

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6866131号  
(P6866131)

(45) 発行日 令和3年4月28日 (2021.4.28)

(24) 登録日 令和3年4月9日 (2021.4.9)

|                             |               |
|-----------------------------|---------------|
| (51) Int. Cl.               | F I           |
| <b>G03F 7/20 (2006.01)</b>  | G03F 7/20 501 |
| <b>G02B 5/10 (2006.01)</b>  | G03F 7/20 521 |
| <b>G02B 5/08 (2006.01)</b>  | G02B 5/10 B   |
| <b>G02B 7/195 (2021.01)</b> | G02B 5/08 F   |
| <b>G02B 7/185 (2021.01)</b> | G02B 7/195    |

請求項の数 18 (全 12 頁) 最終頁に続く

|                    |                               |           |                             |
|--------------------|-------------------------------|-----------|-----------------------------|
| (21) 出願番号          | 特願2016-231794 (P2016-231794)  | (73) 特許権者 | 000001007                   |
| (22) 出願日           | 平成28年11月29日 (2016.11.29)      |           | キヤノン株式会社                    |
| (65) 公開番号          | 特開2017-134389 (P2017-134389A) |           | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号           |
| (43) 公開日           | 平成29年8月3日 (2017.8.3)          | (74) 代理人  | 100114775                   |
| 審査請求日              | 令和1年11月15日 (2019.11.15)       |           | 弁理士 高岡 亮一                   |
| (31) 優先権主張番号       | 特願2016-13620 (P2016-13620)    | (74) 代理人  | 100121511                   |
| (32) 優先日           | 平成28年1月27日 (2016.1.27)        |           | 弁理士 小田 直                    |
| (33) 優先権主張国・地域又は機関 | 日本国 (JP)                      | (72) 発明者  | 西川原 朋史                      |
|                    |                               |           | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内 |
|                    |                               | (72) 発明者  | 木村 一貴                       |
|                    |                               |           | 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学装置、それを備えた露光装置、および物品の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光学素子の反射面を変形させる光学装置であって、  
 前記反射面の反対側の面に取り付けられた磁石と、前記磁石に対向する位置に配置されるコイルとを含むアクチュエータと、  
 前記コイルを保持するベースプレートと、  
 一端が前記コイルに接続され、他端は自由端である棒状の伝熱部と、を備え、  
 前記伝熱部は、前記コイルで発生した熱を前記一端を介して前記他端に向かって伝達する、  
 ことを特徴とする光学装置。

10

【請求項 2】

前記伝熱部からの熱を回収する冷却部をさらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載の光学装置。

【請求項 3】

前記伝熱部と前記冷却部とは、互いに離間して配置されている、  
 ことを特徴とする請求項 2 に記載の光学装置。

【請求項 4】

前記冷却部は、前記伝熱部から離間して配置されるプレートの内部に備えられる流路を含む、  
 ことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の光学装置。

20

## 【請求項 5】

前記冷却部は、前記ベースプレートの内部に備えられる流路を含む、  
ことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の光学装置。

## 【請求項 6】

光学素子の反射面を変形させる光学装置であって、  
前記反射面の反対側の面に取り付けられた磁石と、前記磁石に対向する位置に配置され  
るコイルとを含むアクチュエータと、  
前記コイルを保持するベースプレートと、  
一端が前記コイルに接続され、他端は自由端である伝熱部と、  
前記伝熱部とは離間して配置され、前記伝熱部からの熱を回収する冷却部を備え、  
前記伝熱部は、前記コイルで発生した熱を前記一端を介して前記他端に向かって伝達し

10

、  
前記冷却部は、前記伝熱部から離間して配置されるプレートの内部に備えられる流路を  
含む、ことを特徴とする光学装置。

## 【請求項 7】

前記伝熱部と前記冷却部とを熱伝導する弾性体をさらに備える、  
ことを特徴とする請求項 2 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

## 【請求項 8】

前記弾性体は、ヤング率が 10 GPa 以下である、  
ことを特徴とする請求項 7 に記載の光学装置。

20

## 【請求項 9】

前記弾性体は、樹脂である、  
ことを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の光学装置。

## 【請求項 10】

前記弾性体は、ゴムである、  
ことを特徴とする請求項 7 または 8 に記載の光学装置。

## 【請求項 11】

前記冷却部は、並列に配置された複数の流路を含む、  
ことを特徴とする請求項 4 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

## 【請求項 12】

前記伝熱部の少なくとも一部は、前記ベースプレートに設けられた隙間に配置されてい  
ることを特徴とする請求項 1 ないし 11 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

30

## 【請求項 13】

前記伝熱部は、前記コイルに直接接続されていることを特徴とする請求項 1 ないし 12  
のいずれか 1 項に記載の光学装置。

## 【請求項 14】

前記伝熱部は、接着剤により前記コイルに結合されていることを特徴とする請求項 13  
に記載の光学装置。

## 【請求項 15】

前記ベースプレートに配置され、前記ベースプレートと前記反射面の反対側の面との距  
離を計測する複数の計測器  
を備え、

40

前記計測器の数は前記アクチュエータの数よりも少ないことを特徴とする請求項 1 ない  
し 14 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

## 【請求項 16】

請求項 1 から 15 のいずれか 1 項に記載の光学装置を含むことを特徴とする投影光学系  
。

## 【請求項 17】

マスクを照明する照明光学系と、  
前記マスクのパターンを基板に投影する請求項 16 に記載の投影光学系とを有する、

50

ことを特徴とする露光装置。

【請求項 18】

請求項 17 に記載の露光装置を用いて基板を露光する工程と、  
前記露光された前記基板を現像する工程と、を含む、  
ことを特徴とする物品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学装置、それを備えた露光装置、および物品の製造方法に関する。

【背景技術】

10

【0002】

反射面の形状を変形可能なミラーを用いて光学系収差を補正することができる光学装置がある。このミラーは、光学系の光路に配置され、また、ミラーの形状の調整は、裏面に磁石を結合し磁石から微小な間隔を置いて対向した位置にコイルを配置し駆動する、ボイスコイルモータを利用した方式が提案されている。

【0003】

この方式では、コイルと磁石とは必然的に近接した場所に配置されることになる。駆動時にコイルから発生する熱は、空気層を介しコイルから磁石へ、磁石からミラーに伝わる。これにより、ミラーを所望の形状に変形することが困難な場合がある。非特許文献 1 には、冷却プレートに結合した銅棒の端部にコイルを設けて、コイルの発熱を銅棒で回収し、ミラー昇温を低減する構成が開示されている。

20

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0004】

【非特許文献 1】 R. Biasi、外 17 名、「VLT Deformable Secondary Mirror: integration and electromechanical tests results」 Adaptive Optics Systems III. Proceedings of the SPIE、2012 年 7 月 13 日、Volume 8447

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

非特許文献 1 の構成では、コイルは、ミラー法線方向に延伸した銅棒のみで保持される。各ボイスコイルモータに対応して基準ベースに距離センサが設けられ、基準ベースとミラーとの距離を測定し、計測値に基づいてミラー形状を制御している。非特許文献 1 の場合、距離センサを各ボイスコイルモータに設ける必要があり、大口径ミラーの場合には 100 個以上の距離センサが必要となる。すると、コスト増に繋がる。したがって、距離センサの個数を低減した構成が求められる。各ボイスコイルモータから距離センサを無くした場合、フィード・フォワードで所望の力を発生しミラー形状を制御する必要がある。しかし、非特許文献 1 の構成の場合、銅棒の熱膨張に伴い、コイルと磁石との距離が変わり推力定数が変動し、フィード・フォワードではボイスコイルモータは、目標とする力を発生することができない。コイルと磁石との距離の変動を低減するには、コイルを基準ベースに固定する必要がある。このとき、次の課題が発生する。基準ベースは、コイルおよび銅棒を介して冷却プレートと連結した構成となる。すると、銅棒および冷却プレートが熱変形すると、基準ベースも力を受け変形し、コイル位置がずれ推力定数が変動する。したがって、ボイスコイルモータのコイルを基準プレートに固定した構成では、コイルを冷却可能で、同時に、基準プレートが受ける熱変形の影響を低減した構成が必要となる。

40

【0006】

本発明は、例えば、光学系の性能改善の点で有利な光学装置を提供することを目的とする。

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

上記課題を解決するために、本発明の一側面としての光学装置は、光学素子の反射面を变形させる光学装置であって、反射面の反対側の面に取り付けられた磁石と、磁石に対向する位置に配置されるコイルとを含むアクチュエータと、コイルを保持するベースプレートと、一端がコイルに接続され、他端は自由端である棒状の伝熱部と、を備え、伝熱部は、コイルで発生した熱を一端を介して他端に向かって伝達する。

## 【発明の効果】

## 【0008】

本発明によれば、光学系の性能改善の点で有利な光学装置を提供することができる。

10

## 【図面の簡単な説明】

## 【0009】

【図1】光学装置の基本構成を示す概略図である。

【図2】第1実施形態に係る光学装置の構成を示す概略図である。

【図3】第2実施形態に係る光学装置の構成を示す概略図である。

【図4】第3実施形態に係る光学装置の構成を示す概略図である。

【図5】第4実施形態に係る光学装置の構成を示す概略図である。

【図6】光学装置を適用した露光装置の構成を示す概略図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0010】

20

以下、本発明を実施するための形態について図面等を参照して説明する。

## 【0011】

## (第1実施形態)

図1(A)は、可変形鏡装置100の基本構成例を示す断面図である。光学装置である可変形鏡装置100は、光学素子であるミラー101の反射面の形状を変化させることができるように構成される。なお、図1～図5では、変形前のミラー101の反射面と垂直に交わる方向にX軸を取り、X軸に垂直な平面内(すなわち、変形前のミラー101の反射面と平行な平面内)に互いに直交するY軸およびZ軸を取っている。ミラー101は、薄鏡であり反射面の裏面(以下、「ミラー裏面」という)の中心をミラー固定部102により基準ベース121に対して固定される。ミラー101の反射面には、使用する光の波長に適したコーティングが施される。熱歪による形状誤差の発生を抑えるため、本実施形態では、ミラー101の材質は、低熱膨張光学ガラスとする。また、本実施形態では特にミラーの大きさに制限は無いが、一般的には外径0.1mから2m程度に対し、厚みは、数mmから数cm程度である。例えば、ミラー101は、外形1m、厚さは、1cm程度である。

30

## 【0012】

ベースプレートである基準ベース121は、ミラー101、変位センサ123、およびアクチュエータ固定用のホルダー122を保持する。また、基準ベース121は、ホルダー122を介してコイル105を保持する。ミラー101は、ミラー固定部102を介して基準ベース121に保持される。基準ベース121に保持される変位センサ123は、ミラー101の面形状を測定する。アクチュエータなどの熱で熱歪が生じ、計測精度が落ちることを低減するために、本実施形態では、基準ベース121の材質は、低熱膨張材とする。

40

## 【0013】

ミラー固定部102は、円筒形状を有し、ミラー101と基準ベース121とを固定する。本実施形態では、ミラー101およびミラー固定部102の中心線が一致するように、ミラー固定部102が配置される。しかし、この構成に限定せず、ミラー固定部102の位置、形状、および数は、この要旨の範囲内で変更可能である。ミラー固定部102の材質は、熱歪の影響を低減するために低熱膨張性を有するものが望ましく、本実施形態では、基準ベース121と同じ低熱膨張材を用いる。ボイスコイルモータ103は、ミラー

50

１０１が目標形状となるように駆動するが、ミラー固定部１０２がミラー１０１を変位不能に固定するため、ミラー１０１は、Ｘ方向には並進せず、Ｘ方向に垂直な軸周りにも回転しない。例えば、ボイスコイルモータ１０３が駆動する際、ボイスコイルモータ１０３が発生する力の合力は必ずしもゼロにはならない。しかし、このボイスコイルモータ１０３によるモーメントに反作用するモーメントがミラー固定部１０２で発生することにより、ミラー１０１は、回転しない。この結果、ミラー１０１の姿勢を必要な精度範囲内に保つことができ、ミラー１０１の姿勢制御は、不要となる。

#### 【００１４】

ボイスコイルモータ１０３は、磁石１０４とコイル１０５とで構成されるアクチュエータユニットである。図１（Ｂ）は、本実施形態におけるミラー裏面の磁石１０４の配置を示す一例である。可動子である磁石１０４は、ミラー１０１の反射面の反対側に放射状に設置され、固定子であるコイル１０５は、磁石１０４に対向し微小な間隔離れた位置になるようホルダー１２２を介して基準ベース１２１に保持される。ボイスコイルモータ１０３の配置および個数は、ミラー１０１の目標形状と必要精度とで決めればよい。ボイスコイルモータ１０３は、コイル１０５に電流を流すことによって、磁石とコイルとを結んだ軸方向にローレンツ力が発生するものであり、ミラー１０１の反射面を所望の形状に変位させることが可能な推力および駆動量を有する。磁石１０４は、例えば、磁束密度の高いネオジウムを用いることができる。コイル１０５と磁石１０４との間隔が大きくなると推力が減少するため、コイル１０５および磁石１０４は、磁石１０４の端面から、例えば、

10

20

#### 【００１５】

パック１０６は、磁石１０４とミラー１０１との間に配置されており、パック１０６と磁石１０４との間およびパック１０６とミラー１０１との間は、接着剤で固定される。パック１０６は、ミラー１０１と磁石１０４との間に配置されることにより、磁石１０４の熱歪の影響がミラー１０１に及ぶことを低減する。パック１０６の材質は、ミラー１０１と同じ材質の低熱膨張材である。ホルダー１２２は、コイル１０５を基準ベース１２１に固定する保持部材である。

#### 【００１６】

計測器である変位センサ１２３は、基準ベース１２１上のミラー裏面と対向する位置に複数個配置される。変位センサ１２３は、基準ベース１２１を基準にミラー裏面までの距離を計測しミラーの形状情報を取得する。図１（Ｂ）において、変位センサ１２３は、放射状に配置されているが、配置および個数は、目的とするミラー１０１の目標形状と精度とで決めればよい。本実施形態においては、コスト削減の観点から変位センサ１２３の数が、アクチュエータユニットの数、すなわちコイル１０５の数より少ない構成例を示しているが、これに限らない。

30

#### 【００１７】

伝熱棒１２４は、コイル１０５と冷却プレート１２５とを連結するように接続され、コイルの熱を冷却プレート１２５に伝える伝熱体（伝熱部）である。伝熱棒１２４は、熱伝導グリスを介して冷却プレート１２５にネジ１２７で固定される。伝熱棒１２４は、例えば、銅、アルミ、またはヒートパイプなど熱伝導性の高い部材で製造される。伝熱棒の

40

#### 【００１８】

冷却プレート（プレート）１２５は、コイル１０５と接続する伝熱棒１２４の端部から離れて配置され、内部に冷却部である流路１２６が形成される。流路１２６には、不図示の温調器から供給される温度制御された冷媒が流れる。図１（Ｃ）は、冷却プレート１２５に結合する伝熱棒１２４および流路１２６の一例を示す図である。伝熱棒１２４で回収されたコイル１０５の熱は、冷却プレート１２５に形成された流路１２６で回収される。冷却プレート１２５は、銅またはアルミなどの熱伝導性の高い材料を用いるとよい。冷媒の流量および流路１２６の形状は、コイルの熱を回収するために必要な熱抵抗値および冷

50

媒の圧力損失などから決めればよい。本実施形態では、圧力損失を低減させるために、流路１２６は、複数系統の並列構成である。また、冷却プレート１２５は、組み立て性を考慮し、分割した構成としてもよい。

#### 【００１９】

ボイスコイルモータ１０３は、コイル１０５に電流を流すことで推力を発生する構造であるため、コイル１０５は、駆動時に発熱する。コイル１０５の熱は、空気層を介してコイル１０５から磁石１０４へ、磁石１０４からバック１０６を介してミラー１０１に伝わる。すると、ミラー１０１は、熱変形を起こしミラー１０１を所望の形状に変形制御できなくなる。また、コイルの熱がホルダー１２２を介して、基準ベース１２１を熱変形させると、ミラー１０１と基準ベース１２１との位置関係が変動する。また、基準ベース１２１が熱変形すると、変位センサ１２３の位置がずれ、ミラー１０１の形状を精度良く計測できなくなる。したがって、コイル１０５の熱を、伝熱棒１２４を介して冷却プレート１２５で回収し、基準ベース１２１およびミラー１０１の熱変形を低減する必要がある。

10

#### 【００２０】

しかしながら、伝熱棒１２４は、コイル１０５の熱回収に伴い熱膨張する。特に、伝熱棒１２４は、銅またはアルミをその材質として用いることが多く、線膨張係数およびヤング率が大きいため、大きな熱応力を発生する。伝熱棒１２４は、冷却プレート１２５と基準ベース１２１とに両端を固定されているため、伝熱棒１２４は、熱膨張に応じた力を基準ベース１２１および冷却プレート１２５に加える。特に、ホルダー１２２を介して基準ベース１２１に力が加わると、基準ベース１２１が変形し、ミラー１０１を所望の形状に変形制御できなくなる。

20

#### 【００２１】

そこで、本実施形態は、伝熱棒１２４の熱膨張による基準ベース１２１の変形を低減する構成を提供する。以下、図２を用いて、本実施形態でのコイル１０５の冷却構成を具体的に説明する。図２は、第１実施形態に係る可変形鏡装置３００の概略断面図である。冷却プレート１２５の厚みは、数ミリから数十ミリである。本実施形態の可変形鏡装置３００は、伝熱棒１２４と冷却プレート１２５とが互いに離間して配置されており、伝熱棒１２４と冷却プレート１２５との間に空気層３０１が設けられる。伝熱棒１２４と冷却プレート１２５との間の距離は、例えば、数μmから数mmである。伝熱棒１２４と冷却プレート１２５との伝熱効率は、冷却プレート１２５に嵌め込まれる伝熱棒１２４と冷却プレート１２５との対向面積に比例し、空気層３０１の厚みに反比例する。したがって、コイルの発熱量および許容されるミラー１０１の昇温値に応じて、空気層３０１の厚みおよび嵌め合い部分の対向面積を決めればよい。対向面積は、冷却プレート１２５の厚みおよび伝熱棒１２４の直径で調整することができる。なお、空気層３０１を構成する気体は、空気に限らず、単一成分の気体でもよい。

30

#### 【００２２】

伝熱棒１２４は、冷却プレート１２５側が自由端であるため、コイル１０５に連結している端部を起点に自由に熱膨張する。したがって、伝熱棒１２４は、基準ベース１２１に大きな力を加えず、基準ベース１２１の変形量を低減できる。すると、コイル１０５と磁石１０４との距離変動は、小さくなり、ボイスコイルモータ１０３の推力定数の変動量を許容値内とすることができる。したがって、本実施形態を用いることにより、フィード・フォワード制御で所望の力をボイスコイルモータ１０３で発生し、ミラー形状を制御することができる。

40

#### 【００２３】

また、伝熱棒１２４と冷却プレート１２５とが離れて配置されているので、冷却プレート１２５の振動が銅棒を介して基準ベース１２１に伝達するのを抑制できる。さらに、本実施形態は、伝熱棒１２４を冷却プレート１２５にねじ等で結合する必要がなく、組み立てが容易になる。例えば、基準ベース１２１にコイル１０５と伝熱棒１２４とを組み付けた後に、冷却プレート１２５を伝熱棒１２４の位置に合わせて組み付ければよい。このとき、冷却プレート１２５は、分割した構成であると、組み付けがさらに容易になる。また

50

、基準ベース１２１に冷却プレート１２５を位置合わせした後に、伝熱棒１２４を冷却プレート１２５から基準ベース１２１に向かって挿入し、冷却プレート１２５を基準に伝熱棒１２４を位置合わせし、ホルダー１２２を基準ベース１２１に固定してもよい。この場合、空気層３０１の厚みを管理し易くなる。なお、基準ベース１２１および冷却プレートは、例えば、不図示の鏡筒で固定されている。

#### 【００２４】

以上、本実施形態の可変形鏡装置３００は、冷却プレート１２５と伝熱棒１２４とを直接結合せず、その間に空気層３０１を挟み、熱的に結合する構成とした。これにより、伝熱棒１２４を介してコイル１０５の発熱を冷却プレート１２５で回収し、同時に、伝熱棒１２４の熱膨張による基準ベース１２１の変形を低減させることで、光学装置の形状制御精度を高めることができる。

10

#### 【００２５】

##### （第２実施形態）

図３を参照して、別の実施形態について説明する。以下の説明において、上述した実施形態と同一または同等の構成部分については同一の符号を付し、その説明を簡略もしくは省略する。図３は、第２実施形態に係る可変形鏡装置４００の概略断面図である。本実施形態の伝熱棒１２４は、端部近傍に円錐台形状の剛性の低い弾性体４０１を有する。また、冷却プレート１２５は、伝熱棒１２４と対応する位置に同じ円錐台形状の穴４０２を有し、弾性体４０１を嵌め込むことができる。穴４０２を弾性体４０１よりも小さく形成することにより、弾性体４０１は、穴４０２に隙間なく密着し接触することができる。

20

#### 【００２６】

本実施形態では、伝熱棒１２４と冷却プレート１２５との隙間を弾性体４０１で充填している。弾性体の材質として、樹脂やゴム、または伝熱シートを用いると、熱伝導率は、空気の熱伝導率 $0.026\text{ W/mK}$ （２３）の数十～数百倍になる。したがって、伝熱棒１２４と冷却プレート１２５との隙間（弾性体４０１の厚み）を第１実施形態の空気層と同程度あるいは数倍大きくしても、空気層に比べ、伝熱棒１２４から冷却プレート１２５への伝熱効率を向上させることができる。

#### 【００２７】

ここで、伝熱棒１２４は、コイル１０５の熱により熱膨張する。しかし、本実施形態では、伝熱棒１２４の熱膨張に伴い弾性体４０１が弾性変形するため、伝熱棒１２４は、コイル１０５に連結している端部を起点に熱膨張し、基準ベース１２１が伝熱棒１２４の熱膨張によって受ける力は小さくなる。つまり、十分に剛性の低い弾性体４０１を適用することにより、基準ベース１２１の変形は、許容される範囲に低減することができる。弾性体４０１は、ヤング率が $10\text{ GPa}$ 以下であればよく、例えば、樹脂またはゴム等を用いればよい。このとき、ボイスコイルモータ１０３の推力定数の変動値も許容内とすることができ、フィード・フォワード制御で所望の力をボイスコイルモータ１０３で発生し、ミラー形状を制御することができる。

30

#### 【００２８】

また、伝熱棒１２４と冷却プレート１２５との隙間は、空気層の場合に比べ大きくすることができるため、可変形鏡装置４００を組み立てるとき、伝熱棒１２４と冷却プレート１２５との位置合わせが容易になる。つまり、伝熱棒１２４および冷却プレートの穴４０２の中心がずれても、弾性体４０１が弾性変形することにより、弾性体４０１と冷却プレート１２５とは、密接に接触することができる。以上、本実施形態の可変形鏡装置４００は、伝熱棒１２４と冷却プレート１２５とを結合させる弾性体４０１を挟むことにより、伝熱棒１２４から冷却プレート１２５への伝熱効率を向上させることができる。また、伝熱棒１２４と冷却プレート１２５との隙間に弾性体４０１を挟むことにより、伝熱棒１２４の熱膨張による基準ベース１２１の変形を低減することができ、光学装置の形状制御精度を高めることができる。

40

#### 【００２９】

##### （第３実施形態）

50

以下、図 4 を参照して、別の実施形態について説明する。以下の説明において、上述した実施形態と同一または同等の構成部分については同一の符号を付し、その説明を簡略もしくは省略する。図 4 は、第 3 実施形態に係る可変形鏡装置 500 の概略断面図である。本実施形態の基準ベース 501 の内部には、冷却部である流路 502 が形成される。したがって、本実施形態の可変形鏡装置 500 は、第 1 および第 2 実施形態で用いた別体の冷却プレート 125 を有しない。流路 502 は、伝熱棒 124 の間に配置される。流路の直径および長さは、コイルの発熱量および必要な熱抵抗値に応じて決めればよい。流路 502 は、伝熱棒 124 の近傍に配置されることにより冷却効率を向上させることができる。また、本実施形態では、流路 502 は、複数系統存在し、並列構成で配置される。並列構成で各流路 502 の長さを短くすることにより、圧力損失を低減でき、かつ、冷媒の温度上昇による冷却能力の低下を抑制できる。本実施形態の伝熱棒 124 の直径は、基準ベース 501 との隙間である空気層 503 が数  $\mu\text{m}$  から数  $\text{mm}$  程度になるように構成される。

10

#### 【0030】

次に、本実施形態の効果について説明する。可変形鏡装置 500 は、コイル 105 で発熱した熱を、伝熱棒 124、さらに空気層 503 を介して基準ベース 501 に伝え、流路 502 で回収することができる。また、基準ベース 501 は、第 1 および第 2 実施形態の冷却プレート 125 よりも厚いため、本実施形態は、第 1 および第 2 実施形態と比較して、基準ベース 501 が伝熱棒 124 と対向する面積が大きくなり、伝熱効率が向上する。さらに、伝熱棒 124 は、コイル 105 に連結した端部を起点に熱膨張するため、基準ベース 501 は、大きな力を受けることなく、基準ベース 501 の変形を抑制できる。

20

#### 【0031】

本実施形態は、別体の冷却プレート 125 を有しないため、第 1 および第 2 実施形態と比較して、より小型化できる。また、構成が簡易であるため組み立てが容易になる。基準ベース 501 内に流路 502 が形成されているため、基準ベース 501 の温度は、おおよそ冷媒の温度となり、可変形鏡装置 500 が置かれている環境の温度が変動しても、基準ベース 501 の温度変動は、低減される。なお、本実施形態では、伝熱棒 124 と基準ベース 501 との隙間は、空気層 503 であるが、第 2 実施形態と同様の弾性体を挿入してもよい。以上、本実施形態の可変形鏡装置 500 は、基準ベース 501 の内部に流路 502 を形成し、伝熱棒 124 と冷却プレート 125 とは、空気層 503 を介して配置されているため、伝熱棒 124 の熱膨張による基準ベース 501 の変形を低減することができる。

30

#### 【0032】

##### (第 4 実施形態)

以下、図 5 を参照して、別の実施形態について説明する。以下の説明において、上述した実施形態と同一又は同等の構成部分については同一の符号を付し、その説明を簡略もしくは省略する。図 6 は、第 4 実施形態に係る可変形鏡装置 600 の概略断面図である。本実施形態の可変形鏡装置 600 と第 3 実施形態の可変形鏡装置 500 との相違点は、本実施形態の可変形鏡装置 600 が伝熱棒 124 を備えず、基準ベース 501 の内部に配置される冷却部である流路 602 が、各コイル 105 の間に配置される点である。流路 602 の直径および長さは、コイル 105 の発熱量および必要な熱抵抗値に応じて決めればよい。流路 602 をコイル 105 の近傍に配置することにより、冷却効率を向上させることができる。また、本実施形態では、流路 602 は、第 3 実施形態の流路 502 と同様に複数系統存在し、並列構成で配置される。並列構成で各流路 602 の長さを短くすることにより、圧力損失を低減でき、かつ、冷媒の温度上昇による冷却能力の低下を抑制できる。本実施形態において伝熱部であるホルダー 122 は、熱伝導性の高い部材で製造される。

40

#### 【0033】

次に、本実施形態の効果について説明する。可変形鏡装置 600 は、コイル 105 で発生した熱を、ホルダー 122 を介して基準ベース 501 に伝え、流路 502 で回収することができる。また、本実施形態の可変形鏡装置 600 は、伝熱棒を有しないため、基準ベース 501 は、大きな力を受けることなく、基準ベース 501 の変形を抑制できる。また

50

、本実施形態では、ホルダー 122 をコイル 105 から離れる方向に延在させ、ホルダー 122 と基準ベース 501 との接触面積を増やしてもよく、この構成により、伝熱効率をさらに向上させることができる。

#### 【0034】

本実施形態は、別体の冷却プレート 125 を有しないため、第 1 および第 2 実施形態と比較して、より小型化できる。また、構成が簡易なので組み立てが容易になる。基準ベース 501 内に流路 502 が形成されているため、基準ベース 501 の温度は、おおよそ冷媒の温度となり、可変形鏡装置 600 の置かれている環境の温度が変動しても、基準ベース 501 の温度変動は、低減される。以上、本実施形態の可変形鏡装置 600 は、コイル 105 で発熱した熱を、ホルダー 122 を介して基準ベース 501 に伝え、流路 502 で回収することができるため、伝熱棒を必要とせず、伝熱棒の熱膨張による基準ベース 501 の変形を抑制することができる。

10

#### 【0035】

(露光装置に係る実施形態)

図 5 は、第 1 ないし第 4 実施形態に係る光学装置を適用した露光装置の構成を示す概略図である。露光装置 50 は、照明光学系 IL と、投影光学系 PO と、マスク 55 を保持して移動可能なマスクステージ MS と、基板 56 を保持して移動可能な基板ステージ WS と、基板 56 を露光する処理を制御する制御部 51 とを有する。なお、図 5 において、照明光学系 IL から出射された光の光軸に並行に Z 軸を取り、Z 軸に垂直な平面内に互いに直交する X 軸および Y 軸を取っている。照明光学系 IL は、光源およびスリット（いずれも不図示）を含む。照明光学系 IL に含まれる光源から出射された光は、例えば、照明光学系 IL に含まれるスリットによって、XY 方向に長い円弧状の露光領域をマスク 55 上に形成することができる。マスク 55 および基板 56 は、マスクステージ MS および基板ステージ WS によってそれぞれ保持されており、投影光学系 PO を介して光学的にほぼ共役な位置（投影光学系 PO の物体面および像面の位置）に配置される。投影光学系 PO は、所定の投影倍率を有し、マスク 55 に形成されたパターンを基板 56 に投影する。そして、マスクステージ MS および基板ステージ WS を、投影光学系 PO の物体面と平行な方向（例えば、XY 方向）に、投影光学系 PO の投影倍率に応じた速度比で走査させる。これにより、マスク 55 に形成されたパターンを基板 56 に転写することができる。

20

#### 【0036】

投影光学系 PO は、台形鏡 52 と、凹面鏡 53 と、凸面鏡 54 とを含むように構成される。照明光学系 IL から出射しマスク 55 を透過した露光光は、台形鏡 52 の第 1 面 52a により光路を折り曲げられ、凹面鏡 53 の第 1 面 53a に入射する。凹面鏡 53 の反射面 53a において反射した露光光は、凸面鏡 54 において反射し、凹面鏡 53 の反射面 53a に入射する。凹面鏡 53 の反射面 53a において反射した露光光は、台形鏡 52 の第 2 面 52b により光路を折り曲げられ、基板上に結像する。このように構成された投影光学系 PO では、凸面鏡 54 の表面が光学的な瞳となる。

30

#### 【0037】

上述した露光装置 50 の構成において、第 1 ないし第 4 実施形態に記載の光学装置は、例えば、凹面鏡 53 の反射面を変形する装置として投影光学系に用いられうる。第 1 ないし第 4 実施形態のうちのいずれかの光学装置を露光装置 50 に用いることにより、凹面鏡 53 の反射面 53a を変形させることができ、投影光学系 PO における光学収差を精度よく補正することができる。

40

#### 【0038】

なお、上記実施形態では、露光装置に適用する例を説明したが、第 1 ないし第 4 実施形態に係る光学装置を適用可能な装置は、例えば、基板上にレジストの潜像パターンを形成するリソグラフィ装置がある。その他、レーザ加工装置、眼底撮影装置、望遠鏡、または投影光学系等にも適用可能である。

#### 【0039】

(物品の製造方法に係る実施形態)

50

本実施形態にかかる物品の製造方法は、例えば、半導体デバイス等のマイクロデバイスや微細構造を有する素子等の物品を製造するのに好適である。本実施形態の物品の製造方法は、基板に塗布された感光剤に上記の露光装置を用いて潜像パターンを形成する工程（基板を露光する工程）と、かかる工程で潜像パターンが形成された基板を現像する工程とを含む。さらに、かかる製造方法は、他の周知の工程（酸化、成膜、蒸着、ドーピング、平坦化、エッチング、レジスト剥離、ダイシング、ボンディング、パッケージング等）を含む。本実施形態の物品の製造方法は、従来の方法に比べて、物品の性能・品質・生産性・生産コストの少なくとも１つにおいて有利である。

#### 【 0 0 4 0 】

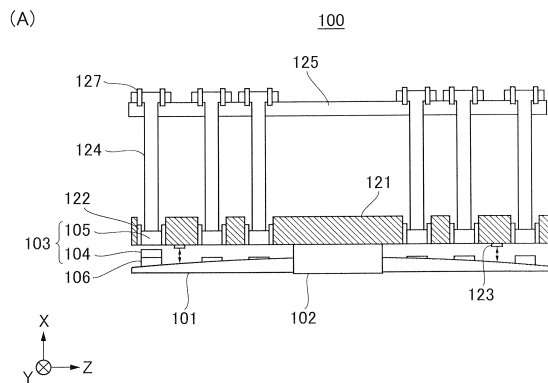
以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は、これらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形および変更が可能である。

#### 【符号の説明】

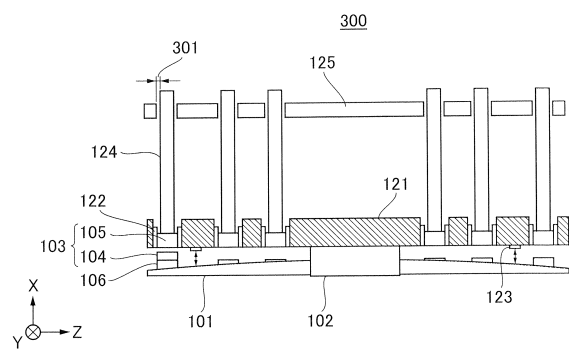
#### 【 0 0 4 1 】

- 1 0 1 ミラー（光学素子）
- 1 3 0 ボイスコイルモータ（アクチュエータ）
- 1 0 4 磁石
- 1 0 5 コイル
- 1 2 1 基準ベース
- 1 2 4 伝熱棒
- 1 2 6 流路
- 3 0 0 可変形鏡装置
- 3 0 1 空気層

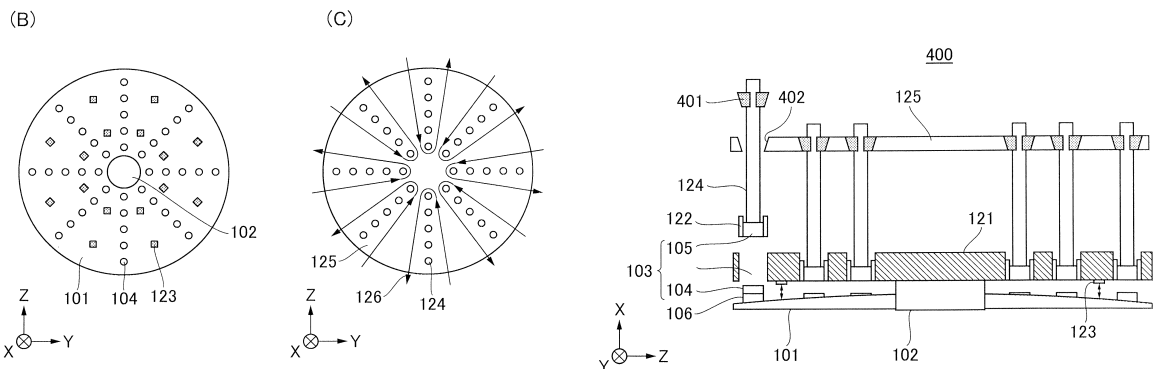
【 図 1 】



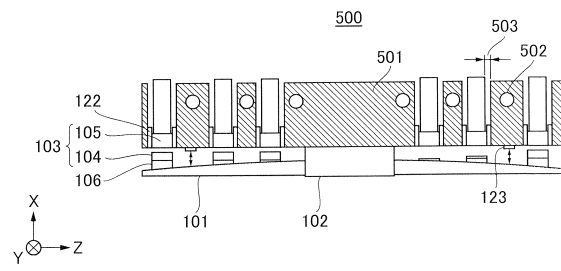
【 図 2 】



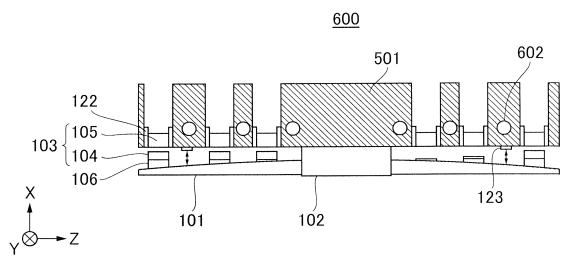
【 図 3 】



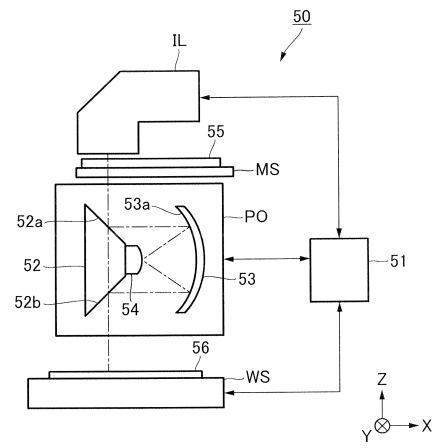
【図 4】



【図 5】



【図 6】



---

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I  
G 0 2 B 7/185

(72)発明者 矢田 裕紀  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 今井 彰

(56)参考文献 特開2007-316132(JP,A)  
特開2015-050353(JP,A)  
特開2015-065246(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G 0 3 F 7 / 2 0 - 7 / 2 4、9 / 0 0 - 9 / 0 2  
G 0 2 B 5 / 0 0 - 5 / 1 3 6、7 / 0 0、7 / 1 8 - 7 / 2 4