

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6315285号
(P6315285)

(45) 発行日 平成30年4月25日(2018.4.25)

(24) 登録日 平成30年4月6日(2018.4.6)

(51) Int.Cl. F I
 HO 1 L 21/677 (2006.01) HO 1 L 21/68 A
 HO 1 L 21/205 (2006.01) HO 1 L 21/205

請求項の数 12 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2015-92441 (P2015-92441)
 (22) 出願日 平成27年4月29日(2015.4.29)
 (65) 公開番号 特開2016-213218 (P2016-213218A)
 (43) 公開日 平成28年12月15日(2016.12.15)
 審査請求日 平成29年4月14日(2017.4.14)

(73) 特許権者 000190149
 信越半導体株式会社
 東京都千代田区大手町二丁目2番1号
 (74) 代理人 100131048
 弁理士 張川 隆司
 (72) 発明者 山田 透
 群馬県安中市磯部二丁目13番1号 信越
 半導体株式会社 磯部工場内
 審査官 儀同 孝信

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エピタキシャルウェーハの製造方法及び気相成長装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

サセプタに基板を載置した載置位置を前記サセプタに載置される複数の前記基板からそれぞれ測定し、測定した複数の前記載置位置から前記載置位置の平均位置を算出する算出工程と、

前記基板を搬送する搬送ロボットから前記サセプタに向けて前記基板を搬送するために前記搬送ロボットが停止する停止位置を調節する調節工程と、を備え、

前記調節工程は、前記サセプタに前記基板を載置すべき目標位置と前記平均位置の差をなくすように、前記停止位置を調節することを特徴とするエピタキシャルウェーハの製造方法。

【請求項2】

前記算出工程は、前記基板が前記サセプタに載置される毎に前記載置位置を測定して前記平均位置を算出する請求項1に記載のエピタキシャルウェーハの製造方法。

【請求項3】

前記目標位置は、前記サセプタと前記基板の中心が一致する位置である請求項1又は2に記載のエピタキシャルウェーハの製造方法。

【請求項4】

前記サセプタは軸線回りに回転可能であり、前記基板が載置されるザグリ部を有し、

前記目標位置は、前記ザグリ部と前記基板の中心が一致する位置である請求項1ないし3のいずれか1項に記載のエピタキシャルウェーハの製造方法。

【請求項 5】

前記算出工程は、

前記ザグリ部に載置した前記基板の中心から外周に向かう方向に位置する前記ザグリ部と前記基板との隙間を含む領域を撮像領域とし、前記サセプタを前記軸線回りに回転させて前記撮像領域を通過する前記隙間の撮像画像を撮像する撮像工程と、

前記撮像画像から前記基板の周方向における前記隙間の幅の変動を取得し、前記変動に基づき前記載置位置を測定する測定工程と、

を備える請求項 4 に記載のエピタキシャルウェーハの製造方法。

【請求項 6】

前記撮像工程は、前記サセプタを複数回回転させて前記隙間を撮像し、

前記測定工程は、前記サセプタが回転する毎に前記変動を取得し、取得した複数の前記変動の平均に基づき前記載置位置を測定する請求項 5 に記載のエピタキシャルウェーハの製造方法。

【請求項 7】

前記調節工程は、前記差が予め設定した閾値以上の場合は前記停止位置を調節し、前記差が閾値に満たない場合は前記停止位置を調節しない請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載のエピタキシャルウェーハの製造方法。

【請求項 8】

基板を載置するサセプタと、

前記基板を搬送する搬送ロボットと、

前記搬送ロボットから前記サセプタに前記基板を搬送するために前記搬送ロボットが停止する停止位置を制御する制御部と、を備え、

前記制御部は、

前記サセプタに前記基板を載置した載置位置を前記サセプタに載置された複数の前記基板からそれぞれ測定し、測定した複数の前記載置位置から前記載置位置の平均位置を算出する算出手段と、

前記サセプタに前記基板を載置すべき目標位置と前記平均位置の差をなくすように、前記搬送ロボットの前記停止位置を調節する調節手段と、

を有することを特徴とする気相成長装置。

【請求項 9】

前記算出手段は、前記基板が前記サセプタに載置される毎に前記載置位置を測定して前記平均位置を算出する請求項 8 に記載の気相成長装置。

【請求項 10】

前記目標位置は、前記サセプタと前記基板の中心が一致する位置である請求項 8 又は 9 に記載の気相成長装置。

【請求項 11】

前記サセプタは軸線回りに回転可能であり、前記サセプタと中心が一致するザグリ部を有し、前記ザグリ部には前記基板が載置され、

前記目標位置は、前記ザグリ部と前記基板の中心が一致する位置である請求項 10 に記載の気相成長装置。

【請求項 12】

前記ザグリ部に載置した前記基板の中心から外周に向かう方向に位置する前記ザグリ部と前記基板との隙間を含む領域を撮像領域とする撮像装置を備え、

前記算出手段は、

前記サセプタを前記軸線回りに回転させて前記撮像領域を通過する前記隙間の撮像画像を前記撮像装置から取得する撮像手段と、

前記撮像画像から前記隙間の幅の変動を取得し、前記変動に基づき前記載置位置を測定する測定手段と、

を備える請求項 11 に記載の気相成長装置。

【発明の詳細な説明】

10

20

30

40

50

【技術分野】

【0001】

本発明は、エピタキシャルウェーハの製造方法及び気相成長装置に関する。

【背景技術】

【0002】

気相成長装置（エピタキシャル成長装置）を用いた成長させたエピタキシャル層において、膜厚分布は最も重要な特性の1つである。例えば、エピタキシャル層の膜厚分布にばらつきが生じたエピタキシャルウェーハをもとに大規模回路を有する半導体デバイスを作製しようとする、大規模回路を転写する露光工程でデフォーカスを引き起こす原因となる。また、このような膜厚分布のエピタキシャルウェーハをパワー半導体に用いると、パ

10

【0003】

エピタキシャル層の膜厚の均一を高めるには、エピタキシャル層の成長速度を均一にする必要がある。この成長速度は、エピタキシャル層の原料分子がエピタキシャル層を成長させる基板表面に供給される供給速度と、その基板表面での原料分子の反応速度により決まる。そのため、一般的な気相成長装置では、次のように構成される場合が多い。例えば、基板を加熱する加熱装置を複数の領域に分けて配置することで、基板の温度分布を調節可能にする。また、エピタキシャル層の原料ガスを供給する供給口を複数の領域に分けて配置することで、原料ガスの供給速度を領域ごとに調節可能にする。

20

【0004】

また、このような気相成長装置では、エピタキシャル層を成長する基板（被処理基板）の周辺部と周辺部以外で原料ガスの流れが同じような環境となるように基板を載置するサセプタに基板を収める凹部が形成される。この凹部は、基板とほぼ等しい形状にサセプタの表面がくり貫かれることで形成され、基板は通常その凹部に収められる。基板が凹部に収められた状態において、基板の表面とその基板を取り囲むように位置するサセプタの表面は面一状に位置し、基板の周辺部とその周辺部の内側（周辺部以外）での原料ガスの流れがほぼ等しい環境となる。

【0005】

サセプタに形成される凹部は、基板と同じ寸法であることが好ましい。しかし、基板の寸法には個体差があり、サセプタの寸法にもサセプタ作製上で誤差が生じる。また、基板をサセプタの上方に搬送する搬送ロボットにおいても、サセプタの上方に停止する搬送ロボットの停止位置に誤差が生じる。更に、搬送ロボットからサセプタに基板を搬送するために基板の裏面を支持した状態で基板をサセプタに向けて下降させるリフトピン上で基板の位置がずれる場合もある。よって、このような事情を考慮し、凹部は基板の寸法より十分に大きくせざるを得ない。そのため、基板が載置された凹部を上から見ると、凹部の中央は基板で覆われる一方で、凹部が僅かに露出する基板の周囲には、例えば、環状の溝（隙間）が形成される。

30

【0006】

このような装置で、仮に基板が凹部の中心に載置されていない場合には、基板の周囲に幅が不均一な溝が形成され、この溝が原料ガスの流れを乱し、基板の周辺部におけるエピタキシャル層の成長速度を不均一にする。

40

【0007】

そこで、基板を凹部に載置する場合には、基板の周囲に幅が均一な溝ができるように所定の位置（例えば、凹部の中心）に載置させる必要がある。基板を所定の位置に載置させる方法として、特許文献1では、正常な位置に載置されていない基板を正常な位置に載置し直す方法を開示している。また、特許文献2では、基板の温度分布により基板の位置のずれを評価し、特許文献3では、基板に成長するエピタキシャル層の膜厚分布により基板の位置ずれを評価している。そして、特許文献2、3では、評価した位置ずれからサセプタの上方に停止する搬送ロボットの位置を調節した上でサセプタに基板を載置する方法を開

50

示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開平6 - 29224号公報

【特許文献2】特開2013 - 84943号公報

【特許文献3】特開2014 - 127595号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかし、サセプタに載置した基板の位置のずれには、複数の原因がある。例えば、室温の基板が高温の反応炉内に搬入されると基板の温度が急激に変化して基板が反るため、サセプタに載置する基板の位置がずれてしまう。また、基板の熱膨張、搬送口ポットからサセプタに基板を移動させるリフトピンのぐらつき、更にはサセプタの回転開始の加速度などの複数の原因によりサセプタに載置した基板の位置がずれる。したがって、サセプタに載置した基板の位置のずれは再現性が乏しく、特許文献1のように基板を載置し直しても基板が所定の位置に近づくとは限らない。また、特許文献2及び3のようにある要素に基づき基板の位置ずれを評価して搬送口ポットの位置を調節する場合でも、基板の位置ずれの再現性が乏しいことから、載置される基板の位置が適切になるとは限らない。

【0010】

本発明の課題は、サセプタに載置させる基板の位置を適切に調節可能なエピタキシャルウェーハの製造方法及び気相成長装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段及び発明の効果】

【0011】

本発明のエピタキシャルウェーハの製造方法は、

サセプタに基板を載置した載置位置をサセプタに載置される複数の基板からそれぞれ測定し、測定した複数の載置位置から載置位置の平均位置を算出する算出工程と、

基板を搬送する搬送口ポットからサセプタに向けて基板を搬送するために搬送口ポットが停止する停止位置を調節する調節工程と、を備え、

調節工程は、サセプタに基板を載置すべき目標位置と平均位置の差をなくすように、停止位置を調節することを特徴とする。

【0012】

本発明によれば、サセプタに載置した基板の載置位置の平均である平均位置を算出し、その平均位置とサセプタに基板を載置すべき目標位置との差をなくすように搬送口ポットが停止する停止位置を調節する。つまり、基板の載置位置の平均を算出することで、再現性のない基板の位置ずれに一定の指標を持たせることができる。そのため、この指標に基づいて搬送口ポットの位置を調節することで、搬送口ポットの位置を適切に調節することが可能となる。

【0013】

本発明の実施態様では、

算出工程は、基板がサセプタに載置される毎に載置位置を測定して平均位置を算出する。

【0014】

これによれば、載置位置の平均である平均位置を算出するための母集団の数を多くでき、平均位置の精度を高めることができる。

【0015】

本発明の実施態様では、目標位置は、サセプタと基板の中心が一致する位置である。より具体的には、サセプタは軸線回りに回転可能であり、基板が載置されるザグリ部を有し、目標位置は、ザグリ部と基板の中心が一致する位置である。

【0016】

10

20

30

40

50

このような目標位置に載置される基板に対してエピタキシャル層を成長すると、その基板の周辺部で成長するエピタキシャル層の膜厚分布を良好にすることが可能となる。よって、この目標位置を目指して搬送ロボットの停止位置が調節されると、搬送ロボットから搬送される基板を目標位置に載置させることが可能となる。その結果、サセプタ上に搬送された基板に膜厚分布の良好なエピタキシャル層を成長することが可能となる。

【0017】

本発明の実施態様では、

算出工程は、

ザグリ部に載置した基板の中心から外周に向かう方向に位置するザグリ部と基板との隙間を含む領域を撮像領域とし、サセプタを軸線回りに少なくとも1回転させて撮像領域を通過する隙間の撮像画像を撮像する撮像工程と、

10

撮像画像から基板の周方向における隙間の幅の変動を取得し、変動に基づき載置位置を測定する測定工程と、

を備える。

【0018】

これによれば、基板を載置したサセプタを少なくとも1回転させることで、基板の周囲に位置する隙間を撮像でき、撮像した隙間から基板の周方向における隙間の幅の変動を取得できる。例えば、基板とザグリ部の中心が一致する場合は基板の周方向で隙間の幅は変動しない。よって、基板の周方向で隙間の幅が変動する大きさと周期等からザグリ部の中心に対する基板の中心位置を算出でき、ザグリ部に載置される基板の載置位置を測定できる。

20

【0019】

本発明の実施態様では、

撮像工程は、サセプタを複数回回転させて隙間を撮像し、

測定工程は、サセプタが1回回転する毎に変動を取得し、取得した複数の変動の平均に基づき載置位置を測定する。

【0020】

これによれば、幅の変動の平均から載置位置を測定するため、載置位置の測定精度を高めることができる。

【0021】

本発明の実施態様では、

調節工程は、差（平均位置と目標位置との差）が予め設定した閾値以上の場合は停止位置を調節し、差が閾値に満たない場合は停止位置を調節しない。

30

【0022】

これによれば、閾値を設定することで調節が必要な場合に搬送ロボットの停止位置を調節することが可能となる。

【0023】

また、本発明の気相成長装置は、

基板を載置するサセプタと、

基板を搬送する搬送ロボットと、

搬送ロボットからサセプタに基板を搬送するために搬送ロボットが停止する停止位置を制御する制御部と、を備え、

40

制御部は、

サセプタに基板を載置した載置位置をサセプタに載置された複数の基板からそれぞれ測定し、測定した複数の載置位置から載置位置の平均位置を算出する算出手段と、

サセプタに基板を載置すべき目標位置と平均位置の差をなくすように、停止位置を調節する調節手段と、

を有することを特徴とする。

【0024】

本発明は、気相成長装置として構成した発明である（前述の発明はエピタキシャルウエ

50

一八の製造方法として構成した発明である)。前述のエピタキシャルウェーハの製造方法の発明と同様に、再現性のない基板の位置ずれの指標に平均位置を採用し、平均位置に基づいて搬送ロボットの位置を調節することで、搬送ロボットを適切に調節することが可能となる。

【0025】

本発明の実施態様では、

算出手段は、基板がサセプタに載置される毎に載置位置を測定して平均位置を算出する

【0026】

これによれば、基板がサセプタに載置される毎に載置位置が測定され、載置位置の平均である平均位置を算出するための母集団の数を多くでき、平均位置の精度を高めることができる。

10

【0027】

本発明の実施態様では、目標位置は、サセプタと基板の中心が一致する位置である。より具体的には、サセプタは軸線回りに回転可能であり、サセプタと中心が一致するザグリ部を有し、ザグリ部には基板が載置され、目標位置は、ザグリ部と基板の中心が一致する位置である。

【0028】

これによれば、この目標位置を目指して搬送ロボットの停止位置が調節されると、搬送ロボットから搬送される基板が目標位置に載置可能となり、膜厚分布の良好なエピタキシャル層を成長することが可能となる。

20

【0029】

本発明の実施態様では、

ザグリ部に載置した基板の中心から外周に向かう方向に位置するザグリ部と基板との隙間を含む領域を撮像領域とする撮像装置を備え、

算出手段は、

サセプタを軸線回りに少なくとも1回転させて撮像領域を通過する隙間の撮像画像を撮像装置から取得する撮像手段と、

撮像画像から隙間の幅の変動を取得し、変動に基づき載置位置を測定する測定手段と、を備える。

30

【0030】

これによれば、基板を載置したサセプタを少なくとも1回転させることで基板の周囲に位置する隙間を撮像でき、撮像した隙間から基板の周方向における隙間の幅の変動を取得できる。よって、基板の周方向で隙間の幅が変動する大きさと周期等から基板の中心を算出し、サセプタに載置される基板の載置位置を測定できる。

【図面の簡単な説明】

【0031】

【図1】本発明の気相成長装置の一例を示す模式断面図。

【図2A】図1のサセプタに基板を載置した一例を示す模式平面図。

【図2B】図2Aに示される撮像領域の部分拡大図。

40

【図3】ザグリ部と基板との間の隙間を撮像した撮像画像の一例。

【図4】図1の気相成長装置の搬送ロボットの一例を示す模式図。

【図5】図1の気相成長装置の制御部の一例を示すブロック図。

【図6】基板の中心から基板の外周に向かう方向に位置する基板外周の位置及びザグリ部の内壁位置を基板の周方向に沿って示したグラフ。

【図7】実施例においてサセプタに載置した基板の中心から基板の外周に向かう方向に位置する基板外周の位置と同じ方向に位置するザグリ部の内壁位置との距離を示したグラフ。

【図8】図5のROMに格納された算出プログラム等の処理を示すフローチャート。

【図9】図5のROMに格納された位置プログラム等の処理を示すフローチャート。

50

【図10A】実施例においてサセプタに基板を載置する毎に測定した基板の載置位置の測定結果を示す図（搬送ロボットの位置は調節することなく基板を載置した載置位置の測定結果）。

【図10B】図10Aの測定結果をもとに算出した平均位置に基づき搬送ロボットの位置を調節した後、サセプタに基板を載置する毎に測定した基板の載置位置の測定結果を示す実施例の図。

【図11】直前にサセプタに基板を載置した基板の載置位置に基づき次に基板を搬入する際の搬送ロボットの位置を調節してサセプタに基板を載置した基板の載置位置の測定結果を示す比較例1の図。

【図12】サセプタに基板を載置する載置位置を目標位置から意図的にずらした状態でサセプタに載置した基板の載置位置の測定結果と、測定した載置位置の中で目標位置から大きく離れたものに対して大きく離れた載置位置に基づき搬送ロボットの位置を調節して基板を載置し直した載置位置の測定結果を示す比較例2の図。

【発明を実施するための形態】

【0032】

図1は本発明の気相成長装置1の一例を示す。気相成長装置1により、例えば、成長用基板となるシリコン単結晶ウェーハ（基板W）にシリコン単結晶膜（エピタキシャル層）を気相成長させ、シリコンエピタキシャルウェーハが製造される。

【0033】

気相成長装置1は、透明石英製の天板2aを有する反応炉2を備える。反応炉2の内部には、サセプタ3とサセプタ3を支持する支持部4が配置され、支持部4にはサセプタ3を駆動させる駆動部5が接続する。

【0034】

サセプタ3は円盤状に形成され、サセプタ3の表面には基板Wの直径より大きな円盤状に窪むザグリ部3aが備わり、鉛直方向に伸びる軸線O回りに回転可能に反応炉2内に配置される。サセプタ3を上から見た図2Aに示すようにサセプタ3とザグリ部3aは中心Cを軸とするように同心円状に位置する。ザグリ部3aには基板Wが載置され、ザグリ部3aは、載置された基板Wの外周Waに対向する環状の内壁3a1を有する。ザグリ部3aに基板Wが載置された状態で基板Wの中心C1から外周Waに向かう方向に位置する外周Waと内壁3a1の間には幅W1の隙間Sが形成される。図2Aでは、隙間Sは、基板Wの周囲において幅W1が不均一となる環状に形成される。サセプタ3は、ザグリ部3aと基板Wとの間に隙間Sを有した状態で基板Wを水平又は略水平に支持する。

【0035】

図1に戻って、支持部4はサセプタ3の裏面側からサセプタ3を水平又は略水平に支持するように配置される。支持部4は、鉛直方向に伸びて先端がサセプタ3に接続する支柱4aと、支柱4aに取り付けられ、軸線O回りに回転するサセプタ3の回転角を検出する角度センサー4bが備わる。角度センサー4bとしては、例えば、軸線O上に中心が位置して外周部にスリットを有する円板を支柱4aに取り付け、その円板の表裏から円板の外周部を挟むように発光部と受光部を配置して構成される。そして、光がスリットを通過した時間を基準にサセプタ3の回転角を検出する。受光部と発光部には、例えば、フォトインタラプタを用いればよい。他にも角度センサー4bとしては、例えば、ロータリーエンコーダを用いてサセプタ3の回転角をより正確に検出してもよい。

【0036】

また、駆動部5は支柱4aの下部に接続し、支柱4aを上下動及び支柱4aを軸線O回りに回転駆動させることが可能な駆動手段（例えば、モーター）として構成される。軸線O上には、例えば、サセプタ3及びザグリ部3aの中心Cが位置し、駆動部5が軸線O回りに支柱4aを回転させると、支柱4aと一緒にサセプタ3が軸線O回りに回転する。

【0037】

次に反応炉2の外側には、反応炉2の左右にガス供給管6及びガス排出管7が配置されるとともに、反応炉2を収容するように反応炉2を覆うケース8が配置される。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 8 】

ガス供給管 6 は、反応炉 2 の水平方向の一端側（図示左側）に位置し、反応炉 2 内に各種のガスを略水平に供給する。ガス供給管 6 は、反応炉 2 に供給されるガスの入口となるガス供給口 6 a を有する。気相成長時にはガス供給口 6 a から反応炉 2 内に気相成長ガス G が供給される。気相成長ガス G は、シリコン単結晶膜（エピタキシャル層）の原料となる原料ガスと、原料ガスを希釈するキャリアガスと、単結晶膜に導電性を付与するドーパントガスを含む。原料ガスとしてはトリクロロシラン（TCS）等のシラン系ガス、キャリアガスとしては水素ガス、ドーパントガスとしては、例えば、ボロンやリン等を含むガスが気相成長中に供給される。

【 0 0 3 9 】

ガス排出管 7 は反応炉 2 の水平方向の他端側（図示右側）に位置し、反応炉 2 に供給されたガス等の出口となるガス排出口 7 a を有する。基板 W を通過した気相成長ガス G とパージガス等がガス排出口 7 a から反応炉 2 の外に排出される。

【 0 0 4 0 】

ケース 8 は、内部に反応炉 2 を収容するように反応炉 2 を覆って位置し、ケース 8 と反応炉 2 の間に形成される空間にランプ 9 とリフレクタ 1 0 と撮像装置 1 1 を備える。

【 0 0 4 1 】

ランプ 9 は反応炉 2 の上下に複数配置され、気相成長時に反応炉 2 内を加熱して反応炉 2 内に位置する基板 W 等の温度を調節する熱源である。

【 0 0 4 2 】

リフレクタ 1 0 はランプ 9 と反応炉 2 を取り囲むように反応炉 2 の上下に位置し、ランプ 9 からの光を反応炉 2 内に導く。反応炉 2 の下部に位置するリフレクタ 1 0 は図示逆さ M 字状に配置され、反応炉 2 の上部に位置するリフレクタ 1 0 は、図示 M 字状に配置されるとともに、その M 字状の中央部から図示上方に突出するように配置される。また、逆さ M 字状及び M 字状のリフレクタ 1 0 には表裏を貫通する開口 1 0 a が形成される。

【 0 0 4 3 】

撮像装置 1 1 は、図示 M 字状のリフレクタ 1 0 の上方に位置し、反応炉 2 内を撮像するカメラ 1 1 a とカメラ 1 1 a を保護する保護管 1 1 b を備える。カメラ 1 1 a は、リフレクタ 1 0 の開口 1 0 a と反応炉 2 の透明な天板 2 a を通して反応炉 2 内を撮像する。具体的には、図 2 A に示すようにザグリ部 3 a に載置した基板 W の中心 C 1 から外周 W a に向かう方向に位置する隙間 S がカメラ 1 1 a により撮像される。図 2 A において、四角で囲まれた領域 R がカメラ 1 1 a により撮像される撮像領域 R の一例であり、図 2 B には撮像領域 R の拡大図が示され、カメラ 1 1 a により隙間 S の幅 W 1 を測定可能な撮像画像（動画等）を撮像する。図 3 には撮像画像の一例が示され、図示左側が基板 W、図示右側がサセプタ 3 であり、基板 W とサセプタ 3 の間に隙間 S（ザグリ部 3 a が露出した部分）が位置する。隙間 S の幅 W 1 の距離を測定する精度を確保するため、撮像領域 R における隙間 S の幅 W 1 の平均距離が 1 0 ピクセル以上となるように設定して撮像するとよい。また、カメラ 1 1 a のレンズの前には過剰な光がカメラ 1 1 a に入らないように反射型の ND フィルタと赤外線吸収フィルタを設けてもよい。

【 0 0 4 4 】

図 1 に戻って、保護管 1 1 b は筒状に形成され、カメラ 1 1 a を囲むように位置する。保護管 1 1 b は、反応炉 2 を加熱する熱等からカメラ 1 1 a を保護する。反応炉 2 を加熱する熱等によりカメラ 1 1 a の温度が上昇しないように保護管 1 1 b 内には冷却用の空気又は窒素を常に流通させるとよい。

【 0 0 4 5 】

また、図 4 に示すように気相成長装置 1 には、反応炉 2 内に基板 W を搬入する搬送ロボット 1 2 が備わる。搬送ロボット 1 2 は、例えば、基板 W を載置するブレード 1 2 a と、ブレード 1 2 a に接続するアーム 1 2 b と、アーム 1 2 b を伸縮させる可動機構 1 2 c と、アーム 1 2 b を回転させる回転機構 1 2 d を備える。ブレード 1 2 a は、例えば、二股状に形成され、ブレード 1 2 a の上面に基板 W が載置される。アーム 1 2 b は、伸縮機構

10

20

30

40

50

12cにより水平方向に伸縮可能となるとともに、回転機構12dにより軸線O1回りに回転可能となる。搬送ロボット12は、アーム12bの伸縮、回転を駆使してブレード12aに載置した基板Wをサセプタ3の上方に搬送する。

【0046】

図5に示すように角度センサー4b、駆動部5、カメラ11a及び搬送ロボット12は、それらを各々制御する制御部13に電氣的に接続される。制御部13は、例えば、上記各部を制御する制御用のコンピュータ13aとして構成される。図5に示すようにコンピュータ13aは、CPU14、RAM15、ROM16を備え、それらがバス17でI/Oポート18(入出力インターフェース)に接続される。また、I/Oポート18には、角度センサー4b、駆動部5、カメラ11a及び搬送ロボット12が接続される。

10

【0047】

CPU14は、角度センサー4b、駆動部5、カメラ11a及び搬送ロボット12等とのデータ通信及びデータ通信で取得したデータ等の情報処理の全般を司る。CPU14には、例えば、サセプタ3が所定角回転する毎にサセプタ3の回転角(位置)を示す位置信号が角度センサー4bから出力される。RAM15はCPU14の作業領域として機能する揮発性の記憶部である。ROM16は、角度センサー4b、駆動部5、カメラ11a及び搬送ロボット12等とのデータ通信及び通信したデータを処理するために必要なデータやソフトウェア(プログラム)を記憶する不揮発性の記憶部である。

【0048】

ROM16にはサセプタ3を回転させる駆動部5のプログラムとして、駆動部5を制御する駆動プログラム16aが格納される。カメラ11aに関するプログラムとしては、カメラ11aから入力される撮像画像から隙間Sの幅W1を算出する算出プログラム16bがROM16に格納される。また、搬送ロボット12に関するプログラムとして、搬送ロボット12の位置を制御する位置プログラム16cがROM16に格納される。

20

【0049】

算出プログラム16bは、サセプタ3を回転させた状態で撮像領域Rを通過する隙間Sをカメラ11aが撮像した複数の撮像画像から基板Wの周方向における隙間Sの幅W1の変動(幅W1の長さの変動)を取得する。具体的には、図2B及び図3に示すような撮像画像をサセプタ3が軸線O回りに回転する間に複数撮像する。そして、撮像画像から図2B及び図3に示す距離L1、L2を算出する。距離L1は、撮像領域R(図2B参照)の図示左端の所定位置からザグリ部3aの内壁3a1までの距離であり、距離L2は、距離L1と同じ所定位置から基板Wの外周Waまでの距離である。そのため、距離L1から距離L2を減算した距離が隙間Sの幅W1となる。なお、コンピュータ13aを用いて撮像画像から距離L1、L2を算出する以外にも撮像画像の画像処理にプログラマブルロジックコントローラと専用の画像処理システムを組み合わせると距離L1、L2を算出してもよい。

30

【0050】

図6は、サセプタ3が1回転する間に撮像した複数の撮像画像から距離L1、L2をプロットしたグラフを示す。図6の縦軸の距離は距離L1、L2の長さを示し、距離L1がザグリ部3aの内壁3a1位置を示し、距離L2が基板Wの外周Wa位置を示す。また、図6の横軸の回転角は、距離L1、L2を算出した基板Wの中心C1回りの外周Waと内壁3a1の位置を示す。距離L1をプロットしたグラフでは、サセプタ3の回転中心(軸線O)とサセプタ3(ザグリ部3a)の中心Cが一致すると平坦な直線のグラフになるのに対し、両者が一致しないとほぼ正確な三角関数のグラフとなる。また、距離L2をプロットしたグラフでは、サセプタ3の回転中心(軸線O)と基板Wの中心C1が一致すると平坦な直線のグラフになるのに対し、両者が位置しないとほぼ正確な三角関数のグラフとなる。

40

【0051】

したがって、図6に示すような基板Wの周方向において距離L1をプロットしたグラフの振幅と位相からサセプタ3の中心Cとサセプタ3の回転中心(軸線O)との位置ずれを

50

(ずれた距離と方向)を算出できる。また、距離 L_2 をプロットしたグラフの振幅と位相から基板 W の中心 C_1 とサセプタ 3 の回転中心(軸線 O)との位置ずれを算出できる。そして、図 7 に示すように距離 L_1 から距離 L_2 を減算した距離を図 6 と同様にプロットしたグラフから基板 W の中心 C_1 とサセプタ 3 の中心 C の位置ずれを算出できる。なお、図 6 に示すグラフは、サセプタ 3 が 1 回転する毎に取得できるため、サセプタ 3 を複数回転させて複数のグラフを取得し、複数のグラフから平均したグラフを生成等することで、位置ずれを精度よく算出できる。

【0052】

算出プログラム $16b$ では、サセプタ 3 の中心 C と基板 W の中心 C_1 が一致するように基板 W が載置される位置を目標位置として、サセプタ 3 に載置した基板 W の載置位置を目標位置との位置ずれにより算出する。即ち、図 7 に示すグラフに基づいて算出される基板 W の中心 C_1 とサセプタ 3 の中心 C の位置ずれによりサセプタ 3 に載置された基板 W の載置位置を算出する。基板 W の載置位置は、例えば、サセプタ 3 に基板 W が載置される毎に測定され、算出プログラム $16b$ により、測定した複数の載置位置から載置位置の平均位置が算出される。なお、目標位置を分かり易くいえば、平面視でサセプタ 3 の中心 C と基板 W の中心 C_1 が一致する位置である。

10

【0053】

位置プログラム $16c$ は、基板 W を保持して反応炉 2 内に進入した搬送ロボット 12 からサセプタ 3 に基板 W を搬送するために搬送ロボット 12 が停止する停止位置を調節する。搬送ロボット 12 は、ブレード $12a$ に載置した基板 W をサセプタ 3 に搬送する場合、サセプタ 3 上方に停止する。そして、停止した搬送ロボット 12 のブレード $12a$ から基板 W がリフトピンに受け渡され、リフトピンにより基板 W がサセプタ 3 に搬送される。位置プログラム $16c$ では、基板 W をサセプタ 3 に載置すべき目標位置と算出プログラム $16b$ で算出した平均位置との差がなくなるように、搬送ロボット 12 がサセプタ 3 の上方で停止する停止位置を調節する。

20

【0054】

次に図 8 及び図 9 のフローチャートを参照して前述の各種プログラムの内容を説明する。図 8 の処理は、サセプタ 3 に載置された基板 W から基板 W の載置位置とその載置位置の平均位置を算出する処理である。CPU 14 がRAM 15 のワークメモリを作業領域として駆動プログラム $16a$ 、算出プログラム $16b$ を実行する処理である。

30

【0055】

サセプタ 3 に基板 W が載置されると、CPU 14 は、駆動部 5 を通じてサセプタ 3 を軸線 O 回りに回転させるとともに、カメラ $11a$ に撮像領域 R を通過する隙間 S の撮像画像を撮像させる($S1$)。CPU 14 には、カメラ $11a$ から撮像画像が画像データとして逐次送信され、CPU 14 は送信された画像データをRAM 15 に格納する($S2$)。CPU 14 は格納した各画像データから図 $2B$ 及び図 3 に示す距離 L_1 、 L_2 を算出し、複数の撮像画像から距離 L_1 、 L_2 をプロットしたグラフを生成する(図 6 参照)。CPU 14 は生成したグラフから基板 W の中心 C_1 がサセプタ 3 の中心 C からずれた距離と方向を算出し、サセプタ 3 に載置された基板 W の載置位置を示す位置データをRAM 15 に格納する($S3$)。RAM 15 に既に測定された位置データがある場合($S4:Yes$)は、複数の位置データから基板 W の載置位置の平均となる平均位置を算出する。この処理は、例えば、基板 W がサセプタ 3 に載置される毎に繰り返し実行され、平均位置は載置位置を測定する毎に更新され、RAM 15 に格納される。この処理は本発明の算出手段に相当する。

40

【0056】

図 9 の処理は、基板 W を搬送する搬送ロボット 12 が反応炉 2 に進入し、搬送ロボット 12 からサセプタ 3 に基板 W を搬送するために搬送ロボット 12 が停止する停止位置を調節する処理である。CPU 14 がRAM 15 のワークメモリを作業領域として位置プログラム $16c$ 等を実行する処理である。

【0057】

50

例えば、図8のS5の処理によりRAM15に平均位置を示すデータが格納、又は更新されると、CPU14は、図9のS11で平均位置を算出する母集団となる載置位置の測定回数が一定回数以上であるかを判定する。測定回数が一定回数に満たないと(S11:No)、平均を算出する際の母集団の数が少ないので処理を終える。一方、載置位置の測定回数が一定回数以上であると(S11:Yes)、S12でRAM15に格納された平均位置とサセプタ3に載置すべき基板Wの目標位置との差が予め定めた閾値以上であるかを判定する。差が閾値に満たないと(S12:No)、平均位置と目標位置が近いとして処理を終える。平均位置と目標位置の差が閾値以上である場合(S12:Yes)、S13に進む。S13では、基板Wの平均位置と目標位置との差がなくなるように、搬送ロボット12の停止位置を修正する修正量が所定量以上であるかを判定する。修正量が所定量以上である場合(S13:Yes)、修正量を異常値として処理を終える。一方、修正量が所定量未満であると(S13:No)、S14で、これまでに搬送ロボット12の停止位置を修正した修正量の積算修正量が所定の積算量以上であるかを判定する。積算修正量が所定の積算量以上の場合(S14:Yes)、積算修正量の異常として処理を終える。一方、積算修正量が所定の積算量未満であると(S14:No)、基板Wの平均位置と目標位置との差がなくなるように、搬送ロボット12の停止位置を調節し(S15)、処理を終える。

【0058】

図9の一連の処理は、例えば、基板Wの載置位置の平均である平均位置が更新される毎に繰り返し実行される。平均位置のもとになる載置位置の測定回数が不十分な場合には搬送ロボット12の位置を調節しないため、妥当な測定結果を元に搬送ロボット12の位置を調節できる。また、搬送ロボット12の停止位置を調節する修正量に異常値が生じる場合は、搬送ロボット12の位置の調節を回避できる。図9の処理に示すように異常値に対する保護アルゴリズムを付加することが好ましい。この処理は本発明の調節手段に相当する。

【0059】

以上のように構成された気相成長装置1によりエピタキシャルウェーハを作製する場合には、先ず反応炉2内に基板Wを搬入してサセプタ3上に載置する。サセプタ3に基板Wが載置されると、駆動部5がサセプタ3を回転させ、回転するサセプタ3に載置した基板Wの周囲の隙間Sをカメラ11aが撮像する。カメラ11aが撮像した複数の撮像画像から基板Wの中心C1とザグリ部3aの中心Cとの位置ずれを算出し、基板Wの載置位置を算出する。そして、サセプタ3に載置された基板Wにエピタキシャル層を成長させ、エピタキシャルウェーハを作製する。作製したエピタキシャルウェーハは、リフトピンによりサセプタ3から搬送ロボット12に運ばれ、反応炉2の外に搬送される。その後、新たな基板Wが搬送ロボット12により反応炉2内に搬送され、基板Wをサセプタ3に載置すると載置位置と載置位置の平均(平均位置)を算出する。そして、先ほどと同様に基板Wにエピタキシャル層を成長する。このような工程を繰り返すことで、搬送ボックスに収納される複数の基板Wに対してエピタキシャル層を成長し、複数のエピタキシャルウェーハを作製する。

【0060】

エピタキシャルウェーハを作製する際にサセプタ3に載置する基板Wは、サセプタ3上の目標位置からずれてサセプタ3に載置される場合がある。この位置ずれの原因には、基板Wの反り、基板Wの熱膨張、リフトピンのぐらつき等、種々の要因が挙げられるため、サセプタ3に載置した基板Wの位置ずれは再現性に乏しい。そのため、例えば、直前の起きた基板Wの位置ずれを目安に搬送ロボット12の停止位置を補正しても、次回の位置ずれの要因が直前に起きた位置ずれの要因と異なる場合は、搬送ロボット12の停止位置を適切に調節できない。

【0061】

したがって、本実施態様では、サセプタ3に載置した基板Wの載置位置について載置位置の平均である平均位置を算出することで、再現性のない基板Wの位置ずれに指標をもた

10

20

30

40

50

せた。そして、その指標となる平均位置に基づき搬送ロボット12の位置を調節することで、搬送ロボット12の位置を適切に調節することが可能となる。

【実施例】

【0062】

以下、実施例及び比較例を挙げて本発明を具体的に説明するが、これらは本発明を限定するものではない。

【0063】

(実施例)

実施例では、気相成長装置1を用いて搬送ボックスに収納された複数の基板W(直径300mmのシリコン単結晶基板)にエピタキシャル層を気相成長した。そして、搬送ロボット12の停止位置を調節する平均位置と目標位置との差の閾値を0.1mmとした。実施例で使用したカメラ11aとしては、受光素子のサイズが4分の1インチ、画素数640×480のモノクロCMOSカメラを採用した。CMOSカメラのレンズには、サセプタ3に載置した基板Wの周辺(外周Waと内壁3a1との隙間Sの周辺)の30×20mmの範囲が撮像できるように、1/2インチフォーマット、焦点距離25mmのレンズを用いた。この時、隙間Sの幅W1は平均約20ピクセルに相当した。そして、レンズの前には透過率5%の反射型NDフィルタと赤外線吸収フィルタを設け、CMOSカメラに過剰な光が進入しないように構成した。また、CMOSカメラを保護する保護管11bとして、外側表面を金メッキの鏡面仕上げにしてランプ9からの熱をできる限り反射できるようにしてCMOSカメラ(カメラ11a)に装着した。なお、保護管11bの内部には毎分15リットルの窒素を流通させてCMOSカメラの温度上昇を防ぐとともに、赤外線吸収フィルタの熱を保護管11bの外に排出するように工夫した。

【0064】

図3にはCMOSカメラで撮像した撮像画像が示される。サセプタ3が軸線O回りに1回転する間に60の撮像画像を取得し、それぞれの画像から距離L1、L2を算出した。距離L1、L2の算出には通常のコンピュータ13aを用いるとともに、独自のアルゴリズムにより基板Wの外周Waとザグリ部3aの内壁3a1を検出した。サセプタ3の回転角を検出する角度センサー4bには、スリットを設けた円板を支柱4aに取付け、スリットをフォトインタラプタで検出した位置を基準位置とし、その基準位置を検出してからの時間に基づきサセプタ3の回転角を検出した。

【0065】

図7は、実施例で使用した基板Wから取得した距離L1から距離L2を減算したデータを、縦軸を距離、横軸を回転角としてプロットしたグラフである。図7のグラフの振幅と位相から基板Wの中心C1(基板Wの載置位置)はサセプタ3の中心C(目標位置)から角度の基準位置から44°の方向に0.27mm離れていることが算出された。同じようにして1つの搬送ボックスに収納される全ての複数の基板Wについて載置位置を測定した結果が図10Aに示される。図10Aにおいて、破線で描かれた円の中心がサセプタ3の中心C(目標位置)であり、図10B、図11及び図12でも同様である。図10Aから基板Wの平均位置(基板Wの中心C1位置の平均)は、サセプタ3の中心C(目標位置)から角度の基準位置から45°の方向に0.59mm離れていることが検出された。

【0066】

ここで、平均位置と目標位置との距離が搬送ロボット12の停止位置を調節する閾値の0.1mmより大きくなったため、平均位置と目標位置との距離がなくなるように搬送ロボット12の停止位置を調節した。そして、停止位置を調節した搬送ロボット12を用いて、先ほどと別の1つの搬送ボックスに収納される基板Wにエピタキシャル層を成長した。図10Bは、停止位置の調節後にサセプタ3に載置した基板Wの載置位置(基板Wの中心C1位置)を測定した結果を示す。図10Bに示すように基板Wの中心C1位置のばらつきは搬送ロボット12の停止位置の調節前とほぼ変わらないのに対し、基板Wの中心C1の載置位置はサセプタ3の中心C位置(目標位置)とほぼ一致した。そのため、搬送ロボット12の位置が適切に調節されていることが分かる。

【0067】

(比較例)

比較例では、実施例と同じ装置を用いて、実施例に続けて以下の実験を行った。

【0068】

比較例1では、基板W(直径300mmのシリコン単結晶基板)を反応炉2に搬入してサセプタ3に載置した後、基板Wの中心C1とサセプタ3の中心Cとの位置ずれを(ずれた距離とずれた方向)を算出した。次にサセプタ3に載置した基板Wを反応炉2の外に取り出し、算出した位置ずれからサセプタ3の上方で停止する搬送ロボット12の停止位置を位置ずれがなくなるように調節して再び基板Wを反応炉2に搬入した。そして、再び、位置ずれを測定して搬送ロボット12の位置を調節するとの操作を計25回繰り返した。図11は、サセプタ3に載置した基板Wの載置位置(基板Wの中心C1)を示す図である。図11では、載置位置の平均位置はサセプタ3の中心にほぼ一致する。しかし、図11に示す比較例1では、基板Wの中心C1位置(基板Wの載置位置)のばらつきが載置位置の平均(平均位置)に基づいて搬送ロボット12の停止位置を調節した実施例(図10B)に比べて大きくなった。比較例1では、基板Wの載置位置(基板Wの中心C1位置)を平均化せず、基板Wを反応炉2に搬入する毎に搬送ロボット12の停止位置を調節している。比較例1のように直前の載置位置を元に搬送ロボット12の位置を調節すると、載置位置は基板Wを載置する毎にばらつくため、ばらつきが悪化して拡大する。例えば、直前の載置位置を修正した方向と同じ方向に次の載置位置がずれる場合には、相乗的に基板Wの載置位置がずれてしまう結果、位置ずれが拡大する。

10

20

【0069】

(比較例2)

比較例2では、比較例1と同じ装置を用いて比較例1に続けて次の実験を行った。サセプタ3に載置した基板W(直径300mmのシリコン単結晶基板)の載置位置の平均位置(サセプタ3に載置した基板Wの中心C1位置の平均位置)がサセプタ3の中心Cに一致するように搬送ロボット12の停止位置を調節した。そこから基板Wの載置位置がサセプタ3の中心Cから右に0.3mm、上方に0.1mmずれるように搬送ロボット12の停止位置を調節した。そして、基板Wを反応炉2に搬入してサセプタ3に載置した後、基板Wの中心C1とサセプタ3の中心Cとの位置ずれ(距離とずれた方向)を算出する作業を25回繰り返した。途中、サセプタ3の中心C(目標位置)から基板Wの中心C1が0.4mm以上離れていると算出された事例が12回あった。その各12回については、基板Wを反応炉2から取り出した後、サセプタ3の中心Cに基板Wを載置するように搬送ロボット12の停止位置を変更し、反応炉2内に搬送ロボット12を再搬入させ、位置ずれを測定した。また、変更した搬送ロボット12の停止位置は、再搬入の終了後に元に戻した。

30

【0070】

この実験は、載置位置が所定の範囲を逸脱した場合にのみ搬送ロボット12の停止位置を調節して再搬入する特許文献1に相当するものである。図12は、このときの基板Wの載置位置を示す。基板Wの中心C1位置を平均化せずに載置位置が大きくずれた場合のみ、ずれた距離に基づいて搬送ロボット12を調節すると、距離が大きなデータばかりが選択され、搬送ロボット12の停止位置の調節が過剰となる。よって、基板Wの載置位置のばらつきがかえって拡大してしまう。

40

【0071】

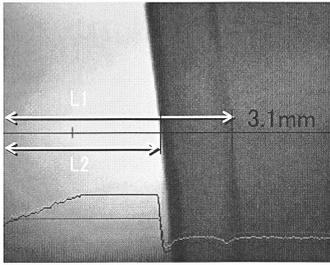
以上、本発明の実施例を説明したが、本発明はその具体的な記載に限定されることなく、例示した構成等を技術的に矛盾のない範囲で適宜組み合わせることも可能であるし、またある要素、処理を周知の形態に置き換えて実施することもできる。例えば、上記ではザグリ部3aが円盤状に形成される例、基板Wをランプ9で加熱するランプ加熱式の例を説明したが、これに限定されるものではない。

【符号の説明】

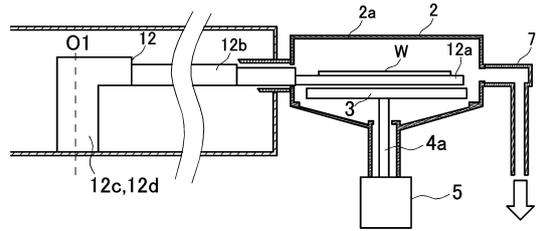
【0072】

50

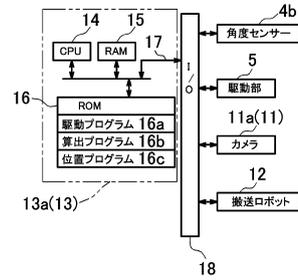
【図3】



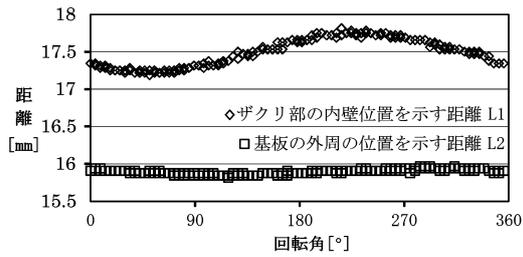
【図4】



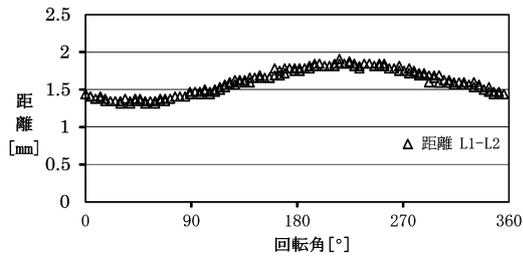
【図5】



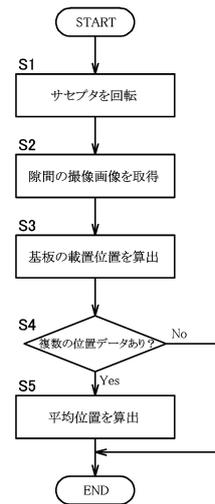
【図6】



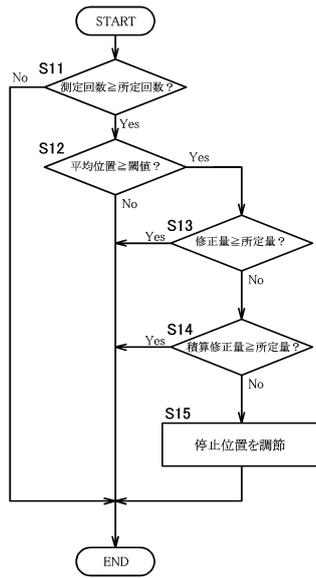
【図7】



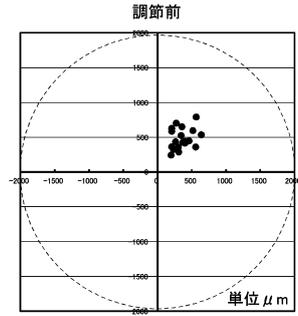
【図8】



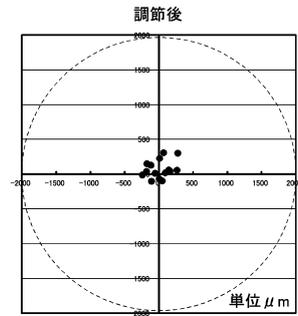
【図9】



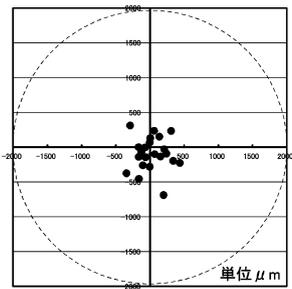
【図10A】



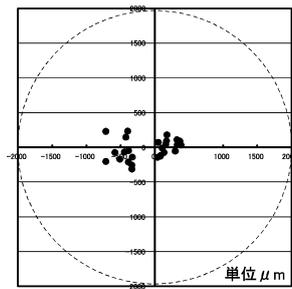
【図10B】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2010-199586(JP,A)
特開2010-157629(JP,A)
特開2008-227426(JP,A)
米国特許第06217212(US,B1)
特開平10-214876(JP,A)
特開2002-043231(JP,A)
特表2010-505278(JP,A)
特許第4555302(JP,B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/677
H01L 21/205