

(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
2020年7月2日(02.07.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/137083 A1

(51) 国際特許分類:
G01R 31/302 (2006.01) H01L 23/473 (2006.01)
G01R 31/26 (2014.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/039879

(22) 国際出願日: 2019年10月9日(09.10.2019)

(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 2018-244316 2018年12月27日(27.12.2018) 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).

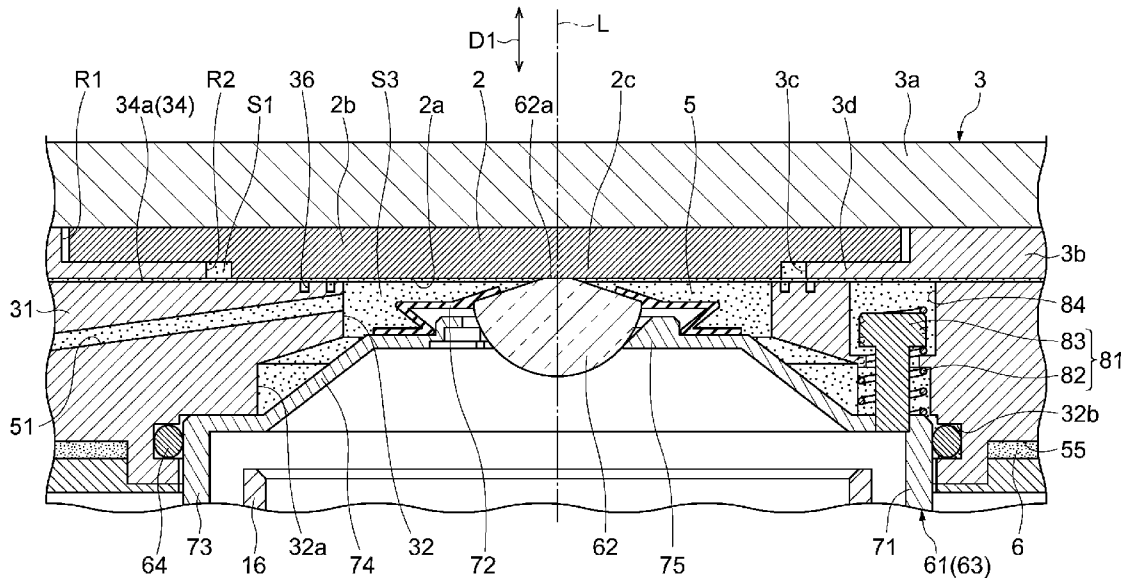
(72) 発明者: 中村 共則 (NAKAMURA Tomonori);
〒4358558 静岡県浜松市東区市野町112

6番地の1 浜松ホトニクス株式会社内 Shizuoka (JP). 野中大敬(NONAKA Hirotaka);
〒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). 松浦浩幸(MATSUURA Hiroyuki);
〒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).

(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).

(54) Title: COOLING UNIT, OBJECTIVE LENS MODULE, SEMICONDUCTOR INSPECTION DEVICE, AND SEMICONDUCTOR INSPECTION METHOD

(54) 発明の名称: 冷却ユニット、対物レンズモジュール、半導体検査装置、半導体検査方法



(57) Abstract: This cooling unit is used in the inspection of a semiconductor device. The cooling unit comprises a jacket for releasing the heat of the semiconductor device. The jacket is provided with a light transmission part for transmitting light from the semiconductor device. The jacket comprises a space demarcating surface that, when the light transmission part faces the semiconductor device, faces the semiconductor device and demarcates a space between the space demarcating surface and the semiconductor device. The jacket is provided with a supply flow path within which a fluid to be supplied to the space flows.



WO 2020/137083 A1

(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, 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 : 冷却ユニットは、半導体デバイスの検査において用いられる。冷却ユニットは、半導体デバイスの熱を放熱するためのジャケットを備える。ジャケットには、半導体デバイスからの光を通過させる光通過部が設けられている。ジャケットは、光通過部が半導体デバイスと向かい合う状態において、半導体デバイスと向かい合って半導体デバイスとの間に空間を画定する空間画定面を有する。ジャケットには、空間に供給される流体が流れる供給流路が設けられている。

明 細 書

発明の名称：

冷却ユニット、対物レンズモジュール、半導体検査装置、半導体検査方法

技術分野

[0001] 本開示の一側面は、冷却ユニット、対物レンズモジュール、半導体検査装置及び半導体検査方法に関する。

背景技術

[0002] 半導体デバイスの検査において用いられる冷却ユニットとして、例えば、特許文献1に記載されたものが知られている。特許文献1に記載の冷却ユニットは、駆動中の半導体デバイスを冷却しながら観察するために用いられる。特許文献1に記載の冷却ユニットでは、半導体デバイスに冷却液を噴射することにより、半導体デバイスが冷却される。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許出願公開第2009/0095097号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 例えば消費電力が大きな半導体デバイスを検査する場合等には、上述したような冷却ユニットには高い冷却性能が求められる。そこで、本開示の一側面は、冷却性能が高められた冷却ユニット及び対物レンズモジュール、そのような冷却ユニットを備える半導体検査装置、並びに、半導体デバイスを好適に冷却しつつ検査することができる半導体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

[0005] 本開示の一側面に係る冷却ユニットは、半導体デバイスの検査において用いられる冷却ユニットであって、半導体デバイスの熱を放熱するためのジャ

ケットを備え、ジャケットには、半導体デバイスからの光を通過させる光通過部が設けられており、ジャケットは、光通過部が半導体デバイスと向かい合う状態において、半導体デバイスと向かい合っ半導体デバイスとの間に空間を画定する空間画定面を有し、ジャケットには、空間に供給される流体が流れる供給流路が設けられている。

[0006] この冷却ユニットを半導体デバイスの検査に用いる場合、例えば、光通過部が半導体デバイスと向かい合い、且つ、空間画定面と半導体デバイスとの間に空間が画定されるように、冷却ユニットを配置する。そして、供給流路を介して当該空間に流体を流しながら、駆動中の半導体デバイスから出射されて光通過部を通過した光を検出する。ジャケットと半導体デバイスとの間に画定された空間に流体を流すことにより、半導体デバイスを効果的に冷却することができる。これは、当該流体によって半導体デバイスの熱が取り去られるのに加えて、当該流体を介して半導体デバイスの熱がジャケットに効率良く伝達されるためである。したがって、この冷却ユニットによれば、高い冷却性能を実現することができる。

[0007] ジャケットには、空間から排出される流体が流れる排出流路が更に設けられていてもよい。この場合、供給流路及び排出流路を介して空間に流体を流すことができ、半導体デバイスをより効果的に冷却することができる。

[0008] ジャケットには、ジャケットを冷却するための冷媒が流れる冷媒流路が更に設けられていてもよい。この場合、ジャケットをより好適に冷却することができる。

[0009] 空間画定面は、光通過部を囲むように延在していてもよい。この場合、半導体デバイスをより一層効果的に冷却することができる。

[0010] 空間画定面は、平面状に延在していてもよい。この場合、半導体デバイスをより一層効果的に冷却することができる。

[0011] 空間画定面は、光通過部に連なってもよい。この場合、半導体デバイスをより一層効果的に冷却することができる。

[0012] 空間画定面は、ジャケットに形成された凹部の底面であってもよい。この

場合、より好適にジャケットと半導体デバイスとの間に空間を画定することができる。

[0013] 空間の厚さは、0 mmよりも大きく0.05 mm以下であってもよい。この場合、半導体デバイスをより一層効果的に冷却することができる。

[0014] 或いは、空間の厚さは、0.05 mm以上0.5 mm以下であってもよい。この場合、半導体デバイスをより一層効果的に冷却することができる。

[0015] 本開示の一側面に係る冷却ユニットは、ジャケットと、半導体デバイスが配置されるステージとの間で挟まれて空間を封止する弾性部材を更に備えてもよい。この場合、ジャケットと半導体デバイスとの間の空間をより確実に封止することができる。

[0016] ジャケットには、供給流路が少なくとも2つ設けられていてもよい。この場合、半導体デバイスをより一層効果的に冷却することができる。

[0017] 空間画定面に垂直な方向から見た場合に、供給流路から空間に流体が供給される位置は、空間から排出流路に流体が排出される位置よりも内側に位置していてもよい。この場合、半導体デバイスをより一層効果的に冷却することができる。

[0018] 供給流路は、光通過部に向けて流体を排出するように構成されていてもよい。この場合、半導体デバイスをより一層効果的に冷却することができる。

[0019] 空間画定面には、凹部及び凸部の少なくとも一方が形成されていてもよい。この場合、空間を流れる流体を乱流化させることができ、半導体デバイスの熱をジャケットに一層効率良く伝達することができる。

[0020] 光通過部は、ジャケットに設けられた開口に光透過部材が配置されることによって構成されていてもよい。この場合でも、高い冷却性能を実現することができる。

[0021] 光透過部材は、開口を水密に塞いでいてもよい。この場合、開口から流体が漏れるのを防止することができる。

[0022] 本開示の一側面に係る対物レンズモジュールは、上記冷却ユニットと、光通過部と向かい合う対物レンズと、対物レンズの光軸上に位置するように保

持された固浸レンズと、を備え、光通過部は、ジャケットに設けられた開口によって構成されており、固浸レンズは、開口に配置されている。この対物レンズモジュールによれば、上述した理由により、高い冷却性能を実現することができる。

[0023] 本開示の一側面に係る対物レンズモジュールは、冷却ユニットを対物レンズとは反対側に向けて付勢する付勢部材を更に備えてもよい。この場合、例えば、半導体デバイスが配置されるステージに対して冷却ユニットをより好適に密着させることができる。

[0024] 本開示の一側面に係る対物レンズモジュールは、対物レンズに取り付けられ、固浸レンズを保持するホルダを更に備え、ホルダは、固浸レンズの周縁部に接触して、固浸レンズを水密に且つ揺動可能に保持する可撓性部材を有していてもよい。この場合、固浸レンズが揺動可能であるので、固浸レンズを半導体デバイスに対して倣って密着させ易い。更に、固浸レンズが水密に保持されているため、固浸レンズの周囲から流体が漏れるのを防止することができる。

[0025] 本開示の一側面に係る対物レンズモジュールは、対物レンズに取り付けられ、固浸レンズを保持するホルダと、ホルダとジャケットとの間で挟まれてホルダとジャケットとの間を封止する封止部材と、を更に備えてもよい。この場合、ホルダとジャケットとの間から流体が漏れるのを防止することができる。

[0026] 本開示の一側面に係る半導体検査装置は、上記冷却ユニットと、半導体デバイスが配置されるステージと、光通過部を介して半導体デバイスと向かい合う対物レンズと、半導体デバイスからの光を光通過部及び対物レンズを介して検出する光検出器と、を備える。この半導体検査装置によれば、上述した理由により、高い冷却性能を実現することができる。

[0027] 本開示の一側面に係る半導体検査装置は、空間を流れる流体の圧力を変化させる圧力調整部と、圧力調整部を制御する制御部と、を更に備えてもよい。この場合、半導体デバイスをより一層効果的に冷却することができる。

[0028] 制御部は、空間を流れる流体の圧力が冷却ユニットの外部の圧力よりも低くなるように、圧力調整部を制御してもよい。この場合、空間内が負圧となるため、冷却ユニットをステージに対してより好適に密着させることができる。また、空間において隙間等から流体が漏れるのを抑制することができる。

[0029] 本開示の一側面に係る半導体検査装置は、冷却ユニットをステージに向けて付勢する付勢装置を更に備えてもよい。この場合、冷却ユニットをステージに対してより好適に密着させることができる。

[0030] 本開示の一側面に係る半導体検査方法は、半導体デバイスをステージに配置するステップと、半導体デバイスからの光を通過させる光通過部が設けられたジャケットを有する冷却ユニットを、光通過部が半導体デバイスと向かい合い、且つ、ジャケットと半導体デバイスとの間に空間が画定されるように配置するステップと、半導体デバイスを駆動させるステップと、空間に流体を流しながら、駆動中の半導体デバイスから到来して光通過部を通過した光を光検出器により検出するステップと、を備える。

[0031] この半導体検査方法では、ジャケットと半導体デバイスとの間に画定された空間に流体を流しながら、駆動中の半導体デバイスから到来して光通過部を通過した光を検出する。ジャケットと半導体デバイスとの間に画定された空間に流体を流すことにより、半導体デバイスを効果的に冷却することができる。これは、当該流体によって半導体デバイスの熱が取り去られるのに加えて、当該流体を介して半導体デバイスの熱がジャケットに効率良く伝達されるためである。したがって、この半導体検査方法によれば、半導体デバイスを好適に冷却しつつ検査することができる。

発明の効果

[0032] 本開示の一側面によれば、冷却性能が高められた冷却ユニット及び対物レンズモジュール、そのような冷却ユニットを備える半導体検査装置、並びに、半導体デバイスを好適に冷却しつつ検査することができる半導体検査方法を提供できる。

図面の簡単な説明

- [0033] [図1]実施形態に係る半導体検査装置の構成図である。
- [図2]対物レンズモジュールの周辺の断面図である。
- [図3]対物レンズモジュールの平面図である。
- [図4]図3のIV-IV線に沿っての冷却ユニットの断面図である。
- [図5]図3のV-V線に沿っての冷却ユニットの断面図である。
- [図6]ホルダ及び固浸レンズの断面図である。
- [図7]固浸レンズが半導体デバイスに接触した状態を示す断面図である。
- [図8]固浸レンズが半導体デバイスから離間した状態を示す断面図である。
- [図9]変形例の冷却ユニットの断面図である。
- [図10]図9の一部拡大図である。
- [図11] (a) は、検査位置の対物レンズを示す断面図であり、(b) は、レンズ切替位置の対物レンズを示す断面図である。

発明を実施するための形態

- [0034] 以下、本開示の一実施形態について、図面を参照しつつ詳細に説明する。なお、以下の説明において、同一又は相当要素には同一符号を用い、重複する説明を省略する。

[半導体検査装置の構成]

- [0035] 図1に示される半導体検査装置1は、検査対象のデバイス(DUT: Device Under Test)である半導体デバイス2を観察して検査するための装置である。半導体検査装置1は、例えば、半導体デバイス2における故障箇所を特定するために用いられる。

- [0036] 半導体デバイス2は、例えば、ロジックLSI (Large Scale Integration) を含むデバイスである。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により構成される。半導体デバイス2の消費電力は、例えば200W程度である。半導体デバイス2は、ステージ3に配置(固定)されている。

- [0037] 半導体検査装置1は、信号入力装置11と、光源12と、光学系13と、

光検出器 1 4 と、制御部 1 5 とを備えている。信号入力装置 1 1 は、半導体デバイス 2 に電氣的に接続されており、半導体デバイス 2 に信号を入力して半導体デバイス 2 を駆動させる。信号入力装置 1 1 は、例えば、半導体デバイス 2 に刺激信号を加えるパルスジェネレータ、又は、半導体デバイス 2 にテスト信号を入力するテストユニット等である。信号入力装置 1 1 は、半導体デバイス 2 に所定のテストパターン等の信号を繰り返し入力する。信号入力装置 1 1 が入力する信号は、変調電圧信号であってもよいし、直流電圧信号であってもよい。

[0038] 光源 1 2 は、半導体デバイス 2 を照明する光を出力する。光源 1 2 は、例えば、LED (Light Emitting Diode)、LD (Laser Diode)、SLD (Super luminescent Diode) 又は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、例えば 1 0 6 4 nm 以上であってもよい。光源 1 2 から出力された光は、光学系 1 3 に導かれる。

[0039] 光学系 1 3 は、光源 1 2 から出力された光を半導体デバイス 2 の表面 2 a へ導光すると共に、半導体デバイス 2 の表面 2 a からの光を光検出器 1 4 へ導光する。光学系 1 3 は、例えば、対物レンズ 1 6、光スキャナ (図示省略) 及びビームスプリッタ (図示省略) を含んで構成されている。対物レンズ 1 6 は、光源 1 2 から出力されてビームスプリッタ及び光スキャナによって導かれた光を、観察エリアに集光したり観察エリアにて走査したりする。光学系 1 3 は、例えば X Y Z ステージ (図示省略) に載置されている。X Y Z ステージは、対物レンズ 1 6 の光軸に平行な方向を 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 軸方向に移動可能に構成されている。X Y Z ステージの位置によって観察エリアが決定する。

[0040] 光源 1 2 から出力されて光学系 1 3 から出射された光は、駆動中の半導体デバイス 2 により反射され、光学系 1 3 を介して光検出器 1 4 に入射する。このとき、半導体デバイス 2 の駆動状態に伴って、半導体デバイス 2 により反射される光の強度が変調される。

[0041] 光検出器 1 4 は、半導体デバイス 2 で変調された光を検出し、波形データ

を出力する。光検出器 14 は、光スキャナによって半導体デバイス 2 に対して光が走査されている間に入射した光を検出し、測定画像を出力してもよい。これらの波形データや測定画像に基づいて、半導体デバイス 2 における故障箇所を特定することができる。

[0042] 光検出器 14 は、半導体デバイス 2 に対して光が走査されている間に入射した光を検出し、パターン画像を出力してもよい。パターン画像とは、半導体デバイス 2 の回路パターン等を確認可能となるように撮像された画像である。光検出器 14 としては、例えば、半導体デバイス 2 の基板を透過する波長の光を検出可能なフォトダイオード、APD (Avalanche Photodiode)、SiPM (Silicon Photomultiplier) 等を用いることができる。

[0043] 制御部 15 は、信号入力装置 11、光源 12、光学系 13 及び光検出器 14 等に電氣的に接続されており、半導体検査装置 1 全体の制御を行う。制御部 15 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) 及び HDD (Hard Disk Drive) 等を含むコンピュータにより構成されている。制御部 15 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。制御部 15 は、例えば、光検出器 14 の検出結果に基づいて、半導体デバイス 2 における故障箇所の特定処理を実施する。

[半導体デバイスの冷却のための構成]

[0044] 半導体検査装置 1 は、冷却ユニット 21 と、貯留タンク 22 と、4 つのレギュレータ (圧力調整部) 23 と、ドレーンタンク 24 と、チラー 25 とを更に備えている。冷却ユニット 21、貯留タンク 22、レギュレータ 23、ドレーンタンク 24 及びチラー 25 は、半導体デバイス 2 の検査中に半導体デバイス 2 を冷却するために用いられる。冷却ユニット 21 は、対物レンズ 16 と組み合わせられて対物レンズモジュール 60 を構成している。

[冷却ユニット]

[0045] 図 2 ~ 図 8 を参照しつつ、冷却ユニット 21 について説明する。冷却ユニ

ット21は、半導体デバイス2と向かい合うように配置され、半導体デバイス2との間に空間（隙間）S1を画定する。半導体検査装置1では、空間S1に流体5を流すことにより、半導体デバイス2が冷却される。流体5は、例えば水又は純水であるが、フロリナート（登録商標）系の電気絶縁性を有する液体であってもよい。

[0046] 冷却ユニット21は、半導体デバイス2が配置されたステージ3に対して取り付けられている。この例では、ステージ3は、DUTボード3aと、保持部3bとを備えている。DUTボード3aは、例えば、板状に形成され、信号入力装置11と半導体デバイス2との間の接続部を構成している。DUTボード3aには、信号入力装置11と半導体デバイス2との間の接続部を構成するソケットが組み込まれていてもよい。図7及び図8に示されるように、半導体デバイス2は、パッケージ2bと、パッケージ2bから突出したダイ2cとを有している。例えば、パッケージ2bは、PCボードであり、ダイ2cは、パッケージ2b上に実装（接合）された半導体部分である。

[0047] 保持部3bは、DUTボード3aに固定され、半導体デバイス2を保持している。保持部3bは、例えば、金属により板状に形成されている。この例では、保持部3bには開口3cが設けられている。開口3cは、パッケージ2bが配置される第1部分R1、及びダイ2cが配置される第2部分R2を有しており、第1部分R1及び第2部分R2の各々において開口している。保持部3bは、第1部分R1に配置されたパッケージ2bの周縁部に接触する係止部3dを有している。この例では、係止部3dは、開口3cにおける第2部分R2を画定する内面が第1部分R1を画定する内面よりも内側に位置していることにより、形成されている。この例では係止部3dの厚さはダイ2cの厚さと等しいが、係止部3dの厚さはダイ2cの厚さよりも厚くてもよいし、或いは薄くてもよい。

[0048] 冷却ユニット21は、半導体デバイス2の熱を放熱するためのジャケット31を備えている。ジャケット31は、例えば、金属により、略円板状のブロック状に形成されている。ジャケット31は、半導体デバイス2及び保持

部3 bと向かい合うように配置されている。

[0049] ジャケット3 1は、第1表面3 1 aと、第1表面3 1 aとは反対側の第2表面3 1 bとを有している。第1表面3 1 aは、冷却ユニット2 1がステージ3に取り付けられた状態において半導体デバイス2及び保持部3 bと向かい合う表面である。ジャケット3 1には、第1表面3 1 aに垂直な方向D 1に沿ってジャケット3 1を貫通する開口3 2が設けられている。開口3 2は、例えば、第2表面3 1 b側に向かって広がる略円錐台形状を呈している。開口3 2は、半導体デバイス2からの光を通過させる光通過部として機能する。

[0050] 第1表面3 1 aには、凹部3 3が形成されている。この例では、凹部3 3は、第1表面3 1 aの周縁部3 1 a 1以外の部分が周縁部3 1 a 1よりも低くなっていることにより形成されている。凹部3 3は、第1部分3 4と、第2部分3 5とを有している。第1部分3 4は、方向D 1から見た場合に開口3 2を囲む円環状の部分である。第2部分3 5は、方向D 1から見た場合に第1部分3 4の外側に位置して第1部分3 4に連なる円環状の部分である。第2部分3 5の深さは、第1部分3 4の深さよりも深い。第1部分3 4の底面3 4 aは、開口3 2に連なっており、方向D 1から見た場合に開口3 2を囲んでいる。底面3 4 aは、平面状に延在し、方向D 1から見た場合に円環状を呈している。

[0051] 第1部分3 4の底面3 4 aには、渦巻き状（螺旋状）に延在する溝部（凹部）3 6が形成されている（図7及び図8）。第2部分3 5の底面3 5 aには、弾性部材4 1, 4 2がそれぞれ配置される一対の配置溝3 7が形成されている。弾性部材4 1, 4 2は、ジャケット3 1と保持部3 bとの間で挟まれて空間S 1を封止するための部材である。図3に示されるように、弾性部材4 1, 4 2は、例えば、リング状に形成されている。図3では、理解を容易にするために、弾性部材4 1, 4 2がハッチングで示されている。図3に示されるように、第1表面3 1 aの周縁部3 1 a 1には、周方向に一定の間隔を空けて4つの磁石3 8が配置されている。磁石3 8の引力を利用するこ

とで、ジャケット31を保持部3bに対して取り外し可能に取り付けることができる。

[0052] ジャケット31には、空間S1に供給される流体5が流れる4つの供給流路51と、空間S1から排出される流体5が流れる4つの排出流路52と、が設けられている。各供給流路51は、直線状に延在し、ジャケット31の外側面31cと開口32の内面32aとに開口している。4つの供給流路51は、周方向に一定の間隔を空けて配置されている。外側面31cにおける各開口には、開閉可能なバルブ53が設けられている。図3に示されるように、各バルブ53は、貯留タンク22から供給される流体5が流れる配管P1に接続されている。供給流路51においては、外側面31cから内面32aに向かって流体5が流れ、開口32内に流体5が排出される。すなわち、供給流路51は、開口32に向けて流体5を排出するように構成されている。

[0053] 各排出流路52は、直線状に延在し、ジャケット31の外側面31cと第2部分35の底面35aとに開口している。4つの排出流路52は、周方向に一定の間隔を空けて配置されている。外側面31cにおける各開口には、開閉可能なバルブ54が設けられている。図3に示されるように、各バルブ54は、ドレーンタンク24に排出される流体5が流れる配管P2に接続されている。排出流路52においては、底面35aから外側面31cに向かって流体5が流れ、ジャケット31の外部に流体5が排出される。図3には、排出流路52から底面35aに流体5が排出される排出口52aが示されている。

[0054] 更に、ジャケット31には、ジャケット31を冷却するための冷媒6が流れる冷媒流路55が設けられている。冷媒6は、例えば水である。冷媒流路55は、例えば、方向D1に垂直に平面状に延在しており、方向D1から見た場合に開口32を囲む円環状を呈している。冷媒流路55は、ジャケット31の外側面31cにおいて外部に開口している。この例では、冷媒流路55は、周方向に一定の間隔を空けて4箇所において開口している。図5に示

されるように、各開口には、開閉可能なバルブ56が設けられている。図3に示されるように、各バルブ56は、冷媒6が流れる配管P3に接続されている。冷媒流路55においては、一又は複数の開口から他の開口に向かって冷媒6が流れ、冷媒流路55内を冷媒6が流動する。これにより、ジャケット31が冷却される。図4及び図5では、冷媒6が流動する領域がハッチングで示されている。

[0055] 再び図1を参照して、流体5及び冷媒6が流れる経路を説明する。流体5は、貯留タンク22に貯留されている。貯留タンク22内の流体5は、コンプレッサ（図示省略）により昇圧され、レギュレータ23を介して供給流路51に供給される。4つのレギュレータ23は、それぞれ、配管P1を介して供給流路51に接続されている。各レギュレータ23は、制御部15により制御され、供給流路51を流れる流体の圧力を変化させる。これにより、空間S1を流れる流体5の圧力が調整される。ドレーンタンク24には、排出流路52から排出された流体5が貯留される。チラー25は、冷媒6を冷却させて冷媒流路55内を循環させる。流体5は、供給流路51を流れる間にジャケット31によって冷却される。

[0056] 図2等にも示されるように、ジャケット31の外側面31cには、2つの漏水センサ43、44が設けられている。漏水センサ43は、外側面31cにおける第1表面31aとの境界に沿って延在するように配置されている。漏水センサ43は、ジャケット31と保持部3bとの間から流体5が漏れていないかどうかを検出する。漏水センサ44は、外側面31cにおける第2表面31bとの境界に沿って延在するように配置されている。漏水センサ44は、バルブ53、54、56から流体5又は冷媒6が漏れていないかどうか、及び、冷媒流路55に形成された隙間等から冷媒6が漏れていないかどうかを検出する。

[対物レンズモジュール]

[0057] 図2～図8にも示されるように、冷却ユニット21は、対物レンズ16と組み合わされて対物レンズモジュール60を構成している。対物レンズモジ

ジュール60は、上述した冷却ユニット21及び対物レンズ16に加えて、対物レンズ16に取り付けられた固浸レンズユニット61を備えている。固浸レンズユニット61は、固浸レンズ62と、ホルダ63とを備えている。対物レンズ16は、ジャケット31の開口32を介して半導体デバイス2と向かい合うように配置されている。固浸レンズ62は、ホルダ63によって開口32内において保持され、対物レンズ16の光軸L上に位置している。この例では、光軸Lの延在方向は方向D1と平行である。

[0058] 以下の説明では、ステージ3に配置された半導体デバイス2と対物レンズ16が向かい合う状態において、半導体デバイス2に対して対物レンズ16が位置する側を下側とし、対物レンズ16に対して半導体デバイス2が位置する側を上側とする。

[0059] 図6に示されるように、固浸レンズ62は、当接面62aと、球面62bと、テーパ面62cと、周面62dと、を有している。当接面62aは、平坦面であり、半導体デバイス2のダイ2cに当接する。球面62bは、下側に向かって凸の半球形状の面であり、対物レンズ16と向かい合う。テーパ面62cは、下側に向かって広がる円錐台形状の面であり、当接面62aの外縁から下側に延びている。周面62dは、円柱形状の面であり、球面62bの外縁とテーパ面62cの外縁とに接続されている。テーパ面62cを含む仮想円錐の頂点は、固浸レンズ62の球心C（球面62bの曲率中心）に一致しており、当接面62aの上側において対物レンズ16の光軸L上に位置している。球心Cは、固浸レンズ62の焦点に一致する。

[0060] 固浸レンズ62は、半導体デバイス2の基板材料と実質的に同一又はその屈折率に近い、高屈折率材料により形成されている。その代表的な例としては、Si、GaP、GaAs等が挙げられる。固浸レンズ62は、観察光を透過させる。固浸レンズ62を半導体デバイス2に光学密着させることにより、半導体デバイス2自身を固浸レンズ62の一部として利用することができる。固浸レンズ62を利用した半導体デバイス2の裏面解析によれば、対物レンズ16の焦点を半導体デバイス2の基板表面に形成された集積回路に

合わせた際に、固浸レンズ62の効果により、半導体デバイス2中に開口数(NA)の高い光束を通すことができ、高分解能化が可能となる。

[0061] 固浸レンズ62は、開口32内においてホルダ63により保持されている。ホルダ63は、本体部71と、可撓性部材72とを備えている。本体部71は、側壁部73と、蓋部74とを有している。本体部71は、非磁性材料(例えば、アルミニウム、アルミニウム合金、非磁性のステンレス鋼等)により形成されている。側壁部73は、筒形状に形成されている。側壁部73は、対物レンズ16の側面に設けられた機構部16aに連結されている。蓋部74は、側壁部73の上側の開口を塞ぐように、側壁部73と一体的に形成されている。

[0062] 蓋部74には、固浸レンズ62が配置される開口74aが形成されている。開口74aは、光軸L上に配置され、上側及び下側に開口している。蓋部74は、開口74aの内面から開口74aの中心側に向かって延びる複数(例えば、3つ)の突出部75を有している。突出部75は、先細り形状を呈しており、半導体デバイス2側の面が、開口74aの中心に近づくにつれて対物レンズ16に近づくように傾斜した傾斜面となっている。複数の突出部75は、例えば、周方向に一定の間隔を空けて配置されている。

[0063] 可撓性部材72は、例えば、樹脂等により形成され、面状の部材が折り曲げられたような形状を呈している。可撓性部材72は、蓋部74の開口74aを塞ぐように、蓋部74に対して対物レンズ16とは反対側に設けられている。可撓性部材72には、固浸レンズ62が配置される開口72aが形成されている。開口72aは、光軸L上に配置されている。可撓性部材72は、開口72aの縁に沿って固浸レンズ62の周縁部(この例では、テーパ面62c及び周面62d)に結合された環状の封止部72bを有している。封止部72bにより、固浸レンズ62と可撓性部材72との間が水密に封止されている。可撓性部材72は、例えば、溶着又は接着により蓋部74に水密に結合された結合部72cを有している。

[0064] 固浸レンズ62は、当接面62a及びテーパ面62cが可撓性部材72の

開口72aから上側に突出し、且つ球面62bが蓋部74の開口74aから下側に突出するように、開口72a及び開口74aに配置されている。球面62bは、各突出部75の先端部に接触しており、当接面62a及びテーパ面62cは、可撓性部材72によって保持されている。これにより、固浸レンズ62は、当接面62aが半導体デバイス2に当接する前の状態（図8）において、揺動可能となっている。例えば、固浸レンズ62が揺動すると、球面62bが突出部75の先端部に対して滑ると共に、可撓性部材72が固浸レンズ62の揺動に追従して変形する。固浸レンズ62が揺動可能となっていることで、当接面62aを半導体デバイス2に当接させる際に、固浸レンズ62を半導体デバイス2に対して倣って密着させ易い。その結果、例えば、半導体デバイス2が光軸Lに対して傾斜して配置されている場合でも、固浸レンズ62を半導体デバイス2に良好に密着させることができ、半導体デバイス2を観察することが可能となる。

[0065] 対物レンズモジュール60は、ホルダ63とジャケット31との間を封止する封止部材64を更に備えている。封止部材64は、例えば、樹脂等の弾性材料によりリング状に形成されている。封止部材64は、ジャケット31の開口32の内面32aに設けられた凹部32bに配置されている。封止部材64は、側壁部73と凹部32bの底面との間で挟まれ、ホルダ63とジャケット31との間を水密に封止している。

[0066] 対物レンズモジュール60は、冷却ユニット21と対物レンズ16とを互いに連結する4つの連結部81を更に備えている。各連結部81は、例えば、バネ（付勢部材）82付きのボルト83により構成されている。各連結部81は、ジャケット31における凹部33の第1部分34に設けられた配置孔84に配置されている。配置孔84は、第1部分34と開口32とを連通している。4つの連結部81は、周方向に一定の間隔を空けて、周方向に沿って配置されている。各連結部81においては、ボルト83の頭部が配置孔84に配置され、ボルト83のネジ部がホルダ63の蓋部74に螺合されている。バネ82は、ジャケット31を対物レンズ16とは反対側に向けて付

勢する。冷却ユニット21がステージ3に取り付けられた状態においては、この付勢力により、ジャケット31が保持部3bに押し付けられる。その結果、弾性部材41, 42が弾性変形して保持部3bに密着し、ジャケット31と保持部3bとの間が封止される。

[0067] 対物レンズ16の機構部16aは、ホルダ63を半導体デバイス2に向けて付勢する付勢機構16bを備えている(図2)。付勢機構16bは、固浸レンズ62の半導体デバイス2に対する密着力を確保するために用いられる。付勢機構16bは、例えば、軸方向に延在するガイド部材と、ガイド部材により保持されたバネとにより構成されている。

[冷却ユニットにより形成される空間]

[0068] 半導体デバイス2の検査時には、例えば、図8に示されるように固浸レンズ62が半導体デバイス2から離間した状態から、上述したXYZステージによって対物レンズ16を移動させることで固浸レンズ62が半導体デバイス2に近づけられ、図7に示されるように固浸レンズ62が半導体デバイス2に接触した状態に移行する。図7の状態においては、付勢機構16bによって固浸レンズ62の半導体デバイス2に対する密着力が確保(調整)されている。図7及び図8のいずれの状態においても、冷却ユニット21はステージ3に取り付けられており、冷却ユニット21と半導体デバイス2の間には空間S1が形成されている。すなわち、連結部81によってジャケット31が保持部3bに向けて付勢されているため、図8に示されるように固浸レンズ62が半導体デバイス2から離間した状態においても、冷却ユニット21がステージ3に密着した状態が維持される。

[0069] 空間S1は、半導体デバイス2のパッケージ2b及びダイ2cと、ジャケット31に設けられた凹部33の第1部分34の底面34aとの間に形成される。すなわち、この例では、第1部分34の底面34aが、半導体デバイス2と向かい合って半導体デバイス2との間に空間S1を画定する空間画定面となっている。パッケージ2bと底面34aとの間における空間S1の深さは、ダイ2cと底面34aとの間における空間S1の深さよりも深い。空

間S 1は、方向D 1から見た場合に開口3 2に連なっており、開口3 2を囲むように円環状に延在している。空間S 1の厚さ（方向D 1における最小厚さ、すなわち、方向D 1におけるダイ2 cと底面3 4 aとの間の距離）は、0. 05 mm以上0. 5 mm以下である。この例では、空間S 1の厚さは、第1部分3 4の深さと保持部3 bの係止部3 dの厚さとの和に等しい。上述した溝部3 6は、その少なくとも一部が空間S 1に露出するように配置されている。

[0070] また、固浸レンズ6 2が半導体デバイス2に接触した状態においては、第1部分3 4の底面3 4 aと保持部3 bとの間、及び、第2部分3 5の底面3 5 aと保持部3 bとの間に、空間S 2が形成される。第2部分3 5における空間S 2の深さは、第1部分3 4における空間S 2の深さよりも深い。空間S 2は、底面3 5 aにおいて排出流路5 2に接続されている。第2部分3 5における空間S 2には、空間S 1から排出流路5 2に排出される流体5が貯留される。つまり、第2部分3 5における空間S 2は、排出流路5 2に排出される流体5を貯留するプール部として機能する。空間S 2は、空間S 1に接続されており、方向D 1から見た場合に空間S 1を囲むように円環状に延在している。空間S 2の外縁は、上述した弾性部材4 1, 4 2によって封止されている。

[0071] 開口3 2内の空間S 3は、供給流路5 1に接続されている。空間S 3には固浸レンズユニット6 1が配置されており、空間S 3における対物レンズ1 6側の端部は、上述した封止部材6 4によって封止されている。より具体的には、弾性部材4 1, 4 2によってジャケット3 1と保持部3 bとの間が封止されることで、空間S 3における対物レンズ1 6側の端部が封止されている。また、上述したとおり、固浸レンズ6 2と可撓性部材7 2との間、及び、可撓性部材7 2とホルダ6 3の蓋部7 4との間が水密に封止されている。以上により、空間S 1, S 2及びS 3により構成される空間（流路）が封止されている。

[0072] 供給流路5 1から空間S 3に供給された流体5は、空間S 1～S 3を流動

する。流体5は、空間S3から空間S1を経て空間S2へ流れ、排出流路52から排出される。図3、図7及び図8では、流体5が流動する領域がハッチングで示されている。この例では、方向D1から見た場合に、供給流路51から空間S1～S3に流体5が供給される位置は、空間S1～S3から排出流路52に流体5が排出される位置（排出口52aの位置）よりも内側に位置している。空間S1～S3を流れる流体5の圧力は、レギュレータ23により変化させられる。制御部15は、空間S1～S3を流れる流体5の圧力が冷却ユニット21の外部の圧力よりも低くなるように（すなわち、空間S1～S3内が負圧となるように）、各レギュレータ23を制御する。これにより、冷却ユニット21をステージ3に対して好適に密着させることが可能となる。

[半導体検査方法]

[0073] 半導体検査装置1を用いた半導体検査方法では、まず、半導体デバイス2をステージ3に配置（固定）する（第1ステップ）。続いて、冷却ユニット21を、開口32が半導体デバイス2と向かい合い、且つ、ジャケット31と半導体デバイス2との間に空間S1が画定されるように配置する（第2ステップ）。より具体的には、例えば、上述したXYZステージによって対物レンズ16（対物レンズモジュール60）を移動させ、開口32が半導体デバイス2と向かい合うように冷却ユニット21をステージ3に取り付ける。これにより、冷却ユニット21とステージ3との間に空間S1～S3が形成される。

[0074] 続いて、XYZステージによって対物レンズ16を移動させることで固浸レンズ62を半導体デバイス2に向かって移動させ、固浸レンズ62の当接面62aを半導体デバイス2に当接させる（図7、第3ステップ）。続いて、信号入力装置11によって半導体デバイス2を駆動させる（第4ステップ）。続いて、空間S1～S3に流体5を流しながら、駆動中の半導体デバイス2から到来して開口32を通過した光を光検出器14により検出する（第5ステップ）。以上の工程により、上述したとおり、半導体デバイス2の検

査を行うことができる。なお、半導体デバイス2を駆動させる第4ステップは、第2ステップ又は第3ステップよりも前に行われてもよい。

[0075] 観察エリアを変更する際には、XYZステージによって対物レンズ16を移動させることで固浸レンズ62を半導体デバイス2から遠ざける(図8)。このとき、連結部81によってジャケット31が保持部3bに向けて付勢されているため、冷却ユニット21がステージ3に密着した状態が維持される。また、磁石38の引力によっても、ジャケット31が保持部3bに向けて付勢される。続いて、XYZステージによって対物レンズ16(対物レンズモジュール60)をX軸方向及び/又はY軸方向に移動させ、固浸レンズ62を所望の観察エリアに対応する位置まで移動させる。続いて、XYZステージによって対物レンズ16を移動させることで固浸レンズ62を半導体デバイス2に向かって移動させ、固浸レンズ62を半導体デバイス2に当接させる。これにより、観察エリアを変更することができる。

[作用及び効果]

[0076] 以上説明したように、冷却ユニット21を半導体デバイス2の検査に用いる場合、例えば、開口32が半導体デバイス2と向かい合い、且つ、第1部分34の底面34aと半導体デバイス2との間に空間S1が画定されるように、冷却ユニット21を配置する。そして、供給流路51を介して当該空間S1に流体5を流しながら、駆動中の半導体デバイス2から出射されて開口32を通過した光を検出する。ジャケット31と半導体デバイス2との間に画定された空間S1に流体5を流すことにより、半導体デバイス2を効果的に冷却することができる。これは、当該流体5によって半導体デバイス2の熱が取り去られるのに加えて、当該流体5を介して半導体デバイス2の熱がジャケット31に効率良く伝達されるためである。更に、流体5を用いて冷却を行うため、仮に半導体デバイス2が製造誤差又は発熱により反っている場合でも、流体5が半導体デバイス2に良好に接触する。したがって、そのような場合でも冷却性能を確保することができる。よって、この冷却ユニット21によれば、高い冷却性能を実現することができる。

[0077] 空間S 1に流体5を流すことにより半導体デバイス2の効果的な冷却が可能となる理由について更に説明する。流体が物体の表面を流れる場合、粘性を有する流体と物体との境界には流速が連続的に変化する境界層が発生する。通常、この境界層の厚さが厚く、且つ物体からの距離に対する流速の変化が少ないほど、流体と物体との間の熱交換の速度は遅くなる。当該境界層を薄くするためには、流速を増加させることが一般的である。ところが、微小な隙間に流体を流す場合、流量を一定とすると、隙間が狭いほど流速が増加する。更に、境界層内部の速度傾斜が隙間の大きさに反比例し、流速に比例して大きくなる。そのため、物体と流体との間の熱抵抗を大幅に抑制することが可能となる。冷却ユニット21では、この現象を利用することで、半導体デバイス2から流体5への熱伝達、及び流体5からジャケット31への熱伝達における熱抵抗を大幅に抑制し、半導体デバイス2の熱を効率良く伝達することが可能となる。

[0078] 他の冷却方法として、冷却ブロックを熱伝導グリースを介して半導体デバイス2に密着させて半導体デバイス2を冷却する方法が考えられる。しかし、そのような半導体検査装置1においては、熱伝導グリースによって固浸レンズ62の半導体デバイス2に対する密着が妨げられるおそれがあるため、熱伝導グリースを使用することができない。これに対し、冷却ユニット21では、ジャケット31と半導体デバイス2との間に微小な隙間（空間S1）を設け、当該隙間に流体5を流すことで、流体5を動的なグリースとして機能させることができる。その結果、半導体デバイス2を効果的に冷却することが可能となる。

[0079] ジャケット31には、空間S1から排出される流体5が流れる排出流路52が設けられている。これにより、供給流路51及び排出流路52を介して空間S1に流体を流すことができ、半導体デバイス2をより効果的に冷却することができる。

[0080] ジャケット31には、ジャケット31を冷却するための冷媒6が流れる冷媒流路55が設けられている。これにより、ジャケット31をより好適に冷

却することができる。

[0081] 第1部分34の底面34aが、開口32に連なっており、開口32を囲むように平面状に延在している。これにより、半導体デバイス2をより一層効果的に冷却することができる。

[0082] 空間S1の厚さが、0.05mm以上0.5mm以下である。これにより、半導体デバイス2をより一層効果的に冷却することができる。すなわち、空間S1の厚さが0.05mm以上0.5mm以下であると、流体5によって半導体デバイス2の熱を効果的に取り去ることができる。その結果、例えば、0.2リットル／分程度の流量で200W程度の半導体デバイス2を冷却することが可能となる。空間S1の厚さは、0mmよりも大きく0.05mm以下であってもよい。この場合、空間S1を流れる流体5が熱伝導媒体として機能し易く、半導体デバイス2の熱をジャケット31に一層効率良く伝達することができる。空間S1の厚さは、0.1mm以上0.5mm以下であってもよい。

[0083] 空間S1を画定する空間画定面が、ジャケット31に形成された凹部33の底面34aである。これにより、より好適にジャケット31と半導体デバイス2との間に空間S1を画定することができる。

[0084] 冷却ユニット21は、ジャケット31とステージ3との間で挟まれて空間S1を封止する弾性部材41, 42を備えている。これにより、ジャケット31と半導体デバイス2との間の空間S1をより確実に封止することができる。

[0085] ジャケット31には、供給流路51が4つ設けられている。これにより、半導体デバイス2をより一層効果的に冷却することができる。すなわち、供給流路51を少なくとも2つ設けることで、半導体デバイス2に対する固浸レンズ62の接触位置にかかわらず、当該接触位置の周辺に流体5を供給することが可能となる。更に、少なくとも2つの供給流路51が設けられていることにより、空間S1を流れる流体5の圧力の制御を容易化することができる。供給流路51が少なくとも3つ設けられている場合、これらの作用効

果が顕著に奏される。

- [0086] 方向D1から見た場合に、供給流路51から空間S1に流体5が供給される位置が、空間S1から排出流路52に流体5が排出される位置よりも内側に位置している。これにより、半導体デバイス2を一層効果的に冷却することができる。供給流路51が、開口32に向けて流体5を排出するように構成されている。これにより、半導体デバイス2をより一層効果的に冷却することができる。
- [0087] 底面34aには、溝部36が形成されている。これにより、空間S1を流れる流体5を乱流化させることができ、半導体デバイス2の熱をジャケット31に一層効率良く伝達することができる。これは、乱流化により、境界層の厚さを薄くすることができると共に、空間S1を流れる流体5の温度を均一化することができるためである。
- [0088] 対物レンズモジュール60は、冷却ユニット21を対物レンズ16とは反対側に向けて付勢するバネ82を備えている。これにより、ステージ3に対して冷却ユニット21をより好適に密着させることができる。
- [0089] ホルダ63が、固浸レンズ62の周縁部に接触して、固浸レンズ62を水密に且つ揺動可能に保持する可撓性部材72を有している。これにより、固浸レンズ62が揺動可能であるので、固浸レンズ62を半導体デバイス2に対して倣って密着させ易い。更に、固浸レンズ62が水密に保持されているため、固浸レンズ62の周囲から流体5が漏れるのを防止することができる。
- [0090] 対物レンズモジュール60は、ホルダ63とジャケット31との間で挟まれてホルダ63とジャケット31との間を封止する封止部材64を備えている。これにより、ホルダ63とジャケット31との間から流体5が漏れるのを防止することができる。
- [0091] 半導体検査装置1は、空間S1を流れる流体5の圧力を変化させるレギュレータ23と、レギュレータ23を制御する制御部15とを備えている。これにより、半導体デバイス2をより一層効果的に冷却することができる。

[0092] 半導体検査装置 1 では、制御部 15 が、空間 S 1 を流れる流体 5 の圧力が冷却ユニット 21 の外部の圧力よりも低くなるように、レギュレータ 23 を制御する。これにより、空間 S 1 内が負圧となるため、冷却ユニット 21 をステージ 3 に対してより好適に密着させることができる。また、空間 S 1 ~ S 3 において隙間等から流体 5 が漏れるのを抑制することができる。

[変形例]

[0093] 冷却ユニット 21 は、図 9、図 10 及び図 11 に示される変形例のように構成されてもよい。変形例では、冷却ユニット 21 は、対物レンズ 16 とは別体に構成されている。対物レンズ 16 には、固浸レンズユニット 61 が取り付けられていない。ジャケット 31 の開口 32 には、光透過部材 85 が配置されている。光透過部材 85 は、例えばガラスにより板状に形成され、観察光を透過させる。光透過部材 85 は、開口 32 を水密に塞いでいる。光透過部材 85 は、例えば、開口 32 から半導体デバイス 2 側に突出するように配置され、所定の間隔を空けて半導体デバイス 2 のダイ 2c と向かい合っている。変形例では、半導体デバイス 2 のパッケージ 2b 及びダイ 2c と、ジャケット 31 に設けられた凹部 33 の第 1 部分 34 の底面 34a との間に空間 S 1 が形成される。上記実施形態と同様に、第 1 部分 34 の底面 34a と保持部 3b との間、及び、第 2 部分 35 の底面 35a と保持部 3b との間に、空間 S 2 が形成される。変形例では、光透過部材 87 によって開口 32 が塞がれているため、空間 S 1 は開口 32 内の空間とは接続されない。

[0094] このような変形例によっても、上記実施形態と同様に、半導体デバイス 2 の検査及び観察を行うことができる。また、上述した理由により、高い冷却性能を実現することができる。更に、光透過部材 85 が開口 32 を水密に塞いでいるため、開口 32 から流体 5 が漏れるのを防止することができる。

[0095] 図 11 に示されるように、変形例に係る半導体検査装置 1 は、冷却ユニット 21 をステージ 3 に向けて付勢する付勢装置 90 を備えている。付勢装置 90 は、例えばバネ 91 を有して XYZ ステージに固定されており、バネ 91 によって冷却ユニット 21 をその周縁部において付勢している。これによ

り、冷却ユニット21をステージ3に対してより好適に密着させることができる。

[0096] 半導体デバイス2の検査時には、対物レンズ16は、図11(a)に示される検査位置に位置付けられる。観察エリアを変更する場合において、対物レンズ16のレンズを切り替えるときには、対物レンズ16は、検査位置から図11(b)に示されるレンズ切替位置まで下降させられる。そして、所望の観察エリアに対応する位置までXY方向に移動させられた後で、検査位置まで上昇させられる。一方、観察エリアを変更する場合において、対物レンズ16のレンズを切り替えないときには、対物レンズ16は、検査位置に位置付けられたままで、所望の観察エリアに対応する位置までXY方向に移動させられる。

[0097] 各構成の材料及び形状には、上述した材料及び形状に限らず、様々な材料及び形状を採用することができる。上記実施形態では、半導体検査装置1は、半導体デバイス2に対して鉛直下側から観察を行う装置として構成されたが、半導体デバイス2に対して鉛直上側から観察を行う装置として構成されてもよい。この場合、半導体デバイス2は、ステージ3上に載置されてもよい。

[0098] 上記実施形態では、半導体デバイス2との間に空間S1を画定する空間画定面が、凹部33の底面である底面34aにより構成されたが、空間画定面の構成はこれに限られない。例えば、ジャケット31の第1表面31aに凹部33が形成されず、平坦に形成された第1表面31aにより空間画定面が構成されてもよい。空間画定面には、半導体デバイス2に当接して空間画定面と半導体デバイス2との間の間隔を規定する突出部が設けられていてもよい。この場合、当該突出部の高さが空間S1の厚さとなる。変形例のように光透過部材85が設けられる場合、当該突出部は光透過部材85に設けられてもよい。

[0099] 上記実施形態では第1部分34の底面34aには渦巻き状に延在する溝部36が形成されていたが、底面34aには凹部及び凸部の少なくとも一方が

形成されていればよい。例えば、底面34aには、径方向に並んで配置された円環状の複数の溝部が形成されていてもよい。すなわち、底面34aには、同心円状の溝部が形成されていてもよい。或いは、底面34aには、空間S1を流れる流体5を乱流化させるための複数の凸部が形成されていてもよい。

[0100] 上記実施形態では、ジャケット31が、水からなる冷媒6により冷却されたが、空気からなる冷媒6により冷却されてもよい。すなわち、ジャケット31は液冷ではなく空冷されてもよい。この場合、サーモストリーマが用いられてもよい。ジャケット31には、ジャケット31の温度を検出するためのセンサが設けられていてもよい。この場合、ジャケット31の温度に応じて冷却動作を制御することが可能となる。排出流路52及び冷媒流路55の少なくとも一方が設けられていなくてもよい。排出流路52が設けられない場合、流体5は、例えば、ステージ3とジャケット31との間に形成された隙間から排出されてもよい。供給流路51及び排出流路52の少なくとも一方は、1つだけ設けられていてもよい。

[0101] 貯留タンク22内の流体の圧力は、コンプレッサによる昇圧に代えて、貯留タンク22の位置を高くすることにより高められてもよい。供給流路51及び排出流路52の少なくとも一方には、流量センサが設けられてもよい。ドレーンタンク24に貯留されている流体5は、フィルタ等により汚れを取り除いた後に貯留タンク22に戻されて再利用されてもよい。

[0102] 半導体デバイス2は、ロジックLSIを含むデバイスに限定されない。半導体デバイス2は、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、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ってもよい。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。半導体デバイス2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2は、例えば、シリコン基板に複数の素子（コンデンサ等）が作り込まれることにより形成されていてもよい。上記実施形態では、信号入

力装置 1 1 等を制御する制御部 1 5 によりレギュレータ 2 3 及びチラー 2 5 が制御されたが、レギュレータ 2 3 及びチラー 2 5 が制御される制御部が、信号入力装置 1 1 等を制御する制御部とは別に構成されていてもよい。

符号の説明

[0103] 1…半導体検査装置、2…半導体デバイス、3…ステージ、5…流体、6…冷媒、14…光検出器、15…制御部、16…対物レンズ、21…冷却ユニット、23…レギュレータ（圧力調整部）、31…ジャケット、32…開口（光通過部）、33…凹部、34 a…底面（空間画定面）、36…溝部（凹部）、41, 42…弾性部材、51…供給流路、52…排出流路、55…冷媒流路、60…対物レンズモジュール、62…固浸レンズ、63…ホルダ、64…封止部材、72…可撓性部材、82…バネ（付勢部材）、85…光透過部材、90…付勢装置、S1…空間。

請求の範囲

- [請求項1] 半導体デバイスの検査において用いられる冷却ユニットであって、前記半導体デバイスの熱を放熱するためのジャケットを備え、前記ジャケットには、前記半導体デバイスからの光を通過させる光通過部が設けられており、前記ジャケットは、前記光通過部が前記半導体デバイスと向かい合う状態において、前記半導体デバイスと向かい合って前記半導体デバイスとの間に空間を画定する空間画定面を有し、前記ジャケットには、前記空間に供給される流体が流れる供給流路が設けられている、冷却ユニット。
- [請求項2] 前記ジャケットには、前記空間から排出される前記流体が流れる排出流路が更に設けられている、請求項1に記載の冷却ユニット。
- [請求項3] 前記ジャケットには、前記ジャケットを冷却するための冷媒が流れる冷媒流路が更に設けられている、請求項1又は2に記載の冷却ユニット。
- [請求項4] 前記空間画定面は、前記光通過部を囲むように延在している、請求項1～3のいずれか一項に記載の冷却ユニット。
- [請求項5] 前記空間画定面は、平面状に延在している、請求項1～4のいずれか一項に記載の冷却ユニット。
- [請求項6] 前記空間画定面は、前記光通過部に連なっている、請求項1～5のいずれか一項に記載の冷却ユニット。
- [請求項7] 前記空間画定面は、前記ジャケットに形成された凹部の底面である、請求項1～6のいずれか一項に記載の冷却ユニット。
- [請求項8] 前記空間の厚さは、0.05mm以上0.5mm以下である、請求項1～7のいずれか一項に記載の冷却ユニット。
- [請求項9] 前記空間の厚さは、0mmよりも大きく0.05mm以下である、請求項1～7のいずれか一項に記載の冷却ユニット。
- [請求項10] 前記ジャケットと、前記半導体デバイスが配置されるステージとの

間で挟まれて前記空間を封止する弾性部材を更に備える、請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の冷却ユニット。

[請求項11] 前記ジャケットには、前記供給流路が少なくとも 2 つ設けられている、請求項 1 ～ 10 のいずれか一項に記載の冷却ユニット。

[請求項12] 前記空間画定面に垂直な方向から見た場合に、前記供給流路から前記空間に前記流体が供給される位置は、前記空間から前記排出流路に前記流体が排出される位置よりも内側に位置している、請求項 2 に記載の冷却ユニット。

[請求項13] 前記供給流路は、前記光通過部に向けて前記流体を排出するように構成されている、請求項 1 ～ 12 のいずれか一項に記載の冷却ユニット。

[請求項14] 前記空間画定面には、凹部及び凸部の少なくとも一方が形成されている、請求項 1 ～ 13 のいずれか一項に記載の冷却ユニット。

[請求項15] 前記光通過部は、前記ジャケットに設けられた開口に光透過部材が配置されることによって構成されている、請求項 1 ～ 14 のいずれか一項に記載の冷却ユニット。

[請求項16] 前記光透過部材は、前記開口を水密に塞いでいる、請求項 15 に記載の冷却ユニット。

[請求項17] 請求項 1 ～ 14 のいずれか一項に記載の冷却ユニットと、
前記光通過部と向かい合う対物レンズと、
前記対物レンズの光軸上に位置するように保持された固浸レンズと、
を備え、
前記光通過部は、前記ジャケットに設けられた開口によって構成されており、
前記固浸レンズは、前記開口に配置されている、対物レンズモジュール。

[請求項18] 前記冷却ユニットを前記対物レンズとは反対側に向けて付勢する付勢部材を更に備える、請求項 17 に記載の対物レンズモジュール。

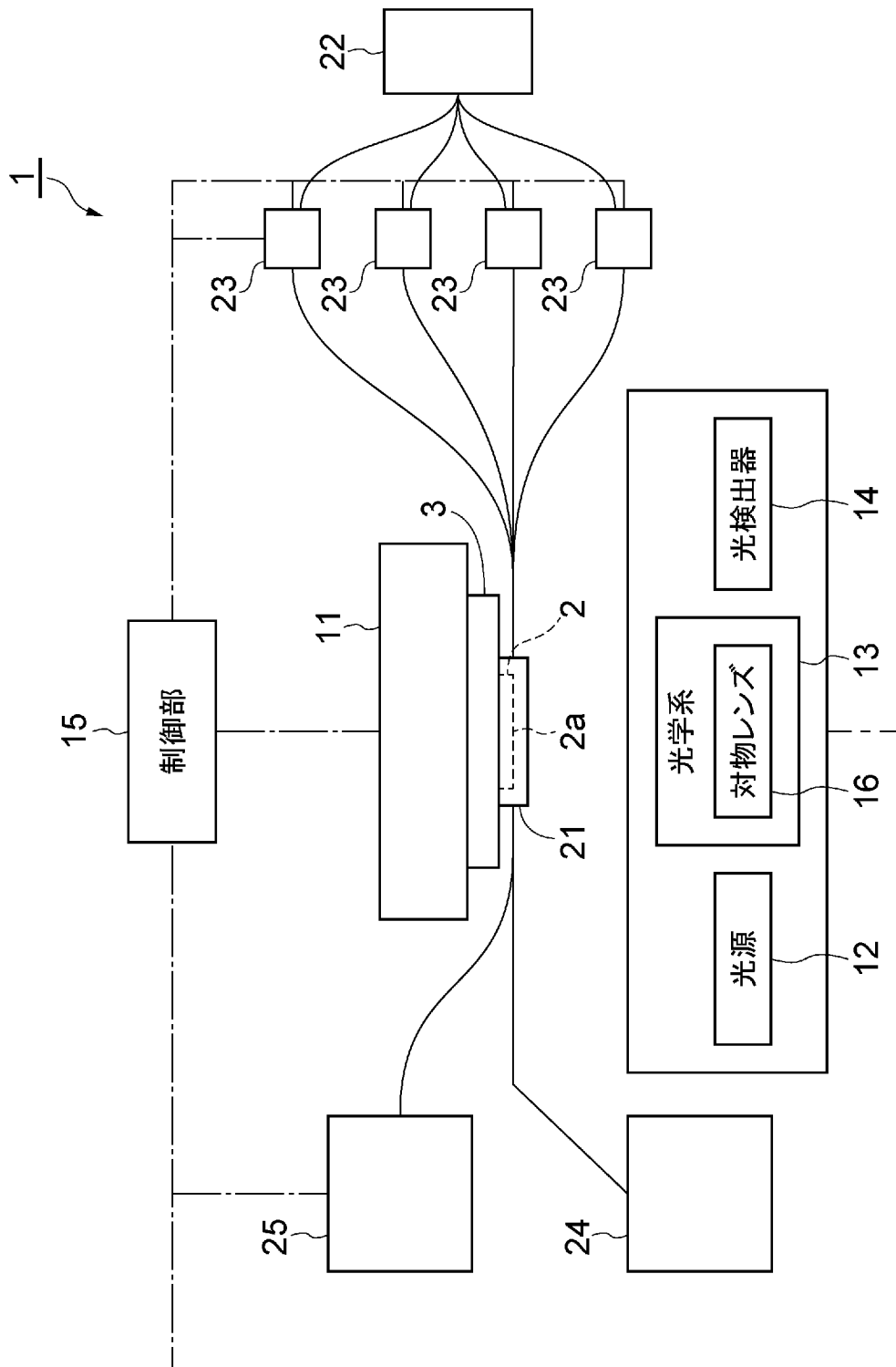
- [請求項19] 前記対物レンズに取り付けられ、前記固浸レンズを保持するホルダを更に備え、
前記ホルダは、前記固浸レンズの周縁部に接触して、前記固浸レンズを水密に且つ揺動可能に保持する可撓性部材を有する、請求項17又は18に記載の対物レンズモジュール。
- [請求項20] 前記対物レンズに取り付けられ、前記固浸レンズを保持するホルダと、
前記ホルダと前記ジャケットとの間で挟まれて前記ホルダと前記ジャケットとの間を封止する封止部材と、を更に備える、請求項17～19のいずれか一項に記載の対物レンズモジュール。
- [請求項21] 請求項1～16のいずれか一項に記載の冷却ユニットと、
前記半導体デバイスが配置されるステージと、
前記光通過部を介して前記半導体デバイスと向かい合う対物レンズと、
前記半導体デバイスからの光を前記光通過部及び前記対物レンズを介して検出する光検出器と、を備える、半導体検査装置。
- [請求項22] 前記空間を流れる前記流体の圧力を変化させる圧力調整部と、
前記圧力調整部を制御する制御部と、を更に備える、請求項21に記載の半導体検査装置。
- [請求項23] 前記制御部は、前記空間を流れる前記流体の圧力が前記冷却ユニットの外部の圧力よりも低くなるように、前記圧力調整部を制御する、請求項22に記載の半導体検査装置。
- [請求項24] 前記冷却ユニットを前記ステージに向けて付勢する付勢装置を更に備える、請求項21～23のいずれか一項に記載の半導体検査装置。
- [請求項25] 半導体デバイスをステージに配置するステップと、
半導体デバイスからの光を通過させる光通過部が設けられたジャケットを有する冷却ユニットを、前記光通過部が前記半導体デバイスと向かい合い、且つ、前記ジャケットと前記半導体デバイスとの間に空

間が画定されるように配置するステップと、

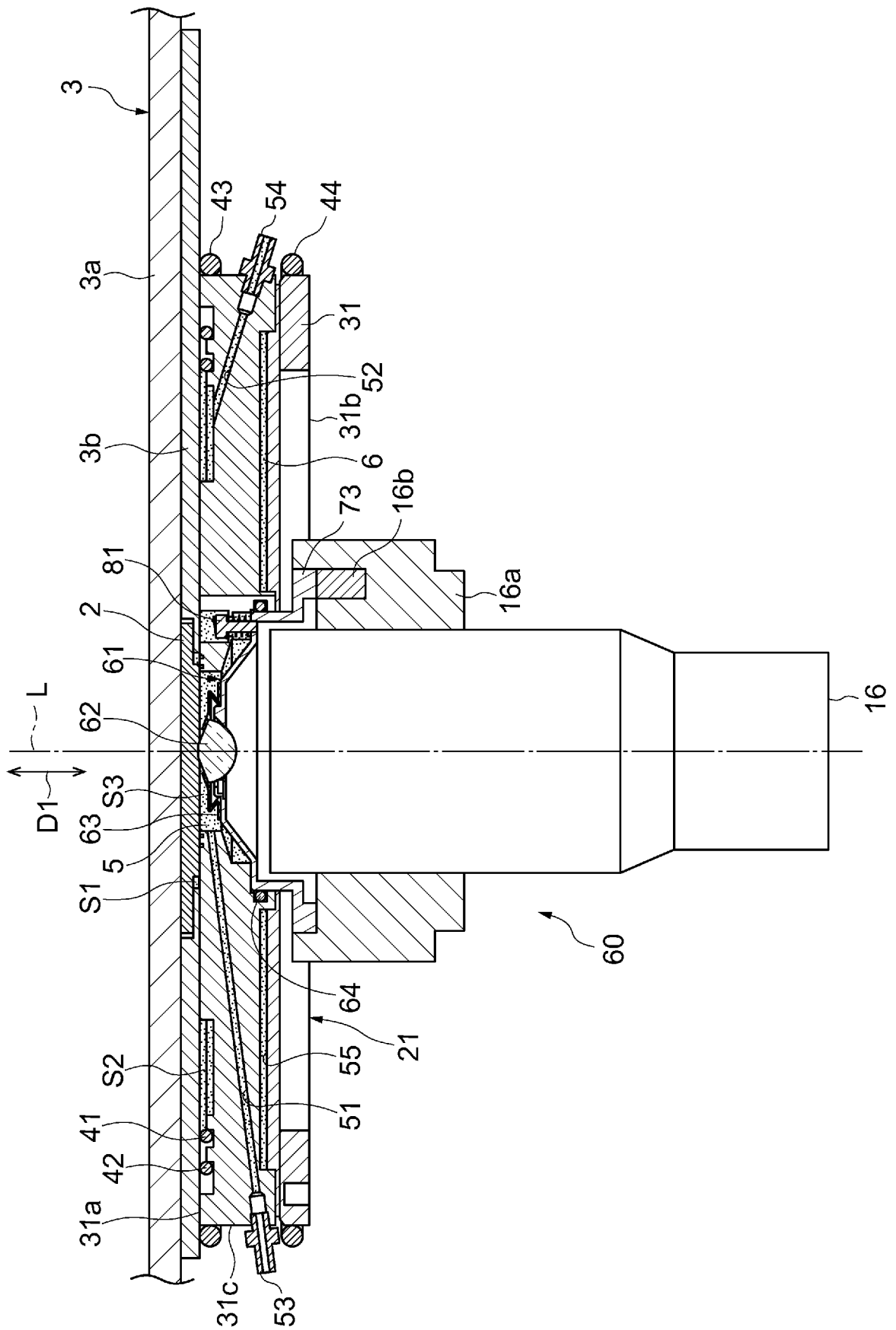
前記半導体デバイスを駆動させるステップと、

前記空間に流体を流しながら、駆動中の前記半導体デバイスから到来して前記光通過部を通過した光を光検出器により検出するステップと、を備える、半導体検査方法。

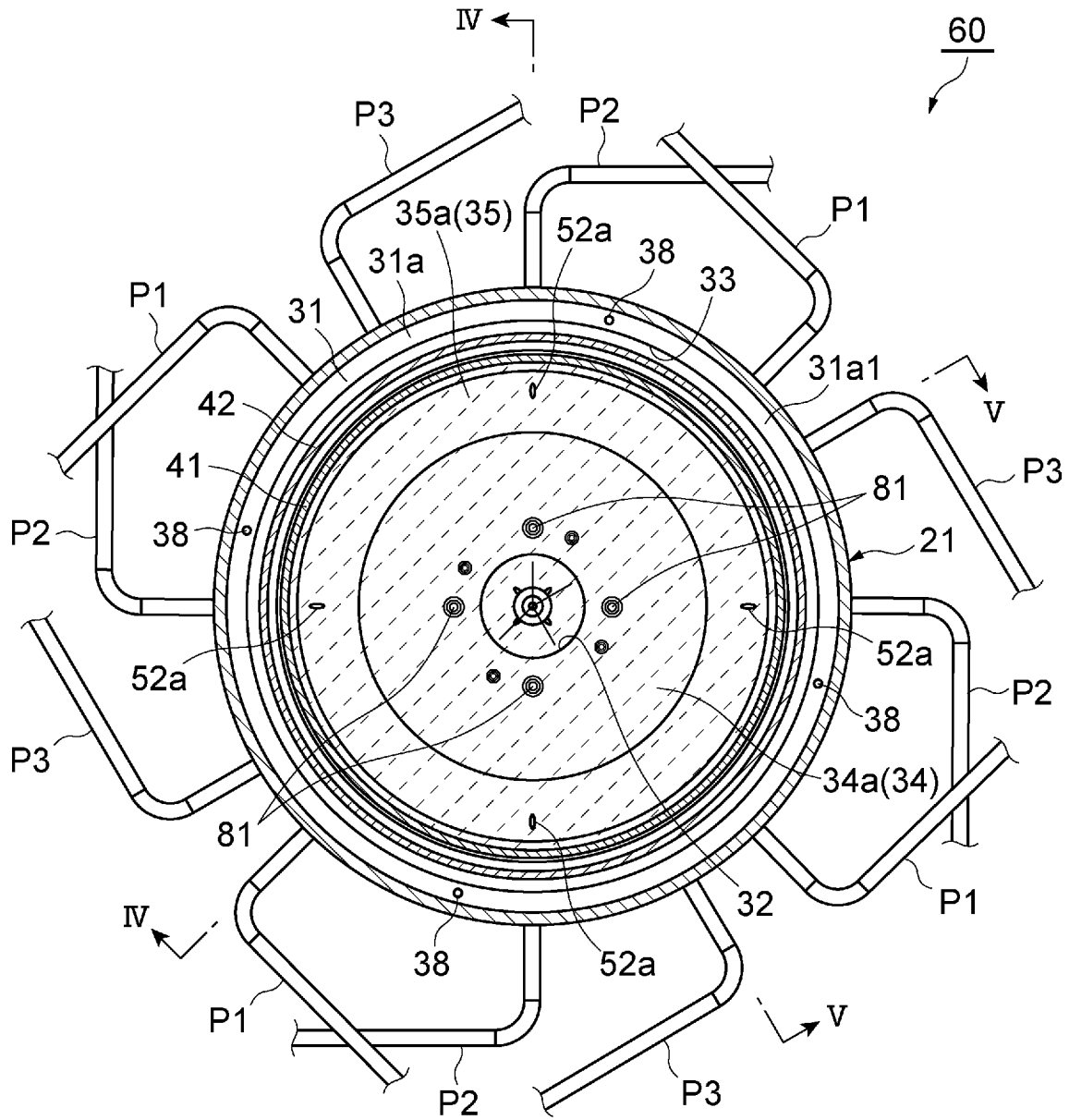
[図1]



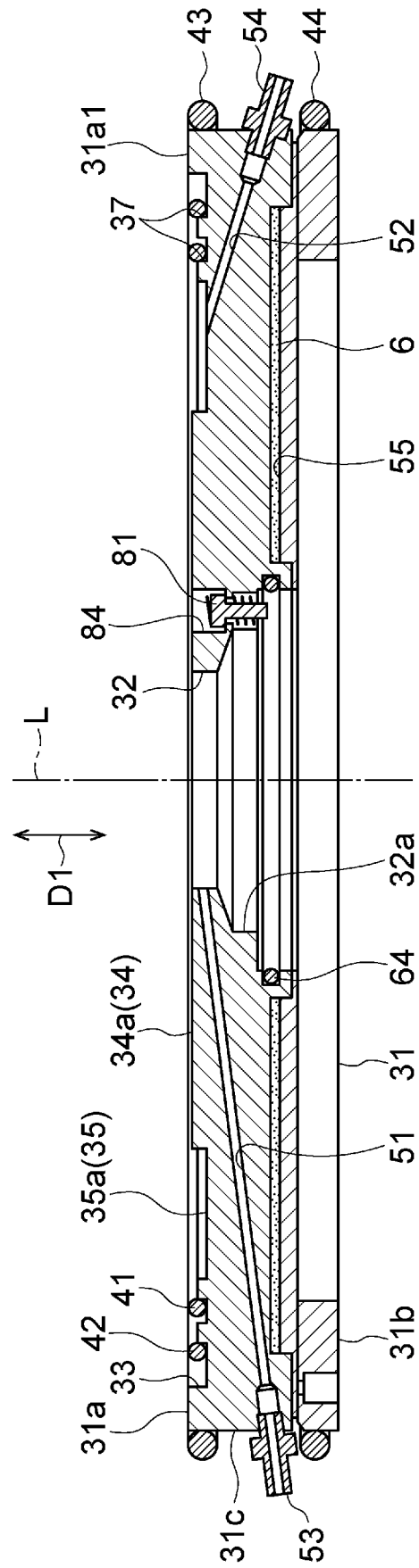
[図2]



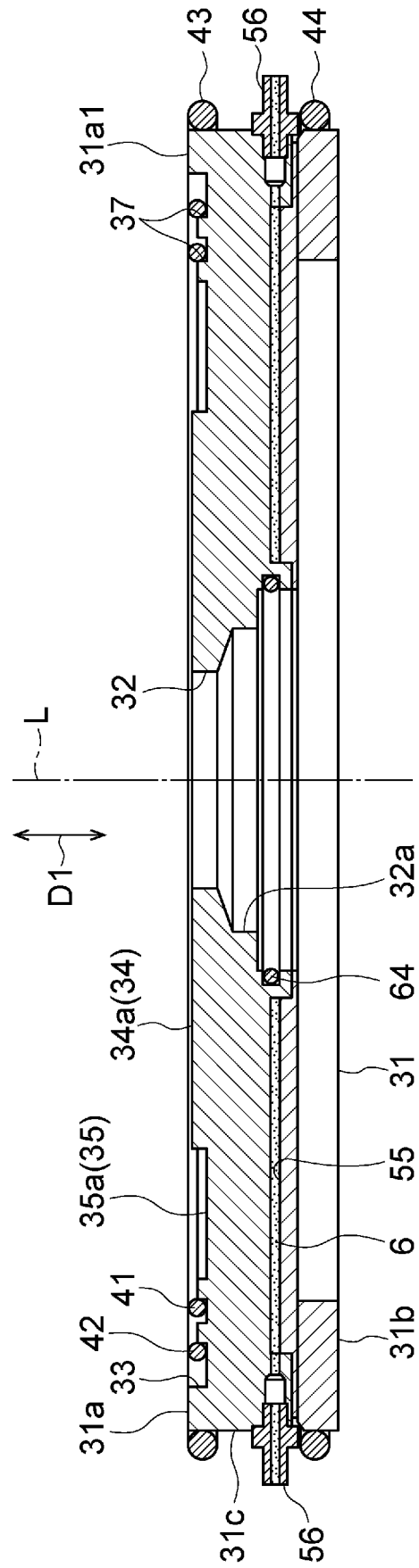
[図3]



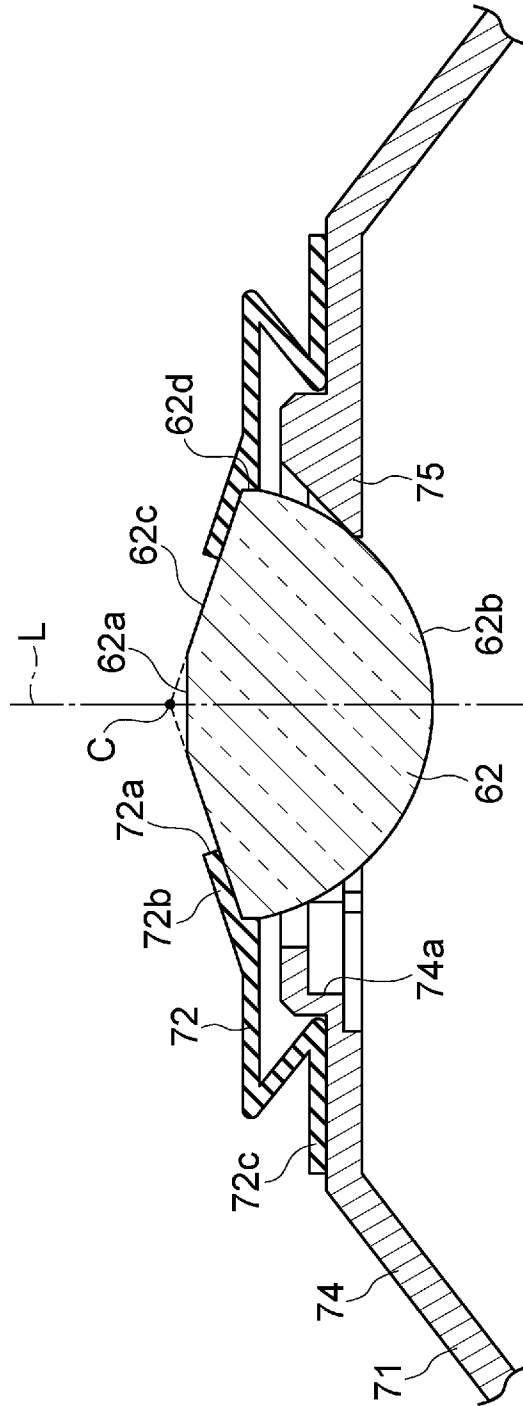
[図4]



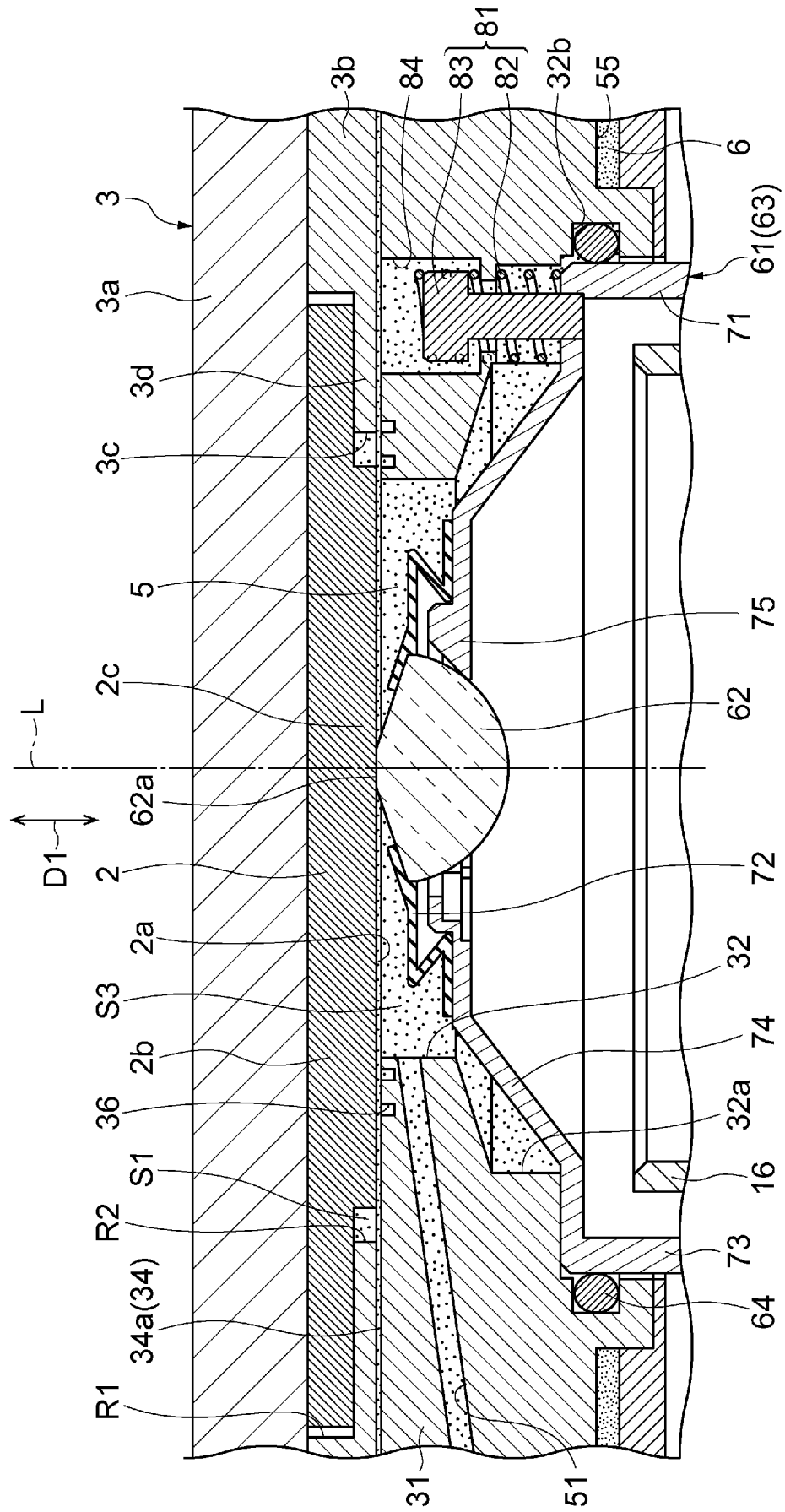
[図5]



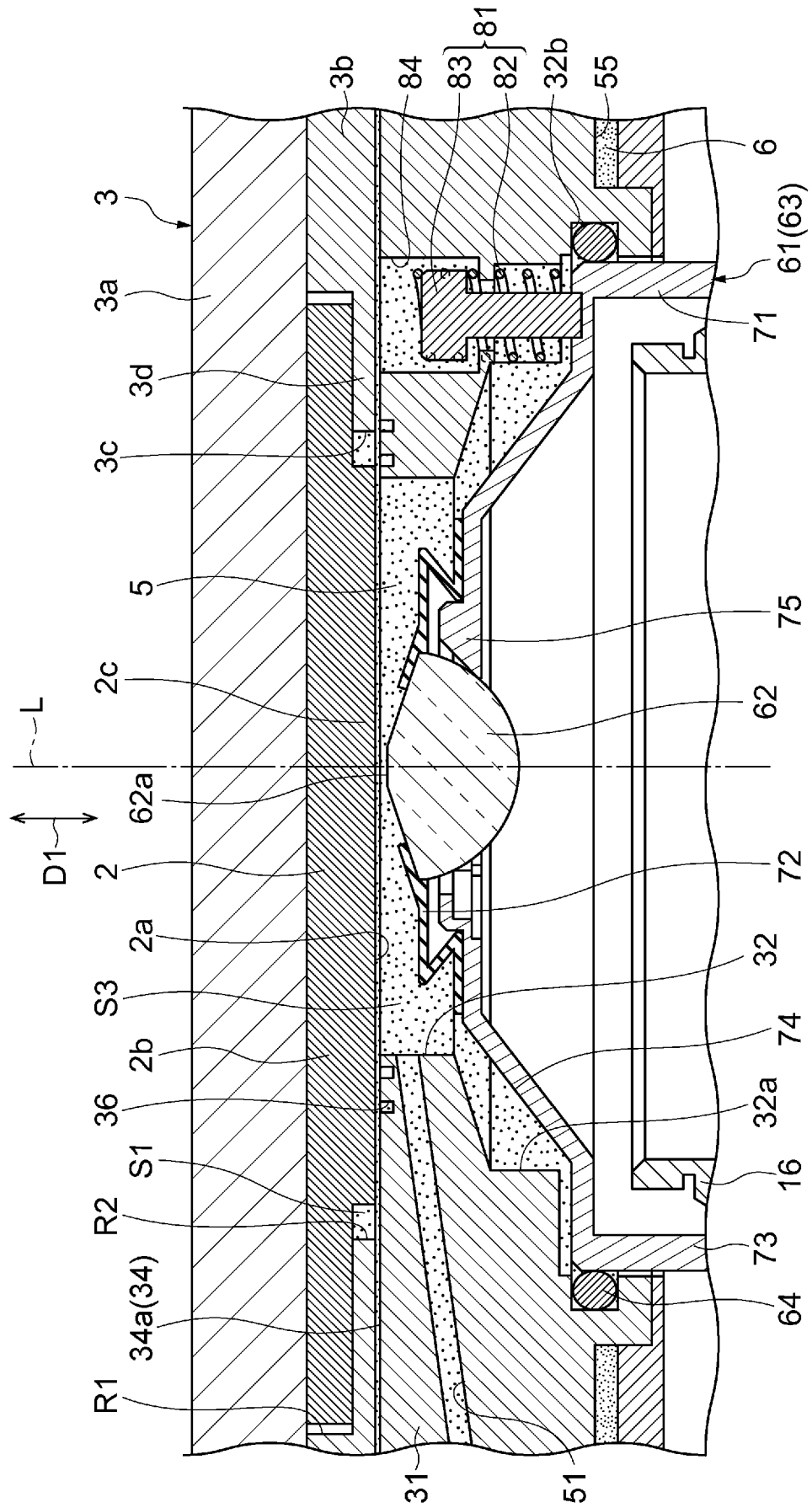
[図6]



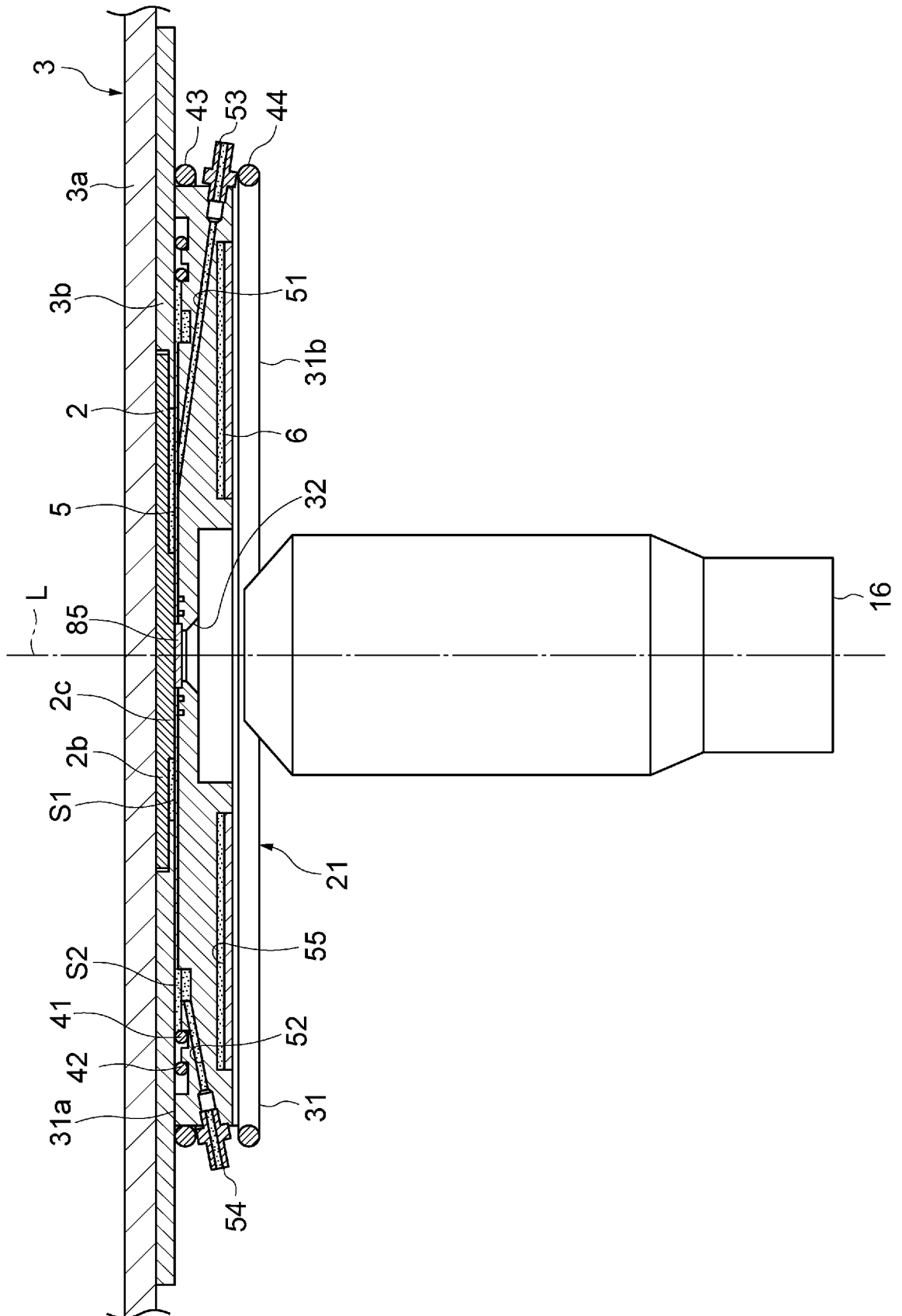
[図7]



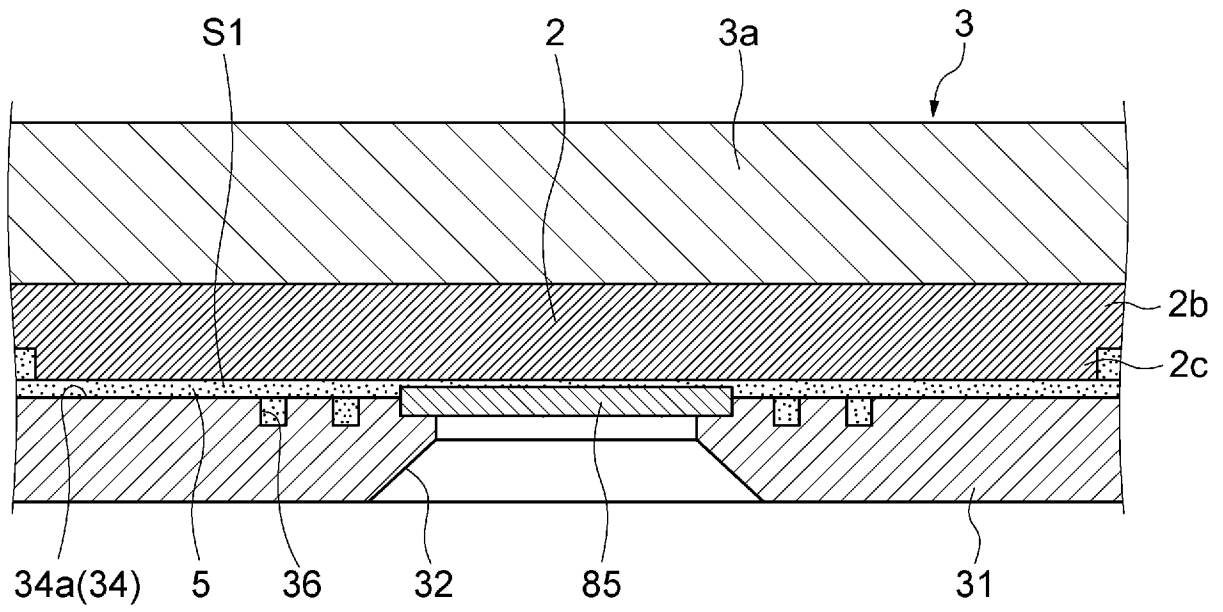
[図8]



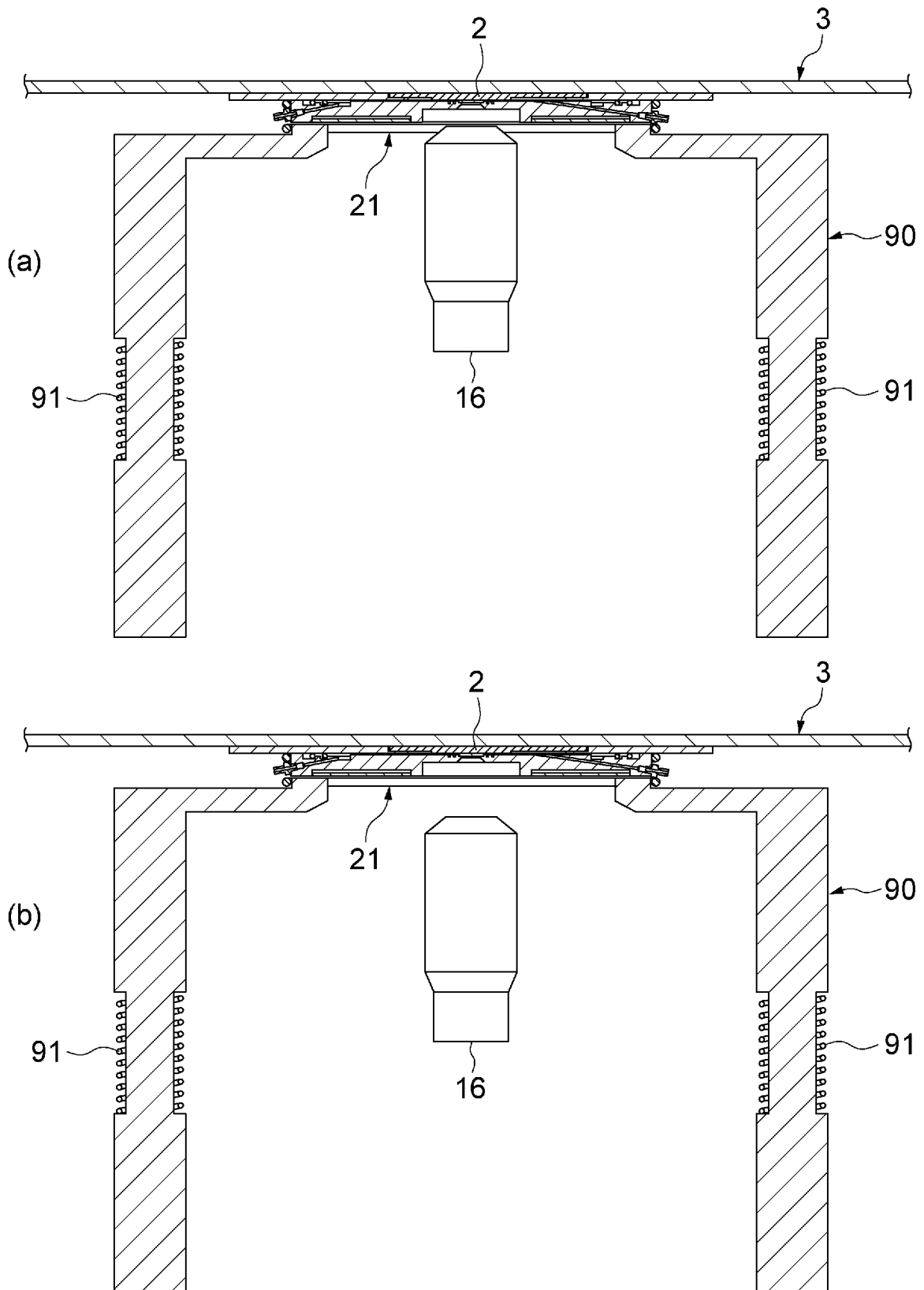
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/039879

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. G01R31/302 (2006.01) i, G01R31/26 (2014.01) i, H01L23/473 (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. G01R31/302, G01R31/26, H01L23/473, G01R31/28, G01R31/00, H01L23/46, H01L21/66, G01D21/00

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 1971-2019
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2019
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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 2006-519359 A (ISOTHERMAL SYSTEMS RESEARCH, INC.) 24 August 2006, paragraphs [0001], [0013]-[0057], fig. 5, 6 & US 2004/0032275 A1, fig. 5, 6, paragraphs [0016]-[0030], [0047]-[0062] & WO 2004/079380 A1 & EP 1604217 A1 & TW 200420862 A & KR 10-2005-0111751 A & CN 1756961 A	1, 4-7, 10, 13, 15, 17, 21-25
A	WO 2016/063676 A1 (MURATA MFG. CO., LTD.) 28 April 2016, entire text, all drawings & US 2017/0219646 A1, entire text, all drawings & KR 10-2017-0054452 A & TW 201629510 A	2-3, 8-9, 11-12, 14, 16, 18-20
A	JP 2016-75549 A (SEIKO EPSON CORP.) 12 May 2016, entire text, all drawings & TW 201614252 A	1-25
A	WO 2016/063676 A1 (MURATA MFG. CO., LTD.) 28 April 2016, entire text, all drawings & US 2017/0219646 A1, entire text, all drawings & KR 10-2017-0054452 A & TW 201629510 A	1-25

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
18.11.2019

Date of mailing of the international search report
03.12.2019

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/JP2019/039879

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 2005-45144 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 17 February 2005, entire text, all drawings (Family: none)	1-25
A	JP 2008-141207 A (RENESAS TECHNOLOGY CORP.) 19 June 2008, entire text, all drawings (Family: none)	1-25
A	JP 2012-168191 A (DCG SYSTEMS INC.) 06 September 2012, entire text, all drawings & US 2003/0098692 A1, entire text, all drawings & WO 2003/046593 A1 & EP 1448999 A1 & TW 200301528 A & CN 1592854 A & KR 10-2004-0071686 A	1-25

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. G01R31/302(2006.01)i, G01R31/26(2014.01)i, H01L23/473(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. G01R31/302, G01R31/26, H01L23/473, G01R31/28, G01R31/00, H01L23/46, H01L21/66, G01D21/00

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 A	JP 2006-519359 A（アイソサーマル・システムズ・リサーチ・インコーポレーテッド） 2006.08.24, 段落 [0001], [0013] - [0057], [図5], [図6] & US 2004/0032275 A1, Figure 5, Figure 6, 段落 [0016] - [0030], [0047] - [0062] & WO 2004/079380 A1 & EP 1604217 A1 & TW 200420862 A & KR 10-2005-0111751 A & CN 1756961 A	1, 4-7, 10, 13, 15, 17, 21-25 2-3, 8-9, 11-12, 14, 16, 18-20

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	の日の後に公表された文献
「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 18.11.2019	国際調査報告の発送日 03.12.2019
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） 永井 皓喜 電話番号 03-3581-1101 内線 3216
	2S 5701

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	WO 2016/063676 A1 (株式会社村田製作所) 2016.04.28, 全文, 全図 & US 2017/0219646 A1, 全文, 全図 & KR 10-2017-0054452 A & TW 201629510 A	1-25
A	JP 2016-75549 A (セイコーエプソン株式会社) 2016.05.12, 全文, 全図 & TW 201614252 A	1-25
A	JP 2005-45144 A (松下電器産業株式会社) 2005.02.17, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-25
A	JP 2008-141207 A (株式会社ルネサステクノロジ) 2008.06.19, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-25
A	JP 2012-168191 A (ディーシージー システムズ インコーポレー テッド) 2012.09.06, 全文, 全図 & US 2003/0098692 A1, 全文, 全図 & WO 2003/046593 A1 & EP 1448999 A1 & TW 200301528 A & CN 1592854 A & KR 10-2004-0071686 A	1-25