

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2021年9月16日(16.09.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/181545 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/3065 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2020/010441

(22) 国際出願日: 2020年3月11日(11.03.2020)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(71) 出願人: 株式会社日立ハイテク
(**HITACHI HIGH-TECH CORPORATION**) [JP/
JP]; 〒1056409 東京都港区虎ノ門一丁目
17番1号 Tokyo (JP).

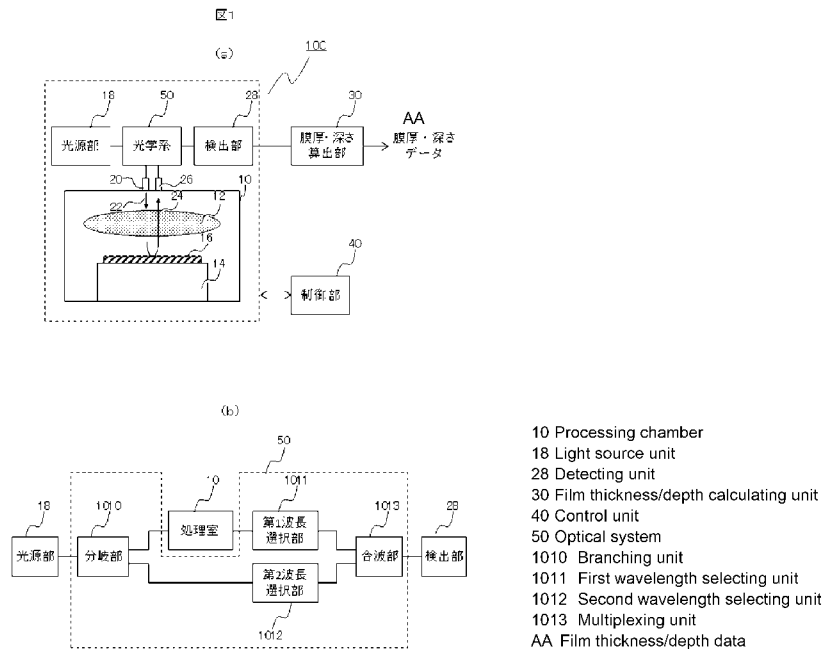
(72) 発明者: 江藤 宗一郎(**ETO Soichiro**); 〒1056409
東京都港区虎ノ門一丁目17番1号 株式
会社日立ハイテク内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 戸田 裕二(**TODA Yuji**); 〒1008220 東
京都千代田区丸の内一丁目6番1号 株式
会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) **Title:** PLASMA PROCESSING DEVICE OR PLASMA PROCESSING METHOD

(54) 発明の名称: プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法



(57) **Abstract:** In order to provide a plasma processing device or a plasma processing method having improved processing yield, a plasma processing device that processes a film layer to be processed on a wafer disposed in a processing chamber in a vacuum container using a plasma formed in the processing chamber is provided with: a detector for detecting the intensity of first light of a plurality of wavelengths in a first wavelength range that is obtained by receiving light emitted from a light source disposed outside the processing chamber into the processing chamber and reflected by an upper surface

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

of the wafer during processing of the wafer, and second light of a plurality of wavelengths in a second wavelength range of the light transmitted from the light source without passing through the processing chamber; and a determination unit which determines a remaining film thickness of the film layer by comparing the intensity of the first light obtained during the processing and corrected using a rate of change in the intensity of the second light, with a pattern indicating a correlation between the intensity of light having, as a parameter, a wavelength obtained in advance and the remaining thickness of the film layer.

(57) 要約: 処理の歩留まりを向上させたプラズマ処理装置またはプラズマ処理方法を提供するため、真空容器内部の処理室内に配置されたウエハ上の処理対象の膜層を当該処理室内に形成したプラズマを用いて処理するプラズマ処理装置であって、前記ウエハの処理中に、前記処理室外部に配置された光源から前記処理室内に照射され前記ウエハ上面で反射された光を受光して得られた第1の波長の範囲内の複数の波長の第1の光および前記光源から前記処理室を経由せず伝達された光の第2の波長の範囲内の複数の波長の第2の光の強度を検出する検出器と、前記処理中に得られた前記光の強度であって前記第2の光の強度の変化率を用いて補正した前記第1の光の強度と予め得られた波長をパラメータとする光の強度及び前記膜層の残り膜厚さとの相関を示すパターンとを比較して当該膜層の残り膜厚さを判定する判定器とを備えた。

明 細 書

発明の名称： プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法

技術分野

[0001] 本発明は、真空容器内部の処理室内で半導体ウエハ等の基板上の試料を処理室内に形成したプラズマを用いて処理するプラズマ処理装置またはプラズマ処理方法に係り、特に処理中に試料上の処理対象の膜の残り厚さや処理の量を検出した結果を用いて試料の処理を調節するプラズマ処理装置またはプラズマ処理方法、および当該検出をする検出装置または検出方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスを製造する工程では、半導体ウエハ等の基板上の試料の表面上に様々なコンポーネントやそれらを相互接続する配線等の回路の構造が形成される。これらコンポーネントや配線等の回路の構造を形成する工程では、一般的に、導体・半導体・絶縁体など種々の材料の成膜、あるいは不要な部分の除去が繰り返される。

[0003] このような不要な部分を除去する工程では、プラズマを用いたドライエッチングが広く使用されている。プラズマエッチングは、エッチング装置を構成する真空容器の内部に配置された処理室内に処理用のガスを導入し、処理室内に高周波電源からの高周波電力を供給してガスの原子、分子をプラズマ化し、試料を当該プラズマに暴露することで行われる。プラズマを用いたエッチング処理では、プラズマ中のイオンによるスパッタリングやラジカルによる化学反応等で処理の等方性あるいは異方性が異なっており、これらを適切に用いることで、ウエハ表面上に上記コンポーネントや配線の回路の構造が高精度で所期の寸法に形成することができる。

[0004] エッチング処理によって形成される回路の加工形状が所期のものからの大きくずれば、製造される半導体デバイスの機能が損なわれてしまうため、精度良く処理が実施されるよう、処理中の状態を精度よく検出し、その結果を処理の条件の調節に反映させて加工形状のバラつきを低減して処理を安定

化するための検出の技術（プロセスモニタ技術）が従来から提案されてきた。例えば、処理中のウエハの表面で反射された光を受光して得られた光の強度の変化を検出してウエハ表面の処理対象の膜の残り厚さやウエハ上に形成された溝や穴の深さ等のエッチング量を検出する技術は膜厚・深さモニタとして、エッチング処理の終点の判定等に利用されてきた。

[0005] このような従来の技術の例としては、特開平 1 1 - 2 6 0 7 9 9 号公報（特許文献 1）に開示のものが従来知られていた。この従来技術は、半導体ウエハ等の試料上の処理対象の膜の残り膜厚あるいはエッチングされて形成された溝や孔の深さをプラズマ光を光源として検出して、処理対象の膜が完全に除去される直前を検知してエッチング処理を終了する。さらに、その後、処理対象の部分と非処理対象の部分とを高選択にエッチングする条件に切り替えてエッチング処理を行うことで、全体の処理時間を短く抑えつつ、ウエハ面内方向について処理のバラつきを低減するものが開示されている。

[0006] さらに、特表 2 0 0 4 - 5 0 7 0 7 0 号公報（特許文献 2）には、半導体ウエハ等の試料に照射する光源としてプラズマ光の代わりに外部光源を使用することで、光源の光量変動を小さくして高い精度の膜厚さや深さの検出を行うものが開示されている。

[0007] 一方、デバイスの高機能化に伴い、構造の微細化やレイアウトの複雑化が進行し、先端デバイスのエッチングプロセスには更なる高精度な加工が要求されている。先端デバイスのエッチングでは、エッチング処理される領域が少ない（低開口率）場合や、エッチング速度が低い（低エッチングレート）場合がある。これら工程の終点判定では、終点判定に用いる信号である各波長の光量時間変化（干渉信号）が小さくなる。

[0008] そこで、高精度な終点判定を実現するには時間の推移に伴って生じる光量の揺らぎによるノイズの成分を低減する必要がある。この光量の揺らぎによるノイズの原因としては、試料に照射される光の光源の光量変動があげられる。このような課題に対してノイズの悪影響を低減する技術として、従来から、特開 2 0 0 7 - 2 3 4 6 6 6 号公報（特許文献 3）や特開 2 0 0 8 - 2

18898号公報（特許文献4）に開示のものが知られていた。

[0009] これらの従来技術では、エッチング処理中の各サンプリング時刻毎に所定の複数の波長毎に光の強度が検出されて得られる分光スペクトルを1サンプリング時刻前のものと比較して波長ごとの光量の変化の大きさを検出し、複数のうち全ての波長で光量の変化が同一方向であって且つその変化の量が予め定められた閾値を超えたと判定された場合に、光量の変動のノイズが発生したと判断して、得られた光量を補正する技術が開示されている。さらに、光量の補正は、ノイズの発生を検出したサンプリング時刻において光量の変化倍率を算出し、現時刻以降の測定データにはその変化倍率を除算することで実施される。

[0010] このような技術を用いて、従来からエッチング処理の終点の判定の高精度化が図られてきた。

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献1：特開平11-260799号公報

特許文献2：特表2004-507070号公報

特許文献3：特開2007-234666号公報

特許文献4：特開2008-218898号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0012] 上記従来技術では、以下の点について考慮が不十分であったため問題が生じていた。すなわち、外部の光源からの光量の変動は、ステップ状変動だけではなくパルス状の変化や緩やかなドリフト状の変動が含まれる場合もある。これらの変動は光源の種類や劣化状況に応じて様々なパターンがあることが判っている。

[0013] 図4に、半導体ウエハ等の基板状の試料（以下、ウエハ）上の膜構造からの干渉光の時間の变化に対する変化の例を示す。図4、図5は、ウエハ表面

に予め配置された処理対象の膜層を含む複数層の膜層から構成された膜構造のうち処理対象の膜層がエッチングされる処理中に、当該膜構造において反射され形成された干渉光を検出して得られた干渉光の強度の時間の変化に対する変化を示すグラフである。

[0014] 図5 (a) では、特に、エッチング中に干渉光の複数の波長のうち3つ波長 (λ_1 , λ_2 , λ_3) のものについて、検出された光量にパルス状のノイズが発生した場合の時間の変化に対する光量を示す信号の強度の変化をグラフで示している。図中では、時刻20 sec (以下sと表記する) 付近に急激な光量の変動 (増大と減少と) が発生して光量を示す実線及び破線が鋭いピークを有している。このような場合の光量を示す信号の変動は、ノイズの成分として当該信号から得られるはずの膜厚さや深さの精度を低下させるものとなる。

[0015] 一方、特許文献3開示の技術を用いて図4 (a) に示す光の強度を示すデータから当該パルス状のノイズを除去したものを図4 (b) に示す。図4 (a) に示された時刻20 sの鋭いピークを有した光量の変動を示すノイズは低減されているが完全には除去されていない。このため、このように補正した結果を用いて残り膜厚さやエッチング深さを検出しようとしても正確な値を検出できない。

[0016] また、光量の変動に起因するノイズがステップ状である場合にも、その変化量が小さい場合には、従来技術はノイズを除去することが十分にできなかった。不可能である。図5 (a) は、干渉光の光量に小さいステップ状のノイズが発生した場合の当該干渉光の強度を検出した結果を示している。サンプリング時刻15 sから20 s付近に小さなステップ状ノイズが発生しており、波長 λ_2 および λ_3 ではエッチングに伴う光量の変化とノイズによる変化とを明確に切り分けることが困難である。

[0017] このようなステップ状の光量の変動によるノイズが生じた干渉光の強度を示す信号に対して特許文献3の技術を用いてノイズの除去を行った結果を図5 (b) に示す。光量の変動のノイズによる変化の成分を明確に区別できる

波長 λ_1 の干渉光はノイズが除去されているが、 λ_2 と λ_3 ではノイズを除去した結果として λ_2 では光量が右肩上がり、 λ_3 では光量が右肩下りに変化する歪みが生じている。

[0018] これは、ウエハエッチングに伴う光量変化とステップ状の光量変動ノイズが切り分けられず、これらを合わせた光量変化をノイズと検出して補正を行ってしまうためである。このことから、ステップ状のノイズに対しても、従来の光量の変動に係るノイズの補正技術で正確な光量変動ノイズの補正を実現することが困難である。

[0019] このように、従来の技術では、干渉光の強度を示す信号から光量の変動を示すノイズ成分を正確に除去することが困難であったため、処理中に残り膜厚さやエッチング処理の量あるいは処理の終点の判定の精度が損なわれていた。このため処理の歩留まりが損なわれていたという問題があった。本発明の目的は、残り膜厚さや処理の量を高い精度で実施して処理の歩留まりを向上させたプラズマ処理装置またはプラズマ処理方法を提供することに在る。

課題を解決するための手段

[0020] 上記目的は、真空容器内部の処理室内に配置されたウエハ上の処理対象の膜層を当該処理室内に形成したプラズマを用いて処理するプラズマ処理装置であって、前記ウエハの処理中に、前記処理室外部に配置された光源から前記処理室内に照射され前記ウエハ上面で反射された光を受光して得られた第1の波長の範囲内の複数の波長の第1の光および前記光源から前記処理室を経由せず伝達された光の第2の波長の範囲内の複数の波長の第2の光の強度を検出する検出器と、前記処理中に得られた前記光の強度であって前記第2の光の強度の変化率を用いて補正した前記第1の光の強度と予め得られた波長をパラメータとする光の強度及び前記膜層の残り膜厚さとの相関を示すパターンとを比較して当該膜層の残り膜厚さを判定する判定器とを備えたことにより達成される。

発明の効果

[0021] 本発明の膜厚・深さ測定によれば、エッチング中の光量変動ノイズの影響

を受けることなく、常に高精度な膜厚・深さの測定が実現可能である。

[0022] 上記した以外の課題、構成及び効果は以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の実施例に係るプラズマ処理装置の構成の概略を模式的に示す図である。

[図2]図1に示す実施例に係るプラズマ処理装置の膜厚・深さ算出部の構成の概略を模式的に示す図である。

[図3]図1に示す実施例に係るプラズマ処理装置において検出されたウエハからの複数の波長の光の強度を示すグラフである。

[図4]ウエハ表面に予め配置された処理対象の膜層を含む複数層の膜層から構成された膜構造のうち処理対象の膜層がエッチングされる処理中に、当該膜構造において反射され形成された干渉光を検出して得られた干渉光の強度の時間の変化に対する変化を示すグラフである。

[図5]ウエハ表面に予め配置された処理対象の膜層を含む複数層の膜層から構成された膜構造のうち処理対象の膜層がエッチングされる処理中に、当該膜構造において反射され形成された干渉光を検出して得られた干渉光の強度の時間の変化に対する変化を示すグラフである。

[図6]回折格子を用いた分光器の検出原理を示すブロック図である。

[図7]本発明の別の実施例に係るプラズマ処理装置の真空処理室内に照射した光を用いて試料の処理の状態を示す光の量を検出する構成の概略を模式的に示すブロック図である。

[図8]本発明のさらに別の実施例に係るプラズマ処理装置の真空処理室内に照射した光を用いて試料の処理の状態を示す光の量を検出する構成の概略を模式的に示すブロック図である。

[図9]本発明のさらに別の実施例に係るプラズマ処理装置の真空処理室内に照射した光を用いて試料の処理の状態を示す光の量を検出する構成の概略を模式的に示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0024] 真空容器内部の処理室内で処理対象の基板状の試料である半導体ウエハを処理室内に形成したプラズマを用いて処理するプラズマ処理装置において、ウエハ表面からの光を検出した結果を用いてウエハの処理の量や残り膜厚さを検出するため、真空容器の外部に配置され処理室内のウエハに光を照射する光源の光量の変動するために光の検出の精度が損なわれる問題が生じていた。一方、このような光源の光量に変化する場合でも、真空容器の外側に配置された外部の光源からの放射された光を分岐して、分岐された一方を処理室内に照射して当該照射された光（ウエハ上面に照射され当該上面で反射された光を含む）を検出し、他方を処理室を通さずに別の検出器で検出して光源からの光量の変動量を検出する。そして、他方の分岐された光を検出した別の検出器の検出の結果を用いて、処理室からの光を検出する一方の検出器の検出の結果を補正する技術が考えられている。

[0025] しかしながら、この技術では、対象となるウエハからの光の検出結果に含まれる処理室外部に配置された光源の光量の変動を正確に補正することはできない。なぜなら、上記の構成において光量の変動を別の検出器で精度良く検出するためには、処理室からの光を検出する分光器等の検出器と、分岐されて処理室を通らずに受光されて光量の変動が抽出される検出器とで同じ時刻の光について検出することが求められる。一方、各検出器は各々の内部毎に特定のクロック発振器等時刻を出力しこれを参照する機構を備えて動作しているため、検出器の外部からの共通の信号をトリガーとして動作させたとしても、検出器相互で完全に同時刻の光量データを測定することはできない。

[0026] また、各検出器は必ず個体ばらつきを持つため、露光時間や平均化回数など設定値を統一した場合でも感度特性の違いなどにより検出される光量変動量に差異が生じ、それらを用いて光量の変動を補正することはできない。例えば、光量変動を反射光の計測とは別の分光器で計測する場合を考える。

[0027] 図6に、回折格子を用いた分光器の検出原理を示すブロック図を示す。分

光器は、構成要素としてスリット502、コリメーティング素子504、回折格子506、フォーカシング素子508、検出器アレイ510を有し、スリット502に入射した光が、上記の順で上記の構成に入力された後、入射した光のスペクトルが検出される。これらの構成要件の各々には個体ばらつきが含まれ、そのため、スペクトルを示す信号を出力する検出器アレイ510の各検出器と波長の関係は分光器毎に異なっており、光量の変動の検出に用いた分光器のデータを用いて反射率の検出に用いる分光器のデータを補正することは困難である。

[0028] また、検出器アレイ510の個体ばらつきによって入射光量と出力電圧の相関は分光器毎に固有のものとなる。このため、分光器が異なる場合、同じ光量の変動量は分光器に依存して異なる光量の変動量として観測される。この点においても、異なる分光器を用いて測定データの光量変動を補正することは困難となる。

[0029] 本発明は、上記の問題点を解決することを目的とするものであり、その実施の形態を以下、図面を参照しながら説明する。以下では、エッチング処理を行う膜厚・深さ測定手段を備えた半導体製造装置の構成を説明したうえで、本発明の実施例として半導体製造装置におけるエッチング処理中の膜厚・深さ測定方法を説明する。

実施例 1

[0030] 本発明の第1の実施例を以下図1乃至3を用いて説明する。図1は、本発明の実施例に係るプラズマ処理装置の構成の概略を模式的に示す図である。図1(a)は、本実施例に係るプラズマ処理装置の全体の構成の概略を模式的に示している。図1(b)は、本実施例に係るプラズマ処理装置の真空処理室内に照射した光を用いて試料の処理の状態を示す光の量を検出する構成の概略を模式的に示すブロック図である。

[0031] 本実施例に係るプラズマ処理装置の全体の構成の概略を図1(a)に示す。プラズマ処理装置100は真空容器内部に配置された空間である処理室10を備えている。処理室10の内部には、図示を省略したガス導入手段から

導入されたエッチング処理用のガスの原子又は分子が図示を省略した高周波電源からの高周波電界やマグネトロンで発振され伝播したマイクロ波の電界または磁界が供給されて励起され電離或いは解離してプラズマ12が形成される。このプラズマ12が試料台14上面上に載せられて保持された半導体ウエハ等のウエハ16上面に供給されてウエハ16上面上の処理対象膜がエッチング処理（プラズマ処理）される。

[0032] 本実施例において、処理室10内へのガスの導入やプラズマ12を生成する電界や磁界の生成と供給及びその強度や分布の制御、図示しない高周波電源から試料台14内部の電極に供給される高周波電力によりウエハ16上に形成されるバイアス電位の増減等の動作は、上記の電界や磁界を生成する電源や電極等のプラズマ処理装置100の各部の各機器と通信可能に接続された制御部40からの指令信号に応じて行われる。制御部40からの時宜を得た指令信号の発信により、所望のエッチング処理の結果が得られるように、各機器間での同期・タイミング調整が実施される。

[0033] 本実施例のプラズマ12は、所定の周期間隔毎に各々の間隔で点火と消失（消火）の状態、所謂オン・オフが繰り返され、パルス化される。この際、プラズマ12はエッチングガスをプラズマ化する高周波電源等による電圧印加、マイクロ波照射などの変調によってこれらのオン／オフ（On／Off）が切り替わりプラズマはパルス化される。本例の場合、パルス化によるオン・オフの各々の期間長さとオンの期間でのプラズマの強度や分布の調節も制御部40によって行われる。また、処理室10内に供給される処理用のガスの導入を異なる流量毎に異なる期間で供給し、これら異なる期間の組合せを1つのサイクルとして複数回繰り返す時間変調することによってもプラズマ12のパルス化は実施される。

[0034] プラズマ処理装置100は、ウエハ16の処理中の処理対象膜の残り膜厚さや処理の量（エッチング深さ）を検出する機構を備えている。すなわち、処理室10の外部に配置された光源部18から射出された光は、光学系50に導入されウエハ16の上面上方でこれに対向する箇所に配置された導入レ

レンズ20に光ファイバを通して伝達されその下端面から下方の試料台14上に保持されたウエハ16に向けて処理室10内に導入される。照射体としての導入レンズ20から下向きに照射された光源部18からの光は、処理室10内の照射光22としてウエハ16に照射される。本実施例の光源部18から射出された光は波長または周波数が紫外から赤外までの範囲内のものが連続的に含む連続光が用いられるが、1つまたは複数の特定の波長を用いて膜厚さや深さを検出しても良く、この場合は当該特定の波長を射出する光源を用いれば良い。

[0035] ウエハ16に照射された照射光22はウエハ16の表面の処理対象の膜層の表面及び底面（処理対象の膜層の最下面または当該膜層の下方で隣接した別の膜層との境界面）で反射された反射光24として、受光体としての検出レンズ26及びこれに光学的に接続された光ファイバを通して光学系50に伝達され、さらに検出部28に導入される。検出部28は分光器を備えて構成され、導入された光が所定の周波数または波長ごとに分けられ（分光され）、分けられた波長毎に光の強度または量が検出される。特定の波長を用いて残り膜厚さの検出を行う場合には、検出器は分光器に限らずフォトディテクタ等を用いてもよい。この場合に、検出部28に導入される光が所望の特定の波長のみであれば直接フォトディテクタを用いればよく、複数の波長を含む連続光が導入される場合にはフォトディテクタ前段にモノクロメータなどで特定波長のみを選択する機構が配置されても良い。

[0036] 本例のウエハ16上面の処理対象の膜層で反射光24は、少なくとも上下方向に距離を有した2つの面で反射されて一方が他方の光と干渉を生起した干渉光として検出レンズ26に受光される。当該干渉光は、処理対象の膜層のエッチング処理が進行して残り膜厚さが減少するに伴って、複数の波長の干渉光はその強度が周期関数的に各々増減を繰り返す。本実施例では、これら複数の波長の干渉光の強度の変化の時間的な変化を検出することで残り膜厚さやエッチング深さが検出される。

[0037] 図1(a)で示す本例では、処理室10に光を導入する導入レンズ20と

反射光を検出する検出レンズ26は、図上左右方向で示される水平方向に距離を開けて離れた位置に配置されている。この構成の場合、反射光24を最も効率よく検出するためには、導入レンズ20と検出レンズ26を同一光線上に向くように傾斜させて配置することが望ましい。

[0038] 導入レンズ20と検出レンズ26の構成は図1に示すものに限られず、両者を同軸の構成として導入レンズ20及び検出レンズ26が共用のものとして1つのレンズであってもよい。この場合、共用の1つのレンズは光線方向がウエハ16上面に垂直になるようにウエハ16の上方に配置され、垂直に照射且つ垂直に反射した光を検出できる構成にされる。

[0039] また、図1(a)では1対の外部光18の導入系統と反射光24の検出系統を記載しているが、ウエハ16の複数の位置で膜厚・深さを測定する場合にこれらの対が複数系統配置される。また、図1(a)では光源としての外部の光源部18からの光が処理室10に入射した場合について説明したが、光源としてプラズマ12の光を用いる場合には光源部18は使用されなくてもよい。プラズマ12を光源として用いる場合もプラズマ12から放出された光はウエハ16により反射し、反射光24が光源部18を用いた場合と同様に検出される。

[0040] ここで、光学系50は反射光24および光量の変動を検出するための光を検出できる構成となっている。すなわち、図1(b)に示す光学系50は、複数の要素ブロックで構成され、光源部18から出射された光は分岐部1010に受光された後に2つ経路に分岐され、一方は処理室10内部のウエハ16の上面に照射光22として照射されて反射され、反射された光は反射光24として検出レンズ26から光学系50に導入された後、第1波長選択部1011に入力されてフィルタリングされて第1の波長の範囲が取り出される。分岐されたもう一方の光は、処理室10に導入されずに第2波長選択部1012に入力されフィルタリングされて第2の波長の範囲が取り出される。これらの波長選択部からの光は合波部1013に送信されて合波された結果の信号は検出部28に入力される。

[0041] このような構成では、分岐部1010は、例えばハーフミラーや分岐ファイバが使用され、各々が同じスペクトルの分布を持つ2つの光に分けられる。第1波長選択部1011および第2波長選択部1012には波長フィルタが使用され、それぞれ特定の波長範囲が濾過される。合波部1013にはハーフミラーや分岐ファイバが使用され、2つ波長選択部から出力された異なる波長の組合せからなる光同士が合わされた光にされる。本構成により、処理室10内に導入されウエハ16で反射された反射光24が伝達された光と処理室10を經由せずに受光された光とは、各々で異なる範囲に分布する複数の波長を有するものとなり、これらは合波部1013で合わせられた後に1つの検出部28で検出されることになる。

[0042] なお、本実施例では、光学系50において分岐部1010と第2波長選択部1012との間は光ファイバのみで接続されて、分岐部1010から出力された光は実質的に当該光ファイバに起因するものを除いて劣化なく第2波長選択部1012に導入される。同様に検出レンズ26から第1波長選択部1011との間も1つ以上の光ファイバで連結されて光学的に接続されており、これらの間で伝達される光は実質的に当該光ファイバに起因するものを除いて劣化なく第1波長選択部1011に導入される。

[0043] 検出部28で検出された結果のデータは、信号として膜厚・深さ算出部30に送信され膜厚・深さが検出される。膜厚・深さ算出部30の機能ブロックの構成を図2に示す。図2は、図1に示す実施例に係るプラズマ処理装置の膜厚・深さ算出部の構成の概略を模式的に示す図である。本図において、膜厚・深さ算出部30は、各々が所定の動作をする部分毎を機能ブロックが連結されたブロック図として示されている。

[0044] 検出部28から膜厚・深さ算出部30に伝達された各波長の光量を示す時系列データD1は、第1デジタルフィルタ100によって平滑化処理され、第1平滑化時系列データD2として微分器102に供給される。微分器102では、例えば、所謂S-G法（Savitzky-Golay Method）を用いて微分係数値（1次微分値または2次微分値）である微分時系

列データD3を算出し、第2デジタルフィルタ104に供給される。第2デジタルフィルタ104では微分時系列データD3を平滑化处理し、第2平滑化時系列データD4を微分比較器106に供給する。

[0045] ここで、データD2、D3、D4の算出について説明する。第1デジタルフィルタ100としては、例えば2次バタワース型のローパスフィルタを用いる。2次バタワース型のローパスフィルタにより第1平滑化時系列データD2は次式により求められる。

$$[0046] \quad D2(i) = b1 \cdot D1(i) + b2 \cdot D1(i-1) + b3 \cdot D1(i-2) - [a2 \cdot D2(i-1) + a3 \cdot D2(i-2)]$$

ここで、 $D_k(i)$ は各データ D_k の時刻 i のデータを示し、係数 b 、 a はサンプリング周波数およびカットオフ周波数により数値が異なる。またデジタルフィルタの係数値は例えば $a2 = -1.143$ 、 $a3 = 0.4128$ 、 $b1 = 0.067455$ 、 $b2 = -0.013491$ 、 $b3 = 0.067455$ （サンプリング周波数10Hz、カットオフ周波数1Hz）である。

[0047] 微分係数値の時系列データD3は微分器102により、例えば5点の時系列データD2の多項式適合平滑化微分法を用いて以下のように算出される。

$$[0048] \quad \begin{aligned} & j=2 \\ & D3(i) = \sum_{j=-2}^{j=2} w_j \cdot D2(i+j) \end{aligned}$$

ここで重み係数 w に関して、1次微分計算では、例えば $w-2 = -2$ 、 $w-1 = -1$ 、 $w0 = 0$ 、 $w1 = 1$ 、 $w2 = 2$ が用いられる。また、2次微分計算では、例えば $w-2 = 2$ 、 $w-1 = -1$ 、 $w0 = -2$ 、 $w1 = -1$ 、 $w2 = 2$ が用いられる。

[0049] 微係数値の時系列データD3を用いた第2平滑化時系列データD4の算出における第2デジタルフィルタ104としては、例えば2次バタワース型ローパスフィルタにより以下のように算出される。

$$[0050] \quad D4(i) = b1 \cdot D3(i) + b2 \cdot D3(i-1) + b3 \cdot D3(i-2) - [a2 \cdot D4(i-1) + a3 \cdot D4(i-2)]$$

微分比較器 106 に導入されたデータ D4 は、予め取得済みである膜厚・深さと微分波形のパターンデータベース 108 と比較が行われる。微分波形比較器 106 では、時刻 i の光量 $D1(i)$ から求められた微分波形を示す第 2 平滑化時系列データ D4 (i) と上記微分波形パターンデータベース 108 内の波長をパラメータとした光の強度の微分値のパターン複数とが比較され、これら複数のパターンのうちから時刻 i の時系列データのパターンと最も差の小さい、例えば両者の標準偏差が最小である) パターンが求められ、当該最も近いパターンに予め対応付けられた残り膜厚さの値からウエハ 16 の膜厚・深さが決定される。

[0051] 例えば、最も近いパターンに対応した残り膜厚さを計算上の時刻 i の残り膜厚さと判定し、この計算上の膜厚さと時刻 i 以前のサンプリング時刻の残り膜厚さとして、制御部内部またはこれと通信可能に接続された記憶装置内に記憶された膜厚さのデータとを用いて、回帰分析等の周知の数学の手法が用いられ、時刻 i の残り膜厚さが算出され、時刻 i と対応付けられて記憶装置内に記憶される。また、この決定された残り膜厚さを予め得られたウエハ 16 上の処理対象の膜層の初期の膜厚さから除算した値がエッチング量（エッチング深さ）として検出される。これらの膜厚・深さはプラズマ処理装置 100 に備えられたモニターや表示器に送信されたこれら上に表示、報知される等、膜厚・深さ算出部 30 から外部へ供給される。

[0052] 図 2 は、処理対象膜の膜厚に対する各波長の光量変化の 1 次微分値又は 2 次微分値を予め取得している場合で、各検出結果の時刻に対する波長毎に光量の 1 次微分値又は 2 次微分値を取得し、それと予め取得しているデータを比較して最も差の小さいものを当該時刻の膜厚として検出する例について示したが、残り膜厚さ或いはエッチング深さの検出の方法はこれに限ったものではない。

[0053] 例えば、ウエハ 16 上の処理対象膜の残り膜厚さあるいはエッチング深さの値と各値に対応した波長毎の反射率のデータを予め取得しておき、任意の時刻 i においてウエハ 16 からの反射光 24 を検出した結果と光源部 18 か

ら照射された光の波長毎の光量と用いて波長毎の反射率を算出し、算出した波長毎の反射率と予め取得しているデータを比較して、データ中の最も差の小さい値に対応する残り膜厚さ或いは深さを当該時刻 i における膜厚・深さとして特定してもよい。また、処理対象膜の残り膜厚さの値と各値に対応した処理対象膜からの光の波長毎の光量のデータを予め取得しておき、任意の時刻 i においてウエハ 16 からの反射光 24 からその波長毎の光量を取得し、当該波長ごとの光量の結果と予め取得したデータを比較して、予め取得したデータのうち最も時刻 i のデータとの差が小さい値に対応する残り膜厚さを時刻 i の残り膜厚さとして判定してもよい。さらに、処理対象膜の残り膜厚さの値と各値に対応した反射光 24 の各波長の光量の変化の 1 次微分値又は 2 次微分値を光量で規格化した 1 次微分規格化値又は 2 次微分規格化値のデータを予め取得しており、検出結果から波長毎の光量変化の 1 次微分規格化値又は 2 次微分規格化値を取得し、それと予め取得しているデータを比較することで当該時刻の膜厚を特定する方法でもよい。

[0054] 上記の構成を備えたプラズマ処理装置 100 の光量の変動量を補正して得られた膜厚・深さの検出の結果を図 3 を用いて説明する。図 3 は、図 1 に示す実施例に係るプラズマ処理装置において検出されたウエハからの複数の波長の光の強度を示すグラフである。

[0055] 本例では、光源部 18 に LED を用い、光学系 50 の第 1 波長選択部 1011 では波長 650 nm 以上の光をフィルタリングして除去または低減し、第 2 波長選択部 1012 では波長 660 nm 以下をフィルタリングして除去または低減した。すなわち、第 1 の波長選択部 1011 では 650 nm 未満を第 1 の波長の範囲とし、第 2 の波長選択部 1012 では 660 nm を超えるものを第 2 の波長の範囲とした。さらに、反射光 24 の光学系 50 での分光、分光後の信号各々の波長の選択及び合波と検出部 28 での補正の処理を含む処理並びに膜厚・深さ算出部 30 での残り膜厚さや深さの算出の動作の調節はこれらと通信可能に接続された制御部 40 との間のモニタリング信号や指令信号の授受に基づいて行われた。

[0056] 予め定められた特定の期間ごとの複数のサンプリング時刻各々で第1波長選択部1011および第2波長選択部1012を介して合波部1013で合わされた光の光量を示すスペクトルの任意の時刻の例を図3(a)にグラフとして示した。当該分光スペクトルは650nmの付近の波長を境に前後で反射光24で受光して第1波長選択部1011を通して得られた第1の波長の範囲のものと光源部18から第2波長選択部1012を通し得られた第2の波長の範囲の光とに分けられており、本図に示す通り、これらの異なる経路を通った異なる波長の範囲の光が同じサンプリング時刻に対応付けられた光量のデータとして検出されることがわかる。

[0057] 本例では、先ず、エッチング処理を実施しない状態で光源部18から射出された光のスペクトルを各時刻ごとの時系列データとして検出した。光量の変動を検出するため、分岐されて処理室10を経由せず第2波長選択部1012を通して検出部で検出された第2の波長の範囲の光の光量の総和の時間の経過に伴う変化をプロットした結果を図3(b)に示す。本図に示す通り、光源部18から射出された光の光量がステップ状やスパイク状に変動が発生していることが確認できる。

[0058] 本実施例の検出部28では、図3(b)に示す予め定めた任意のサンプリング時刻を0として当該時刻0付近を基準光量値として、これ以降の各サンプリング時刻毎に光量の当該基準光量値に対する変化率が算出される。当該算出は、検出部28内部に配置された半導体製のMPU等の演算器が用いられてもよく、検出器28と通信可能に接続された制御部40内部に配置された演算器が用いられても良い。

[0059] 反射光24の第1の波長の範囲に含まれる波長550nmの光の光量の時間の経過に伴う変化を図3(c)に示す。本図に示すように、反射光24の特定の波長の光量も図3(b)と同じ時刻で同方向の増大または減少をする、謂わば同様の傾向で変動していることが判る。検出部28では、任意のサンプリング時刻での図3(c)に示されたような反射光24の第1の波長の範囲内の複数の波長各々の光量の値(分光スペクトルの各波長ごとの値)を

図3（b）のデータを用いて算出された当該任意のサンプリング時刻における光量変化率で除算して反射光24の光量を補正する。

[0060] この補正を行った結果が図3（c）中の反射光の補正結果として示されている。図3（c）に示すように、補正が施されることによって、第1の波長の範囲の光の光量に含まれる光源部18から射出された光の光量の変動が補正され、75 s 或いは110～125 s等の時刻や期間に示される波長550 nmの反射光24の光量の変化が抑制され反射光24を検出した0 s以降の期間の全体にわたって抑制されていることが判る。

[0061] 発明者らは、上記のように、検出部28で各サンプリング時刻に対応して検出される第2の波長の範囲内の各波長の光の光量の総和と基準となる光量の値との比率（光量変化率）を用いて、エッチング処理中に光源部18から射出されウエハ16上面で反射されて得られた反射光24の光の量を補正した。さらに、この光量が補正された分光スペクトルを用いて膜厚・深さ算出部30で残り膜厚さ或いはエッチング深さを検出した。対象としては、シリコン製のウエハ上に予め形成されたSiO₂の単層膜をエッチングして、膜厚100 nmの検出の精度を比較し評価した。

[0062] 本実施例の補正を実施しない場合は、膜厚の推定の誤差は1 nm程度であったが、補正を用いることにより誤差は0.1 nm以下となったことが判明した。以上の結果から、本実施例の光量の補正を用いることで、光源部18から射出される光の光量の変動を精度良く補正することができ、残り膜厚さや深さを高い精度で検出して処理の歩留まりが向上できることが判った。

[0063] ここで、本実施例で用いた光源、分光測定、測定条件、ウエハ条件は一例であり、これら以外の構成・条件に対しても本実施例の発明は適用可能であることは明らかである。また、上記の実施例では、検出部28において、光源部18から射出されて処理室10を通らずに第2波長選択部1012に導入され選択された第2の波長の範囲内の波長の光の光量の総和と用いて得られた光量変化率で、第1波長選択部1011で選択された反射光24の第1の波長の範囲の各波長の光の分光スペクトルの値を除算する補正の演算を行

うことで当該値を補正した例が示されている。一方、補正の演算を第1の波長の範囲に含まれる各波長の分光スペクトルのみでなく、合波部1013から検出部28に導入された全ての波長の分光スペクトルに実施して補正を行うことも可能である。

[0064] さらに、膜厚・深さ算出部30において膜厚さや深さの判定に用いられる分光スペクトルの各時系列データから算出された平滑化された微分波形時系列データD4は、検出部28から送信された第1の波長の範囲の波長の範囲のもののみを用いる、或いは第1及び第2の波長の範囲のものを含むものを用いる場合は、使用者により適切に選択されても良い。何れの場合でも、判定に用いられる微分波形のパターンデータベース108内の各パターンデータと微分波形時系列データD4との波長の範囲と各波長の値は同じものにされている。

[0065] 第1の波長範囲と第2の波長範囲は、少なくとも第1の波長範囲にはエッチングによるウエハ16の反射率の変化が現れる波長範囲が含まれ、第2の波長範囲にはエッチングによるウエハ反射率の変化が現れない波長範囲が含まれるように選択する。例えば、第1の波長範囲と第2の波長範囲は波長範囲の重なりがないように選択する。この時、第2の波長範囲を用いた光量変化率の算出には、第2の波長範囲の全体または一部を用いればよい。

[0066] また、第2の波長範囲は第1の波長範囲と重なる波長範囲を有するが、少なくとも第1の波長範囲に含まれない波長範囲を有するように設定してもよい。この時、第2の波長範囲を用いた光量変化率の算出には、第2の波長範囲の中で第1の波長範囲に含まれない波長範囲の全部または一部を用いればよい。

[0067] さらに、第1の波長範囲がエッチングによるウエハ反射率変化が現れない波長範囲を有する場合、第2の波長範囲は少なくともエッチングによるウエハ16の反射率変化が現れない波長の範囲を有するように設定する。この場合、第2の波長範囲を用いた光量変化率の算出には、第2の波長範囲の中でエッチングによるウエハ16の反射率の変化が現れない波長の範囲の全部ま

たは一部を用いればよい。

[0068] これら第1の波長範囲および第2の波長範囲の選択は、エッチング対象や外部光源の特性に基づき決定することで、目的とする反射光24の信号を劣化させることなく光量の変動に拠るノイズを補正することが可能となる。例えば、エッチング対象の反射率の変化が無いまたは略ゼロとなる波長範囲を第2の波長範囲に含まれるように設定し、光量変化率の算出に用いる。この時、第1の波長範囲にはエッチング対象の反射率の変化が有る波長範囲が含まれるように設定する。これにより、エッチング対象の反射率の変化が観測可能な波長を全て信号として取得し、且つこれらの光量変動ノイズを正確に補正可能となる。

[0069] また、光源部18からの光のスペクトルにおいて光量が高いまたは低いことにより反射光24の測定に不要な波長がある場合、それら波長を第2の波長の範囲に含まれるように設定し、光量変化率の算出に用いてもよい。この時、第1の波長範囲には前記不良な波長以外の波長が含まれるように設定する。これにより、エッチング対象の反射率変化の観測に必要な波長を全て信号として取得し、且つこれらの光量変動ノイズを正確に補正可能となる。

[0070] 第2の波長範囲を用いた光量変化率の算出は、各波長の基準となる光量に対する各サンプリング時刻の光量の比率として算出すればよい。例えば、エッチング開始時または任意の時刻の各波長光量を基準に設定して各時刻の光量変化率は算出する。また、当該処理ではなく、別の処理における特定の光量を基準としてもよい。例えば、同一装置で多数のウエハ16を処理する場合、1枚目の処理において基準の光量を取得し、この基準光量を用いて各処理の各時刻における光量変化率は算出してもよい。この場合、多数の処理による外部光源の長期的な光量ドリフトも補正可能となる。

[0071] 光量変化率を用いた第1の波長範囲の光量補正は、第1の波長範囲の各波長の光量を当該時刻の光量変化率で除算することで実施される。ここで、光量変動検出光は分岐した外部光源の光を直接分光器で計測する方法の他に、基準となる光学系を経由した光を分光器で計測してもよい。例えば、ウエハ

照射光と同等な光伝達経路を経由させ、ウエハとは異なる光学反射面で反射した光を光量変動検出光として検出する。これにより、ウエハ照射光の光伝達経路において発生する光量変動ノイズも光量変動検出光で計測でき、この光量伝達経路で発生する光量変動ノイズもウエハ反射光から補正することが可能となる。

[0072] これら方法によって取得される第1の波長範囲の補正光量を用いたウエハ16上の処理対象の膜厚さ・深さの特定方法は、各波長の補正光量を予め取得してある各波長の光量と対象膜の残り膜厚さ・深さが関連付けられたデータと比較することで行えばよい。処理対象の膜厚・深さと各波長の光量のパターンとが関連付けられたデータを予め取得している場合、処理中の任意の時刻の各波長の補正光量と予め取得しているデータを比較して最も差異の小さいパターンを検出しその対応する膜厚さを当該時刻の残り膜厚さと判定することで当該時刻の膜厚・深さは特定すればよい。

[0073] 処理対象の膜厚・深さと各波長の反射率が関連付けられたデータを予め取得している場合、各波長の補正光量と照射した外部光の各波長の光量を用いて各波長の反射率を算出し、算出した各波長の反射率と予め取得しているデータを比較して最も差の小さいものを検出してこれを残り膜厚さとして判定することで当該測定における膜厚・深さが検出される。処理対象の膜厚・深さと各波長の光量変化の1次微分値又は2次微分値が関連付けられたデータを予め取得している場合、各波長の補正光量の1次微分値又は2次微分値を取得し、それと予め取得しているデータを比較することで当該時刻の膜厚・深さは特定すればよい。

[0074] 処理対象の膜厚・深さと各波長の光量変化の1次微分値又は2次微分値の光量での規格化値が関連付けられたデータを予め取得している場合、各波長の補正光量の1次微分値又は2次微分値を取得し、それと予め取得しているデータを比較することで当該時刻の膜厚・深さは特定すればよい。以上述べた外部光源の光量変動ノイズの補正方法は膜厚・深さ測定方法に限定されるものではなく、外部光源を用いた分光計測においても適用可能である。例え

ば、吸光度測定、反射率測定、散乱計測など各種測定においても外部光源自体の光量変動ノイズを補正でき、それら計測の高精度化を実現することが可能である。

実施例 2

[0075] 本発明の別の実施例の構成を図7を用いて説明する。図7は、本発明の別の実施例に係るプラズマ処理装置の真空処理室内に照射した光を用いて試料の処理の状態を示す光の量を検出する構成の概略を模式的に示すブロック図である。

[0076] 本実施例では、図1に示した実施例との差異は、光学系50が図7に示す構成を備えたものにされ、これに沿って光源部18から射出される光の光量の変動を補正される点にある。本実施例のこれら以外の構成は実施例1と同じにされている。

[0077] 本例において、光源部18から出射された光は分岐部1110にて2経路に分岐され、一方は処理室10のウエハで反射し、合波部1113で特定波長範囲をフィルタされる。もう一方は合波部1113で特定波長範囲がフィルタされる。これらの光は合波部1113にて合波され、検出部28に入射する。

[0078] このような構成では、分岐部1110は例えばハーフミラーや分岐ファイバが使用され、同じスペクトルを持つ2つの光に分岐する。合波部1113には波長選択ミラーが使用され、処理室10を通過する光と通過しない光がそれぞれ異なる光路で波長選択ミラーに入射することで、それぞれの排他的な波長範囲が合波され検出部28に入射する。本構成により、処理室10を経由するウエハ反射光と処理室を経由しない光量変動検出光はそれぞれ異なる波長範囲を持つこととなり、それらは同一検出部28にて検出されることになる。

[0079] なお、本実施例では、光学系50の処理室10を経由しない光の経路において、分岐部1010と合波部1013との間は光ファイバのみで接続されて、分岐部1010から出力された光は実質的に当該光ファイバに起因する

ものを除いて劣化なく合波部 1013 に導入される。同様に検出レンズ 26 から合波部 1013 との間も 1 つ以上の光ファイバで連結されて光学的に接続されており、これらの間で伝達される光は実質的に当該光ファイバに起因するものを除いて劣化なく合波部 1013 に導入される。

[0080] 本構成により光量変動検出光を用いて光量変動率が算出され、実施例 1 と同様の動作、手順に沿って反射光 24 から得られる光の光量を補正することが可能であり、実施例 1 と同様に光量変動補正および高精度な膜厚・深さ推定が実現される。

[0081] 本実施例で用いた光源、分光測定、測定条件、ウエハ条件は一例であり、これら以外の構成・条件に対しても本発明は適用可能であることは明らかである。

実施例 3

[0082] 次に、本発明のさらに別の実施例の構成について、図 8 を参照して説明する。図 8 は、本発明のさらに別の実施例に係るプラズマ処理装置の真空処理室内に照射した光を用いて試料の処理の状態を示す光の量を検出する構成の概略を模式的に示すブロック図である。

[0083] 本実施例では、図 1 に示した実施例との差異は、光学系 50 が図 8 (a) に示す構成を備えたものにされ、これに沿って光源部 18 から射出される光の光量の変動を補正される点にある。本実施例のこれら以外の構成は実施例 1 と同じにされている。

[0084] 本例では、光源部 18 から出射された光は分岐部 1210 にて特定波長範囲をフィルタおよび 2 経路に分岐され、一方は処理室 10 のウエハで反射し、もう一方は直接合波部 1213 に入射して合波され、検出部 28 に入射する。このような構成では、分岐部 1210 は例えば波長選択ミラーが使用され、異なるスペクトルを持つ 2 つの光に分岐する。合波部 1213 にはハーフミラーや分岐ファイバが使用される。本構成により、処理室 10 を経由する反射光 24 と処理室 10 を経由しない光は、それぞれ異なる波長の範囲を持つこととなり、それらは同一検出部 28 にて検出されることになる。

[0085] なお、本実施例では、光学系50の処理室10を経由しない光の経路において、分岐部1010と合波部1013との間は光ファイバのみで接続されて、分岐部1010から出力された光は実質的に当該光ファイバに起因するものを除いて劣化なく合波部1013に導入される。同様に、図8(a)に示す検出レンズ26から合波部1013との間、あるいは図8(b)に示す検出レンズ26と第1波長選択部1211との間及び第1波長選択部1211と合波部1213との間の経路も1つ以上の光ファイバで連結されて光学的に接続されており、これら経路上を伝達される光は実質的に当該光ファイバに起因するものを除いて劣化なく合波部1013に導入される。

[0086] 本構成により、処理室10を経由せずに合波部1013に導入される光を用いて光源部18からの光の光量変動率が算出され、反射光24を補正することが可能であり、実施例1と同様に光量変動補正および高精度な膜厚・深さ推定が実現される。

[0087] ここで、処理室10で処理を行う場合、処理室10内で発生するプラズマ12などの光が処理室10を経由せずに合波部1013で検出される所定の波長の範囲の光を有する場合、処理室10内部の光量によりウエハ16の反射率の変化による影響が合波部1013から出力される処理室10を経由しない所定の波長の範囲の光に観測され、光量の変動を補正する精度が低下する虞がある。このような場合には、図8(b)の光学系50を用いるとよい。本図では図8(a)に比べ処理室10を通過した反射光24を第1波長選択部1211で再び波長選択する。これにより光量変化率の算出に用いる波長をフィルタすることで、処理室内で発生した光の影響を受けることなく高精度な光量変動補正を実施でき、高精度な膜厚・深さ推定が実現される。

[0088] 本実施例で用いた光源、分光測定、測定条件、ウエハ条件は一例であり、これら以外の構成・条件に対しても本発明は適用可能であることは明らかである。

実施例 4

[0089] 次に、本発明のさらに別の実施例の構成について、図9を参照して説明す

る。図9は、本発明のさらに別の実施例に係るプラズマ処理装置の真空処理室内に照射した光を用いて試料の処理の状態を示す光の量を検出する構成の概略を模式的に示すブロック図である。

[0090] 本実施例では、図1に示した実施例との差異は、光学系50が図9(a)に示す構成を備えたものにされ、これに沿って光源部18から射出される光の光量の変動を補正される点にある。本実施例のこれら以外の構成は実施例1と同じにされている。

[0091] 本例において、光源部18から出射された光は分岐部1310にて2経路に分岐され、一方は第1波長選択部1311にて特定波長をフィルタして処理室10のウエハで反射し、もう一方は直接合波部1213に入射する。合波部1313にて合波された光は検出部28に入射する。

[0092] なお、本実施例では、光学系50の処理室10を経由しない光の経路において、分岐部1010と合波部1013との間は光ファイバのみで接続されて、分岐部1010から出力された光は実質的に当該光ファイバに起因するものを除いて劣化なく合波部1013に導入される。同様に、図9(a)に示す検出レンズ26から合波部1013との間、あるいは図9(b)に示す検出レンズ26と第1波長選択部1211との間及び第1波長選択部1211と合波部1213との間の経路も1つ以上の光ファイバで連結されて光学的に接続されており、これら経路上を伝達される光は実質的に当該光ファイバに起因するものを除いて劣化なく合波部1013に導入される。

[0093] このような構成では、分岐部1310は例えばハーフミラーや分岐ファイバが使用され、2つの光に分岐する。第1波長選択部には波長フィルタが用いられ、光量変化率の算出に使用する波長範囲をフィルタする。合波部1313にはハーフミラーや分岐ファイバが使用される。

[0094] 本構成により、処理室10を経由するウエハ反射光と処理室を経由しない光量変動検出光はそれぞれ異なる波長範囲を持つこととなり、それらは同一検出部28にて検出されることになる。ここで、処理室を経由しない光量変動検出光は処理室10を経由する波長を有する。そのため、光量変化率の算

出においては、光量変動検出光の一部の波長が用いられる。

[0095] 本構成により光量変動検出光を用いて光量変動率が算出され、ウエハ反射光を補正することが可能であり、実施例１と同様に光量変動補正および高精度な膜厚・深さ推定が実現される。

[0096] ここで、処理室１０で処理を行う場合、処理室１０内で発生するプラズマ１２などの光が処理室１０を通過せず合波部１０１３で検出される所定の波長の範囲の光を有する場合、処理室１０内部の光量によりウエハ１６の反射率の変化による影響が合波部１０１３から出力される処理室１０を経由しない所定の波長の範囲の光に観測され、光量の変動を補正する精度が低下する虞がある。このような場合、図９（ｂ）の光学系５０を用いるとよい。図９（ｂ）では、図９（ａ）に比べ処理室１０を通過した反射光２４を第１波長選択部１３１１で再び波長選択する。これにより光量変化率の算出に用いる波長をフィルタすることで、処理室内で発生した光の影響を受けることなく高精度な光量変動補正を実施でき、高精度な膜厚・深さ推定が実現される。

[0097] 本実施例で用いた光源、分光測定、測定条件、ウエハ条件は一例であり、これら以外の構成・条件に対しても本発明は適用可能であることは明らかである。

符号の説明

１０…処理室

１２…プラズマ

１４…試料台

１６…ウエハ

１８…光源部

２０…導入レンズ

２２…照射光

２４…反射光

２６…検出レンズ

２８…検出部

3 0 …膜厚・深さ算出部
4 0 …制御部
5 0 …光学系
1 0 0 …プラズマ処理装置
1 0 1 0 …分岐部
1 0 1 1 …第1 波長選択部
1 0 1 2 …第2 波長選択部
1 0 1 3 …合波部
1 0 0 …第1 デジタルフィルタ
1 0 2 …微分器
1 0 4 …第2 デジタルフィルタ
1 0 6 …微分比較器
1 0 8 …微分波形パターンデータベース
1 1 1 0 …分岐部
1 1 1 3 …合波部
1 2 1 0 …分岐部
1 2 1 3 …合波部
1 2 1 1 …第1 波長選択部
1 3 1 0 …分岐部
1 3 1 1 …第1 波長選択部
1 3 1 3 …合波部。

請求の範囲

- [請求項1] 真空容器内部の処理室内に配置されたウエハ上の処理対象の膜層を当該処理室内に形成したプラズマを用いて処理するプラズマ処理装置であって、
- 前記ウエハの処理中に、前記処理室外部に配置された光源から前記処理室内に照射され前記ウエハ上面で反射された光を受光して得られた第1の波長の範囲内の複数の波長の第1の光および前記光源から前記処理室を経由せず伝達された光の第2の波長の範囲内の複数の波長の第2の光の強度を検出する検出器と、前記処理中に得られた前記光の強度であって前記第2の光の強度の変化率を用いて補正した前記第1の光の強度と予め得られた波長をパラメータとする光の強度及び前記膜層の残り膜厚さとの相関を示すパターンとを比較して当該膜層の残り膜厚さを判定する判定器とを備えたプラズマ処理装置。
- [請求項2] 前記第1の光と第2の光とを合成した光を前記検出器に向けて出力する合波器を備えた請求項1に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項3] 前記光源からの光を、第1の経路及び第2の経路とに分岐する分岐部を備え、前記第1の経路は前記分岐部から前記処理室内に照射されて前記ウエハに反射された後に前記第1の光として導入される前記検出器までの経路を含み、前記第2の経路は前記分岐部から前記処理室外部を通り第2の光として導入される前記検出部までの経路を含む請求項1または2に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項4] 前記処理室外部の前記第1の経路上に配置され前記光源からの光の波長の範囲を前記第1の波長の範囲に限定するフィルタを備えた請求項3に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項5] 前記処理室外部の前記第2の経路上に配置され前記光源からの光の波長の範囲を前記第2の波長の範囲に限定するフィルタを備えた請求項3に記載のプラズマ処理装置。
- [請求項6] 真空容器内部の処理室内にウエハを配置し当該ウエハ上の処理対象の

膜層を当該処理室内に形成したプラズマを用いて処理するプラズマ処理方法であって、

前記ウエハの処理中に、前記処理室外部に配置された光源から前記処理室内に照射され前記ウエハ上面で反射された光を受光して得られた第1の波長の範囲内の複数の波長の第1の光および前記光源から前記処理室を経由せず伝達された光の第2の波長の範囲内の複数の波長の第2の光の強度を検出し、前記処理中に得られた前記光の強度であって前記第2の光の強度の変化率を用いて補正した前記第1の光の強度と予め得られた波長をパラメータとする光の強度及び前記膜層の残り膜厚さとの相関を示すパターンとを比較して当該膜層の残り膜厚さを判定するプラズマ処理方法。

[請求項7] 前記第1の光と第2の光とを合成して得られた光から検出された前記第2の光の量の変化率を用いて前記第1の光の強度を補正する請求項6に記載のプラズマ処理方法。

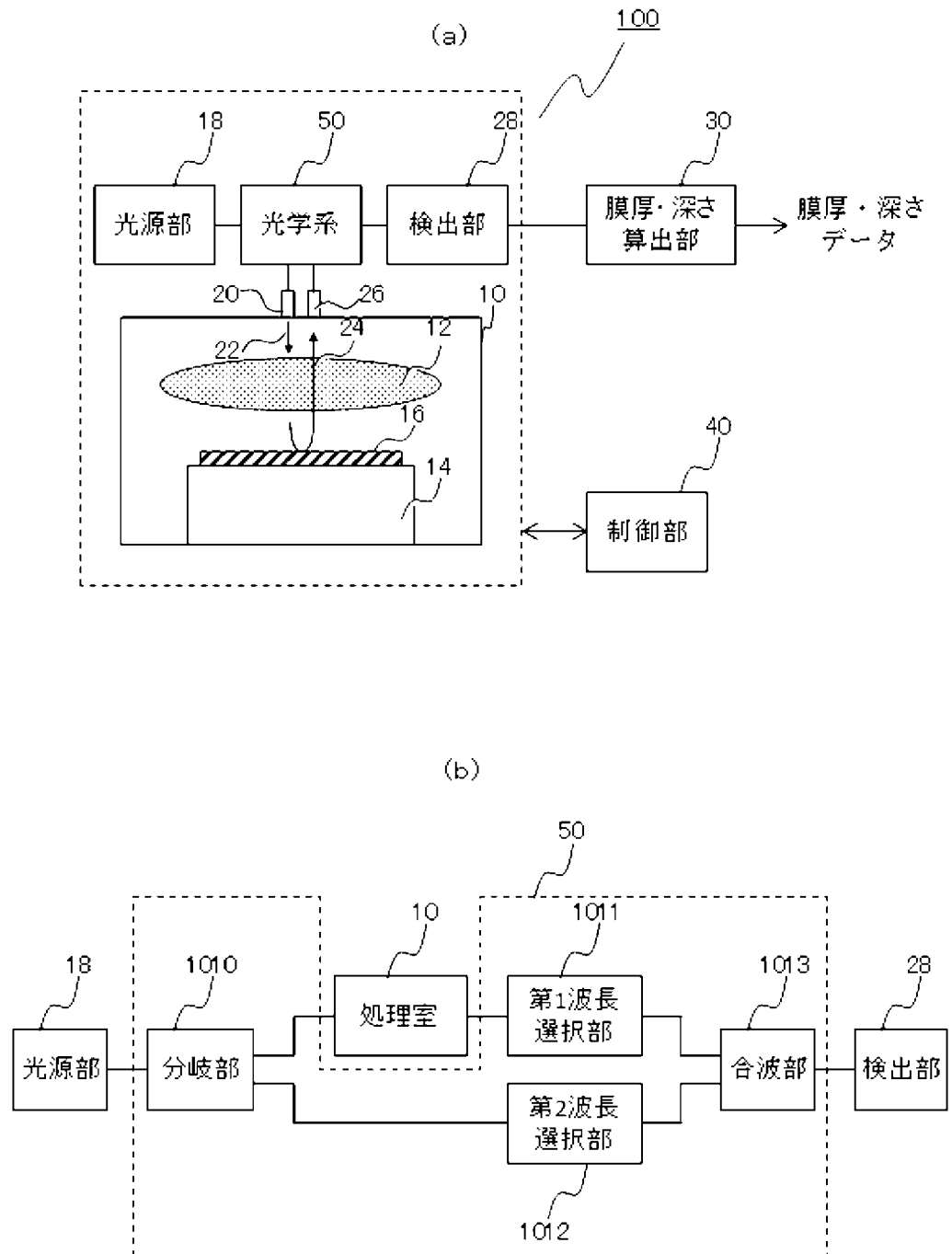
[請求項8] 前記光源からの光が、第1の経路及び第2の経路とに分岐され、前記第1の経路を通る光は分岐されてから前記処理室内に照射されて前記ウエハに反射された後に前記第1の光として検出され、前記第2の経路を通る光は、前記分岐部から前記処理室外部を通り第2の光として検出される請求項6または7に記載のプラズマ処理装置。

[請求項9] 前記処理室外部の前記第1の経路上で前記光源からの光の波長の範囲が前記第1の波長の範囲に限定される請求項8に記載のプラズマ処理方法。

[請求項10] 前記処理室外部の前記第2の経路上で前記光源からの光の波長の範囲が前記第2の波長の範囲に限定される請求項8に記載のプラズマ処理方法。

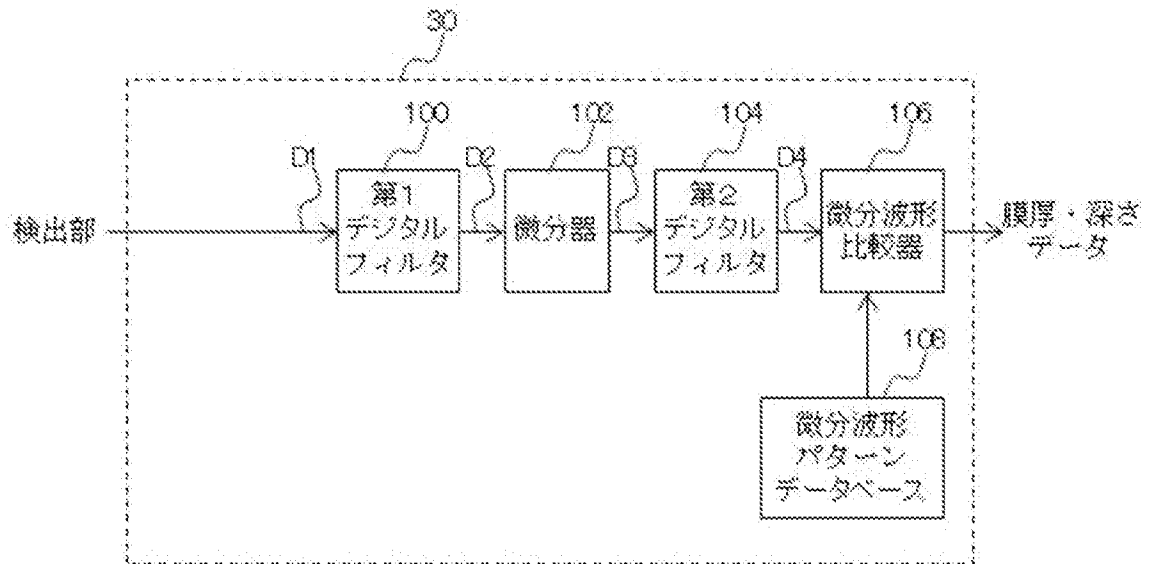
[図1]

図1



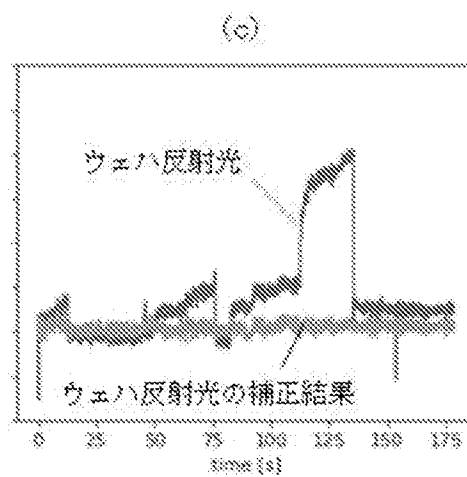
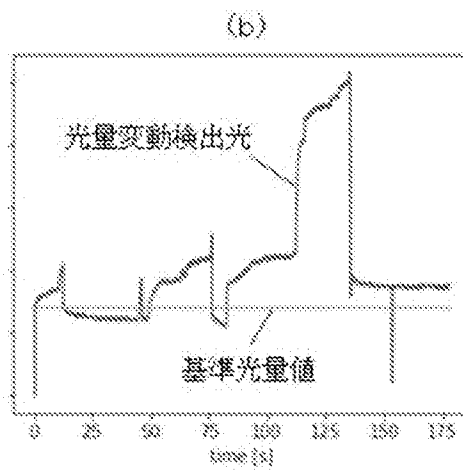
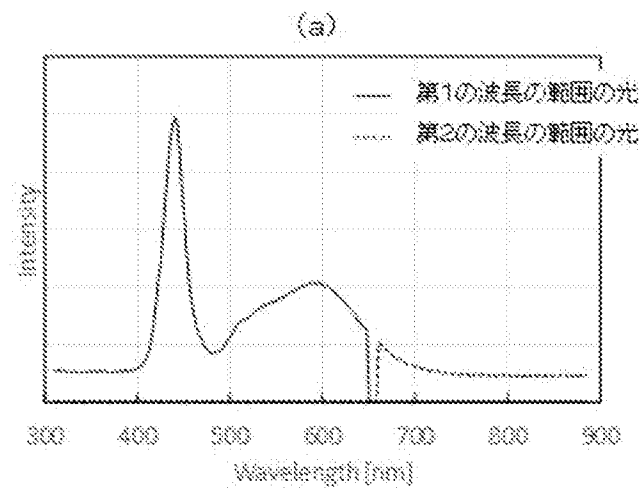
[図2]

図2



[図3]

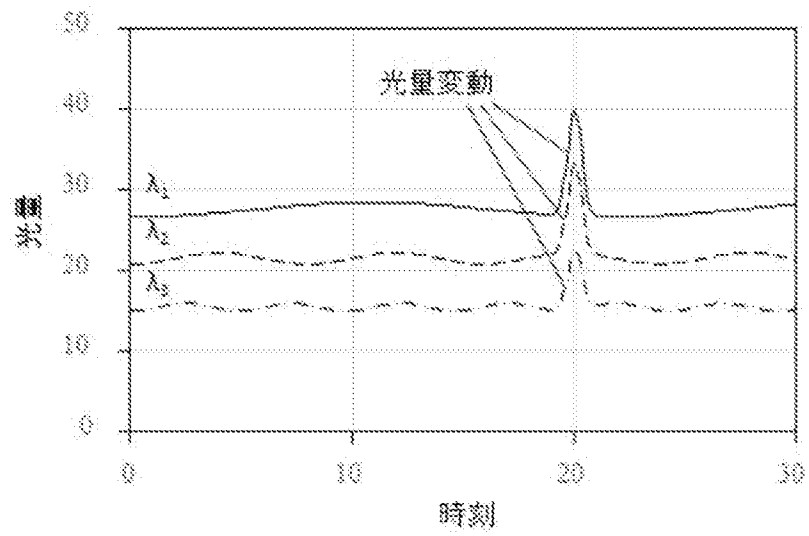
図3



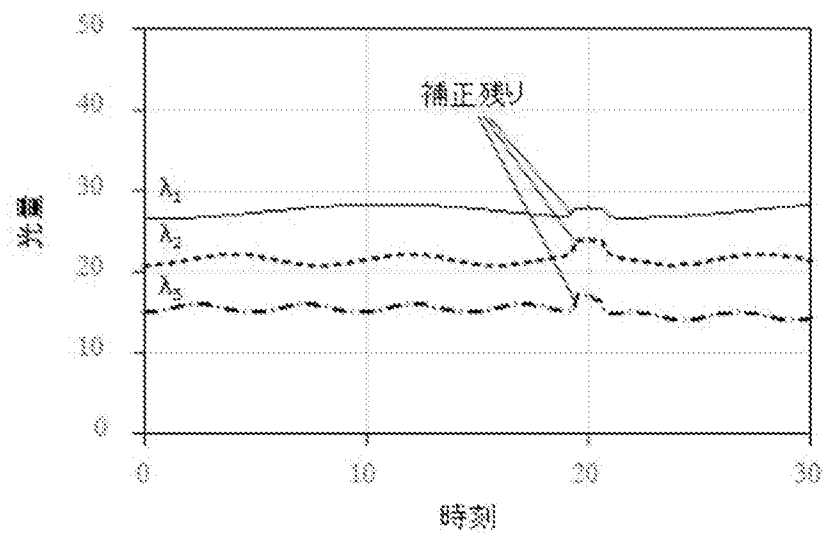
[図4]

図4

(a)



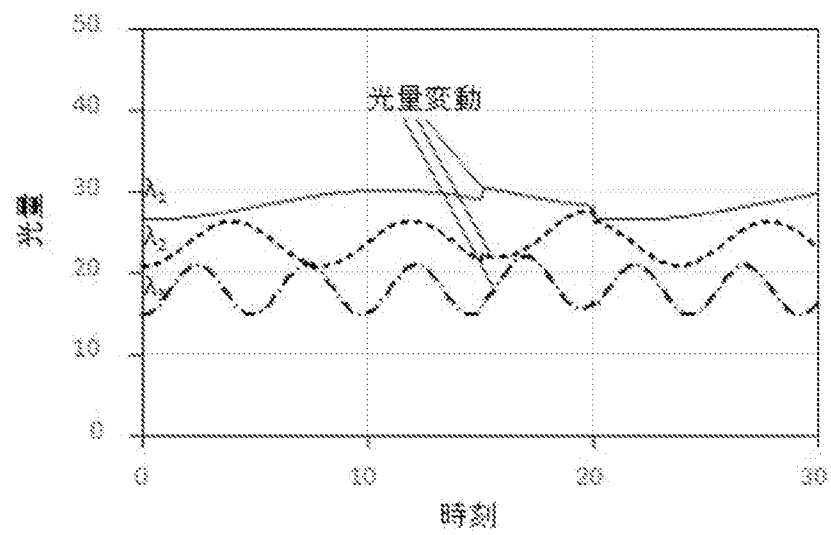
(b)



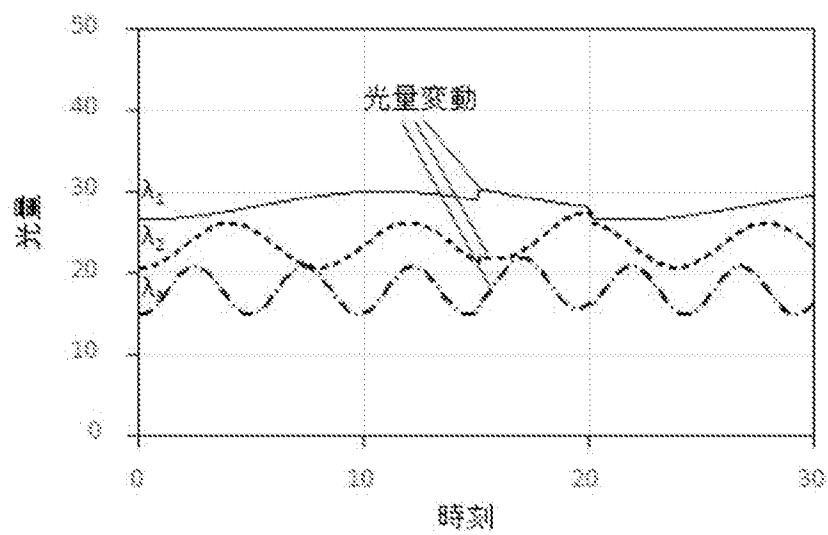
[図5]

図5

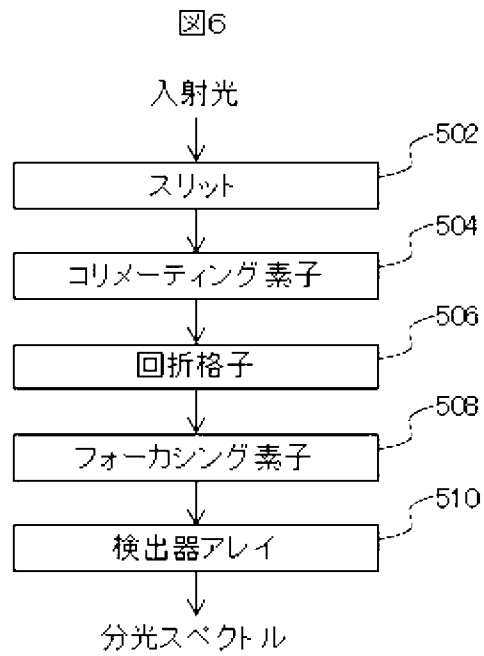
(a)



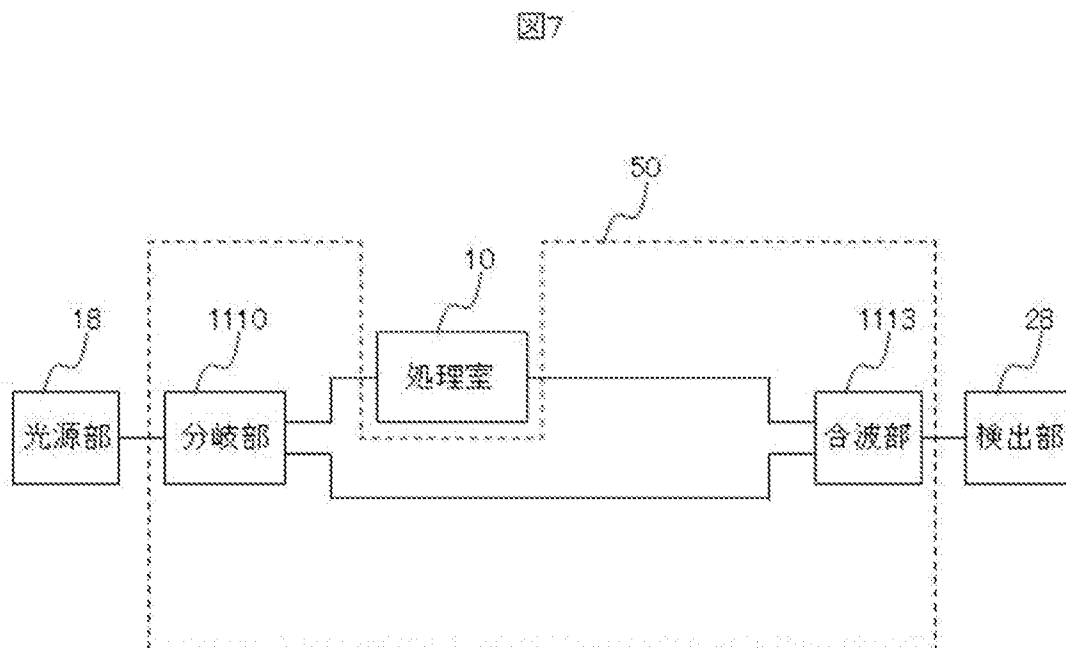
(b)



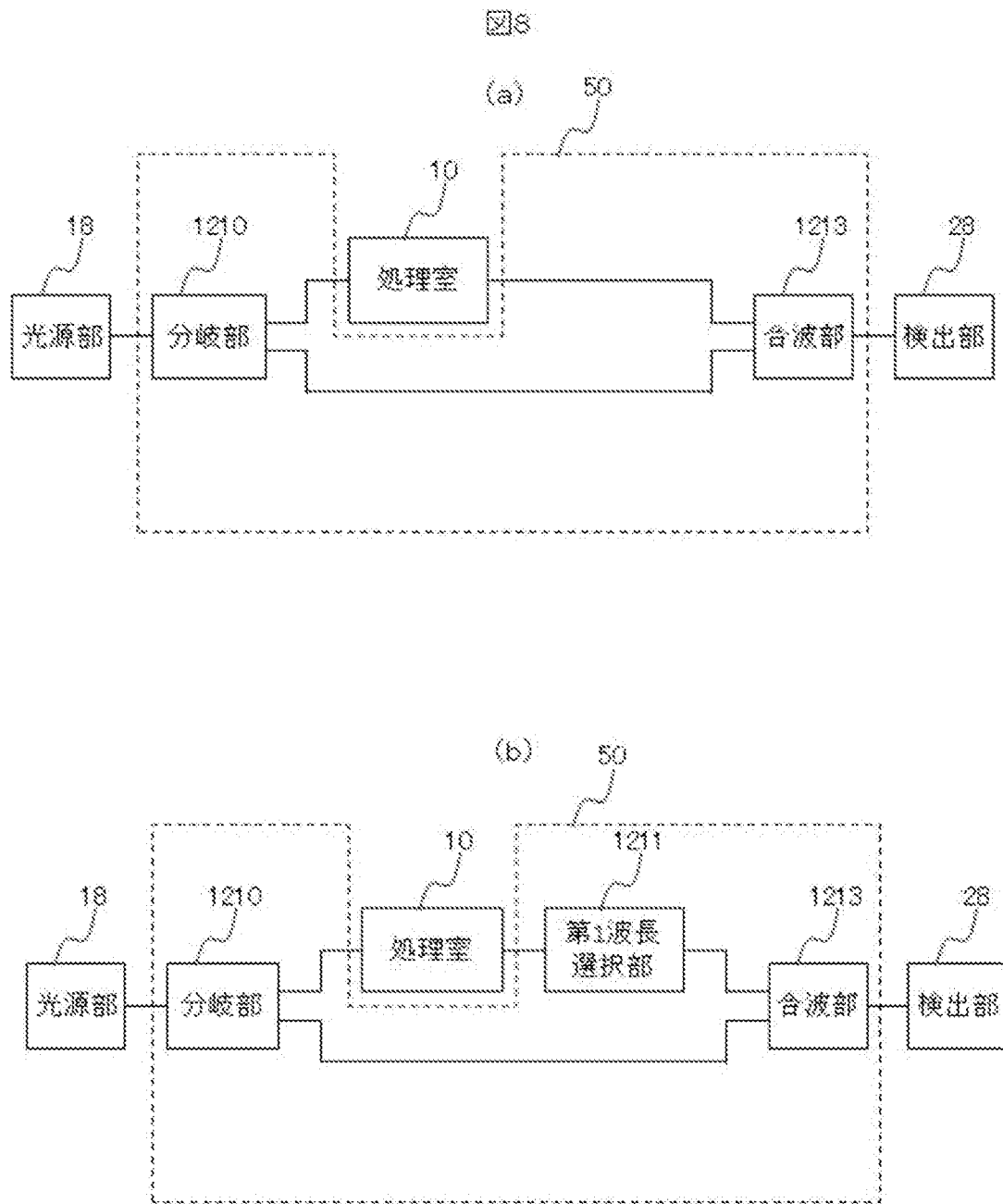
[図6]



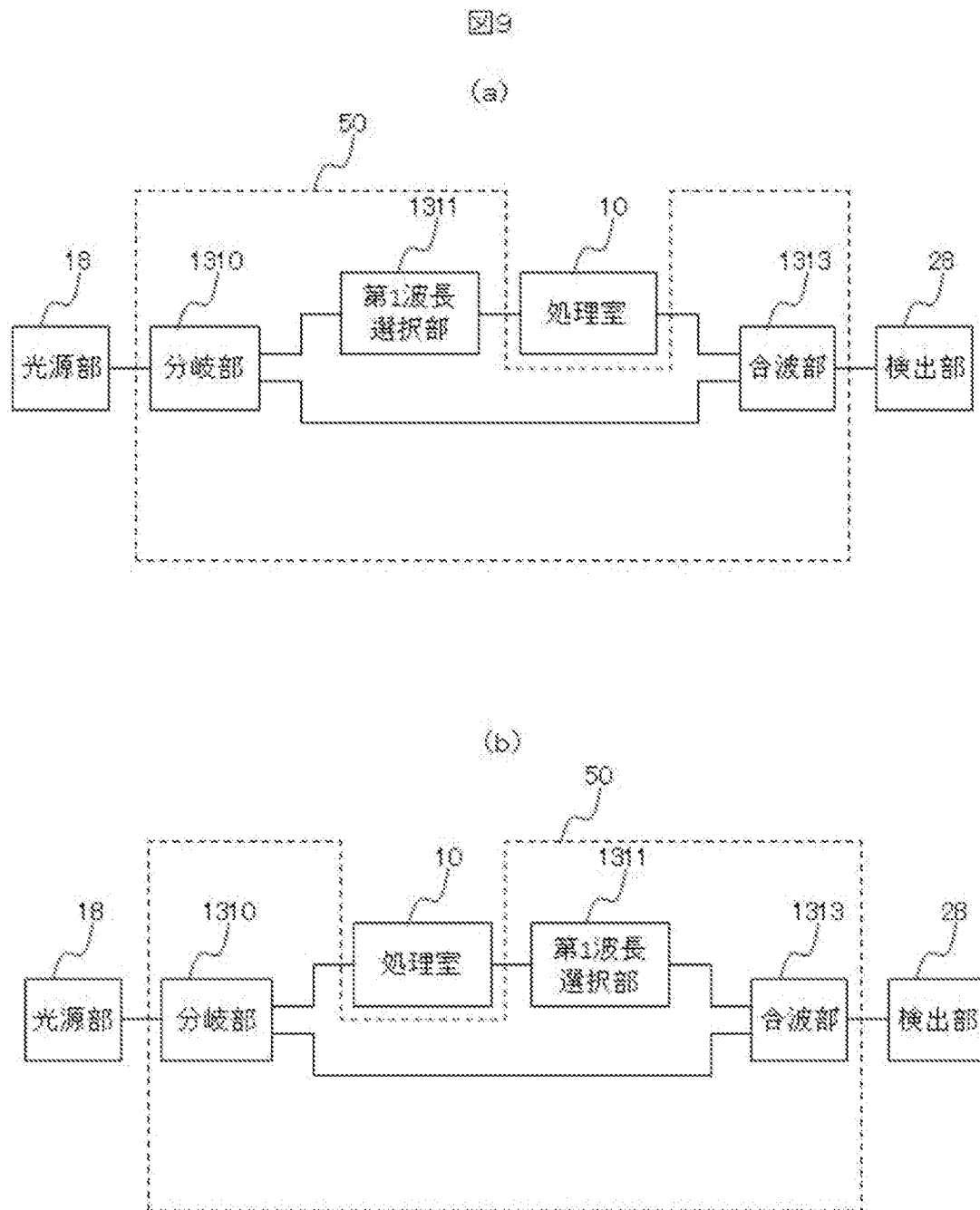
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/010441

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H01L21/3065(2006.01) i

FI: H01L21/302 103

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. H01L21/3065

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2018-157120 A (HITACHI HIGH-TECHNOLOGIES CORP.) 04 October 2018, paragraphs [0076]-[0084], [0091]-[0109], fig. 1	1-10
A	US 2008/0020495 A1 (USUI, Tatehito et al.) 24 January 2008, paragraphs [0017]-[0025], [0037]-[0048], fig. 1	1-10
A	US 2003/0043383 A1 (USUI, Tatehito et al.) 06 March 2003, paragraphs [0021]-[0035], [0057]-[0063], fig. 1	1-10
A	JP 9-126991 A (HITACHI, LTD.) 16 May 1997, paragraphs [0017]-[0032], fig. 1-8	1-10

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
28.05.2020

Date of mailing of the international search report
09.06.2020

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/010441

Patent Documents referred to in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2018-157120 A	04.10.2018	US 2018/0277377 A1 paragraphs [0088]- [0096], [0103]- [0121], fig. 1	
US 2008/0020495 A1	24.01.2008	KR 10-2018-0106816 A (Family: none)	
US 2003/0043383 A1	06.03.2003	(Family: none)	
JP 9-126991 A	16.05.1997	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 21/3065(2006.01)i FI: H01L21/302 103														
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H01L21/3065 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table> 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年				
日本国実用新案公報	1922-1996年													
日本国公開実用新案公報	1971-2020年													
日本国実用新案登録公報	1996-2020年													
日本国登録実用新案公報	1994-2020年													
C. 関連すると認められる文献														
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号												
A	JP 2018-157120 A (株式会社日立ハイテクノロジーズ) 04.10.2018 (2018-10-04) 段落[0076]-[0084], [0091]-[0109], 図1	1-10												
A	US 2008/0020495 A1 (USUI, Tatehito et al.) 24.01.2008 (2008-01-24) 段落[0017]-[0025], [0037]-[0048], 図1	1-10												
A	US 2003/0043383 A1 (USUI, Tatehito et al.) 06.03.2003 (2003-03-06) 段落[0021]-[0035], [0057]-[0063], 図1	1-10												
A	JP 9-126991 A (株式会社日立製作所) 16.05.1997 (1997-05-16) 段落[0017]-[0032], 図1-8	1-10												
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの</td> <td>“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの</td> <td>“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの</td> </tr> <tr> <td>“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの	“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの	“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献	“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの	“X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの													
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの	“Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの													
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献														
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献														
国際調査を完了した日 28.05.2020	国際調査報告の発送日 09.06.2020													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 加藤 芳健 50 6312 電話番号 03-3581-1101 内線 3559													

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/010441

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2018-157120	A	04.10.2018	US 2018/0277377 A1 段落[0088]-[0096], [0103]- [0121], 図1 KR 10-2018-0106816 A	
US	2008/0020495	A1	24.01.2008	(ファミリーなし)	
US	2003/0043383	A1	06.03.2003	(ファミリーなし)	
JP	9-126991	A	16.05.1997	(ファミリーなし)	