

(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2012-242117

(P2012-242117A)

(43) 公開日 平成24年12月10日(2012.12.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 J 3/36 (2006.01)	GO 1 J 3/36	2 GO 2 O
GO 1 J 3/26 (2006.01)	GO 1 J 3/26	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2011-109426 (P2011-109426)	(71) 出願人	000236436
(22) 出願日	平成23年5月16日 (2011. 5. 16)		浜松ホトニクス株式会社
			静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1
		(74) 代理人	100088155
			弁理士 長谷川 芳樹
		(74) 代理人	100113435
			弁理士 黒木 義樹
		(74) 代理人	100124291
			弁理士 石田 悟
		(74) 代理人	100148013
			弁理士 中山 浩光
		(72) 発明者	牛津 暁成
			静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1
			浜松ホトニクス株式会社内

最終頁に続く

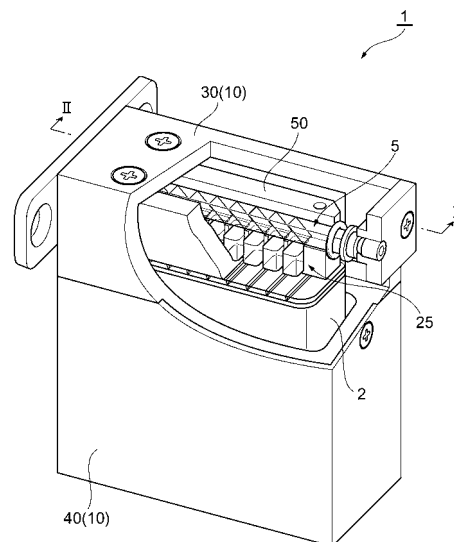
(54) 【発明の名称】 分光装置

(57) 【要約】

【課題】分光装置における光学部材の位置調整を容易化する。

【解決手段】本発明に係る分光装置 1 は、互いに異なる波長帯域特性を有する複数のダイクロイックミラー DM_n が配列された分光部 5 と、ダイクロイックミラー DM_n の各々に対向して設けられた複数のバンドパスフィルタ BPF_k を有する波長選択部 25 と、光電面 7、複数のバンドパスフィルタ BPF_k の各々に対応して設けられた複数のチャンネル C_m 及び複数のアノード 14 を有する光電子増倍管 2 と、波長選択部 25 を筐体内で保持する保持部 50 とを備え、保持部 50 は、バンドパスフィルタ BPF_k が一方向に配列された本体部 51 と、本体部 51 から互いに対向するように突出する一対の壁部 52、52 と、を含み、ダイクロイックミラー DM_n は、バンドパスフィルタ BPF_k の配列方向に沿って一対の壁部 52、52 の間に配列されていることを特徴とする。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

入射光を互いに異なる波長帯域の光に分光して各波長帯域の光を検出する分光装置であって、

互いに異なる波長帯域特性を有する複数の分光素子が配列された分光部と、

前記分光素子の各々に対向して設けられた複数の波長選択素子を有する波長選択部と、

前記複数の波長選択素子からの透過光を光電変換する光電面と、前記複数の波長選択素子の各々に対応して設けられた複数の電子増倍経路と、前記電子増倍経路の各々に対応して設けられた複数のアノードとを有する光電子増倍管を備えた光検出部と、

前記波長選択部を筐体内で保持する保持部と、

10

を備え、

前記保持部は、前記波長選択素子が一方向に配列された本体部と、前記本体部から互いに対向するように突出する一对の壁部と、を含み、

前記分光素子は、前記波長選択素子の配列方向に沿って前記一对の壁部の間に配列されていることを特徴とする分光装置。

【請求項 2】

前記分光部は、透光性を有する材料からなるロッド部材を更に有し、

前記分光素子は、前記ロッド部材の長手方向に沿って配列されていることを特徴とする請求項 1 に記載の分光装置。

【請求項 3】

20

前記壁部は、前記ロッド部材を超える高さを有していることを特徴とする請求項 2 に記載の分光装置。

【請求項 4】

前記ロッド部材と前記保持部とが非接触となっていることを特徴とする請求項 2 又は 3 に記載の分光装置。

【請求項 5】

前記ロッド部材の両端には、それぞれ弾性部材が嵌合されており、

前記ロッド部材は、前記弾性部材を介して前記一对の壁部の間に収容されていることを特徴とする請求項 4 に記載の分光装置。

【請求項 6】

30

前記ロッド部材の一端に嵌合された状態で前記筐体に固定される固定用部材と、

前記ロッド部材の他端に設けられ、前記ロッド部材を前記他端側から前記一端側に押圧した状態で前記筐体に固定される押圧用部材と、

を更に備える請求項 2 ～ 5 のいずれか一項に記載の分光装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、入射光を互いに異なる波長帯域の光に分光して各波長帯域の光を検出する分光装置に関する。

40

【背景技術】**【0002】**

従来、入射光を互いに異なる波長帯域の光に分光して各波長帯域の光を検出する分光装置がある。例えば、下記の特許文献 1 には、波長を選別するための複数のダイクロイックミラーと、ダイクロイックミラーの各々に対応して設けられたバンドパスフィルタと、光を検出するための光電子増倍管とを備える分光装置が記載されている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開平 8 - 5 0 0 8 9 号公報

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記特許文献1に記載された分光装置にあっては、複数のダイクロイックミラー及び複数のバンドパスフィルターといった、複数の光学部材を個々に配置する必要がある。このため、複数の光学部材を精度良く配置するには、各光学部材の位置調整の作業が煩雑になるおそれがある。

【0005】

そこで、本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、各光学部材の位置調整を容易化して組み立て可能な分光装置を提供することを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するため、本発明に係る分光装置は、入射光を互いに異なる波長帯域の光に分光して各波長帯域の光を検出する分光装置であって、互いに異なる波長帯域特性を有する複数の分光素子が配列された分光部と、分光素子の各々に対向して設けられた複数の波長選択素子を有する波長選択部と、複数の波長選択素子からの透過光を光電変換する光電面と複数の波長選択素子の各々に対応して設けられた複数の電子増倍経路と電子増倍経路の各々に対応して設けられた複数のアノードとを有する光電子増倍管を備えた光検出部と、波長選択部を筐体内で保持する保持部と、を備え、保持部は、波長選択素子が一方方向に配列された本体部と、本体部から互いに対向するように突出する一対の壁部と、を含み、分光素子は、波長選択素子の配列方向に沿って一対の壁部の間に配列されていることを特徴とする。

20

【0007】

この分光装置においては、複数の波長選択素子が本体部に一方方向に配列され、本体部から互いに対向するように突出する一対の壁部の間に、波長選択素子の配列方向に沿って分光素子が配列されている。これにより、複数の波長選択素子が設けられた本体部の面において、波長選択素子の配列方向と直交する方向における分光素子の位置を波長選択部の位置に合わせることができる。このため、分光素子及び波長選択部の位置をより確実に決定することができ、分光素子及び波長選択部の位置調整を容易化して組み立てることが可能となる。

30

【0008】

また、分光部は、透光性を有する材料からなるロッド部材を更に有し、分光素子は、ロッド部材の長手方向に沿って配列されていることが好ましい。この場合、ロッド部材に複数の分光素子を設けることで、分光部を一体化することができ、各分光素子を個々に配置及び位置調整することなく、一括して配置及び位置調整を行うことができる。

【0009】

また、壁部は、ロッド部材を超える高さを有していることが好ましい。この場合、壁部によって、より確実にロッド部材を位置決めすることができる。

【0010】

また、ロッド部材と保持部とが非接触となっていることが好ましい。この場合、壁部間におけるロッド部材の位置調整が行い易く、ロッド部材を所望の位置に調整することができる。

40

【0011】

また、ロッド部材の両端には、それぞれ弾性部材が嵌合されており、ロッド部材は、弾性部材を介して一対の壁部の間に収容されていることが好ましい。この場合、ロッド部材を保持部と離間させつつ、確実に位置決めすることができる。

【0012】

また、ロッド部材の一端に嵌合された状態で筐体に固定される固定用部材と、ロッド部材の他端に設けられ、ロッド部材を他端側から一端側に押圧した状態で筐体に固定される押圧用部材と、を更に備えることが好ましい。この場合、固定用部材によってロッド部材

50

の一端を固定しつつ、押圧用部材によってロッド部材を長手方向に位置調整しながら固定することが可能となる。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、分光装置における各光学部材の位置調整を容易化して、分光装置を組み立てることができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本実施形態に係る分光装置を示す一部切欠斜視図である。

【図2】図1の分光装置のII-II線断面図である。

10

【図3】図1の分光装置の光電子増倍管の拡大断面図である。

【図4】図1の分光装置の分光部周辺部分を示す拡大断面図である。

【図5】ダイクロミックミラーの波長帯域特性を示す図である。

【図6】バンドパスフィルタの通過帯域特性を示す図である。

【図7】図1の分光装置の分光部の拡大斜視図である。

【図8】図1の分光装置の組立手順を示す図である。

【図9】(a)は図1の分光装置の保持部の拡大斜視図、(b)はフィルタ嵌込孔周辺部分の拡大斜視図である。

【図10】図1の分光装置の分光部周辺部分の一部切欠斜視図である。

【図11】図1の分光装置の出力特性を示す図である。

20

【図12】図1の分光装置の変形例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、図面を参照して、本発明に係る分光装置の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明においては同一又は相当部分には同一符号を付し、重複する説明を省略する。

【0016】

図1は、本実施形態に係る分光装置を示す図である。図2は、図1の分光装置のII-II線断面図である。図1及び図2に示すように、分光装置1は、透過型の分光装置であって、リニアマルチアノード型の光電子増倍管(光検出部)2と、入射光を分光する分光部5と、波長選択部25と、を備えている。また、分光装置1は、光電子増倍管2、分光部5及び波長選択部25を収容する筐体10を備えている。

30

【0017】

光電子増倍管2は、マルチアノード型であって、後述する分光部5からの各反射光をそれぞれ電気信号に変換して出力する装置である。図3は、光電子増倍管2の拡大断面図である。この光電子増倍管2は四角柱状の金属製側管3を有しており、この側管3の一端側の開口部には、ガラス等の光透過性材料により形成された矩形状の光入射板4が融着等により気密に固定されている。この光入射板4は、図3において紙面に垂直な方向(以下、「幅方向」という)に延在する複数の光遮蔽板6によって略等間隔に仕切られ、これにより、光入射板4には、幅方向に延在する光入射部4aが複数形成されることになる。また、光入射板4の内側表面には光電面7が形成されている。

40

【0018】

一方、側管3の他端側の開口部には、ガラス等の絶縁性材料により形成された矩形状のステム8が取り付けられている。より具体的には、ステム8には、その側面を取り囲む金属製の包囲部材9が融着等により気密に固定されており、この包囲部材9の一端に形成されたフランジ9aと、側管3の他端に形成されたフランジ部3aとが抵抗溶接等により気密に接合されている。

【0019】

このように側管3、光入射板4及びステム8等により形成された真空空間S内には、複数層のダイノード11を有するメタルチャンネルダイノード12が設置されている。また

50

、真空空間 S 内においてメタルチャンネルダイノード 1 2 と光電面 7 との間には、平板状の収束電極 1 3 が設置されている。この収束電極 1 3 には、幅方向に延在する複数のスリット 1 3 a が形成されており、各スリット 1 3 a は、光電面 7 の垂線方向において光入射板 4 の各光入射部 4 a と対向している。

【 0 0 2 0 】

更に、真空空間 S 内においてメタルチャンネルダイノード 1 2 とステム 8 との間には、幅方向に延在する複数のマルチアノード 1 4 がリニアに配列され、各マルチアノード 1 4 は、光電面 7 の垂線方向において光入射板 4 の各光入射部 4 a と対向している。なお、ステム 8 の内側表面には、隣り合うマルチアノード 1 4 , 1 4 間を隔てる隔壁 1 6 が立設され、クロストークの発生が抑制されている。また、各マルチアノード 1 4 には、出力信号

10

【 0 0 2 1 】

以上のように構成された光電子増倍管 2 においては、光電面 7 の垂線方向において対向する光入射部 4 a とマルチアノード 1 4 との間に位置する収束電極 1 3 のスリット 1 3 a 及びメタルチャンネルダイノード 1 2 の電子通過孔によって複数のチャンネル（電子増倍経路） C_m （ここでは、 $m = 1 \sim 8$ ）が形成される。従って、光電子増倍管 2 は、リニアに配列された複数のチャンネル C_m を有することになる。

【 0 0 2 2 】

ここで、任意の 1 つのチャンネル C_m に着目して電子増倍作用について説明する。光入射部 4 a を透過した光が光電面 7 に入射すると、光電面 7 にて光電変換され、真空空間 S 中に光電子が放出される。放出された光電子は収束電極 1 3 のスリット 1 3 a を通って最前段のダイノード 1 1 上に収束される。これにより、光電子は、光入射部 4 a とマルチアノード 1 4 との間に位置する電子通過孔を通りながら、メタルチャンネルダイノード 1 2 により二次電子増倍され、最後段のダイノード 1 2 から二次電子群が放出される。この二次電子群はマルチアノード 1 4 に到達し、このマルチアノード 1 4 に接続されたステムピン 1 7 を介して出力信号が送出される。

20

【 0 0 2 3 】

また、図 2 及び図 4 に示すように、光電子増倍管 2 の光入射板 4 の光入射側には、分光部 5 及び波長選択部 2 5 が配置されている。分光部 5 は、入射光を複数の異なる波長帯域の光に分光する部分であって、ダイクロイックミラーアレイ 2 1 と、入射部 2 2 と、を有している。

30

【 0 0 2 4 】

ダイクロイックミラーアレイ 2 1 は、入射光の入射方向に沿って配置されている。このダイクロイックミラーアレイ 2 1 は、互いに異なる波長帯域特性を有する複数のダイクロイックミラー（分光素子） DM_n （ここでは、 $n = 1 \sim 8$ ）の配列である。ここでは、長波長帯域側が光透過帯域であって且つ光透過帯域の最短波長が互いに異なる複数のダイクロイックミラー DM_n が、入射光の入射方向に沿って最短波長が小さい順に配列されている。各ダイクロイックミラー DM_n は、図 4 において紙面に垂直な方向（以下、「幅方向」という）に延在しており、入射光の入射方向において 4 5 度の角度をもって配置され、光電面 7 の垂線方向において光電面 7 に対し 4 5 度の角度をもって各光入射部 4 a と対向している。

40

【 0 0 2 5 】

ここで、長波長帯域側が光透過帯域である場合の光透過帯域の最短波長とは、図 5 に示すように、例えば、各ダイクロイックミラー DM_n において光透過率が 5 0 % のときの波長 α_n を意味する。なお、ダイクロイックミラーアレイ 2 1 においては、ダイクロイックミラー $DM_1, DM_2, DM_3 \cdots DM_8$ という順序で光透過帯域の最短波長 α_n が徐々に大きくなっているものとする。

【 0 0 2 6 】

更に、図 2 及び図 4 に示すように、ダイクロイックミラーアレイ 2 1 に対する光の入射

50

側には、入射部 22 が入射光の入射方向に直交するように配置されている。入射部 22 は、検出対象の光（入射光）が入射する部分である。

【0027】

また、光電面 7 とダイクロミックミラーアレイ 21 との間には、波長選択部 25 が配置されている。波長選択部 25 は、光電面 7 の垂線方向においてダイクロミックミラー DM_n の各々に対応する位置に、バンドパスフィルタ（波長選択素子） BPF_k （ここでは、 $k = 1 \sim 8$ ）を有している。このバンドパスフィルタ BPF_k は、互いに異なる透過波長帯域特性を有するフィルタであって、例えば柱状の形状を呈している。

【0028】

図 6 は、バンドパスフィルタ BPF_k の透過波長帯域特性を示す図である。図 6 に示すように、バンドパスフィルタ $BPF_1 \sim$ バンドパスフィルタ BPF_8 によって、略可視光領域に相当する波長域を 8 つの検出領域に分割している。バンドパスフィルタ BPF_k は、対応するダイクロミックミラー DM_n の光反射帯域のうち一部の波長帯域（中心波長 λ_k ）を透過する特性を有している。例えば、バンドパスフィルタ BPF_1 は、波長 β_{11} より長波長で波長 β_{12} より短波長の光を透過する。この波長 β_{11} 及び波長 β_{12} はいずれも、波長 α_1 より短波長である。バンドパスフィルタ BPF_2 は、波長 β_{21} より長波長で波長 β_{22} より短波長の光を透過する。この波長 β_{21} 及び波長 β_{22} はいずれも、波長 α_1 より長波長で波長 α_2 より短波長である。

【0029】

続いて、上述した分光部 5 について更に詳細に説明する。図 7 は、分光部 5 の拡大斜視図である。図 7 に示すように、分光部 5 は、透光ロッド（ロッド部材）20 を更に有し、この透光ロッド 20 に、上述のダイクロミックミラーアレイ 21 及び入射部 22 が一体成形されている。なお、各ダイクロミックミラー DM_n は、透光ロッド 20 に蒸着等によって形成された誘電体多層膜等の薄膜である。

【0030】

透光ロッド 20 は、入射光に対して透光性を有する材料からなり、例えば石英ガラス又は BK7（硼珪酸ガラス）等のガラスから構成されている。透光ロッド 20 は、一方向（入射光の入射方向）に延在する断面矩形の長尺の形状を呈し、入射部 22 が設けられている入射面 20a と、ダイクロミックミラーアレイ 21 によって分光された光が出射する分光面 20b と、を有している。また、透光ロッド 20 は、例えば端面にダイクロミックミラー DM_n が形成された複数の柱状の透光部材を接合してロッド状とすることで形成される。

【0031】

入射面 20a は、透光ロッド 20 の延在方向の一端面であって、入射光の入射方向に対して略垂直に設けられている。この入射面 20a に反射防止膜（AR コート；Anti Reflection Coating）が蒸着等によって形成されて入射部 22 を構成しており、透光ロッド 20 の入射面 20a における入射光の反射を低減することで、透光ロッド 20 内への入射光量の低下を抑制している。分光面 20b は、透光ロッド 20 の延在方向（長手方向）に沿って透光ロッド 20 に設けられたダイクロミックミラーアレイ 21 の反射側の面であって、ダイクロミックミラーアレイ 21 の配列方向に沿って設けられている。また、透光ロッド 20 の延在方向の両端部には、リング状の弾性部材 23、23 が嵌合されている。この弾性部材 23 は、例えばゴム等の樹脂材料である。

【0032】

次に、筐体 10 について説明する。筐体 10 は、遮光性を有する容器であって、図 1 及び図 8 に示すように、分光部 5 及び波長選択部 25 を収容する上側筐体 30 と、光電子増倍管 2 を収容する下側筐体 40 とで構成されている。分光部 5 は、上側筐体 30 に保持され、波長選択部 25 は、後述の保持部 50 に保持されて、上側筐体 30 に収容される。上側筐体 30 は、一方向に延びる直方体箱型形状を呈し、下面が開口している。この下面から保持部 50 が収容される。上側筐体 30 の上面には、開口部 31 が設けられており、この開口部 31 を介して、ネジ部材により保持部 50 が上側筐体 30 に固定される。上側筐

10

20

30

40

50

体 3 0 の長手方向に直交する両側面には、分光部 5 を挿通可能な開口部 3 2 , 3 2 が設けられている。

【 0 0 3 3 】

ここで、保持部 5 0 について説明する。図 9 の (a) は保持部 5 0 の斜視図、(b) はフィルタ嵌込孔 5 3 周辺部分の拡大斜視図である。保持部 5 0 は、遮光性を有する材料によって形成されており、図 9 に示すように、一方向に延在し、延在方向に直交する断面の形状が凹型を呈している。この保持部 5 0 は、波長選択部 2 5 を保持し、分光部 5 のうち、少なくともダイクロイックミラーレイ 2 1 を収容する部材であって、本体部 5 1 及び壁部 5 2 , 5 2 を備えている。

【 0 0 3 4 】

本体部 5 1 は、一方向に延びる板材であって、一定の厚さを有している。本体部 5 1 の上平面である嵌込面 5 1 a の幅方向の略中央に、本体部 5 1 の延在方向に沿って複数のフィルタ嵌込孔 5 3 が形成されている。このフィルタ嵌込孔 5 3 はそれぞれ、その位置に対応するバンドパスフィルタ BPF_k の外形に沿って形成されており、本体部 5 1 を上下方向に貫通している。本体部 5 1 の下面側において、フィルタ嵌込孔 5 3 の周縁に沿って開口縁 5 3 a が形成されている。この開口縁 5 3 a は、対応するバンドパスフィルタ BPF_k の下面の外周よりも小さい開口を形成している。また、隣り合うフィルタ嵌込孔 5 3 , 5 3 の間には、光遮蔽部 5 4 が形成されている。なお、フィルタ嵌込孔 5 3 の深さはバンドパスフィルタ BPF_k の高さよりも大きいため、バンドパスフィルタ BPF_k をフィルタ嵌込孔 5 3 内に固定した際には、バンドパスフィルタ BPF_k の上面は嵌込面 5 1 a に対して窪んだ位置に配置される。

【 0 0 3 5 】

壁部 5 2 , 5 2 は、フィルタ嵌込孔 5 3 が設けられた本体部 5 1 の嵌込面 5 1 a から互いに対向するように突出している一对の部材である。壁部 5 2 , 5 2 は、複数のフィルタ嵌込孔 5 3 を挟んで嵌込面 5 1 a から略垂直に設けられ、互いに対向する対向面 5 2 a , 5 2 a をそれぞれ備えている。対向面 5 2 a , 5 2 a は、分光部 5 (透光ロッド 2 0 及びダイクロイックミラー DM_n) の高さを超える高さを有しており、分光部 5 (透光ロッド 2 0 及びダイクロイックミラー DM_n) の幅よりも広い間隔で離間している。そして、この嵌込面 5 1 a 及び対向面 5 2 a , 5 2 a によって囲まれた収容空間 S_a に分光部 5 のダイクロイックミラーレイ 2 1 が収容される。

【 0 0 3 6 】

このとき、透光ロッド 2 0 の長尺方向の長さは収容空間 S_a の同方向の長さよりも長い。ため、透光ロッド 2 0 の両端部は保持部 5 0 から突出している。そして、透光ロッド 2 0 の両端部に嵌合された弾性部材 2 3 が上側筐体 3 0 と接触して固定されることにより、透光ロッド 2 0 が収容空間 S_a 内で本体部 5 1 及び壁部 5 2 , 5 2 に対して離間した宙吊りの状態で保持される。したがって、透光ロッド 2 0 と保持部 5 0 との間には、一定の隙間が存在し、両者は非接触となっている。

【 0 0 3 7 】

なお、壁部 5 2 (対向面 5 2 a , 5 2 a) は、分光部 5 が保持部 5 0 に宙吊りに保持された状態においても、その状態の分光部 5 (透光ロッド 2 0 及びダイクロイックミラー DM_n) を超える高さを有している。つまり、壁部 5 2 (対向面 5 2 a , 5 2 a) の高さは、分光部 5 (透光ロッド 2 0 及びダイクロイックミラー DM_n) の高さ、透光ロッド 2 0 の分光面 2 0 b と嵌込面 5 1 a との離間距離と、を足した長さよりも大きい。壁部 5 2 の上平面である取付面 5 2 b には、本体部 5 1 の延在方向の両端に雌ネジ部 5 5 が設けられている。この雌ネジ部 5 5 によって、保持部 5 0 は上側筐体 3 0 に取り付けられる。

【 0 0 3 8 】

次に、図 8 を参照して、分光装置 1 の組立手順を説明する。まず、各バンドパスフィルタ BPF_k を保持部 5 0 のフィルタ嵌込孔 5 3 にそれぞれ装着する。具体的には、各バンドパスフィルタ BPF_k をフィルタ嵌込孔 5 3 の上側から挿入し、バンドパスフィルタ BPF_k の上部に光路を遮らないように固定用シリコン接着剤等の接着剤を塗布して、フィ

10

20

30

40

50

ルタ嵌込孔 5 3 の周縁部に固定する。続いて、バンドパスフィルタ BPF_k が装着された保持部 5 0 を上側筐体 3 0 の下面から收容し、取付面 5 2 b と上側筐体 3 0 の上内面とを面接触する。そして、上側筐体 3 0 の上面に設けられた開口部 3 1 を介して、保持部 5 0 の雌ネジ部 5 5 にネジ部材を螺入し、保持部 5 0 を上側筐体 3 0 に固定する。次に、分光部 5 を開口部 3 2 から上側筐体 3 0 内に挿入し、保持部 5 0 の壁部 5 2 , 5 2 間に收容する。

【 0 0 3 9 】

そして、取付用板（固定用部材）3 5 を分光部 5（透光ロッド 2 0）の入射端に嵌め込み、取付用板 3 5 を上側筐体 3 0 の長手方向に直交する一側面にネジ部材等により固定する。さらに、分光部 5（透光ロッド 2 0）の他端に押子（押圧用部材）3 6 及び位置調整ネジ（押圧用部材）3 8 を取り付け、遮光板 3 7 を上側筐体 3 0 の長手方向に直交する他側面にネジ部材等で固定する。そして、光電子増倍管 2 を收容している下側筐体 4 0 に上側筐体 3 0 をネジ部材で固定する。以上の手順により、分光装置 1 が組み立てられる。

【 0 0 4 0 】

次に、分光装置 1 の各光学部材の位置調整について説明する。図 1 0 は、分光部 5 の周辺部分の一部切欠斜視図である。図 2 及び図 1 0 に示すように、分光装置 1 では、各バンドパスフィルタ BPF_k は、保持部 5 0 のフィルタ嵌込孔 5 3 によって、対応する光入射部 4 a に対して光電面 7 の垂線方向に高精度に配置されている。また、分光部 5 は、本体部 5 1 の幅方向において、壁部 5 2 , 5 2 により波長選択部 2 5 の上方に高精度に配置されている。したがって、分光装置 1 では、各ダイクロイックミラー DM_n が対応するバンドパスフィルタ BPF_k に対して、光電面 7 の垂線方向に配置されるように位置調整を行う。この位置調整は、入射光の入射方向、すなわち透光ロッド 2 0 の長手方向において、分光部 5 を位置調整すればよい。

【 0 0 4 1 】

図 1 0 に示すように、透光ロッド 2 0 の入射端は、取付用板 3 5 の嵌合部 3 5 a に嵌合されている。この嵌合部 3 5 a は、取付用板 3 5 を貫通する孔である。嵌合部 3 5 a の一端は透光ロッド 2 0 の外形よりも小さい開口を有し、嵌合部 3 5 a の他端は透光ロッド 2 0 の外形に沿って開口されている。このように、取付用板 3 5 は、嵌合部 3 5 a の他端において透光ロッド 2 0 の一端を嵌合可能に形成され、嵌合部 3 5 a 内をその一端まで透光ロッド 2 0 を押込可能となるように形成されている。

【 0 0 4 2 】

また、透光ロッド 2 0 の他端には、押子 3 6 及び位置調整ネジ 3 8 が取り付けられている。この位置調整ネジ 3 8 の頂部には、例えば六角形の凹部が形成されている。この凹部を介してレンチ等の工具により位置調整ネジ 3 8 が螺入されることで、押子 3 6 によって透光ロッド 2 0 の他端を入射端側に押圧可能とし、入射光の入射方向における分光部 5 の位置を調整可能としている。また、位置調整ネジ 3 8 は、遮光板 3 7 の開口部を介して分光装置 1 の外部から螺入可能に設けられている。

【 0 0 4 3 】

このように、分光装置 1 の組み立て後、分光装置 1 の外部から位置調整ネジ 3 8 を螺入することで、透光ロッド 2 0 を他端側から入射端側に押圧して、入射光の入射方向における分光部 5 の位置を微調整する。例えば、ダイクロイックミラー DM_n の反射光がそれぞれ対応するバンドパスフィルタ BPF_k の上面の略中心位置に垂直に入射するように、分光部 5 の位置を微調整する。そして、位置調整ネジ 3 8 は、位置調整後の状態で筐体 1 0 に固定される。なお、透光ロッド 2 0 の入射端は、取付用板 3 5 の嵌合部 3 5 a に嵌合されているため、透光ロッド 2 0 の回転を抑制しつつ、分光部 5 の位置調整を行うことができる。

【 0 0 4 4 】

以上のように構成された分光装置 1 における入射光の分光作用について説明する。図 2 に示すように、入射光は、入射部 2 2 に略垂直に入射する。この入射部 2 2 は透光ロッド 2 0 の入射面 2 0 a に形成された反射防止膜であるので、入射光は入射部 2 2 において殆

10

20

30

40

50

ど反射されることなく透光ロッド 20 内に入射する。そして、入射光は、透光ロッド 20 内を通過して、入射部 22 と入射方向において 45 度の角度をもって対面しているダイクロイックミラー DM₁ に入射する。

【0045】

ここで、ダイクロイックミラー DM₁ により反射された光（主に波長 α_1 より短波長帯域の光）は、バンドパスフィルタ BPF₁ 及び光入射部 4a を透過して光電面 7 に略垂直に入射する。一方、ダイクロイックミラー DM₁ を透過した光（主に波長 α_1 より長波長帯域の光）は、透光ロッド 20 内を通過して、光透過帯域の最短波長が 2 番目に小さいダイクロイックミラー DM₂ に対し 45 度の角度をもって入射することになる。

【0046】

このため、ダイクロイックミラー DM₂ により反射された光（主に、波長 α_1 より長波長帯域の光のうち、波長 α_2 より短波長帯域の光）は、バンドパスフィルタ BPF₂ 及び光入射部 4a を透過して光電面 7 に略垂直に入射する。さらに、ダイクロイックミラー DM₂ を透過した光（主に波長 α_2 より長波長帯域の光）は、透光ロッド 20 内を通過して、ダイクロイックミラー DM₃ に対し入射する。このようにして、光透過帯域の最短波長が最大のダイクロイックミラー DM₈ に到達するまで透過光が透光ロッド 20 内を通過することになる。

【0047】

次に、分光装置 1 の作用効果を説明する。図 11 は、分光装置 1 の各チャンネルの出力特性を示す図である。図 11 において、横軸は分光された光の波長を示し、縦軸は光透過率（分光された光の強度の入射光の強度に対する割合）を示す。なお、比較のため、従来品（型名：H11454）の各チャンネルの出力特性を併せて示している。この従来品は、分光装置 1 と同様の透過型の分光装置であって、分光部の光路を大気としたものである。グラフ A1 ~ A4 はそれぞれ、分光装置 1 のチャンネル C₄, C₅, C₇, C₈（中心波長 $\lambda_4, \lambda_5, \lambda_7, \lambda_8$ ）の、出力特性を示すグラフである。グラフ B1 ~ B4 はそれぞれ、従来品のチャンネル C₄, C₅, C₇, C₈（中心波長 $\lambda_4, \lambda_5, \lambda_7, \lambda_8$ ）の出力特性を示すグラフである。

【0048】

分光装置 1 の出力特性と従来品の出力特性とを比較すると、チャンネル C₄ では、いずれも光透過率が 92 ~ 93 % 程度であり、その差は殆ど認められない。しかし、チャンネル C₅ では、従来品の光透過率は 85 ~ 88 % 程度であるのに対して、分光装置 1 の光透過率は 90 % 程度である。チャンネル C₇ では、従来品の光透過率は 80 ~ 82 % 程度であるのに対して、分光装置 1 の光透過率は 87 ~ 90 % 程度である。チャンネル C₈ では、従来品の光透過率は 67 ~ 70 % 程度であるのに対して、分光装置 1 の光透過率は 80 % 程度で、従来品の光透過率に対して約 2 割程度高い。このように、後段のチャンネル C_m になるほど、分光装置 1 の光透過率が従来品の光透過率より大きくなっている。この傾向は、分光装置 1 では、従来品と比較して入射光の光路において光の損失が低減されていることを示している。従って、分光装置 1 では、従来品と比較して光の損失が低減されている。

【0049】

このように、分光装置 1 では、透光ロッド 20 内にダイクロイックミラーアレイ 21 が設けられた構成とすることで、入射光の光路において、光の拡散を抑制することができ、分光部 5 内における光の損失を抑制することができる。また、透光ロッド 20 の両端に弾性部材 23 が嵌合されることで、透光ロッド 20 を保持部 50 に対して離間させた状態で、分光部 5 を配置することができる。このため、透光ロッド 20 と保持部 50 との間の接触をなくすことができ、壁部 52, 52 の間の収容空間 Sa 内での透光ロッド 20 の位置調整が容易になるとともに、接触界面からの光の損失をなくすことができる。

【0050】

また、上述したように、入射部 22 は反射防止膜で構成されているため、入射部 22 において入射光が反射するのを抑制することができ、入射部 22 における光の損失を抑制す

10

20

30

40

50

ることができる。

【0051】

また、上述したように、各ダイクロイックミラー DM_n により反射された光はバンドパスフィルタ BPF_k を透過することになるため、波長弁別性をより一層向上させることができる。従って、入射光を分光する際の分解能を向上させることが可能になる。しかも、各ダイクロイックミラー DM_n により反射された光はバンドパスフィルタ BPF_k に略垂直に入射することになるため、バンドパスフィルタ BPF_k を透過した光の波長域がシフトするのを防止することができる。

【0052】

また、上述のような出力特性を得るためには、分光装置1の各光学部材が正確に配置されている必要がある。分光装置1では、波長選択部25の各バンドパスフィルタ BPF_k が、保持部50の本体部51の一方向に形成された複数のフィルタ嵌込孔53にそれぞれ保持されている。また、その複数のバンドパスフィルタ BPF_k が設けられた本体部51の上面から突出し、複数のフィルタ嵌込孔53を挟んで互いに対向する一对の壁部52, 52の間に、分光部5(ダイクロイックミラー DM_n)が収容されている。これにより、本体部51の上面において、一方向と直交する方向における分光部5(ダイクロイックミラー DM_n)の位置を波長選択部25の位置に合わせることができる。このため、分光部5(ダイクロイックミラー DM_n)及び波長選択部25の位置をより確実に決定することができ、分光部5(ダイクロイックミラー DM_n)及び波長選択部25の位置調整を容易化して、分光装置1を組み立てることが可能となる。また、遮光性の材料からなる本体部51に設けられたフィルタ嵌込孔53にバンドパスフィルタ BPF_k を収容し、遮光性の材料からなる壁部52, 52がフィルタ嵌込孔53及び分光部5を挟むように設けられているため、これらの光学部材間の光路の遮光性も向上する。

【0053】

また、分光部5は、透光ロッド20にダイクロイックミラーアレイ21及び入射部22が形成されているため、ダイクロイックミラー DM_n を個々に配置及び位置調整を行うことなく、一括して配置及び位置調整を行うことができる。その結果、ダイクロイックミラー DM_n の位置調整を容易化して、分光装置1を組み立てることが可能となる。

【0054】

さらに、透光ロッド20の光入射端の外形に沿った形状の嵌合部35aを有する取付用板35が、透光ロッド20の光入射端に嵌合された状態で上側筐体30に固定され、押子36及び位置調整ネジ38が透光ロッド20の他端に設けられている。これにより、透光ロッド20の回転を抑制しつつ、分光部5の長手方向の位置調整を行うことができ、分光部5の位置調整を容易化して、分光装置1を組み立てることが可能となる。

【0055】

また、透光ロッド20の両端に弾性部材23が嵌合されることで、壁部52, 52の間に、分光部5を保持部50に対して離間させつつしっかりと位置決めされた状態で固定されるように、透光ロッド20を筐体10で保持することができる。また、透光ロッド20の耐振動性を確保でき、透光ロッド20を保護することができる。

【0056】

また、分光部5が保持部50に収容された状態において、壁部52, 52は、透光ロッド20を超える高さを有している。このため、壁部52, 52によって透光ロッド20の位置決めがより確実になるとともに、透光ロッド20及びダイクロイックミラー DM_n を保護することができる。

【0057】

さらに、透光ロッド20に薄膜のダイクロイックミラー DM_n が形成されることで、分光部5をコンパクト化することができ、分光装置1をコンパクト化することが可能となる。また、複雑な構成の分光部5とすることも可能となる。

【0058】

(変形例)

10

20

30

40

50

図 1 2 は、分光装置 1 の変形例を示す図である。ここでは、上記実施形態の分光装置 1 との相違点を中心に説明する。図 1 2 に示すように、この変形例の分光装置 1 では、保持部 5 0 の壁部 5 2 , 5 2 の互いに対向する面である対向面 5 2 a , 5 2 a のそれぞれに複数のミラー溝 5 6 が設けられている。複数のミラー溝 5 6 はそれぞれ、各フィルタ嵌込孔 5 3 の中心軸と本体部 5 1 の幅方向とで規定される平面が対向面 5 2 a , 5 2 a に交差する直線上に中心点を有し、本体部 5 1 の延在方向において 4 5 度の角度をもって形成されている。また、複数のミラー溝 5 6 はそれぞれ、他方の対向面 5 2 a に設けられたミラー溝 5 6 と対向しており、対向するミラー溝 5 6 と略同一の形状を有している。また、各ミラー溝 5 6 は、一端が取付面 5 2 b まで達しており、ダイクロイックミラー DM_n の幅方向の端部を挿入可能な程度の幅を有している。

10

【 0 0 5 9 】

また、分光部 5 は、ダイクロイックミラーアレイ 2 1 のみから構成されており、透光ロッド 2 0 及び弾性部材 2 3 を有しない。このダイクロイックミラーアレイ 2 1 は、板状のダイクロイックミラー DM_n の配列である。各ダイクロイックミラー DM_n は、対向面 5 2 a , 5 2 a 間の離間距離よりも大きい幅を有し、互いに対向するミラー溝 5 6 , 5 6 に嵌合可能に形成されている。

【 0 0 6 0 】

変形例の分光装置 1 では、このミラー溝 5 6 のそれぞれに直接ダイクロイックミラー DM_n が挿入され、嵌合されることで、分光部 5 が保持部 5 0 に保持される。このため、入射光の入射方向における分光部 5 (ダイクロイックミラー DM_n) の位置調整を行うことなく、分光装置 1 を組み立てることが可能となる。

20

【 0 0 6 1 】

なお、本発明に係る分光装置は本実施形態に記載したものに限定されない。本発明に係る分光装置は、各請求項に記載した要旨を変更しないように実施形態に係る分光装置 1 を変形し、又は他のものに適用してもよい。

【 0 0 6 2 】

例えば、ダイクロイックミラー DM_n はそれぞれ、特定波長より短波長の光を透過し、該波長以上の波長を反射する波長帯域特性を有してもよい。この場合、ダイクロイックミラー DM_1 は、ダイクロイックミラー DM_n のうち光透過帯域の最長波長が最大のダイクロイックミラーである。そして、ダイクロイックミラー $DM_1 \sim$ ダイクロイックミラー DM_8 は、光透過帯域の最長波長が大きい順に、入射光の入射方向において 4 5 度の角度をもって透光ロッド 2 0 内に配列されている。また、最終段のダイクロイックミラーであるダイクロイックミラー DM_8 は、入射光を反射する反射ミラーとしてもよい。

30

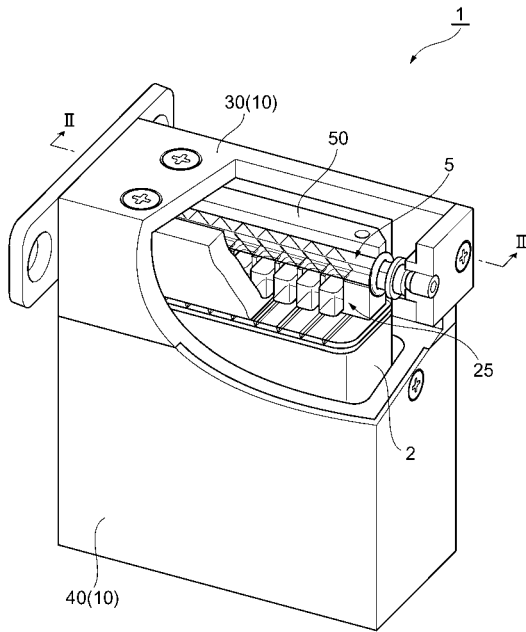
【 符号の説明 】

【 0 0 6 3 】

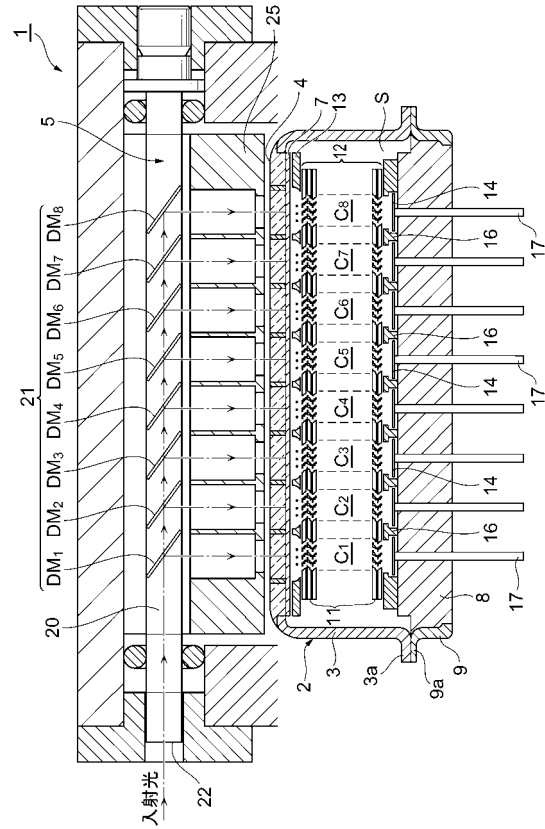
1 ... 分光装置、 2 ... 光電子増倍管 (光検出部)、 5 ... 分光部、 1 0 ... 筐体、 1 4 ... マルチアノード、 2 0 ... 透光ロッド (ロッド部材)、 2 3 ... 弾性部材、 2 5 ... 波長選択部、 3 0 ... 保持部、 3 5 ... 取付用板 (固定用部材)、 3 6 ... 押子 (押圧用部材)、 3 8 ... 位置調整ネジ (押圧用部材)、 5 0 ... 保持部、 5 1 ... 本体部、 5 2 ... 壁部、 BPF_k ... バンドパスフィルタ (波長選択素子)、 C_m ... チャンネル (電子増倍経路)、 DM_n ... ダイクロイックミラー (分光素子)。

40

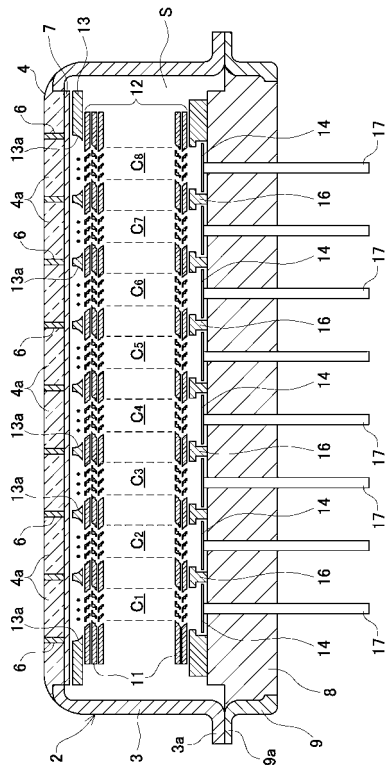
【図 1】



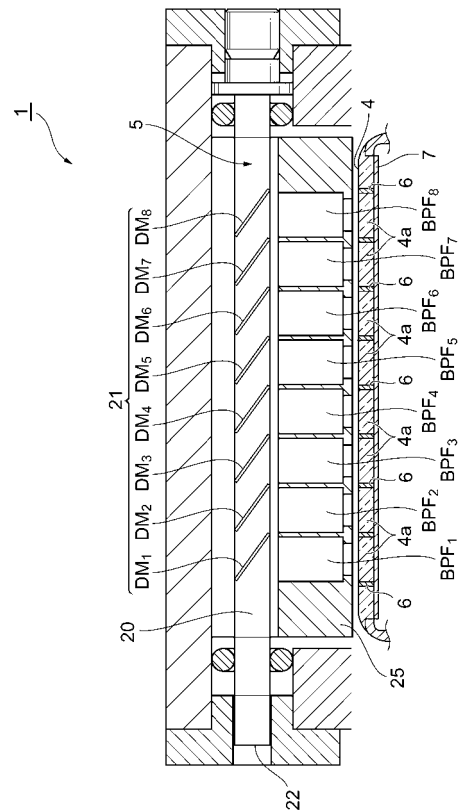
【図 2】



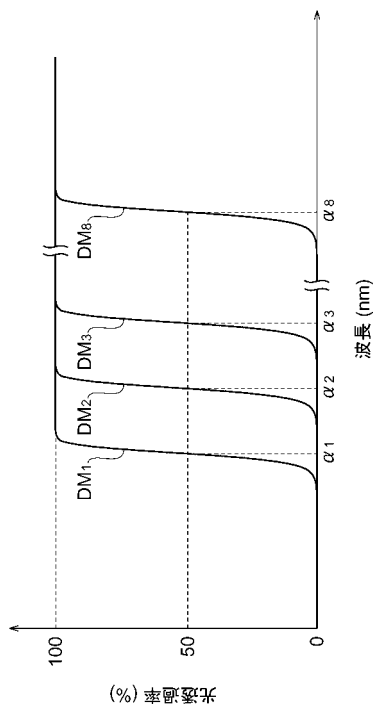
【図 3】



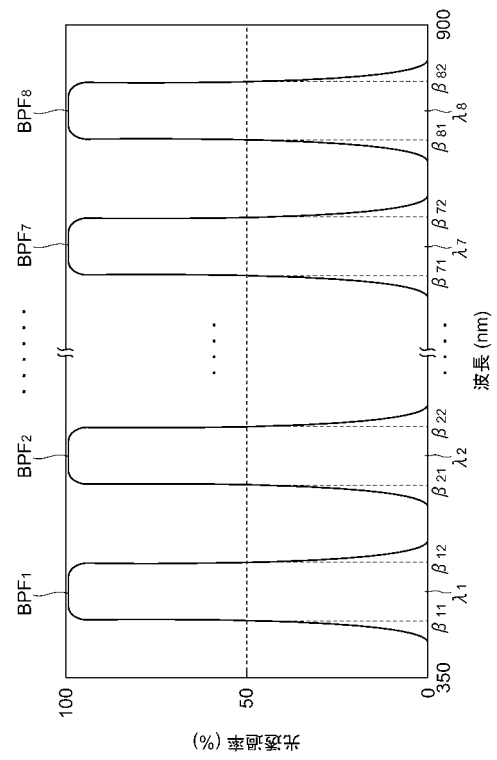
【図 4】



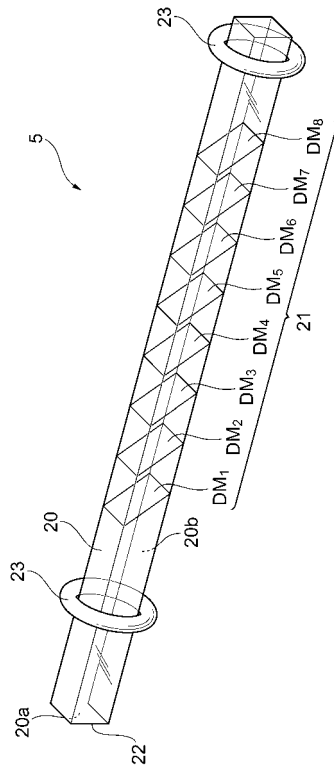
【図 5】



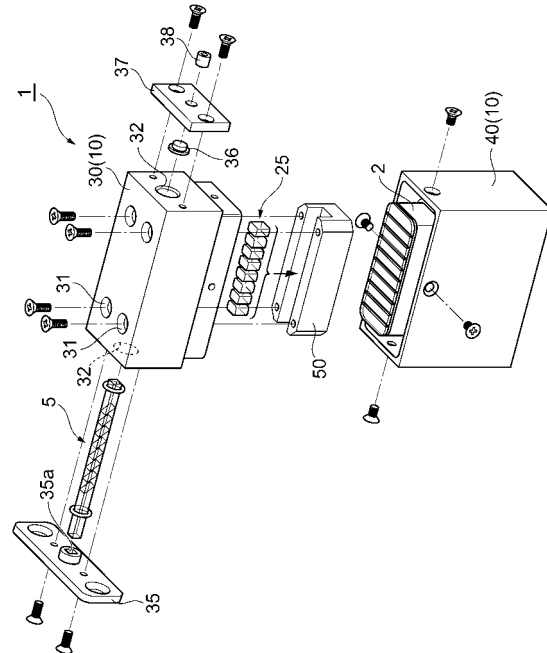
【図 6】



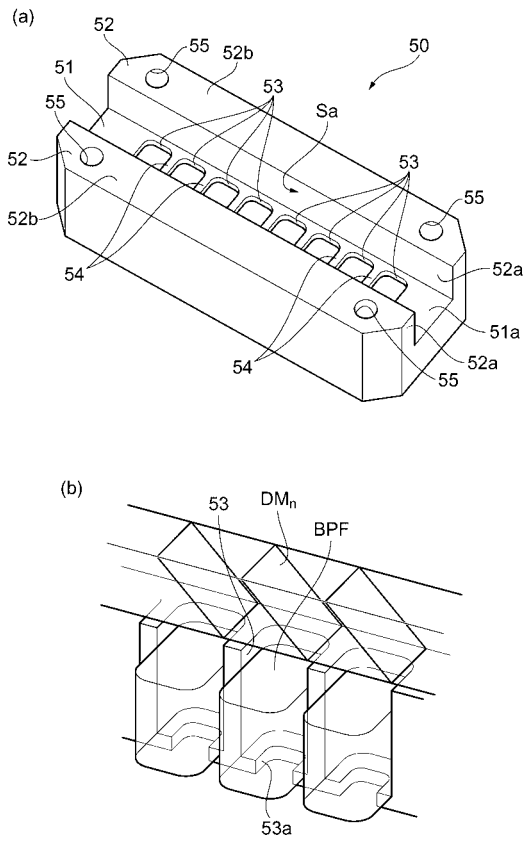
【図 7】



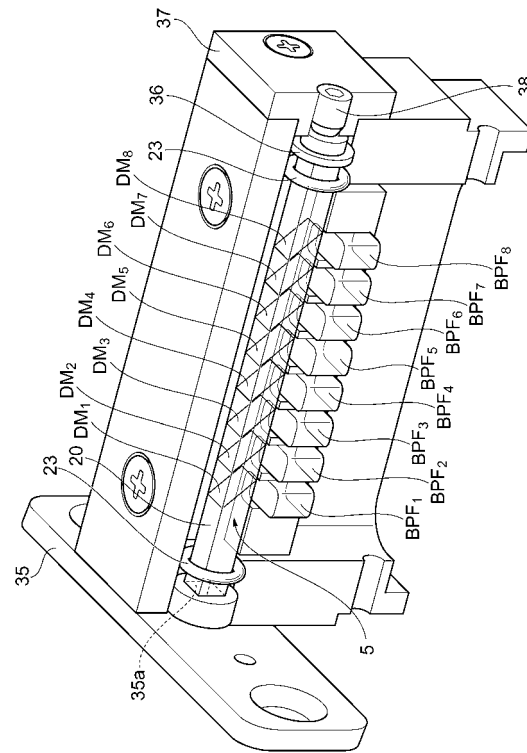
【図 8】



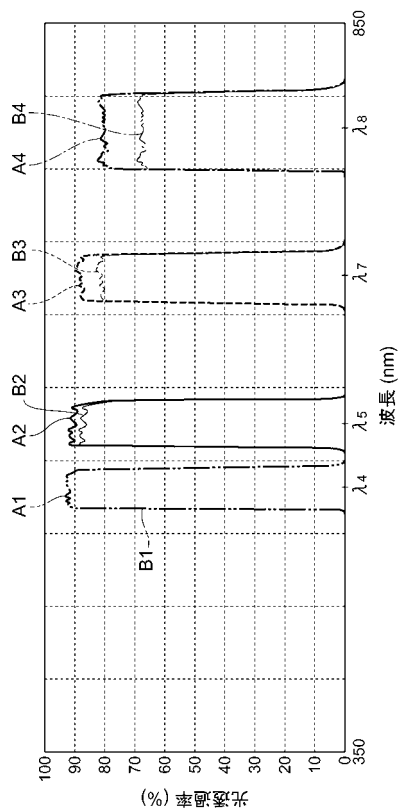
【図 9】



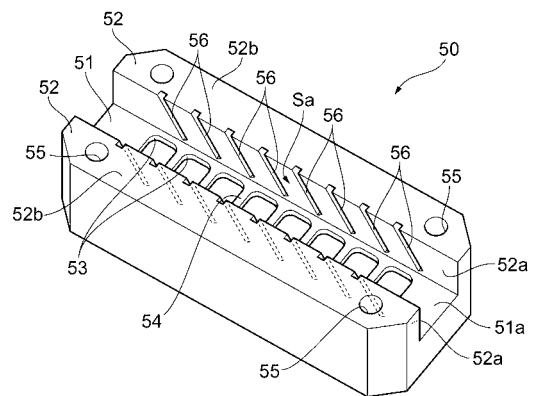
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 加藤 久喜

静岡県浜松市東区市野町 1 1 2 6 番地の 1 浜松ホトニクス株式会社内

Fターム(参考) 2G020 CA12 CB06 CC23 CC28 CC63 CD03 CD23