

(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
2012 年 10 月 4 日(04.10.2012)



(10) 国際公開番号

WO 2012/132865 A1

- (51) 国際特許分類:
G01B 11/02 (2006.01) G01B 11/245 (2006.01)
G01B 11/24 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/056336
- (22) 国際出願日: 2012 年 3 月 13 日(13.03.2012)
- (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 2011-077360 2011 年 3 月 31 日(31.03.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東レエンジニアリング株式会社(TORAY ENGINEERING CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1030021 東京都中央区日本橋本石町三丁目 3 番 1 6 号 (日本橋室町ビル) Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 鈴木 一嘉 (SUZUKI, Kazuyoshi) [JP/JP]; 〒5202141 滋賀県大津市大江一丁目 1 番 4 5 号 東レエンジニアリング株式会社内 Shiga (JP). 松村 淳一 (MATSUMURA, Junichi) [JP/JP]; 〒5202141 滋賀県大津市大江一丁目 1 番 4 5 号 東レエンジニアリング株式会社内 Shiga (JP). 山本 比佐史 (YAMAMOTO, Hisashi) [JP/JP]; 〒5202141 滋賀県大

津市大江一丁目 1 番 4 5 号 東レエンジニアリング株式会社内 Shiga (JP). 杉原 洋樹 (SUGIHARA, Hiroki) [JP/JP]; 〒5202141 滋賀県大津市大江一丁目 1 番 4 5 号 東レエンジニアリング株式会社内 Shiga (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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

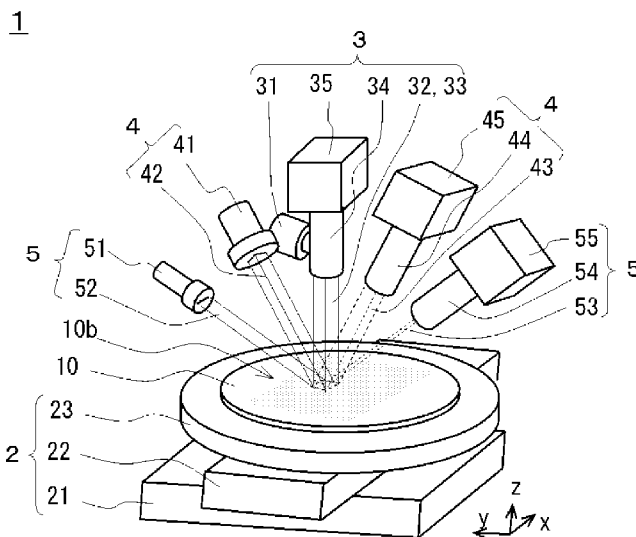
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,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

[続葉有]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR MEASURING HEIGHT OF PROTRUSIONS

(54) 発明の名称: 突出部高さ測定装置及び方法

[図1]



(57) Abstract: Provided is a device and a method capable of rapidly and highly accurately measuring not only the variation in relative heights of peak sections of a plurality of protrusions distributed on a flat substrate surface, but the height of each of the peak sections. Specifically, a device for measuring the height of protrusions whereby the height of a plurality of protrusions distributed on a flat substrate surface is measured, wherein the device and method for measuring the height of protrusions are characterized in being provided with: first and second illumination units for emitting illumination light towards the flat substrate surface from first and second directions; first and second imaging units for imaging reflected first and second reflected light; a relative height computation unit for calculating the relative heights of peaks of the protrusions on the basis of positional information of the reflected light imaged by the first and second imaging units; a third illumination unit for emitting, from a third direction, a linear illumination light having a length greater than the diameter of the protrusions; a third imaging unit for imaging the reflected third reflected light; and a unit for computing the height of protrusions on the basis of positional information of the reflected light imaged by

the third imaging unit and the results of the calculation performed by the relative height computation unit.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/132865 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

基板平面上に複数分布している突出部について、頭頂部の相対的な高さのばらつきだけでなく、それぞれ頭頂部の高さを、短時間でかつ高精度に測定できる装置及び方法を提供する。具体的には、基板平面上に複数分布する突出部の高さを測定する突出部高さ測定装置において、基板平面向けて第 1 及び第 2 の方向から照明光を照射する第 1 及び第 2 照明部と、反射された第 1 及び第 2 反射光を撮像する第 1 及び第 2 撮像部とを備え、第 1 及び第 2 撮像部で撮像された反射光の位置情報とに基づいて、突出部の頭頂部同士の相対高さを算出する相対高さ演算部を備え、第 3 の方向から突出部の径よりも長いライン状の照明光を照射する第 3 照明部と、反射された第 3 反射光を撮像する第 3 撮像部とを備え、第 3 撮像部で撮像された反射光の位置情報と、相対高さ演算部で算出された結果に基づいて、突出部高さ演算部を備えたことを特徴とする、突出部高さ測定装置及び方法。

明 細 書

発明の名称： 突出部高さ測定装置及び方法

技術分野

[0001] 本発明は、基板平面上に複数分布している突出部の前記平面から突出した高さ、特にBGAを備える半導体装置上に形成された bumps 高さなど、を測定する突出部高さ測定装置及び方法に関する。

背景技術

[0002] 昨今のエレクトロニクス機器、特に携帯用電子機器などは、小型化と高性能化に伴い、内部に搭載される電子部品がますます高密度で実装されるようになってきている。この中でICのパッケージも小型化してきており、BGA (Ball Grid Array) やCSP (Chip Size Package) のように、bump 接合タイプのパッケージが急速に普及している。さらにはCoC (Chip on a Chip) のように bumps を搭載したチップを上下に積み重ねて実装する手法も登場している。

[0003] このような bump 接合タイプのパッケージの場合、パッケージ裏面の端子上にはんだボールを載せて bumps を形成し、パッケージ裏面を実装対象基板に対接させて、bump (ボール状のはんだ) をリフローなどにより加熱し、実装対象基板上の配線ランド部に対してはんだ接合をさせることで、実装を行っている。

[0004] bumps は、パッケージ上に多数形成されているが、bump 形成時のプロセスマージンが小さく、均一な高さの bumps を形成するのが難しい。そのため、個々に高さの異なる bumps が形成されてしまう場合がある。このような状況下では、一部の bumps に対して抜き取りで高さ測定し、他の bumps の高さを推定すると、不適切なケースが生じる。その様な不適切さを解消するために、全 bumps の高さを測定することが求められている。また、bump の密集化からチップおよびウェーハあたりの bumps 数は増加しているが、ウェーハに掛けられる bump 測定のための処理時間はできるだけ短時間である事が求

められる。このため、より短時間で全バンプの高さを測定する事が求められている。

[0005] また、全バンプはそれぞれの頭頂部の相対的な高さの平坦度（コプラナリティー）が重要ではあるが、それだけではなく、パッケージのベース面からの高さの測定も要求される。それは、小径かつ密集したバンプを使用したチップの実装においては、実装時のチップと基板との隙間量（ギャップ量）に対して、バンプ高さのばらつきに対する許容幅が小さいためである。

[0006] もし、全バンプはそれぞれの頭頂部の相対的な高さが揃っていても、バンプ高さが均一でない場合（つまり、全バンプの頭頂部で形成する面と、パッケージのベース面とが平行でない場合）や、平行であるが所望の距離とは異なる場合には、実装不良が生じやすくなる。これは、はんだボールの大きさが予め規定した大きさと異なるため、大きなバンプの場合、バンプが潰れすぎて横に広がることで隣り合うバンプ同士は短絡しやすく、小さなバンプの場合、接合させたいバンプと電極との間にはんだが行き渡らず接合不良となりやすく、所望の導通が得られないといった現象が生じるためである。

これらの「バンプ高さが低い不良バンプの場合は、接合させたいバンプと電極との間が接合不良となり導通が得られない」および「バンプ高さが高い不良バンプの場合は、近接した潰れたバンプ同士が接触してしまい短絡となる」現象はバンプ高さの平坦度（コプラナリティー）の測定では発見する事ができない。

[0007] したがって、小径かつ密集したバンプを使用したチップの実装前にはベース面からのバンプの高さを管理する事が必要であり、逆にベース面からの高さの測定しておけば、プロセス上規定された隙間量（ギャップ量）で実装ができるかどうかを実装前に判定可能であり、高さ不良のバンプのあるチップを実装前に廃棄したり、リワークしたりするなどの対策を行う事ができる。

そして、従来の技術としては、基板平面上に複数分布している突出部の高さを測定するために、オートフォーカス法、ステレオカメラ法、光切断法などの技術が開示されている。

[0008] 1) オートフォーカス法

オートフォーカス法は、オートフォーカスの原理によりバンプに焦点を合わせることを通じてバンプの高さを計測するものである。焦点合わせおよびバンプ高さ計測はバンプの1つずつに対して順次的に行うようになっている。すなわち、測定対象であるバンプのあるチップやウェーハをXYテーブルに搭載し、XYテーブルを微小量移動させてパッケージ上の1つのバンプを光学系の光軸の直下に位置させ、焦点合わせを行い、バンプ高さを計測するといった一連の動作をバンプごとに繰り返し実行するのである（例えば、特許文献1）。

[0009] しかし、この方法では、バンプ数が増えるにつれて計測時間が増えてしまう。例えばCSPパッケージの1種であるWLP（Wefer Level Package）のICバンプは直径300mmのウェーハ上には200万個以上ある場合があるが、この測定においてXYテーブルの1回の移動には0.2秒、1回の焦点合わせには1秒掛かるとすると、1枚のウェーハ上の全バンプの測定には462時間以上掛かることとなる。この測定時間は実際の生産現場においては現実的ではない。

[0010] 2) ステレオカメラ法

ステレオカメラ法では、バンプに光を照射し、バンプ頭頂部からの反射光を複数のカメラで撮影してその位置をそれぞれ抽出し、それらの座標位置の差からバンプ頭頂部の座標を求めている。このステレオカメラ法では、CCDやCMOSなどの2次元カメラ（撮像部）を用いれば、所定範囲に存在する複数のバンプを一度に撮像して、それぞれの高さを求めることができる（例えば、特許文献2～5）。

[0011] 一方、測定分解能と測定レンジとの間にはトレードオフの関係があり、測定分解能を高めようとする、測定レンジが狭くなる。そのため、バンプ頭頂部を測定レンジ内に納め、それぞれのバンプの頭頂部の高さのばらつきが測定できたとしても、基板平面上からバンプ頭頂部までの高さが分からない。また、測定対象のバンプが多数あり、一度に撮像ができない場合、複数の

エリアに分割して測定する必要があるが、ステレオカメラ法では撮像エリア内のこのバンプの相対的な高さの差しか求めることができず、先に撮像したバンプ高さとの対比ができない。どうしても対比させたい場合は、先に撮像したバンプが次に撮像する視野の内に含まれるようにして、撮像を行う必要があった。

[0012] しかし、これでは重複して撮像する必要がある、短時間で撮像を終えることができない。さらに、先の情報を引き継いで高さを求めることになるため、先の測定で得られた高さ情報に基づき、次の高さ計測の情報としていくということは、ひとたび誤差が含まれると、誤差の連鎖が生じてしまい、最終的に精度の高い結果を得られない恐れもある。

[0013] 3) 光切断法

光切断法は、測定対象に対して斜め（例えば測定対象の垂直方向を 0° とした時に 45° ）の角度でレーザースリット光投射デバイスによってレーザースリット光を投影し、被検査部に生じたレーザースリット光による反射光をCCDカメラなどの撮像部によって撮像する方法である（特許文献6）。測定対象上に生じた光切断線は、測定対象の高さに応じて位置が水平方向に変位するという特性を有している。従って、撮像画像内の光切断線の変位に基づいて測定対象のレーザースリットを投射したラインの高さ分布を算出することができ、測定対象を少しずつ動かしながらラインの高さ分布を繰り返し測定することで、測定対象の面内の高さ分布を得る事ができる。

[0014] しかし、光切断法では測定対象を少しずつ動かしながらラインの高さ分布を繰り返し測定するために、測定時間が掛かるという問題がある。また、近年バンプは小径化が進んでいるが、小径バンプのような平坦面上の小径突起物を測定しようとするともバンプ頭頂部と平坦面の反射光が大きく異なることから、光切断線の撮像明るさが大きく異なり、この結果バンプ頭頂部と平坦面の少なくともいずれかの光切断線の位置を正しく検出できず、バンプ高さを正しく測定できないという問題がある。

先行技術文献

特許文献

- [0015] 特許文献1：特開平 5－ 2 1 3 1 8 号公報
特許文献2：特開平 9－ 3 0 4 0 3 0 号公報
特許文献3：特開平 1 0－ 2 3 9 0 2 5 号公報
特許文献4：特開平 1 1－ 2 8 7 6 2 8 号公報
特許文献5：特開 2 0 0 2－ 2 6 7 4 1 5 号公報
特許文献6：特開平 1 1－ 2 8 7 6 2 8 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0016] 上述したように、従来の技術には一長一短があり、基板平面上に複数分布している突出部について、頭頂部の相対的な高さのばらつきだけでなく、基板平面から突出したそれぞれ頭頂部の高さを、短時間でかつ高精度に測定することが困難であった。
- [0017] そこで本発明は、基板平面上に複数分布している突出部について、頭頂部の相対的な高さのばらつきだけでなく、基板平面から突出したそれぞれ頭頂部の高さを、短時間でかつ高精度に測定できる装置及び方法を提供すること目的としている。

課題を解決するための手段

- [0018] 以上の課題を解決するために、請求項 1 に記載の発明は、
基板平面上に複数分布している突出部の前記基板平面から突出した高さを測定する突出部高さ測定装置において、
測定対象となる前記突出部を含む前記基板平面に向けて第 1 の方向から照明光を照射する第 1 照明部と、
前記第 1 照明部から照射されて前記突出部の頭頂部で反射された第 1 反射光を撮像する第 1 撮像部と、
測定対象となる前記突出部を含む前記基板平面に向けて第 2 の方向から照明光を照射する第 2 照明部と、

前記第 2 照明部から照射されて前記突出部の頭頂部で反射された第 2 反射光を撮像する第 2 撮像部とを備え、

前記第 1 撮像部で撮像された前記突出部の頭頂部からの反射光の位置情報と、

前記第 2 撮像部で撮像された前記突出部の頭頂部からの反射光の位置情報とに基づいて、前記突出部の頭頂部同士の相対高さを算出する相対高さ演算部を備え、

第 3 の方向から前記基板平面に向けて前記突出部の径よりも長いライン状の照明光を照射する第 3 照明部と、

前記第 3 照明部から照射されて前記基板平面上で反射された第 3 反射光を撮像する第 3 撮像部とを備え、

前記第 3 撮像部で撮像された前記基板平面上からの反射光の位置情報と、前記相対高さ演算部で算出された結果に基づいて、

前記基板平面上に複数分布している各々の突出部の前記基板平面から突出した高さを算出する突出部高さ演算部を備えたことを特徴とする、突出部高さ測定装置である。

[0019] 以上の課題を解決するために、請求項 5 に記載の発明は、

基板平面上に複数分布している突出部の前記基板平面から突出した高さを測定する突出部高さ測定方法において、

前記基板平面に向けて第 1 の方向から第 1 の照明光を照射する第 1 照明照射ステップと、

前記第 1 照明照射ステップで照射された光が前記突出部の頭頂部で反射された第 1 反射光を撮像する第 1 撮像ステップと、

前記基板平面に向けて第 2 の方向から照明光を照射する第 2 照明照射ステップと、

前記第 2 照明照射ステップで照射された光が前記突出部の頭頂部で反射された第 2 反射光を撮像する第 2 撮像ステップとを有し、

前記第 1 撮像ステップで撮像された前記突出部の頭頂部からの反射光の位置

情報と、

前記第2撮像ステップで撮像された前記突出部の頭頂部からの反射光の位置情報とに基づいて、

前記突出部の頭頂部同士の相対高さを算出する相対高さ演算ステップを有し、

第3の方向から前記基板平面に向けて前記突出部の径よりも長いライン状の照明光を照射する第3照明照射ステップと、

前記第3照明照射ステップで照射された光が前記基板平面上で反射された第3反射光を撮像する第3撮像ステップとを有し、

前記第3撮像ステップで撮像された前記基板平面上からの反射光の位置情報と、

前記相対高さ演算ステップで算出された結果に基づいて、

前記基板平面上に複数分布している各々の突出部の前記基板平面から突出した高さを算出する突出部高さ演算ステップを有することを特徴とする、突出部高さ測定方法である。

[0020] 上記の突出部高さ測定装置及び方法を用いるので、

所定の撮像エリアについて、撮像タイミングを僅かにずらすだけでほぼ同時に撮影を行って、基板平面上に複数分布している突出部について、基板平面から突出したそれぞれ頭頂部の高さを高精度に算出することができる。また、測定対象を複数の撮像エリアに分割した場合でも、分割した撮像エリア毎にそれぞれ、ほぼ同時に撮影を行うことができる。

[0021] 請求項2に記載の発明は、

前記第1照明部から照射される光の照射と、

前記第2照明部から照射される光の照射とが、時間をずらして行われることを特徴とする、請求項1に記載の突出部高さ測定装置である。

[0022] 請求項6に記載の発明は、

前記第1照明照射ステップと、前記第2照明照射ステップとを、

時間をずらして行うことを特徴とする、請求項5に記載の突出部高さ測定方

法である。

[0023] 上記の突出部高さ測定装置及び方法を用いれば、

第1及び第2の観察部に用いる照明の主波長が同じであっても、照射のタイミングをずらすだけでそれぞれの画像を撮像することができ、他方の照明から照射される主波長成分を撮像することがなく、測定精度には影響を及ぼすことがない。

[0024] 請求項3に記載の発明は、

前記第1照明部から照射される光の主波長が、
前記第2照明部から照射される光の主波長とは異なり、
前記第1撮像部と前記第2撮像部とは同時に撮像を行う
ことを特徴とする、請求項1に記載の突出部高さ測定装置である。

[0025] 請求項7に記載の発明は、

前記第1照明照射ステップで照射される光の主波長が、
前記第2照明照射ステップで照射される光の主波長とは異なり、
前記第1撮像ステップと前記第2撮像ステップとを同時に行う
ことを特徴とする、請求項5に記載の突出部高さ測定方法である。

[0026] 上記の突出部高さ測定装置及び方法を用いれば、

第1及び第2の照明光の照射タイミングをずらすことなく、同時に照射しても、それぞれの撮像部で観察する画像の中に、他の撮像部で用いる波長の光は撮像されない。そのため、第1及び第2の観察部で突出部を撮像するために要する時間を短縮することができ、測定精度には影響を及ぼさない。

[0027] 請求項4に記載の発明は、

前記第3照明部から照射される光の主波長が、
前記第1照明部及び／又は前記第2照明部から照射される光の主波長とは異なり、前記第3撮像部と、前記第3撮像部とは異なる主波長の光を撮像する前記第1撮像部及び／又は前記第2撮像部とを、同時に撮像を行う
ことを特徴とする、請求項1～3のいずれかに記載の突出部高さ測定装置である。

[0028] 請求項 8 に記載の発明は、

前記第 3 照明照射ステップで照射される光の主波長が、

前記第 1 照明照射ステップ及び／又は前記第 2 照明照射ステップから照射される光の主波長とは異なっており、

前記第 3 撮像ステップを、前記第 3 撮像ステップとは異なる主波長の光を撮像する前記第 1 撮像ステップ及び／又は前記第 2 撮像ステップと同時に撮像を行う

ことを特徴とする、請求項 5 ～ 7 に記載の突出部高さ測定方法である。

[0029] 上記の突出部高さ測定装置及び方法を用いれば、

第 1 から第 3 の照明を、それぞれ同時に照射して撮像でき、第 1 及び第 2 撮像部で観察するエリア内に第 3 の照明を照射しても、それぞれの撮像部で観察する画像の中に、他の撮像部で用いる波長の光は撮像されない。そのため、照明光の照射タイミングをずらす必要がなくなるので、前記突起物の高さ測定を行うための時間を極めて短くすることができる。また、第 1 及び第 2 撮像部で撮像する部分の平面部の高さを測定できるため、基板周辺部であっても、第 3 の照明光が基板表面からはみ出してしまうことを防ぐことができる。

発明の効果

[0030] 基板平面上に複数分布している突出部について、頭頂部の相対的な高さのばらつきだけでなく、基板平面から突出したそれぞれ頭頂部の高さを、短時間でかつ高精度に測定できる。そのため、本発明をはんだバンプの測定に適用すれば、はんだ不良（隣接電極同士のショートや、導通不良）の発生を未然に防ぐことができる。

図面の簡単な説明

[0031] [図1]本発明を具現化する形態の一例を示す斜視図である。

[図2]本発明を具現化する形態の一例を示すシステム構成図である。

[図3]本発明を具現化する形態の一例を示す部分拡大斜視図である。

[図4]本発明を具現化する形態の一例の第 1 の観察部で撮像された例示画像で

ある。

[図5]本発明を具現化する形態の一例の第2の観察部で撮像された例示画像である。

[図6]本発明を具現化する形態の一例を示す正面図である。

[図7]本発明を具現化する形態の一例の第3の観察部で撮像された例示画像である。

[図8]本発明を具現化する形態の一例を示す正面図である。

[図9]本発明を具現化する形態の一例の動作フローを示すフロー図である。

[図10]本発明を具現化する別の形態の一例の動作フローを示すフロー図である。

発明を実施するための形態

[0032] 本発明を実施するための形態について、図を用いながら説明する。

図1は、本発明を具現化する形態の一例を示す斜視図である。

各図において直交座標系の3軸をX、Y、Zとし、XY平面を水平面、Z方向を鉛直方向とする。特にZ方向は矢印の方向を上とし、その逆方向を下と表現する。

本発明を具現化する突出部高さ測定装置1は、基板移動部2と、第1の観察部3と、第2の観察部4と、第3の観察部5とを含んで構成されている。

[0033] [基板移動部]

基板移動部2は、突出部高さ測定装置1の装置ベース（図示せず）上に載置されたY軸ステージ21と、Y軸ステージ21上に取り付けられたX軸ステージ22と、X軸ステージ22上に取り付けられたテーブル23とが含まれて構成されている。

Y軸ステージ21は、その上に取り付けられたX軸ステージ22をY方向に所定の速度で移動させ、所定の位置に位置決め移動させ、静止させることができる。

X軸ステージ22は、その上に取り付けられたテーブル23をX方向に所定の速度で移動させ、所定の位置に位置決め移動させることができる。

テーブル 23 は、表面に溝や孔が形成されており、前記溝や孔は、開閉制御用バルブを介して真空源に接続されている。テーブル 23 上には、測定対象となる基板 10 を載置することができる。

[0034] 基板移動部 2 は、上述の様な構成をしているので、テーブル 23 上に載置された基板 10 を、XY 方向に所定の速度で移動させ、所定の位置に位置決め移動させ、静止させることができる。

[0035] [基板観察部]

第 1 の観察部 3 は、第 1 照明部としての同軸落射照明 31 と、第 1 撮像部としての鏡筒 34 とカメラ 35 とが含まれて構成されている。同軸落射照明 31 は、基板 10 に向けて第 1 の方向から照射された第 1 の照明光 32 を照射することができる。同軸落射照明 31 から照射され、基板 10 の平面及び基板 10 上の突出部の頭頂部で反射された第 1 反射光 33 は、鏡筒 34 を通りカメラ 35 の撮像部に受光される。鏡筒 34 は、レンズなどの光学素子が組み込まれており、基板 10 上の突出部の頭頂部を焦点深度内に収めてカメラ 35 の撮像部に結像させるように構成されている。

[0036] 第 2 の観察部 4 は、第 2 照明部としての照明 41 と、第 2 撮像部としての鏡筒 44 とカメラ 45 とが含まれて構成されている。照明 41 は、基板 10 に向けて第 2 の方向から照射された第 2 の照明光 42 を照射することができる。照明 41 から照射され、基板 10 の平面及び基板 10 上の突出部の頭頂部で反射された第 2 反射光 43 は、鏡筒 44 を通りカメラ 45 の撮像部に受光される。鏡筒 44 は、レンズなどの光学素子が組み込まれており、基板 10 上の突出部の頭頂部を焦点深度内に収めてカメラ 45 の撮像部に結像させるように構成されている。

[0037] 第 3 の観察部 5 は、第 3 照明部としてのライン照明 51 と、第 3 撮像部としての鏡筒 54 とカメラ 55 とが含まれて構成されている。ライン照明 51 は、基板 10 に向けて第 3 の方向から所定の長さで線状の、第 3 の照明光 52 を照射することができる。ライン照明 51 として照射され、基板 10 の平面及び基板 10 上の突出部の頭頂部で反射された第 3 反射光 53 は、鏡筒 5

4 を通りカメラ 5 5 の撮像部に受光される。鏡筒 5 4 は、レンズなどの光学素子が組み込まれており、基板 1 0 の平面を焦点深度内に収めてカメラ 5 5 の撮像部に結像させるように構成されている。

[0038] カメラ 3 5 と、照明 4 1 と、カメラ 4 5 と、ライン照明 5 1 と、カメラ 5 5 は、突出部高さ測定装置 1 の前記装置ベースに取り付けられた、フレーム（図示せず）に取り付けられている。

上述の同軸落斜照明 3 1 としては、鏡筒 3 4 に取り付けて用いられ、鏡筒内部のハーフミラーで反射された光がカメラ 3 5 で撮像される範囲を含む範囲に光が照射される形態のものが例示できる。

上述の照明 4 1 としては、点光源、線発光若しくは面発光の光源とミラー又はレンズを組み合わせた形態のものが例示でき、カメラ 4 5 で撮像される範囲を含む範囲に光が照射されるものであれば良い。

上述のライン照明 5 1 としては、線発光、点光源若しくは面発光の光源を用い、照射された光をライン状に成形したものや、レーザ若しくはレーザダイオードから発せられたビームをシリンドリカルレンズを通過させたり、シリンドリカルミラーで反射させたりして、1 方向に引き延ばし、ライン状に成形したものが例示できる。

上述のカメラ 3 5, 4 5, 5 5 としては、イメージエリアセンサと呼ばれる、CCD や CMOS に代表される、撮像素子が 2 次元的に配列された形態のものが例示でき、撮像した画像の明るさに応じた画像信号を外部へ出力することができる。

[0039] 図 2 は、本発明を具現化する形態の一例を示すシステム構成図である。図 2 に示すように、本発明を具現化する突出部高さ測定装置 1 は、上述した基板移動部 2、第 1 の観察部 3、第 2 の観察部 4 及び第 3 の観察部 5 の各機器が、制御部 9 の各機器と接続されている。

[0040] 制御部 9 には、制御用コンピュータ 9 0 と、情報入力部 9 1 と、情報出力部 9 2 と、発報部 9 3 と、情報記録部 9 4 と、機器制御ユニット 9 5 と、画像処理ユニット 9 6 とが接続されて含まれている。

[0041] 制御用コンピュータ 90 としては、マイコン、パソコン、ワークステーションなどの、数値演算ユニットが搭載されたものが例示される。

情報入力部 91 としては、キーボードやマウスやスイッチなどが例示される。

情報出力部 92 としては、画像表示ディスプレイやランプなどが例示される。

[0042] 発報部 93 としては、ブザーやスピーカ、ランプなど、作業者に注意喚起をすることができるものが例示される。

情報記録部 94 としては、メモリーカードやデータディスクなどの、半導体記録媒体や磁気記録媒体や光磁気記録媒体などが例示される。

機器制御ユニット 95 としては、プログラマブルコントローラやモーションコントローラと呼ばれる機器などが例示される。

[0043] 制御用コンピュータ 90 には、画像処理ユニット 96 を介して、カメラ 35, 45, 55 から出力された画像信号が入力される。画像処理ユニット 96 は、一般にフレームグラバ (Frame Grabber) などと呼ばれる画像信号をデジタイズするデバイスが搭載されており、カメラ 35, 45, 55 から出力された画像信号を取り込み、それぞれのカメラで撮像した視野内の明るさ情報に基づいて、予め設定した基準値を超える明るさの観察点を輝点として捉え、突出部の頭頂部を検出することができる。さらに、観察視野に相当する実際の観察面の寸法をキャリブレーションしておけば、前記輝点が視野内のどの位置にあるかを演算処理し、基板上の輝点の位置を実寸に換算して算出することもできる。

[0044] 画像処理ユニット 96 としては、制御用コンピュータ 90 の外部に設置される形態のもの、制御用コンピュータ 90 の筐体内に接続される形態のもの、制御用コンピュータ 90 の画像処理部を利用した形態のものなどが例示できる。

[0045] そして、後述で詳細説明をするように、画像処理ユニット 96 又は制御用コンピュータ 90 は、予め設定した基準値を超える明るさの観察点を輝点と

して捉え、基板平面上に複数分布している突出部の前記基板平面から突出した高さを測定に用いることができ、突出部の頭頂部同士の相対高さを算出する相対高さ演算部を構成する。

[0046] 機器制御ユニット 95 には、Y 軸ステージ 21、X 軸ステージ 22 が接続されている。

基板 10 上の任意の領域に対し、カメラ 35、45 で画像を取得できるように、テーブル 23 を移動させ、静止させて、画像を取得する。或いは、テーブル 23 を所定の速度で動かしながら、照明にキセノンランプやハロゲンランプを用いて大光量の光を瞬間的に発光させたり、高速シャッター機能を有するカメラを用いたりして、静止しているとみなす画像を取得するようにしても良い。

[0047] また、機器制御ユニット 95 には、同軸落斜照明 31、照明 41 及びライン照明 51 の光量をそれぞれ個別に調節するための光量調節ユニット 30、40、50 が接続されている。光量調節ユニット 30、40、50 における照明の光量調節の方式としては、印可する電圧や電流を調節したり、電圧や電流の印可時間を調節したりする方式を例示できる。

[0048] 機器制御ユニット 95 は、その他の制御機器（図示せず）と接続されており、それらに対して制御用信号を与えることにより、各機器を動作させたり静止させたりすることができるようになっている。

[0049] [ステレオ観察]

突出部 10b の頭頂部のそれぞれの高さのばらつきの測定は、2つのカメラ 35、45 を用い、ステレオ観察法と呼ばれる手法に基づいて行う。

図 3 は、本発明を具現化する形態の一例を示す部分拡大斜視図であり、図 1 を部分拡大して示している。第 1 の方向から照射された第 1 の照明光 32 と、第 2 の方向から照射された第 2 の照明光 42 とは、カメラ 35 及びカメラ 45 が互いに共通して観察する、基板 10 の観察エリア 10f に向けて照射される。

[0050] 図 3 では、説明の簡単化のために、観察エリア 10f 内に突出部 10b が

9つ含まれている様子が示されている。そのうち3つの突出部10b1～10b3に着目し、前記照明光32, 42のうち、突出部10b1～10b3のそれぞれの頭頂部の一点10t1～10t3に照射されて反射する光33a1～33a3及び43a1～43a3について説明を行う。

[0051] 突出部10b1～10b3のそれぞれの頭頂部の一点10t1～10t3に向けて、第1の照明光32a1～32a3と、第2の照明光42a1～42a3が、それぞれ照射されている。さらに、突出部10b1～10b3のそれぞれの頭頂部の一点10t1～10t3で反射された光は、それぞれ第1反射光33a1～33a3と、第2反射光43a1～43a3として、カメラ35, 45で撮像される。

[0052] このとき、第1の照明光32a1～32a3と、第1反射光33a1～33a3とは、突出部の頭頂部で反射される光なので、正反射の関係にある。同様に、第2の照明光42a1～42a3と、第2反射光43a1～43a3も、正反射の関係にある。

[0053] 図4は、本発明を具現化する形態の一例の第1の観察部で撮像された例示画像であり、第1撮像部のカメラ35で観察した画像イメージの例を示している。前記画像イメージは、基板10に直交する方向（Y方向）から観察エリア10fを、カメラ35でX方向及びY方向を観察した画像イメージを表している。

[0054] 第1撮像部で観察した画像においては、突出部10b1～b3の頭頂部の一点10t1～10t3が輝点として撮像されており、突出部はほぼ球状をしているので、頭頂部以外の部分10r1～10r3が暗部として撮像されている。また、第1照射光32a1～32a3と第1反射光33a1～33a3とが、ともに基板表面に対して垂直の角度をなしているため、突出部を示す暗部画像の中央に、突出部の頭頂部を示す輝点が観察されることになる。このとき、カメラ35の撮像エリア内で観察された、前記点10t1～10t3の基準点10t0から距離を、それぞれd1～d3と定義する。

[0055] 図5は、本発明を具現化する形態の一例の第2の観察部で撮像された例示

画像であり、第2撮像部のカメラ45で観察した画像イメージの例を示している。図3における第2反射光43a, 43bと直交する方向を、Y'方向と定義し、観察エリア10fを第2撮像部で、X方向及びY'方向を観察した画像イメージを表している。

[0056] 前記画像においては、突出部10bの頭頂部の一点10tが輝点として撮像されているが、斜め方向から観察しているため、突出部の頭頂部以外の部分10rを示す暗部はY'方向に延びた長円形をしており、それぞれの頭頂部の一点10t1～10t3を示す輝点は突出部を示す暗部画像の中でY'方向にずれた状態で観察されている。このとき、カメラ45の撮像エリア内で観察された、前記点10t1～10t3の基準点10t0から距離を、それぞれd'1～d'3と定義する。

[0057] 図6は、本発明を具現化する形態の一例を示す正面図であり、図3を側面から（つまり、X方向の矢印方向に）見た様子を示している。

カメラ35で撮像される突出部10b1～10b3の頭頂部の輝点の位置を示すd1～d3は、突出部10b1～10b3の高さがばらついていても変化しない。一方、カメラ45で撮像される突出部10b1～10b3の頭頂部の輝点の位置を示すd'1～d'3は、突出部10b1～10b3の高さがばらつくと、高さのばらつきに比例して変化する。

ここで、突出部10b1～10b3のそれぞれの高さをH1～H3とし、それらのばらつきを $\Delta h_1 \sim \Delta h_3$ とし、一般式としては、n番目の突出部の高さを H_n 、それらのばらつきを Δh_n と定義して表す。

[0058] 図6では、突出部10b1～10b3の高さ $H_1 \sim H_3 = h$ に対して、突出部10b3'の高さ $H_3' = h - \Delta h_3$ となった状態が図示されている。つまり、突出部10b3が、破線で示す突出部10b3'の様に、高さが Δh_3 だけ低い場合、突出部10b3'の頭頂部で反射される光43a3'は、前記反射光43a3と比較して、Y'方向に Δd_3 だけずれることになる。基板表面と第1反射光とのなす角度 θ_1 が90度で、基板表面と第2反射光とのなす角度 θ_2 と前記角度 θ_1 との角度差 θ とすると、n番目の突出部に

おける高さのばらつき Δh_n と、その頭頂部を観察された画像に基づいて算出されるずれ量 Δd_n との間には、

[0059] [数1]

$$\Delta d_n = \Delta h_n \cdot \sin \theta$$

[0060] の関係が成立し、

[0061] [数2]

$$\Delta h_n = \frac{\Delta d_n}{\sin \theta}$$

[0062] の関係式に基づいて、 Δh_n が算出できる（図6では、 $n = 3$ の場合を図示している）。

本発明を適用させた場合、基板10の突出部10を適宜所定の撮像範囲に区分けし、区分けした撮像範囲毎に2つの観察部により同時に撮像する。そして、撮像した画像に含まれる各輝点情報から、それぞれの突出部の頭頂部の高さのばらつきを算出することができる。

[0063] [ライン光三角測量法]

上述のステレオ観察法に基づく測定方法では、各突出部の頭頂部同士の高さのばらつきを求めることはできるが、突出部10bの基板10の表面からの高さ h を求めることができない。基板平面から反射される光の光量が、前記頭頂部からの反射光と比較して、強すぎたり弱すぎたりして、基板平面部の所定の場所を特定するのが困難だからである。

また、基板平面から反射される光の光量が適切であったとしても、同様な配線パターンが並んでいる場合や、配線パターンが全く無い場合には2つのカメラで撮像される同一点の特定は出来ない。

そのため、基板10の表面に向けて、第3の方向からライン状の第3の照明光52を照射し、その反射光を第3撮像部で撮像し、三角測量の原理を用いて突出部10bの基板10の正しい位置を測定し、後述のとおり、上述のステレオ観察法と下述する光切断を組み合わせ、突出部の基板平面からの高

さの分布を算出する。

[0064] 図7は、本発明を具現化する形態の一例の第3の観察部で撮像された例示画像であり、第3撮像部のカメラ55で観察した画像イメージの例を示している。第3反射光53と直交する方向を Y'' 方向と定義し、図1における第3反射光53を撮像した様子を示している。

前記画像においては、第3の照明部から照射されたライン照明51が、突出部の径よりも長いライン状の照明光として照射されており、突出部10bの頭頂部で反射した光53aが点状の光として、基板10の平面部で反射した光53bがライン状の光として撮像されている。このとき、カメラ55の撮像エリア内で観察された、頭頂部で反射した光53aの基準点10からの Y'' 方向の距離を L_1 とし、基板10の平面部で反射した光53bの基準点10からの距離を、基準点とベース面までの Y'' 方向の距離 L_2 と定義する。本方式では、突出部の大きさが小さいと、頭頂部で反射する光53aの光量が、基板10の平面部で反射光53bと比較して微弱となるので、前記距離 L_1 は測定せず、基準点とベース面までの Y'' 方向の距離 L_2 に基づいて測定を行い、本発明を適用させる。

[0065] 図8は、本発明を具現化する形態の一例を示す正面図であり、図1を側面から（つまり、 X 方向の矢印方向に）見た様子を示している。

第3の照射光52は、基板10に向けて第3の方向から、基板10の表面と所定の角度 θ_3 をなして照射され、突出部の頭頂部で反射した光53aと、基板10の表面から反射した光53bとでなす角度は、基板10の表面と所定の角度 θ_3 をなしている。

[0066] このとき、基準点 RP とし、その部分から角度 θ_3 で反射した光53zがカメラ55で観察される位置を L_z と定義する。

基準点 RP の基板10表面からの高さ h_0 と、カメラ55で観察した基準点 RP で反射した光53zと基板10表面で反射した光53bとの距離 L_2 との間には、

基準点 RP から基板10の表面までの距離を L' と定義すると、

$$L_2 = L' \cdot \sin 2\theta_3$$

$$h_0 = L' \cdot \sin \theta_3$$

の関係が成立し、観察された画像に基づいて算出されたずれ量 L_2 から、

[0067] [数3]

$$h_0 = L_2 \cdot \frac{\sin \theta_3}{\sin 2\theta_3}$$

[0068] の関係式に基づいて、 h_0 が算出できる。

実際の各頭頂部の高さ H_n は、Z 方向、 Y' 方向、 Y'' 方向の矢印の方向をプラス成分として表すと、

数式 1、2 の Δh_n および 数式 3 の 0 から、 n 番目の突出部の頭頂部の、基板 10 表面からの高さ H_n は、

[0069] [数4]

$$H_n = h_0 + \Delta h_n \\ = L_2 \cdot \frac{\sin \theta_3}{\sin 2\theta_3} + \frac{\Delta d_n}{\sin \theta}$$

[0070] によって、算出できる。

[0071] [基準点と突出部の頭頂部高さとのオフセット調整]

上述のステレオ観察法により算出された高さのばらつき Δh_n と、上述のライン光三角測量法により算出された基準点 RP の基板 10 表面からの高さ h_0 とは、下述のように演算して、オフセット調整を行う（図 6、8 を参照）。

[0072] 先ず、格子状のパターンが形成されたキャリブレーションツール 10c を準備し、それらの模様を、カメラ 35、45 で撮像する。このとき、クロム膜 10p は、厚みが既知で均一な金属膜であり、表面反射した光がカメラ 35、45 を用いてステレオ観察される。

さらに、キャリブレーションツール 10c の石英面（つまり、格子状のパターンの底部）は、ライン状の第 3 の照明光 52 とカメラ 55 を用いて、石英面からの反射光が観察される。

[0073] このとき、クロム膜 10p の表面に基準点 RP があり、基準点 RP と基板

面との高さの差が h_0 であったとする。

そして、上述のステレオ観察法（図6参照）により算出された、 n 番目の突出部の高さ H_n のばらつき Δh_n を、基準点PRの高さ h_0 に対する頭頂部の高さに対するばらつきとして算出する。

そうすると、ステレオ観察法により観察された画像に基づいて算出されるずれ量 Δd_n と、ライン光三角測量法により観察された画像に基づいて算出されたずれ量 L_2 とから、実際の突出部の頭頂部の高さ H_n が算出できる。

[0074] [観察・測定フロー]

図9は、本発明を具現化する形態の一例の動作フローを示すフロー図であり、基板10に多数ある突出部10bをいくつかのエリア毎に区分けして逐次移動及び観察を繰り返し、それぞれの突出部の高さを算出する一連のフローが、ステップ毎に示されている。

[0075] 先ず、基板10を突出部高さ測定装置1のテーブル23に載置する（s101）。

続いて、観察位置にテーブル23を移動させ（s102）、観察エリア10fに向けて第1の方向から第1の照明光32を照射させ（s113）、反射した光を前記第1撮像部で観察する（s114）。

その後、観察エリア10fに向けて第2の方向から第2の照明光42を照射させ（s123）、反射した光を前記第2撮像部で観察する（s124）。

その後、観察エリア10fに向けて第3の方向からライン状の第3の照明光52を照射させ（s133）、反射した光を前記第3撮像部で観察する（s134）。

そうして、観察エリア10f内のそれぞれの突出部10bのベース面からの高さを算出する（s105）。

次に、全ての観察対象エリアについて観察がされたかどうかを判断し（s106）、引き続き観察すべき観察対象エリアがあれば、その場所にテーブル23を移動させ、上述のステップs102，s113～s134，s105を繰り返す。全ての観察が終了していると判断されれば、各観察エリア内で

算出された結果を合成し、基板 10 内の全ての突出部 10 b の高さとして算出する (s 107)。

全ての突出部 10 b の高さの算出が終われば、テーブル 23 を基板受渡位置へ移動させ (s 108)、テーブル 23 から基板 10 を取り出す (s 109)。

[0076] 上述のステレオ観察法に基づく観察においては、第 1 の照明光及び第 2 の照明光とは、主波長が同じであれば、同時に発光させるのではなく、発光タイミングを少しずらすことが好ましい。この場合、それぞれの発光時間が短時間であれば、1 つの観察エリアを撮像する時間はさほど増加させることなく測定ができる。そして、第 1 の照明光及び第 2 の照明光とを同じ主波長にできるので、照明やカメラ、フィルタなどの部品を共通化することができ、専用部品を個別に用意する必要がなくなる。そのため、装置や保守のコストダウンを図ることができるという効果を奏する。

また、発光時間がごく僅かであれば、発光時間及び撮像タイミングをずらすことで、他方の照明による輝点を検出しないので、本発明を適用できる。

ライン状の第 3 の照明光 52 は、観察エリア 10 f の外に照射しても本発明を適用することはできるが、観察エリア 10 f 内に照射することが好ましい。そうすれば、第 3 の照明光が基板表面からはみ出してしまうことを防ぐことができる。このとき、第 3 の照明光 52 は、第 1 及び第 2 の照明光 32, 33 と同じ主波長であれば、発光タイミングを少しずらせば良く、第 1 ～第 3 の照明光の発光時間及び撮像時間並びに、次の発光までの時間がごく僅かの場合は、上述のステップ s 112 ～ s 134 は、ほぼ同時に行うことができるといえる。

[0077] [バリエーション]

一方、撮影時間をより短くしたい場合は、第 1 の照明光と第 2 の照明光とは、異なる主波長成分とし、第 1 撮像部は第 1 の照明光の主波長のみを撮像し、第 2 撮像部は第 2 の照明光の主波長のみを撮像する形態とすることが好ましい。例えば、第 1 の照明光として赤色照明を用い、第 1 撮像部には、赤色

の波長領域のみを透過させるバンドパスフィルタ F_r を用い、第2の照明光として緑色照明を用い、第2撮像部には、緑色の波長領域のみを透過させるバンドパスフィルタ F_g を用いる。そうすれば、第1撮像部に入射する緑色の照明光は前記フィルタ F_r で吸収され、第2撮像部に入射する赤色の照明光は前記フィルタ F_g で吸収される。よって、第1及び第2の照明光を、同時に発光させても、他方の照明による輝点を検出しない。そうすることで、第1の照明光と第2の照明光とを同時に照射し、2つの撮像部で同時に撮影しても、観察すべき輝点の位置を誤検出することを防止できる。そのため、観察すべき場所が多くある場合でも、撮像時間をより短くできるという効果を奏する。このとき、第1の照明光と第2の照明光とを、異なる主波長成分とする具体的な例としては、前述の様に、色の異なる照明（例えば、赤・緑・青色のLED照明など）を用いて、照明光の主波長成分を変える場合や、共通する波長特性の照明（例えば、白色照明など）を用いるが、特定の波長成分を通すバンドパスフィルタを用いてそれぞれの透過できる主波長成分を変えて用いる場合などが挙げられる。

また、ライン状の第3の照明光52も、第1及び第2の照明光とは異なる主波長成分とすることが好ましい。そうすることで、第1～第3の照明光32, 42, 52を観察エリア10f内に同時に照射しても、互いの照明光の主波長が、他の観察部での測定に影響を与えることが無くなる。

図10は、本発明を具現化する別の形態の一例の動作フローを示すフロー図であり、基板10に多数ある突出部10bをいくつかのエリア毎に区分けして逐次移動及び観察を繰り返し、それぞれの突出部の高さを算出する、別の形態における一連のフローが、ステップ毎に示されている。

図9を用いて説明した形態においては、ステップs113～s134を時系列的に順次行うフローとしていたが、この手順に代えて、ここで述べる別の形態では、ステップs113～s134を並行して同時に行うフローとしている。

そうすることで、上述の様に、ステップs113～s134に要する時間を

より短くすることができる。

[0078] [第1の方向]

上述では第1のカメラについて、第1の方向として、基板10の表面に対して垂直に照明を照射し、垂直に反射された光を観察する形態を示した。しかし、この第1の方向は、第2の方向と異なっていれば良く、垂直以外の角度で基板10の表面に向けて照射されるものであれば良い。このとき、第1の方向から照射する照明光は、照明41と同様の形態のものをを用いれば良い。

[0079] [第2撮像部のあおり補正]

上述では、第2のカメラは、斜め方向からの撮影となる。そのため、エリアセンサを使用した際に通常の光学系を使用した場合、撮像条件によっては、撮影する画像の内、視野中央のみ合焦し視野端では被写界深度を外ればやけてしまう場合がある。ぼやけた部分の情報はその後の処理では使用できないので無駄になる。そこで撮影画像全面で合焦し単位撮影あたりの有効画像データが大きくなるように、光学系をシフト光学配置やシャインプルーフ光学配置にし、焦点深度を大きく取る形態としても良い。

[0080] [第4のライン照明と観察部]

上述した第3の観察部5とは別に、第4の観察部6をさらに備える形態とすることもできる。第4の観察部6は、第4の照明部としてのライン照明61と、第4撮像部としての鏡筒64とカメラ65とが含まれて構成されている。ライン照明61は、基板10に向けて第4の方向から所定の長さで線状の照明光62を照射することができる。

[0081] ライン照明61から照射され、基板10の平面及び基板10上の突出部の頭頂部で反射された第4反射光63は、鏡筒64を通りカメラ65の撮像部に受光される。鏡筒64は、レンズなどの光学素子が組み込まれており、基板10の平面を焦点深度内に収めてカメラ65の撮像部に結像させるように構成されている。

[0082] 第4の照明部から照射された光は、基板10上に、第3照明部から照射された光とは異なる部位に照射されて、反射される。そのため、第3のライン

照明のみでは捕捉できなかった、第3の照明の長手方向と直交する方向の基板の傾きが、第4のライン照明を追加して測定することで、正確に捕捉できるようになる。

符号の説明

[0083]	1	突出部高さ測定装置
	2	基板移動部
	3	第1の観察部
	4	第2の観察部
	5	第3の観察部
	6	第4の観察部
	9	制御部
	10	基板
	10b	基板上の突出部
	10c	キャリブレーションツール
	10p	格子状のパターン
	10f	観察エリア
	21	Y軸ステージ
	22	X軸ステージ
	23	テーブル
	30	光量調節ユニット
	31	第1照明部
	32	第1の照明光
	33	第1反射光
	34	鏡筒
	35	カメラ
	40	光量調節ユニット
	41	第2照明部
	42	第2の照明光

- 4 3 第2反射光
- 4 4 鏡筒
- 4 5 カメラ
- 5 0 光量調節ユニット
- 5 1 第3照明部
- 5 2 第3の照明光
- 5 3 第3反射光
- 5 4 鏡筒
- 5 5 カメラ
- 6 0 光量調節ユニット
- 6 1 第4照明部
- 6 2 第4の照明光
- 6 3 第4反射光
- 6 4 鏡筒
- 6 5 カメラ
- 9 0 制御用コンピュータ
- 9 1 情報入力部
- 9 2 情報出力部
- 9 3 発報部
- 9 4 情報記録部
- 9 5 制御ユニット
- 9 6 画像処理ユニット

請求の範囲

[請求項1]

基板平面上に複数分布している突出部の前記基板平面から突出した高さを測定する突出部高さ測定装置において、

測定対象となる前記突出部を含む前記基板平面に向けて第1の方向から照明光を照射する第1照明部と、

前記第1照明部から照射されて前記突出部の頭頂部で反射された第1反射光を撮像する第1撮像部と、

測定対象となる前記突出部を含む前記基板平面に向けて第2の方向から照明光を照射する第2照明部と、

前記第2照明部から照射されて前記突出部の頭頂部で反射された第2反射光を撮像する第2撮像部とを備え、

前記第1撮像部で撮像された前記突出部の頭頂部からの反射光の位置情報と、

前記第2撮像部で撮像された前記突出部の頭頂部からの反射光の位置情報とに基づいて、前記突出部の頭頂部同士の相対高さを算出する相対高さ演算部を備え、

第3の方向から前記基板平面に向けて前記突出部の径よりも長いライン状の照明光を照射する第3照明部と、

前記第3照明部から照射されて前記基板平面上で反射された第3反射光を撮像する第3撮像部とを備え、

前記第3撮像部で撮像された前記基板平面上からの反射光の位置情報と、

前記相対高さ演算部で算出された結果に基づいて、

前記基板平面上に複数分布している各々の突出部の前記基板平面から突出した高さを算出する突出部高さ演算部を備えたことを特徴とする、突出部高さ測定装置。

[請求項2]

前記第1照明部から照射される光の照射と、

前記第2照明部から照射される光の照射とが、時間をずらして行われ

る

ことを特徴とする、請求項 1 に記載の突出部高さ測定装置。

[請求項3]

前記第 1 照明部から照射される光の主波長が、

前記第 2 照明部から照射される光の主波長とは異っており、

前記第 1 撮像部と前記第 2 撮像部とは同時に撮像を行う

ことを特徴とする、請求項 1 に記載の突出部高さ測定装置。

[請求項4]

前記第 3 照明部から照射される光の主波長が、

前記第 1 照明部及び／又は前記第 2 照明部から照射される光の主波長

とは異っており、前記第 3 撮像部と、前記第 3 撮像部とは異なる主

波長の光を撮像する前記第 1 撮像部及び／又は前記第 2 撮像部とを、

同時に撮像を行う

ことを特徴とする、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の突出部高さ測定装置。

[請求項5]

基板平面上に複数分布している突出部の前記基板平面から突出した高さを測定する突出部高さ測定方法において、

前記基板平面に向けて第 1 の方向から第 1 の照明光を照射する第 1 照明照射ステップと、

前記第 1 照明照射ステップで照射された光が前記突出部の頭頂部で反射された第 1 反射光を撮像する第 1 撮像ステップと、

前記基板平面に向けて第 2 の方向から照明光を照射する第 2 照明照射ステップと、

前記第 2 照明照射ステップで照射された光が前記突出部の頭頂部で反射された第 2 反射光を撮像する第 2 撮像ステップとを有し、

前記第 1 撮像ステップで撮像された前記突出部の頭頂部からの反射光の位置情報と、

前記第 2 撮像ステップで撮像された前記突出部の頭頂部からの反射光の位置情報とに基づいて、

前記突出部の頭頂部同士の相対高さを算出する相対高さ演算ステップ

を有し、

第3の方向から前記基板平面に向けて前記突出部の径よりも長いライン状の照明光を照射する第3照明照射ステップと、
前記第3照明照射ステップで照射されて前記基板平面上で反射された第3反射光を撮像する第3撮像ステップとを有し、

前記第3撮像ステップで撮像された前記基板平面上からの反射光の位置情報と、

前記相対高さ演算ステップで算出された結果に基づいて、

前記基板平面上に複数分布している各々の突出部の前記基板平面から突出した高さを算出する突出部高さ演算ステップを有することを特徴とする、突出部高さ測定方法。

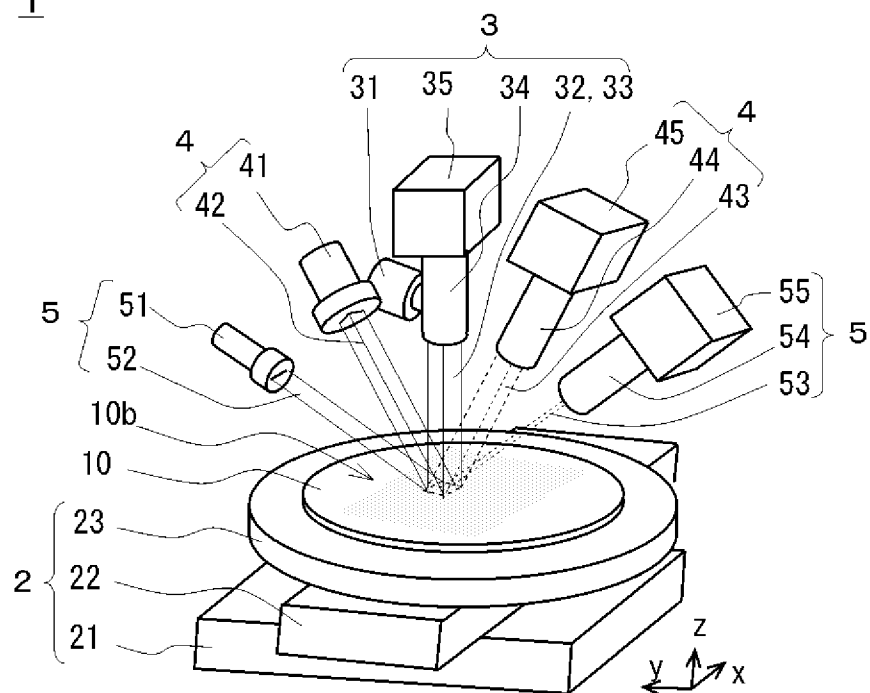
[請求項6] 前記第1照明照射ステップと、前記第2照明照射ステップとを、時間をずらして行うことを特徴とする、請求項5に記載の突出部高さ測定方法。

[請求項7] 前記第1照明照射ステップで照射される光の主波長が、
前記第2照明照射ステップで照射される光の主波長とは異なっており、
前記第1撮像ステップと前記第2撮像ステップとを同時に行うことを特徴とする、請求項5に記載の突出部高さ測定方法。

[請求項8] 前記第3照明照射ステップで照射される光の主波長が、
前記第1照明照射ステップ及び／又は前記第2照明照射ステップから照射される光の主波長とは異なっており、
前記第3撮像ステップを、前記第3撮像ステップとは異なる主波長の光を撮像する前記第1撮像ステップ及び／又は前記第2撮像ステップと同時に撮像を行うことを特徴とする、請求項5～7に記載の突出部高さ測定方法。

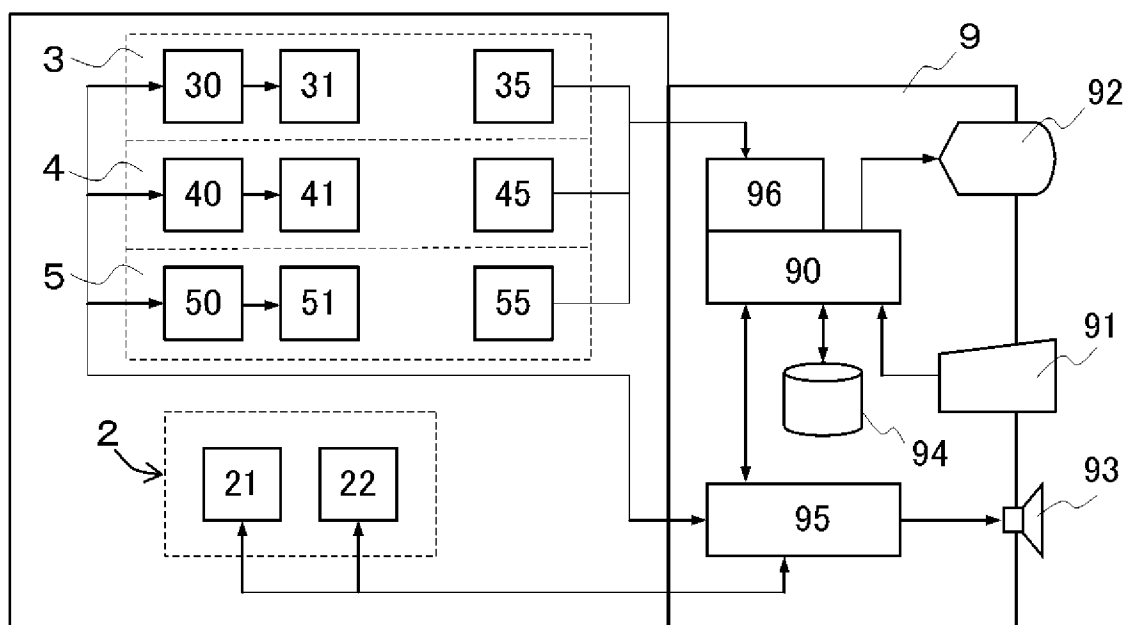
[図1]

1

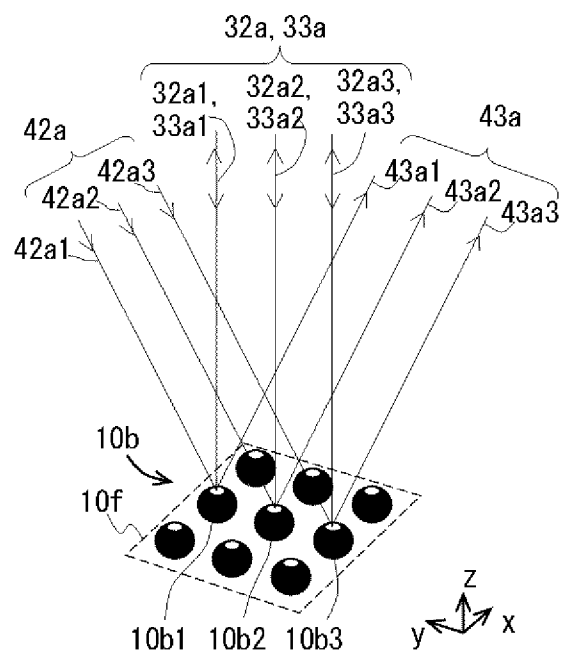


[図2]

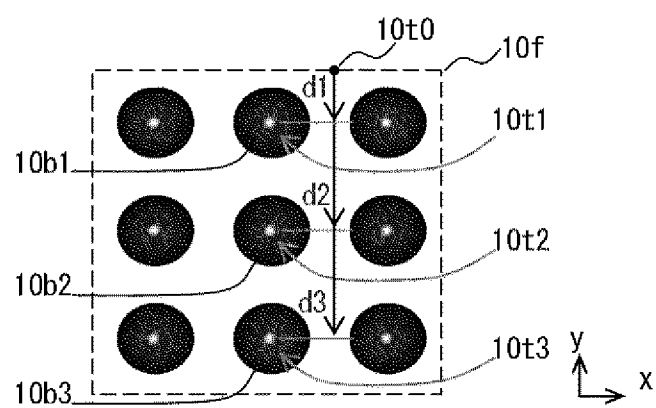
1



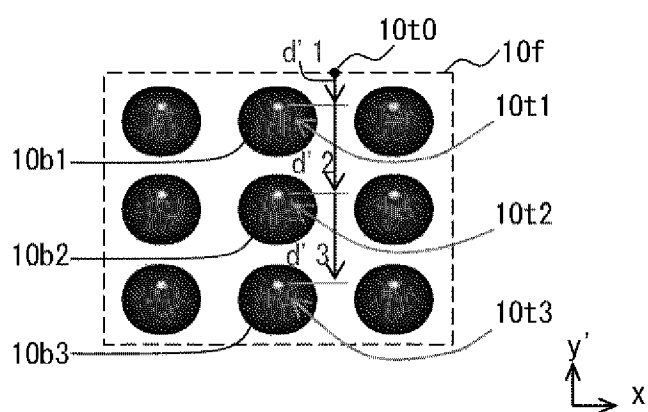
[図3]



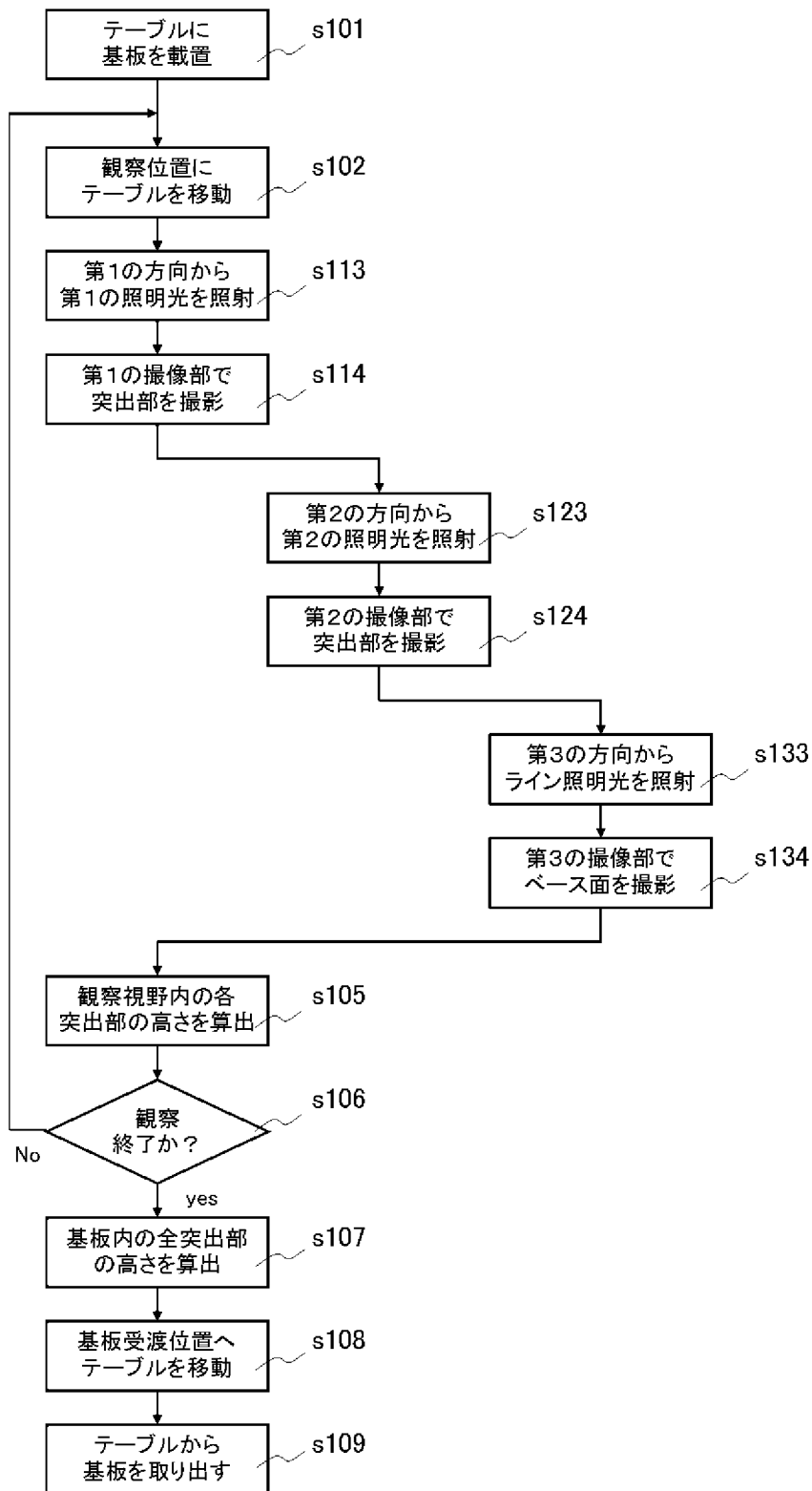
[図4]



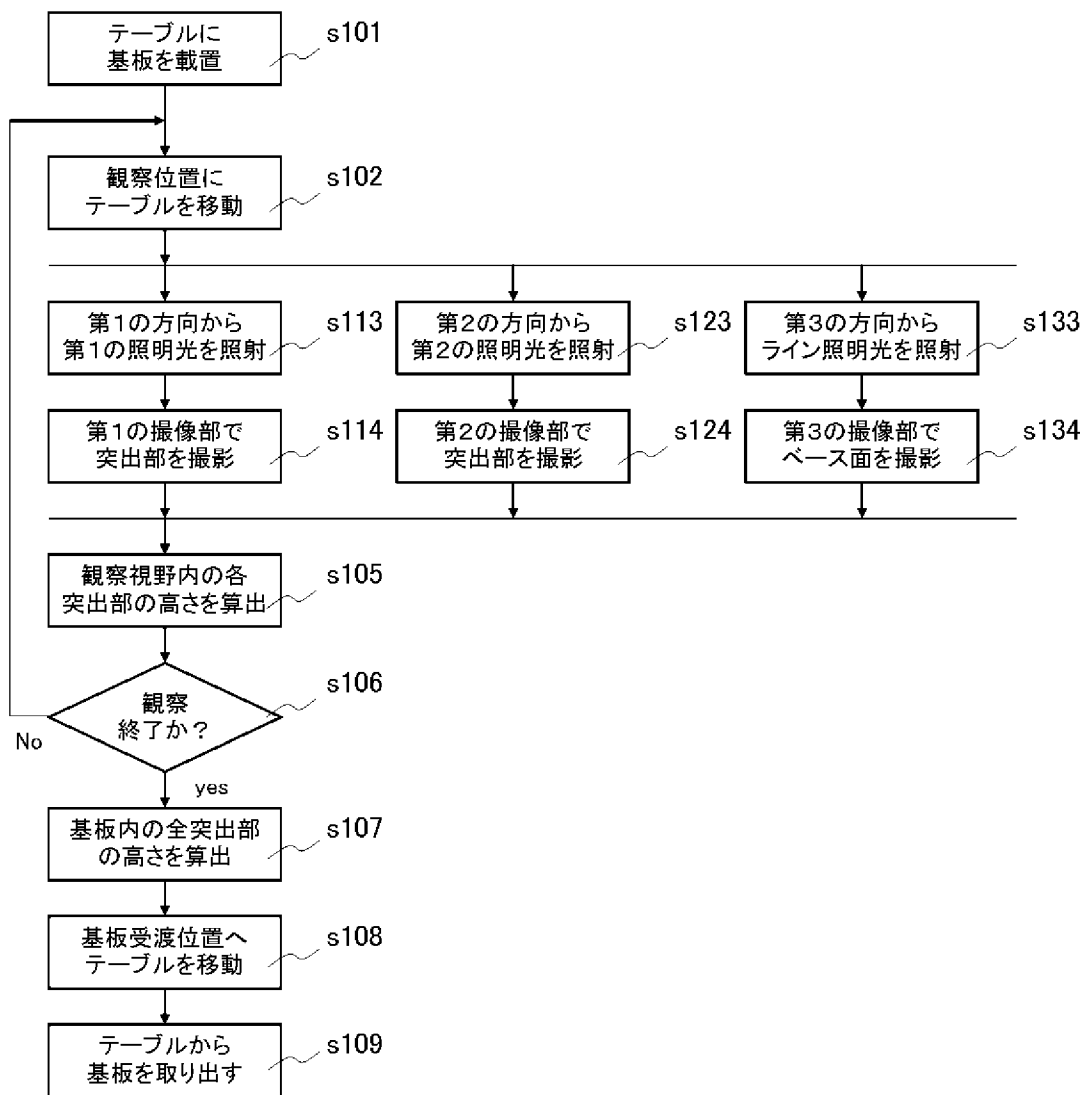
[図5]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/056336

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01B11/02(2006.01)i, G01B11/24(2006.01)i, G01B11/245(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)

G01B11/02, G01B11/24, G01B11/245

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 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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	JP 9-329422 A (Fujitsu Ltd.), 22 December 1997 (22.12.1997), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
Y	JP 2002-267415 A (NEC Corp.), 18 September 2002 (18.09.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 11-287628 A (Omron Corp.), 19 October 1999 (19.10.1999), entire text; all drawings (Family: none)	1-8



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

16 April, 2012 (16.04.12)

Date of mailing of the international search report

24 April, 2012 (24.04.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/056336

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 10-239025 A (Hitachi Tohbu Semiconductor, Ltd.), 11 September 1998 (11.09.1998), paragraphs [0044] to [0069]; fig. 3, 4 (Family: none)	1-8
A	JP 2002-334898 A (Ibiden Co., Ltd.), 22 November 2002 (22.11.2002), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2003-329418 A (Kawasaki Heavy Industries, Ltd.), 19 November 2003 (19.11.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-8
A	JP 2007-093412 A (Fujinon Corp.), 12 April 2007 (12.04.2007), entire text; all drawings (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. G01B11/02(2006.01)i, G01B11/24(2006.01)i, G01B11/245(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 (I P C))

Int.Cl. G01B11/02, G01B11/24, G01B11/245

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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	JP 9-329422 A (富士通株式会社) 1997. 12. 22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 2002-267415 A (日本電気株式会社) 2002. 09. 18, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 11-287628 A (オムロン株式会社) 1999. 10. 19, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8

☒ 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

1 6 . 0 4 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

2 4 . 0 4 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

櫻井 健太

2 S

3 3 0 7

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 8

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
A	JP 10-239025 A (日立東部セミコンダクタ株式会社) 1998.09.11, 段落【0044】－【0069】, 図3, 4 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2002-334898 A (イビデン株式会社) 2002.11.22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2003-329418 A (川崎重工業株式会社) 2003.11.19, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8
A	JP 2007-093412 A (フジノン株式会社) 2007.04.12, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-8