

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-53986

(P2006-53986A)

(43) 公開日 平成18年2月23日(2006.2.23)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
G 1 1 B 7/135 (2006.01)	G 1 1 B 7/135 A	5 D 1 1 7
G 1 1 B 7/08 (2006.01)	G 1 1 B 7/135 Z	5 D 7 8 9
G 1 1 B 7/22 (2006.01)	G 1 1 B 7/08 A	
	G 1 1 B 7/22	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2004-234215 (P2004-234215)	(71) 出願人	303000408
(22) 出願日	平成16年8月11日 (2004.8.11)		コニカミノルタオプト株式会社
			東京都八王子市石川町2970番地
		(72) 発明者	宮崎 岳美
			東京都八王子市石川町2970番地コニカ
			ミノルタオプト株式会社内
		Fターム(参考)	5D117 AA02 CC07 HH09 HH12 KK02
			KK20
			5D789 AA38 BA01 EC15 FA05 FA08
			JA44 JA64 JC05 JC07 LB12
			NA02 NA05

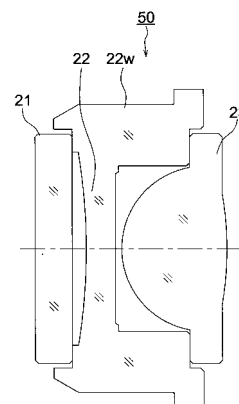
(54) 【発明の名称】 光ヘッド用光学ユニット及び該光ヘッド用光学ユニットを備えた光ピックアップ装置

(57) 【要約】

【課題】 3つの光学素子で構成された互換型の光ヘッド用光学ユニットに要求される各光学素子相互の位置決めを、部品精度以上の精度で容易に行うことのできる光ヘッド用光学ユニットを得る。

【解決手段】 光源側より順に第1の光学素子、第2の光学素子、第3の光学素子、の3つの光学素子を有し、3つの光学素子のうち、少なくとも1つの樹脂材料で形成された光学素子の光学有効面以外の部位に枠部を形成し、この枠部に、他の光学素子を光軸と直交する方向に摺動可能とする間隙を形成した光ヘッド用光学ユニットとする。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源側より順に第 1 の光学素子、第 2 の光学素子、第 3 の光学素子、の 3 つの光学素子を有し、

前記 3 つの光学素子のうち、少なくとも 1 つの樹脂材料で形成された光学素子の光学有効面以外の部位に枠部を形成し、前記枠部に、他の光学素子を光軸と直交する方向に摺動可能とする間隙を形成したことを特徴とする光ヘッド用光学ユニット。

【請求項 2】

前記第 3 の光学素子は遮光性の材料で形成された鏡枠に固着され、前記枠部と前記鏡枠とで光軸と直交する方向に摺動可能な間隙が形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の光ヘッド用光学ユニット。

10

【請求項 3】

前記第 1 の光学素子の外周縁部は、対応する前記枠部の周縁部より突出するよう形成されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光ヘッド用光学ユニット。

【請求項 4】

前記第 1 の光学素子の外周縁部に対応する前記枠部の周縁部は、少なくとも 3 箇所で前記第 1 の光学素子の外周縁部より突出した突起部を有し、前記突起部以外の位置では前記第 1 の光学素子の外周縁部が前記鏡枠の周縁部より突出していることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光ヘッド用光学ユニット。

【請求項 5】

前記第 1 の光学素子と前記第 2 の光学素子は、表面に段差が形成された構造を有する光学素子であることを特徴とする請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の光ヘッド用光学ユニット。

20

【請求項 6】

請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載の光ヘッド用光学ユニットを備えたことを特徴とする光ピックアップ装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は光ヘッド装置、特に光ディスク等の光記録媒体用の記録装置や再生装置の光ピックアップ装置に用られる光ヘッド用光学ユニットに関するものである。

30

【背景技術】

【0002】

従来より、青紫色レーザ光源を使用し記録密度を高めた高密度光ディスク、赤色レーザ光源を使用した DVD (Digital Versatile Disk)、赤外レーザ光源を使用した CD (Compact Disk) に対し、互換性を有する光ヘッド装置が知られている。

【0003】

これら互換型の光ヘッドに用いられる光学ユニットとして、対物レンズの前方に 2 つの位相補正器を配置して、HD-DVD (High Density-DVD)、DVD、CD の 3 種のディスクに対応しようとするものが開示されている (例えば、特許文献 1 参照)。

40

【0004】

また、対物レンズと位相制御素子とを備えた、CD と DVD との互換型の光ヘッド装置で、対物レンズと位相制御素子に位置決めマークを形成し、この位置決めマークにより光軸と直交する方向の位置決め (光軸合わせ) を行った後、1 つのホルダーに固定した光ヘッド装置が開示されている (例えば、特許文献 2 参照)。

【0005】

また、色収差補正光学素子と 2 枚の凸レンズで構成され、こののいずれかに、光軸方向に傾斜した支持面を設け、この支持面に沿って組み込みを行い、接合し固定する光ヘッド

50

用対物レンズが開示されている（例えば、特許文献3参照）。

【特許文献1】特開2003-207714号公報

【特許文献2】特開2001-6203号公報

【特許文献3】特開2004-198903号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上記特許文献1に記載された光ヘッドに用いられる光学ユニットは、同特許文献の図5に示されているように3種類の異なる波長の光を厚さの異なる光ディスクに適用できるものであるが、同図に示されるような結像特性を得るには、対物レンズ及び2つの位相補正器の相互の正確な光軸合わせが必要とされる。しかし、上記特許文献1の3つの光学素子間の相互の光軸合わせについては記載されていない。

【0007】

また、特許文献2に記載された光ヘッド装置は、同特許文献の図1に示されているようなホルダー、位相制御素子、対物レンズの形状では、位置決めマークを用いた位置決めの際し、位置決めマークを確認するための顕微鏡を接近させつつ、位相制御素子、対物レンズのいずれか一方に位置決め治具を接触させて光軸と直交する方向に移動させるための、ホルダー、位相制御素子、対物レンズの相互の具体的形状が不明である。

【0008】

更に、3つの光学素子を位置決めマークを用いて位置決めする場合には、ホルダー及び3つの光学素子のそれぞれに、位置決めを可能とするための形状が必要である。また、位置決めマークを確認するための顕微鏡の対物レンズも接近して配置されるため、この顕微鏡の対物レンズとも干渉せずに、位置決め可能とできる形状が必要となる。

【0009】

また、特許文献3に記載された光ヘッド用対物レンズは、支持面に沿って組み込みを行うことで自動的に位置決めが行えるものである。しかし、位置決め精度は、個々の部品精度に依存し、各部品の部品精度を越える位置決めを行うことは困難である。

【0010】

本発明は上記問題に鑑み、3つの光学素子で構成された互換型の光ヘッド用光学ユニットに要求される各光学素子相互の位置決めを、部品精度以上の精度で容易に行うことのできる光ヘッド用光学ユニットを得ることを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上述の目的は、以下の構成により解決される。

【0012】

1) 光源側より順に第1の光学素子、第2の光学素子、第3の光学素子、の3つの光学素子を有し、前記3つの光学素子のうち、少なくとも1つの樹脂材料で形成された光学素子の光学有効面以外の部位に枠部を形成し、前記枠部に、他の光学素子を光軸と直交する方向に摺動可能とする間隙を形成したことを特徴とする光ヘッド用光学ユニット。

【0013】

2) 前記第3の光学素子は遮光性の材料で形成された鏡枠に固着され、前記枠部と前記鏡枠とで光軸と直交する方向に摺動可能な間隙が形成されている1)の光ヘッド用光学ユニット。

【0014】

3) 前記第1の光学素子の外周縁部は、対応する前記枠部の周縁部より突出するように形成されている1)又は2)の光ヘッド用光学ユニット。

【0015】

4) 前記第1の光学素子の外周縁部に対応する前記枠部の周縁部は、少なくとも3箇所前記第1の光学素子の外周縁部より突出した突起部を有し、前記突起部以外の位置では前記第1の光学素子の外周縁部が前記鏡枠の周縁部より突出している1)又は2)の光へ

10

20

30

40

50

ッド用光学ユニット。

【0016】

5) 前記第1の光学素子と前記第2の光学素子は、表面に段差が形成された構造を有する光学素子である1)～4)のいずれかの光ヘッド用光学ユニット。

【0017】

6) 1)～5)のいずれかの光ヘッド用光学ユニットを備えた光ピックアップ装置。

【発明の効果】

【0018】

本発明によれば、樹脂材料で形成された光学素子の光学有効面以外の部位に枠部を形成し、この枠部に、他の光学素子を光軸と直交する方向に摺動可能とする間隙を形成することにより、光学素子と鏡枠を兼用でき、部品点数及び工程数の削減によるコストダウンを可能としつつ、3つの光学素子で構成された互換型の光ヘッド用光学ユニットに要求される各光学素子相互の正確な位置決めを、容易に行うことのできる光ヘッド用光学ユニットを得ることができる。

10

【0019】

また、第1の光学素子の外周縁部を、対応する枠部の周縁部より突出させることで、光学素子に接触させ位置決めを行う治具を光軸直交方向に配置できると共に、位置決めの状態を確認する顕微鏡の対物レンズを光学素子の光軸方向に近接して配置でき、位置決めのための各部材と干渉することのない配置が可能となる。

【0020】

20

加えて、第1の光学素子の外周縁部に対応する枠部の周縁部は、少なくとも3箇所第1の光学素子の外周縁部より突出した突起部を有するようにすることで、光ヘッド用光学ユニットを下向きに載置することができ、完成後に光学素子への擦り傷がつくのを防止できるようになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

以下、実施の形態により本発明を詳しく説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0022】

図1は、本発明に係る光ヘッド用光学ユニットを備えた互換型光ピックアップ装置100の光学的な概略構成を示した図である。

30

【0023】

同図において、互換型光ピックアップ装置100は、青紫色レーザ光源を使用し記録密度を高めた高密度光ディスク19aの記録再生に適合する青紫色半導体レーザ11と、高密度光ディスク19aから反射された光を受光して検出する光検出器15と、DVD19bの記録再生に適合する波長650nmの赤色半導体レーザと光検出器が一体化された第1光モジュール17と、CD19cの記録再生に適合する波長780nmの赤外線半導体レーザと光検出器が一体化された第2光モジュール18と、上記3種のレーザ光をコリメータレンズ14へ導くと共に、ディスクからの反射光をそれぞれ受光する光検出器へ導くためのビームスプリッタ12、13、16と、コリメータレンズ14によりコリメートされたレーザ光束を上記各ディスクに適合した状態で結像させる、本発明に係る光ヘッド用光学ユニット50を含んで構成されている。

40

【0024】

高密度光ディスク19aが、例えばHD-DVDの場合には、青紫色半導体レーザ11は波長400nm近傍のものが使用される。

【0025】

なお、図1に示す互換型光ピックアップ装置は一例であり、各種の変形が可能である。

【0026】

(第1の実施の形態)

以下に、本発明に係る光ヘッド用光学ユニット50の第1の実施の形態について説明す

50

る。

【0027】

図2は、本発明に係る光ヘッド用光学ユニット50の一例を示す概略断面図である。

【0028】

同図において、光ヘッド用光学ユニット50は、レーザ光源側から順に、第1の光学素子21、第2の光学素子22、第3の光学素子23が配置されている。また、第2の光学素子22の光学有効面以外の部位には、枠部22wが一体に形成されており、第1の光学素子21と第3の光学素子23を保持するように構成されている。

【0029】

第1の光学素子21は、主に青紫色と赤外線との互換を行う機能をつかさどる光学素子であり、透明のガラス平板上の光源側でない面に、紫外線硬化型の樹脂を用い光軸方向から見た形状が環状で断面形状が階段状の段差を有する輪帯構造を形成して回折面としたハイブリッド構成とすることが好ましい。このように外観に露出しない面に回折面を形成することで、回折面が傷つくのを防止できる。第2の光学素子22は、樹脂材料の射出成形により作製され、光源側の面に回折面が形成されており、主に青紫色と赤色の互換を行う機能をつかさどる光学素子である。 10

【0030】

この第1の光学素子21と第2の光学素子22によって、高密度光ディスク、DVD、CDの3種のディスクの互換を可能としている。

【0031】

第3の光学素子23は、結像性能を有するレンズであり、温度変化に対し変化の少ないガラス成形レンズ（ガラスモールドレンズとも言う）とすることが好ましい。これは、ガラスの母材を所望の形状に対応した面形状を有する金型を用いて精密成形することにより作製されるものである。 20

【0032】

なお、上述の3種の光学素子の機能構成は一例であって、これに限るものでなく、その他の変形例でもよい。また、第1の光学素子21は樹脂材料で一体に形成したものでもよいし、第3の光学素子23も樹脂材料で形成したものであってもよい。

【0033】

樹脂材料で形成された第2の光学素子22の枠部22wは、成形により一体的に形成されている。この枠部22wは、図示のごとく、第1の光学素子21と第3の光学素子23が、それぞれ光軸と直交する方向に摺動可能なように、径方向で間隙が形成されている。 30

【0034】

以上のような光学素子と鏡枠を用いた光ヘッド用光学ユニット50の内部構造と光学素子相互の位置決めについて、組み立て順に従い説明する。

【0035】

図3は、第2の光学素子22に形成された枠部22wと第3の光学素子23を組み付ける状態を示す図である。

【0036】

同図に示すように、第3の光学素子23を図示しない治具に固定した後、第2の光学素子22の枠部22wを第3の光学素子23のフランジ部23f上に載置する。この時、第3の光学素子23の外径を D_2 とし、枠部22wの第3の光学素子23が組み付けられる部位の内径を W_2 とした時、 $W_2 > D_2$ であって、第3の光学素子23が光軸Oに直交する方向に、摺動できる間隙（隙間）を有するように、枠部22wの内径が形成されている。この間隙（ $W_2 - D_2$ ）の値は、0.05～0.4mm程度が好ましい。 40

【0037】

次いで、第3の光学素子23を固定した状態で、光軸回りに略120°間隔で3方向に配置された3つの爪形の位置決め治具31を、図示のように第2の光学素子22に形成された枠部22wに接触させ、既に固定された第3の光学素子23に対して、フランジ部23f上で、枠部22w、即ち第2の光学素子22を光軸Oに直交する方向に、摺動させて 50

位置決めが行われる。この後、図示しないが、枠部 22w と第 3 の光学素子 23 は接着により固定される。なお、32 は位置決めマーク等を確認するための顕微鏡の対物レンズである。

【0038】

この位置決めの方法は、特開 2001-6203 号公報に記載の、双方の光学素子に形成されたマークを、顕微鏡等で確認しつつ合わせるものが適用可能であるが、第 3 の光学素子 23 の焦点位置と第 2 の光学素子 22 に形成されたマークを確認しつつ合わせるものでもよい。

【0039】

図 4 は、図 3 で示した工程の後の、第 1 の光学素子 21 を、位置決めする状態を示す図である。 10

【0040】

同図に示すように、第 2 の光学素子 22 に形成された枠部 22w で、第 2 の光学素子 22 と第 3 の光学素子 23 が位置決めされて固定された後、枠部 22w の他方の面に第 1 の光学素子 21 が載置される。

【0041】

この時、図示のように、枠部 22w の内径を W_1 とし、第 1 の光学素子 21 の外径を D_1 とした時、 $W_1 > D_1$ であって、第 1 の光学素子 21 が光軸 O に直交する方向に、摺動できる間隙（隙間）を有するように、枠部 22w の内径が形成されている。この間隙（ $W_1 - D_1$ ）の値は、0.05～0.4mm 程度が好ましい。また、枠部 22w の第 1 の光学素子 21 が組み付けられる部位の周縁部の高さは、第 1 の光学素子 21 の周縁部が突出するように、低く形成されている。この、高さの差は 0.3～0.8mm 程度が好ましい。 20

【0042】

この後、図示のように位置決め治具 31 を第 1 の光学素子 21 の外周縁部の角部に接触させ、第 2 の光学素子 22 に対して、光軸 O に直交する方向に、摺動させ、位置決めが行われる。この後、図示しないが、第 1 の光学素子 21 は接着により枠部 22w に固定される。

【0043】

このように、光学素子と一体的に形成された枠部に、他の光学素子を光軸と直交する方向に摺動可能とする間隙を形成することにより、3つの光学素子で構成された光ヘッド用光学ユニットの各光学素子相互の位置決めを、部品精度以上の精度で容易に行うことが可能になる。加えて、光学素子を保持していた鏡枠を廃止でき部品点数の削減によるコストダウンもできる。 30

【0044】

また、第 1 の光学素子 21 の外周縁部が突出するように、対応する枠部を形成し、これにより突出した第 1 の光学素子 21 の外周縁部に接触する位置決め治具 31 により摺動させるようにすることにより、位置決め治具 31 を光軸直交方向に配置できると共に、位置決め治具 31 を枠部と干渉させることなく、第 1 の光学素子 21 の位置決めを行うことができるようになり、位置決めマーク等を確認するための顕微鏡の対物レンズ 32 が接近するスペースを第 1 の光学素子 21 近傍の光軸 O 上に確保することができる。 40

【0045】

更に、第 1 の光学素子 21、第 2 の光学素子 22、第 3 の光学素子 23 の光軸方向の間隔は、第 2 の光学素子 22 に一体的に形成された枠部のみの部品精度で管理することができるようになり、間隔精度を安定化させることができる。

【0046】

（第 2 の実施の形態）

以下、本発明に係る光ヘッド用光学ユニット 50 の第 2 の実施の形態について説明する。

【0047】

図 5 は、第 2 の実施の形態に係る光ヘッド用光学ユニット 50 の別の例の概略断面図で 50

ある。同図については、図 2 に示す光ヘッド用光学ユニットと同じ部材には同符号を付与し、説明の重複を避け、異なる部分についてのみ説明する。

【0048】

同図において、第 3 の光学素子 23 は、遮光性の材料で形成された鏡枠 24 に嵌合して組み込まれ、接着固定により保持されている。第 2 の光学素子 22 に一体的に形成された枠部 22w は、この鏡枠 24 と第 1 の光学素子 21 を、光軸 O と直交する方向にそれぞれ摺動可能とする間隙が形成されている。

【0049】

同図に示したように、枠部 22w に対応する鏡枠 24 の部分の外径を D_2 、枠部 22w の内径を W_2 とした時、 $W_2 > D_2$ であって、第 2 の光学素子 22 と一体の枠部 22w が第 3 の光学素子 23 の光軸 O と直交する方向に、摺動できる間隙（隙間）を有するように、対応する枠部 22w の内径が形成されている。この間隙（ $W_2 - D_2$ ）の値は、0.05 mm ~ 0.4 mm 程度に設定されることが好ましい。また、第 1 の光学素子 21 の外径を D_1 とし、枠部 22w の第 1 の光学素子 21 が組み付けられる部位の内径を W_1 とした時、 $W_1 > D_1$ であって、第 1 の光学素子 21 が光軸 O に直交する方向に、摺動できる間隙（隙間）を有するように、枠部 22w が形成されている。この間隙（隙間）は、0.05 ~ 0.4 mm 程度に設定されることが好ましい。

【0050】

また、枠部 22w の第 1 の光学素子 21 が組み付けられる部位の周縁部の高さは、第 1 の光学素子 21 の周縁部が突出するように、低く形成されている。この、高さの差は、0.3 ~ 0.8 mm 程度に設定されることが好ましい。

【0051】

このような構成の光ヘッド用光学ユニット 50 は、以下のようにして組み立てられる。

【0052】

まず、第 3 の光学素子 23 を保持する鏡枠 24 を固定した状態で、枠部 22w と一体の第 2 の光学素子 22 を載置し、略 120° 間隔で 3 方向に配置された 3 つの爪形の位置決め治具を、枠部 22w の外周縁部に接触させ、既に固定されている第 3 の光学素子 23 に対して、鏡枠 24 に形成された面 24f 上で、枠部 22w と一体の第 2 の光学素子 22 を、第 3 の光学素子 23 の光軸 O に直交する方向に、摺動させて位置決めが行われ、枠部 22w、即ち第 2 の光学素子 22 は接着により鏡枠 24 に固定される。

【0053】

次いで、枠部 22w に第 1 の光学素子 21 が載置され、図 4 で説明したように、位置決め治具を第 1 の光学素子 21 の外周縁部の角部に接触させ、第 2 の光学素子 22 に対して、光軸 O に直交する方向に、摺動させ、位置決めが行われる。この後、図示しないが、第 1 の光学素子 21 は接着により枠部 22w に固定され、光ヘッド用光学ユニット 50 が完成する。

【0054】

このようにして、3 つの光学素子で構成された光ヘッド用光学ユニットの各光学素子相互の位置決めを、部品精度以上の精度で容易に行うことが可能になる。加えて、光学素子を保持していた鏡枠の一部を兼用でき部品点数の削減によるコストダウンができる。

【0055】

また、第 1 の光学素子 21 の外周縁部が突出するように、対応する枠部を形成し、これにより突出した第 1 の光学素子 21 の外周縁部に接触する位置決め治具により摺動させるようにすることにより、上述と同様の効果を得ることができる。

【0056】

また、上述の第 1 及び第 2 の実施の形態における第 1 の光学素子 21 を保持する枠部 22w の形状は以下のようにすることが望ましい。

【0057】

図 6 は、枠部 22w の第 1 の光学素子 21 に対応する部分の形状を示す図である。

【0058】

同図に示すように、枠部 2 2 w の周縁部の 3 箇所で、第 1 の光学素子 2 1 の外周縁部より突出した突起部 T を有している。この突起部 T は、上述の略 1 2 0 ° 間隔で 3 方向に配置された位置決め治具と干渉しない位置に形成される。この突起部 T 以外の位置では第 1 の光学素子 2 1 の外周縁部が枠部 2 2 w より突出するように形成されている。

【0059】

このように枠部 2 2 w に突起部 T を形成することにより、完成した光ヘッド用光学ユニット 5 0 を突起部 T を下にして載置することができるようになり、完成後に光学素子への擦り傷がつくのを防止することができる。

【0060】

なお、上述の第 1 及び第 2 の実施の形態では、第 3 の光学素子 2 3 又は、これを保持する鏡枠 2 4 を固定し、この第 3 の光学素子 2 3 に対して第 2 の光学素子 2 2 を位置決めするもので説明したが、これに限らず、第 2 の光学素子 2 2 を固定して、第 3 の光学素子 2 3 又は、第 3 の光学素子 2 3 を保持する鏡枠 2 4 を摺動させて位置決めするようにしてもよいのは勿論である。 10

【0061】

また、枠部を第 2 の光学素子に形成した例で説明したが、これに限らず、第 1 或いは第 3 の光学素子に一体的に枠部を形成したものでよいのは勿論である。

【図面の簡単な説明】

【0062】

【図 1】本発明に係る光ヘッド用光学ユニットを備えた互換型光ピックアップ装置 1 0 0 の光学的な概略構成を示した図である。 20

【図 2】本発明に係る光ヘッド用光学ユニット 5 0 の一例を示す概略断面図である。

【図 3】第 2 の光学素子に形成された枠部と第 3 の光学素子を組み付ける状態を示す図である。

【図 4】図 3 で示した工程の後の、第 1 の光学素子を、位置決めする状態を示す図である。

【図 5】第 2 の実施の形態に係る光ヘッド用光学ユニット 5 0 の別の例の概略断面図である。

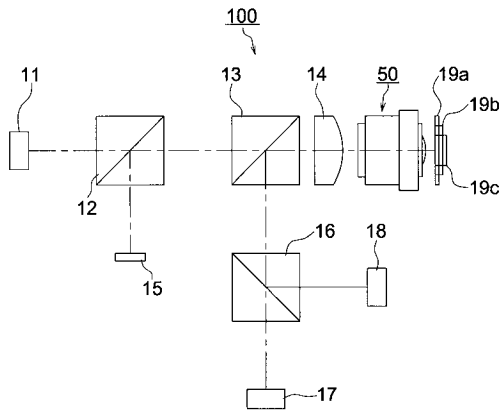
【図 6】枠部の第 1 の光学素子に対応する部分の形状を示す図である。

【符号の説明】

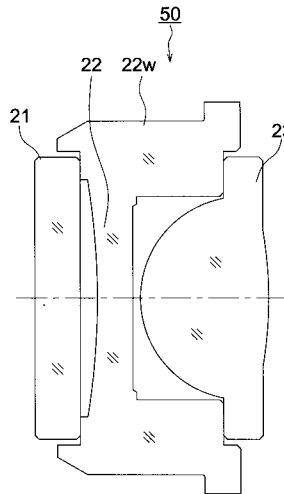
【0063】

- 1 1 青紫色半導体レーザ
- 1 2 ビームスプリッタ
- 1 3 ビームスプリッタ
- 1 4 コリメータレンズ
- 1 5 光検出器
- 1 6 ビームスプリッタ
- 1 7 第 1 光モジュール
- 1 8 第 2 光モジュール
- 2 1 第 1 の光学素子
- 2 2 第 2 の光学素子
- 2 3 第 3 の光学素子
- 2 4 鏡枠（第 2 の実施の形態）
- 3 1 位置決め治具
- 3 2 顕微鏡の対物レンズ
- 5 0 光ヘッド用光学ユニット
- 1 0 0 互換型光ピックアップ装置

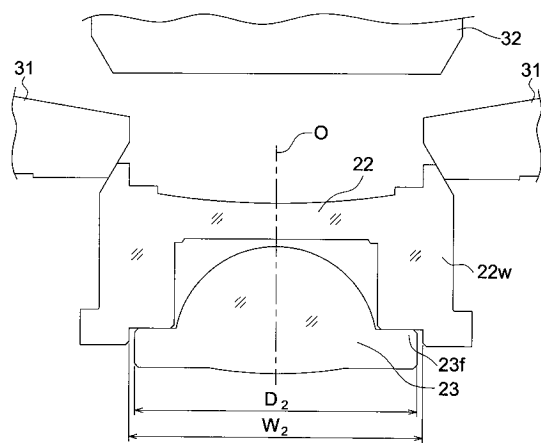
【図 1】



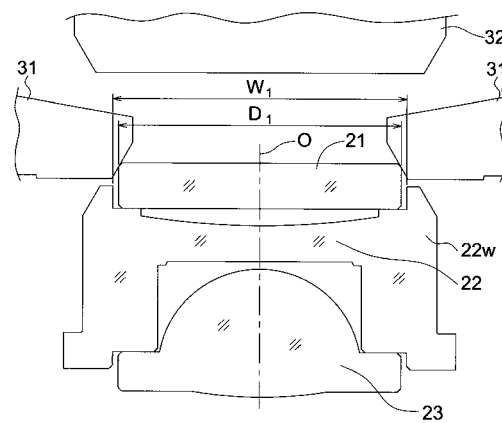
【図 2】



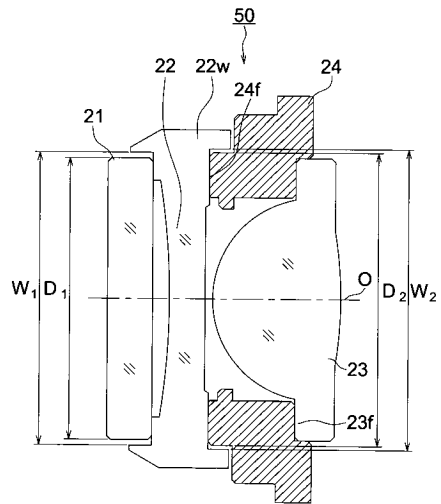
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【図 6】

