

(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
2017 年 4 月 13 日(13.04.2017)



(10) 国際公開番号
WO 2017/061063 A1

- (51) 国際特許分類:
G01N 21/956 (2006.01) *H01L 21/66* (2006.01)
G01B 11/30 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/003583
- (22) 国際出願日: 2016 年 8 月 3 日(03.08.2016)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2015-197776 2015 年 10 月 5 日(05.10.2015) JP
- (71) 出願人: 株式会社 S U M C O (SUMCO CORPORATION) [JP/JP]; 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 長田 達弥(OSADA, Tatsuya); 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号 株式会社 S U M C O 内 Tokyo (JP). 金原 秀明(KINBARA, Hideaki); 〒1058634 東京都港区芝浦一丁目 2 番 1 号 株式会社 S U M C O 内 Tokyo (JP). 江頭 雅彦(EGASHIRA, Masahiko); 〒1058634 東京都港区

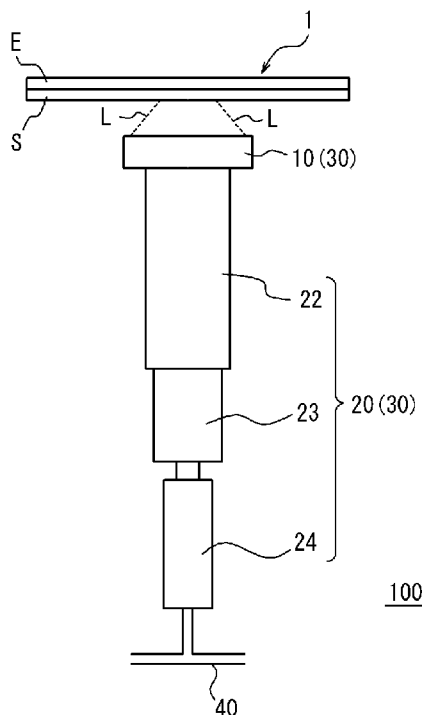
芝浦一丁目 2 番 1 号 株式会社 S U M C O 内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 杉村 憲司(SUGIMURA, Kenji); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目 2 番 1 号 霞が関コモンゲート西館 3 6 階 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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,

[続葉有]

(54) Title: EPITAXIAL WAFER REAR SURFACE INSPECTION DEVICE AND EPITAXIAL WAFER REAR SURFACE INSPECTION METHOD USING SAME

(54) 発明の名称: エピタキシャルウェーハ裏面検査装置およびそれを用いたエピタキシャルウェーハ裏面検査方法



(57) Abstract: Provided is an epitaxial wafer rear surface inspection device capable of detecting defects on the rear surface of an epitaxial wafer. An epitaxial wafer rear surface inspection device (100) according to the present invention is characterized by having: an optical system (30) that is disposed perpendicularly to the rear surface of an epitaxial wafer (1), and that is equipped with a ring fiber illumination (10) and a photographing unit (20); and a scan unit (40) that scans the optical system (30) in parallel to the rear surface, wherein the light source for the ring fiber illumination (10) is either a blue LED or a red LED.

(57) 要約: エピタキシャルウェーハ裏面における欠陥を検出することのできるエピタキシャルウェーハ裏面検査装置を提供する。本発明のエピタキシャルウェーハ裏面検査装置 100 は、エピタキシャルウェーハ 1 の裏面に対して垂直に設置される、リングファイバー照明 10 および撮影部 20 を備える光学系 30 と、前記裏面と平行に光学系 30 を走査する走査部 40 と、を有し、リングファイバー照明 10 の光源は、青色 LED および赤色 LED のいずれかであることを特徴とする。



ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, 添付公開書類:

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).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

エピタキシャルウェーハ裏面検査装置およびそれを用いたエピタキシャルウェーハ裏面検査方法

技術分野

[0001] 本発明は、エピタキシャルウェーハ裏面検査装置およびそれを用いたエピタキシャルウェーハ裏面検査方法に関し、特に、エピタキシャルウェーハ裏面に形成される欠陥を識別して検出することのできる、エピタキシャルウェーハ裏面検査装置に関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスの製造工程において用いる基板として、シリコンウェーハ等の半導体からなるウェーハが広く用いられている。このようなウェーハとして、単結晶インゴットをスライスし、鏡面研磨したポリッシュドウェーハ（PWウェーハ）や、PWウェーハの表面にエピタキシャル層が形成されたエピタキシャルウェーハ等が知られている。例えば、エピタキシャルウェーハは、MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor)、DRAM (Dynamic Random Access Memory)、パワートランジスタおよび裏面照射型固体撮像素子など、種々の半導体デバイスのデバイス基板として用いられている。なお、本明細書において、「エピタキシャルウェーハ表面」と記載する場合、エピタキシャルウェーハの主面のうち、エピタキシャル層が形成された側の面を指すものとし、「エピタキシャルウェーハ裏面」と記載する場合、エピタキシャルウェーハの主面のうち、エピタキシャル層が形成された側の面とは反対側の面（すなわち、エピタキシャル層が形成されていない側の面）を指すものとする。

[0003] 半導体デバイスの製造工程において歩留まりや信頼性を向上させるために、半導体デバイスの基板となるウェーハ表裏面の欠陥検査技術が極めて重要になりつつある。ウェーハの表裏面に存在する欠陥は、ピット、COP等の

結晶欠陥、加工起因の研磨ムラおよびスクラッチなどの他、異物であるパーティクルの付着など、多岐に渡る。

[0004] 従来、LPD (Light Point Defect ; 輝点欠陥) 検査装置 (レーザー面検機) を用いて、仕上げの鏡面研磨を施した後のウェーハ表裏面をレーザー光で走査し、その表裏面に存在するパーティクル、スクラッチ等に起因する散乱光を検出するウェーハ検査が行われている。また、LPD検査装置では判別しにくい欠陥の有無を判定するため、ウェーハ表裏面を目視によって判定する外観検査も併用されている。外観検査は官能検査であるため、検査員による判定のバラツキは不可避であり、かつ、検査員の習熟にも時間を要するため、客観的な検査方法および自動検査方法の確立が求められている。

[0005] そこで、ウェーハ検査方法の一つとして、外観検査に頼らずにウェーハを適切に評価する方法を、ウェーハ表裏面のうち特に裏面側の欠陥に関して本出願人らは特許文献1において先に提案している。すなわち、ウェーハ裏面のパーツ画像をウェーハの円周方向に沿って連続的に撮影し、撮影した前記パーツ画像を合成してウェーハ裏面の全体画像を作成するマップ処理工程と、前記全体画像を微分処理してウェーハ裏面の微分処理画像を作成する微分処理工程とを具え、前記全体画像又は前記微分処理画像をもとに、研磨ムラ、くもり、スクラッチ及びパーティクルを検出して評価する、ウェーハ裏面の評価方法である。

[0006] 上記全体画像を作成するための光学系50を、図1(A)、(B)を用いて説明する。なお、図1(B)は、リングファイバー照明51により照射される照射光 L_1 と、反射光(散乱光) L_2 を図示するために、図1(A)から要部を抽出したものである。この光学系50は、リングファイバー照明51、鏡筒52、テレセントリックレンズ53および受光部54を備える。なお、リングファイバー照明51の光源には、超高圧水銀灯(波長域369nm~692nm、出力1,000,000Lux超)を用いており、受光部54にはCCDカメラが用いられている。リングファイバー照明51によって照射される照射光 L_1 は、ウェーハ面に対して約20度でウェーハWに入射し、ウェーハWの

裏面に存在する欠陥Dと衝突すると、散乱光 L_2 が発生する。受光部54は、散乱光 L_2 のうち、垂直散乱光を受光して撮像し、光学系50の位置情報とともに、散乱光の輝度情報を有する画像を撮影し、記録する。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特開2010-103275号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] ここで、特許文献1に記載の技術を、エピタキシャルウェーハ裏面の欠陥状態の検査に適用することを本発明者らは検討した。ところが、特許文献1に記載の技術をエピタキシャルウェーハ裏面検査にそのまま適用した場合、図2に一例を示すように、外観検査であれば識別できるはずの欠陥のほぼ全部を検出することができない。なお、図2の例ではエピタキシャルウェーハ裏面の周縁部を除く中央部のほぼ全てが欠陥であるかの如く誤認識してしまう。

[0009] エピタキシャルウェーハ裏面の欠陥には、例えば後述の「ピンマーク」、「ブレードキズ」、低散乱の「ハロー」、などの欠陥のように、形成されていても問題のない欠陥や、必然的に形成される欠陥も幾つか存在する。そのため、エピタキシャルウェーハ裏面の検査装置は、欠陥の有無や、その発生量の検出に加えて、欠陥の種類まで正しく識別できなければならない。この点、従来のように、目視による外観検査であれば、エピタキシャルウェーハ裏面の欠陥を識別して、その品質を判断することができるが、前述のとおり外観検査では検査員による判定を要する。したがって、エピタキシャルウェーハ裏面を客観的に検査することのできる技術の確立が求められる。

[0010] そこで本発明は、上記課題に鑑み、エピタキシャルウェーハ裏面における欠陥を検出することのできるエピタキシャルウェーハ裏面検査装置およびそれを用いたエピタキシャルウェーハ裏面検査方法を提供することを目的とす

る。

課題を解決するための手段

[0011] 上記の目的を達成するべく、本発明者らは鋭意検討した。まず、特許文献1に記載の技術は、PWウェーハであれば欠陥状態を正しく評価できるのに関わらず、エピタキシャルウェーハ裏面に適用すると欠陥を看過してしまう原因を本発明者らは検討した。従来技術により得られるエピタキシャルウェーハ裏面の画像と、外観検査により確認される欠陥との相違を本発明者らが分析したところ、この画像においては同種または別種の欠陥が重なり合ったり、正常な部分であっても欠陥に基づく輝度情報と判断されたりしてしまうようである。その原因をさらに検討したところ、エピタキシャルウェーハの裏面は、PWウェーハの裏面に比べてソースガスの回り込みによって裏面の一部が成膜しており、裏面側の表面が粗いため、上記光学系50の光源では出力が強過ぎて乱反射が生じ、CCDの許容容量を超えてしまうからであった。すなわち、散乱光の輝度のオーバーフローが原因であることを本発明者らは突き止めた。エピタキシャルウェーハ裏面は、エピタキシャル層を形成する際に、原料ガスが裏面に回り込んで曇りが発生するなど、PWウェーハに比べると面状態が荒れている（すなわち、裏面のHazeレベルが悪い）ために、上述のオーバーフローが発生するようである。そのため、特許文献1に記載の技術をエピタキシャルウェーハ裏面の欠陥状態の検査に適用しても、外観検査であれば識別可能な欠陥を看過してしまうのだと考えられる。

[0012] PWウェーハの表裏面は、エピタキシャルウェーハ裏面と異なり、粗れが小さいため、PWウェーハを検査する際には極薄い傷であっても検出できるよう、短波長域であり、かつ、照度の大きいHgランプやメタルハライドランプなどの超高圧水銀灯をリングファイバー照明の光源に用いていた。しかしながら、上述のとおりエピタキシャルウェーハ裏面ではオーバーフローが発生してしまう。そこで、これを解消しようと超高圧水銀灯の照度を下げると、今度は検査中に照度が不安定となってしまう。そこで、本発明者らは、リングファイバー照明の光源として、比較的低照度で安定的に使用可能な光

源を用いることを着想し、エピタキシャルウェーハ裏面における欠陥を識別可能な光源を見出し、本発明を完成するに至った。本発明は、上記の知見および検討に基づくものであり、その要旨構成は以下のとおりである。

[0013] 本発明のエピタキシャルウェーハ裏面検査装置は、エピタキシャルウェーハの裏面に対して垂直に設置される、リングファイバー照明および撮影部を備える光学系と、前記裏面と平行に前記光学系を走査する走査部と、を有し、前記リングファイバー照明の光源は、青色LEDおよび赤色LEDのいずれかであることを特徴とする。

[0014] ここで、前記光源の照度は300,000Lux以上1,000,000Lux以下であることが好ましく、また、前記光源は、前記青色LEDであることが好ましい。

[0015] また、本発明のエピタキシャルウェーハ裏面検査方法は、前述のエピタキシャルウェーハ裏面検査装置を用いて、前記光学系を前記走査部により走査しつつ、前記裏面のパーツ画像を連続的に撮影する撮影工程と、前記パーツ画像から、前記裏面の全体画像を取得する取得工程と、前記全体画像から、前記裏面に存在する欠陥を検出する検出工程と、を有することを特徴とする。

[0016] この場合、前記検出工程に先立ち、前記全体画像を画像処理する画像処理工程を更に有し、前記検出工程において、前記画像処理した全体画像に基づき前記検出を行うことが好ましい。

[0017] また、前記検出工程において、前記エピタキシャルウェーハ裏面の周縁部における欠陥を抽出し、前記欠陥のうち、前記周縁部を内側領域および外側領域に区画し、所定の閾値を超える大きさであり、かつ、前記外側領域のみに位置する欠陥をハローとして検出することが好ましい。

[0018] さらに、前記検出工程において、前記エピタキシャルウェーハ裏面の周縁部における点状の欠陥を抽出し、前記点状の欠陥のうち、第1の半径以上かつ第2の半径以下であり、かつ、中心が暗部となる点状の欠陥をサセプタピンホールとして検出することが好ましい。

[0019] さらにまた、前記検出工程において、前記エピタキシャルウェーハ裏面の

中心から所定の距離離れた位置における点状の規準欠陥を抽出して、該規準欠陥の位置を第1の規準位置とし、前記中心から前記第1の規準位置を等角ずつ回転させて複数の第2の規準位置近傍における欠陥を抽出し、前記第1の基準位置および前記第2の規準位置近傍における点状の欠陥がなす組を、ピンマークとして検出することが好ましい。

[0020] また、前記抽出した前記欠陥を正常欠陥および異常欠陥に分類し、前記異常欠陥の有無を判定する判定工程を更に有することも好ましい。

発明の効果

[0021] 本発明によれば、適切な光源を用いるので、エピタキシャルウェーハ裏面における欠陥を検出することのできるエピタキシャルウェーハ裏面検査装置およびそれを用いたエピタキシャルウェーハ裏面検査方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]従来技術において用いられるウェーハ裏面検査装置の光学系を説明する模式図であり、(A)は光学系全体を示す模式図であり、(B)は入射光 L_1 および散乱光 L_2 を示す模式図である。

[図2]従来技術によるウェーハ検査装置を用いて得た、エピタキシャルウェーハ裏面の全体画像の一例である。

[図3]本発明の一実施形態に従うエピタキシャルウェーハ裏面検査装置を説明する模式図である。

[図4]エピタキシャルウェーハ裏面の全体画像の一例であり、(A)は青色LED光源により得られた全体画像であり、(B)は赤色LED光源により得られた全体画像であり、(C)は緑色LED光源により得られた全体画像であり、(D)は白色LED光源により得られた全体画像である。

[図5]本発明の一実施形態に従うエピタキシャルウェーハ裏面検査方法を説明するフローチャートである。

[図6]本発明の一実施形態により得られるエピタキシャルウェーハ裏面の第1の例であり、(A)は全体画像であり、(B)は(A)の全体画像を画像処

理したものである。

[図7]本発明の一実施形態により検出することのできるハローを説明するための模式図である。

[図8]本発明の一実施形態により得られるエピタキシャルウェーハ裏面の第2の例であり、(A)は全体画像であり、(B)は(A)の全体画像を画像処理したものである。

[図9](A)は、図8(A)におけるサセプタピンホールの拡大画像であり、(B)はその強度分布を示すグラフである。

[図10]本発明の一実施形態により検出することのできるサセプタピンホールを説明するための模式図である。

[図11]本発明の一実施形態により得られるエピタキシャルウェーハ裏面の第3の例であり、(A)は全体画像であり、(B)は(A)の全体画像を画像処理したものである。

[図12]本発明の一実施形態により検出することのできるピンマークを説明するための模式図であり、(A)は規準欠陥PM1を示し、(B)は、ピンマークである欠陥の組PM1～PM3を示す。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、図面を参照しつつ本発明の実施形態を説明する。図3は、本発明の一実施形態に従うエピタキシャルウェーハ裏面検査装置100の模式図である。

[0024] (エピタキシャルウェーハ裏面検査装置)

図3に示すように、本発明の一実施形態に従うエピタキシャルウェーハ裏面検査装置100は、エピタキシャルウェーハ1の裏面に対して垂直に設置される、リングファイバー照明10および撮影部20を備える光学系30と、エピタキシャルウェーハ1の裏面と平行に光学系30を走査する走査部40と、を有する。そして、リングファイバー照明10の光源を、青色LEDおよび赤色LEDのいずれかとする。なお、図3における、エピタキシャルウェーハ1とは、基板Sの表面にエピタキシャル層Eをエピタキシャル成長

させたものである。そして、エピタキシャルウェーハ１の裏面とは、エピタキシャル層Ｅが形成された側と反対の面（換言すれば、基板Ｓのエピタキシャル層Ｅが形成されていない側の面であり、基板Ｓの裏側の面が露出しているということもできる。）を意味する。以下、各構成の詳細を順に説明する。

[0025] リングファイバー照明１０としては、一般的なものをを用いることができるが、その光源を青色ＬＥＤおよび赤色ＬＥＤのいずれかとするのが肝要であり、その技術的意義については図４を用いて後述する。なお、リングファイバー照明１０から照射される照射光Ｌの照度を300,000～1,000,000lux程度とすることが好ましい。エピタキシャルウェーハ１の裏面に対する照射光Ｌのなす角度は一般的なものであり、例えば１０～３０度程度とすることができ、従来技術と同様に略２０度または２０度とすることもできる。

[0026] 撮影部２０の構成は、エピタキシャルウェーハ１の裏面からの散乱光を受光して撮影できる限りは特に制限されないが、例えば鏡筒２２、レンズ２３および受光部２４から構成することができる。鏡筒２２、レンズ２３および受光部２４のそれぞれは、一般的に使用されるものをを用いることができる。レンズ２３には例えばテレセントリックレンズを用いることができ、受光部２４には例えばＣＣＤカメラを用いることができる。

[0027] 光学系３０は、上述のリングファイバー照明１０および撮影部２０を備え、リングファイバー照明１０によってエピタキシャルウェーハ１の裏面を照射し、その散乱光を受光して、エピタキシャルウェーハ１の裏面のパーツ画像を取得する。

[0028] 走査部４０は、エピタキシャルウェーハ１の裏面と平行に光学系３０を走査する。走査部４０は、光学系３０を周方向に走査してもよいし、縦横に走査してもよい。また、エピタキシャルウェーハ裏面検査装置１００が光学系３０を複数（例えば３つ）有し、それぞれの光学系３０を走査部４０が周方向に走査してもよい。なお、走査部４０は光学系３０に接続するアームおよび、アームを駆動させるための駆動ステッピングモーター、サーボモータ

一等から構成することができる。

[0029] ここで、本実施形態に従うエピタキシャルウェーハ裏面検査装置 100 のリングファイバー照明 10 の光源として青色 LED（照射光照度：300,000～1,000,000 lux、波長域：450～500 nm、発光中心波長：470 μm）を用いた場合に、エピタキシャルウェーハの裏面のパーツ画像をウェーハ全面で連続的に撮影し、合成して裏面全体を示す全体画像を取得したときの一例を図 4（A）に示す。また、同じ裏面に対して、光源を上記青色 LED から赤色 LED（照射光照度：300,000～1,000,000 lux、波長域：600～700 nm、発光中心波長：660 μm）に替えた場合の全体画像を図 4（B）に示す。さらに、これら青色 LED および赤色 LED と同程度の照度の緑色 LED（発光中心波長：530 μm）に替えた場合の全体画像を図 4（C）に、白色 LED（上記青色 LED、赤色 LED および緑色 LED の合成光）に替えた場合の全体画像を図 4（D）にそれぞれ示す。

[0030] 図 4（A）～（D）に示す全体画像の中央部には円弧状の欠陥であるスクラッチ状の欠陥が形成されており、光源に青色 LED または赤色 LED を用いた図 4（A），（B）では、スクラッチ状の欠陥の周囲にクモリ欠陥が形成されていることが確認できる。図 4（C），（D）では、スクラッチ状の欠陥は画像中から識別可能であるが、図 4（A），（B）で見られるクモリ欠陥は識別できない。また、図 4（A）～（D）を比較すると明らかなように、光源に青色 LED を用いる場合に、欠陥の検出感度が最も高いことがわかる。よって、エピタキシャルウェーハ裏面検査装置 100 のリングファイバー照明 10 の光源には、青色 LED を用いることが好ましい。

[0031] なお、図 2 を用いて既述のとおり、リングファイバー照明 10 の光源として、従来技術と同様に超高圧水銀灯（例えば照度 5,000,000 Lux）を用いると、欠陥に起因する輝度がオーバーフローして、欠陥を識別することができない。

[0032] 以上説明してきたように、本実施形態に従うエピタキシャルウェーハ裏面検査装置 100 では、低照度でも安定性に優れ、かつ、波長域が 450～5

00nmの青色LEDまたは600～700nm赤色LEDをリングファイバー照明10の光源として用いていることで、Hazeレベルの悪いエピタキシャルウェーハ裏面であっても、その欠陥状態を示す画像を正確に取得することができる。したがって、従来目視でなければ感知できなかったエピタキシャルウェーハ裏面の欠陥を、識別して検出することができるのである。

[0033] なお、エピタキシャルウェーハ1は、鏡面加工されたシリコンウェーハの表面に、シリコンエピタキシャル層をエピタキシャル成長させたエピタキシャルシリコンウェーハとすることができる。本実施形態に従うエピタキシャルウェーハ裏面検査装置100は、エピタキシャルシリコンウェーハに供することが好ましい。既述の裏面側のHazeの悪化が問題となってくるためである。

[0034] (エピタキシャルウェーハ裏面検査方法)

次に、上述のエピタキシャルウェーハ裏面検査装置100を用いるエピタキシャルウェーハ裏面検査方法の一実施形態を説明する。図5に示すように、本実施形態は、光学系30を走査部40により走査しつつ、エピタキシャルウェーハ1の裏面のパーツ画像を連続的に撮影する撮影工程S1と、前記パーツ画像から、エピタキシャルウェーハ1の裏面の全体画像を取得する取得工程S2と、得られた全体画像から、エピタキシャルウェーハ1の裏面に存在する欠陥を検出する検出工程S3と、を有する。

[0035] すなわち、撮影工程S1では、まず光学系30が所定位置に位置するときに、エピタキシャルウェーハ1の裏面のパーツ画像を撮影する。次いで、上記所定位置と別の位置に走査部40が光学系30を走査して、エピタキシャルウェーハ1の裏面のパーツ画像を撮影する。例えば、エピタキシャルウェーハ1の裏面を100～200程度に区分して、区分毎にこの撮影および走査を繰り返して、エピタキシャルウェーハ1の裏面のパーツ画像を連続的に撮影する(S1)。次に、撮影したそれぞれのパーツ画像を合成し、エピタキシャルウェーハ1の裏面の全体画像を取得する(S2)。得られた全体画像の一例は、例えば既述の図4(A)である。

[0036] 次に、上述の取得工程 S 2 において取得した全体画像から、エピタキシャルウェーハ 1 の裏面に存在する欠陥を検出する検出工程 S 3 を行う。エピタキシャルウェーハ 1 の裏面には、エピタキシャル層を形成する際の原料ガスの回り込みに起因する欠陥や、エピタキシャル成長炉内でエピタキシャルウェーハ 1 を支持するサセプタとの接触に起因する欠陥など、欠陥が発生する原因に応じて、それぞれ特有の欠陥パターンが形成される。そして、欠陥の発生原因毎に特有の、発生位置（裏面中央部もしくは裏面周縁部または裏面全面にランダムに発生など）や欠陥パターン長さ、縦横サイズ比、点状の欠陥の組み合わせ（以下、これらを総称して「欠陥パターン」と言う。）などが存在する。本工程では、これらの欠陥の種類毎に特有の欠陥パターンの条件を設定し、この条件に当てはまる欠陥を全体画像の中から検出する。こうして、エピタキシャルウェーハ 1 の裏面に存在する欠陥を検出することができる。

[0037] なお、検出工程 S 3 に先立ち、取得された全体画像を画像処理する画像処理工程を更に有することが好ましい。そして、画像処理した全体画像に基づき検出工程 S 3 を行うことが好ましい。画像処理工程においては、例えば微分処理画像を全体画像から取得すれば、ノイズの影響等も抑制でき、エピタキシャルウェーハ 1 の裏面に存在する欠陥をより明確に検出することができる。なお、後述する図 6（A）の全体画像を微分処理し、細線化処理を施すと、図 6（B）が得られる。図 8（A）、（B）および図 11（A）、（B）も同様の対応関係である。画像処理した全体画像を用いることで、エピタキシャルウェーハ 1 裏面の欠陥の検出精度をより高めることができる。

[0038] 以下に、エピタキシャルウェーハ 1 の裏面に形成される「ハロー」、「サセプタピンホール」、「ピンマーク」の具体的な検出方法の態様を説明する。これらの欠陥の検出態様は、あくまで例示的なものであり、欠陥の種類毎に特有の欠陥パターンを当てはめれば、上記 3 種の欠陥以外の欠陥についても、本方法に従う実施形態により欠陥を検出することは可能である。

[0039] <ハロー>

欠陥の第1の例として、図6（A）に、本発明に従うエピタキシャルウェーハ裏面検査装置100を用いて取得した、ハローD1が形成されているエピタキシャルウェーハ1裏面の全体画像を示す。また、図6（B）は、図6（A）を画像処理したものである。なお、このエピタキシャルウェーハ1裏面にはクモリ欠陥D2も形成されている。

ここで、「ハロー」とは、エピタキシャル成長によってエピタキシャルウェーハ裏面の周縁部に発生するエッチング模様状の欠陥である。

[0040] 図7を用いつつ、本検査方法の一実施形態における上記ハローD1の検出態様を説明する。なお、図7では、ハローD1はエピタキシャルウェーハ1裏面の周縁部に2つ形成されている。検出工程S3では、まず、エピタキシャルウェーハ1裏面の周縁部における欠陥を抽出する。エピタキシャルウェーハ裏面の周縁部を、所定の半径を用いて、内側領域R1および外側領域R0に区画する。抽出された欠陥のうち、所定の閾値を超える大きさの欠陥であり、かつ、外側領域R0内のみに位置する欠陥を「ハロー」として検出することができる。欠陥の大きさを定める際には、輝度に所定の閾値を設定してもよい。なお外側領域R0および内側領域R1に渡って形成される欠陥であった場合には、ハローD1ではなくクモリ欠陥D2として検出することができる。こうして、ハローD1が検出される場合には、ハローD1が裏面に存在するエピタキシャルウェーハとして評価することができる。

[0041] <サセプタピンホール>

欠陥の第2の例として、図8（A）に、本発明に従うエピタキシャルウェーハ裏面検査装置100を用いて取得した、サセプタピンホールD3が形成されているエピタキシャルウェーハ1裏面の全体画像を示す。また、図8（B）は、図8（A）を画像処理したものである。さらに、図9（A）に図8（A）におけるサセプタピンホールD3近傍の拡大画像を示す。また、図9（B）に、このサセプタピンホールD3の強度（輝度）分布を示す。図9（A）、（B）に一具体例が示されているように、サセプタピンホールは略円形の点状の欠陥であって、中央部は暗部となる。

ここで、「サセプタピンホール」とは、エピタキシャル成長中にサセプタによるピンホールがエピタキシャルウェーハの裏面に転写された痕跡であり、核を持ったくもり状に目視される欠陥である。そのため、サセプタピンホールの外径は、所定の範囲内となる。

[0042] 図10を用いつつ、本検査方法の一実施形態における上記サセプタピンホールD3の検出態様を説明する。検出工程S3では、エピタキシャルウェーハ1裏面の周縁部における点状の欠陥を抽出する。サセプタピンホールの外径が含まれるよう、閾値として第1の半径および第2の半径（〔第2の半径〕＞〔第1の半径〕とする。）を予め設定しておき、抽出した点状の欠陥のうち、第1の半径以上かつ第2の半径以下であるものをさらに抽出する。このような点状の欠陥のうち、中心が暗部となっている欠陥を、「サセプタピンホール」として検出することができる。なお、第1の半径未満の大きさの点状の欠陥D4は、（発生位置にも依存し得るが）パーティクルとして判定してもよい。

[0043] <ピンマーク>

欠陥の第3の例として、図11（A）に、本発明に従うエピタキシャルウェーハ裏面検査装置100を用いて取得した、ピンマークPM1～PM3が形成されているエピタキシャルウェーハ1裏面の全体画像を示す。また、図11（B）は、図11（A）を画像処理したものである。

ここで、「ピンマーク」とは、ウェーハリフトピン形状や、ピンとウェーハとの接触具合に起因し、センチュラ社製のエピタキシャル炉に特有な、エピタキシャルウェーハ裏面外周部に発生する摩耗跡のような微少キズの集合体または付着物からなる欠陥である。ウェーハリフトピン形状にも依るが、例えば3箇所形成されうるピンマークであれば、必ず3箇所同時に形成され、この場合、エピタキシャルウェーハ裏面の中心から120度ずつ回転させた位置に存在する。また、リフトピン形状に起因して、所定の半径の範囲内にピンマークは存在し、ピンマークそれぞれの欠陥は円形状の輝点となる。

[0044] 図12(A), (B)を用いつつ、本検査方法の一実施形態における上記ピンマークPM1～PM3の検出態様を説明する。検出工程S3において、エピタキシャルウェーハ裏面の中心から所定の距離R離れた位置における点状の規準欠陥PM1をまず抽出する(図12(A))。この規準欠陥PM1の位置を第1の規準位置とし、前記中心から前記第1の規準位置を等角ずつ(図12の例では、ピンマークは3箇所形成されるため120度ずつ)回転させて、複数の第2の規準位置A, Bの近傍における欠陥を抽出する。ピンマークの発生位置が等角間隔から若干ずれる場合があるので、検出許容角を設定してもよい(図12(B))。この場合、検出許容角の範囲内にあれば、上記「近傍」に含まれるものとする。第1の基準位置および前記第2の規準位置A, B近傍における点状の欠陥PM1～PM3がなす組を、「ピンマーク」として検出することができる。

[0045] なお、本実施形態は、検出工程S3の後、前記抽出した欠陥を正常欠陥および異常欠陥に分類し、異常欠陥の有無を判定する判定工程を更に有することが好ましい。前述のとおり、ピンマークのように、エピタキシャルウェーハ裏面には形成されていても問題のない欠陥が存在する。そこで、エピタキシャルウェーハ裏面の品質を評価する際には、異常欠陥の有無を判定することが好ましい。発生している異常欠陥の種類や量を定性的または定量的に評価してもよい。

[0046] 以上、本発明の実施形態を説明したが、これらは代表的な実施形態の例を示したものであって、本発明はこれらの実施形態に限定されるものではなく、発明の要旨の範囲内で種々の変更が可能である。

産業上の利用可能性

[0047] 本発明によれば、エピタキシャルウェーハ裏面における欠陥を検査することのできるエピタキシャルウェーハ裏面検査装置およびそれを用いたエピタキシャルウェーハ裏面検査方法を提供することができる。

符号の説明

[0048] 1 エピタキシャルウェーハ

- 1 0 リングファイバー照明
- 2 0 撮影部
- 3 0 光学系
- 4 0 走査部
- 1 0 0 エピタキシャルウェーハ裏面検査装置
- D 欠陥

請求の範囲

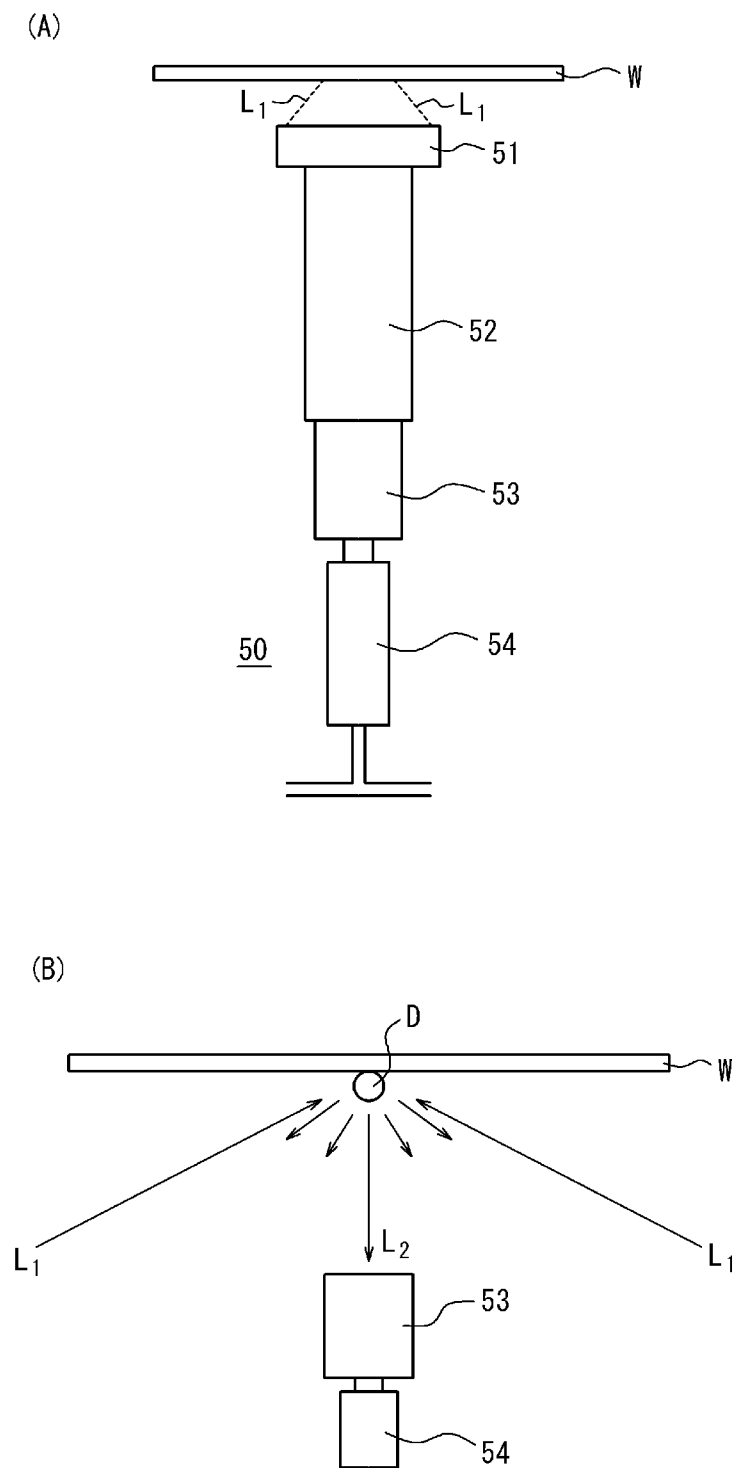
- [請求項1] エピタキシャルウェーハの裏面に対して垂直に設置される、リングファイバー照明および撮影部を備える光学系と、
前記裏面と平行に前記光学系を走査する走査部と、を有し、
前記リングファイバー照明の光源は、青色LEDおよび赤色LEDのいずれかであることを特徴とするエピタキシャルウェーハ裏面検査装置。
- [請求項2] 前記光源の照度は300,000Lux以上1,000,000Lux以下である、請求項1に記載のエピタキシャルウェーハ裏面検査装置。
- [請求項3] 前記光源は、前記青色LEDである、請求項1または2に記載のエピタキシャルウェーハ裏面検査装置。
- [請求項4] 請求項1～3のいずれか1項に記載のエピタキシャルウェーハ裏面検査装置を用いて、前記光学系を前記走査部により走査しつつ、前記裏面のパーツ画像を連続的に撮影する撮影工程と、
前記パーツ画像から、前記裏面の全体画像を取得する取得工程と、
前記全体画像から、前記裏面に存在する欠陥を検出する検出工程と、
を有することを特徴とするエピタキシャルウェーハ裏面検査方法。
- [請求項5] 前記検出工程に先立ち、前記全体画像を画像処理する画像処理工程を更に有し、
前記検出工程において、前記画像処理した全体画像に基づき前記検出を行う、請求項4に記載のエピタキシャルウェーハ裏面検査方法。
- [請求項6] 前記検出工程において、前記エピタキシャルウェーハ裏面の周縁部における欠陥を抽出し、前記欠陥のうち、前記周縁部を内側領域および外側領域に区画し、所定の閾値を超える大きさであり、かつ、前記外側領域内のみに位置する欠陥をハローとして検出する、請求項4または5に記載のエピタキシャルウェーハ裏面検査方法。
- [請求項7] 前記検出工程において、前記エピタキシャルウェーハ裏面の周縁部における点状の欠陥を抽出し、前記点状の欠陥のうち、第1の半径以

上かつ第2の半径以下であり、かつ、中心が暗部となる点状の欠陥をサセプタピンホールとして検出する、請求項4～6のいずれか1項に記載のエピタキシャルウェーハ裏面検査方法。

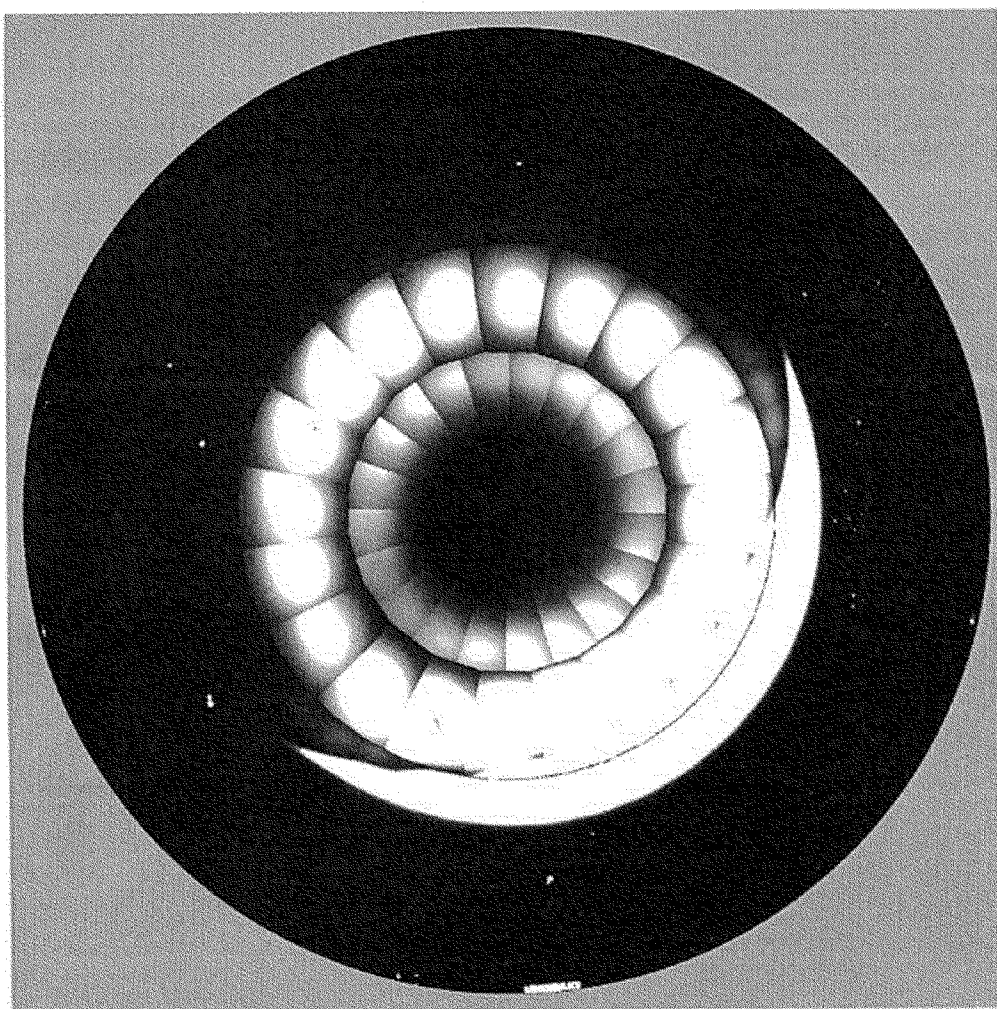
[請求項8] 前記検出工程において、前記エピタキシャルウェーハ裏面の中心から所定の距離離れた位置における点状の規準欠陥を抽出して、該規準欠陥の位置を第1の規準位置とし、前記中心から前記第1の規準位置を等角ずつ回転させて複数の第2の規準位置近傍における欠陥を抽出し、前記第1の規準位置および前記第2の規準位置近傍における点状の欠陥がなす組を、ピンマークとして検出する、請求項4～7のいずれか1項に記載のエピタキシャルウェーハ裏面検査方法。

[請求項9] 前記抽出した前記欠陥を正常欠陥および異常欠陥に分類し、前記異常欠陥の有無を判定する判定工程を更に有する、請求項4～8のいずれか1項に記載のエピタキシャルウェーハ裏面検査方法。

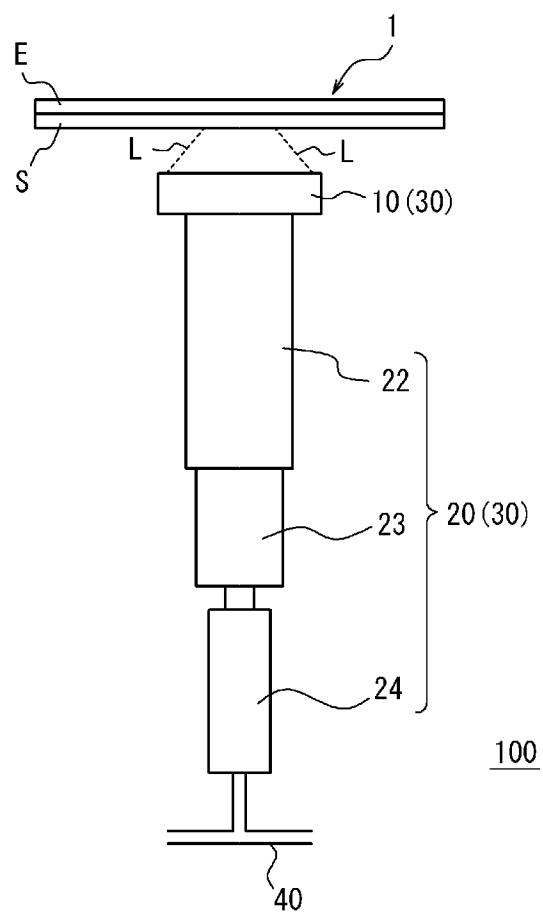
[図1]



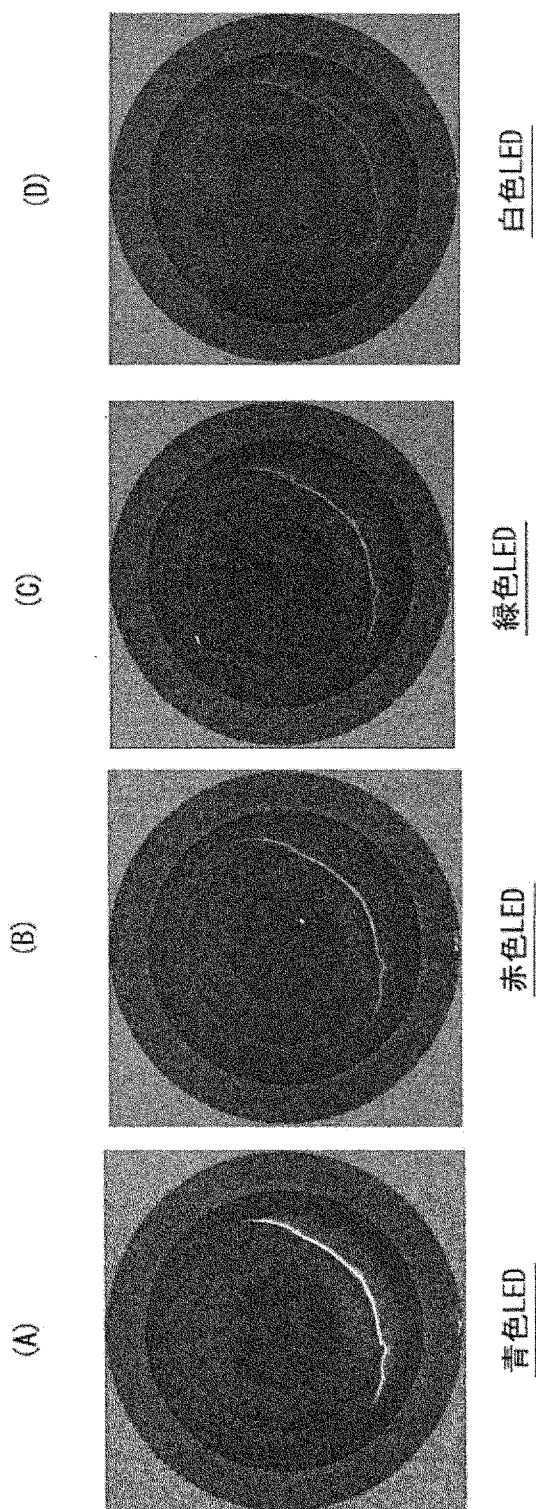
[図2]



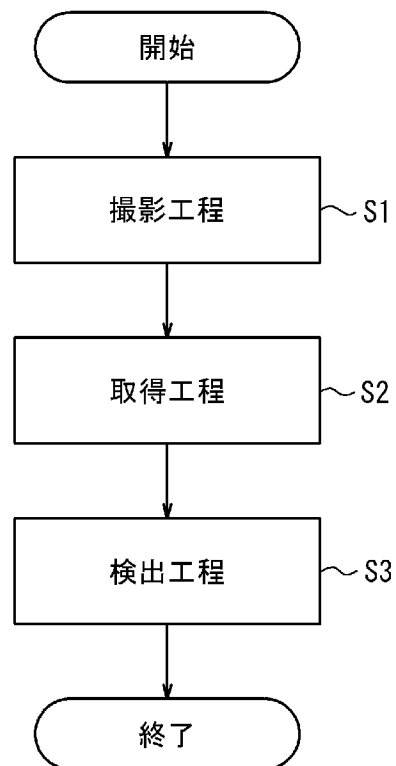
[図3]



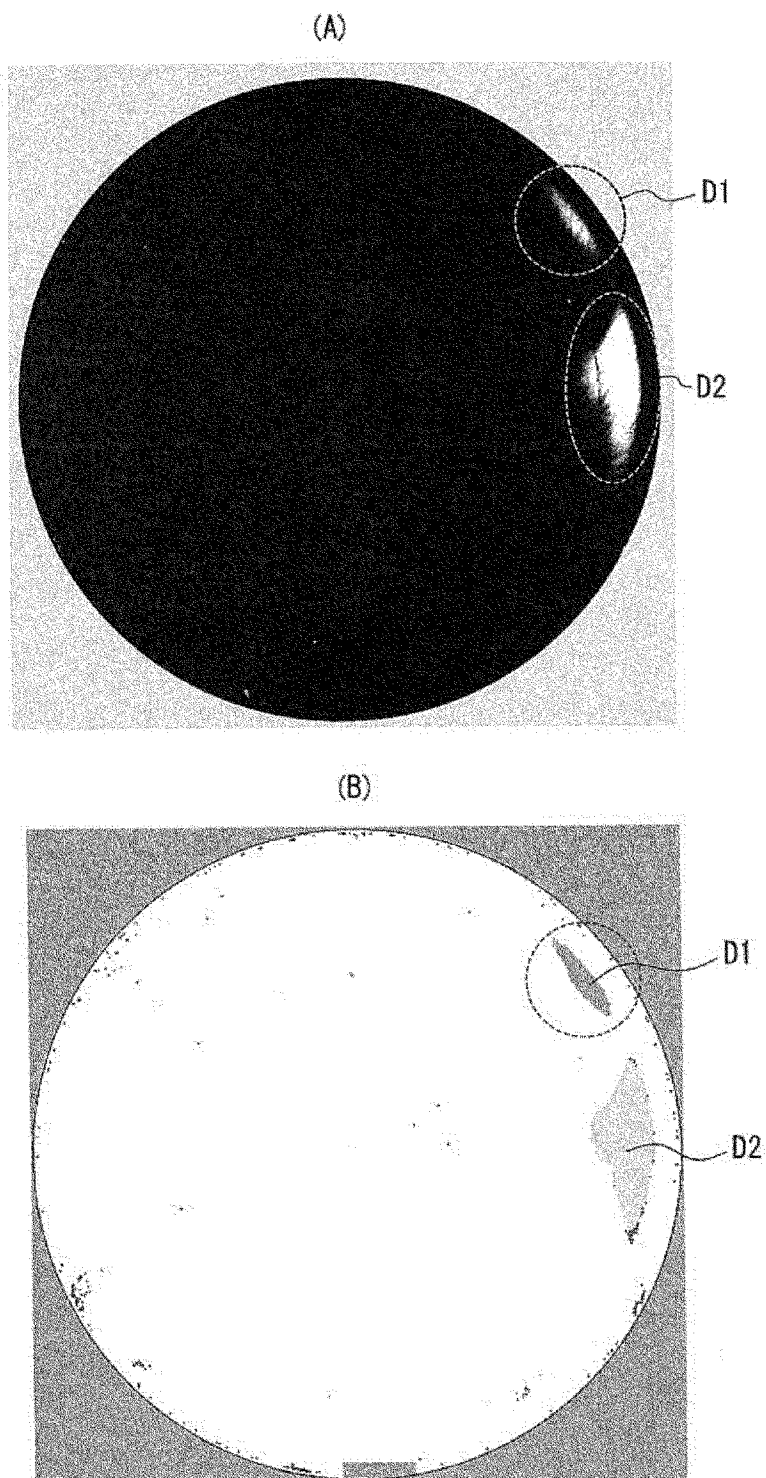
[図4]



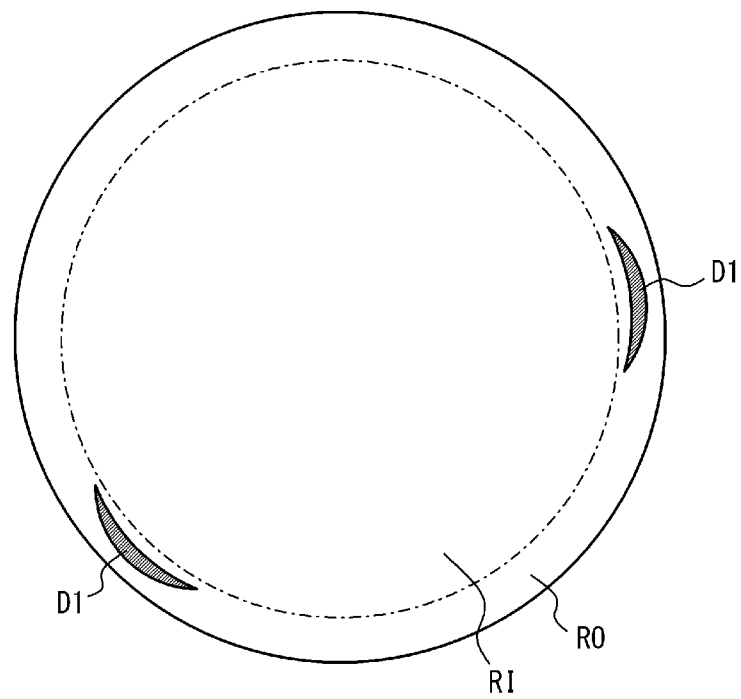
[図5]



[図6]

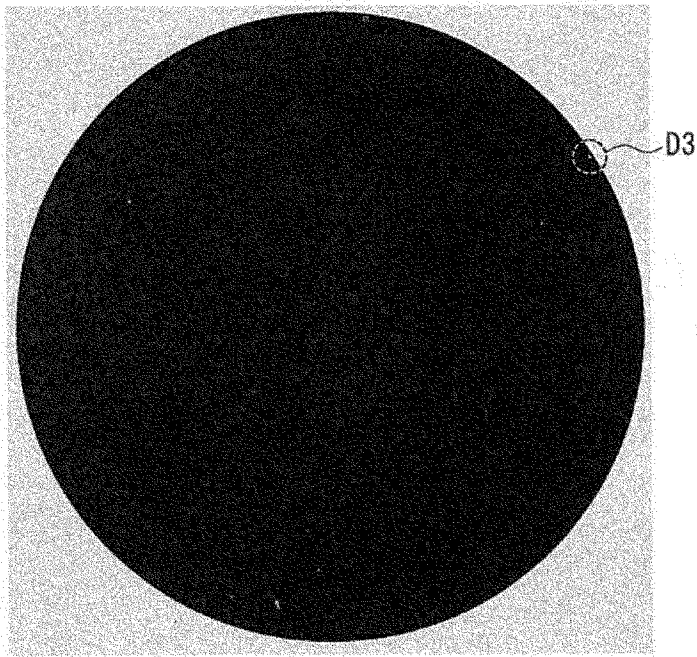


[図7]

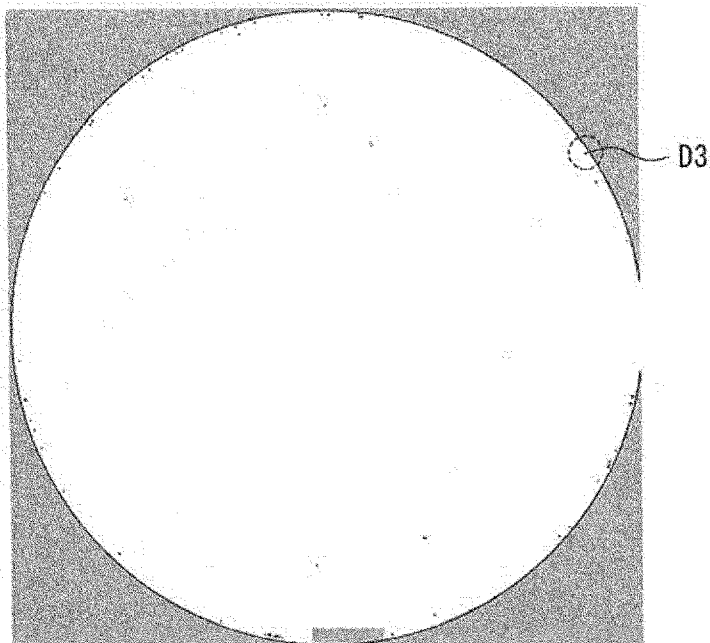


[図8]

(A)

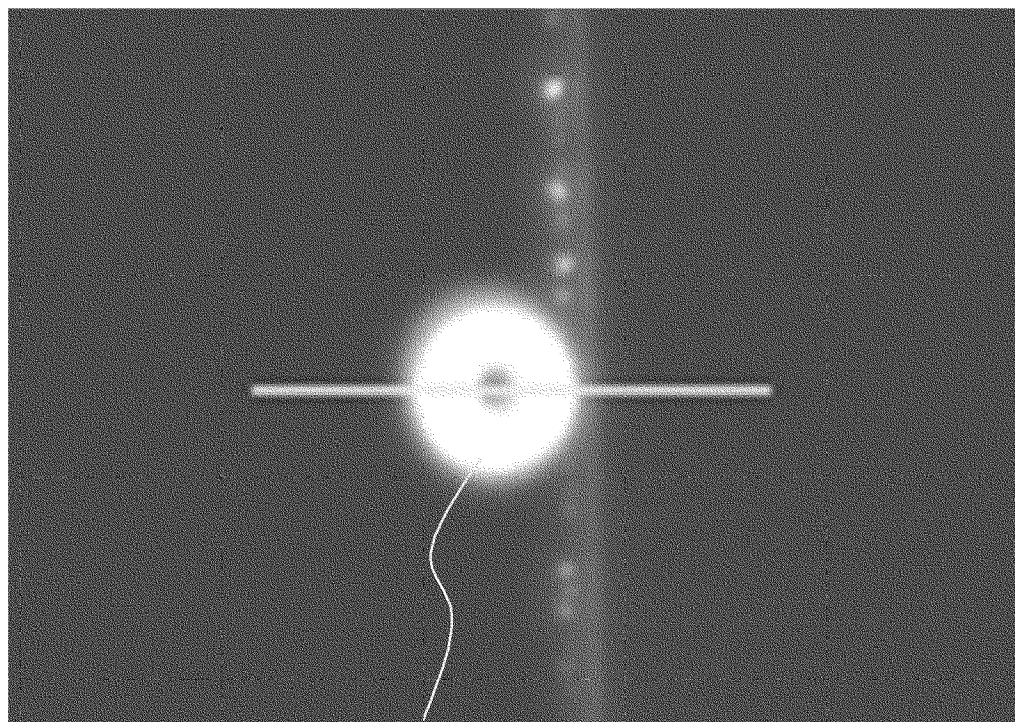


(B)



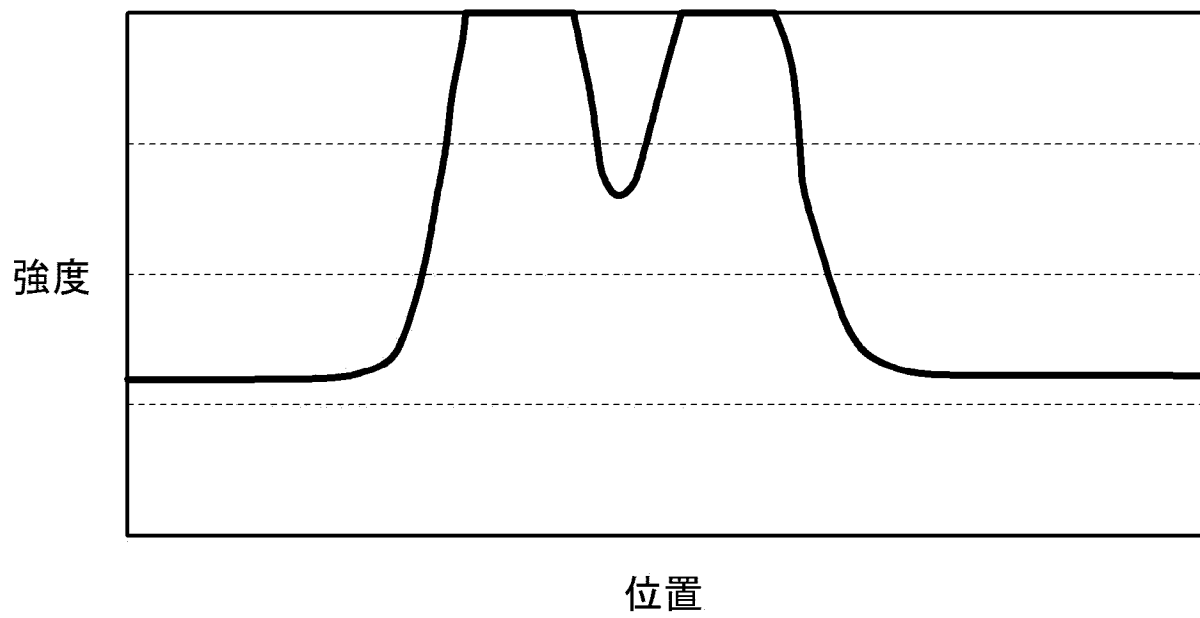
[図9]

(A)

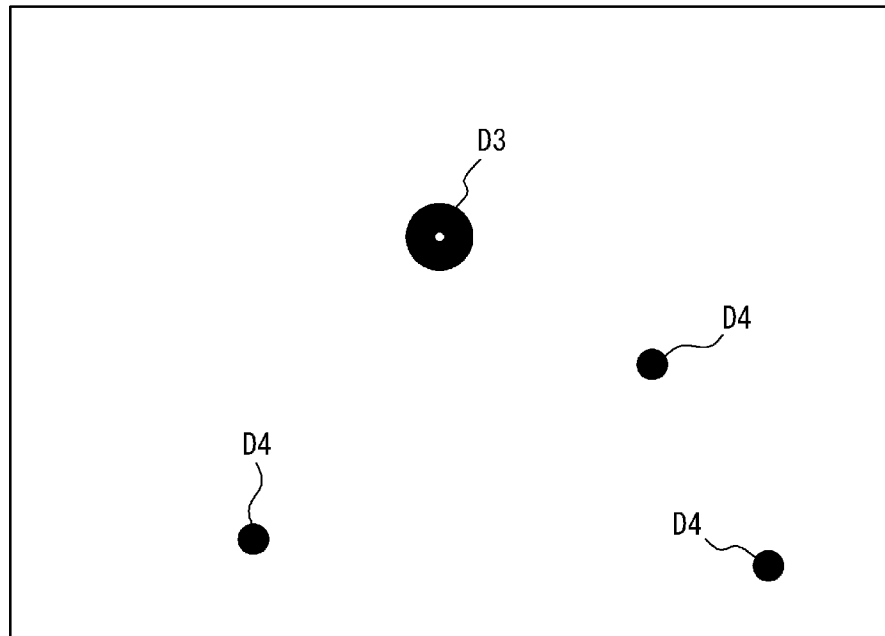


D3

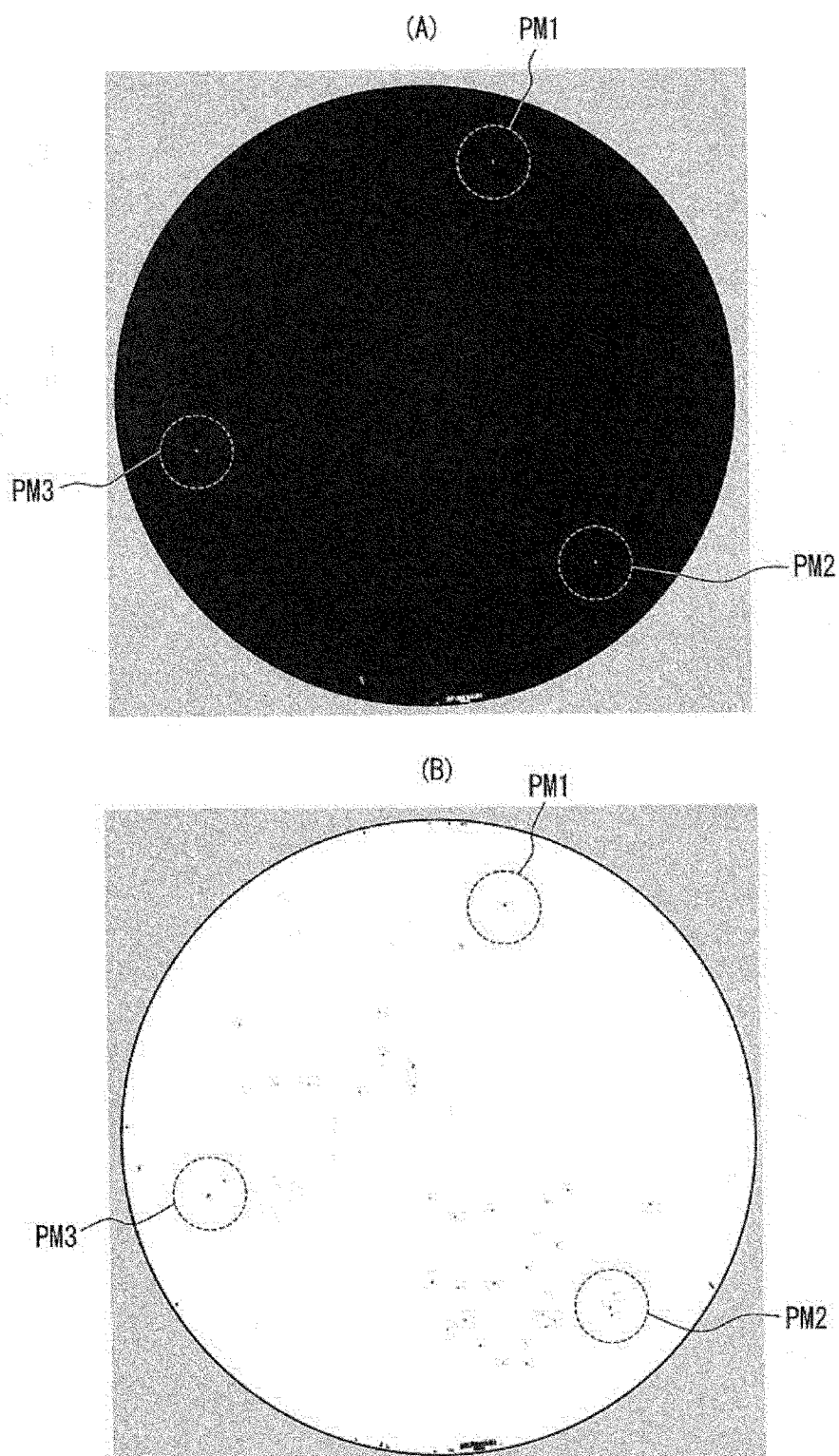
(B)



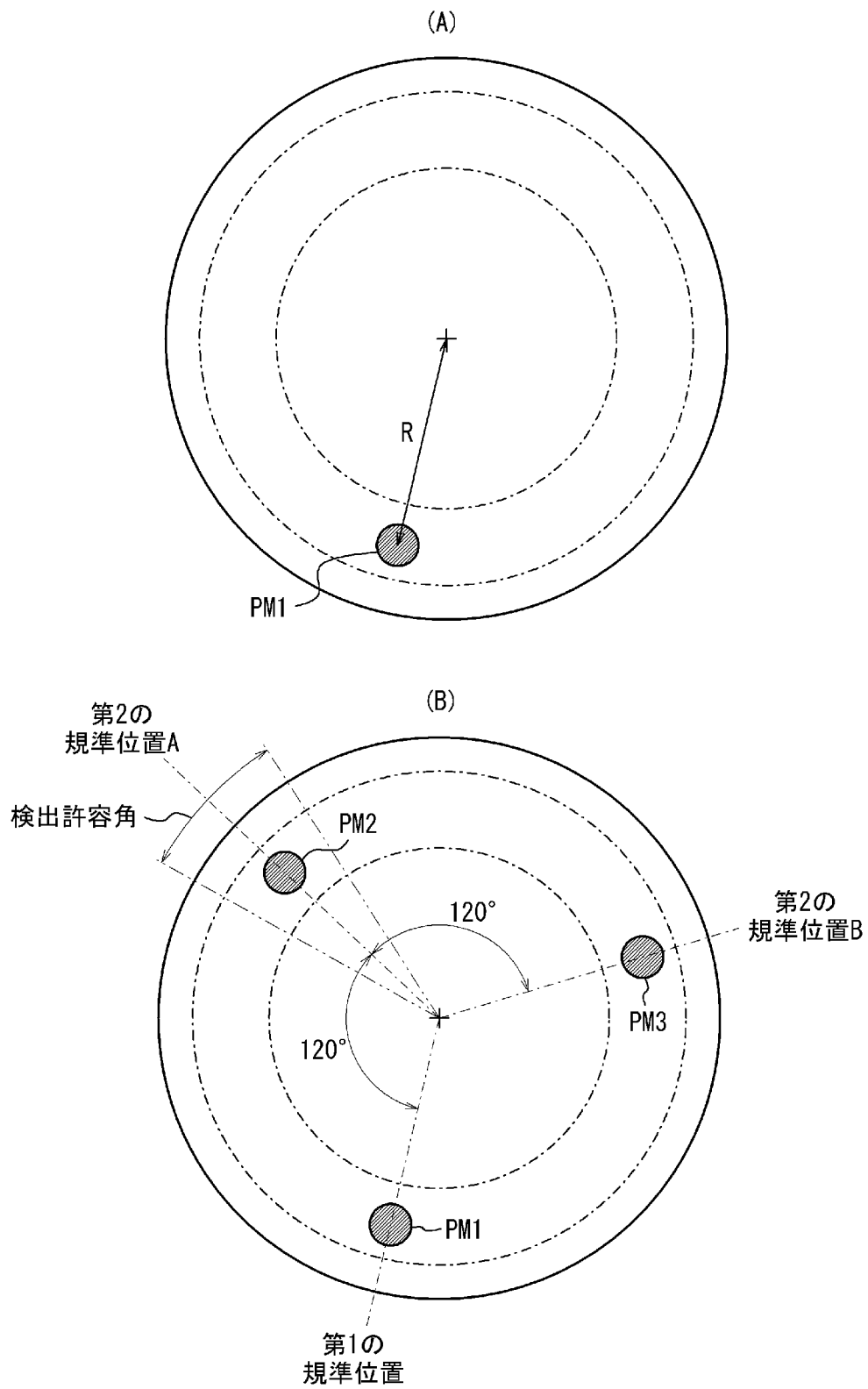
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/003583

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N21/956(2006.01)i, G01B11/30(2006.01)i, H01L21/66(2006.01)i

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)

G01N21/84-21/958, G01B11/00-11/30, H01L21/64-21/66

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

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2016

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016

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.
Y A	JP 2015-513111 A (KLA-Tencor Corp.), 30 April 2015 (30.04.2015), paragraphs [0003], [0022] to [0024]; fig. 3A to 3C & US 2013/0271596 A1 paragraphs [0003], [0029] to [0031]; fig. 3A to 3C & WO 2013/155019 A1	1-5, 9 6-8
Y	JP 2010-127897 A (Tech-Vision, Inc.), 10 June 2010 (10.06.2010), paragraphs [0030] to [0039]; fig. 1, 2 (Family: none)	1-5, 9

☒ 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
06 October 2016 (06.10.16)

Date of mailing of the international search report
18 October 2016 (18.10.16)

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

International application No.

PCT/JP2016/003583

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2010-103275 A (SUMCO Corp. et al.), 06 May 2010 (06.05.2010), claim 1 (Family: none)	4, 5, 9 6-8
Y	JP 2007-292641 A (Tokyo Seimitsu Co., Ltd.), 08 November 2007 (08.11.2007), paragraphs [0001], [0044] (Family: none)	9
A	JP 7-249665 A (Komatsu Electronic Metals Co., Ltd.), 26 September 1995 (26.09.1995), (Family: none)	1-9
A	JP 63-124942 A (Wacker-Chemitronic Gesellschaft für Elektronik Grundstoffe mbH), 28 May 1988 (28.05.1988), & EP 266728 A2 & DE 3637477 A	1-9
A	JP 2007-67102 A (Sharp Corp.), 15 March 2007 (15.03.2007), (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. G01N21/956(2006.01)i, G01B11/30(2006.01)i, H01L21/66(2006.01)i

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））

Int.Cl. G01N21/84-21/958, G01B11/00-11/30, H01L21/64-21/66

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

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016年

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）

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
Y A	JP 2015-513111 A（ケーエルエーテンカー コーポレイション） 2015.04.30, [0003], [0022] - [0024], 第3A-3C図 & US 2013/0271596 A1, [0003], [0029] - [0031], 第3A-3C図 & WO 2013/155019 A1	1-5, 9 6-8
Y	JP 2010-127897 A（株式会社テック・ビジョン）2010.06.10, [0030] - [0039], 第1, 2図（ファミリーなし）	1-5, 9

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。

* 引用文献のカテゴリー

「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

「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

「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）

「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

「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矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「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

「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

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

06.10.2016

国際調査報告の発送日

18.10.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

小野寺 麻美子

2W

9505

電話番号 03-3581-1101 内線 3258

C (続き) . 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
Y A	JP 2010-103275 A (株式会社SUMCO, 外1名) 2010.05.06, 請求項1 (ファミリーなし)	4, 5, 9 6-8
Y	JP 2007-292641 A (株式会社東京精密) 2007.11.08, [0001], [0044] (ファミリーなし)	9
A	JP 7-249665 A (コマツ電子金属株式会社) 1995.09.26, (ファミリーなし)	1-9
A	JP 63-124942 A (ワツカー・ケミトロニク・ゲゼルシャフト・ フユア・エレクトロニク・グルントシユトツフエ・ミット・ ベシユレンクテル・ハフツング) 1988.05.28, & EP 266728 A2 & DE 3637477 A	1-9
A	JP 2007-67102 A (シャープ株式会社) 2007.03.15, (ファミリーなし)	1-9