

(43) 国際公開日
2007 年 1 月 11 日 (11.01.2007)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2007/004367 A1

- (51) 国際特許分類:
G01D 5/347 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/310348
- (22) 国際出願日: 2006 年 5 月 24 日 (24.05.2006)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2005-192346 2005 年 6 月 30 日 (30.06.2005) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 岡 徹 (OKA, Toru) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 Tokyo (JP).

目 7 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 大村 陽一 (OHMURA, Yoichi) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 仲嶋 一 (NAKAJIMA, Hajime) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 岡室 貴士 (OKAMURO, Takashi) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 社本 庫宇祐 (SHAMOTO, Kosuke) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

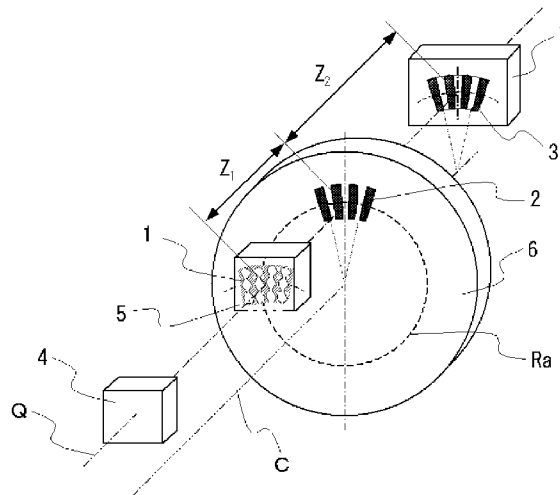
- (74) 代理人: 高橋 省吾, 外 (TAKAHASHI, Shogo et al.); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 3 号 三菱電機株式会社 知的財産センター内 Tokyo (JP).

- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,

[続葉有]

(54) Title: OPTICAL ENCODER

(54) 発明の名称: 光学式エンコーダ



(57) **Abstract:** An optical encoder which is very small in distortion of a signal output from a light reception element even when a non-uniform irradiation distribution is given by a light source. The optical encoder comprises a light source, a first lattice having openings and receiving light from the light source, a second lattice having openings arranged on the same circumference and receiving light having an intensity distribution formed by the first lattice, a third lattice having openings arranged on the same circumference and receiving light passed through the second lattice, and a light reception element receiving light from the third lattice, wherein the opening of the first lattice are such that the centers of the openings are arranged at the intersections between concentric circles and equiangular-pitch line segments passing the center of the concentric circles, and the shape of an opening changes in a sinusoidal form symmetrically in an outward direction and an inward direction with a concentric circle as a symmetric axis.

(57) 要約: 光源からの照射分布に不均一が生じた場合でも、受光素子からの信号出力の歪みが極めて小さい光学式エンコーダを得る。光源と、開口部を有し光源から光を受ける第 1 格子と、同一円周上に並んだ開口部を有し第 1 格子によって形成され

[続葉有]



WO 2007/004367 A1



BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,

CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

た強度分布をもつ光を受ける第2格子と、同一円周上に並んだ開口部を有し第2格子を透過した光を受ける第3格子と、第3格子から光を受ける受光素子とを備え、第1格子の開口部には、同心円と同心円の中心を通る等角度ピッチの線分との交点の位置に開口の中心が配置され、開口の形状は、同心円を対称軸として外側方向と内側方向とに対称に正弦波状に変化した形状とする。

明 細 書

光学式エンコーダ

技術分野

[0001] この発明は、格子間の相対移動量を光学的に検出できる光学式エンコーダに関する。

背景技術

[0002] 従来の光学式エンコーダでは、3枚の格子を用いた光学式エンコーダにおける三格子法(グレーティングイメージ)の理論が提案されている。この理論によると、空間的にインコヒーレントな光源を用い、光進行方向に沿って順に第1格子、第2格子、第3格子を並べて、特定の条件を整えれば、第1格子に含まれる所定の空間周波数成分を、所定のOTF(光学伝達関数:Optical Transfer Function)で第3格子上に結像することができる。特定の条件とは、第2格子の形状、第1格子から第2格子までの距離、第2格子から第3格子までの距離などのパラメータで決まるものである。これらのパラメータによって、第1格子に含まれる各々の空間周波数成分のうちの第3格子までのOTFが決定される。

[0003] 三格子法の理論における、それぞれ3つの格子の作用は、次のとおりである。1)第1格子:入射面での空間周波数分布を決定する。2)第2格子:第2格子の形状、第1格子から第2格子までの距離、第2格子から第3格子までの距離などから、第1格子から第3格子までの空間周波数毎のOTFを決定する。3)第3格子:結像された強度分布から、所望の成分のみを透過させる。いわゆるインデックススリットの役割を担う(例えば、非特許文献1参照)。

[0004] また、幾何学的な理論を応用した光学式エンコーダでは、正弦波を上下に折り返した形状を複数個配列することで、第1格子が構成されている(例えば、特許文献1参照)。

[0005] 特許文献1:特開平5-87592号公報(第6頁、第1図)

非特許文献1:K.Hane and C.P.Grover, "Imaging with rectangular transmission gratings," J.Opt.Soc.Am.A4, 706-711, 1987

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0006] 従来の光学式エンコーダでは、正弦波を上下に折り返した形状を複数個配列した一段分のスリットによって、第1格子が構成されているので、光源からの照射分布に不均一が存在した場合には、第1格子上の正弦波状の強度分布に歪みが発生し、受光素子アレイ上の強度分布にも歪みが生じる問題があった。
- [0007] この発明は、上述のような課題を解決するためになされたものであり、光源からの照射分布に不均一が生じた場合でも、受光素子からの信号出力の歪みが極めて小さい光学式エンコーダを得るものである。

課題を解決するための手段

- [0008] この発明に係る光学式エンコーダは、開口部を有し光源からの光を受ける第1格子と、同一円周上に並んだ開口部または反射部を有し第1格子によって形成された強度分布をもつ光を受ける第2格子と、同一円周上に並んだ開口部を有し第2格子からの光を受ける第3格子と、第3格子からの光を受ける受光素子とを備えた三格子法の光学式エンコーダであって、第1格子の開口部には、同心円と同心円の中心を通る等角度ピッチの線分との交点の位置に開口の中心が配置され、開口の形状は、同心円を対称軸として外側方向と内側方向とに対称に正弦波状に変化した形状であることを特徴とするものである。
- [0009] また、この発明に係る光学式エンコーダは、開口部を有し光源からの光を受ける第1格子と、開口部または反射部を有し第1格子によって形成された強度分布をもつ光を受ける第2格子と、開口部を有し第2格子からの光を受ける第3格子と、第3格子からの光を受ける受光素子とを備えた三格子法の光学式エンコーダであって、第1格子の開口部は、正弦波を上下に折り返した形状の開口が連続して配置されたスリット列を同位相に複数段設けたことを特徴とするものである。
- [0010] また、この発明に係る光学式エンコーダは、開口部を有し光源からの光を受ける第1格子と、同一円周上に並んだ開口部または反射部を有し第1格子によって形成された強度分布をもつ光を受ける第2格子と、同一円周上に並んだ開口部を有し第2格子からの光を受ける第3格子と、第3格子からの光を受ける受光素子とを備えた三

格子法の光学式エンコーダであって、第1格子の開口部は、透過部のデューティ比が正弦波状に変化する開口パターンを同一円周上に円の中心に対して放射状に連続して配置したことを特徴とするものである。

- [0011] また、この発明に係る光学式エンコーダは、開口部を有し光源からの光を受ける第1格子と、開口部または反射部を有し第1格子によって形成された強度分布をもつ光を受ける第2格子と、開口部を有し第2格子からの光を受ける第3格子と、第3格子からの光を受ける受光素子とを備えた三格子法の光学式エンコーダであって、第1格子の開口部は、透過部のデューティ比が正弦波状に変化する開口パターンをデューティ比が変化する方向に連続して配置したことを特徴とするものである。

発明の効果

- [0012] この発明に係る光学式エンコーダは、開口部を有し光源からの光を受ける第1格子と、同一円周上に並んだ開口部または反射部を有し第1格子によって形成された強度分布をもつ光を受ける第2格子と、同一円周上に並んだ開口部を有し第2格子からの光を受ける第3格子と、第3格子からの光を受ける受光素子とを備えた三格子法の光学式エンコーダであって、第1格子の開口部には、同心円と同心円の中心を通る等角度ピッチの線分との交点の位置に開口の中心が配置され、開口の形状は、同心円を対称軸として外側方向と内側方向とに対称に正弦波状に変化した形状であるので、光源からの照射分布に不均一が生じた場合でも、受光素子からの信号出力の歪みが極めて小さい光学式エンコーダを得ることができる。
- [0013] また、この発明に係る光学式エンコーダは、開口部を有し光源からの光を受ける第1格子と、開口部または反射部を有し第1格子によって形成された強度分布をもつ光を受ける第2格子と、開口部を有し第2格子からの光を受ける第3格子と、第3格子からの光を受ける受光素子とを備えた三格子法の光学式エンコーダであって、第1格子の開口部は、正弦波を上下に折り返した形状の開口が連続して配置されたスリット列を同位相に複数段設けたので、光源からの照射分布に不均一が生じた場合でも、受光素子からの信号出力の歪みが極めて小さい光学式エンコーダを得ることができる。
- [0014] また、この発明に係る光学式エンコーダは、開口部を有し光源からの光を受ける第1格子と、同一円周上に並んだ開口部または反射部を有し第1格子によって形成さ

れた強度分布をもつ光を受ける第2格子と、同一円周上に並んだ開口部を有し第2格子からの光を受ける第3格子と、第3格子からの光を受ける受光素子とを備えた三格子法の光学式エンコーダであって、第1格子の開口部は、透過部のデューティ比が正弦波状に変化する開口パターンを同一円周上に円の中心に対して放射状に連続して配置したので、光源からの照射分布に不均一が生じた場合でも、受光素子からの信号出力の歪みが極めて小さい光学式エンコーダを得ることができる。

- [0015] また、この発明に係る光学式エンコーダは、開口部を有し光源からの光を受ける第1格子と、開口部または反射部を有し第1格子によって形成された強度分布をもつ光を受ける第2格子と、開口部を有し第2格子からの光を受ける第3格子と、第3格子からの光を受ける受光素子とを備えた三格子法の光学式エンコーダであって、第1格子の開口部は、透過部のデューティ比が正弦波状に変化する開口パターンをデューティ比が変化する方向に連続して配置したので、光源からの照射分布に不均一が生じた場合でも、受光素子からの信号出力の歪みが極めて小さい光学式エンコーダを得ることができる。

図面の簡単な説明

- [0016] [図1]この発明の実施の形態1を示す光学式エンコーダの構成図である。
[図2]この発明の実施の形態1における第1格子の開口部の開口パターンである。
[図3]この発明の実施の形態1におけるOTFの計算結果の一例である。
[図4]この発明の実施の形態2を示す光学式エンコーダの構成図である。
[図5]この発明の実施の形態2における第1格子の開口部の開口パターンである。
[図6]この発明の実施の形態3を示す光学式エンコーダの構成図である。
[図7]この発明の実施の形態3における第1格子の開口部の開口パターンである。
[図8]この発明の実施の形態4を示す光学式エンコーダの構成図である。
[図9]この発明の実施の形態4における第1格子の開口部の開口パターンである。
[図10]この発明の実施の形態4におけるOTFの計算結果の一例である。
[図11]この発明の実施の形態5を示す光学式エンコーダの構成図である。
[図12]この発明の実施の形態5におけるOTFの計算結果の一例である。
[図13]この発明の実施の形態6を示す光学式エンコーダの構成図である。

[図14]この発明の実施の形態7を示す光学式エンコーダの構成図である。

[図15]この発明の実施の形態8を示す光学式エンコーダの構成図である。

[図16]この発明の実施の形態9を示す光学式エンコーダの構成図である。

符号の説明

[0017] 1, 11, 21, 31 第1格子、2, 12, 42, 52 第2格子、3, 13 第3格子、4 光源、5, 15, 25, 35 第1格子用基板、6, 16, 46, 56 第2格子用基板、7, 17 受光素子、8, 18, 28, 38 透過部、9, 19, 29, 39 非透過部、101a～101e 同一円、102a～102e 線分、111 ディヒューザ。

発明を実施するための最良の形態

[0018] 実施の形態1.

図1は、この発明を実施するための実施の形態1における光学式エンコーダの構成図を示すものである。本実施の形態における光学式エンコーダは、3つの格子からなる三格子法の光学式エンコーダであり、所定の角度ピッチを有する格子を放射状に配置したロータリーエンコーダへ適用したものである。図1において、光進行方向に沿って、光源4と、開口部を有し光源4からの光を受ける第1格子1と、同一円周上に並んだ開口部を有し第1格子1によって形成された強度分布をもつ光を受ける第2格子2と、同一円周上に並んだ開口部を有し第2格子2からの光を受ける第3格子3と、第3格子3からの光を受ける受光素子7とが設けられている。

[0019] 第2格子2は、第1格子1と第3格子3との間に配置されている。第2格子2は、第2格子用基板6の中心軸Cの周りに角変位可能なように支持されている。光源4は、LEDなどで構成され、中心波長 λ の空間的にインコヒーレントな光を放射する。光源4の光軸Qは、中心軸Cに平行で、中心軸Cから半径Raの位置に位置決めされている。

[0020] 第1格子1は、透明な第1格子用基板5上に金属薄膜などのパターンニングによって形成され、光軸Qが交差する位置において、格子ピッチ P_1 を有する振幅格子型のロータリースケールの開口部を構成して、光源4からの光を受けて正弦波状の強度分布を作製している。

[0021] 図2は実施の形態1における第1格子1の開口部の開口パターンを示すものである。開口パターンは光の透過部8と非透過部9とで構成される。第1格子1の開口部に

は、2以上の複数の同心円101a～101eと同心円の中心を通る等角度ピッチの線分102a～102eとの交点の位置に開口の中心が配置され、開口の形状は、同心円を対称軸として外側方向と内側方向とに對称に正弦波状に変化した形状である。このため、開口の形状は、同心円101a～101eの中心からの距離に比例して同心円101a～101eの円周方向に拡大縮小した形状になっている。開口は円周方向に同一位相になるように配置されている。なお、同心円とは、中心を共有する2つ以上の円のことである。同心円101a～101eの半径は等間隔であっても、不等間隔であってもよい。また、それぞれの開口は同心円の半径方向には接触してもよいし、接触しなくてもよい。格子ピッチ P_1 は、光軸Qに交差する位置近傍における配置される開口のピッチとして定義されている。

[0022] 第2格子2は、中心軸Cの周りに回転可能な円板状に形成された透明な第2格子用基板6の表面に金属薄膜などのパターンニングによって形成され、光軸Qが交差する半径 R_a の位置において、格子ピッチ P を有する振幅格子のロータリースケールを構成して、第1格子1から第1距離 Z_1 だけ離れた位置に配置されている。第2格子2は、第1格子1からの光を受けて第1格子1によって作製された強度分布を、第2格子2から第2距離 Z_2 だけ離れた位置に配置した第3格子3上に結像させている。ロータリースケールの形状は、光軸Qが交差する半径 R_a の位置において、格子ピッチ P の半分($=P/2$)ごとに透過部と非透過部とを交互に配置して、デューティー比50%の振幅格子を形成したほうがよい。

[0023] 第3格子3は、光軸Qが交差する位置において格子ピッチ P_2 を有する振幅格子型のロータリースケールを構成して、第2格子2から第2距離 Z_2 だけ離れた位置に配置されている。ロータリースケールの形状は、光軸Qが交差する位置において、格子ピッチ P_2 の半分($=P_2/2$)ごとに透過部と非透過部とを交互に配置して、デューティー比50%の振幅格子を形成したほうがよい。受光素子7は、フォトダイオード等で形成され、第3格子3を通過した光を電気信号に変換する。第3格子3は受光素子7の受光面に一体的に設けられている。なお、第3格子3と受光素子7とは別々に設けられてもよい。

[0024] 第1格子1および第3格子3はハウジングなどに固定されている。第2格子2は、光軸

Qに直交する円周方向に角変位可能なように支持される。第1格子1に含まれる空間周波数成分が第3格子3上に結像される条件を満たす場合には、回転によって第2格子2が角変位すると、第3格子3上の強度分布も同一の方向へ移動する。そこで、第3格子3からの透過光を受光素子7で光電変換し、その信号出力の変化から第2格子2の相対角変位量を検出することができる。

[0025] ここで、三格子法の理論に基づいた、第1格子1に含まれる空間周波数成分が第3格子3上に結像される条件の設計法について説明する。図1に示した光学式エンコーダの構成において、OTFを求めることによって、第3格子3上に結像される像の周波数特性およびそのコントラストが得られる。OTFは、光学系におけるインパルス応答の二乗のフーリエ変換で表現できる。

[0026] 図3に像倍率が拡大系でのOTFの計算結果の一例を示す。第2格子2の形状が、格子ピッチPの半分(=P/2)ごとに透過部と非透過部とを交互に配置したデューティ比50%の振幅格子である場合には、図3に示したOTFの計算結果が得られる。図3において、縦軸はDC成分で規格化後のOTFであり、横軸は第2距離 Z_2 を光源4の波長 λ と第2格子2の格子ピッチPとを用いて、 $T=P^2/\lambda$ で規格化したものである。第1距離 Z_1 は、一例として、1.5Tの位置で固定されている。図3において、Nは数1で定義される結像条件のパラメータNに対応している。

[0027] [数1]

$$N = \left(1 + \frac{Z_2}{Z_1} \right) \frac{P}{P_2} \quad \dots (1)$$

[0028] このNが整数になった場合のみ、第1格子1に含まれる空間周波数が、所定のOTFで第3格子3上に結像される。格子ピッチ P_1 は、数1と、第1距離 Z_1 、第2距離 Z_2 および第3格子3の格子ピッチ P_2 を用いた像倍率の関係式である数2とによって決定される。

[0029] [数2]

$$\frac{Z_1}{P_1} = \frac{Z_2}{P_2} \quad \dots (2)$$

[0030] ここで、Nの数値が各空間周波数成分の結像条件をあらわしている。例えばN=1を基本の空間周波数成分として設計した場合には、N=2、3・・・は高次の空間周波

数成分、すなわち高調波成分となり、第3格子3上における歪み成分の原因となる。本実施の形態では、第1格子1を正弦波状にしたので、第1格子1には基本の空間周波数以外の空間周波数成分は含まれない。このため、基本の空間周波数以外のOTFがいくら存在しても、光源4からの照射分布が一様で、第1格子1上の強度分布が理想的な正弦波状である場合には、第3格子3上には高調波成分は結像されないのので、原理上、第3格子3上の強度分布に歪みは発生しない。したがって、受光素子7から得られる信号出力にも、歪み成分は発生せず、極めて高精度の正弦波出力を得ることができる。

[0031] なお、設計時の P_1 、 P_2 、 Z_1 、 Z_2 および λ などの各パラメータは、数1のパラメータNに対応した結像条件、数2の像倍率および基本空間周波数成分のOTFに着目して設計をすればよいので、あらゆる組み合わせが可能となる。

[0032] 一例として、 $Ra=9.55\text{mm}$ の円周上に $30\mu\text{m}$ ピッチの格子を形成した場合(1回転あたりのスリット数は2000本)について説明する。光源4の波長 $\lambda=900\text{nm}$ および $Z_1=1.5T$ におけるOTFは、図3と同様の結果となる。したがって、 $Z_2=3T$ の位置にて、像倍率2倍でOTF絶対値0.637を得ることができる。OTF=0.637とは、振幅100の第1格子1の像が、振幅63.7で第3格子3上に結像されることを意味している。また、OTFの値が負の場合には、第1格子1の反転像が第3格子3上に結像される。第2格子用基板6である円板の回転に伴い、第2格子2が 360° の $1/2000$ だけ回転すると、第3格子3上に結像される像も1周期移動し、光電変換後の信号から円板の角変位量を検出できる。

[0033] また、第1格子1の開口部には、同一位相に複数の正弦波状の開口が配置されている。このため、汚れや放射分布のばらつきなどが原因で光源4からの照射分布に不均一が生じた場合でも、各開口の平均化効果によって第1格子1上のトータルの強度分布は正弦波状になるので、第3格子3を透過し、光電変換して得られる受光素子出力は、歪みが抑制された極めて高精度の正弦波出力となる。

[0034] 本実施の形態においては、像倍率が2倍の場合について述べたが、結像条件と像倍率の関係式とを満足する構成であれば像倍率はいくらでもよく、他の倍率の拡大系または縮小系でもよい。また、第1距離 Z_1 と第2距離 Z_2 とを等しくして像倍率を等倍

とする構成としてもよい。

[0035] また、本実施の形態においては、第1格子1と第3格子3とを第2格子2に対して移動させる構成としたが、各格子間の相対移動であればよいので、例えば、第1格子1を第2格子2と第3格子3とに対して移動させる構成としてもよい。第1格子1を移動させる場合には、第3格子3上に結像される像は、第1格子1の移動方向に対し逆方向となる。

[0036] また、本実施の形態においては、同心円を対称軸として外側方向と内側方向とに対称に正弦波状に変化した形状の開口の数が円周方向に5個ずつ、半径方向に5個ずつ配置した例を示した。開口の数は、照射領域や設計ピッチなどに応じて、増やしても減らしてもよい。

[0037] 以上のように、第1格子1の開口部には、同心円と同心円の中心を通る等角度ピッチの線分との交点の位置に開口の中心が配置され、開口の形状は同心円を対称軸として外側方向と内側方向とに対称に正弦波状に変化した形状であるので、光源4からの照射分布に不均一が生じた場合でも、受光素子7からの信号出力の歪みが極めて小さい光学式エンコーダを得ることができる。

[0038] 実施の形態2.

図4は、この発明を実施するための実施の形態2における光学式エンコーダの構成図を示すものである。本実施の形態における光学式エンコーダは、3つの格子からなる三格子法の光学式エンコーダである。図4において、光進行方向に沿って、光源4と、開口部を有し光源4からの光を受ける第1格子11と、開口部を有し第1格子11によって形成された強度分布をもつ光を受ける第2格子12と、開口部を有し第2格子12からの光を受ける第3格子13と、第3格子13からの光を受ける受光素子17とが設けられている。X1とX2とはXと同じ方向である。

[0039] 第2格子12は、第1格子11と第3格子13との間に配置されている。光源4は、LEDなど空間的にインコヒーレントな光源4で構成され、中心波長 λ の空間的にインコヒーレントな光を放射する。

[0040] 第1格子11は、透明な第1格子用基板15上に金属薄膜などのパターンニングによって形成され、格子ピッチ P_1 を有し、光源4からの光を受けて正弦波状の強度分布を作

製している。

- [0041] 図5は実施の形態2における第1格子11の開口部の開口パターンを示すものである。開口パターンは光の透過部18と非透過部19とで構成される。第1格子11の開口部は、正弦波を上下に折り返した形状の開口が連続して配置されたスリット列を同位相に複数段設けた構成である。スリット列は、正弦波を上下に折り返した形状の開口が格子ピッチ P_1 で連続して配置されて構成される。つまり、スリット列は、1周期 P_1 で変化する複数周期分の正弦波を上下に折り返すことにより構成される。図5において、X1の方向は、図4に示したX1の方向と同じであり、正弦波の進行方向がX1の方向となる。スリット列を構成する正弦波が同位相になるように、スリット列は正弦波の振幅方向に複数段設けられる。それぞれのスリット列に配置された正弦波の振幅方向の開口の大きさは、開口が同一位相になるように配置されれば、同じでもよいし、異なってもよい。また、それぞれの開口は接触してもよいし、接触しなくてもよい。
- [0042] 第2格子12は、透明な第2格子用基板16上に金属薄膜などのパターンニングによって形成され、格子ピッチ P を有する振幅格子を構成して、第1格子11から第1距離 Z_1 だけ離れた位置に配置し、第1格子11からの光を受けて第1格子11によって作製された強度分布を、第2格子12から第2距離 Z_2 だけ離れた位置に配置した第3格子13上に結像させている。格子形状は、格子ピッチ P の半分($=P/2$)ごとに透過部と非透過部とを交互に配置して、デューティー比50%の振幅格子を形成したほうがよい。
- [0043] 第3格子13は、格子ピッチ P_2 を有する振幅格子を構成し、第2格子12から第2距離 Z_2 だけ離れた位置に配置されている。格子形状は、格子ピッチ P_2 の半分($=P_2/2$)ごとに透過部と非透過部とを交互に配置して、デューティー比50%の振幅格子を形成したほうがよい。受光素子17は、フォトダイオード等で形成され、第3格子13を通過した光を電気信号に変換する。第3格子13が受光素子17の受光面に一体的に設けられている。なお、第3格子13と受光素子17とは別々に設けられてもよい。
- [0044] 第1格子11および第3格子13はハウジングなどに固定されている。一方、第2格子12は、光進行方向に交差するX方向に沿って、第1格子11および第3格子13に対し相対移動可能に支持されている。第1格子11に含まれる空間周波数成分が第3格子13上に結像される条件を満たす場合には、第2格子12がX軸上を移動すると、第

3格子13上の光強度分布も同一の方向へ移動する。そこで、第3格子13からの透過光を受光素子17で光電変換し、その信号出力の変化から第2格子12の相対移動量を検出することができる。

[0045] 第1格子11から第2格子12までの空気換算距離を Z_1 、第2格子12から第3格子13までの空気換算距離を Z_2 とし、格子ピッチ P_1 、 P_2 を使ってOTFを算出することができ、実施の形態1で示したような三格子法の理論を適用することができる。

[0046] 一例として、第1距離 $Z_1 = 1.5T$ で、 $N=1$ を基本の空間周波数として場合について、具体的に説明する。光源4の波長 $\lambda = 900\text{nm}$ 、第2格子12の格子ピッチ $P = 30\mu\text{m}$ とした場合には、 $T = 1\text{mm}$ となり、 $Z_1 = 1.5T (= 1.5\text{mm})$ では $Z_2 = 3T (= 3\text{mm})$ の位置にて $N=1$ のOTF絶対値が最大の0.637となる。第1距離 Z_1 と第2距離 Z_2 の比が2であることから、本実施の形態のような構成においては、第1格子11の2倍の反転像が、OTF0.637で第3格子13上に結像される。第3格子13の格子ピッチ P_2 は、 $N=1$ における結像条件式から $90\mu\text{m}$ となり、第1格子11の格子ピッチ P_1 は像倍率の関係式から $45\mu\text{m}$ となる。本構成にて、第2格子12がX軸方向に1周期移動すると、第3格子13上に結像される像も同じ方向に1周期移動し、光電変換後の信号から第2格子12の移動量を検出できる。

[0047] $Z_2 = 3T$ の位置において、 $N=1$ と同時に $N=2$ 以上の周波数成分に対してもOTFが存在している。ところが、第1格子11が正弦波状で基本の空間周波数成分のみであることから、第3格子13上には、 $N=2$ 以上の高次成分は現れない。したがって、光源4からの照射分布が一様で第1格子11上の強度分布が理想的な正弦波状である場合には、原理上、第3格子13上の強度分布に歪みが発生しないので、極めて高精度の正弦波出力を得ることができる。

[0048] さらに、第1格子11の開口部には、正弦波を上下に折り返した形状の開口が連続して配置されたスリット列を同位相に複数段配置されているため、汚れや放射分布のばらつきなどが原因で光源4からの照射分布に不均一が生じた場合でも、各開口の平均化効果によって第1格子11上のトータルの強度分布は正弦波状になるので、第3格子13を透過し、光電変換して得られる受光素子出力は、歪みが抑制された極めて高精度の正弦波出力となる。

- [0049] 本実施の形態においては、像倍率が2倍の場合について述べたが、結像条件と像倍率の関係式とを満足する構成であれば像倍率はいくらでもよく、他の倍率の拡大系または縮小系でもよい。また、第1距離 Z_1 と第2距離 Z_2 とを等しくして像倍率を等倍にする構成としてもよい。なお、結像条件と像倍率との関係は数1および数2を完全に満たさずとも、ほぼ満たせば上述と同様の動作が可能である。
- [0050] また、本実施の形態においては、第2格子12を第1格子11と第3格子13とに対して移動させる構成としたが、各格子間の相対移動であればよいので、第1格子11を第2格子12と第3格子13とに対して移動させる構成としてもよいし、第3格子13を第1格子11と第2格子12とに対して移動させる構成としてもよい。第1格子11を移動させる場合には、第3格子13上に結像される像は、第1格子11の移動方向に対し逆方向となる。
- [0051] また、本実施の形態においては、正弦波を上下に折り返した開口の数が4個ずつ配置されたスリット列を5段配置した例を示した。開口の数は、照射領域や設計ピッチなどに応じて、増やしても減らしてもよい。
- [0052] 以上のように、第1格子11の開口部は、正弦波を上下に折り返した形状の開口が連続して配置されたスリット列を同位相に複数段設けたので、光源4からの照射分布に不均一が生じた場合でも、受光素子17からの信号出力の歪みが極めて小さい光学式エンコーダを得ることができる。
- [0053] 実施の形態3.
- 図6は、この発明を実施するための実施の形態3における光学式エンコーダの構成図を示すものである。本実施の形態における光学式エンコーダは、3つの格子からなる三格子法の光学式エンコーダであり、第1格子として透過率が正弦波状に変化するデューティ変調パターンを使用した所定の角度ピッチを有する格子を放射状に配置したロータリーエンコーダへ適用したものである。図6において、第1格子21および第1格子用基板25以外の構成は実施の形態1と同じである。図6において、図1と同一の符号を付したものは、同一またはこれに相当するものであり、このことは明細書の全文において共通することである。また、明細書全文に表れている構成要素の形容は、あくまで例示であってこれらの記載に限定されるものではない。

- [0054] 第1格子21は、透明な第1格子用基板25上に金属薄膜などのパターニングによって形成され、光軸Qが交差する位置において、格子ピッチ P_1 を有する振幅格子型のロータリースケールの開口部を構成して、光源4からの光を受けて正弦波状の強度分布を作製している。
- [0055] 図7は実施の形態3における第1格子21の開口部の開口パターンを示すものである。開口パターンは光の透過部28と非透過部29とで構成される。第1格子21の開口部は、透過率が正弦波状に変化するデューティー変調パターン、つまり、透過部のデューティー比が正弦波状に変化する開口パターンを同一円周上に円の中心に対して放射状に連続して配置したものである。図7には、1周期分のデューティー変調パターンを示しており、第1格子21の開口部には、このパターンが同一円周上に連続して配置される。図7に示すように、光軸Qに交差する位置における格子ピッチ P_1 で、格子ピッチ P_1 を8分割した周期Sを1周期として、そのデューティー比が格子ピッチ P_1 で正弦波状に変化するデューティー変調パターンで構成されている。周期Sでデューティー比が正弦波状に変化するので、格子ピッチ P_1 毎に透過率が正弦波状に変化し、正弦波状の光の強度分布が作製される。
- [0056] 第1格子21から第2格子2までの空気換算距離を Z_1 、第2格子2から第3格子3までの空気換算距離を Z_2 とし、光軸Qに直交する位置での格子ピッチを使用することによって、ロータリーエンコーダにおけるOTFを算出することができ、三格子法の理論を適用することができる。
- [0057] 第1格子21を透過率が正弦波状に変化するデューティー変調パターンとしたので、第1格子21によって作製される強度分布は基本の空間周波数となる。光源4からの照射分布が一様で第1格子21上の強度分布が正弦波状である場合には、第3格子3上の強度分布も正弦波状となり、したがって受光素子7から得られる信号出力にも、歪み成分は発生しない。また、デューティー変調を構成する分割周期におけるOTFをゼロとすることによって、分割周期による高次成分の発生を抑制できる。さらに、第1格子21を透過率が正弦波状に変化するデューティー変調パターンとしたので、汚れや放射分布のばらつきなどが原因で光源4からの照射分布に不均一が生じた場合でも、第1格子21上の強度分布は正弦波状となるので、第3格子3を透過し光電

変換して得られる受光素子出力は、歪みが抑制された極めて高精度の正弦波出力となる。

- [0058] 設計時の P_1 、 P 、 P_2 、 Z_1 、 Z_2 および λ などの各パラメータは、数1のパラメータ N に対応した結像条件、数2の像倍率および基本空間周波数成分のOTFに着目して設計をすればよく、あらゆる組み合わせが可能となる。
- [0059] 一例として、 $Ra=9.55\text{mm}$ の円周上に $30\mu\text{m}$ ピッチの格子を形成した場合(1回転あたりのスリット数は2000本)について、具体的に説明する。光源4の波長 $\lambda=900\text{nm}$ 、 $Z_1=1.5T$ におけるOTFは、実施の形態1で示した図3と同様の結果となり、したがって、 $Z_2=3T$ の位置にて、像倍率2倍でOTF絶対値0.637を得ることができる。この場合には、第2格子用基板6である円板の回転に伴い、第2格子2が 360° の $1/2000$ だけ回転すると、第3格子3上に結像される像も1周期移動し、光電変換後の信号から円板の角変位量を検出できる。
- [0060] $Z_2=3T$ の位置にて、 $N=1$ と同時に高次の周波数成分に対してもOTFが存在する。第1格子21が正弦波状のデューティ変調パターンで基本の空間周波数成分であり、デューティ変調パターンの分割周期である $N=8$ については、OTFは0.01以下であることから、第3格子3上には高次成分は実質的に現れない。したがって、第3格子3上の強度分布も正弦波状になり、極めて高精度の正弦波出力を得ることができる。
- [0061] 本実施の形態においては、像倍率が2倍の場合について述べた。結像条件と像倍率の関係式とを満足する構成であれば像倍率はいくらでもよく、他の倍率の拡大系または縮小系でもよい。また、第1距離 Z_1 と第2距離 Z_2 とを等しくして像倍率を等倍とする構成としてもよい。
- [0062] また、本実施の形態においては、第2格子2を第1格子21と第3格子3とに対して移動させる構成とした。各格子間の相対移動であればよく、例えば第1格子21を第2格子2と第3格子3とに対して移動させる構成としてもよい。第1格子21を移動させる場合には、第3格子3上に結像される像は、第1格子21の移動方向に対し逆方向となる。
- [0063] また、本実施の形態においては、第1格子21の格子ピッチ P_1 を8分割してデューデ

ィー変調パターンを構成した。デューティー比が正弦波状に変化するパターンであれば何分割でもよく、例えば分割数を増やしていくと、より滑らかな正弦波状の強度分布を得ることができる。

[0064] 以上のように、第1格子21の開口部は、透過部のデューティー比が正弦波状に変化する開口パターンを同一円周上に円の中心から放射状に連続して配置したので、光源4からの照射分布に不均一が生じた場合でも、受光素子7からの信号出力の歪みが極めて小さい光学式エンコーダを得ることができる。

[0065] 実施の形態4.

図8は、この発明を実施するための実施の形態4における光学式エンコーダの構成図を示すものである。本実施の形態における光学式エンコーダは、3つの格子からなる三格子法の光学式エンコーダであり、第1格子として透過率が正弦波状に変化するデューティー変調パターンを使用したものである。図8において、第1格子31および第1格子用基板35以外の構成は実施の形態2と同じである。

[0066] 第1格子31は、透明な第1格子用基板35上に金属薄膜などのパターンニングによって形成され、格子ピッチ P_1 を有し、光源4からの光を受けて正弦波状の強度分布を作製している。

[0067] 図9は、この発明を実施するための実施の形態4における第1格子31の開口部の開口パターンを示すものである。開口パターンは光の透過部38と非透過部39とで構成される。第1格子31の開口部は、透過率が正弦波状に変化するデューティー変調パターン、つまり、透過部のデューティー比が正弦波状に変化する開口パターンをデューティー比が変化する方向に連続して配置したものである。透過率が正弦波状に1周期分変化する開口パターンの長さが格子ピッチ P_1 である。図9に示した開口のパターンは、格子ピッチ P_1 で、格子ピッチ P_1 を8分割した周期Sを1周期として、そのデューティー比が格子ピッチ P_1 で正弦波状に変化するデューティー変調パターンで構成されている。周期Sでデューティー比が正弦波状に変化するので、格子ピッチ P_1 ごとに透過率が正弦波状に変化し、正弦波状の強度分布が作製される。

[0068] また、第1格子31から第2格子12までの空気換算距離を第1距離 Z_1 、第2格子12から第3格子13までの空気換算距離を第2距離 Z_2 とする。この時、 Z_1 と Z_2 とを、デュー

ティー変調パターンの分割周期SにおけるOTFが極力ゼロに近づけるように、設定したほうがよい。

[0069] 第1格子31はハウジングなどに固定されている。第3格子13は受光素子17などに固定されている。第2格子12は、光進行方向に交差するX方向に沿って移動可能に支持されている。一例として、第1格子31に含まれる空間周波数成分が第3格子13上に結像される条件を満たす場合には、第2格子12がX軸上を移動すると、第3格子13上の光強度分布も同一の方向へ移動する。そこで、第3格子13からの透過光を受光素子17で光電変換し、その信号出力の変化から第2格子12の相対移動量を検出することができる。このような構成においても三格子法の理論が同様に適用される。

[0070] 第1格子31を透過率が正弦波状に変化するデューティー変調パターンとしたので、第1格子31によって作製される強度分布は基本の空間周波数となる。第3格子13上の強度分布も正弦波状になり、したがって受光素子17から得られる信号出力にも、歪み成分は発生しない。また、デューティー変調を構成する分割周期におけるOTFをゼロとすることによって、分割周期による高次成分の発生を抑制できる。さらに、第1格子31を透過率が正弦波状に変化するデューティー変調パターンとしたので、汚れや放射分布のばらつきなどが原因で光源4からの照射分布に不均一が生じた場合でも、第1格子31上の強度分布は正弦波状となるので、第3格子13を透過し光電変換して得られる受光素子出力は、歪みが抑制された極めて高精度の正弦波出力になる。

[0071] 設計時の P_1 、 P 、 P_2 、 Z_1 、 Z_2 および λ などの各パラメータは、数1のパラメータNに対応した結像条件、数2の像倍率および基本空間周波数成分のOTFに着目して設計をすればよく、あらゆる組み合わせが可能となる。

[0072] 図10に像倍率が拡大系でのOTFの計算結果の一例を示す。図10において、縦軸はDC成分で規格化後のOTFであり、横軸は第2距離 Z_2 を光源4の波長 λ と第2格子12の格子ピッチ P とを用いて、 $T = P^2 / \lambda$ で規格化したものである。ここで、第1距離 $Z_1 = 1.5T$ で、 $N = 1$ を基本の空間周波数とし、第1格子31のデューティー変調パターンを図9に示したような8分割で構成した場合について、具体的に説明する。

図10に示すように、光源4の波長 $\lambda = 900\text{nm}$ 、第2格子12の格子ピッチ $P = 30\ \mu\text{m}$ とすると、 $T = 1\text{mm}$ となる。したがって、 $Z_1 = 1.5T (= 1.5\text{mm})$ で、像倍率2倍の場合には、 $Z_2 = 3T (= 3\text{mm})$ の位置にて $N = 1$ のOTF絶対値が最大の0.637となる。

[0073] 第1距離 Z_1 と第2距離 Z_2 との比が2であることから、第1格子31の2倍の反転像が、OTF0.637で第3格子13上に結像される。第3格子13の格子ピッチ P_2 は、 $N = 1$ における結像条件式から $90\ \mu\text{m}$ となり、第1格子31の格子ピッチ P_1 は像倍率の関係式から $45\ \mu\text{m}$ となる。このような構成により、第2格子12がX軸方向に1周期移動すると、第3格子13上に結像される像も同じ方向に1周期移動し、光電変換後の信号から第2格子12の移動量を検出できる。

[0074] 図10に示すように、第1格子31のデューティー変調パターンを8分割で構成した場合を考慮して、 $N = 8$ におけるOTFを計算すると、その絶対値は0.01以下となる。 $Z_2 = 3T$ の位置にて、 $N = 1$ と同時に高次の周波数成分に対してもOTFが存在する。このことから、第3格子13上には高次成分は実質的に現れない。したがって、第3格子13上の強度分布も正弦波状になり、極めて高精度の正弦波出力を得ることができる。

[0075] 本実施の形態においては、像倍率が2倍の場合について述べた。結像条件と像倍率の関係式とを満足する構成であれば像倍率はいくらでもよく、他の倍率の拡大系または縮小系でもよい。また、第1距離 Z_1 と第2距離 Z_2 とを等しくして像倍率を等倍とする構成としてもよい。

[0076] また、本実施の形態においては、第2格子12を第1格子31と第3格子13とに対して移動させる構成としたが、各格子間の相対移動であればよいので、第1格子31を第2格子12と第3格子13とに対して移動させる構成としてもよいし、第3格子13を第1格子31と第2格子12とに対して移動させる構成としてもよい。第1格子31を移動させる場合には、第3格子13上に結像される像は、第1格子31の移動方向に対し逆方向となる。

[0077] また、本実施の形態においては、第1格子31の格子ピッチ P_1 を8分割してデューティー変調パターンを構成したが、デューティー比が正弦波状に変化するパターンであれば何分割でもよく、例えば分割数を増やしていくと、より滑らかな正弦波状の強度

分布を得ることができる。

[0078] 以上のように、第1格子31の開口部は、透過部のデューティ比が正弦波状に変化する開口パターンをデューティ比が変化する方向に連続して配置したので、光源4からの照射分布に不均一が生じた場合でも、受光素子17からの信号出力の歪みが極めて小さい光学式エンコーダを得ることができる。

[0079] 実施の形態5.

図11は、この発明を実施するための実施の形態5における光学式エンコーダの構成図を示すものである。本実施の形態における光学式エンコーダは、3つの格子からなる三格子法の光学式エンコーダであり、第2格子として反射型の振幅格子を備えている。図11において、空間的にインコヒーレントな光源4と、開口部を有し光源4からの光を受ける第1格子11と、反射部を有し第1格子11によって形成された強度分布をもつ光を受ける第2格子52と、開口部を有し第2格子52からの光を受ける第3格子13と、第3格子13からの光を受ける受光素子17とが設けられている。第1格子11の開口部は、実施の形態2で示したような、正弦波を上下に折り返した形状の開口が連続して配置されたスリット列を同位相に複数段設けられている。第1格子11の格子ピッチは P_1 、第2格子52の格子ピッチは P 、第3格子13の格子ピッチは P_2 である。光源4は、LEDなど空間的にインコヒーレントな光源で構成され、中心波長 λ の空間的にインコヒーレントな光を放射する。

[0080] 第3格子13は、第2格子52に対して第1格子11と同じ側に配置されている。第1格子11、第2格子52、第3格子13のそれぞれのスリット方向を紙面垂直方向に設定し、第2格子52の移動方向を紙面に平行な上下方向に設定する。第2格子52は第2格子用基板56に設けられており、第2格子用基板56の移動によって第2格子52が移動する。光源4からの光は、第1格子11を斜めに通過し、第2格子52で斜めに反射し、第3格子13を斜めに通過して、受光素子17に到達する。第1距離 Z_1 、第2距離 Z_2 は、それぞれ第1格子11と第2格子52との間隔、第2格子52と第3格子13との間隔を示す。光進行方向に沿った距離で定義される。 Z_1 と Z_2 とが等しい距離になるように、第1格子11、第2格子52および第3格子13は配置され、像倍率は等倍になっている。なお、第1格子11、第3格子13のそれぞれの配置を変えて、 Z_1 と Z_2 とが異なる

距離になるようにしてもよい。結像条件と像倍率の関係式とを満足する構成であれば像倍率はいくらでもよく、拡大系または縮小系でもよい。

[0081] 図12に、この構成におけるOTFの計算結果を示す。図12において、縦軸はDC成分で規格化後のOTFであり、横軸は第1距離 Z_1 および第2距離 Z_2 の値を示す。 $N=1$ の基本空間周波数成分において、 $2T$ の整数倍の位置にてOTFの極大値または極小値を得られることが分かる。例えば、 $Z_1=Z_2=2T$ の条件ではOTF絶対値が0.637となり、この位置で結像条件を満足させるように第1格子11と第3格子13との各ピッチを決定すればよい。

[0082] 第2格子52として反射型の振幅格子を備えることにより、光源4および第1格子11、第3格子13および受光素子17を第2格子52に対して同じ側に配置できるため、全体構成をコンパクトにすることができる。また、第1格子11の開口部には、正弦波を上下に折り返した形状の開口が連続して配置されたスリット列を同位相に複数段設けたので、汚れや放射分布のばらつきなどが原因で光源4からの照射分布に不均一が生じた場合でも、受光素子17において歪みが抑制された極めて高精度の正弦波出力を得ることができる。

[0083] なお、第1格子11の開口部は、実施の形態4で示したような、透過率が正弦波状に変化するデューティー変調パターン、つまり、透過部のデューティー比が正弦波状に変化する開口パターンをデューティー比が変化する方向に連続して配置したのもでもよい。

[0084] 以上のように、第1格子11の開口部は、正弦波を上下に折り返した形状の開口が連続して配置されたスリット列を同位相に複数段設けたので、光源4からの照射分布に不均一が生じた場合でも、受光素子17からの信号出力の歪みが極めて小さい光学式エンコーダを得ることができる。また、第3格子13は、第2格子52に対して第1格子11と同じ側に配置されているので、全体構成がコンパクトな光学式エンコーダを得ることができる。

[0085] 実施の形態6.

図13は、この発明を実施するための実施の形態6における光学式エンコーダの構成図を示すものである。本実施の形態における光学式エンコーダは、3つの格子から

なる三格子法の光学式エンコーダである。図13において、第1格子11、第2格子52および第3格子13のスリット方向を紙面に平行な上下方向に設定し、第2格子52の移動方向を紙面垂直方向に設定する以外の構成は実施の形態5と同じである。光源4からの光は、第1格子11を斜めに通過し、第2格子52で斜めに反射し、第3格子13を斜めに通過して、受光素子17に到達する。

[0086] このような構成においても、三格子法の理論が適用される。図13に示すように、第1格子11から第2格子52までの第1距離 Z_1 、第2格子52から第3格子13までの第2距離 Z_2 は、光進行方向に沿った距離で定義される。 Z_1 と Z_2 が等しい距離になるように、第1格子11、第2格子52および第3格子13は配置され、像倍率は等倍になっている。なお、第1格子11、第3格子13のそれぞれの配置を変えて、 Z_1 と Z_2 が異なる距離になるようにしてもよい。結像条件と像倍率の関係式とを満足する構成であれば像倍率はいくらかでもよく、拡大系または縮小系でもよい。

[0087] 第2格子52として反射型の振幅格子を備えることにより、光源4および第1格子11、第3格子13および受光素子17を第2格子52に対して同じ側に配置できるため、全体構成をコンパクトにすることができる。また、第1格子11の開口部には、正弦波を上下に折り返した形状の開口が連続して配置されたスリット列を同位相に複数段設けたので、汚れや放射分布のばらつきなどが原因で光源4からの照射分布に不均一が生じた場合でも、受光素子17において歪みが抑制された極めて高精度の正弦波出力を得ることができる。

[0088] なお、第1格子11の開口部は、実施の形態4で示したような、透過率が正弦波状に変化するデューティー変調パターン、つまり、透過部のデューティー比が正弦波状に変化する開口パターンをデューティー比が変化する方向に連続して配置したのもでもよい。

[0089] 以上のように、第1格子11の開口部は、正弦波を上下に折り返した形状の開口が連続して配置されたスリット列を同位相に複数段設けたので、光源4からの照射分布に不均一が生じた場合でも、受光素子17からの信号出力の歪みが極めて小さい光学式エンコーダを得ることができる。また、第3格子13は、第2格子52に対して第1格子11と同じ側に配置されているので、全体構成がコンパクトな光学式エンコーダを得

ることができる。

[0090] 実施の形態7.

図14は、この発明を実施するための実施の形態7における光学式エンコーダの構成図を示すものである。本実施の形態における光学式エンコーダは、3つの格子からなる三格子法の光学式エンコーダであり、所定の角度ピッチを有する格子を放射状に配置したロータリーエンコーダへ適用したものである。また、第2格子として反射型の振幅格子を備えている。図14において、光進行方向に沿って、空間的にインコヒーレントな光源4と、開口部を有し光源4からの光を受ける第1格子1と、同一円周上に並んだ反射部を有し第1格子1によって形成された強度分布をもつ光を受ける第2格子42と、同一円周上に並んだ開口部を有し第2格子42からの光を受ける第3格子3と、第3格子3からの光を受ける受光素子7とが設けられている。

[0091] 第1格子1の開口部には、図2に示したような、2以上の複数の同心円と同心円の中心を通る等角度ピッチの線分との交点の位置に開口の中心が配置され、開口の形状は、同心円を対称軸として外側方向と内側方向とに對称に正弦波状に変化した形状である。第1格子11の格子ピッチは P_1 、第2格子52の格子ピッチは P 、第3格子13の格子ピッチは P_2 である。光源4は、LEDなど空間的にインコヒーレントな光源で構成され、中心波長 λ の空間的にインコヒーレントな光を放射する。

[0092] 第3格子3は、第2格子42に対して第1格子1と同じ側に配置されている。第1格子1、第2格子42、第3格子3のそれぞれのスリット方向が紙面垂直方向になるように設定し、第2格子42の移動方向を紙面に平行な上下方向になるように設定する。第2格子42は第2格子用基板46に設けられており、第2格子用基板46の回転によって第2格子42が移動する。光源4からの光は、第1格子1を斜めに通過し、第2格子42で斜めに反射し、第3格子3を斜めに通過して、受光素子7に到達する。 Z_1 と Z_2 とが等しい距離になるように、第1格子1、第2格子42および第3格子3を配置してもよい。また、図14に示すように、第1格子1、第3格子3のそれぞれの配置を変えて、 Z_1 と Z_2 とが異なる距離になるようにしてもよい。結像条件と像倍率の関係式とを満足する構成であれば像倍率はいくらでもよく、拡大系または縮小系でもよい。

[0093] 第2格子42として反射型の振幅格子を備えることにより、光源4および第1格子1、

第3格子3および受光素子7を第2格子42に対して同じ側に配置できるため、全体構成をコンパクトにすることができる。また、第1格子1の開口の形状は、同心円を対称軸として外側方向と内側方向とに對称に正弦波状に変化した形状であるので、汚れや放射分布のばらつきなどが原因で光源4からの照射分布に不均一が生じた場合でも、受光素子7において歪みが抑制された極めて高精度の正弦波出力を得ることができる。

[0094] なお、第1格子の開口部は、実施の形態3で示したような、透過率が正弦波状に変化するデューティー変調パターン、つまり、透過部のデューティー比が正弦波状に変化する開口パターンを同一円周上に円の中心に対して放射状に連続して配置したものでよい。

[0095] 以上のように、第1格子1の開口部には、同心円と同心円の中心を通る等角度ピッチの線分との交点の位置に開口の中心が配置され、開口の形状は、同心円を対称軸として外側方向と内側方向とに對称に正弦波状に変化した形状であるので、光源4からの照射分布に不均一が生じた場合でも、受光素子7からの信号出力の歪みが極めて小さい光学式エンコーダを得ることができる。また、第3格子3は、第2格子42に対して第1格子1と同じ側に配置されているので、全体構成がコンパクトな光学式エンコーダを得ることができる。

[0096] 実施の形態8.

図15は、この発明を実施するための実施の形態8における光学式エンコーダの構成図を示すものである。本実施の形態における光学式エンコーダは、3つの格子からなる三格子法の光学式エンコーダであり、所定の角度ピッチを有する格子を放射状に配置したロータリーエンコーダへ適用したものである。また、第2格子42として反射型の振幅格子を備えている。図15において、第1格子1、第2格子42および第3格子3のスリット方向を紙面に平行な上下方向に設定し、第2格子42の移動方向を紙面垂直方向に設定する以外の構成は実施の形態7と同じである。

[0097] 第2格子42は第2格子用基板46に設けられており、第2格子用基板46の回転によって第2格子42が移動する。光源4からの光は、第1格子1を斜めに通過し、第2格子42で斜めに反射し、第3格子3を斜めに通過して、受光素子7に到達する。第1距

離 Z_1 、第2距離 Z_2 は、光進行方向に沿った距離で定義される。 Z_1 と Z_2 とが等しい距離になるように、第1格子1、第2格子42および第3格子3を配置してもよい。また、図15に示すように、第1格子1、第3格子のそれぞれの配置を変えて、 Z_1 と Z_2 とが異なる距離になるようにしてもよい。結像条件と像倍率の関係式とを満足する構成であれば像倍率はいくらでもよく、拡大系または縮小系でもよい。

[0098] 第2格子42として反射型の振幅格子を備えることにより、光源4および第1格子1、第3格子3および受光素子7を第2格子42に対して同じ側に配置できるため、全体構成をコンパクトにすることができる。また、第1格子1の開口の形状は、同心円を対称軸として外側方向と内側方向とに対称に正弦波状に変化した形状であるので、汚れや放射分布のばらつきなどが原因で光源4からの照射分布に不均一が生じた場合でも、受光素子7において歪みが抑制された極めて高精度の正弦波出力を得ることができる。

[0099] なお、第1格子1の開口部は、実施の形態3で示したような、透過率が正弦波状に変化するデューティ変調パターン、つまり、透過部のデューティ比が正弦波状に変化する開口パターンを同一円周上に円の中心に対して放射状に連続して配置したものでよい。

[0100] 以上のように、第1格子1の開口部には、同心円と同心円の中心を通る等角度ピッチの線分との交点の位置に開口の中心が配置され、開口の形状は、同心円を対称軸として外側方向と内側方向とに対称に正弦波状に変化した形状であるので、光源4からの照射分布に不均一が生じた場合でも、受光素子7からの信号出力の歪みが極めて小さい光学式エンコーダを得ることができる。また、第3格子3は、第2格子42に対して第1格子1と同じ側に配置されているので、全体構成がコンパクトな光学式エンコーダを得ることができる。

[0101] 実施の形態9.

図16は、この発明を実施するための実施の形態9における光学式エンコーダの構成図を示すものである。本実施の形態における光学式エンコーダは、3つの格子からなる三格子法の光学式エンコーダである。図16において、ディヒューザ111以外の構成は実施の形態2と同じである。

- [0102] ディヒューザ111は、光源4からの光線を散乱させる機能を持っており、散乱した光線が第1格子11を照射する。上述の散乱の方向は、光線の検出効率を向上するために、または、第1格子用基板15上に他のスケールパターンが備えられた場合のクロストークを抑制するために、紙面内方向が望ましく、紙面垂直方向には散乱しないよう設計することが望ましい。
- [0103] 光源4からの光線が略平行光で、かつ第1格子11のピッチ P_1 が大きく、光線の回折角度が小さい場合でも、第1格子11の正弦波状の各開口からの拡散角度を第2格子12の開口4個以上、望ましくは10個以上を照射できるようにディヒューザ111の形状、寸法など、つまりは散乱角度を設計すれば良い。ディヒューザ111は、例えば紫外線硬化樹脂を用いた樹脂成形技術(エンボッシング)で製作することが可能である。
- [0104] 図16では、ディヒューザ111は第1格子用基板15上の光源4側に備えられているが、第1格子11を金属薄膜などのパターンニングによって形成したあとに第1格子11上に備えても良い。また、本実施の形態は、実施の形態1ないし8にも適用が可能である。
- [0105] このように第1格子11の正弦波状の各開口からの拡散角度をディヒューザ111により制御可能となるので、第1格子11のピッチ P_1 が大きく、光線の回折角度が小さい場合でも、第3格子13上に三格子法に基づいた正弦波状の光量分布を結像させることができ、受光素子17からの信号出力の歪みが極めて小さい光学式エンコーダを得ることができる。
- [0106] なお、全ての実施の形態において、第2格子として、振幅格子の代わりに、例えば位相など、振幅以外の他の光学的な特徴量が周期的に形成された格子を用いても、第1格子上の強度分布を第3格子上に結像させることができる。この場合も、第1格子にて正弦波状の強度分布を作製すれば、第3格子上の強度分布に歪みは発生しなくなり、極めて高精度の正弦波出力を得ることができる。
- [0107] また、全ての実施の形態において、基本の空間周波数を $N=1$ 以外の周波数を基本周波数として設計してもよく、例えば $N=2$ の結像条件と像倍率とに応じて各格子のピッチを決定し、これを基本の空間周波数として設計してもよい。この場合には、 $N=2$ に対する2次の高調波成分は $N=4$ 、3次の高調波成分は $N=6$ となる。

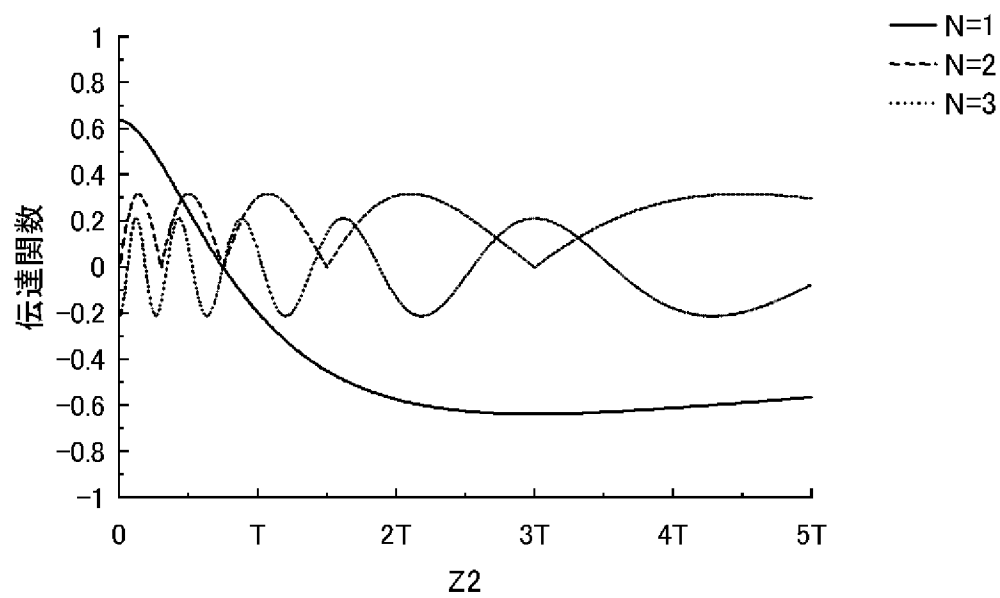
請求の範囲

- [1] 開口部を有し光源からの光を受ける第1格子と、
同一円周上に並んだ開口部または反射部を有し前記第1格子によって形成された強度分布をもつ光を受ける第2格子と、
同一円周上に並んだ開口部を有し前記第2格子からの光を受ける第3格子と、
前記第3格子からの光を受ける受光素子とを備えた三格子法の光学式エンコーダであって、
前記第1格子の開口部には、同心円と前記同心円の中心を通る等角度ピッチの線分との交点の位置に開口の中心が配置され、
前記開口の形状は、前記同心円を対称軸として外側方向と内側方向とに対称に正弦波状に変化した形状であることを特徴とする光学式エンコーダ。
- [2] 開口部を有し光源からの光を受ける第1格子と、
開口部または反射部を有し前記第1格子によって形成された強度分布をもつ光を受ける第2格子と、
開口部を有し前記第2格子からの光を受ける第3格子と、
前記第3格子からの光を受ける受光素子とを備えた三格子法の光学式エンコーダであって、
前記第1格子の開口部は、正弦波を上下に折り返した形状の開口が連続して配置されたスリット列を同位相に複数段設けたことを特徴とする光学式エンコーダ。
- [3] 開口部を有し光源からの光を受ける第1格子と、
同一円周上に並んだ開口部または反射部を有し前記第1格子によって形成された強度分布をもつ光を受ける第2格子と、
同一円周上に並んだ開口部を有し前記第2格子からの光を受ける第3格子と、
前記第3格子からの光を受ける受光素子とを備えた三格子法の光学式エンコーダであって、
前記第1格子の開口部は、透過部のデューティ比が正弦波状に変化する開口パターンを同一円周上に円の中心に対して放射状に連続して配置したことを特徴とする光学式エンコーダ。

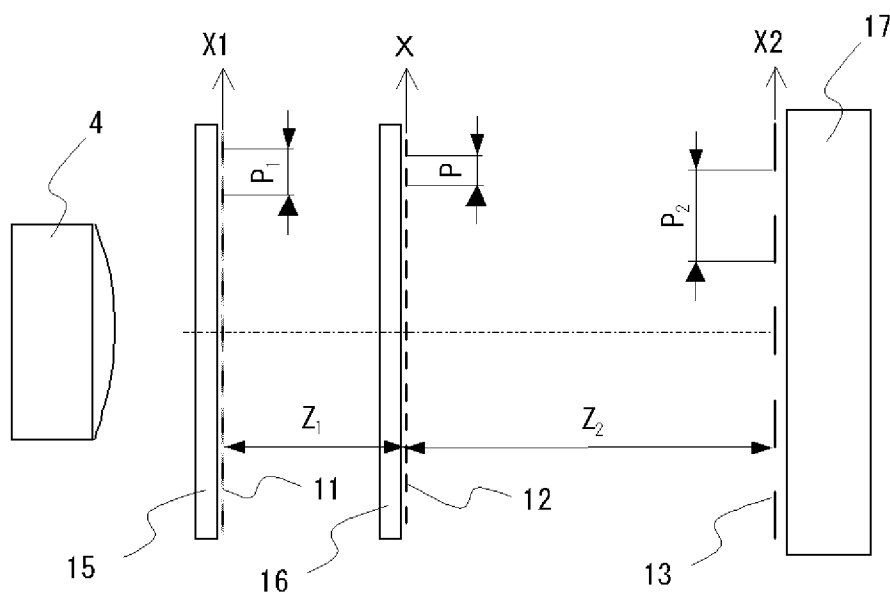
- [4] 開口部を有し光源からの光を受ける第1格子と、
開口部または反射部を有し前記第1格子によって形成された強度分布をもつ光を受ける第2格子と、
開口部を有し前記第2格子からの光を受ける第3格子と、
前記第3格子からの光を受ける受光素子とを備えた三格子法の光学式エンコーダであって、
前記第1格子の開口部は、透過部のデューティ比が正弦波状に変化する開口パターンを前記デューティ比が変化する方向に連続して配置したことを特徴とする光学式エンコーダ。

[illegible]

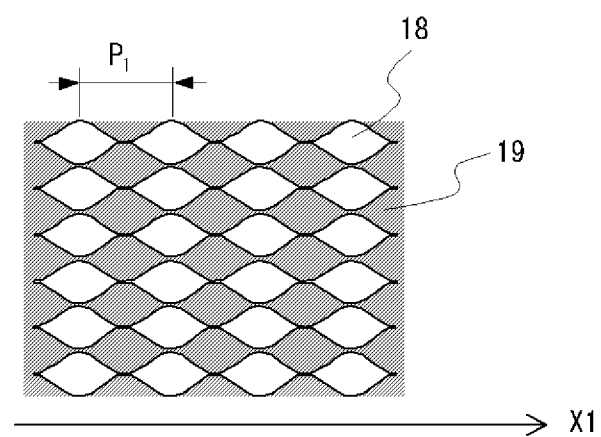
[図3]



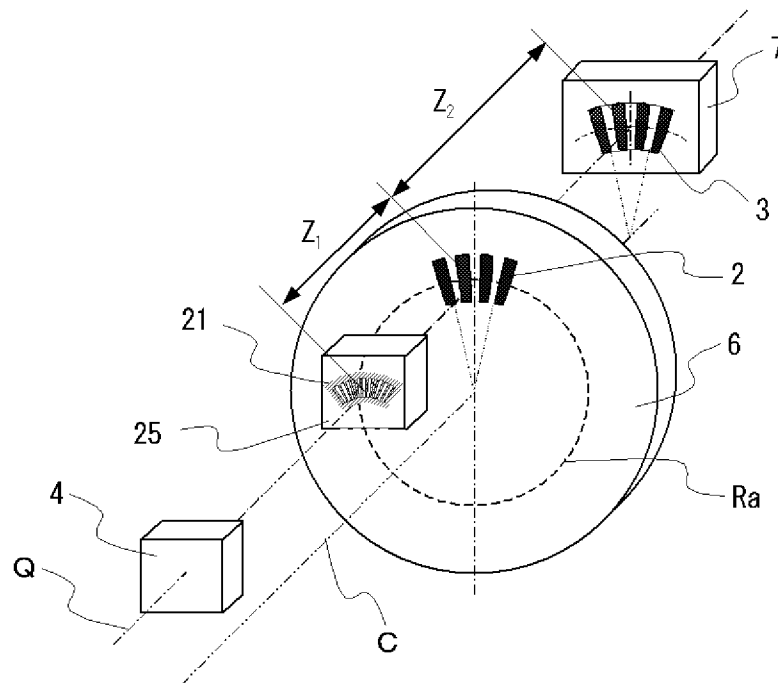
[図4]



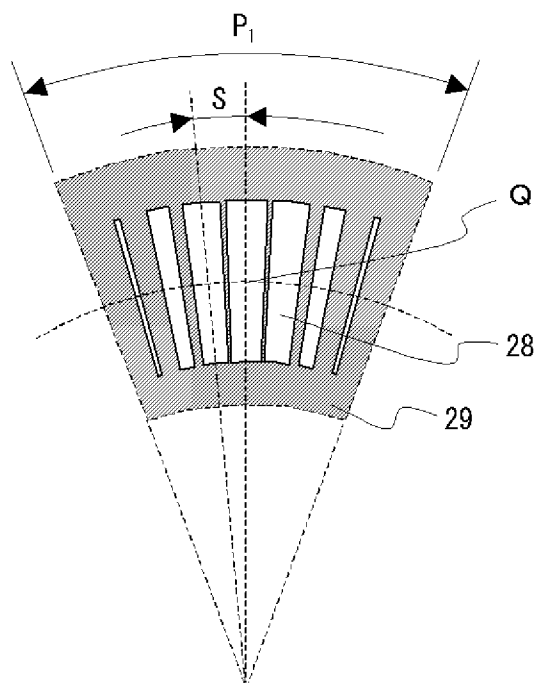
[図5]



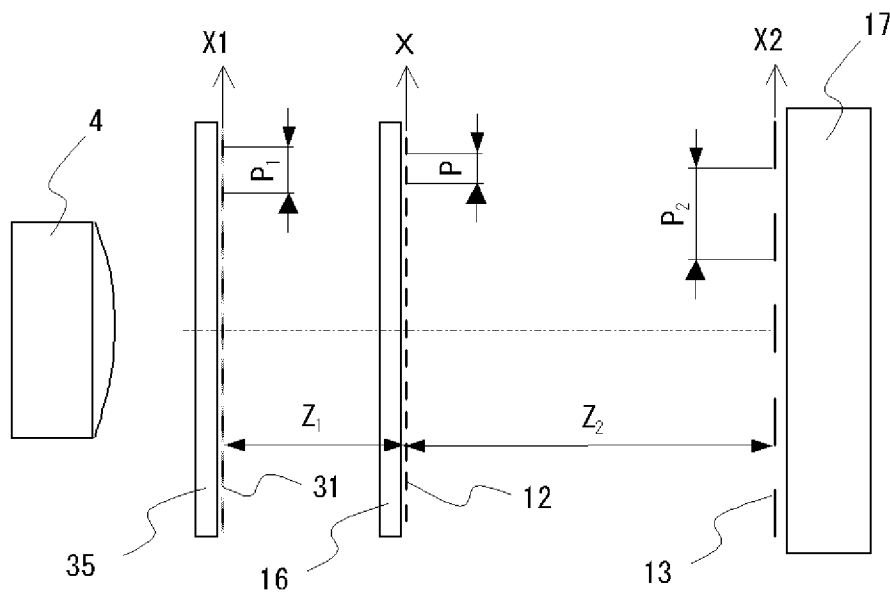
[図6]



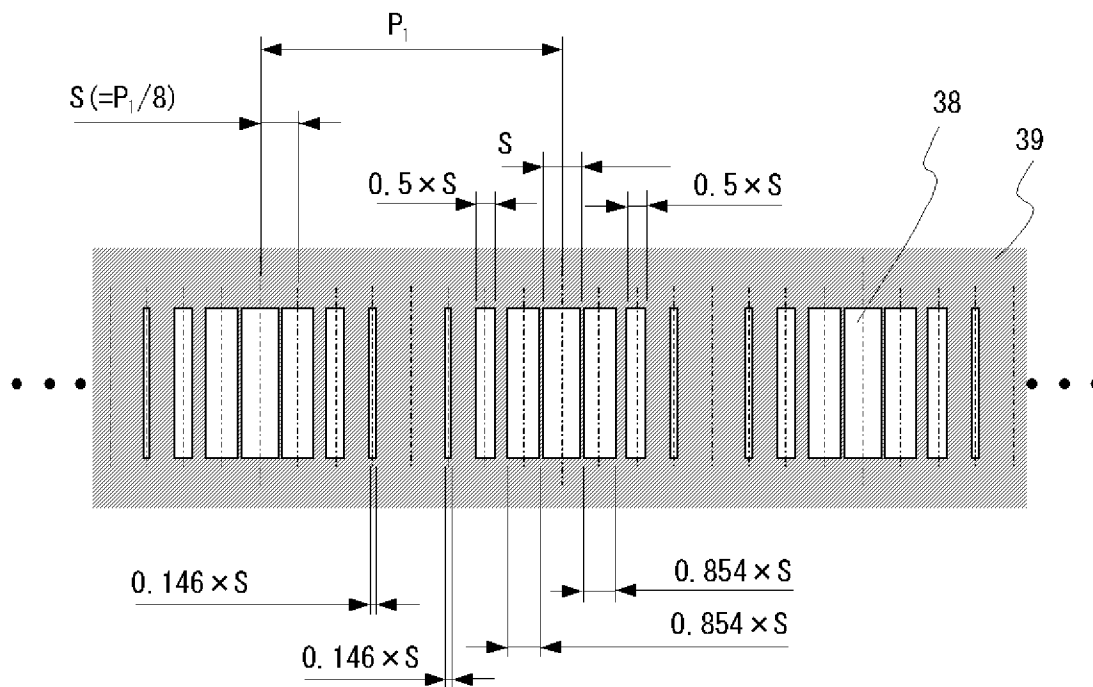
[図7]



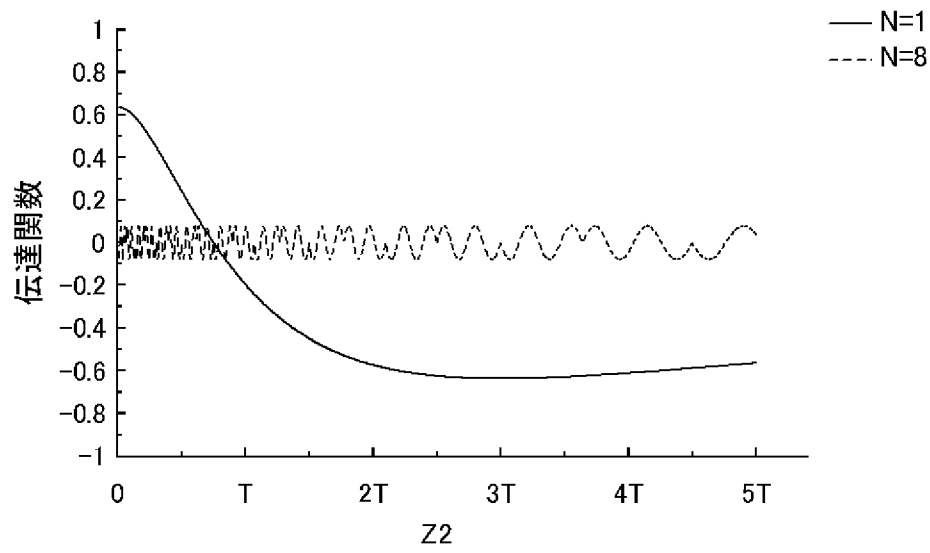
[図8]



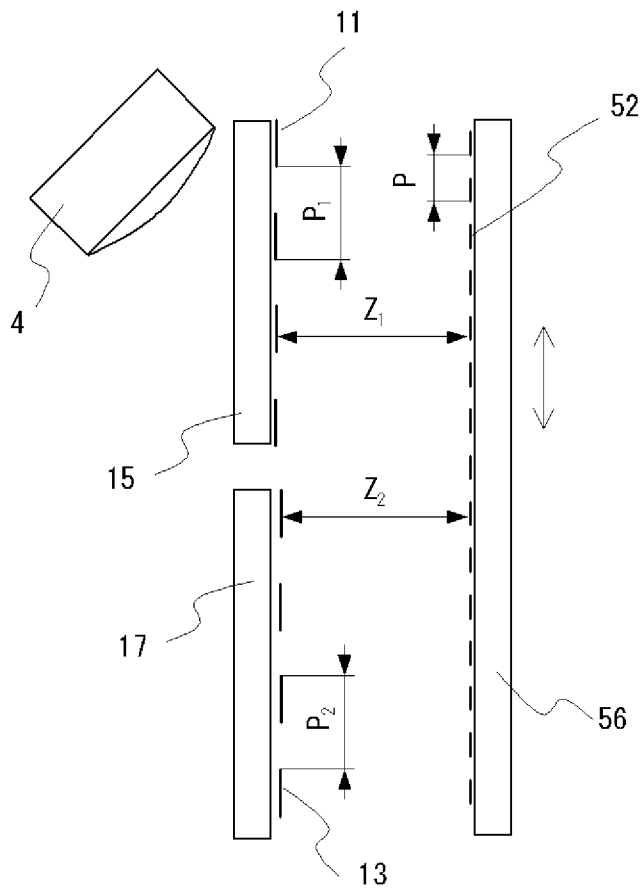
[図9]



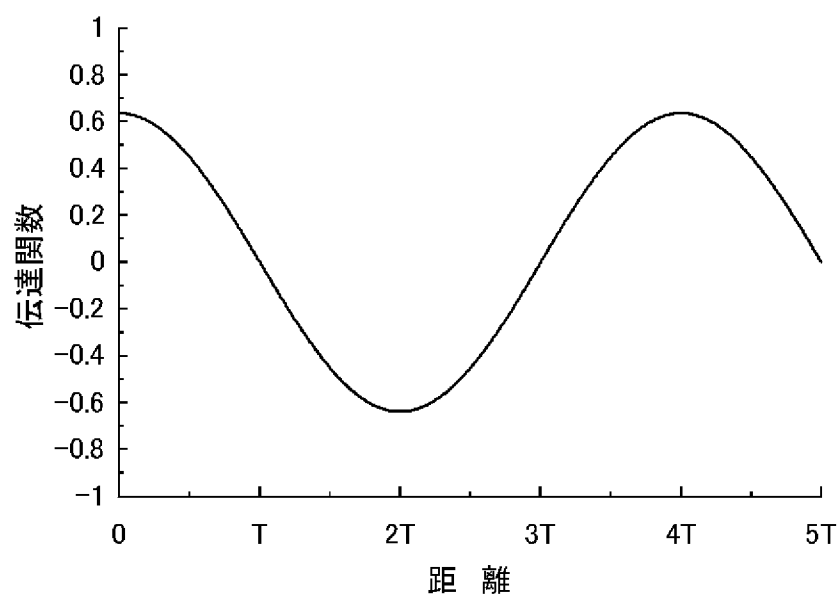
[図10]



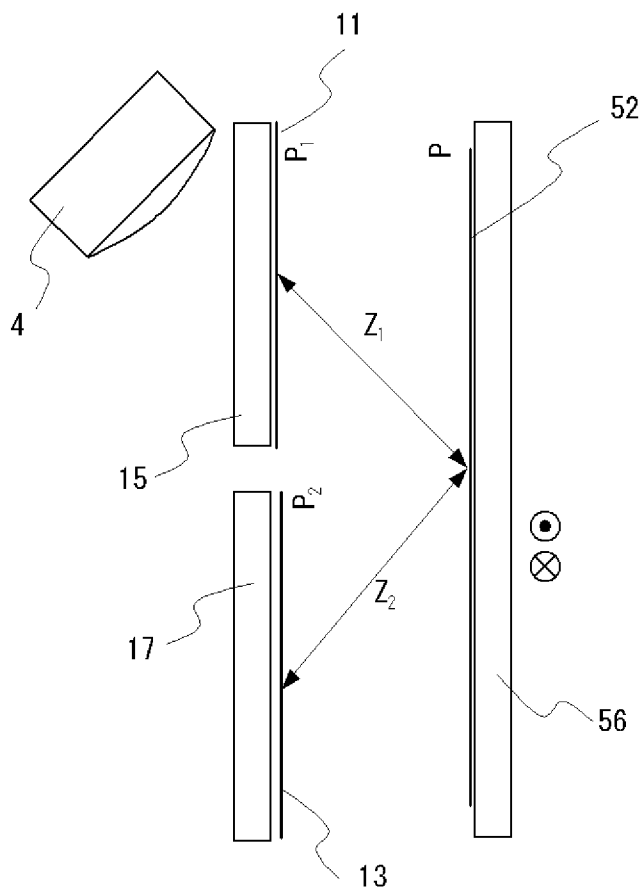
[図11]



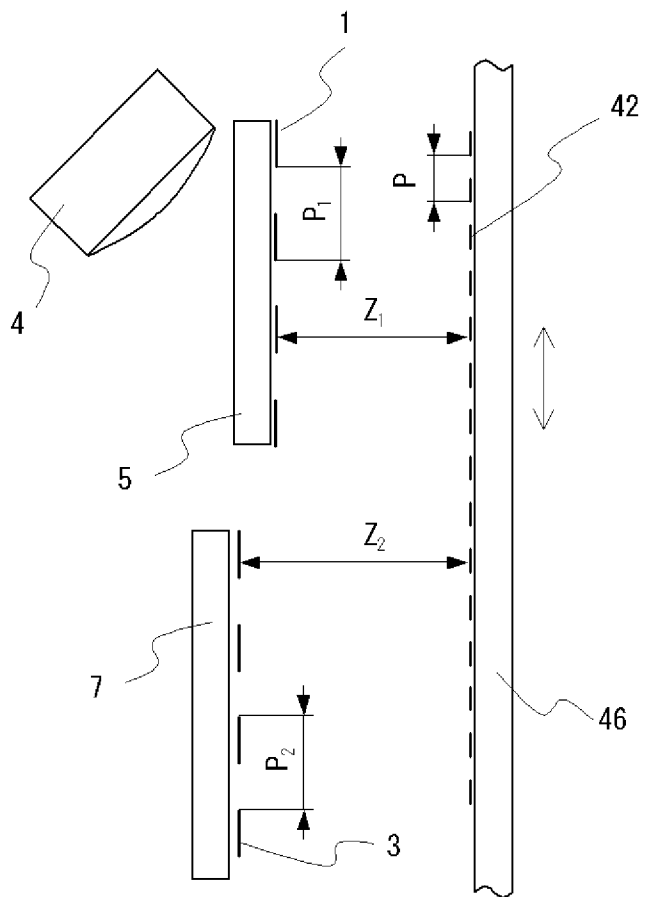
[図12]



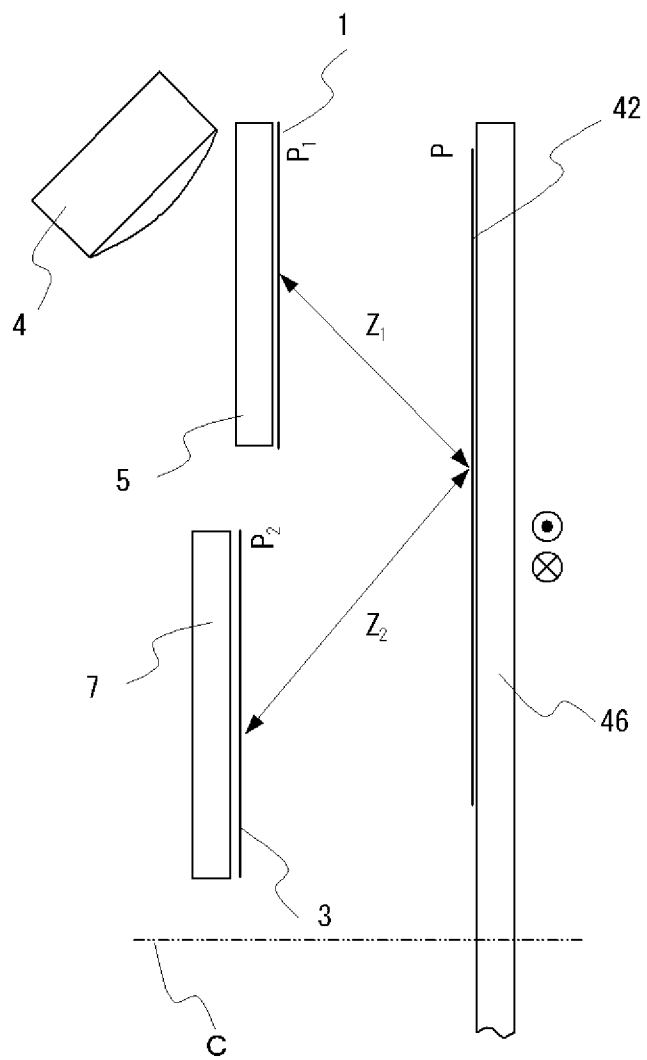
[図13]



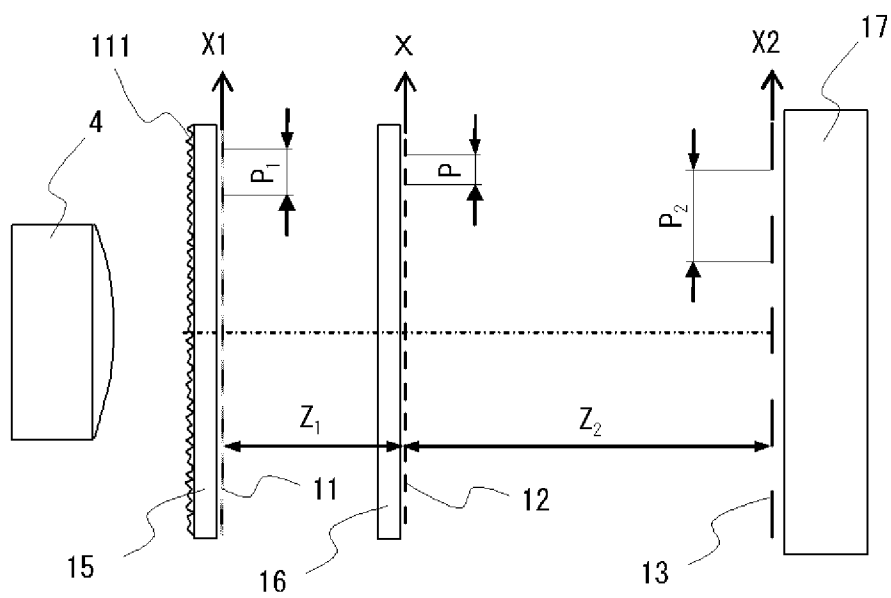
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/310348

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01D5/347(2006.01)

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01D5/347(2006.01)

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002-174536 A (Nihon Densan Koparu Kabushiki Kaisha), 21 June, 2002 (21.06.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-4
Y	JP 11-351911 A (Tamagawa Seiki Co., Ltd.), 24 December, 1999 (24.12.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-4
Y	JP 58-157203 A (Ferranti PLC.), 19 September, 1983 (19.09.83), Full text; all drawings & GB 2116313 A & DE 3305921 A & FR 2522164 A	1-4



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
12 July, 2006 (12.07.06)

Date of mailing of the international search report
25 July, 2006 (25.07.06)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/310348

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 10-512374 A (Renishaw PLC.), 24 November, 1998 (24.11.98), Full text; all drawings & WO 1997/16704 A & GB 9522491 A & EP 801724 A	1-4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01D5/347(2006. 01)

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G01D5/347(2006. 01)

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 6 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 6 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 6 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	J P 2 0 0 2 - 1 7 4 5 3 6 A（日本電産コパル株式会社） 2 0 0 2 . 0 6 . 2 1、全文、全図（ファミリーなし）	1 - 4
Y	J P 1 1 - 3 5 1 9 1 1 A（多摩川精機株式会社） 1 9 9 9 . 1 2 . 2 4、全文、全図（ファミリーなし）	1 - 4
Y	J P 5 8 - 1 5 7 2 0 3 A（フエランテイ・ピーエルシー） 1 9 8 3 . 0 9 . 1 9、全文、全図&GB 2 1 1 6 3 1 3 A&D E 3 3 0 5 9 2 1 A&FR 2 5 2 2 1 6 4 A	1 - 4

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

1 2 . 0 7 . 2 0 0 6

国際調査報告の発送日

2 5 . 0 7 . 2 0 0 6

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

井 上 昌 宏

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 1 6

2 F

9 5 0 4

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 10-512374 A (レニショウ パブリック リミテ ッド カンパニー) 1998. 11. 24、全文、全図& WO 1997/16704 A&GB 9522491 A&E P 801724 A	1-4