

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5232250号  
(P5232250)

(45) 発行日 平成25年7月10日(2013.7.10)

(24) 登録日 平成25年3月29日(2013.3.29)

(51) Int. Cl. F I  
 HO 1 L 21/205 (2006.01) HO 1 L 21/205  
 HO 1 L 21/203 (2006.01) HO 1 L 21/203 M  
 GO 1 J 5/00 (2006.01) GO 1 J 5/00 I O 1 C

請求項の数 5 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2010-543693 (P2010-543693)	(73) 特許権者	502339761 有限会社ワイ・システムズ 徳島県徳島市川内町平石住吉209-5 徳島健康科学総合センター
(86) (22) 出願日	平成20年12月26日(2008.12.26)	(74) 代理人	100085453 弁理士 野▲崎▼ 照夫
(86) 国際出願番号	PCT/JP2008/073702	(74) 代理人	100121049 弁理士 三輪 正義
(87) 国際公開番号	W02010/073358	(72) 発明者	イーヴ・ラクロワ 徳島県徳島市伊月町4丁目31 オカダコ ーポ702
(87) 国際公開日	平成22年7月1日(2010.7.1)	審査官	今井 淳一
審査請求日	平成23年12月21日(2011.12.21)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体成膜時の温度測定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

チャンバ内で基板を加熱しながら前記チャンバ内へ原料分子を供給して前記基板上半導体層を成膜し、成膜中または成膜後に前記半導体層の温度を測定する測定方法において、

前記半導体層に波長  $s$  の光を与えながら前記半導体層の温度を上昇させる過程で、前記半導体層を透過する光の透過率が低下するときの、前記半導体層の温度  $T_s$  と前記光の波長  $s$  との関係を予め求めておき、

成膜中または成膜後の前記半導体層に前記波長  $s$  の光を照射し、前記基板の温度を下降させて、前記半導体層に対する前記波長  $s$  の光の透過率が上昇したときに、前記半導体層が前記温度  $T_s$  に至ったと判断し、または、前記基板の温度を上昇させて、前記半導体層に対する前記波長  $s$  の光の透過率が低下したときに、前記半導体層が前記温度  $T_s$  に至ったと判断することを特徴とする温度測定方法。

【請求項2】

前記基板の温度を継続的に測定する温度変化測定装置を使用し、前記半導体層が前記温度  $T_s$  に至ったと判断した時刻に前記温度変化測定装置で測定された温度  $T_d$  を、前記温度  $T_s$  と比較し、その差に基づいて、前記温度変化測定装置の測定誤差を較正する請求項1記載の温度測定方法。

【請求項3】

前記基板の温度を前記温度  $T_s$  よりも高い温度に設定して前記半導体層の成膜を開始し

、その後前記基板の温度を下降させて、成膜中の前記半導体層に対する前記波長  $\lambda$  の光の透過率が上昇した時刻に、前記半導体層が前記温度  $T_s$  に至ったと判断し、前記時刻に前記温度変化測定装置で測定された温度  $T_d$  と前記温度  $T_s$  とから、前記温度変化測定装置の測定誤差を較正する請求項 2 記載の温度測定方法。

【請求項 4】

前記基板の温度を前記温度  $T_s$  よりも高い温度に設定して前記半導体層の成膜を開始し、その後前記基板の温度を下降させて、成膜中の前記半導体層に対する前記波長  $\lambda$  の光の透過率が上昇した第 1 の時刻に、前記半導体層が前記温度  $T_s$  に至ったと判断し、その後前記基板の温度を上昇させて、前記半導体層に対する前記波長  $\lambda$  の光の透過率が低下した第 2 の時刻に、前記半導体層が前記温度  $T_s$  に至ったと判断し、前記第 1 時刻と前記第 2 の時刻に前記温度変化測定装置で 2 回測定された温度の測定値と前記温度  $T_s$  とから前記温度変化測定装置の測定誤差を較正する請求項 2 記載の温度測定方法。

10

【請求項 5】

前記半導体層の成膜が完了した後に、前記基板の温度を下降させて、成膜後の前記半導体層に対する前記波長  $\lambda$  の光の透過率が上昇した時刻に、前記半導体層が前記温度  $T_s$  に至ったと判断し、前記時刻に前記温度変化測定装置で測定された温度  $T_d$  と前記温度  $T_s$  とから、前記温度変化測定装置の測定誤差を較正する請求項 2 記載の温度測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、発光ダイオードやその他の半導体素子の半導体層を蒸着法により成膜する際に、成膜中または成膜後の半導体層の温度を高精度に知ることができる半導体成膜時の温度測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

AlN、GaAs、GaN、InP、Si、SiCなどの半導体は、蒸着法で形成される。蒸着法としては、化学気相成長法(CVD法)や分子線エピタキシー法(MBE法)などが使用されている。これら蒸着法では、真空状態などに設定されたチャンバ内に基板が設置され、この基板上に原料ガスなどの状態で原料分子が供給されて基板の表面に結晶層が堆積されて成膜される。

30

【0003】

この種の蒸着法において、不純物の無い半導体の結晶層を一定の堆積速度で緻密に且つ再現性を有して成膜するには、チャンバ内の基板の温度を正確に制御することが必要である。そのために、基板を加熱するヒータが設けられるとともに、チャンバ内の基板の温度を測定するモニターが設けられ、このモニターで測定された温度に基づいて前記ヒータの加熱温度を制御できるようにしている。

【0004】

以下の特許文献 1 および特許文献 2 に記載されているように、従来は、前記モニターとして、基板表面の熱により発生する赤外線を監視するパイロメータが使用されている。パイロメータは、チャンバに設けられた窓の外側に設置され、基板の表面や成膜中の半導体層の表面から発せられる赤外線がガラス窓を透過してパイロメータで検出される。しかし、パイロメータによる温度測定には次のような課題がある。

40

【0005】

加熱されている基板表面から発せられる赤外線が成膜途中の半導体層の内部を通過するときに、半導体層を通過する光と半導体層の内部で反射される光とが干渉して、パイロメータの検出出力が細かく変動し、しかもこの干渉の度合いは成膜される半導体層の膜厚の変動に追従して変化する。この問題点に関しては、従来は、チャンバの外に発光装置を配置し、チャンバのガラス窓を通じて成膜中の半導体層にレーザー光を当て、半導体層を透過したレーザー光をモニターすることで解決している。半導体層を通過するレーザー光と半導体層の内部で反射されるレーザー光も赤外線と同様に干渉するため、レーザー光をモニターした

50

ときの干渉による出力変動を用いて、パイロメータで検出される赤外線干渉を相殺または低減する校正が可能である。

【0006】

しかし、パイロメータで検出される赤外線干渉が校正されたとしても、パイロメータによる温度測定は、基板の表面から離れた場所で行われ、一般的にはチャンバのガラス窓の外側で行われる。実際に発熱している基板の表面と測定箇所との間に長い空間が介在し、さらにはガラス窓が介在しているために、パイロメータによって測定される温度と、基板表面の実際の温度との間に誤差が生じるのを避けることができない。

【0007】

また、基板の表面において成長中の半導体層が透明な場合には、パイロメータが透明な半導体層を透して基板の表面の温度を測定することになってしまう。このようにパイロメータを使用した測定方法によって、成膜中の半導体層そのものの温度を直接に正確に知ることは難しい。

【0008】

また、以下の特許文献1には、基板の裏側の温度を測定する熱電対モニターを使用することが記載されている。しかし、熱電対モニターは基板の裏側に置かれるために、実際の基板表面の温度を正確に測定することはできない。また熱電対モニターは熱容量が大きいために、チャンバ内の温度変化への追従性が悪く、基板温度を正確に知ることはできない。

【特許文献1】特開2001-289714号公報

【特許文献2】特開2002-367907号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明は上記従来の課題を解決するものであり、基板表面で成膜されている途中の半導体層の温度、または成膜後の半導体層の温度を高精度に検出でき、高品質の半導体層を成膜することができる半導体成膜時の温度測定方法を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、チャンバ内で基板を加熱しながら前記チャンバ内へ原料分子を供給して前記基板上に半導体層を成膜し、成膜中または成膜後に前記半導体層の温度を測定する測定方法において、

前記半導体層に波長  $s$  の光を与えながら前記半導体層の温度を上昇させる過程で、前記半導体層を透過する光の透過率が低下するときの、前記半導体層の温度  $T_s$  と前記光の波長  $s$  との関係を予め求めておき、

成膜中または成膜後の前記半導体層に前記波長  $s$  の光を照射し、前記基板の温度を下降させて、前記半導体層に対する前記波長  $s$  の光の透過率が上昇したときに、前記半導体層が前記温度  $T_s$  に至ったと判断し、または、前記基板の温度を上昇させて、前記半導体層に対する前記波長  $s$  の光の透過率が低下したときに、前記半導体層が前記温度  $T_s$  に至ったと判断することを特徴とするものである。

【0011】

本発明は、前記基板の温度を継続的に測定する温度変化測定装置を使用し、前記半導体層が前記温度  $T_s$  に至ったと判断した時刻に前記温度変化測定装置で測定された温度  $T_d$  を、前記温度  $T_s$  と比較し、その差に基づいて、前記温度変化測定装置の測定誤差を校正することができる。

【0012】

例えば、前記基板の温度を前記温度  $T_s$  よりも高い温度に設定して前記半導体層の成膜を開始し、その後前記基板の温度を下降させて、成膜中の前記半導体層に対する前記波長  $s$  の光の透過率が上昇した時刻に、前記半導体層が前記温度  $T_s$  に至ったと判断し、前記時刻に前記温度変化測定装置で測定された温度  $T_d$  と前記温度  $T_s$  とから、前記温度

10

20

30

40

50

変化測定装置の測定誤差を較正することができる。

【0013】

または、前記基板の温度を前記温度  $T_s$  よりも高い温度に設定して前記半導体層の成膜を開始し、その後前記基板の温度を下降させて、成膜中の前記半導体層に対する前記波長  $s$  の光の透過率が上昇した第1の時刻に、前記半導体層が前記温度  $T_s$  に至ったと判断し、その後前記基板の温度を上昇させて、前記半導体層に対する前記波長  $s$  の光の透過率が低下した第2の時刻に、前記半導体層が前記温度  $T_s$  に至ったと判断し、前記第1時刻と前記第2の時刻に前記温度変化測定装置で2回測定された温度の測定値と前記温度  $T_s$  とから前記温度変化測定装置の測定誤差を較正することも可能である。

【0014】

また、本発明は、前記半導体層の成膜が完了した後に、前記基板の温度を下降させて、成膜後の前記半導体層に対する前記波長  $s$  の光の透過率が上昇した時刻に、前記半導体層が前記温度  $T_s$  に至ったと判断し、前記時刻に前記温度変化測定装置で測定された温度  $T_d$  と前記温度  $T_s$  とから、前記温度変化測定装置の測定誤差を較正することが可能である。

【発明の効果】

【0017】

本発明の温度測定方法は、成膜中または成膜後の半導体層に対する所定の波長  $s$  の光の透過率の変化を検知することで、半導体層そのものの温度を測定することができる。所定の波長  $s$  の光が半導体層を透過するときの透過量を検出するだけあり、光量などの大小で温度を測定する方法ではないため、誤動作が生じにくく、測定する温度の誤差も生じにくい。

【0018】

前記波長  $s$  の光を使用して半導体層の温度  $T_s$  を求めた時刻を基準とし、その時刻に温度変化測定装置から得られた測定値の誤差を較正することで、パイロメータなどの温度変化測定装置の測定誤差を高精度に較正できる。

【0019】

また、温度変化測定装置の測定誤差の較正は、半導体層を成膜している途中で行うことができ、または半導体層の成膜後にも行うことができるため、常に正確な温度情報に基づいて温度の測定誤差の較正ができるようになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

図1は成膜装置および温度測定装置を示す説明図であり、図2は前記成膜装置の内部の基板および成膜中の半導体層を拡大して示す拡大説明図である。

【0021】

図1には、化学気相成長法(CVD法)や分子線エピタキシー法(MBE法)で半導体層を成膜する成膜装置1が模式図として示されている。

【0022】

成膜装置1はチャンバ2を有しており、成膜中は内部空間が真空状態に設定される。チャンバ1内にテーブル3が設けられており、このテーブル3に加熱装置であるヒータ3aが内蔵されている。チャンバ2には導入路4が接続されており、半導体層7を成膜するための元素(原料分子)を含む原料ガス5が前記導入路4からテーブル3の表面に与えられ、テーブル3の上に設置された基板6の表面に半導体層7が成膜される。

【0023】

チャンバ2には第1の窓8と第2の窓9が設けられている。第1の窓8と第2の窓9にはガラス板などの透明板が嵌められており、この透明板を通して内部を観察できるが、チャンバ2の内部空間と外部空間とは透明板で遮蔽されている。

【0024】

前記第1の窓8の外側には、温度変化測定装置の一例としてパイロメータ10が設けられている。パイロメータ10は、受光部11と受光部11で受光された受光出力を処理す

10

20

30

40

50

る処理回路部 12 とを有している。パイロメータ 10 の受光部 11 は、第 1 の窓 8 の外に設置され、第 1 の窓 8 に装着された透明板を介して前記基板 6 の真上に対向している。すなわち、受光部 11 の中心は、基板 6 の表面の中心から垂直に延びる垂直線 Lv 上に位置しており、受光部 11 は垂直線 Lv に沿って前記基板 6 の表面に向けられている。

#### 【0025】

ヒータ 3a によってテーブル 3 が加熱されて基板 6 が加熱されると、テーブル 3 の表面の熱により発生する赤外線が、透明な基板 6 および成膜中の半導体層 7 を透過し、第 1 の窓 8 を透過して受光部 11 に受光される。受光部 11 で受光された受光出力は処理回路部 12 に与えられ、受光した赤外線の波長などから基板 6 の表面温度、正確にはテーブル 3 の表面温度が測定される。

10

#### 【0026】

チャンバ 2 の外には、本発明の温度測定装置 20 を構成する発光装置 21 が設けられている。発光装置 21 はほぼ単一波長のレーザ光を発するものであり、チャンバ 2 に設けられた第 2 の窓 9 の外側から前記基板 6 の表面に対向している。発光装置 21 から発せられるレーザ光は経路 Ld に沿う指向性を有して基板 6 の表面に与えられる。前記経路 Ld は、前記垂線 Lv に対して所定の角度で傾いている。前記角度は 0 度と 90 度を除く角度であればどのような角度であってもよい。経路 Ld を前記角度で傾かせることにより、半導体層 7 の光の透過率が低下し、前記レーザ光が半導体層 7 の表面で反射したときに、その反射レーザ光が垂線 Lv 以外の方向へ反射し、半導体層 7 の表面で反射したレーザ光が受光部 11 に直接に入射するのを防止できるようにしている。

20

#### 【0027】

前記基板 6 はサファイアウエハなどの透明な材料で形成されている。ここでの透明とは全光線透過率が 80% 以上の光学特性を意味しており、好ましくは全光線透過率が 95% 以上である。図 2 に示すように、基板 6 の底面 6a は細かな凹凸が形成された乱反射面となっている。半導体層 7 が光の透過率が高い状態のときは、経路 Ld に沿って照射されるレーザ光が半導体層 7 を透過し、さらに基板 6 を透過して前記底面 6a で乱反射される。乱反射したレーザ光の各方向の成分は、基板 6 および半導体層 7 を透過するが、前記成分のうちの前記垂線 Lv に沿う成分が前記受光部 11 で受光される。

#### 【0028】

前記受光部 11 は、パイロメータ 10 において赤外線を受光するために使用されるとともに、底面 6a で乱反射したレーザ光を受光する光検出装置としても使用されている。受光部 11 において、基板 6 の加熱により発せられる赤外線の受光検出と、発光装置 20 から発せられたレーザ光の受光検出とが、異なる時刻に交互に行なわれるようにし、赤外線の検出と反射レーザ光の検出とが干渉しないように構成されている。または、赤外線を受光するパイロメータ 10 の受光部 11 とは別に、レーザ光を受光する光検出装置を設け、受光部 11 と光検出装置を、第 1 の窓 8 の外に並べて配置してもよい。

30

#### 【0029】

図 1 に示すように、成膜装置 1 およびパイロメータ 10 ならびに発光装置 20 は中央制御部 30 によって制御される。中央制御部 30 はマイクロコンピュータとメモリなどから構成されている。加熱制御装置 31 は前記中央制御部 30 からの指令を受けてヒータ 3a への通電を制御して、テーブル 3 の加熱温度をコントロールする。レーザ発光制御装置 32 は、前記中央制御部 30 からの指令を受けて発光装置 20 をコントロールする。

40

#### 【0030】

パイロメータ 10 の検出出力は温度検出装置 33 に与えられる。テーブル 3 から発せられる赤外線の検出出力は温度検出装置 33 で検出されて、赤外線の波長などからテーブル 3 の表面温度が測定され、その温度情報が中央制御部 30 に与えられる。また、基板 6 の底面 6a で乱反射されるレーザ光が受光部 11 で受光されるが、その受光光量に関する検出出力が温度検出装置 33 に与えられ、その情報が中央制御部 30 に通知される。

#### 【0031】

次に、前記温度測定装置 20 を用いた温度測定方法を説明する。

50

発光装置 21 からは所定の波長  $\lambda$  のレーザ光が発せられる。レーザ光の波長と成膜中のまたは成膜後の半導体層 7 の光透過率および温度との関係は図 3 (A) (B) に示されている。

【0032】

基板 6 の表面に成膜される半導体層 7 は、発光ダイオードやその他の半導体素子の分子層を形成するためのものであり、例えば、AlN、GaAs、GaN、InP、Si、SiC である。これら半導体層は、光の透過率に関して周波数特性を有している。

【0033】

図 3 (A) に示すように、半導体層は照射される光の波長  $\lambda$  がバンドエッジの波長を越えて長くなると光の透過率が高くなり、光の波長  $\lambda$  がバンドエッジの波長よりも短くなると光の透過率が低下する。前記バンドエッジで光の透過率が急激に変化する。このバンドエッジの波長は、同じ半導体層であってもその温度に応じて変化する。図 3 (A) では、半導体層の温度を  $T_1$  ないし  $T_6$  で示しており、 $T_1 < T_2 < T_3 < T_4 < T_5 < T_6$  である。同じ半導体層であってもその温度が高くなるほど、光の透過率が急激に変化するバンドエッジの波長が長波長帯に向けて移動していく。

【0034】

図 3 (B) は、前記バンドエッジの波長と半導体層の温度との関係を示している。図 3 (A) (B) に示す例では、半導体層の温度が  $T_1$  のときに、バンドエッジの波長  $\lambda$  が 450 nm である。よって温度が  $T_1$  の半導体層に与えられる光の波長が 450 nm よりも短いと光の透過率が低下し、光の波長が 450 nm よりも長くなった時点で、光の透過率が急激に高くなる。また、半導体層の温度が  $T_2$  のときは、バンドエッジの波長が 480 nm である。よって温度が  $T_2$  の半導体層に与えられる光の波長が 480 nm よりも短いと光の透過率が低下し、光の波長が 480 nm よりも長くなった時点で、光の透過率が急激に高くなる。

【0035】

図 3 (A) (B) は、半導体層の温度とバンドエッジの波長との関係を典型的な一例として示したものであり、実際の、AlN、GaAs、GaN、InP、Si、SiC、またはその他の半導体層は、それぞれが個々の温度とバンドエッジの波長との関係を有している。個々の半導体層に関する温度とバンドエッジの波長との関係は、既に知られているが、図 3 (A) (B) に示すデータを得るための実験を行って、成膜しようとする半導体層の温度とバンドエッジの波長との関係を実際に測定して求めることが好ましい。

【0036】

図 4 では、成膜中または成膜直後の半導体層 7 の温度の変化をグラフ (a) で示している。不純物の無い半導体層を再現性があるように一定の成膜速度で成膜できるようにするには、成膜中の半導体層 7 の温度管理がきわめて重要である。図 4 に示すグラフ (a) では、半導体層 7 を成膜するときの適正な温度を 900 と設定している。

【0037】

図 3 (A) (B) に示したように、成膜する半導体層 7 は、それぞれが固有の温度とバンドエッジの波長との関係を有している。図 3 (A) (B) に示す半導体の例では、半導体層の温度  $T_s$  が 800 のときのバンドエッジの波長  $\lambda$  が 480 nm である。図 4 は、図 3 に示す固有の特性を有する半導体層を成膜する工程を説明するものであり、この成膜工程では、発光装置 21 から発せられるレーザ光の波長を  $\lambda$  (480 nm) に設定している。波長  $\lambda$  (480 nm) がバンドエッジとなるときの半導体層の温度  $T_s$  は 800 であるが、この温度  $T_s$  は、図 4 のグラフ (a) で示される成膜時の適正な温度である 900 よりも低い値に設定する必要がある。すなわち、成膜時の最大温度よりも低い温度  $T_s$  のときにバンドエッジとなる波長  $\lambda$  のレーザ光を発光装置 21 から発光させることが必要である。

【0038】

図 2 に示すように、経路 Ld に沿って入射する波長  $\lambda$  のレーザ光は、半導体層 7 および基板 6 を透過し、基板 6 の底面 6a の乱反射面で反射される。乱反射されたレーザ光が

10

20

30

40

50

基板 6 と半導体層 7 を透過し、その一部の光成分が、垂線 L v に沿って受光部 1 1 で受光される。図 4 では、受光部 1 1 で受光される波長  $s$  のレーザ光の光量をグラフ (b) で示している。このグラフ (b) は縦軸方向の変化量が光量変化である。また、図 4 では、基板 6 の表面に成膜されていく半導体層 7 の膜厚の変化をグラフ (c) で示している。このグラフ (c) の縦軸方向の変化量は膜厚の寸法変化である。

【 0 0 3 9 】

図 4 に示す成膜工程では、( i ) の期間が初期状態であり、テーブル 3 が加熱されておらず、原料ガス 5 も導入されていない。中央制御部 3 0 で加熱制御装置 3 1 を制御してヒータ 3 a でテーブル 3 を加熱すると、( i i ) の期間でテーブル 3 および基板 6 が加熱され、( i i i ) の期間で基板 6 の温度がほぼ 9 0 0 に上昇する。このとき、加熱されている基板 6 の表面から出る赤外線がパイロメータ 1 0 の受光部 1 1 で検知されて温度検出装置 3 3 から中央制御部 3 0 に温度情報が与えられる。この時点で、中央制御部 3 0 はパイロメータ 1 0 で測定された温度情報に基づいて加熱制御装置 3 1 を制御し、基板 6 を 9 0 0 に近い温度に保つ。

【 0 0 4 0 】

グラフ (b) から明らかなように、期間 ( i ) と期間 ( i i ) では、基板 6 の表面に半導体層 7 が成膜されていないため、発光装置 2 1 から発せられて、基板 6 の底面 6 a で乱反射された波長  $s$  のレーザ光が受光部 1 1 で受光されて、受光部 1 1 で受光されるレーザ光の光量が多くなっている。

【 0 0 4 1 】

グラフ (c) に示すように、基板 6 の表面温度が 9 0 0 になったと予測できる期間 ( i i i ) となった後に、チャンバ 2 内に原料ガス 5 を供給する。その結果、グラフ (c) において ( x ) で示すように、基板 6 の表面に半導体層 7 が成膜され始める。半導体層 7 が薄く成膜された時点では、半導体層 7 の温度が 9 0 0 付近であり、少なくとも図 3 ( B ) に示す温度  $T_s$  よりも高いため、半導体層 7 は、波長  $s$  の光に対して光透過率が低い状態である。そのため、グラフ (b) において ( x i ) で示すように、受光部 1 1 で受光される波長  $s$  のレーザ光の光量が低下する。

【 0 0 4 2 】

期間 ( i i i ) に続く期間 ( i v ) で、加熱制御装置 3 1 を制御してヒータ 3 a への通電を停止し、テーブル 3 の温度を低下させる。図 4 のグラフ (a) で示すように、期間 ( i v ) では、テーブル 3 の温度の低下に伴って基板 6 および半導体層 7 の温度も低下していく。期間 ( i v ) において半導体層 7 の温度が温度  $T_s$  を通過する時刻 A に、半導体層 7 のバンドエッジの波長が、発光装置 2 1 から与えられているレーザ光の波長  $s$  と一致する。よって時刻 A に、成膜中の半導体層 7 の波長  $s$  の光に対する透過率が急激に上昇し、グラフ (b) の ( X i i ) に示すように、受光部 1 1 での波長  $s$  の光の受光量が急激に上昇する。

【 0 0 4 3 】

受光部 1 1 の受光出力の変化は温度検出装置 3 3 から中央制御部 3 0 に与えられる。中央制御部 3 0 は、波長  $s$  のレーザ光の受光量が急激に増大したことを知った時刻 A において、半導体層 7 の温度が  $T_s$  ( 8 0 0 ) となったと判断する。

【 0 0 4 4 】

次の期間 ( v ) では、加熱制御装置 3 1 を制御しヒータ 3 a に通電してテーブル 3 の加熱を再開する。これに伴って基板 6 および半導体層 7 の温度が上昇する。そして時刻 B に至ると、半導体層 7 の温度が前記温度  $T_s$  を超え、このときに成膜中の半導体層 7 に対する波長  $s$  の光の透過率が急激に低下する。グラフ (b) の ( X i i i ) に示すように、時刻 B に受光部 1 1 での波長  $s$  の光の受光量が急激に低下する。中央制御部 3 0 は、波長  $s$  のレーザ光の受光量が急激に低下したことを知った時刻 B において、半導体層 7 の温度が  $T_s$  ( 8 0 0 ) となったと判断する。

【 0 0 4 5 】

時刻 A と時刻 B において、成膜中の半導体層 7 の温度が  $T_s$  ( 8 0 0 ) となったこと

10

20

30

40

50

を、半導体層 7 の温度そのものから知ることができるため、中央制御部 30 ではこの情報を利用して、その後の半導体層 7 の温度管理を正確に行うことができる。

【0046】

本実施の形態では、図 1 に示すように、基板 6 および半導体層 7 の表面から発せられる赤外線を検出するパイロメータ 10 が設けられ、パイロメータ 10 が基板 6 および半導体層 7 の加熱温度を継続的に観察する温度変化測定装置として使用されている。なお、ここで言う継続的とは、受光部 11 において赤外線を受光する時間と、受光部 11 で波長  $s$  のレーザ光の光量を検出する時間とが交互に繰り返される状態を含む概念であり、すなわち、パイロメータ 10 で間欠的に赤外線を受光して温度情報を得る場合を含んでいる。

【0047】

そのため、中央制御部 30 において、時刻 A においてパイロメータ 10 で検出された温度  $T_d$  の情報と温度  $T_s$  (800 ) とを比較することで、パイロメータ 10 で赤外線を受光することで検出された温度情報の誤差を知ることができ、中央制御部 30 では、温度検出装置 33 から送られてくるパイロメータ 10 の検出温度情報を実際の半導体層 7 の温度に近い情報に校正することが可能である。この校正は、時刻 A の情報と時刻 B の情報のいずれか一方を使用してもよいが、時刻 A と時刻 B の双方の情報を使用することで、パイロメータ 10 から得られる温度情報の校正をさらに高い精度で実現できる。

【0048】

図 4 に示すグラフ (a) に示すように期間 (v) に続く期間 (v<sub>i</sub>) では、半導体層 7 の温度を成膜に適する一定の温度 (900 ) に維持することが必要である。この期間 (v<sub>i</sub>) では、パイロメータ 10 で検出される温度情報が、時刻 A と時刻 B で得られた温度  $T_s$  の情報によって校正されて使用される。そのため、期間 (v<sub>i</sub>) において、パイロメータ 10 からの温度情報を元に加熱制御装置 31 を制御することによって、成膜中の半導体層 7 の温度が常に 900 または 900 にきわめて近い温度となるように高精度に温度制御することが可能である。

【0049】

よって、図 4 のグラフ (c) の (X<sub>i</sub>v) に示すように、期間 (v<sub>i</sub>) では、半導体層 7 を一定の成膜速度で成膜することができる。

【0050】

図 4 に示すように、半導体層 7 の成膜を開始した後の期間 (i<sub>v</sub>) と期間 (v) において、ヒータ 3a による加熱温度を一度下げてからまた上げる制御を行うことで、成膜中の半導体層 7 の温度が  $T_s$  (800 ) に至った時刻を高精度に知ることができ、その情報でパイロメータ 10 で測定される温度  $T_d$  の情報を校正できる。よって、期間 (i<sub>v</sub>) と期間 (v) の加熱変化を一度行ってパイロメータ 10 の情報の校正を行ってしまえば、その後は、期間 (i<sub>v</sub>) と期間 (v) のような加熱変化を与えなくても、パイロメータ 10 からの温度情報にしたがってヒータ 3a の加熱状態を制御することによって、常に再現性のある成膜速度で半導体層 7 を成膜することができる。

【0051】

すなわち、期間 (i<sub>v</sub>) と期間 (v) の加熱変化を必要なときにのみ行うことで、パイロメータ 10 の温度情報の校正が可能になる。

【0052】

また、期間 (i<sub>v</sub>) と期間 (v) において加熱温度の変化を与えなくても、半導体層 7 の成膜後に、半導体層 7 の温度が  $T_s$  (800 ) に至った情報を得ることができる。

【0053】

図 4 に示すように、期間 (v<sub>i</sub>) に半導体層 7 の膜厚が所定の値になったと予測できた時点で成膜動作を終了し、その後の期間 (v<sub>ii</sub>) では、ヒータ 3a による加熱を終了する。このとき基板 6 と成膜後の半導体層 7 の温度が低下していくが、その温度が  $T_s$  (800 ) を下回った時刻 C において、半導体層 7 の光の透過率が急激に上昇し、グラフ (b) の (x<sub>v</sub>) で示すように、受光部 11 での波長  $s$  の光の受光量が急激に多くなる。これによって、時刻 C において半導体層 7 の温度が  $T_s$  (800 ) になったことを知る

10

20

30

40

50



ことができる。

【 0 0 5 4 】

例えば、時刻 C において、パイロメータ 1 0 から得られた温度  $T_d$  の情報と  $T_s$  ( 8 0 0 ) との差を知ること、パイロメータ 1 0 で得られる温度情報を適正な情報に較正できる。

【 0 0 5 5 】

すなわち、成膜中に期間 ( i v ) ( v ) のような加熱温度の変化を生じさせなくても、一度、半導体層 7 を成膜すると、その直後の時刻 C に温度  $T_s$  ( 8 0 0 ) の正確な情報が得られる。この情報に基づいてパイロメータ 1 0 の温度情報を較正すれば、その後は、パイロメータ 1 0 からの温度情報を利用して基板 6 や半導体層 7 の温度管理を正確に行うことが可能になる。

10

【 0 0 5 6 】

なお、図 4 のグラフ ( b ) の ( x i ) のように、半導体層 7 の波長  $s$  の光の透過率が大きく低下すると、レーザー光が半導体層 7 の表面で反射されやすくなる。しかし、図 2 に示すように、発光装置 2 1 から発せられる波長  $s$  のレーザー光が垂線  $L_v$  に対して角度だけ傾いた経路  $L_d$  で半導体層 7 に与えられるために、半導体層 7 の表面で反射された光が、受光部 1 1 に向かうことがない。よって、受光部 1 1 で検出されるレーザー光の受光量の変化に、半導体層 7 の表面で反射したレーザー光によるノイズが重畳しにくい。

【 0 0 5 7 】

また、前記実施の形態では、波長  $s$  のレーザー光を半導体層 7 の斜め上方から照射しているが、これに代えて、波長  $s$  のレーザー光を、基板 6 の下から与え、基板 6 および半導体層 7 を透過したレーザー光を受光部 1 1 で受光できるようにしてもよい。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 8 】

【 図 1 】 成膜装置および温度測定装置の構造の概略を示す説明図、

【 図 2 】 成膜装置の内部の基板および成膜中または成膜後の半導体層を示す拡大説明図、

【 図 3 】 半導体層に与える光の波長と光の透過率と半導体層の温度との関係を示す線図、

【 図 4 】 半導体層の成膜工程および温度測定方法の一例を示す線図、

【 符号の説明 】

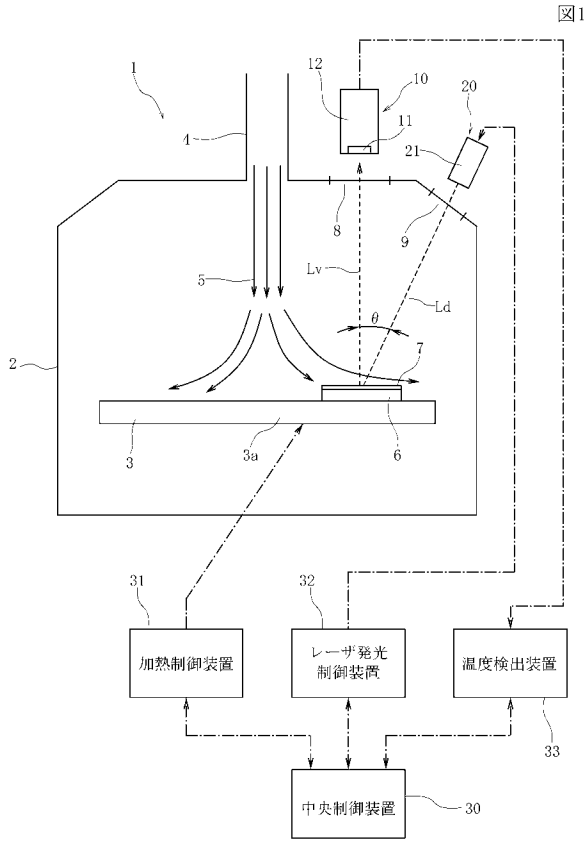
【 0 0 5 9 】

- 1 成膜装置
- 2 チャンバ
- 3 テーブル
- 6 基板
- 7 半導体層
- 8 第 1 の窓
- 9 第 2 の窓
- 1 0 パイロメータ
- 1 1 受光部
- 2 0 温度測定装置
- 2 1 発光装置

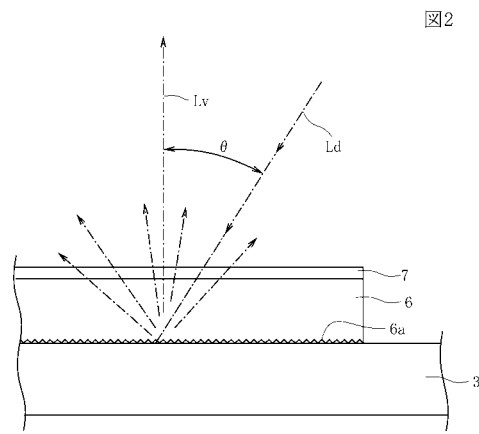
30

40

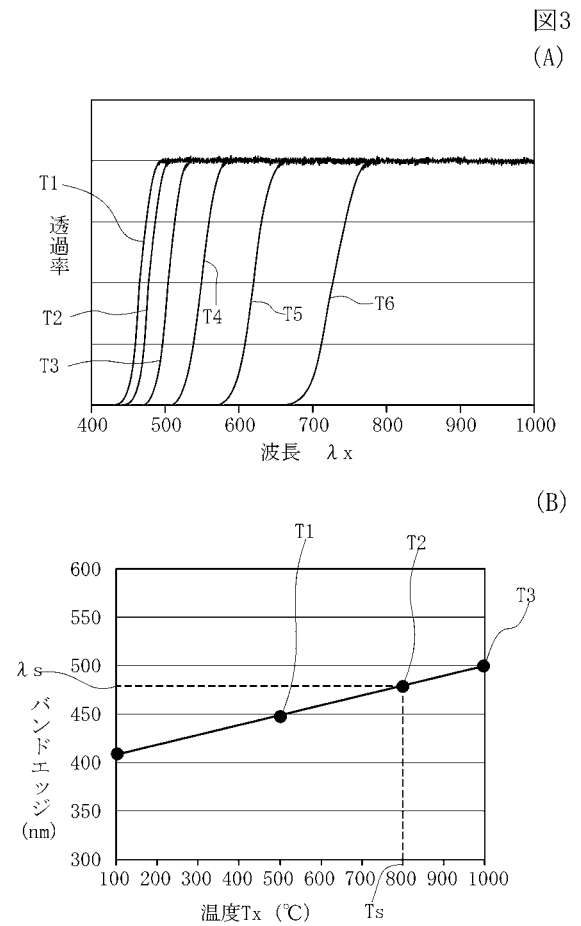
【図1】



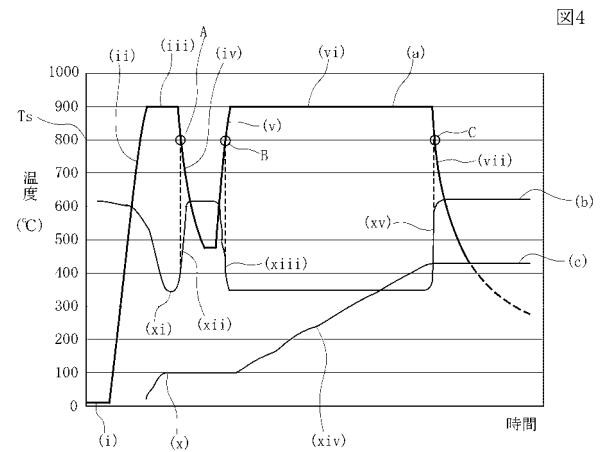
【図2】



【図3】



【図4】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-122480(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/205

G01J 5/00

H01L 21/203