

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5128368号
(P5128368)

(45) 発行日 平成25年1月23日 (2013. 1. 23)

(24) 登録日 平成24年11月9日 (2012. 11. 9)

(51) Int. Cl.	F I
GO 1 D 5/244 (2006. 01)	GO 1 D 5/244 A
GO 1 D 5/347 (2006. 01)	GO 1 D 5/347 1 1 O B
GO 1 D 5/36 (2006. 01)	GO 1 D 5/347 1 1 O T
	GO 1 D 5/36 X

請求項の数 11 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2008-130414 (P2008-130414)	(73) 特許権者	390014281
(22) 出願日	平成20年5月19日 (2008. 5. 19)		ドクトル・ヨハネス・ハイデンハイン・ゲ
(65) 公開番号	特開2008-292483 (P2008-292483A)		ゼルシヤフト・ミット・ベシユレンクテル
(43) 公開日	平成20年12月4日 (2008. 12. 4)		・ハフツング
審査請求日	平成23年1月24日 (2011. 1. 24)		DR. JOHANNES HEIDEN
(31) 優先権主張番号	102007024593.0		HAIN GESELLSCHAFT M
(32) 優先日	平成19年5月25日 (2007. 5. 25)		I T BESCHRANKTER HAF
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		TUNG
			ドイツ連邦共和国、83301 トラウン
			ロイト、ドクトル・ヨハネス・ハイデンハ
			イン・ストラーセ、5
		(74) 代理人	100069556
			弁理士 江崎 光史
		(74) 代理人	100111486
			弁理士 鍛冶澤 實

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エンコーダ用のスケール及びエンコーダ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エンコーダ用のスケールであって、このスケール (M) は、測定方向 (X) に P 周期の目盛トラック (TS 1, TS 2) を支持し、この目盛トラック (TS 1, TS 2) は、規則的な間隔 (A) で P 周期の中断部分の形態の組み込まれた基準マーク (R) を有するスケールにおいて、

前記スケール (M) は、測定方向 (X) に対して横にずらした少なくとも 2 つのこのような P 周期の目盛トラック (TS 1, TS 2) を支持し、これらの目盛トラック (TS 1, TS 2) の複数の組み込まれた基準マーク (R) が、測定方向に互いにずれていることを特徴とするスケール。

【請求項 2】

前記スケール (M) は、測定方向 (X) に対して横に P 周期の 2 つの目盛トラック (TS 1, TS 2) を支持し、これらの目盛トラック (TS 1, TS 2) の規則的な間隔 (A) で配置された複数の基準マーク (R) が、測定方向 (X) に半部の間隔 (A) だけ互いにずれていることを特徴とする請求項 1 に記載のスケール。

【請求項 3】

前記目盛トラック (TS 1, TS 2) は、測定方向 (X) に交互する明るい領域と暗い領域とから構成され、その結果、1 周期 (P) が、1 つ明るい領域及び 1 つの暗い領域によって構成されていて、この場合、各目盛領域 (TS 1, TS 2) 内では、それぞれの n 番目の明るい領域又は暗い領域が、暗い領域又は明るい領域に入れ換えられていて、これ

によって、規則的な間隔（ A ， $n \times P$ ）で配置された組み込まれた１つの基準マーク（ R ）が形成されていることを特徴とする請求項１又は２に記載のスケール。

【請求項４】

$n = 8$ であり、したがって前記間隔（ A ）は、８倍の周期 P に一致することを特徴とする請求項３に記載のスケール。

【請求項５】

請求項１～４のいずれか１項に記載のスケール（ M ）を有し、このスケール（ M ）を走査し、電気信号を生成し、位置値を生成する構成された検出器（ D ）を有するエンコーダにおいて、

多数の検出器トラック（ $DS1$ ， $DS2$ ）が、前記目盛トラック（ $TS1$ ， $TS2$ ）を走査する前記検出器（ D ）上で測定方向（ X ）に対して横にずらして配置されていて、これらの検出器トラック（ $DS1$ ， $DS2$ ）はそれぞれ、これらの目盛トラック（ $TS1$ ， $TS2$ ）の多数の周期（ P ）に対して１周期当たり m 個のセンサ（ $PD1 \sim PD4$ ）を測定方向（ X ）に相前後して配置されて有することを特徴とするエンコーダ。

10

【請求項６】

前記各検出器トラック（ $DS1$ ， $DS2$ ）は、前記基準マーク（ R ）の前記間隔（ A ）と異なる第２の間隔（ B ）ごとに１つのギャップ（ L ）を有し、このギャップ（ L ）内では、それぞれ m 個の検出器（ $PD1 \sim PD4$ ）が、欠けているか又は電気信号を生成するために利用されないことを特徴とする請求項５に記載のエンコーダ。

20

【請求項７】

前記基準マーク（ R ）の前記間隔（ A ）と前記ギャップ（ L ）の前記第２の間隔（ B ）とは、１周期（ P ）だけ異なることを特徴とする請求項６に記載のエンコーダ。

【請求項８】

前記検出器トラック（ $DS1$ ， $DS2$ ）の前記ギャップ（ L ）は、測定方向（ X ）に相前後して並んでいることを特徴とする請求項６又は７に記載のエンコーダ。

【請求項９】

センサ（ $PD1 \sim PD4$ ）は、光検出器であり、これらの光検出器のうちの４つの光検出器が、測定方向（ X ）に相前後して配置されて１つの目盛トラック（ $TS1$ ， $TS2$ ）の１周期（ P ）を走査することを特徴とする請求項５～８のいずれか１項に記載のエンコーダ。

30

【請求項１０】

光源（ L ）の光が、コリメートされて前記スケール（ M ）を透過し、構成された前記検出器（ D ）上に照射されることを特徴とする請求項５～９のいずれか１項に記載のエンコーダ。

【請求項１１】

周期的な目盛トラック（ $TS1$ ， $TS2$ ）を検出するため、測定方向（ X ）に相前後しているそれぞれの光検出器（ $PD1$ ， $PD2$ ， $PD3$ ， $PD4$ ）が互いに接続されていて、組み込まれた基準マーク（ R ）を検出するため、測定方向（ X ）に互いにずらした光検出器（ $PD1$ ， $PD2$ ， $PD3$ ， $PD4$ ）が互いに接続されていて、この場合、このずれは、前記目盛トラック（ $TS1$ ， $TS2$ ）間の組み込まれた基準マーク（ R ）のずれに一致することを特徴とする請求項１０に記載のエンコーダ。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、エンコーダ用のスケール及びこのようなスケールを有するエンコーダに関する。

【０００２】

周期的な高精度目盛トラックを有するスケールに基づいて長さ又は角度を測定するエンコーダつまり位置測定機が公知である。これらのエンコーダは、全ての機械内で駆動部によって移動する軸を位置決めするために使用される。例えばこのような機械には、 NC プ

50

プログラムにしたがって工具と加工品とを互いに相対的に位置決めする3軸工作機械又は多軸工作機械及び電子機器の製造でウェーハを加工する自動搭載装置がある。

【背景技術】

【0003】

一般に、従来の技術は、このような機械の精度をより高くすることを常に要求し、同時に高精度のエンコーダの要求も増す。したがって、従来では干渉計を制限するナノメートルの範囲内の位置測定が、スケールによる位置測定機によって既に実施されている。

【0004】

このような位置測定機のスケールは、一般に周期的な目盛トラックを有する。この目盛トラックは、位置測定機の検出器によって走査される。この場合、互いに移相している周期的な電気信号が生成される。変位の量及び変位の方向が、公知の方法でこれらの信号から算出され得る。

10

【0005】

測定方向の変位に加えて、（例えば、モータを整流するために）測定すべき軸の絶対値も多くの場合に必要なので、最初に基準位置に来る必要があるインクリメンタル形の位置測定機に比べて起動後に良好な位置を即座に出力できるアブソリュート形の位置測定機の価値が益々認められている。

【0006】

アブソリュート形の位置測定機は、非常に細かい周期的なインクリメンタルトラックに加えて絶対位置の測定を可能にするその他のトラックを有する。

20

【0007】

本出願に由来するヨーロッパ特許出願公開第1400778号明細書では、複数の基準マークをより小さい周期を有するインクリメンタルトラック内に規則的な間隔で組み込むことが望ましいことが説明されている。このため、より小さい周期を有するこのインクリメンタルトラックが、若干より大きい周期を有する第2インクリメンタルトラックに重なる。これによって、インクリメンタルトラックに対して平行に延在するアブソリュートトラックの配置（すなわち、いわゆるコード結合）が、著しく簡略化される。取り付け時のモアレ誤差に対する位置測定機の敏感さが明らかに減少する。

【0008】

このヨーロッパ特許出願公開第1400778号明細書では、例えば光透過性のスケールの実際の透明な領域を黒くすることによって、明るい領域と暗い領域とが交互するインクリメンタル目盛構造内で、明るい（又は暗い）領域を暗い（又は明るい）領域に規則的な間隔で入れ換えることが提唱される。インクリメンタルトラックの周期性のこの中断は、8周期ごとに現れ、それ故に「8つ当たりの1つのギャップ(1 aus 8 Luecke)」とも呼ばれる。

30

【0009】

このようなギャップは、スケールの周期的な汚れのようにインクリメンタル信号に影響する。多数のセンサ領域を有し、スケールの多数の周期を同時に検出する構成された1つの光検出器によってこのようなスケールを走査する場合、スケール及び検出器が互いに最適に調節されている限り、この周期性の規則的な雑音が、測定を妨害しない。しかしながら、例えば、照射光学系が、理想的に平行なビーム路を提供しないか、又は、光検出器の円形目盛が半径方向にずれている場合、光検出器上のインクリメンタルトラックの像が、このインクリメンタルトラックと同じ目盛周期を有さない。この像は、非常に大きいか又は非常に小さい。移相が、センサの中心からセンサ領域の両端にかけて測定方向に発生する。走査領域の一方の半分部分上のそれぞれのセンサに対して、センサ中心に対してミラー対象に配置された他方の半分部分上の1つのセンサが常に確保され得る限り、この移相は補整される。このとき、すなわちこれらの両センサは、同じ移相量を有するものの、正反対の符号を有する。しかしながら、汚れつまり「8つ当たりの1つのギャップ」が、センサ領域にわたって形成されている場合は、この補整は実施されない。このとき、個々のセンサが覆われ、これによって補整されなかったセンサの位相角誤差が有効になる。光検

40

50

出器の電気信号から位置値を生成する場合、測定される位置値と実際の位置値との間にずれが生じ、その結果として測定が不正確になる。

【特許文献1】ヨーロッパ特許出願公開第1400778号明細書

【特許文献2】ドイツ連邦共和国特許出願公開第10319609号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明の課題は、エンコーダの最適でない調節時でも正確な位置値の生成を依然として可能にする、組み込まれた基準マークを有するスケールを提供することにある。

【0011】

さらに本発明の課題は、エンコーダの最適でない調節時でも正確な位置値の生成が可能であるように、本発明のスケールを評価できるエンコーダを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

この課題は、請求項1に記載のスケール及び請求項5に記載のエンコーダによって解決される。

【0013】

測定方向にP周期の目盛トラックを支持するエンコーダ用のスケールが提唱される。この目盛トラックは、P周期の1つの中断部分の形態の組み込まれた1つの基準マークを規則的な間隔で有する。この場合、スケールは、測定方向に対して横にずらした少なくとも2つのこのようなP周期の目盛トラックを支持する。これらの目盛トラックの組み込まれた基準マークは、測定方向に互いにずれている。

【0014】

電気信号を生成して位置値を作るためにスケールを走査するため、このようなスケールを使用するエンコーダは、構成された検出器を有する。目盛トラックを走査するこの検出器は、測定方向に対して横にずらして配置された多数の検出器トラックを有する。これらの検出器トラックはそれぞれ、これらの目盛トラックの多数の周期に対して1周期当たりm個のセンサを測定方向に相前後して配置されて有する。

【0015】

説明した課題を解決するための考えは、測定方向に対して横に配置された複数の目盛トラック内の規則的な間隔で配置された複数の基準マークを測定方向に互いにずらして配置することにある。このとき、個々の目盛トラックの評価時に確かに測定誤差が発生する。しかしながらこれらの測定誤差は、算出された両位置値を適切に結合することによって互いに相殺される。この効果を強化するため、これらの目盛トラックを走査する検出器トラックも、基準マークの間隔と異なる間隔で特定のセンサを省略することによって適切に構成される。

【0016】

以下に、本発明のその他の利点及び詳細を図面に基づく好適な実施形から説明する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

図1は、ここで扱う種類のエンコーダの基本構造を最初に示す。光源Lが、コリメーターレンズKを介してスケールMを平行光で照射する。スケールMが、インクリメンタル目盛Tを支持する。測定方向Xが、図面に対して垂直に存在する。光が、スケールM及びこのスケールMの交互に透明で不透明な構造体を透過し、この時に基板S上の測定方向に相前後して配置された多数のセンサ又は光検出器を有する構成された検出器D上に目盛トラックTを投影する。スケールMが、検出器Mに対して移動する時に、この検出器Dの個々のセンサが、周期信号を生成する。これらの周期信号は、公知の方法で位置信号に変換できる。

【0018】

図2の上半分は、上述した従来の技術によるスケールMの目盛TのP周期のインクリメ

10

20

30

40

50

ンタル目盛トラックの正面図である。組み込まれた基準マークRを形成するため、8つ（ $N=8$ ）の目盛周期Pから規則的な間隔Aごとに、目盛トラックTSの不透明な領域が、透明な領域に入れ換えられている。したがって目盛トラックTSのP周期が、規則的な間隔で中断されている。

【0019】

図2の下半分では、検出器Dが専ら概略的に示されている。目盛トラックTSの像を走査するため、この検出器Dは、測定方向Xに相前後して配置された多数のセンサつまり光検出器を有する検出器トラックDSを有する。

【0020】

位置値が、検出器Pの電気信号から従来の方法で生成される場合、スケールM及び検出器Dが互いに最適に調節されていない時に、上述したように測定される位置が、真の位置からずれる。図3中には、このようなずれが、定性的に示されている。測定誤差、すなわち検出器Dに対するスケールMの移動Xに対する真の位置値からのずれ ΔX がプロットされる場合、基準マークの間隔Aに一致する周期を有する鋸歯関数が得られる。間隔Aだけ移動するスケールMが、検出器Dの移動前に同じ光パターンをこの検出器D上に正確に投影するので、このことは容易に理解できる。このとき、光パターンの最適でない投影から生じる誤差が、この誤差の初期値を再び受け取り、誤差曲線の進行が、スケールMのさらなる移動時に繰り返される。

【0021】

図4の上半分中には、本発明のスケールMの目盛Tの一部が示されている。このスケールの目盛Tを観察した場合、P周期の中断が、4番目の周期ごとに存在し、しかしこのときに実際の不透明な領域がそれぞれ、その半分だけに対して透明な領域に入れ換えられる、つまり上半分と下半分とが交互に入れ換えられることが分かる。本発明をより良好に理解するため、その他の観察方法が考えられる：スケールMが、測定方向Xに対して横（垂直）にずらしたP周期の2つの目盛トラックTS1、TS2を有する。これらの目盛トラックTS1、TS2は、規則的な間隔Aで基準マークRを支持する。しかしこれらの基準マークRは、測定方向Xに互いにずれている、つまり間隔Aの半分だけずれている。

【0022】

両目盛トラックTS1、TS2が、適切に配置された2つの検出器トラックDS1、DS2を有する検出器Dによって通常の方法で評価される場合、位置値が得られる。これらの位置値の測定誤差が、図3中に示されたのと全く同様に観察される。しかし両周期測定誤差は、それらの半周期だけシフトしている。それ故に目盛トラックTS1、TS2によって得られる位置値が平均される場合、測定誤差 ΔX が、従来技術に比べて明らかに減少する。

【0023】

測定誤差 ΔX が、図3中に示されたように鋸歯状ではなくて、正弦波状である場合、半周期シフトしている測定誤差 ΔX の2つの正弦信号が特に良好に相殺されるので、この測定誤差 ΔX の減少のこの効果はさらに著しく改良できる。

【0024】

これに対して使用される検出器トラックDS1、DS2の変更が、図4中に検出器トラックDS1、DS2内のギャップLによって示されている。図5中には、図4の測定方向Xに対して横に縮小された部分拡大図が示されている。検出器トラックDS1、DS2の詳細が、この部分拡大図にしたがって説明できる。

【0025】

目盛トラックTS1、TS2の各周期Pが、4つ（ $m=4$ 、 $m>1$ によるその他の値が可能である）のセンサつまり光検出器PD1、PD2、PD3、PD4によって走査されることが最初に分かる。したがって4番目ごとのセンサが、理想的には同位相を検出する。全ての同位相のセンサが互いに電氣的に接続される。その結果、移動を検出するため、1つの検出器トラックが、 90° だけ移相している4つの周期信号を出力する。これらの4つの信号は、一般に 90° だけ移相している2つの信号に変換されて、これらの2つの信号

10

20

30

40

50

から最終的に移動の量及び方向を算出する。

【0026】

図4及び5中には、ギャップLが検出器トラックDS1, DS2内に認識できる。これらのギャップLのそれぞれでは、センサPD1, PD2, PD3, PD4が、目盛トラックTS1, TS2の1周期Pに対して欠けている。センサPD1, PD2, PD3, PD4が、1目盛周期Pの全幅から省略されることによって、図3の鋸歯の波形が希望通りに屈曲される。このためには、ギャップLは、基準マークRと異なる周期で出現する必要がある。1つの基準マークRが、この実施の形態でのように目盛トラックTS1, TS2の8周期Pごとに存在する場合、1つのギャップLが、検出器トラックの9周期Pごとに出現することが考えられる。このとき、基準マークR同士の間隔Aとギャップ同士の間隔Bとは、1周期Pだけ異なる。

10

【0027】

検出器トラックDS1, DS2のギャップLは、必ずしも検出器D上に物理的に存在する必要はない。対応するセンサが電気接続されていないこと、又は、これらのセンサの信号が位置値を生成するために全く利用されないことで十分である。それ故にギャップLは、目盛トラックTS1, TS2のP周期からの目視可能なずれとして存在する必要がある基準マークRと区別される。

【0028】

測定方向Xに互いにずらした基準マークRと比較して、検出器トラックDS1, DS2のギャップは、測定方向Xに相前後して並んでいる。

20

【0029】

基準マークRを確実に検出して評価するため、両検出器トラックDS1, DS2から構成されたそれぞれのセンサPD1～PD4が互いに接続される。これらの検出器トラックDS1, DS2は、測定方向に4周期Pだけ互いにずれている。このとき、このような配置の出力信号は、従来の技術に一致し、これに応じて評価され得る。しかし測定方向Xに相前後しているそれぞれのセンサPD1～PD4からのインクリメンタル信号は、(可能な限り誤差のない)位置値を生成するために利用される。

【0030】

図5に関連する図4に基づいて、1つの検出器トラックDS1, DS2が、例えば3つのギャップLを有し得ることが分かる。これらのギャップLの両側が、32個(8*4)のセンサPD1～PD4によって包囲されている。この場合、これらのそれぞれの32個のセンサPD1～PD4は、目盛トラックTS1, TS2のそれぞれ8つ(n=8)の周期をカバーする。その結果、目盛トラックTS1, TS2の全体で135周期Pが、検出器トラックDS1, DS2によってカバーされている。この場合、132周期Pだけが、3つのギャップLに起因して評価される。

30

【0031】

目盛トラックTS1, TS2を有するこのスケールMは、一般には図中に示されたよりも著しく長くなり得る。

【0032】

図5中には、光検出器PD1～PD4が長方形に示されている。しかし、望まない高調波を濾波するため、ドイツ連邦共和国特許出願公開第10319609号明細書中に記されているような別の形を有してもよい。1本の共通の接線と測定方向Xとが90°に等しくない角度を成し、及び/又は、光検出器PD1～PD4がこれらの長手端部の領域内に湾曲した境界線を有するように、特に隣接して配置された光検出器PD1～PD4が配置されてもよい。これに対しては、ドイツ連邦共和国特許出願公開第10319609号明細書の図2を参照のこと。この図2の光検出器34.1～34.4は、本願の図5の光検出器PD1～PD4に相当する。

40

【0033】

スケールMは、透明な領域及び不透明な領域を有する透過型スケール又は反射領域及び吸収領域を有する照射型スケールでもよい。双方の場合では、検出器トラックのDS1,

50

D S 2 のセンサ P D 1 ～ P D 4 は、光検出器である。

【0034】

図中では、より良好に図示する理由から、基準マーク R が、暗い領域を明るい領域に入れ換えることによって生成された。しかし、逆の場合、すなわち明るい領域を暗い領域に入れ換えることも好ましい。追加の暗い領域は、使用できる信号を ($n = 8$ に対して) 8 分の 1 だけ減らす。追加の明るい領域は、さらに余計な散乱光を生成し、その結果変調度及び信号の品質を低下させる。

【0035】

光学走査に基づくエンコーダのほかに、例えば容量式目盛構造、誘導式目盛構造又は磁気式目盛構造及びこれらの構造を走査するために対応したセンサを有する周期的なスケールに基づくその他のシステムも当然に可能である。

10

【0036】

測定方向 X に対して横にずらした（実施の形態中で説明したような）2つの目盛トラック又は多数の目盛トラックを有するスケールが可能である。これに応じて多数の検出器トラックが必要である。したがって、多数のトラックを評価することによる1つのトラック内の測定誤差の分解能が、場合によってはさらに若干改善できる。確かに、追加の経費及び実現可能な利用の検討が必要である。

【0037】

本発明のスケール又は本発明のエンコーダの基本原理は、測定方向に対して横にずらした目盛トラック内の基準マークを、1目盛トラック内の基準マークの間隔の一部だけずらすことである。基準マークによる1目盛トラックの周期性の雑音の悪影響を除去するか又は少なくとも明らかに低減する可能性が提供される。

20

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】エンコーダの構成を示す。

【図2】従来の技術による付随する検出器領域を有するスケールを示す。

【図3】従来の技術での測定位置に依存する測定誤差を示す。

【図4】付随する検出器領域を有する本発明のスケールを示す。

【図5】図4の一部の拡大図である。

【符号の説明】

30

【0039】

L 隙間

K コリメーターレンズ

T 目盛

M スケール

S 基板

D 検出器

P 周期

A 間隔

B 間隔

R 基準マーク

X 測定方向

D S 検出器トラック

T S 目盛トラック

T S 1 目盛トラック

T S 2 目盛トラック

D S 1 検出器トラック

D S 2 検出器トラック

P D 1 光検出器

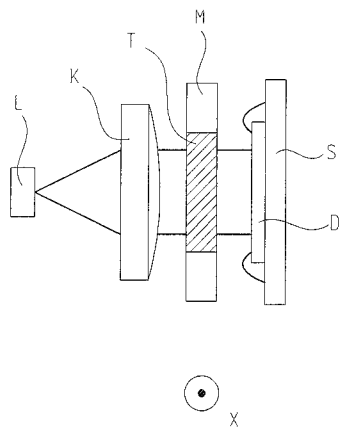
P D 2 光検出器

40

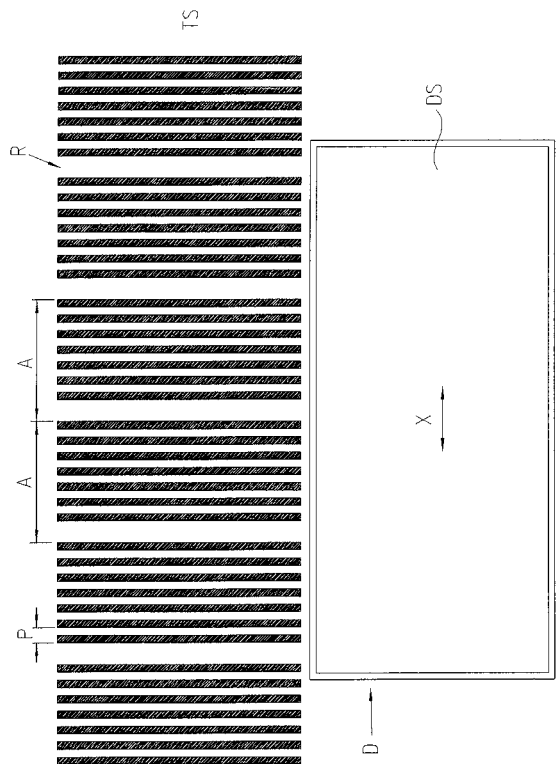
50

P D 3 光検出器
P D 4 光検出器

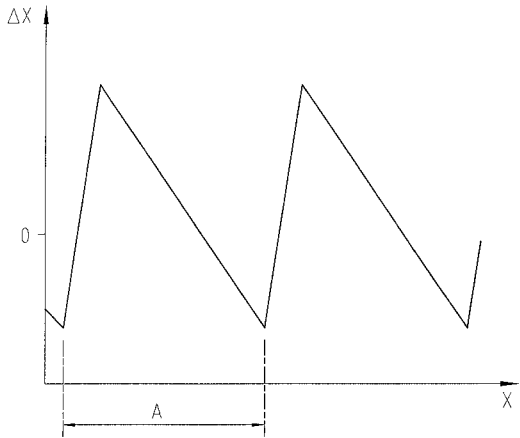
【図 1】



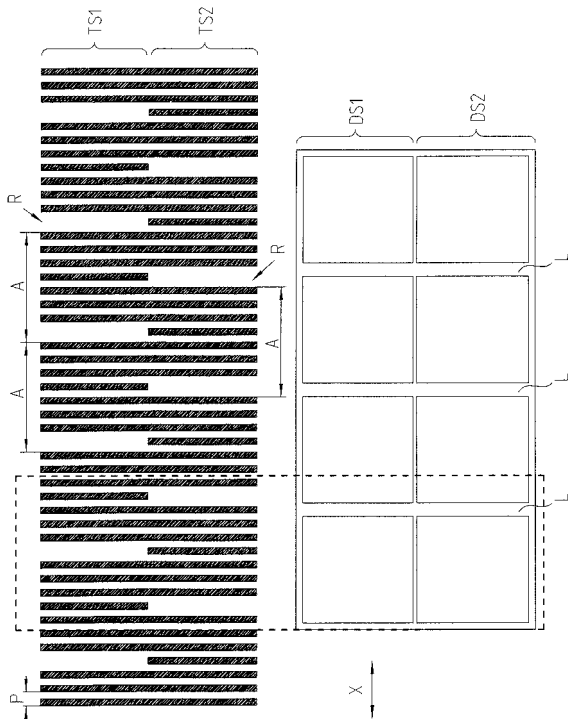
【図 2】



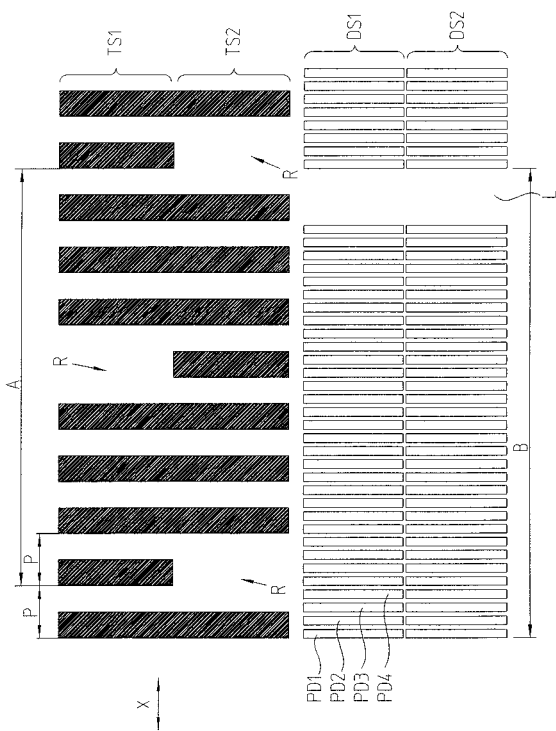
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 ハインツ・トーヴァル

ドイツ連邦共和国、8 3 3 1 3 ジークスドルフ、シュパルツァー・ヴェーク、5

審査官 岡田 卓弥

(56)参考文献 特開2004-132972 (JP, A)

特開平5-180853 (JP, A)

特開平3-67122 (JP, A)

特開昭60-158313 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01D 5/00- 5/62