

(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
2016年8月18日(18.08.2016)



(10) 国際公開番号

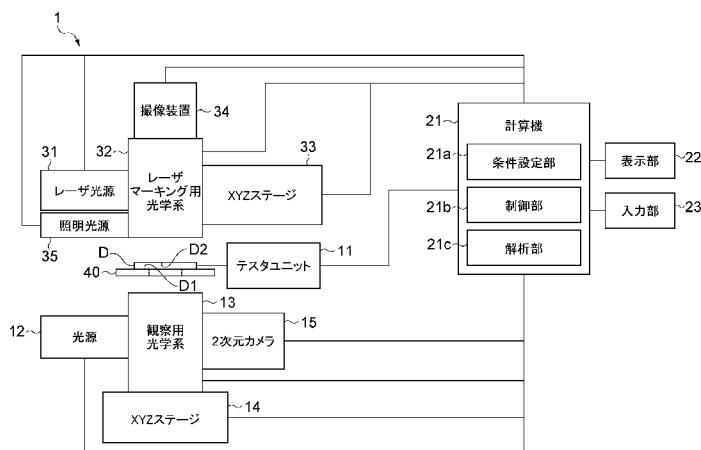
WO 2016/129305 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/66 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/050517
- (22) 国際出願日: 2016年1月8日(08.01.2016)
- (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 2015-024409 2015年2月10日(10.02.2015) 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1126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1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 寺田 浩敏(TERADA Hirotoshi); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町1126番地の1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 松田 俊輔(MATSUDA Shunsuke); 〒4358558 静岡県浜松市東区市野町1126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 Yoshiaki et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目1番1号丸の内 MY PLAZA (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, 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, 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), ユーロピア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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),

[続葉有]

(54) Title: INSPECTION DEVICE AND INSPECTION METHOD

(54) 発明の名称: 検査装置及び検査方法



- 11 Tester unit
12 Light source
13 Observation optical system
14. 33XYZ stage
15 Two-dimensional camera
21 Computer
21a Condition setting unit
21b Control unit
21c Analysis unit
22 Display unit
23 Input unit
31 Laser light source
32 Laser marking optical system
34 Imaging device
35 Illumination light source

(57) Abstract: An inspection device, provided with a laser light source, a laser marking optical system for irradiating a semiconductor device with laser light from the metal layer side, a control unit for controlling the laser light source and thereby controlling laser marking, a two-dimensional camera for detecting light from the semiconductor device on the substrate side and outputting an optical reflection image, and an analysis unit for generating a pattern image of the semiconductor device. The control unit controls the laser light source so that laser marking is performed until a mark becomes visible on the pattern image.

(57) 要約: 検査装置は、レーザ光源と、レーザ光をメタル層側から半導体デバイスに照射するレーザマーキング用光学系と、レーザ光源を制御することによって、レーザマーキングを制御する制御部と、基板側において、半導体デバイスからの光を検出して光学反射像を出力する2次元カメラと、半導体デバイスのパターン画像を生成する解析部と、を備え、制御部は、マーク像がパターン画像に現れるまでレーザマーキングが行われるように、レーザ光源を制御する。

WO 2016/129305 A1

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG). 添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 検査装置及び検査方法

技術分野

[0001] 本発明の一側面は半導体デバイスの検査装置及び検査方法に関する。

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] 例えば特許文献1には、基板及び基板上のメタル層から形成された半導体デバイスについて、O B I C (Optical Beam Induced Current) 計測により故障箇所を検出し、当該故障個所の周囲をレーザマーキングする技術が開示されている。より詳細には、特許文献1には、基板側からレーザ光を照射してO B I C計測を行った後に、半導体デバイスのメタル層側に配置されたレーザマーキング光学系によって、故障個所の周囲をレーザマーキングする技術が開示されている。特許文献1では、基板側からレーザマーキングが行われた場合に半導体デバイスが破損してしまうことを抑制すべく、メタル層側からレーザマーキングを行っている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2002-340990号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ここで、特許文献1では、予め基板側の計測光学系、及びメタル層側のレーザマーキング光学系のレーザビームの光軸を一致させているが、レーザマーキング光学系を移動させるステージの移動精度及び振動などが起因して、

マーキングが故障個所の位置に対して所望の位置に行われない場合がある。故障解析における後工程では、マーキング位置に基づいて故障個所の位置が把握され、半導体デバイスの切断等の処理が行われるため、マーキングが故障個所の位置に対して所望の位置に行われないことは大きな問題となる。

[0006] そこで、本発明の一側面は、半導体デバイスのメタル層側からレーザマーキングを行う場合でも、基板側からマーキング位置を観察可能とすることで、故障個所の位置に対するマーキング位置を正確に把握することができる検査装置及び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

[0007] 本発明の一側面に係る検査装置は、基板上にメタル層が形成された半導体デバイスにレーザマーキングを行う装置であって、レーザ光を出力する第1の光源と、第1の光源が出力したレーザ光を、メタル層側から半導体デバイスに照射するレーザマーキング用光学系と、レーザマーキングを制御するマーキング制御部と、半導体デバイスの基板側に配置され、半導体デバイス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て検出信号を出力する光検出器と、検出信号に基づいて半導体デバイスのパターン画像を生成する画像処理部と、を備える。マーキング制御部は、レーザマーキングによって形成されるマーク像がパターン画像に現れるまでレーザマーキングが行われるように、レーザ光の照射を制御する。

[0008] また、本発明の一側面に係る検査方法は、基板上にメタル層が形成された半導体デバイスにレーザマーキングを行う方法であって、メタル層側から半導体デバイスにレーザ光を照射してレーザマーキングを行うステップと、半導体デバイスの基板側に配置された観察用光学系を用いて、半導体デバイスからの光を光検出器に導くステップと、半導体デバイスからの光に応じて光検出器から出力された検出信号に基づいて、半導体デバイスのパターン画像を生成するステップと、を含む。レーザマーキングを行うステップでは、レーザマーキングによって形成されるマーク像がパターン画像に現れるまで、

レーザ光の照射が実行される。

[0009] この検査装置及び検査方法では、半導体デバイスのメタル層側からレーザ光が照射される。また、半導体デバイスの基板側に配置された観察用光学系を用いて、半導体デバイスからの光が検出され、当該検出に係る検出信号から半導体デバイスのパターン画像が生成される。そして、パターン画像に、レーザマーキングによって形成されるマーク像が現れるまで、レーザマーキングが実行される。このように、基板側において検出された半導体デバイスからの光に応じたパターン画像にマーク像が現れるまでレーザマーキングが行われるので、基板側からもマーキング位置を確認することが可能となる。また、パターン画像にマーク像が現れるまでレーザマーキングが行われるので、パターン画像を確認することによって、故障個所の位置に対するマーキング位置を正確に把握することができる。

[0010] また、本発明の一側面に係る検査装置において、マーキング制御部は、レーザ光がメタル層を貫通するまでレーザマーキングが行われるように、レーザ光の照射を制御してもよい。また、本発明の一側面に係る検査方法において、レーザマーキングを行うステップは、レーザ光がメタル層を貫通するまでレーザマーキングを行うことを含んでもよい。これにより、例えば故障解析における後工程すなわちレーザマーキング後において、メタル層を削って故障個所を解析する場合であっても、確実にマーキング位置を確認することができる。

[0011] また、本発明の一側面に係る検査装置において、画像処理部は、レーザ光によるレーザマーキングが行われている間にパターン画像を生成してもよい。また、本発明の一側面に係る検査方法において、パターン画像を生成するステップは、レーザマーキングが行われている間にパターン画像を生成することを含んでもよい。これにより、レーザマーキングを行いながらマーク像の形成を確認することができ、パターン画像によってマーキング位置が把握できるまでレーザマーキングを実行することができる。

[0012] また、本発明の一側面に係る検査装置において、照明光を出力する第2の

光源を更に備え、光検出器は、観察用光学系を介して半導体デバイスにおいて反射された当該照明光を撮像する２次元カメラであってもよい。これにより、半導体デバイスからの発光などを検出するための光学系や光検出器を用いて、半導体デバイスのパターン画像を取得することができるので、パターン画像において故障個所の位置に対するマーキング位置を正確に把握することができる。

[0013] また、本発明の一側面に係る検査装置において、光検出器は、半導体デバイスからの熱線を撮像する赤外カメラであってもよい。赤外カメラを有することにより、発熱計測など、半導体デバイスからの熱線を検出するための光検出器を用いて、半導体デバイスのパターン画像を取得できるので、パターン画像において故障個所の位置に対するマーキング位置を正確に把握することができる。

[0014] また、本発明の一側面に係る検査装置において、光を出力する第２の光源を更に備える。観察用光学系は光走査部を有し、第２の光源から出力された光を基板側から半導体デバイスに走査するとともに、当該走査された光に応じて半導体デバイスから反射された光を光検出器に伝達してもよい。これにより、ＯＢＩＣ計測及びＥＯＰ(Electro Optical Probing)計測など、半導体デバイスに光を照射するための観察用光学系や光検出器を用いて、半導体デバイスのパターン画像を取得できる。これにより、パターン画像において故障個所の位置に対するマーキング位置を正確に把握することができる。

[0015] また、本発明の一側面に係る検査装置及び検査方法において、レーザ光の波長は、１０００ナノメートル以上であり、観察用光学系は、レーザ光の波長を含む光を遮る光学フィルタを有してもよい。これにより、第１の光源から出力されたレーザ光が半導体デバイスの基板を透過した場合であっても、当該レーザ光が観察用光学系において遮光されるので、レーザ光によって光検出器が破壊されることを抑制することができる。

[0016] また、本発明の一側面に係る検査装置及び検査方法において、レーザ光の波長は、１０００ナノメートル未満であってもよい。これにより、例えば半

導体デバイスがシリコン基板などの基板により構成されている場合には、基板にレーザ光が吸収されることとなるので、レーザ光により光検出器が破壊されることを抑制することができる。

発明の効果

[0017] この検査装置及び検査方法によれば、半導体デバイスのメタル層側からレーザマーキングを行う場合でも基板側からマーキング位置を観察可能とすることで、故障個所の位置に対するマーキング位置を正確に把握することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の第1実施形態に係る検査装置の構成図である。

[図2]半導体デバイスへのレーザマーキングイメージを説明するための図であり、(a)はレーザマーキングされた半導体デバイスの裏面図、(b)はレーザマーキングされた半導体デバイスの表面図、(c)は図2(b)のI-I(c)断面図である。

[図3]図1の検査装置におけるマーキング制御を説明するための図である。

[図4]図1の検査装置におけるマーキング処理のフロー図である。

[図5]本発明の第2実施形態に係る検査装置の構成図である。

[図6]本発明の第3実施形態に係る検査装置の構成図である。

[図7]第1実施形態の変形例に係る検査装置の構成図である。

[図8]第3実施形態の変形例に係る検査装置の構成図である。

[図9]放射状に延びるパターンのイメージを示す図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明の実施形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、各図において同一又は相当部分には同一符号付し、重複する説明を省略する。

[0020] [第1実施形態]

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

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、故障個所を特定するとともに、当該故障個所の周囲に、当該故障個所を示すマーキングを行う。当該マーキングによって、故障解析の後工程において、検査装置1が特定した故障個所を容易に把握することができる。

[0021] 半導体デバイスDとしては、トランジスタ等のPNジャンクションを有する集積回路（例えば、小規模集積回路（SSI : Small Scale Integration）、中規模集積回路（MSI : Medium Scale Integration）、大規模集積回路（LSI : Large Scale Integration）、超大規模集積回路（VLSI : Very Large Scale Integration）、超々大規模集積回路（ULSI : Ultra Large Scale Integration）、ギガ・スケール集積回路（GSI : Giga Scale Integration））、大電流用／高圧用MOSトランジスタ、バイポーラトランジスタ、及び電力用半導体素子（パワーデバイス）等がある。半導体デバイスDは、基板上にメタル層が形成されて構成されている。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。

[0022] 検査装置1は、半導体デバイスDの故障個所を特定する故障個所特定処理、及び、特定した故障個所の周囲に当該故障個所を示すマーキングを行うマーキング処理を行う。まず、故障個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。

[0023] 検査装置1は、故障個所特定処理に係る機能構成として、テストユニット11と、光源12（第2の光源）と、観察用光学系13と、XYZステージ14と、2次元カメラ15（光検出器）と、計算機21と、表示部22と、入力部23と、を備えている。

[0024] テストユニット11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。テストユニット11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などの刺激信号を繰り返し印加する

。テストユニット 11 は、変調電流信号を印加するものであってもよいし、CW (continuous wave) 電流信号を印加するものであってもよい。テストユニット 11 は、ケーブルを介して計算機 21 に電氣的に接続されており、計算機 21 から指定されたテストパターンなどの刺激信号を、半導体デバイス D に印加する。なお、テストユニット 11 は、必ずしも計算機 21 に電氣的に接続されていなくてもよい。テストユニット 11 は、計算機 21 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などの刺激信号を決定し、該テストパターンなどの刺激信号を半導体デバイス D に印加する。

[0025] 光源 12 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 12 は、LED (Light Emitting Diode) 及びランプ光源等である。光源 12 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。当該波長は、半導体デバイス D の基板がシリコンである場合、例えば 1064 nm 以上である。光源 12 から出力された光は観察用光学系 13 に導かれる。

[0026] 観察用光学系 13 は、光源 12 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。観察用光学系 13 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。観察用光学系 13 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。

[0027] 観察用光学系 13 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、2 次元カメラ 15 に伝達する。具体的には、観察用光学系 13 から照射された光は、半導体デバイス D の基板 SiE（図 2 参照）を透過し、メタル層 ME（図 2 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S i Eを透過し、観察用光学系13の対物レンズ及びビームスプリッタを介して2次元カメラ15に入力される。また、観察用光学系13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2次元カメラ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S i Eを透過し、観察用光学系13の対物レンズ及びビームスプリッタを介して2次元カメラ15に入力される。

[0028] 2次元カメラ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、2次元カメラ15は、半導体デバイスDから反射された光を撮像し、パターン画像を作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、2次元カメラ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2次元カメラ15としては、半導体デバイスDの基板S i E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や、InGaAsカメラ又はMCT(Mercury Cadmium Telluride)カメラ等が用いられる。なお、発光計測の際、光源12によって照明する光は不要であるため、光源12を動作させる必要はない。

[0029] 計算機21は、ケーブルを介して2次元カメラ15に電氣的に接続されている。計算機21は、パーソナルコンピュータなどのコンピュータである。計算機21は、プロセッサであるCPU(Central Processing Unit)、記録媒体であるRAM(Random Access memory)又はROM(Read Only Memory)を含む。計算機21はCPUによって後述される画像の生成や情報の入出力を行う。計算機21は、2次元カメラ15から入力された画像データを基

にパターン画像や発光画像を作成する。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21は、半導体デバイスDからの反射光に基づくパターン画像と、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。

[0030] 計算機21は、作成した解析画像を表示部22に出力する。表示部22は、ユーザに解析画像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22は、入力された解析画像を表示する。この場合、ユーザは、表示部22に表示された解析画像から故障個所の位置を確認し、故障個所を示す情報を入力部23に入力する。入力部23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23は、ユーザから受け付けた、故障個所を示す情報を計算機21に出力する。なお、計算機21、表示部22、及び入力部23は、タブレット端末であってもよい。以上が、故障個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。

[0031] つづいて、特定した故障個所の周囲に当該故障個所を示すマーキングを行う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。

[0032] 検査装置1は、マーキング処理に係る機能構成として、上述した故障特定処理に係る各機能構成に加えて、レーザ光源31（第1の光源）と、レーザマーキング用光学系32と、XYZステージ33と、撮像装置34と、照明光源35と、を更に備えている。また、計算機21は、条件設定部21aと、制御部21b（マーキング制御部）と、解析部21c（画像処理部）とを有している。

[0033] マーキング処理においては、故障個所特定処理において特定された故障個所の周囲に、レーザマーキングが行われる。図2（a）（b）に示されるように、故障個所fpの周囲、例えば4箇所、マーキング箇所mpが設定される。レーザマーキングが完了した状態においては、図2（c）に示されるように、半導体デバイスDのメタル層MEを貫通するように、レーザマーキングが行われている。レーザマーキングは、レーザマーキングにより形成さ

れる穴がメタル層MEと基板SiEとの境界面ssに達し、基板SiEにおけるメタル層MEに接する面が露出する程度まで行われる。

[0034] また、マーキング処理においては、図3に示されるように、レーザ光源31によって出力されたレーザ光が、レーザマーキング用光学系32を介して半導体デバイスDのマーキング箇所mpに照射される。すなわち、半導体デバイスDのメタル層ME側からマーキング箇所mpにレーザ光が照射される。そして、半導体デバイスDの基板SiE側において、光源12にて生成された光が半導体デバイスDに照射され、半導体デバイスDからの反射光が観察用光学系13を介して2次元カメラ15に検出される。このように、マーキング処理では、マーキング箇所mpへのレーザ光の照射をメタル層ME側で行いながら、半導体デバイスDの反射光の検出を基板SiE側で行う。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。

[0035] 図1に戻り、計算機21の条件設定部21aは、入力部23から入力された故障箇所fpを示す情報に基づいて、マーキング箇所mpを設定する。マーキング箇所mpは、特定された故障箇所fp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21aは、例えば故障箇所fpを示す情報が入力されると、当該故障箇所fpを中心として、当該故障箇所fpの周囲4箇所に、自動的にマーキング箇所mpを設定する。具体的には、例えば平面視において、故障箇所fpを中心とした十字状にマーキング箇所mpが設定される（図2（a）（b）参照）。なお、マーキング箇所mpは、表示部22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mpを示す情報の入力を入力部23が受け付けることより設定されてもよい。この場合、条件設定部21aは、マーキング箇所mpを自動で設定することなく、入力部23から入力されるマーキング箇所mpを示す情報に基づいて、マーキング箇所mpを設定する。条件設定部21aは、故障箇所fp及びマーキング箇所mpを示した目印を解析画像に付加したリファレンス画像を生成し、当該リファレンス画像を計算機21内に保存する。

[0036] XYZステージ14、33の座標系は、基準位置が合致するように設定さ

れている。計算機 21 の制御部 21 b は、X Y Z ステージ 14, 33 を制御することにより、X Y Z ステージ 14, 33 を 3 軸方向に移動させる。具体的には、制御部 21 b は、条件設定部 21 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、レーザマーキング用光学系 32 を載置する X Y Z ステージ 33 を移動させる。制御部 21 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 21 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、X Y Z ステージ 33 を移動させる。制御部 21 b は、X Y Z ステージ 33 の移動が完了すると、レーザ光源 31 に出力開始信号を出力する。なお、条件設定部 21 a によりマーキング箇所 m p が設定された後は、制御部 21 b は X Y Z ステージ 14 を移動させなくてもよい。

[0037] レーザ光源 31 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 31 は、制御部 21 b 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 31 としては、固体レーザ光源や半導体レーザ光源等を用いることができる。レーザ光源 31 から出力される光の波長は、250 ナノメートルから 2000 ナノメートルである。

[0038] レーザマーキング用光学系 32 は、レーザ光源 31 が出力したレーザ光を、半導体デバイス D のメタル層 ME 側、すなわち半導体デバイス D の表面 D2 側から半導体デバイス D のマーキング箇所 m p に照射する。レーザマーキング用光学系 32 は、切替部及び対物レンズを有している。切替部はレーザ光源 31 及び撮像装置 34（後述）の光路を切り替える。対物レンズは、レーザ光源 31 からのレーザ光をマーキング箇所 m p に集光する。また、対物レンズは、半導体デバイス D の表面からの光を撮像装置 34 へ導光する。レーザマーキング用光学系 32 は、X Y Z ステージ 33 に載置されている。X Y Z ステージ 33 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33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、XYZステージ33の代わりにレーザーマーキング用光学系32が光走査部（例えばガルバノミラーやMEMSミラー等の光走査素子）を有し、半導体デバイスDの表面D2上のマーキング箇所mpに集光させるようにしてもよい。また、レーザーマーキング用光学系32がシャッタを備え、制御部21bからの制御によってレーザー光源31からのレーザー光を通過させたり遮ったりすることで、レーザー光の出力を制御してもよい。

[0039] 撮像装置34は、半導体デバイスDの表面D2側から、半導体デバイスDのメタル層MEを撮像する。撮像装置34が撮像した撮像画像は、計算機21に出力され、表示部22に表示される。ユーザは、当該撮像画像を確認することにより、半導体デバイスDの表面D2側から見たレーザーマーキング状況を把握することができる。撮像装置34で撮像する際に照明光源35を用いて半導体デバイスDを照明する。

[0040] マーキング処理中においては、2次元カメラ15によって、半導体デバイスDの基板SiE側すなわち裏面D1側から、半導体デバイスDの様子が捉えられる。すなわち、マーキング処理中において、光源12は、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13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。なお、上述したように、故障個所が特定されマーキング箇所が条件設定部21aにより設定された後は、XYZステージ14が固定されるので、半導体デバイスDの裏面D1における観察エリアの位置は変わらない。観察用光学系13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、半導体デバイスDからの光として2次元カメラ15に伝達する。そして、2次元カメラ15は、観察用光学系13を介して伝達された反射光を検出し、画像データ（検出信号）を生成する。2次元カメラ15は、画像データを計算機21に出力する。

[0041] 計算機 21 の解析部 21c は、2次元カメラ 15 によって生成された画像データに基づいてパターン画像を生成する。解析部 21c は、レーザ光源 31 が出力したレーザ光によるレーザマーキングと並行して、パターン画像を順次生成する。ここで、レーザマーキングによって、マーキング箇所 mp のメタル層 ME には穴が形成される。当該穴が浅いとき、すなわちレーザマーキングにより形成される穴がメタル層 ME にのみ形成され基板 SiE にまで到達していないときには、マーキング位置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。そのため、パターン画像にもレーザマーキングの影響は現れない。一方で、穴が深くなると、具体的には、穴がメタル層 ME と基板 SiE との境界面 ss に達する程度に深くなると、裏面 D1 側の光の屈折率、透過率、及び反射率の少なくともいずれか 1 つの変化が大きくなるので、マーキング位置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を示すマーク像が現れる。

[0042] 解析部 21c は、例えば、上述したリファレンス画像と、パターン画像とを比較し、画像の差異が予め定めた規定値よりも大きくなっている場合に、マーク像が現れたと判断する。当該規定値を予め設定しておくことにより、マーク像が現れたと判断されるタイミングを決定することができる。当該規定値として、メタル層 ME が貫通されるまでレーザマーキングが行われた場合にマーク像が現れたと判断する貫通閾値が設定される。

[0043] また、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断してもよい。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断する。

[0044] なお、解析部 21c は、マーク像が現れたと判断した場合において、リファレンス画像とパターン画像とを比較し、パターン画像のマーク形成箇所が

、リファレンス画像のマーキング箇所m pとずれている場合には、マーク形成ずれが生じていると判断する。この場合、制御部21bによって、XYZステージ14, 33の位置移動が行われ、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制御されてもよい。

[0045] 制御部21bは、レーザ光源31を制御することによって、レーザマーキングを制御する。制御部21bは、解析部21cによってマーク像が現れたと判断されると、レーザ光源31に対して出力停止信号を出力する。レーザ光源31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31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。以上より、制御部21bは、レーザマーキングによって形成されるマーク像がパターン画像に現れるまでレーザマーキングが行われるように、レーザ光源31を制御する。また、上述した貫通閾値が設定されているので、制御部21bは、レーザ光がメタル層MEを貫通するまでレーザマーキングが行われるように、レーザ光源31を制御する。

[0046] 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し、マーキング画像を作成する。作成されたマーキング画像は、計算機21内に保存される。また、解析部21cは、マーキング画像を表示部22に表示する。マーキング画像により、ユーザは、後工程において、故障個所の位置に対するマーキング位置を正確に把握することができる。また、解析部21cは、マーキング位置と故障個所の位置の距離や故障個所の位置からのマーキング位置の方位など故障個所の位置に対するマーキング位置を把握するために必要なマーキング情報を取得する。取得されたマーキング情報は、リストとして表示したり、マーキング画像に付加されて表示されてもよい。また、これらの情報を紙媒体で出力してもよい。

[0047] 次に、検査装置1のマーキング処理について図4を用いて説明する。

[0048] マーキング処理が行われる前提として、XYZステージ14, 33の座標系の基準位置が合致するように設定する（ステップS0）。具体的には、サ

ンプルステージ40上に目印が記されたチャートCtを配置し、撮像装置34及び2次元カメラ15でチャートCtを撮像する。取得された画像に基づいて、XYZステージ14, 33の座標系が合致する（シンクロする）ように設定する。チャートCtは、図9のように、ガラス板やシリコン板の一方の面に基準点bpを中心に放射状に伸びるパターンが設けられている。このパターンは例えば、アルミの薄膜によって作成される。ガラス板やシリコン板は、半導体デバイスDの基板SiEを透過する波長の光を透過するため、照明光源35や光源12から出力される光も透過する。そのため、ガラス板やシリコン板の一面に設けられたパターンの像を撮像装置34と2次元カメラ15で取得することができる。なお、後述する熱線観察の場合、熱線がガラス板によって吸収されることがあるため、パターンを設けた面が観察用光学系13側になるようにチャートCtをサンプルステージ40上に配置する。なお、パターンは板の両面に設けられてもよい。

[0049] 続いて、半導体デバイスDの故障個所が特定される（ステップS1）。具体的には、まず、観察したいエリアに観察用光学系13の視野が位置するように、XYZステージ14を制御する。そして、観察したいエリアに対物レンズの焦点があうように、XYZ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の視野が位置したら、光源12によって出力された光が観察用光学系13によって半導体デバイスDの裏面D1側から半導体デバイスDに照射され、2次元カメラ15によって生成された光学反射像を取得する。続いて、テストユニット11を用いて、半導体デバイスDに刺激信号を印加し、2次元カメラ15によって発光像を取得する。そして、取得された光学反射画像と発光画像を重畳して、解析画像を作成し、該解析画像に基づき故障個所fpを特定する。

[0050] つづいて、故障個所fpの位置に応じてマーキング箇所mpが設定され、計算機21の制御部21bにより当該マーキング箇所mpに応じた位置にXYZステージ33が移動させられる。これにより、XYZステージ33に載置されたレーザマーキング用光学系32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）。

[0051] つづいて、レーザ光源３１によってレーザ光が出力されてマーキング箇所ｍｐへのレーザマーキングが実行されるとともに、解析部２１ｃによってパターン画像が生成される（ステップＳ３）。そして、解析部２１ｃによってパターン画像上にマーク像が現れたか否かが判定される（ステップＳ４）。

[0052] Ｓ４において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には、再度Ｓ３の処理が実行される。一方で、Ｓ４においてマーク像が現れたと判定された場合には、レーザマーキングを行っていないマーキング箇所ｍｐがあるか否かが判定される（ステップＳ５）。Ｓ５において、レーザマーキングを行っていないマーキング箇所ｍｐがあると判定された場合には、再度Ｓ２の処理が実行される。一方で、Ｓ５において、レーザマーキングを行っていないマーキング箇所ｍｐがないと判定された場合には、マーキング処理が完了する。

[0053] 次に、検査装置１の作用効果について説明する。

[0054] 検査装置１では、レーザ光源３１から出力されたレーザ光が、半導体デバイスＤのメタル層ＭＥすなわち表面Ｄ２のマーキング箇所ｍｐに照射される。また、半導体デバイスＤの基板ＳｉＥ側すなわち裏面Ｄ１側において、半導体デバイスＤからの反射光が２次元カメラ１５によって検出され、光学反射像が生成される。そして、解析部２１ｃによって、当該光学反射像に基づきパターン画像が生成される。

[0055] 当該パターン画像にマーク像が現れたと解析部２１ｃに判断されるまでは、制御部２１ｂによって、レーザマーキングが行われるようにレーザ光源３１が制御される。このように、半導体デバイスＤの基板ＳｉＥ側において検出された反射光に応じたパターン画像にマーク像が現れるまでレーザマーキングが行われるので、レーザ光が照射されるメタル層ＭＥ側だけでなく、基板ＳｉＥ側からもマーキング位置が確認可能となる。これによって、故障解析における後工程において、メタル層ＭＥ側及び基板ＳｉＥの双方から故障個所を容易に把握することができる。

[0056] 更に、パターン画像にマーク像が現れるまでレーザマーキングが行われるので、パターン画像を確認することによって、故障個所に対するマーキング位置を正確に把握することができる。

[0057] また、制御部 21b は、レーザ光がメタル層 ME を貫通するまでレーザマーキングが行われるように、レーザ光源 31 によるレーザ光の照射を制御する。このため、例えば故障解析における後工程すなわちレーザマーキング後において、メタル層 ME を削って故障個所を解析する場合であっても、確実にマーキング位置を確認することができる。

[0058] また、解析部 21c は、レーザ光によるレーザマーキングが行われている間にパターン画像を生成する。これにより、パターン画像によってマーキング位置が把握できるまでレーザマーキングを実行することができる。

[0059] また、照明光を出力する光源 12 を備え、2次元カメラ 15 が半導体デバイス D において反射された当該照明光を撮像することにより、発光計測など、半導体デバイス D からの発光を検出する手法を利用することができる。当該手法を利用することによって、マーク像を確実に確認することができる。

[0060] また、光源 12 を備え、観察用光学系 13 は、光源 12 から出力された光を基板 SiE 側から半導体デバイス D に照射するとともに、照射された光に応じて半導体デバイス D から反射された光を 2次元カメラ 15 に伝達している。これにより、半導体デバイス D に光を照射してパターン画像を生成する手法を利用することができる。当該手法を利用することによって、マーク像を確実に確認することができる。

[0061] [第 1 実施形態の変形例]

次に、図 7 を参照して、第 1 実施形態の変形例に係る検査装置 1C について説明する。なお、本実施形態の説明では上述した第 1 実施形態と異なる点について主に説明する。

[0062] 図 7 に示されるように、第 1 実施形態の変形例に係る検査装置 1C は、検査装置 1 に比較して光源 12（第 2 の光源）を備えず、2次元カメラ 15 の代わりに赤外カメラ 15B（光検出器）を備えている点で異なる。また光源

12を備えないため、観察用光学系13Cはビームスプリッタを備えなくともよい。赤外カメラ15B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15B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。

[0063] 計算機21Cの解析部21z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21z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21z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、第1実施形態と同様である。

[0064] 赤外カメラ15Bによって半導体デバイスDからの熱線を計測し、解析部21z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、テストユニット11によってテストパターンなどの刺激信号が印加されている状態で、赤外カメラ15B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21Cに送られ、解析部21z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、テストユニット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15B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21Cに送られ、解析部21z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21z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21z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、第1実施形態と同様である。

[0065] マーキング処理中においては、観察用光学系13は半導体デバイスDからの熱線を赤外カメラ15Bに伝達する。赤外カメラ15Bは、熱線を検出し画像データ（検出信号）を計算機21Cに出力する。そして、解析部21z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、第1実施形態と同様である。

[0066] [第2実施形態]

次に、図5を参照して、第2実施形態に係る検査装置1Aについて説明する。なお、本実施形態の説明では上述した第1実施形態と異なる点について主に説明する。

[0067] 図5に示されるように、第2実施形態に係る検査装置1Aでは、半導体デバイスDに対して電源51から電圧が印加されている。そして、光源12Aから光が出力され、当該光が観察用光学系13Aを介して半導体デバイスDの基板SiEすなわち裏面D1に照射される。

[0068] 光源12A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12Aとしては、固体レーザ光源や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) 画像やSDL (Soft Defect Localization) 画像を取得する場合の光源12A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。例えば半導体デバイス2がシリコンを材料とするものである場合の光源12Aは、1200nmより大きく、例えば1300nm程度の波長帯のレーザ光を出力する。また、OBIC画像やLADA (Laser Assisted Device Alteration) 画像を取得する場合の光

源 1 2 A は、半導体デバイス 2 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、1200 nm 以下の光を出力し、例えば 1064 nm 程度の波長帯のレーザ光を出力する。光源 1 2 A 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 1 2 A 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 1 2 A から出力された光は、偏光保存シングルモード光カプラ（図示せず）、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 1 3 A に導かれ、半導体デバイス D に照射される。観察用光学系 1 3 A は、光走査部 1 6 及び対物レンズを有している。光走査部 1 6 は、半導体デバイス D の裏面 D 1 上の照射スポットを走査する。光走査部 1 6 は、例えばガルバノミラーや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 1 6 によって導かれた光を照射スポットに集光する。

[0069] 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 5 2 では、レーザ光に応じて半導体デバイス D で生じた電気信号が検出される。電気信号検出器 5 2 は、検出した電気信号に応じた電気信号特性値を計算機 2 1 A に出力する。また、光センサ 1 5 A（光検出器）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 A に出力する。光センサ 1 5 A 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。

[0070] 計算機 2 1 A の解析部 2 1 x は、電気信号特性値を、制御部 2 1 b が制御する光走査部 1 6 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 x 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 x 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。解析画像から故障箇所を特定する処理については、第 1 実施形態と同様である。

[0071] 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OBIRCH画像、正誤情報画像であるSDL画像、及びLADA画像等である。OBIC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。OBIRCH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、OBIRCH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。SDL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、当該誤動作状態に係る情報（例えばPASS／FAIL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。LADA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、当該誤動作状態に係る情報（例えばPASS／FAIL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。

[0072] マーキング処理中においては、光源12A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13は、光源12A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13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15Aに伝達する。光センサ15Aは、反射光を検出し検出信号を計算機21Aに出力する。そして、解析部21x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、第1実施形態と同様である。

[0073] [第3実施形態]

次に、図6を参照して、第3実施形態に係る検査装置1Bについて説明する。なお、本実施形態の説明では上述した第1実施形態及び第2実施形態と異なる点について主に説明する。

[0074] 第3実施形態に係る検査装置1Bは、EOP又はEOFM (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する。

[0075] 第3実施形態に係る検査装置1Bでは、光源12A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15Aに検出される。当該反射光が計算機21Bに出力され、解析部21yによって光学反射像が生成される。次に、テストユニット11から半導体デバイスDに対してテストパターンなど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12Aから出力された光が照射される。光源12Aから出力される光の波長は、例えば530nm以上であり、例えば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15Aにおいて検出され、検出信号として計算機21Bに出力される。解析部21y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箇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。

[0076] また、解析部21yは、検出信号とテストパターンなど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（EOFM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AC成分から求めることができる。また、AC成分と同時に抽出したDC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EOFM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。

[0077] [第3実施形態の変形例]

次に、図8を参照して、第3実施形態の変形例に係る検査装置1Dについて説明する。なお、本実施形態の説明では上述した第3実施形態と異なる点について主に説明する。

[0078] 第3実施形態の変形例に係る検査装置1Dは、光磁気プロービング技術により故障位置を特定する。図8に示されるように、第3実施形態の変形例に係る検査装置1Dは、検査装置1Bに比較して、磁気光学結晶(MO結晶)17を備え、また、観察用光学系13Bが光分割光学系18を備えている点で異なる。磁気光学結晶17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。初めに、検査装置1Dでは、磁気光学結晶17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、第2実施例や第3実施例のように、光学反射像を生成することができる。次に、磁気光学結晶17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、テストパターンなど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17を当接させる。そして、光源12Aからの光が、光分割光学系18および光走査部16を介して磁気光学結晶17に照射され、その反射光が光センサ15Aに検出される。半導体デバイスDでは、テストパターンなど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17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18を介して光センサ15A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15Aによって検出され、検出信号として計算機21B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、光学反射像に磁気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。

[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。

[0080] 例えば、レーザ光がメタル層MEを貫通し、基板SiEにおけるメタル層MEに接する面が露出する程度までレーザマーキングが行われるとして説明

したがこれに限定されず、レーザマーキングによる穴の深さはマーク像がパターン画像に現れる程度であればよい。具体的には、例えば、メタル層MEを貫通し基板S i Eにおけるメタル層MEに接する面が露出した後も更にレーザマーキングが行われてもよい。例えばメタル層MEの厚さが10 μ m、基板S i Eの厚さが500 μ mである場合に、基板S i Eにおけるメタル層MEに接する面から更に1 μ m程度深く、レーザマーキングによる穴が形成されてもよい。また、レーザマーキングは必ずしもメタル層MEを貫通するように行われなくてもよい。例えばメタル層MEの厚さが10 μ m、基板S i Eの厚さが500 μ mである場合に、レーザマーキングによる穴が形成された箇所のメタル層MEの厚さが50 nm程度となり、穴が基板S i Eにおけるメタル層MEに接する面に到達しなくてもよい。

[0081] また、パターン画像の生成はレーザマーキングが行われている間に行われるとして説明したがこれに限定されない。すなわち、例えば、レーザ光の出力が停止しているときに、パターン画像が生成されてもよい。この場合、レーザ光の出力と、レーザ光の停止すなわちパターン画像の生成とが、所定の間隔で交互に行われてもよい。

[0082] また、レーザ光源31から出力されるレーザ光の波長が1000ナノメートル以上の場合には、観察用光学系13（13A、13B）は、当該波長のレーザ光のみを遮る光学フィルタを有してもよい。このため、レーザ光源31から出力されたレーザ光が半導体デバイスDの基板S i Eを透過した場合であっても、当該レーザ光が観察用光学系13において遮光されるので、レーザ光によって2次元カメラ15等の光検出器が破壊されることを抑制することができる。

[0083] また、レーザ光源31から出力されるレーザ光の波長が1000ナノメートル未満であってもよい。この場合、例えば半導体デバイスDがシリコン基板などの基板により構成されている場合には、基板にレーザ光が吸収されることとなるので、上記光学フィルタ等を備えることなく、2次元カメラ15等の光検出器がレーザ光により破壊されることを抑制することができる。

[0084] また、テストユニット 11 を用いて半導体デバイス D に刺激信号を印加することに限らず、半導体デバイス D に電圧や電流を印加する装置を刺激信号印加部として用いて半導体デバイス D に刺激信号を印加してもよい。

符号の説明

[0085] 1, 1A, 1B, 1C, 1D…検査装置、12, 12A…光源（第2の光源）、13, 13A, 13B…観察用光学系、15…2次元カメラ（光検出器）、15A…光センサ（光検出器）、15B…赤外カメラ（光検出器）、21b…制御部（マーキング制御部）、21c, 21x, 21y, 21z…解析部（画像処理部）、31…レーザ光源（第1の光源）、32…レーザマーキング用光学系、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] 基板上にメタル層が形成された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、
- レーザ光を出力する第1の光源と、
- 前記第1の光源が出力したレーザ光を、前記メタル層側から前記半導体デバイスに照射するレーザマーキング用光学系と、
- 前記第1の光源を制御することによって、前記レーザマーキングを制御するマーキング制御部と、
- 前記半導体デバイスの前記基板側に配置され、前記半導体デバイス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て検出信号を出力する光検出器と、
- 前記検出信号に基づいて前記半導体デバイスのパターン画像を生成する画像処理部と、を備え、
- 前記マーキング制御部は、前記レーザマーキングによって形成されるマーク像が前記パターン画像に現れるまで前記レーザマーキングが行われるように、前記レーザ光の照射を制御する、検査装置。
- [請求項2] 前記マーキング制御部は、前記レーザ光が前記メタル層を貫通するまで前記レーザマーキングが行われるように、前記レーザ光の照射を制御する、請求項1記載の検査装置。
- [請求項3] 前記画像処理部は、前記レーザ光による前記レーザマーキングが行われている間に前記パターン画像を生成する、請求項1又は2記載の検査装置。
- [請求項4] 照明光を出力する第2の光源を更に備え、
- 前記光検出器は、前記半導体デバイスにおいて反射された前記照明光を撮像する2次元カメラである、請求項1～3のいずれか一項記載の検査装置。
- [請求項5] 前記光検出器は、前記半導体デバイスからの熱線を撮像する赤外カ

メラである、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項記載の検査装置。

[請求項6]

光を出力する第 2 の光源を更に備え、

前記観察用光学系は、光走査部を有し、前記第 2 の光源から出力された光を前記基板側から前記半導体デバイスに走査するとともに、当該走査された光に応じて前記半導体デバイスから反射された光を前記光検出器に伝達する、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項記載の検査装置。

[請求項7]

前記第 1 の光源は、波長が 1 0 0 0 ナノメートル以上の前記レーザー光を出力し、

前記観察用光学系は、前記レーザー光の波長を含む光を遮る光学フィルタを有する、請求項 1 ～ 6 のいずれか一項記載の検査装置。

[請求項8]

前記第 1 の光源は、波長が 1 0 0 0 ナノメートル未満の前記レーザー光を出力する、請求項 1 ～ 6 のいずれか一項記載の検査装置。

[請求項9]

基板上にメタル層が形成された半導体デバイスにレーザーマーキングを行う検査方法であって、

前記メタル層側から前記半導体デバイスにレーザー光を照射してレーザーマーキングを行うステップと、

前記半導体デバイスの前記基板側に配置された観察用光学系を用いて前記半導体デバイスからの光を光検出器に導くステップと、

前記半導体デバイスからの光に応じて前記光検出器から出力された検出信号に基づいて、前記半導体デバイスのパターン画像を生成するステップと、を含み、

前記レーザーマーキングを行うステップでは、前記レーザーマーキングによって形成されるマーク像が前記パターン画像に現れるまで、前記レーザー光の照射が実行される、検査方法。

[請求項10]

前記レーザーマーキングを行うステップは、前記レーザー光が前記メタル層を貫通するまで前記レーザーマーキングを行うことを含む、請求項 9 記載の検査方法。

[請求項11]

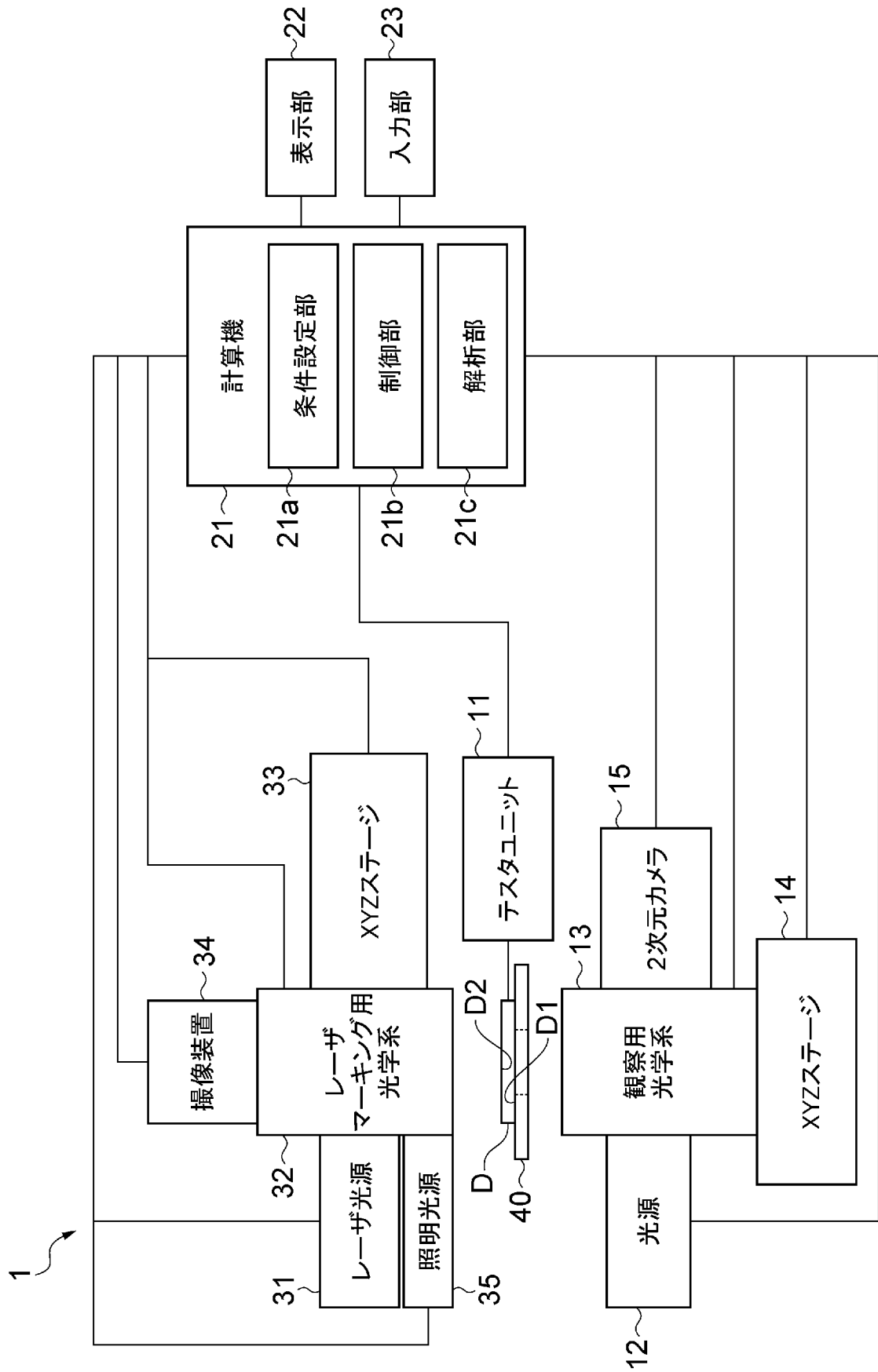
前記パターン画像を生成するステップは、前記レーザーマーキングが

行われている間に前記パターン画像を生成することを含む、請求項 9
又は 10 記載の検査方法。

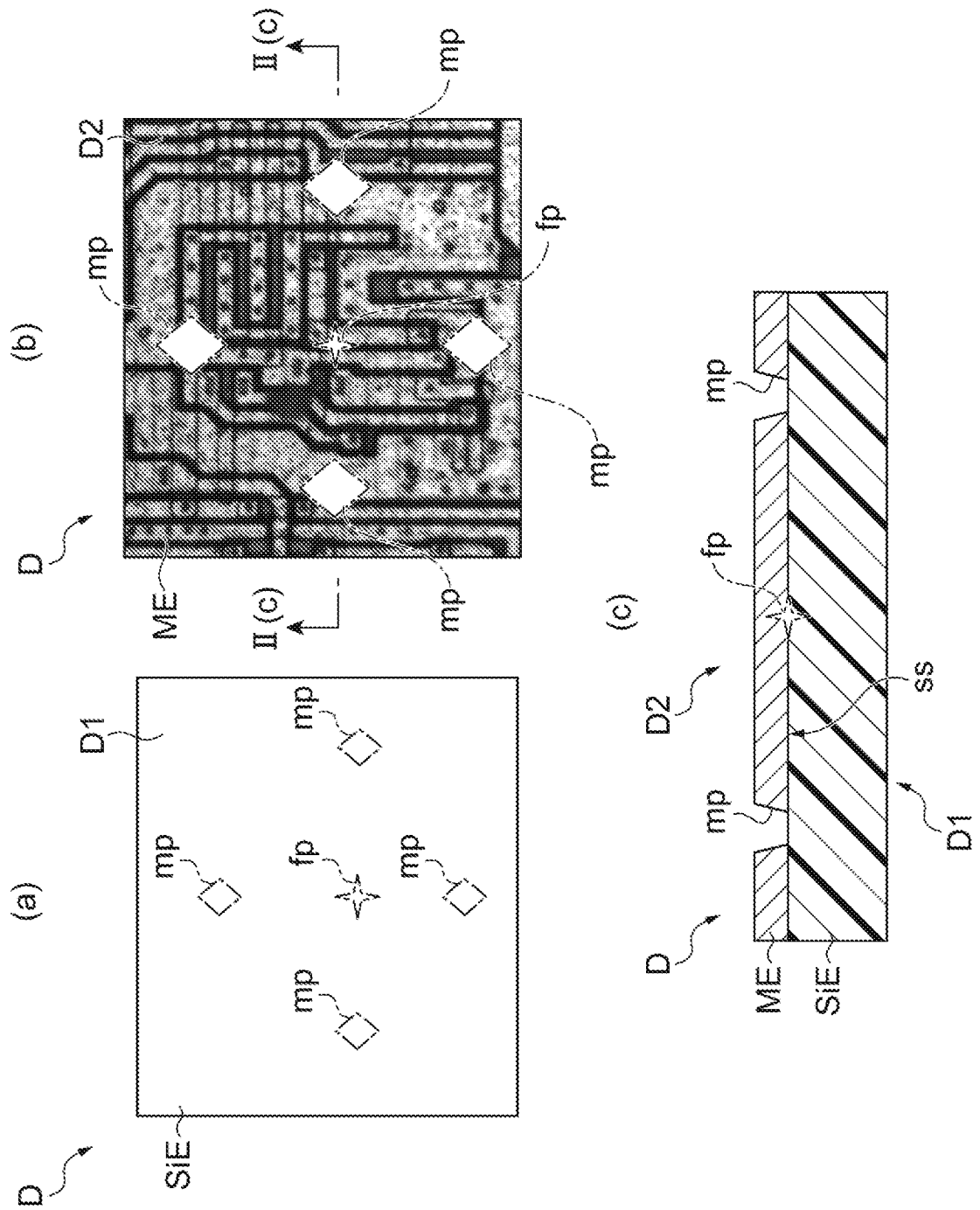
[請求項12] 前記レーザ光は、波長が1000ナノメートル以上であり、
前記観察用光学系は、前記レーザ光の波長を含む光を遮る光学フ
ィルタを有する、請求項 9～11 のいずれか一項記載の検査方法。

[請求項13] 前記レーザ光は、波長が1000ナノメートル未満である、請求項
9～11 のいずれか一項記載の検査方法。

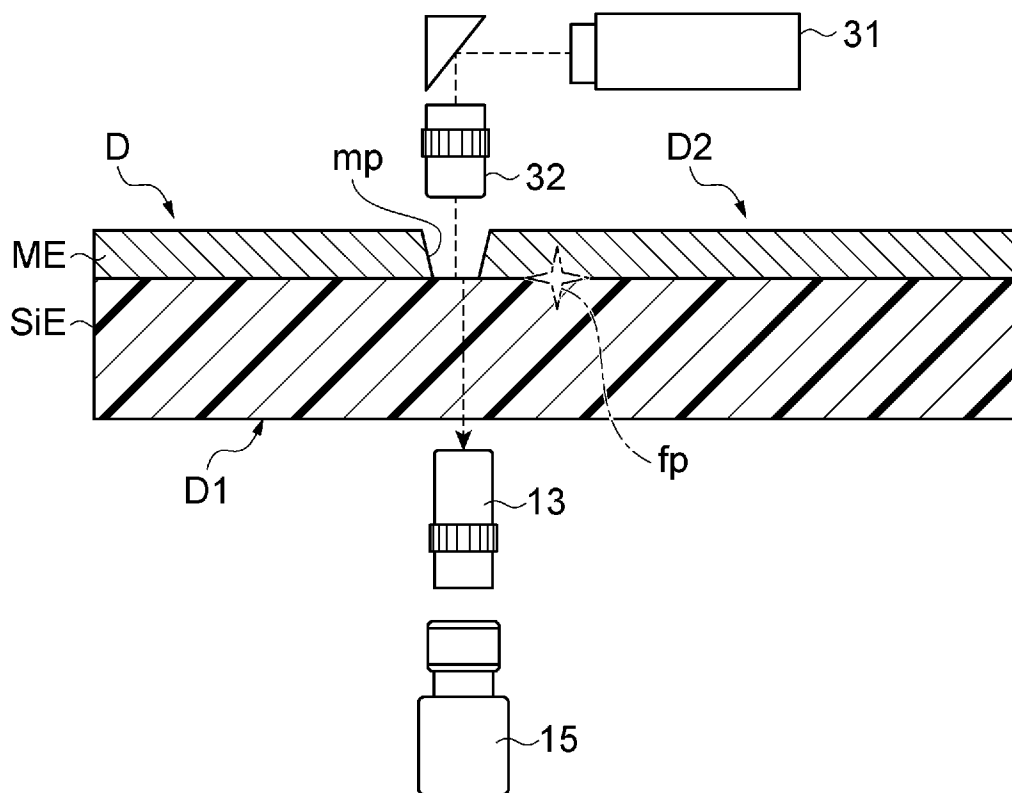
[図1]



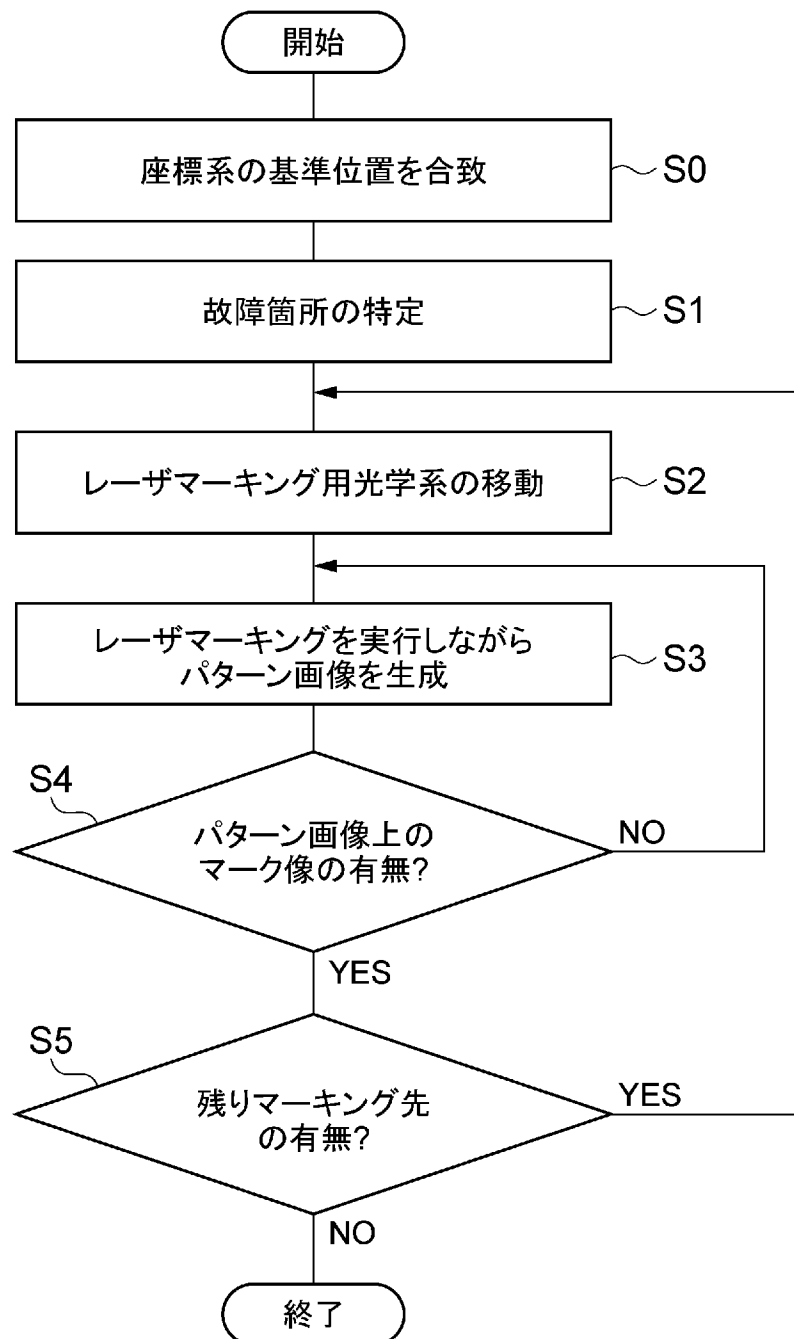
[図2]



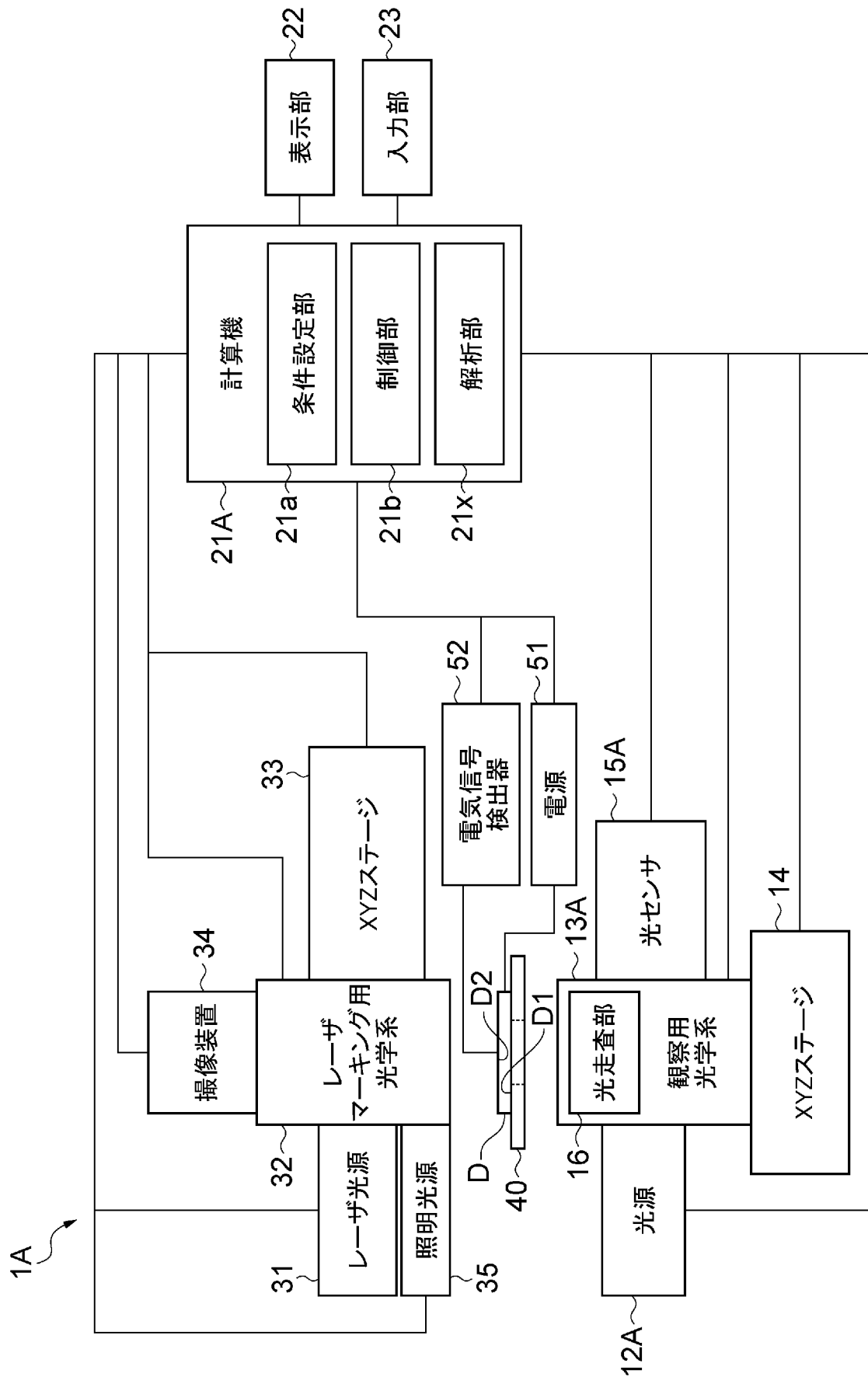
[図3]



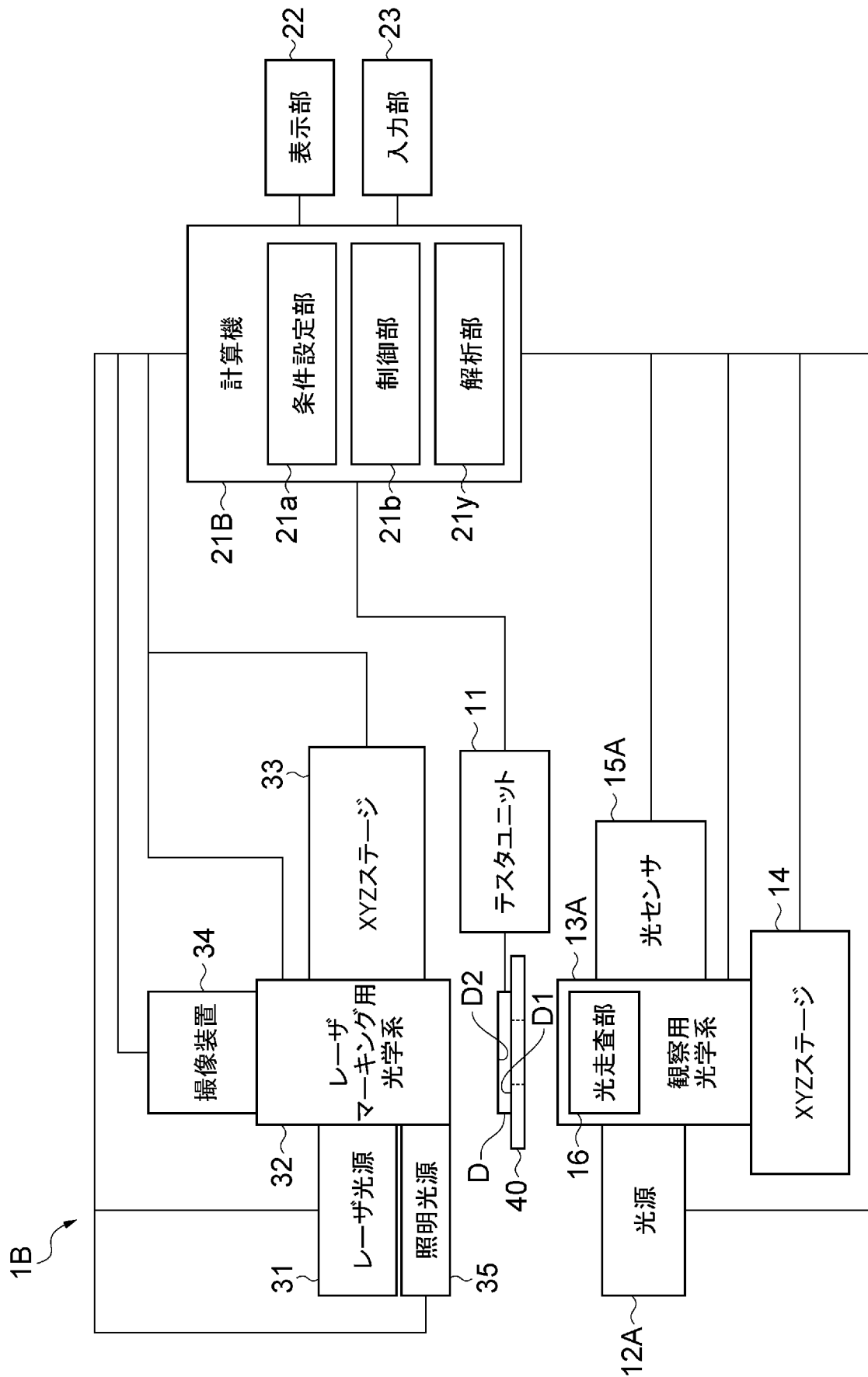
[図4]



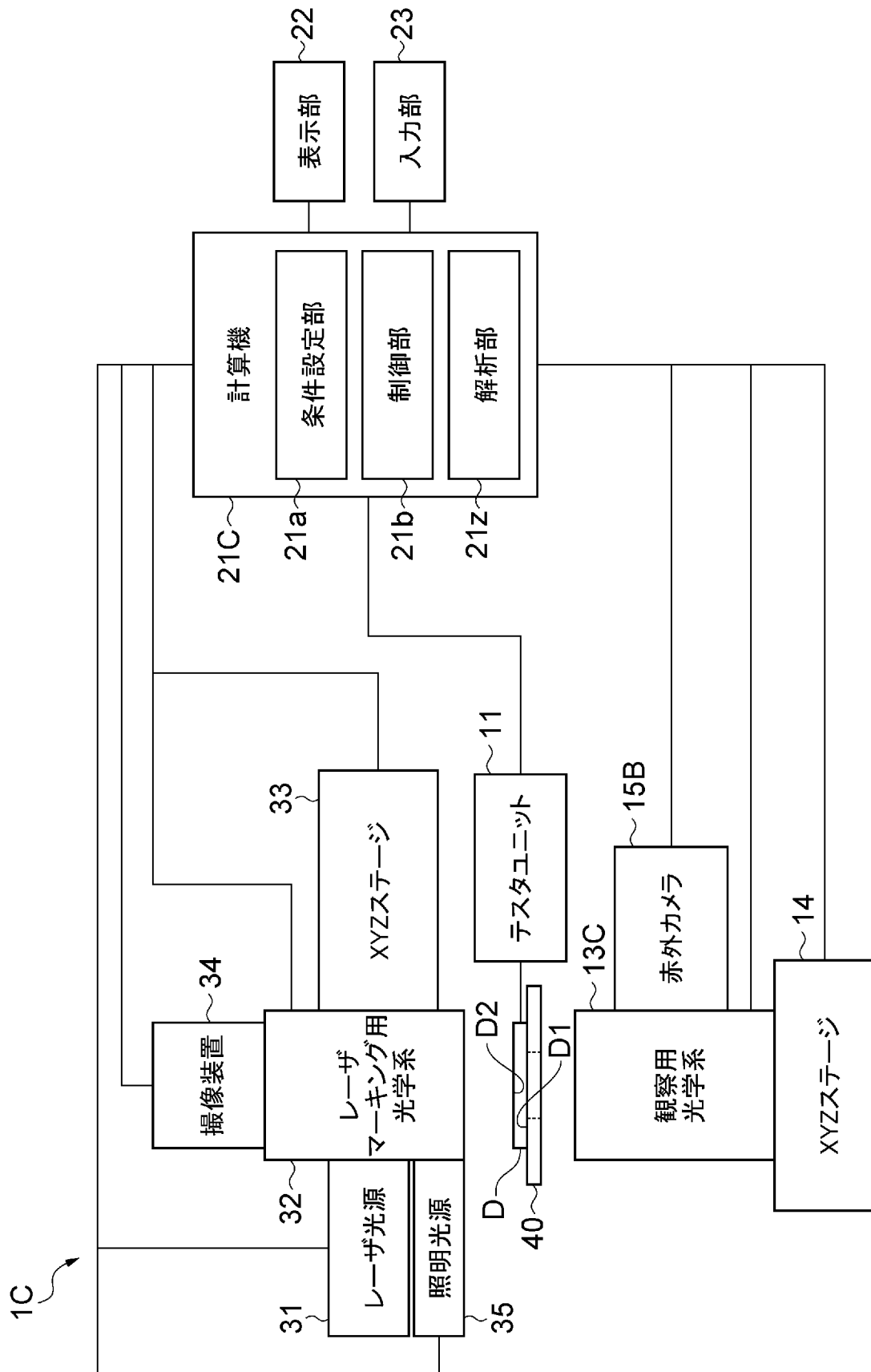
[図5]



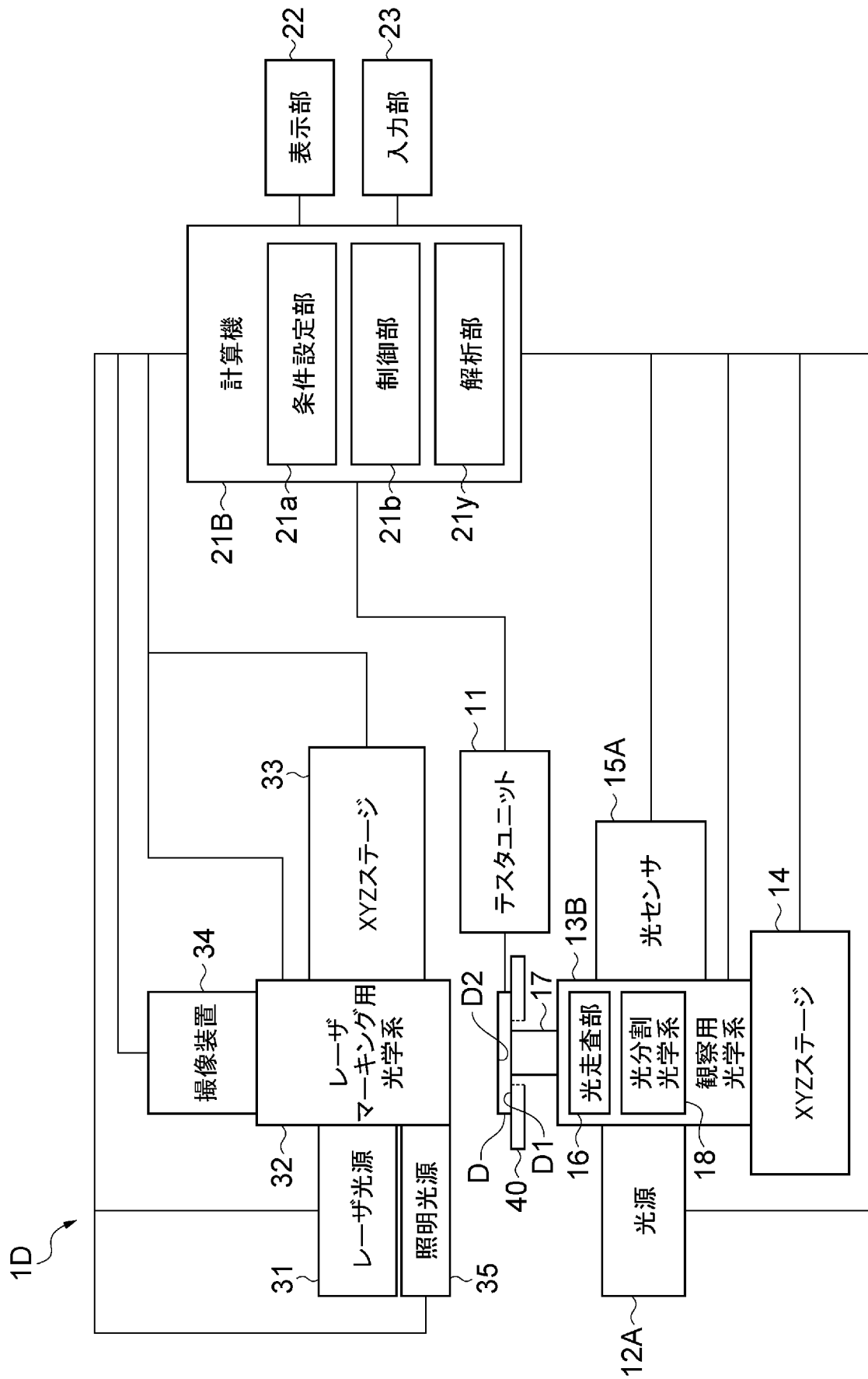
[図6]



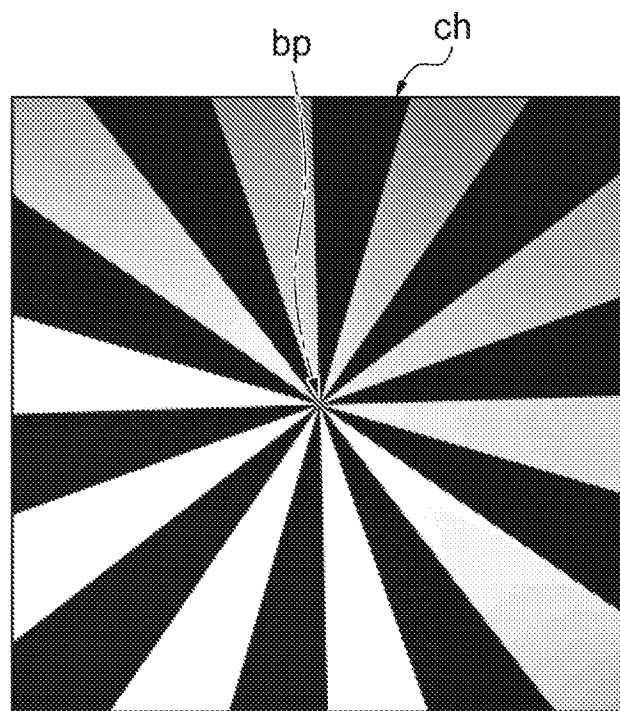
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/050517

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

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)

H01L21/66, H01L21/02

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.
A	JP 2000-91170 A (NEC Corp.), 31 March 2000 (31.03.2000), paragraphs [0017] to [0020]; fig. 1 (Family: none)	1-13
A	JP 2001-85285 A (Toshiba Corp.), 30 March 2001 (30.03.2001), paragraph [0017]; fig. 7 (Family: none)	1-13

☐ 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
18 March 2016 (18.03.16)

Date of mailing of the international search report
29 March 2016 (29.03.16)

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

Authorized officer

Telephone No.

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, H01L21/02

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
A	JP 2000-91170 A（日本電気株式会社）2000.03.31, 段落 [0017] ~ [0020]、図1（ファミリーなし）	1-13
A	JP 2001-85285 A（株式会社東芝）2001.03.30, 段落 [0017]、図7（ファミリーなし）	1-13

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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

18.03.2016

国際調査報告の発送日

29.03.2016

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）

堀江 義隆

50

9172

電話番号 03-3581-1101 内線 3559