

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7080129号
(P7080129)

(45)発行日 令和4年6月3日(2022.6.3)

(24)登録日 令和4年5月26日(2022.5.26)

(51)国際特許分類

G 0 1 C	15/00 (2006.01)	F I	G 0 1 C	15/00	1 0 3 A
G 0 1 C	15/06 (2006.01)		G 0 1 C	15/06	T
G 0 1 D	5/347(2006.01)		G 0 1 D	5/347	1 1 0 A

請求項の数 8 (全29頁)

(21)出願番号 特願2018-144786(P2018-144786)
 (22)出願日 平成30年8月1日(2018.8.1)
 (65)公開番号 特開2020-20673(P2020-20673A)
 (43)公開日 令和2年2月6日(2020.2.6)
 審査請求日 令和3年5月19日(2021.5.19)

(73)特許権者 000220343
 株式会社トプコン
 東京都板橋区蓮沼町75番1号
 (74)代理人 100087826
 弁理士 八木 秀人
 100187182
 弁理士 川野 由希
 (72)発明者 安富 敏
 東京都板橋区蓮沼町75 1 株式会社
 トプコン内
 審査官 櫻井 仁

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 角度検出システムおよび角度検出方法

(57)【特許請求の範囲】**【請求項1】**

測定対象物に取り付けられるエンコーダパターン部と、
 測量装置とを備える角度検出システムであって、
 前記エンコーダパターン部は、
 円柱形状のベース、および該ベースの外周側面に設けられて、所定の基準方向に対する周
 方向の角度を示すエンコーダパターンを備え、
 前記エンコーダパターンは、入射した光を再帰反射する反射材層と、該反射材層の前面に
 配置されたエンコーダパターン層を備え、該エンコーダパターン層は、第1の方向の偏光
 成分を透過する第1の偏光フィルタと、第1の方向とは異なる第2の方向の偏光成分を透
 過する第2の偏光フィルタとの組み合わせにより構成され、
 前記測量装置は、前記エンコーダパターンに向けて読取光を射出する読取光送光部と、前
 記エンコーダパターンが示す情報を、光学的に取得する情報取得部と、前記情報に基づいて、前記基準方向に対する前記測量装置の角度(T)を演算する演算制御部と、前記読取
 光送光部から射出され、前記エンコーダパターンで反射されて前記情報取得部の受光面に
 入射する光の光路上に配置された第1のまたは第2の偏光フィルタを備えることを特徴と
 する角度検出システム。

【請求項2】

前記角度情報部は、前記第1のおよび第2の偏光フィルタをエンコーダパターン部の外周
 側面に周方向に配置することによりビットパターンを示し、

前記演算制御部は、光学的に取得した前記情報を前記エンコーダパターンの周方向に読み取り、読み取り結果をビットパターンに変換し、前記読み取りの結果から前記エンコーダパターンの中央位置を特定し、該中央位置を中心とする所定の領域に含まれる前記ビットパターンを、予め設定されたビットパターンと角度との相関と対比することにより、角度を演算することを特徴とする請求項1に記載の角度検出システム。

【請求項3】

前記角度情報部は、前記第1の偏光フィルタを、広狭2種類の幅の縦線として、M系列により生成されたビットパターンを示すように周方向に配置し、各縦線の間に第2の偏光フィルタを配置したバーコード状のパターンであることを特徴とする請求項1または2に記載の角度検出システム。

10

【請求項4】

前記反射材層は、反射率の異なる第1のおよび第2の反射材を周方向に配置することにより構成され、

前記第1のおよび前記第2の偏光フィルタと、前記第1のおよび前記第2の反射材との組み合わせによってビットパターンを示すことを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の角度検出システム。

【請求項5】

前記情報取得部は、前記エンコーダパターンが示す情報を画像として取得するカメラであることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の角度検出システム。

【請求項6】

前記情報取得部は、前記エンコーダパターンが示す情報を、前記エンコーダパターンにスキャン光を送光し、前記エンコーダパターンからの反射光を受光して受光光量分布として取得するスキャナであることを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の角度検出システム。

20

【請求項7】

前記測定対象物は、前記基準方向に対して周方向に所定の角度(θ_B)で取り付けられており、前記演算制御部は、前記所定の角度(θ_B)および前記エンコーダパターンの読み取角(θ_T)に基づいて、前記測定対象物の前記測量装置に対する角度を演算することを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の角度検出システム。

【請求項8】

30

円柱形状のベース、および該ベースの外周側面に配置されて、所定の基準方向に対する周方向の角度を示すエンコーダパターンを備えるエンコーダパターン部と、情報取得部を備える測量装置とを用いて角度を検出する方法であって、

(a) 前記エンコーダパターン部を前記測定対象物に、エンコーダパターン部の周方向に所定の角度で取り付ける工程、

(b) 前記エンコーダパターンに向けて読み取り光を出射する工程、

(c) 前記情報取得部が、前記エンコーダパターンが示す情報を、光学的に取得する工程および

(d) (c)工程により取得された情報を基づいて、前記測量装置の、前記基準方向に対する方向角を演算し、

40

前記エンコーダパターンは、入射した光を再帰反射する反射材層と、該反射材層の前面に配置されたエンコーダパターン層を備え、該エンコーダパターン層は、第1の方向の偏光成分を透過する第1の偏光フィルタと、第1の方向とは異なる第2の方向の偏光成分を透過する第2の偏光フィルタとの組み合わせにより構成され、

前記測量装置は、前記読み取り光送光部から出射され、前記エンコーダパターンで反射されて前記情報取得部に入射する光の光路上に配置された第1のまたは第2の偏光フィルタを備えることを特徴とする角度検出方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は、角度検出システムおよび角度検出方法に関し、より詳細には、測量に用いられる角度検出システムおよび角度検出方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、絶対角を測定する角度検出装置としてアブソリュートエンコーダが知られている。(例えば、特許文献1参照)。装置に内蔵された円盤に、グレイコードや、M系列コードの規則に従った、スリット等の目盛り模様、いわゆる、アブソリュートエンコーダパターン、を設け、スリットに照射した光の像をイメージセンサ等で受光し、イメージセンサにより得られた像から角位置を演算する。

【0003】

このような角度検出装置では、円盤に対して同軸に接続された入力軸の回転の変位に対応する角位置を測定する。このため、測定対象物に、円盤、発光素子、受光素子および制御部を備える角度検出装置本体を直接取り付けて測定を行う必要がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【文献】特開平05-172588号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、測量の現場では、遠隔にある測定対象物の角度を測定したい場合がある。例えば、建設などの現場で、鉄骨などの部材を遠隔で操作して、指定の方向に設置したい場合などである。このため、遠隔にある測定対象物の角度を測定することができる角度検出装置の提案が求められていた。

【0006】

本発明は、かかる事情を鑑みてなされたものであり、遠隔にある測定対象物の角度を測定することができる技術を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、本発明の一つの態様に係る角度検出システムは、測定対象物に取り付けられるエンコーダパターン部と、測量装置とを備える角度検出システムであって、前記エンコーダパターン部は、円柱形状のベース、および該ベースの外周側面に設けられて、所定の基準方向に対する周方向の角度を示すエンコーダパターンを備え、前記エンコーダパターンは、入射した光を再帰反射する反射材層と、該反射材層の前面に配置されたエンコーダパターン層を備え、該エンコーダパターン層は、第1の方向の偏光成分を透過する第1の偏光フィルタと、第1の方向とは異なる第2の方向の偏光成分を透過する第2の偏光フィルタとの組み合わせにより構成され、前記測量装置は、前記エンコーダパターンに向けて読み取光を出射する読み取光送光部と、前記エンコーダパターンが示す情報を、光学的に取得する情報取得部と、前記情報を基づいて、前記基準方向に対する前記測量装置の角度(γ)を演算する演算制御部と、前記読み取光送光部から出射され、前記エンコーダパターンで反射されて前記情報取得部の受光面に入射する光の光路上に配置された第1のまたは第2の偏光フィルタを備えることを特徴とする。

【0008】

上記態様において、前記角度情報部は、前記第1のおよび第2の偏光フィルタをエンコーダパターン部の外周側面に周方向に配置することによりビットパターンを示し、前記演算制御部は、光学的に取得した前記情報を前記エンコーダパターンの周方向に読み取り、読み取り結果をビットパターンに変換し、前記読み取りの結果から前記エンコーダパターンの中央位置を特定し、該中央位置を中心とする所定の領域に含まれる前記ビットパターンを、予め設定されたビットパターンと角度との相関と対比することにより、角度を演算することも好ましい。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 9 】

また、上記態様において、前記角度情報部は、前記第1の偏光フィルタを、広狭2種類の幅の縦線として、M系列により生成されたビットパターンを示すように周方向に配置し、各縦線の間に第2の偏光フィルタを配置したバーコード状のパターンであることも好ましい。

【 0 0 1 0 】

また、上記態様において、前記反射材層は、反射率の異なる第1のおよび第2の反射材を周方向に配置することにより構成され、前記第1のおよび前記第2の偏光フィルタと、前記第1のおよび前記第2の反射材との組み合わせによってビットパターンを示すことも好ましい。

10

【 0 0 1 1 】

また、上記態様において、前記情報取得部は、前記エンコーダパターンが示す情報を画像として取得するカメラであることも好ましい。

【 0 0 1 2 】

また、上記態様において、前記情報取得部は、前記エンコーダパターンが示す情報を、前記エンコーダパターンにスキャナ光を送光し、前記エンコーダパターンからの反射光を受光して受光光量分布として取得するスキャナであることも好ましい。

【 0 0 1 3 】

また、上記態様において、前記測定対象物は、前記基準方向に対して周方向に所定の角度(θ_B)で取り付けられており、前記演算制御部は、前記所定の角度(θ_B)および前記エンコーダパターンの読み角(θ_T)に基づいて、前記測定対象物の前記測量装置に対する角度を演算することも好ましい。

20

【 0 0 1 4 】

また、本発明の別の態様に係る角度検出方法は、円柱形状のベース、および該ベースの外周側面に配置されて、所定の基準方向に対する周方向の角度を示すエンコーダパターンを備えるエンコーダパターン部と、情報取得部を備える測量装置とを用いて角度を検出する方法であって、(a)前記エンコーダパターン部を前記測定対象物に、エンコーダパターン部の周方向に所定の角度で取り付ける工程、(b)前記エンコーダパターンに向けて読み光を出射する工程、(c)前記情報取得部が、前記エンコーダパターンが示す情報を、光学的に取得する工程および(d)(c)工程により取得された情報に基づいて、前記測量装置の、前記基準方向に対する方向角を演算し、前記エンコーダパターンは、入射した光を再帰反射する反射材層と、該反射材層の前面に配置されたエンコーダパターン層を備え、該エンコーダパターン層は、第1の方向の偏光成分を透過する第1の偏光フィルタと、第1の方向とは異なる第2の方向の偏光成分を透過する第2の偏光フィルタとの組み合わせにより構成され、前記測量装置は、前記読み光送光部から出射され、前記エンコーダパターンで反射されて前記情報取得部に入射する光の光路上に配置された第1のまたは第2の偏光フィルタを備えることを特徴とする。

30

【 0 0 1 5 】

なお、本明細書において、「エンコーダパターン」は、基準点を 0° とする角度情報を有する模様であって、偏光により検出可能な模様を含む。

40

【 0 0 1 6 】

また、本明細書において、用語「エンコーダパターンの基準方向」は、エンコーダパターンの基準点(0°)の方向を意味する。

【 0 0 1 7 】

また、本明細書において、用語「測量装置の、エンコーダパターンの基準方向に対する周方向の角度」は、「エンコーダパターンの 0° の方向に対する、エンコーダパターン部の中心と測量装置を結ぶ直線の間の角」を意味し、この角度が、エンコーダパターンを読みることにより得られる「エンコーダパターンの読み角」である。

【発明の効果】**【 0 0 1 8 】**

50

上記構成によれば、遠隔にある測定対象物の角度を測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る角度検出システムおよび該角度検出システムを備える測量システムの構成ブロック図である。

【図2】同形態の角度検出システムを備える測量システムの外観概略図である。

【図3】上記測量システムに係る計測モジュールの斜視図である。

【図4】(a)は、同形態の角度検出システムに係るエンコーダパターン部の拡大斜視図であり、(b)は、該エンコーダパターン部の断面構造を示す図であり、(c)は、該エンコーダパターン部のエンコーダパターンを基準点で切り開いて平面に展開した図(一部を省略している)である。

10

【図5】(a)～(c)は、同形態の角度検出システムのエンコーダパターン部の製造方法を説明する図である。

【図6】上記計測モジュールの平面図である。

【図7】(a)～(c)は、同形態の角度検出システムのカメラの構成の例を示す図であり、(c)は、読み取光送光部を含む図である。

【図8】上記測量システムによる測定点の測定動作のフローチャートである。

【図9】同形態の角度検出システムを用いた角度検出のフローチャートである。

【図10】(a)は、同形態の角度検出システムのカメラにより取得したエンコーダパターン部周辺の風景画像であり、(b)は、(a)より切り出されたエンコーダパターン部の拡大画像であり、(c)は、(b)を周方向に線状に読み込んで、画素値に変換した結果を示すグラフである。

20

【図11】(a)および(b)は、上記測量システムを用いて視通のない測定点を測定する場合の、反射ターゲットと測定点との位置関係を説明する図である。

【図12】本形態の角度検出システムの1つの変形例に係るエンコーダパターンの斜視図である。

【図13】本発明の第2の実施の形態に係る角度検出システムおよび該角度検出システムを備える測量システムの構成ブロック図である。

【図14】同角度検出システムのスキャナの構成を示すブロック図である。

【図15】同角度検出システムを用いた角度検出のフローチャートである。

30

【図16】(a)は同角度検出システムのスキャン方向を説明する図であり、(b)はスキャンにより得られる受光光量分布を示すグラフである。

【図17】本発明の第3の実施の形態に係る角度検出システムおよび該角度検出システムを備える測量システムの構成ブロック図である。

【図18】同形態に係る角度検出システムを用いた角度検出のフローチャートである。

【図19】(a)～(c)は、同角度検出システムのカメラによる読み込み方向を説明する図である。

【図20】本発明の第4の実施の形態に係る角度検出システムのエンコーダパターンを説明する図であり、(a)は、エンコーダパターン層を、(b)は、反射材層と、(c)は、エンコーダパターン部の断面構造を示す図である。(d)は(c)に示す、エンコーダパターン部に対応する画像を画素値に変換した結果を示す図である。

40

【図21】本発明の第5の実施の形態に係る角度検出システムのエンコーダパターンを説明する図であり、(a)は、エンコーダパターン層を、(b)は、反射材層と、(c)は、エンコーダパターン部の断面構造を示す図である。(d)は(c)に示す、エンコーダパターン部に対応する画像を画素値に変換した結果を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

本発明の好適な実施の形態について、図面を参照しながら説明する。以下の実施の形態の説明において、同一の構成には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。なお、各図において、説明の便宜上構成部品は適宜拡大して模式的に示しており、実際の比率を反映

50

したものではない。

【0021】

1. 第1の実施の形態

1 - 1. 角度検出システムの構成

第1の実施の形態に係る角度検出システム90の構成を図1～4を参照しながら説明する。角度検出システム90は、測量システム100に備えられている。測量システム100は、計測モジュール10と測量装置50とを備える。角度検出システム90は、測定対象物である、距離測定器14の角度を測定するシステムであり、計測モジュール10のエンコーダパターン部13と、測量装置50とで構成される。

【0022】

測量システム100は、測量装置50から視通のない測定点Pを測量するためのシステムである。図2、3に示すように、測量装置50から視通のない測定点Pを測定する場合、仮の測定点として、測量装置50から視通のある点Qを設定し、点Qに支持部材12の先端12Aを当接させつつ支持部材12の鉛直状態を確保し、距離測定器14を両矢印Bの方向に伸縮させて先端14Aを測定点Pに当接させ、反射ターゲット11の測定を行う。

10

【0023】

図2、3に示すように、計測モジュール10は、反射ターゲット11を支持する支持部材12を備え、該支持部材12にエンコーダパターン部13、距離測定器14、傾斜角測定器15、水準器16、制御部17、入力部18、およびモジュール通信部19が取り付けられている。

20

【0024】

反射ターゲット11は、例えば、複数の三角錐状のプリズムを放射状に組み合わせて構成された、いわゆる全方位プリズムであり、その全周(360°)から入射する光を、その入射方向と反対の方向に反射する。すなわち、反射ターゲット11は、測量装置50からの測距光を、測量装置50に向けて反射する。しかし、反射ターゲット11は、全方位プリズムに限定されず、測量用に用いられる通常のプリズムを使用してもよい。

【0025】

支持部材12は、一定の長さをもって延びるポールであり、その中心軸Aが、反射ターゲット11の中心Oを通るように、反射ターゲット11を固定支持している。

【0026】

エンコーダパターン部13は、短尺円柱形状のベース13Aの側面に、エンコーダパターン13Bを設けることにより構成されている。

30

【0027】

ベース13Aは、例えば、金属製または樹脂製の成形体である。また、ベース13Aは、支持部材12の中心軸Aと同軸になるように、例えば、支持部材12の外周に形成されたねじ部(図示せず)と、ベース13Aの中心に形成されたねじ穴(図示せず)を螺合させる等の手段により、支持部材12と反射ターゲット11の間に固定されている。従って、エンコーダパターン部13は、支持部材12を介して、測定対象物である距離測定器14に取り付けられている。

【0028】

図4で、エンコーダパターン13Bは、角度情報を示す角度情報部131と、幅情報を示す幅情報部132とを備える。

40

【0029】

図4(b)は、エンコーダパターン部13の外周側面の断面構造を示す。エンコーダパターン部13は、断面構造において、ベース13Aの外周側面の上に配置された反射材層120と、反射材層120の上に配置されたエンコーダパターン層130とを備える。

【0030】

反射材層120は、例えば、反射膜、ガラスピーズ、および合成樹脂を含み、入射した光を光源に向けて再帰反射する特性を有する反射物質層である。具体的には、市場で入手可能な、反射プリズム型、封入レンズ型、プリズムレンズ型等公知の反射シートを反射材層

50

として用いることができる。

【0031】

エンコーダパターン層130は、第1の方向の偏光成分を透過し、その他の成分を減衰する第1の偏光フィルタ130a、および第1の方向とは異なる第2の方向の偏光成分を透過し、その他の成分を減衰する第2の偏光フィルタ130bの2種類の偏光フィルタの組み合わせにより、角度情報および幅情報に対応するパターンを形成した層である。ここでの、第2の方向は第1の方向と直交する方向であることが好ましいが、これに限定されない。

【0032】

なお、偏光フィルタの材料としては、例えば、ポリビニールアルコール(PVA)フィルムに、ヨウ素化合物分子を吸着配向させて調製した偏光フィルムを用いることができる。

10

【0033】

角度情報部131のパターンについて説明する。一例として図4(c)に示すように、角度情報部131は、幅w₁を有する狭幅の縦線131aと、幅w₂を有する広幅の縦線131bとを、縦線131aを「0」、縦線131bを「1」として、M系列の循環乱数コードを生成し、これを等ピッチpで配置したバーコード状のパターンとなるように、縦線131a, 131bに相当する部分に、第1の偏光フィルタ130aを、各縦線の間に第2の偏光フィルタ130bを配置したものである。また、1周が循環乱数の1周期未満となるように設定されている。

【0034】

エンコーダパターン部13は、エンコーダパターン部13の中心から基準点RPへの方向(以下、「エンコーダパターンの基準方向」という。)RDを0°として、測量装置50により読み取ったパターンから算出する角度(以下、「エンコーダパターンの読み取り角」という。)が、測量装置50の、基準方向RDに対する周方向の角度T、すなわち基準方向RDと測量装置50からエンコーダパターン部の中心軸Aを結ぶ直線との間の絶対角度に対応するように構成されている。

20

【0035】

角度情報部131は、そのビット数を変更することにより、所望の分解能を実現可能に構成されている。

【0036】

なお、ビットパターンは、M系列コードに限らず、グレイコード、純2進バイナリコードなどのビットパターンを用いることができ、これらは、公知手法により生成することができる。しかし、M系列コードを用いると、トラック数を増やすずにビット数を増大することができ、簡単な構成で、高い分解能を実現することができる有利である。

30

【0037】

一方、幅情報部132は、所定の高さh₁を有する第1の帯132aと、同高の第2の帯132bとを備える。第1の帯132a、第2の帯132bは、それぞれ第1の偏光フィルタ130a、第2の偏光フィルタ130bで構成されている。また、第1の帯132a、第2の帯132bはそれぞれエンコーダパターン部13の周方向の全周に亘り延びて、側面から観察した際に、エンコーダパターン部13の幅を示す。

【0038】

40

また、エンコーダパターン部13は、図5(a)～(c)に示すように製造される。

【0039】

(a)まず、短尺の円筒形状のベース13Aを用意する。

【0040】

(b)次に、ベース13Aの外周側面の全周に、反射材層120として、反射シートを貼付する。一方、偏光フィルタ130aおよび130bを上述の通り配置したエンコーダパターン層130を準備する。エンコーダパターン層130は、ポリエチレンテレフタラート(PET)層などの保護層を備えてよい。

【0041】

(c)最後に、エンコーダパターン13Bを、反射材層120の外側にPVA系等の接着

50

剤で貼付して、エンコーダパターン部 13 を形成する。

【 0 0 4 2 】

なお、図示の例では、幅情報部 132 は角度情報部 131 の上方に隣接して配置されている。しかし、角度情報部 131 と幅情報部 132 の位置関係は、これに限定されず、幅情報部 132 が角度情報部 131 の下方に配置されていてもよい。

【 0 0 4 3 】

また、エンコーダパターン部 13 は、反射ターゲット 11 の下方に隣接して配置されている（図 3）。しかし、エンコーダパターン部 13 と反射ターゲット 11 との位置関係は、これに限定されず、エンコーダパターン部 13 が反射ターゲット 11 の中心 O を通る支持部材 12 の中心軸 A と同軸となるように配置されていれば、他の配置であってもよい。

10

【 0 0 4 4 】

すなわち、エンコーダパターン部 13 が反射ターゲット 11 の上方に配置されていてもよい。また、エンコーダパターン部 13 と反射ターゲット 11 とが離間して配置されていてもよい。

【 0 0 4 5 】

距離測定器 14 は、デジタル式の測定棒である。距離測定器 14 は、図 3 の両矢印 B の方向に伸縮自在に構成されている。また、距離測定器 14 は、支持部材 12 の中心軸 A 上の点 R を基点として、点 R を通る水平な H1 軸周りに図 3 の両矢印 C の方向に回動可能に支持部材 12 に取り付けられている。距離測定器 14 は、その基点 R と先端 14A との間の距離、すなわち基点 R と測定点 P との間の距離 l を測定可能であり、測定結果をモジュール通信部 19 へ出力する。

20

【 0 0 4 6 】

また、距離測定器 14 の基点 R と反射ターゲット 11 の中心 O との間の距離 d は予め既知とされている。さらに、距離測定器 14 の、エンコーダパターン 13B の基準方向 RD に対する、支持部材 12 の中心軸 A 周りの角度 θ_B （図 6 参照）は、距離測定器 14 を支持部材 12 に組み付けた時点で測定され、予め既知とされている。

【 0 0 4 7 】

あるいは、距離測定器 14 を、支持部材 12 の中心軸 A 回りに回転可能に取付け、ロータリ - エンコーダなどの回転角測定器を取り付けて、測定可能に構成されていてもよい。

この場合、回転角測定器の 0° に対応する方向と、距離測定器 14 を支持部材 12 に組み付けた際の基準方向 RD との、支持部材 12 の中心軸回りの角度は、距離測定器 14 を組み付けた際に求められ、補正值として、回転角測定器に設定する。このように、回転角測定器 22 は、距離測定器 14 の、エンコーダパターン 13B の基準方向 RD に対する支持部材 12 の中心軸 A 周りの角度 θ_B を測定可能とする。また、回転角測定器の測定データは、モジュール通信部 19 に出力可能とする。

30

【 0 0 4 8 】

距離測定器 14 は、距離 l の測定結果をモジュール通信部 19 へ出力する際、併せて反射ターゲット 11 の中心 O と距離測定器 14 の基点 R との間の距離 d、および距離測定器 14 の支持部材 12 の中心軸 A 周りの角度 θ_B のデータをモジュール通信部 19 へ出力する。

【 0 0 4 9 】

傾斜角測定器 15 は、傾斜センサであり、たとえば、水平液面に検出光を入射させてその反射光の反射角度の変化で水平を検出する傾斜センサ、あるいは封入した気泡の位置变化で傾斜を検出する電子気泡管を用いることができる。

40

【 0 0 5 0 】

傾斜角測定器 15 は、距離測定器 14 と平行に距離測定器 14 に取り付けられている。傾斜角測定器 15 は、距離測定器 14 の水平面（図 3 の H1 - H2 平面）に対する距離測定器 14 の傾斜角（すなわち鉛直方向の角度）を測定し、測定結果をモジュール通信部 19 へ出力する。

【 0 0 5 1 】

水準器 16 は、例えば、円柱状の容器に気泡と液体とを封入した気泡管である。水準器 1

50

6は、気泡が中央の標線内に位置することで、支持部材12の中心軸Aの鉛直状態を確認し得るように、支持部材12に取り付けられている。

【0052】

制御部17は、例えばMPU(Micro·Processing·Unit)である。制御部17は、距離測定器14、傾斜角測定器15、入力部18、およびモジュール通信部19と接続されている。接続は無線通信の手段によりなされてもよい。制御部17は、入力部18から入力された測定実行等の指示に従って、距離測定器14および傾斜角測定器15の測定を実行する。また、計測データを、モジュール通信部19を介して測量装置50に送信する。

【0053】

入力部18は、例えば、ボタンスイッチであり、作業者Uが押圧等することにより、電源ON/OFFや、測定開始等の指示を入力する。

【0054】

モジュール通信部19は、計測モジュール10と測量装置50との間での無線通信を可能とする。モジュール通信部19は、計測モジュール10で取得される計測データを測量装置50の通信部57に送信する。

【0055】

なお本明細書において、計測データは、距離測定器14で取得される距離測定器14の基点Rと測定点Pとの間の距離l、傾斜角測定器15で取得される水平面に対する距離測定器14の傾斜角θ、ならびに予め既知とされている反射ターゲット11の中心Oと距離測定器14の基点Rとの距離d、および距離測定器14のエンコーダパターン13Bの基準方向RDに対する支持部材12の中心軸A周りの角度βを含む。

【0056】

なお、制御部17、入力部18、モジュール通信部19は、図示の例のように計測モジュール10の支持部材に適宜の形態で取り付けられていてもよく、また、リモートコントローラのように別体として構成されていてもよい。

【0057】

次に測量装置50について説明する。

図2に示すとおり、測量装置50は、三脚を用いて既知の点に据え付けられており、下方から、整準部、該整準部の上に設けられた基盤部、該基盤部の上を水平回転する托架部2aと、托架部2aの中央で鉛直回転する望遠鏡2bとを有する。

【0058】

測量装置50は、トータルステーションである。図1に示す通り、測量装置50は、EDM51、水平角検出器52、鉛直角検出器53、カメラ55、追尾部56、通信部57、水平回転駆動部58、鉛直回転駆動部59、記憶部61、入力部62、表示部63、演算制御部64、および読み取り光送光部69を備える。EDM51、水平角検出器52、鉛直角検出器53、カメラ55、追尾部56、通信部57、水平回転駆動部58、鉛直回転駆動部59、記憶部61、入力部62、および表示部63、読み取り光送光部69は、演算制御部64に接続されている。

【0059】

水平角検出器52、鉛直角検出器53、通信部57、水平回転駆動部58、鉛直回転駆動部59、記憶部61、および演算制御部64は托架部2aに収容されている。入力部62および表示部63は托架部2aの外部に設けられている。EDM51、および追尾部56は、望遠鏡2bに収容されており、カメラ55は、望遠鏡2bの上部に取り付けられている。

【0060】

EDM51は、発光素子、測距光学系および受光素子を備える。EDM51は、発光素子から測距光を出射し、反射ターゲット11からの反射光を受光素子で受光して、反射ターゲット11を測距する。

【0061】

10

20

30

40

50

水平角検出器 5 2 および鉛直角検出器 5 3 は、ロータリーエンコーダであり、後述する水平回転駆動部 5 8 および鉛直回転駆動部 5 9 でそれぞれ駆動される托架部 2 a および望遠鏡 2 b の回転軸周りの回転角度を検出し、視準光軸 A の水平角および鉛直角を求める。

【 0 0 6 2 】

E D M 5 1 、水平角検出器 5 2 、および鉛直角検出器 5 3 は、測量装置 5 0 の要部である測量部 5 4 を形成している。

【 0 0 6 3 】

カメラ 5 5 は、情報取得部として機能し、図 7 に示すように、光学系 5 5 A と、撮像素子 5 5 B と、偏光フィルタ 5 5 C とを備える。

【 0 0 6 4 】

光学系 5 5 A は、カメラとして公知の光学系である。撮像素子 5 5 B は、例えば、C C D センサやC M O S センサ等のイメージセンサである。偏光フィルタ 5 5 C は、エンコーダパターン部 1 3 の第 2 の偏光フィルタ (1 3 0 b) と同じ、第 2 の方向の偏光成分を透過する偏光フィルタである。

【 0 0 6 5 】

偏光フィルタ 5 5 C は、読み取り光送光部 6 9 から出射され、エンコーダパターン 1 3 B で反射されて撮像素子 5 5 B の受光面 5 5 B 1 に入射する光の光路上に配置されている。従つて、偏光フィルタ 5 5 C は、図 7 (a) に示すように、撮像素子 5 5 B の受光面 5 5 B 1 の前面に配置されていてもよく、また、図 7 (b) に示すように、光学系 5 5 A の前面に配置されていてもよい。あるいは、図 7 (c) に示すように、読み取り光送光部 6 9 の前面に配置されていてもよい。

【 0 0 6 6 】

カメラ 5 5 は、その光学系 5 5 A を通して撮像素子 5 5 B で光を受光し、その光の像を画像として取得する。したがってカメラ 5 5 は、エンコーダパターン 1 3 B が示す情報を、画像として光学的に取得する。撮像素子 5 5 B は、演算制御部 6 4 に接続されており、取得した画像をデジタルデータに変換して、演算制御部 6 4 に出力する。

【 0 0 6 7 】

また、カメラ 5 5 は、望遠鏡 2 b の上部に、望遠鏡 2 b と平行に取り付けられている。また、カメラ 5 5 は、望遠鏡 2 b で反射ターゲット 1 1 を視準している状態で、反射ターゲット 1 1 との位置関係が固定されているエンコーダパターン部 1 3 を視準するように構成されている。このために、カメラ 5 5 が、回転駆動部を備え、演算制御部 6 4 の制御に従つて、撮影をおこなう際に上下左右に回動可能に構成されていてもよい。

【 0 0 6 8 】

読み取り光送光部 6 9 は、発光素子を備え、E D M 5 1 と光学系を共有し、エンコーダパターン部 1 3 に向けて光を出射する。

【 0 0 6 9 】

追尾部 5 6 は、追尾光を出射する発光素子、および例えばC C D センサやC M O S センサ等のイメージセンサである受光素子を備え、測距光学系と光学要素を共有する追尾光学系を備える。追尾部 5 6 は、測距光とは異なる波長の赤外レーザ光を追尾対象物 (ターゲット) に投射し、該追尾対象物からの反射光を受光し、受光結果に基づいて追尾対象物の追尾を行う様に構成されている。

【 0 0 7 0 】

追尾部 5 6 は、追尾機能を必要としない場合には必須ではなく省略することができる。また、追尾部 5 6 を備える場合には、追尾部 5 6 にカメラ 5 5 の機能を組み込み、独立したカメラ 5 5 を省略することもできる。

【 0 0 7 1 】

通信部 5 7 は、計測モジュール 1 0 のモジュール通信部 1 9 との無線通信を可能とする。

通信部 5 7 は、モジュール通信部 1 9 から、計測データを受信する。

【 0 0 7 2 】

水平回転駆動部 5 8 および鉛直回転駆動部 5 9 はモータであり、演算制御部 6 4 に制御さ

10

20

30

40

50

れて、それぞれ托架部 2 a を水平回転させ、望遠鏡 2 b を鉛直回転させる。

【 0 0 7 3 】

記憶部 6 1 は、 R O M (R e a d · O n l y · M e m o r y) および R A M (R a m d a m · A c c e s s · M e m o r y) を備える。

【 0 0 7 4 】

R O M には、測量装置 5 0 全体の動作に必要なプログラムおよびデータを格納する。これらプログラムは、R A M に読み出されて演算制御部 6 4 による実行が開始され、測量装置 5 0 の各種処理を行う。

【 0 0 7 5 】

R A M は、反射ターゲット中心点 O の三次元位置座標、測定点 P の三次元位置座標、および測量装置の方向角 τ を演算するためのデータを一時的に保持する。

10

【 0 0 7 6 】

入力部 6 2 は、例えば、操作ボタンである。作業者は、入力部 6 2 に、測量装置 5 0 に実行させるための指令を入力したり、設定の選択を行ったりすることができる。

【 0 0 7 7 】

表示部 6 3 は、例えば、液晶ディスプレイであり、演算制御部 6 4 の指令に応じて測定結果、演算結果等種々の情報を表示する。また、入力部 6 2 より、作業者が入力を行うための設定情報や作業者により入力された指令を表示する。

【 0 0 7 8 】

なお、入力部 6 2 と表示部 6 3 とを一体的に構成して、タッチパネル式ディスプレイとしてもよい。

20

【 0 0 7 9 】

演算制御部 6 4 は、C P U (C e n t r a l · P r o c e s s i n g · U n i t) 、 G P U (G r a p h i c a l · P r o c e s s i n g · U n i t) を備える。演算制御部 6 4 は、測量装置 5 0 の機能を発揮するための種々の処理を行う。具体的には、回転駆動部 5 8 , 5 9 を制御し、追尾部 5 6 による自動追尾を行う。また、E D M 5 1 を制御し、反射ターゲットの測距データを取得する。また、水平角検出器 5 2 , 鉛直角検出器 5 3 の値から、反射ターゲット 1 1 の測角データを取得する。また、測距データおよび測角データから、反射ターゲット 1 1 の中心 O の三次元位置座標を演算する。また、カメラ 5 5 を制御して、画像の取得を行う。

30

【 0 0 8 0 】

また、演算制御部 6 4 は、機能部として、エンコーダパターン読取部 6 5 、方向角演算部 6 6 、および測定点座標演算部 6 7 を備えている。

【 0 0 8 1 】

エンコーダパターン読取部 6 5 は、カメラ 5 5 で取得した画像から、エンコーダパターンを認識し、エンコーダパターン 1 3 B をビットパターンに変換する。

【 0 0 8 2 】

方向角演算部 6 6 は、エンコーダパターン読取部 6 5 の読み取り結果に基づいて、エンコーダパターン 1 3 B の基準方向 R D に対する測量装置 5 0 の方向角 τ を演算する。

【 0 0 8 3 】

測定点座標演算部 6 7 は、計測モジュール 1 0 の計測データ、エンコーダパターン 1 3 B の基準方向 R D に対する測量装置 5 0 の方向角 τ および測距データと測角データから演算される反射ターゲット 1 1 の中心 O の三次元位置座標 O (x_p , y_p , z_p) から測定点 P の三次元位置座標 P (X , Y , Z) を演算する。

40

【 0 0 8 4 】

各機能部は、ソフトウェアとして構成されていてもよいし、専用の演算回路によって構成されていてもよい。また、ソフトウェア的に構成された機能部と、専用の演算回路によつて構成された機能部が混在していてもよい。

【 0 0 8 5 】

図8は、本実施の形態にかかる測量システム100を用いて、測量装置50から視通のない測定点Pについて測量を実施する場合の、測量装置50および計測モジュール10の動作のフローチャートである。

【0086】

まず、測定開始ボタンを押す等することにより、視通のない測定点を測定するモードでの測定が開始すると、ステップS101では、測量部54が、反射ターゲット11の中心Oを測定する。

【0087】

具体的には、EDM51が反射ターゲット11に向けて測距光を送出し、反射ターゲット11から反射された反射測距光を受光して、測量装置50から反射ターゲット11までの距離を測定する。また、水平角検出器52および鉛直角検出器53が、反射ターゲット11の角度を測定する。

10

【0088】

次に、ステップS102では、演算制御部64が、ステップS101で取得した、距離データおよび角度データに基いて、公知の手法により、反射ターゲット11の中心Oの座標O(xp, yp, zp)を演算する。演算結果は、記憶部61に記憶される。

【0089】

次に、ステップS103では、カメラ55が、望遠鏡2bの視準方向の画像を撮像して、計測モジュール10のエンコーダパターン13Bを読み取る。エンコーダパターン13Bの読み取りについては後述する。

20

【0090】

次に、ステップS104では、演算制御部64が、ステップS103での、エンコーダパターン部13の読み取り結果に基いてエンコーダパターン13Bの基準方向RDに対する測量装置50の方向角Tを演算する。演算結果は記憶部61に記憶される。

【0091】

次に、ステップS105で、演算制御部64は計測モジュール10からの計測データの受信を待機する。

【0092】

一方、計測モジュール10では、計測モジュール側作業者Uが、測量装置側作業者からの合図などに応じて、計測モジュールの測定開始ボタンを押す等することにより測定が開始する。次に、ステップS201では、距離測定器14が、距離測定器14の基点Rから測定点Pまでの距離lを測定し、測定結果データを、反射ターゲット11の中心Oと距離測定器14の基点Rとの距離d、および支持部材12の中心軸周りの角度Bのデータと共に、モジュール通信部19に出力する。

30

【0093】

次に、ステップS202では、傾斜角測定器15が、距離測定器14の基点Rを通る水平面に対する距離測定器14の傾斜角θを測定し、測定結果データをモジュール通信部19に出力する。

【0094】

なお、ステップS201, S202の処理は必ずしもこの順で行う必要はなく、同時にあってもよく、逆の順序で行ってもよい。

40

【0095】

次に、ステップS203では、モジュール通信部19が、計測モジュール10の計測データとして、距離測定器14の基点Rと測定点Pとの間の距離l、水平面に対する距離測定器14の傾斜角θ、反射ターゲット11の中心Oと距離測定器14の基点Rとの間の距離d、および距離測定器14のエンコーダパターン13Bの基準方向RDに対する支持部材12の中心軸A周りの角度Bを測量装置50に送信する。

【0096】

なお、距離測定器14のエンコーダパターン13Bの基準方向RDに対する支持部材12の中心軸A周りの角度Bが固定ではなく、回転角測定器により測定可能となっている場

50

合には、ステップ S 2 0 3 以前に、角度 B を測定し、モジュール通信部 1 9 に出力する。

【 0 0 9 7 】

また、ステップ S 2 0 3 におけるデータの送信は、必ずしもステップ S 2 0 1 , S 2 0 2 の両方の処理の後に全ての計測データを送信する必要はなく、ステップ S 2 0 1 , S 2 0 2 のそれぞれが終了した後に、各ステップで取得されるデータを測量装置 5 0 に送信することとしてもよい。

【 0 0 9 8 】

そして、計測モジュール 1 0 から送信された計測データが、測量装置 5 0 に受信されると、ステップ S 1 0 6 では、演算制御部 6 4 が、計測データおよび測定点方向角 T に基いて、測定点座標 P (X , Y , Z) を演算する。測定点座標の演算については後で詳述する。

10

【 0 0 9 9 】

次に、ステップ S 1 0 7 において、測量装置 5 0 では、演算により求められた測定点座標 P (X , Y , Z) を表示部 6 3 に表示して測定を終了する。

【 0 1 0 0 】

1 - 3 . 角度の検出（エンコーダパターンの読み取り）

図 9 は、角度検出システム 9 0 における、角度検出のフローチャートであり、上記ステップ S 1 0 3 およびステップ S 1 0 4 に対応する処理の一例を示す。ステップ S 1 0 3 においてエンコーダパターンの読み取りが開始すると、測量装置 5 0 では以下の動作を実行する。

10

【 0 1 0 1 】

角度の検出を開始すると、ステップ S 3 0 1 で、読み取り光送光部 6 9 は、読み取り光を送光する。次にステップ S 3 0 2 で、カメラ 5 5 が、エンコーダパターン部 1 3 周辺の風景画像を撮像する。

20

【 0 1 0 2 】

次に、ステップ S 3 0 3 では、エンコーダパターン読み取り部 6 5 が、取得した画像から、エンコーダパターン部 1 3 の範囲 8 1 を認識して矩形に切り出す（図 1 0 (b) ）。

【 0 1 0 3 】

次に、ステップ S 3 0 4 において、エンコーダパターン読み取り部 6 5 は、ステップ S 3 0 2 において切り出したエンコーダパターン部 1 3 の範囲 8 1 の画像を、エンコーダパターン 1 3 B の周方向に線状に読み込む。例えば、図 1 0 (b) に示すように、I ~ V の位置で線状の読み込み、画素値に変換する。

30

【 0 1 0 4 】

上述の通り、カメラ 5 5 の撮像素子 5 5 B の前面には、第 2 の偏光フィルタ 1 3 0 b と同じ偏光フィルタ 5 5 C が配置されている。このため、読み取り光送光部 6 9 から送光され、エンコーダパターン部 1 3 で反射された光のうち、第 2 の方向の偏光成分は、偏光フィルタ 5 5 C を透過するが、その他の成分の光は、偏光フィルタ 5 5 C により減衰される。

【 0 1 0 5 】

したがって、第 2 の偏光フィルタ 1 3 0 b で構成される領域 1 3 1 c および第 2 の帯 1 3 2 b で反射した光は、カメラ 5 5 側の偏光フィルタ 5 5 C を透過して、対応する部分は明るい像となる。一方、第 1 の偏光フィルタで構成される縦線 1 3 1 a , 1 3 1 b および第 1 の帯 1 3 2 a で反射した光は、カメラ 5 5 側の偏光フィルタ 5 5 C により減衰されるため、対応する部分は暗い像となる。

40

【 0 1 0 6 】

画素値は、暗いと値が小さくなり、明るいと値が大きくなる。このため、I ~ V の各位置における読み込みの結果（以下、「画素列 I ~ V 」という。）は、例えば、図 1 0 (c) のように表すことができる。

【 0 1 0 7 】

読み込み間隔は、例えば、図 1 0 (b) に示すように、予め、ステップ S 3 0 1 で得られるエンコーダパターン部 1 3 の画像および、エンコーダパターン部 1 3 に関する既知の情報から、画像における幅情報部 1 3 2 の第 1 の帯 1 3 2 a および第 2 の帯 1 3 2 b の高さ h 1 (図 4 (b)) および縦線 1 3 1 a , 1 3 1 b の高さ h 2 (図 4 (b)) を概算で算出

50

し、読み込み間隔が、高さ h_1 よりも小さく、かつ高さ h_2 の $1/2$ よりも短い間隔 h_3 に設定することが好ましい。このようにすれば、角度情報部 131 および幅情報部 132 を確実に捕捉することができる。

【0108】

次に、ステップ S305 では、ステップ S304 の読み込み結果から、幅情報部 132 の読み取り結果を抽出する。具体的には、所定のしきい値よりも小さな画素値となる部分を第1の偏光フィルタ 130a に対応する部分と判断し、所定のしきい値よりも大きな画素値となる部分を第2の偏光フィルタ 130b に対応する部分と判断して、暗い部分と明るい部分の少なくとも一方が、一定の長さで連続している画素列を幅情報部 132 の読み取り結果と判断する。

10

【0109】

この結果、図 10(c)において、画素列 I および II が幅情報部 132 に相当することがわかる。そして、検出されたエンコーダパターン 13B の幅（エンコーダパターン部 13 の直径）L から、L を 2 等分する位置を、エンコーダパターン 13B の中心位置 A を特定する。幅情報部 132 を備えると、例えば、エンコーダパターン部 13 の背景が暗かつたり明るかつたりして、エンコーダパターン 13B の像と背景との境界が不明瞭な場合であっても、少なくとも一方の帯が検出できれば、エンコーダパターン 13B の中心位置を正確に求めることができる。

【0110】

次に、ステップ S306 では、ステップ S304 での線状の読み込み結果から、画素列間の相関を算出し、相関性が所定の値よりも高いものを、角度情報部 131 の読み取り結果として抽出する。

20

【0111】

図 10(c) の例では、画素列 III ~ V は、画素値のパターンが高い相関性を有している。したがって、画素列 III ~ V が角度情報部 131 の読み込み結果であることがわかる。

【0112】

そして、抽出した画素列 III ~ V の画素値を垂直方向に加算して平均値を算出する。その結果が所定のしきい値よりも小さな部分を縦線と判断し、各縦線の幅を求める。次に、求めた幅の値が、狭幅、広幅のいずれの縦線に該当するかを判断し、狭幅のものをビット「0」すなわち縦線 131a、広幅のものをビット「1」すなわち縦線 131b として読み取る。このように、複数の画素列から、平均値として画素値を算出すると、例えば、画素列 IV のように位置のずれた画素列が生じたとしても、位置のずれの影響を低減し、読み取り精度を向上することができる。

30

【0113】

なお、エンコーダパターン部 13 は、円柱状であるため、縦線幅 w_1 , w_2 およびピッチ p が、中心から遠ざかるにつれて実際の幅よりも狭く観察される。例えば、図 4(a)において、中央付近の広幅の縦線 131b₁ は、その幅 w_{2a} が、図 4(b)における広幅の縦線 131b の幅（実際の幅） w_2 とほぼ等しい幅で観察される。一方、中央部から最も遠い広幅の縦線 131b₂ は、その幅 w_{2b} が、実際の幅 w_2 よりも狭く観察される。幅 w_1 およびピッチ p についても同様である。したがって、幅 w_1 および w_2 は、配置によって観察される幅が変化するという影響を考慮して幅 w_1 と幅 w_2 の変化の範囲が重複しないように設定されていることが好ましい。

40

【0114】

次に、ステップ S307 に移行して、方向角演算部 66 が、ステップ S305 において求めたエンコーダパターン 13B の中心位置 A を中央として左右に伸びる所定幅 R の領域のビットパターン、すなわち所定幅 R の領域に含まれる所定のビット数（例えば、10本）の縦線で示されるビットパターンと、記憶部 61 に記憶されたビットパターンと角度との相関と対比することにより、エンコーダパターン 13B の基準方向 RD に対する周方向の角度、すなわち、基準方向 RD に対する測量装置 50 の方向角 T を求める（その後、ステップ S105 に移行する。）。

50

【 0 1 1 5 】

なお、エンコーダパターン 13B の読み取り動作の他の一例として、ステップ S 306 における角度情報部 131 の抽出を、ステップ S 304 の周方向直線状の画像の読み込み結果から各画素列の周波数スペクトルを算出し、空間上の周波数におけるピークの場所が、ビットパターンを示す黒い縦線のピッチ p に相当する場合に、当該画素列を、角度情報部 131 のデータとして抽出することにより行ってもよい。

【 0 1 1 6 】

また、カメラ 55 側の偏光フィルタ 55C をエンコーダパターン 13B の第 2 の偏光フィルタ 130b ではなく、第 1 の偏光フィルタ 130a で構成してもよい。その場合、ステップ S 304 の読み込みで得られる画素列は図 10 (c) と上下が逆転する状態となるため、画素値が所定のしきい値よりも大きな部分を縦線と判断し、各縦線の幅を求めるように設定してもよい。10

【 0 1 1 7 】

また、カメラ 55 を、自動ズーム機能を備えるように構成し、ステップ S 101 で、被写体として認識した、エンコーダパターン部 13 の大きさに合わせて、広角側または狭角側へ焦点距離を切り替えて、エンコーダパターン 13B の画像の大きさが距離に関わらず一定になるように構成してもよい。

【 0 1 1 8 】

このように構成すると、測量装置 50 から計測モジュール 10 までの距離に関わらず、ステップ S 304 におけるエンコーダパターン 13B の読み取りに適した大きさの画像を切り出すことが可能となり、距離に伴う読み取り誤差の発生を防止することができる。20

【 0 1 1 9 】

このように、本実施の形態に係る角度検出システム 90 によれば、遠方にある測定対象物にエンコーダパターン部 13 を取付け、測量装置 50 に備えたカメラ 55 でエンコーダパターン 13B を読み取り、測量装置 50 の演算制御部 64 で角度の演算を行うので、遠隔にある測定対象物の角度を、発光装置やイメージセンサなどを含む比較的複雑な角度検出装置本体を測定対象物に取り付けることなく遠隔から測定することができる。

【 0 1 2 0 】

さらに、本実施の形態においては、エンコーダパターン 13B の基準方向と、測定対象物との角度を予め既知、または測定可能としておくことにより、測量装置と測定対象物との角度の関係を遠隔から測定することも可能である。30

【 0 1 2 1 】

また、角度検出システム 90 に適用した場合においては、測定対象物である距離測定器 14 を備える計測モジュール 10 はモジュール通信部 19 を備えるが、単に、エンコーダパターン 13B の基準方向に対する測量装置の方向角 τ を知りたい場合においては、このような通信手段も必要とせずリアルタイムに角度の測定を行うことができる。

【 0 1 2 2 】

また、エンコーダパターン部 13 は、測定対象物の外側に取り付けられるものであるため、取付けが容易である。さらに、エンコーダパターン部 13 は、簡単な構造であるため製造も容易である。40

【 0 1 2 3 】**1 - 4 . 測定点座標の演算**

次に、測定点座標 P (X , Y , Z) の演算方法について説明する。図 11 (a) は、反射ターゲットの中心 O および測量装置 50 を通る鉛直平面における、反射ターゲット 11 の中心 O 、距離測定器 14 の基点 R 、および測定点 P の関係を示す図である。

【 0 1 2 4 】

また、図 11 (b) は、水平面における反射ターゲット 11 の中心 O 、距離測定器 14 の基点 R 、および測定点 P の関係を示す図である。

【 0 1 2 5 】

ここで、 X 軸は、距離測定器 14 の基点 R から測量装置 50 の方向へ伸びる水平方向を示す。

10

20

30

40

50

し、y 軸はx 軸に直交する水平方向を示し、z 軸は、支持部材12 の中心軸A 方向、すなわち鉛直方向を示す。

【0126】

まず、図11(a)より、反射ターゲットの中心Oと測定点Pと間のx 軸方向の距離l'が、x 軸に対する、測定点の角度 α 、および距離測定器14の基点Rと測定点Pとの間の距離lを用いて、式1で求められる。

$$l' = l \cdot \cos \alpha \quad \cdots \text{式1}$$

【0127】

また、反射ターゲットの中心Oと測定点Pとの間のz 軸方向の距離は、 $d + l \cdot \sin \alpha$ で求められる。

10

【0128】

次に図10(b)より、x 軸に対する測定点Pの方向角 α が、エンコーダパターン13Bの基準方向RDに対する測量装置の方向角 α_T およびエンコーダパターン13Bの基準方向RDに対する距離測定器14の方向角 α_B を用いて式2により求められる。

$$\alpha = \alpha_T + \alpha_B \quad \cdots \text{式2}$$

【0129】

したがって、反射ターゲットの中心Oに対する、測定点Pのオフセット値を(x_o, y_o, z_o)とすると、(x_o, y_o, z_o)の値は、それぞれ、式3, 4, 5より求められる。

$$x_o = l' = l \cdot \cos \alpha \quad \cdots \text{式3}$$

20

$$y_o = l' \cdot \sin \alpha \quad \cdots \text{式4}$$

$$z_o = d + l \cdot \sin \alpha \quad \cdots \text{式5}$$

【0130】

このように求められた測定点Pのオフセット値(x_o, y_o, z_o)と、点Oの座標O(x_p, y_p, z_p)とから、点Pの座標P(X, Y, Z)が、式6のように求められる。
 $P(X, Y, Z) = (x_p + x_o, y_p + y_o, z_p + z_o) \quad \cdots \text{式6}$

【0131】

このように、本実施の形態に係る測量システム100によれば、反射ターゲットの測定と同時に、反射ターゲットと測定点との水平角、鉛直角および距離の関係についての測定を行い、その結果に基づいて自動的に補正演算を行うので、測定点が測量装置から直接視認できない場合でも、その座標を測量現場でリアルタイムに確認することができる。

30

【0132】

1 - 5 . 変形例 1

図12は、上記実施の形態の1つの変形例に係る、エンコーダパターン部13aの斜視図である。図12に示すように、エンコーダパターン部13a、幅情報部132を備えていない。このように幅情報部132は必須ではなく、幅情報部132を備えなくてもよい。この場合、ステップS303において、角度情報部131の縦線131a, 131bの高さ h_2 の半分よりも短い間隔で、水平方向の直線状の読み込みを行い、その結果から、エンコーダパターン13Baの左右の境界を検出し、エンコーダパターン13Baの中心を求めるよ。

40

【0133】

しかし、図4のように、幅情報部132を備えると、例えば、エンコーダパターン部13の背景が、明るかったり、暗かったりして、エンコーダパターン13Bと、背景との境界が不明瞭な場合であっても、エンコーダパターン13Bの中心位置を正確に求めることができるので有利である。

【0134】

2 . 第2の実施の形態

2 - 1 . 角度検出システムの構成

図13は、本発明の第2の実施の形態に係る角度検出システム290を備える測量システム200の構成ブロック図である。

50

【 0 1 3 5 】

測量システム 200 は、測量システム 100 と同様に、計測モジュール 10 および測量装置 250 を備える。しかし、測量装置 250 は情報取得部として機能するカメラを備えず、それに代えて、スキャナ 70 を備える点で異なる。従って、角度検出システム 290 は、距離測定器 14 に取り付けられたエンコーダパターン部 13 と、スキャナ 70 、および演算制御部 264 を備える測量装置 250 とにより構成されている。

【 0 1 3 6 】

スキャナ 70 は、図 14 に示すように、読取光送光部として機能する送光部 71 、回動ミラー 72 、ミラー回転駆動部 73 、ミラー回転角検出器 74 、受光部 75 、および制御部 76 を備え、例えば、望遠鏡 2b の上部に、少なくとも鉛直軸周りにスキャン可能に設けられている。

10

【 0 1 3 7 】

スキャナ 70 は、送光部 71 からエンコーダパターン部 13 に向けて、スキャン光として例えば赤外レーザ光を送光し、ミラー回転駆動部 73 により回動ミラー 72 を回転駆動することで、少なくとも水平方向（エンコーダパターン部 13 の周方向）にスキャン光を複数回スキャンし、エンコーダパターン 13B からの反射光をフォトダイオード等での受光部 75 で受光し、スキャンデータとして、受光光量分布を取得する。すなわち、エンコーダパターンの示す情報を、受光光量分布として光学的に取得する。

【 0 1 3 8 】

また、スキャナ 70 の制御部 76 は、測量装置 250 の演算制御部 264 と電気的に接続されており、スキャナ 70 は演算制御部 264 の制御に従って、スキャンを実行する。

20

【 0 1 3 9 】

受光部 75 は、例えばフォトダイオードである。受光部 75 の受光面の前面には、エンコーダパターン 13B を構成する第 2 の偏光フィルタ 130b と同じ、第 2 の偏光成分を透過し、その他の成分を減衰する偏光フィルタ 77 が設けられている。

【 0 1 4 0 】

しかし、偏光フィルタ 77 の配置は、第 1 の形態に係るカメラ 55 の偏光フィルタ 55C と同様に、送光部 71 から出射され、エンコーダパターン 13B で反射されて受光部 75 の受光面に入射する光の光路上に配置されればよい。従って、スキャナ 70 が備える、図示しない光学系の前面に配置されていてもよく、送光部 71 の前面に配置されていてもよい。

30

【 0 1 4 1 】**2 - 2 . 角度の検出（エンコーダパターンの読み取り）**

測量システム 200 を用いて、測量装置 250 から視通のない測定点 P について測量を実施する場合の動作における、エンコーダパターン 13B の基準方向 RD に対する測量装置 250 の方向角 T の検出において、角度検出システム 290 は、第 1 の実施の形態のステップ S301 ~ S307 に代えて、図 15 の動作を行う。

【 0 1 4 2 】

角度の検出を開始すると、ステップ S401 では、エンコーダパターン読取部 265 の制御により、スキャナ 70 はエンコーダパターン部 13 に対して、例えば図 16 (a) に示すようにスキャン光を走査する。

40

【 0 1 4 3 】

次に、ステップ S402 では、スキャナ 70 の受光部が、スキャンデータとして受光光量分布を取得し、エンコーダパターン読取部 65 に出力する。

【 0 1 4 4 】

ここで、エンコーダパターン 13B で反射された光のうち、第 1 の偏光フィルタ 130a で構成される縦線 131a , 131b および第 1 の帯 132a で反射された光は、第 1 の方向の偏光成分であるため、スキャナ 70 の偏光フィルタ 77 で減衰される。一方第 2 の偏光フィルタ 130b で構成される領域 131c および第 2 の帯 132b で反射された光は第 1 の方向に直交する第 2 の方向の偏光成分であるため、スキャナ 70 の偏光フィルタ

50

77を透過する。

【0145】

この結果、I～Vの各位置における受光光量分布は、例えば、図16(b)のようになる。得られる受光光量分布は、第1の実施の形態における、画素列と同様の挙動を示す。従って、以下の処理は、第1の実施の形態におけるステップS305～S307と同様の処理である。

【0146】

ステップS403では、ステップS402で取得した受光光量分布から、幅情報部132の読み取り結果を抽出する。

【0147】

次に、ステップS404では、ステップS402で取得した受光光量分布から、幅各位置における受光光量分布の相関を算出し、相関性が所定の値よりも高いものを、角度情報部131の読み取り結果として抽出する。

【0148】

次に、ステップS405では、方向角演算部66が、ステップS403で求めたエンコーダパターン13Bの中心位置Aを中心として左右に伸びる所定幅Rに含まれるビットパターン、すなわち所定幅Rの領域に含まれる所定のビット数(例えば、10本)の縦線で示されるビットパターンと、記憶部61に記憶されたビットパターンと角度との相関とを対比することにより、エンコーダパターン13Bの基準方向RDに対する測量装置250の方向角Tを求める(その後、ステップS105に移行する)。

【0149】

このように、カメラ55に代えて、スキャナ70を用いても、実施の形態1の角度検出システム90と同様の効果を奏すことができる。また、スキャナ70を用いると、レーザ光の反射光を用いて、エンコーダパターン13Bを読み取るので、受光光量が大きくなり、遠距離や、光量の少ない状況の測定においても十分なコントラストを得ることができる。

【0150】

また、スキャナを用いると、複数回のスキャンにより読み取りを行うので、目的により、スキャン回数を増やす等して、読み取り精度を向上することができる。

【0151】

3. 第3の実施の形態

図17に示すように、第3の実施の形態に係る角度検出システム390は、第1の実施の形態に係る測量システム100と同一の測量システム300に備えられており、反射ターゲット11を構成要素として含む。測量システム300と測量システム100の機械的構成は同一であるので、機械的構成についての詳細な説明は省略する。

【0152】

一方、第3の実施の形態に係る角度検出システム390では、角度検出における動作が角度検出システム90とは以下のように異なる。図18は、第3の実施の形態に係る角度検出システムにおける、角度検出のフローチャートである。

【0153】

角度の検出を開始すると、ステップS501では、ステップS301と同様にカメラ55が、エンコーダパターン部13を含むエンコーダパターン部13周辺の風景画像80を取得する。

【0154】

次に、ステップS502では、エンコーダパターン読み取り部65が、ステップS101で取得した反射ターゲット11の測距データ、および記憶部61に記憶された、既知であるエンコーダパターン部13の寸法に基づいて画像におけるエンコーダパターン13Bの範囲81を特定し、矩形に切り出す。このようにすると、エンコーダパターンの読み取りに最適な大きさに画像を切り出すことができ、読み取り精度が向上する。

【0155】

次に、ステップS503では、ステップS101で取得した、反射ターゲットの測角デー

10

20

30

40

50

タに基づいて、読み込み方向を設定する。これは、カメラ 5 5 とエンコーダパターン部 1 3 との鉛直方向の位置関係による、画像に現れるエンコーダパターン部 1 3 の見え方への影響を考慮したものである。

【 0 1 5 6 】

具体的には、カメラ 5 5 がエンコーダパターン部 1 3 よりも高い位置にある場合には、図 19 (a) に示すように、下に凸に湾曲した形状に観察され、カメラ 5 5 がエンコーダパターン部 1 3 よりも低い位置にある場合には、図 19 (b) に示すように、上に凸に湾曲した形状に観察される。この結果、読み込みが不完全となったり、読み取ったパターンの幅にも違いが生じたりする虞がある。

【 0 1 5 7 】

そこで、予め、測角データに対応するエンコーダパターン部の側面形状を算出し、算出結果を記憶部 6 1 に記憶させておき、ステップ S 5 0 3 において、ステップ S 1 0 1 で取得した測角データに基づいて、取得される画像におけるエンコーダパターン部 1 3 の側面形状を求め、側面形状に対応して、底面または上面の外周縁と平行になるように読み込み方向を設定する。例えば、エンコーダパターン部 1 3 の画像が図 19 (a) に示すような状態の場合には、図 19 (c) の I a ~ V a に示すように、底面または上面の外周縁と平行になるように、曲線状に読み込むように設定する。

10

【 0 1 5 8 】

次に、ステップ S 5 0 4 において、エンコーダパターン読取部 6 5 は、ステップ S 5 0 2 において切り出したエンコーダパターン 1 3 B の範囲 8 1 の画像を、エンコーダパターン部 1 3 の周方向に線状に読み込む。ここで、読み込みの間隔 h_3 は、反射ターゲット 1 1 の測距データ、および記憶部 6 1 に記憶された、既知であるエンコーダパターン部 1 3 の寸法に基づいて、エンコーダパターン部の寸法およびステップ S 3 0 3 同様に、高さ h_1 よりも小さく、かつ高さ h_2 の $1 / 2$ よりも短い間隔 h_3 に設定される。このようにすると、幅情報部 1 3 2 および角度情報部 1 3 1 を確実に捕捉することができる間隔を正確に求めることができ、読み取り精度が向上する。

20

【 0 1 5 9 】

次に、ステップ S 5 0 5 では、ステップ S 5 0 4 の読み込み結果から、幅情報部 1 3 2 の読み取り結果を抽出する。具体的には、所定のしきい値よりも小さな画素値となる黒色部分および所定のしきい値よりも大きな画素値となる白色部分の少なくとも一方が、ステップ S 1 0 1 で取得した反射ターゲット 1 1 の測距データ、および既知のエンコーダパターン部の寸法から算出される、エンコーダパターン部の直径 L に相当する長さで連続している場合に、当該画素列が、幅情報部 1 3 2 に相当すると判断する。

30

【 0 1 6 0 】

次に、ステップ S 5 0 6 では、ステップ S 3 0 5 と同様に、ステップ S 5 0 4 の読み込み結果から、角度情報部 1 3 1 に該当する画素列を抽出する。

【 0 1 6 1 】

その後、ステップ S 5 0 7 に移行して、ステップ S 3 0 6 と同様にして、方向角演算部 6 6 が、エンコーダパターン 1 3 B の基準方向 R D に対する測量装置 5 0 の方向角 τ を求める（その後、ステップ S 1 0 5 へ移行する）。

40

【 0 1 6 2 】

このように、角度検出システムに、反射ターゲットを備え、測量装置として、トータルステーションを用いれば、画像の切り出し、読み込み方向等の設定を、トータルステーションで測定した距離に基づいて行うことができるので、読み込みの精度が向上する。

【 0 1 6 3 】

本実施の形態において、カメラ 5 5 を、特開 2 0 1 6 - 1 3 8 8 0 2 号公報に開示されているように、測量部の光学系と光学系を共有した狭角カメラをさらに備え、測量部により取得した測距データに基づいて算出される反射ターゲット 1 1 の距離に応じて、カメラ 5 5 と、狭角カメラとを切り替え可能に構成してもよい。

【 0 1 6 4 】

50

上記構成によれば、測量装置 50 から計測モジュール 10 までの距離に関わらず、ステップ S302 におけるエンコーダパターン 13B の読み取りに適した大きさの画像を切り出すことが可能となり、距離に伴う読み取り誤差の発生を防止することができる。

【0165】

また、第 2 の実施の形態と同様に、本実施の形態においても、カメラ 55 に代えてスキャナ 70 を用いてもよい。

【0166】

4. 第 4 の実施の形態

図 20 は、第 4 の実施の形態に係る、角度検出システム（図示せず）の、エンコーダパターンの角度情報部 431 の構成を説明する図である。本実施の形態に係る、角度検出システムの機械構成は、エンコーダパターンの角度情報部 431 を除き、第 1 の実施の形態に係る角度検出システム 90 と同様であるのでその詳細な説明は省略する。

10

【0167】

図 20 (c) に示すように、角度情報部 431 は、断面構造において、ベース 413A の外周側面上に配置された反射材層 420 と反射材層 420 の上に配置されたエンコーダパターン層 430 とを備える。

【0168】

反射材層 420 の材質としては、第 1 の実施の形態と同様の、市場にて入手可能な再帰反射シート等を用いることができる。反射材層 420 は、2 種類の反射材 420a、および 420b を組み合わせて構成されている。反射材 420a と 420b とは、例えば、表面を保護する樹脂層の違いなどにより反射率が異なり、例えば、前者の反射率が低く、後者の反射率が高い。

20

【0169】

一方エンコーダパターン層 430 には、第 1 の実施の形態と同様に第 1 の方向の偏光成分を透過する第 1 の偏光フィルタ 430a と、第 1 の方向と直交する第 2 の方向の偏光成分を透過する第 2 の偏光フィルタ 430b とが、それぞれ等幅で、周方向に連続するように等ピッチ p で配置されている。

30

【0170】

そして、エンコーダパターン層の各偏光フィルタと、反射シートの位置が合致するようになっている。

【0171】

カメラ 55 の撮像素子 55B の前面には、第 1 の実施の形態と同様に、第 2 の偏光フィルタ 430b と同じ偏光フィルタ 55C が配置されている。この結果、カメラ 55 により取得される画像の画素値は、反射材層 420 の反射材とエンコーダパターン層 430 の偏光フィルタの組み合わせに応じて、表 1 および図 20 (d) に示すような、画素値を示す。

【0172】

【表 1】

表 1 反射材と偏光フィルタの組み合わせによる画素値の違い

	反射率	第 1 の偏光フィルタ 430a		第 2 の偏光フィルタ 430b	
		c	a	b	a
第 1 の反射材 420a	高い	c	a	b	a
第 2 の反射材 420b	低い	c	a	b	a

40

【0173】

このように、反射材と偏光フィルタとの組み合わせに応じて、3 通りの画素値を示すようになる。そこで、まず、ビット「-1」、「0」、「1」の 3 値による、M 系列のコードパターンを、エンコーダパターンの基準方向からの角度に対応するように生成する。つい

50

で、3通りの画素値の値に応じた、反射材と偏光フィルタとの組み合わせに、ビット「-1」、「0」、「1」を割りあてて、コードパターンを示すように反射材420a, 420bおよび偏光フィルタ430a, 430bを配置して、エンコーダパターン413Bが構成されている。

【0174】

したがって、反射材と偏光フィルタとの組み合わせによっても、エンコーダパターンを形成しても、実施の形態1と同様に、遠隔から測定対象物の角度を測定できるという効果を奏することができる。

【0175】

しかも、本実施の形態によれば、1ピッチに2つの値を割り当てることができるので、1ピッチに1つの値を割り当てた場合と比較して、同じ分解能でも読み取り幅Rを短くすることができる。すなわち、エンコーダパターン部の中心軸Aに近い領域を読み取ることができるので、配置によって観察されるパターンのピッチや幅が変化するという、エンコーダパターン部の形状に基づく影響を受けにくくなる。しかも、ピッチを小さくするわけではないため、パターンが細かくなることに起因する読み取り精度への悪影響も生じない。

【0176】

5. 第5の実施の形態

図21は、第5の実施の形態に係る角度検出システム(図示せず)の、エンコーダパターン513Bの角度情報部531の構成を説明する図である。本実施の形態に係る、角度検出システムの機械構成は、角度情報部531を除き、第1の実施の形態に係る角度検出システム90と同様であるので、その詳細な説明は省略する。

【0177】

図21(a)に示すように、角度情報部531のエンコーダパターン層530は、第1の方向の偏光成分を透過し、第1の方向に直交する第2の方向の偏光成分を減衰する、第1の偏光フィルタと、第2の方向の偏光成分を透過し、第1の方向の偏光成分を減衰する第2の偏光フィルタで構成されている。エンコーダパターン層530では、第1の実施の形態に係るエンコーダパターン層130と同様に、幅w1を有する狭幅の縦線に対応する第1の偏光フィルタ530aと、幅w2を有する広幅の縦線に対応する第1の偏光フィルタ530aとを等ピッチpで配置し、第1の偏光フィルタ間に第2の偏光フィルタを配置して、構成されている。

【0178】

また、図21(b)に示すように、反射材層520は、反射材層420と同様に、反射率の異なる、2種類の反射材520a, 520bで構成されている。例えば、前者の反射率が低く、後者の反射率が高い。

【0179】

反射材は、図21(c)に示すように、エンコーダパターン層530の第2の偏光フィルタ530b、第1の偏光フィルタ530aの下に、反射材520aまたは520bのいずれかが配置されるようになっている。

【0180】

また、カメラ55の撮像素子55Bの前面には、第4の実施の形態とは逆に、第1の偏光フィルタ530aと同じ偏光フィルタ55Cが配置されている。この結果、カメラ55により取得される画像の画素値は、反射材層520の反射材とエンコーダパターン層530の偏光フィルタの組み合わせに応じて、表2および図21(d)に示すような、画素値を示す。

【0181】

10

20

30

40

50

【表2】

表2 反射材と偏光フィルタの組み合わせによる画素値の違い

	反射率	第1の偏光フィルタ	第2の偏光フィルタ
		530a	530b
第1の反射材520a	高い	a	c
第2の反射材520b	低い	b	c

10

【0182】

等ピッチpで配置された第1の偏光フィルタ530aは、a, b2通りの画素値の値を有する。また、第1の偏光フィルタ530aはw₁, w₂の2種類の幅を有するため、幅と画素値との組み合わせは、図21(d)に示す、4通りのパターンがある。そこで、まず、ビット「0」、「1」、「2」、「3」の4値による、M系列のビットパターンを、エンコーダパターンの基準方向からの角度に対応するように生成する。ついで、第1の偏光フィルタ530aの幅と画素値の組み合わせによる4つのパターンをビット「0」、「1」、「2」、「3」に割り当てて、ビットパターンを示すように、反射材520a, 520bおよび偏光フィルタ530a, 530bを配置して、エンコーダパターン513Bの角度情報部531を構成する。

20

【0183】

このように、幅の異なる偏光フィルタと、反射強度の異なる反射材とを組み合わせることによっても、エンコーダパターンの角度情報部531を構成することができ、第1の実施の形態に係る角度検出装置と同様の効果を奏することができる。

【0184】

以上、本発明の好ましい実施の形態について述べたが、上記の実施の形態および実施例は本発明の一例であり、それぞれの構成を当業者の知識に基づいて組み合わせることが可能であり、そのような形態も本発明の範囲に含まれる。

【符号の説明】

【0185】

30

- 11 反射ターゲット
- 14 距離測定器(測定対象物)
- 13, 13a エンコーダパターン部
- 13A, 413A, 513A ベース
- 13B, 413B, 513B エンコーダパターン
- 19 モジュール通信部
- 50, 250 測量装置
- 55 カメラ(情報取得部)
- 55C 偏光フィルタ
- 57 通信部
- 64, 264 演算制御部
- 69 読取光送光部
- 70 スキャナ(情報取得部)
- 71 スキャナの送光部(読み取り光送光部)
- 77 偏光フィルタ
- 90, 290, 390 角度検出システム
- 120, 420, 520 反射材層
- 130, 430, 530 エンコーダパターン層
- 130a, 430a, 530a 第1の偏光フィルタ
- 130b, 430b, 530b 第2の偏光フィルタ

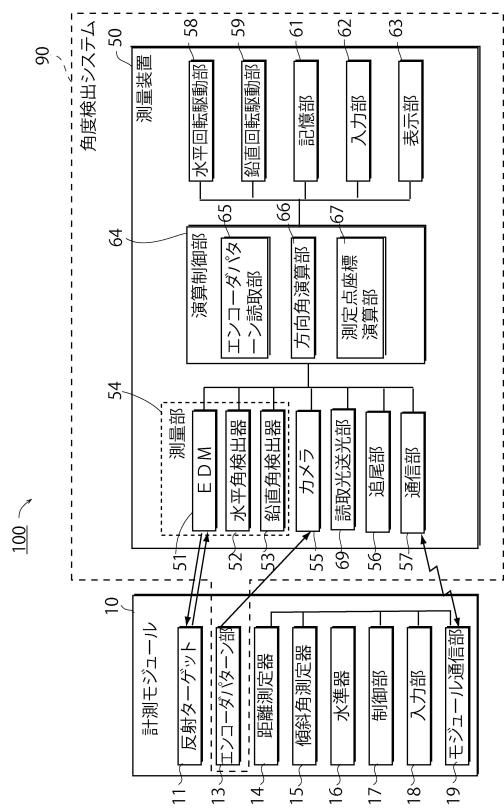
40

50

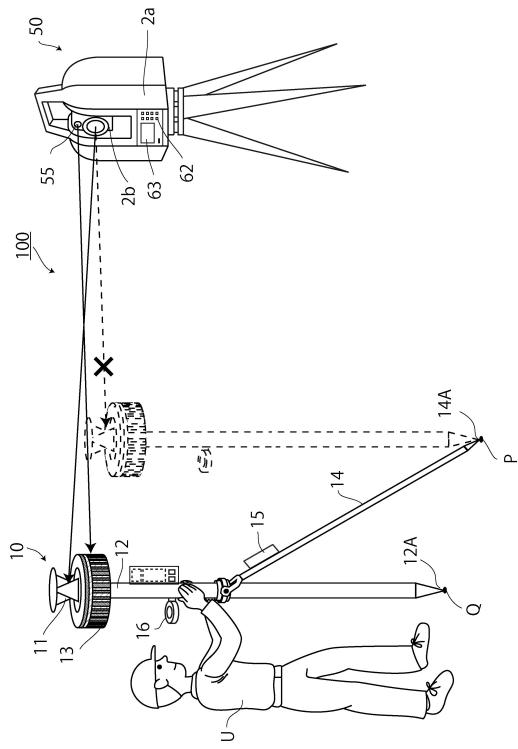
131, 431, 531 角度情報部

【図面】

【図1】



【図2】



10

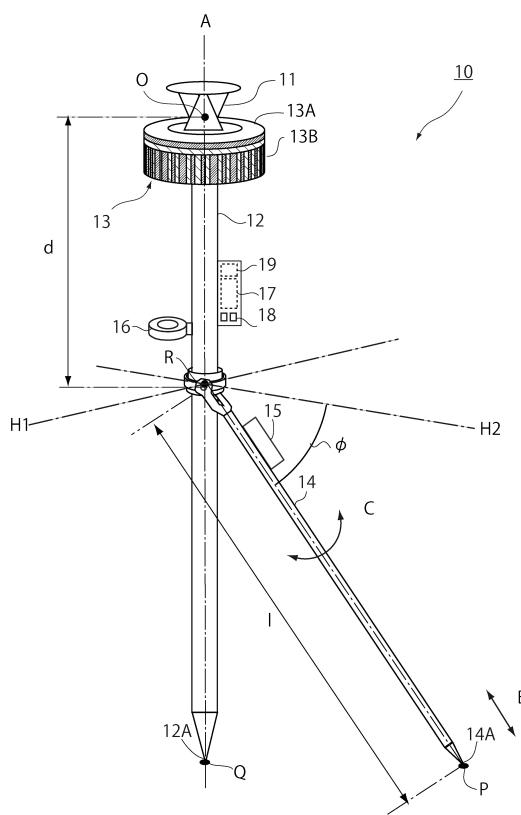
20

30

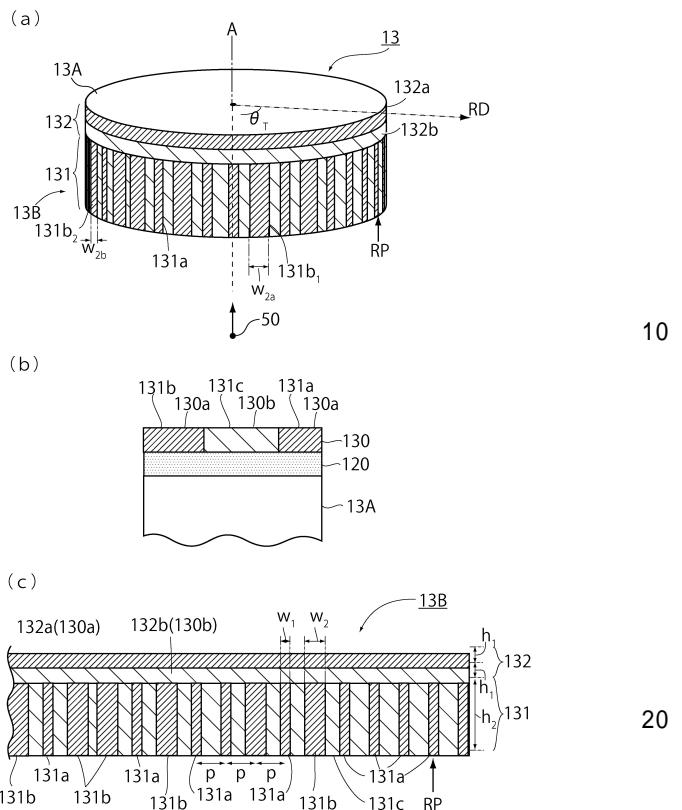
40

50

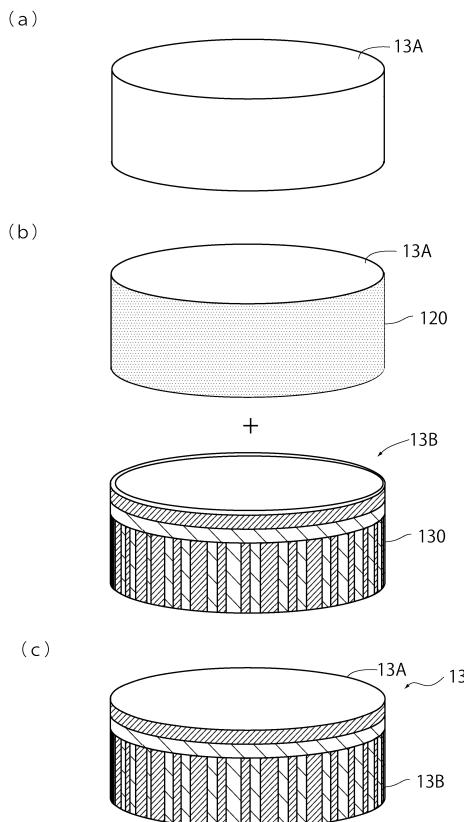
【図3】



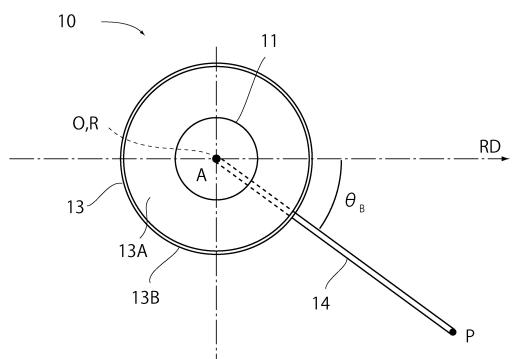
【図4】



【図5】



【図6】



40

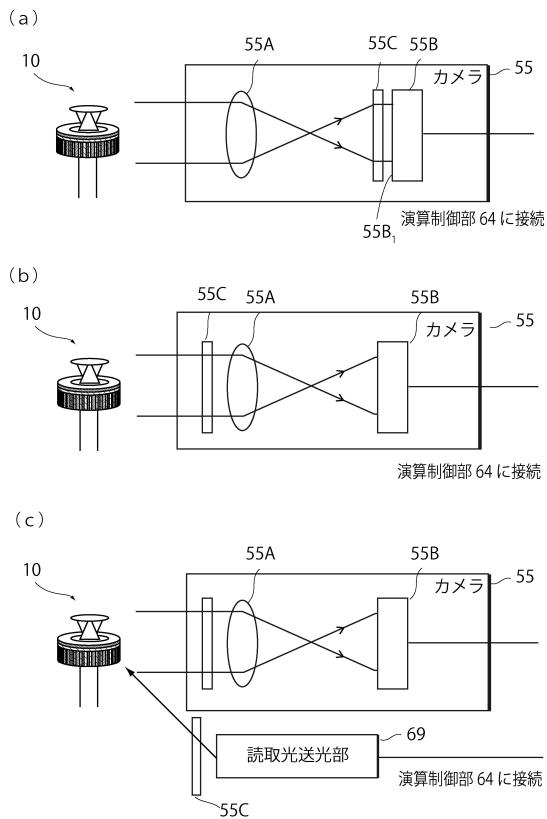
30

10

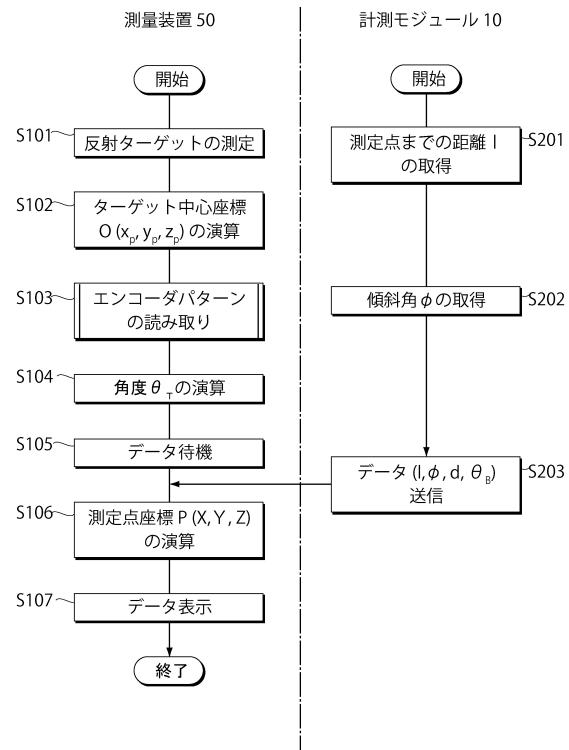
20

50

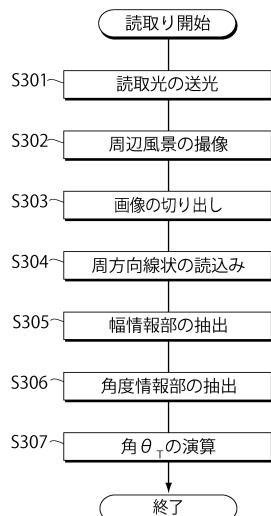
【図 7】



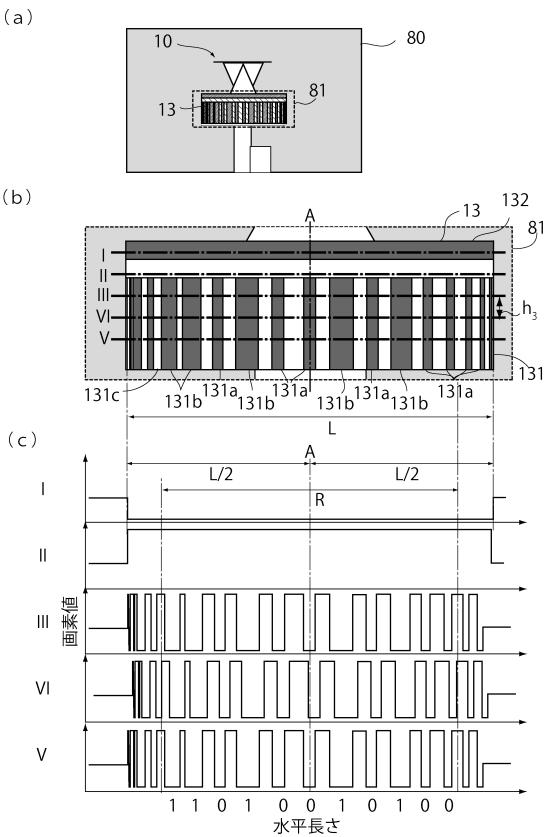
【図 8】



【図 9】



【図 10】



10

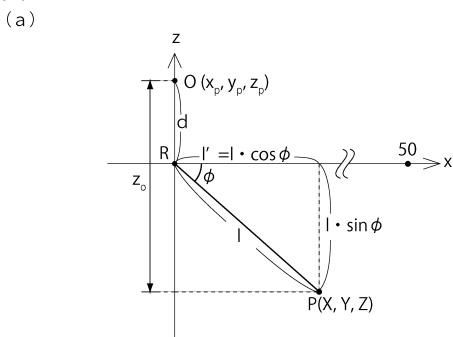
20

30

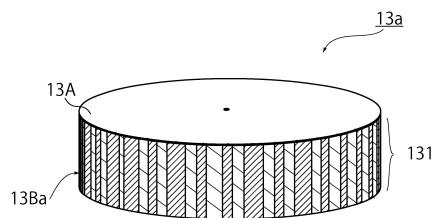
40

50

【図 1 1】

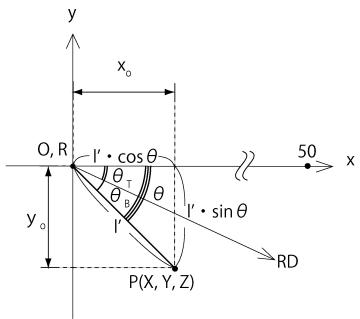


【図 1 2】



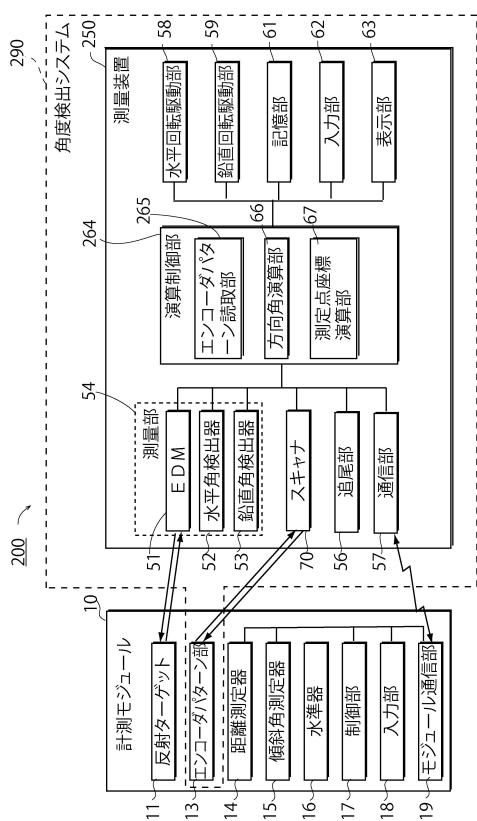
10

(b)

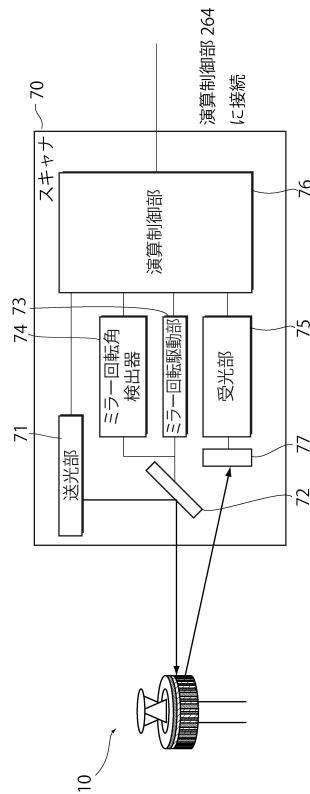


20

【図 1 3】



【図 1 4】



30

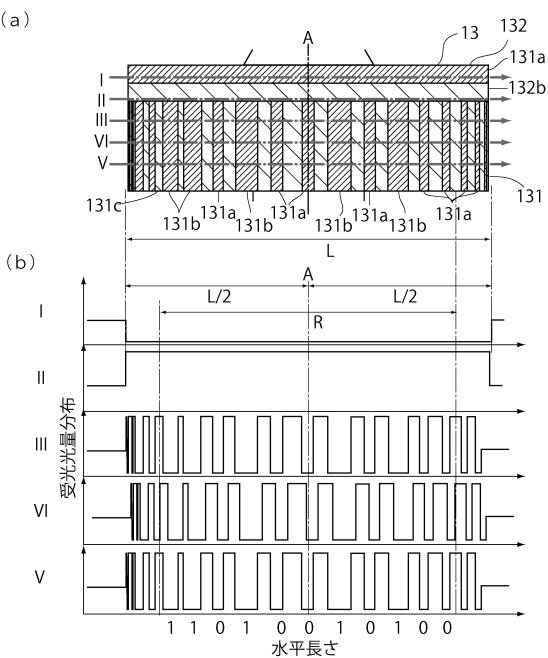
40

50

【図 15】



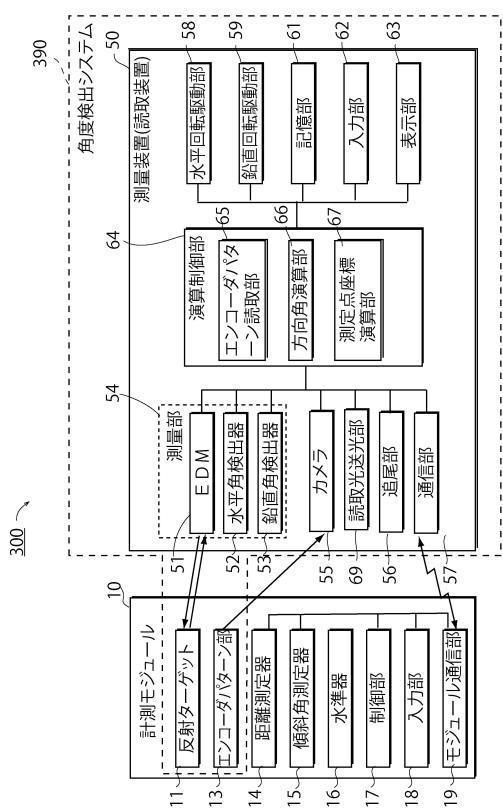
【図 16】



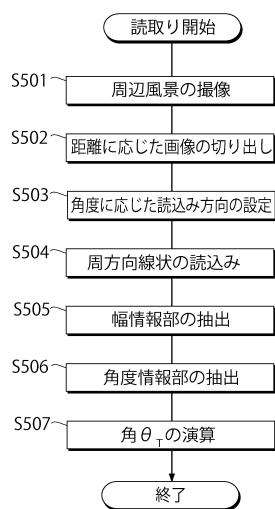
10

20

【図 17】



【図 18】

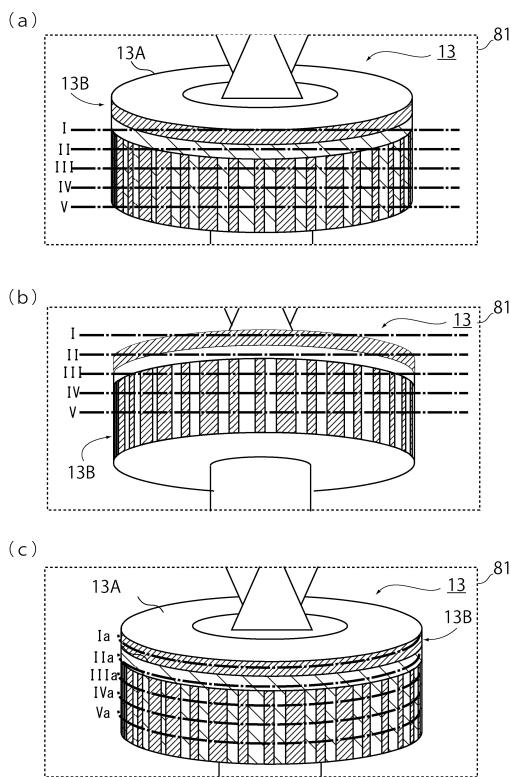


30

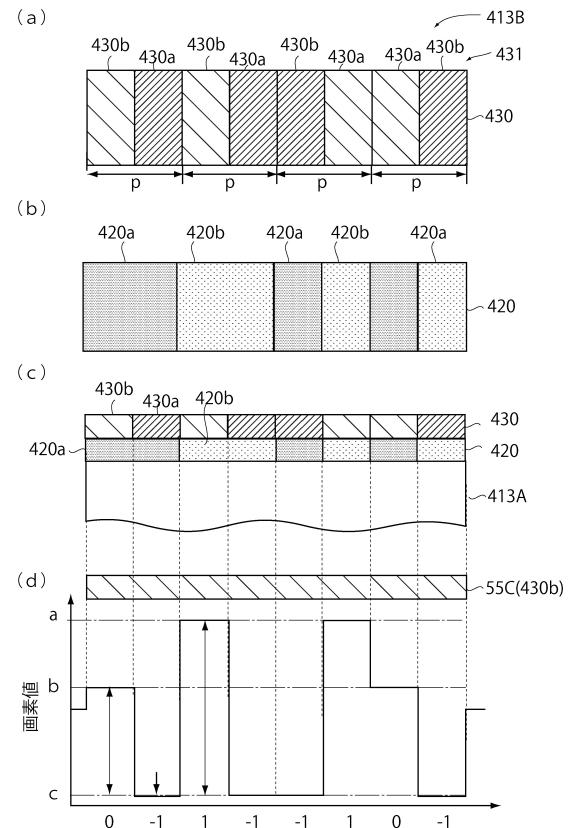
40

50

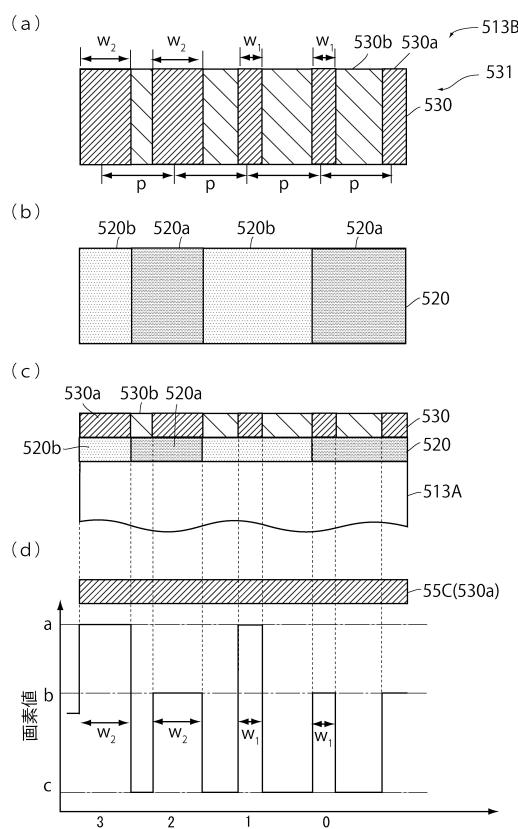
【図19】



【図20】



【図21】



20

30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許出願公開第2016/0178406(US,A1)

特開2019-105515(JP,A)

特開2019-020209(JP,A)

特開2016-145791(JP,A)

特開平07-139942(JP,A)

特開昭60-080707(JP,A)

米国特許出願公開第2009/0024325(US,A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G01C 15/00

G01C 15/06

G01D 5/347