

(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
2018年7月26日(26.07.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/135044 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/66 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/035848

(22) 国際出願日: 2017年10月2日(02.10.2017)

(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 2017-007383 2017年1月19日(19.01.2017) JP

(71) 出願人: 浜松ホトニクス株式会社 (HAMAMATSU PHOTONICS K.K.) [JP/JP];
〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 Shizuoka (JP).

(72) 発明者: 鈴木 信介 (SUZUKI Shinsuke);
〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 嶋瀬 朗 (SHIMASE Akira); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜

松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 鈴木 伸介 (SUZUKI Shinsuke); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP).

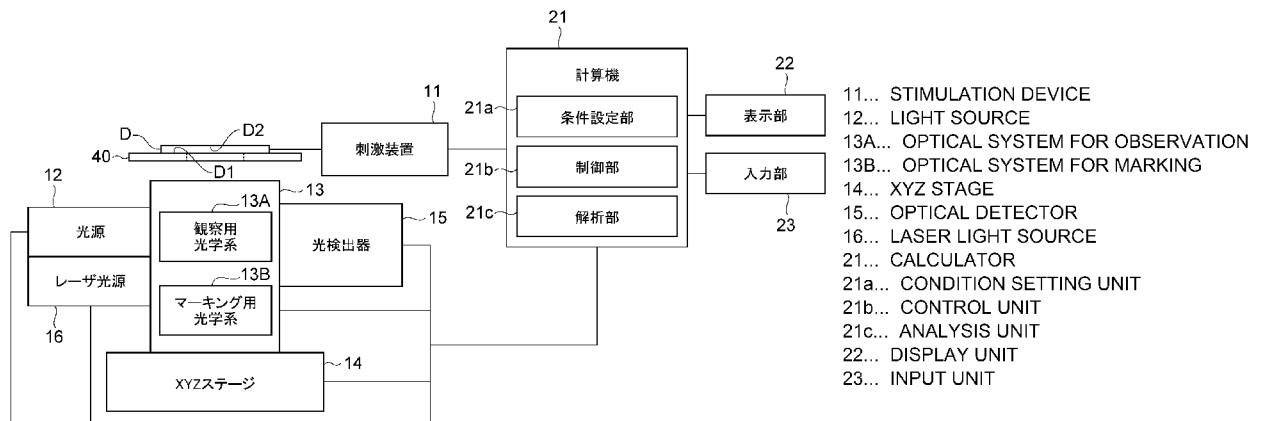
(74) 代理人: 長谷川 芳樹, 外 (HASEGAWA Yoshiki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目 1 番 1 号丸の内 M Y P L A Z A (明治安田生命ビル) 9 階 創英国際特許法律事務所 Tokyo (JP).

(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, 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, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,

(54) Title: INSPECTION METHOD, INSPECTION DEVICE, AND MARKING FORMING METHOD

(54) 発明の名称: 検査方法、検査装置、及びマーキング形成方法

[図1]



(57) Abstract: The inspection method according to one embodiment of the present invention is an inspection method wherein laser marking is performed with respect to a semiconductor device D having a substrate SiE, and a metal layer ME formed on the substrate SiE. The inspection method includes: a step for specifying a failure part fp of the semiconductor device D by inspecting the semiconductor device D; and a step for irradiating, from the substrate SiE side, the semiconductor device D with laser light so that a marking is formed at least at the boundary between the substrate SiE and the metal layer ME on the basis of the failure part fp, said laser light having a wavelength with which the laser light passes through the substrate SiE.

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, 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))

(57) 要約: 一実施形態に係る検査方法は、基板 S i E 及び基板 S i E 上に形成されたメタル層 M E を有する半導体デバイス D にレーザマーキングを行う検査方法であって、半導体デバイス D を検査することにより、半導体デバイス D における故障個所 f p を特定するステップと、故障個所 f p に基づいて、少なくとも基板 S i E とメタル層 M E との境界にマーキングが形成されるように、基板 S i E 側から半導体デバイス D に基板 S i E を透過する波長のレーザ光を照射するステップと、を含む。

明 細 書

発明の名称： 検査方法、検査装置、及びマーキング形成方法

技術分野

[0001] 本発明の一側面は、半導体デバイスの検査方法、検査装置、及びマーキング形成方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスを検査する技術として、故障個所が特定された場合に、故障個所の周囲数か所に対して、レーザ光の照射によるマーキングを行う技術がある。このような技術は、故障解析における後工程において、マーキングによって故障個所を容易に把握することができることから、極めて有効な技術である。

[0003] パッケージされたサンプル（半導体デバイス）及びメタル層側に窓のないプローブカードを用いる必要があるサンプル等にマーキングを行う場合、表面側（メタル層側）からレーザ光を照射できないため、裏面側（基板側）からレーザ光を照射する必要がある。例えば特許文献1には、SiC基板を用いた半導体デバイスの故障位置をOBIRCH（Optical Beam Induced Resistance Change）法によって解析する故障解析装置が開示されている。特許文献1には、裏面側からレーザ光を照射し、基板の表面側のデバイス及び回路にレーザマーキングを行うことが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2012-97391号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献1には、マーキングの詳細な位置は開示されていない。また、マーキングに基づいて半導体デバイスの物理解析を行うとき、マーキングの位置を表面側から確認する場合もあれば、裏面側から確認する

場合もある。従って、マーキングが形成される位置は、表面側及び裏面側のいずれから也容易に確認可能な位置であることが好ましい。

[0006] そこで、本発明の一側面は、半導体デバイスの基板側からレーザマーキングを行う場合において、物理解析時に表面側及び裏面側のいずれからでもマーキング位置を容易に確認することができる検査方法、検査装置、及びマーキング形成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

[0007] 本発明の一側面に係る検査方法は、基板及び基板上に形成されたメタル層を有する半導体デバイスにレーザマーキングを行う検査方法であって、半導体デバイスを検査することにより、半導体デバイスにおける所定位置を特定するステップと、所定位置に基づいて、少なくとも基板とメタル層との境界にマーキングが形成されるように、基板を透過する波長のレーザ光を基板側から半導体デバイスに照射するステップと、を含む。

[0008] この検査方法では、半導体デバイスにおいて特定された所定位置（例えば故障箇所）に基づいて、少なくとも基板とメタル層との境界にマーキングが形成されるように、基板を透過する波長のレーザ光が基板側から半導体デバイスに照射される。このように、基板とメタル層との境界にマーキングを形成することにより、表面側（メタル層側）及び裏面側（基板側）のいずれから也容易に確認可能な位置にマーキングを形成することができる。これにより、半導体デバイスの基板側からレーザマーキングを行う場合において、物理解析時に表面側及び裏面側のいずれからでもマーキング位置を容易に確認することが可能となる。

[0009] レーザ光を照射するステップでは、マーキングがメタル層を貫通しないように、レーザ光の照射を制御してもよい。これにより、マーキングを半導体デバイスの内部に留めることができる。その結果、マーキング形成時に生じ得る半導体デバイスの破片（デブリ）によって半導体デバイスの表面が汚染されることを防止することができる。

[0010] レーザ光を照射するステップでは、マーキングとして、空洞、改質、及び

溶融のうち少なくとも1つが生じるように、レーザ光の照射を制御してもよい。これにより、マーキングを適切に形成することができる。

[0011] 上記検査方法は、マーキングを示すマーク像を含む半導体デバイスのパターン画像を取得するステップを更に含んでもよい。これにより、マーキング位置を半導体デバイスのパターン（例えば配線パターン）とともに視覚的に把握可能なパターン画像を取得することができる。このようなパターン画像により、物理解析においてマーキング位置を容易に把握することが可能となる。

[0012] 上記検査方法は、パターン画像に基づいて、マーキングの位置を特定する位置情報を取得するステップと、当該位置情報を出力するステップと、を更に含んでもよい。これにより、物理解析においてマーキング位置を特定するための位置情報を外部装置等に出力することができる。従って、例えばマーキングを行う検査装置と物理解析を行う解析装置とが異なる場所に配置される場合であっても、当該解析装置に対して物理解析を行うために必要な位置情報を適切に受け渡すことができる。

[0013] 位置情報を取得するステップでは、半導体デバイスの特徴点の位置を基準としたマーキングの相対位置を示す情報を位置情報として取得してもよい。このように半導体デバイスの特徴点（例えば配線パターンの溝部等）の位置に対するマーキングの相対位置を位置情報として用いることで、マーキングの位置を正確に把握することが可能となる。

[0014] 上記検査方法は、レーザ光を照射するステップよりも後に、基板を薄型化し、薄型化された基板側から半導体デバイスを観察するステップを更に含んでもよい。基板を薄型化することにより、上述の観察するステップにおいて、マーキングの位置を容易に確認することができる。これにより、物理解析をマーキングの位置に基づいて正確に行うことができる。

[0015] 本発明の一側面に係る検査装置は、基板及び基板上に形成されたメタル層を有する半導体デバイスにレーザマーキングを行う検査装置であって、半導体デバイスの基板側からの光を伝達する観察用光学系と、観察用光学系を介

して半導体デバイスからの光を検出し、検出信号を出力する光検出器と、基板を透過する波長のレーザ光を出力するレーザ光源と、レーザ光源により出力されたレーザ光を、基板側から半導体デバイスに照射するマーキング用光学系と、検出信号に基づいて特定される所定位置に基づいて、少なくとも基板とメタル層との境界にマーキングが形成されるように、レーザ光源の出力を制御するマーキング制御部と、を備える。

[0016] この検査装置では、半導体デバイスにおいて特定された所定位置（例えば故障箇所）に基づいて、少なくとも基板とメタル層との境界にマーキングが形成されるように、基板を透過する波長のレーザ光が基板側から半導体デバイスに照射される。このように、基板とメタル層との境界にマーキングを形成することにより、表面側（メタル層側）及び裏面側（基板側）のいずれから也容易に確認可能な位置にマーキングを形成することができる。これにより、半導体デバイスの基板側からレーザマーキングを行う場合において、物理解析時に表面側及び裏面側のいずれからでもマーキング位置を容易に確認することが可能となる。

[0017] マーキング制御部は、マーキングがメタル層を貫通しないように、レーザ光源の出力を制御してもよい。これにより、マーキングを半導体デバイスの内部に留めることができる。その結果、マーキング形成時に生じ得る半導体デバイスの破片（デブリ）によって半導体デバイスの表面が汚染されることを防止することができる。

[0018] マーキング制御部は、マーキングとして、空洞、改質、及び溶融のうち少なくとも1つが生じるように、レーザ光源の出力を制御してもよい。これにより、マーキングを適切に形成することができる。

[0019] 上記検査装置は、検出信号に基づいて、マーキングを示すマーク像を含む半導体デバイスのパターン画像を取得する処理部を更に備えてもよい。これにより、マーキング位置を半導体デバイスのパターン（例えば配線パターン）とともに視覚的に把握可能なパターン画像を取得することができる。このようなパターン画像により、物理解析においてマーキング位置を容易に把握

することが可能となる。

[0020] 処理部は、パターン画像に基づいて、マーキングの位置を特定する位置情報を取得し、当該位置情報を出力してもよい。これにより、物理解析においてマーキング位置を特定するための位置情報を外部装置等に出力することができる。従って、例えばマーキングを行う検査装置と物理解析を行う解析装置とが異なる場所に配置される場合であっても、当該解析装置に対して物理解析を行うために必要な位置情報を適切に受け渡すことができる。

[0021] 処理部は、半導体デバイスの特徴点を基準としたマーキングの相対位置を示す情報を位置情報として取得してもよい。このように半導体デバイスの特徴点（例えば配線パターンの溝部等）の位置に対するマーキングの相対位置を位置情報として用いることで、マーキングの位置を正確に把握することが可能となる。

[0022] 本発明の一側面に係るマーキング形成方法は、基板及び基板上に形成されたメタル層を有する半導体デバイスにレーザマーキングを行うマーキング形成方法であって、半導体デバイスの所定位置に対して、少なくとも基板とメタル層との境界にマーキングが形成されるように、基板側から半導体デバイスに基板を透過する波長のレーザ光を照射するステップと、を含む。

[0023] このマーキング形成方法では、少なくとも基板とメタル層との境界にマーキングが形成されるように、基板を透過する波長のレーザ光が基板側から半導体デバイスに照射される。このように、基板とメタル層との境界にマーキングを形成することにより、表面側（メタル層側）及び裏面側（基板側）のいずれからも容易に確認可能な位置にマーキングを形成することができる。これにより、半導体デバイスの基板側からレーザマーキングを行う場合において、物理解析時に表面側及び裏面側のいずれからもマーキング位置を容易に確認することが可能となる。

[0024] レーザ光を照射するステップでは、マーキングがメタル層を貫通しないように、レーザ光の照射を制御してもよい。これにより、マーキングを半導体デバイスの内部に留めることができる。その結果、マーキング形成時に生じ

得る半導体デバイスの破片（デブリ）によって半導体デバイスの表面が汚染されることを防止することができる。

[0025] レーザ光を照射するステップでは、マーキングとして、空洞、改質、及び溶融のうち少なくとも1つが生じるように、レーザ光の照射を制御してもよい。これにより、マーキングを適切に形成することができる。

発明の効果

[0026] 本発明の一側面によれば、半導体デバイスの基板側からレーザマーキングを行う場合において、物理解析時に表面側及び裏面側のいずれからもマーキング位置を容易に確認することができる検査方法、検査装置、及びマーキング形成方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0027] [図1]本発明の一実施形態に係る検査装置の構成図である。

[図2]（a）低倍率のパターン画像、（b）中倍率のパターン画像、及び（c）高倍率のパターン画像の一例を示す図である。

[図3]（a）解析画像及び（b）リファレンス画像の一例を示す図である。

[図4]レーザマーキングされた半導体デバイスの概略断面図である。

[図5]検査装置により生成されるマーキング位置情報を説明するための図である。

[図6]検査装置の動作の一例を示すフローチャートである。

[図7]半導体デバイスの構成例を示す図であり、（a）はロジックデバイスの概略断面を示し、（b）はメモリデバイスの概略断面を示す。

[図8]半導体デバイスの例を示す図であり、（a）はパワーデバイスの概略断面を示し、（b）はパワーデバイスの底面を示す。

[図9]図8のパワーデバイスの基板を薄型化した後の状態を示す図であり、（a）はパワーデバイスの概略断面を示し、（b）はパワーデバイスの底面を示す。

[図10]半導体デバイスにおけるマーキングを含む断面部分をSEMで撮像することで得られた（a）低倍率画像及び（b）高倍率画像の一例を示す図で

ある。

発明を実施するための形態

[0028] 以下、添付図面を参照して、本発明の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明において同一又は相当要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。

[0029] 図1に示されるように、本実施形態に係る検査装置1は、被検査デバイス(DUT: Device Under Test)である半導体デバイスDにおいて故障箇所(所定位置)を特定する等、半導体デバイスDを検査するための装置である。より詳細には、検査装置1は、故障箇所を特定するとともに、当該故障箇所の周囲に、当該故障箇所を示すマーキングを行う。当該マーキングによって、故障解析の後工程(物理解析)において、検査装置1が特定した故障箇所を容易に把握することができる。

[0030] 半導体デバイスDとしては、例えば、個別半導体素子(ディスクリート)、オプトエレクトロニクス素子、センサ/アクチュエータ、ロジックLSI(Large Scale Integration)、メモリ素子、若しくはリニアIC(Integrated Circuit)等、又はそれらの混成デバイス等である。個別半導体素子は、ダイオード、パワートランジスタ等を含む。ロジックLSIは、MOS(Metal-Oxide-Semiconductor)構造のトランジスタ、バイポーラ構造のトランジスタ等で構成される。また、半導体デバイスDは、半導体デバイスを含むパッケージ、複合基板等であってもよい。半導体デバイスDは、基板と、基板上に形成されたメタル層とを有する。半導体デバイスDの基板としては、例えばシリコン基板が用いられる。半導体デバイスDは、サンプルステージ40に載置されている。

[0031] 検査装置1は、半導体デバイスDの故障箇所を特定する故障箇所特定処理、及び、特定された故障箇所の周囲に当該故障箇所を示すマーキングを行うマーキング処理を行う。検査装置1は、刺激装置11と、光源12と、観察用光学系13A及びマーキング用光学系13Bを含む光学系13と、XYZステージ14と、光検出器15と、レーザ光源16と、計算機21と、表示

部 2 2 と、入力部 2 3 と、を備えている。

[0032] まず、故障箇所特定処理に係る検査装置 1 の機能構成について説明する。検査装置 1 は、故障箇所特定処理に係る機能構成として、刺激装置 1 1 と、光源 1 2 と、観察用光学系 1 3 A と、X Y Z ステージ 1 4 と、光検出器 1 5 と、計算機 2 1 と、表示部 2 2 と、入力部 2 3 と、を備えている。

[0033] 刺激装置 1 1 は、ケーブルを介して半導体デバイス D に電氣的に接続され、半導体デバイス D に刺激信号を印加する刺激信号印加部として機能する。刺激装置 1 1 は、例えば、半導体デバイス D に刺激信号を加えるパルスジェネレータ、及びテスト信号を入力するテストユニット等である。刺激装置 1 1 は、電源（図示せず）によって動作させられ、半導体デバイス D に所定のテストパターン等の刺激信号を繰り返し印加する。刺激装置 1 1 は、変調電流信号を印加するものであってもよいし、直流電流信号を印加するものであってもよい。刺激装置 1 1 は、ケーブルを介して計算機 2 1 に電氣的に接続されており、計算機 2 1 から指定されたテストパターン等の刺激信号を、半導体デバイス D に印加する。なお、刺激装置 1 1 は、必ずしも計算機 2 1 に電氣的に接続されていなくてもよい。刺激装置 1 1 は、計算機 2 1 に電氣的に接続されていない場合には、単体でテストパターン等の刺激信号を決定し、該テストパターン等の刺激信号を半導体デバイス D に印加する。

[0034] 光源 1 2 は、電源（図示せず）によって動作させられ、半導体デバイス D を照明する光を出力する。光源 1 2 は、L E D (Light Emitting Diode) 及びランプ光源等である。光源 1 2 から出力される光の波長は、半導体デバイス D の基板を透過する波長である。例えば半導体デバイス D の基板がシリコンである場合、好ましくは 1 0 6 4 n m 以上である。光源 1 2 から出力された光は、観察用光学系 1 3 A に導かれる。

[0035] 観察用光学系 1 3 A は、半導体デバイス D の基板側からの光を光検出器 1 5 へ導光する光学系である。観察用光学系 1 3 A は、後述するマーキング用光学系 1 3 B と共用される構成であってもよいし、マーキング用光学系 1 3 B とは別体として構成されてもよい。観察用光学系 1 3 A は、光源 1 2 から

出力された光を半導体デバイスDの基板側、すなわち半導体デバイスDの裏面D1側から半導体デバイスDに照射する。例えば、観察用光学系13Aは、ビームスプリッタ及び対物レンズを有している。対物レンズは、光源12から出力されビームスプリッタによって導かれた光を観察エリアに集光する。例えば、観察用光学系13Aは、XYZステージ14に載置されている。XYZステージ14は、対物レンズの光軸方向をZ軸方向とすると、Z軸方向、並びに、Z軸方向に直交するX軸方向及びY軸方向に移動可能とされている。XYZステージ14は、計算機21の制御部21b（後述）に制御されることにより、上述した3軸方向に移動可能とされている。XYZステージ14の位置によって観察エリアが決定する。

[0036] 観察用光学系13Aは、半導体デバイスDの基板を透過し、照明された光に応じて、半導体デバイスDにおいて反射された光（反射光）を、光検出器15に伝達する。具体的には、観察用光学系13Aから照射された光は、半導体デバイスDの基板SiE（図4参照）を透過し、メタル層ME（図4参照）で反射される。そして、メタル層MEを反射した光は、再び基板SiEを透過し、観察用光学系13Aの対物レンズ及びビームスプリッタを介して光検出器15に入力される。また、観察用光学系13Aは、刺激信号の印加によって半導体デバイスDで発生した発光を光検出器15に伝達する。具体的には、刺激信号の印加によって主に半導体デバイスDのメタル層MEで発生した発光（例えば、エミッション光）が基板SiEを透過し、観察用光学系13Aの対物レンズ及びビームスプリッタを介して光検出器15に入力される。

[0037] 光検出器15は、半導体デバイスDからの光を撮像し、画像データ（検出信号）を出力する。例えば、光検出器15は、半導体デバイスDから反射された光を撮像し、パターン画像を生成するための画像データを出力する。当該パターン画像に基づいて、マーキング位置を把握することができる。また、光検出器15は、半導体デバイスDからの発光を撮像し、発光画像を生成するための画像データを出力する。当該発光画像に基づいて、半導体デバイ

スDにおける発光箇所を特定することができる。発光箇所を特定することにより、半導体デバイスDの故障箇所を特定することができる。発光を計測する光検出器15としては、例えば、半導体デバイスDの基板SiEを透過する波長の光を検出可能なCCD (Charge Coupled Device) イメージセンサ又はCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサを搭載したカメラ、InGaAsカメラ、及びMCTカメラ等の2次元カメラが用いられる。

[0038] 計算機21は、ケーブルを介して光検出器15等に電氣的に接続されている。計算機21は、例えばプロセッサ(CPU: Central Processing Unit)、並びに記憶媒体であるRAM (Random Access Memory)、ROM (Read Only Memory)、SSD (Solid State Drive) 及びHDD (Hard Disk Drive) 等を含むコンピュータである。計算機21は、記憶媒体に記憶されたデータに対し、プロセッサによる処理を実行する。計算機21は、光検出器15から入力された画像データに基づいて、パターン画像及び発光画像を生成する。パターン画像とは、半導体デバイスDの回路(メタル層MEに形成された回路パターン等)を確認可能なように撮像された画像である。なお、計算機21には、クラウドサーバ、スマートデバイス(スマートフォン、タブレット端末など)、マイコン、FPGA (field-programmable gate array) 等が用いられてもよい。

[0039] 図2に示されるように、計算機21は、半導体デバイスDにおける発光箇所を含む部分について、低倍率から高倍率までの各倍率のパターン画像を取得する。図2の(a)は低倍率のパターン画像A1を示しており、図2の(b)は中倍率のパターン画像A2を示しており、図2の(c)は高倍率のパターン画像A3を示している。例えば、計算機21は、観察用光学系13Aの対物レンズを制御することで、各倍率に応じたパターン画像A1～A3を取得することができる。

[0040] ここで、上述した発光画像だけでは、半導体デバイスDのパターン(回路パターン等)における発光位置を特定することが難しい。そこで、計算機2

1 は、上述のように生成されたパターン画像と、半導体デバイス D からの発光に基づく発光画像とを重畳させた重畳画像を解析画像として生成する。図 3 の (a) は、高倍率のパターン画像 A 3 と発光箇所である故障箇所 f p を示す発光画像とを重畳させた解析画像 A 4 を示す。

[0041] 計算機 2 1 は、解析画像 A 4 を表示部 2 2 に出力する。表示部 2 2 は、ユーザに解析画像 A 4 等を示すためのディスプレイ等の表示装置である。表示部 2 2 は、入力された解析画像 A 4 を表示する。この場合、ユーザは、表示部 2 2 に表示された解析画像 A 4 から故障箇所 f p の位置を確認し、故障箇所 f p を示す情報を入力部 2 3 に入力する。入力部 2 3 は、ユーザからの入力を受け付けるキーボード及びマウス等の入力装置である。入力部 2 3 は、ユーザから受け付けた、故障箇所 f p を示す情報を計算機 2 1 に出力する。なお、計算機 2 1、表示部 2 2、及び入力部 2 3 は、タブレット端末であってもよい。以上が、故障箇所特定処理に係る検査装置 1 の機能構成についての説明である。

[0042] 次に、マーキング処理に係る検査装置 1 の機能構成について説明する。マーキング処理は、故障箇所特定処理により特定された故障箇所 f p の周囲に、当該故障箇所 f p を示すマーキングを行う処理である。

[0043] 検査装置 1 は、マーキング処理に係る機能構成として、上述した故障箇所特定処理に係る各機能構成に加えて、レーザ光源 1 6 と、マーキング用光学系 1 3 B と、を更に備えている。また、計算機 2 1 は、条件設定部 2 1 a と、制御部 2 1 b (マーキング制御部) と、解析部 2 1 c (処理部) とを有している。

[0044] マーキング処理においては、故障箇所特定処理において特定された故障箇所 f p (所定位置) に基づいて、レーザマーキングが行われる。図 3 の (b) 及び図 4 に示されるように、故障箇所 f p の周囲（ここでは一例として 4 箇所）に、マーキング箇所 m p が設定される。マーキング処理においては、レーザ光源 1 6 によって出力されたレーザ光が、マーキング用光学系 1 3 B を介して半導体デバイス D のマーキング箇所 m p に照射される。すなわち、

半導体デバイスDの基板S i E側からマーキング箇所m pに対して、基板S i Eを透過する波長のレーザ光が照射される。これにより、基板S i Eとメタル層MEとの境界にマーキングが形成される。以下、マーキング処理に係る検査装置1の機能構成の詳細について説明する。

[0045] 条件設定部2 1 aは、入力部2 3から入力された故障箇所f pを示す情報に基づいて、マーキング箇所m pを設定する。マーキング箇所m pは、特定された故障箇所f pの周囲数か所に設定される。数か所とは例えば4箇所である。条件設定部2 1 aは、例えば故障箇所f pを示す情報が入力されると、当該故障箇所f pを中心として、当該故障箇所f pの周囲4箇所に、自動的にマーキング箇所m pを設定する。具体的には、例えば平面視において、故障箇所f pを中心とした十字状にマーキング箇所m pが設定される。なお、マーキング箇所m pは、表示部2 2に表示された解析画像を見たユーザからのマーキング箇所m pを示す情報の入力を入力部2 3が受け付けることにより設定されてもよい。この場合、条件設定部2 1 aは、マーキング箇所m pを自動で設定することなく、入力部2 3から入力されるマーキング箇所m pを示す情報に基づいて、マーキング箇所m pを設定する。条件設定部2 1 aは、故障箇所f p及びマーキング箇所m pを示した目印を解析画像A 4に付加したリファレンス画像A 5（図3の（b）参照）を生成し、当該リファレンス画像A 5を計算機2 1内に保存する。

[0046] 計算機2 1の制御部2 1 bは、XYZステージ1 4を制御することにより、XYZステージ1 4を3軸方向に移動させる。具体的には、制御部2 1 bは、条件設定部2 1 aにより設定されたマーキング箇所m pにレーザマーキングが行われるように、マーキング用光学系1 3 Bを載置するXYZステージ1 4を移動させる。制御部2 1 bは、マーキング箇所m pが複数ある場合には、全てのマーキング箇所m pへのレーザマーキングが順次行われるように制御する。すなわち、制御部2 1 bは、一のマーキング箇所m pへのレーザマーキングが完了すると、次のマーキング箇所m pのレーザマーキングが行われるように、XYZステージ1 4を移動させる。制御部2 1 bは、XY

Zステージ14の移動が完了すると、レーザ光源16に出力開始信号を出力する。

[0047] レーザ光源16は、電源（図示せず）によって動作させられ、半導体デバイスDに照射されるレーザ光を出力する。レーザ光源16は、制御部21bによって出力開始信号が入力されると、レーザ光の出力を開始する。レーザ光源16としては、例えば、半導体レーザ及びファイバレーザ等を用いることができる。レーザ光源16から出力されるレーザ光の波長は、基板SiEを透過する波長域であればよい。当該波長は、例えば基板SiEがシリコンである場合、好ましくは1064nm以上である。

[0048] マーキング用光学系13Bは、レーザ光源16が出力したレーザ光を、半導体デバイスDの基板SiE側、すなわち半導体デバイスDの裏面D1側から半導体デバイスDのマーキング箇所mpに照射する。マーキング用光学系13Bは、対物レンズを有している。対物レンズは、レーザ光源16からのレーザ光をマーキング箇所mpに集光する。マーキング用光学系13Bは、XYZステージ14に載置されている。XYZステージ14は、制御部21bに制御されることにより、上述した3軸方向に移動可能とされている。なお、マーキング用光学系13Bは、レーザ光の照射位置を変化させる構成として、上述のXYZステージ14の代わりに、光走査部（例えばガルバノミラー、ポリゴンミラー及びMEMSミラー等の光走査素子）を有してもよい。この場合、制御部21bは、当該光走査部の動作を制御することで、レーザ光の照射位置を制御することができる。また、マーキング用光学系13Bがシャッタを備え、制御部21bからの制御によってシャッタを動作させ、レーザ光源16からのレーザ光を通過させたり遮ったりすることで、レーザ光の出力を制御してもよい。

[0049] 制御部21bは、レーザ光源16と電氣的に接続され、レーザマーキングにおけるレーザ光の照射を制御する。具体的には、制御部21bは、マーキングが基板SiEとメタル層MEとの境界に形成されるように、レーザ光源16の出力を制御する。好ましくは、制御部21bは、マーキングがメタル

層MEを貫通しないように、レーザ光源16の出力を制御する。これにより、マーキングを半導体デバイスDの内部に留めることができる。その結果、マーキング形成時に生じ得る半導体デバイスDの破片（デブリ）によって半導体デバイスDの表面D2が汚染されることを防止することができる。例えば、制御部21bは、レーザマーキングにおけるレーザ光のパワーが $10\mu\text{J}$ ～ 10mJ となるように制御する。制御部21bは、レーザ光源16から出力されるレーザ光をパルスレーザとする場合、マーキング箇所mpにレーザパルスを照射する回数（例えば50～1000ショット等）をレーザ光の照射条件として規定することで、レーザ光の照射を制御してもよい。また、制御部21bは、レーザ光源16から出力されるレーザ光をCWレーザ（Continuous wave laser）とする場合、マーキング箇所mpにレーザ光を照射する時間をレーザ光の照射条件として規定することで、レーザ光の照射を制御してもよい。

[0050] 制御部21bは、上述のように規定された照射条件に基づくレーザ光の照射を完了すると、レーザ光源16に対して出力停止信号を出力する。レーザ光源16は、出力停止信号が入力されると、レーザ光の出力を停止する。このため、レーザ光源16は、制御部21bによって出力開始信号が入力されてから出力停止信号が入力されるまでの間レーザ光を出力する。

[0051] 上述のレーザ光の照射により形成されるマーキングは、光検出器15等によって確認可能なものであればよく、種々の形態が考えられる。例えば、マーキングとしては、レーザ光の照射によって生じた空洞、改質により生じたアモルファス、及びメタル層MEにレーザ光が吸収されて発生した熱によって溶融したメタル層ME又は基板SiEの一部等が挙げられる。

[0052] 制御部21bは、一のマーキング箇所mpにおいてマーキングが適切に形成されたことを確認してから、次のマーキング箇所mpのレーザマーキングを開始するように制御する。例えば、制御部21bは、一のマーキング箇所mpへのレーザマーキング（すなわち、設定されたレーザ光の照射条件に基づくレーザ光の照射）が完了した後、レーザ光源16の出力を停止し、マー

キング用光学系 1 3 B から観察用光学系 1 3 A に切り替え、光源 1 2 の出力を開始する。これにより、光検出器 1 5 は、半導体デバイス D から反射された光源 1 2 からの光を撮像し、上述の画像データ（検出信号）を計算機 2 1 の解析部 2 1 c に出力する。解析部 2 1 c は、当該画像データに基づいてパターン画像を生成する。ここで、マーキング箇所 m p に適切な大きさのマーキングが形成されていない場合（マーキングが小さい場合）、マーキング箇所 m p での反射光の強度変化が小さく、光学反射像の変化も小さい。このため、パターン画像におけるレーザマーキングの影響は少ない。一方、マーキング箇所 m p に適切な大きさのマーキングが形成されている場合、光の屈折率、透過率、吸収率、及び反射率の少なくとも 1 つの変化が大きくなる。その結果、マーキング箇所 m p での反射光の強度変化が大きくなり、パターン画像にはマーキング箇所 m p に形成されたマーキングを示すマーク像が現れる。

[0053] 解析部 2 1 c は、例えば、レーザマーキング前に取得されたパターン画像（例えばパターン画像 A 3）とレーザマーキング後に取得されたパターン画像とを比較し、画像間の差異が予め定められた規定値以上か否かを判定する。解析部 2 1 c は、画像間の差異が当該規定値以上である（或いは規定値より大きい）場合、マーク像が現れた（すなわち、適切な大きさのマーキングが形成された）と判定する。一方、解析部 2 1 c は、画像間の差異が当該規定値より小さい（或いは規定値以下である）場合、マーク像が現れていない（すなわち、適切な大きさのマーキングが形成されていない）と判定する。

[0054] 解析部 2 1 c によりマーク像が現れたと判定された場合、制御部 2 1 b は、当該マーキング箇所 m p におけるレーザマーキングが完了したことを記録する。そして、制御部 2 1 b は、予定された全てのマーキング箇所 m p（本実施形態では一例として 4 箇所）のレーザマーキングが完了したか否かを判定する。全てのマーキング箇所 m p のレーザマーキングが完了している場合、制御部 2 1 b は、レーザマーキングの処理を完了する。一方、マーキングされていないマーキング箇所 m p が残っている場合、制御部 2 1 b は、次の

マーキング箇所m pのレーザマーキングを開始するように制御する。

[0055] 一方、解析部21cによりマーク像が現れていないと判定された場合、制御部21bは、当該マーキング箇所m pにおけるレーザマーキングを再度実行するように制御する。このとき、制御部21bは、解析部21cによって検出されたマーク像の大きさ（すなわち、画像間の差異の大きさ）に応じて、レーザ光源16から出力されるレーザ光の照射条件を設定してもよい。すなわち、制御部21bは、既に形成されているマーキングの大きさに応じて、予め定められた大きさのマーキングを形成するために追加で必要レーザ光の照射量を算出し、当該照射量に応じた照射条件を設定してもよい。

[0056] なお、上述の解析部21cによる判定は、ユーザの手動操作によって実行されてもよい。例えば、解析部21cは、ユーザからの入力内容に応じて、マーク像が現れたか否かを判定してもよい。この場合、表示部22にパターン画像が表示される。そして、当該パターン画像を目視によって確認したユーザによって、パターン画像にマーク像が現れているか否かの情報が入力部23に入力される。入力部23は、マーク像が現れているか否かの情報を計算機21に出力する。解析部21cは、マーク像が現れているか否かの情報に基づいて、マーク像が現れたか否かを判定する。

[0057] また、解析部21cは、マーク像が現れたと判定した場合において、リファレンス画像A5とレーザマーキング後に取得されたパターン画像とを比較する。そして、解析部21cは、パターン画像におけるマーク形成箇所が、リファレンス画像A5におけるマーキング箇所m pからずれている場合には、マーク形成ずれが生じていると判定する。この場合、以下のようにマーキング箇所m pの修正制御が実行されてもよい。例えば、解析部21cは、マーク形成ずれに関する情報（ずれ方向及びずれの大きさ等）を制御部21bに通知する。そして、制御部21bは、当該情報に基づいて、正しいマーキング箇所m pにマークが形成されるように、XYZステージ14を移動させることで、位置修正を行ってもよい。

[0058] 以上のようにして全てのマーキング箇所m pへのレーザマーキングが完了

した後、制御部 21b は、光源 12、観察用光学系 13A、及び光検出器 15 を動作させる。これにより、光検出器 15 は、半導体デバイス D から反射された光源 12 からの光を撮像し、画像データ（検出信号）を計算機 21 の解析部 21c に出力する。解析部 21c は、当該画像データに基づいて、レーザマーキング完了後のパターン画像（マーク像を含むパターン画像）を生成する。

[0059] 図 5 に示されるように、解析部 21c は、マーク像を含むパターン画像に発光画像を重畳することにより、マーク像 m 及び故障箇所 fp を特定可能なマーキング画像 A6 を生成することができる。ここで、マーキング画像 A6 は、低倍率のパターン画像 A3 と同じ倍率で生成された画像である。解析部 21c は、マーキング画像 A6 と高倍率のパターン画像 A1 とを重ね合わせることで、半導体デバイス D の特徴点 P0 を基準とした各マーク像 m の相対位置を示すマーキング位置情報を取得することができる。例えば、解析部 21c は、上述のようにマーキング画像 A6 とパターン画像 A1 とを重ね合わせることで生成される画像に基づいて、特徴点 P0 の座標位置を原点位置とした場合における各マーク像 m の座標位置を算出することができる。

[0060] なお、上述の通り、レーザマーキングはマーキング箇所 mp にマーキングが形成されるように制御され、マーク像 m の位置とマーキング箇所 mp の位置とは一致するはずである。従って、レーザマーキングによるマーキング位置の精度が高い場合（マーク像 m の位置とマーキング箇所 mp の位置との誤差が少ない場合）、解析部 21c は、パターン画像 A1 とリファレンス画像 A5 とを重ね合わせることで生成される画像に基づいて、特徴点 P0 の座標位置を原点位置とした場合における各マーキング箇所 mp の座標位置を算出してもよい。

[0061] また、特徴点 P0 は、半導体デバイス D の裏面 D1 側からだけでなく、表面 D2 側からも特定できるような特徴的なパターンを示す箇所であることが好ましい。この場合、半導体デバイス D を表面 D2 側から物理解析を行う場合にも、特徴点 P0 に基づいてマーク像 m 及び故障箇所 fp の位置を容易に

特定することが可能となる。このような特徴点 P O としては、例えば、メモリマットの隅部等が挙げられる。

[0062] 解析部 21 c は、上述のように算出されたマーク像 m（或いはマーキング箇所 m p）のマーキング位置情報を、計算機 21 が備える記憶媒体に記憶させる。なお、解析部 21 c は、マーキング位置情報を計算機 21 に対して取り外し可能な記録媒体（例えば U S B メモリ等）に出力してもよいし、有線又は無線の通信ネットワークを介して外部のコンピュータ装置に出力してもよい。また、解析部 21 c は、マーキング位置情報を表示部 22 に出力してもよい。この場合、表示部 22 は、マーキング位置情報をリストとして表示してもよいし、マーキング画像とともに表示してもよい。また、これらの情報は、プリンタ等の外部機器等によって紙媒体で出力されてもよい。

[0063] 次に、図 6 を参照して、故障箇所を特定してからマーキング位置情報を出力するまでの検査装置 1 の動作の一例について説明する。

[0064] まず、検査装置 1 は、上述した故障箇所特定処理を実行することにより半導体デバイス D を検査し、半導体デバイス D における故障箇所 f p を特定する（ステップ S 1）。具体的には、検査装置 1 は、観察したいエリアに観察用光学系 13 A の視野が位置するように、X Y Z ステージ 14 を制御する。そして、検査装置 1 は、観察したいエリアに対物レンズの焦点が合うように、X Y Z ステージ 14 を制御する。観察したいエリアに観察用光学系 13 A の視野が位置したら、検査装置 1 は、光源 12 によって出力された光が観察用光学系 13 A によって半導体デバイス D の裏面 D 1 側から半導体デバイス D に照射され、光検出器 15 によって生成された光学反射像を取得する。続いて、検査装置 1 は、刺激装置 11 を用いて、半導体デバイス D に刺激信号を印加し、光検出器 15 によって発光像を取得する。そして、検査装置 1 は、取得された光学反射画像と発光画像を重畳して、解析画像 A 4（図 3 の（a）参照）を生成し、解析画像 A 4 に基づき故障箇所 f p を特定する。

[0065] 続いて、故障箇所 f p の位置に応じてマーキング箇所 m p が設定され、故障箇所 f p 及びマーキング箇所 m p を示した目印を解析画像 A 4 に付加した

リファレンス画像A5が生成される。そして、計算機21の制御部21bは、当該マーキング箇所mpに応じた位置にXYZステージ14を移動する。これにより、XYZステージ14に載置されたマーキング用光学系13Bは、マーキング箇所mpに応じた適切な位置に移動する（ステップS2）。

[0066] 続いて、制御部21bは、マーキング箇所mpにおいて、基板SiEとメタル層MEとの境界にマーキングが形成されるように、基板SiEを透過する波長のレーザ光を基板SiE側から半導体デバイスDに照射する。具体的には、制御部21bは、上述のように予め設定されたレーザ光の照射条件に基づいて、レーザ光源16の出力を制御することによって、マーキング箇所mpへのレーザ光の照射を実行する（ステップS3）。ステップS3において、上述の照射条件に基づくレーザ光の照射が完了したら、制御部21bは、レーザ光源16の出力を停止し、マーキング用光学系13Bから観察用光学系13Aに切り替え、光源12の出力を開始する。これにより、光検出器15は、半導体デバイスDから反射された光源12からの光を撮像し、上述の画像データ（検出信号）を計算機21の解析部21cに出力する。解析部21cは、当該画像データに基づいてパターン画像を生成する。

[0067] 続いて、解析部21cは、パターン画像上にマーク像が現れたか否かを判定する（ステップS4）。パターン画像上にマーク像が現れていないと判定された場合（ステップS4：NO）、再度ステップS3の処理が実行される。一方、パターン画像上にマーク像が現れたと判定された場合（ステップS4：YES）、制御部21bは、レーザマーキングが行われていないマーキング箇所mpが残っているか否かを判定する（ステップS5）。レーザマーキングが行われていないマーキング箇所mpが残っていると判定された場合（ステップS5：YES）、残りのマーキング箇所mpについてステップS2の処理が実行される。一方、レーザマーキングが行われていないマーキング箇所mpが残っていない（すなわち、全てのマーキング箇所mpへのレーザマーキングが完了した）と判定された場合（ステップS5：NO）、レーザマーキングの処理を完了する。

[0068] 続いて、解析部21cは、マーキング位置情報を記録する（ステップS6）。具体的には、解析部21cは、レーザマーキング完了後のパターン画像（マーク像を含むパターン画像）であるマーキング画像A6（図5参照）を生成する。また、解析部21cは、マーキング画像A6とパターン画像A1とを重ね合わせることで生成される画像（図5参照）に基づいて、特徴点P0の座標位置を原点位置とした場合における各マーク像mの座標位置を算出する。これにより、各マーク像mの特徴点P0を基準とした相対位置を示す情報が、マーキングの位置を特定するマーキング位置情報として得られる。解析部21cは、このようにして得られたマーキング位置情報を、計算機21が備える記憶媒体に記憶させる。

[0069] 続いて、解析部21cは、マーキング位置情報を出力する（ステップS7）。具体的には、解析部21cは、上述したように、マーキング位置情報をUSBメモリ等の持ち運び可能な記録媒体に出力してもよいし、外部のコンピュータ装置（例えば、半導体デバイスDの物理解析を行う解析装置等）に出力してもよい。

[0070] 次に、図7及び図8を参照して、半導体デバイスDの構造例と各例におけるマーキングMの形成箇所について説明する。図7の（a）は、ロジックデバイスである半導体デバイス100の概略断面を示し、図7の（b）は、メモリデバイスである半導体デバイス200の概略断面を示し、図8の（a）は、パワーデバイスである半導体デバイス300の概略断面を示す。いずれの半導体デバイス100、200、300も、メタル層MEと基板SiEとの境界において、トランジスタ層Tを有している。トランジスタ層Tは、メタル層MEと基板SiEとの境界において、少なくともメタル層ME及び基板SiEの一方に埋め込まれた回路素子（例えばゲート素子等）を含む。また、メタル層MEは、トランジスタ層Tよりも表面D2側において、トランジスタ層Tと電氣的に接続される配線Wが設けられた配線層を有する。図7及び図8に示されるように、マーキングMは、上述したレーザマーキングにより、主に基板SiEと当該配線層との境界に位置するトランジスタ層Tに

形成される。

[0071] ここで、図8及び図9に示されるように、レーザマーキング後の物理解析において、基板S i Eを薄型化し、薄型化された基板S i E側（裏面D 1側）から半導体デバイスDを観察してもよい。ここで、図9は、図8に示される半導体デバイス300の基板S i Eを薄型化した後の状態を示す図である。上述のように基板S i Eとメタル層MEとの境界であるトランジスタ層TにマーキングMが形成されている。このため、基板S i Eを裏面D 1側から削って薄型化することにより、電子ビーム（EB：electron beam）等を用いることで、裏面D 1側からマーキングMを容易に確認することができる（図9の（b）参照）。これにより、物理解析をマーキングの位置に基づいて正確に行うことができる。なお、この例において、薄型化する前の基板S i Eの厚さd 1は100 μ m～700 μ m程度であり、薄型化した後の基板S i Eの厚さd 2は10 μ m程度である。また、基板S i Eの厚さd 2が1 μ m程度になるまで薄型化した場合、可視光でもマーキングMを確認できる可能性がある。

[0072] 図10は、検査装置1により実行される検査方法によってフラッシュメモリ（メモリデバイス）である場合の半導体デバイスの基板とメタル層との間に形成されたマーキングMを示すSEM像の一例を示す図である。図10の（a）は、当該半導体デバイスにおけるマーキングMを含む断面部分を走査型電子顕微鏡（SEM：Scanning Electron Microscope）で撮像することで得られた低倍率（倍率：30000）の画像である。図10の（b）は、当該半導体デバイスにおけるマーキングMを含む断面部分をSEMで撮像することで得られた高倍率（倍率：60000）の画像である。

[0073] 次に、検査装置1及び検査装置1により実行される検査方法の作用効果について説明する。

[0074] 検査装置1及び上記検査方法では、半導体デバイスDにおいて特定された故障箇所f p（所定位置）に基づいて、少なくとも基板S i Eとメタル層MEとの境界にマーキングが形成されるように、基板S i Eを透過する波長の

レーザ光が基板S i E側から半導体デバイスDに照射される。このように、基板S i Eとメタル層MEとの境界にマーキングを形成することにより、表面D 2側（メタル層ME側）及び裏面D 1側（基板S i E側）のいずれからも容易に確認可能な位置にマーキングを形成することができる。これにより、半導体デバイスDの基板S i E側からレーザマーキングを行う場合において、物理解析時に表面D 2側及び裏面D 1側のいずれからもマーキング位置を容易に確認することが可能となる。

[0075] また、制御部2 1 bは、マーキングがメタル層MEを貫通しないように、レーザ光源1 6の出力を制御する。これにより、マーキングを半導体デバイスDの内部に留めることができる。その結果、マーキング形成時に生じ得る半導体デバイスDの破片（デブリ）によって半導体デバイスDの表面D 2が汚染されることを防止することができる。また、制御部2 1 bは、マーキングとして、空洞、改質、及び溶融のうち少なくとも1つが生じるように、レーザ光源の出力を制御する。これにより、マーキングを適切に形成することができる。

[0076] また、検査装置1は、検出信号に基づいて、マーキングを示すマーク像mを含む半導体デバイスDのパターン画像（例えば、上述のマーキング画像A 6）を取得する解析部2 1 cを備えている。これにより、マーキング位置を半導体デバイスDのパターン（例えば配線パターン）とともに視覚的に把握可能なパターン画像を取得することができる。このようなパターン画像により、物理解析においてマーキング位置を容易に把握することが可能となる。

[0077] 解析部2 1 cは、上記パターン画像に基づいて、マーキングの位置を特定するマーキング位置情報を取得し、当該マーキング位置情報を出力する。これにより、物理解析においてマーキング位置を特定するためのマーキング位置情報を外部装置等に出力することができる。従って、例えばマーキングを行う検査装置1と物理解析を行う解析装置とが異なる場所に配置される場合であっても、当該解析装置に対して物理解析を行うために必要なマーキング位置情報を適切に受け渡すことができる。

[0078] 解析部 21c は、半導体デバイス D の特徴点 P0 を基準としたマーキングの相対位置を示す情報をマーキング位置情報として取得する。このように半導体デバイス D の特徴点 P0（例えば配線パターンの溝部等）の位置に対するマーキングの相対位置をマーキング位置情報として用いることで、マーキングの位置を正確に把握することが可能となる。

[0079] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されない。例えば、上記実施形態では、半導体デバイス D を検査することにより特定された半導体デバイス D の故障箇所 fp にマーキングが形成されるが、マーキングが形成される位置は故障箇所 fp に限られない。すなわち、検査装置 1 は、半導体デバイス D の所定位置に対して、少なくとも基板 SiE とメタル層 ME との境界にマーキングが形成されるように、基板 SiE 側から半導体デバイス D に基板 SiE を透過する波長のレーザ光を照射してもよい。このような構成によれば、基板 SiE 及び基板 SiE 上に形成されたメタル層 ME を有する半導体デバイス D にレーザマーキングを行うマーキング形成方法が実現される。また、検査装置 1 において、以下に述べる変形例 1 ～変形例 4 の構成が採用されてもよい。

[0080] [変形例 1]

検査装置 1 は、光検出器 15 として、上述した 2 次元カメラの代わりに赤外カメラを備えてもよい。この場合、検査装置 1 は、光源 12 を備えなくともよい。また、光源 12 を備えないため、観察用光学系 13A は、ビームスプリッタを備えなくともよい。赤外カメラは、半導体デバイス D からの熱線を撮像し、測定画像を生成する。当該測定画像に応じた赤外画像により、半導体デバイス D における発熱箇所を特定することができる。発熱箇所を特定することにより、半導体デバイス D の故障箇所を特定することができる。熱線を計測する場合には、赤外カメラとして InSb カメラ等が用いられる。なお、熱線とは、波長 $2\mu\text{m}$ ～ $10\mu\text{m}$ の光である。また、半導体デバイス D からの熱線を撮像することで、半導体デバイス D の輻射率の分布を示す画像を取得することができる。

[0081] 変形例 1 においては、計算機 21 の解析部 21c は、上述した測定画像に基づいて赤外画像を生成する。また、解析部 21c は、検出信号に基づいてパターン像を生成する。そして、解析部 21c は、パターン像に赤外画像を重畳させた重畳画像を解析画像として生成する。解析画像から故障箇所を特定する処理については、上述の実施形態と同様である。

[0082] 赤外カメラによって半導体デバイス D からの熱線を計測し、解析部 21c において赤外画像を生成する手順の詳細について説明する。まず、刺激装置 11 によってテストパターン等の刺激信号が印加されている状態で、赤外カメラによって半導体デバイス D の発熱を含む第 1 の測定画像が取得される。この第 1 の測定画像は、所定の露光時間で連続的に撮像された複数枚の画像データが計算機 21 に送られ、解析部 21c において当該複数枚の画像データが加算されることにより生成される。第 1 の測定画像は半導体デバイス D の発熱と半導体デバイス D を形成する素子の形状の情報を併せ持つ。次に、刺激装置 11 による刺激信号の印加が停止された状態で、赤外カメラによって半導体デバイス D の形成する素子の形状の情報のみを含む第 2 の測定画像が取得される。第 2 の測定画像も、第 1 の測定画像と同様に、所定の露光時間で連続的に撮像された複数枚の画像データが計算機 21 に送られ、解析部 21c において当該複数枚の画像データが加算されることにより生成される。第 2 の測定画像は半導体デバイス D を形成する素子の形状の情報のみを持つ。そして、解析部 21c において第 1 の測定画像から第 2 の測定画像を差分処理することにより、半導体デバイス D の発熱のみを含む赤外画像を生成する。解析部 21c は、第 2 の測定画像に赤外画像を重畳させた重畳画像又は第 1 の測定画像を解析画像として、第 2 の測定画像をパターン画像として生成する。解析画像から故障箇所を特定する処理については、上述の実施形態と同様である。

[0083] レーザマーキング後にマーク像の有無を確認する処理においては、観察用光学系 13A は半導体デバイス D からの熱線を赤外カメラに伝達する。赤外カメラは、熱線を検出し、画像データ（検出信号）を計算機 21 に出力する

。そして、解析部 21c は、上述したように、画像データに基づいてパターン画像を生成する。パターン画像を生成した後の処理については、上述の実施形態と同様である。

[0084] [変形例 2]

検査装置 1 は、刺激装置 11 として、半導体デバイス D に電氣的に接続され、半導体デバイス D に電圧を印加する電源を備えてもよい。また、光源 12 から出力される光は、レーザ光のようなコヒーレントな光でもよい。コヒーレントな光を出力する光源 12 としては、固体レーザ光源及び半導体レーザ光源等を用いることができる。OBIRCH (Optical Beam Induced Resistance Change) 画像及びSDL (Soft Defect Localization) 画像等を取得する場合の光源 12 は、半導体デバイス D が電荷 (キャリア) を発生しない波長帯のレーザ光を出力する。例えば、基板 SiE がシリコンを材料とするものである場合の光源 12 は、1200nm より大きく、好ましくは 1300nm 程度の波長帯のレーザ光を出力する。また、OBIC 画像及びLADA (Laser Assisted Device Alteration) 画像等を取得する場合の光源 12 は、半導体デバイス D が電荷 (キャリア) を発生する波長域の光を出力する必要があるため、1200nm 以下の光 (例えば 1064nm 程度の波長帯のレーザ光) を出力する。光源 12 から出力される光は、インコヒーレント (非コヒーレント) な光でもよい。インコヒーレントな光を出力する光源 12 としては、SLD (Super Luminescent Diode)、ASE (Amplified Spontaneous Emission)、及びLED (Light Emitting Diode) 等を用いることができる。光源 12 から出力された光は、偏光保存シングルモード光カプラ、及びプローブ光用の偏光保存シングルモード光ファイバを介して観察用光学系 13A に導かれ、半導体デバイス D に照射される。変形例 2 において、観察用光学系 13A は、光走査部及び対物レンズを有している。光走査部は、半導体デバイス D の裏面 D1 上の照射スポットを走査する。光走査部は、例えばガルバノミラー、ポリゴンミラー及びMEMSミラー等の光走査素子によって構成されている。対物レンズは、光走査部によって

導かれた光を照射スポットに集光する。

[0085] 変形例 2 において、検査装置 1 は、半導体デバイス D に電氣的に接続された電気信号検出器を備えてもよい。電気信号検出器は、レーザ光に応じて半導体デバイス D で生じた電気信号を検出する。電気信号検出器は、検出された電気信号に応じた電気信号特性値を計算機 2 1 に出力する。また、変形例 2 において、光検出器 1 5 は、光センサによって構成されてもよい。光センサは、レーザ光に応じた半導体デバイス D の反射光を検出し、検出信号を計算機 2 1 に出力する。光センサは、例えば、フォトダイオード、アバランシェフォトダイオード、光電子増倍管、又はエリアイメージセンサ等である。

[0086] 計算機 2 1 の解析部 2 1 c は、電気信号特性値を、制御部 2 1 b が制御する光走査部に応じたレーザ光の走査位置に関連づけて画像化した電気信号画像を生成する。また、解析部 2 1 c は、検出信号に基づいて光学反射像を生成する。そして、解析部 2 1 c は、光学反射像に電気信号画像を重畳させた重畳画像を解析画像として生成する。解析画像から故障個所を特定する処理については、上述の実施形態と同様である。

[0087] 電気信号画像とは、例えば、光起電流画像である O B I C 画像、電氣量変化画像である O B I R C H 画像、正誤情報画像である S D L 画像、及び L A D A 画像等である。O B I C 画像とは、レーザ照射によって生じた光起電流を検出し、光起電流の電流値又は電流変化値を電気信号特性値として画像化した画像である。O B I R C H 画像とは、半導体デバイス D に一定の電流を印加した状態でレーザ照射することにより、半導体デバイス D における照射位置の抵抗値を変化させ、当該抵抗値の変化に応じた電圧値又は電圧の変化値を電気信号特性値として画像化した画像である。なお、O B I R C H 画像は、半導体デバイス D に一定の電圧を印加した状態でレーザ照射することにより、半導体デバイス D における照射位置の抵抗値を変化させ、当該抵抗値の変化に応じた電流の変化値を電気信号特性値として画像化した画像であってもよい。S D L 画像は、半導体デバイス D にテストパターンなどの刺激信号を印加した状態でキャリアが励起されない波長のレーザを照射して誤動作

状態を検出し、当該誤作動状態に係る情報（例えばP A S S / F A I L 信号）を電気信号特性値として輝度カウントに変換し、情報画像化した画像である。L A D A 画像は、半導体デバイスDにテストパターン等の刺激信号を印加した状態でキャリアを励起するような波長のレーザを照射して誤動作状態を検出し、当該誤作動状態に係る情報（例えばP A S S / F A I L 信号）を電気信号特性値として輝度カウントに変換し、情報画像化した画像である。

[0088] レーザマーキング後にマーク像の有無を確認する処理においては、光源12が、半導体デバイスDの裏面D1側に照射される光を出力する。そして、観察用光学系13Aは、光源12から出力された光を半導体デバイスDの裏面D1に照射する。観察用光学系13Aは、照射された光に応じた半導体デバイスDからの反射光を光センサである光検出器15に伝達する。光センサは、反射光を検出し検出信号を計算機21に出力する。そして、解析部21cは、検出信号に基づいて光学反射像であるパターン画像を生成する。パターン画像を生成した後の処理については、上述の実施形態と同様である。

[0089] [変形例3]

検査装置1は、E O P 又はE O F M (Electro-Optical Frequency Mapping) と称される光プロービング技術により故障位置を特定してもよい。

[0090] 変形例3においては、光源12からの光が半導体デバイスDに走査され、半導体デバイスDからの反射光が光センサである光検出器15に検出される。当該反射光が計算機21に出力され、解析部21cによって光学反射像が生成される。次に、刺激装置11から半導体デバイスDに対してテストパターン等の刺激信号が繰り返し印加された状態において、表示部22に表示された光学反射像に基づきユーザが選択して入力部23により入力された照射スポットに、光源12から出力された光が照射される。光源12から出力される光の波長は、例えば530nm以上であり、好ましくは1064nm以上である。そして、半導体デバイスD内の素子の動作に伴って変調された反射光が光センサにおいて検出され、検出信号として計算機21に出力される。解析部21cでは、検出信号に基づき信号波形が生成され、表示部22に

当該信号波形が表示される。そして、上述した光学反射像に基づき照射スポットを変えながら観察した当該信号波形から故障個所を探すことによって、上述した光学反射像を解析画像として用いることができる。

[0091] また、解析部 21c は、検出信号とテストパターン等の刺激信号との位相差情報を、照射位置に関連づけて画像化した電気光学周波数マッピング画像（E O F M 画像）を生成してもよい。この場合、位相差情報は、検出信号から抽出した A C 成分から求めることができる。また、A C 成分と同時に抽出した D C 成分を照射位置に関連づけて画像化することにより光学反射像を得ることができる。そして、光学反射像に E O F M 画像を重畳させた重畳画像を解析画像として用いることができる。

[0092] [変形例 4]

検査装置 1 は、光磁気プロービング技術により故障位置を特定してもよい。この場合、検査装置 1 は、磁気光学結晶（M O 結晶）を備える。また、観察用光学系 13A は、光分割光学系を備える。磁気光学結晶は、半導体デバイス D に対して任意に配置できる構成となっている。まず、検査装置 1 では、磁気光学結晶を対物レンズ及び半導体デバイス D の間に配置しない構成に切り替えることで、変形例 2 及び変形例 3 のように、光学反射像を生成することができる。次に、磁気光学結晶を対物レンズ及び半導体デバイス D の間に配置する構成に切り替え、テストパターン等の刺激信号が印加されている半導体デバイス D に磁気光学結晶を当接させる。そして、光源 12 からの光が、光分割光学系及び光走査部を介して磁気光学結晶に照射され、その反射光が光センサである光検出器 15 に検出される。半導体デバイス D では、テストパターン等の刺激信号の印加によって電流が流れると、周囲の磁界が変化して磁気光学結晶で反射される光の偏光状態が変化する。偏光状態の変化に応じて強度が変化した光は、光分割光学系を介して光センサに入力される。このように、偏光状態の変化に応じて強度が変化した光が光センサによって検出され、検出信号として計算機 21 に出力されることにより、磁気光学画像が生成される。そして、光学反射像に磁器光学画像を重畳させた重畳画

像を解析画像として用いてもよい。

符号の説明

[0093] 1…検査装置、12…光源、13A…観察用光学系、13B…マーキング用光学系、15…光検出器、16…レーザ光源、21b…制御部（マーキング制御部）、21c…解析部（処理部）、D…半導体デバイス、ME…メタル層、SiE…基板。

請求の範囲

- [請求項1] 基板及び前記基板上に形成されたメタル層を有する半導体デバイスにレーザマーキングを行う検査方法であって、
- 前記半導体デバイスを検査することにより、前記半導体デバイスにおける所定位置を特定するステップと、
- 前記所定位置に基づいて、少なくとも前記基板と前記メタル層との境界にマーキングが形成されるように、前記基板側から前記半導体デバイスに前記基板を透過する波長のレーザ光を照射するステップと、を含む、検査方法。
- [請求項2] 前記レーザ光を照射するステップでは、前記マーキングが前記メタル層を貫通しないように、前記レーザ光の照射を制御する、
- 請求項1に記載の検査方法。
- [請求項3] 前記レーザ光を照射するステップでは、前記マーキングとして、空洞、改質、及び溶融のうち少なくとも1つが生じるように、前記レーザ光の照射を制御する、
- 請求項1又は2に記載の検査方法。
- [請求項4] 前記マーキングを示すマーク像を含む前記半導体デバイスのパターン画像を取得するステップを更に含む、
- 請求項1～3のいずれか一項に記載の検査方法。
- [請求項5] 前記パターン画像に基づいて、前記マーキングの位置を特定する位置情報を取得するステップと、
- 前記位置情報を出力するステップと、
- を更に含む、請求項4に記載の検査方法。
- [請求項6] 前記位置情報を取得するステップでは、前記半導体デバイスの特徴点を基準とした前記マーキングの相対位置を示す情報を前記位置情報として取得する、
- 請求項5に記載の検査方法。
- [請求項7] 前記レーザ光を照射するステップよりも後に、前記基板を薄型化し

、薄型化された前記基板側から前記半導体デバイスを観察するステップを更に含む、

請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の検査方法。

[請求項8] 基板及び前記基板上に形成されたメタル層を有する半導体デバイスにレーザマーキングを行う検査装置であって、

前記半導体デバイスの前記基板側からの光を伝達する観察用光学系と、

前記観察用光学系を介して前記半導体デバイスからの光を検出し、検出信号を出力する光検出器と、

前記基板を透過する波長のレーザ光を出力するレーザ光源と、

前記レーザ光源により出力された前記レーザ光を、前記基板側から前記半導体デバイスに照射するマーキング用光学系と、

前記検出信号に基づいて特定される所定位置に基づいて、少なくとも前記基板と前記メタル層との境界にマーキングが形成されるように、前記レーザ光源の出力を制御するマーキング制御部と、
を備える、検査装置。

[請求項9] 前記マーキング制御部は、前記マーキングが前記メタル層を貫通しないように、前記レーザ光源の出力を制御する、
請求項 8 に記載の検査装置。

[請求項10] 前記マーキング制御部は、前記マーキングとして、空洞、改質、及び溶融のうち少なくとも 1 つが生じるように、前記レーザ光源の出力を制御する、
請求項 8 又は 9 に記載の検査装置。

[請求項11] 前記検出信号に基づいて、前記マーキングを示すマーク像を含む前記半導体デバイスのパターン画像を取得する処理部を更に備える、
請求項 8 ～ 10 のいずれか一項に記載の検査装置。

[請求項12] 前記処理部は、前記パターン画像に基づいて、前記マーキングの位置を特定する位置情報を取得し、前記位置情報を出力する、

請求項 1 1 に記載の検査装置。

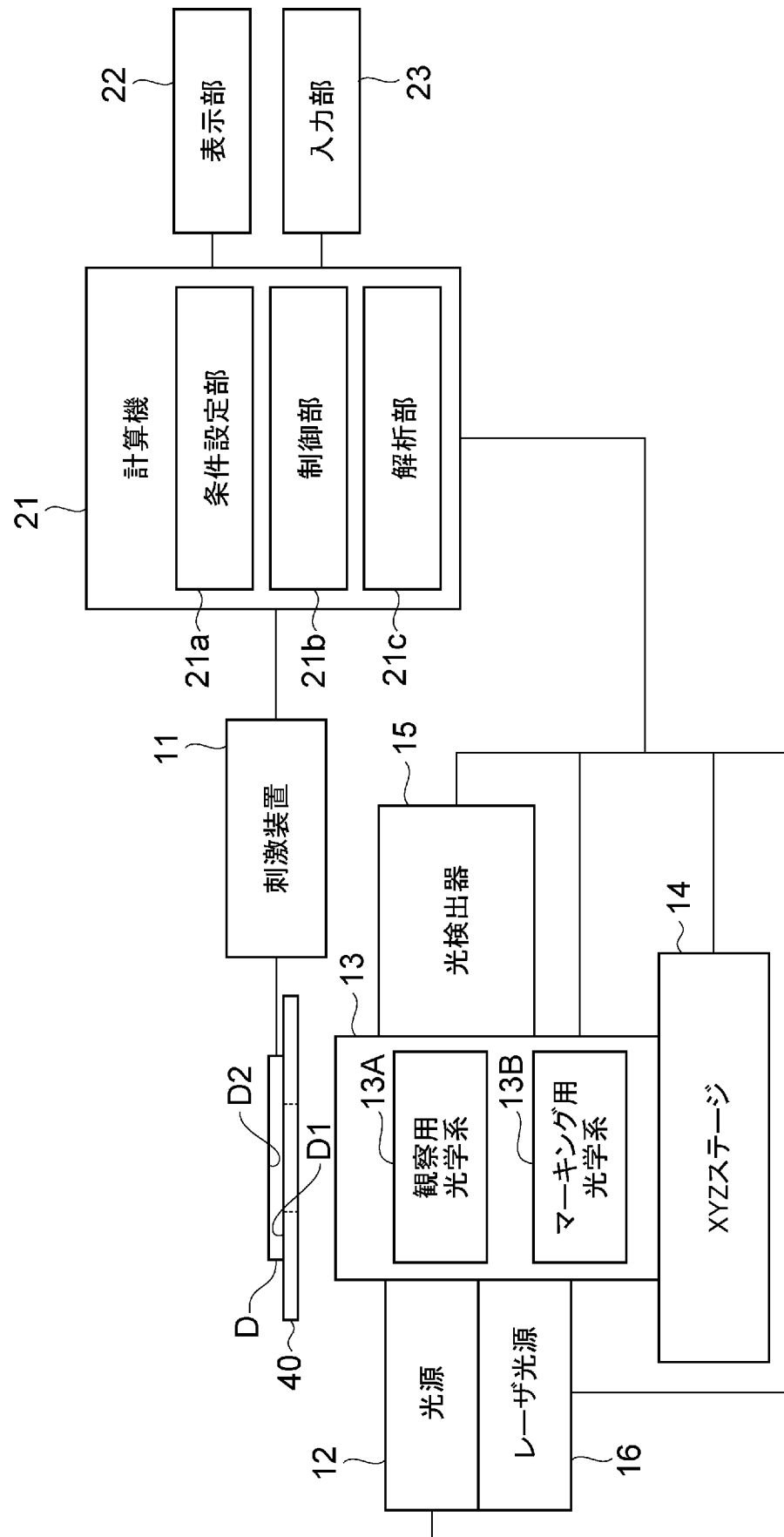
[請求項13] 前記処理部は、前記半導体デバイスの特徴点を基準とした前記マーキングの相対位置を示す情報を前記位置情報として取得する、
請求項 1 2 に記載の検査装置。

[請求項14] 基板及び前記基板上に形成されたメタル層を有する半導体デバイスにレーザマーキングを行うマーキング形成方法であって、
前記半導体デバイスの所定位置に対して、少なくとも前記基板と前記メタル層との境界にマーキングが形成されるように、前記基板側から前記半導体デバイスに前記基板を透過する波長のレーザ光を照射するステップと、
を含む、マーキング形成方法。

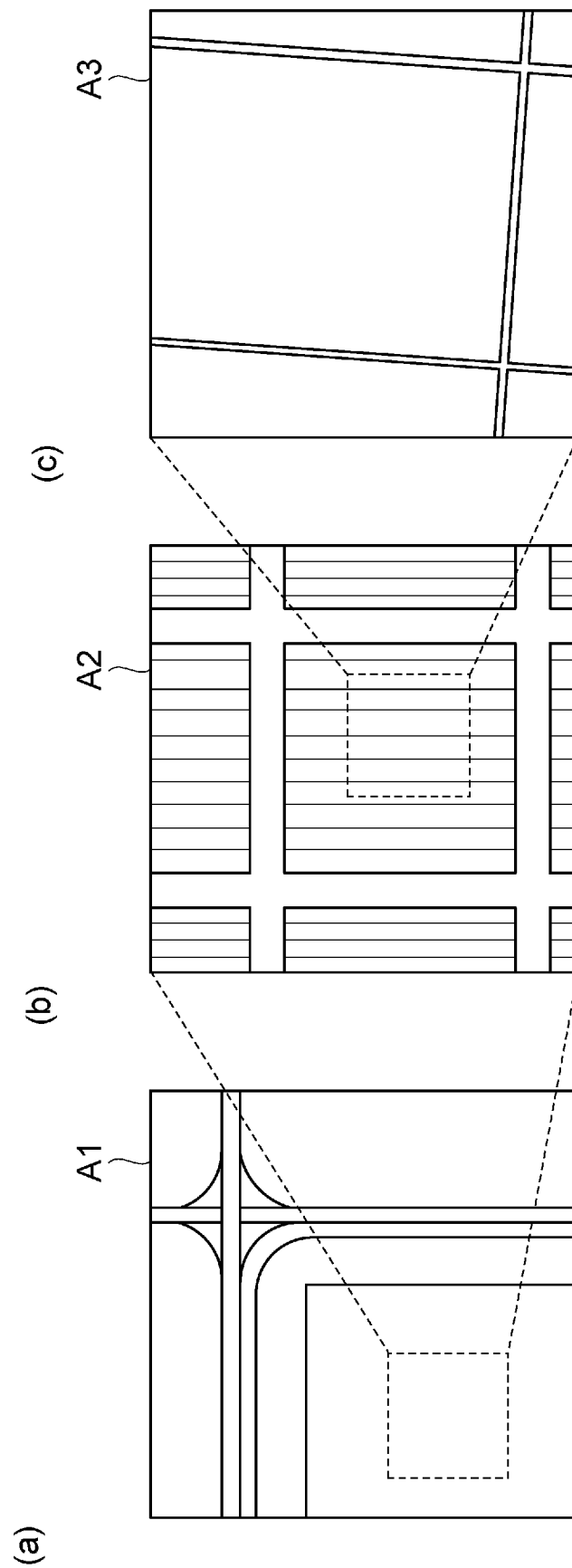
[請求項15] 前記レーザ光を照射するステップでは、前記マーキングが前記メタル層を貫通しないように、前記レーザ光の照射を制御する、
請求項 1 4 に記載のマーキング形成方法。

[請求項16] 前記レーザ光を照射するステップでは、前記マーキングとして、空洞、改質、及び溶融のうち少なくとも 1 つが生じるように、前記レーザ光の照射を制御する、
請求項 1 4 又は 1 5 に記載のマーキング形成方法。

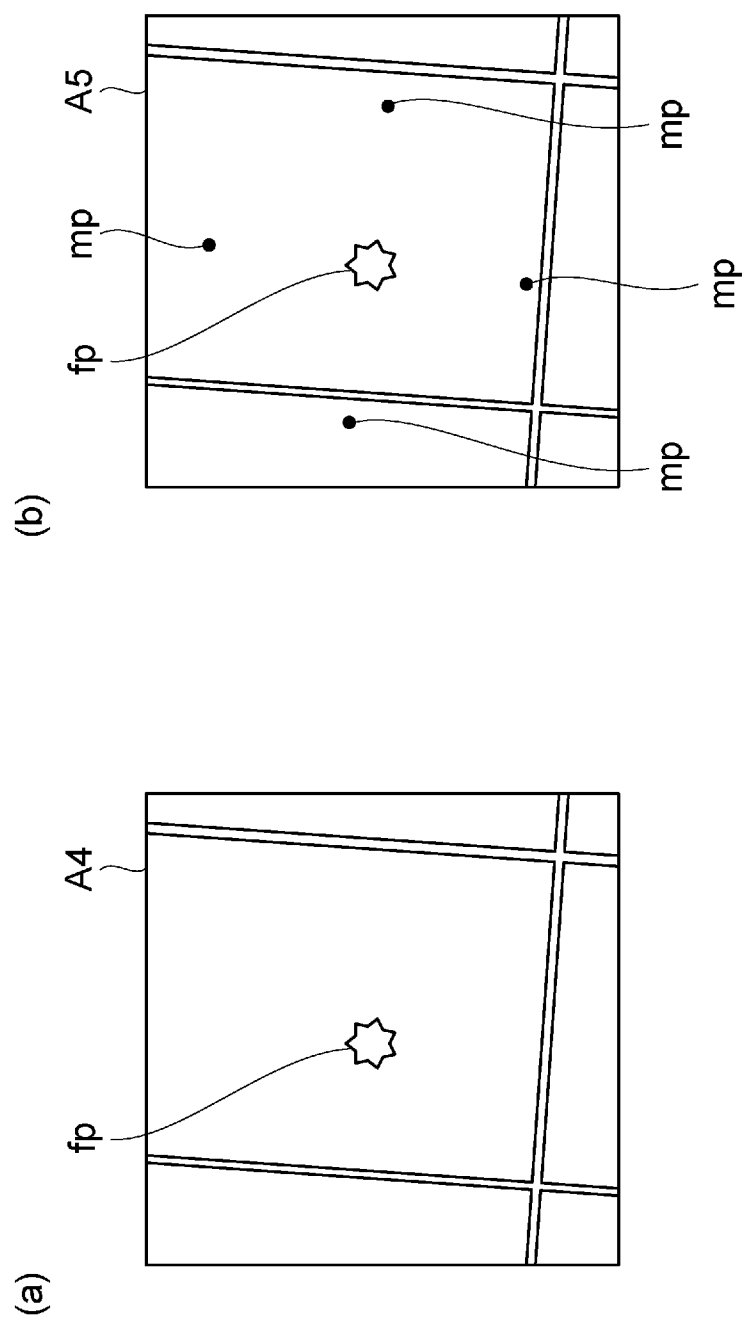
[図1]



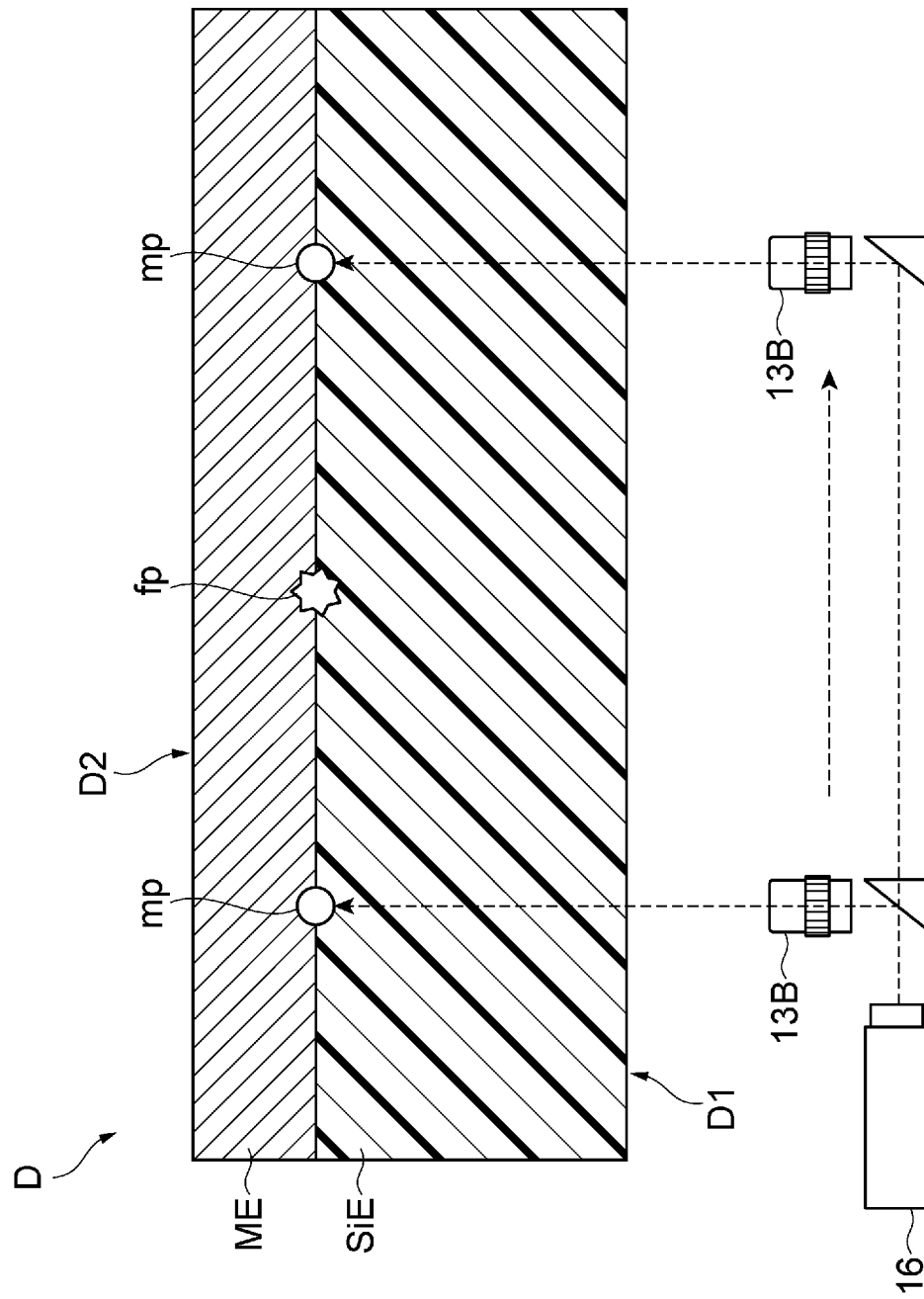
[図2]



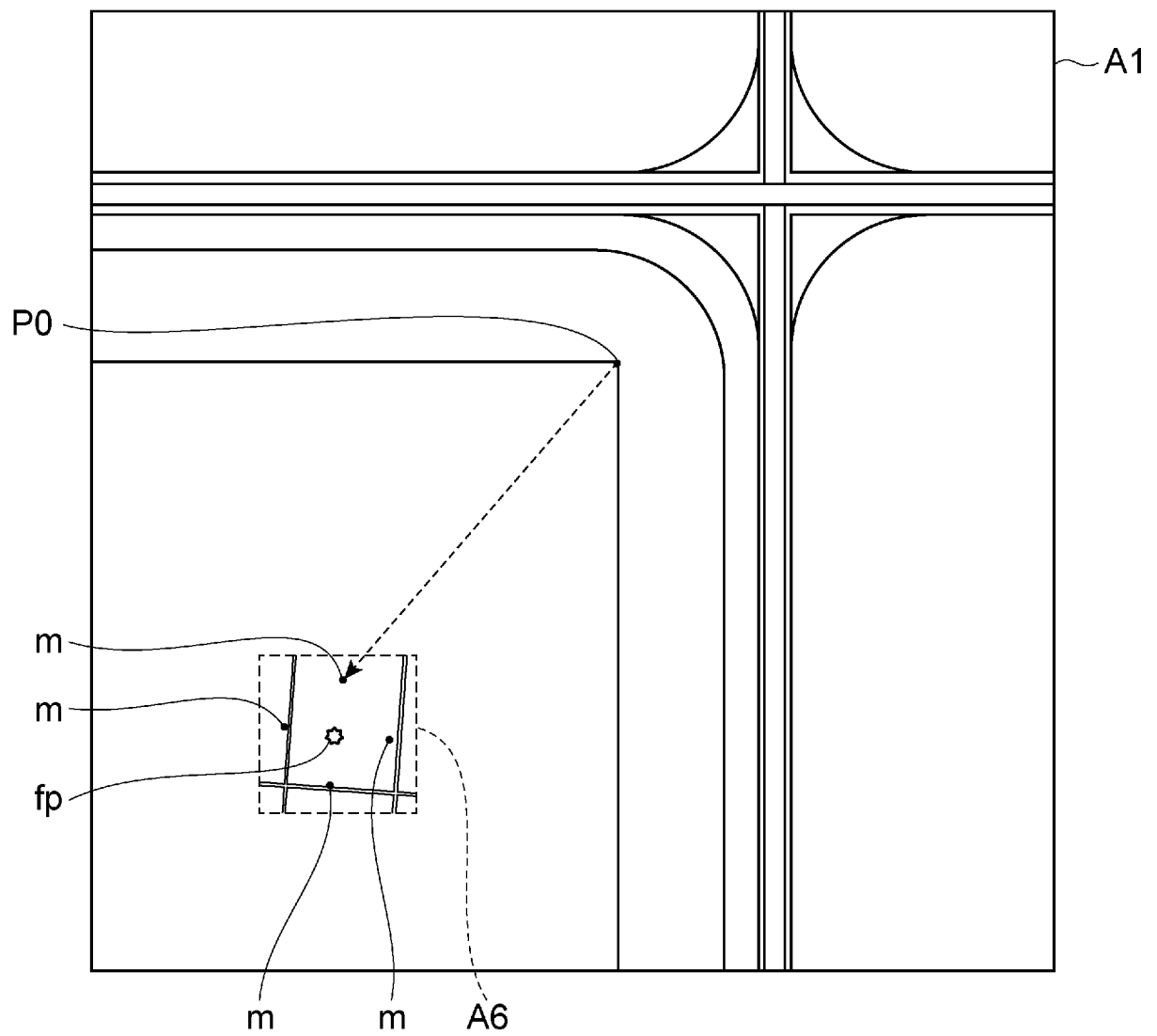
[図3]



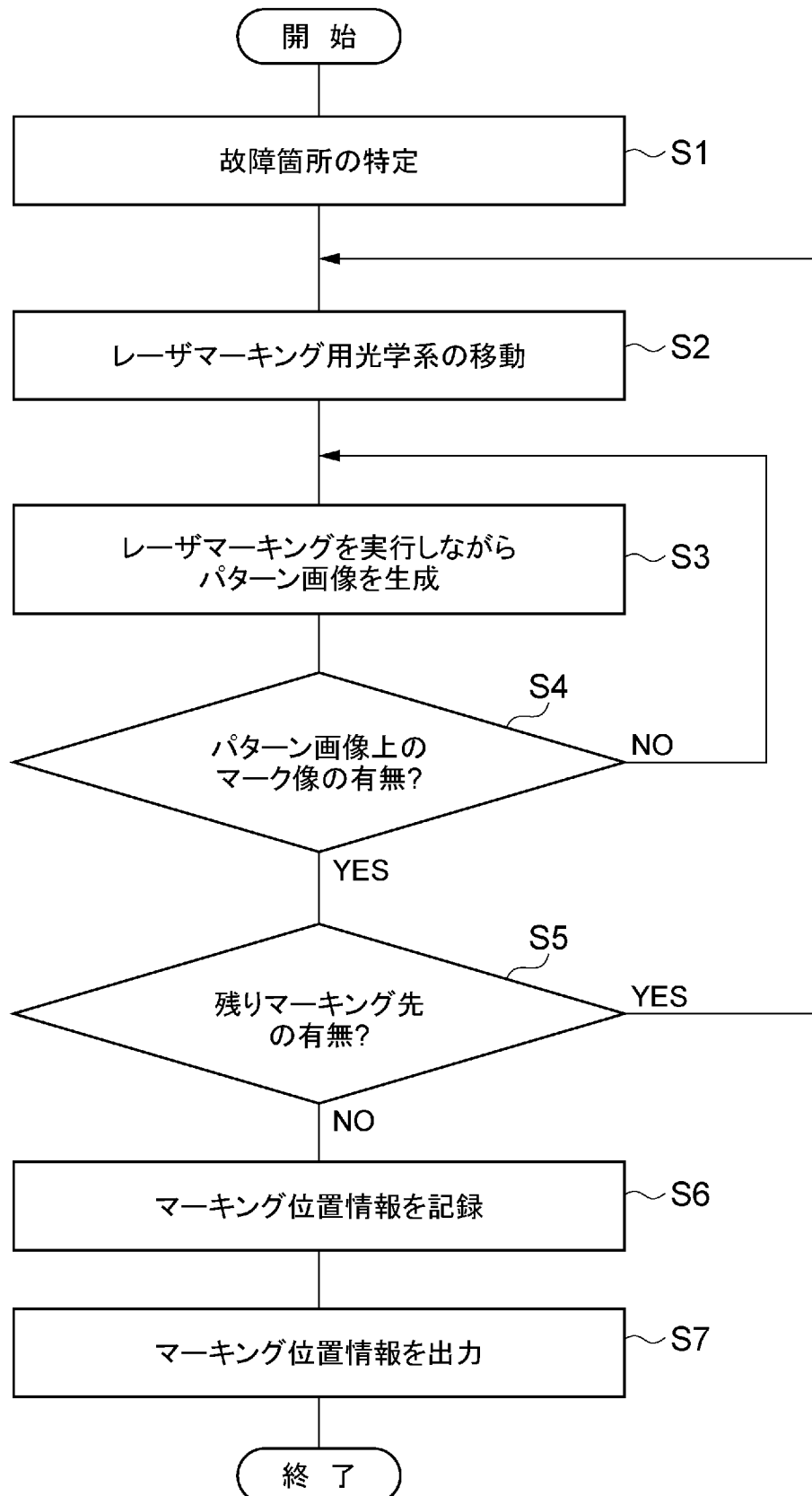
[図4]



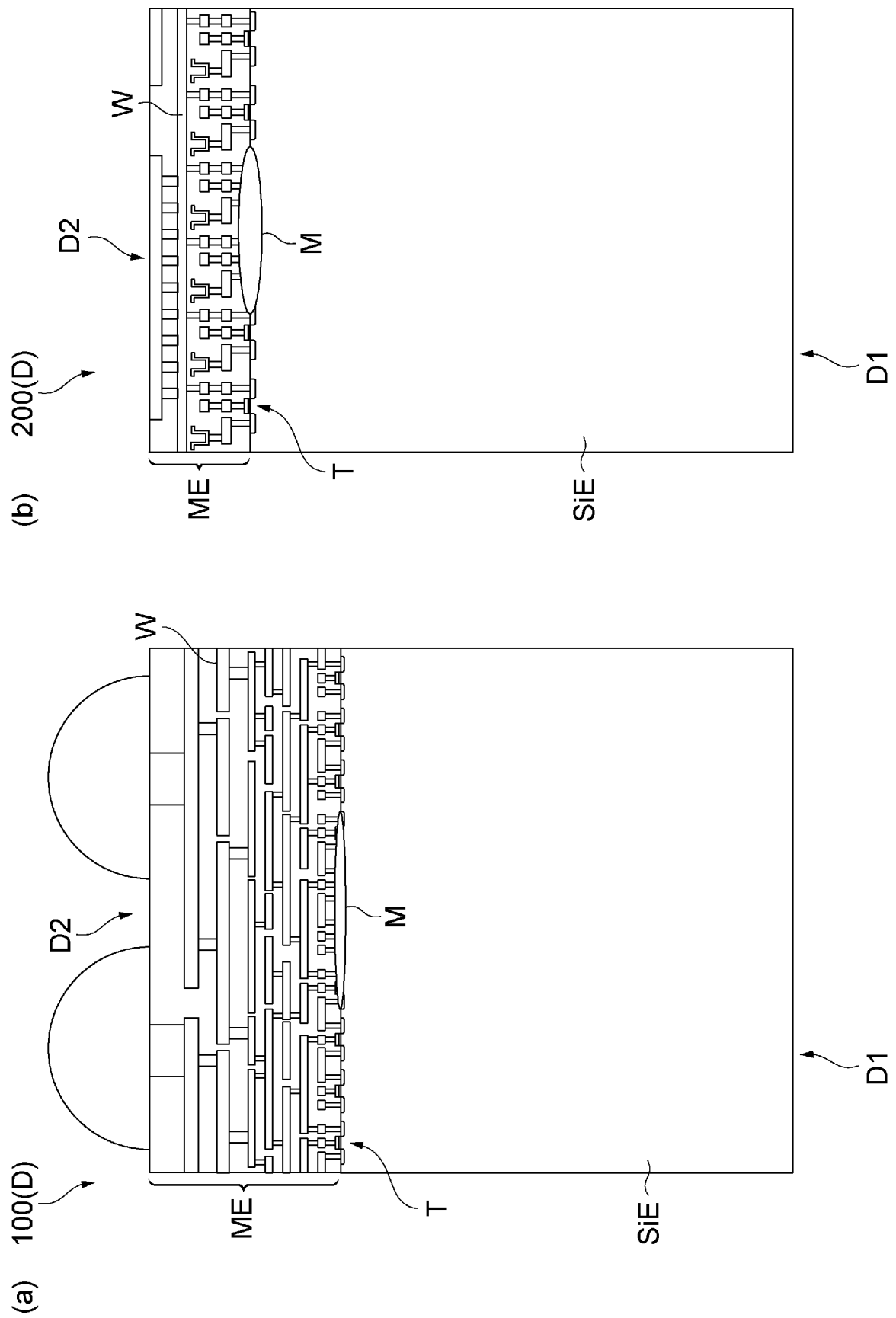
[図5]



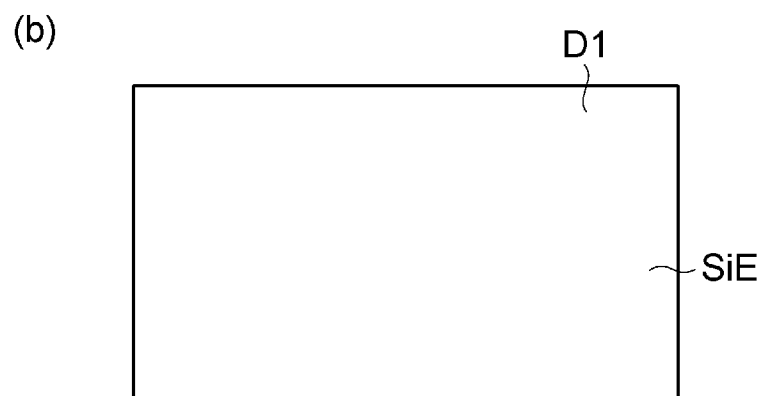
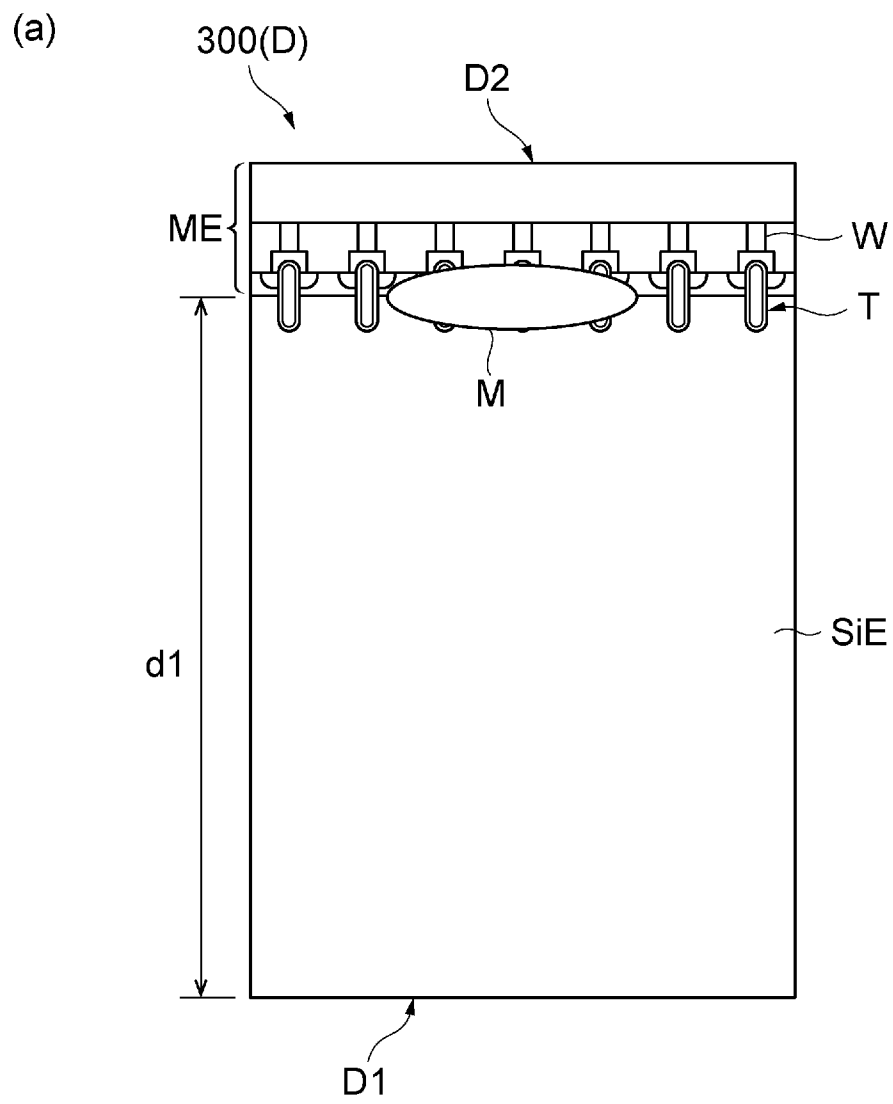
[図6]



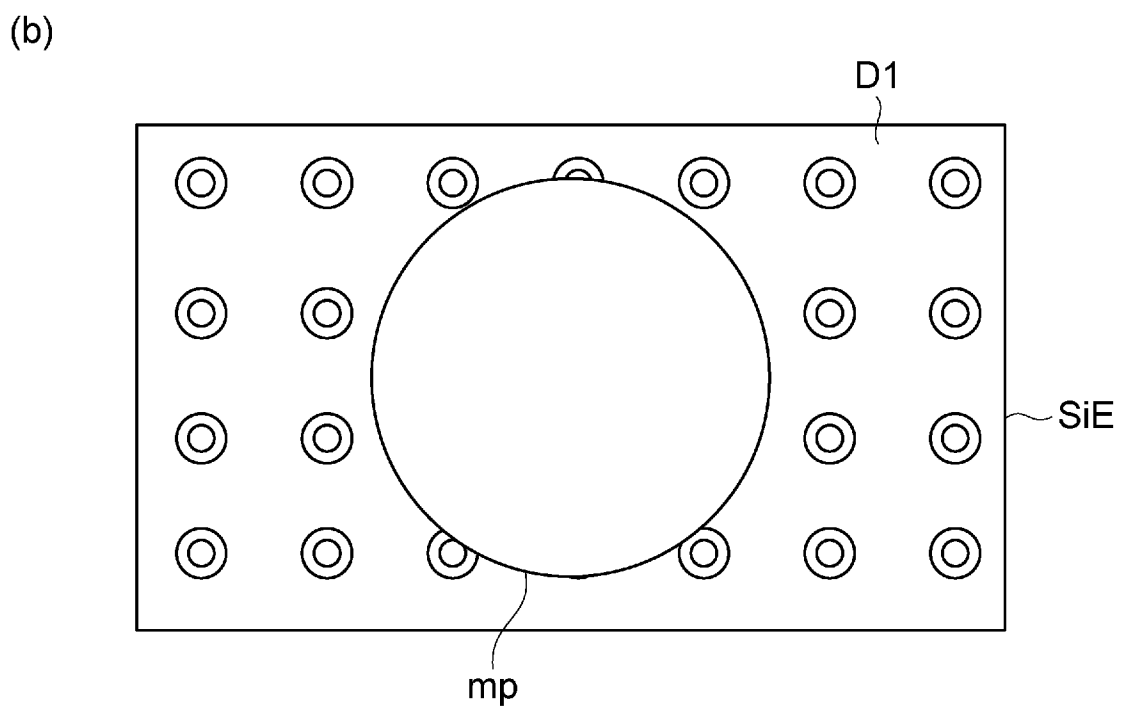
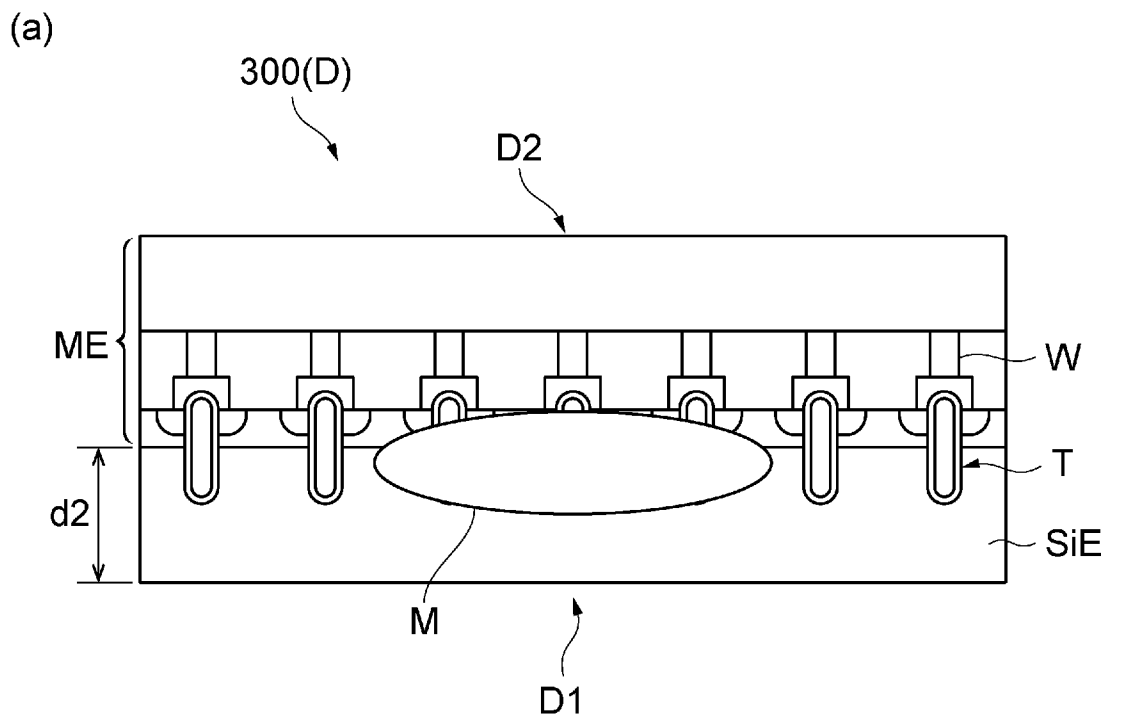
[図7]



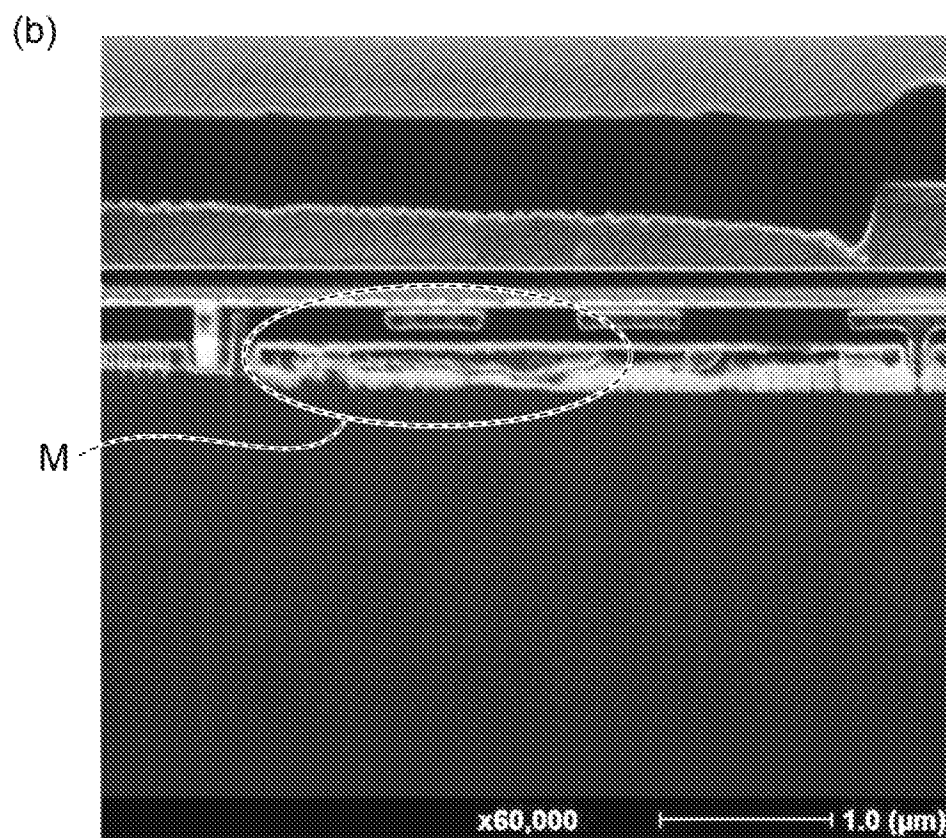
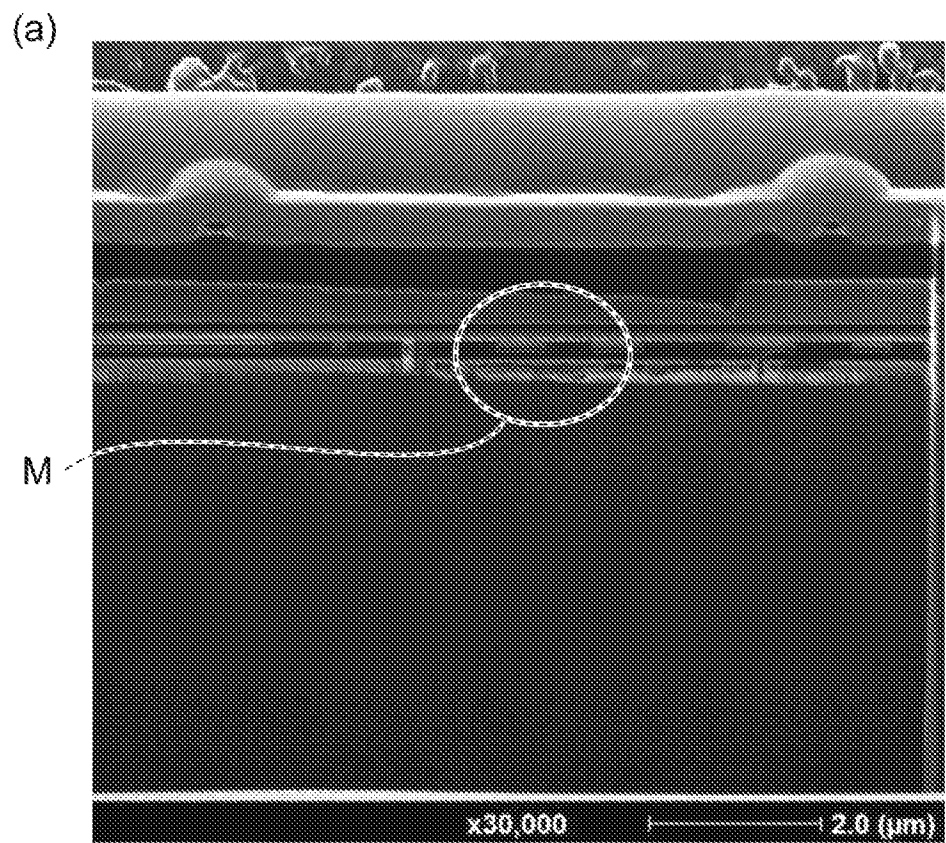
[図8]



[図9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/035848

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. 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)

Int.Cl. H01L21/66

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	1971-2017
Registered utility model specifications of Japan	1996-2017
Published registered utility model applications of Japan	1994-2017

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.
X	JP 2013-101009 A (FUJI ELECTRIC CO., LTD.) 23 May 2013, paragraphs [0013]-[0015], [0018], [0022],	1, 3, 7-8, 10, 14, 16
Y	[0029]-[0030], [0050]-[0053], [0069]-[0071], fig. 1, 3-4 & US 2013/0113497 A1, paragraphs [0015]-[0017], [0020], [0035]-[0036], [0056]-[0059], [0075]-[0077], fig. 1, 3-4	2, 4-6, 9, 11-13, 15
Y	JP 2011-200897 A (SUMCO CORPORATION) 13 October 2011, paragraph [0012], fig. 1 (Family: none)	2, 4-6, 9, 11-13, 15
Y	JP 2016-148550 A (HAMAMATSU PHOTONICS KABUSHIKI KAISYA) 18 August 2016, paragraphs [0047]-[0052], fig. 4, 9 & WO 2016/129305 A1 & TW 201629516 A & CN 107210244 A	4-6, 11-13

☐ 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
11 December 2017 (11.12.2017)

Date of mailing of the international search report
19 December 2017 (19.12.2017)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. 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. H01L21/66

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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
X	JP 2013-101009 A (富士電機株式会社) 2013.05.23, 段落 0013-0015、0018、0022、0029-0030、0050-0053、0069-0071、図 1、3-4 & US	1, 3, 7-8, 10, 14, 16
Y	2013/0113497 A1、段落 0015-0017、0020、0035-0036、0056-0059、0075-0077、図 1、3-4	2, 4-6, 9, 11-13, 15
Y	JP 2011-200897 A (株式会社SUMCO) 2011.10.13, 段落 0012、図 1 (ファミリーなし)	2, 4-6, 9, 11-13, 15

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

11.12.2017

国際調査報告の発送日

19.12.2017

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)

堀江 義隆

50

9172

電話番号 03-3581-1101 内線 3559

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	JP 2016-148550 A (浜松ホトニクス株式会社) 2016.08.18, 段落 0047-0052、図 4、9 & WO 2016/129305 A1 & TW 201629516 A & CN 107210244 A	4-6, 11-13