

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7362218号
(P7362218)

(45)発行日 令和5年10月17日(2023.10.17)

(24)登録日 令和5年10月6日(2023.10.6)

(51)国際特許分類 F I
G 0 1 B 11/00 (2006.01) G 0 1 B 11/00 G

請求項の数 6 (全22頁)

(21)出願番号	特願2020-42667(P2020-42667)	(73)特許権者	000137694 株式会社ミットヨ 神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番 1号
(22)出願日	令和2年3月12日(2020.3.12)	(74)代理人	100166545 弁理士 折坂 茂樹
(65)公開番号	特開2021-143933(P2021-143933 A)	(72)発明者	木村 彰秀 神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番 1号 株式会社ミットヨ内
(43)公開日	令和3年9月24日(2021.9.24)	審査官	山 崎 和子
審査請求日	令和5年2月9日(2023.2.9)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学式変位センサ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

測定方向に沿って所定の周期で配置される回折格子を有する回折手段と、前記回折手段に向かって光を照射する光源と、前記回折手段を介した光を受光する受光手段と、前記受光手段が受光した光に基づき測定対象の変位量を演算する演算手段と、を備える光学式変位センサであって、

前記光源から照射され、前記回折手段を介した光を前記回折手段に向かって反射する複数の反射手段を備え、

前記回折手段は、

前記測定対象に取付けられ、前記測定対象の変位にともなって同期して前記測定方向に沿って移動し、

前記光源からの光を第1光と前記第1光とは異なる第2光とに分割して回折し、前記複数の反射手段を介した前記第1光と前記第2光とを回折して合成し前記受光手段にて受光される合成光とする第1回折部と、

前記複数の反射手段を介した前記第1光と前記第2光とを前記複数の反射手段に回折して出射し、出射したときとは逆方向に入射する前記複数の反射手段を反射した前記第1光と前記第2光とを前記複数の反射手段に回折して出射する第2回折部と、を備え、

前記複数の反射手段は、

前記第1回折部にて分割され回折された第1光を該第1光が入射してきた方向と平行、かつ、逆方向に前記第2回折部に向かって反射する第1反射手段と、

10

20

前記第 1 回折部にて分割され回折された第 2 光を該第 2 光が入射してきた方向と平行、かつ、逆方向に前記第 2 回折部に向かって反射する第 2 反射手段と、

前記第 2 回折部を介した前記第 1 光と前記第 2 光とを前記第 2 回折部に向かって反射する第 3 反射手段と、

前記第 2 回折部にて回折された第 1 光を該第 1 光が入射してきた方向と平行、かつ、逆方向に前記第 1 回折部に向かって反射する第 4 反射手段と、

前記第 2 回折部にて回折された第 2 光を該第 2 光が入射してきた方向と平行、かつ、逆方向に前記第 1 回折部に向かって反射する第 5 反射手段と、を備え、

前記演算手段は、前記回折手段の移動にともない、前記受光手段が受光する前記合成光による干渉信号の変化に基づき前記測定対象の変位量を演算することを特徴とする光学式変位センサ。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載された光学式変位センサにおいて、

前記第 3 反射手段は、前記第 2 回折部を介した前記第 1 光と前記第 2 光とを反射する第 1 反射部と、前記第 1 反射部を反射した前記第 1 光と前記第 2 光とを前記第 2 回折部に向かって反射する第 2 反射部と、前記第 1 反射部と前記第 2 反射部とが互いに向かい合うように所定の角度で接続する接続部と、を備えるプリズムであり、

前記接続部は、前記測定方向と平行に略直線状に前記第 1 反射部と前記第 2 反射部とを接続することを特徴とする光学式変位センサ。

【請求項 3】

20

請求項 1 または請求項 2 に記載された光学式変位センサにおいて、

前記第 1 反射手段および前記第 4 反射手段と、前記第 2 反射手段および前記第 5 反射手段と、はそれぞれ同一部材であることを特徴とする光学式変位センサ。

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載された光学式変位センサにおいて、

前記第 1 反射手段と前記第 2 反射手段とは、

前記第 1 回折部における前記光源からの光の分割点から前記第 1 反射手段と前記第 3 反射手段と前記第 4 反射手段とを介して前記第 1 回折部における前記合成光を生成する合成点に到達するまでの第 1 光の光路長と、前記第 1 回折部における前記光源からの光の分割点から前記第 2 反射手段と前記第 3 反射手段と前記第 5 反射手段とを介して前記第 1 回折部における前記合成光を生成する合成点に到達するまでの第 2 光の光路長との差が、光源におけるコヒーレント長の範囲内となる位置に配置されていることを特徴とする光学式変位センサ。

30

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載された光学式変位センサにおいて、

前記回折手段は、前記光源および前記複数の反射手段を介した光を反射する反射型の回折手段であることを特徴とする光学式変位センサ。

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載された光学式変位センサにおいて、

前記複数の反射手段は、

前記光源からの光を前記第 1 回折部に向かって反射し、前記合成光を前記受光手段に向かって反射する第 6 反射手段をさらに備えることを特徴とする光学式変位センサ。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学式変位センサに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、光を照射する光源と、光源からの光を受光する受光手段と、測定対象の変位量を演算する演算手段と、を備える光学式変位センサが知られている。

50

例えば特許文献 1 に記載の 2 次元角度センサは、検出対象に光ビームを投光するための光源と、光ビームによる検出対象からの反射光の光路中に設けたレンズと、レンズの焦点付近に設けられたフォトダイオードによる検出素子（受光手段）と、を備える。2 次元角度センサは、検出素子で検出した光電流を計算することで検出対象の角度を検出する。

【0003】

具体的には、2 次元角度センサは、検出素子に投光される光の形状とその光の光量の大きさから検出対象の傾きを検出する。検出素子に投光される光の形状とその光の光量の大きさがレンズなどにより変化した場合、その変化は、ノイズとして検出結果に影響を与えることがある。したがって、2 次元角度センサは、ノイズを抑制するために高品質かつ高価なレンズなどの光学部品を備えなければならず、コストがかかるという問題がある。

10

【0004】

このような問題に対して、例えば特許文献 2 では、レーザ干渉計を用いている。レーザ干渉計は、レーザビームを照射するレーザ光源（光源）と、レーザ光源から照射されたレーザビームを伝達する第 1 光ファイバと、第 1 光ファイバからのレーザビームを平行にする第 1 レンズと、第 1 レンズにより平行になったレーザビームを分割し、2 個のコーナーキューブを介した後、分割したレーザビームを合成する回転角度検出用偏光ビームスプリッタと、回転角度検出用偏光ビームスプリッタから照射されたレーザビームを偏光する偏光板と、偏光板を介したレーザビームを伝達する第 2 光ファイバの端面にレーザビームを収束させる第 2 レンズと、第 2 光ファイバを介したレーザビームを電気信号に変換する受光信号処理部（受光手段および演算手段）と、を備える。レーザ干渉計は、レーザ光の干渉を利用して測定対象の回転による角度の変化量を測定する。

20

【0005】

レーザ光源は、受光信号処理部にて検出される電気信号の可干渉性（コヒーレント性）が良好なレーザビームを照射する He - Ne レーザである。そして、回転角度検出用偏光ビームスプリッタを介して受光信号処理部に照射されるレーザビームは、受光信号処理部においてレーザビームが照射される照射面で干渉を生じさせる。レーザ干渉計は、回転に起因する光路長の変化で生じる干渉信号の強度変化を受光信号処理部にて電気信号に変換し演算することで、測定対象の回転による角度の変化量を測定することができる。

【0006】

具体的には、レーザ干渉計が備える 2 個のコーナーキューブが回転すると、回転角度検出用偏光ビームスプリッタにて分割された 2 本のレーザビームの光路長の差が変化し、干渉光（合成光）の明暗、すなわち、干渉信号の強度の変化が観測される。この際、光路長の差の変化は、2 個のコーナーキューブの配列距離に回転角を乗じた長さの 2 倍となる。レーザ干渉計は、干渉信号の強度の変化量を検出することで 2 個のコーナーキューブの回転による角度を測定することができる。したがって、レーザ干渉計は、光の形状とその光の光量の大きさとによらずに検出をするため、高品質かつ高価なレンズなどの光学部品を備えなくとも、測定対象の回転角度を検出できる。なお、回転角度検出用偏光ビームスプリッタが回折格子であっても同様の効果が得られる。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0007】

【文献】特開 2003 - 156319 号公報
特開平 11 - 237207 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ここで、光学式変位センサにおける光源から照射される光の波長（以降、光源波長と呼ぶことがある。）は、温度や湿度などの環境の変化にともなって変化することがある。そして、特許文献 2 に記載のレーザ干渉計では、2 個のコーナーキューブを回転させることにより生じる 2 本のレーザビームの光路長の差に基づき測定対象の変位量を検出している。

50

具体的には、受光信号処理部は、2本のレーザビームの光路長の差により変化する干渉信号から位相の変化を検出し、この位相の変化に基づいて、例えば測定対象の回動による角度の変位量を検出している。干渉信号から検出される位相は、光源波長が基準となっている。このため、光源波長が変化すると、その変化にともない位相も変化してしまうこととなる。

したがって、レーザ干渉計（光学式変位センサ）は、環境の変化にともない光源波長が変化すると、2本のレーザビームにおける光路長の差の変化に基づく干渉信号の変化から角度の変化量を正確に検出することができず、検出誤差を生じてしまうことがある。

また、光源波長が変化すると、次のような問題も生じる。

【0009】

図10は、従来の光学式変位センサにおいて光源波長が変化したときの光の光路を示す概略図である。具体的には、図10(A)は、光源波長が660nmのときに光学式変位センサ100にて観測される光の光路であり、図10(B)は、光源波長が630nmのときに光学式変位センサ100にて観測される光の光路であり、図10(C)は、光源波長が690nmのときに光学式変位センサ100にて観測される光の光路である。なお、図10では、光の光路を実線矢印にて記載する。

【0010】

図10(A)に示すように、光学式変位センサ100は、回折格子200と、光源300と、回折格子200を介した光源300からの光を受光する受光手段400と、2つのコーナーキューブ500と、を備える。

光源波長が660nmのとき、光源300から照射され回折格子200にて分割された2本の光は、回折角度 θ_1 で回折する。そして、2本の光は、2つのコーナーキューブ500を介し、再び回折格子200に照射され、回折格子200により回折されて2本の光がオーバーラップした1本の合成光として受光手段400に照射される。

【0011】

そして、光源波長が変化すると、図10(B)、(C)に示すように、光学式変位センサ100における実線矢印で示す光の光路も変化する。

具体的には、図10(B)に示すように、光源波長が630nmのとき、光源300から照射され回折格子200にて分割された2本の光は、図10(A)に示す光源波長が660nmのときの回折角度 θ_1 と比較して小さい回折角度 θ_2 で回折する。回折角度 θ_2 で回折した2本の光は、2つのコーナーキューブ500を介し、互いにオフセットされ距離S1を有した状態で受光手段400に照射される。

また、図10(C)に示すように、光源波長が690nmのとき、光源300から照射され回折格子200にて分割された2本の光は、図10(A)に示す光源波長が660nmのときの回折角度 θ_1 と比較して大きい回折角度 θ_3 で回折する。回折角度 θ_3 で回折した2本の光は、2つのコーナーキューブ500を介し、互いにオフセットされ距離S2を有した状態で受光手段400に照射される。

【0012】

この際、図10(B)、(C)における受光手段400に照射される合成光は、2本の光のオーバーラップ量が図10(A)に示す光源波長が660nmのときと比較して小さくなる。すなわち、図10(B)、(C)に示す光源波長が630nm、690nmのときの光学式変位センサ100は、図10(A)に示す光源波長が660nmのときの光学式変位センサ100と比較して、受光手段400に生成される干渉光が少ないため、取得できる干渉信号の振幅が減衰する。したがって、環境の変化により光源波長が変化すると、受光手段400に照射される合成光のオーバーラップ量が変化するため、安定した検出をすることができないという問題がある。

【0013】

本発明の目的は、受光手段に照射される合成光のオーバーラップ量を安定させつつ測定対象の変位量を高精度に検出することができる光学式変位センサを提供することである。

【課題を解決するための手段】

10

20

30

40

50

【 0 0 1 4 】

本発明の光学式変位センサは、測定方向に沿って所定の周期で配置される回折格子を有する回折手段と、回折手段に向かって光を照射する光源と、回折手段を介した光を受光する受光手段と、受光手段が受光した光に基づき測定対象の変位量を演算する演算手段と、を備える。光学式変位センサは、光源から照射され、回折手段を介した光を回折手段に向かって反射する複数の反射手段を備える。回折手段は、測定対象に取付けられ、測定対象の変位にともなって同期して測定方向に沿って移動し、光源からの光を第1光と第1光とは異なる第2光とに分割して回折し、複数の反射手段を介した第1光と第2光とを回折して合成し受光手段にて受光される合成光とする第1回折部と、複数の反射手段を介した第1光と第2光とを複数の反射手段に回折して出射し、出射したときとは逆方向に入射する複数の反射手段を反射した第1光と第2光とを複数の反射手段に回折して出射する第2回折部と、を備える。複数の反射手段は、第1回折部にて分割され回折された第1光をその第1光が入射してきた方向と平行、かつ、逆方向に第2回折部に向かって反射する第1反射手段と、第1回折部にて分割され回折された第2光をその第2光が入射してきた方向と平行、かつ、逆方向に第2回折部に向かって反射する第2反射手段と、第2回折部を介した第1光と第2光とを第2回折部に向かって反射する第3反射手段と、第2回折部にて回折された第1光をその第1光が入射してきた方向と平行、かつ、逆方向に第1回折部に向かって反射する第4反射手段と、第2回折部にて回折された第2光をその第2光が入射してきた方向と平行、かつ、逆方向に第1回折部に向かって反射する第5反射手段と、を備える。演算手段は、回折手段の移動にともない、受光手段が受光する合成光による干渉信号の変化に基づき測定対象の変位量を演算することを特徴とする。

10

20

【 0 0 1 5 】

本発明によれば、光学式変位センサは、測定対象に取りつけられる回折格子を有する回折手段を測定対象の変位にともなって同期して測定方向に沿って移動させ、複数の反射手段を固定して備えている。すなわち、従来、複数の反射手段を回動、または、移動させることで得られる、光源波長を基準とする2本の光の光路長の差に基づく干渉信号の変化を検出していたところ、本発明では、複数の反射手段を固定し、回折手段を測定方向に沿って移動させることで得られる回折格子の所定の周期（目盛）を基準とする干渉信号の変化を検出し、その変化から測定対象の変位量を検出している。回折格子の所定の周期は、環境の変化があつたとしても、光源波長のように大きく変動しない。したがって、光学式変位センサは、環境の変化により光源波長が変化したとしても、回折格子の所定の周期を基準とする干渉信号の変化から測定対象の変位量を高精度に検出することができる。

30

【 0 0 1 6 】

ここで、測定対象の変位に同期させて測定方向に沿って回折手段を移動させた場合、光学式変位センサに製造誤差などがあると、回折手段は、測定方向と直交する方向にも移動してしまうことがある。この場合、次のようなことが生じることがある。

図11は、従来の光学式変位センサにおいて回折手段が所定の位置から移動したときの光の光路を示す概略図である。具体的には、図11(A)は、回折格子200が所定の位置に配置されているときに光学式変位センサ100にて観測される光の光路であり、図11(B)は、回折格子200が所定の位置から光源300とは離れる方向に移動したときに光学式変位センサ100にて観測される光の光路であり、図11(C)は、回折格子200が所定の位置から光源300に近づく方向に移動したときに光学式変位センサ100にて観測される光の光路である。なお、以下の説明では、既に説明した部分については、同一符号を付してその説明を省略し、図11では、光の光路および回折格子200の移動方向を実線矢印にて記載するとともに、図11(B)、(C)では、移動する前の所定の位置に配置された回折格子200を破線にて記載する。

40

【 0 0 1 7 】

図11(A)に示すように、回折格子200が所定の位置に配置されているとき、回折格子200にて分割された2本の光は、オーバーラップした1本の合成光として受光手段400に照射される。

50

そして、回折格子 200 が所定の位置から測定方向と直交する方向である光源 300 から離れる方向、または、光源 300 に近づく方向に移動すると、図 11 (B), (C) に示すように、回折格子 200 にて分割された 2 本の光は、互いにオフセットされ距離 S3, S4 を有した状態で受光手段 400 に照射される。

【0018】

従来の光学式変位センサにおいて図 10 を参照して述べた光源波長が変化する場合とは異なり、図 11 (B) の矢印で示すように、回折手段 200 が所定の位置から光源 300 とは離れる方向に移動しても、図 11 (C) の矢印で示すように、回折手段 200 が所定の位置から光源 300 に近づく方向に移動しても、回折角度は変化しない。しかし、回折手段 200 が光源 300 方向に対して離れる方向 (図 11 (B) 参照)、または、近づく方向 (図 11 (C) 参照) に移動すると、光源 300 から回折格子 200 における光の分割点までの光の光路の長さが変化する。2 本の光の光路の長さが変化すると、回折格子 200 にて分割された 2 本の光は、2 個のコーナーキューブ 500 を介し、互いにオフセットされ距離 S3, S4 を有して受光手段 400 に照射される。距離 S3, S4 を有して照射された 2 本の光から受光手段 400 で生成される干渉光は少なくなるため、取得できる干渉信号の振幅が減衰する。したがって、回折格子 200 が測定方向と直交する方向に移動すると、受光手段 400 に照射される合成光のオーバーラップ量が変化するため、安定した検出をすることができないことがある。

10

【0019】

しかしながら、本発明によれば、光を入射してきた方向と平行、かつ、逆方向に反射する第 1 反射手段と第 2 反射手段と第 4 反射手段と第 5 反射手段と、回折手段における第 2 回折部を介した第 1 光と第 2 光とを反射し、再び第 2 回折部に照射させる第 3 反射手段と、を備えるため、光源波長の変化により生じる回折角度の変動による回折光の進行方向の変動および光源と回折手段との距離の変動により生じる分割された光の照射位置の変動を相殺することができる。具体的には、第 3 反射手段を介することで、回折手段は、光源からの光を分割および合成する際に 2 回と、第 2 回折部に 2 回と、合計 4 回回折することができる。光学式変位センサは、光源からの光を 4 回回折することで光源波長の変化および光源と回折手段との距離の変動による回折光の進行方向の変動を相殺している。これにより、光学式変位センサは、受光手段に照射される合成光を構成する第 1 光と第 2 光とがオフセットし、そのオーバーラップ量が減少することを抑制することができる。

20

30

したがって、光学式変位センサは、受光手段に照射される合成光のオーバーラップ量を安定させることができる。

【0020】

この際、第 3 反射手段は、第 2 回折部を介した第 1 光と第 2 光とを反射する第 1 反射部と、第 1 反射部を反射した第 1 光と第 2 光とを第 2 回折部に向かって反射する第 2 反射部と、第 1 反射部と第 2 反射部とが互いに向かい合うように所定の角度で接続する接続部と、を備えるプリズムである。接続部は、測定方向と平行に略直線状に第 1 反射部と第 2 反射部とを接続することが好ましい。

【0021】

ここで、第 3 反射手段は、光源からの光を回折手段で 4 回回折させて光の進行方向の変動を相殺させるためのものであるため、第 3 反射手段により、光の進行方向に更なる変動が生じないことが好ましい。また、例えば第 3 反射手段がミラーであり、オフセットさせることなく回折手段から入射した光をその光と逆方向に反射すると、入射する光と出射する光とが干渉したり、光源と受光手段とを同じ位置に配置しなければならなくなる等の問題が生じることがある。

40

【0022】

一方、プリズムは、ミラーとは異なり、光をその光が入射してきた方向と平行、かつ、逆方向に再帰性反射させる光学部品である。この際、プリズムに入射した光は、特定方向においては進行方向を保持したままプリズム内で 2 回反射し、所定の方向にオフセットされて入射時の光と平行、かつ、逆方向に出射される。具体的には、プリズムは、第 1 反射

50

部で第1光と第2光とを反射し、第2反射部で第1反射部を反射した第1光と第2光とを第2回折部に向かって反射することで、第1光と第2光とをプリズム内で2回反射している。

【0023】

したがって、このような構成によれば、第3反射手段は、第1反射部と第2反射部とを備えるプリズムであることで、光の進行方向に新たな変動を生じさせることなく、回折手段から入射した光を所定の方向にオフセットして回折手段に照射させることができる。これにより、光学式変位センサは、受光手段にて受光される合成光を安定させるとともに、設計の自由度を向上させることができる。

【0024】

また、第3反射手段における接続部は、測定方向と平行に略直線状に第1反射部と第2反射部とを接続することで、第1光と第2光とを測定方向と直交する方向にオフセットすることができる。これにより、光学式変位センサは、第1光と第2光との進行方向に新たな変動を生じさせることなく、測定方向と直交方向にオフセットして回折手段に照射させることができる。また、複数の反射手段のそれぞれが製造誤差等により傾きを有して配置されていたとしても、第3反射手段は、接続部が測定方向と平行になるように配置されているため、複数の反射手段が有する傾きにより生じる光線の進行方向の傾きを確実に相殺することができる。したがって、光学式変位センサは、受光手段にて受光される合成光を安定させ、高精度化を図ることができる。

【0025】

この際、第1反射手段および第4反射手段と、第2反射手段および第5反射手段と、はそれぞれ同一部材であることが好ましい。

【0026】

このような構成によれば、第1反射手段および第4反射手段と、第2反射手段および第5反射手段と、はそれぞれ同一部材であることで、それぞれの部材を用意し、個別に配置を調整する必要がないため、コスト削減を図るとともに、光学式変位センサの小型化を図ることができる。

【0027】

この際、第1反射手段と第2反射手段とは、第1回折部における光源からの光の分割点から第1反射手段と第3反射手段と第4反射手段とを介して第1回折部における合成光を生成する合成点に到達するまでの第1光の光路長と、第1回折部における光源からの光の分割点から第2反射手段と第3反射手段と第5反射手段とを介して第1回折部における前記合成光を生成する合成点に到達するまでの第2光の光路長との差が、光源におけるコヒーレント長の範囲内となる位置に配置されていることが好ましい。

【0028】

ここで、特許文献2に記載のレーザ干渉計において、回転角度検出用偏光ビームスプリッタにて分割される例えば2本のレーザビームの光路長の差は、2個のコーナーキューブの配列距離に回転角を乗じた長さの2倍となる。レーザ干渉計が備えるレーザ光源はHe-Neレーザであり、そのコヒーレント長(可干渉領域)は数mであるため、2本のレーザビームの光路長の差が大きく異なったとしても、受光信号処理部の照射面に干渉光を生じさせることができる。

しかし、光源として、例えばコヒーレント長が数cmと非常に短い半導体レーザを用いた場合、分割された2本のレーザビームの光路長の差が数cm以上であると、受光信号処理部の照射面に干渉光は生じない。したがって、レーザ干渉計は、光源に半導体レーザを用いた場合、非常に短いコヒーレント長であることによるコヒーレント性の制限によって、測定対象の測定ができないことがある。また、He-Neレーザは高価であるため、コストがかかる。

【0029】

しかしながら、このような構成によれば、光源のコヒーレント性の制限内で確実に干渉光を生じさせることができる。そして、例えば回折手段が所定の位置にあるときに、第1

10

20

30

40

50

光の光路長と第 2 光の光路長とが同じ長さとなるように第 1 反射手段と第 2 反射手段を配置することで、半導体レーザを用いたとしても、そのコヒーレント長である数 cm 以内に各光の光路長との差を収め、干渉光を生じさせることができる。

したがって、光学式変位センサは、光源のコヒーレント性による制限を回避しつつ、高価な He - Ne レーザの代わりに例えば He - Ne レーザと比較して低廉でコヒーレント性の制限が大きい半導体レーザなどを光源として用いることができ、コスト削減を図ることができる。

【 0 0 3 0 】

この際、回折手段は、光源および複数の反射手段を介した光を反射する反射型の回折手段であることが好ましい。

【 0 0 3 1 】

このような構成によれば、回折手段は、光源および複数の反射手段を介した光を反射する反射型であることで、回折手段における光の照射面の一方側に光源や複数の反射手段をまとめて配置することができる。したがって、光学式変位センサは、小型化および省スペース化を図ることができる。

【 0 0 3 2 】

この際、複数の反射手段は、光源からの光を第 1 回折部に向かって反射し、合成光を受光手段に向かって反射する第 6 反射手段をさらに備えることが好ましい。

【 0 0 3 3 】

このような構成によれば、複数の反射手段は、光源からの光を第 1 回折部に向かって反射し、合成光を受光手段に向かって反射する第 6 反射手段をさらに備えるため、光学式変位センサ内の光の光路を自由に設計することができる。また、第 6 反射手段の配置によっては光学式変位センサの小型化を図ることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 4 】

【 図 1 】 第 1 実施形態に係る光学式変位センサを示す斜視図

【 図 2 】 前記光学式変位センサにおける光の光路を示す概略図

【 図 3 】 前記光学式変位センサにおける受光手段を示す概略図

【 図 4 】 前記光学式変位センサを示すブロック図

【 図 5 】 前記光学式変位センサにおいて光源波長が変化したときの光の光路を示す概略図

【 図 6 】 前記光学式変位センサにおいて回折手段が所定の位置から移動したときの光の光路を示す概略図

【 図 7 】 第 2 実施形態に係る光学式変位センサを示す概略図

【 図 8 】 前記光学式変位センサにおける光の光路を示す概略図

【 図 9 】 変形例の光学式変位センサにおける受光手段を示す概略図

【 図 1 0 】 従来の光学式変位センサにおいて光源波長が変化したときの光の光路を示す概略図

【 図 1 1 】 従来の光学式変位センサにおいて回折手段が所定の位置から移動したときの光の光路を示す概略図

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 3 5 】

〔 第 1 実施形態 〕

以下、本発明の第 1 実施形態を図 1 から図 6 に基づいて説明する。

図 1 は、第 1 実施形態に係る光学式変位センサ 1 を示す斜視図であり、図 2 は、光学式変位センサ 1 における光の光路を示す概略図である。具体的には、図 2 (A) は光学式変位センサ 1 において測定対象が測定方向に沿って移動する前の状態を示す図であり、図 2 (B) , (C) は光学式変位センサ 1 において測定対象が測定方向に沿って移動した状態を示す図である。また、図 3 は、光学式変位センサ 1 における受光手段 4 を示す概略図である。

【 0 0 3 6 】

10

20

30

40

50

光学式変位センサ 1 は、図 1 および図 2 に示すように、回折格子 M を有する回折手段 2 と、回折手段 2 に向かって光を照射する光源 3 と、回折手段 2 を介した光を受光する受光手段 4 と、光源 3 から照射され、回折手段 2 を介した光を回折手段 2 に向かって反射する複数の反射手段 5 と、を備える。なお、図 1 では、説明の都合上、回折格子 M を省略し図 2 に記載している。

光学式変位センサ 1 は、測定方向に沿って移動する図示しない測定対象を測定する測定機器の内部に設けられている。本実施形態では、測定方向とは回折格子 M が並設される X 方向であり、測定対象は X 方向に沿って移動する。

【 0 0 3 7 】

回折手段 2 は、反射型であり、回折手段 2 が有する回折格子 M は、光源 3 および複数の反射手段 5 を介した光を反射する反射型の回折格子 M である。回折格子 M は、例えば光を反射することができる板状に形成された金属である。回折手段 2 の略矩形状の板状の基礎 2 0 は、ガラスにて形成されている。なお、回折手段 2 は、ガラスに限らず、任意の透光性の部材により形成されていてもよい。また、回折手段 2 の板状の基礎 2 0 は、ガラスでなくともよく、回折格子 M は、金属でなくともよい。この場合、回折手段 2 の板状の基礎 2 0 の一面には光源 3 および複数の反射手段 5 を介した光を反射する金属膜が形成され、回折格子 M は、光を吸収等して反射を防止する板状の反射防止部材であることが好ましい。

回折手段 2 は、測定対象に取付けられ、測定対象の測定方向である X 方向への移動にともなって同期して移動する。

回折格子 M は、本実施形態では、測定方向である X 方向に沿って所定の周期 m で配置される。回折格子 M を介した光源 3 からの光は、複数の回折光となる。

【 0 0 3 8 】

ここで、複数の回折光は、光源 3 から照射された光の光軸と同じ方向に進行する回折光と、光軸の両側を所定の回折角度で進行する回折光と、光軸の両側を所定の回折角度よりも大きな回折角度で進行する回折光と、を有する。

複数の回折光は、光軸と同じ方向に進行する回折光を 0 次回折光とすると、0 次回折光を基準として回折角度が大きくなる方向に向かって ± 1 次回折光、 ± 2 次回折光と順序づけることができる。

受光手段 4 は、主に ± 1 次回折光により生成される合成光から干渉信号を検出する。

なお、以下の図面では、受光手段 4 にて合成光を生成する光の光路を実線矢印で表し、以下の説明では、実線矢印で表された光の光路について説明する。

【 0 0 3 9 】

回折手段 2 は、光源 3 からの光を第 1 光と第 1 光とは異なる第 2 光とに分割して回折し、複数の反射手段 5 を介した第 1 光と第 2 光とを回折して合成し受光手段 4 にて受光される合成光とする第 1 回折部 2 1 と、複数の反射手段 5 を介した第 1 光と第 2 光とを複数の反射手段 5 に回折して出射し、出射したときとは逆方向に入射する複数の反射手段 5 を反射した第 1 光と第 2 光とを複数の反射手段 5 に回折して出射する第 2 回折部 2 2 と、を備える。

【 0 0 4 0 】

第 1 回折部 2 1 および第 2 回折部 2 2 は、1 枚の回折手段 2 に併設されている。具体的には、第 1 回折部 2 1 は、1 枚の回折手段 2 に設けられた回折格子 M のうち、光源 3 からの光が照射されるとともに、複数の反射手段 5 と第 2 回折部 2 2 とを介した第 1 光と第 2 光が照射される領域内に設けられた回折格子 M である。また、第 2 回折部 2 2 は、1 枚の回折手段 2 に設けられた回折格子 M のうち、複数の反射手段 5 を介した第 1 光と第 2 光とが照射される領域内に設けられた回折格子 M である。なお、回折手段 2 は、1 枚でなくともよく複数枚であってもよい。この際、第 1 回折部 2 1 および第 2 回折部 2 2 は、複数の回折手段のそれぞれに分離させて設けられていてもよい。

【 0 0 4 1 】

光源 3 は、一定の幅を有する光を回折手段 2 に向かって照射する。光源 3 は、例えば半導体レーザである。なお、光源 3 は半導体レーザに限らず、光学式変位センサにおいて干

10

20

30

40

50

渉光を生じさせることができるコヒーレント長を有する光源であれば任意の光源であってもよい。

【 0 0 4 2 】

また、光学式変位センサ 1 は、第 1 反射手段 5 1 を介する第 1 光と第 2 反射手段 5 2 を介する第 2 光と第 4 反射手段 5 4 を介する第 1 光と第 5 反射手段 5 5 を介する第 2 光とのいずれか一つ、または、複数の光路上に配置される第 1 の 1 / 4 波長板 1 1 を備える。本実施形態では、第 1 の 1 / 4 波長板 1 1 は、回折手段 2 と第 1 反射手段 5 1 および第 4 反射手段 5 4 の間に配置されている。すなわち、第 1 の 1 / 4 波長板 1 1 は、第 1 反射手段 5 1 および第 4 反射手段 5 4 を介する第 1 光の光路上に設けられている。なお、第 1 の 1 / 4 波長板 1 1 は、第 1 反射手段 5 1 を介する第 1 光と第 2 反射手段 5 2 を介する第 2 光と第 4 反射手段 5 4 を介する第 1 光と第 5 反射手段 5 5 を介する第 2 光とのいずれか一つ、または、複数の光路上であれば、どこに設けられていてもよい。

10

【 0 0 4 3 】

そして、受光手段 4 は、図 3 に示すように、第 2 の 1 / 4 波長板 1 2 と、第 3 の 1 / 4 波長板 1 3 と、分割ビームスプリッタ 3 1 と、第 1 分割光偏光ビームスプリッタ 3 2 と、第 2 分割光偏光ビームスプリッタ 3 3 と、複数の受光部 4 1 ~ 4 4 と、を備える。

具体的には、分割ビームスプリッタ 3 1 は、合成光を第 1 分割光 3 1 a と第 2 分割光 3 1 b とに分割する。第 2 の 1 / 4 波長板 1 2 は、分割ビームスプリッタ 3 1 により分割された第 1 分割光 3 1 a と第 2 分割光 3 1 b との光路上に配置され、第 1 分割光偏光ビームスプリッタ 3 2 は、第 2 の 1 / 4 波長板 1 2 を介した第 1 分割光 3 1 a を第 1 偏光 3 2 a と第 2 偏光 3 2 b とに分割する。また、第 3 の 1 / 4 波長板 1 3 は、第 2 の 1 / 4 波長板 1 2 を介した第 2 分割光 3 1 b の光路上に配置され、第 2 分割光偏光ビームスプリッタ 3 3 は、第 3 の 1 / 4 波長板 1 3 を介した第 2 分割光 3 1 b を第 3 偏光 3 3 a と第 4 偏光 3 3 b とに分割する。

20

また、第 1 受光部 4 1 は、第 1 偏光 3 2 a から位相が 0 度の光を受光し、第 2 受光部 4 2 は、第 2 偏光 3 2 b から位相が 1 8 0 度の光を受光する。第 3 受光部 4 3 は、第 3 偏光 3 3 a から位相が 9 0 度の光を受光し、第 4 受光部 4 4 は、第 4 偏光 3 3 b から位相が 2 7 0 度の光を受光する。

【 0 0 4 4 】

分割ビームスプリッタ 3 1 は、非偏光ビームスプリッタであり、平均した非偏光の光として、第 2 回折部 2 2 からの合成光を第 1 分割光 3 1 a と第 2 分割光 3 1 b とに分割する。

30

第 1 分割光偏光ビームスプリッタ 3 2 と第 2 分割光偏光ビームスプリッタ 3 3 とは、分割ビームスプリッタ 3 1 からの分割光 3 1 a , 3 1 b を、S ランダム偏光の光である S 偏光と、P ランダム偏光の光である P 偏光と、の 2 つの偏光成分に分離する光学部品である。

第 1 分割光偏光ビームスプリッタ 3 2 は、P 偏光である第 1 偏光 3 2 a を透過し、S 偏光である第 2 偏光 3 2 b を反射する。第 2 分割光偏光ビームスプリッタ 3 3 は、P 偏光である第 3 偏光 3 3 a を透過し、S 偏光である第 4 偏光 3 3 b を反射する。本実施形態では、S 偏光を第 2 偏光 3 2 b と第 4 偏光 3 3 b とし、P 偏光を第 1 偏光 3 2 a と第 3 偏光 3 3 a として説明するが、どの偏光が S 偏光か P 偏光であるかは任意である。

【 0 0 4 5 】

40

以下、分割ビームスプリッタ 3 1 以降の光の光路について説明する。

第 1 分割光 3 1 a は、第 2 の 1 / 4 波長板 1 2 を介することで第 1 分割光 3 1 a とは 9 0 度位相がずれた光となり第 1 分割光偏光ビームスプリッタ 3 2 に照射される。第 1 分割光偏光ビームスプリッタ 3 2 に照射された第 1 分割光 3 1 a は、S 偏光である第 1 偏光 3 2 a と、P 偏光である第 2 偏光 3 2 b と、に偏光され分割される。そして、第 1 受光部 4 1 は、第 1 偏光 3 2 a を受光して位相が 0 度の光である干渉光を受光し、第 2 受光部 4 2 は、第 2 偏光 3 2 b を受光して位相が 1 8 0 度の光である干渉光を受光する。

【 0 0 4 6 】

第 2 分割光 3 1 b は、第 2 の 1 / 4 波長板 1 2 および第 3 の 1 / 4 波長板 1 3 を介することで第 2 分割光 3 1 b とは 1 8 0 度位相がズレた光となり第 2 分割光偏光ビームスプリ

50

ッタ 3 3 に照射される。第 2 分割光偏光ビームスプリッタ 3 3 に照射された第 2 分割光 3 1 b は、S 偏光である第 3 偏光 3 3 a と、P 偏光である第 4 偏光 3 3 b と、に偏光され分割される。そして、第 3 受光部 4 3 は、第 3 偏光 3 3 a を受光して位相が 90 度の光である干渉光を受光し、第 4 受光部 4 4 は、第 4 偏光 3 3 b を受光して位相が 270 度の光である干渉光を受光する。

これにより、光学式変位センサ 1 は、合成光から 4 相信号を検出することができ、高精度に測定対象の変位量を検出することができる。

【 0 0 4 7 】

複数の反射手段 5 は、図 1 および図 2 に示すように、第 1 反射手段 5 1 と、第 2 反射手段 5 2 と、第 3 反射手段 5 3 と、第 4 反射手段 5 4 と、第 5 反射手段 5 5 と、を備える。複数の反射手段 5 は、測定機器内を移動することなく光学式変位センサ 1 内に固定されて設けられる。

10

【 0 0 4 8 】

第 3 反射手段 5 3 を除く複数の反射手段 5 は、直交する 2 面の反射面を有するプリズムであり、2 面の反射面を直交させることで生じる直線状の接続部 5 0 が、回折手段 2 の回折格子 M が並設される面において測定方向である X 方向と直交する方向である Y 方向と平行になるように配置されている。なお、第 3 反射手段 5 3 を除く複数の反射手段 5 は、プリズムでなくてもよく、光が入射してきた方向と平行、かつ、逆方向に光を反射させることができれば、例えば光を反射する 3 枚の板状体を互いに直角に組み合わせて略立方体状にしたコーナーキューブや球状のビーズを用いたキャッツアイなどであってもよい。

20

【 0 0 4 9 】

第 1 反射手段 5 1 は、第 1 回折部 2 1 にて分割され回折された第 1 光を第 1 光が入射してきた方向と平行、かつ、逆方向に第 2 回折部 2 2 に向かって反射する。

第 2 反射手段 5 2 は、第 1 回折部 2 1 にて分割され回折された第 2 光を第 2 光が入射してきた方向と平行、かつ、逆方向に第 2 回折部 2 2 に向かって反射する。

第 3 反射手段 5 3 は、第 2 回折部 2 2 を介した第 1 光と第 2 光とを第 2 回折部 2 2 に向かって反射する。

第 4 反射手段 5 4 は、第 2 回折部 2 2 にて回折された第 1 光を第 1 光が入射してきた方向と平行、かつ、逆方向に第 1 回折部 2 1 に向かって反射する。

第 5 反射手段 5 5 は、第 2 回折部 2 2 にて回折された第 2 光を第 2 光が入射してきた方向と平行、かつ、逆方向に第 1 回折部 2 1 に向かって反射する。

30

【 0 0 5 0 】

第 1 反射手段 5 1 および第 4 反射手段 5 4 と、第 2 反射手段 5 2 および第 5 反射手段 5 5 と、はそれぞれ同一部材である。すなわち、第 1 反射手段 5 1 および第 4 反射手段 5 4 は、同じプリズムに設けられ、第 2 反射手段 5 2 および第 5 反射手段 5 5 も同様に、同じプリズムに設けられている。なお、第 1 反射手段 5 1 および第 4 反射手段 5 4 と、第 2 反射手段 5 2 および第 5 反射手段 5 5 と、はそれぞれ同一部材でなくともよく、それぞれ個別に光学式変位センサ 1 内に設けられていてもよい。

【 0 0 5 1 】

第 3 反射手段 5 3 は、第 1 反射手段 5 1 を介した第 1 光を第 4 反射手段 5 4 に向かって反射する第 3 反射手段 5 3 a と、第 2 反射手段 5 2 を介した第 2 光を第 5 反射手段 5 5 に向かって反射する第 3 反射手段 5 3 b と、を有する。第 3 反射手段 5 3 a , 5 3 b は、第 2 回折部 2 2 を介した第 1 光と第 2 光とを反射する第 1 反射部 7 1 と、第 1 反射部 7 1 を反射した第 1 光と第 2 光とを第 2 回折部 2 2 に向かって反射する第 2 反射部 7 2 と、をそれぞれに備えるプリズムである。また、第 3 反射手段 5 3 a , 5 3 b は、第 1 反射部 7 1 と第 2 反射部 7 2 とが互いに向かい合うように所定の角度で接続する接続部 7 3 を備える。接続部 7 3 は、測定方向である X 方向と平行に略直線状に第 1 反射部 7 1 と第 2 反射部 7 2 とを接続する。

40

なお、第 3 反射手段 5 3 a , 5 3 b は、ミラーであってもよい。第 3 反射手段 5 3 a , 5 3 b (第 3 反射手段 5 3) がプリズムであることが好ましい理由は、後述する。

50

【 0 0 5 2 】

第 1 反射手段 5 1 と第 2 反射手段 5 2 とは、第 1 回折部 2 1 における光源 3 からの光の分割点 P 1 から第 1 反射手段 5 1 と第 3 反射手段 5 3 と第 4 反射手段 5 4 とを介して第 1 回折部 2 1 における合成光を生成する合成点 P 2 に到達するまでの第 1 光の光路長と、第 1 回折部 2 1 における光源 3 からの光の分割点 P 1 から第 2 反射手段 5 2 と第 3 反射手段 5 3 と第 5 反射手段 5 5 とを介して第 1 回折部 2 1 における合成光を生成する合成点 P 2 に到達するまでの第 2 光の光路長との差が、光源 3 におけるコヒーレント長の範囲内となる位置に配置されている。

具体的には、本実施形態では、半導体レーザである光源 3 のコヒーレント長は数 c m であるため、第 1 光の光路長と、第 2 光の光路長と、が同じ長さとなる位置に配置されている。

10

【 0 0 5 3 】

ここで、回折手段 2 の所定の位置とは、例えば図 2 (A) に示すように、光源 3 から照射された光と回折手段 2 の回折格子 M が設けられる面とが直交する位置であり、測定における原点に相当する位置である。なお、回折手段 2 の所定の位置は、回折手段 2 の端部でもよく、任意の位置であってよい。

また、本実施形態では、第 1 反射手段 5 1 および第 4 反射手段 5 4 と第 2 反射手段 5 2 および第 5 反射手段 5 5 は、Y 方向と、X 方向および Y 方向と直交する Z 方向と、により成される Y Z 平面に対して面对称となる位置に配置されている。Y Z 平面は、具体的には、回折手段 2 の回折格子 M が設けられる面と直交する平面である。なお、第 1 反射手段 5 1 および第 4 反射手段 5 4 と第 2 反射手段 5 2 および第 5 反射手段 5 5 は、互いに Y Z 平面と面对称となる位置に配置されていなくてもよい。

20

【 0 0 5 4 】

以下、光学式変位センサ 1 における光の光路について図 2 に基づいて説明する。なお、図 2 (B) および図 2 (C) では、測定対象が移動する前の回折手段 2 の位置を破線にて表している。

【 0 0 5 5 】

まず、図 2 (A) に示すように、第 1 光は、第 1 回折部 2 1 にて分割されて反射し、第 1 回折部 2 1 の分割点 P 1 から第 1 反射手段 5 1 に照射される。第 2 光は、第 1 回折部 2 1 にて分割されて反射し、第 1 回折部 2 1 の分割点 P 1 から第 2 反射手段 5 2 に照射される。この際、図 2 (B) に示すように、測定対象が + X 方向に移動すると、回折手段 2 も同期して + X 方向に移動し、第 1 光および第 2 光の進行方向も、回折手段 2 の + X 方向への移動に応じて変動する。また、図 2 (C) に示すように、測定対象が - X 方向に移動すると、回折手段 2 も同期して - X 方向に移動し、第 1 光および第 2 光の進行方向も、回折手段 2 の - X 方向への移動に応じて変動する。

30

【 0 0 5 6 】

次に、第 1 反射手段 5 1 および第 2 反射手段 5 2 は、第 1 光および第 2 光を、それぞれ平行、かつ、逆方向に第 2 回折部 2 2 に向かって再帰性反射する。

第 2 回折部 2 2 は、第 1 光と第 2 光とを第 3 反射手段 5 3 a , 5 3 b に向かって反射する。第 3 反射手段 5 3 a , 5 3 b に反射された第 1 光と第 2 光は、Y 方向にオフセットされて再び第 2 回折部 2 2 に向かって反射される。続いて、第 1 光は、第 2 回折部 2 2 から第 4 反射手段 5 4 に向かって反射され、第 2 光は、第 2 回折部 2 2 から第 5 反射手段 5 5 に向かって反射される。そして、第 4 反射手段 5 4 に照射された第 1 光と第 5 反射手段 5 5 に照射された第 2 光は、第 1 回折部 2 1 に向かって再帰性反射され、第 1 回折部 2 1 の合成点 P 2 にて合成光となる。

40

【 0 0 5 7 】

図 4 は、光学式変位センサ 1 を示すブロック図である。

光学式変位センサ 1 は、図 4 に示すように、受光手段 4 が受光した光に基づき測定対象の変位量を演算する演算手段 6 をさらに備える。

演算手段 6 は、回折手段 2 の移動にともない、受光手段 4 が受光する合成光による干渉

50

信号の変化に基づき測定対象の変位量を演算する。具体的には、演算手段6は、第1受光部41と第2受光部42と第3受光部43と第4受光部44とがそれぞれ受光する位相の異なる複数の光から4相信号を取得する。演算手段6は、取得した4相信号に基づいて測定対象の移動の方向および測定対象の変位量を演算する。

【0058】

図5は、光学式変位センサ1において光源波長が変化したときの光の光路を示す概略図である。具体的には、図5(A)は、光源3の光源波長が660nmのときの光学式変位センサ1を示す図であり、図5(B)は、光源3の光源波長が630nmのときの光学式変位センサ1を示す図であり、図5(C)は、光源3の光源波長が690nmのときの光学式変位センサ1を示す図である。

10

【0059】

図5(A)に示すように、660nmが最適の光源波長である場合、第1光と第2光は、第3反射手段53a, 53bにおいて、距離Sを有して照射される。そして、環境の変化により光源波長が変動すると、図5(B), (C)に示すように、第1光と第2光は、第3反射手段53a, 53bにてオフセットし、距離Sとは異なる距離S1, S2を有して照射される。光学式変位センサ1は、第3反射手段53a, 53bに到達したオフセットした距離S1, S2を有する第1光と第2光とを再び回折手段2にて反射させることで、このオフセットした距離S1, S2による影響である受光手段4が受光する合成光における第1光と第2光とのオーバーラップ量の減少を相殺している。

【0060】

20

具体的には、光学式変位センサ1は、第3反射手段53a, 53bを介して、第1光および第2光に第1光および第2光の光路と同じ光路を逆方向に辿らせ、回折手段2で合計4回回折させることで、光源波長の変化による回折光の進行方向の変動を相殺している。なお、本実施形態では、光学式変位センサ1における回折手段2は反射型であるため、光学式変位センサ1は、第3反射手段53a, 53bを介して、第1光および第2光に第1光および第2光の光路と同じ光路を逆方向に辿らせ、回折手段2で合計4回反射させることで、光源波長の変化による光の進行方向の変動を相殺している。

【0061】

第3反射手段53a, 53bは、第2回折部22にて回折され反射した第1光と第2光とを、平行、かつ逆方向に再び第2回折部22に照射されるように再帰性反射する。第1光と第2光とは、第4反射手段54および第5反射手段55で入射してきた方向と平行、かつ、逆方向に反射され、第1光および第2光の光路と同じ光路を逆方向に辿らせて、第1回折部21にて合成光となる。第1回折部21にて回折され合成された合成光は、光源3から照射される光と同軸上を進行する。すなわち、光学式変位センサ1は、複数の反射手段5にて反射させて回折手段2で4回回折させることで、光源波長の変動による影響を相殺し、合成光を構成する第1光と第2光にオフセットが生じることを抑制し、受光手段4が受光する合成光における第1光と第2光とのオーバーラップ量を安定させて干渉信号の振幅の減衰を防ぎ、高い効率を維持することができる。

30

【0062】

しかしながら、第3反射手段53a, 53bをミラーとして、例えば第1光と第2光とをY方向にオフセットすることなく反射すると、合成光は光源3と同軸上を進行するため、受光手段4は、合成光を受光することができない。また、第1光と第2光とをY方向と異なる方向にオフセットして反射すると、オフセットする方向によっては、第1光と第2光とは受光手段4から外れた方向に照射されることがあり、受光手段4は、合成光を受光することができないことがある。

40

【0063】

このため、図1に示すように、プリズムである第3反射手段53a, 53bの接続部73は、測定方向であるX方向と平行に略直線状に第1反射部71と第2反射部72とを接続している。これにより、第3反射手段53a, 53bは、第1光と第2光とをY方向にオフセットして反射させるため、受光手段4は、光源波長の変動による影響が相殺されオ

50

オーバーラップ量が安定した第1光と第2光とからなる合成光を受光することができる。また、接続部73をX方向と平行なるように第2反射手段53a, 53bを配置してY方向にオフセットすることで、第1光と第2光とが受光手段4から外れた方向に照射されることを防止することができる。なお、第3反射手段は、第1光と第2光とをY方向にオフセットしなくともよく、受光手段が合成光を受光できれば、どの方向にオフセットしてもよい。このため、第3反射手段は、プリズムではなくミラーであってもよく、第2回折部22を介する第1光と第2光を反射できれば、どのようなものであってもよい。

【0064】

図6は、光学式変位センサ1において回折手段2が所定の位置から移動したときの光の光路を示す概略図である。具体的には、図6(A)は、回折手段2が所定の位置に配置されているときに光学式変位センサ1にて観測される光の光路であり、図6(B)は、回折手段2が所定の位置から光源3とは離れる方向に移動したときに光学式変位センサ1にて観測される光の光路であり、図6(C)は、回折手段2が所定の位置から光源3に近づく方向に移動したときに光学式変位センサ1にて観測される光の光路である。なお、図6(B), (C)では、移動する前の所定の位置に配置された回折手段2を破線で記載する。

10

【0065】

従来の光学式変位センサ100では、図11に示すように、回折格子200が所定の位置から測定方向と直交する方向である光源300から離れる方向、または、光源300に近づく方向に移動すると、回折格子200にて分割された2本の光は、互いにオフセットされ距離S3, S4を有した状態で受光手段400に照射されていた。

20

【0066】

しかしながら、回折手段2が図6(A)に示す所定の位置から、図6(B)の矢印で示すように、光源3とは離れる方向である+Z方向に移動しても、図6(C)の矢印で示すように、光源3に近づく方向である-Z方向に移動しても、光学式変位センサ1は、複数の反射手段5にて反射させて回折手段2で4回回折させることで、回折手段2のZ方向に移動することによる影響を相殺し、合成光を構成する第1光と第2光にオフセットが生じることを抑制し、受光手段4が受光する合成光における第1光と第2光とのオーバーラップ量を安定させることができる。したがって、光学式変位センサ1は、回折手段2のZ方向への移動による影響を抑制して干渉信号の振幅の減衰を防ぎ、高い効率を維持することができる。

30

【0067】

このような第1実施形態によれば、以下の作用・効果を奏することができる。

(1) 光学式変位センサ1は、測定対象に取りつけられる回折格子Mを有する回折手段2を測定対象の変位にともなって同期して測定方向に沿って移動させ、複数の反射手段5を固定して備え、回折手段2を測定方向であるX方向に沿って移動させることで得られる回折格子Mの所定の周期mを基準とする干渉信号の変化を検出し、その変化から測定対象の変位量を検出している。回折格子Mの所定の周期mは、環境の変化があっても、光源波長のように大きく変動しない。したがって、光学式変位センサ1は、環境の変化により光源波長が変化したとしても、回折格子Mの所定の周期mを基準とする干渉信号の変化から測定対象の変位量を高精度に検出することができる。

40

【0068】

(2) 第3反射手段53a, 53bを介することで、回折手段2は、光源3からの光を分割および合成する際に2回と、第2回折部22にて2回と、合計4回回折し反射することができる。光学式変位センサ1は、光源3からの光を4回回折し反射することで光源波長の変化および光源3と回折手段2との距離の変動による回折光の進行方向の変動を相殺している。これにより、光学式変位センサ1は、受光手段4に照射される合成光を構成する第1光と第2光とがオフセットし、そのオーバーラップ量が減少することを抑制することができる。

したがって、光学式変位センサ1は、受光手段4に照射される合成光のオーバーラップ量を安定させることができる。

50

【 0 0 6 9 】

(3) 光源 3 のコヒーレント性の制限内で確実に干渉光を生じさせることができる。そして、回折手段 2 が所定の位置にあるときに、第 1 光の光路長と第 2 光の光路長とが同じ長さとなるように第 1 反射手段 5 1 と第 2 反射手段 5 2 を配置することで、半導体レーザを用いたとしても、そのコヒーレント長である数 cm 以内に各光の光路長との差を収め、干渉光を生じさせることができる。

したがって、光学式変位センサ 1 は、光源 3 のコヒーレント性による制限を回避しつつ、高価な He - Ne レーザの代わりに例えば He - Ne レーザと比較して低廉でコヒーレント性の制限が大きい半導体レーザなどを光源として用いることができ、コスト削減を図ることができる。

10

【 0 0 7 0 】

(4) 第 3 反射手段 5 3 a , 5 3 b は、第 1 反射部 7 1 と第 2 反射部 7 2 とを備えるプリズムであることで、光の進行方向に新たな変動を生じさせることなく、回折手段 2 から入射した光を所定の方向にオフセットして回折手段 2 に照射させることができる。これにより、光学式変位センサ 1 は、受光手段 4 にて受光される合成光を安定させるとともに、設計の自由度を向上させることができる。

(5) 第 3 反射手段 5 3 a , 5 3 b における接続部 7 3 は、測定方向である X 方向と平行に略直線状に第 1 反射部 7 1 と第 2 反射部 7 2 とを接続することで、第 1 光と第 2 光とを測定方向である X 方向と直交する方向である Y 方向にオフセットすることができる。これにより、光学式変位センサ 1 は、第 1 光と第 2 光との進行方向に新たな変動を生じさせることなく、測定方向である X 方向と直交方向である Y 方向にオフセットして回折手段 2 に照射させることができる。したがって、光学式変位センサ 1 は、受光手段 4 にて受光される合成光を安定させ、高精度化を図ることができる。

20

【 0 0 7 1 】

(6) 第 1 反射手段 5 1 および第 4 反射手段 5 4 と、第 2 反射手段 5 2 および第 5 反射手段 5 5 と、はそれぞれ同一部材であることで、それぞれの部材を用意し、個別に配置を調整する必要がないため、コスト削減を図るとともに、光学式変位センサ 1 の小型化を図ることができる。

(7) 回折手段 2 が有する回折格子 M は、光源 3 および複数の反射手段 5 を介した光を反射する反射型であることで、光源 3 や複数の反射手段 5 を回折手段 2 における光の照射面の一方側にまとめて配置することができる。したがって、光学式変位センサ 1 は、小型化および省スペース化を図ることができる。

30

【 0 0 7 2 】

〔 第 2 実施形態 〕

以下、本発明の第 2 実施形態を図 7 および図 8 に基づいて説明する。なお、以下の説明では、既に説明した部分については、同一符号を付してその説明を省略する。

【 0 0 7 3 】

前記第 1 実施形態では、回折手段 2 は、反射型であり、回折手段 2 が有する回折格子 M は、光源 3 および複数の反射手段 5 を介した光を反射する反射型の回折格子 M であった。また、第 3 反射手段 5 3 は、第 1 反射手段 5 1 を介した第 1 光を第 4 反射手段 5 4 に向かって反射する第 3 反射手段 5 3 a と、第 2 反射手段 5 2 を介した第 2 光を第 5 反射手段 5 5 に向かって反射する第 3 反射手段 5 3 b と、を有し、2 個のプリズムで構成されていた。

40

【 0 0 7 4 】

図 7 は、第 2 実施形態に係る光学式変位センサ 1 A を示す概略図である。

第 2 実施形態では、図 7 に示すように、光学式変位センサ 1 A の備える回折手段 2 A は、光源 3 および複数の反射手段 5 A からの光を回折して透過する透過型であり、第 3 反射手段 5 3 A は、1 個のプリズムで構成されている点で前記第 1 実施形態と異なる。

回折手段 2 A は、透光性を有するガラスを採用することができる。なお、回折手段 2 A は、光源 3 および複数の反射手段 5 A からの光を回折して透過することができれば、どのような素材を採用してもよい。

50

【 0 0 7 5 】

また、複数の反射手段 5 A は、光源 3 からの光を第 1 回折部 2 1 A に向かって反射し、合成光を受光手段 4 に向かって反射する第 6 反射手段 1 0 をさらに備える点で前記第 1 実施形態と異なる。

第 6 反射手段 1 0 は、2 枚のミラーを組み合わせた一つの部材である。なお、第 6 反射手段 1 0 は、ミラーでなくてもよく、光源 3 からの光を第 1 回折部 2 1 A に向かって反射し、合成光を受光手段 4 に向かって反射することができれば、ハーフミラーやビームスプリッタ等、任意の部材を用いてもよい。また、第 6 反射手段 1 0 は、一つの部材でなくてもよく、複数の部材であってもよい。

【 0 0 7 6 】

図 8 は、光学式変位センサ 1 A における光の光路を示す概略図である。具体的には、図 8 (A) は光学式変位センサ 1 A において測定対象が移動する前の状態を示す図であり、図 8 (B) , (C) は光学式変位センサ 1 A において測定対象が測定方向に移動した状態を示す図である。なお、図 8 (B) および図 8 (C) では、測定対象が移動する前の回折手段 2 A の位置を破線にて表している。

以下、光学式変位センサ 1 A おける光の光路について図 8 に基づいて説明する。

【 0 0 7 7 】

まず、図 8 (A) に示すように、第 1 光は、第 1 回折部 2 1 A にて分割されて回折し、第 1 回折部 2 1 A の分割点 P 1 から第 1 反射手段 5 1 に照射される。第 2 光は、第 1 回折部 2 1 A にて分割されて回折し、第 1 回折部 2 1 A の分割点 P 1 から第 2 反射手段 5 2 に照射される。この際、図 8 (B) に示すように、測定対象が + X 方向に移動すると、回折手段 2 A も同期して + X 方向に移動し、第 1 光および第 2 光の進行方向も、回折手段 2 A の + X 方向への移動に応じて変動する。また、図 8 (C) に示すように、測定対象が - X 方向に移動すると、回折手段 2 A も同期して - X 方向に移動し、第 1 光および第 2 光の進行方向も、回折手段 2 A の - X 方向への移動に応じて変動する。

【 0 0 7 8 】

次に、第 1 反射手段 5 1 および第 2 反射手段 5 2 は、第 1 光および第 2 光を平行、かつ、逆方向に第 2 回折部 2 2 A に向かって再帰性反射する。

第 2 回折部 2 2 A にて回折された第 1 光と第 2 光は、第 3 反射手段 5 3 A に向かって出射される。第 3 反射手段 5 3 A に照射された第 1 光と第 2 光は、Y 方向にオフセットされて第 2 回折部 2 2 A に向かって反射され、再び第 2 回折部 2 2 A にて回折される。続いて、第 1 光は、第 2 回折部 2 2 A から第 4 反射手段 5 4 に照射され、第 2 光は、第 2 回折部 2 2 A から第 5 反射手段 5 5 に照射される。そして、第 4 反射手段 5 4 に照射された第 1 光と第 5 反射手段 5 5 に照射された第 2 光は、第 1 回折部 2 1 A に向かって反射し、第 1 回折部 2 1 A の合成点 P 2 にて回折し合成光となる。

【 0 0 7 9 】

光学式変位センサ 1 A は、回折手段 2 A が透過型であっても、第 3 反射手段 5 3 A を介することで、光源 3 からの光を分割および合成する際に 2 回と、第 2 回折部 2 2 A にて 2 回と、合計 4 回回折することができる。光学式変位センサ 1 A は、光源 3 からの光を 4 回回折し反射することで光源波長の変化および光源 3 と回折手段 2 A との距離の変動による回折光の進行方向の変動を相殺している。これにより、光学式変位センサ 1 A は、受光手段 4 に照射される合成光を構成する第 1 光と第 2 光とがオフセットし、そのオーバーラップ量が減少することを抑制することができる。

【 0 0 8 0 】

このような第 2 実施形態においても、前記第 1 実施形態における (1) ~ (6) と同様の作用、効果を奏することができる他、以下の作用、効果を奏することができる。

(8) 複数の反射手段 5 A は、光源 3 からの光を第 1 回折部 2 1 A に向かって反射し、合成光を受光手段 4 に向かって反射する第 6 反射手段 1 0 をさらに備えるため、光学式変位センサ 1 A 内の光の光路を自由に設計することができる。また、第 6 反射手段 1 0 の配置によっては光学式変位センサ 1 A の小型化を図ることができる。

10

20

30

40

50

(9) 第3反射手段53Aは、単一の部材であるため、第1光と第2光とに対応して個別に複数の部材を設ける必要がない。したがって、光学式変位センサ1Aは、コスト削減を図るとともに、小型化を図ることができる。

【0081】

〔実施形態の変形〕

なお、本発明は、前記各実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変形、改良等は本発明に含まれるものである。

例えば、前記各実施形態では、光学式変位センサ1, 1Aは測定機器に設けられていたが、測定機器ではなく、その他のものに設けられていてもよい。すなわち、光学式変位センサがどのようなものに設けられるかは特に限定されるものではない。

10

【0082】

前記各実施形態では、光学式変位センサ1, 1Aは、±1次回折光から測定対象の変位量を検出していたが、光学式変位センサがどの光に基づき変位量を検出するかについては設計事項である。要するに、演算手段は、回折手段の移動にともない、合成光による干渉信号の変化に基づき測定対象の変位量を演算することができればよい。

【0083】

図9は、変形例の光学式変位センサ1Bにおける受光手段4Bを示す概略図である。

前記各実施形態では、受光手段4は、第2の1/4波長板12と、第3の1/4波長板13と、分割ビームスプリッタ31と、第1分割光偏光ビームスプリッタ32と、第2分割光偏光ビームスプリッタ33と、複数の受光部41~44と、を備えていた。

20

【0084】

変形例における受光手段4Bは、図9に示すように、合成光が照射される照射面80と、合成光を複数の回折光とする所定の方向に沿って設けられる回折格子811と、を有する第2回折手段81と、照射面80において第2回折手段81の回折格子811が設けられる所定の方向と直交する方向に沿って設けられる回折格子822を有し、第2回折手段81による複数の回折光をさらに複数の回折光とする第3回折手段82と、第3回折手段82による複数の回折光の光路上に配置され、複数の回折光をそれぞれ位相の異なる複数の偏光にする複数の偏光子91~94と、複数の偏光子91~94のそれぞれに対応する複数の受光部41B~44Bと、を備える点で前記各実施形態における受光手段4と異なる。

30

なお、図9において、第2実施形態における第6反射手段10は、本変形例における受光手段4Bを図示する便宜上、第6反射手段10A, 10Bとし、一つの部材ではなく、二つの部材として図示している。

【0085】

第2回折手段81および第3回折手段82は、第2回折部22からの合成光を平均した非偏光の光として4つの回折光に分割する。

複数の偏光子91~94は、偏光レンズである。なお、複数の偏光子91~94は、入射した光を偏光することができればよく、どのようなものを用いて偏光してもよい。

受光手段4Bは、複数の偏光子91~94に対向して同一面上に設けられている。第2回折手段81および第3回折手段82により分割された複数の回折光は、複数の偏光子91~94を透過すると、それぞれ位相の異なる偏光となる。具体的には、第1受光部41Bは、第1偏光子91を介した位相が0度の光を受光する。第2受光部42Bは、第2偏光子92を介した位相が90度の光を受光する。第3受光部43Bは、第3偏光子93を介した位相が180度の光を受光する。第4受光部44Bは、第4偏光子94を介した位相が270度の光を受光する。

40

【0086】

演算手段6は、複数の受光部41B~44Bが受光したそれぞれ位相の異なる複数の光から4相信号を取得し、4相信号に基づいて測定対象の移動の方向および測定対象の変位量を演算する。

このような構成により、受光手段4Bは、複数の偏光子91~94に対向する同一面上

50

に設けられているため、モジュール化することができる。また、前記第2実施形態のように光が照射される位置ごとに複数の受光部41～44を備える必要がないため、コスト削減を図るとともに省スペース化を図ることができる。

【0087】

なお、前記各実施形態および前記変形例では、受光手段4, 4Bは、複数の受光部41～44, 41B～44Bを備えて複数の光を受光し、演算手段6は、4相信号を取得して測定対象の変位量を演算していた。しかしながら、受光手段は、回折手段を介した光を受光することができればどのような受光手段を採用してもよく、演算手段は、回折手段の移動にともない、受光手段が受光する合成光による干渉信号の変化に基づき測定対象の変位量を演算することができれば、どのように測定対象の変位量を演算してもよい。

10

また、前記各実施形態では、光学式変位センサ1, 1Aは、第1の1/4波長板11を備えていたが、受光手段4, 4Bを採用しない等の場合には、光学式変位センサは、第1の1/4波長板を備えなくてよい。

【産業上の利用可能性】

【0088】

以上のように、本発明は、光学式変位センサに好適に利用できる。

【符号の説明】

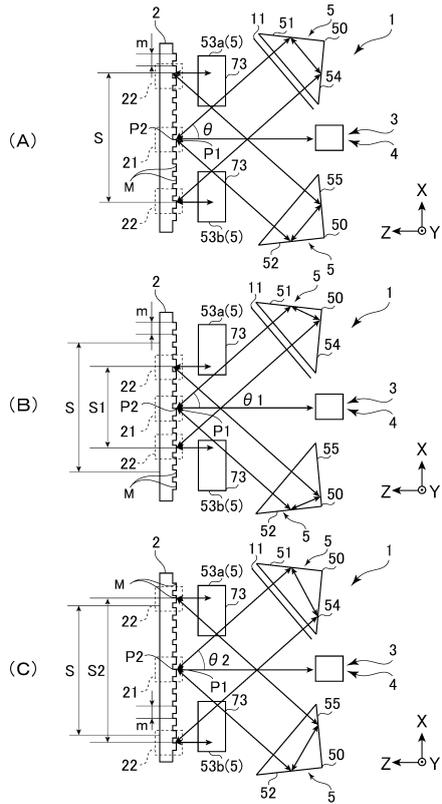
【0089】

1, 1A	光学式変位センサ	
2, 2A	回折手段	20
21, 21A	第1回折部	
22, 22A	第2回折部	
3	光源	
4	受光手段	
5, 5A	複数の反射手段	
51	第1反射手段	
52	第2反射手段	
53, 53A	第3反射手段	
54	第4反射手段	
55	第5反射手段	30
6	演算手段	
M	回折格子	

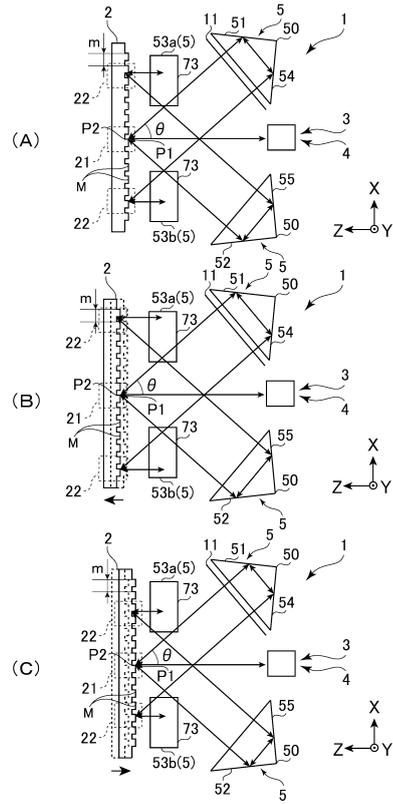
40

50

【図 5】



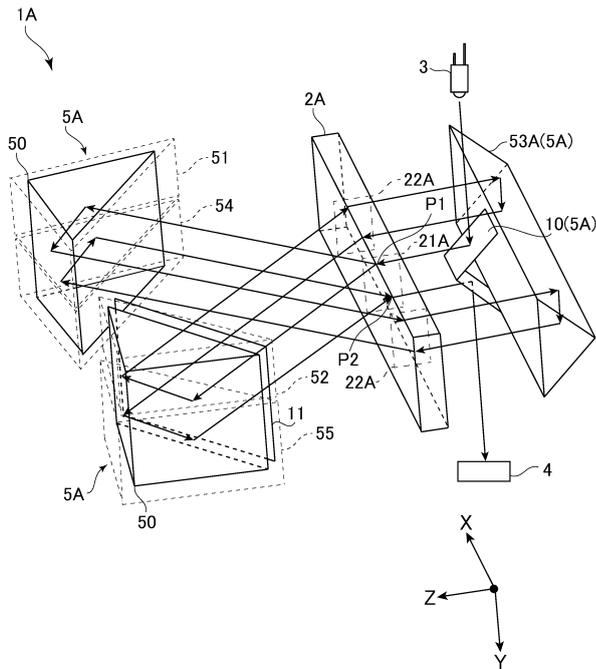
【図 6】



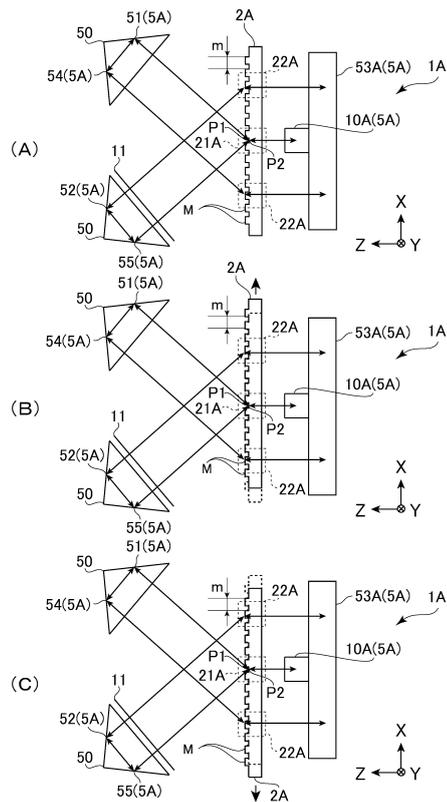
10

20

【図 7】



【図 8】

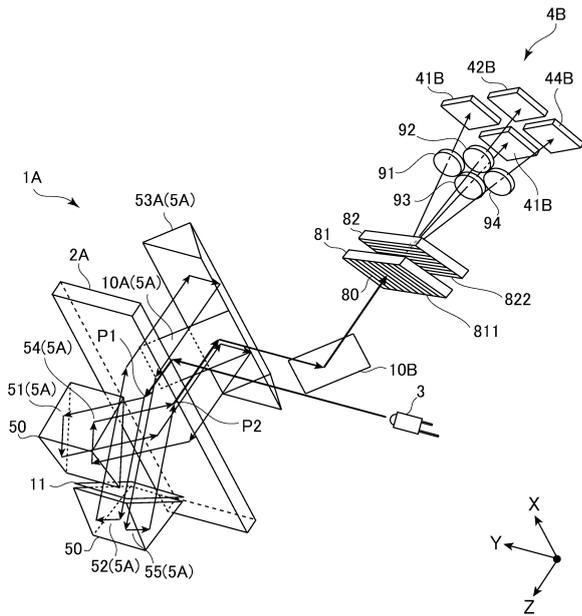


30

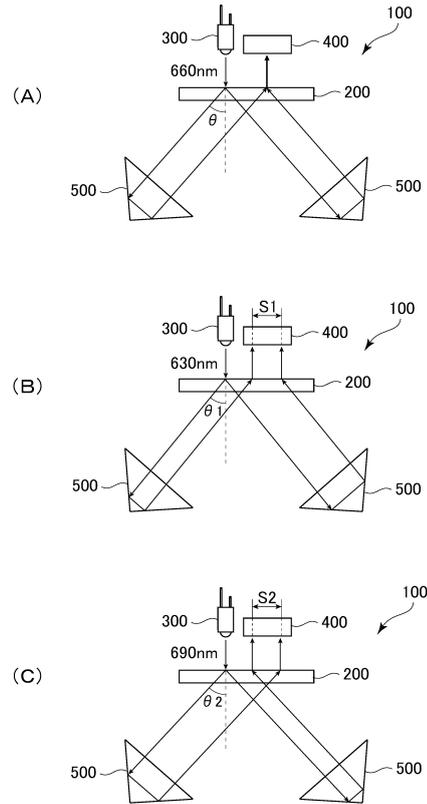
40

50

【 図 9 】



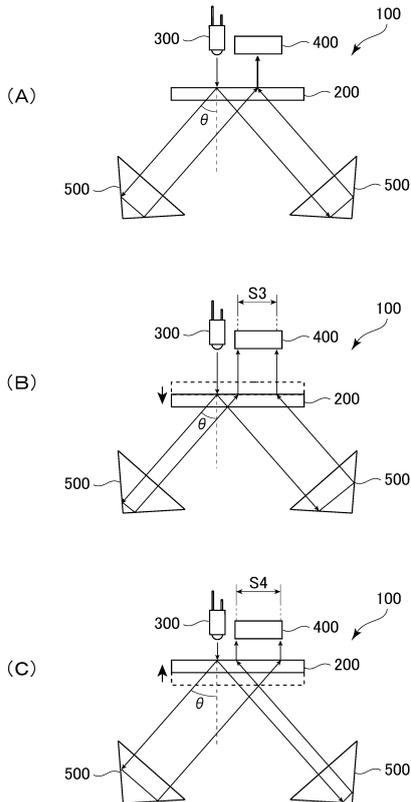
【 図 1 0 】



10

20

【 図 1 1 】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2012-049284(JP,A)
特開平05-126603(JP,A)
中国特許出願公開第112577431(CN,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01B 11/00 - 11/30
G01D 5/26 - 5/38