

明 細 書

発明の名称： 固浸レンズホルダ及び画像取得装置

技術分野

[0001] 本発明の一側面は、固浸レンズホルダ及び固浸レンズホルダを備える画像取得装置に関する。

背景技術

[0002] 観察対象物の拡大画像を得るためのレンズとして、固浸レンズ（Solid Immersion Lens）が知られている。固浸レンズは、例えば、半球形状又はワイエルストラス球と呼ばれる超半球形状を呈し、大きさが1 mm～5 mm程度の微小レンズである。この固浸レンズを観察対象物の表面に密着させて設置すると、開口数（NA）及び倍率が共に拡大されるため、高い空間分解能での観察が可能となる。

[0003] このような固浸レンズを対物レンズの前方（観察対象物側）に保持するための固浸レンズホルダとして、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に記載された固浸レンズホルダは、固浸レンズの球面部よりも大きい収容空間を有し、固浸レンズを揺動可能に保持する。これにより、観察対象物に対して固浸レンズの底面（当接面）を当接させて密着させる際に、固浸レンズホルダ内で固浸レンズが揺れ動いて当接面が観察対象物の表面に倣って密着し、固浸レンズと観察対象物との良好な密着を達成することが可能となっている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2006-201407号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 上記特許文献1の固浸レンズホルダでは、固浸レンズの球面部と接触する部分が、球面部と同一の曲率を有するレンズ受け面によって構成されている

。この構成では、球面部とレンズ受け面とが面接触することから、接触面積が大きくなる。このため、密着の際に、固浸レンズに作用する摩擦力によって固浸レンズと固浸レンズホルダとの揺動が抑制され、観察対象物の表面に対して固浸レンズの当接面が倣い難くなるおそれがあった。

[0006] 本発明の一側面は、観察対象物に対して固浸レンズを倣って密着させ易くすることができる固浸レンズホルダ及び固浸レンズホルダを備える画像取得装置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固浸レンズホルダは、対物レンズの前方に固浸レンズを保持する固浸レンズホルダであって、固浸レンズは、対物レンズと対向して配置される球面部と、観察対象物に当接する当接面を含む当接部と、を有し、球面部の一部が対物レンズ側へ突出するように球面部を内部に配置する第1の開口を有する第1の部材と、当接面が対物レンズ側とは反対側へ突出するように当接部を内部に配置する第2の開口を有する第2の部材と、を備え、第1の部材は、第1の開口の対物レンズ側に配置された3つの板部を有し、3つの板部のそれぞれには、球面部と接触可能に構成された突出部が設けられている。

[0008] この固浸レンズホルダによれば、3つの突出部で固浸レンズの球面部と接触することから、固浸レンズに対する接触面積を小さくすることができる。これにより、固浸レンズが揺れ動く際に固浸レンズに作用する摩擦力を小さくして、固浸レンズと固浸レンズホルダとを滑り易くすることができる。その結果、観察対象物に対して固浸レンズを倣って密着させ易くすることが可能となる。

[0009] 本発明の一側面に係る固浸レンズホルダでは、3つの突出部は、第1の開口の周方向に120度間隔で設けられていてもよい。この場合、突出部が球面部に接触した際に固浸レンズの球面部に対して平均的に力を加えることができる。これにより、観察対象物に対して固浸レンズを倣って密着させ易くすることが可能となる。

- [0010] 本発明の一側面に係る固浸レンズホルダでは、3つの突出部と球面部との接触位置、及び球面部の曲率中心を通る直線が、対物レンズの光軸に対して15～65度の範囲で交わっていてもよい。この場合、固浸レンズと固浸レンズホルダとの間の良好な滑りを確保することが可能となる。
- [0011] 本発明の一側面に係る固浸レンズホルダでは、3つの突出部は、球面部に対して線接触するように構成されていてもよい。この場合、突出部の固浸レンズに対する接触面積を更に小さくすることができ、固浸レンズと固浸レンズホルダとを更に滑り易くすることができる。これにより、観察対象物に対して固浸レンズを一層倣って密着させ易くすることが可能となる。
- [0012] 本発明の一側面に係る固浸レンズホルダでは、3つの突出部と球面部との接触位置は、第1の開口の中心を中心とする円周上に位置してもよい。この場合、突出部が球面部に接触した際に固浸レンズの球面部に対して平均的に力を加えることができる。これにより、固浸レンズを観察対象物に対して倣って密着させ易くすることが可能となる。
- [0013] 本発明の一側面に係る固浸レンズホルダでは、3つの板部は、対物レンズの光軸に沿うように配置されてもよい。3つの板部は、第1の開口の中心を中心とする円の径方向に沿うように形成されてもよい。この場合、対物レンズの視野を確保することが可能となる。
- [0014] 本発明の一側面に係る画像取得装置は、観察対象物を保持するステージと、ステージ上の観察対象物と対峙するように配置された対物レンズと、対物レンズの前方に固浸レンズを保持する上記固浸レンズホルダと、観察対象物からの光を固浸レンズ及び対物レンズを介して撮像し、画像データを出力する撮像装置と、画像データに基づいて観察対象物の画像を作成する画像作成装置と、を備え、固浸レンズは、対物レンズと対向して配置される球面部と、観察対象物に当接する当接面を含む当接部と、を有し、固浸レンズホルダは、球面部の一部が対物レンズ側へ突出するように球面部を内部に配置する第1の開口を有する第1の部材と、当接面が対物レンズ側とは反対側へ突出するように当接部を内部に配置する第2の開口を有する第2の部材と、を備

え、第1の部材は、第1の開口の内面から第1の開口の中心側へ延び、球面部と接触する3つの突出部を有する。

[0015] この画像取得装置によれば、固浸レンズホルダが3つの突出部で固浸レンズの球面部と接触することから、固浸レンズに対する接触面積を小さくすることができる。これにより、固浸レンズが揺れ動く際に固浸レンズに作用する摩擦力を小さくして、固浸レンズと固浸レンズホルダとを滑り易くすることができる。その結果、観察対象物に対して固浸レンズを倣って密着させ易くすることが可能となる。そのため、鮮明な観察対象物の画像を取得することができる。

発明の効果

[0016] 本発明一側面によれば、観察対象物に対して固浸レンズを倣って密着させ易くすることができる固浸レンズホルダ及び固浸レンズホルダを備える画像取得装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]実施形態の固浸レンズホルダを備える半導体検査装置を示す構成図である。

[図2]対物レンズ及び固浸レンズホルダを示す構成図である。

[図3]固浸レンズホルダを対物レンズ側から見た図である。

[図4]図2の要部拡大図である。

[図5]図4のV-V線断面図である。

[図6] (a) は固浸レンズが観察対象物に当接する前の状態を示す図であり、(b) は固浸レンズが観察対象物に当接した状態を示す図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、図面と共に本発明に係る固浸レンズホルダの好適な実施形態について説明する。なお、各図において、同一又は対応する要素には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

[0019] 図1は、実施形態の固浸レンズホルダを備える半導体検査装置（画像取得装置）を示す構成図である。図2は、対物レンズ及び固浸レンズホルダを示

す構成図である。図3は、固浸レンズホルダを対物レンズ側から見た図である。図4は、図2の要部拡大図である。図5は、図4のV-V線断面図である。図6(a)は固浸レンズが観察対象物に当接する前の状態を示す図であり、図6(b)は固浸レンズが観察対象物に当接した状態を示す図である。なお、図1, 2, 4では、固浸レンズが観察対象物に当接した試料観察時の状態を示している。以下の説明では、固浸レンズに対して対物レンズ側を上側とし、観察対象物側を下側として説明する。

[0020] 図1及び図2に示すように、半導体検査装置（画像取得装置）1は、例えば、試料10であるモールド型半導体デバイスが有する半導体デバイス11（図2参照）を観察対象物とし、半導体デバイス11の画像を取得しその内部情報を検査する検査装置である。

[0021] 「モールド型半導体デバイス」とは、半導体デバイス11が樹脂12によってモールドされたデバイスである。また、「内部情報」としては、半導体デバイスの回路パターンや半導体デバイスからの微弱発光が含まれる。この微弱発光としては、半導体デバイスの欠陥に基づく異常個所に起因するもの発光、又は半導体デバイス中のトランジスタのスイッチング動作に伴うトランジェント発光などが挙げられる。さらに、「内部情報」には、半導体デバイスの欠陥に基づく発熱も含まれる。

[0022] 試料10では、樹脂12内に埋設された半導体デバイス11の裏面が露出するように、樹脂12が切削されている。試料10は、観察部Aに設けられたステージ2上に、半導体デバイス11の裏面が上を向くように載置されることで、ステージ2に保持される。このように、試料10の一部を切削して半導体デバイス11の裏面を露出させているので、半導体デバイス11は、樹脂12が切削されてなる凹部13の底面に位置することになる。そして、半導体検査装置1は、本実施形態にあっては、半導体デバイス11の図示下面（半導体デバイス11の基板表面に形成された集積回路等）を検査する。

[0023] 半導体検査装置1は、半導体デバイス11の観察を行う観察部Aと、観察部Aの各部の動作を制御する制御部Bと、半導体デバイス11の検査に必要な

な処理や指示等を行う解析部Cと、を備えている。

[0024] 観察部Aは、半導体デバイス11からの画像を取得する画像取得手段としての高感度カメラ3及びレーザスキャン光学系(LSM:Laser Scanning Microscope)ユニット4と、顕微鏡5の対物レンズ21を含む光学系20と、半導体デバイス11の拡大観察画像を得るための固浸レンズ6(図2参照)と、これらを互いに直交するX-Y-Z方向に各々移動させるX-Y-Zステージ7と、を具備している。対物レンズ21は、高感度カメラ3及びLSMユニット4と半導体デバイス11との間に配置され、半導体デバイス11と対峙するように配置されている。

[0025] 光学系20は、上記対物レンズ21に加えて、カメラ用光学系22と、LSMユニット用光学系23と、を備えている。対物レンズ21は、倍率が異なるものが複数設けられ、切り換え可能とされている。また、対物レンズ21は、補正環24(図2参照)を有しており、補正環24を調整することで観察したい箇所に確実に焦点を合わせることが可能となっている。カメラ用光学系22は、固浸レンズ6及び対物レンズ21を通した半導体デバイス11からの光を高感度カメラ3(光検出器)に導く。高感度カメラ3は、半導体デバイス11の回路パターン等の画像を作成するための画像データを出力する。高感度カメラ3には、CCDエリアイメージセンサやCMOSエリアイメージセンサなどが搭載されている。また高感度カメラ3は、InGaAsカメラやInSbカメラ、MCTカメラなどでもよい。

[0026] 一方、LSMユニット用光学系23は、LSMユニット4からの赤外レーザ光をビームスプリッタ(不図示)で対物レンズ21側に反射し半導体デバイス11に導く。LSMユニット用光学系23は、固浸レンズ6及び対物レンズ21を通し高感度カメラ3に向かう半導体デバイス11からの反射レーザ光をLSMユニット4に導く。

[0027] このLSMユニット4は、赤外レーザ光をX-Y方向に走査し半導体デバイス11側に出射する一方で、半導体デバイス11からの反射光をアバランシェフォトダイオードやフォトダイオード、光電子増倍管、超伝導単一光子

検出器などの光検出器 4 a で検出する。この検出光の強度は、半導体デバイス 11 の回路パターンを反映した強度となっている。したがって、LSM ユニット 4 の光検出器 4 a は、LSM ユニット 4 によって赤外レーザ光を半導体デバイス 11 上に X-Y 走査させ、半導体デバイス 11 の回路パターン等の画像を作成するための画像データを出力する。

[0028] X-Y-Z ステージ 7 は、高感度カメラ 3、LSM ユニット 4、光学系 20 及び固浸レンズ 6 等を、X-Y 方向（水平方向；観察対象物である半導体デバイス 11 に対して平行を成す方向）及びこれに直交する Z 方向（垂直方向）の各々に、必要に応じて移動させるためのもの可動ステージである。

[0029] 制御部 B は、カメラコントローラ 31 と、レーザスキャン（LSM）コントローラ 32 と、ペリフェラルコントローラ 33 と、を備えている。カメラコントローラ 31 は高感度カメラ 3 と電氣的に結合されている。LSM コントローラ 32 は LSM ユニット 4 と電氣的に結合されている。カメラコントローラ 31 及び LSM コントローラ 32 は、高感度カメラ 3 及び LSM ユニット 4 の動作を各々制御することで、観察部 A で行われる半導体デバイス 11 の観察の実行（画像の取得）又は観察条件の設定等を制御する。

[0030] ペリフェラルコントローラ 33 は、X-Y-Z ステージ 7 及び LSM ユニット 4 と電氣的に結合されている。ペリフェラルコントローラ 33 は、X-Y-Z ステージ 7 の動作を制御することで、半導体デバイス 11 の観察位置に対応する位置への高感度カメラ 3、LSM ユニット 4 及び光学系 20 等の移動、位置合わせ、焦点合わせ等を制御する。また、ペリフェラルコントローラ 33 は、対物レンズ 21 に取り付けられた補正環調整用モータ 25 を駆動して、補正環 24 を調整する。

[0031] 解析部 C は、画像解析部 41 と指示部 42 とを備え、プロセッサを含むコンピュータにより構成されている。解析部 C は、カメラコントローラ 31、LSM コントローラ 32、及びペリフェラルコントローラ 33 と電氣的に結合されている。画像解析部 41 は、プロセッサにより、カメラコントローラ 31 及び LSM コントローラ 32 から出力される画像情報（画像データ）に

基づいて画像を作成し、必要な解析処理等を実施する。指示部42は、プロセッサにより、操作者からの入力内容や画像解析部41による解析内容等を参照し、制御部Bを介して、観察部Aにおける半導体デバイス11の検査の実行に関する必要な指示を行う。また、解析部Cにより取得又は解析された画像、データ等は、必要に応じて解析部Cに接続された表示装置43に表示される。解析部Cは画像作成装置を構成する。

[0032] 図2～4に示すように、固浸レンズ6は、半球形状を有する微小レンズであり、固浸レンズホルダ8によって対物レンズ21の下方（前方）に保持されている。つまり、固浸レンズホルダ8は、固浸レンズ6が対物レンズ21の光軸L上に配置されるように固浸レンズ6を保持する。図4に示すように、固浸レンズ6は、対物レンズ21と対向して配置される球面部（球面）6aと、半導体デバイス11に当接する当接部6dと、を備えている。固浸レンズ6は、対物レンズ21の光軸L上に配置され、当接部6dで半導体デバイス11と当接する（半導体デバイス11上に載置される）。

[0033] 球面部6aは、半球形状を呈し、固浸レンズ6の上部を構成している。球面部6aは、対物レンズ21に対する光の入出力面となる球面状の上面6bと、上面6bの縁部に連続する円柱周面6cと、を有している。当接部6dは、球面部6aの底面から上面6b側とは反対側へ凸となるように形成され、固浸レンズ6の下部を構成している。当接部6dは、円柱周面6cに連続する傾斜面6eと、傾斜面6eに連続して固浸レンズ6の厚さ方向（図4中の上下方向）と垂直に延びる平面形状の当接面6fと、を有している。図4に示すように、側方視において、傾斜面6eを延長した直線の交点は、固浸レンズ6の球心（球面部6aの曲率中心）Xと一致する。半導体デバイス11の観察時には、半導体デバイス11の観察位置（図示上面）に当接面6fが当接して密着する。なお、当接面6fは、平面形状に限らない。

[0034] 具体的には、固浸レンズ6は、半導体デバイス11の基板材料と実質的に同一またはその屈折率に近い、高屈折率材料からなる。この高屈折率材料の代表的な例としては、Si、GaP、GaAsなどが挙げられる。固浸レン

ズ6を半導体デバイス11の基板表面に光学密着させることにより、半導体デバイス11自身が固浸レンズ6の一部として利用される。固浸レンズ6を利用した半導体デバイス11の裏面解析によれば、対物レンズ21の焦点を半導体デバイス11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6の効果により、半導体デバイス11中に開口数(NA)の高い光束を通すことが可能となり、高分解能化が期待できる。

[0035] 固浸レンズ6のレンズ形状は、収差がなくなる条件によって決まる。半球形状を有する固浸レンズ6では、その球心(球面部6aの曲率中心)Xが焦点となる。このとき、開口数(NA)及び倍率はともにn倍となる。なお、固浸レンズ6の形状は、半球形状に限定されず、例えば、ワイエルストラス形状のものでもよい。

[0036] 本実施形態の特徴をなす固浸レンズホルダ8は、そのような固浸レンズ6を対物レンズ21の下方(前方)に好適に保持する。固浸レンズホルダ8は、例えばアルミニウム等の金属によって形成されている。固浸レンズホルダ8は、図2及び図3に示すように、対物レンズ21の下端部に取り付けられる筒状の本体部61と、本体部61の半導体デバイス11側(対物レンズ21とは反対側)に設けられて固浸レンズ6を保持するレンズ保持部65と、を備えている。

[0037] 本体部61は、その内部において、LSMユニット4から出力された光を固浸レンズ6側へ通すと共に、半導体デバイス11によって反射され固浸レンズ6から出力された光を対物レンズ21側へ通す。本体部61は、対物レンズ21の下端部に外挿されて螺合する円筒状の周壁部62を有している。周壁部62と対物レンズ21の下端部とが螺合されることで、対物レンズ21の光軸L上に固浸レンズホルダ8の中心が位置決めされる。固浸レンズホルダ8に保持される固浸レンズ6の位置は、X-Y-Zステージ7の駆動によって調整される。

[0038] 本体部61は、周壁部62とレンズ保持部65との間に延在する延在壁部63を有している。延在壁部63は、いずれの部分においてもレンズ保持部

65より半径方向外側に位置するように形成されている。延在壁部63は、周壁部62に連続して対物レンズ21の光軸Lと平行に延びる円筒状の第1の壁部63aと、第1の壁部63aに連続すると共に第1の壁部63aと直交して本体部61の中央側へ延びる円形平板状の第2の壁部63bと、を有している。第2の壁部63bの中心部には、対物レンズ21の光軸L上に中心が位置する円形の開口64が設けられている。レンズ保持部65は、開口64の内面に連続している。

[0039] 図2～5に示すように、レンズ保持部65は、本体部61と一体に形成された第1の部材70と、第1の部材70の半導体デバイス11側に取り付けられる円筒状の第2の部材80と、を有している。第1の部材70は、リング部91と、リング部91に連続する3つの板部材（板部）93と、3つの板部材93と本体部61とを互いに連結する連結部95と、を有している。

[0040] リング部91は、対物レンズ21の光軸Lを中心とする円環状を呈している。リング部91は、その内側に、対物レンズ21の光軸L上に中心P1が位置する円形の第1の開口71を形成している。第1の開口71の内径は、開口64の内径よりも小さい。図4に示すように、第1の開口71の内面は、対物レンズ21（図2参照）側へ向かうにつれて中心P1側へ傾斜したテーパ状の傾斜面71aを含んでいる。リング部91の半導体デバイス11（図2参照）側の端部には、後述する第2の部材80の凸部83が配置される凹部92が設けられている。凹部92は、対物レンズ21の光軸Lを軸とする環状に形成され、その周方向に直交する断面が矩形状を呈している。凹部92は、リング部91の半導体デバイス11側の面と外周面とに開口している。

[0041] 3つの板部材93は、第1の開口71の対物レンズ21側に配置されている。図2に示すように、3つの板部材93は、略矩形板状を呈している。図2及び図3に示すように、3つの板部材93は、対物レンズ21の光軸Lに沿うように配置されている。図3に示すように、3つの板部材93は、対物レンズ21側から見て、次のように構成されている。すなわち、3つの板部

材 9 3 は、第 1 の開口 7 1 の中心 P 1（開口 6 4 の中心）を中心とする円の径方向に沿うように形成されている。3 つの板部材 9 3 の中心線 S は、中心 P 1 上を通っている。3 つの板部材 9 3 は、第 1 の開口 7 1 の周方向に等間隔（120 度間隔）で配置されている。

[0042] 3 つの板部材 9 3 は、中心 P 1 側において互いに接続されて一体化されている。これにより、板部材 9 3 の振れを抑制することができる。3 つの板部材 9 3 は、リング部 9 1 と一体に形成され、半導体デバイス 1 1 側においてリング部 9 1 に連続している。図 5 に示すように、本実施形態では、3 つの板部材 9 3 とリング部 9 1 との接続部 9 4 の外面は、隅角部が形成されずに滑らかに連続するように湾曲している。これにより、板部材 9 3 とリング部 9 1 とを安定して接続し、板部材 9 3 の振れを抑制することができる。

[0043] 図 2 及び図 3 に示すように、連結部 9 5 は、開口 6 4 の半径方向に板状に延びている。図 3 に示すように、連結部 9 5 において、開口 6 4 の周方向における幅は、中心 P 1 側に向かうにつれて連続的に減少している。

[0044] 図 4 及び図 5 に示すように、3 つの板部材 9 3 のそれぞれには、半導体デバイス 1 1 側に（球面部 6 a の曲率中心 X 側に）突出する突出部 7 3 が設けられている。突出部 7 3 は、固浸レンズ 6 の球面部 6 a と接触可能に構成されている。図 4 に示すように、3 つの突出部 7 3 は、山型に突出している。3 つの突出部 7 3 は、板部材 9 3 において、リング部 9 1 よりも対物レンズ 2 1 側に位置する底面 9 6 に設けられている。底面 9 6 は、対物レンズ 2 1 の光軸 L と直交しており、球面部 6 a の上面 6 b から離間する。

[0045] 図 5 に示すように、3 つの突出部 7 3 は、固浸レンズ 6 の球面部 6 a との接触位置を通り対物レンズ 2 1 の光軸 L と直交する断面において、次のように構成されている。すなわち、3 つの突出部 7 3 は、第 1 の開口 7 1 の内側に設けられ、球面部 6 a と対向している。3 つの突出部 7 3 は、第 1 の開口 7 1 の周方向に等間隔（120 度間隔）で設けられている。3 つの突出部 7 3 の先端（先端縁）7 4 は、湾曲しており、中心 P 1 を中心とする円周 R 上に位置している。3 つの突出部 7 3 の先端 7 4 から中心 P 1 までの距離は、

球面部 6 a の外径よりも小さくなっている。板部材 9 3 の厚さ方向において、突出部 7 3 の厚さは、板部材 9 3 の厚さ以下となっている。これにより、板部材 9 3 の厚さ方向において突出部 7 3 が板部材 9 3 から突出せず、対物レンズ 2 1 の視野を確保することができる。本実施形態では、3つの突出部 7 3 の厚さは、板部材 9 3 の厚さと同一となっている。

[0046] 図 4 に示すように、第 2 の部材 8 0 は、円筒状の本体部 8 1 と、本体部 8 1 の半導体デバイス 1 1 側の端部に設けられた底面部 8 5 と、を有している。本体部 8 1 の内径は、固浸レンズ 6 の球面部 6 a の外径よりも僅かに小さくなっている。本体部 8 1 の対物レンズ 2 1 側の端部には、対物レンズ 2 1 側に突出した凸部 8 3 が形成されている。凸部 8 3 は、対物レンズ 2 1 の光軸 L を軸とする環状に形成され、その周方向に直交する断面が矩形状を呈している。凸部 8 3 がリング部 9 1 の凹部 9 2 内に配置されて凹部 9 2 の内面に当接することで、第 2 の部材 8 0 がリング部 9 1 に対して位置決めされる。凸部 8 3 と凹部 9 2 とは、例えば、接着、嵌め合わせ、又は係止構造等の固定手段の少なくとも 1 つによって互いに固定されている。係止構造は、例えば、爪と、当該爪が係止される穴とにより構成されてよい。当該固定手段による固定に代えて又は加えて、第 2 の部材 8 0 がボルト等の締結部材によってリング部 9 1 に締結されてもよい。なお、本体部 8 1 に凸部が設けられ、リング部 9 1 に凹部が設けられてもよい。

[0047] 底面部 8 5 は、円形平板状を呈している。底面部 8 5 の中心部には、対物レンズ 2 1 の光軸 L 上に中心 P 2 が位置する円形の第 2 の開口 8 7 が形成されている。第 2 の開口 8 7 の内径は、固浸レンズ 6 の球面部 6 a の外径よりも小さくなっている。第 2 の開口 8 7 の内面は、半導体デバイス 1 1 側へ向かうにつれて中心 P 2 側へ傾斜したテーパ状の傾斜面 8 7 a を含んでいる。対物レンズ 2 1 の光軸 L に対する傾斜面 8 7 a の傾斜角度は、対物レンズ 2 1 の光軸 L に対する固浸レンズ 6 の傾斜面 6 e の傾斜角度と一致している。

[0048] ここで、レンズ保持部 6 5 に固浸レンズ 6 を保持する際には、球面部 6 a (上面 6 b) の一部が対物レンズ 2 1 側へ突出するように第 1 の部材

70の第1の開口71の内部に球面部6aを配置すると共に、当接面6fが半導体デバイス11側へ突出するように第2の部材80の第2の開口87の内部に当接部6dを配置し、第1の部材70と第2の部材80との間に形成される収容空間内に固浸レンズ6を収容する。そして、上記固定手段又は締結部材により、第1の部材70と第2の部材80とを固定する。

[0049] この状態では、上述したように3つの突出部73の先端74から中心P1までの距離が球面部6aの外径よりも小さくなっていることから、第1の部材70によって固浸レンズ6の対物レンズ21側への離脱が規制されている。また、第2の開口87の半径が球面部6aの半径よりも小さくなっていることから、第2の部材80によって固浸レンズ6の半導体デバイス11側への離脱も規制されている。

[0050] 3つの突出部73、本体部81、及び底面部85によって形成される収容空間は、固浸レンズ6の球面部6aよりも僅かに大きくなっている。したがって、レンズ保持部65は、固浸レンズ6に対してガタ、言い換えれば、クリアランス（隙間）を有している。レンズ保持部65は、固浸レンズ6が半導体デバイス11に当接する前の状態においては、図6（a）に示すように、固浸レンズ6を矢印Y方向に揺動可能に保持している。このとき、固浸レンズ6は、傾斜面6eが傾斜面87aに接触した状態で、第2の部材80（底面部85）に支持されている。上述したように、本実施形態では、傾斜面87aの傾斜角度が固浸レンズ6の傾斜面6eの傾斜角度と一致している。そのため、傾斜面6eと傾斜面87aとが沿った状態となっている。これにより、固浸レンズ6がレンズ保持部65（板部材93）に対して位置決めされている。

[0051] この状態から当接面6fを半導体デバイス11に当接させると、図6（b）に示すように、固浸レンズ6が第2の部材80から離れ、球面部6aが3つの突出部73に接触する。このとき、上述したクリアランスを有していることから、固浸レンズ6が揺れ動いて又は回転して当接面6fが半導体デバイス11の表面に倣って密着し、固浸レンズ6と半導体デバイス11との良

好な密着を得ることが可能となっている。例えば、半導体デバイス 11 が光軸 L に対して傾斜している場合でも、半導体デバイス 11 の観察が可能となっている。

[0052] 本実施形態では、固浸レンズ 6 とレンズ保持部 65 とが 3 つの突出部 73 と球面部 6a との接触箇所のみで接触しており、接触面積が小さい。そのため、固浸レンズ 6 が揺れ動く際に作用する摩擦力が小さくなっている。その結果、固浸レンズ 6 とレンズ保持部 65 とが滑り易くなっており、半導体デバイス 11 に対して固浸レンズ 6 を倣って密着させ易くすることが可能となっている。なお、このように固浸レンズ 6 が揺れ動いたとしても、固浸レンズ 6 で観察する位置は球心 X と一致しているため、観察への影響はない。

[0053] 図 4 及び図 5 を参照して、固浸レンズ 6 が半導体デバイス 11 に当接した状態を説明する。この状態では、当接面 6f が対物レンズ 21 側へ押圧され、3 つの突出部 73 が固浸レンズ 6 の球面部 6a (上面 6b) と接触した状態となる。具体的には、3 つの突出部 73 は、先端 74 において球面部 6a に対して周方向に線接触する。上述したように、3 つの突出部 73 の先端 74 は、中心 P1 を中心とする円周 R 上に位置していることから、3 つの突出部 73 と球面部 6a との接触位置も円周 R 上に位置している。本実施形態では、この接触位置と球面部 6a の曲率中心 X とを通る直線 Z と、対物レンズ 21 の光軸 L とがなす角度 θ は、20 度となっている。

[0054] 次に、半導体検査装置 1 を利用して半導体デバイス 11 の画像を取得する方法の一例について説明する。

[0055] 先ず、顕微鏡 5 が有する複数の対物レンズ 21 のうち、固浸レンズ 6 が取り付けられていない対物レンズ 21 によって、固浸レンズ 6 で半導体デバイス 11 を観察する位置が特定される。この観察位置の特定は、指示部 42 によってペリフェラルコントローラ 33 を介して X-Y-Z ステージ 7 を駆動させることにより行われる。

[0056] 観察位置を特定した後、固浸レンズホルダ 8 が取り付けられた対物レンズ 21 に切り替えて観察が行われる。この際、指示部 42 は、固浸レンズホル

ダ8が保持している固浸レンズ6の特性（固浸レンズ6の厚さ、又は屈折率など）、半導体デバイス11の基板厚さ、基板材質などに応じて、ペリフェラルコントローラ33を介して補正環調整用モータ25を駆動することで補正環24を適正な位置に合わせる。

[0057] 指示部42は、上記固浸レンズ6の特性などに応じてペリフェラルコントローラ33を介して、X-Y-Zステージ7を駆動することで固浸レンズ6を半導体デバイス11に押し付けて密着させる。このとき、上述したように、固浸レンズ6がレンズ保持部65内で揺れ動いて当接面6fが半導体デバイス11の表面に倣って密着することにより、固浸レンズ6と半導体デバイス11との良好な密着が得られる。

[0058] 指示部42は、ペリフェラルコントローラ33を介してX-Y-Zステージ7を駆動することで対物レンズ21の焦点合わせを実施する。そして、対物レンズ21の焦点が合った状態で、指示部42は、LSMコントローラ32及びカメラコントローラ31を介して、LSMユニット4及び高感度カメラ3等を利用して半導体デバイス11の観察を実施する。

[0059] この観察において、LSMユニット4から出力された赤外レーザ光は、対物レンズ21を通して試料10側に出力される。対物レンズ21から出力された光は、本体部61内を通過して固浸レンズ6の上面6bから固浸レンズ6に入射して半導体デバイス11に向けて出力される。そして、赤外レーザ光によって照射されて半導体デバイス11から反射した光（反射光）は、再度固浸レンズ6に入射して固浸レンズ6の上面6bから出力される。より具体的には、半導体デバイス11からの反射光は、上面6bのうち第1の開口71よりも内側の部分から出力される。

[0060] この固浸レンズ6から出力された反射光は、本体部61内を通過して対物レンズ21に入射する。対物レンズ21に入射された反射光は、カメラ用光学系22によって高感度カメラ3に導かれる。高感度カメラ3は、半導体デバイス11の回路パターン等の画像を取得する。

[0061] 以上説明した固浸レンズホルダ8及び固浸レンズホルダ8を備える半導体

検査装置 1 の作用及び効果を説明する。

[0062] 固浸レンズホルダ 8 によれば、3つの突出部 7 3 で固浸レンズ 6 の球面部 6 a と接触することから、固浸レンズ 6 に対する接触面積を小さくすることができる。これにより、固浸レンズ 6 が揺れ動く際に固浸レンズ 6 に作用する摩擦力を小さくして、固浸レンズ 6 と固浸レンズホルダ 8 とを滑り易くすることができ、半導体デバイス 1 1 に対して固浸レンズ 6 を倣って密着させ易くすることが可能となる。その結果、固浸レンズホルダ 8 を備える半導体検査装置 1 では、鮮明な半導体デバイス 1 1 の画像を取得することができる。

[0063] 固浸レンズホルダ 8 では、3つの突出部 7 3 が第 1 の開口 7 1 の周方向に 1 2 0 度間隔で設けられていることから、突出部 7 3 が球面部 6 a に接触した際に球面部 6 a に対して平均的に力を加えることができる。これにより、半導体デバイス 1 1 に対して固浸レンズ 6 を倣って密着させ易くすることが可能となる。また、本実施形態では、球面部 6 a に対して均一に力を加えることが可能となっている。

[0064] 固浸レンズホルダ 8 では、3つの突出部 7 3 と球面部 6 a との接触位置、及び球面部 6 a の曲率中心 X を通る直線 Z が、対物レンズ 2 1 の光軸 L に対して 2 0 度で交わっている。これにより、固浸レンズ 6 と固浸レンズホルダ 8 との間の良好な滑りを確保することが可能となっている。

[0065] 固浸レンズホルダ 8 では、3つの突出部 7 3 が球面部 6 a に対して線接触している。これにより、突出部 7 3 の固浸レンズ 6 に対する接触面積を更に小さくすることができ、固浸レンズ 6 と固浸レンズホルダ 8 とを更に滑り易くすることができる。

[0066] 固浸レンズホルダ 8 では、3つの突出部 7 3 と球面部 6 a との接触位置が第 1 の開口 7 1 の中心 P 1 を中心とする円周 R 上に位置している。これにより、突出部 7 3 が球面部 6 a に接触した際に球面部 6 a に対して平均的に力を加えることができる。そのため、固浸レンズ 6 を半導体デバイス 1 1 に対して倣って密着させ易くすることが可能となる。また、本実施形態では、球

面部 6 a に対して均一に力を加えることが可能となっている。

[0067] 固浸レンズホルダ 8 では、3つの板部材 9 3 は、対物レンズ 2 1 の光軸 L に沿うように配置され、第 1 の開口 7 1 の中心 P 1 を中心とする円の径方向に沿うように形成されている。これにより、対物レンズ 2 1 の視野を確保することが可能となっている。

[0068] 以上、本発明の一側面に係る実施形態について説明したが、本発明は、上記実施形態に限られるものではない。

[0069] 上記実施形態では、直線 Z と光軸 L とのなす角度 θ が 20 度である例を説明したが、この角度は 15 度以上 65 度以下となってもよい。この範囲内であれば、固浸レンズ 6 と固浸レンズホルダ 8 との間の良好な滑りを確保することが可能となる。また、直線 Z と光軸 L とのなす角度 θ は 15 度以上 30 度以下となってもよい。突出部 7 3 と球面部 6 a との接触位置が光軸に近いほど、固浸レンズ 6 の球面部 6 a と固浸レンズホルダ 8 の突出部 7 3 との間に滑りが生じ易くなり、固浸レンズ 6 が半導体デバイス 1 1 に対して俵い易くなる。

[0070] 上記実施形態では、第 1 の部材 7 0 と第 2 の部材 8 0 を有するレンズ保持部 6 5 が本体部 6 1 を介して対物レンズ 2 1 に取り付けられた構成を説明したが、レンズ保持部 6 5 が備えられていればよい。例えば、構成上可能であれば、対物レンズ 2 1 の筐体にレンズ保持部 6 5 を設けてもよい。また、固浸レンズホルダ 8 は、対物レンズ 2 1 の光軸 L 上に固浸レンズ 6 を配置可能なアーム型（移動型）の固浸レンズホルダであってもよい。

[0071] 上記実施形態では、観察対象物である半導体デバイス 1 1 に対して上方から固浸レンズ 6 の当接面 6 f を当接させる落射型の例を説明したが、観察対象物に対して下方から当接面 6 f を当接させる倒立型の検査装置に適用してもよい。倒立型の検査装置の場合、観察対象物を下側から観察する。倒立型の検査装置の場合、固浸レンズ 6 が観察対象物に当接する前の状態においても、重力により 3 つの突出部 7 3 が球面部 6 a に接触した状態となる。この場合でも、観察対象物に当接した際に固浸レンズ 6 が 3 つの突出部 7 3 との

間で滑りつつ揺動（回転）することで、観察対象物に対して固浸レンズ6を倣って密着させることができる。

[0072] 上記実施形態では、3つの突出部73が球面部6aに対して線接触する例を説明したが、3つの突出部73が球面部6aに対して点接触するように構成されていてもよい。この場合、突出部73の固浸レンズ6に対する接触面積を更に小さくすることができ、固浸レンズ6と固浸レンズホルダ8とを更に滑り易くすることができる。また、リング部91と板部材93とは別体に形成されてもよい。

符号の説明

[0073] 1…半導体検査装置（画像取得装置）、2…ステージ、4a…光検出器、6…固浸レンズ、6a…球面部、6d…当接部、6f…当接面、8…固浸レンズホルダ、11…半導体デバイス（観察対象物）、21…対物レンズ、70…第1の部材、71…第1の開口、73…突出部、80…第2の部材、87…第2の開口、93…板部材、L…光軸、P1…第1の開口の中心、X…曲率中心（球心）。

請求の範囲

- [請求項1] 対物レンズの前方に固浸レンズを保持する固浸レンズホルダであって、
- 前記固浸レンズは、前記対物レンズと対向して配置される球面部と、観察対象物に当接する当接面を含む当接部と、を有し、
- 前記球面部の一部が前記対物レンズ側へ突出するように前記球面部を内部に配置する第1の開口を有する第1の部材と、
- 前記当接面が前記対物レンズ側とは反対側へ突出するように前記当接部を内部に配置する第2の開口を有する第2の部材と、を備え、
- 前記第1の部材は、前記第1の開口の前記対物レンズ側に配置された3つの板部を有し、
- 前記3つの板部のそれぞれには、前記球面部と接触可能に構成された突出部が設けられている、固浸レンズホルダ。
- [請求項2] 前記3つの突出部は、前記第1の開口の周方向に120度間隔で設けられている、請求項1に記載の固浸レンズホルダ。
- [請求項3] 前記3つの突出部と前記球面部との接触位置、及び前記球面部の曲率中心を通る直線が、前記対物レンズの光軸に対して15～65度の範囲で交わる、請求項1又は2に記載の固浸レンズホルダ。
- [請求項4] 前記3つの突出部は、前記球面部に対して線接触するように構成されている、請求項1～3のいずれか一項に記載の固浸レンズホルダ。
- [請求項5] 前記3つの突出部と前記球面部との接触位置は、前記第1の開口の中心を中心とする円周上に位置する、請求項4に記載の固浸レンズホルダ。
- [請求項6] 前記3つの板部は、前記対物レンズの光軸に沿うように配置されている、請求項1～5のいずれか一項に記載の固浸レンズホルダ。
- [請求項7] 前記3つの板部は、前記第1の開口の中心を中心とする円の径方向に沿うように形成されている、請求項1～6のいずれか一項に記載の固浸レンズホルダ。

[請求項8]

観察対象物を保持するステージと、
前記ステージ上の前記観察対象物と対峙するように配置された対物レンズと、
前記対物レンズの前方に固浸レンズを保持する請求項1～7のいずれか一項に記載の固浸レンズホルダと、
前記観察対象物からの光を前記固浸レンズ及び前記対物レンズを介して検出し、画像データを出力する光検出器と、
前記画像データに基づいて前記観察対象物の画像を作成する画像作成装置と、を備える画像取得装置。