

(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2006-135251

(P2006-135251A)

(43) 公開日 平成18年5月25日(2006.5.25)

|                                       |                     |             |
|---------------------------------------|---------------------|-------------|
| (51) Int. Cl.                         | F I                 | テーマコード (参考) |
| H O 1 L 21/268 (2006.01)              | H O 1 L 21/268 G    | 5 F O 5 2   |
| H O 1 L 21/20 (2006.01)               | H O 1 L 21/268 J    | 5 F O 8 3   |
| H O 1 L 27/105 (2006.01)              | H O 1 L 21/268 T    |             |
| H O 1 L 45/00 (2006.01)               | H O 1 L 21/20       |             |
|                                       | H O 1 L 27/10 4 4 8 |             |
| 審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 13 頁) 最終頁に続く |                     |             |

(21) 出願番号 特願2004-325308 (P2004-325308)

(22) 出願日 平成16年11月9日 (2004.11.9)

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. FRAM

2. テフロン

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区丸の内一丁目6番6号

(71) 出願人 000233033

日立コンピュータ機器株式会社

神奈川県足柄上郡中井町境781番地

(74) 代理人 100091096

弁理士 平木 祐輔

(72) 発明者 寺尾 元康

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所研究開発本部内

(72) 発明者 荻野 義明

神奈川県足柄上郡中井町境781番地 日

立コンピュータ機器株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ結晶化装置

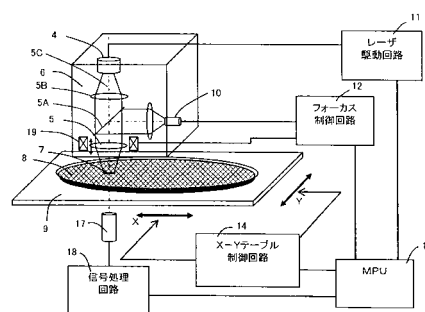
(57) 【要約】 (修正有)

【課題】相変化不揮発性メモリセル用の相変化材料に関し、素子作成プロセス中に前記相変化材料近傍において剥離などの破壊を生じさせない初期結晶化を行い、書き換えの初期から特性を安定させる結晶化装置を提供する。

【解決手段】 大出力レーザによる加熱結晶化を行う。シリコンウェハ8の搬送は、1方向の搬送を基本とする。その搬送方向に垂直な方向にレーザヘッド6を往復運動させてレーザ照射する。回転運動を加えてもよい。ウェハ受け9周辺部にウェハを位置決めする立ち上がり部分があり、その一部に横からウェハを持ち上げる操作部が入る切り欠きを持つ。レーザスポット面積と照射時間を所定の範囲内とする。装置の一部が真空製膜装置の中にあってもよい。

【選択図】 図1

図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

レーザ光源と、  
シリコン基板上に相変化膜が設けられた段階の相変化メモリのプロセス基板を保持する基板支持部と、  
前記レーザ光源から出射したレーザ光を前記基板支持部に保持されたシリコン基板上の相変化膜に収束して照射するレーザヘッドとを備え、  
レーザ照射によって前記相変化膜を初期結晶化することを特徴とするレーザ初期結晶化装置。

## 【請求項 2】

請求項 1 記載のレーザ初期結晶化装置において、前記レーザヘッドから前記基板支持部に保持されたプロセス基板に照射されるレーザ光は、スポット面積が  $10^{-6} \text{ cm}^2$  以上  $10^{-3} \text{ cm}^2$  以下であり、プロセス基板上の各位置に対するレーザ照射時間が  $0.1 \mu\text{s}$  以上  $1 \text{ ms}$  以下となるように前記基板支持部と前記レーザヘッドを相対的に駆動することを特徴とするレーザ初期結晶化装置。

## 【請求項 3】

請求項 2 記載のレーザ初期結晶化装置において、前記基板支持部に保持されたプロセス基板上でレーザスポットの形状が変化しないようにするオートフォーカス機構を有することを特徴とするレーザ初期結晶化装置。

## 【請求項 4】

請求項 1 記載のレーザ初期結晶化装置において、前記基板支持部はプロセス基板を着脱するウェハ操作機構の爪を差し込むことができる基板受け部を有することを特徴とするレーザ初期結晶化装置。

## 【請求項 5】

請求項 1 記載のレーザ初期結晶化装置において、透明窓を有する真空室を有する成膜装置を備え、前記基板支持部は前記真空室内に設けられ、前記レーザヘッドは前記真空室外に設けられていることを特徴とするレーザ初期結晶化装置。

## 【請求項 6】

レーザ光源と、  
シリコン基板上に相変化膜が設けられた段階の相変化メモリのプロセス基板を保持する基板支持部と、  
前記レーザ光源から出射したレーザ光を前記基板支持部に保持されたプロセス基板上の相変化膜に収束して照射するレーザヘッドと、  
前記基板支持部と前記レーザヘッドを相対的に駆動する相対駆動手段とを備え、  
レーザ照射によって前記相変化膜を初期結晶化することを特徴とするレーザ初期結晶化装置。

## 【請求項 7】

請求項 6 記載のレーザ初期結晶化装置において、前記相対駆動手段は前記基板支持部を一方向に駆動する手段と前記レーザヘッドを前記基板支持部の駆動方向に交差する方向に往復駆動する手段を有することを特徴とするレーザ初期結晶化装置。

## 【請求項 8】

請求項 6 記載のレーザ初期結晶化装置において、前記相対駆動手段は前記基板支持部を回転駆動する手段と前記レーザヘッドを前記基板支持部の回転中心の方向に駆動する手段を有することを特徴とするレーザ初期結晶化装置。

## 【請求項 9】

請求項 8 記載のレーザ初期結晶化装置において、前記基板支持部に保持されたプロセス基板の中心からの距離により同心円状にレーザ光の照射条件を変えることを特徴とするレーザ初期結晶化装置。

## 【請求項 10】

レーザ光源と、

10

20

30

40

50

シリコン基板上に相変化膜が設けられた段階の相変化メモリのプロセス基板を保持する基板支持部と、

前記レーザ光源から出射したレーザ光を前記基板支持部に保持されたプロセス基板上の相変化膜に収束して照射するレーザヘッドと、

前記基板支持部と前記レーザヘッドを相対的に駆動する相対駆動手段と、

前記基板支持部に対して前記レーザヘッドと反対側に、プロセス基板のレーザ光照射位置の裏面に照準した赤外光センサと、

前記赤外光センサの出力に基づいて前記レーザ光源の出力、レーザパルス周波数、レーザパルスデューティ及び／又は前記相対駆動手段による前記基板支持部又は前記レーザヘッドの駆動速度を制御する制御部とを備え、

レーザ照射によって前記相変化膜を初期結晶化することを特徴とするレーザ初期結晶化装置。

10

#### 【請求項 1 1】

請求項 1 0 記載のレーザ初期結晶化装置において、前記赤外光センサの出力と前記制御部による制御量との関係を記憶したメモリを備えることを特徴とするレーザ初期結晶化装置。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【技術分野】

#### 【0 0 0 1】

本発明は、半導体製造装置に係わり、特に相変化型不揮発メモリや相変化型トランジスタの初期結晶化を行う結晶化装置に関する。

20

#### 【背景技術】

#### 【0 0 0 2】

コンピュータの演算素子（MPU）を取り巻く記憶装置（メモリ）はアクセススピードをはじめ、記憶容量（密度）、ビット単価、可換性等の特性を活かし、目的とする装置が設計に基づいたシステムになるよう階層的に配置構成されている。個々の特性として、例えば、SRAMやDRAMは高速動作が可能でありMPUの高速動作を直接的に補助する位置にあるが、電源供給を止めれば保存データが消えてしまう揮発性である。一方、EEPROMは比較的高速であり電源供給を止めても保存データが消えない不揮発性であるが、ビット単価が非常に高い。ハードディスクや光ディスクは不揮発性でありビット単価が安い、高速動作ができないといった各々の特徴がある。

30

#### 【0 0 0 3】

各メモリの利点を集約した次世代メモリとしてFRAM（Ferroelectric RAM）やPCRAM（Phase change RAM）、MRAM（Magnetoresistive RAM）といった半導体メモリの研究・開発がなされている。FRAMに関しては、既に製品化されている。

#### 【0 0 0 4】

PCRAMは例えば特表平 1 1 - 5 1 4 1 5 0 号公報、特表平 2 0 0 1 - 5 0 2 8 4 8 号公報に開示された相変化型不揮発メモリでありOUM（Ovonic Unified Memory）とも呼ばれている。PCRAMは記憶保持部に相変化材料を用い、結晶相と非結晶相の各相にて生じる電気伝導度の差異により情報を識別保持させるものである。特徴としては、相変化材料を比較的微細化しても記憶保持性能は劣化しない。桁違いに異なる電気伝導度とすることもでき、中間的なレベルすなわち、多値も可能である。高速スイッチングに有利な相変化材料の選定もできる等があげられ、不揮発性、高ビット密度、高速アクセスといった理想的メモリとしての可能性を十分兼ね備えている。

40

#### 【0 0 0 5】

開示されている技術によれば、PCRAMは微小な相変化材料セルにMOSトランジスタを接続したものを基本メモリセル（1ビット）としており、情報の記録及び消去は相変化材料にパルス電流を流し、発生するジュール熱による自己加熱にて行う。記録時は相変化材料が比較的低温で結晶化速度が速い温度領域まで加熱するようなパルス電流（セットパルス）を与え、相変化材料を結晶化させる。消去時は相変化材料が高温のち急冷となるようなパ

50

ルス電流（リセットパルス）を与え、相変化材料を非結晶化させる。結晶相では電気伝導度が高く、非結晶相では比較的電気伝導度が低い。再生時は相変化材料に電圧を印加し、流れる電流を電圧変換して情報を読み取っている。

【0006】

【特許文献1】特表平11-514150号公報

【特許文献2】特表平2001-502848号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

図8にPCRAMのメモリセルの基本構造を示す。PCRAMはシリコン基板上（図示なし）にMOSトランジスタ（図示なし）、酸化シリコン絶縁層2、下部電極4、相変化材料1、上部電極3を順次積層した構造になっている。製造過程においては、情報保持部である相変化材料は、加熱によって成膜中に結晶化させるか、別の方法としては成膜後、電気炉で加熱し結晶化させている。しかしながら、前者の基板加熱製膜では表面が荒れずに製膜できる基板温度が100℃付近の狭い温度範囲に限られ、マージンが非常に狭く温度コントロールが難しい。また、後者の製膜後電気炉加熱では隣接する積層膜との接着性が低下し、剥離が発生し易いといった不具合があった。更には、基板加熱製膜と製膜後電気炉加熱の両者とも、基板（シリコンウェハ）中心部と縁では結晶化状態が異なり均一性に欠けていた。特に縁の部分は結晶化状態が粗悪であり、良好な電気特性が得られず使用困難であった。基板加熱製膜と製膜後電気炉加熱での結晶化では、結晶形がメモリ書き換え時の結晶形と大きく異なり、書替え回数が少ない段階では相変化膜の比抵抗が小さく、1回目から安定した記録が得られないといった不具合があった。

【0008】

本発明の目的は、素子作製プロセス中に相変化材料近傍において剥離などの破壊が生じずに初期結晶を行ない、書換えの最初から特性を安定させる相変化型不揮発メモリ結晶化装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するため、高出力レーザから出射したレーザ光をシリコン基板上に相変化膜が設けられた段階の相変化メモリのプロセス基板に照射することによって相変化膜の初期結晶化を行う。プロセス基板に照射するレーザスポット面積は $10^{-6}\text{cm}^2$ 以上 $10^{-3}\text{cm}^2$ 以下とし、プロセス基板上的各位置に対するレーザ照射時間が $0.1\mu\text{s}$ 以上 $1\text{ms}$ 以下となるように前記基板支持部と前記レーザヘッドを相対的に駆動するのが好ましい。本発明のレーザ初期結晶化装置によれば、高密度でかつ適切な照射エネルギーを相変化型メモリの相変化材料上に与えることができ、相変化型不揮発メモリの相変化材料全面を均一に結晶化させることができる。また、この装置によれば、相変化材料のみを短時間に加熱し結晶化温度まで上昇させることができ、相変化材料近傍の積層膜に体積変化による熱的ダメージを与えることなくかつ、セット状態の結晶構造に近くすることができ、上述目的を達成できる。

【0010】

プロセス基板の中心からの距離により同心円状に照射条件を変えるようにすると、基板の中心部と外周部の僅かな組成等の相違に対応して各半径位置に最も適したレーザエネルギー照射が可能となり、基板の中心部と外周部等の位置的な相違なしに全面に良好な結晶化が得られると共に局所的な剥離も防止できる。

【0011】

また、基板裏面からの赤外光による結晶化の検出機構と、検出結果をもとにレーザ出力、レーザパルス周波数、レーザパルスデューティ、基板の搬送速度等を制御する手段を設けてもよい。この構成によると、基板裏面に到達した温度上昇をリアルタイムで実測しながらレーザ出力や基板の搬送速度をフィードバック制御することができ、所定の結晶化状態がシリコンウェハ全面に偏りなく得られる。また周囲環境の微妙な変化や多稼動による

経時変化に対しても強く、安定した結晶化を得ることができる。

【0012】

更に、シリコンウェハ面上でレーザスポットの形状が変化しないようにするオートフォーカス制御手段を備えると、シリコンウェハ面上のどの位置においても、必要に応じ一定のパワー密度をもつレーザ光を照射でき均一な結晶化状態が得られる。

【発明の効果】

【0013】

本発明によると、シリコンウェハ全面において相変化材料層の膜面に垂直方向に細長い結晶を形成することができ、素子間の特性バラツキを防止し、1回目から安定な書換えを行うことができる。また、シリコンウェハの表面、裏面にキズが付くのを防止できる。更には、製膜後の膜特性や接着性の同心円状の変化に対応して照射条件を変え、シリコンウェハ上の場所による素子特性のバラツキや周辺部の剥離を防止できる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、本発明の実施形態を、図面を参照して詳細に説明する。

【0015】

<実施例1>

図1は、本発明に係る直線走査型レーザ結晶化装置の一実施形態の概略図である。

【0016】

レーザヘッド6は光源である高出力半導体レーザ4とコリメータレンズ5B、PBS5A、レーザ光を集光する対物レンズ5、対物レンズ5を光軸5C方向に駆動するアクチュエータ19、及び対物レンズ5によって集光されたフォーカス点位置を検出するフォーカスディテクタ10によって構成されている。円盤状のシリコンウェハ(シリコン基板上に相変化膜が設けられた段階の相変化メモリのプロセス基板)8を搭載するウェハトレイ9は最下部がシリコンウェハ8の直径より僅かに小さい径で切り抜かれており、対物レンズ5を通り抜けるレーザ光の光軸5Cと直交するように配置されている。ウェハトレイ9は前記直角を保ちながら2次元的にX軸方向、Y軸方向に自在に移動させることができる。

20

【0017】

ウェハトレイ9を中心にレーザヘッド6とは反対側には赤外光センサ17が取り付けられており、集光したレーザスポット7周辺の赤外光量を測定することができゆえに、シリコンウェハ裏面の温度を実測できる。赤外線センサは、1点測定型でも良いがレーザスポット7を含んだ周辺全体を実測できるカメラ型であればなお良い。更に、シリコンウェハ8の時間的溫度変化を遅れなしに検出できるタイプがより好ましい。赤外光センサ17はレーザヘッド6と一体になっており、シリコンウェハ8がX軸方向やY軸方向に移動したとしてもレーザスポット7との相対位置関係は変化しないようになっており、常時、レーザスポット7を含んだ周辺の温度を検出できる。プロセス中のシリコンウェハには、相変化膜で発生した赤外光を基板表面まで透過しやすい場所を多数設けてある。また、レーザヘッド6及びそれと一体となった赤外光センサ17も移動可能であり、レーザヘッド6を駆動してシリコンウェハ8上に照射されるレーザスポット7の位置を移動させることも

30

40

【0018】

レーザ駆動回路11はパルス発光可能であり、周波数が1Hz~10MHz、パルス幅が100nsから1sのレーザパルス駆動ができる。またDC駆動も可能である。更にレーザパルス光31のトップ出力31Cとボトム出力31Dは任意設定が可能である(図3参照のこと)。フォーカス制御回路12は、フォーカスディテクタ10が検出したフォーカスずれ信号をもとにアクチュエータ19を駆動させフォーカスずれを補正するフィードバック制御機能を備えている。X-Yテーブル制御回路14は、ウェハトレイ9をX軸方向及び、Y軸方向の2次元平面上に駆動させることができ、X、Y方向に対し任意の速度、任意の位置決めができるようになっている。

50

## 【 0 0 1 9 】

信号処理回路 1 8 は、透過率から結晶化領域が相変化膜の膜厚方向のほぼ全体に広がったかどうか計算する。赤外光センサ 1 7 がカメラ型である場合、検出した画像データを処理する機能をもち、所定の情報のみデータ化が可能となっている。マイクロプロセッサ (MPU) 1 3 は、レーザ駆動回路 1 1、X - Y テーブル制御回路 1 4、信号処理回路 1 8、フォーカス制御回路 1 2 の各主要部位と接続されており、予めプログラミングされた動作を行うようになっており、各主要部を一括コントロールできる。

## 【 0 0 2 0 】

本実施例ではフォーカス制御を行うが、シリコンウェハ 8 のどの位置でもレーザスポット形状 7 の変化がないかまたは、レーザスポット形状 7 が変化しても結晶化状態に影響しないものであれば、フォーカス制御がなくてもよい。また高レーザパワー密度が必要でない場合は、特に対物レンズ等により集光することなく、平行光であってよい。また、光源は半導体レーザに限定することなく、YAGレーザやCO<sub>2</sub>レーザ等の固体レーザやガスレーザであってよい。

## 【 0 0 2 1 】

図 2 により、レーザビームのウェハ上での走査方法を説明する。本図は結晶化中の任意時間のものであり、レーザスポット 2 9 A が Y 方向 2 9 に移動しており、シリコンウェハ 8 の左半分は結晶化済部 2 6 で右半分は未結晶化部 2 7 である。初期時には、レーザスポット 2 9 は 2 2 の位置にある。

## 【 0 0 2 2 】

図 2 ( a ) は、レーザビームをスポット 2 9 A の長手方向と直角方向、すなわち図 1 の手前と奥の方向に連続往復運動させながら、ウェハトレイを X 方向に直線走査する走査方式の説明図である。この時、レーザスポット 2 9 A の中点の描く軌跡が常に同じ角度で交わる。レーザスポット 2 9 A の形状は長円形である。レーザスポット 2 9 A は、ウェハ 8 上の結晶化させるべき領域の端まで到達すると直ちに折り返すが、光学ヘッド全体を駆動する場合は慣性も大きいので、軌跡は完全に直線が鋭角に折り返す形ではなく、角は多少丸みを帯びる。ウェハ上の結晶化させる領域のどの点にも少なくとも 1 回は必ずビームスポット ( 最高パワーの  $1 / e^2$  までの範囲 ) が通過するように、速度や折り返し位置を決めている。ウェハトレイの送り速度を制御し、ウェハの中心を通る X 方向の軸を横切るレーザスポット 2 9 A の中心間隔が一定になるようにして走査する方法も有効である。

## 【 0 0 2 3 】

図 2 ( b ) は、レーザヘッド 6 とウェハトレイ 9 を交互に動かしてレーザスポット 2 9 A をウェハ上で走査する走査方式において、レーザスポットの中点が描く軌跡を示した図である。結晶化中のシリコンウェハ 8 をレーザヘッド 6 側からみた図で横方向を X 軸、縦方向を Y 軸とする。所定のパルス周波数及び出力でレーザ光を発光させ、かつフォーカス制御を行う。シリコンウェハ 8 を Y 方向に移動させることによってレーザスポットを 2 3 方向にシリコンウェハ 8 を結晶化させながら走査させる。レーザスポットがシリコンウェハ 8 の縁に到達したら Y 方向の移動を止め、レーザスポット幅 2 8 より短い距離だけシリコンウェハ 8 を X 方向 2 4 に移動させる。のち、レーザスポットを Y 方向 2 5 に移動させる。前記動作を繰り返し、未結晶化隙間が生じないようシリコンウェハの左面よりレーザスポットを走査させることにより、シリコンウェハ 8 全面を結晶化させることができる。

## 【 0 0 2 4 】

本実施例では、レーザスポット面積が  $10^{-6} \text{ cm}^2$  以上  $10^{-3} \text{ cm}^2$  以下でかつ、パルス幅 ( スポットの最高パワーの  $1 / e^2$  までの範囲の通過時間 ) が  $100 \text{ ns}$  から  $1 \text{ s}$  において結晶化することを確認できた。すなわち、照射するレーザスポットの形状やレーザスポットの通過時間を変えて実験したところ、次のような結果が得られた。スポット面積は、2 種類の光スポットで、デフォーカスを含めて実験した。小さいスポットとしては出力  $2 \text{ W}$  のレーザの  $100 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$  で  $10^{-6} \text{ cm}^2$ 、大きいスポットとしては出力  $60 \text{ W}$  のレーザの  $3.5 \text{ mm} \times 30 \mu\text{m}$  で  $10^{-3} \text{ cm}^2$  のスポットまで効果が得られたが、特に  $2 \times 10^{-6} \text{ cm}^2$  以上  $10^{-4} \text{ cm}^2$  以下では出荷前のエージング処理の条件によらず、最初

10

20

30

40

50

の書換えから抵抗値が安定した。照射時間（光スポットのピーク強度の  $1/e^2$  までの範囲が高いパワーが出た状態（パルス照射の場合はパルスが出た状態）でディスク上の 1 点を通る時間）が  $0.1 \mu s$  以上で照射パワーが最適であれば効果が得られたが、 $1 s$  以上では熱による界面の部分的剥離を防止するのが困難であった。 $1 \mu s$  以上  $1 ms$  以下で特に再現性の良い良好な特性が得られた。

#### 【0025】

ここで説明した直線走査型レーザ結晶化装置は、ウェハに傷が付くのを防止しやすく照射効率が良い。レーザヘッド 6 及び赤外光センサ 17 を Y 方向に、ウェハトレイ 9 に搭載したシリコンウェハ 8 を X 方向に移動させるものであったが、これに限定することなく、レーザヘッド 9 及び赤外光センサ 17 を X 軸方向と Y 軸方向の両方に移動させるレーザヘッド X-Y 平面移動機構（図示なし）を備え、図 2 で説明したレーザスポット走査と同様にシリコンウェハ 8 全面を結晶化させても良い。また、レーザヘッド 6 及び赤外光センサ 17 を X 軸方向のみ可動とし、シリコントレイ 9 に搭載したシリコンウェハ 8 を Y 軸方向のみ可動として、図 2 で説明したレーザスポット走査と同様にシリコンウェハ 8 全面を結晶化させることも可能である。光ヘッドを中心から外へ、または外から中心へらせん状に動かして光スポットを螺旋状に移動させることもできる。

#### 【0026】

図 3 は、赤外光センサ 17 によるレーザ照射時間制御の一例を説明する図である。図 3 (b) は、レーザ出力 P の時間的变化を示したものである。図 3 (a) の横軸は結晶化実行中の赤外光センサ 17 が照射レーザに対して所定のタイミングでシリコンウェハの赤外光が透過する領域で裏面から検出したレーザスポット直下の温度 T を示し、縦軸は結晶化実行中のレーザ照射時間  $\tau$  である。ここでは、パルスの出力するレーザ光 31 のトップ出力 31 C とパルス周期 31 A は所定値に固定してあり、また、走査速度も所定値に固定してある。また、レーザ照射時間  $\tau$  とはパルス幅 31 B のことである。曲線 30 は予めメモリ（図示なし）に設定された曲線である。検出温度が所定値を超えたらパルス幅を狭くし、下回ったら広げる。横軸のシリコンウェハ温度に関しては、実際には結晶化がレーザ光入射側と反対の界面に達するのに対応する検出温度を求めておき、図 3 (a) からレーザ照射時間を決める。パルス幅 31 B すなわちレーザパルスデューティに代えてレーザ出力、レーザパルス周波数を変えてもよく、あるいはウェハトレイの移動速度やレーザヘッドの移動速度を制御してもよい。

#### 【0027】

赤外光センサ 17 が検出した結晶化実行中のレーザスポット直下のシリコンウェハ裏面温度 T を MPU 13 が認識し、メモリより引き出した曲線 30 をもとにパルス幅 31 B をレーザ駆動回路 11 に指示する。のち、レーザ駆動回路 11 は MPU 13 の指示のもと、曲線 30 の通りにレーザを駆動させる。最終的に、曲線 30 のレーザ発光が可能となる。曲線 30 はシリコンウェハ 8 の熱的特性や結晶化の容易性などにより変わるもので、シリコンウェハ 8 の基礎特性を取得し、所定の結晶化状態が得られるように決めれば良い。

#### 【0028】

ここでは制御対象としてレーザ照射時間  $\tau$  (31 B) の場合を示したが、パルスの出力するレーザ光のトップ出力 31 C または、パルス周期 31 A または、走査速度のどれか一つを制御対象としても良いし、複数にはなるがパルスの出力するレーザ光のレーザ照射時間  $\tau$  (31 B) または、トップ出力 31 C または、パルス周期 31 A または、走査速度の複数を制御対象としても良い。どの場合、どの組み合わせにおいても、予め、所定の結晶状態が得られる目標曲線を取得しメモリに記録しておけば良い。

#### 【0029】

更には、赤外光センサ 17 が検出するレーザスポット直下のシリコンウェハ裏面温度 T は一つに限らず、レーザスポット直下を含むレーザスポット走査方向の前方や後方などの複数の温度を検出すれば更に木目細かい制御が可能となる。いずれにしても、シリコンウェハ裏面に到達した温度 T をリアルタイムで実測しながらレーザ出力やシリコンウェハ搬送をフィードバック制御することにより、所定の結晶化状態がシリコンウェハ全面に偏りな

10

20

30

40

50

く得られる。また周囲環境の微妙な変化や多稼動による経時変化に対しても強く、安定した結晶化を得ることができる。シリコンウェハ裏面温度 $T$ のみならず、シリコンウェハ上のレーザスポット位置( $X-Y$ 位置)情報も加え、レーザ出力制御すればなお良い。

#### 【0030】

次に、ウェハトレイについて詳細に説明する。図4は、シリコンウェハを支えるウェハトレイの概略図である。図4(b)はシリコンウェハ8を搭載したウェハトレイ35をレーザ照射側すなわち、レーザヘッド側より見た図であり、図4(a)はそのA-Bの断面図である。

#### 【0031】

ウェハトレイ35はリング状になっている。内径部のレーザヘッド側はシリコンウェハ8より僅かに大きい径になっており、レーザヘッドより遠い側はシリコンウェハ8より僅かに小さい径になっていて、全体ではテーパ状になっている。シリコンウェハ8を搭載してもテーパ付き内径部の一部40で支えられ底面が有る場合底面に接触したり底面が無い場合抜け落ちることではない。また、レーザヘッドとは反対面にすなわちシリコンウェハ裏面に赤外光センサを設置することが可能で、シリコンウェハ裏面温度を実測することができる。ウェハトレイ35の材質はテフロン製が好ましい。テフロン製であれば、機械的衝撃緩和や断熱性及び絶縁性にすぐれており、シリコンウェハ8に悪影響を及ぼさない効果得られると共に、シリコンウェハの縁40においても、ウェハトレイ接触による放熱が避けられ、シリコンウェハ中心部と同等の結晶化状態が得られる。ウェハトレイ35の材質がすべてテフロン製でなくともよく、少なくともシリコンウェハ8と接触する部分40がテフロン製であればよい。

#### 【0032】

ウェハトレイ35のレーザヘッド側には、120度間隔で3つの切り欠き37, 38, 39が付いている。切り欠きは、少なくとも搭載したシリコンウェハ8が横から確認できる深さになっている。3つの切り欠きを設けることによって、例えば3つの爪が付いたシリコンウェハ操作機構を用いればシリコンウェハ8を縁から中心部に挟込み、シリコンウェハ8をウェハトレイ35から着脱して搬送することが可能となる。シリコンウェハの表面や裏面に接触することなく、容易にシリコンウェハ8の搬入・搬出ができる。切り欠きは3つに限定することなくそれ以外であっても良い。図5ではシリコンウェハ8の外周部の全周が線でウェハトレイ35と接触40するが、例えばウェハトレイの内径部に120度間隔で3つの突起を設置し、本3つの突起すなわち3点でシリコンウェハ8を支えることも可能である。また突起は3つに限ることなくそれ以外であっても良い。また、本実施例では円形状シリコンウェハを用いたが、これに限ることなく、四角形やその他形状であっても良い。ただし、ウェハトレイが各形状に合致したものでなければならない。落下の危険性は増すが、ウェハトレイが無く、指先で支えるようにウェハが3点で支えて搬送されても良い。

#### 【0033】

レーザスポットの走査は直線に限ることなく、回転走査でもよい。以下、回転走査に関し詳細に説明する。図5は回転走査型レーザ結晶化装置の概略図である。レーザヘッド6、赤外光センサ17、レーザ駆動回路11、フォーカス制御回路12、信号処理回路18、MPU13は図1で説明したものと同等である。

#### 【0034】

ウェハトレイ46は円形で、ウェハトレイ46の中心を回転中心48Cとして回転できる構造になっている。ウェハトレイ46の外周部には回転駆動用モータ51が取り付けられており、回転部52によりウェハトレイ46の外周部53を駆動でき、ウェハトレイ46を回転させることができる。回転駆動用モータ51はモータ制御回路48Bにより任意の回転数で回転可能である。また、モータ制御回路48BはMPU13と接続されておりリアルタイムで回転制御が行なわれる。レーザヘッド6はウェハトレイ46の直径上を矢印50で示すように移動することが可能で、レーザスポット48はウェハトレイ46の回転中心48Cを通る直線54上を自由に移動することができる。赤外光センサ17はレーザ

ヘッド6の動きと連動して矢印49で示すように移動し、常時レーザスポット48が形成されるシリコンウェハ8の裏面部をとらえる。MPU13は、ヘッド駆動回路(図示なし)を介してレーザスポット48を任意の速度で移動させかつ任意の位置に位置決めできる。MPUは各主要部を一括コントロールできる。ウェハトレイは中心軸48Cを通る回転軸から3本の放射状のアームで支えられている。アーム通過時に赤外光は1時的に遮断されるが、短時間であるから差し支え無い。

【0035】

図6は回転走査の説明図である。ここで、ウェハトレイ46の回転中心と円形シリコンウェハ8の中心66が一致しているものとする。シリコンウェハ8の中心66を回転中心とし回転させながら、レーザ光を所定のパルス周波数及び出力で発光させかつレーザスポット61のフォーカス制御を行ない、シリコンウェハ8の外周部から内周に向けて矢印で示すように移動させる。レーザスポット61は、螺旋を描きながらシリコンウェハ8の外周部から結晶化を行うことができる。このとき、未結晶化隙間が発生しないようにシリコンウェハ8の回転数とレーザスポット61の速度を連動して制御する。シリコンウェハ外周に結晶化部63を、シリコンウェハ内周に未結晶部62を示す。

10

【0036】

図7は、シリコンウェハ回転中心からの半径に依存したレーザ照射及びシリコンウェハ回転数を示した図である。シリコンウェハの回転数が一定(CAV)の場合は、図7(a)に示すようにレーザスポットが外周に位置付いているほどレーザ出力が大きい方が好ましい。制御対象は、レーザパルス周期31Aでも良いし、レーザパルス幅31Bであっても良い。レーザ出力が一定の場合は、図7(b)に示すようにレーザスポットが外周に位置付いているほど回転数は低い方が良い。

20

【0037】

半径に応じた照射条件や線速度を変える必要がある場合は回転走査が有効であり、特に、シリコンウェハの半径に依存した同心円状の不均一が生じている場合には、各半径値に最適な条件で結晶化を行うことができ、結果としてシリコンウェハ全面を均一に結晶化することができる。ただしこの方法は、水平1軸方向の直線的ウェハ送りに比べ、シリコンウェハの裏面や側面に傷がつくおそれがある。図1で説明したように、赤外光センサ17によりシリコンウェハ裏面に結晶化が到達しているかどうかをリアルタイムで実測しながらレーザ出力をフィードバック制御すれば、所定の結晶化状態がシリコンウェハ全面に偏りなく得られる。また周囲環境の微妙な変化や多稼動による経時変化に対しても強く、安定した結晶化を得ることができる。この場合、シリコンウェハと相変化するカルコゲナイド材料層との間にシリコン基板を透過する赤外光を透過する層だけを設けることが難しい場合は、カルコゲナイド層表面側からの僅かな反射率の精度の高い測定値、超音波の反射率、電気抵抗の測定値で判定しても良い。

30

【0038】

図1及び図5に示した実施例では、レーザヘッド6はシリコンウェハ8の上方、すなわち鉛直方向を基準とした場合、シリコンウェハ8より高い位置に配置したが、塵埃落下などの観点からすると、レーザヘッド6はシリコンウェハ8の下方に配置した方がむしろ望ましい。また、シリコンウェハ8とレーザヘッド6の隙間及びシリコンウェハ8と赤外光センサ17の隙間を透明板で仕切っても良い。更には、シリコンウェハとウェハトレイ、またはレーザヘッドとシリコンウェハとウェハトレイと赤外光センサの全体を真空製膜装置内に設置しても良いし、特定のガスが封入してある容器内に設置しても良い。

40

【0039】

上記のようにレーザ結晶化した後に、シリコンウェハの相変化材料を透過電子顕微鏡観察したところ、100nmの膜厚より幅が狭く、幅が約20~50nmの縦長の結晶が観察された。この場合、下部電極の最大幅である約80nmより小さいので、結晶と下部電極の相対位置関係によって素子特性がバラツクことなく、良好なデバイスが得られた。

【0040】

< 実施例2 >

50

装置の構成は実施例1と同様であるが、シリコンウェハと搬送機構は複数の真空室を持つスパッタリングによる製膜装置の1室に収めた。光ヘッドは真空室外に有り、ビームスポット位置を変えられるガラス窓を通してレーザ光を照射した。光ヘッドを真空内に入れ、電源ケーブルや冷却水管を真空外から接続しても良い。

【0041】

図9は、レーザ照射室をもつスパッタ装置の概略図である。ディスクは製膜時はスパッタ室の中央にセットされ、自転させられる。スパッタ室によって異なるが、2つまたは3つのターゲットから製膜可能である。ディスクは製膜が終了と中間に有る隔壁を開けて順次矢印の方向に1室ずつ送られる。スパッタ装置の1室はレーザ照射の専用室となっており、真空外から照射窓を通してレーザ光が照射される。

10

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1】直線走査型レーザ結晶化装置の概略図。

【図2】直線走査を説明する図。

【図3】赤外光センサによるレーザ照射時間制御を説明する図。

【図4】シリコンウェハを支えるトレイの概略図。

【図5】回転走査型レーザ結晶化装置の概略図である。

【図6】回転走査の説明図。

【図7】シリコンウェハ回転中心からの半径に依存したレーザ照射及びシリコンウェハ回転数を説明する図。

20

【図8】PCRAMのメモリセルの基本構造図。

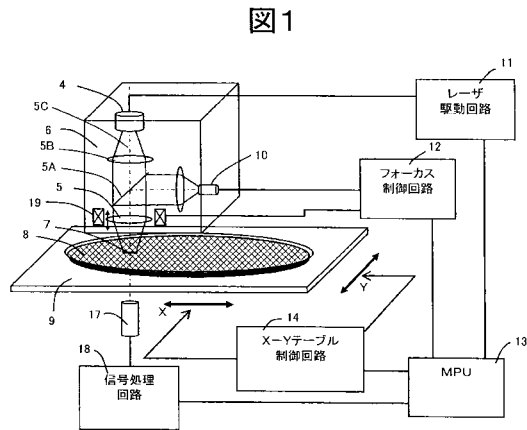
【図9】レーザ照射室をもつスパッタ装置の概略図。

【符号の説明】

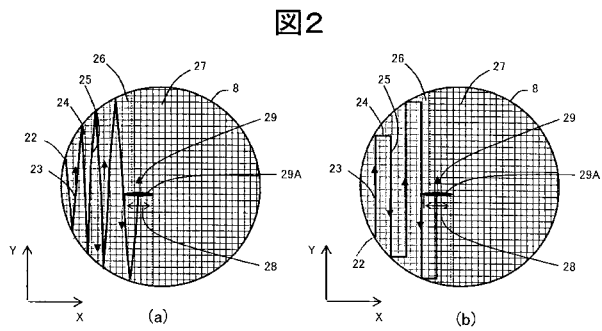
【0043】

4：半導体レーザ、5：対物レンズ、6：レーザヘッド、7：レーザスポット、8：シリコンウェハ（シリコン基板上に相変化膜が設けられた段階の相変化メモリのプロセス基板）、9：ウェハトレイ、17：赤外光センサ、19：アクチュエータ、51：回転駆動用モータ

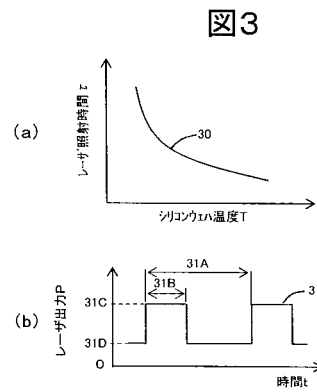
【図1】



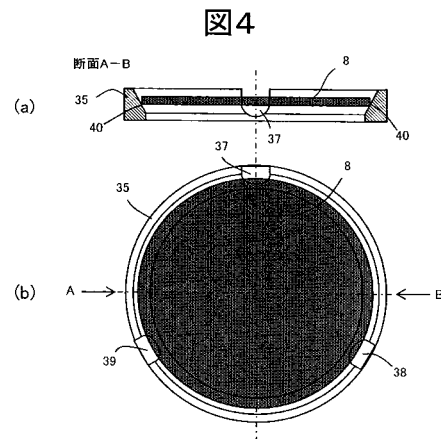
【図2】



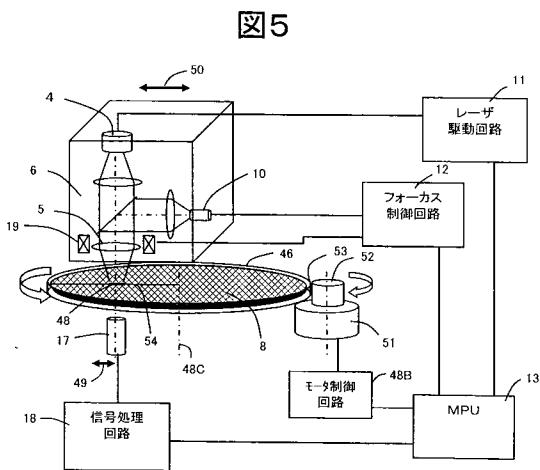
【図3】



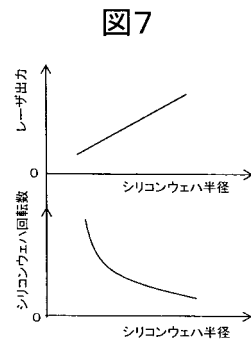
【図4】



【図5】

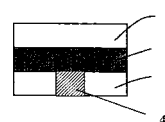


【図7】

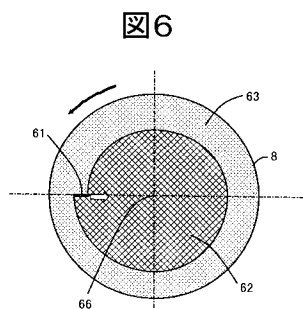


【図8】

図8

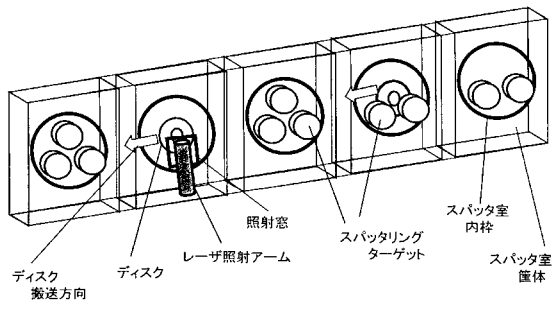


【図6】



【 図 9 】

図9



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
H 0 1 L 45/00 A

(72)発明者 堀口 泰視  
神奈川県足柄上郡中井町境 7 8 1 番地 日立コンピュータ機器株式会社内

(72)発明者 藤吉 幸太郎  
神奈川県足柄上郡中井町境 7 8 1 番地 日立コンピュータ機器株式会社内

F ターム(参考) 5F052 AA02 BA18 BB02 BB06 DA10 JA06  
5F083 FZ10 GA27 JA60 PR34