

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5964162号  
(P5964162)

(45) 発行日 平成28年8月3日(2016.8.3)

(24) 登録日 平成28年7月8日(2016.7.8)

(51) Int.Cl.

F 1

G 0 1 D 5/36 (2006.01)

G 0 1 D 5/36 Q

G 0 1 D 5/347 (2006.01)

G 0 1 D 5/347 1 1 O T

G 0 1 D 5/244 (2006.01)

G 0 1 D 5/244 F

請求項の数 19 (全 23 頁)

(21) 出願番号

特願2012-159302 (P2012-159302)

(22) 出願日

平成24年7月18日(2012.7.18)

(65) 公開番号

特開2014-20896 (P2014-20896A)

(43) 公開日

平成26年2月3日(2014.2.3)

審査請求日

平成27年6月4日(2015.6.4)

(73) 特許権者 000137694

株式会社ミツトヨ

神奈川県川崎市高津区坂戸一丁目20番1号

(74) 代理人 100103894

弁理士 家入 健

(72) 発明者 加藤 慶顕

神奈川県川崎市高津区坂戸1丁目20番1号 株式会社ミツトヨ内

審査官 深田 高義

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 エンコーダ

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

スケールからの信号を読み取り、基本波のそれぞれの位相が  $2\pi/N$  ( $N$  は、5 以上の整数) ずつ異なる  $N$  相正弦波信号を出力する検知部と、

前記  $N$  相正弦波信号のそれぞれに応じて A 相及び B 相からなる 2 相正弦波信号を出力する演算部と、を備え、

$m$  を  $0 \leq m \leq N-1$  の整数、 $i$  を虚数単位、 $S_{2\pi m/N}$  を前記  $N$  相正弦波の  $m$  番目の相の正弦波信号として、前記 A 相及び B 相は、以下の式 (I) で表され、

前記  $N$  相正弦波信号に含まれる  $n$  ( $n$  は、 $1 \leq n \leq N$  の整数) 次の波の振幅を  $C_n$ 、高次高調波の最大次数を  $h$  ( $h$  は、正の整数)、前記スケールの繰り返し周期に相当する距離を  $L$ 、前記  $n$  次の波の初期位相を  $\phi_n$ 、ノイズを  $D$  として、

前記  $N$  相正弦波の  $m$  番目の相の正弦波信号  $S_{2\pi m/N}$  は、以下の式 (II) で表され、

前記式 (II) において  $N > h + 2$  を満たす、  
エンコーダ。

## 【数1】

$$A = \operatorname{Re} \left[ \sum_{m=0}^{N-1} S_{2\pi \cdot m / N} \exp \left( i \frac{2\pi \cdot m}{N} \right) \right] \quad \dots \dots (I)$$

$$B = \operatorname{Im} \left[ \sum_{m=0}^{N-1} S_{2\pi \cdot m / N} \exp \left( i \frac{2\pi \cdot m}{N} \right) \right]$$

## 【数2】

$$S_{2\pi \cdot m / N} = \sum_{n=1}^h C_n \sin \left( \frac{2n\pi \cdot x}{L} - \frac{2n\pi \cdot m}{N} + \theta_n \right) + D \quad \dots \dots (II)$$

10

## 【請求項2】

前記N相正弦波信号は、第1～第8の正弦波信号からなる8相正弦波信号であり、  
 前記第1～8の正弦波信号は、それぞれm=0～7の場合に対応する、  
 請求項1に記載のエンコーダ。

## 【請求項3】

前記演算部は、

第1の信号から第2の信号を減算した信号を出力する第1の減算器と、

20

第3の信号から第2の信号を減算した信号を出力する第2の減算器と、

第3の信号から第4の信号を減算した信号を出力する第3の減算器と、

第1の信号から第4の信号を減算した信号を出力する第4の減算器と、

前記第1の正弦波信号と前記第1の減算器の出力信号とを加算する第1の加算器と、

前記第3の正弦波信号と前記第2の減算器の出力信号とを加算する第2の加算器と、

前記第5の正弦波信号と前記第3の減算器の出力信号とを加算する第3の加算器と、

前記第7の正弦波信号と前記第4の減算器の出力信号とを加算する第4の加算器と、

前記第1の加算器の出力信号から前記第3の加算器の出力信号を減算した信号を前記A相として出力する第5の減算器と、

前記第2の加算器の出力信号から前記第4の加算器の出力信号を減算した信号を前記B相として出力する第6の減算器と、を備える、

30

請求項2に記載のエンコーダ。

## 【請求項4】

前記第1～8の正弦波信号のそれぞれの振幅は同じであり、

前記第1の信号は、前記第2の正弦波信号を2/2倍した信号であり、

前記第2の信号は、前記第4の正弦波信号を2/2倍した信号であり、

前記第3の信号は、前記第6の正弦波信号を2/2倍した信号であり、

前記第4の信号は、前記第8の正弦波信号を2/2倍した信号である、

請求項3に記載のエンコーダ。

## 【請求項5】

前記演算部は、

40

前記第2の正弦波信号を2/2倍した信号を前記第1の信号として出力する第1の増幅器と、

前記第4の正弦波信号を2/2倍した信号を前記第2の信号として出力する第2の増幅器と、

前記第6の正弦波信号を2/2倍した信号を前記第3の信号として出力する第3の増幅器と、

前記第8の正弦波信号を2/2倍した信号を前記第4の信号として出力する第4の増幅器と、を更に備える、

請求項4に記載のエンコーダ。

## 【請求項6】

50

前記第2、4、6及び8の正弦波信号の振幅は、前記第1、3、5及び7の正弦波信号の振幅の2/2倍であり、

前記第1の信号は、前記第2の正弦波信号であり、  
 前記第2の信号は、前記第4の正弦波信号であり、  
 前記第3の信号は、前記第6の正弦波信号であり、  
 前記第4の信号は、前記第8の正弦波信号である、  
 請求項3に記載のエンコーダ。

【請求項7】

前記検知部は、

前記検知部の移動方向である第1の方向の長さが、前記スケールの1周期の長さと等しい1又は複数の検知領域を備え、10

前記検知領域は、

前記スケールからの信号に応じて、それぞれ前記第1～8の正弦波信号を出力する第1～8の検知素子を備える、

請求項4又は5に記載のエンコーダ。

【請求項8】

前記第1～8の検知素子は、それぞれ前記第1～8の検知素子の面積に応じた振幅を有する前記第1～8の正弦波信号を出力し、

前記第1～8の検知素子は、等しい面積を有する、

請求項7に記載のエンコーダ。20

【請求項9】

前記第1～8の検知素子は、同一の矩形形状である、

請求項8に記載のエンコーダ。

【請求項10】

前記第1～8の検知素子は、前記第1の方向に並んで配置される、

請求項7乃至9のいずれか一項に記載のエンコーダ。

【請求項11】

前記検知領域は、

前記第1、3、5及び7の検知素子が前記第1の方向に並んで配置された第1の列と、30

前記第2、4、7及び8の検知素子が前記第1の方向に並んで配置され、前記第1の方向と直交する第2の方向で、前記第1の列と隣接する第2の列と、を備え、

前記第1の列と前記第2の列とは、前記第1～8の検知素子の前記第1の方向の幅の1/2だけずれて配置される、

請求項10に記載のエンコーダ。

【請求項12】

前記検知部は、

前記検知部の移動方向である第1の方向の長さが、前記スケールの1周期の長さと等しい1又は複数の検知領域を備え、

前記検知領域は、

前記スケールからの信号に応じて、それぞれ前記第1～8の正弦波信号を出力する第1～8の検知素子を備える、40

請求項6に記載のエンコーダ。

【請求項13】

前記第1～8の検知素子は、それぞれ前記第1～8の検知素子の面積に応じた振幅を有する前記第1～8の正弦波信号を出力し、

前記第2、4、6及び8の検知素子の面積は、前記第1、3、5及び7の検知素子の面積の2/2倍である、

請求項12に記載のエンコーダ。

【請求項14】

前記第1～8の検知素子は、前記第1の方向に並んで配置される、50

請求項 1 3 に記載のエンコーダ。

【請求項 1 5】

前記第 2、4、6 及び 8 の検知素子の前記第 1 の方向の幅は、前記第 1、3、5 及び 7 の検知素子の前記第 1 の方向の幅の 2 / 2 倍であり、

前記第 1 ~ 8 の検知素子の前記第 1 の方向と直行する第 2 の方向の高さは等しい、

請求項 1 4 に記載のエンコーダ。

【請求項 1 6】

前記第 2、4、6 及び 8 の検知素子の前記第 1 の方向と直交する第 2 の方向の高さは、前記第 1、3、5 及び 7 の検知素子の前記第 2 の方向の高さの 2 / 2 倍であり、

前記第 1 ~ 8 の検知素子の前記第 1 の方向の幅は等しい、

10

請求項 1 4 に記載のエンコーダ。

【請求項 1 7】

前記検知領域は、

前記第 1、3、5 及び 7 の検知素子が前記第 1 の方向に並んで配置された第 1 の列と、

前記第 2、4、7 及び 8 の検知素子が前記第 1 の方向に並んで配置され、前記第 2 の方向で、前記第 1 の列と隣接する第 2 の列と、を備え、

前記第 1 の列と前記第 2 の列とは、前記第 1 ~ 8 の検知素子の前記第 1 の方向の幅の 1 / 2 だけずれて配置される、

請求項 1 6 に記載のエンコーダ。

【請求項 1 8】

20

前記第 1 ~ 8 の検知素子は、それぞれ前記スケールで反射される光を光電変換した信号を前記第 1 ~ 8 の正弦波信号として出力する受光素子である、

請求項 7 乃至 1 7 のいずれか一項に記載のエンコーダ。

【請求項 1 9】

前記第 1 ~ 8 の検知素子は、それぞれ静電容量方式又は電磁誘導方式により、前記第 1 ~ 8 の正弦波信号を出力する、

請求項 7 乃至 1 7 のいずれか一項に記載のエンコーダ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

30

本発明はエンコーダに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

光学式のエンコーダでは、4 相正弦波から A 相及び B 相の波形を取得し、これらを描画して得られるリサージュ曲線を基に、位置を検出する手法がしばしば用いられる。この手法で得られるリサージュ曲線には、3 次以上の高調波による位置誤差が生じる問題が知られている。

【0 0 0 3】

位置誤差を抑制する手法として、例えば、高調波の成分を光学的にフィルタすることで、3 次以上の高調波を抑制する手法が、既に提案されている（特許文献 1）。

40

【0 0 0 4】

また、他の手法として、高調波の成分を幾何学的に解析して取り除く手法（特許文献 2）が提案されている。この手法では、演算回路により演算を行うことで、効率的に 3 次以上の高調波を除去することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 0 0 5】

【特許文献 1】特開 2007 - 248302 号公報

【特許文献 2】特開 2010 - 216961 号公報

【発明の概要】

50

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0006】

ところが、発明者は、上述の手法には、以下の問題点が有ることを見出した。特許文献1に記載の手法は、既に信号に含まれている高次高調波の影響を抑制するものである。そのため、3次以上の高調波の影響がある程度残存してしまう。

## 【0007】

また、特許文献2に記載の手法では、複雑な演算が必要であるため、高機能な演算回路が必要となる。さらに、演算時間による遅延が生じるため、高調波の変動に追随することができず、高調波の影響を除去できない事態が生じる。

## 【0008】

以上のように、上述の手法では、3次以上の高調波の変動に追随しつつ効率的に3次以上の高調波の影響を除去することができるエンコーダを実現することはできない。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0009】

本発明の第1の態様であるエンコーダは、スケールからの信号を読み取り、基本波のそれぞれの位相が $2\pi/m$  ( $m$ は、5以上の整数)ずつ異なる $N$ 相正弦波信号を出力する検知部と、前記 $N$ 相正弦波信号のそれぞれに応じてA相及びB相からなる2相正弦波信号を出力する演算部と、を備え、 $m$ を $0 \leq m \leq N-1$ の整数、 $i$ を虚数単位、 $S_{2\pi m/N}$ を前記 $N$ 相正弦波の $m$ 番目の相の正弦波信号として、前記A相及びB相は、以下の式(1)で表されるものである。

10

20

## 【数1】

$$A = \operatorname{Re} \left[ \sum_{m=0}^{N-1} S_{2\pi m/N} \exp \left( i \frac{2\pi \cdot m}{N} \right) \right] \quad \dots \quad (1)$$

$$B = \operatorname{Im} \left[ \sum_{m=0}^{N-1} S_{2\pi m/N} \exp \left( i \frac{2\pi \cdot m}{N} \right) \right]$$

30

## 【0010】

本発明の第2の態様であるエンコーダは、上記のエンコーダであって、前記 $N$ 相正弦波信号に含まれる $n$  ( $n$ は、 $1 \leq n \leq N$ の整数)次の波の振幅を $C_n$ 、高次高調波の最大次数を $h$  ( $h$ は、正の整数)、前記スケールの繰り返し周期に相当する距離を $L$ 、前記 $n$ 次の波の初期位相を $\theta_n$ 、ノイズを $D$ として、前記 $N$ 相正弦波の $m$ 番目の相の正弦波信号 $S_{2\pi m/N}$ は、以下の式(2)で表されるものである。

## 【数2】

$$S_{2\pi m/N} = \sum_{n=1}^h C_n \sin \left( \frac{2n\pi \cdot x}{L} - \frac{2n\pi \cdot m}{N} + \theta_n \right) + D \quad \dots \quad (2)$$

40

## 【0011】

本発明の第3の態様であるエンコーダは、上記のエンコーダであって、前記式(2)において $N > h + 2$ を満たすものである。

## 【0012】

本発明の第4の態様であるエンコーダは、上記のエンコーダであって、前記 $N$ 相正弦波信号は、第1～第8の正弦波信号からなる8相正弦波信号であり、前記第2～8の正弦波信号は、それぞれ $m = 0 \sim 7$ の場合に対応するものである。

## 【0013】

50

本発明の第5の態様であるエンコーダは、上記のエンコーダであって、前記演算部は、第1の信号から第2の信号を減算した信号を出力する第1の減算器と、第3の信号から第2の信号を減算した信号を出力する第2の減算器と、第3の信号から第4の信号を減算した信号を出力する第3の減算器と、第1の信号から第4の信号を減算した信号を出力する第4の減算器と、前記第1の正弦波信号と前記第1の減算器の出力信号とを加算する第1の加算器と、前記第3の正弦波信号と前記第2の減算器の出力信号とを加算する第2の加算器と、前記第5の正弦波信号と前記第3の減算器の出力信号とを加算する第3の加算器と、前記第7の正弦波信号と前記第4の減算器の出力信号とを加算する第4の加算器と、前記第1の加算器の出力信号から前記第3の加算器の出力信号を減算した信号を前記A相として出力する第5の減算器と、前記第2の加算器の出力信号から前記第4の加算器の出力信号を減算した信号を前記B相として出力する第6の減算器と、を備えるものである。  
10

#### 【0014】

本発明の第6の態様であるエンコーダは、上記のエンコーダであって、前記第1～8の正弦波信号のそれぞれの振幅は同じであり、前記第1の信号は、前記第2の正弦波信号を2/2倍した信号であり、前記第2の信号は、前記第4の正弦波信号を2/2倍した信号であり、前記第3の信号は、前記第6の正弦波信号を2/2倍した信号であり、前記第4の信号は、前記第8の正弦波信号を2/2倍した信号であるものである。

#### 【0015】

本発明の第7の態様であるエンコーダは、上記のエンコーダであって、前記演算部は、前記第2の正弦波信号を2/2倍した信号を前記第1の信号として出力する第1の増幅器と、前記第4の正弦波信号を2/2倍した信号を前記第2の信号として出力する第2の増幅器と、前記第6の正弦波信号を2/2倍した信号を前記第3の信号として出力する第3の増幅器と、前記第8の正弦波信号を2/2倍した信号を前記第4の信号として出力する第4の増幅器と、を更に備えるものである。  
20

#### 【0016】

本発明の第8の態様であるエンコーダは、上記のエンコーダであって、前記第2、4、6及び8の正弦波信号の振幅は、前記第1、3、5及び7の正弦波信号の振幅の2/2倍であり、前記第1の信号は、前記第2の正弦波信号であり、前記第2の信号は、前記第4の正弦波信号であり、前記第3の信号は、前記第6の正弦波信号であり、前記第4の信号は、前記第8の正弦波信号であるものである。  
30

#### 【0017】

本発明の第9の態様であるエンコーダは、上記のエンコーダであって、前記検知部は、前記検知部の移動方向である第1の方向の長さが、前記スケールの1周期の長さと等しい1又は複数の検知領域を備え、前記検知領域は、前記スケールからの信号に応じて、それぞれ前記第1～8の正弦波信号を出力する第1～8の検知素子を備えるものである。

#### 【0018】

本発明の第10の態様であるエンコーダは、上記のエンコーダであって、前記第1～8の検知素子は、それぞれ前記第1～8の検知素子の面積に応じた振幅を有する前記第1～8の正弦波信号を出力し、前記第1～8の検知素子は、等しい面積を有するものである。  
40

#### 【0019】

本発明の第11の態様であるエンコーダは、上記のエンコーダであって、前記第1～8の検知素子は、同一の矩形形状であるものである。

#### 【0020】

本発明の第12の態様であるエンコーダは、上記のエンコーダであって、前記第1～8の検知素子は、前記第1の方向に並んで配置されるものである。

#### 【0021】

本発明の第13の態様であるエンコーダは、上記のエンコーダであって、前記検知領域は、前記第1、3、5及び7の検知素子が前記第1の方向に並んで配置された第1の列と、前記第2、4、7及び8の検知素子が前記第1の方向に並んで配置され、前記第1の方向と直交する第2の方向で、前記第1の列と隣接する第2の列と、を備え、前記第1の列  
50

と前記第2の列とは、前記第1～8の検知素子の前記第1の方向の幅の1/2だけずれて配置されるものである。

【0022】

本発明の第14の態様であるエンコーダは、上記のエンコーダであって、前記検知部は、前記検知部の移動方向である第1の方向の長さが、前記スケールの1周期の長さと等しい1又は複数の検知領域を備え、前記検知領域は、前記スケールからの信号に応じて、それぞれ前記第1～8の正弦波信号を出力する第1～8の検知素子を備えるものである。

【0023】

本発明の第15の態様であるエンコーダは、上記のエンコーダであって、前記第1～8の検知素子は、それぞれ前記第1～8の検知素子の面積に応じた振幅を有する前記第1～8の正弦波信号を出力し、前記第2、4、6及び8の検知素子の面積は、前記第1、3、5及び7の検知素子の面積の2/2倍であるものである。

10

【0024】

本発明の第16の態様であるエンコーダは、上記のエンコーダであって、前記第1～8の検知素子は、前記第1の方向に並んで配置されるものである。

【0025】

本発明の第17の態様であるエンコーダは、上記のエンコーダであって、前記第2、4、6及び8の検知素子の前記第1の方向の幅は、前記第1、3、5及び7の検知素子の前記第1の方向の幅の2/2倍であり、前記第1～8の検知素子の前記第1の方向と直行する第2の方向の高さは等しいものである。

20

【0026】

本発明の第18の態様であるエンコーダは、上記のエンコーダであって、前記第2、4、6及び8の検知素子の前記第1の方向と直交する第2の方向の高さは、前記第1、3、5及び7の検知素子の前記第2の方向の高さの2/2倍であり、前記第1～8の検知素子の前記第1の方向の幅は等しいものである。

【0027】

本発明の第19の態様であるエンコーダは、上記のエンコーダであって、前記検知領域は、前記第1、3、5及び7の検知素子が前記第1の方向に並んで配置された第1の列と、前記第2、4、7及び8の検知素子が前記第1の方向に並んで配置され、前記第2の方向で、前記第1の列と隣接する第2の列と、を備え、前記第1の列と前記第2の列とは、前記第1～8の検知素子の前記第1の方向の幅の1/2だけずれて配置されるものである。

30

【0028】

本発明の第20の態様であるエンコーダは、上記のエンコーダであって、前記第1～8の検知素子は、それぞれ前記スケールで反射される光を光電変換した信号を前記第1～8の正弦波信号として出力する受光素子であるものである。

【0029】

本発明の第21の態様であるエンコーダは、上記のエンコーダであって、前記第1～8の検知素子は、それぞれ静電容量方式又は電磁誘導方式により、前記第1～8の正弦波信号を出力するものである。

40

【発明の効果】

【0030】

本発明によれば、簡易な構成で効率的に高次高調波の影響を除去することができるエンコーダを提供することができる。

【0031】

本発明の上述及び他の目的、特徴、及び長所は以下の詳細な説明及び付随する図面からより完全に理解されるだろう。

付随する図面は図解のためだけに示されたものであり、本発明を制限するためのものではない。

【図面の簡単な説明】

50

## 【0032】

【図1】実施の形態1にかかるエンコーダ100の構成を模式的に示すブロック図である。

【図2】スケール10及び受光部101の態様を模式的に示す斜視図である。

【図3】受光部101の構成を模式的に示すブロック図である。

【図4】演算部102の構成を模式的に示すブロック図である。

【図5】実施の形態2にかかるエンコーダ200の構成を模式的に示すブロック図である。

【図6】受光部201の構成を模式的に示すブロック図である。

【図7】演算部202の構成を模式的に示すブロック図である。

【図8】演算部202の構成を具体的に示す回路図である。

【図9】受光部201の変形例である受光部201aの構成を示すブロック図である。

【図10】受光部201の別の変形例である受光部201bの構成を示すブロック図である。

【図11】実施の形態3にかかる受光部の構成例である受光部301の構成を模式的に示すブロック図である。

【図12】実施の形態4にかかる受光部の構成例である受光部401の構成を模式的に示すブロック図である。

【図13】受光部401の変形例である受光部401aの構成を示すブロック図である。

【図14】受光部401aの変形例である受光部401bの構成を示すブロック図である。

【図15】受光部401aの別の変形例である受光部401cの構成を示すブロック図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0033】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。各図面においては、同一要素には同一の符号が付されており、必要に応じて重複説明は省略される。

## 【0034】

## 実施の形態1

まず、実施の形態1にかかるエンコーダ100について説明する。エンコーダ100は、N相正弦波に対して演算を行い、3次高調波成分を含まない2相正弦波を得ることができるリニアエンコーダとして構成される。図1は、実施の形態1にかかるエンコーダ100の構成を模式的に示すブロック図である。エンコーダ100は、受光部101及び演算部102を有する。エンコーダ100は、スケール10に照射された光の反射光を受光することにより、N相正弦波を取得する。以下では、N=8、すなわち8相正弦波を用いる場合を例として説明する。

## 【0035】

受光部101は、スケール10のパターンを読み取り、読み取り結果を8相正弦波信号として出力する。すなわち、受光部101は、エンコーダ100においてスケール10からの信号(反射光)を読み取って、読み取り結果を8相正弦波信号として出力する検知部としての機能を有する。以下、受光部については、同様に、エンコーダの検知部として機能するものとする。

## 【0036】

図2は、スケール10及び受光部101の態様を模式的に示す斜視図である。図2に示すように、スケール10は、例えば周期Lの明暗の縞模様パターンである。受光部101は、例えばスケール10のパターン繰り返し方向に、スケール10の周期LごとにN個の受光素子が配置された、受光素子アレイ(Photo Detector Array、以下PDAと称する)として構成される。スケール10のパターン繰り返し方向の受光素子のそれぞれの幅は、L/Nである。

## 【0037】

10

20

40

50

図3は、受光部101の構成を模式的に示すブロック図である。受光部101は、8つの受光素子111～118が配置された領域110が繰り返し配置される。スケール10のパターン繰り返し方向の領域110の長さは、スケール10の周期Lと等しい。よって、受光素子111～118の幅は、それぞれL/8となる。順に配置された8つの受光素子111～118は、それぞれ相、相、相、\*相、\*相、\*相、\*相に対応する8相正弦波信号を出力する。つまり、受光素子111～118は、検知部である受光部101の検知素子として機能する。以下、受光素子については、同様に、検知部の検知素子として機能するものとする。

## 【0038】

演算部102は、受光部101から出力される8相正弦波信号に対して演算を行い、2相正弦波を算出する。 10

## 【0039】

ここで、演算部102による演算について説明する。N相正弦波（Nは、2以上の任意の整数）を出力するエンコーダでは、N相正弦波の基本波の位相は、それぞれ2π/Nずつ異なる。すなわち、N相正弦波の基本波の位相は、mを0～N-1の整数として、2π·m/Nと表現される。このとき、N相正弦波は、以下の式(3)で表される。なお、式(1)では3次高調波の成分（右辺第2項）とコモンノイズの影響（右辺第3項）とを考慮している。

## 【数3】

20

$$S_{2\pi\cdot m/N} = C_1 \sin\left(\frac{2\pi\cdot x}{L} - \frac{2\pi\cdot m}{N} + \theta_1\right) + C_3 \sin\left(\frac{6\pi\cdot x}{L} - \frac{6\pi\cdot m}{N} + \theta_3\right) + D \quad \dots (3)$$

式(3)において、C<sub>1</sub>は基本波の振幅、C<sub>3</sub>は3次高調波の振幅、θ<sub>1</sub>は基本波の初期位相、θ<sub>3</sub>は3次高調波の初期位相、Dはコモンノイズである。

## 【0040】

このとき、N相正弦波を出力するエンコーダでは、リサージュ曲線z<sub>N</sub>は複素平面上において式(4)で表される。 30

## 【数4】

$$z_N = \sum_{m=0}^{N-1} S_{2\pi\cdot m/N} \exp\left(i\frac{2\pi\cdot m}{N}\right) \quad \dots (4)$$

## 【0041】

よって、リサージュ曲線から導かれるA相及びB相は、式(5)で表される。このとき、N > 5の条件下では、3次高調波はキャンセルされ出力されない。 40

## 【数5】

$$A = \operatorname{Re} \left[ \sum_{m=0}^{N-1} S_{2\pi\cdot m/N} \exp\left(i\frac{2\pi\cdot m}{N}\right) \right] \quad \dots (5)$$

$$B = \operatorname{Im} \left[ \sum_{m=0}^{N-1} S_{2\pi\cdot m/N} \exp\left(i\frac{2\pi\cdot m}{N}\right) \right]$$

## 【0042】

8相正弦波を出力するエンコーダ100に式(3)を適用すると、8相正弦波（、 50

、 、 、  $^*$  、  $^*$  、  $^*$  のそれぞれは、式(6)～(13)で表される。

## 【数6】

$$\alpha_{\text{相}} : S_0 = C_1 \sin\left(\frac{2\pi \cdot x}{L} + \theta_1\right) + C_3 \sin\left(\frac{6\pi \cdot x}{L} + \theta_3\right) + D \quad \dots \dots (6)$$

$$\xi_{\text{相}} : S_{\frac{\pi}{4}} = C_1 \sin\left(\frac{2\pi \cdot x}{L} - \frac{\pi}{4} + \theta_1\right) + C_3 \sin\left(\frac{6\pi \cdot x}{L} - \frac{3\pi}{4} + \theta_3\right) + D \quad \dots \dots (7)$$

10

$$\beta_{\text{相}} : S_{\frac{\pi}{2}} = C_1 \sin\left(\frac{2\pi \cdot x}{L} - \frac{\pi}{2} + \theta_1\right) + C_3 \sin\left(\frac{6\pi \cdot x}{L} - \frac{3\pi}{2} + \theta_3\right) + D \quad \dots \dots (8)$$

$$\eta_{\text{相}} : S_{\frac{3\pi}{4}} = C_1 \sin\left(\frac{2\pi \cdot x}{L} - \frac{3\pi}{4} + \theta_1\right) + C_3 \sin\left(\frac{6\pi \cdot x}{L} - \frac{9\pi}{4} + \theta_3\right) + D \quad \dots \dots (9)$$

$$\alpha^*_{\text{相}} : S_{\pi} = C_1 \sin\left(\frac{2\pi \cdot x}{L} - \pi + \theta_1\right) + C_3 \sin\left(\frac{6\pi \cdot x}{L} - 3\pi + \theta_3\right) + D \quad \dots \dots (10)$$

20

$$\xi^*_{\text{相}} : S_{\frac{5\pi}{4}} = C_1 \sin\left(\frac{2\pi \cdot x}{L} - \frac{5\pi}{4} + \theta_1\right) + C_3 \sin\left(\frac{6\pi \cdot x}{L} - \frac{15\pi}{4} + \theta_3\right) + D \quad \dots \dots (11)$$

$$\beta^*_{\text{相}} : S_{\frac{3\pi}{2}} = C_1 \sin\left(\frac{2\pi \cdot x}{L} - \frac{3\pi}{2} + \theta_1\right) + C_3 \sin\left(\frac{6\pi \cdot x}{L} - \frac{9\pi}{2} + \theta_3\right) + D \quad \dots \dots (12)$$

$$\eta^*_{\text{相}} : S_{\frac{7\pi}{4}} = C_1 \sin\left(\frac{2\pi \cdot x}{L} - \frac{7\pi}{4} + \theta_1\right) + C_3 \sin\left(\frac{6\pi \cdot x}{L} - \frac{21\pi}{4} + \theta_3\right) + D \quad \dots \dots (13)$$

30

## 【0043】

エンコーダ100から出力される8相正弦波に対し、以下の式(14)～(17)に示す演算を行なうことで従来と互換性のある4相正弦波(a、b、a<sup>\*</sup>、b<sup>\*</sup>)を得ることができる。このとき、3次高調波成分はキャンセルすることができる。

## 【数7】

$$a = \alpha + \frac{\sqrt{2}}{2}(\xi - \eta) = 2C_1 \sin\left(\frac{2\pi \cdot x}{L} + \theta_1\right) + D \quad \dots \quad (14)$$

$$b = \beta + \frac{\sqrt{2}}{2}(\xi - \bar{\eta}) = -2C_1 \cos\left(\frac{2\pi \cdot x}{L} + \theta_1\right) + D \quad \dots \quad (15)$$

$$a^* = \alpha + \frac{\sqrt{2}}{2}(\bar{\xi} - \bar{\eta}) = -2C_1 \sin\left(\frac{2\pi \cdot x}{L} + \theta_1\right) + D \quad \dots \quad (16)$$

$$b^* = \bar{\beta} + \frac{\sqrt{2}}{2}(\bar{\xi} - \eta) = 2C_1 \cos\left(\frac{2\pi \cdot x}{L} + \theta_1\right) + D \quad \dots \quad (17)$$

## 【0044】

また、式(14)～(17)に示す4相正弦波を差動増幅することで得られる2相正弦波(A、B)は、以下の式(18)及び(19)で表される。

## 【数8】

$$A = a - a^* = 4C_1 \sin\left(\frac{2\pi \cdot x}{L} + \theta_1\right) \quad \dots \quad (18)$$

$$B = b - b^* = -4C_1 \cos\left(\frac{2\pi \cdot x}{L} + \theta_1\right) \quad \dots \quad (19)$$

## 【0045】

これにより、コモンノイズの影響もキャンセルされる。8相正弦波に対して以上の演算を行うことにより、3次高調波及びコモンノイズの影響が除去された2相正弦波(A相、B相)を得られることが理解できる。

## 【0046】

演算部102は、式(14)～(19)に示す演算を実現することができるよう構成される。図4は、演算部102の構成を模式的に示すブロック図である。演算部102は、増幅器11～14、減算器21～24、41及び42、加算器31～34を有する。

## 【0047】

増幅器11～14は、それぞれ相、相、<sup>\*</sup>相、<sup>\*</sup>相の振幅を2/2倍に増幅する。増幅器11で増幅された相(2/2)は、減算器21及び24に出力される。増幅器12で増幅された相(2/2)は、減算器21及び22に出力される。増幅器13で増幅された<sup>\*</sup>相(2/2<sup>\*</sup>)は、減算器22及び23に出力される。増幅器14で増幅された<sup>\*</sup>相(2/2<sup>\*</sup>)は、減算器23及び24に出力される。

## 【0048】

減算器21は、増幅器11で増幅された相(2/2)から増幅器12で増幅された相(2/2)を減算する。減算器21での減算結果は、加算器31に出力される。減算器22は、増幅器13で増幅された<sup>\*</sup>相(2/2<sup>\*</sup>)から増幅器12で増幅された相(2/2)を減算する。減算器22での減算結果は、加算器32に出力される。減算器23は、増幅器13で増幅された<sup>\*</sup>相(2/2<sup>\*</sup>)から増幅器14で増幅された<sup>\*</sup>相(2/2<sup>\*</sup>)を減算する。減算器23での減算結果は、加算器33

10

20

30

40

50

に出力される。減算器 2 4 は、増幅器 1 1 で増幅された 相 ( 2 / 2 ) から増幅器 1 4 で増幅された \* 相 ( 2 / 2 \* ) を減算する。減算器 2 4 での減算結果は、加算器 3 4 に出力される。

#### 【 0 0 4 9 】

加算器 3 1 は、 相と減算器 2 1 での減算結果とを加算する。すなわち、加算器 3 1 は、 上述の式 ( 1 4 ) に示す演算を行う。加算器 3 1 での加算結果は、式 ( 1 4 ) に示す a 相として、減算器 4 1 に出力される。加算器 3 2 は、 \* 相と減算器 2 2 での減算結果とを加算する。すなわち、加算器 3 2 は、上述の式 ( 1 7 ) に示す演算を行う。加算器 3 2 での加算結果は、式 ( 1 7 ) に示す b \* 相として、減算器 4 2 に出力される。加算器 3 3 は、 \* 相と減算器 2 3 での減算結果とを加算する。すなわち、加算器 3 3 は、上述の式 ( 1 6 ) に示す演算を行う。加算器 3 3 での加算結果は、式 ( 1 6 ) に示す a \* 相として、減算器 4 1 に出力される。加算器 3 4 は、 相と減算器 2 4 での減算結果とを加算する。すなわち、加算器 3 4 は、上述の式 ( 1 5 ) に示す演算を行う。加算器 3 4 での加算結果は、式 ( 1 5 ) に示す b 相として、減算器 4 2 に出力される。

10

#### 【 0 0 5 0 】

減算器 4 1 は、加算器 3 1 の加算結果 ( a 相 ) から加算器 3 3 の加算結果 ( a \* 相 ) を減算する。すなわち、減算器 4 1 は、上述の式 ( 1 8 ) に示す演算を行う。減算器 4 1 での減算結果は、式 ( 1 8 ) に示す A 相として出力される。減算器 4 2 は、加算器 3 4 の加算結果 ( b 相 ) から加算器 3 2 の加算結果 ( b \* 相 ) を減算する。すなわち、減算器 4 2 は、上述の式 ( 1 9 ) に示す演算を行う。減算器 4 2 での減算結果は、式 ( 1 9 ) に示す B 相として出力される。

20

#### 【 0 0 5 1 】

以上、演算部 1 0 2 は、式 ( 6 ) ~ ( 1 3 ) に示す 8 相正弦波に対して式 ( 1 4 ) ~ ( 1 9 ) で示す演算を行う。これにより、加算器 3 1 ~ 3 4 がそれぞれ行う式 ( 1 4 ) ~ ( 1 7 ) に示す演算により、3 次高調波成分を除去することができる。よって、エンコーダ 1 0 0 によれば、3 次高調波及びコモンノイズの影響が除去された 2 相正弦波 ( A 相、 B 相 ) を得ることができる。

#### 【 0 0 5 2 】

以上、本構成によれば、8 相正弦波に対して演算を行うことにより、3 次高調波成分を含まない 2 相正弦波 ( A 相及び B 相 ) を得ることができるエンコーダを実現することができる。

30

#### 【 0 0 5 3 】

##### 実施の形態 2

次に、実施の形態 2 にかかるエンコーダ 2 0 0 について説明する。エンコーダ 2 0 0 は、実施の形態 1 にかかるエンコーダ 1 0 0 の変形例である。図 5 は、実施の形態 2 にかかるエンコーダ 2 0 0 の構成を模式的に示すブロック図である。エンコーダ 2 0 0 は、エンコーダ 1 0 0 の受光部 1 0 1 及び演算部 1 0 2 を、それぞれ受光部 2 0 1 及び演算部 2 0 2 に置換した構成を有する。

#### 【 0 0 5 4 】

受光部 2 0 1 は、受光部 1 0 1 と同様に、スケール 1 0 のパターンを読み取り、読み取り結果を 8 相正弦波信号として出力する。図 6 は、受光部 2 0 1 の構成を模式的に示すブロック図である。受光部 2 0 1 は、8 つの受光素子 2 1 1 ~ 2 1 8 が配置された領域 2 1 0 が繰り返し配置される。スケール 1 0 のパターン繰り返し方向の領域 2 1 0 の長さは、スケール 1 0 の周期 L と等しい。順に配置された 8 つの受光素子 2 1 1 ~ 2 1 8 は、それぞれ 相、 相、 相、 相、 \* 相、 \* 相、 \* 相、 \* 相 に対応する 8 相正弦波信号を出力する。

40

#### 【 0 0 5 5 】

但し、受光素子 2 1 1 ( 相 ) 、 2 1 3 ( 相 ) 、 2 1 5 ( \* 相 ) 、 2 1 7 ( \* 相 ) の幅 w 1 は、受光素子 2 1 2 ( 相 ) 、 2 1 4 ( 相 ) 、 2 1 6 ( \* 相 ) 、 2 1 8 ( \* 相 ) の幅 w 2 よりも大きい。具体的には、本実施の形態では、 w 2 / w 1 = 2 / 2

50

となっている。

【0056】

つまり、受光素子212（相）、214（相）、216（\*相）、218（\*相）の面積S2は、受光素子211（相）、213（相）、215（\*相）、217（\*相）の面積S1の2/2倍となる。よって、受光部201は、受光素子の幅を変えることにより、 $S2/S1 = 2/2$ とすることができる。これにより、相、相、\*相、\*相の振幅は、相、相、\*相、\*相の振幅の2/2倍となる。

【0057】

図7は、演算部202の構成を模式的に示すブロック図である。演算部202は、演算部102の増幅器11～14を削除した構成を有する。また、演算部102における入力信号、\*、\*、\*は、演算部202では、2/2、2/2、2/2\*、2/2\*となっている。演算部202のその他の構成は、演算部102と同様であるので、説明を省略する。

【0058】

本構成では、相、相、\*相、\*相を2/2倍にする増幅器が除去されている。しかし、受光部201によって、相、相、\*相、\*相は、既に2/2倍になっている。よって、演算部202は、演算部102と同様の演算処理を行うことができる。

【0059】

図8は、演算部202の構成を具体的に示す回路図である。減算器21～24は、それぞれ第1～4の抵抗R1及び増幅器AMPを有する。減算器21～24の非反転入力端子は、第1の抵抗R1を介して、増幅器AMPの非反転入力端子と接続される。減算器21～24の反転入力端子は、第2の抵抗R1を介して、増幅器AMPの反転入力端子と接続される。また、増幅器AMPの反転入力端子と出力端子とは、第3の抵抗R1を介して接続される。増幅器AMPの非反転入力端子は、第4の抵抗R1を介してグランドと接続される。

【0060】

加算器31～34は、それぞれ第1～3の抵抗R2及び増幅器AMPを有する。加算器31～34の一方の入力端子は、第1の抵抗R2を介して、増幅器AMPの反転入力端子と接続される。加算器31～34の他方の入力端子は、第2の抵抗R2を介して、増幅器AMPの反転入力端子と接続される。また、増幅器AMPの反転入力端子と出力端子とは、第3の抵抗R2を介して接続される。増幅器AMPの非反転入力端子は、グランドと接続される。

【0061】

減算器41及び42、それぞれ第1～4の抵抗R3及び増幅器AMPを有する。減算器41及び42は、減算器21～24と比べ、第1～4の抵抗R1が第1～4の抵抗R3に変更されている他は、同様の構成であるので説明を省略する。

【0062】

よって、本構成によれば、実施の形態1にかかるエンコーダ100と同様の機能を有するエンコーダを実現することができる。また、本構成によれば、演算部の増幅器を削減することができるので、演算部の回路規模を縮小することができる。その結果、本構成によれば、より小型のエンコーダを得ることが可能である。

【0063】

なお、上述の受光部201は例示であり、受光部は別の構成とすることもできる。図9は、受光部201の変形例である受光部201aの構成を示すブロック図である。受光部201aは、8つの受光素子211a～218aが配置された領域210aが繰り返し配置される。スケール10のパターン繰り返し方向の領域210aの長さは、スケール10の周期Lと等しい。順に配置された8つの受光素子211a～218aは、それぞれ相、相、相、相、\*相、\*相、\*相、\*相に対応する8相正弦波信号を出力する。

10

20

30

40

50

## 【0064】

但し、受光素子 211a ( 相 )、213a ( 相 )、215a ( \* 相 )、217a ( \* 相 ) の高さ  $h_1$  は、受光素子 212a ( 相 )、214a ( 相 )、216a ( \* 相 )、218a ( \* 相 ) の高さ  $h_2$  よりも大きい。具体的には、本実施の形態では、 $h_2 / h_1 = 2 / 2$  となっている。なお、受光素子 211a ~ 218a は、全て同じ幅を有する。

## 【0065】

つまり、受光素子 212a ( 相 )、214a ( 相 )、216a ( \* 相 )、218a ( \* 相 ) の面積  $S_2$  は、受光素子 211a ( 相 )、213a ( 相 )、215a ( \* 相 )、217a ( \* 相 ) の面積  $S_1$  の  $2 / 2$  倍となる。よって、受光部 201a 10 は、受光素子の高さを変えることにより、 $S_2 / S_1 = 2 / 2$  とすることができる。これにより、受光部 201 と同様に、相、相、\*相、\*相の振幅を、相、相、\*相、\*相の振幅の  $2 / 2$  倍とすることができる。

## 【0066】

よって、受光部 201 に代えて受光部 201a を用いることにより、エンコーダ 200 と同様の機能を有するエンコーダを実現することができる。

## 【0067】

図 10 は、受光部 201 の別の変形例である受光部 201b の構成を示すブロック図である。受光部 201b は、8 つの受光素子 211b ~ 218b が配置された領域 210b が繰り返し配置される。スケール 10 のパターン繰り返し方向の領域 210b の長さは、スケール 10 の周期  $L$  と等しい。順に配置された 8 つの受光素子 211b ~ 218b は、それぞれ 相、相、相、相、\*相、\*相、\*相、\*相に対応する 8 相正弦波信号を出力する。20

## 【0068】

但し、受光素子 211b ( 相 )、213b ( 相 )、215b ( \* 相 )、217b ( \* 相 ) の幅  $w_1$  及び高さ  $h_1$  は、受光素子 212b ( 相 )、214b ( 相 )、216b ( \* 相 )、218b ( \* 相 ) の幅  $w_2$  及び高さ  $h_2$  よりも大きい。具体的には、本実施の形態では、 $w_2 / w_1 = (2 / 2)$ 、 $h_2 / h_1 = (2 / 2)$  となっている。

## 【0069】

つまり、受光素子 212b ( 相 )、214b ( 相 )、216b ( \* 相 )、218b ( \* 相 ) の面積  $S_2$  は、受光素子 211b ( 相 )、213b ( 相 )、215b ( \* 相 )、217b ( \* 相 ) の面積  $S_1$  の  $2 / 2$  倍となる。よって、受光部 201b は、受光素子の幅及び高さを変えることにより、 $S_2 / S_1 = 2 / 2$  とすることができる。これにより、受光部 201 と同様に、相、相、\*相、\*相の振幅を、相、相、\*相、\*相の振幅の  $2 / 2$  倍とすることができる。30

## 【0070】

よって、受光部 201 に代えて受光部 201b を用いることにより、エンコーダ 200 と同様の機能を有するエンコーダを実現することができる。

## 【0071】

## 実施の形態 3

次に、実施の形態 3 にかかるエンコーダについて説明する。実施の形態 3 にかかるエンコーダは、実施の形態 1 にかかるエンコーダ 100 の受光部 101 を他の構成に変形したものである。演算部 102 については、エンコーダ 100 と同様であるので、説明を省略する。以下、受光部の構成に着目して説明する。

## 【0072】

図 11 は、実施の形態 3 にかかる受光部の構成例である受光部 301 の構成を模式的に示すブロック図である。受光部 301 は、受光部 101 と同様に、スケール 10 のパターンを読み取り、読み取り結果を 8 相正弦波信号として出力する。受光部 301 は、8 つの受光素子 311 ~ 318 が配置された領域 310 が 2 次元的に配置される。50

## 【0073】

受光素子311～318の幅は、 $L/4$ である。領域310では、受光素子311(相)、313(相)、315(\*相)、317(\*相)が列L31に配置される。受光素子312(相)、314(相)、316(\*相)、318(\*相)が列L31に隣接する列L32に配置される。ただし、受光素子312(相)、314(相)、316(\*相)、318(\*相)は、幅方向に $L/8$ だけずらして配置される。

## 【0074】

なお、図11では、受光素子に接続される配線については、代表的なもののみを表示し、その他の配線については表示を省略している。

## 【0075】

以上、本構成によれば、受光素子を2次元的に配置しつつ、エンコーダ100と同様に8相正弦波信号から2相正弦波を生成するエンコーダを実現することができる。

## 【0076】

## 実施の形態4

次に、実施の形態4にかかるエンコーダについて説明する。実施の形態4にかかるエンコーダは、実施の形態2にかかるエンコーダの受光部201を他の構成に変形したものである。以下、受光部の構成に着目して説明する。図12は、実施の形態4にかかる受光部の構成例である受光部401の構成を模式的に示すブロック図である。受光部401は、8つの受光素子411～418が配置された領域410が2次元的に配置される。

## 【0077】

受光素子411～418の幅は、 $L/4$ である。領域410では、受光素子411(相)、413(相)、415(\*相)、417(\*相)が列L41に配置される。受光素子412(相)、414(相)、416(\*相)、418(\*相)が列L41に隣接する列L42に配置される。ただし、受光素子412(相)、414(相)、416(\*相)、418(\*相)は、幅方向に $L/8$ だけずらして配置される。つまり、領域410での受光素子の配置は、領域310と同様である。

## 【0078】

但し、受光素子411(相)、413(相)、415(\*相)、417(\*相)の高さ $h_1$ は、受光素子412(相)、414(相)、416(\*相)、418(\*相)の高さ $h_2$ より大きい。具体的には、本実施の形態では、 $h_2/h_1 = (2/2)$ となっている。

## 【0079】

つまり、受光素子412(相)、414(相)、416(\*相)、418(\*相)の面積 $S_2$ は、受光素子411(相)、413(相)、415(\*相)、417(\*相)の面積 $S_1$ の2/2倍となる。つまり、受光部401は、受光素子の高さを変えることにより、 $S_2/S_1 = 2/2$ とすることができる。これにより、受光素子を2次元的に配置しても、受光部201と同様に、相、相、\*相、\*相の振幅を、相、相、\*相、\*相の振幅の2/2倍とすることができる。

## 【0080】

なお、図12では、受光素子に接続される配線については、代表的なもののみを表示し、その他の配線については表示を省略している。

## 【0081】

以上、本構成によれば、受光素子を2次元的に配置しつつ、エンコーダ200と同様に8相正弦波信号から2相正弦波を生成するエンコーダを実現することができる。

## 【0082】

なお、上述の受光部401は例示であり、受光部は別の構成とすることもできる。図13は、受光部401の変形例である受光部401aの構成を示すブロック図である。受光部401aは、8つの受光素子411a～418aが配置された領域410aが繰り返し配置される。

## 【0083】

10

20

30

40

50

実施の形態 1 ~ 3 においては、矩形の受光素子を用いたが、受光素子 411a ( 相 ) 、 413a ( 相 ) 、 415a ( \* 相 ) 、 417a ( \* 相 ) は、矩形以外の形状を有する。受光素子 411a ( 相 ) 、 413a ( 相 ) 、 415a ( \* 相 ) 、 417a ( \* 相 ) の高さは  $h_1$  である。受光素子 412a ( 相 ) 、 414a ( 相 ) 、 416a ( \* 相 ) 、 418a ( \* 相 ) の高さは  $h_2$  である。なお、  $h_2 / h_1 = 2 / 2$  となつて 10 いる。また、受光素子 411a ( 相 ) 、 413a ( 相 ) 、 415a ( \* 相 ) 、 417a ( \* 相 ) は屈曲した帯状の形状を有し、帯の幅は  $L / 8$  である。受光素子 412a ( 相 ) 、 414a ( 相 ) 、 416a ( \* 相 ) 、 418a ( \* 相 ) は矩形である、その幅は  $L / 4$  である。これにより、受光素子 412a ( 相 ) 、 414a ( 相 ) 、 416a ( \* 相 ) 、 418a ( \* 相 ) の面積  $S_2$  は、受光素子 411 ( 相 ) 、 413 ( 相 ) 、 415 ( \* 相 ) 、 417 ( \* 相 ) の面積  $S_1$  の  $2 / 2$  倍となる。

#### 【 0084 】

受光素子 412a ( 相 ) は、受光素子 411a ( 相 ) 及び 413a ( 相 ) に取り囲まれて配置される。受光素子 414a ( 相 ) は、受光素子 413a ( 相 ) 及び 415a ( \* 相 ) に取り囲まれて配置される。受光素子 416a ( \* 相 ) は、受光素子 415a ( \* 相 ) 及び 417a ( \* 相 ) に取り囲まれて配置される。受光素子 418a ( \* 相 ) は、受光素子 417a ( \* 相 ) 及び 411a ( 相 ) に取り囲まれて配置される。

#### 【 0085 】

以上、本構成によれば、矩形の受光素子を順に配置しなくとも、受光部 401 と同様の機能を有する受光部を得ることができる。更に、受光部 401a は受光部 401 と比べて受光素子配置が複雑であるため、受光部上に局所的に汚れなどが付着しても、その影響を低減することが可能である。

20

#### 【 0086 】

また、受光部 401a は以下の変形を行うことも可能である。図 14 は、受光部 401a の変形例である受光部 401b の構成を示すブロック図である。受光部 401b は、8 つの受光素子 411b ~ 418b が 2 組ずつ配置された領域 410b が繰り返し配置される。受光素子 411b ~ 418b は、それぞれ受光部 401a の受光素子 411a ~ 418a に対応する。受光部 401b では、列 L41b にのみ受光素子 412b ( 相 ) 及び 416b ( \* 相 ) を配置し、列 L42b にのみ受光素子 414b ( 相 ) 及び 418b ( \* 相 ) を配置している。

30

#### 【 0087 】

図 15 は、受光部 401a の別の変形例である受光部 401c の構成を示すブロック図である。受光部 401c は、8 つの受光素子 411c ~ 418c が配置された領域 410c が繰り返し配置される。受光素子 411c ~ 418c は、それぞれ受光部 401a の受光素子 411a ~ 418a に対応する。受光部 401c は、上下方向に隣接する領域 410c を上下ミラー反転させた構成を有する。

#### 【 0088 】

以上、受光部 401b 及び 401c によつても、 相、 相、 \* 相、 \* 相 の振幅を 40 、 相、 相、 \* 相、 \* 相 の振幅の  $2 / 2$  倍とすることができる。

#### 【 0089 】

##### 実施の形態 5

次に、実施の形態 5 にかかるエンコーダについて説明する。実施の形態 5 では、実施の形態 1 ~ 4 にかかるエンコーダにおいて、高次高調波の除去態様を詳細に説明する。上述の実施の形態では、N 相正弦波が基本波及び 3 次高調波を含む例 ( 上述の式 ( 3 ) ) について説明したが、N 相正弦波は任意の次数の高調波を含む形式に一般化することができる。h 次 ( h は、正の整数 ) までの高調波を含む N 相正弦波は、以下の式 ( 20 ) で表すことができる。なお、  $C_n$  は n 次の波の振幅、  $\phi_n$  は n 次の波の初期位相である。

## 【数9】

$$S_{2\pi \cdot m/N} = \sum_{n=1}^h C_n \sin\left(\frac{2n\pi \cdot x}{L} - \frac{2n\pi \cdot m}{N} + \theta_n\right) + D \quad \dots \quad (20)$$

## 【0090】

このとき、N相正弦波を出力するエンコーダでは、リサージュ曲線  $z_N$  は複素平面上において、式(4)と同様に、以下の式(21)で表される。

## 【数10】

10

$$z_N = \sum_{m=0}^{N-1} S_{2\pi \cdot m/N} \exp\left(i \frac{2\pi \cdot m}{N}\right) \quad \dots \quad (21)$$

## 【0091】

リサージュ曲線  $z_N$  から導かれるA相及びB相は、式(5)と同様に、以下の式(22)で表される。

## 【数11】

20

$$A = \operatorname{Re} \left[ \sum_{m=0}^{N-1} S_{2\pi \cdot m/N} \exp\left(i \frac{2\pi \cdot m}{N}\right) \right] \quad \dots \quad (22)$$

$$B = \operatorname{Im} \left[ \sum_{m=0}^{N-1} S_{2\pi \cdot m/N} \exp\left(i \frac{2\pi \cdot m}{N}\right) \right]$$

## 【0092】

上述の定義のもとで、N相正弦波が10次までの高調波を含む場合( $h = 10$ )について検討する。まず、5相正弦波( $N = 5$ )が10次までの高調波を含む場合について説明する。この場合、式(5)より、A相及びB相は以下の式(23)で表される。

30

## 【数12】

$$A = \frac{5}{2} C_1 \sin\left(\frac{2\pi x}{L} + \theta_1\right) + \frac{5}{2} C_4 \sin\left(\frac{8\pi x}{L} + \theta_4\right) + \frac{5}{2} C_6 \sin\left(\frac{12\pi x}{L} + \theta_6\right) + \frac{5}{2} C_9 \sin\left(\frac{18\pi x}{L} + \theta_9\right)$$

$$B = -\frac{5}{2} C_1 \cos\left(\frac{2\pi x}{L} + \theta_1\right) + \frac{5}{2} C_4 \cos\left(\frac{8\pi x}{L} + \theta_4\right) + \frac{5}{2} C_6 \cos\left(\frac{12\pi x}{L} + \theta_6\right) + \frac{5}{2} C_9 \cos\left(\frac{18\pi x}{L} + \theta_9\right)$$

$$\dots \quad (23)$$

この場合、式(23)に示すように、2~10次の高調波のうち、2、3、5、7、8、10次の高調波が除去されることが理解できる。

40

## 【0093】

次に、8相正弦波( $N = 8$ )が10次までの高調波を含む場合について説明する。この場合、式(5)より、A相及びB相は以下の式(24)で表される。

## 【数13】

$$A = 4C_1 \sin\left(\frac{2\pi x}{L} + \theta_1\right) + 4C_7 \sin\left(\frac{14\pi x}{L} + \theta_7\right) + 4C_9 \sin\left(\frac{18\pi x}{L} + \theta_9\right)$$

$$B = -4C_1 \cos\left(\frac{2\pi x}{L} + \theta_1\right) + 4C_7 \cos\left(\frac{14\pi x}{L} + \theta_7\right) + 4C_9 \cos\left(\frac{18\pi x}{L} + \theta_9\right)$$

••• (24)

この場合、式(24)に示すように、2～10次の高調波のうち、2、3、4、5、6、8、10次の高調波が除去されることが理解できる。

## 【0094】

次に、12相正弦波( $N = 8$ )が10次までの高調波を含む場合について説明する。この場合、式(5)より、A相及びB相は以下の式(25)で表される。

## 【数14】

$$A = 6C_1 \sin\left(\frac{2\pi x}{L} + \theta_1\right)$$

$$B = -6C_1 \cos\left(\frac{2\pi x}{L} + \theta_1\right)$$

20  
••• (25)

この場合、式(25)に示すように、2～10次の高調波のうち、2、3、4、5、6、7、8、9、10次の高調波が除去されることが理解できる。

## 【0095】

以上より、本実施の形態では、 $h$ 次までの高調波を含む $N$ 相正弦波において、( $a \times N \pm 1$ )次の高調波以外の高次高調波を除去することが可能である(但し、 $a$ は正の整数)。よって、基本波に対してより多くの相を設定すれば除去できる高調波の次数を増やすことができる。また、12相正弦波( $N = 8$ )が10次までの高調波を含む場合( $h = 10$ 、 $N = 12$ )から理解できるように、除去したい高調波の最高次数(例えば10次)よりも少なくとも2つ多い相( $N = 12$ )を設定することで、全ての高調波を除去することができる。

## 【0096】

## その他の実施の形態

なお、本発明は上記実施の形態に限られたものではなく、趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更することが可能である。例えば、上述の実施の形態では、リニアエンコーダについて説明したが、適宜ロータリエンコーダなどの別の種類のエンコーダとして構成することができる。

## 【0097】

上述の実施の形態では、光学式のエンコーダについて説明したが、静電式又は電磁誘導方式のエンコーダとして構成することができることは勿論である。

## 【0098】

実施の形態4では、受光素子の面積が異なる場合について説明したが、領域に配置される受光素子のそれぞれの面積を同一として、演算部102と組み合わせることも可能である。

## 【符号の説明】

## 【0099】

11～14 増幅器

21～24、41、42 減算器

10

20

30

30

40

40

50

3 1 ~ 3 4 加算器

1 0 スケール

1 0 0、2 0 0 エンコーダ

1 0 1、2 0 1、2 0 1 a、2 0 1 b、3 0 1、4 0 1、4 0 1 a、4 0 1 b、4 0 1 c  
受光部

1 0 2、2 0 2 演算部

1 1 0、2 1 0、2 1 0 a、2 1 0 b、3 1 0、4 1 0、4 1 0 a、4 1 0 b、4 1 0 c  
領域1 1 1 ~ 1 1 8、2 1 1 ~ 2 1 8、2 1 1 a ~ 2 1 8 a、2 1 1 b ~ 2 1 8 b、3 1 1 ~  
3 1 8、4 1 1 ~ 4 1 8、4 1 1 a ~ 4 1 8 a、4 1 1 b ~ 4 1 8 b、4 1 1 c ~ 4 1 8 10

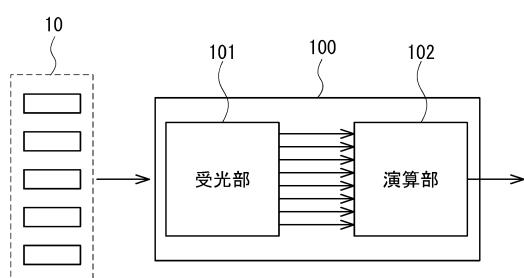
c 受光素子

A M P 增幅器

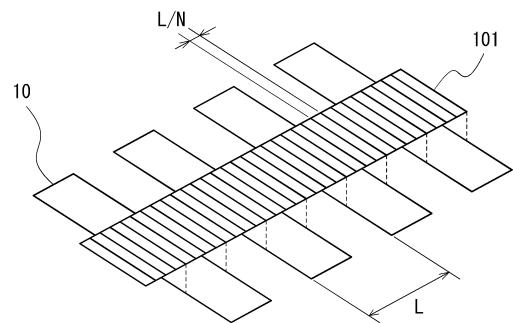
L 3 1、L 3 2、L 4 1、L 4 2 列

R 1 ~ R 3 抵抗

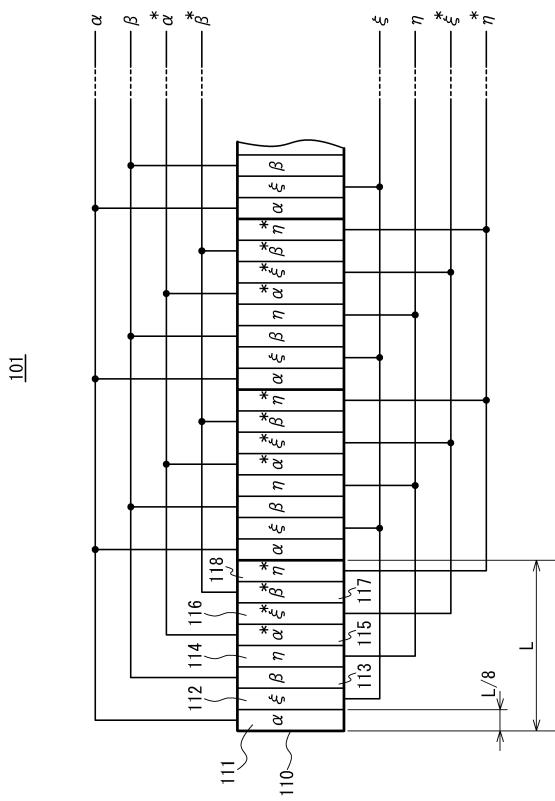
【図 1】



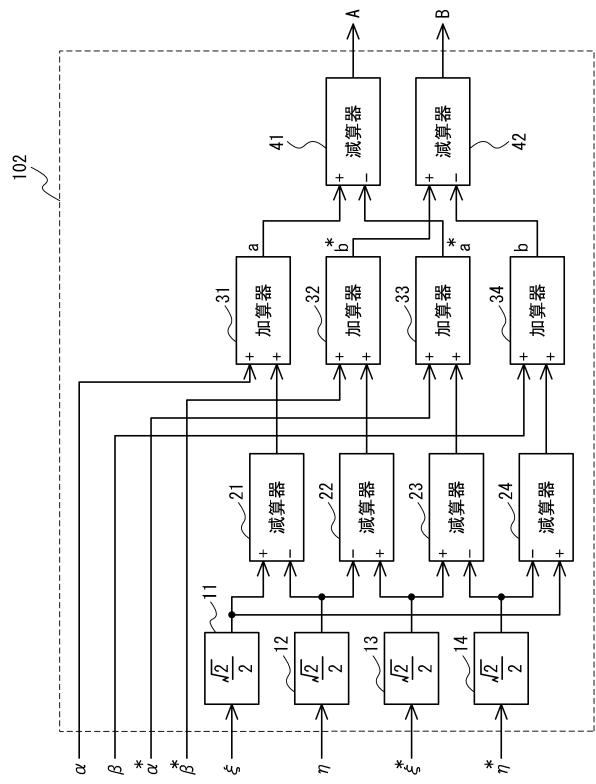
【図 2】



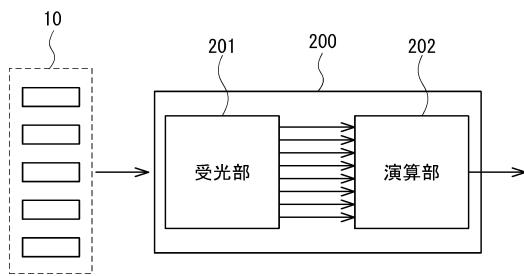
【図 3】



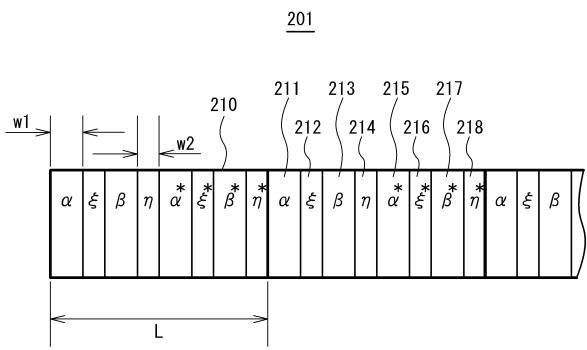
【図4】



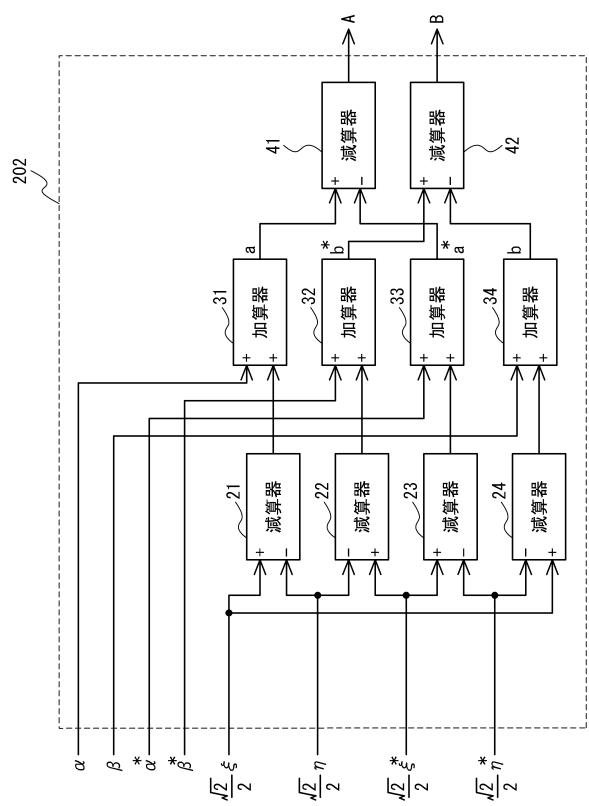
【図5】



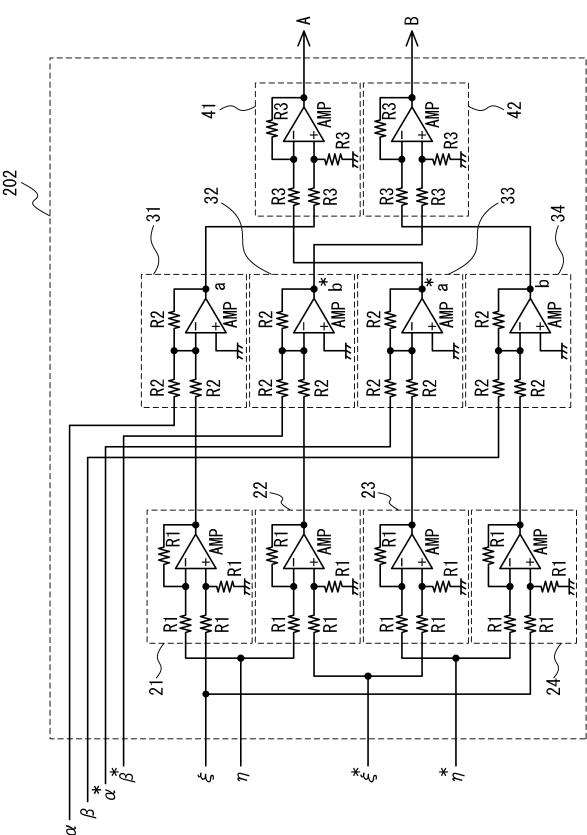
【図6】



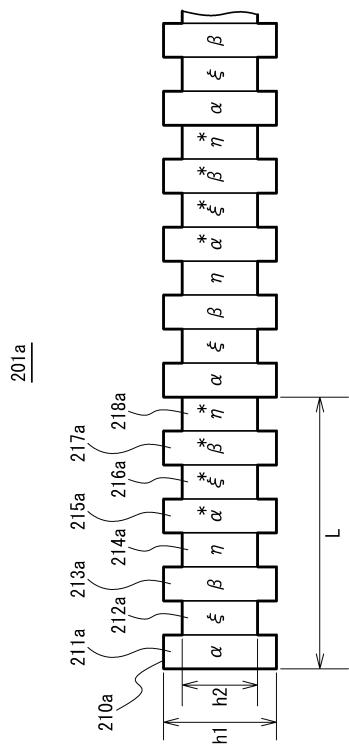
【図7】



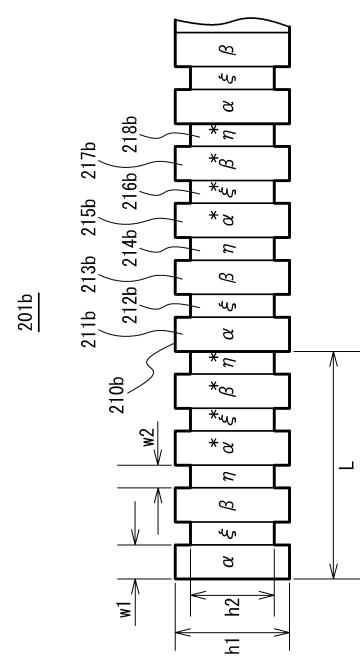
【図8】



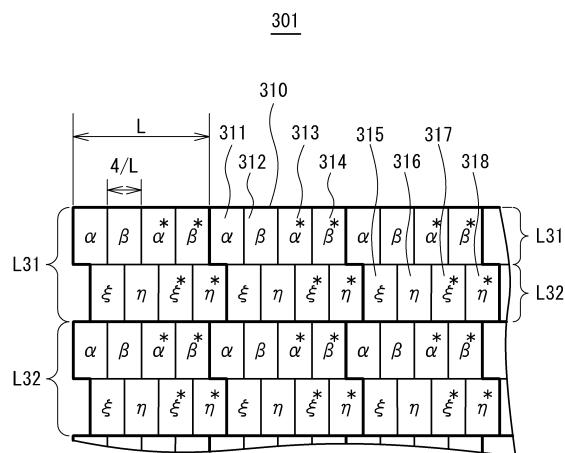
【図9】



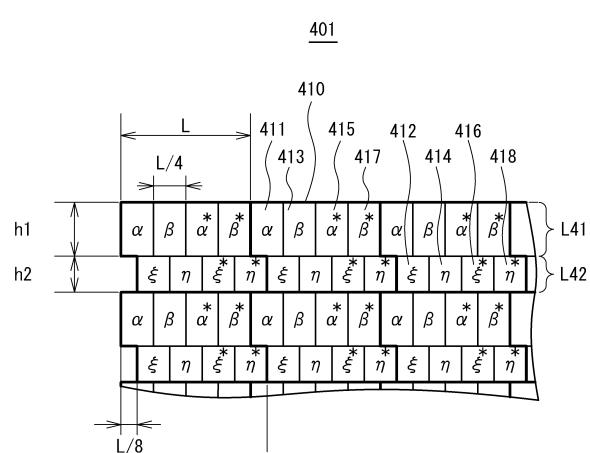
【図10】



【図11】

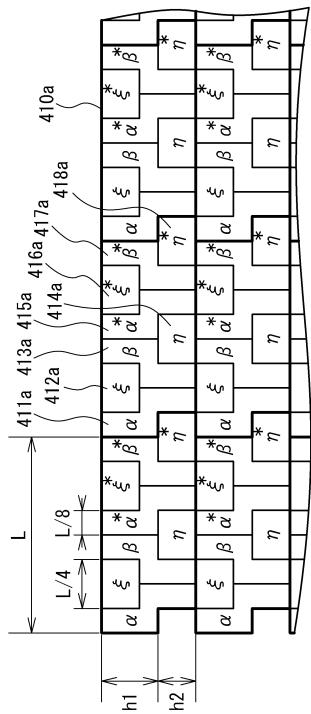


【図12】



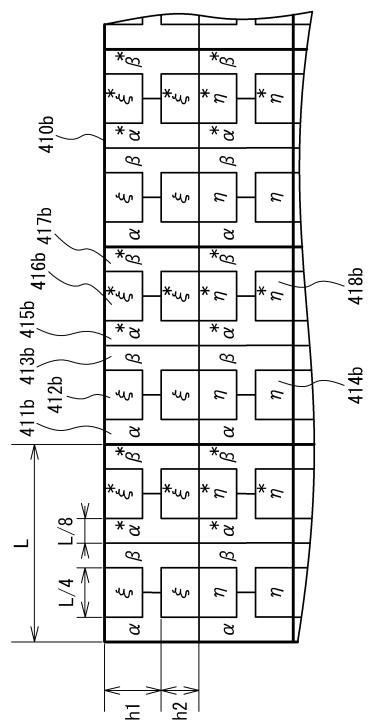
【図13】

401a



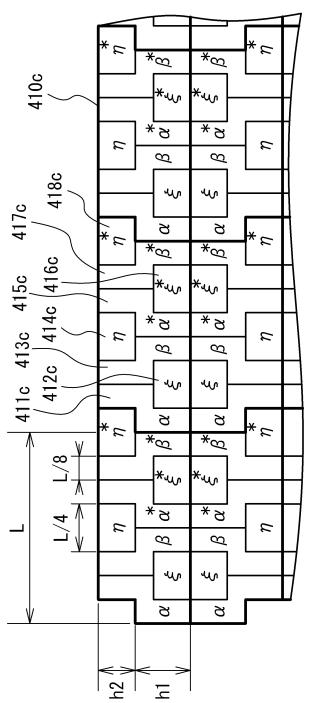
【図14】

401b



【図15】

401c



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特表2005-524050(JP,A)  
特開平11-316137(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G 01 D 5 / 3 6  
G 01 D 5 / 2 4 4  
G 01 D 5 / 3 4 7