ角の基板に対し、線状レーザービームを1方向に走査させることで、基板のほぼ全面にレーザービームを照射することができる。

【0056】

図6に示した光学系は、1つの例である。線状レーザービームはa-Si膜上に結像させる。上記した線状レーザービームのサイズは、結像したときのビームのサイズである。該構成の説明を以下に列挙する。

30

【0057】

パルス発振式のYAGレーザー発振器601は、第3高調波(波長355nm)のレーザービームを発振する。前記レーザービームのサイズは、レーザービームの出口で直径10mmである。レーザービームの最大出力は、500mJ/パルスである。最大繰り返し周波数は30Hzである。パルス幅は10nsである。

【0058】

波長が355nmの紫外光を用いることから、その波長域で透過率の高い合成石英をレンズの母材として用いる。波長355nmの紫外光がよく透過するように、適当なコーティングをするとよりエネルギー効率が高くなるので好ましい。また、コーティングによりレンズの寿命を延ばすこともできる。

40

【0059】

YAGレーザー発振器601から発生した、直径10mmの円状のレーザービームは、ミラー602で進行方向を90度変更される。その後、ビームエキスパンダー603で、レーザービームの形状を、長直径30mm、短直径10mmの楕円状に変換する。前記ビームエキスパンダー603は、シリンドリカルレンズ301と302の組み合わせで構成する。

【0060】

楕円状に変換されたレーザービームは、階段状のミラー604に入射し、ここで、シリンド

50

リカルアレインズ 605 を形成する隣り合う 2 つのシリンダリカルレンズに光路差 d をもって入射する。前記光路差 d は、YAG レーザ発振器 601 のコヒーレント長以上の長さをとる。YAG レーザ発振器 601 のコヒーレント長は、1 cm 程度であるから、光路差 d を 1 cm 以上とすれば干渉を抑えることができる。

【0061】

光路差 d の調整は、階段状のミラー 604 の作成段階で、階段の高さを調整すればよい。図 7 に光路差 d を 1 cm にする階段状のミラー 604 の例を示す。階段状のミラー 604 の階段の段数は 5 段である。各段の幅は 14 mm である。また、格段の高さは 7 mm である。前記階段状のミラーに対し平行光線を入射させたときの各段にできる陰の幅が 7 mm になるような方向から、レーザービームを前記階段状のミラーに入射させると、階段の各段から反射されるレーザービームは、シリンダリカルアレインズ 605 を形成する隣り合う 2 つのシリンダリカルレンズに光路差 1 cm で入射する。

10

【0062】

階段状のミラー 604 の階段の各段から反射されるレーザービームは、それぞれ幅 5 mm のレーザービームとなって、シリンダリカルアレインズ 605 を形成するシリンダリカルレンズ 1 つ 1 つに入射する。階段状のミラーの形状から、シリンダリカルアレインズ 605 の幅が決定され、シリンダリカルアレインズ 605 を形成するそれぞれのシリンダリカルレンズの幅は、この場合 15 mm となる。階段状のミラーを介したレーザービームは、図 1 に準じた構造をもつ光学系に通せば、照射面にて線状レーザービームが得られる。前記図 1 に準じた構造をもつ光学系の具体的な構成の例を以下に示す。以下に示すレンズすべては、幅方向に曲率をもつ。

20

【0063】

まず、横方向に作用する光学系の構成について述べる。

【0064】

シリンダリカルアレインズ 605 は、幅 15 mm、長さ 50 mm、厚さ 10 mm、焦点距離 90 mm のシリンダリカルレンズ 5 本を幅方向に互いに合わせアレイ状にしたものである。前記シリンダリカルレンズは、平凸レンズであり、凸の曲面は球面である。本明細書中特に断らない限り、前記シリンダリカルレンズは、入射面が球面で、他の面が平面である。アレイ状にする方法は、熱をかけることで接着しても、枠にはめて外から固定してもよい。シリンダリカルアレインズ 605 はレーザービームを横方向に分割する役割を果たす。

30

【0065】

分割されたレーザービームは、シリンダリカルレンズ 606 に入射する。シリンダリカルレンズ 606 は横方向に分割されたレーザービームを照射面 611 にて 1 つにする役割を果たす。シリンダリカルレンズ 606 は、幅 50 mm、長さ 50 mm、厚さ 5 mm、焦点距離 2250 mm のレンズである。これにより、線状レーザービームの長さ方向の均一化がなされ、線状レーザービームの長さが決定される。シリンダリカルアレインズ 605 とシリンダリカルレンズ 606 との距離は、200 mm とする。

【0066】

次に、縦方向に作用する光学系の構成について述べる。

40

【0067】

シリンダリカルレンズ 606 を出たレーザービームは、シリンダリカルレンズ 606 と距離 100 mm 離れたところで、シリンダリカルアレインズ 607a に入射する。シリンダリカルアレインズ 607a を形成するシリンダリカルレンズは、各々幅 3 mm、長さ 60 mm、厚さ 3 mm で、焦点距離が 300 mm である。これらのシリンダリカルレンズ 4 本を幅方向に組み合わせることでシリンダリカルアレインズを形成する。組み合わせる方法は、シリンダリカルアレインズ 605 と同様の方法でよい。シリンダリカルアレインズ 607a により、レーザービームは縦方向に分割される。

【0068】

シリンダリカルアレインズ 607a を出たレーザービームは、シリンダリカルアレイン

50

ズ607aと距離443mm離れたところで、シリンドリカルアレイルズ607bに入射する。シリンドリカルアレイルズ607bを形成するシリンドリカルレンズは、各々幅3mm、長さ60mm、厚さ3mmで、焦点距離が450mmである。これらのシリンドリカルレンズ4本を幅方向に組み合わせることでシリンドリカルアレイルズを形成する。組み合わせる方法は、シリンドリカルアレイルズ605と同様の方法でよい。シリンドリカルアレイルズ607aにより、分割されたレーザービームは、シリンドリカルアレイルズ607bを形成する各々のシリンドリカルレンズに入射する。

【0069】

シリンドリカルアレイルズ607bを出たレーザービームは、シリンドリカルレンズ607bと距離89mm離れたところで、シリンドリカルレンズ608に入射する。シリンドリカルレンズ608は、幅50mm、長さ60mm、厚さ5mmで焦点距離が350mmである。シリンドリカルレンズ608のレーザービームの入射面は、平凸レンズの平面側にする。シリンドリカルレンズ608により、いったんレーザービームは、同一面にて1つにまとめられる。前記同一面は、シリンドリカルレンズ608の焦点の位置にある。前記同一面は光路の途中にあるので、再びレーザービームは分離する。

10

【0070】

シリンドリカルレンズ608を出たレーザービームは、シリンドリカルレンズ608と距離1377mm離れたところで、ダブレットシリンドリカルレンズ609に入射する。レンズ配置の関係で、シリンドリカルレンズ608とダブレットシリンドリカルレンズ609の間にミラー613を入れる。これにより、レーザービームの進行方向を下方に変更する。これにより、照射対象である基板を水平面に配置することができる。

20

【0071】

ダブレットシリンドリカルレンズ609は、幅70mm、長さ140mm、厚さ31mmで焦点距離が177mmである。ダブレットシリンドリカルレンズ609により、縦方向に分割されたレーザービームは照射面611にて1つにされる。これにより、線状レーザービームの幅方向の均一化がなされる。また、線状レーザービームの幅が決定される。

【0072】

ダブレットシリンドリカルレンズ609と照射面611の間には、厚さ15mmの石英窓610を配置する。ダブレットシリンドリカルレンズ609と石英窓610との距離は、70mm、石英窓610と照射面611との距離は140mmである。

30

【0073】

石英窓610は外気と半導体膜が付けられた基板とを遮断する役割を果たすチャンバー612に付けられた、レーザービームを通すための窓である。前記チャンバー612には、図示しない排気装置やガスラインが接続されており、適当な雰囲気調整することが可能になっている。

【0074】

ダブレットシリンドリカルレンズ609の仕様の例を、図8に沿って示す。

【0075】

ダブレットシリンドリカルレンズ609は、焦点距離177mm、幅70mm、長さ140mm、厚さ31mmである。1つ目のシリンドリカルレンズは、面801と面802とを有し、厚さは10mmである。レーザービームの入射面801の曲率半径は125mm、もう一つの面802の曲率半径は69mmである。また、2つ目のシリンドリカルレンズは、面803と面804とを有し、厚さは20mmである。レーザービームの入射面803の曲率半径は75mm、もう一つの面804の曲率半径は、226mmである。曲率半径に付けた符号は、曲率の向きを示す。また、2つ目のシリンドリカルレンズは、レーザービームの入射面803を1つ目のシリンドリカルレンズの面802から1mm離れたところに配置する。即ち、ダブレットシリンドリカルレンズ609の厚さ(31mm)は、1つ目のシリンドリカルレンズの厚さ(10mm) + 2つ目のシリンドリカルレンズの厚さ(20mm) + 1つ目のシリンドリカルレンズと2つ目のシリンドリカルレンズとの距離(1mm)である。

40

50

【0076】

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99%以上の高い透過率が得られるのでよい。

【0077】

線状レーザー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。

10

【0078】

照射面611にa-Si膜が製膜された基板を配置し、レーザービームを照射させながら、ステージ614を移動機構615を使って線状レーザービームの長さ方向と直角の方向(図中矢印の方向)に一定の速度で動かす。これにより、基板全面にレーザービームを照射することができる。移動機構615には、ボールねじ式やリニアモータ等が使える。

【0079】

照射条件は、下記の範囲を目安に決定するとよい。

【0080】

線状レーザービームのエネルギー密度：50～500mJ/cm²

ステージの動作速度：0.1～2mm/s

レーザー発振器の発振周波数：30Hz

20

【0081】

上記の条件は、レーザー発振器のパルス幅や半導体膜の状態や、作成するデバイスの仕様により変化する。条件の細かい設定は実施者が適宜行わねばならない。

【0082】

レーザービームの照射時のチャンバー612中の雰囲気は、20の大気とする。その他、H₂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H₂、He、N₂、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の-1乗torr以下)にしても、汚染防止効果はある。

30

【0083】

基板として、コーニング1737の他に、コーニング7059、AN100等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。

【0084】

レーザービームの照射中に、赤外ランプ等により基板の線状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、加熱しないときと比較し、レーザービームのエネルギーを下げるができる。加熱は、基板の下部にヒータを設置することで行ってもよい。線状レーザービームをより長くし、より大面積の基板に線状レーザービームを使用するとき、レーザービームのエネルギーが足りない場合、この加熱によるエネルギーの補足が役にたつ。

【0085】

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その他の非単結晶半導体膜、あるいはダイヤモンド膜にも適用できる。

40

【0086】

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。

【0087】

【実施例】

〔実施例1〕

50

本実施例では、多結晶珪素膜にレーザービームを照射する例を示す。用いるレーザー照射装置は、発明の実施の形態に記載したものをを用いる。

【0088】

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。

【0089】

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10ppmの酢酸ニッケル水溶液を塗布し、これを550 の窒素雰囲気中で4時間加熱し、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。

【0090】

上記の方法で結晶化される多結晶珪素膜は、レーザー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、発明の実施の形態で用いたレーザー照射装置を使って、前記多結晶珪素膜にレーザービームを照射する。

【0091】

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。発明の実施の形態と本実施例とは組み合わせ用いることができる。

【0092】

〔実施例2〕

本実施例では、レーザー発振器として、YAGレーザーの第2高調波を用いる例を示す。第2高調波を用いる利点は、光学レンズが劣化しにくい点にある。また、a-Si膜に対する反射率が第3高調波や第4高調波と比較して低いので、エネルギー効率も第3高調波や第4高調波を用いる場合よりやや劣る程度で、あまり変わらない。最大パルスエネルギーは、現存するもので1400mJ/パルス出せるものがある。これは、第3高調波の2倍であるから、線状レーザービームを長くして大面積基板に製膜されたa-Si膜の結晶化には、第2高調波を用いるとよい。

【0093】

第2高調波を線状レーザービームに加工し半導体膜に照射する装置及び方法は、発明の実施の形態に示したものと同様のものを用いればよい。ただし、第3高調波と第2高調波とは、波長が異なるので、焦点の位置を変更する必要がある。本実施例の場合、石英窓610と照射面611との距離を150mmに変更すればよい。レンズのコーティングは、YAGレーザーの第2高調波の波長530nmに合わせたものとする。

【0094】

本実施例は、実施例1と組み合わせることができる。

【0095】

〔実施例3〕

本実施例では、レーザー発振器として、YAGレーザーの第4高調波を用いる例を示す。第4高調波を用いる利点は、珪素膜に対し、吸収係数が非常に高い点にある。

【0096】

第4高調波を線状レーザービームに加工し半導体膜に照射する装置、方法は、発明の実施の形態に示したものと同様のものを用いればよい。ただし、第4高調波と第3高調波とは、波長が異なるので、焦点の位置を変更する必要がある。本実施例の場合、石英窓610と照射面611との距離を126mmに変更すればよい。レンズのコーティングは、YAGレ

10

20

30

40

50

ーザの第4高調波の波長266nmに合わせたものとする。

【0097】

本実施例は、実施例1と組み合わせることができる。

【0098】

〔実施例4〕

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

【0099】

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。ここで例えば赤外線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、レーザー照射室907に基板を設置する。その後、ゲートバルブ906を閉める。

【0100】

レーザービームは、発明の実施の形態で示したレーザー発振器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を介し、レーザー照射室907内にある照射面にて線状レーザービームに加工される。レーザービームは、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。

【0101】

レーザービームの照射の前にレーザー照射室907の雰囲気、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、He、Ar、 H_2 、あるいはそれらの混合気体でもよい。

【0102】

その後、レーザー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、基板に線状レーザービームを照射する。このとき、図示しない赤外線ランプを線状レーザービームが照射されている部分に当ててもいい。

【0103】

レーザー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、レーザーアニールできる。

【0104】

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用いることができる。

【0105】

〔実施例5〕

本実施例では、光路差をつける手段として石英板を用いた例を図10に示す。

この石英板は、レーザービームに対して透明である。

【0106】

図10に、照射面においてレーザー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例を示す。なお、図10は上面図である。

【0107】

レーザー発振器1001から出たレーザービームの一部は、厚さ15mmの石英板1000に入射して、石英板に入射しなかったレーザービームと光路差が生じる。前記石英板の屈折率は波長532nmに対し、約1.5であることから、約7mmの光路差が生じる。7mmの光路差は、YAGレーザーのコヒーレント長と同等であることから、干渉を消す効果を期待できる。

【0108】

石英板1000を介し光路長が伸ばされたレーザービームはシリンダリカルレンズアレイ1

10

20

30

40

50

003の片方のシリンドリカルレンズに入射し、石英板1000を介していないレーザービームはシリンドリカルレンズアレイ1003の他方のシリンドリカルレンズに入射し、2分割される。その後、シリンドリカルレンズ1005にて、レーザービームは照射面1009にて1つに合成される。これにより、線状レーザービームの長さ方向のエネルギー均質化と長さが決定される。

【0109】

こうして、石英板により光路差をもったレーザービームをa Si膜に照射すると、図11(A)に示したように線状レーザービームの幅方向に平行な縞模様を消すことができる。なお、図11(A)の縦方向が、線状レーザービームの幅方向に対応する。

【0110】

図11(A)は、本実施例を用いて形成した線状レーザービームを照射したa Si膜の表面状態の写真図である。また、図11(B)は、本実施例を用いて形成した線状レーザービームをCCDカメラでとらえた映像である。

【0111】

比較するために、光路差をつけることなく、すなわち、石英板1000を使用せずに形成した線状レーザービームを照射したa Si膜の表面状態の写真図を図12(A)に示す。また、図12(B)は、光路差をつけることなく、すなわち、石英板1000を使用せずに形成した線状レーザービームをCCDカメラでとらえた映像である。干渉により線状レーザービームの幅方向に平行な縞が形成された様子が見て取れる。

【0112】

本実施例では、レーザービームを2分割し合成した例を示したが、レーザービームを3分割以上し1つに合成する場合も、分割された各々のレーザービームに対し光路差が十分についていれば、本実施例が示す効果が得られる。たとえば、レーザービームを3分割する場合、石英板を介さないレーザービームと、厚さtの石英板を介したレーザービームと、厚さ2tの石英板を介したレーザービームを合成すればよい。なお、厚さtは使用するレーザービームのコヒーレント長を考慮に入れて決定すればよい。

【0113】

なお、図10において、1007はミラーである。

【0114】

【発明の効果】

本発明により、線状レーザー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】 線状レーザービームを形成する光学系。(従来例)

【図2】 (a)線状レーザービームのエネルギー分布を示す図、(b)線状レーザービームを前記線状レーザービームの長さ方向に垂直な方向に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】 ビームエキスパンダーと線状レーザービームを形成する光学系とを組み合わせた例を示す図。

【図4】 ビームエキスパンダーと本発明が開示する線状レーザービームを形成する光学系とを組み合わせた例を示す図。

【図5】 (a)線状レーザービームのエネルギー分布を示す図、(b)線状レーザービームを前記線状レーザービームの長さ方向に垂直な方向にスキャンさせながら照射した珪素膜の様子を示す図。

【図6】 本発明が開示するレーザー照射装置の例を示す図。

【図7】 本発明が開示する線状レーザービームを形成する光学系の一部を示す図。

【図8】 線状レーザービームを形成する光学系の一部のレンズを示す図。

【図9】 量産用のレーザー照射装置を示す図。

【図10】 本発明が開示するレーザー照射装置の例を示す図。

【図11】 珪素膜の表面状態を示す写真図。(実施例5)

10

20

30

40

50

【図12】珪素膜の表面状態を示す写真図。(比較例)

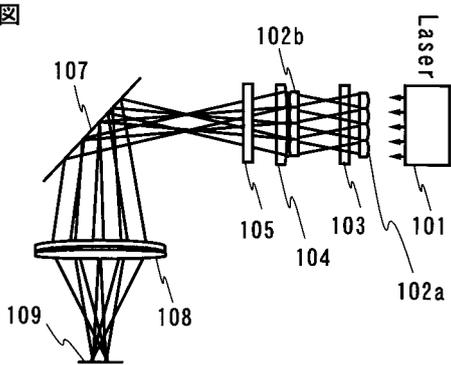
【符号の説明】

101	レーザー発振器	
102	レーザー光を分割するシリンドリカルレイレンズ	
103	レーザー光を分割するシリンドリカルレイレンズ	
104	レーザー光を集光するためのシリンドリカルレンズ	
105	レーザー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	レーザー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	10
200	線状レーザービーム	
201	線状レーザービーム200の比較的エネルギーの強い領域。	
202	線状レーザービーム200の比較的エネルギーの弱い領域。	
203	線状レーザービーム200を前記線状レーザービームの長さ方向に垂直な方向にスキャンさせながら照射したa-Si膜。	
204	a-Si膜の比較的強いエネルギーのレーザービームが照射された領域。	
205	a-Si膜の比較的弱いエネルギーのレーザービームが照射された領域。	
300	YAGレーザー発振器	
301	ビームエキスパンダーを形成するシリンドリカルレンズ。	
302	ビームエキスパンダーを形成するシリンドリカルレンズ。	20
401	階段状のミラー	
402	シリンドリカルレイレンズ	
403	シリンドリカルレンズ	
404	照射面	
500	線状レーザービーム	
501	線状レーザービーム500の比較的エネルギーの強い領域。	
502	線状レーザービーム500の比較的エネルギーの弱い領域。	
503	線状レーザービーム500を前記線状レーザービームの長さ方向に垂直な方向にスキャンさせながら照射したa-Si膜。	
601	YAGレーザー発振器	30
602	ミラー	
603	ビームエキスパンダー	
604	階段状のミラー	
605	シリンドリカルレイレンズ	
606	シリンドリカルレンズ	
607	シリンドリカルレイレンズ	
608	シリンドリカルレンズ	
609	ダブレットシリンドリカルレンズ	
610	石英窓	
611	照射面	40
612	チャンバー	
613	ミラー	
614	ステージ	
615	移動機構	
800	ダブレットシリンドリカルレンズ	
801	ダブレットシリンドリカルレンズの面	
802	ダブレットシリンドリカルレンズの面	
803	ダブレットシリンドリカルレンズの面	
804	ダブレットシリンドリカルレンズの面	
900	レーザー発振器	50

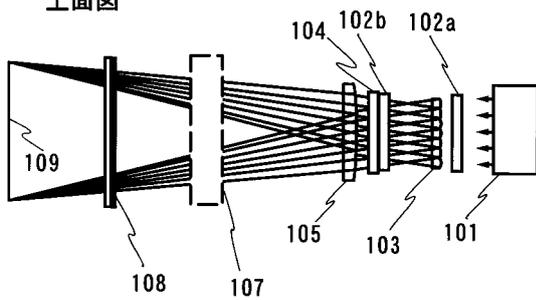
- 9 0 1 ロードアンロード室
- 9 0 2 トランスファ室
- 9 0 3 ロボットアーム
- 9 0 4 アライメント室
- 9 0 5 プレヒート室
- 9 0 6 ゲートバルブ
- 9 0 7 レーザ照射室
- 9 0 8 照射面
- 9 0 9 レーザ光学系
- 9 1 0 石英窓
- 9 1 1 真空ポンプ
- 9 1 2 ガスポンベ
- 9 1 3 移動機構
- 9 1 4 赤外線ランプ
- 9 1 5 クーリング室

【図1】

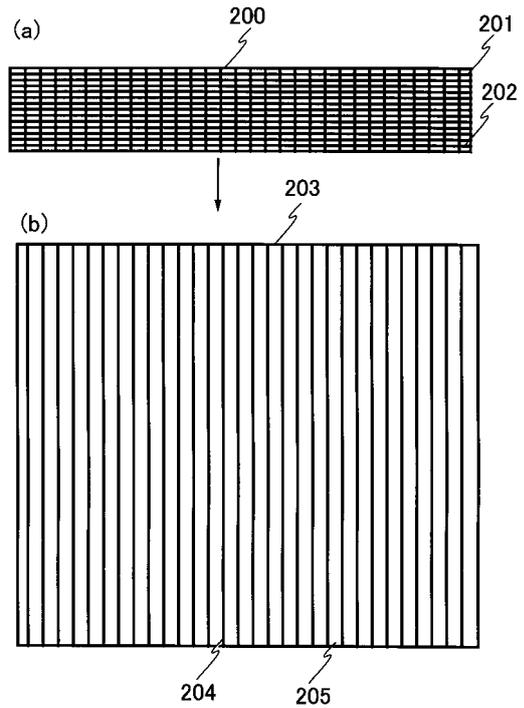
側面図



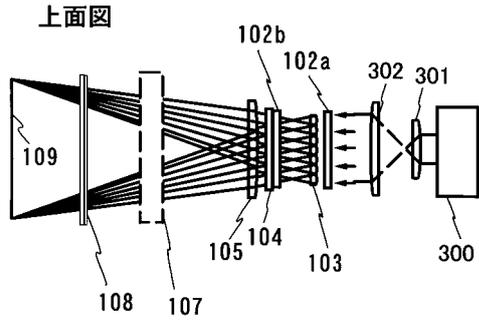
上面図



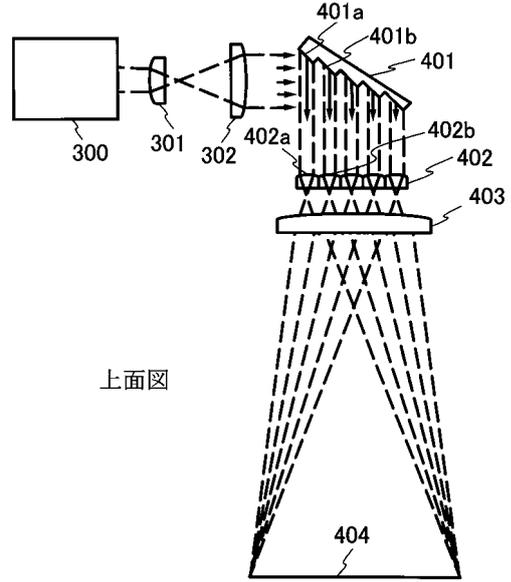
【図2】



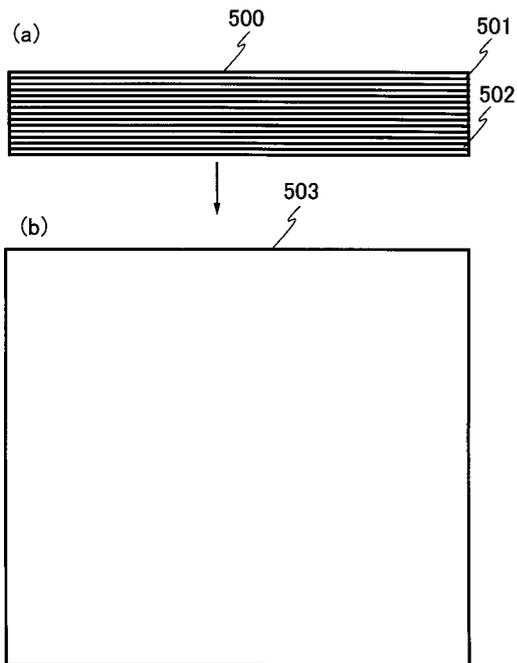
【 図 3 】



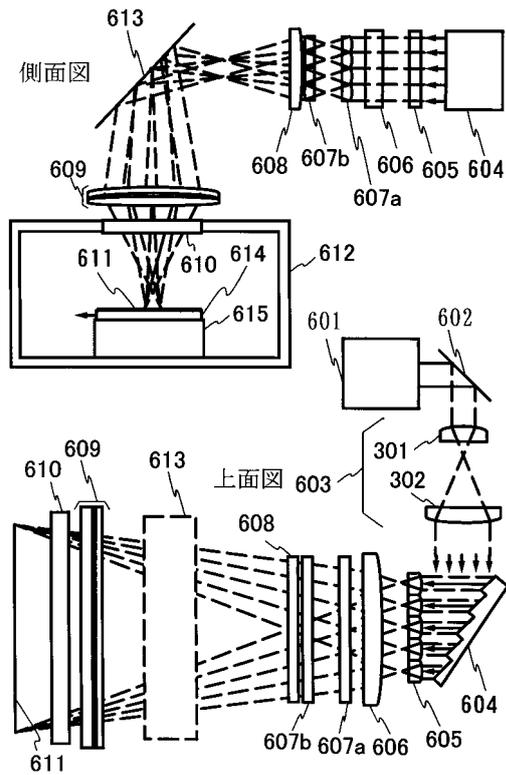
【 図 4 】



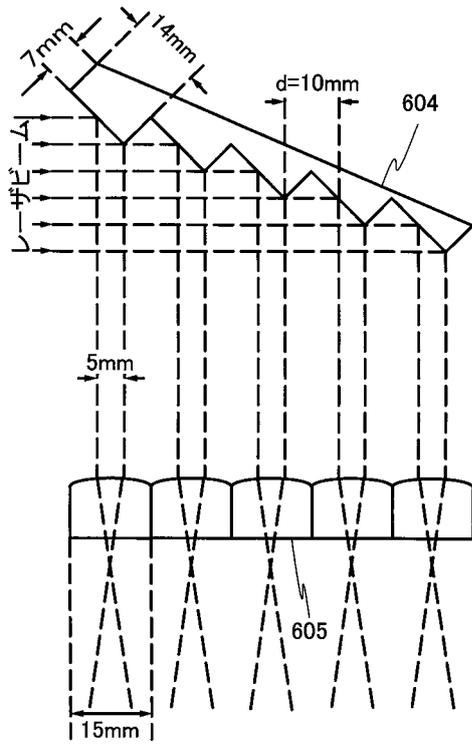
【 図 5 】



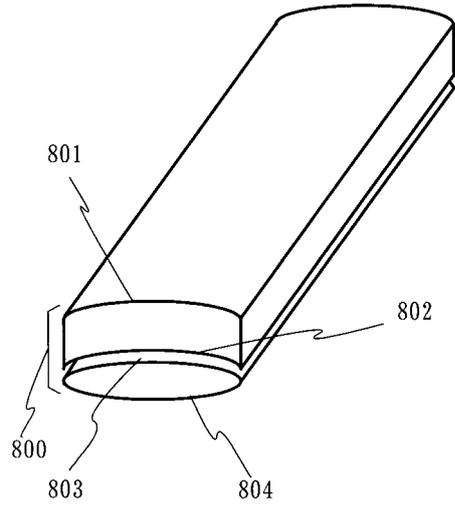
【 図 6 】



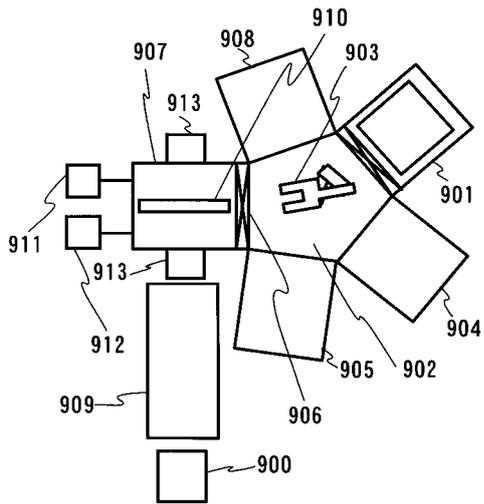
【 図 7 】



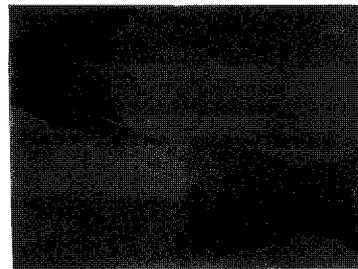
【 図 8 】



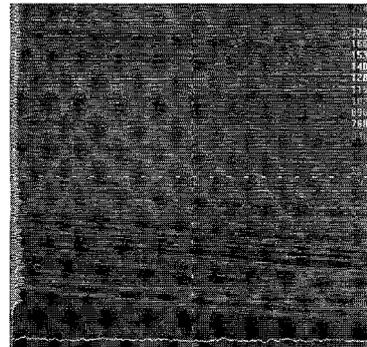
【 図 9 】



【 図 1 1 】



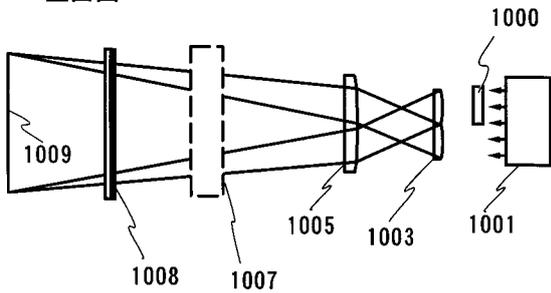
(A)



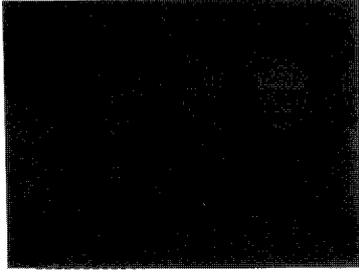
(B)

【 図 1 0 】

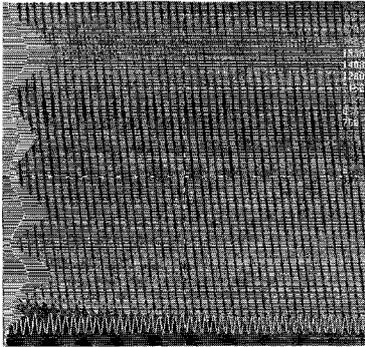
上面図



【 1 2】



(A)



(B)

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

H01L 21/26-21/268

H01L 21/322-21/326

H01L 21/20

B23K 26/00-26/42

B23K 101/40