

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3805787号
(P3805787)

(45) 発行日 平成18年8月9日(2006.8.9)

(24) 登録日 平成18年5月19日(2006.5.19)

(51) Int. Cl.		F I
GO 1 J 3/45 (2006.01)		GO 1 J 3/45
GO 1 B 9/02 (2006.01)		GO 1 B 9/02

請求項の数 8 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願平7-523405	(73) 特許権者	オブシス・エービー
(86) (22) 出願日	平成7年3月9日(1995.3.9)		スウェーデン国、エス - 244 O
(65) 公表番号	特表平10-500769		2 フルルンド、ボックス 244
(43) 公表日	平成10年1月20日(1998.1.20)	(74) 代理人	
(86) 国際出願番号	PCT/SE1995/000248		弁理士 鈴江 武彦
(87) 国際公開番号	W01995/024619	(74) 代理人	
(87) 国際公開日	平成7年9月14日(1995.9.14)		弁理士 村松 貞男
審査請求日	平成14年2月15日(2002.2.15)	(74) 代理人	
(31) 優先権主張番号	9400819-0		弁理士 坪井 淳
(32) 優先日	平成6年3月10日(1994.3.10)	(74) 代理人	
(33) 優先権主張国	スウェーデン(SE)		弁理士 橋本 良郎
		(74) 代理人	
			弁理士 白根 俊郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 干渉計及びフーリエ変換分光計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入射ビーム (B i n) から第 1 及び第 2 のビーム (B 1 , B 2) を形成するビームスプリッタ (B S) と、前記第 1 のビーム (B 1) を受けてこのビームを前記ビームスプリッタ方向に反射する第 1 の反射器 (M 1) と、前記第 2 のビームを受けてこのビームを前記ビームスプリッタ方向に反射する第 2 の反射器 (M 2) と、を備えた干渉計であって、
前記第 1 及び第 2 の反射器 (M 1 , M 2) は、前記第 1 のビームと前記第 2 のビームとの光路差を変化させるように、互いに一定状態に連結され且つ線形状に変位するように構成されており、

更に、前記干渉計には、前記ビームスプリッタ (B S) と第 1 の反射器 (M 1) との間の第 1 のビーム (B 1) の光路上に配置された第 3 の反射器 (M 3) と、ビームスプリッタ (B S) と第 2 の反射器 (M 2) との間の第 2 のビーム (B 2) の光路上に配置された第 4 の反射器 (M 4) とが設けられており、
ビームスプリッタ (B S) と、第 3 の反射器 (M 3) と、第 4 の反射器 (M 4) とは、互いに直交していることを特徴とする干渉計。

【請求項 2】

前記第 1 のビーム (B 1) の光路上には第 5 の反射器 (M 5) が、前記第 2 のビーム (B 2) の光路上には、第 6 の反射器 (M 6) が、夫々配置されていることを特徴とする請求の範囲第 1 項に記載の干渉計。

【請求項 3】

10

20

第 5 及び第 6 の反射器 (M 5 , M 6) は、ビームスプリッタ (B S) と夫々対応する第 3 及び第 4 の反射器 (M 3 , M 4) との間に配置されていることを特徴とする請求の範囲第 2 項に記載の干渉計。

【請求項 4】

第 5 及び第 6 の反射器 (M 5 , M 6) は、第 1 及び第 3 の反射器 (M 1 , M 3) の間、及び、第 2 及び第 4 の反射器 (M 2 , M 4) の間に夫々配置されていることを特徴とする請求の範囲第 2 項に記載の干渉計。

【請求項 5】

第 3 及び第 4 の反射器 (M 3 , M 4) は、平面ミラーであることを特徴とする請求の範囲第 1 項 ~ 第 4 項のいずれか 1 に記載の干渉計。

10

【請求項 6】

第 1 及び第 2 の反射器 (M 1 , M 2) は、平面ミラーであることを特徴とする請求の範囲第 1 項 ~ 第 5 項のいずれか 1 に記載の干渉計。

【請求項 7】

第 5 及び第 6 の反射器 (M 5 , M 6) は、平面ミラーであることを特徴とする請求の範囲第 2 項 ~ 第 6 項のいずれか 1 に記載の干渉計。

【請求項 8】

請求の範囲第 1 項 ~ 第 7 項のいずれか 1 に記載の干渉計を備えたフーリエ変換分光計。

【発明の詳細な説明】

発明の技術分野

20

本発明は、入射ビームから第 1 及び第 2 のビームを形成するビームスプリッタと、第 1 及び第 2 のビームを夫々受光し且つこれら第 1 及び第 2 のビームを再びビームスプリッタに向けて反射する第 1 及び第 2 の反射器とを備えた干渉計に関する。

また、本発明は、フーリエ変換分光計にも関係している。

発明の技術背景

マイケルソン干渉計は、必須の構成要件として、ビームスプリッタと第 1 及び第 2 のミラーとを備えており、一般的な干渉計の一例となっている。このようなマイケルソン干渉計において、ビームスプリッタに入射した入射ビームは、その一部のビームがビームスプリッタから反射して第 1 のミラー方向に進み、残りのビームがビームスプリッタを透過して第 2 のミラー方向に進む。第 1 及び第 2 のミラーは、夫々のビームを再びビームスプリッタ方向へ反射するように構成されており、これら第 1 及び第 2 のミラーによって再びビームスプリッタへ反射された夫々のビームは、ビームスプリッタによって単一ビームに重ね合わされ、検出器に照射される。この場合、ビームスプリッタと対応する各ミラーとの間の距離変化に応じて、上記夫々のビームの間に、整った又は壊れた干渉が生じる。そして、このような干渉は、検出器の補助素子に記録することが可能である。

30

例えば、マイケルソン型の干渉計は、広帯域光源からの光のスペクトルを決定するために、フーリエ変換分光計に用いることが可能である。一般的なフーリエ変換分光計では、ビームスプリッタから直線上に離間して配置された 1 つのミラーを走査ミラーとして機能させることによって、検出器上の干渉パターンを連続的に変化させている。このような方法において、インターフェログラムを検出器によって記録することが可能である。そして、

40

一般的な干渉計の不利な点としては、使用上適当な干渉パターンを得る場合、光学部品を互いに正確に位置決めしなければならない点にある。

マイケルソン干渉計において、ビームスプリッタは、入射ビームの入射角度が 45° になるように配置されている。更に、第 1 及び第 2 のミラーは、直交しており、ビームスプリッタにより分割された第 1 及び第 2 のビームは、第 1 及び第 2 のミラーに対して垂直に照射される。例えばビームが垂直に照射されない状態に 1 つのミラーが変位されていた場合、干渉パターンの縞密度は、大きくなる。そして、このような変位がかなり大きくなっている場合には、密度が極めて高くなるため、縞を観察することができなくなる。

フーリエ変換分光計では、走査ミラーが線形状に変位している間、光学部品を正確に位置

50

決めさせておく必要がある。

このような変位状態において要求される高い位置決め精度を低く抑えるためには、既知の方法によって走査ミラーの代わりに再帰反射器を配置させることが好ましい。しかしながら、再帰反射器は、高価であると共に、製品自体に生じ得る種々の角度誤差、或いは、温度変化やエージング（枯化）等に起因した種々の角度誤差を補正することが不可能である。

光学部品の正確な位置決め状態を維持するためには、上記２つのビームを再びビームスプリッタに反射し且つ回転自在の素子例えば回転式エタロンによってその１つのビームの光路長を変化させるように固定されたミラーを用いることが知られている。文献ＥＰ０４９１４３５に開示された干渉計は、互いに平行に対向した２つのミラーを備えており、これらミラーは、その１つの固定ミラーまでの光路長を変化させるように、回転するようになっている。しかしながら、このような技術には、以下のような不利な点が存在する。即ち、夫々のビームが固定ミラーの面を横切って進む関係上、その技術について極めて高い質を要求される。更に、光路長は、僅かな範囲でしか変化させることができない。

また、上記文献には、上述した原理を改良して、２つのビームの間の光路長の変化を大きくする技術例が示されている。また、例えば文献ＦＰ０３１４１０３及び文献ＵＳ５０６６９９０には、２重振子の夫々のアームに再帰反射器を備えた回転素子が示されている。このような２重振子を揺動させることによって、一方のビームの光路長が減少し、他方のビームの光路長が増加する。しかしながら、再帰反射器に関係する不利な点については、依然として解消されずに残されたままである。

また、文献ＵＳ５１５９４０５及び文献５１５０１７２には、平行に配置された２つの平行ミラーから成る回転素子が示されており、これら２つの平行ミラーの間において、２つのビームは、複数回反射することになる。この場合、２つのミラーが回転すると、一方のビームの光路長が長くなり、他方のビームの光路長が短くなる。しかしながら、各ミラーを横切って進む夫々のビームについての不利な点については、依然として解消されずに残されたままである。

発明の概要

本発明の目的は、走査光学部品の変位誤差に対して適当な許容範囲を有しており、夫々のビーム間の光路差が変化した場合に各ビームが走査光学部品を横切って進むことの無いコンパクトな干渉計を提供することにある。

また、本発明の他の目的は、コンパクトなフーリエ変換分光計を提供することにある。このような目的は、添付の請求の範囲第８項に記載した特徴を有するフーリエ変換分光計のみならず、添付の請求の範囲第１項に記載した特徴を有する干渉計によって達成される。

本発明の干渉計は、光路差が変化するように、第１及び第２のビームを再びビームスプリッタに反射する反射器を線形状に変位させるという原理に基づいて構成されている。この方法において、全ての走査が行われている間、２つのビームは、検出器の同一点に照射される。この場合、２つの反射器が同時に線形状に変位するため、光路差の変化と夫々のミラーの変位との割合は、４対１となる。これは、干渉計のコンパクト化を維持させながら、なかなか大きな光路差を実現できることを意味している。また、本発明の干渉計は、ビームスプリッタと第１及び第２の反射器との間を進む第１及び第２のビームの光路内に第３及び第４の反射器を備えている。これら第３及び第４の反射器は、ビームスプリッタと同様に、直交して配置されている。具体的には、ビームスプリッタの垂直方向、第３及び第４の反射器の垂直方向は、直交している。この結果、本発明の干渉計は、３次元形状を成していることになる。また、第３及び第４の反射器は、第１及び第２の反射器の線形変位の種々の誤差を補正するようになっており、第３の反射器は、一方向の誤差を補正し、一方、第４の反射器は、一方向に直交する他方向の誤差を補正する。このような補正によれば、第１及び第２の反射器は、安定した状態で相互に連結されることになる。この結果、上記線形状の変位が不完全であったときには、２つの反射器上に同一の効果となって現われる。従って、本発明の干渉計によれば、上記の各ビームは、数回程度反射され、また

、夫々のビームの光路も短くなるといった利点が実現される。

なお、本発明の実施の形態については、添付図面を参照して詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

第1図、第2図及び第3図は、本発明の第1の実施の形態に係る干渉計の構成を3つの異なる直交方向から投影して示す図である。

第4図は、本発明の第2の実施の形態に係る干渉計の構成を投影して示す図である。

第5図は、本発明の第3の実施の形態に係る干渉計の構成を投影して示す図である。

発明の実施の形態

第1図～第3図には、本発明の第1の実施の形態に係る干渉計の構成が3次元投影して示されており、この干渉計は、ビームスプリッタBSと、第1～第4の平面ミラーM1、M2、M3、M4とを備えている。

10

第1及び第2の平面ミラーM1、M2は、平行且つ対向して配置されている。これら平面ミラーは、干渉計の走査ミラーとして構成されており、その端部には、ボールベアリング内に装着され且つ線形状に変位可能な摺動部材（図示しない）が設けられている。このような構成によれば、後述から明らかなように、完全な線形状の変位からある程度のずれた場合でも許容できるようになっている。

第3及び第4の平面ミラーM3、M4は、干渉計の補正ミラーとして構成されている。第3の平面ミラーM3は、ビームスプリッタBSと第1の平面ミラーM1との間の光路上に配置されており、同様に、第4の平面ミラーM4は、ビームスプリッタBSと第2の平面ミラーM2との間の光路上に配置されている。第3及び第4の平面ミラーM3と、M4と

20

、ビームスプリッタBSとは、互いに直交している。全ての図面に示す平面ミラーには、各平面ミラーの像相互の比較を容易にすると共に線形移動における不規則性を示すように、矢印が付加されている。

以下、本実施の形態の干渉計の動作について説明する。

光源（図示しない）からビームスプリッタBSに入射した入射ビームBinは、その一部がビームスプリッタBSから反射し、残りがビームスプリッタBSを透過する。このとき、ビームスプリッタBSは、入射ビームから第1のビームB1と第2のビームB2を形成することになる。

第1のビームB1は、第3の平面ミラーM3に照射され、この第3の平面ミラーM3から第1の平面ミラーM1に反射される。この後、第1のビームは、第3の平面ミラーM3を介してビームスプリッタBSに戻る。

30

第2のビームB2は、第4の平面ミラーM4に照射され、この第4の平面ミラーM4から第2の平面ミラーM2に反射される。この後、第2のビームは、第4の平面ミラーM4を介してビームスプリッタBSに戻る。

そして、第1及び第2のビームB1、B2は、ビームスプリッタBSによって重ね合わされて射出ビームBoutとなる。

第1図及び第3図に示すように、ビームスプリッタBSは、第4の平面ミラーM4に映った第2の平面ミラーM2の像に第1の平面ミラーM1の像を重ね合わせる。この場合、M1'BSは、ビームスプリッタBSに映った第1の平面ミラーM1の像を示し、M2'M4は、第4の平面ミラーM4に映った第2の平面ミラーM2の像を示す。

40

第1及び第2の平面ミラーM1、M2が装着されている摺動部材に僅かな位置決め誤差がある場合、又は、摺動部材の位置が線形の変位状態に対して変化した場合、第1及び第2のビームB1、B2は、各平面ミラーに対して垂直方向に照射されない。このとき、第4の平面ミラーM4は、Y-Z平面内の種々のずれを補正することになり、また、第3の平面ミラーM3は、X-Y平面内の種々のずれを補正することになる。

Z-Y平面内において、摺動部材を移動させることによって、第1の平面ミラーM1を第1図の矢印方向に変位させると、第2の平面ミラーM2は、Z-Y平面内を第1図の矢印方向に変位する。このとき、ミラー像M1'BS及びM2'M4は、共に、ミラー像内の矢印で示す方向に変位する。この結果、これらミラー像は、一致した状態を維持する。このように、ビームスプリッタBSによって互いに重ね合わされた2つのビームB1、B2

50

は、角度誤差があったとしても、常に一致することになる。

第 1 及び第 2 の平面ミラー M 1 , M 2 が X - Y 平面内で変位した場合、ミラー像 M 1 ' _B _S 及び M 2 ' _M ₄ が一致し且つビームスプリッタ B S から射出した第 1 及び第 2 のビーム B 1 , B 2 が平行になるように、第 3 の平面ミラー M 3 は、同様に、その変位を補正する。

ビームスプリッタ B S と第 3 及び第 4 の平面ミラー M 3 , M 4 とが直交し、第 1 及び第 2 の平面ミラー M 1 , M 2 が平行且つ対向配置されるといった要求に対応する構成は多数あるが、以下、その例を挙げる。

例 1

以下の例において、

$\hat{n}$ は、

垂直方向成分を示す。

$$\hat{n}_{BS} = (0, 1, 0)$$

$$\hat{n}_{M1} = \frac{1}{\sqrt{3}} (1, 1, -1)$$

$$\hat{n}_{M2} = \frac{1}{\sqrt{3}} (-1, -1, 1)$$

$$\hat{n}_{M3} = (-1, 0, 0)$$

$$\hat{n}_{M4} = (0, 0, -1)$$

入射ビーム B _i _n は、

$$\frac{1}{\sqrt{3}} (1, 1, 1)$$

に沿って到達する。

射出ビーム B _u _t は、

$$\frac{1}{\sqrt{3}} (1, -1, 1)$$

に沿って射出される。

ビームスプリッタ B S に入射する角度、第 1 及び第 3 の平面ミラー M 1 , M 3 に入射する角度は、ほぼ 55 ° であり、また、第 2 及び第 4 の平面ミラー M 2 , M 4 に入射する角度は、90 ° である。

各ビームは、空間立方体の各対角線に平行となっている。

例 2

$$\hat{n}_{BS} = (0, 1, 0)$$

$$\hat{n}_{M1} = \frac{1}{\sqrt{6}} (1, 2, -1)$$

$$\hat{n}_{M2} = \frac{1}{\sqrt{6}} (-1, -2, 1)$$

$$\hat{n}_{M3} = (-1, 0, 0)$$

10

$$\hat{n}_{M4} = (0, 0, -1)$$

入射ビーム B_{in} は、

$$\frac{1}{\sqrt{6}} (1, -2, 1)$$

に沿って到達する。

射出ビーム B_{out} は、

$$\frac{1}{\sqrt{6}} (-1, -2, -1)$$

20

に沿って射出される。

ビームスプリッタ BS に入射する角度は、ほぼ 35° であり、第 1 及び第 3 の平面ミラー $M1$, $M3$ に入射する角度は、ほぼ 66° である。また、第 2 及び第 4 の平面ミラー $M2$, $M4$ に入射する角度は、 90° である。

第 4 図には、本発明の第 2 の実施の形態に係る干渉計の構成が示されている。本実施の形態において、ビームスプリッタ BS と 4 つの平面ミラー $M1 \sim M4$ とが第 1 の実施の形態と同様である。しかしながら、本実施の形態には、更に、第 5 及び第 6 の平面ミラー $M5$, $M6$ が設けられており、これら平面ミラーは、ビームスプリッタ BS と平行に配置されている。第 5 の平面ミラー $M5$ は、ビームスプリッタ BS と第 3 の平面ミラー $M3$ との間の第 1 のビーム $B1$ の光路上に配置されており、第 6 の平面ミラー $M6$ は、ビームスプリッタ BS と第 4 の平面ミラー $M4$ との間の第 2 のビーム $B2$ の光路上に配置されている。本実施の形態において、干渉計の更なるコンパクト化を実現することができるよう、走査ミラー $M1$, $M2$ は、第 1 の実施の形態よりも僅かに互いに接近して配置されている。しかしながら、本実施の形態では、第 1 の実施の形態よりも更に 2 つのミラーが必要となる。

30

第 5 図には、本発明の第 3 の実施の形態に係る干渉計の構成が示されており、第 2 の実施の形態と同様の構成を有しているが、第 5 の平面ミラー $M5$ は、第 1 の平面ミラー $M1$ と第 3 の平面ミラー $M3$ との間の光路上に配置されており、第 6 の平面ミラー $M6$ は、第 2 の平面ミラー $M2$ と第 4 の平面ミラー $M4$ との間の光路上に配置されている。

40

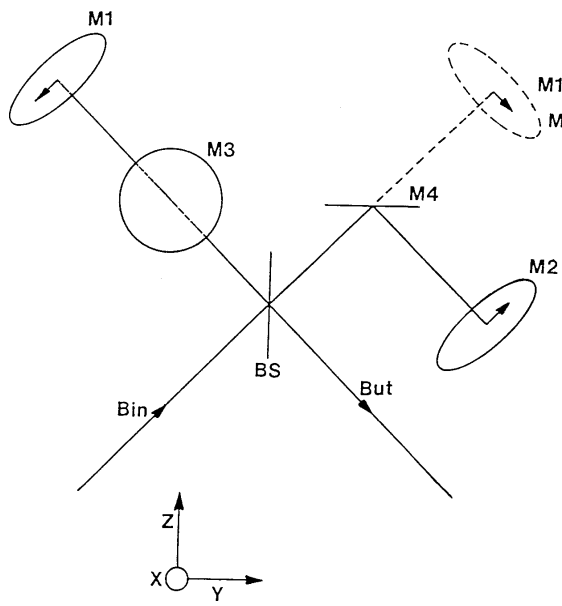
第 2 及び第 3 の実施の形態の動作は、第 1 の実施の形態と同様である。

本発明の干渉計の利点としては、フーリエ変換分光計に用いられる点であり、フーリエ変換分光計をコンパクトに且つ低価格に製造することが可能である。

なお、本発明は、上述した各実施の形態の構成に限定されることはなく、請求の範囲内において種々変更することが可能である。例えば、第 1 及び第 2 の平面ミラー $M1$, $M2$ の代わりに、再帰反射器のような他の反射器を用いても良い。

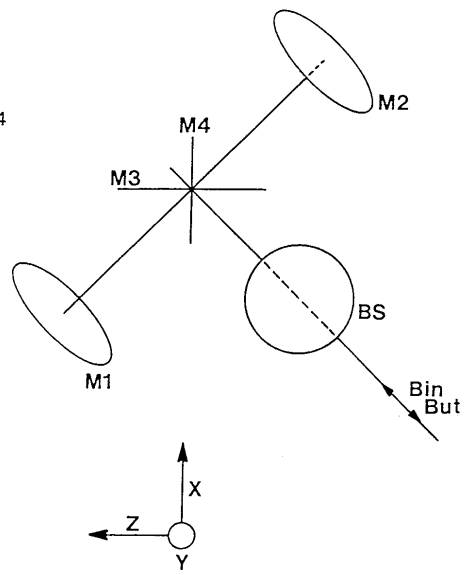
【 図 1 】

FIG.1



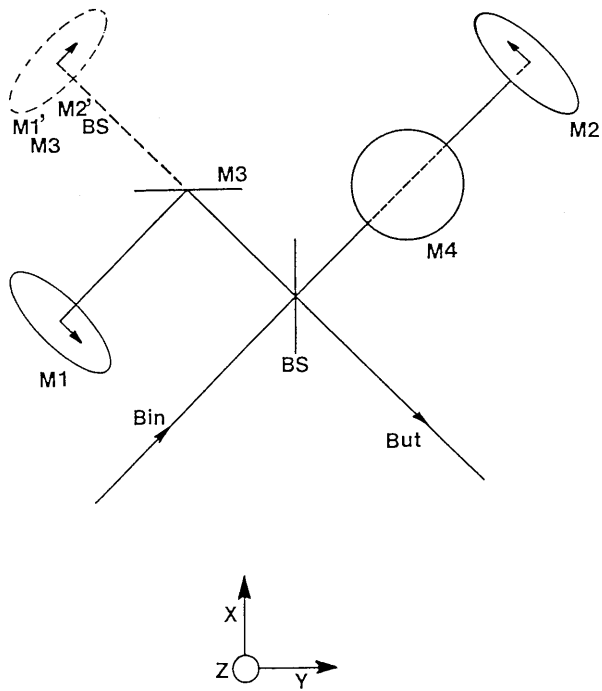
【 図 2 】

FIG.2



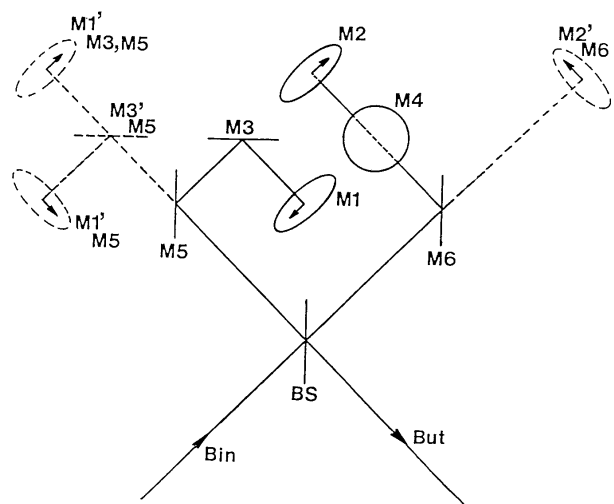
【 図 3 】

FIG.3



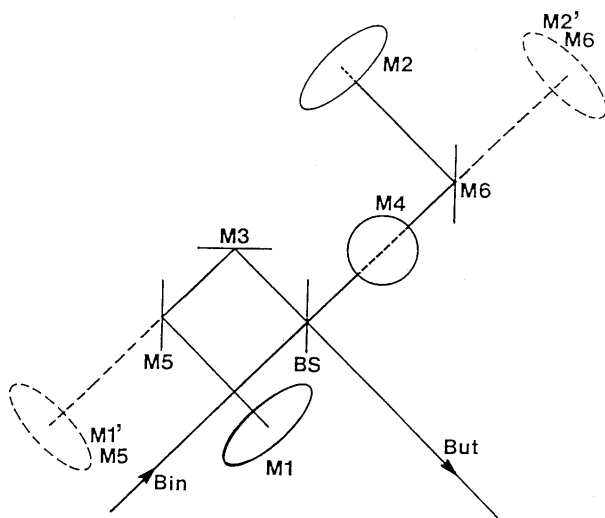
【 図 4 】

FIG.4



【 図 5 】

FIG.5



フロントページの続き

(72)発明者 ラルソン、カイ
スウェーデン国、エス - 2 2 4 6 5 ルンド、ニコロ ビュース・ベーク 6

審査官 平田 佳規

(56)参考文献 特開昭 6 0 - 2 6 0 8 1 8 (J P , A)
特開平 0 4 - 3 0 3 7 2 1 (J P , A)
特開昭 5 6 - 1 2 9 8 2 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)

G01J 3/45
G01J 9/02
G01J 1/00
G01B 9/02
G01B 11/00 - 11/30
G01N 21/35
H01S 3/00
H04B 10/06 - 10/08