

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第6774501号
(P6774501)

(45) 発行日 令和2年10月28日 (2020. 10. 28)

(24) 登録日 令和2年10月6日 (2020. 10. 6)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 L 21/66 (2006. 01)

GO 1 N 21/956 (2006. 01)

GO 1 B 11/06 (2006. 01)

HO 1 L 21/66 P

GO 1 N 21/956 A

GO 1 B 11/06 H

請求項の数 16 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2018-550750 (P2018-550750)	(73) 特許権者	500049141
(86) (22) 出願日	平成29年3月27日 (2017. 3. 27)		ケーエルエー コーポレーション
(65) 公表番号	特表2019-516239 (P2019-516239A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア ミルピ
(43) 公表日	令和1年6月13日 (2019. 6. 13)		タス ワン テクノロジー ドライブ
(86) 国際出願番号	PCT/US2017/024332	(74) 代理人	110001210
(87) 国際公開番号	W02017/172627		特許業務法人 Y K I 国際特許事務所
(87) 国際公開日	平成29年10月5日 (2017. 10. 5)	(72) 発明者	リー シーファン
審査請求日	令和2年3月25日 (2020. 3. 25)		アメリカ合衆国 カリフォルニア プレザ
(31) 優先権主張番号	62/314, 276		ントン セージウッド コート 3 3 5 7
(32) 優先日	平成28年3月28日 (2016. 3. 28)	(72) 発明者	ニコライデス レナ
(33) 優先権主張国・地域又は機関			アメリカ合衆国 カリフォルニア カスト
	米国 (US)		ロ バレー コロンビア ドライブ 1 7
(31) 優先権主張番号	15/255, 605		7 4 9
(32) 優先日	平成28年9月2日 (2016. 9. 2)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関			
	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 全表面膜計量システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ウェハを保持するよう構成されたステージと、
そのステージ上のウェハの正面、正面の逆側にある背面並びにそれら正面・背面間にあるエッジに少なくとも 1 本のビームを差し向けるよう構成された少なくとも 1 個の光源と、
それら正面、背面及びエッジにて反射された少なくとも 1 つのビームを受光してイメージデータを生成するよう構成された少なくとも 3 個の検出器と、
それら 3 個の検出器と電子通信するコントローラであり、それら正面、背面及びエッジについて前記イメージデータを用いて計量を実行するよう構成されているコントローラと
を備え、

上記コントローラがプロセッサを備え、上記ウェハの背面に発する明視野光のグレイスケール像と参照ウェハとの比をハードウェアモデル、第 1 膜スタックモデル及び第 2 膜スタックモデルを用い計測することでそのウェハの背面上にある膜の厚みを求めるよう、そのプロセッサがプログラミングされており、そのハードウェアモデルは数学的に表現されて入射角、光の波長、偏光コンディショニング要素の少なくともいずれかのパラメータを含むシステムのハードウェアパラメータが組み込まれ、テストされるサンプルから取得されたグレイレベルデータから生成され、上記第 1 膜スタックモデルは数学的に表現されて参照ウェハに対応しており、且つ上記第 2 膜スタックモデルは数学的に表現されて上記ウ

ェハに対応し、上記第 1 膜スタックモデルと上記第 2 膜スタックモデルのそれぞれは、膜の厚みと膜及びウェハの光学的特性を計算するために用いられるパラメータを含み、上記膜の厚みを繰り返し調整することで、計測された比に対し最も良好にマッチングするシミュレート比を見出すことにより上記膜の厚みを求めるシステム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のシステムであって、上記光源を 3 個備えるシステム。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のシステムであって、上記光源が少なくとも 1 個の有色発光ダイオードを有するシステム。

【請求項 4】

請求項 1 に記載のシステムであって、上記 3 個の検出器を用い求めた検査結果に基づき計量を実行するよう上記コントローラが構成されているシステム。

【請求項 5】

システムのハードウェアパラメータが組み込まれ、数学的に表現されたハードウェアモデルを準備するステップであり、前記ハードウェアパラメータは入射角、光の波長、偏光コンディショニング要素の少なくともいずれかを含み、前記ハードウェアモデルはテストされるサンプルから取得されたグレイレベルデータから生成される、ステップと、

少なくとも第 1 膜スタックモデル及び第 2 膜スタックモデルを準備するステップであり、上記第 1 膜スタックモデルは数学的に表現されて参照ウェハに対応し且つ上記第 2 膜スタックモデルは数学的に表現されて背面上に膜があるウェハに対応し、上記第 1 膜スタックモデルと上記第 2 膜スタックモデルはそれぞれ膜の厚みと膜及びウェハの光学的特性を計算するために用いられるパラメータを含む、ステップと、

その背面上に膜がある上記ウェハを照明するステップと、

膜を有する上記ウェハの背面に発する明視野光のグレイスケール像を、センサを用い検出するステップと、

そのグレイスケール像をプロセッサに送るステップと、

上記ウェハの背面に発する明視野光のグレイスケール像につきハードウェアモデルを用い計測された比と、そのグレイスケール像につき上記第 1 膜スタックモデル及び上記第 2 膜スタックモデルを用いシミュレートされた比とをマッチングし、上記膜の厚みを繰り返し調整することで、計測された比に対し最も良好にマッチングするシミュレート比を見出すことにより、上記プロセッサを用いそのウェハの背面上にある膜の厚みを導出するステップと、

を有する方法。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の方法であって、更に、ベアウェハを用い上記システムを校正するステップを有する方法。

【請求項 7】

請求項 5 に記載の方法であって、更に、既知厚の膜を有するウェハを用い上記システムを校正するステップを有する方法。

【請求項 8】

請求項 5 に記載の方法であって、上記明視野光が赤色発光ダイオード、緑色発光ダイオード及び青色発光ダイオードからの光を含む方法。

【請求項 9】

請求項 5 に記載の方法であって、上記明視野光が 1 個又は複数個のダイオードレーザからの光を含む方法。

【請求項 10】

請求項 5 に記載の方法であって、更に、上記プロセッサを用い上記膜の光学的特性を導出するステップを有する方法。

【請求項 11】

請求項 5 に記載の方法であって、膜素材及びその膜の光学的特性が上記導出に先立ち判

10

20

30

40

50

明している方法。

【請求項 1 2】

請求項 1 に記載のシステムであって、上記 3 個の検出器は、光電子増倍管、CMOS デバイス、電荷結合デバイス、時間遅延積分カメラのいずれかである、システム。

【請求項 1 3】

請求項 1 に記載のシステムであって、上記コントローラは、更に、上記イメージデータを用いてウェハ検査を実行するように構成され、上記検査は計量と同時に実行される、システム。

【請求項 1 4】

請求項 5 に記載の方法であって、更に、上記プロセッサを用い、厚みの導出と同時にウェハを検査するステップを含む、方法。

10

【請求項 1 5】

請求項 5 に記載の方法であって、更に、背面、正面、及び上記ウェハの正面と背面の間のエッジについての計量を実行するステップを含む、方法。

【請求項 1 6】

請求項 5 に記載の方法であって、上記照明するステップは、背面、上記背面の逆側にある正面、及び上記ウェハの正面と背面の間のエッジのそれぞれにビームを向けることを含む、方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本件開示はウェハ検査及び計量に関する。

【背景技術】

【0002】

(関連出願への相互参照)

本願は 2016 年 3 月 28 日付米国仮特許出願第 62 / 314276 号に基づき優先権を主張する出願であるので、同仮特許出願の開示内容をこの参照を以て本願に繰り入れることにする。

【0003】

ウェハ検査及び計量システムは、製造プロセス中に生じる欠陥を検出することで半導体製造業者を助け集積回路(IC)チップ歩留まりを維持、向上させるシステムである。検査及び計量システムの目的の一つは、製造プロセスが仕様に合致しているか否かを監視することにある。製造プロセスが既定基準の範囲外にある場合、検査及び計量システムにより問題及び/又はその問題の源泉を示すことができ、そして半導体製造業者はそれに対処することができる。

30

【0004】

半導体製造業の発展につれ歩留まり管理に対する期待、とりわけ計量及び検査システムに対するそれがかつてなく強まっている。限界寸法が縮小する一方でウェハサイズは拡大している。経済的に駆り立てられ、業界は高歩留まり高付加価値生産の達成に要する時間の短縮に向かっている。故に、歩留まり問題を検出してからそれを正すまでの合計時間を短縮することは、半導体製造業者にとり投資収益率を決定づけるものとなっている。

40

【0005】

半導体ウェハの中には薄膜例えば酸化膜や窒化膜を有するものがあり、その薄膜の厚みは 1 nm 未満 ~ 数 μm になりうる。ウェハ上で薄膜が存在しうるのは、正面(通常は付加的な諸層又は半導体デバイスが備わる面)上、その正面の逆側にある背面上、或いはそれら正面・背面間にあるエッジ上である。化学気相成長(CVD)、物理気相成長(PVD)、原子層成長(ALD)及びエピタキシなる四種類の技術が、そうした薄膜を形成するのに用いるものであるが、他の技術を用いることも可能である。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 6 】

【特許文献 1】米国特許第 7 7 8 2 4 5 2 号明細書

【特許文献 2】米国特許第 8 4 2 2 0 1 0 号明細書

【特許文献 3】米国特許第 8 6 1 1 6 3 9 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

これらの薄膜の厚みはデバイスの性能や歩留まりに影響しうる。半導体製造業者は、通常、薄膜を検査又は計測すること、とりわけその薄膜の厚み及び特性を求めることを望むものである。しかしながら、厚みを求めることやとりわけ光学的特性を求めることは難題となりうる。これがまさに成り立つのは、半導体ウェハのエッジや背面上に存する薄膜についてである。現状ではウェハの背面について計量を行う方法がなく、特に正面がパターニングされていてウェハチャック上に載置できない場合にはそうである。「全ウェハ表面計量」、即ちウェハの全表面について計量を行う方法もない。とりわけ、計測環境にて背面膜計量を行える技術はない。従って、必要なのは、計量ハードウェア技術の改良である。

10

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

第 1 実施形態ではシステムが提供される。本システムは、ウェハを保持するよう構成されたステージと、そのステージ上のウェハの正面、正面の逆側にある背面、並びにそれら正面・背面間にあるエッジに、少なくとも 1 本のビームを差し向けるよう構成された少なくとも 1 個の光源と、それら正面、背面及びエッジにて反射されたビームを受光するよう構成された少なくとも 3 個の検出器と、それら検出器と電子通信するコントローラと、を備える。そのコントローラは、それら正面、背面及びエッジについて計量を実行するよう構成する。本システムは、光源を 3 個備えるものとして行うことができる。その光源は、少なくとも 1 個の有色発光ダイオードを有するものとして行うことができる。コントローラは、それら検出器を用い求められた検査結果に基づき計量を実行するよう構成することができる。

20

【 0 0 0 9 】

コントローラはプロセッサを備えるものとして行うことができ、そのプロセッサには、ウェハの背面に発する明視野光のグレイスケール像と参照ウェハとの比をハードウェアモデル、第 1 膜スタックモデル及び第 2 膜スタックモデルを用い計測することで、そのウェハの背面上にある膜の厚みを求めるよう、プログラミングすることができる。ハードウェアモデルにはシステムのハードウェアパラメタを組み込む。第 1 膜スタックモデルは参照ウェハに対応するものとする。第 2 膜スタックモデルはウェハに対応するものとする。

30

【 0 0 1 0 】

第 2 実施形態では方法が提供される。本方法は、ウェハの正面、正面の逆側にある背面、並びにそれら正面・背面間にあるエッジの計量に備え計量システムを校正するステップを有する。計量は、そのウェハの正面、正面の逆側にある背面、並びにそれら正面・背面間にあるエッジについて、その計量システムを用い実行される。ウェハは、それら光源のうち 1 個が正面向け、1 個が背面向け、1 個がエッジ向けに用いられるよう、3 個の光源で以て照明することができる。正面、背面及びエッジからは光を 3 個の検出器を用い受光することができる。計量は、正面、背面及びエッジの検査結果を用い実行することができる。

40

【 0 0 1 1 】

第 3 実施形態では方法が提供される。本方法は、システムのハードウェアパラメタが組み込まれたハードウェアモデルを準備するステップと、少なくとも第 1 膜スタックモデル及び第 2 膜スタックモデルを準備するステップと、その背面上に膜があるウェハを照明するステップと、膜を有するウェハの背面に発する明視野光のグレイスケール像を、センサを用い検出するステップと、そのグレイスケール像をプロセッサに送るステップと、その

50

ウェハの背面に発する明視野光のグレイスケール像につきハードウェアモデルを用い計測された比とそのグレイスケール像につき第1膜スタックモデル及び第2膜スタックモデルを用いシミュレートされた比とをマッチングすることで、プロセッサを用いそのウェハの背面上にある膜の厚みを求めるステップと、を有する。第1膜スタックモデルは参照ウェハに対応するもの、第2膜スタックモデルは背面上に膜があるウェハに対応するものとする。ハードウェアパラメタには、入射角、光の波長、並びに偏向コンディショニング素子のパラメタのうち、少なくとも1個を含めることができる。

【0012】

本システムは、ベア（抜き身）ウェハを用い、或いは既知厚の膜を有するウェハを用い、校正することができる。

10

【0013】

上記明視野光は、赤色発光ダイオード、緑色発光ダイオード及び青色発光ダイオードからの光を含むそれとすることができる。上記明視野光は、1個又は複数個のダイオードレーザからの光を含むそれとすることができる。

【0014】

プロセッサを用い膜の光学的特性を特定することができる。

【0015】

膜素材及びその膜の光学的特性をその導出に先立ち知っておいてもよい。

【0016】

本件開示の性質及び目的についてのより遺漏なき理解のため、以下の如き添付図面と併せ後掲の詳細記述を参照すべきである。

20

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本件開示の一実施形態に係る方法を描いたフローチャートである。

【図2】エッチド膜ウェハの背面についての一連のグレイスケール比画像例であり、赤、緑及び青チャネル由来のデータを含むそれがウェハビューで示されている。

【図3】エッチド膜ウェハの背面についての一連のグレイスケール比画像例であり、赤、緑及び青チャネル由来のデータによるそれがダイビューで示されている。

【図4】本件開示の一実施形態を用い赤、緑及び青チャネルのグレイスケール比から算出されたエッチド膜ウェハ背面上膜厚の画像例であり、ウェハビューで示されている。

30

【図5】本件開示の一実施形態を用い赤、緑及び青チャネルのグレイスケール比から算出されたエッチド膜ウェハ背面上膜厚の画像例であり、ダイビューで示されている。

【図6】本件開示の第2実施形態に係る方法を描いたフローチャートである。

【図7】本件開示に係るシステムのブロック図である。

【図8】本件開示の一実施形態に係る膜スタックモデルを描いたフローチャートであり、データが灰色ブロック内、アルゴリズム構成要素が白色ブロック内に示されている。

【図9】本件開示に係る別のシステムのブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

特許請求の範囲記載の主題を特定の諸実施形態により記述するけれども、本願中で説明される長所及び特徴全てを提供しない諸実施形態を含め、他の諸実施形態もまた本件開示の技術的範囲内に存するものとする。様々な構造的、論理的、処理ステップ的及び電子的変更を、本件開示の技術範囲から離隔することなく施すことができる。従って、本件開示の技術的範囲は添付する特許請求の範囲への参照によってのみ定義されるものである。

40

【0019】

本願記載の計量ハードウェアを用いることで、ウェハの上面、傾斜面、エッジ頂点及び裏側を含め、ウェハの全表面について薄膜の厚みを計測することができる。ウェハのエッジ頂点及び背面が通常はパターンングされていないのに対し、上面及び上部傾斜面上の膜厚はパターンングされていることもされていないこともありうる。

【0020】

50

全表面における高サンプリング密度での計量は、半導体産業にて重要性を獲得しつつある。ブランクウェハの表面上にある膜スタックのシリコンオンインジュレータ（SOI）厚は限界寸法の一つである。5オングストロームの厚みばらつきがあると最高で15%のデバイス時間ばらつきが生じるので、全空間周波数にて厚みを計測する必要がある。化学機械研磨（CMP）実行時の上面残留厚はデバイス性能及び製品歩留まりに関する重要なパラメタの一つである。エッジ厚もまた、エッジ歩留まり、とりわけリソグラフィ工程におけるそれを知り改善することとの絡みで、重要性を獲得しつつある。更に、ウェハの背面上に膜が積み重なっていると、それらの膜がプラズマチャンバ内エッチング速度に影響することや静電チャック例えばESDチャック上への載置時に誤動作することがあるため、ウェハ歩留まりに影響が及ぶことがある。また例えば、ウェハの背面上の膜により、ウェハハンドリング中に粒子発生を原因とする汚染が生じることがある。

10

【0021】

第1実施形態では、ウェハの背面上にある薄膜の厚みが計測される。図1は、本方法の一実施形態を描いたフローチャートである。ステップ100では、システムのハードウェアパラメタが組み込まれたハードウェアモデルが準備される。このハードウェアモデルにはそのハードウェアの特性を記述するパラメタ、例えば入射角（AOI）、サンプル上を照明する光源の波長、偏向コンディショニング素子のパラメタ等々が含まれる。このハードウェアモデルを構築するには次の諸ステップを実行すればよい。第1に、そのシステムを記述する数学的モデルを構築し、そこにシステムパラメタ（例、AOI）を導入すればよい。第2に、それらのパラメタを校正手順により決めることができる。この校正手順には、既知サンプルをシステム内に通しシステムパラメタ（例、AOI）の値を見いだすステップを含めるとよい。第3に計測を実行する。供試サンプルについてグレイレベルデータを採取し、システムモデル（例えば格納されたパラメタが組み込まれたそれ）を適用することで、サンプルパラメタ（例、膜厚）を見いだすことができる。校正後には、それらシステムパラメタをシステムコンピュータ内にセーブすること、またそれらを必要時にシステムモデル内へと読み込んでサンプルパラメタを算出することができる。このハードウェアモデルは校正プロセス、例えば図6中のステップ200中に準備すればよい。

20

【0022】

翻って、図1のステップ101では少なくとも第1及び第2膜スタックモデルが準備される。第1膜スタックモデルは参照ウェハに対応するもの、第2膜スタックモデルは、測定又は分析対象膜が背面上にあるウェハに対応するものである。例えば、一方の膜スタックモデルを既知の参照ウェハ、例えばベアシリコンウェハ又は既知厚の薄膜を有するウェハに、対応するものとする。第2膜スタックモデルを、試験対象ウェハに対応するものとする。これら膜スタックモデルには、膜の厚み並びに膜及び基板の光学的特性を算出するのに用いられるパラメタを組み込む。モデルパラメタ及び物理サンプル量、例えば厚み又は光学的特性を変換する式はユーザによる編集が可能な数学式であり、線形関数とすることも複雑な非線形的関係とすることもできる。図8に、膜スタックモデルに係る処理フローの一例を示す。図8はSOIウェハに関するものであるが、本技術は他の膜又は他種のウェハで以て用いることもできる。

30

【0023】

翻って、図1のステップ102ではウェハが照明される。ステップ103では、センサを用い、そのウェハの背面に発する明視野光のグレイスケール像が検出される。ウェハのどの表面でも計測することができる。計測対象面が照明され、反射データがグレイレベルデータとして記録される。ウェハは、計測対象がそのウェハの上面か、エッジ表面かそれとも背面かによりチャックすることが可能である。そのハードウェア構成には、この参照を以てその全容が繰り入れられる特許文献1の諸特徴を具備させることができる。ステップ104ではグレイスケール像をプロセッサに送ることができる。

40

【0024】

ステップ105では、第2膜スタックを有する供試ウェハの背面に発する明視野光のグレイスケールと第1膜スタックを有する既知ウェハのグレイスケールとの比を計測するこ

50

と、並びにハードウェアモデル、第1膜スタックモデル及び第2膜スタックモデルを用いることで、プロセッサを用いそのウェハの背面上にある膜の厚みが導出される。その比がデジタル化されたグレイスケール値であってもよい。

【0025】

グレイスケール比の例を図2及び図3中に見ることができる。算出された膜厚の例を図4及び図5中に見ることができる。図3においては図2のうちの小部分エリアが示されており、図5は図4の一部分である。比とされているのは、既知サンプルに対する未知サンプルの画素バイ画素ベースでのグレイスケール値であり、これが三通りの照明色毎にある。図4及び図5における厚みはシリコン上の酸化物層を例としており、算出された酸化膜厚の例が図4及び図5に示されている。

10

【0026】

この比信号を分析するアルゴリズムを用いることで薄膜パラメタ、例えばそれらの膜の厚み及び/又は光学的特性を抽出することができる。例えば、未知サンプルの厚みを間断なく調整するアルゴリズムにより、計測された比に対し最も良好にマッチングするシミュレート比信号を見いだすことができる。この例では、その薄膜の光学的特性又は素材が既知であってもよい。

【0027】

薄膜厚を求めるに当たっては、ウェハの裏側に発する明視野光の相対グレイスケールが計測される。これは、例えば、1枚又は複数枚の供試ウェハの背面に由来するグレイスケールの、既知ウェハ例えば背面研磨ベアシリコンウェハに対する比とすることができる。それら二種類の信号の計測は同じハードウェア、例えば米国カリフォルニア州ミルピタス所在のK L A - T e n c o r C o r p o r a t i o n製のB S Iモジュールで以て実行することができる。比は、レシピにより設定される任意な組合せの波長で以て計測すること、例えば赤色、緑色及び青色LED照明器を用いて計測することができる。

20

【0028】

ハードウェアモデルのパラメタを決めるべく校正手順を用いことができる。その校正手順にはオンツールステップ、オフラインステップの双方が含まれる。オフライン手順は、例えばツェーリング分光器によるLED波長の計測のように、要素レベルで実行することができる。オンツール手順はモジュールが組み立てられた後に実行される。典型的手順の例は、(参照ツールにより計測され又はベンダにより認証された)1個又は複数個の既知サンプルについての計測である。そのアルゴリズムの一部を用いることで、これら校正手順の結果をハードウェアモデルのパラメタへと変換することができる。それらハードウェアパラメタは、通常、供試サンプルに対し独立である。従って、そのシステムを新種のアプリケーション(例、別の膜スタックを伴うもの)に適用する際に、新規な校正手順が必要とされることはなからう。

30

【0029】

本願記載のハードウェアモデル及び校正パラメタを用い、供試ウェハの計測済グレイスケール比を分析し、また(厚み及び/又は光学的特性に関する)所望の膜パラメタを出力するべく、データ抽出アルゴリズムを用いることができる。膜厚が既知な例では光学的特性を求めることができる。光学的特性が既知な別の例では膜厚を求めることができる。1回の計測にて3個超の未知パラメタ(例、厚み又は光学的特性)を求めることは難しいかもしれない。その光学的特性としては屈折率、吸収係数その他の特性があろう。

40

【0030】

図6は本方法の第2実施形態を描いたフローチャートである。この実施形態では、コンフィギュラブル(構成設定可能)なハードウェアにより、ウェハの上面、エッジ表面及び背面の任意な組合せについて計量できる能力が提供される。ウェハの上面、エッジ表面及び背面上にある所望表面の任意な組合せをカバーしうるオプション的構成で以て、全表面検査及び全表面計量を行えるよう、そのプラットフォームを構成することができる。とりわけ、背面計量及び検査を実行することができる。

【0031】

50

検査システムを修正し、全表面同時検査及び計量及び／又は同時背面計量及び検査が可能なものにすることができる。例えば、１個又は複数個の有色ＬＥＤをそのシステムに付加し、より広いアプリケーション空間をカバーさせることができる。１個又は複数個のモジュールの設計仕様を構成設定することで計量性能を高めること、例えば光源及び／又は検出器の安定性向上及びノイズレベル低減ができる。

【００３２】

図６の実施形態では、ステップ２００にて、正面、背面及びエッジ表面の計量に備え検査システムが校正される。それを受け、ステップ２０１にて、検査及び計量を同時実行するシステムを用い正面、背面及びエッジ表面についての計量が実行される。そのシステムは、正面検査用の１個、エッジ表面検査用の１個及び背面検査用のもう１個を含め、相独立な複数のモジュールを有するものとすることができる。検査でもたらされたデータは計量目的で再使用することができる。これら３個のモジュールは相独立であるので、それら３個のモジュールの任意な組合せを有するものとなるよう、ひいては正面、エッジ表面及び背面アプリケーションの任意な組合せがカバーされるよう、そのシステムを構成することができる。

10

【００３３】

こうした全表面同時計量及び検査システムは、全体としては現行の検査及びレビューシステムと同様に動作させうるものの、更なる表面を検査することが求められうる点で異なっている。計量又は検査は、例えば、その全開示内容がこの参照を以て本願に繰り入れられるところの特許文献２又は３にて教示されている技術又は部材を用い、実行することができる。一例としては、計量が検査結果に基づき実行される。更なる校正手順、例えば図１中に見られるそれを実行してもよい。

20

【００３４】

操作画像データは変わりうる。検査目的の場合、一色しか用いないときにはスワスバイスワスでデータを処理すればよい。メトロスペクションモードでは、最終的な膜パラメータを算出するのに多色画像が必要になることがある。全ての色を用いデータを仕上げるまで中間画像を保持するのに、データバッファが必要になることがある。

【００３５】

本願記載の諸アルゴリズムをシステムに組み込むことや、計測結果の提示をシステムに実行させることができる。

30

【００３６】

本願記載の諸実施形態はシステムを構成し又はシステムにより実行することができる。そうしたシステムの実施形態の一つを図７に示す。本システムは出力捕捉サブシステムを有しており、その出力捕捉サブシステムは少なくともエネルギー源及び検出器を有している。そのエネルギー源は、ウェハに向かうエネルギーを生成するよう構成されている。検出器は、ウェハからのエネルギーを検出するよう、且つエネルギーの検出に応じ出力を生成するよう構成されている。

【００３７】

実施形態の一つは、ウェハに向かうエネルギーが光を含みそのウェハから検出されるエネルギーが光を含むものである。例えば図７に示した実施形態のシステムでは、出力捕捉サブシステム３１０が照明サブシステムを備えており、ウェハ３１４に光を差し向けるようその証明サブシステムが構成されている。この照明サブシステムは少なくとも１個の光源を有するものである。例えば、図７に示す照明サブシステムは光源３１６を有している。実施形態の一つは、一通り又は複数通りの入射角、例えば一通り又は複数通りの斜め角及び／又は一通り又は複数通りの直角を含む入射角にてウェハ３１４に光を差し向けるよう、照明サブシステムが構成されたものである。例えば、図７に示すように、光源３１６からの光を光学素子３１８、次いでレンズ３２０を介しビームスプリッタ３２１へと差し向け、そのビームスプリッタ３２１がその光をウェハ３１４に直交入射角にて差し向けるものである。入射角にはどのようなものであれ好適な入射角を含めることができ、それは例えばウェハの特性により左右されうる。

40

50

【 0 0 3 8 】

本願中の用語「ウェハ」は、総じて、半導体又は非半導体素材で形成された基板のことを指している。そうした半導体又は非半導体素材の例としては、これに限られるものではないが単結晶シリコン、窒化ガリウム、ヒ化ガリウム、燐化インジウム、サファイア及びガラスがある。そうした基板は半導体製造設備にて見受けられ及び／又は処理されることが多い。

【 0 0 3 9 】

ウェハのなかには、基板上に形成された１個又は複数個の層を有するものがある。そうした層の例としては、これに限られるものではないがフォトレジスト、誘電体、導体及び半導体がある。本件技術分野ではそうした層が多種類知られており、本願中の用語ウェハは、どのような種類であれそうした層を有するウェハを包括する旨のものである。

10

【 0 0 4 0 】

ウェハ上に形成された１個又は複数個の層がパターンニングされていてもいなくてもよい。例えば、ウェハ内に複数個のダイを設け、それらにそれぞれ可反復パターンフィーチャ又は周期構造を設けることがある。そうした素材層の形成及び処理によって、最終的にはデバイスの完成品を得ることができる。多種類のデバイスをウェハ上に形成しうるところ、本願中の用語ウェハは、本件技術分野で既知な任意種類のデバイスがその上に作り込まれるウェハを包含する趣旨のものである。

【 0 0 4 1 】

光源 316 及び検出器 328, 334 を備えウェハ 314 の正面で反射された光を用いるシステムを示したが、更なる光源及び／又は検出器を用いるのと併せエッジ及び背面で光を反射させることができる。即ち、システム内に三組の検出器を設けそれに少なくとも１個の光源を付随させることができる。例えば、システム内に三組の光源及び検出器を設けることができる。図 9 に、一例システムとして、ステージ 322 上にウェハ 314 が保持され、３個のモジュール 401, 402, 403 を備えるものを示す。各モジュール 401, 402, 403 は光源及び検出器、例えば図 7 との関連で述べたそれを備えるものとすることができる。モジュール 401 はウェハ 314 の正面を照明し、そのウェハ 314 の正面からの光を検出する。モジュール 402 はウェハ 314 のエッジを照明し、そのウェハ 314 のエッジからの光を検出する。モジュール 403 はウェハ 314 の背面を照明し、そのウェハ 314 の背面からの光を検出する。各モジュール 401, 402, 403 はコントローラと通信することができる。

20

30

【 0 0 4 2 】

翻って、図 7 中の照明サブシステムを、別時点では別の入射角にて光をウェハに差し向けるよう構成してもよい。例えば、照明サブシステムに備わる１個又は複数個の素子の一通り又は複数通りの特性を変化させることで、図 7 に示したそれとは異なる入射角にてウェハに光を差し向けることができるよう、出力捕捉サブシステムを構成してもよい。そうした例のうち光源 316、光学素子 318 及びレンズ 320 を動かし光を別の入射角にてウェハ 314 に向かわせるよう、出力捕捉サブシステムを構成してもよい。

【 0 0 4 3 】

ある種の例に従い、同時に複数通りの入射角にてウェハに光を差し向けるよう出力捕捉サブシステムを構成してもよい。例えば、照明サブシステムに複数個の照明チャンネルを具備させればよい。それら照明チャンネルのうち１個は図 7 に示した光源 316、光学素子 318 及びレンズ 320 を備えるものとすればよく、他の照明チャンネル（図示せず）はそれに類する素子、例えば別様に構成された素子又は同種の素子を備えるものか、少なくとも光源を備え可能なら１個又は複数個の他部材例えば本願にて詳述されているそれを備えるものとすればよい。光を他の光と同時にウェハに差し向けた場合、別々の入射角にてウェハに差し向けられた光の一通り又は複数通りの特性（例、波長、偏向等々）に差異が現れるので、別々の入射角でのウェハの照明によりもたらされた光を検出器（群）にて互いに弁別することができる。

40

【 0 0 4 4 】

50

また別の例に従い、照明サブシステムに光源を１個だけ具備させ（例．図７に示した光源３１６）、その光源からの光を（例．波長、偏向等々に基づき）またその照明サブシステムに備わる１個又は複数個の光学素子（図示せず）により複数個の光路へと分離させてもよい。その後は、それら相異なる光路それぞれを辿り光をウェハに差し向ければよい。同時に又は別時点（例．別々の照明チャネルを用いウェハを順次照明する時点）でウェハに光を差し向けよう、複数個の照明チャネルを構成してもよい。また別の例に従い、別時点にて別特性にてウェハに光を差し向けよう同一の照明チャネルを構成してもよい。例えば、ある種の例に従い光学素子３１８を分光フィルタとして構成してもよく、その分光フィルタの特性は、別時点では別波長の光をウェハに差し向けよう様々な要領で（例．その分光フィルタを一時退避させることで）変化させることができる。照明サブシステムは、どのようなものであれ、別又は同一の特性を有する光をウェハに別の又は同一の入射角にて順次又は同時に差し向けるのに適し、本件技術分野で既知な他の構成を有するものとすることができる。

10

【００４５】

ある実施形態に従い、光源３１６に広帯域プラズマ（ＢＢＰ）光源を具備させてもよい。こうすることで、光源により生成されウェハに差し向けられる光を、広帯域光を含むものにすることができる。とはいえ、光源にはレーザをはじめ他のあらゆる好適光源を具備させよう。そのレーザは、本件技術分野で既知で好適ないずれのレーザを以て構成してもよく、また本件技術分野で既知で好適ないずれの波長又は波帯にて光を生成するよう構成してもよい。加えて、単色又はほぼ単色な光を生成するようそのレーザを構成してもよい。こうすることで、そのレーザを狭帯域レーザとすることができる。また、光源が、複数の離散波長又は波帯にて光を生成する多色光源を備えていてもよい。光源３１６は、広スペクトラム光源例えば白色光源としても、或いはより狭スペクトラムな光源例えば赤色光源、青色光源又は緑色光源としてもよい。そのシステムにて様々な方式の画像を利用しよう複数個の光源を用いてもよい。

20

【００４６】

光学素子３１８からの光は、レンズ３２０によりビームスプリッタ３２１方向に集束せればよい。図７ではレンズ３２０が単体の屈折性光学素子として示されているが、ご理解頂けるように、実際には、協働してその光学素子からウェハへと光を集束させる複数個の屈折性及び／又は反射性光学素子を以てレンズ３２０を構成してもよい。図７に示し本願中で述べた照明サブシステムには、他のあらゆる好適な光学素子（図示せず）を具備させよう。そうした光学素子の例としては、これに限られるものではないが、偏向部材（群）、分光フィルタ（群）、空間フィルタ（群）、反射性光学素子（群）、アポダイザ（群）、ビームスプリッタ（群）、アパーチャ（群）等があり、本件技術分野で既知で好適なその種の光学素子全てがこれに含まれうる。加えて、照明サブシステムに備わる素子のうち１個又は複数個を出力捕捉用照明の種類に基づき改変・変更するよう、本システムを構成してもよい。

30

【００４７】

出力捕捉サブシステムに、更に、光でウェハ上を走査するよう構成された走査サブシステムを具備させてもよい。例えば、出力捕捉サブシステムにステージ３２２を具備させ、出力捕捉中にその上にウェハ３１４を配置するようにしてもよい。この走査サブシステムには、光でウェハ上を走査しうようそのウェハ３１４を動かすべく構成された何らかの好適な機械及び／又はロボットアセンブリ（ステージ３２２を備えるそれ）を具備せればよい。これに加え又は代え、その出力捕捉サブシステムに備わる１個又は複数個の光学素子が光によるウェハ３１４上の走査のうち幾ばくかを実行するよう、出力捕捉サブシステムを構成してもよい。光によるウェハ上の走査は何らかの好適な形式で行えばよい。

40

【００４８】

出力捕捉サブシステムは、更に、１個又は複数個の検出チャネルを備えるものとする。当該１個又は複数個の検出チャネルのうち少なくとも１個は、出力捕捉サブシステムによるウェハ３１４の照明に起因するウェハ３１４からの光を検出するよう、且つ検出した光

50

に応じ出力を生成するよう構成された、検出器を備えるものとする。例えば、図7に示した出力捕捉サブシステムは2個の検出チャンネルを備えており、そのうち1個は集光器324、素子326及び検出器328により、もう1個は集光器330、素子332及び検出器334により形成されている。図7に示すように、それら2個の検出チャンネルは、別々の集光角にて光を集め検出するよう構成されている。ある種の例では、ウェハからの鏡面反射光を検出するよう一方の検出チャンネルが構成され、非鏡面反射光（例：散乱光、回折光等々）を検出するよう他方の検出チャンネルが構成される。とはいえ、検出チャンネルのうち2個以上を、ウェハからの同種の光（例：鏡面反射光）を検出するよう構成してもよい。図7には出力捕捉サブシステムが2個の検出チャンネルを備える実施形態を示したが、出力捕捉サブシステムがこれとは別の個数の検出チャンネル（例：単一の検出チャンネル又は2個以上の検出チャンネル）を備えていてもよい。図7では各集光器が単体の屈折性光学素子として示されているが、ご理解頂けるように、各集光器が1個又は複数個の屈折性光学素子及び/又は1個又は複数個の反射性光学素子を備えていてもよい。

【0049】

上記1個又は複数個の検出チャンネルには、本件技術分野で既知で好適なあらゆる検出器を具備せうる。検出器の例としては光電子増倍管（PMT）、CMOSデバイス、電荷結合デバイス（CCD）、時間遅延積分（TDI）カメラ等がある。検出器には、更に、本件技術分野で既知で好適な他のあらゆる検出器を含めうる。また、検出器は非イメージング型検出器でもイメージング型検出器でもよい。一例としては、それら検出器を、画像信号又は画像データを生成するよう構成されたイメージング型検出器として構成してもよい。従って、本システムは、多様な手法で本願記載の画像を生成するよう構成することができる。

【0050】

注記すべきことに、本願にて図7を示したのは、本願記載の諸システム実施形態に組み込みうる出力捕捉サブシステムの構成を大まかに描き出すためである。商用システムを設計する際に通常実行される如く、本願記載の出力捕捉サブシステム構成を改変することで本システムの性能を最適化してもよい。加えて、本願記載の諸システムを、米国カリフォルニア州ミルピタス所在のKLA-Tencor Corporationから商業的に入手可能なツール等、既存の出力捕捉システムを用い、（例：既存の出力捕捉システムに本願記載の機能を付加することで）実現してもよい。その種のシステムのうちあるものに従い、本願記載の諸方法を、その出力捕捉システムのオプション的機能として（例：その出力捕捉システムその他機能に加え）提供してもよい。これに代え、本願記載のシステムを、完全に新規なシステムとなるよう設計してもよい。

【0051】

本システムのコントローラ336は、ウェハ314の走査中にそれら検出器により生成される出力をコントローラ336が受け取れるよう、出力捕捉サブシステムに備わる検出器に何らかの好適な要領で（例：1個又は複数個の伝送媒体、例えば「有線」及び/又は「無線」伝送媒体を含むそれを介し）結合させればよい。コントローラ336は、本願記載の如く検出器の出力を用い多数の機能を実行するよう、また本願にて詳述されている他の何らかの機能を実行しうるよう、構成するとよい。このコントローラを、更に、本願記載の如く構成してもよい。

【0052】

そのシステムに更なるコンピュータサブシステムが備わっている場合、画像、データ、情報、命令等々をそれらコンピュータサブシステム間で本願詳示の如く送信できるよう、それら別のコンピュータサブシステムを互いに結合させてもよい。例えば、コントローラ336を別のコンピュータサブシステム（群）（図示せず）に何らかの好適な伝送媒体、例えば本件技術分野で既知で好適な何らかの有線及び/又は無線伝送媒体により結合させればよい。それらコンピュータサブシステムのうち2個以上を、共有型のコンピュータ可読格納媒体（図示せず）により実質的に結合させてもよい。

【0053】

コントローラ 336 には、プロセッサ 306、そのプロセッサ 306 と電子通信する格納デバイス 307、並びに同プロセッサ 306 と電子通信する通信ポート 308 を具備させることができる。お察し頂けるように、コントローラ 336 を実際に構成するに当たっては、ハードウェア、ソフトウェア及びファームウェアのどのような組合せを以てしてもよい。例えば、通信ポート 308 をネットワークポート、例えば Ethernet（登録商標）ポートや無線 Ethernet ポートとしてもよい。一例としては、通信ポート 308 を、例えば出力捕捉サブシステム 310 に対するシリアルインタフェースとしてもよい。また、その機能であり本願に記載されている諸機能を、単一ユニットにより実行してもよいし、或いはハードウェア、ソフトウェア及びファームウェアの何らかの組合せでそれぞれ実現可能な複数個の部材間で分かち合うようにしてもよい。コントローラ 336 向けのプログラムコード又は命令であり、本願記載の諸方法及び諸機能を実行・実現するためのその格納先は、コントローラ可読格納媒体例えばメモリ内、コントローラ 336 内、コントローラ 336 外、或いはそれらの組合せとすればよい。

10

【0054】

コントローラ 336 により計量を実行することや薄膜厚及び／又は光学的特性を求めることができる。例えば、コントローラ 336 により図 1、図 6 又は図 8 の諸ステップを実行すればよい。コントローラ 336 により、本願記載の他ステップ又は技術を実行してもよい。

【0055】

コントローラ 336 は、出力捕捉サブシステム 310 により生成された出力をコントローラ 336 で受け取れるよう、何らかの好適な形態で（例、1 個又は複数個の伝送媒体、例えば「有線」及び／又は「無線」伝送媒体を含むそれを介し）検出器に結合させればよい。コントローラ 336 は、それら検出器の出力を用い多数の機能を実行するよう構成すればよい。それら検出器により生成された出力に対し、ある種のプロセス制御又はコンプライアンスアルゴリズム及び／又は方法を適用することで、コントローラ 336 によりウェハ 314 の検査又は計量を実行するようすればよい。例えば膜厚又は光学的特性を求めることができる。

20

【0056】

本願記載のコントローラ 336、他システム（群）又は他サブシステム（群）は、パーソナルコンピュータシステム、イメージコンピュータ、メインフレームコンピュータシステム、ワークステーション、ネットワーク機器、インターネット機器その他のデバイスをはじめ、様々な形態を採りうる。一般に、語「コントローラ」は、記憶媒体から得た命令を実行するプロセッサを 1 個又は複数個有するデバイス全てが包含されるよう、広く定義することができる。そのサブシステム（群）又はシステム（群）には、また、本件技術分野にて既知で好適なあらゆるプロセッサ、例えば並列プロセッサを具備させうる。加えて、そのサブシステム（群）又はシステム（群）には、スタンドアロン又はネットワーク接続型のツールとして、高速処理プラットフォーム及びソフトウェアを具備させうる。

30

【0057】

本システムに複数個のサブシステムを具備させる場合、それらサブシステム間で画像、データ、情報、命令等々を送れるよう、別々のコンピュータサブシステム同士を結合させるとよい。例えば、あるサブシステムを、別のサブシステム（群）に、何らかの好適な伝送媒体例えば本件技術分野で既知で好適な何らかの有線及び／又は無線伝送媒体を含むそれで結合させればよい。それらサブシステムのうち 2 個以上を、共有のコンピュータ可読格納媒体（図示せず）によって実質的に結合させてもよい。

40

【0058】

更なる実施形態は、コントローラ上で実行可能なプログラム命令が格納される非一時的コンピュータ可読媒体に関し、本願記載の如くウェハ上の異常を識別し又はコンプライアンス／非コンプライアンスを検出するコンピュータ実施方法を実行するためのものである。具体的には、図 7 に示すように、格納デバイス 307 その他の格納媒体を、コントローラ 336 上で実行可能なプログラム命令が組み込まれた非一時的コンピュータ可読媒体を

50

含むものとすればよい。そのコンピュータ実施方法には本願記載のあらゆる方法（群）のあらゆるステップ（群）を含めうる。

【 0 0 5 9 】

諸方法例えば本願記載のそれを実行するためのプログラム命令はコンピュータ可読媒体上、例えば格納デバイス 3 0 7 その他の格納媒体内に格納すればよい。そのコンピュータ可読媒体は格納媒体、例えば磁気又は光ディスク、磁気テープその他、本件技術分野で既知で好適な何らかの非一時的コンピュータ可読媒体とすればよい。

【 0 0 6 0 】

それらプログラム命令は様々な形態のうちいずれか、なかでも手続きベース技術、要素ベース技術及び／又はオブジェクト指向技術により実装されよう。それらプログラム命令の実装には、例えば、Active X（登録商標）コントロール、C++オブジェクト、Java Beans（登録商標）、Microsoft（登録商標）Foundation Classes（“MFC”）、SSE（ストリーミングSIMDエクステンション）その他のテクノロジー又は方法論を、随意に用いればよい。

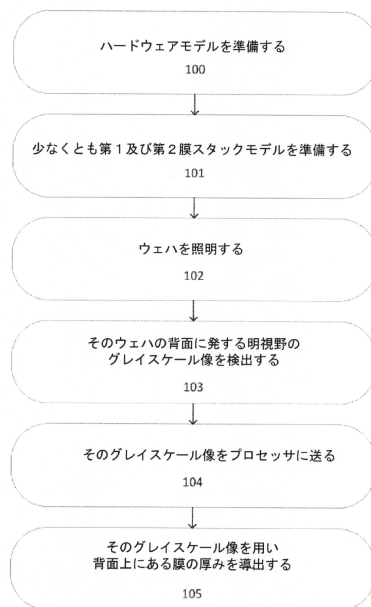
【 0 0 6 1 】

コントローラ 3 3 6 は本願記載の諸実施形態のうちいずれに従い構成してもよい。ある例では、プロセッサ 3 0 6 が、本願記載の方法のうち任意のものを実行するようプログラミングされる。

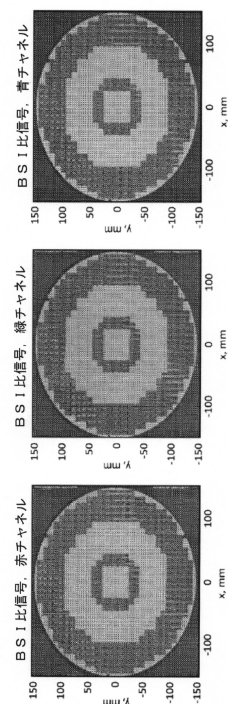
【 0 0 6 2 】

本件開示に関し特定の 1 個又は複数個の実施形態との関連で記述してきたが、ご理解頂けるように、本件開示の技術的範囲から離隔することなく本件開示の他実施形態をなすことができる。即ち、本件開示は添付する特許請求の範囲及びその合理的な解釈のみにより限定されるものと認められる。

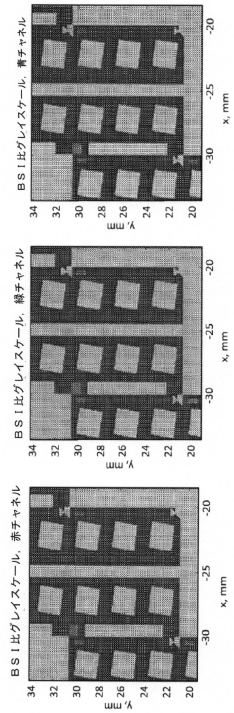
【 図 1 】



【 図 2 】



【図 3】



【図 4】

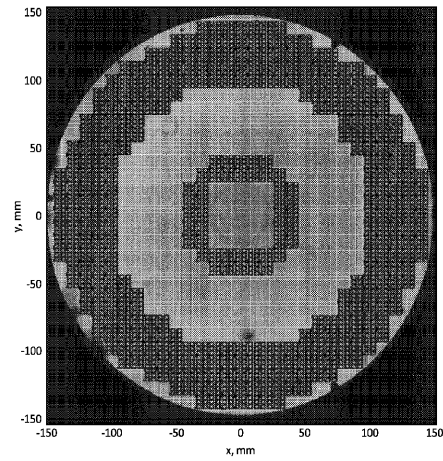


FIG. 4

【図 5】

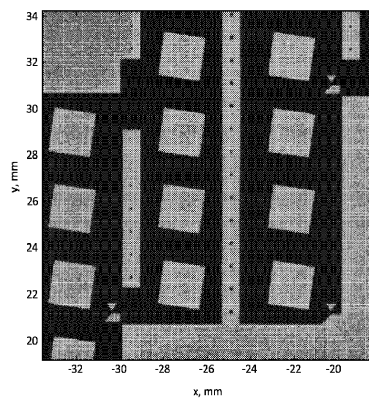


FIG. 5

【図 7】

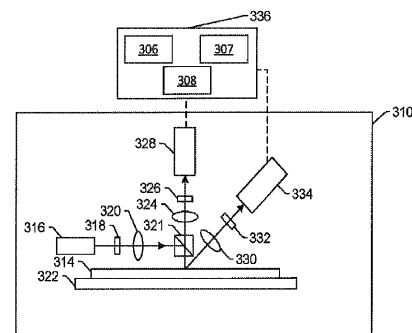
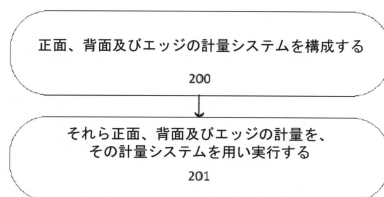
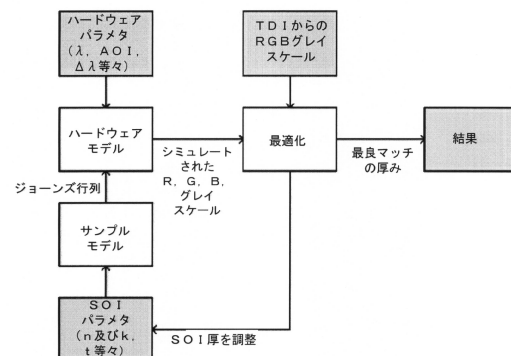


FIG. 7

【図 6】



【図 8】



【 図 9 】

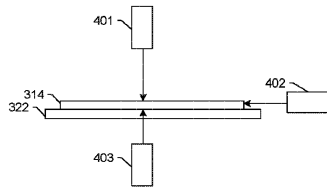


FIG. 9

フロントページの続き

早期審査対象出願

(72)発明者 ホーン ポール

アメリカ合衆国 カリフォルニア ミルピタス ブターノ ドライブ 1612

(72)発明者 グレーツ リチャード

アメリカ合衆国 カリフォルニア マウンテン ビュー チキータ アベニュー 700 ユニッ
ト 10

審査官 堀江 義隆

(56)参考文献 特開2015-141176(JP,A)

特開2012-251816(JP,A)

特開平05-248825(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/66

G01B 11/06

G01N 21/956