(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第4001647号

(P4001647)

(45)発行日　平成19年10月31日(2007.10.31)　(24)登録日　平成19年8月24日(2007.8.24)

(51)Int.Cl.		F I		
H01L 21/268	(2006.01)	H01L	21/268	Z
H01L 21/20	(2006.01)	H01L	21/20	
H01L 21/304	(2006.01)	H01L	21/304	645D

請求項の数 9　(全 19 頁)

(21)出願番号　特願平7-344494
(22)出願日　平成7年12月4日(1995.12.4)
(65)公開番号　特開平9-162138
(43)公開日　平成9年6月20日(1997.6.20)
審査請求日　平成14年11月8日(2002.11.8)

(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　楠本　直人
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
(72)発明者　高山　徹
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
(72)発明者　米澤　雅人
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
(72)発明者　山崎　舜平
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

最終頁に続く

(54)【発明の名称】結晶性半導体膜の作製方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

基板上に非単結晶半導体膜を形成し、

ヘリウムが５０％以上含まれたオゾン雰囲気で前記非単結晶半導体膜を加熱して、前記非単結晶半導体膜上に有機物を含有する第１の酸化膜を形成しながら、エネルギー密度１００ｍＪ／ｃｍ^2～５００ｍＪ／ｃｍ^{2}の線状のパルスレーザーを複数回照射する結晶性半導体膜の作製方法であって、

前記線状レーザーによって前記有機物を含有する第１の酸化膜を除去した後、前記オゾン雰囲気での加熱によって前記非単結晶半導体膜に、前記第１の酸化膜より有機物が少ない第２の酸化膜を形成することを特徴とする結晶性半導体膜の作製方法。

【請求項２】

基板上に非単結晶半導体膜を形成し、

ヘリウムが５０％以上含まれたオゾン雰囲気で前記非単結晶半導体膜を加熱して、前記非単結晶半導体膜上に有機物を含有する第１の酸化膜を形成しながら、エネルギー密度１００ｍＪ／ｃｍ^2～５００ｍＪ／ｃｍ^{2}の線状のパルスレーザーを複数回照射する結晶性半導体膜の作製方法であって、

前記線状レーザーによって前記有機物を含有する第１の酸化膜を除去した後、前記オゾン雰囲気での加熱によって前記非単結晶半導体膜に、前記第１の酸化膜より有機物が少ない第２の酸化膜を形成し、

前記線状レーザーの照射後、前記第２の酸化膜を除去することを特徴とする結晶性半導

体膜の作製方法。
【請求項３】
請求項１又は２において、
前記基板は１００～５００℃に加熱されていることを特徴とする結晶性半導体膜の作製方法。
【請求項４】
請求項３において、
前記基板の加熱は気体を介して行われることを特徴とする結晶性半導体膜の作製方法。
【請求項５】
請求項４において、
前記気体にはヘリウムが含有されていることを特徴とする結晶性半導体膜の作製方法。
【請求項６】
請求項４において、
前記気体には酸素、又は窒素が含有されていることを特徴とする結晶性半導体膜の作製方法。
【請求項７】
請求項１乃至６のいずれか一において、
前記オゾン雰囲気には水素が含有されていることを特徴とする結晶性半導体膜の作製方法。
【請求項８】
請求項１乃至７のいずれか一において、
前記非単結晶半導体膜は珪素膜であることを特徴とする結晶性半導体膜の作製方法。
【請求項９】
請求項１乃至８のいずれか一において、
前記線状のパルスレーザーは、前記非単結晶半導体膜の一点に１０ショット～５０ショット照射されることを特徴とする結晶性半導体膜の作製方法。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本明細書で開示する発明は、被処理基体をアニールするためのレーザー照射を行なう方法および装置に関する。また、レーザー照射による半導体膜の結晶化または結晶化の助長を行う方法および装置に関する。
【０００２】
【従来の技術】
従来より、珪素膜等の半導体膜にレーザ光を照射して、結晶化や結晶化を助長する技術が知られている。
【０００３】
例えば、ガラス基板等の絶縁基板上にプラズマＣＶＤ法等で非晶質や結晶性の珪素膜を成膜し、それに対してレーザー光を照射することにより、結晶性珪素膜に変成する技術が知られている。
【０００４】
【発明が解決しようとする課題】
半導体膜表面に、何らかの理由で有機物が付着した状態でレーザーアニールが行われると、有機物またはそれを構成する成分が膜中に混入してしまい、膜質が低下してしまう。
【０００５】
半導体膜は、極微量な不純物の混入で、その特性が大きく変化する。従って、有機物が付着した状態でレーザーアニールを行うと、有機物が付着していた領域の結晶性が低下したり、所望の膜特性が得られなかったり、膜面内において特性が不均一となるなどの問題が生じる。
【０００６】

この問題に対し、レーザーアニール前に種々の洗浄工程を行うことが実施されている。しかし、洗浄によっては充分な効果を得ることができないのが現状である。

【０００７】

本明細書で開示する発明は、非単結晶半導体膜に対するレーザー光の照射による結晶化やアニールの工程において、非単結晶半導体膜の表面に付着している有機物の影響を排除することを課題とする。

【０００８】

具体的には、レーザー光の照射により非単結晶半導体膜を結晶化する工程において、非単結晶半導体膜の表面に付着している有機物の影響によって、得られる膜の結晶性が阻害されたり、効果の再現性が阻害されたりすることを防ぐことを課題とする。

【０００９】

【課題を解決するための手段】

本明細書で開示する発明は、

非単結晶半導体膜の表面をオゾンによって処理させながらレーザー光の照射によりアニールを行うことを特徴とする。

【００１０】

レーザー光の照射によるアニール効果を高めるには、１００～５００℃程度の加熱を被照射面に対して行う必要がある。この際、加熱を均一なものとするために雰囲気の５０％以上をヘリウムとすることが好ましい。

【００１１】

またアニール対象が珪素膜の場合は、上記オゾンとヘリウムとの混合雰囲気中に水素を添加することが有効となる。これは、レーザー光の照射と同時に水素が添加された雰囲気中での加熱処理を同時に行うことができ、珪素膜の表面やその内部に存在する不対結合手を中和させることができるからである。

【００１２】

珪素膜に対するレーザー光の照射をオゾン雰囲気中で行った場合、珪素膜の表面に酸化膜を形成しながらのアニールが行われる。この酸化膜は、珪素膜の表面を覆い保護する機能を有するもので、レーザー光の照射に従って、珪素膜の表面から飛翔物が飛んだり、またそれに伴う表面の荒れを抑制する役割がある。

【００１３】

また、オゾンを選択的にレーザー光の被照射領域に供給できるようにすることで、その効果をさらに高めることができる。

【００１４】

本明細書に開示する発明におけるレーザー光としては、連続発振レーザー、パルスレーザー等を用いることができる。特にパルス発振レーザーを用いることは好ましい。また、エキシマレーザー等のパルス発振レーザーを用いることは極めて好ましい。

【００１５】

オゾン含有雰囲気としては、オゾン１００％の他に、酸素やアルゴンを含有させてもよい。オゾン／酸素の混合気体と不活性ガスとの混合雰囲気であってもよい。

【００１６】

オゾン含有雰囲気を形成する手段としては、一般的なオゾン生成装置を用いることができる。またレーザー処理がなされる室内またはその一部を酸素雰囲気とし、この雰囲気を構成する酸素に対して紫外光を照射することでオゾンを生成させてもよい。

【００１７】

即ち、レーザー光の照射手段とは別に、オゾンを発生させるのに最適な波長を有する紫外光を発生するＵＶランプを配置し、レーザー光の照射と同時進行でオゾンを発生させる構成とするのである。

【００１８】

このような構成とすることによって、オゾンの発生効率や供給効率を高めることができる。

【００１９】
また、レーザー光の被照射面に上記紫外光が照射されるようにすることで、被照射面を活性化させることができ、オゾンによる有機物の除去効果をさらに助長することができる。
【００２０】
特に上記紫外線の照射を併用する方法においては、レーザー光の波長や種類をレーザーアニールに最適な波長で選択し、紫外光をオゾンの発生に最適な波長に選択することができる。このような構成とすることで作業効率や効果を高めることはできる。
【００２１】
レーザー光の照射による非単結晶半導体膜の表面に対するアニールの際に雰囲気をオゾン含有雰囲気とすることにより、
・半導体膜表面における有機物の除去
・半導体膜表面に酸化膜が形成されることによる結晶性の向上
・半導体膜表面の荒れの防止
といった効果を得、良質な結晶性半導体膜を得ることができる。
【００２２】
【実施例】
〔実施例１〕
本実施例では、レーザー光の照射をオゾン雰囲気中で照射することができるレーザー照射装置について示す。
【００２３】
図１に本実施例で示すレーザー照射装置の断面の概要を示す。またその上面図を図２に示す。図１において、１０１はレーザー照射室である。レーザー照射室１０１は外部から遮蔽され、減圧状態に保つこともできる構成となっている。
【００２４】
レーザー光はレーザー照射装置１０２で発振され、光学系１１２により断面形状が線状に加工される。そしてミラー１０３で反射され、石英で構成された窓１０４を介して被処理基板３０１に照射される。
【００２５】
レーザー発振装置１０２としては、ＸｅＣｌエキシマレーザー（波長３０８ｎｍ）を発振するものを用いる。他に、ＫｒＦエキシマレーザー（波長２４８ｎｍ）を用いることができる。
【００２６】
被処理基板３０１は、台１０６上に設けられたステージ１１１上に配置され、台１０６内に設置されたヒーターによって、所定の温度（室温～７００℃、好ましくは１００～５００℃）に保たれる。
【００２７】
台１０６は、移動機構１０７によって、線状レーザー光の線方向に対して直角の方向に移動され、被処理基板３０１上面に対しレーザービームを走査しながら照射することを可能としている。
【００２８】
レーザー照射室１０１は、真空排気ポンプ１０８を備えており、必要に応じて内部を減圧状態または真空状態にすることができる。
【００２９】
レーザー照射室１０１は、オゾン生成装置１０９と酸素供給部１１０を有している。オゾン生成装置１０９は、酸素供給部１１０より供給される酸素からオゾンを生成する。そして、オゾンと酸素が混合されたオゾン含有気体がレーザー照射室１０１内に導入され、オゾン含有雰囲気を形成する。
【００３０】
必要に応じて、酸素や他の不活性気体を導入するための別の気体供給部を設けてもよい。
【００３１】

特に加熱を併用する場合には、ヘリウムを雰囲気の５０％以上の割合で混合させることが有効になる。

【００３２】

実験によると、ヘリウム１００％雰囲気における加熱では、試料を加熱し始めてから所定の温度に安定するまでの時間が、酸素（オゾン）雰囲気である場合に比較して６割程度に短縮することが確かめられている。

【００３３】

加熱温度を所定の温度に安定させるのは、レーザー照射工程全体の２０％～５０％を閉めるものであり、その所要時間を短縮することは、レーザーアニール工程の短縮化に大きな寄与をする。

【００３４】

レーザー照射室１０１は、ゲイトバルブ４０１を有し、他の処理室との接続を可能なものとしている。また必要に応じて、ゲイトバルブ４０１を介して基板（試料）の出し入れを行うことができる構成となっている。

【００３５】

図１及び図２に示す装置は、雰囲気をオゾンを含有した雰囲気またはその減圧雰囲気とした状態で、基板３０１上の非単結晶半導体膜に対してレーザー光の照射を行うことができる。

【００３６】

このような構成においては、オゾンの作用によって非単結晶半導体膜上の有機物が酸化除去され、膜中に有機物が混入することを防ぎ、かつ良好な結晶化を行うことができる。

【００３７】

〔実施例２〕

本実施例は、実施例１に示したレーザー照射装置を用いてガラス基板上に薄膜トランジスタを作製する場合の例を示す。

【００３８】

図３に、実施例の作製工程を示す。まず、被処理基板３０１として１２７ｍｍ角のコーニング１７３７ガラス基板を用意する。

【００３９】

そして基板３０１上に下地膜としての酸化珪素膜３０２を２０００Åの厚さに成膜する。成膜方法は、プラズマＣＶＤ法を用いる。次に図示しない非晶質珪素膜を５００Åの厚さにプラズマＣＶＤ法により成膜する。

【００４０】

次に１０ｐｐｍ程度の酢酸ニッケル水溶液をスピンコート法により、非晶質珪素膜上に塗布し、ニッケル元素が非晶質珪素膜の表面に接して保持された状態とする。このニッケルを用いた結晶化技術の詳細については、特開平６－２４４１０４号に記載されている。

【００４１】

この状態において、６００℃、４時間の加熱処理を水素含有雰囲気（即ち還元雰囲気）中で行う。この加熱処理により、非晶質珪素膜は結晶化し結晶性珪素膜３０３（図３（Ａ））へと変成される。

【００４２】

なお、最終的に膜中に残留するニッケル元素の濃度は、1×10^{15}～5×10^{19}原子／cm^3 の範囲内に収まることが望ましい。

【００４３】

このようにして結晶性珪素膜３０３が得られる。次に得られた結晶性珪素膜３０３の結晶性をさらに高めるために、エキシマレーザーを用いてレーザーアニールを行う。

【００４４】

レーザーアニールは図１に示す装置を用いて行う。レーザーアニールを行うに当たっては、オゾン雰囲気とし、大気圧下で処理を行う。大気圧以下、例えば０．０２～０．５Ｔｏｒｒとしてもよい。

【００４５】
オゾン雰囲気は、オゾン／酸素（極力純度の高いものが望ましい）、またはオゾンとヘリウムやアルゴン等の不活性ガスとの混合気体、あるいはオゾン／酸素／不活性気体の混合気体等を用いることができる。ここでは、オゾンを０．１～２０％、例えば１％（１気圧）含有する酸素によりオゾン含有雰囲気を構成する。
【００４６】
また被処理基板３０１は、１００℃～６００℃、例えば４５０℃の温度に加熱される。この状態において、非晶質珪素膜３０３の表面は、オゾン含有雰囲気３２０に曝される。そして有機物が酸化除去される。またオゾンの作用によって、その表面には極薄い酸化珪素膜３０４が、数秒～数１０秒で形成される。この酸化珪素膜３０４の膜厚は１０～１００Å程度である。この酸化珪素膜３０４は、不純物がほとんど混入されない、極めて良質な膜である。
【００４７】
この状態でレーザー光の照射を行う。照射される線状レーザー光は、照射面上で幅０．３４ｍｍ×長さ１３５ｍｍの大きさを有する。エネルギー密度は１００ｍＪ／ｃｍ^2 ～５００ｍＪ／ｃｍ^2 、例えば２６０ｍＪ／ｃｍ^2 とする。
【００４８】
このレーザー光の照射は、図１の台１０６を２．５ｍｍ／ｓで一方向に移動させながら行う。こうすることで、線状レーザー光を走査させながら被照射面に照射することができる。
【００４９】
レーザーの発振周波数は２００Ｈｚとする。上記の条件でレーザー光の照射を行うと、照射面の一点において１０～５０ショットのレーザー光が照射されることになる。
【００５０】
上記の工程においては、オゾンの作用によって、結晶性珪素膜の表面に付着していた有機物を除去した状態でレーザー光の照射を行うことができる。
【００５１】
即ち、結晶性珪素膜に付着していた有機物はオゾンにより分離され、揮発性酸化物となって除去された状態でレーザー光の照射を行うことができる。
【００５２】
実施例１では、図１に示すレーザー照射室１０１内部全体にオゾン含有雰囲気が充満する。従って、レーザー光の照射によって被処理基板から飛翔した有機物がレーザー照射室１０１の内壁や窓１０４の内側に付着しても、この付着物はオゾンによってレーザーアニール工程中に除去される。すなわちレーザーアニールと同時にレーザー照射室１０１内のクリーニングが同時に行われる。
【００５３】
また酸化珪素膜３０４は極めて薄いため、複数回のパルスレーザー照射によりほとんどが飛散してしまう。飛散した後に、オゾンにより新たに極薄い酸化珪素膜が形成されることもある。
【００５４】
この酸化珪素膜３０４の形成に際しては、その膜中に珪素膜の表面に残存している有機物が取り込まれた状態となる。従って、レーザー光の照射によって酸化珪素膜が飛散してしまうことにより、有機物が珪素膜中に取り込まれることを抑制することができる。
【００５５】
また、レーザー光照射後にオゾンの作用によって形成される極薄い酸化膜は、レーザー光の照射時に膜の内部から水素等が噴出して、膜の表面に凹凸が形成されてしまうことを防ぐ役割も有している。
【００５６】
レーザーアニールの終了後は、結晶性珪素膜３０３上面に酸化珪素膜が残ったり形成されたりし易い。そこで次の工程に移る前に、ＨＦ水溶液やＨＦとH_2O_2 の混合水溶液で、

結晶性珪素膜３０３の上面を還元させ、酸化珪素膜を除去することは好ましい。

【００５７】

このようにして結晶性珪素膜３０３に対し、レーザーアニールが施され、その結晶性が向上される。（図３（Ｂ））

【００５８】

作製された結晶性珪素膜３０３は、結晶性、膜質の均質性、また移動度等の電気的特性いずれも優れたものとすることができる。

【００５９】

次に、レーザーアニールによってその結晶性が助長された結晶性珪素膜３０３を用いて薄膜トランジスタ（ＴＦＴ）を作製する。まず結晶性珪素膜３０３をエッチングして、島状領域３０５を形成する。この島状領域３０５は後に薄膜トランジスタの活性層を構成することとなる。

【００６０】

次に、ゲイト絶縁膜３０６となる酸化珪素膜をプラズマＣＶＤ法によって厚さ１２００Åの厚さに成膜する。ここではこの酸化珪素膜を成膜するための原料ガスとして、ＴＥＯＳおよび酸素を用いる。（図３（Ｃ））

【００６１】

次に、ゲイト電極を作製する。ここではまず図示しないアルミニウム膜をスパッタ法により、６０００Åの厚さに成膜する。なおアルミニウム膜中にスカンジウムまたは珪素を０．１～２重量％含有させる。そしてこのアルミニウム膜をエッチングして、ゲイト電極３０７を形成する。（図３（Ｃ））

【００６２】

次にソース／ドレイン領域を形成するための不純物イオンの注入を行う。ここではＮチャネル型のＴＦＴを作製するためにＰ（リン）イオンの注入をイオンドーピング法によって行う。

【００６３】

このリンイオンの注入は、ゲイト電極３０７をマスクとして行われる。ドーピング条件は、ドーピングガスとして、フォスフィン（PH_3）を用い、加速電圧を８０ｋＶ、ドーズ量を1×10^{15}原子／cm^2として行う。また基板温度は室温とする。

【００６４】

このドーピング工程においては、自己整合的にチャネル形成領域３１０と、Ｎ型の不純物領域であるソース領域３０８、さらにドレイン領域３０９が形成される。

【００６５】

次に、ドーピングされた不純物を活性化するために、再び図１に示すレーザーアニール装置を用いて、線状レーザー光によりレーザーアニールを行う。ここで前記した条件のオゾン雰囲気中でレーザーアニールを行う。（図３（Ｅ））

【００６６】

照射面におけるレーザー光のエネルギー密度は、１００ｍＪ／cm^2～３５０ｍＪ／cm^2の範囲で行う。ここでは１６０ｍＪ／cm^2とする。

【００６７】

前述したように線状レーザービームを走査させながら照射を行う。このようにして被照射物の一点において２０～４０ショットのレーザービームが照射されるようにする。

【００６８】

このレーザーアニールにより、不純物が活性化されると共に、先の不純物イオンの注入時における損傷がアニールされる。このレーザーアニールの終了後、窒素雰囲気中にて２時間、４５０℃の熱アニールを行う。（図３（Ｅ））

【００６９】

次に層間絶縁膜３１１として酸化珪素膜をプラズマＣＶＤ法で６０００Åの厚さに成膜する。

【００７０】

さらに層間絶縁膜３１１にコンタクトホールを形成し、金属材料、例えば、チタンとアルミニウムの多層膜でもってソース電極３１２とドレイン電極３１３を形成する。

【００７１】

最後に、１気圧の水素雰囲気で、２００～３５０℃の熱アニール処理を行い図３（Ｆ）に示す薄膜トランジスタを完成させる。

【００７２】

このようにして、複数のＮおよび／またはＰチャネル型の結晶性ＴＦＴが形成される。これらのＴＦＴは、Ｎチャネル型で７０～１２０ｃｍ^2／Ｖｓ、Ｐチャネル型で６０～９０ｃｍ^2／Ｖｓの移動度を有する優れたものとすることができる。（図３（Ｆ））

【００７３】

〔比較例〕

ここでは、実施例１に示すようなオゾン含有雰囲気中でのレーザーアニールによってその結晶性が助長された結晶性珪素膜と、他の条件により得られた結晶性珪素膜との膜質の比較を示す。

【００７４】

まず、オゾン含有雰囲気中ではなく、他の雰囲気中でレーザー光の照射を行った場合の例を示す。ここでは、

（Ａ）空気

（Ｂ）酸素：窒素＝２０％：８０％

（Ｃ）窒素１００％

の３種類の雰囲気中でレーザー光の照射を行った場合の例を示す。なお雰囲気は大気圧とし、雰囲気以外の条件は実施例１と同じものとする。

【００７５】

空気雰囲気中で作製された結晶性珪素膜は、オゾン雰囲気中で形成されたものに比べてやや低い結晶性を有する。また、結晶性が不均一なものとなる傾向が見られる。また移動度が低く、しかも膜面内において移動度のバラツキが大きい。さらに複数毎の基板を処理した場合、基板毎の膜特性のバラツキが大きい。

【００７６】

これらの原因は、基板表面の有機物が十分に除去されず、また空気中の不純物が膜中に混入するためと思われる。

【００７７】

酸素：窒素＝２０％：８０％雰囲気では、空気雰囲気中に比較して、移動度は向上するものの、結晶性の低い領域が点在するものとなってしまう。被処理基板がレーザー照射室内に搬入されてから、結晶性珪素膜上面の酸化珪素膜３０４が形成されるまでに数分程度の時間を要する。

【００７８】

また窒素１００％雰囲気では、膜全体の結晶性が低い。また移動度や膜質の面内均質性も低いものとなってしまう。

【００７９】

またオゾン含有雰囲気中および酸素／窒素雰囲気で形成された結晶性珪素膜は、他の雰囲気で作製されたものに比較して、同一エネルギー密度では高い結晶性が得られる。

【００８０】

特にオゾン雰囲気を利用したものは、他の比較例に比べて膜質が高く、また工程の再現性も高いものとすることができる。

【００８１】

〔実施例３〕

本実施例は、実施例１に示すレーザー照射装置をマルチチャンバー方式の装置へと発展させた構成を示す。

【００８２】

図４に、本実施例におけるレーザーアニール装置の上面図を示す。ここでは、図４に示す

マルチチャンバー型のレーザーアニール装置を用いる。図４におけるＡ－Ａ’断面を示す図が図１に相当する。

【００８３】

図４に示す装置は、ロード／アンロード室４０６とレーザー照射室１０１と予備加熱室４０８と徐冷室４１０とが、基板搬送室４０２を介して接続された構成となっている。

【００８４】

各室は気密性を有しており、必要とする雰囲気や圧力にすることができる。また各室は、ゲイトバルブ４０１、４１１、４０９、４０１によって基板搬送室４０２と連結されている。

【００８５】

図４に示す装置において、４０６はロード／アンロード室であり、処理せんとする基板（試料）の出し入れが行われる室である。処理せんとする基板は、ロード／アンロード室４０６に多数枚（例えば２０枚）が収納されたカセット毎搬入される。

【００８６】

カセット毎搬入された基板は、基板搬送室４０２内に配置されたロボットアーム４０５により、一枚づつアライメント室４０３に移送される。

【００８７】

アライメント室４０３には、被処理基板４０４とロボットアーム４０５との位置関係を修正するための、アライメント機構が配置されている。アライメント室４０３は、ロード／アンロード室４０６とゲイトバルブ４０７を介して接続されている。

【００８８】

アライメント室４０３において位置調整がなされた基板４０４は、ロボットアーム４０５によって予備加熱室４０８に移送される。移送後はゲイトバルブ４０９を閉鎖し気密性を維持させる。なお、装置の動作中は全ての室を同じ圧力とし、各室間における基板の移送に際して圧力調整をしないで済むようにすることが望ましい。

【００８９】

予備加熱室４０８においては、レーザーアニールされる基板を所定の温度まで予備的に加熱する。これはレーザー照射室１０１において基板加熱に要する時間を短縮させ、スループットの向上を図るためである。

【００９０】

また、予備的に加熱させることで膜中の水素を離脱させ、レーザー光の照射による効果を高めるためでもある。この水素を離脱させる効果はアニールする膜として非晶質珪素膜を用いる場合に顕著なものとなる。

【００９１】

予備加熱室４０８は、その内部が円筒状の石英で構成されている。円筒状の石英はヒーターで囲まれていて、その内部を加熱できる構成となっている。

【００９２】

また予備加熱室４０８は、石英で構成された基板ホルダーを備えている。基板ホルダーには、基板が多数枚収容可能なサセプターが備えられている。基板ホルダーは、エレベーターにより上下される。また予備加熱室４０８と、基板搬送室４０２とは、ゲイトバルブ４０９によって連結されている。

【００９３】

予備加熱室４０８において、所定の時間予熱された基板は、ロボットアーム４０５によって基板搬送室４０２に引き戻され、アライメント室４０３にて再度アライメント調整がなされる。そしてロボットアーム４０５によって、レーザー照射室１０１に移送される。

【００９４】

レーザー照射終了後、被処理基板４０４はロボットアーム４０５によって基板搬送室４０２に引き出され、徐冷室４１０に移送される。

【００９５】

徐冷室４１０は、ゲイトバルブ４１１を介して、基板搬送室４０２と接続されており、石

英製のステージ上に配置された被処理基板が、ランプ、反射板からの赤外光を浴びながら、徐々に冷却される。

【００９６】

徐冷室４１０で徐冷された被処理基板は、ロボットアーム４０５によって、ロード／アンロード室４０６に移送され、カセット４１２に収納される。

【００９７】

こうして、１枚の基板に対するレーザーアニール工程が実施される。このようにして、上記工程を繰り返すことにより、多数の基板に対して、連続的に一枚づつ処理が行われる。

【００９８】

〔実施例４〕

本実施例は、非晶質珪素膜に対してレーザーアニールを施し、結晶性珪素膜を得る構成に関する。本実施例においても実施例１と同様に、図１に示すレーザー照射装置を用いる。

【００９９】

まず、基板として１２７ｍｍ角、１．１ｍｍ厚のコーニング１７３７基板を用意する。この基板上にプラズマＣＶＤ法により酸化珪素膜を２０００Åの厚さに形成し、下地膜とする。

【０１００】

さらに公知のプラズマＣＶＤ法で非晶質珪素膜を５００Åの厚さに形成する。その後、この基板をレーザー照射室１０１（図１）内に配置する。

【０１０１】

酸素供給部１１０から酸素をオゾン生成装置１０９に供給し、基板が置かれたレーザー照射室１０１に対して、オゾン生成装置１０９からオゾン／酸素の混合気体を導入する。レーザー照射室１０１内の圧力を大気圧、または減圧下例えば０．０２～０．５Ｔｏｒｒに保つ。なお基板に加熱温度は１００～６００℃例えば４５０℃とする。

【０１０２】

すると、基板上の非晶質珪素膜は、その表面が酸化され、１０～１００Åの酸化珪素膜が形成される。

【０１０３】

同時に、非晶質珪素膜表面に付着した有機物はオゾンにより揮発性酸化物となって除去される。

【０１０４】

レーザー照射室１０１内をオゾン含有雰囲気とした状態で、台１０６を移動させながら、線状レーザー光を非晶質珪素膜に照射する。

【０１０５】

線状レーザー光は、照射面上で、幅０．３４ｍｍ×長さ１３５ｍｍの大きさを有する。エネルギー密度は、１００ｍＪ／ｃｍ^2 ～４００ｍＪ／ｃｍ^2 、例えば２００ｍＪ／ｃｍ^2 とする。台１０６を２．５ｍｍ／ｓで一方向に移動させながら行うことで、線状レーザー光を走査させる。レーザーの発振周波数は２００Ｈｚとする。

【０１０６】

この場合、照射面の一点に注目すると、１０～５０ショットのレーザー光が照射される。

【０１０７】

このようにして、オゾン含有雰囲気中で線状レーザー光を走査して照射することにより、非晶質珪素膜は結晶化され、結晶性珪素膜となる。

【０１０８】

作製された結晶性珪素膜は、清浄な膜質を有し、かつ、結晶性、膜の均質性に優れたものとすることができる。

【０１０９】

〔実施例５〕

本実施例は、実施例１に示す装置とはオゾン雰囲気の形成領域が異なる構成に関する。

【０１１０】

図５に本実施例で示すレーザー照射装置の横断面図を示す。図６には図５の上面図を示す。図５、図６において、図１および図２と同一部分を表示する場合には同符号を用いている。

【０１１１】

図５、６に示すように、本実施例においてはオゾン含有雰囲気が、被処理基板上方にのみ形成される。即ち、被処理基板３０１の移動領域上方に、フード５０１が設けられている。オゾン含有気体としてオゾン／酸素の混合気体はオゾン生成装置１０９からフード５０１の内部に供給され、被処理基板上面にのみオゾン含有雰囲気を形成する。

【０１１２】

図６に示すように、ミラー１０３で反射されたレーザー光は、フード５０１の内側の領域であるレーザー光照射位置５０２に照射される。なお、動作の方法については、実施例１に示したものと同じである。

【０１１３】

このような構成とした場合、レーザー処理の最中において、同時に照射室内の洗浄を行うという効果は低いものとなる。しかし、被処理基板上面に効果的にオゾンを供給することができるので、図１の構成に比較して、被照射面の有機物を除去するという効果は増大する。

【０１１４】

また実施例５では、フードにより被処理基板上面にオゾンが確実に供給されるので、レーザーアニールを大気圧下で行うならば、レーザー照射室は設けなくてもよい。

【０１１５】

図５、図６に示すレーザー照射室の構成において、特にオゾン含有気体を、フード５０１の上方から下方に向けて流れるように供給することで、レーザー照射により被処理基板から飛翔する有機物や無機物がレーザー照射窓１０４に付着することも防ぐことができる。

【０１１６】

また、フード５０１の下端部を、被処理基板上面まで数ｍｍと極めて近くすると、レーザー照射により飛翔する有機物や無機物の、フードの外部への飛翔を防ぐことができる。結果として、これら飛翔物のレーザー照射室内壁への付着を防ぎ、レーザー照射室内の洗浄を不要にすることができる。

【０１１７】

〔実施例６〕

本実施例は、実施例５に示す構成をさらに改良し、レーザーアニールが施される被照射面に対して効果的にオゾンを供給する構成に関する。

【０１１８】

図７に本実施例で示すレーザー照射装置の横断面図を示す。図８には図７の上面図を示す。図７、図８において、図１および図２と同一部分を表示する場合には同符号を用いている。

【０１１９】

本実施例は、フード７０１は、線状レーザー光照射位置７０２の周囲近傍を囲んで設けられている。オゾン含有気体としてオゾン／酸素混合気体は、このフード７０１内に供給される。この構成によりオゾンは、被処理基板上のレーザー光照射位置７０２の近傍にのみ供給される。

【０１２０】

この場合、基板移動方向に対するフード７０１内部の大きさと台１０６の移動速度で、被処理基板がオゾンに曝される時間を制御できる。

【０１２１】

このような構成とした場合、レーザー光が照射される領域およびその近傍において効果的にオゾンを供給することができるので、被照射面の有機物を除去するという効果は最大限得ることができる。

【０１２２】

また、フード７０１内にオゾンを含まない酸素のみを供給して、紫外光であるレーザー光を照射することで、フード内の酸素をオゾン化し、被処理基板上面にオゾンを供給することも可能である。フード７０１の内部は、線幅が数ｍｍの線状レーザー光の周囲を囲む程度の小さい面積であるので、レーザー照射によりフード内部の酸素は十分にオゾン化される。したがって、オゾン生成装置１０９を不要とすることもできる。

【０１２３】

また実施例６では、フードにより被処理基板上面にオゾンが確実に供給されるので、レーザーアニールを大気圧下で行うならば、レーザー照射室は設けなくてもよい。

【０１２４】

図７、図８に示すレーザー照射室の構成において、オゾン含有気体をフード７０１の上方から下方に向けて流れるように供給することで、レーザー照射により被処理基板から飛翔する有機物や無機物がレーザー照射窓１０４に付着することも防ぐことができる。加えて、フードの下端が被処理基板上面から数ｍｍ程度と近接していれば、有機物や無機物のフード外部への飛翔が妨げられる。したがって、レーザー照射室内の洗浄工程も不要となる。

【０１２５】

〔実施例７〕

これまでの実施例においては、レーザー光の照射を、被処理基板がオゾン含有雰囲気に曝されている状態で行った例を示した。他方、被処理基板をオゾンに曝す工程を実施したあとにレーザー光の照射を行ってもよい。

【０１２６】

例えば、レーザー照射室において、まず被処理基板をオゾン含有雰囲気に十分に曝す。その後、オゾンの供給を停止後オゾンを排気し、レーザーアニールを行う。

【０１２７】

この場合、被処理面に有機物が付着しないような清浄な雰囲気または高真空な雰囲気を維持する必要がある。

【０１２８】

また、オゾン処理室を設けて、この中で被処理基板を所定の時間オゾン含有雰囲気に曝し、その後、清浄な雰囲気を維持したまま被処理基板をレーザー照射室に搬送してレーザー照射を行ってもよい。

【０１２９】

オゾン含有雰囲気に曝す工程を、レーザー照射とは別の容器内で行う場合、被処理基板を外気に曝さないようにし、清浄な浄囲気を維持する機能が必要となる。

【０１３０】

例えば、オゾン処理室とレーザー照射室とを、ゲイトバルブを介して接続する、いわゆるマルチチャンバー構成とする必要がある。

【０１３１】

この場合、レーザー照射時の雰囲気を水素または水素を含有した雰囲気とすると、水素熱処理も同時に行うことができる。またこの場合は、基板を３００～６００℃程度に加熱することが重要となる。

【０１３２】

〔実施例８〕

本実施例では、被処理基板の被照射部をオゾンに曝し、その後にレーザー光の照射を行う構成を示す。

【０１３３】

図９に本実施例で示す装置の断面図を示す。また図１０に上面図を示す。図９、図１０において、図１および図２と同一部分を表示する場合には同符号を用いている。

【０１３４】

図９、図１０に示すように、フード９０１は、レーザー光が走査されて照射される位置の手前側に配置されている。即ち、フード９０１下部を通過した領域にレーザー光照射位置

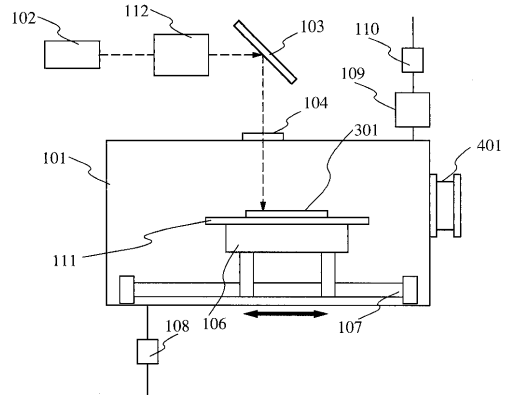
９０２がある構成となっている。
【０１３５】
このような構成とすると、まずフード９０１下でオゾンに曝された領域に対して、その後にレーザー光が照射されるものとすることができる。
【０１３６】
この場合、基板移動方向に対するフード９０１内部の大きさと台１０６の移動速度で、被処理基板がオゾンに曝される時間を制御することができる。
【０１３７】
また実施例８では、フードにより被処理基板上面にオゾンが確実に供給されるので、レーザーアニールを大気圧下で行うならば、レーザー照射室は設けなくてもよい。
【０１３８】
〔実施例９〕
実施例９では、レーザーアニール時の試料加熱方法の他の構成を示す。
図１１に本実施例で示す装置の断面図を示す。また図１２に図１１の上面図を示す。図１１、図１２において、図７および図８と同一部分を表示する場合には同符号を用いている。
【０１３９】
実施例９では、図１１、図１２に示すように、試料である基板３０１をステージ１１１上のピン１１０１で支えることにより、基板３０１をステージ１１１上面から浮かせて配置する。すると、台１０６内に設けられたヒーターで基板とステージとの間の気体が加熱される。そして、加熱された気体により基板３０１が加熱される。
【０１４０】
このように、基板をヒータに対して所定の間隙を有して配置し、基板の加熱を気体を介して行う。このようにすることで、基板における熱の拡散を均一化することができ、より面内均質性の高いレーザーアニールを行うことができる。
【０１４１】
基板３０１とステージ１１１との間隙は、０．１～５．０ｍｍ程度、好ましくは０．５～２．０ｍｍ程度とする。この間隔により、加熱効率が向上する。この間隔が広くなりすぎると、加熱効率が低下するので注意が必要である。
【０１４２】
また、基板とステージとの間の気体として、空気、酸素、窒素などの種々のものを用いることができる。特に、ヘリウムまたはヘリウムを含有する気体は、比熱が高く、好ましい結果が得られる。
【０１４３】
図１３に本実施例で示す装置の断面図の他の例を示す。また、図１４に図１３の上面図を示す。図１３、図１４において、図９、図１０と同一部分を表示する場合には同符号を用いている。
【０１４４】
図１３、図１４も、図１１、図１２と同様に基板３０１をピン１３０１で支えて間隙を設け、ステージ１１１上面から浮いた構成とする。すると、台１０６内に設けられたヒーターで基板とステージとの間の気体が加熱される。そして、加熱された気体により基板３０１が面内において均質に加熱される。
【０１４５】
ここでは、基板３０１をピンで支える構成を図７、図８、および、図９、図１０に対応する例で示したが、図１、図２、あるいは図５、図６で示す構成においても同様に実施できることは明らかである。
【０１４６】
【発明の効果】
レーザー光の照射による半導体膜に対するアニール工程を、オゾン雰囲気で行うことにより、レーザー光の照射による効果を高めることができる。

【０１４７】
具体的には、有機物を除去し、不純物が膜中に混入することを防ぐことができ、得られる膜質の向上、工程の再現性の向上、といった効果を得ることができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】　実施例におけるレーザー照射室を示す図。
【図２】　図１の上面図。
【図３】　実施例の作製工程を示す図。
【図４】　実施例におけるレーザーアニール装置の上面図。
【図５】　レーザー照射装置の例の横断面図。
【図６】　図５の上面図。
【図７】　レーザー照射装置の例の横断面図。
【図８】　図７の上面図。
【図９】　レーザー照射装置の例の横断面図。
【図１０】図９の上面図。
【図１１】レーザー照射装置の例の横断面図。
【図１２】図１１の上面図。
【図１３】レーザー照射装置の例の横断面図。
【図１４】図１３の上面図。
【符号の説明】

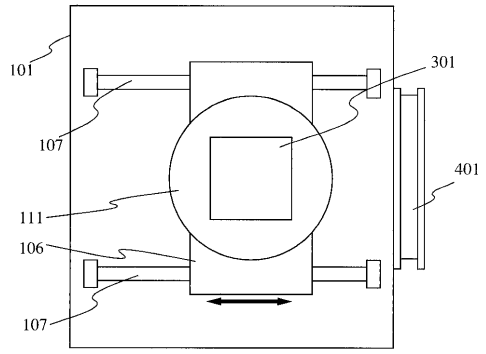
１０１	レーザー照射室
１０２	レーザー発振装置
１０３	ミラー
１０４	窓
１０６	台
１０７	移動機構
１０８	真空排気ポンプ
１０９	オゾン生成装置
１１０	酸素供給部
１１１	ステージ
１１２	光学系
１１３	高周波発振器
３０１	基板
３０２	酸化珪素膜（下地膜）
３０３	結晶化珪素膜
３０４	酸化珪素膜
３０５	島状領域
３０６	ゲイト絶縁膜
３０７	ゲイト電極
３０８	ソース
３０９	ドレイン
３１０	チャネル形成領域
３１１	層間絶縁膜
３１２	ソース電極・配線
３１３	ドレイン電極・配線
３２０	オゾン含有雰囲気
４０１	ゲイトバルブ
４０２	基板搬送室
４０３	アライメント室
４０４	基板
４０５	ロボットアーム

４０６　ロード／アンロード室
４０７　ゲイトバルブ
４０８　予備加熱室
４０９　ゲイトバルブ
４１０　徐冷室
４１１　ゲイトバルブ
４１２　カセット
５０１　フード
５０２　レーザー照射位置
７０１　フード
７０２　レーザー光照射位置
９０１　フード
９０２　レーザー光照射位置
１１０１、１３０１　ピン

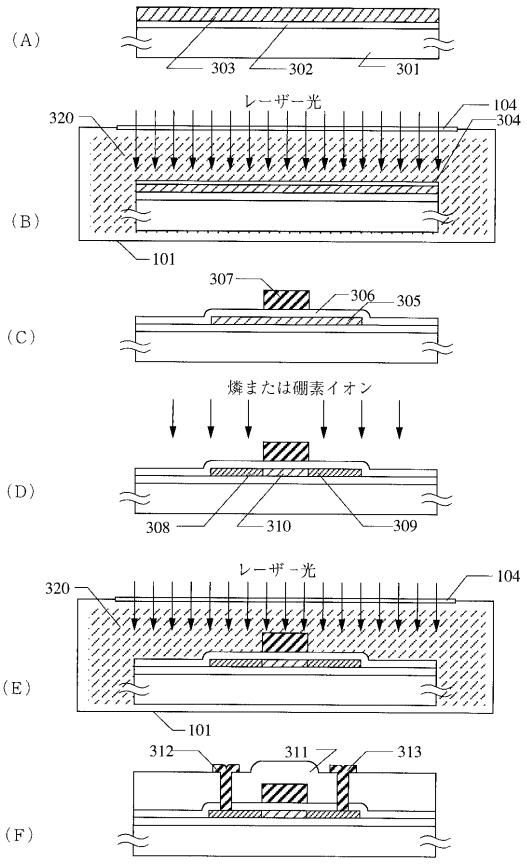
【図１】



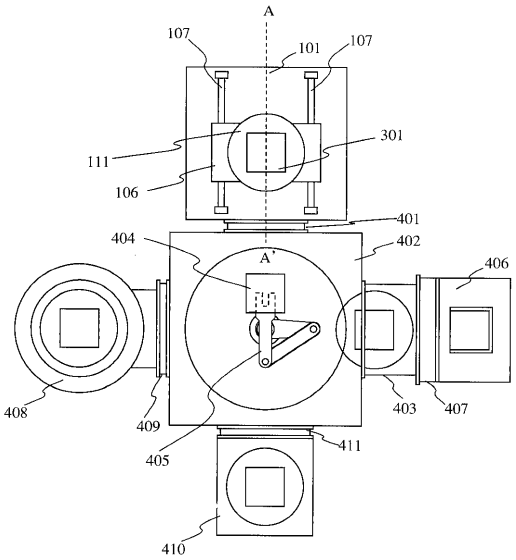
【図２】



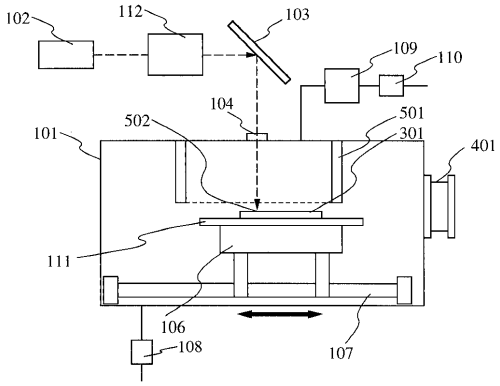
【図３】



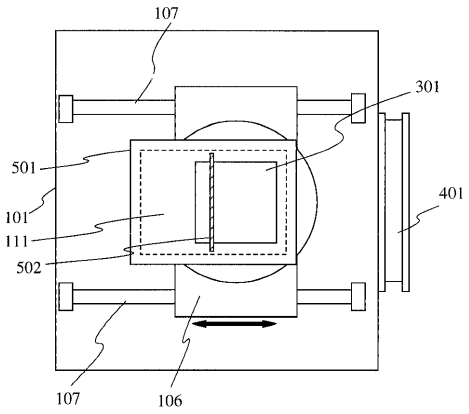
【図４】


A
107
101
107
301
111
106
401
404
402
A'
406
408
409
403
407
405
411
410

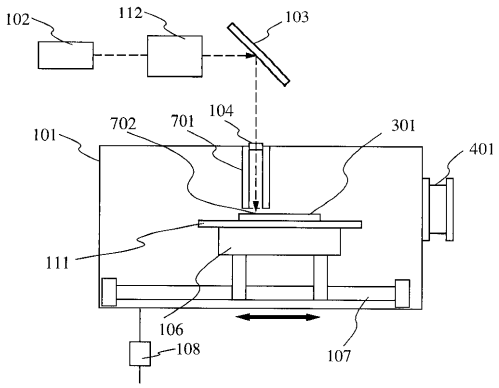
【図５】


102
112
103
109
110
104
501
502
301
401
101
111
106
108
107

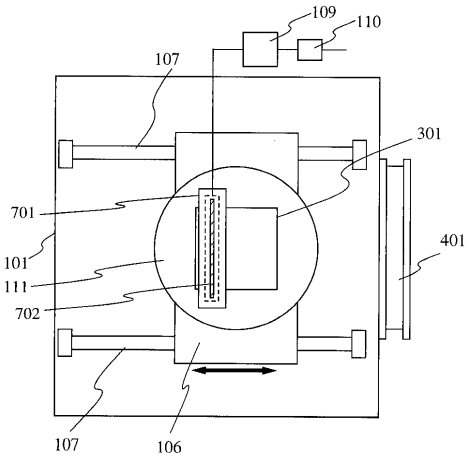
【図６】


107
301
501
401
101
111
502
107
106

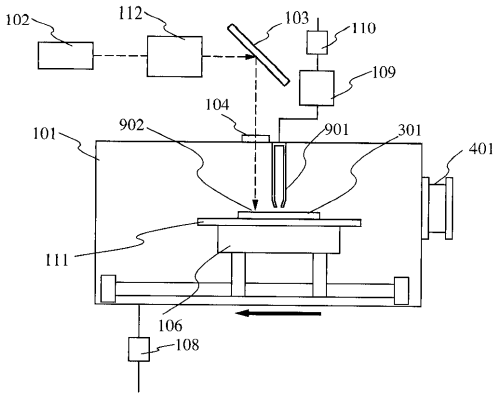
【図７】


102
112
103
101
702
701
104
301
401
111
106
108
107

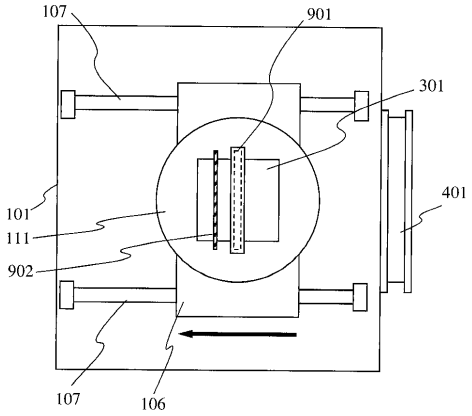
【図８】


109
110
107
301
701
401
101
111
702
107
106

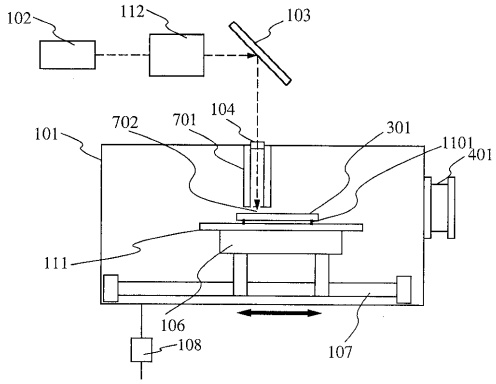
【図９】



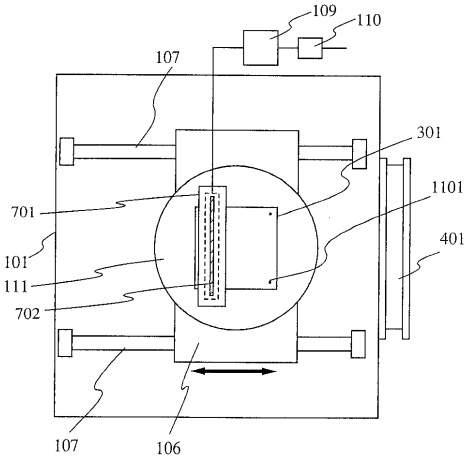
【図１０】



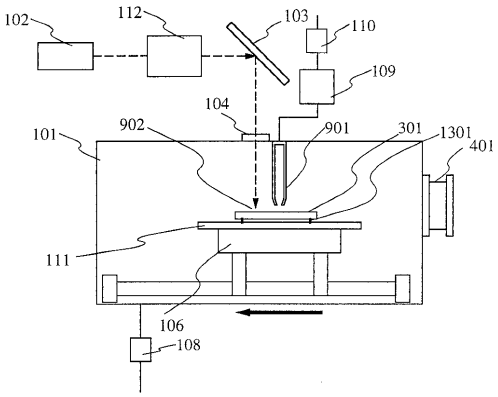
【図１１】



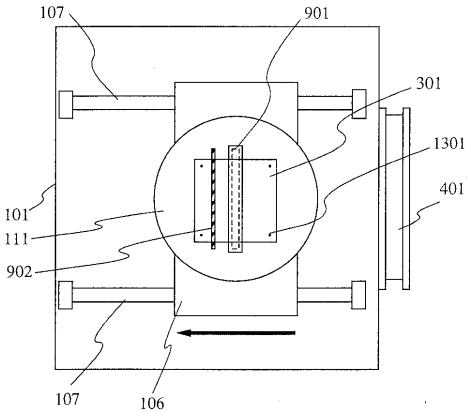
【図１２】



【図１３】


102
112
103
110
109
104
902
901
301
1301
401
101
111
106
108

【図１４】


107
901
301
1301
401
101
111
902
107
106

フロントページの続き

審査官　加藤　浩一

(56)参考文献　特開平０７－２２１０１７（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－０９４７５６（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－１２４８９０（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－２１１６６６（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－３２６４２９（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－１０２００７（ＪＰ，Ａ）
特開平０２－１５６０８６（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－０９９５２４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
H01L 21/268
H01L 21/20
H01L 21/304