

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5771070号
(P5771070)

(45) 発行日 平成27年8月26日 (2015. 8. 26)

(24) 登録日 平成27年7月3日 (2015. 7. 3)

(51) Int. Cl. F I
G O 1 D 5/347 (2006.01) G O 1 D 5/347 E

請求項の数 16 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2011-123132 (P2011-123132)	(73) 特許権者	000137694
(22) 出願日	平成23年6月1日 (2011. 6. 1)		株式会社ミットヨ
(65) 公開番号	特開2011-257392 (P2011-257392A)		神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号
(43) 公開日	平成23年12月22日 (2011. 12. 22)	(74) 代理人	100080458
審査請求日	平成26年5月9日 (2014. 5. 9)		弁理士 高矢 諭
(31) 優先権主張番号	12/813, 438	(74) 代理人	100076129
(32) 優先日	平成22年6月10日 (2010. 6. 10)		弁理士 松山 圭佑
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100089015
			弁理士 牧野 剛博
		(72) 発明者	ダニエル ジョン カプナー
			アメリカ合衆国 ワシントン州 シアトル
			92番ストリート エヌ・イー 355
			4

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 アブソリュート光学エンコーダ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

測定軸方向に沿って伸びる2重変調スケルトラックパターンを少なくとも備えたスケール、該スケール及び前記2重変調スケルトラックパターンを照明するように構成された光源、及び、前記2重変調スケルトラックパターンからの光を受けるとして構成された光検出器配列を備えたアブソリュート光学エンコーダであって、

前記2重変調スケルトラックパターンは、該2重変調スケルトラックパターンから前記光検出器配列が受ける光の中に第1の強度変調成分を与え、該第1の強度変調成分が測定軸方向に沿う位置の関数であって、該測定軸方向に沿う第1の空間波長SW1を持つ関数として変化するように構成され、

前記2重変調スケルトラックパターンは、更に、該2重変調スケルトラックパターンから前記光検出器配列が受ける光の中に第2の強度変調成分を与え、該第2の強度変調成分が測定軸方向に沿う位置の関数として変化するように構成され、

前記2重変調スケルトラックパターンにおいて、前記第1の強度変調成分が、前記アブソリュート光学エンコーダの測定範囲にわたり測定軸方向に沿って複数回繰返すようにされ、前記第2の強度変調成分が、測定軸方向に沿って前記第1の強度変調成分より低速で変化するようにされ、

前記光検出器配列が、前記2重変調スケルトラックパターンから光を受けるとして構成された光検出器エレメントの第1のセットであって、前記光検出器エレメントの第1のセットからの信号のセットが、前記2重変調スケルトラックパターンの第1の強度変調

成分の第1の空間波長 $SW1$ の周期に対する前記光検出器エレメントの第1のセットの第1のトラック位置を示す値を与えるように第1の関係に従って処理され、前記光検出器エレメントの第1のセットからの信号のセットが、前記2重変調スケールトラックパターンの第2の強度変調成分に対する前記光検出器エレメントの第1のセットの粗分解能位置を示す値を与えるように第2の関係に従って処理されるように接続された、前記光検出器配列の第1のセットを備え、

前記光検出器エレメントの第1のセットが複数の各空間位相グループを有し、各空間位相グループが、前記2重変調スケールトラックパターンから受けた光を空間的にフィルタリングして、前記2重変調スケールトラックパターンの第1の強度変調成分の第1の空間波長 $SW1$ に対する各空間位相を持つ各信号を与えるようにされ、

前記光検出器エレメントの第1のセットからの信号のセットが、各空間位相を持つ複数の各信号を有し、

前記光検出器エレメントの第1のセットからの信号のセットが、測定軸方向に沿う位置 x の関数として変化する複数の各信号 $A_1(x)$ 、 $B_1(x)$ 、 $A_2(x)$ 、 $B_2(x)$ であって、 $A_1(x)$ と $B_1(x)$ 間の位相差が 90 度、 $A_2(x)$ と $B_2(x)$ 間の位相差が 90 度、 $A_1(x)$ と $B_2(x)$ 間の位相差が 270 度である信号を有し、

第2の関係に従って処理された前記光検出器エレメントの第1のセットからの信号のセットが、和 $[A_1(x) + A_2(x)]$ と和 $[B_1(x) + B_2(x)]$ の少なくとも一方に基づくオフセット値 $OFFSET1(x)$ と、差 $[A_1(x) - A_2(x)]$ と差 $[B_1(x) - B_2(x)]$ の少なくとも一方に基づく振幅値 $AMPLI(x)$ の一つを有する値を与えるようにされていることを特徴とするアブソリュート光学エンコーダ。

【請求項2】

前記オフセット値 $OFFSET1(x)$ が、量 $[A_1(x) + A_2(x) + B_1(x) + B_2(x)]$ でなる関係に基づき、前記振幅値 $AMPLI(x)$ が、量 $([A_1(x) - A_2(x)]^2 + [B_1(x) - B_2(x)]^2)^{1/2}$ でなる関係に基づくことを特徴とする請求項1に記載のアブソリュート光学エンコーダ。

【請求項3】

前記2重変調スケールトラックパターン及び前記光検出器エレメントの第1のセットが、前記第2の関係に従って処理した該光検出器エレメントの第1のセットからの信号のセットが、測定軸方向に垂直な方向に沿う、2重変調スケールトラックパターン内の光検出器エレメントの第1のセットの位置に不感である値を与えるようにされていることを特徴とする請求項1に記載のアブソリュート光学エンコーダ。

【請求項4】

前記2重変調スケールトラックパターン及び前記光検出器エレメントの第1のセットが、前記第1の関係に従って処理した該光検出器エレメントの第1のセットからの信号のセットが、測定軸方向に垂直な方向に沿う、2重変調スケールトラックパターン内の光検出器エレメントの第1のセットの位置に不感である値を与えるようにされていることを特徴とする請求項3に記載のアブソリュート光学エンコーダ。

【請求項5】

測定軸方向に沿って伸びる2重変調スケールトラックパターンを少なくとも備えたスケール、該スケール及び前記2重変調スケールトラックパターンを照明するように構成された光源、及び、前記2重変調スケールトラックパターンからの光を受けるように構成された光検出器配列を備えたアブソリュート光学エンコーダであって、

前記2重変調スケールトラックパターンは、該2重変調スケールトラックパターンから前記光検出器配列が受ける光の中に第1の強度変調成分を与え、該第1の強度変調成分が測定軸方向に沿う位置の関数であって、該測定軸方向に沿う第1の空間波長 $SW1$ を持つ関数として変化するよう構成され、

前記2重変調スケールトラックパターンは、更に、該2重変調スケールトラックパターンから前記光検出器配列が受ける光の中に第2の強度変調成分を与え、該第2の強度変調成分が測定軸方向に沿う位置の関数として変化するよう構成され、

10

20

30

40

50

前記 2 重変調スケールトラックパターンにおいて、前記第 1 の強度変調成分が、前記アブソリュート光学エンコーダの測定範囲にわたり測定軸方向に沿って複数回繰返すようにされ、前記第 2 の強度変調成分が、測定軸方向に沿って前記第 1 の強度変調成分より低速で変化するようにされ、

前記第 2 の強度変調成分が、絶対測定範囲にわたり測定軸方向に沿って分布された少なくとも 3 つの異なる強度レベルを与えるように変化し、異なる各強度レベルが合計で、前記測定範囲の最大で 3 分の 1 に存在することを特徴とするアブソリュート光学エンコーダ。

【請求項 6】

前記第 2 の強度変調成分が、前記絶対測定範囲にわたる各位置で唯一の強度レベルを与えるよう変化することを特徴とする請求項 5 に記載のアブソリュート光学エンコーダ。

【請求項 7】

各位置で唯一の強度レベルを与える前記変化が、線形変化と非線形変化の一方であることを特徴とする請求項 6 に記載のアブソリュート光学エンコーダ。

【請求項 8】

測定軸方向に沿って伸びる 2 重変調スケールトラックパターンを少なくとも備えたスケール、該スケール及び前記 2 重変調スケールトラックパターンを照明するように構成された光源、及び、前記 2 重変調スケールトラックパターンからの光を受けるように構成された光検出器配列を備えたアブソリュート光学エンコーダであって、

前記 2 重変調スケールトラックパターンは、該 2 重変調スケールトラックパターンから前記光検出器配列が受ける光の中に第 1 の強度変調成分を与え、該第 1 の強度変調成分が測定軸方向に沿う位置の関数であって、該測定軸方向に沿う所定の空間波長を持つ関数として変化するように構成され、

前記 2 重変調スケールトラックパターンは、更に、該 2 重変調スケールトラックパターンから前記光検出器配列が受ける光の中に第 2 の強度変調成分を与え、該第 2 の強度変調成分が測定軸方向に沿う位置の関数として変化するように構成され、

前記 2 重変調スケールトラックパターンにおいて、前記第 1 の強度変調成分が、前記アブソリュート光学エンコーダの測定範囲にわたり測定軸方向に沿って複数回繰返すようにされ、前記第 2 の強度変調成分が、測定軸方向に沿って前記第 1 の強度変調成分より低速で変化するようにされており、

前記スケールは、前記 2 重変調スケールトラックパターンとして、前記所定の空間波長が $SW1$ である第 1 の 2 重変調スケールスケールトラックパターンと、前記所定の空間波長が $SW2$ である第 2 の 2 重変調スケールスケールトラックパターンとを少なくとも備え、

前記第 1 及び第 2 の 2 重変調スケールトラックパターンが、それらの第 2 の強度変調成分間の差が、絶対測定範囲にわたる測定軸方向に沿って分布した少なくとも 3 つの異なる強度 - 差信号レベルを与え、異なる各強度 - 差信号レベルが合計で、前記測定範囲の最大で 3 分の 1 に存在することを特徴とするアブソリュート光学エンコーダ。

【請求項 9】

量 $(SW1 * SW2) / |SW1 - SW2|$ が、前記絶対測定範囲の最大で 3 分の 1 である合成波長 SW を規定することを特徴とする請求項 8 に記載のアブソリュート光学エンコーダ。

【請求項 10】

前記光検出器エレメントが、前記第 1 の 2 重変調スケールトラックパターンから光を受けるように構成された光検出器エレメントの第 1 のセットであって、該光検出器エレメントの第 1 のセットが、前記第 1 の 2 重変調スケールトラックパターンの第 1 の強度変調成分の第 1 の空間波長 $SW1$ の周期に対して、前記光検出器エレメントの第 1 のセットの第 1 のトラック位置を示す値を与える第 1 の関係に従って、前記光検出器エレメントの第 1 のセットからの信号のセットが処理されるように接続されたものを有し、

前記光検出器エレメントが、前記第 2 の 2 重変調スケールトラックパターンから光を受

10

20

30

40

50

けるように構成された光検出器エレメントの第2のセットであって、該光検出器エレメントの第2のセットが、前記第2の2重変調スケルトトラックパターンの第1の強度変調成分の第2の空間波長 SW_2 の周期に対して、前記光検出器エレメントの第2のセットの第2のトラック位置を示す値を与える第2の係数に従って、前記光検出器エレメントの第2のセットからの信号のセットが処理されるように接続されたものを有し、

前記光検出器エレメントの第1及び第2のセットからの信号のセットが、前記合成波長 SW の周期内で第1及び第2の2重変調スケルトトラックパターンに対する前記光検出器エレメントの第1及び第2のセットの粗分解能位置を示す値を与えるように処理されていることを特徴とする請求項9に記載のアブソリュート光学エンコーダ。

【請求項11】

前記第1及び第2の2重変調スケルトトラックパターンが、それらの各第2の強度変調成分間の差が、前記絶対測定範囲にわたる各位置で唯一の強度-差信号レベルを与える、測定軸方向に沿う変化を有するように形成されていることを特徴とする請求項8に記載のアブソリュート光学エンコーダ。

【請求項12】

前記絶対測定範囲にわたる各位置で唯一の強度-差信号レベルを与える、測定軸方向に沿う前記変化が、線形変化と非線形変化の一方であることを特徴とする請求項11に記載のアブソリュート光学エンコーダ。

【請求項13】

前記第1の強度変調成分が、前記2重変調スケルトトラックパターンに含まれるパターン要素に含まれる面積の変化によって与えられることを特徴とする請求項1乃至12のいずれかに記載のアブソリュート光学エンコーダ。

【請求項14】

前記第1及び第2の強度変調成分が、前記2重変調スケルトトラックパターンに含まれるパターン要素に含まれる面積の変化によって与えられることを特徴とする請求項13に記載のアブソリュート光学エンコーダ。

【請求項15】

前記2重変調スケルトトラックパターンが、測定軸方向に沿う光の密度変化を与える重畳層を有し、該光の密度変化が前記第2の強度変調成分を与えることを特徴とする請求項13に記載のアブソリュート光学エンコーダ。

【請求項16】

前記重畳層の光の密度が、測定軸方向と垂直な方向に沿って実質的に一様であることを特徴とする請求項15に記載のアブソリュート光学エンコーダ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、精密測定装置一般に係り、特に、スケール上に長いレンジの強度変調を伴うアブソリュート光学エンコーダ構造に関する。

【背景技術】

【0002】

インクリメンタル方式の位置エンコーダは、スケールに沿う初期位置から開始される、変位の増分単位を蓄積することによって決定される、スケールに対する読取ヘッドの変位を許容するスケール構造を利用している。そのようなエンコーダは、ある適用分野、特に電源線が利用可能な適用分野に好適である。しかしながら、エンコーダが低消費電力装置で用いられるような、ある適用分野では、絶対位置エンコーダ(アブソリュートエンコーダとも称する)を用いることが望ましい。絶対位置エンコーダは、スケールに沿う各位置で、唯一の出力信号又は信号の組合せを与える。それらは、位置を特定するために、インクリメンタルな変位の連続的な蓄積を必要としない。従って、絶対位置エンコーダは、様々な電力節約計画を可能にする。様々な容量、誘導又は光検知技術を用いた、様々な絶対位置エンコーダが知られている。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

アブソリュートエンコーダで最も重要な利点の象徴は、(測定範囲/分解能)、即ち、意味がある測定分解能及び/又は精度に対する装置の最大許容絶対測定範囲である。これを「測定範囲対分解能比」と称する。

【 0 0 0 4 】

いくつかのエンコーダは、スケールに沿って平行に走る多数のバイナリコードトラックを使用することによって、高い測定範囲対分解能比を達成している。この技術の測定範囲は、一般に、製造可能なバイナリトラックの数を決定するスケールの幅によって制限される。更に、未加工のバイナリ検知が、通常、分解能を制限する。この技術は、通常小型のエンコーダにおいて望ましい、狭いスケールに対しては最適でない。最下位ビット(LSB)バイナリコードトラックは、LSBの「微細」空間分解能で繰返し、より上位のコードビットを与えるトラックと組み合わせて使用されない限り、インクリメンタルな変位情報を与える(即ち、単に周期的なアブソリュートでない信号を与える)ので、「微細波長」インクリメンタルトラックと考えることができる。これは、多くの高分解能アブソリュートエンコーダ(例えば μm のオーダーの分解能を与えるもの)で用いられている微細波長トラックの特性である。従って、微細波長トラック(微細トラック)は、多くのアブソリュートエンコーダにおいて、インクリメンタルトラックとも呼ばれている。

【 0 0 0 5 】

「全バイナリ」技術に比べて、いくつかのエンコーダは、その波長に関係するアナログ信号を与えて、その測定範囲内のいくつかの部分内でアナログ信号を測定し、微細波長よりも細かい分解能を与え、アブソリュートエンコーダの測定範囲対分解能比を拡張する技術を用いて、微細トラックの分解能を向上している。これは、一般には信号内挿と呼ばれており、微細波長の、結果として生じる測定分解能に対する比は、一般には内挿比と呼ばれている。使われた技術、及び、信号対雑音(S/N)比を支配する精密部品及びアセンブリを与えるのに使われるコストのレベルにより、実用的な信号内挿比は、100、300、更には1000以上まで可能である。しかしながら、一般的に言って、ほぼ100より大きな内挿比は、必要な精密部品及びアセンブリのためかなりの追加費用を必要とする。

【 0 0 0 6 】

いくつかのエンコーダは、バイナリトラックを捨て、微細トラックよりも粗い追加のスケールトラック上での信号内挿を用いている。そのようなトラックは、アブソリュートスケールトラック(アブソリュートトラック)とも呼ばれる。そのような信号内挿は、微細トラックによって与えられる周期信号の曖昧さを解決するため、微細波長の ± 1 半波長内の分解能及び繰返し再現性を持たねばならない。いくつかのエンコーダは、全測定範囲にわたって単調に(例えば直線的に)変化するアブソリュートトラックを使用している。しかしながら、20~100 μm のオーダーの微細トラック波長、及び、100のオーダーの内挿比を仮定すると、そのようなアブソリュートトラックのみでは、2~10mmまでへの関係する絶対測定範囲の向上をもたらすのみで、有用性が限られる。

【 0 0 0 7 】

この制限を克服するため、いくつかのエンコーダは、微細トラックよりもかなり長い空間波長を持つ、少なくとも2つの追加のアブソリュートトラックを使用している。それらの波長は、それらを微細波長から区別し、及び/又は、それらの機能及び相対的な空間波長の関係を強調するため、絶対波長、及び/又は、中間波長、及び/又は粗波長と便利に呼ばれる。一例として、公知の検知技術(例えば光検知技術)を用いて、若干異なる中間波長を持つ2つの中間波長のアブソリュートトラック(中間トラックとも呼ばれる)から、周期的なアナログ信号(例えば正弦波信号又は同様に処理された出力等)が導き出される。公知の関係によれば、2つのアナログ信号間の空間位相差は、中間波長の積に比例し、それらの差の絶対値に反比例する距離にわたって360°変化する。この距離は、より粗い波長のトラックが無ければ、装置のほぼ絶対測定範囲である、合成波長とも呼ばれている。中間トラックからの信号間の位相差は、公知の合成波長と共に、粗分解能に対する

10

20

30

40

50

絶対位置を与えるのに用いられる。これは、粗位置とも呼ばれる。この粗位置分解能及び/又は精度は、位置に対応する中間波長の特定の周期を高い信頼性で特定するために、中間トラックによって与えられる周期信号の曖昧さを解決するべく、中間波長のほぼ±1半波長以内でなければならない。中間トラックからの周期信号は、粗分解能よりも良い中間分解能に対する絶対位置を与えるために、中間波長の特定の周期内で内挿される。これは中間位置とも称する。中間位置分解能及び/又は精度は、位置に対応する微細波長の特定の周期を信頼性高く特定するために、微細トラックによって与えられる周期信号の曖昧さを解決するため、ほぼ微細波長の±1半波長以内でなければならない。微細トラックからの周期信号は、最終的な微細分解能及び/又は精度内で装置の絶対位置を与えるために、微細波長の特定の周期内で内挿される。前記の技術は一般的に知られており、様々な関係するエンコーダ構造及び/又は信号処理に関連する追加の詳細が、様々なアブソリュートエンコーダ及びアブソリュート干渉計特許で簡単に利用可能である。前記の技術は、合成粗波長絶対測定技術 (Synthetic Coarse Wavelength Absolute Measurement技術: SCWAM技術) とも呼ばれる。

10

【0008】

特許文献1~11は、上記で説明したものを含むアブソリュートエンコーダに関する様々なエンコーダ構造及び/又は信号処理技術を開示しており、ここで、それらの全体を引用して取り込む。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0009】

【特許文献1】米国特許第3882482号明細書

【特許文献2】米国特許第5965879号明細書

【特許文献3】米国特許第5279044号明細書

【特許文献4】米国特許第5886519号明細書

【特許文献5】米国特許第5237391号明細書

【特許文献6】米国特許第5442166号明細書

【特許文献7】米国特許第4964727号明細書

【特許文献8】米国特許第4414754号明細書

【特許文献9】米国特許第4109389号明細書

30

【特許文献10】米国特許第5773820号明細書

【特許文献11】米国特許第5010655号明細書

【非特許文献】

【0010】

【非特許文献1】Hewlett Packard Journal, Vol. 31, No. 9, Sept. 1989

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

しかしながら、先行技術は、アブソリュートエンコーダのユーザによって望まれている、測定範囲対分解能比、高分解能、小型サイズ、ロバスト性及びコストのある組合せを与える構造を教えてはいなかった。スケール、検出器、及び/又は他のエンコーダ部品の幅を増やすことなく、測定範囲対分解能比を高めることは特に難しい。そのような組合せを与えるアブソリュートエンコーダの改良された構造が望まれている。

40

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の一つの側面に従えば、2重変調スケールトラックパターン (Dual-Modulation Scale Trackパターン; DMSTパターン) は、結果として検出された光パターンの中の第1の周期的な強度変調成分と、エンコーダの絶対測定範囲を増やすのに利用される、検出された光パターン中の追加の長いレンジの強度変調成分を与えるように構成される。第1の周期的な強度変調を与え、ここで開示された設計原理に従って追加の長いレンジの強

50

度変調を与える2重変調スケールトラックパターンを作るように修正又は適応されるスケールトラックパターンの幾つかの例は、「アブソリュート光学エンコーダのためのスケールトラック構造」と称する発明者等の米国特許第7608813号(以下、831特許と称する)中に記載されている。813特許中に開示されたスケールトラックパターンは、先行技術の様々な欠点を克服し、他の望ましい特性と共に、良好な測定範囲対分解能比を与えるためにSCWAM技術を利用している。言い換えると、上述したように、831特許は、中間波長スケールトラックパターンを、より長い合成波長を与える、少し異なる波長と共に使用することを教えている。少し異なる波長に由来する信号は、絶対位置測定信号中に組み合わせられ、公知の合成波長との組み合わせで、合成波長内での絶対位置の決定に使用される。合成波長の長さは、絶対位置が決定されるエンコーダの測定範囲を制限する。813特許中で開示されたスケールトラックパターンの使用によって実用上達成される合成波長の最大長さは、多くの適用分野において望ましいよりも小さなエンコーダの最大絶対測定範囲の制限をかけている。

10

【0013】

本発明によれば、エンコーダの最大絶対測定範囲は、より短いレンジの強度変調の与える1以上のスケールトラックパターンに、DMSTパターンを与えるために長いレンジの強度変調の様相をコード化し、又は重ね合わせることによって延長される。様々な実施形態において、ここに開示した原理に従うDMSTパターンを使用することにより、エンコーダの絶対測定範囲及び/又は測定範囲対分解能比は、スケール又は検出器又は他のエンコーダ部品の幅を増やすことなく高められる。一つのある特定の実施例において、より短い各レンジの強度変調(例えば700 μ mオーダの波長を持つ)を与える2つのスケールトラックパターンから得られるほぼ25.2mmの合成波長(813特許の特定の実施例に記載されているように)のエンコーダは、ここに開示されたDMSTパターン及び関連する信号処理技術を利用することによって、70mm以上に延長された絶対測定範囲を持つことができる。

20

【0014】

SCWAM技術システムにおいて、微細波長測定によって与えられた分解能で粗波長範囲にわたって絶対位置を決定するために、粗、中間及び微細又はインクリメンタル波長測定を互いにリンクさせる「チェーン-ダウン」処理が使用されている。簡単に言うと、チェーン-ダウン処理中で発生する可能性があるエラーの一つのタイプは、測定範囲対分解能比が広げられすぎると、相対的に粗い絶対測定中に含まれる相対的に微細な波長の正しい数を決定する際のエラーである。そのようなエラーは、「波長ジャンプ」と呼ばれる。言い換えると、相対的に粗い波長(例えば合成波長、又は中間波長)内の空間位相位置の測定が適切な精度のレベルで決定されないと、チェーン-ダウン処理は、結果として生じる相対的に粗い位置の見積もりを、次の相対的に微細な波長スケールトラックパターン中の誤った特定の波長又は周期にリンクさせてしまう。測定範囲対分解能比が、(例えば典型的な設計マージンの近くまで)広げられすぎると、関連する波長又は周期のエラーは、典型的に1波長となる。従って、信号処理が、次の相対的に微細な波長スケールトラックパターンによって与えられる、より正確な信号に基づいて、より高位の分解能の測定を与えるためにチェーン-ダウン処理を続けると、この1波長のエラーが消えずに残る。短いレンジのエラー、長いレンジのエラー及び信号雑音は、全て、そのような波長ジャンプエラーに寄与する。エンコーダ部品製造、組立及び信号処理(例えば特定の波長内での位置内挿)における所定の精度レベルに対して、そのようなエラーを防ぐための実用的な方法は、アブソリュートエンコーダ中で使用される様々な波長間の比を制限することである。制限された比により、エンコーダの測定範囲対分解能比全体を延長するための公知の方法は、より長い又はより短い波長を与える追加のスケールトラックを加えることである。しかしながら、追加のスケールトラックを加えることは、サイズ及び複雑さの観点から望ましくない。

30

40

【発明の効果】**【0015】**

50

スケールトラックを追加することによってより長い測定範囲を得る公知の方法に対して、本発明は、ここに開示した原理に従ったDMSTパターンを含む少なくとも一つのスケールトラックを用いることによって、別のスケールトラックを追加せずともより長い絶対測定範囲を得ることができる。ここで、DMSTパターンは、第1の空間波長SW1を有し、測定範囲にわたって複数回繰返す(即ち中間波長信号を発生する)第1の強度変調成分を与え、更に、測定軸方向に沿って第1の強度変調成分よりも低速で変化し、及び/又は、測定範囲内の各点で唯一の値を持つ(即ち広範囲絶対測定信号を作り出す)第2の強度変調成分を与える。この第2の強度変調成分は、先行技術の設計における追加のアブソリュートトラックによって与えられる、より長い空間波長信号と同様に作用するものであって、より低速で変化する信号を与えるために検出される。これらの結果、合理的な内挿レベルで、スケールの全幅を増やすことなく、より高い測定範囲対分解能比が達成される。

10

【0016】

一つの実施形態において、アブソリュート光学エンコーダは、測定軸方向に沿って伸びる第1の2重変調スケールトラックパターン(DMSTパターン)を少なくとも備えたスケールと、該スケール及び前記第1の2重変調スケールトラックパターンを照明するように構成された光源と、前記第1の2重変調スケールトラックパターンからの光を受けるように構成された光検出器配列を備えている。2重変調スケールトラックパターンは、該2重変調スケールトラックパターンから前記光検出器配列が受ける光の中に第1の強度変調成分(例えば中間波長信号を発生する)を与えるように構成されている。前記第1の強度変調成分は、更に、測定軸方向に沿う位置の関数であって、該測定軸方向に沿う第1の空間波長SW1を持つ関数として変化する。2重変調スケールトラックパターンは、更に、該2重変調スケールトラックパターンから前記光検出器配列が受ける光の中に第2の強度変調成分(例えば追加の広範囲信号を発生する)を与え、該第2の強度変調成分が測定軸方向に沿う位置の関数として変化するように構成される。2重変調スケールトラックパターンは、更に、前記第1の強度変調成分が、前記アブソリュート光学エンコーダの測定範囲にわたり測定軸方向に沿って複数回繰返すように構成され、前記第2の強度変調成分が、測定軸方向に沿って前記第1の強度変調成分より低速で変化する。該して、前記第2の強度変調成分は、それがアブソリュート光学エンコーダ中で使用された次に微細な絶対波長の個々の空間周期内で唯一の信号値又は信号値の唯一の範囲を規定するように変化する。幾つかの実施例において、次の微細な絶対波長は、二つの類似するスケールパターン波長に対応する類似する空間波長を持つ二つの信号から得られた合成波長であることができる。他の実施例において、次の微細な絶対波長は、スケールトラックパターン波長であることができる。

20

30

【0017】

様々な実施例において、第1の強度変調成分は、第1の2重変調スケールトラックパターン中に含まれたパターン要素に含まれる面積の変化によって与えられる。ある特定の実施形態において、第1のDMSTパターンは、SCWAM技術に従って、もう一つの間中波長アブソリュートスケールトラックパターンと組合せて利用される中間波長アブソリュートスケールトラックパターンに対応し、第1の強度変調成分は、それが発生する中間波長信号に対応する。前記第1の強度変調成分は、DMSTパターンにそって周期的に配列されたパターン要素によって与えることができる。前記第2の強度変調成分は、ここに開示された様々な技術に従って、これらのパターン要素中にコード化され、又は、重畳された追加のスケールトラックパターンによって与えられ、追加のスケールトラックパターンによって作り出された追加の広範囲信号に対応する。幾つかの実施例において、前記第2の強度変調成分は、前記第1の2重変調スケールトラックパターン中に含まれたパターン要素に含まれる面積の変化によっても与えられる。他の実施例において、測定軸方向に沿って光の密度変化を与える層がパターン要素上に重ね合わせられ、前記光の密度変化が第2の強度変調成分を与える。

40

【0018】

50

813特許中で記載したように、第1の強度変調成分及びその結果として生じる中間波長信号は、透明基板上に形成された不透明又は反射パターン要素（例えばガラススケール上のクロム）の幅を変えることによって達成される。一つの特定の実施形態において、本発明の広範囲信号は、パターン要素の特定の幅寸法（即ち、スケールの長さに沿うパターン要素の最小クロム線幅及び/又は透明部の最小幅）を更に変えることによって、前記中間波長スケールトラックパターン中にコード化され又は重ね合わせられることができる。最小クロム線幅及び/又は透明部の最小幅のようなパターン要素の特定の寸法を変えることによって、周期的な中間波長信号の全オフセット及び/又は振幅レベルが測定範囲に沿う位置の長いレンジの関数として変化し、これらの全オフセット及び/又は振幅レベルの変化が、広範囲信号を与えるために測定される。この追加の長いレンジのパターン変化は、中間波長信号を作り出すパターン変化の中にコード化され、又は重ね合わせられているにも拘らず、中間波長信号中の受け入れ可能な小さな（即ち重要でない）エラーを発生するように実験的に決定される。スケールの長さに沿う最小クロム線幅及び/又は透明部の最小幅のようなパターン要素の特定の寸法の変化は、広範囲信号のための望ましい信号パターン（例えば線形、ステップ関数、正弦波関数他）に従って与えられることができる。

【0019】

様々な実施例において、DMSTパターンによって与えられた第1及び第2の強度変調成分を受けるために用いられる光検出器配列は、前記第1の2重変調スケールトラックパターンから光を受けるように構成された光検出器エレメントの第1のセットであって、第1の係数に従って処理された前記光検出器エレメントの第1のセットからの信号のセットが、前記第1の2重変調スケールトラックパターンの第1の強度変調成分の第1の空間波長SW1の周期に対する前記光検出器エレメントの第1のセットの第1のトラック位置を示す値を与え、第2の係数に従って処理された前記光検出器エレメントの第2のセットからの信号のセットが、前記第1の2重変調スケールトラックパターンの第2の強度変調成分に対する前記光検出器エレメントの第1のセットの長いレンジ又は粗分解能位置を示す値を与えるように接続された、前記光検出器配列の第1のセットを備えている。ある特定の実施形態において、前記光検出器配設の第1のセットは、測定軸方向に沿って周期的に繰り返す値を示す位置を与えるよう、第1の係数に従って処理された公知の直角位相信号でなる信号のセットを与える。該公知の直角位相信号でなる信号のセットは、それらの平均DC（直流）オフセット又はバイアス、又はそれらの平均振幅などに対応する値を与えるよう、第2の係数に従って処理される。いずれの場合も、上記で概説し、以下に詳細に説明するように、第2の係数に従って与えられる値は、第2の強度変調成分に対応し、アブソリュート光学エンコーダ内で使用される次の微細なアブソリュート波長の各空間周期内で、唯一の信号値又は信号値の唯一のレンジを与えるように変化する。

【0020】

上記の要約は、本発明の特徴を813特許中に記載されたスケールトラックパターンとの組み合わせで用いた実施例を強調していたが、そのような実施例は例示に過ぎず、限定するものではない。より一般的に、ここで開示されたスケールトラックパターンの形態及び原理は、本発明に従って、第2の長いレンジの強度変調成分を、多くの異なるスケールトラックパターン及び検出器配列のために、第1のより短いレンジの強度変調成分にコード化し、又は重ね合わせる2重変調スケールトラックパターンを与えるのに用いられる。様々な実施例において、ここで開示された原理に従って構成された、少なくとも1つの2重変調スケールトラックパターンを含む複数のアブソリュートスケールトラックが、対応する検出器部分に沿って、アブソリュートスケールパターンを与えるのに使用され、生じる信号は、ここに開示された追加の広範囲信号技術との組み合わせで、所望の絶対測定範囲及び/又は測定範囲対分解能比を与えるのに用いられる。そのような実施例の幾つかにおいて、アブソリュートスケールパターンは、3.0mmより小さい幅を持ち、なお且つ、経済的なエンコーダ構造において、所望の範囲（例えばミクロン又はミクロン以下のレベルの分解能で70mm以上）の目覚しい測定範囲対分解能比を与える。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 1 】

【図 1】ここで開示された原理に従って 2 重変調スケールトラックパターン (D M S T パターン) を用いたアブソリュート光学エンコーダ構造の一実施例の展開図

【図 2】図 1 のアブソリュート光学エンコーダ構造で使用可能な検出器とアブソリュートスケールパターン形状のいくつかの実施例において有利な様々な幾何学的関係、及び、 S C W A M 技術と共に用いられる、ここで開示された原理に従って D M S T パターン内に含まれる 2 つの中間波長スケールトラックパターンの例を示す図

【図 3】ここで開示された原理に従った D M S T パターンの第 1 例の二つの部分を示す図

【図 4】ここで開示された原理に従った D M S T パターンの第 2 例の二つの部分を示す図

【図 5】ここで開示された原理に従って、図 2 中に示されたのと同様のスケールパターン要素を取り込んだ D M S T パターンの第 3 例の二つの部分を示す図

【図 6】 S C W A M 技術と共に用いられ、測定範囲にわたり線形に変化する広範囲絶対測定信号を与えるように構成された二つの中間波長 D M S T パターンを含む図

【図 7】図 6 のスケールトラック及び検出器配列の出力信号のセットを示す図

【図 8】本発明に従ってステップ関数の長いレンジ信号を作り出す長いレンジの強度変調成分を与えるようにアブソリュートスケールトラックパターンが構成されたスケールトラック及び検出器配列の実施例の出力信号のセットを示す図

【図 9】本発明に従って非線形のもう一つの長いレンジ信号を作り出す長いレンジの強度変調成分を与えるようにアブソリュートスケールトラックパターンが構成されたスケールトラック及び検出器配列の実施例の出力信号のセットを示す図

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 2 】

図 1 は、ここで開示された 2 重変調スケールトラックパターン及び検出器構造を採用することができるアブソリュート光学エンコーダ構造 1 0 0 の一実施例を模式的に示す展開図である。前記エンコーダ構造 1 0 0 の幾つかの側面は、 8 1 3 特許に詳細に記載されている。図 1 に示されるように、エンコーダ構造 1 0 0 は、スケール要素 1 1 0 と、電源及び信号結線 1 9 2 によって信号発生及び処理回路 1 9 0 と接続された検出器エレクトロニクス 1 2 0 と、可視又は不可視波長の光を放射するための光源 1 3 0、レンズ 1 4 0 及び任意の光源格子 1 5 0 を備えた照明システム (又は照明部) 1 6 0 を含む。光源 1 3 0 も、電源及び信号結線 (図示せず) によって信号発生及び処理回路 1 9 0 に接続されている。スケール要素 1 1 0 は、 3 つのスケールトラックパターン、即ち、インクリメンタルトラックパターン T I N C、第 1 の中間波長 D M S T パターン T A B S 1 及び第 2 の中間波長 D M S T パターン T A B S 2 を含むアブソリュートスケールパターン 1 1 5 を含んでいる。トラックパターン T A B S 1 及び T A B S 2 は、先に概説した S C W A M 技術に従って使用可能であり、以下により詳細に説明するように、 D M S T パターンであることができる。一つの特定の形態において、トラックパターン T A B S 1 及び T A B S 2 は、以下に図 6 を参照して説明するのと類似の方法で形成され動作する。

【 0 0 2 3 】

図 1 は、更に、ここで用いられる約束に従って、直交する X、Y 及び Z 方向を示す。X 及び Y 方向は、アブソリュートスケールパターン 1 1 5 の面に平行であり、X 方向は (例えばインクリメンタルトラックパターン T I N C に含まれる格子パターン要素の延びる方向と垂直な) 意図される測定軸方向 M A に平行である。Z 方向は、アブソリュートスケールパターン 1 1 5 の面に垂直である。

【 0 0 2 4 】

検出器エレクトロニクス 1 2 0 は、 3 つのスケールトラックパターン T I N C、T A B S 1 及び T A B S 2 からの光をそれぞれ受光するよう配置された 3 つの検出器トラック D E T I N C、D E T A B S 1 及び D E T A B S 2 を備えている。検出器エレクトロニクス 1 2 0 は、更に、信号処理回路 1 2 6 (例えば信号オフセット及び / 又はゲイン調整、信号増幅及び組合せ回路等) も含む。一つの実施形態において、検出器エレクトロニクス 1 2 0 は、単一の C M O S I C として製造することができる。以下により詳細に説明する

10

20

30

40

50

ように、エンコーダの測定範囲対分解能比を高めるためのここに開示したスケールトラックパターン及び検出器構造は、3つのスケールトラックパターン及び対応する検出器トラックTINC/DETTINC、TABS1/DETTABS1及び/又はTABS2/DETTABS2の任意のもの又は全てと共に使用することができる。

【0025】

動作に際して、光源130から放射された光134は、レンズ140によって、3つのスケールトラックパターンの検出部を照明するのに十分なビーム面積にわたり、部分的又は完全に平行光線化される。図1は、光134の3つの光路134A、134B及び134Cを模式的に示す。光路134Aは、スケールトラックパターンTINCを照明する光を含む代表的な中央光路である。スケールトラックパターンTINCが照明されると、それは、検出器エレクトロニクス120の検出器トラックDETTINCに、空間的に変調された光パターン(例えばいくつかの実施形態においては、回折光同士の干渉縞光)を出力する。光路134B及び134Cは、スケールトラックパターンTABS2及びTABS1をそれぞれ照明する光を含む代表的な光路である。スケールトラックパターンTABS2及びTABS1が照明されると、それらは、検出器エレクトロニクス120の検出器トラックDETTABS2及びDETTABS1に、それぞれ空間的に変調された光パターン(例えばそれらのパターンに対応するパターン光)を出力する。様々な実施形態において、エンコーダ構造100は、図2-5を参照して以下でより詳細に説明するように、トラックパターンTABS2及びTABS1が、それぞれ検出器トラックDETTABS2及びDETTABS1上に投影される影像(例えばボケた又はボケていない影像)を生成するように構成される。全ての空間的に変調された光パターンは、スケール要素110と共に移動する。検出器トラックDETTINC、DETTABS1及びDETTABS2のそれぞれにおいて、個別光検出器領域は、それらがそれぞれ受けた空間変調光パターンを空間的にフィルタリングし、所望の位置指示信号(例えば直角位相信号又は信号内挿につながる空間位相関係を有する他の周期信号)を与えるよう配置される。検出器トラックDETTINC、DETTABS1及びDETTABS2の1つの実施形態が、図2を参照して以下に詳細に説明される。いくつかの実施形態において、個別光検出器領域というよりもむしろ、個別開口を有する空間フィルタマスクが、より大きな光検出器をマスクして、図示される個別光検出器領域と似た受光領域を与え、公知の技術に従って、同様な全体信号効果を与える。

【0026】

(例えば $40\ \mu\text{m}$ 、又は、それ以上のオーダーの微細トラック波長を有する)いくつかの中間の分解能の実施形態において、エンコーダ構造100は、トラックパターンTINCが検出器トラックDETTINC上に投影される影像を生成するように構成される。より高い分解能の実施形態において、トラックパターンTINCは、通常、回折光を発生するように構成される。例えば、ほぼ $8\ \mu\text{m}$ 以下の微細トラック波長を持つ、いくつかの実施形態において、エンコーダ構造100は、複数の回折光(例えば ± 1 次回折光)が、検出器トラックDETTINCに到達する干渉縞を生成するように、公知の方法に従って構成される。そのような実施形態において、光源格子150は、通常、省略される。例えばほぼ $8 - 40\ \mu\text{m}$ の微細トラック波長を持つ他の実施形態においては、エンコーダ構造100は、いくつかの回折光が相互作用して、検出器トラックDETTINCの面で自己像(例えばTalbot像又はFresnel像)を生成するように、公知の方法に従って構成される。自己像の構成において、光源130はLEDであることができる。前記光源格子150は、光源の寸法が十分に小さい幾つかの実施例においては、省略したり任意とすることができる。しかしながら、大きな光源を用いるときには、最も望ましい自己像を与えるため、光源格子150が必要とされる。そのような場合、代表光路134Aの周りの光は、光源格子150の格子構造を通過し、トラックパターンTINCのピッチ又は波長とほぼ適合するようなピッチで配列された格子開口で、部分的にコヒーレントな照明光源のアレイを与え、公知の自己像照明原理に従ってスケールトラックパターンTINCを照明する。図1は、代表光路134B及び134Cが光源格子150の透明基板を通過し、検出器トラックDETTABS1及びDETTABS2からの信号の質に寄与する、それらの強度

及び平行度が、光源格子 150 の格子構造によって妨げられないようにした光源格子 150 の実施形態を示す。他の実施形態において、代表光路 134B 及び 134C は、光源格子 150 の格子構造を通過することができるが、これは最適な構造ではない。

【0027】

様々な適用分野において、検出器エレクトロニクス 120 及び照明システム 160 は、例えば読取ヘッド又はゲージハウジング（図示せず）中で互いに固定的な関係で取り付けられ、公知の技術（例えばベアリングシステム）に従って、スケール要素 110 から一般的に安定な距離を隔てて位置決め又はガイドされる。様々な適用分野において、スケールは、移動ステージ又はゲージスピンドル等に取り付けられる。図 1 に示される構成は透過型の構成である。アブソリュートスケールパターン 115 は、透過により空間的に変調された光パターンを検出器トラックに出力するための（例えば透明基板上に公知の薄膜パターン技術等を用いて製造された）光遮蔽部と光透過部を備える。公知の技術に従って、同様な部品が、照明システム 160 及び検出器エレクトロニクス 120 がスケール要素 110 の同じ側に配置され、必要であれば角度をつけて照明及び反射されるよう位置された反射型の実施形態に配置され得る。光学エンコーダ構造 100 は、813 特許中に開示された同様の実施例を参照することによって、更に理解される。

【0028】

図 1 中の Y 軸方向に沿う一連のスケールトラックの開示の目的は、例示に過ぎず、本発明を限定するものではないことを理解されたい。例えば、他の実施形態において、アブソリュートトラックパターン T A B S 1 及び T A B S 2 は、検出器トラック（及び含まれる場合には光源格子 150）が上記で説明した技術に従って適切な対応する光路に沿って配置されていれば、微細トラックパターン T I N C の片側に互いに近接して配置することができる（例えば図 6 は、そのような実施例で使用できる配置を示している）。

【0029】

図 2 は、図 1 のアブソリュート光学エンコーダ構造 100 で使用可能な検出器及びアブソリュートスケールパターン構造の幾つかの実施形態で有利な様々な幾何学的関係、及び S C W A M 技術と共に、及び、以下で詳細に説明する D M S T パターンと共に使用される 2 つの中間波長スケールトラックパターン T A B S 1 及び T A B S 2 の例を示す図 200 である。図 2 に示されるように、アブソリュートスケールパターン 115 の代表セグメントは、微細トラックパターン T I N C、空間波長 L 1 の第 1 の中間波長アブソリュートスケールトラックパターン T A B S 1、及び、空間波長 L 2 の第 2 の中間波長アブソリュートスケールトラックパターン T A B S 2 を含む。要するに、中間トラックパターン T A B S 1 及び T A B S 2 は、それらの幾何学的配列にほぼ対応するパターンで空間的に強度変調された光パターンを透過（又は反射）する信号変化部分 S P（パターン要素 S P とも称する）を含む。図 2 に示す実施形態において、各信号変化部分 S P は、図 3、4 及び 5 を参照して以下でより詳細に説明するように、「x」の正弦波関数として、即ち、X 方向及び / 又はスケールパターン 115 の測定軸 M A に沿う位置の関数として変化する、Y 方向「断面」寸法に基づいて形状化される。

【0030】

各トラックパターン T I N C、T A B S 1 及び T A B S 2 の空間的に変調された光パターンは、それぞれ対応する検出器トラック D E T I N C、D E T A B S 1 及び D E T A B S 2 上に（例えば図 1 を参照して説明したように全エンコーダ構造に基づいて）中心となるように、名目上アラインされている。本発明の一つの好適な形態によれば、アブソリュート検出器トラック D E T A B S 1 及び D E T A B S 2 の検出器は、対応する Y 方向スケールトラックパターン寸法 Y T A B S 1 及び Y T A B S 2 よりも小さい各 Y 方向検出器エッジ間寸法 Y D E T A B S 1 及び Y D E T A B S 2 のそれぞれの上で空間的に変調された光を検知するように構成されている。これは、図 3 を参照して以下で詳細に説明するように、中心又は名目上のアライメント中心サブトラックの各側上の測定軸 M A に沿って延びるミスアライメント許容ゾーン又はサブトラック T O L を許容する。参考及び説明のため、図 2 は、それぞれ、中間波長アブソリュートスケールトラックパターン T A B S 1 及び

10

20

30

40

50

T A B S 2 の中心サブトラックとアラインされて示される、代表的な検出器窓領域 D W A B S 1 及び D W A B S 2 を模式的に示す。検出器窓領域 D W A B S 1 及び D W A B S 2 は、それぞれ検出器トラック D E T A B S 1 及び D E T A B S 2 の個別検出器要素の検出領域に対応し、名目上の動作アライメントに対応する位置で示されている。

【 0 0 3 1 】

図 2 の実施形態において、検出器トラック D E T I N C 、 D E T A B S 1 及び D E T A B S 2 のそれぞれは、公知の直角位相型検出器レイアウトで配置され接続された個別検出器要素のアレイを備えている。要するに、各アレイにおいて、4 つの近接する検出器要素が、それらが受光する空間変調光パターンの 4 つの空間位相（即ち 0° 、 90° 、 180° 、 270° ）を検出する空間フィルターを与えるよう均等に間隔が空けられている。4 つのそのような近接検出器要素の複数のグループが与えられ、図 2 に示されるように、そのような信号の寄与を合計するように同じ空間位相を検出する検出器を接続しても良い。和信号の寄与は、記号 A 又は B、又は、A 又は B となる信号（例えば、記号はそれぞれ空間位相関係 0° 、 90° 、 180° 及び 270° に対応）でなる信号として示されている。詳細には、インクリメンタル検出器トラック D E T I N C に対応する 4 つの直角位相信号が信号 A i n c 、 B i n c 、 A i n c 、 B i n c である。同様に、検出器トラック D E T A B S 1 のための直角位相信号の和信号の寄与は、信号 A a b s 1 、 B a b s 1 、 A a b s 1 及び B a b s 1 であり、検出器トラック D E T A B S 2 のための直角位相信号の寄与は、信号 B a b s 2 、 A a b s 2 、 B a b s 2 及び A a b s 2 である。従って、各空間的に変調された光パターンがその対応する検出器トラック上を移動するので、この正弦波直角位相信号は、位置の関数として与えられ、検出器エレメントが上記で概説したように空間変調光パターンを空間的にフィルタリングする。前記直角位相信号は、公知技術に従って、対応するスケールトラックの現在の局所的な波長内の各トラックの空間位相位置を決定するように処理される。特に、中間波長アブソリュートスケールトラックパターン T A B S 1 及び / 又は T A B S 2 の一つ又はそれぞれが、ここに開示された（例えば、図 3 - 5 を参照して以下に説明された）原理に従って第 1 の周期的な強度変調成分を持つ空間的に変調された光パターンを与える特徴を含む D M S T パターンであるとき、検出器トラック D E T A B S 1 及び D E T A B S 2 の対応する一つ又はそれぞれによって与えられる空間的なフィルタリングが、第 1 の周期的な強度変調成分の 4 つの空間的な位相（即ち、 0° 、 90° 、 180° 及び 270° ）に対応する信号を与える。これらの決定された空間位相位置（特に中間波長アブソリュートスケールトラックパターン T A B S 1 及び T A B S 2 内の空間位相位置）が、

合成波長 $S W$ （ここで $S W = L 1 \times L 2 / | L 1 - L 2 |$ 、 $L 1 = S W 1$ 、 $L 2 = S W 2$ ）

内の絶対位置を決定するために、先に概説した S C W A M 技術に従って処理される。更に、中間波長アブソリュートスケールトラックパターン T A B S 1 及び T A B S 2 の少なくとも一方が、ここで開示した原理（即ち図 3 - 5 を参照して以下で説明）に従う第 2 の強度変調成分を与える特徴を含むとき、直角位相信号は第 2 の強度変調成分に依存し、合成波長 $S W$ よりも長い測定範囲にわたる絶対位置を示す組合せ信号を与えるように処理される（例えば図 6 - 9 を参照して以下で説明）。

【 0 0 3 2 】

いくつかの実施形態において、スケールパターン 1 1 5 の全幅は、約 3.0 mm 以下であり、寸法 Y T I C 、 Y T A B S 1 及び Y T A B S 2 は、それぞれ約 1.0 mm 以下であり、寸法 Y D E T I N C 、 Y D E T A B S 1 及び Y D E T A B S 2 は、それぞれ、対応する寸法 Y T I N C 、 Y T A B S 1 及び Y T A B S 2 よりも小さくすることができる。1 つのある実施形態において、寸法 Y T I N C 、 Y T A B S 1 及び Y T A B S 2 は、それぞれ 0.8 mm 、寸法 Y D E T I N C 、 Y D E T A B S 1 及び Y D E T A B S 2 は、 0.508 mm であり、様々なサブトラック T O L は、ミスアライメントを許容すると共に、ボケた空間変調光が近接トラックの検出器上に漏れるのを防止するため、寸法 Y D E T I N

C、Y D E T A B S 1 及び Y D E T A B S 2 を越えて Y 方向に約 0 . 1 4 6 m m だけ延びることができる。このような小型の寸法は、多くの適用分野（例えばリニアゲージ等）において、サイズ及びコストの両方に関して、特に有益である。図 2 に示される特定の形態及び寸法に関する様々な他の設計上の配慮が、8 1 3 特許の同様な形態及び寸法の記載に基づいて理解される。

【 0 0 3 3 】

D M S T パターン T A B S 2 の波長 $L 2$ は、 $L 2 = 7 2 0 \mu m$ 、D M S T パターン T A B S 1 の波長 $L 1$ は、 $L 1 = 7 0 0 \mu m$ とすることができる。微細トラックパターン T I N C の波長は $2 0 \mu m$ とすることができる。S C W A M 技術を用いると、これは約 2 5 . 2 m m の合成波長を与え、アブソリュートエンコーダにおいて使用される合理的な内挿比及び波長関係比を許容する。図 6 を参照して以下で詳細に説明するように、ある特定の実施形態において、少なくとも 7 0 m m 以上の絶対測定範囲が経済的に与えられるように、（例えば、様々な実施例において、中間波長アブソリュートスケールトラックパターン T A B S 1 及び T A B S 2 として与えられるように）D M S T パターンの第 2 の強度変調成分と関連する広範囲信号と関連して、合成波長 2 5 . 2 m m が使用される。

【 0 0 3 4 】

勿論、上記の例で述べた構成及び寸法は、例示であり、本発明を限定するものではない。例えば、より大きな信号、及び/又は、より広い許容寸法のサブトラック、及び/又は、1 つのトラックから他に漏れるボケ光を防止するための追加のスペースを与えるために、様々な Y 方向寸法を大きくしたり、あるいは、（例えばより長い波長及び/又は D M S T パターンを持つ追加のアブソリュートトラックで S C W A M 技術を用いることにより）絶対測定範囲を増やすために追加のアブソリュートトラックを与えることができる。

【 0 0 3 5 】

図 3 は、ここに開示された原理に従う D M S T パターン T A B S の第 1 例の 2 つの部分 3 0 0 及び 3 5 0 を示す図である。D M S T パターン T A B S は、ここで開示された様々な D M S T トラックパターンの代わりに使用することができる。図 3 に示すように、部分 3 0 0 は、D M S T パターン T A B S の第 1 の端部の近く（例えばエンコーダの絶対測定範囲の第 1 の端部の近く）に与えられる代表セグメント（長さで一波長 L_{track} ）と見なされ、部分 3 5 0 は、D M S T パターン T A B S の 2 番目の端部の近く（即ちエンコーダの絶対測定範囲の 2 番目の端部の近く）に与えられた代表セグメント（長さで一波長 L_{track} ）とみなされる。図 3 の実施形態において、部分 3 0 0 と 3 5 0 の間の一番の相違は、寸法 Y S P C E N T (x) 中の長いレンジの変化を決定する寸法 Y M I N C E N T (x) の長いレンジの変化に反映される。寸法 Y S P C E N T (x) 中の変化は、以下で詳細に説明するように、D M S T パターン T A B S によって与えられる空間変調光パターン中の第 1 の周期的な強度変調成分及び第 2 の長いレンジの強度変調成分を共に与えるように構成される。

【 0 0 3 6 】

前記 D M S T パターン T A B S は、Y 方向寸法 Y C E N T を有する中央サブトラック D M S T - C E N T と、各 Y 方向寸法 Y - T O L 1、Y - T O L 2、Y - T O L 1 及び Y - T O L 2 を有するミスアライメント許容サブトラック S T R - T O L 1、S T R - T O L 2、S T R - T O L 1 及び S T R - T O L 2 とを含む。それと共に、サブトラック S T R - T O L 1 及び S T R - T O L 2 は、全許容サブトラック S T R - T O L を補い、サブトラック S T R - T O L 1 及び S T R - T O L 2 は、全許容サブトラック S T R - T O L を補う。各サブトラックは、測定軸 M A の方向に沿って続くことを理解されたい。

【 0 0 3 7 】

説明のため、図 3 は更にトラックパターン T A B S によって与えられた空間変調光を検知する空間フィルタとして使われる個別検出器要素の検出領域に対応する名目上アラインされた代表検出器窓領域 D W A B S も示す。エンコーダの適用分野において、Y T O L 2 は、検出器窓領域 D W A B S（及び/又は対応する検出器トラック）及び D M S T パター

10

20

30

40

50

ン T A B S 間の第 1 の Y 方向に沿って許容されるミスアライメント許容量であり、 Y T O L 1 は、反対側の Y 方向に沿って許容されるミスアライメント許容量である。例え検出器窓領域 D W A B S が、許容サブトラック S T R - T O R 2 又は S T R - T O L 1 を制限するようにミスアラインされても、パターン部分 S P - C E N T からのほぼ全ての光が、常に検出器窓領域 D W A B S に落ちるように、中央サブトラック D M S T - C E N T は各 Y 方向寸法 Y C E N T を持つ寸法とされる。従って、 S P - C E N T からの結果として生じる信号の寄与は、ミスアライメントに拘わらず、良好な信頼性を備えた、第 1 の周期的な強度変調成分と、第 2 の長いレンジの強度変調成分の両方に対応する情報を持つ。

【 0 0 3 8 】

許容サブトラック S T R - T O L と S T R - T O L 及びそれらに含まれるパターン部分についての様々な設計上の配慮は、 8 1 3 特許の同様な形態及び寸法についての記載に基づいて理解できるため、ここでは詳細な説明を省略する。簡単に言うと、信号変化パターン部分 S P - T O L 2 及び S P - T O L 1 の形状をそれぞれ規定する寸法変数 Y S P T O L 2 (x) 及び Y S P T O L 1 (x) は、次のように規定される。

【 0 0 3 9 】

【 数 1 】

$$Y S P T O L 2 (x) = Y M I N 2 + \left[(A 2 - Y M I N 2) * \sin \left(\frac{2 \pi}{L t r a c k} (x - x r e f) \right) \right] \quad \dots (1)$$

$$Y S P T O L 1 (x) = Y M I N 1 + \left[(A 1 - Y M I N 1) * \sin \left(\frac{2 \pi}{L t r a c k} (x - x r e f) \right) \right] \quad \dots (2)$$

【 0 0 4 0 】

図 3 で示されるように、検出器窓領域 D W A B S が、 Y 方向に沿ってミスアラインされると、サブトラック S T R - T O L 中の検出器窓領域 D W A B S から「失われた」光が、サブトラック S T R - T O L 中の検出器窓領域 D W A B S で「得られた」光によって常に補償され、又、その逆の場合もそうなるように、 D M S T パターン T A B S は構成されている。従って、結果として生じるサブトラック S T R - T O L 及び S T R - T O L からの組み合わせ信号の寄与は、ミスアラインメントにかかわらず、それらのパターン部分 S P - T O L の正弦波形状に、正弦波の信頼性を持って対応する。これは、 8 1 3 特許中で詳細に教えたように、許容サブトラック S T R - T O L 及び S T R - T O L が幾何学的に合同で、一つが Y 方向に距離 Y D E T A B S だけ移動して一致するとき達成される。

【 0 0 4 1 】

既に概説したように、寸法 Y M I N C E N T (x) の長いレンジの変化が、寸法 Y S P C E N T (x) の長いレンジの変化を決定する。寸法 Y S P C E N T (x) の変化は、 D M S T パターン T A B S によって与えられる空間変調光パターン中で第 1 の周期的な強度変調成分と、第 2 の長いレンジの強度変調成分を共に与えるように構成される。特に、図 3 に示される特定の実施例において、信号変化パターン部分 S P - C E N T は、最大 Y 方向寸法又は振幅 A C E N T を持つ正弦波変化領域部分と、寸法変数 Y M I N C E N T (x) によって特徴付けられる長いレンジの変化領域部分とを有するように Y 方向寸法変化 Y S P C E N T (x) に従って形作られる。 L t r a c k は、 D M S T パターン T A B S の公称波長（即ち中間波長）であり、更に、第 1 の周期的な強度変調成分の波長でもある。信号変化パターン部分 S P - C E N T の形状を規定する寸法変数 Y S P C E N T (x) は、次のように規定することができる。

【 0 0 4 2 】

【数 2】

$$YSPCENT(x) = YMINCENT + \left[(ACENT - YMINCENT) \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{Ltrack}(x - xref)\right) \right] \quad \dots (3)$$

ここで、

$$YMINCENT(x) = YMINCENT(xref) \cdot \left[1 - k \frac{x}{RANGE} \right] \quad \dots (4)$$

【0043】

10

一般的に、 $YMINCENT(xref)$ は、第1及び第2の強度変調成分間の信号強度の望ましい配分を与えるために、 $ACENT$ に関して選ばれ、 k は、第2の強度変調成分によって与えられる広範囲絶対測定信号の測定範囲にわたる望ましい変化量を与えるよう $0 < k < 1$ の範囲で選ばれる因子である。

【0044】

$YMINCENT(x)$ の項によって支配されるパターン面積変化は、 $DMST$ パターン $TABS$ によって与えられる空間変調光パターン中の第2の長いレンジの強度変調成分を与え、式(3)中の残る正弦波の項によって支配されるパターン面積変化は、第1の周期的な強度変調成分を与える。 $YMINCENT(x)$ の項によって支配される変化の速度又はパターン面積変化は、図示のため、図3中では非常に強調されている。實際上、寸法 $RANGE$ は、波長 $Ltrack$ の数倍(例えば、いくつかの実施例においては $Ltrack$ の 20 - 25 倍、他の実施例においては $Ltrack$ の 100 - 300 倍)である。第1及び第2の強度変調成分にそれぞれ関連する2つの信号に由来する信号処理は、図6を参照して後で詳細に説明する。

20

【0045】

図4は、ここに開示された原理に従う $DMST$ パターン $TABS$ の第2例の2つの部分 400 と 450 を示す図である。 $DMST$ パターン $TABS$ は、ここに開示された様々な $DMST$ トラックパターンの代わりに用いることができる。図4の部分 400 及び 450 は、図3の対応する部分 300 及び 350 と、特定の形態及び寸法を共有する。従って、図3の構成と比べて重要な違いのみが以下に強調される。図3及び4において、類似の設計上の配慮及び/又は類似の機能を持つ特徴部分は、同様にラベル又は符号が付され(例えば、同じ参照ラベル又は数字、又は1以上のプライム記号が付加され)、同様に理解される。

30

【0046】

図4に示されるように、部分 400 は、エンコーダの絶対測定範囲の第1の端部に近い $DMST$ パターン $TABS$ 中に与えられた代表セグメントとみなされ、部分 450 は、エンコーダの絶対測定範囲の第2の端部の近くの $DMST$ パターン $TABS$ 中に与えられた代表セグメントと見なされる。図4に示される実施形態において、部分 400 と 450 間の一番の違いは、ブロック要素 $BLOCK$ の形によって影響され、寸法 $YSPCENT(x)$ 中の長いレンジの変化を決定する寸法 $YMINCENT(x)$ の長いレンジの変化に反映される。寸法 $YSPCENT(x)$ の変化は、以下で詳細に説明するように、 $DMST$ パターン $TABS$ によって与えられる空間変調光パターン中の第1の周期的な強度変調成分及び第2の長いレンジの強度変調成分を共に与えるように構成される。

40

【0047】

特に、図4に示される特定の実施形態において、信号変化パターン部分 $SPCENT$ は、最大 Y 方向寸法又は振幅 $ACENT$ を持つ正弦波状変化領域部分と、寸法変数 $YMINCENT(x)$ によって特徴付けられる長いレンジの変化領域部分とを有するように変化する Y 方向寸法 $YSPCENT(x)$ に従って形作られる。 $Ltrack$ は、 $DMST$ パターン $TABS$ の公称波長(即ち中間波長)であり、且つ、第1の周期的な強度変調成分の波長でもある。ブロック要素 $BLOCK$ を加え、図4に示される寸法定義(ブロック要素

50

BLOCKにより、図3に示されるものと比べて、少し修正されている)を追加することにより、信号変化パターン部分SP-CENTの形を規定する寸法変数YSPCENT(x)は、再び、式(3)及び(4)、及び図3を参照して上記に提示した関連する記載に基づいて、特徴付けられ、理解される。

【0048】

図5は、ここに開示された原理に従うDMSTパターンDMST-TABSの第3例の2つの部分500及び550を示す図である。前記DMSTパターンDMST-TABSは、ここで開示した様々なDMSTトラックパターンの代わりに用いられるよう適応される。図5の部分500と550は、図4の対応する部分400及び450、及び、図3の対応する部分300及び350の特定の形態及び寸法を共有する。従って、図3及び図4の構造に比べて重要な相違のみが以下で強調される。図3、4、5において、類似の設計配慮及び/又は類似の作用を有する特徴部分は同様にラベル又は数字が付され(例えば同じ参照ラベル又は数字、又は1以上のプライム記号を追加)、同様に理解される。図5に示されるように、部分500は、エンコーダの絶対測定範囲の第1の端部に近いDMSTパターンDMST-TABS中に与えられる代表セグメントとみなされ、部分550は、エンコーダの絶対測定範囲の第2の端部に近いDMSTパターンDMST-TABS中に与えられる代表セグメントと見なされる。図5の実施形態において、部分500と550間の一番の相違は、ブロック要素BLOCKの形状に影響され、寸法YSPUNIV(x)の長いレンジの変化を決定する寸法YMIN(x)の長いレンジの変化に反映される。寸法YSPUNIV(x)の変化は、以下で詳細に説明するように、DMSTパターンDMST-TABSによって与えられる空間変調光パターン中の第1の周期的な強度変調成分及び第2の長いレンジの強度変調成分を共に与えるように構成される。

【0049】

図2に示されるトラックパターンと同様に、図3及び4に示されるトラックパターンとは異なり、トラックパターンDMST-TABSは、二つの方向に繰り返される基本パターン化信号変化部分SP-UNIV(信号変化要素とも称する)の単一の形又は形状を含む。基本パターン化信号変化要素SP-UNIVは、中央サブトラックSTR-CENTを通して、及び、全許容サブトラックSTR-TOL及びSTR-TOL(前述したものと類似)を通して、Y方向に沿う各繰り返しで同じ公称寸法を持ってY方向に繰り返される。それは、以下に詳細に説明するように、長いレンジの強度変調成分を与えるため、基本パターン化信号変化要素SP-UNIVを測定軸方向に沿う位置xの関数として、X方向、又は詳細にはX方向に対するパターン角に沿って細かく調整しつつ繰り返される。

【0050】

許容サブトラックSTR-TOL及びSTR-TOL及び基本パターン化信号変化要素SP-UNIVに関する様々な設計上の配慮は、813特許の同様な形態及び寸法についての記載に基づいて理解できるため、ここでは詳細な説明を省略する。簡単に言うと、検出器窓領域DWABSの寸法YDETABSと、基本パターン化信号変化部分SP-UNIVのY方向繰り返し寸法は、寸法YDETABSが基本パターン化信号変化要素SP-UNIVの整数倍(例えば図5では3要素)にわたり、813特許に詳細に教えられたように、許容サブトラックSTR-TOL及びSTR-TOLが幾何学的に合同で、一つがY方向に距離YDETABSだけ移動すると一致するように選ばれる。従って、図5に示されるように、検出器窓領域DWABSがY方向にミスアラインされると、サブトラックSTR-TOL中の検出器窓領域DWABSから「失われた」光が、サブトラックSTR-TOL中の検出器窓領域DWABSで「得られる」光によって常に補償され、その逆の場合もそうなるように、DMSTパターンDMST-TABSは構成されている。従って、検出器窓領域DWABSによって検出される全ての基本パターン化信号変化部分SP-UNIVを合成した信号は、ミスアラインに関わらず良好な信頼性で、xの関数としてそれらの形状に対応する。

【0051】

10

20

30

40

50

先に概説したように、寸法 $YMIN(x)$ の長いレンジの変化が、寸法 $YSPUNIV(x)$ の長いレンジの変化を決定する。寸法 $YSPUNIV(x)$ の変化は、 $DMST$ パターン $DMST-TABS$ によって与えられる空間変調光パターン中の第1の周期的強度変調成分と第2の長いレンジの強度変調成分を共に与えるように構成されている。特に、図5に示される特定の実施形態においては、前記基本パターン化信号変化部分 $SP-UNIV$ は、最大 Y 方向寸法又は振幅 A を有する正弦波状変化領域部分と、寸法変数 $YMIN(x)$ によって特徴付けられる長いレンジの変化領域部分とを有するように変化する Y 方向寸法 $YSPUNIV(x)$ に従って形作られる。 $Ltrack$ は、 $DMST$ パターン $DMST-TABS$ の公称波長（例えば、中間波長）であり、第1の周期的な強度変調成分の波長でもある。ブロック要素 $BLOCK$ は、 x の関数として変化する Y 方向寸法 $YBLOCK(x)$ を持ち、次式で与えられる。

【0052】

【数3】

$$YBLOCK(x) = YMIN(xref) * k \frac{x}{RANGE} \quad \dots (5)$$

【0053】

前記寸法変数 $YSPUNIV(x)$ は、式(3)及び(4)に関して先に説明した寸法変数 $YSPCENT(x)$ と類似している。基本パターン化信号変化部分 $SP-UNIV$ の形状を規定する寸法変数 $YSPUNIV(x)$ は、次のように定義される。

【0054】

【数4】

$$YSPUNIV(x) = YMIN(x) + \left[(A) * \sin\left(\frac{2\pi}{Ltrack}(x - xref)\right) \right] \quad \dots (6)$$

ここで、

【数5】

$$YMIN(x) = YMIN(xref) - YBLOCK(x) = YMIN(xref) * \left[1 - k \frac{x}{RANGE} \right] \quad \dots (7)$$

【0055】

一般的に、 $YMIN(xref)$ は、第1及び第2の強度変調成分間の信号強度の望ましい配分を与えるために、 A に関連して選ばれ、 k は第2の強度変調成分によって与えられる広範囲絶対測定信号の測定範囲にわたる変化の望ましい量を与えるように範囲 $0 < k < 1$ の中で選ばれる因子である。

【0056】

$YMIN(x)$ の項によって支配されるパターン面積変化は、 $DMST$ パターン $DMST-TABS$ によって与えられる空間変調光パターン中の第2の長いレンジの強度変調成分を与え、式(6)中の残る正弦波の項によって支配されるパターン面積変化は、前記第1の周期的な強度変調成分を与える。 $YMIN(x)$ の項によって支配されるパターン面積変化の変化割合は、図示のため、図5中で非常に強調されている。実際上、寸法 $RANGE$ は、波長 $Ltrack$ の数倍（例えば $Ltrack$ の20 - 25倍以上）であることができる。第1及び第2の強度変調成分にそれぞれ関連する2つの異なる信号に由来する信号処理は、図6を参照して以下に詳細に説明する。

【0057】

これまでの実施形態は、様々な $DMST$ パターンがアブソリュートトラックパターンを与えるのに用いられることを示している。例えば、831特許は、これまでの実施形態に関連して説明された連続的な正弦波関数というよりもむしろ、信号変化パターン部分 $SP-grid(x)$ において、「離散的な」正弦波状面積変化に基づくアブソリュートトラックパターンを開示している。813特許の離散的な実施形態は、上記で概説した寸法 Y

10

20

30

40

50

MIN(x)と類似するパラメータAminを含む。パラメータAminがxの関数として(例えば、上記で概説したように、Amin(x)が寸法YMIN(x)と同様な方法で)変化するようにされると、第2の長いレンジの強度変調成分は、813特許中に開示された離散的な正弦波状アブソリュートトラックパターンと同様に、離散的な正弦波状DMSTパターンによって与えられる。従って、ここで開示されたDMSTパターン及びアブソリュートトラック形状は、例示に過ぎず、限定されるものではないことを理解されたい。

【0058】

図6は、SCWAM技術と共に用いられ、測定範囲にわたって線形に変化する広範囲絶対測定信号を与えるように形成された2つの中間波長DMSTパターンTABS1X及びTABS2Xを有するスケルトントラック及び検出器配置600の一つの実施形態を示す図である。以下で詳細に説明するように、アブソリュートスケルトントラックパターンTABS1X及びTABS2Xは、図2-5を参照して上記で説明した設計原理に従って形成される。中間波長DMSTパターンTABS1X及びTABS2Xの特定の例において、図5と同様のパターン要素が利用される。前述したように、そのようなスケルトンパターンにおいて、中間波長信号及び広範囲信号は、共に、中間波長DMSTパターンTABS1X及びTABS2Xによって与えられる空間変調光パターン内に第1の周期的な強度変調成分(即ち、中間波長強度変調成分)及び第2の長いレンジの強度変調成分を共に与えるように透明な基板上に形成された不透明な「棒」又はパターン要素(例えばガラススケルトン上のクロム)の幅を変えることによって達成される。

【0059】

図6に示される実施形態において、中間波長DMSTパターンTABS1XとTABS2Xは、更に、図2を参照して既に概説した中間波長DMSTパターンと同様に、少し異なる波長L1及びL2を持つ。前述し、以下に詳細に説明するように、少し異なる波長を持つ中間波長DMSTパターンから信号が組み合わされると、この少し異なる波長は、相対的に粗い分解能の合成波長位置が決定され得る、より長い合成波長(例えば、中間波長間のうなり周波数)を与えることができる。図6に示されるパターン要素及び寸法の一つの特定の実施形態において、合成波長は、ほぼ25.2mmであり、エンコーダの絶対測定範囲は、DMSTパターンによって与えられる空間変調された光パターン中の第2の長いレンジの強度変調成分によって、約70mm以上に延長される。好ましくは、第2の長いレンジの強度変調成分によって与えられる信号の精度と分解能は、合成波長の約半分よりも小さいレベルまで正確なことが必要なだけであり、これはロバストな設計マージン及び動作を許容する。

【0060】

既に概観したように、図6に示される中間波長DMSTパターンTABS1X及びTABS2Xの特定の例において、図5と同様のパターン要素が利用されている。特に、中間波長DMSTパターンTABS1XとTABS2Xは、それぞれ、式(6)及び(7)を参照して既に説明したように形成されることができる。広範囲信号をコード化するためのパターン要素寸法成分YMIN(x)のそのような変化は、中間波長DMSTパターンTABS1X及び/又はTABS2Xの特定の中間波長の中で所望の精度と分解能を備えた位置情報を与える第1の強度変調成分と関連する測定精度に大きく影響することなく、特定の実施形態に適用される。

【0061】

図6に示されるように、前記アブソリュートスケルトンパターン615は、下位中間波長DMSTパターンTABS1X及び上位中間波長DMSTパターンTABS2Xを含む。図示及び説明の目的で、図6には、アブソリュートスケルトンパターン615の様々な部分、すなわち左スケルトンパターンセグメント615A、中央スケルトンパターンセグメント615B及び右スケルトンパターンセグメント615Cの拡大図も示されている。

【0062】

前記スケルトンパターン部分615A、615B及び615Cは、それぞれ、対応する下位トラックパターン部分TABS1XA、TABS1XB及びTABS1XC、及び、上

10

20

30

40

50

位トラックパターン部分 $TABS2XA$ 、 $TABS2XB$ 及び $TABS2XC$ をそれぞれ含む。前記アブソリュートスケールパターン 615 は、中央をゼロ位置として、ほぼ 70 mm の範囲に延びるように示されている。従って、中央スケールパターンセグメント 615B は $-1\text{ mm} \sim +1\text{ mm}$ の測定範囲を含み、左スケールパターンセグメント 615A は $-26\text{ mm} \sim -24\text{ mm}$ の測定範囲を含み、右スケールパターンセグメント 615C は $+24\text{ mm} \sim +26\text{ mm}$ の測定範囲を含むように示されている。

【0063】

図 6 に示されるように、最小クロム線幅及びノ又は透明部の最小幅（例えば、図 5 の寸法 $YMIN(x)$ ）に対応するパターン要素のサイズを、スケールの長手方向に沿う x の関数として（例えば式（7）で表される関数 $YMIN(x)$ に従って）連続的に変更する技術は、中間波長 $DMST$ パターン $TABS2X$ 中の右から左へ、また、 $DMST$ パターン中の左から右への全「影」量の連続的な増加を生じる。詳細には、中間波長 $DMST$ パターン $TABS1X$ にとっては、寸法 $YMIN(x)$ が図 5 及び式（7）に対応する変化のパターンに従うので、中間波長 $DMST$ パターン $TABS1X$ は左から右へ連続的に暗くなるように現れる。逆に、中間波長 $DMST$ パターン $TABS2X$ にとっては、寸法 $YMIN(x)$ が図 5 及び式（7）に比べて測定軸方向に沿って反対である変化のパターンに従う。即ち、 $TABS2X$ の $DMST$ パターンにとっては、図 5 及び式（5）を参照して上記で説明したと同様に、ブロック要素を次のように記述することができる。

【0064】

【数 6】

$$YBLOCK(x) = YMIN(xref) * k \frac{RANGE - x}{RANGE} \quad \dots (5')$$

【0065】

従って、パターン要素は式（6）によって規定され、ここでは寸法 $YMIN(x)$ の式が式（5）によって修正されている。即ち、 $TABS2X$ の $DMST$ パターンに対して、式（6）中で $YMIN(x)$ は、次のように表される。

【0066】

【数 7】

$$YMIN(x) = YMIN(xref) - YBLOCK(x) = YMIN(xref) * \left[1 - k \frac{RANGE - x}{RANGE} \right] \quad \dots (7')$$

【0067】

説明の目的で、図 6 は、中間波長 $DMST$ パターン $TABS1X$ 及び $TABS2X$ とそれぞれアラインされた検出器トラック $DETAB1X$ 及び $DETAB2X$ のセットを示している。一つの実施形態において、検出器トラック $DETAB1X$ 及び $DETAB2X$ は、図 2 に示される同様の検出器トラック $DETAB1$ 及び $DETAB2$ と同様に類推することができ、信号 ($Aabs1$, $Babs1$, $Aabs1$ 及び $Babs1$) のセット、及び ($Babs2$, $Aabs2$, $Babs2$ 及び $Aabs2$) のセットも同様に類推することができる。

【0068】

前記信号セットに関連する信号及び信号処理について以下に説明する。信号のセット ($Aabs1$, $Babs1$, $Aabs1$ 及び $Babs1$)、及び ($Babs2$, $Aabs2$, $Babs2$ 及び $Aabs2$) は、中間波長 $DMST$ パターン $TABS1X$ 及び $TABS2X$ それぞれの異なる中間波長 $L1$ 及び $L2$ の検出により、検出器トラック $DETAB1X$ と検出器トラック $DETAB2X$ からの信号間で、全空間位相差を除き、多くの点で実質的に同様である。以下の検討では、信号のセット [$A(x)$, $B(x)$, $A(x)$ 及び $B(x)$] がどちらの検出器トラックからの信号のセットにも対応することができる、即ち、信号のセット [$Aabs1$, $Babs1$, $Aabs1$ 及び $Babs1$] 又は信号のセット [$Aabs2$, $Babs2$, $Aabs2$ 及び $Babs2$] のいずれかに対応することができると約束する。以下で詳細に説明するように、様々な実

10

20

30

40

50

施形態において、信号のセット [A (x) , B (x) , A (x) 及び B (x)] の和は信号オフセットの全体レベルを示し、これは第 2 の強度変調成分の効果を含み、全測定範囲にわたる広範囲絶対測定信号の決定に利用することができる。

【 0 0 6 9 】

図 6 に関連して上記で説明した式及び設計原理に基づいて、中間波長 D M S T パターン T A B S 1 X 及び T A B S 2 X のいずれか一方から生じる 4 つの位相信号の式は、次のように表される。

【 0 0 7 0 】

【 数 8 】

$$A(x) = N * \int_x^{x+w} \left[YMIN(x) + \left((A) * \sin \left(\frac{2\pi}{Ltrack} (x - xref) \right) \right) \right] dx \quad \dots (8) \quad 10$$

$$B(x) = N * \int_{x+Ltrack/4}^{x+Ltrack/4+w} \left[YMIN(x) + \left((A) * \sin \left(\frac{2\pi}{Ltrack} (x - xref) \right) \right) \right] dx \quad \dots (9)$$

$$A'(x) = N * \int_{x+Ltrack/2}^{x+Ltrack/2+w} \left[YMIN(x) + \left((A) * \sin \left(\frac{2\pi}{Ltrack} (x - xref) \right) \right) \right] dx \quad \dots (10)$$

$$B'(x) = N * \int_{x+3Ltrack/4}^{x+3Ltrack/4+w} \left[YMIN(x) + \left((A) * \sin \left(\frac{2\pi}{Ltrack} (x - xref) \right) \right) \right] dx \quad \dots (11) \quad 20$$

ここで、N は、Y 軸方向に沿う検出器要素が広がるパターン要素の整数（例えば図 2 の実施形態では N = 3 ）、w は検出器要素の幅、Y M I N (X) は、中間波長 D M S T パターン T A B S 2 X に関連する信号に対しては式 (7) によって与えられ、中間波長 D M S T パターン T A B S 1 X に関連する信号に対しては式 (7) によって与えられる。ある特定の実施形態において、次のより微細な波長（例えば合成波長）の、全測定範囲にわたる広範囲の絶対位置を示す広範囲信号 L R S (x) は、これらの信号の和（即ち、正味信号オフセット）によって決定される。

【 0 0 7 1 】

【 数 9 】

$$LRS(x) = A(x) + B(x) + A'(x) + B'(x) \quad \dots (12) \quad 30$$

【 0 0 7 2 】

式 (5) - (7) 、 (5) 及び (7) に関して上記で説明した特定の実施形態において、信号 L R S (x) は次式

【 数 1 0 】

$$F(x) = \int_x^{x+w} YMIN(x) dx + \int_{x+Ltrack/4}^{x+Ltrack/4+w} YMIN(x) dx + \int_{x+Ltrack/2}^{x+Ltrack/2+w} YMIN(x) dx + \int_{x+3Ltrack/4}^{x+3Ltrack/4+w} YMIN(x) dx \quad \dots (13) \quad 40$$

が線形であり、A (x) の正弦波状部分が A (x) の正弦波状部分をキャンセルし、B (x) の正弦波状部分が B (x) の正弦波状部分を相殺するので線形である。

【 0 0 7 3 】

【数 1 1】

$$\int_x^{x+w} A^* \sin\left(\frac{2\pi}{L_{track}}(x-x_{ref})\right) dx + \int_{L_{track}/2}^{L_{track}/2+w} A^* \sin\left(\frac{2\pi}{L_{track}}(x-x_{ref})\right) dx = 0 \quad \dots (14)$$

$$\int_{L_{track}/4}^{L_{track}/4+w} A^* \sin\left(\frac{2\pi}{L_{track}}(x-x_{ref})\right) dx + \int_{3L_{track}/4}^{3L_{track}/4+w} A^* \sin\left(\frac{2\pi}{L_{track}}(x-x_{ref})\right) dx = 0 \quad \dots (15)$$

10

【0074】

多くの具体例において、YMIN(x) 中の変化の割合による信号振幅の変化の割合は、正弦波状信号成分による変化の割合（例えば波長当たり4%のオーダーの変化）に比べて小さく選ぶことができる。そのような場合、式(13) - (15)中で用いた近似が、受け入れ可能な実際的な結果を与える。しかしながら、信号振幅中の変化の割合が、これらの仮定を破るような具体例においては、この開示の利益を受ける当業者によって認識され、訂正されるように、第1及び第2の強度変調成分の検出間で生じる、小さな追加の信号外乱やクロストークを補償するように、追加の計算又は技術が実行される。

【0075】

20

上記の式に従って、2つの広範囲信号LRSが図6中に示されたような構造から与えられ、第1の広範囲信号LRS₁は上位スケールトラックパターンTABS1Xから与えられ、第2の広範囲信号LRS₂は下位スケールトラックパターンTABS2Xから与えられる。式(12)に従って2つの広範囲信号LRSが与えられた図6と同様の実施形態において、これらの2つの信号は、位置ゼロから最大絶対測定範囲に対応する位置「R」へと変化するxに応じて、同じ傾きで反対向きに変化する（例えば、式(5)、(5)、(7)及び(7)に示されるように、RはほぼRangeに等しい）。

【0076】

【数 1 2】

$$LRS_1(x) = f_0 + mx \quad \dots (16a)$$

$$LRS_2(x) = f_0 + m(R-x) \quad \dots (16b)$$

30

ここでf₀は、スケールの一方の端部における信号オフセット又はバイアス、mはオフセットの傾き、Rはエンコーダの測定範囲である。広範囲信号LRS₁とLRS₂の実際の測定例が、図6中のグラフ650として示されている。グラフ650に示されるように、信号LRS₁は、ほぼ70mmの測定範囲にわたり、ほぼ値4.2からほぼ値3.3まで線形に減少し、信号LRS₂は、ほぼ70mmの測定範囲にわたり、ほぼ値3.3からほぼ値4.2まで増加している。

【0077】

広範囲信号LRS₁とLRS₂から広範囲位置信号P_{LR}が計算される。いくつかの実施形態において、広範囲位置信号P_{LR}が位置xとともに線形に変化し、理想的にはf₀に殆ど又は全く依存しないことが有利である。そのような計算の一例は、次のとおりである。

40

【0078】

【数 1 3】

$$P_{LR}(x) = LRS_1(x) - LRS_2(x) = 2mx - mR \quad \dots (17)$$

ここで、m及びRの値は、設計、校正又は実験により知られる。広範囲位置信号P_{LR}の他の計算として（例えば、使用された光源又はスケールパターン製造の不完全さにより、第1及び第2のトラックがそれぞれのf₀に対して異なる値に繋がった場合）、次のような式を利用できる。ここで、量2f₀が、各スケールトラックパターンに関連する各f₀

50

の、より一般的な和を表す。

【 0 0 7 9 】

【 数 1 4 】

$$p_{LR}(x) = \frac{LRS_1(x) - LRS_2(x)}{LRS_1(x) + LRS_2(x)} = \frac{2mx - mR}{2f_0 + mR} \quad \dots (18)$$

【 0 0 8 0 】

これらの式によって示されるように、一般的に、広範囲信号 LRS_1 と LRS_2 は共に x について線形であり、 x と共にほぼ線形に変化する広範囲位置信号 P_{LR} を発生するために、共に様々な方法で使用される。様々な具体例において、ゼロ基準点を設定する技術、又は、様々な補償手段を実行するための技術が、当業者に知られているように用いられる。広範囲位置信号 P_{LR} の一例が、以下で詳細に説明するチェーン・ダウン処理の中で利用される合成波長空間位相位置信号 P_S の例とともに、図 6 中にグラフ 670 で示されている。これまでの実施形態においては、反対の極性の 2 つの DMST パターンを使用することが有利であり、単一の DMST パターンからの単一の信号を用いるよりもロバストである。しかしながら、他の実施形態においては、1 つの DMST パターンからの 1 つの信号（例えば 650 中に示される信号 LRS_1 又は LRS_2 の一つ）を用いることができる。セット $[A(x), B(x), \overline{A}(x)]$ 及び $\overline{B}(x)$ からの複数の信号の和によって表される正味オフセット信号変化上の広範囲信号に基づく代わりに、いくつかの実施形態においては、広範囲信号は、差 $[A_1(x) - \overline{A}_1(x)]$ 及び $[B_1(x) - \overline{B}_1(x)]$ に基づいて決定される、変化する正味振幅信号（例えば、それらの平方の和の平方根）であることができる。そのようないくつかの実施形態において、広範囲信号の中で意味のある信号振幅変化を与えるために、図 3 - 5 を参照して用いられた用語を用いて、寸法 A は、DMST パターンに沿う寸法 $YMIN$ の変化に加えて、又はその代わりに、 x の関数として変化することができる（例えば、 $A(x) = A(x_{ref}) - YBLOCK(x)$ ）。いずれの場合も、広範囲位置信号 $P_{LR}(x)$ が一度決定されると、次のステップは、特定の合成波長位置信号 $P_S(x)$ にチェーン・ダウンすることである。前記合成波長位置信号 $P_S(x)$ にチェーン・ダウンするために、第 1 及び第 2 のスケールトラックパターン（例えば、 $TABS1X$ と $TABS2X$ ）からの、それぞれ M_1 及び M_2 トラックと称する位相）を知る必要があり、対応する式は次のように表される。

【 0 0 8 1 】

【 数 1 5 】

$$\varphi_{M1}(x) = \arctan \left(\frac{A_1(x) - \overline{A}_1(x)}{B_1(x) - \overline{B}_1(x)} \right) \quad \dots (19a)$$

$$\varphi_{M2}(x) = \arctan \left(\frac{A_2(x) - \overline{A}_2(x)}{B_2(x) - \overline{B}_2(x)} \right) \quad \dots (19b)$$

ここで、上記下付き符号は、信号がどのトラックパターンから来たかを示し、例えば、 M_1 は波長 $Ltrack_1$ を有する上記で説明した中間波長アブソリュートスケールトラックパターン $TABS1X$ であり、 M_2 は波長 $Ltrack_2$ を有する上記で説明した中間波長アブソリュートスケールトラックパターン $TABS2X$ である。符号付けを便利にするため、ここで $M_1 = Ltrack_1$ 、 $M_2 = Ltrack_2$ と規定する。すると合成波長位置信号 $P_S(x)$ は、次式で表される。

【 0 0 8 2 】

10

20

30

40

【数 1 6】

$$P_S(x) = \frac{\lambda_S}{2\pi} (\phi_{M1}(x) - \phi_{M2}(x)) \quad \dots (20 a)$$

$$\lambda_S = \frac{\lambda_{M1}\lambda_{M2}}{\lambda_{M1} - \lambda_{M2}} \quad \dots (20 b)$$

ここで λ_S は合成波長である。

【0083】

グラフ 670 中に示されるように、前記合成波長位置信号 P_S が様々な波長中で同じ値を持つ位置は、様々な合成波長中で 2 つのトラック（例えば T A B S 1 X 及び T A B S 2 X）が同じ位相を持つ位置を示すことが理解される。図 6 は、信号値が x 軸を横切る位置の例として、そのような位置を強調している。これらの位置は、図 6 の上の部分中のセグメント 615 A、615 B 及び 615 C にも見られる。言い換えると、D M S T パターン T A B S 1 X のパターン要素が Y 軸方向に沿って D M S T パターン T A B S 2 X のパターン要素と正確に整列すると、これは 2 つのパターンが同じ空間位相を持つ領域を示している。これらの「位相一致」位置は、ほぼ - 25、0 及び + 25 位置に示され、（例えば式（19 a）及び（19 b）に従って）それらの対応する検出器トラックからの実質的に同じ位相信号で、それらの位置で（例えば式（20 a）に従って） $P_S(x) = 0$ の結果となる。

10

20

【0084】

グラフ 670 から、同じ信号値 $P_S(x)$ の 2 つ又は 3 つの特定の波長の例（即ち、合成波長内の空間位相位置）が、信号 $P_{LR}(x)$ の対応する唯一の値によって互いに容易に区別されることが明らかである。従って、一番粗い分解能の広範囲位置信号 $P_{LR}(x)$ が確立されると、特定の波長内の合成波長位置信号 $P_S(x)$ が、広範囲位置信号 $P_{LR}(x)$ によって示される特定の合成波長に対応する知られた波長「基準」位置に加えられ、合成波長に関連する、より良い分解能を持つ絶対位置測定を与える。同様に、下位の、式（21 a）及び（21 b）によって示される同一の信号値 $P_{M1}(x)$ 又は $P_{M2}(x)$ の特定の波長の例（即ち、中間絶対波長内の空間位相位置）は、合成波長位置信号 $P_S(x)$ の対応する唯一の値によって互いに容易に区別される。従って、合成波長位置信号 $P_S(x)$ が一度確立されると、特定の中間波長内の中間絶対波長信号 $P_{M1}(x)$ 又は $P_{M2}(x)$ が合成波長位置信号 $P_S(x)$ によって示される特定の中間波長に対応する知られた波長「基準」位置に加えられ、中間波長に関連する、より良い分解能を持つ絶対位置測定を与える。前記中間絶対波長信号 $P_{M1}(x)$ 又は $P_{M2}(x)$ は、次のように示される。

30

【0085】

【数 1 7】

$$P_{M1}(x) = \frac{\lambda_{M1}}{2\pi} \phi_{M1}(x) \quad \dots (21 a)$$

$$P_{M2}(x) = \frac{\lambda_{M2}}{2\pi} \phi_{M2}(x) \quad \dots (21 b)$$

40

【0086】

このようにして、チェーン - ダウン 順番処理は、絶対位置を高い分解能で決定するように、長いレンジ、合成、中間及びインクリメンタル位相を互いに結びつけるのに使われる。第 1 のより短いレンジの強度変調成分上に第 2 の長いレンジの強度変調成分をコード化するが重ね合わせる 1 以上の 2 重変調スケールトラックパターンを与えることによって、ここに開示した D M S T パターン構造は、エンコーダの絶対測定範囲及び / 又は測定範囲対分解能比を、そのスケール又は検出器又は他のエンコーダ部品の幅を増やすことなく、高めることを許容する。従って、改良された測定範囲対分解能比を持つエンコーダシステ

50

ムが、様々な異なるスケールトラックパターン及び検出器配列と共に使用可能な、経済的で小型の方法で与えられる。

【 0 0 8 7 】

前記実施形態においては、前記第 2 の長いレンジの強度変調成分を、第 1 のより短いレンジの強度変調成分の上に、基本パターン要素の面積の変化（例えば $YMIN(x)$ ）によって与えられる変化）によってコード化又は重ね合わせられていたが、代わりに、密度可変フィルタ層などを、 $YMIN(x)$ パターン面積変化成分でなく、正弦波状に変化する成分のみを示すパターン要素の上に重ねることも可能である。言い換えると、様々な実施形態において、測定軸方向に沿う光の密度変化を与える重畳層が第 2 の強度変調成分を与えることができる。

10

【 0 0 8 8 】

特定の具体例において、チェーン - ダウン処理無しで所望の測定範囲及び設計マージンが達成されれば、合成波長位置信号 $P_S(x)$ のチェーン - ダウン処理は必要でない。そのような場合、広範囲位置信号 P_{LR} は、中間パターン波長の特定のものを正確に且つ信頼性をもって示す度合で内挿することができる（例えば、図 6 の特定の例において、これは線形信号が中間スケールトラックパターン $TABS1X$ 又は $TABS2X$ などから信号の一つに正確にチェーン - ダウンできる所望のレベルに正確に内挿されることを要求する）。

【 0 0 8 9 】

図 7 は、図 6 のスケールトラック及び検出器トラック $DE TABS2X$ によって作られた信号を示す図 700 である。前記のように、検出器トラック $DE TABS2X$ 及び各検出器要素 $A2$ 、 $B2$ 、 $A2$ 及び $B2$ が上位トラックパターン $TABS2X$ 上を動くにつれて、信号 $Aabs2$ 、 $Babs2$ 、 $Aabs2$ 及び $Babs2$ は、（それぞれ検出器要素 $A2$ 、 $B2$ 、 $A2$ 及び $B2$ の出力として）位置に従って振動する。検出器トラック $DE TABS2X$ が、ほぼ -10 mm から $+10\text{ mm}$ の範囲にわたって動くと、広範囲信号 $LR S_2$ （即ちオフセット）は、全体でほぼ 0.25 ボルト増加する（これは図 6 中に示された同様な測定範囲にわたる同じ増加量に対応する）。

20

【 0 0 9 0 】

図 6 及び 7 に関して上で説明したように、広範囲信号 $LR S_1$ 及び $LR S_2$ は、スケールトラックパターン $TABS1X$ 及び $TABS2X$ 内で連続的な長いレンジのパターン変化に従って線形に変化する。前記広範囲信号 $LR S_1$ 及び $LR S_2$ のこの線形の変化は、合成波長位置信号 P_S の適切な波長が決定されることを許容し、その結果、チェーン - ダウン処理はスケールの所望の長さに対して所望の精度レベルで達成される。図 8 及び 9 に関して以下に詳細に説明するように、他の実施形態においては、広範囲信号 $LR S_1$ 及び $LR S_2$ を線形に変化するよりもむしろ、長いレンジのパターン変化の異なるタイプが利用される。例えば、様々な実施形態において、広範囲信号（例えばオフセットレベル）は、（例えば図 8 に関連して以下に詳細に説明するように）ステップ関数、又は（例えば図 9 に関連して以下に詳細に説明するように）他の非線形関数に従って変化することができる。

30

【 0 0 9 1 】

図 8 は、アブソリュートスケールトラックパターンが本発明に従ってステップ関数の広範囲信号を発生する長いレンジの強度変調成分を与えるように構成されたスケールトラック及び検出器配列の例の出力信号を示す図 800 である。図 8 に示すように、グラフ 850 は、広範囲信号 $LR S_1$ 及び $LR S_2$ を示し、グラフ 870 は、合成波長位置信号 P_S 及び広範囲位置信号 P_{LR} を示す。グラフ 850 中に示されるように、広範囲信号 $LR S_1$ 及び $LR S_2$ は、スケールの長さにより 3 つの異なる信号レベルを持つステップ関数の一つのタイプに従っている。グラフ 870 に示されるように、合成波長位置信号 P_S は、限定された回数だけ（例えば図 8 の例では約 2.5 回）繰り返すので、適切な構成及び信号処理により、広範囲信号 $LR S_1$ 及び $LR S_2$ の 3 つの異なるレベルは、チェーン - ダウン処理が所望の精度レベルで実行される適切な合成波長を示すのに十分である。言い換えると、広範囲信号 $LR S_1$ 及び $LR S_2$ 中でステップの数（例えば 3）

40

50

が適切な合成波長を一義的に特定するのに使用できる限り、チェーン・ダウン処理の所望の絶対測定動作及び精度レベルが達成される。図8の例において、合成波長位置信号 P_S

は様々な位置においてほぼ同じであるが、広範囲位置信号 P_{LR} のステップが、それらの位置においてそれぞれ異なる信号値を持つので、それらは合成波長における曖昧さを十分に解決する。

【0092】

図8の実施例において、広範囲信号 $LR S_1$ 及び $LR S_2$ 、特に、対応する広範囲位置信号 P_{LR} (例えば $P_{LR} = LR S_1 - LR S_2$)中のステップの数は、様々な実施形態において、合成波長位置信号 P_S の長さ及びそれが何回繰り返すかによって変化することができる。一般的に、各合成波長位置信号 P_S のために用いられる波長の数と広範囲位置信号 P_{LR} の変化は、最も有利な測定範囲及びロバストな信号マージンを与えるよう、それぞれ内挿する能力に基づいて均衡が取られる。特定の具体例において、合成波長位置信号 P_S は、それ無しで所望の測定範囲が達成されれば、必要とされないかもしれない。そのような場合、広範囲位置信号は、中間パターン波長の一つを正確に示す度合まで示され及び/又は内挿される必要がある。図8の特定の例において、これは広範囲位置信号 P_{LR} の中のかなりの数のステップを必要とする可能性が高い。

【0093】

図8の出力信号を発生するためのエンコーダシステムの一つの特定の具体例において、広範囲信号 $LR S_1$ 及び $LR S_2$ を作り出すためのスケールトラックパターンは、スケールトラックパターンを適用する前に、3つの部分でスケールにほぼ透明なクロム層の異なる厚みを適用することによって形成される。他の区別可能な特性に従って、スケールトラックパターンに所望のステップ関数を与える他の方法も利用することができる。

【0094】

図8のエンコーダシステムの特定の具体例は、スケールの一つの区画から他の区画への急なシフトに適応する特定の処理技術を必要とするかも知れない。そのような急なシフトは正確な位置を決定するために正確に処理される出力信号を与えつつ、2つの異なる区間に跨る検出器にロバストなエンコーダを補償する技術を必要とする。さらに、検出器が2つの区画を跨るときに存在するオフセット及び振幅の変化は、システムに追加の短いレンジのエラーを生じるかも知れず、これに対して、当業者に知られているように、追加の補償を行うことが望ましいかも知れない。

【0095】

図9は、図9に示される信号が図8に示される信号に比べて、より高い割合のステップ変化を含む点を除き、図8に示されるものと同様なステップ関数の広範囲信号を発生する長いレンジの強度変調成分を与えるようにアブソリュートスケールトラックパターンが構成されたスケールトラック及び検出器配列の一つの実施形態の出力信号を示す図900である。図9に示されるように、グラフ950は、広範囲信号 $LR S_1$ と $LR S_2$ を示し、グラフ970は、合成波長位置信号 P_S と広範囲位置信号 P_{LR} を示す。グラフ950に示されるように、広範囲信号 $LR S_1$ 及び $LR S_2$ は、それぞれ、スケールの長手方向を横切る3つの異なる信号レベルを持つステップ関数の一つのタイプに従うが、図8に示される同様な信号と異なり、信号 $LR S_1$ 及び $LR S_2$ は、互いの単純な反転ではない。むしろ、それらのステップは測定軸方向に沿って互いにギザギザしており、より多数の離散的な信号レベルステップ(例えば図9に示される例では5つの信号レベルステップ)を与える。グラフ970に示されるように、合成波長位置信号 P_S は、限られた回数だけ繰り返すので(例えば図9の例ではほぼ2.5回)、広範囲信号 $LR S_1$ 及び $LR S_2$ で与えられた広範囲位置信号 P_{LR} (例えば $P_{LR} = LR S_1 - LR S_2$)の5つの異なる信号レベルは、適切な合成波長をロバストに示し、その結果、チェーン・ダウン処理のための所望の絶対測定動作及び精度のレベルが達成される。例えば、図9において、合成波長位置信号 P_S は、位置の数がほぼ同じであるが、 P_{LR} のステップは、それぞれ、それらの位置において異なる信号値を持ち、それらは合成波長中の曖昧さを十分に解決可能である。

10

20

30

40

50

【 0 0 9 6 】

図9に示される実施例は、広範囲信号 $LR S_1$ 及び $LR S_2$ 、特に、対応する広範囲位置信号 P_{LR} （例えば $P_{LR} = LR S_1 - LR S_2$ ）中のステップの数が、合成波長位置信号 P_S の長さ及びそれが何回繰り返すかによって更に変化しても良いことを示している。一般的に、各合成波長位置信号 P_S に用いられる波長の数及び広範囲位置信号 P_{LR} の中に与えられる変化のタイプは、最も有利な測定範囲及びロバストな信号マージンを与えるように、それぞれ内挿する能力に基づいて均衡される。より一般的には、この開示に基づいて理解されるように、広範囲信号 $LR S_1$ 及び $LR S_2$ など、及び、対応する広範囲位置信号 P_{LR} などは、任意の望ましいステップ数又は連続的な非線形信号変化（例えば正弦波状変化又はそのセグメント、又は他の任意の所望の非線形信号変化）を与えるように構成されることができる。

10

【 0 0 9 7 】

前記広範囲位置信号（ P_{LR} ）を与える信号処理は、任意の便利な形をとることができ、様々な実施形態において、単純な差動信号処理に限定されない。一例として、そのような信号処理は、照明強度に対する正規化などを含むことができる。他の例として、アブソリュートスケールトラックパターンは、広範囲信号（ $LR S_1$ 及び $LR S_2$ ）が直角位相信号（即ち測定レンジよりもいくらか長い波長の正弦波及び余弦波信号）を与えるように構成されることができ、これは広範囲位置信号（ P_{LR} ）を与えるように公知の方法に従って処理される。そのような実施例において、直角位相信号のオフセットをほぼ同じにするか、又は測定するか、及び/又は適切な信号処理を用いてオフセットを除去することが望ましく、その結果、広範囲位置信号（ P_{LR} ）の信号対雑音比が向上される。そのような実施例の一つにおいて、信号自体を用いる代わりに、直角位相信号の微分（即ち傾き）が処理によって決定されることができ、そのような正弦波状信号の微分は、それ自身正弦波状であるがオフセットを持たない。このような具体例において重要な配慮は、雑音のレベルであり、雑音が高くなりすぎると、それが優勢となり、微分信号を相対的に有用で無くすので、そのような場合は他の具体例が好ましい。

20

【 0 0 9 8 】

ある具体例において、合成波長位置信号 P_S は、それ無しに所望の測定範囲が達成されれば必要とされないかもしれない。そのような場合、広範囲位置信号は、中間パターン波長の一つを正確に指示できる程度まで示されるか、及び/又は内挿される必要がある。

30

【 0 0 9 9 】

図8の急なステップパターン技術に対して、図9の円滑なステップ遷移技術は、より滑らかな変化を与え、急なシフトは存在しない。ある具体例において、中間波長信号に大きなエラーを導入しないよう、十分に緩やかにシフトすることが望ましい。

【 0 1 0 0 】

図9の出力信号を発生するためのエンコーダシステムの一つの特定の実施例において、広範囲信号 $LR S_1$ 及び $LR S_2$ を作り出すためのスケールトラックパターンは、スケールトラックパターンを適用する前にほぼ透明なクロム層の異なる厚みをスケールに適用することによって形成される。他の区別可能な特性に従ってスケールトラックパターンに、所望のステップ関数を与える他の方法も利用することができる。

40

【 0 1 0 1 】

本発明の好適な実施形態が図示され説明されていたが、図示され説明された配置及び一連の動作の数多くの変形が、この開示に基づいて当業者に明らかである。従って、本発明の精神及び範囲を離れることなく様々な変化がなされることを理解されたい。

【 符号の説明 】

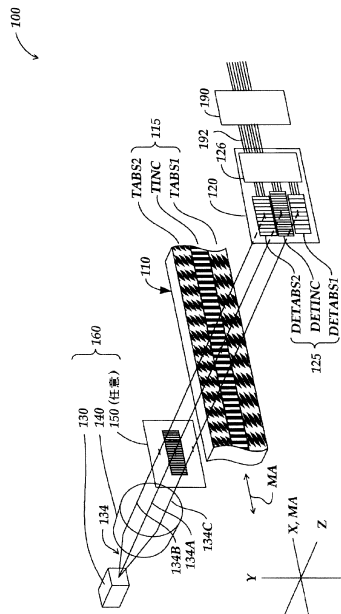
【 0 1 0 2 】

- 1 0 0 ... 光学エンコーダ構造
- 1 1 0 ... スケール要素
- 1 1 5 ... アブソリュートスケールパターン
- 1 2 0 ... 検出器エレクトロニクス

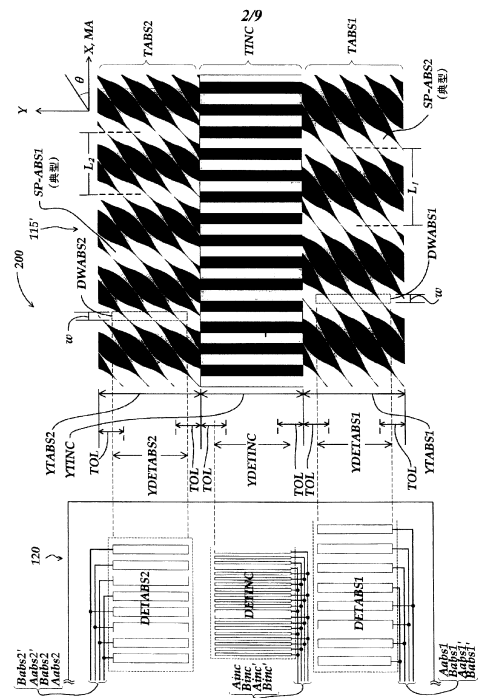
50

- 1 2 6 ... 信号処理回路
- 1 3 0 ... 光源
- 1 5 0 ... 光源格子
- 1 6 0 ... 照明システム
- 1 9 0 ... 信号発生及び処理回路
- T I N C ... インクリメンタルパターン
- T A B S 1、T A B S 2 ... 中間波長DMSTパターン
- D E T I N C、D E T A B S 1、D E T A B S 2 ... 光検出器トラック

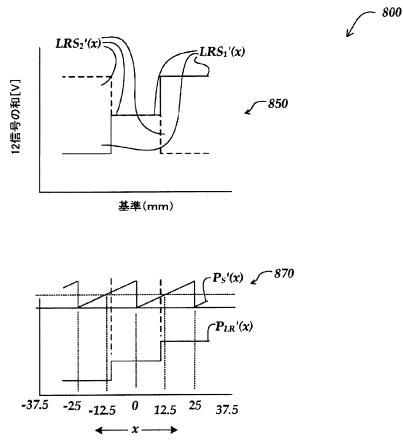
【 図 1 】



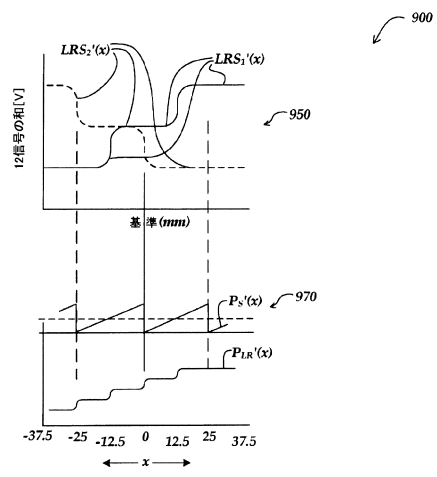
【 図 2 】



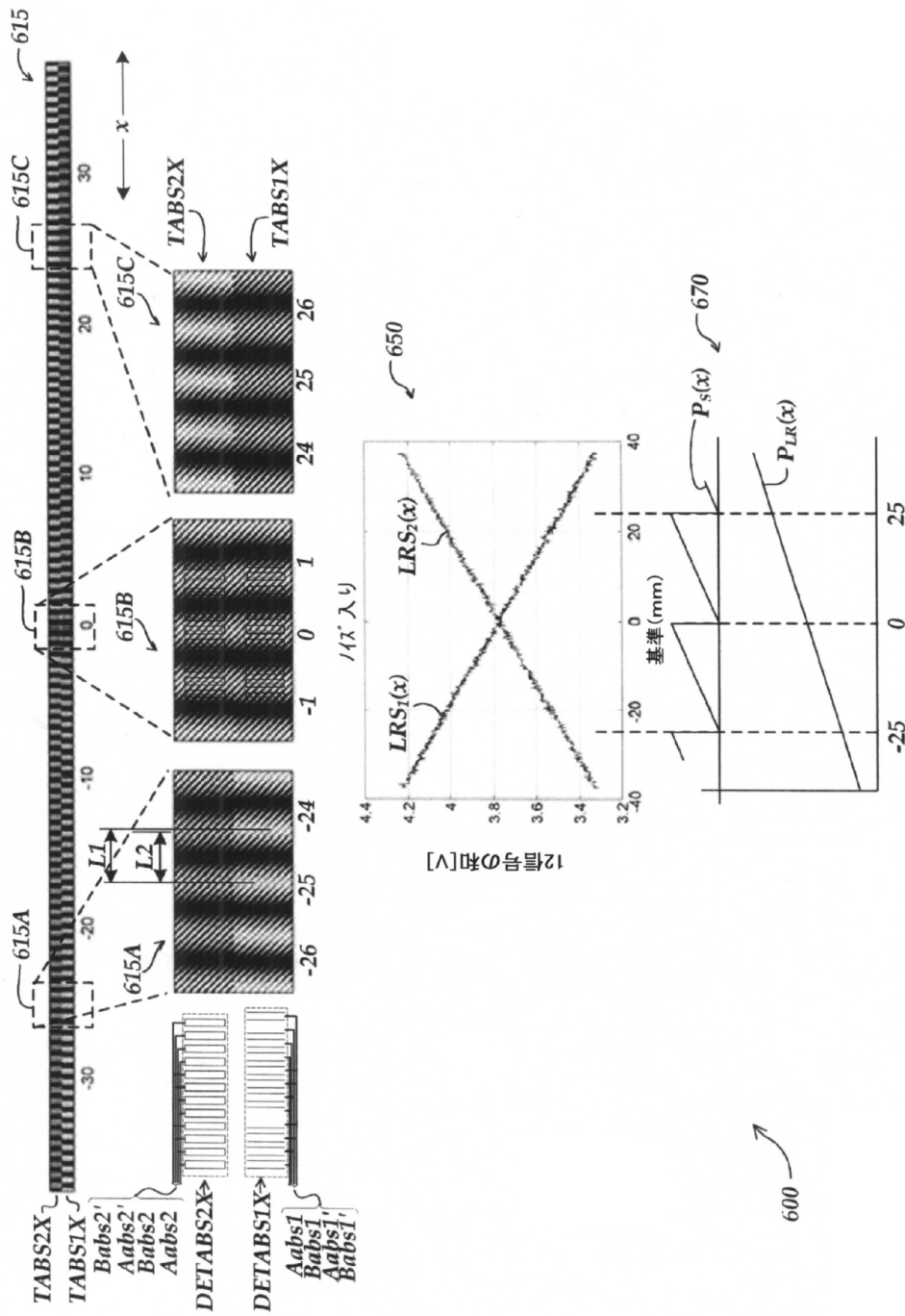
【図8】



【図9】



【 図 6 】



600

フロントページの続き

(72)発明者 ミシェル マリー ミルビッチ
アメリカ合衆国 ワシントン州 シアトル 429番 クレイストリート 81

審査官 井上 昌宏

(56)参考文献 特開2009-198318(JP,A)
特開2006-153753(JP,A)
特開2006-038839(JP,A)
実開昭58-148610(JP,U)
特開2010-122214(JP,A)
米国特許第05237391(US,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01D5/26~5/38
G01B11/00~11/30
H03M1/00~1/88