

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5081014号
(P5081014)

(45) 発行日 平成24年11月21日(2012.11.21)

(24) 登録日 平成24年9月7日(2012.9.7)

(51) Int. Cl. F I
GO 1 C 15/06 (2006.01) GO 1 C 15/06 T
GO 1 C 15/00 (2006.01) GO 1 C 15/00 I O 3 A

請求項の数 12 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2008-47039 (P2008-47039)	(73) 特許権者	000220343 株式会社トブコン 東京都板橋区蓮沼町75番1号
(22) 出願日	平成20年2月28日(2008.2.28)	(74) 代理人	100082670 弁理士 西脇 民雄
(65) 公開番号	特開2009-204449 (P2009-204449A)	(72) 発明者	大谷 仁志 東京都板橋区蓮沼町75番1号株式会社トブコン内
(43) 公開日	平成21年9月10日(2009.9.10)	(72) 発明者	伊藤 忠之 東京都板橋区蓮沼町75番1号株式会社トブコン内
審査請求日	平成23年2月15日(2011.2.15)	審査官	須中 栄治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ターゲット及びこれを用いた三次元形状測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

測定対象物に設置されて点群データの基準値を得るためのターゲットであって、枠によって囲まれかつターゲット中心を有する小円と、前記枠によって包囲されかつ前記小円の中心と同心で前記小円を包囲する大円とを有し、前記枠と前記大円との間の反射領域部が反射率が最も低い低輝度反射領域部とされ、前記大円と前記小円との間の円形周辺領域部が反射率が最も高い高輝度反射領域部とされ、前記小円の内側の円形中心領域部が反射率が前記低輝度反射領域部の反射率より高く前記高輝度反射領域部の反射率よりも低い中間の反射率を有する中輝度反射領域部とされていることを特徴とするターゲット。

【請求項2】

前記小円のターゲット中心の位置に前記低輝度反射領域部の反射率と同程度の反射率を有するマークが形成されていることを特徴とする請求項1に記載のターゲット。

【請求項3】

前記枠の各辺に前記中心位置で仮想的に交差して合致しかつ前記中輝度反射領域部の反射率と同程度の反射率を有するマークが形成されていることを特徴とする請求項2に記載のターゲット。

【請求項4】

前記中輝度反射領域部が測距に用いられることを特徴とする請求項3に記載のターゲット。

【請求項5】

請求項 1 に記載のターゲットが配設された測定対象物に向けてパルスレーザー光を射出する発光部と、前記測定対象物を水平方向にスキャンさせるための駆動部と、前記測定対象物を垂直方向にスキャンさせるための駆動部と、前記水平方向及び垂直方向スキャンにより請求項 1 に記載のターゲットの中心座標と該ターゲットまでの距離を求めることにより請求項 1 に記載の中心位置の三次元座標を求めると共に、求められた三次元座標に基づき測定対象物をスキャンすることにより得られた点群データを合成処理する制御部と、前記測定対象物の撮像用の画像受光部を備え、

前記制御部は、前記測定対象物のスキャンエリアをスキャンして請求項 1 に記載のターゲットを探索して測定対象物の各点からの反射レーザー光と請求項 1 に記載のターゲットの各点からの反射レーザー光とを含む点群データを取得してターゲットを探索するターゲット探索処理ステップと、該ターゲット探索処理ステップにより得られた点群データに基づきターゲットスキャン範囲を指定してターゲットスキャン範囲をスキャンすることにより点群データを取得して該点群データに基づきターゲットの概略位置を捕捉する捕捉処理ステップと、該捕捉処理ステップにより得られたターゲットの概略位置に基づきターゲットを詳細スキャンして点群データを取得する詳細スキャン処理ステップと、該詳細スキャン処理ステップにより得られた点群データの反射レーザー光の強度に基づき請求項 1 に記載の高輝度領域部と請求項 1 に記載の低輝度領域部との間のエッジを抽出し、楕円近似手段により、請求項 1 に記載のターゲットの中心座標を求める中心座標決定処理ステップ部と、前記ターゲットまでの距離を測距する測距処理ステップとを有することを特徴とする三次元形状測定装置。

【請求項 6】

前記制御部は、前記詳細スキャン処理ステップの処理により得られた点群データの反射レーザー光の強度値に対して複数の閾値レベルを設定し、該閾値レベルを変更して楕円近似処理を実行し、閾値レベル毎の楕円近似処理により得られた複数の中心座標のうち偏差が小さい中心座標を用いて前記ターゲットの中心座標を決定することを特徴とする請求項 5 に記載の三次元形状測定装置。

【請求項 7】

前記制御部は、前記捕捉処理ステップにおいて点群データを取得する際に前記測定対象物からの反射レーザー光を所定割合で減衰させて、前記捕捉処理ステップを再実行することにより点群データを取得することを特徴とする請求項 6 に記載の三次元形状測定装置。

【請求項 8】

前記制御部は、前記捕捉処理ステップにおいて、前記ターゲットまでの距離を測距し、測距結果に基づいて前記パルスレーザー光のビームスポット径を変更して、前記捕捉処理ステップを再実行することにより点群データを再取得することを特徴とする請求項 7 に記載の三次元形状測定装置。

【請求項 9】

前記エッジの抽出を前記点群データを縦方向に走査して実行することを特徴とする請求項 8 に記載の三次元形状測定装置。

【請求項 10】

前記制御部は、予め登録されているターゲットの大きさと詳細スキャンにより得られたターゲットの大きさとを比較してターゲットが否かのチェックを行うことを特徴とする請求項 9 に記載の三次元形状測定装置。

【請求項 11】

使用するターゲットの大きさが測定対象物までの距離に応じて複数個準備されている請求項 10 に記載の三次元形状測定装置。

【請求項 12】

画像受光部を有し、制御部は、前記画像受光部により得られた画像と点群データにより得られた三次元座標とに基づき、画像の中心位置と点群データの中心位置との標定作業を実行することを特徴とする請求項 11 に記載の三次元形状測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、測定対象物の三次元形状を測定するのに用いるターゲット及びこれを用いた三次元形状測定装置の改良に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来から、短時間の間に測定対象物の三次元形状データ(3Dデータ)を得るための三次元形状測定装置として、いわゆるレーザスキャナが知られている。

【0003】

図1は、そのレーザスキャナによる測定対象物の計測の一例を示している。その図1において、100は測定対象物(例えば、物理的構造物としての建物)である。レーザスキャナ101は、三次元形状データを取得するために、例えば、基準点R1に設置されて、スキャンエリアE1をスキャンし、スキャンエリアE1のエリア内の点群データを取得する。

10

【0004】

ついで、レーザスキャナ101は、例えば、基準点R2に設置され、例えば、スキャンエリアE2をスキャンし、スキャンエリアE2のエリア内の点群データを取得する。測定対象物100の三次元形状に応じて、スキャンエリアを適宜設定し、スキャンエリアの個数に応じて、レーザスキャナ101によるスキャンを繰り返す。各スキャンエリアについて点群データを取得する。各スキャンエリアは互いにオーバーラップされ、基準点を得るために、測定対象物100のスキャンエリアのオーバーラップ部分には、三次元形状測定用のターゲット103が設置される。各スキャンエリア毎の点群データは、基準点を介して互いに合成され、測定対象物100の三次元形状データが得られる。この三次元形状データは、最終的には、公共測量座標に変換される場合もある。

20

【0005】

そのレーザスキャナ101に用いるターゲット103は、図2に示すように、基準点としての中心座標を求めるために、円形中心領域部103aが最も反射率が高く、円形中心領域部103aを包囲する円形周辺領域部103bが最も反射率が低く、矩形枠103cと円形周辺領域部103bとの間の反射領域部103dが中間の反射率とされている。

【0006】

なお、矩形枠103cと円形周辺領域部103bとの間の反射領域部103dが最も反射率が高く、円形周辺領域部103bが最も反射率が低く、円形中心領域部103aが中間の反射率であっても良いことも知られている。

30

【特許文献1】US6,804,380 B1

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

ところで、レーザスキャナによって得られた三次元データに、デジタルカメラ等で得られた画像をテクスチャマッピング等の手段により合成することが考えられる。この場合、測定対象物100に設置された複数のターゲット103の中心の三次元座標はレーザスキャナを使って求め、更にそれに対応する画像データからターゲットの中心の画像座標を求める必要がある。

40

【0008】

これまで、デジタルカメラの標定には、円形状のターゲットを使用し、モーメント法等によって円の画像中心を正確に求めることが可能であるが、レーザスキャナの場合には、ターゲットをスキャンした点群データから円の中心の三次元座標を正確に求める必要がある。

【0009】

本発明は、上記の事情に鑑みて為されたもので、三次元形状測定装置でレーザスキャンにより基準位置を検出する場合にも、撮影された画像データから基準位置を検出する場合

50

にも好適なターゲット及びこれを用いた三次元形状測定装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0010】

請求項1に記載のターゲットは、測定対象物に設置されて点群データの基準値を得るためのターゲットであって、枠によって囲まれかつターゲット中心を有する小円と、前記枠によって包囲されかつ前記小円の中心と同心で前記小円を包囲する大円とを有し、前記枠と前記大円との間の反射領域部が反射率が最も低い低輝度反射領域部とされ、前記大円と前記小円との間の円形周辺領域部が反射率が最も高い高輝度反射領域部とされ、前記小円の内側の円形中心領域部が反射率が前記低輝度反射領域部の反射率より高く前記高輝度反射領域部の反射率よりも低い反射率を有する中輝度反射領域部とされていることを特徴とする。

10

【0011】

請求項2に記載のターゲットは、前記小円のターゲット中心の位置に前記低輝度反射領域部の反射率と同程度の反射率を有するマークが形成されていることを特徴とする。

【0012】

請求項3に記載のターゲットは、前記枠の各辺に前記中心位置で仮想的に交差して合致しかつ前記中輝度反射領域部の反射率と同程度の反射率を有するマークが形成されていることを特徴とする。

【0013】

請求項4に記載のターゲットは、前記中輝度反射領域部が測距に用いられることを特徴とする。

20

【0014】

請求項5に記載の三次元形状測定装置は、請求項1に記載のターゲットが配設された測定対象物に向けてパルスレーザー光を射出する発光部と、前記測定対象物を水平方向にスキャンさせるための駆動部と、前記測定対象物を垂直方向にスキャンさせるための駆動部と、前記水平方向及び垂直方向スキャンにより請求項1に記載のターゲットの中心座標と該ターゲットまでの距離を求めることにより請求項1に記載の中心位置の三次元座標を求めると共に、求められた三次元座標に基づき測定対象物をスキャンすることにより得られた点群データを合成処理する制御部と、前記測定対象物の撮像用の画像受光部とを備え、前記制御部は、前記測定対象物のスキャンエリアをスキャンして請求項1に記載のターゲットを探索して測定対象物の各点からの反射レーザー光と請求項1に記載のターゲットの各点からの反射レーザー光とを含む点群データを取得してターゲットを探索するターゲット探索処理ステップと、該ターゲット探索処理ステップにより得られた点群データに基づきターゲットスキャン範囲を指定してターゲットスキャン範囲をスキャンすることにより点群データを取得して該点群データに基づきターゲットの概略位置を捕捉する捕捉処理ステップと、該捕捉処理ステップにより得られたターゲットの概略位置に基づきターゲットを詳細スキャンして点群データを取得する詳細スキャン処理ステップと、該詳細スキャン処理ステップにより得られた点群データの反射レーザー光の強度に基づき請求項1に記載の高輝度領域部と請求項1に記載の低輝度領域部との間のエッジを抽出し、楕円近似手段により、請求項1に記載のターゲットの中心座標を求める中心座標決定処理ステップ部と、前記ターゲットまでの距離を測距する測距処理ステップとを有することを特徴とする。

30

40

【0015】

請求項6に記載の三次元形状測定装置は、前記制御部は、前記詳細スキャン処理ステップの処理により得られた点群データの反射レーザー光の強度値に対して複数の閾値レベルを設定し、該閾値レベルを変更して楕円近似処理を実行し、閾値レベル毎の楕円近似処理により得られた複数の中心座標のうち偏差が小さい中心座標を用いて前記ターゲットの中心座標を決定することを特徴とする。

【0016】

請求項7に記載の三次元形状測定装置は、前記制御部は、前記捕捉処理ステップにおいて点群データを取得する際に前記測定対象物からの反射レーザー光を所定割合で減衰させて

50

、前記捕捉処理ステップを再実行することにより点群データを取得することを特徴とする。

【0017】

請求項8に記載の三次元形状測定装置は、前記制御部は、前記捕捉処理ステップにおいて、前記ターゲットまでの距離を測距し、測距結果に基づいて前記パルスレーザー光のビームスポット径を変更して、前記捕捉処理ステップを再実行することにより点群データを再取得することを特徴とする。

【0018】

請求項9に記載の三次元形状測定装置は、前記エッジの抽出を前記点群データを縦方向に走査して実行することを特徴とする。

10

【0019】

請求項10に記載の三次元形状測定装置は、前記制御部は、予め登録されているターゲットの大きさと詳細スキャンにより得られたターゲットの大きさとを比較してターゲットが否かのチェックを行うことを特徴とする。

【0020】

請求項11に記載の三次元形状測定装置は、使用するターゲットの大きさが測定対象物までの距離に応じて複数個準備されていることを特徴とする。

【0021】

請求項12に記載の三次元形状測定装置は、画像受光部を有し、制御部は、前記画像受光部により得られた画像と点群データにより得られた三次元座標とに基づき、画像の中心位置と点群データの中心位置との標定作業を実行することを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0022】

請求項1に記載の発明によれば、三次元形状測定装置でレーザスキャンにより基準位置を検出する場合にも、撮影された画像データから基準位置を検出する場合にも好適なターゲットを提供できる。また、円形中心領域部の中心座標の測定精度を損なうことなくコンパクトな構成とすることができる。更に、円形中心領域部を測距に用いることができる。

【0023】

請求項2に記載の発明によれば、高輝度領域部の面積を大きく確保でき、かつ、低輝度領域部との輝度差を大きく設定したので、三次元形状測定装置を用いてのターゲットの探索の際に、これを迅速に行うことができる。また、測定対象物に高輝度部位が存在していても識別が可能である。

30

【0024】

請求項3、請求項4に記載の発明によれば、ターゲットの視準を容易に行うことができる。

【0025】

請求項5に記載の発明によれば、ターゲットの探索、ターゲットの中心位置座標の決定を迅速に行うことができる。また、楕円近似手段により、ターゲットの中心座標の決定を行うので、ターゲットを斜めから測定する場合でも、その中心位置を精度良く決定できる。

40

【0026】

請求項6、請求項7に記載の発明によれば、ターゲットの中心位置座標の取得精度の向上を図ることができる。

【0027】

請求項8に記載の発明によれば、ターゲットのエッジ領域の取得精度の向上を図ることができる。

【0028】

請求項9に記載の発明によれば、点群データの取得精度の分解能を向上させることができる。また、点群データの走査時間の短縮を行うことができる。

【0029】

50

請求項 10 に記載の発明によれば、ターゲットであるか否かのチェックを行うことができる。

【0030】

請求項 11 に記載の発明によれば、測定対象物までの距離に応じて適正なターゲットを使用できる。

【0031】

請求項 12 に記載の発明によれば、画像受光部により得られた画像と点群データにより得られた三次元座標とに基づき、画像の中心位置と点群データの中心位置との標定を行うことにより、画像計測、ポイント計測の両方を行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0032】

以下に、本発明に係わる三次元形状測定用ターゲット及びこれを用いた三次元形状測定装置について説明する。

【実施例】

【0033】

(装置構成の概要)

まず、本発明に係わる三次元形状測定装置について説明する。

【0034】

図 3、図 4 は本発明に係わる三次元形状測定装置の断面図を示している。この図 3、図 4 において、符号 1 は三次元形状測定装置である。三次元形状測定装置 1 は、主として、
整準部 2、この整準部 2 に設置された回転機構部 3、この回転機構部 3 に支持されかつ測
距部 4、撮像部 5、制御部 6 等からなる測定装置本体部 7、この測定装置本体部 7 の上部
に設けられた回転照射部 8 から構成されている。なお、図 4 は説明の便宜のため、図 3 に
示す断面方向に対して回転照射部 8 のみ側方から見た状態を示している。

(整準部 2 の構成)

整準部 2 は台盤 11、下部ケーシング 13 を有する。この台盤 11 にピン 12 が立設されて
いる。このピン 12 の上端部は曲面形状とされている。このピン 12 の上端部は下部
ケーシング 13 の底面に形成された凹部に傾動自在に嵌合されている。下部ケーシング 1
3 の他の 2 箇所には、調整ネジ 14 が螺合貫通されている。この調整ネジ 14 の下端部
には脚部材 15 が固着されている。この脚部材 15 の下端は先鋭又は曲面に形成されて、
台盤 11 に当接されている。調整ネジ 14 の上端部には整準従動ギア 16 が嵌着されて
いる。下部ケーシング 13 はピン 12 と 2 個の調整ネジ 14 とにより 3 点で台盤 11 に支持
されている。この下部ケーシング 13 はピン 12 の先端を支点にして傾動される。なお、
台盤 11 と下部ケーシング 13 との間には、台盤 11 と下部ケーシング 13 とが互いに離
反しないようにするため、引っ張りスプリング 19 が設けられている。

【0035】

下部ケーシング 13 の内部には、2 個の整準モータ 17 が設けられている。この整準モ
ータ 17 の出力軸には整準駆動ギア 18 が嵌着されている。この整準駆動ギア 18 は整準
従動ギア 16 に噛合されている。その 2 個の整準モータ 17 は制御部 6 によって互いに
独立して駆動される。この整準モータ 17 の駆動により整準駆動ギア 18、整準従動ギア
16 を介して調整ネジ 14 が回転され、調整ネジ 14 の下方への突出量が調整される。また
、下部ケーシング 13 の内部には傾斜センサ 56 (図 5 参照) が設けられている。その傾
斜センサ 56 の検出信号により 2 個の整準モータ 17 が駆動され、これにより整準が
実行される。

(回転機構部 3 の構成)

下部ケーシング 13 は回転機構部 3 のケーシングを兼ねている。下部ケーシング 13 の
内部には水平回動モータ 20 が設けられている。この水平回動モータ 20 の出力軸には
水平回動駆動ギア 21 が嵌着されている。下部ケーシング 13 の上部には、軸受け部材 22
を介して回転基盤 23 が設けられている。この回転基盤 23 の中央部には下方に向かっ
て突出する回転軸部 24 が設けられている。この回転軸部 24 には水平回動ギア 25 が設
け

10

20

30

40

50

られている。水平回動駆動ギア 2 1 はその水平回動ギア 2 5 に噛合されている。

【 0 0 3 6 】

また、回転軸 2 4 には水平角検出器 2 6 として例えばエンコーダが設けられている。この水平角検出器 2 6 により、下部ケーシング 1 3 に対する回転軸 2 4 の相対的回転角が検出される。その検出結果としての相対回転角（水平角）は制御部 6 に入力され、制御部 6 はその検出結果に基づき水平回動モータ 2 0 を制御する。

（測定装置本体部 7 の構成）

測定装置本体部 7 は本体部ケーシング 2 7 を有する。本体部ケーシング 2 7 は回転基盤 2 3 に固着されている。本体部ケーシング 2 7 の内部には鏡筒 2 8 が設けられている。この鏡筒 2 8 は本体部ケーシング 2 7 の回転中心と同心の回転中心を有する。鏡筒 2 8 の回転中心は光軸 3 2 に合致されている。その鏡筒 2 8 は本体部ケーシング 2 7 に適宜手段で取り付けられている。例えば、鏡筒 2 8 の上端部にはフランジ部 2 9 が形成され、このフランジ部 2 9 が本体部ケーシング 2 7 の天井部にネジ止め固定される。鏡筒 2 8 の内部には、光束分離手段としてのビームスプリッタ 7 4 が設けられている。このビームスプリッタ 7 4 は可視光を透過しかつ赤外光を反射する機能を有する。このビームスプリッタ 7 4 により光軸 3 2 は光軸 3 8 と光軸 3 8 ' とに分離される。

10

【 0 0 3 7 】

鏡筒 2 8 にはその外周部に測距部 4 が設けられている。測距部 4 は発光部としてのパルスレーザ光源 3 1 を有する。パルスレーザ光源 3 1 とビームスプリッタ 7 4 との間には、穴あきミラー 3 3、レーザ光のビームウエスト径を変更するビームウエスト変更光学系 3 3 ' が配設されている。これらパルスレーザ光源 3 1、ビームウエスト変更光学系 3 3 '、穴あきミラー 3 3 は測距光源部を構成している。この測距光源部の光軸は光軸 3 8 に合致されている。穴あきミラー 3 3 はパルスレーザ光を穴部 3 3 a を通してビームスプリッタ 7 4 に導き、後述するターゲットから反射して戻って来てビームスプリッタ 7 4 により反射された反射レーザ光を測距受光部 3 9 に向けて反射する役割を有する。ビームウエスト変更光学系 3 3 ' は、レーザ光のビームウエスト径を変更する役割を有し、例えば、凸レンズと開口絞り、又は、凸レンズと凹レンズ、或いは、焦点距離が互いに異なる凸レンズから構成される。

20

【 0 0 3 8 】

パルスレーザ光源 3 1 は、例えば半導体レーザから構成されている。このパルスレーザ光源 3 1 は制御部 6 の制御により所定のタイミングで赤外パルスレーザ光を発する。この赤外パルスレーザ光は、ビームウエスト変更光学系 3 3 '、穴あきミラー 3 3 の穴部 3 3 a を通過し、ビームスプリッタ 7 4 に導かれる。赤外パルスレーザ光はそのビームスプリッタ 7 4 により高低角用回動ミラー 3 5 に向けて反射される。高低角用回動ミラー 3 5 は、その赤外パルスレーザ光を測定対象物 1 0 0（図 1 参照）に向けて反射する役割を有する。この高低角用回動ミラー 3 5 は鉛直方向に延びる光軸 3 2 を水平方向に延びる投光光軸 3 6 に変換する役割も果たす。ビームスプリッタ 7 4 と高低角用回動ミラー 3 5 との間でかつ鏡筒 3 8 の内部には集光レンズ 3 4 が配設されている。

30

【 0 0 3 9 】

測距受光部 3 9 には後述するターゲットからの反射レーザ光が高低角回動用ミラー 3 5、集光レンズ 3 4、ビームスプリッタ 7 4、穴あきミラー 3 3 を経て導かれる。なお、この測距受光部 3 9 には、内部参照光路を通して参照光も導かれるようになっている。反射レーザ光が測距受光部 3 9 に受光されるまでの時間とレーザ光が内部参照光路を通して測距受光部 3 9 に受光されるまでの時間差とに基づき、三次元形状測定装置 1 から測定対象物 1 0 0 までの距離が測定されるようになっている。

40

【 0 0 4 0 】

その三次元形状測定装置 1 から測定対象物 1 0 0 までの距離の精度を高めるため、測距部 4 には穴あきミラー 3 3 と測距受光部 3 9 との間に、減衰器 3 9 ' が設けられている。この減衰器 3 9 ' には、公知の構成のものを用いることができ、例えば、ターレット盤 3 9 " とこのターレット盤 3 9 " の外周部に周回り方向に適宜間隔を開けて設けられた濃度

50

が互いに異なるフィルターとから構成される。この減衰器 39' は反射光量の飽和に起因する測定誤差を低減するのに用いられる。

【0041】

鏡筒 28 内には撮像部 5 がビームスプリッタ 74 を境にして集光レンズ 34 と反対側に設けられている。この撮像部 5 は画像受光部 43 を有する。この画像受光部 43 は鏡筒 28 の底部に設けられている。この画像受光部 43 は多数の画素が平面状に集合して配列されたもの、例えば、CCD から構成されている。この画像受光部 43 の各画素の位置は光軸 38' によって特定される。例えば、光軸 38' を原点として、X-Y 座標を想定し、この X-Y 座標の点として画素が定義される。

(回転照射部 8 の構成)

本体部ケーシング 27 の上部には投光ケーシング 41 が設けられている。この投光ケーシング 41 の周壁の一部は投光窓 42 となっている。回転照射部 8 は投光ケーシング 41 の内部に収納されている。フランジ部 29 には、図 4 に示すように、一对のミラーホルダー板 47 が対向して設けられている。このミラーホルダー板 47 には回動軸 48 が掛け渡されている。高低角用回動ミラー 35 は、その回動軸 48 に固定されている。回動軸 48 の一端部には高低角ギア 51 が嵌着されている。回動軸 48 の他端側には高低角検出器 52 が設けられている。高低角検出器 52 は高低角用回動ミラー 35 の回動角を検出し、その検出結果を制御部 6 に向かって出力する。

【0042】

ミラーホルダー部材 47 の一方には高低角用駆動モータ 53 が取り付けられている。その高低角用駆動モータ 53 の出力軸には駆動ギア 54 が嵌着されている。この駆動ギア 54 は高低角ギア 51 に噛合されている。高低角用駆動モータ 53 は、高低角検出器 52 の検出結果に基づく制御部 6 の制御により適宜駆動される。

【0043】

投光ケーシング 41 の上部には、照星照門 46 が設けられている。この照星照門 46 は、ターゲットを概略視準するのに用いられる。この照星照門 46 を用いての視準方向は光軸 37 の延びる方向及び回動軸 48 の延びる方向に対して直交する方向とされている。

(制御部 6 のブロック回路構成)

制御部 6 には、図 5 に示すように、水平角検出器 26、高低角検出器 52、傾斜センサ 56 からの検出信号が入力される。また、制御部 6 には操作部 57 から操作指示信号が入力される。作業者は、操作部 57 を操作して、三次元形状測定装置 1 が測定を開始するのに必要な条件その他の指令等を制御部 6 に入力することができる。なお、操作部 57 は本体部ケーシング 27 の内部に設けても良い。また、本体部ケーシング 27 とは別途独立に設け、無線、有線等の信号伝達媒体により制御部 6 に遠隔操作指令を送る構成としても良い。この制御部 6 は水平角用駆動モータ 20、高低角用駆動モータ 53、整準モータ 17 を駆動制御する共に作業状況、測定結果等を表示する表示部 58 を駆動制御する。制御部 6 には、メモリカード、HDD 等の外部記憶装置 59 が接続・切り離し可能に設けられている。

【0044】

この制御部 6 は CPU からなる演算部 61 と、測距、高低角の検出、水平角の検出を行うために必要なシーケンスプログラム、演算プログラム、測定データの処理を実行する測定データ処理プログラム、画像処理を行う画像処理プログラム、データを表示部 58 に表示させるための画像表示プログラム等の各種のプログラム、これらの各種のプログラムを統合管理するための統合管理プログラム等を格納すると共に測定データ、画像データ等の各種のデータを格納する記憶部 62 と、水平角用駆動モータ 20 を駆動制御するための水平駆動部 63 と、高低角用駆動モータ 53 を駆動制御するための高低駆動部 64 と、整準モータ 17 を駆動制御するための整準駆動部 65 と、測距部 4 により得られた距離データを処理するための距離データ処理部 66 と、撮像部 5 により得られた画像データを処理する画像データ処理部 67 等からなっている。

(ターゲットの構成)

10

20

30

40

50

図6は三次元形状測定用のターゲットの要部を示す平面図である。この図6において、符号110は三次元形状測定用のターゲットを示している。このターゲット110は、外側に矩形状枠110aを有する。この矩形状枠110aの対角線の交点Qを中心として小円110bが設けられている。この小円110bは大円110cによって包囲されている。大円110cの中心は小円110bの中心に合致されている。その大円110cは矩形状枠110aによって囲まれている。この大円110cと矩形状枠110aとの間の反射領域部は反射率が最も低い低輝度反射領域部110dとされている。この低輝度反射領域部110dの色は例えば黒色である。小円110bと大円110cとの間の円形周辺領域部は反射率が最も高い高輝度反射領域部110eとされている。この高輝度反射領域部110eは例えば反射材により構成され、パルス赤外レーザー光が当たると輝く材料からなっている。小円110bによって囲まれた円形中心領域部は、反射率が低輝度反射領域部110dの反射率と高輝度反射領域部110eの反射率との間の反射率を有する中輝度反射領域部110fとされている。この中輝度反射領域部110fの色は例えば白色である。中輝度反射領域部110fの中心位置には、低輝度反射領域部110dの反射率と同程度の反射率を有する十字のマーク110gが形成されている。このマーク110gの色は例えば黒である。

10

【0045】

矩形状枠110aの各辺には、中心位置で仮想的に交差して合致し、かつ、中輝度反射領域部110fの反射率と同程度の反射率を有するマーク110hが形成されている。このマーク110hの色は例えば白である。これらのマーク110gはほぼ正面からターゲットを視準する際に用いられ、110hは斜め方向からターゲット110を視準する際に用いられる。

20

【0046】

これらの領域部の反射率の程度は、例えば、低輝度反射領域部110dの反射率レベルを「1」とすると、中輝度反射領域部110fの反射率レベルは「100」であり、高輝度反射領域部110eの反射率レベルは「1000」である。

【0047】

このターゲット110は測定対象物100に固定されて使用される。測定対象物100に反射率の高い箇所があったとしても、低輝度反射領域部110dと高輝度反射領域部110eとの差が大きいため、高輝度反射領域部110eを容易に抽出可能とされている。中輝度反射領域部110fは測距の際に用いられる。この中輝度反射領域部110fは、測距反射光の飽和を抑制する役割を果たす。

30

(ターゲット110のスキャン方法)

ターゲット110の概略位置を指定する手段として、「a：照星照門46を用いて直接ターゲット110を視準する」、「b：ターゲット110のスキャン範囲を設定し、ターゲット110の概略スキャンを行い、概略スキャンにより得られたスキャンデータを用いて、ターゲット110の概略位置を指定する」、「c：ターゲット110のスキャン範囲を設定し、そのスキャン範囲内を撮像し、その撮像により得られた画像データに基づいて、ターゲット110の概略位置を指定する」がある。

【0048】

40

この三次元形状測定装置1は、これらのいずれの手段によっても、ターゲット110の概略位置を取得できるが、ここでは、「b」の手段を用いた場合について図7を参照しつつ説明する。

S.1(ターゲット探索スキャンエリアの設定)

ここでは、説明の便宜のため、図1を参照することとし、ここでは、図1に示す従来のターゲット103の代わりに、本発明に係わる測定ターゲット110が測定対象物100に設置されているものとする。

【0049】

操作部57、例えば、マウス、によりスキャンエリアを指定する。例えば、図1のスキャンエリアE1を指定する。

50

S . 2 (スキャンピッチの設定)

操作部 5 7 によりスキャンピッチを指定する。このスキャンピッチは、水平方向と垂直方向とのそれぞれについて指定する。スキャンピッチのピッチ間隔は、三次元形状測定装置 1 とターゲット 1 1 0 との距離に応じて適当に決定する。また、ピッチ間隔の設定には、赤外パルスレーザー光のビームウエスト径を考慮する。

S . 3 (ターゲット探索スキャン実行)

ステップ S . 1 で指定した範囲内で、ターゲット探索スキャンを実行する。このターゲット探索スキャンは、縦方向 (垂直方向) に走査した後、横方向 (水平方向) に走査することを繰り返すことにより行われる。

【 0 0 5 0 】

縦方向の走査は高低角用回動ミラー 3 5 を回動させることにより実行され、横方向の走査は本体部ケーシング 2 7 を水平方向に回動させることにより実行される。赤外パルスレーザー光は、1 秒間に何千発ないし何万発も射出される。その赤外パルスレーザー光は測定対象物 1 0 0 の各点により反射されて三次元形状測定装置 1 に戻る。その測定対象物 1 0 0 の各点からの反射レーザー光が測距受光部 3 9 に受光される。測距受光部 3 9 はその受光出力を制御部 6 に向けて出力する。高低角用回動ミラー 3 5 の高低角は高低角検出器 5 2 により求められ、本体部ケーシング 2 7 の水平角は水平角検出器 2 6 により求まるので、水平角、高低角を測距受光部 3 9 の受光出力に一对一に関連づけることができる。制御部 6 はその測距受光部 3 9 からの受光出力に基づき測定対象物 1 0 0 の各点からの反射レーザー光の強度に対応する点群データを作成する。

【 0 0 5 1 】

この点群データは、図 8 に示すように、反射レーザー光の強度に応じて色付けされて表示部 5 8 の画面に表示される。例えば、最も反射光の強度の高い点が赤色 (図では説明の便宜上白色) 、最も反射光の強度の低い点が青色 (図 9 では説明の便宜上黒色) 、最も反射光の強度の高い点と最も反射光の強度の低い点との間の反射光の強度を有する点が黄色 (図 8 では説明の便宜上中間の灰色) で示されている。なお、その図 8 において、黒枠 1 1 1 はターゲット探索スキャンエリアを示している。

S . 4 (ターゲット 1 1 0 の概略中心位置指定)

次に、操作部 5 7、例えば、マウスにより、反射強度の最も高い箇所にカーソルを移動させて、図 9 に示すように、ターゲット 1 1 0 の概略位置を指定する。このターゲット 1 1 0 の指定は複数個行う。ここでは、1 3 個のターゲット 1 1 0 が指定され、ターゲット 1 1 0 の指定順に連続番号が付されている。

S . 5 (ターゲットスキャン開始)

次に、操作部 5 7 を操作して、ターゲットスキャンを開始させる。

S . 6 (ターゲット粗スキャン実行 : ターゲット捕捉処理)

ターゲット粗スキャンの実行は、例えば、ターゲット 1 1 0 の指定順に行なわれる。制御部 6 は、指定された概略位置に基づき、その近傍をスキャンするため、高低角用回動ミラー 3 5 を微小角度ピッチで回動させる。水平方向の回動角度のピッチは、ここでは、ターゲット探索スキャン時のピッチと同じである。

【 0 0 5 2 】

図 1 0 はこの S . 6 によるターゲットスキャンの実行により得られた点群データを示している。この図 1 0 では、概略指定したターゲット 1 1 0 の中心位置に対してターゲット 1 1 0 の中心位置がずれている状態が示されている。

S . 7 (ターゲットスキャン範囲チェック : ターゲット捕捉処理)

次に、制御部 6 は、得られた全点群データの反射強度値に対して 5 0 % の閾値を設定する。制御部 6 は S . 6 で得られた全点群データの中から反射強度値が 5 0 % 以上の点群データを抽出し、閾値が 5 0 % 以上の点群データの矩形領域を算出する。例えば、5 0 % 以上の閾値の点群データを包含する矩形領域が図 1 1 に示すように得られたとする。その図 1 1 において、黒枠 1 1 2 はその矩形領域 112 a の外形輪郭線を示している。

【 0 0 5 3 】

10

20

30

40

50

制御部 6 は、S . 6 に戻って、前回のターゲット粗スキャンよりも狭い領域に指定された黒枠 1 1 2 内でターゲット粗スキャンを再実行する。これにより、図 1 2 に示すような点群データが得られたとする。次に、制御部 6 は、この二度目に得られた全点群データの反射強度値に対して 5 0 % の閾値を設定する。そして、制御部 6 は、図 1 2 に示す全点群データの反射強度の閾値が 5 0 % 以上の点群データを抽出し、閾値が 5 0 % 以上の点群データの矩形領域 1 1 3 a を算出する。このようにして、5 0 % 以上の閾値の点群データを包含する矩形領域 1 1 3 a が図 1 3 に示すように得られたとする。その図 1 3 において、符号 1 1 3 はその矩形領域 1 1 3 a の外形輪郭線を示している。これを繰り返すことにより、5 0 % 以上の閾値の点群データを包含する矩形領域 1 1 3 a が一定状態に収束して変化しなくなる。これにより、制御部 6 はターゲット 1 1 0 の絞り込みが完了したとして、S . 8 に移行する。なお、矩形領域 1 1 3 a の変化がなくなったか否かの判定は適宜に設定可能である。

10

S . 8 (反射強度値のチェック : ターゲット捕捉処理)

次に、制御部 6 は点群データの反射強度の最大値が、三次元形状測定装置 1 で検出可能なレベル以上であるか否か、すなわち、飽和レベル以上であるか否か (ハレーションを起こしているか否か) を判断する。制御部 6 は、点群データの反射強度の最大値が飽和レベル以上の場合には、減衰器 3 9 ' を駆動し、測距受光部 3 9 に受光される受光光量のレベルを減衰させる。そして、S . 6 に戻って、S . 6、S . 7 を実行する。

S . 9 (平均距離チェック : ターゲット捕捉処理)

制御部 6 は、点群データの反射強度の最大値が、飽和レベル未満と判断した場合には、ターゲット 1 1 0 の黒領域とその周辺の領域 (粗スキャンの領域のうち反射強度の低い箇所) とを用いて、三次元形状測定装置 1 からターゲット 1 1 0 までの平均距離を求める。制御部 6 はその求められた平均距離に基づきビームウエスト変更光学系 3 3 ' を駆動制御し、赤外パルスレーザー光のビーム径が適切な大きさとなるように設定する。ついで、制御部 6 は、S . 6 ないし S . 9 の処理を再度実行する。これにより、ターゲット 1 1 0 が三次元形状測定装置 1 に適正に捕捉される。

20

S . 1 0 (詳細スキャン処理)

制御部 6 は、S . 6 ないし S . 9 の処理を実行後、詳細スキャンに移行する。この詳細スキャンは、縦方向 (鉛直角方向) には最小ピッチで行われる。横方向 (水平方向) のピッチは、例えば粗スキャンと同様のピッチで行う。水平方向の回動は本体部ケーシング 2 7 を回動させるため、時間を要するからである。図 1 4 はこのようにして得られた詳細スキャンの点群データである。

30

S . 1 1 (中心座標決定処理)

制御部 6 は、その図 1 5 に示すように得られた点群データから楕円近似処理を実行する。制御部 6 は、まず、図 1 5 (a)、(b) に示すように、全点群データの反射強度のうち最大レベルを 1 0 分割して、1 0 % から 9 0 % の閾値を設定する。次に、図 1 6 に示すように、縦方向に点群データをスキャンしてターゲット 1 1 0 の低反射輝度領域 1 1 0 d と高反射輝度領域 1 1 0 e との境界領域としてのエッジ (輪郭線) を検出する。縦方向の点群データを用いるのは、この点群データの個数が横方向に対してはるかに多いからである。つまり、縦方向に点群データをスキャンすることにより分解能が高くできるからである。その図 1 6 において、符号 1 1 4 は縦方向のスキャンにより得られたエッジの各点を示す。

40

【 0 0 5 4 】

次に、制御部 6 は、エッジの各点に基づき楕円近似を行う。楕円近似には、下記の一般式を用いる。

【 0 0 5 5 】

【数 1】

$$\frac{((x-x_0)\cos\phi+(y-y_0)\sin\phi)^2}{a^2} + \frac{((x-x_0)\sin\phi-(y-y_0)\cos\phi)^2}{b^2} - 1 = 0$$

【0056】

この一般式は下記の線形形式に書き直すことができる。符号 (x_0, y_0) は楕円中心 (x_0, y_0) を通る長径方向線に対して各点が為す角度である。

10

【0057】

【数 2】

$$Ax^2 + Bxy + Cy^2 + Dx + Ey + 1 = 0$$

【0058】

ここで、 x は水平角 (H)、 y は鉛直角 (V) である。制御部 6 は最小二乗法を用いて A ないし E の各パラメータ係数を求める。

【0059】

制御部 6 は、次に、下記の式により、楕円 115 の中心を求める。図 17 は閾値レベル $Th = 10\%$ で楕円近似処理を行ったときに得られた楕円 115 とその中心位置とを示している。

20

【0060】

【数 3】

$$x_0 = \frac{BE - 2CD}{4AC - B^2}$$

$$y_0 = \frac{BD - 2AE}{4AC - B^2}$$

30

【0061】

このような楕円近似処理を、 $Th =$ 閾値レベル 20% から閾値レベル 90% まで離散的に繰り返す。これにより、9 個の中心位置 $115a \sim 115i$ が図 15 (a) に示すように求められる。 $Th =$ 閾値レベルの相違により、楕円の中心が変動するが、図 15 (a) に示すように、中心位置の偏差が互いに小さい閾値レベル Th が存在する。この中心位置の偏差が小さい閾値レベル Th を用いて最終的にターゲット 110 の中心位置座標を決定する。ここでは、閾値レベル $Th = 30\%$ から 70% の閾値に対応する点群データを用いて、中心位置座標を決定する。

S. 12 (ターゲット 110 の大きさチェック)

40

用いるターゲットの大きさは予め記憶部 62 に登録されている。制御部 6 は楕円 115 の中心位置を求めた後、ターゲット 110 の直径を演算する。制御部 6 は登録されているターゲット 110 の大きさと演算により求めたターゲットとの大きさを比較し、登録されているターゲット 110 の直径と演算により求めたターゲットとの大きさが所定範囲にないときには、S. 6 にないし S. 12 の処理を繰り返す。なお、ターゲットの直径の演算は、演算により求められた中心位置、楕円の長径、短径を所定の数学公式に代入することにより求められる。これにより捕捉されたターゲットの真偽をチェックできる。

S. 13 (測距)

次に、制御部 6 は赤外パルス光の反射光量の強度が適正となるように減衰器 39' を駆動制御する。ついで、制御部 6 は、測距受光部 39 の受光出力に基づき、複数回測距を実

50

行し、複数個の測距データを取得する。ターゲット 110 の中輝度反射領域部 110 f は、高輝度反射領域部 110 e の輝度よりも低いため、反射光量が小さく、精度の良好な測距値を得ることができる。

【0062】

ターゲット 110 の中心位置の水平角 (H)、鉛直角 (V)、距離 D は、制御部 6 により公共測量用の 3 次元座標に変換されて、記憶部 62 に保存される。

S . 14 (次のターゲットの中心位置の取得処理の実行継続の有無判断)

ターゲット番号 001 について、S . 14 の処理が終了すると、S . 6 に戻って、ターゲット番号 002 について、S . 6 から S . 14 の処理を実行する。これら S . 6 から S . 14 までの処理を全てのターゲット 110 について実行し、全てのターゲット 110 について 10 の中心位置の水平角 (H)、鉛直角 (V)、距離 D が求められ、制御部 6 はこれらを公共測量用の 3 次元座標に変換して記憶部 62 に保存する。

S . 15 (本スキャンの実行)

制御部 6 は、次に、測定対象物のスキャンエリア E1 について、本スキャンを実行する。これにより、多数の点群データを取得する。これらの得られた点群データをターゲット 110 の中心位置を基準位置としてデータ変換する。

S . 16 (合成処理)

これらのターゲット探索スキャン、本スキャンを残りの各スキャンエリアについて実行する。次に、これらのターゲット探索スキャン、本スキャンの実行が終了すると、ターゲット 110 の中心位置を基準位置として、測定対象物 100 の各点群データ毎に合成処理 20 を実行する。これらの一連の処理により、測定対象物 100 の三次元形状に対応する座標値が得られる。これらの S . 15、S . 16 の処理は、既に公知であるので、これ以上の説明は省略する。

【0063】

この三次元形状測定装置 1 は、画像受光部 43 により得られた画像と点群データにより得られた三次元座標とに基づき、画像の中心位置と点群データの中心位置との標定作業を行うことができる。

【0064】

ターゲット 110 の大円 110 c と小円 110 b との間は、反射率が最も高い高輝度領域部 110 e とされているので、スキャンによりターゲット 110 の概略位置を容易に 30 求めることができる。

【0065】

また、この三次元形状測定装置では、ターゲット 110 の概略位置を照星照門 46 を用いて直接視準して指定するか、スキャンにより画面上の点群データを用いてターゲット 110 を指定するか、画像受光部 43 により撮像したデジタル画像を画像処理した後、画面上に表示させ、画面上に表示された画像を用いてターゲットの概略位置を指定することもできるので、操作性が向上する。

【図面の簡単な説明】

【0066】

【図 1】レーザスキャナによる計測方法の一例を示す概略図である。 40

【図 2】図 1 に示す測定対象物に設置のターゲットの一例を示す平面図である。

【図 3】本発明に係わる三次元形状測定装置の概略構造を示す断面図である。

【図 4】図 3 に示す回転照射部の構造を説明するための断面図である。

【図 5】図 3 に示す制御部のブロック回路図である。

【図 6】本発明に係わるターゲットの一例を示す要部平面図である。

【図 7】本発明に係わる三次元形状測定装置による処理フロー図である。

【図 8】ターゲット探索処理により得られた点群データを表示部の画面に表示した状態を示す図である。

【図 9】ターゲットの概略位置を指定した状態を示す図である。

【図 10】図 9 のターゲット番号 001 の近傍の探索処理により得られた点群データの一例 50

例を示す説明図である。

【図11】図10の点群データに基づきターゲットスキャン範囲を決定するための一例を示す説明図である。

【図12】図11に示すターゲットスキャン範囲のターゲット探索処理により得られた点群データの一例を示す説明図である。

【図13】図12の点群データに基づきターゲットスキャン範囲を決定するための一例を示す説明図である。

【図14】詳細スキャンにより得られた点群データの一例を示す説明図である。

【図15】図14に示す点群データに基づき楕円フィット処理を実行するための説明図であって、(a)は(b)に示す走査線X方向の点群データに基づく反射強度値を示し、(b)は詳細スキャンにより得られた点群データを示す。

10

【図16】図14に示す点群データの走査の一例を示す説明図である。

【図17】図15の走査により得られた楕円の一例を示す説明図である。

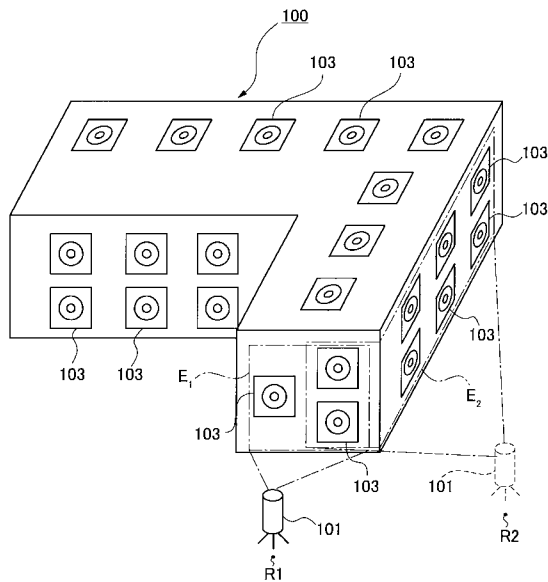
【符号の説明】

【0067】

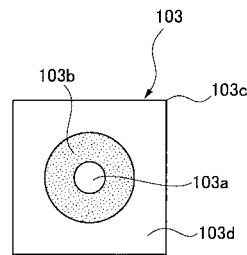
- 110 ... ターゲット
- 110 a ... 矩形状枠
- 110 b ... 小円
- 110 c ... 大円
- 110 d ... 低輝度反射領域部
- 110 e ... 高輝度反射領域部
- 110 f ... 中輝度反射領域部

20

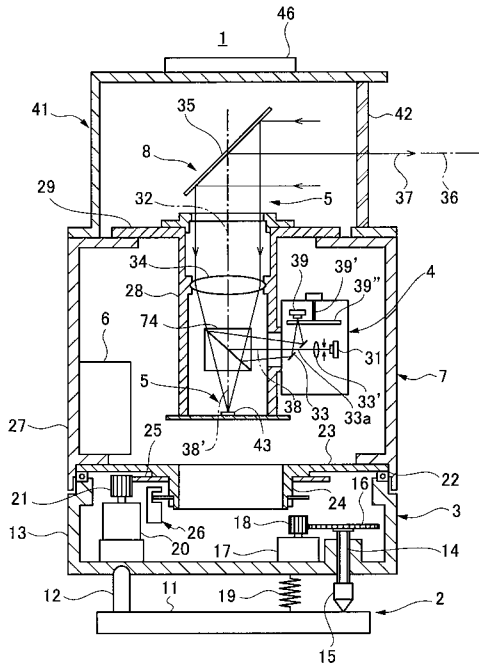
【図1】



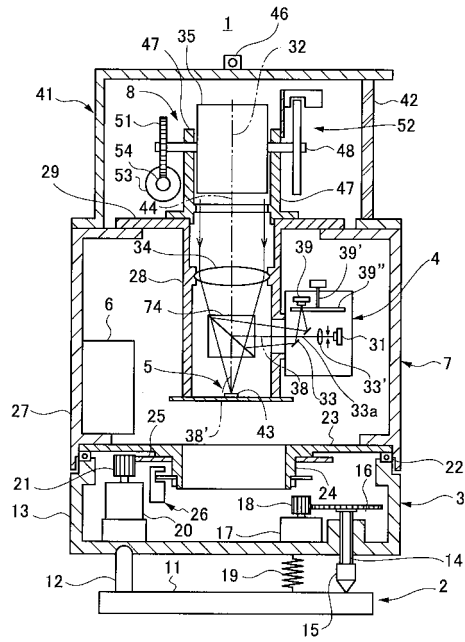
【図2】



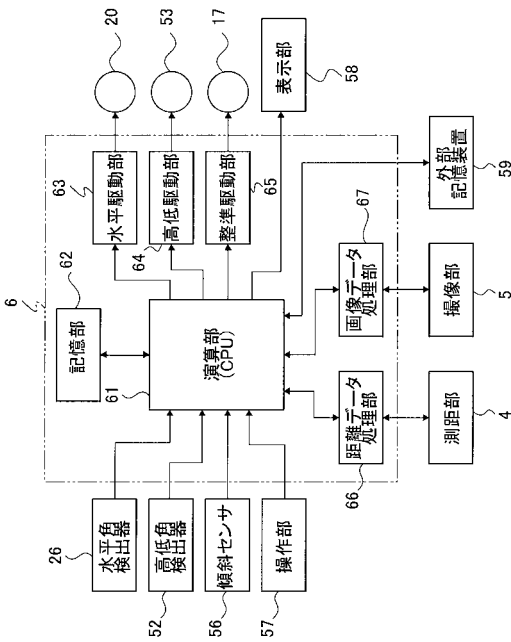
【図3】



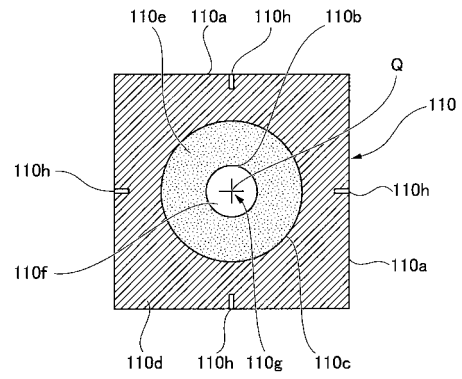
【図4】



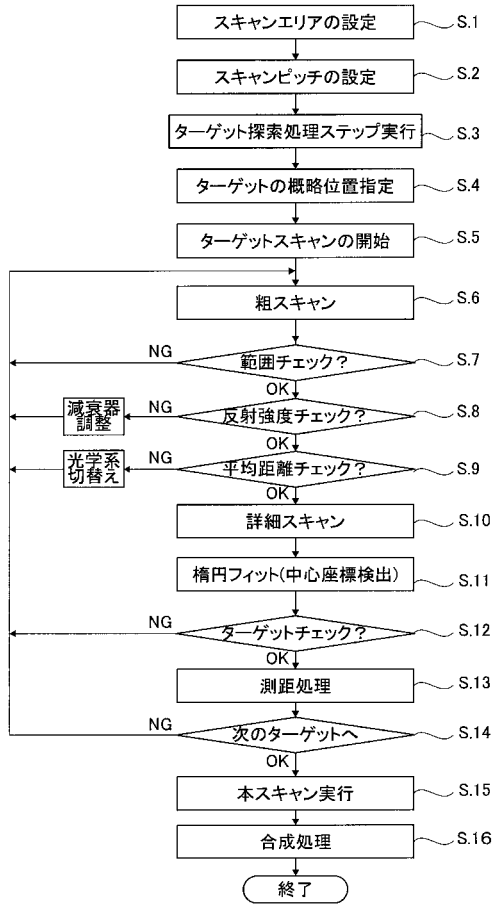
【図5】



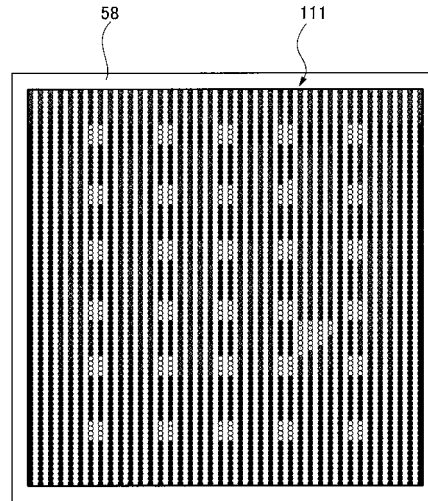
【図6】



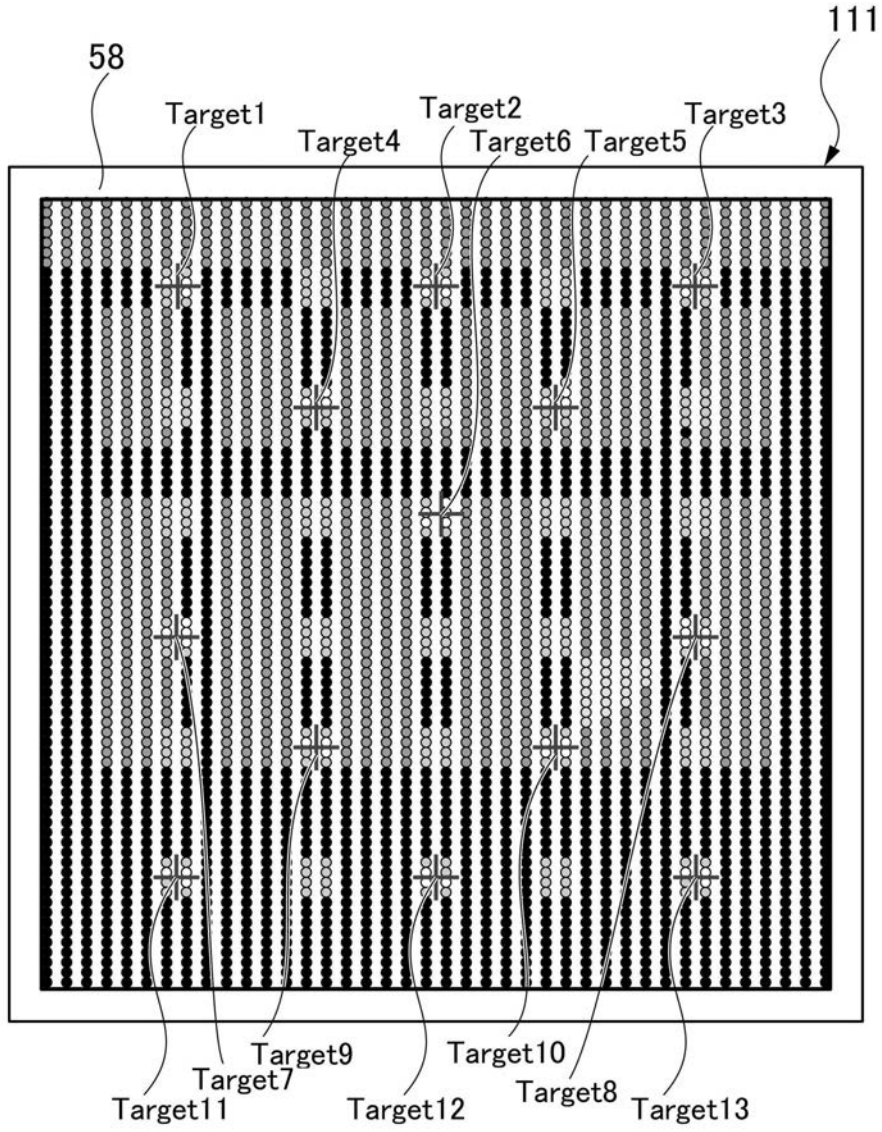
【図7】



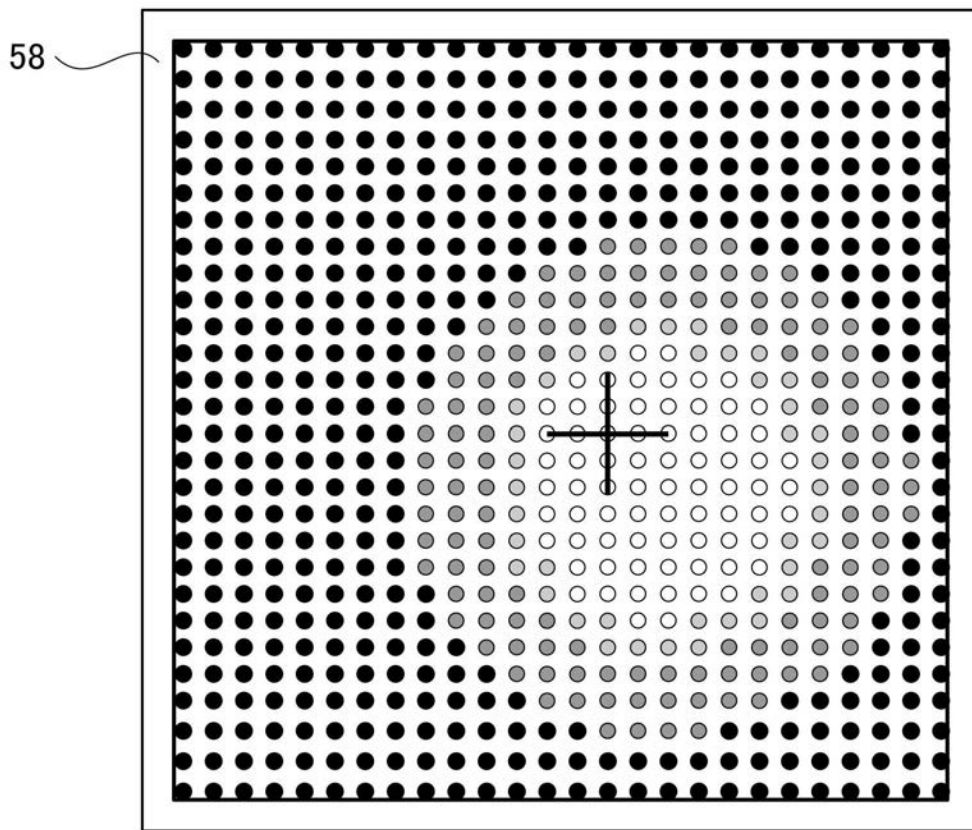
【図8】



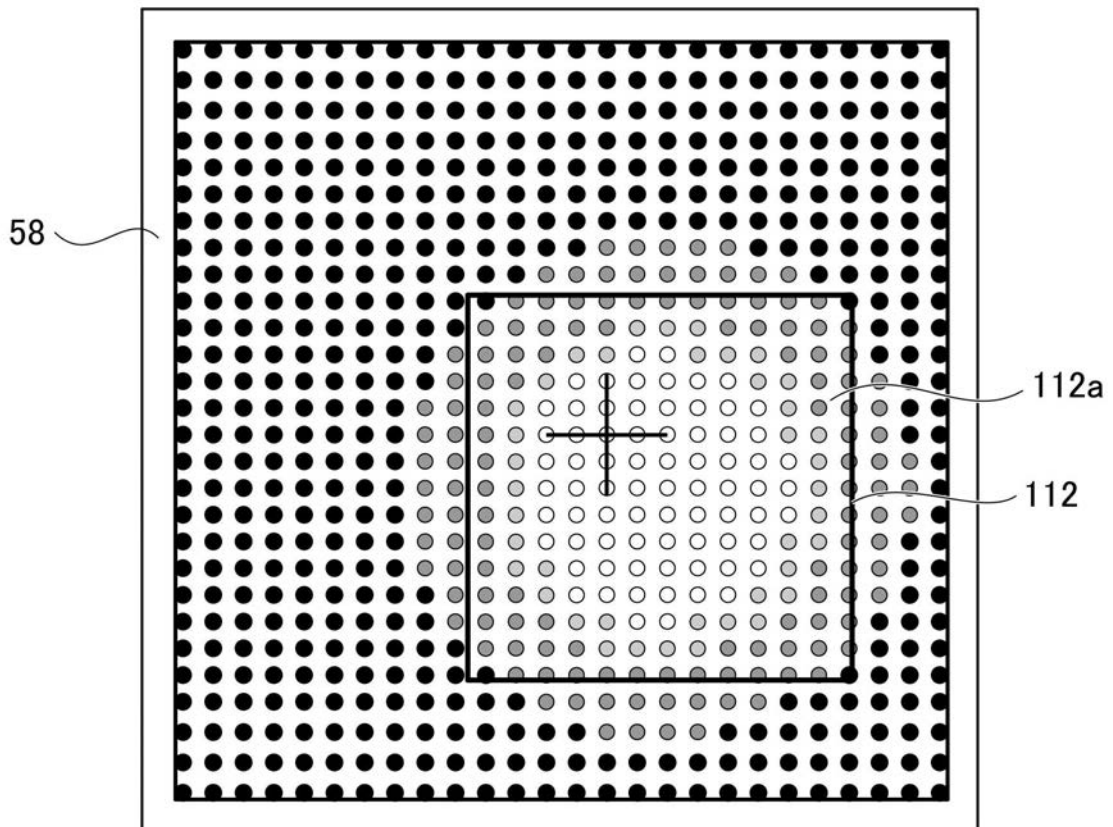
【 図 9 】



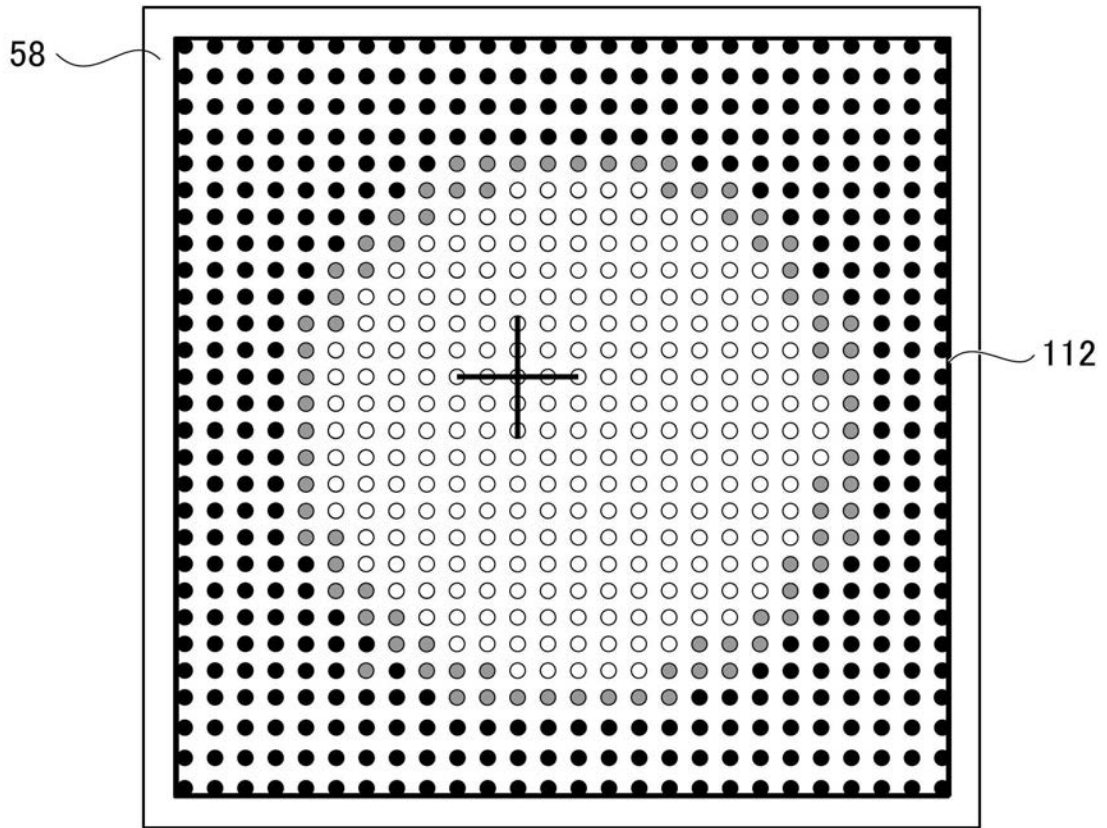
【図 10】



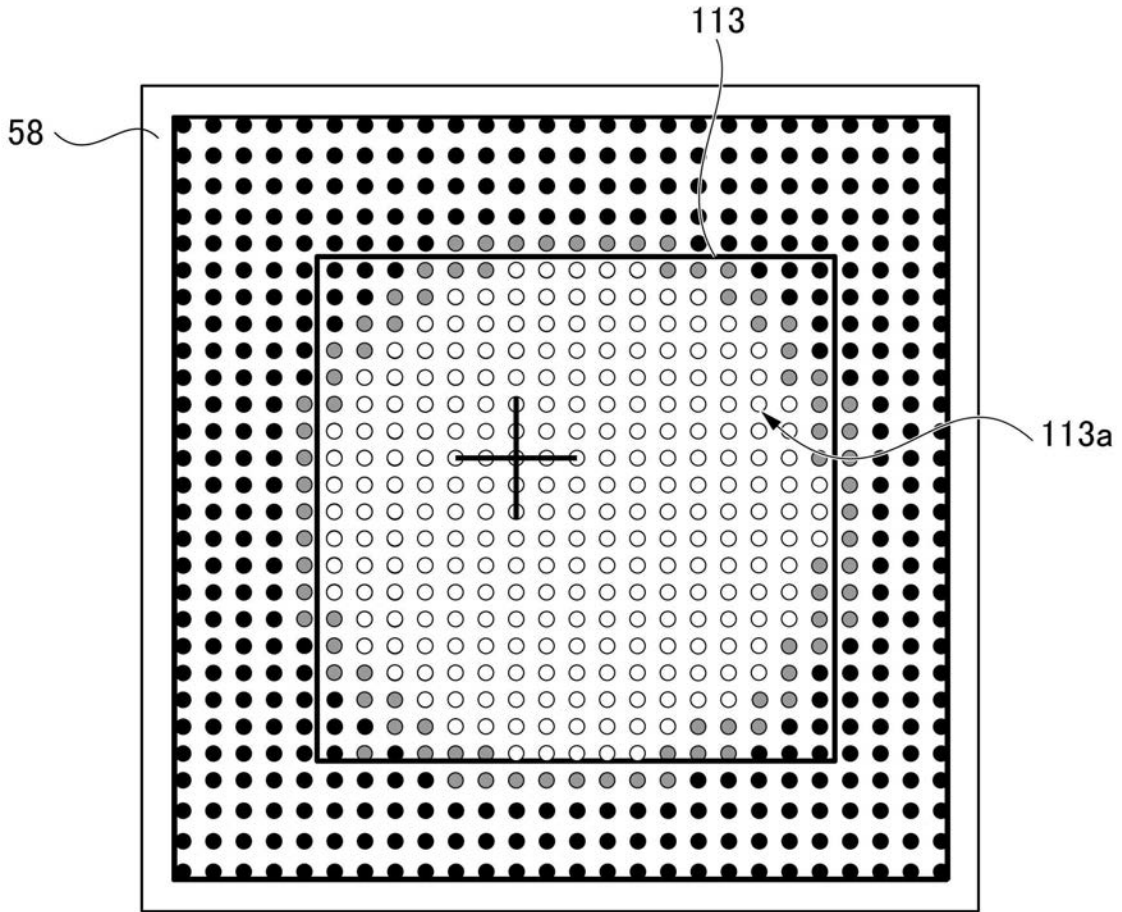
【図 11】



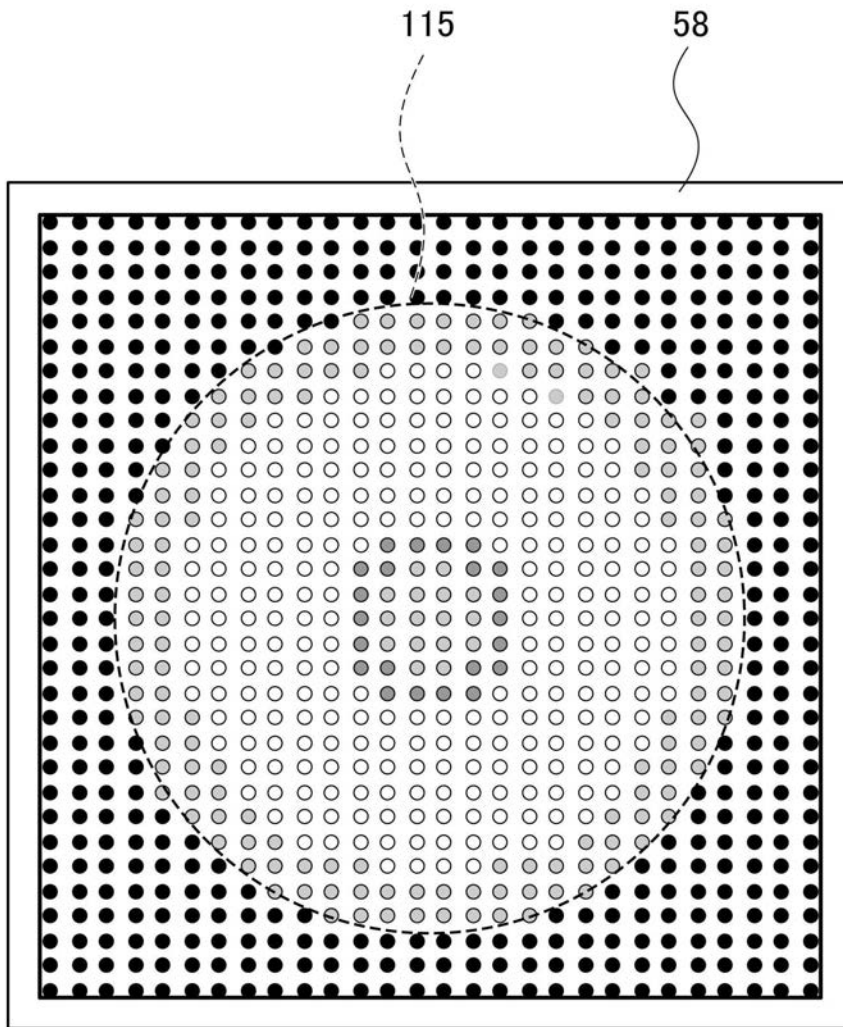
【 図 1 2 】



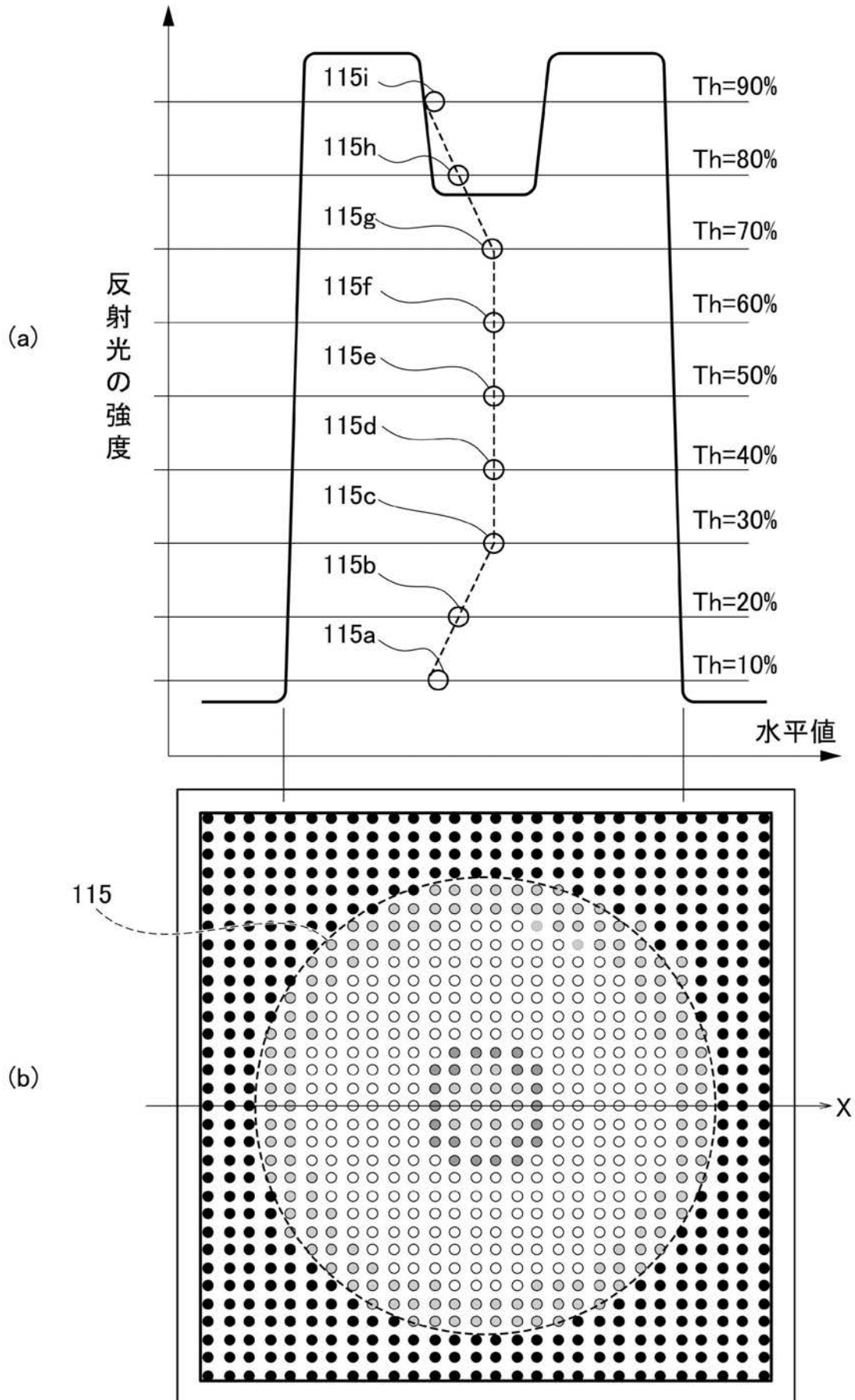
【図 13】



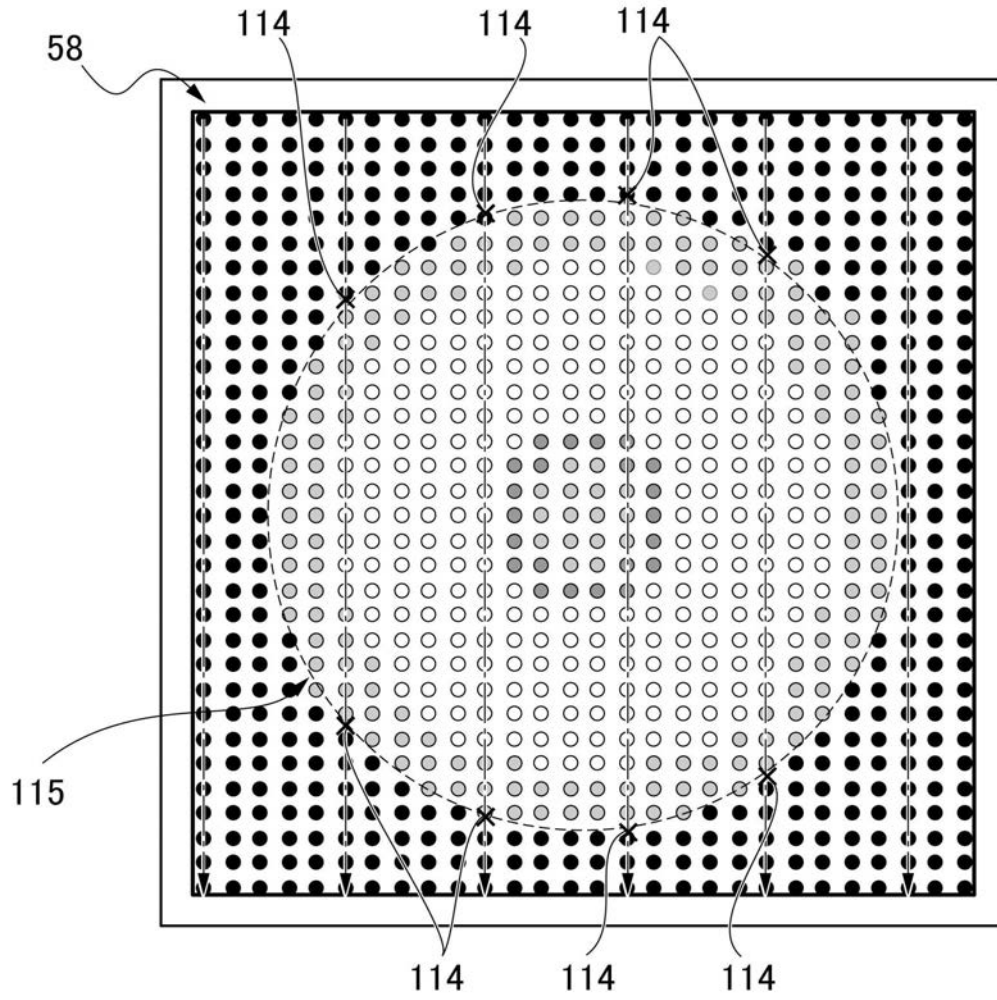
【 図 1 4 】



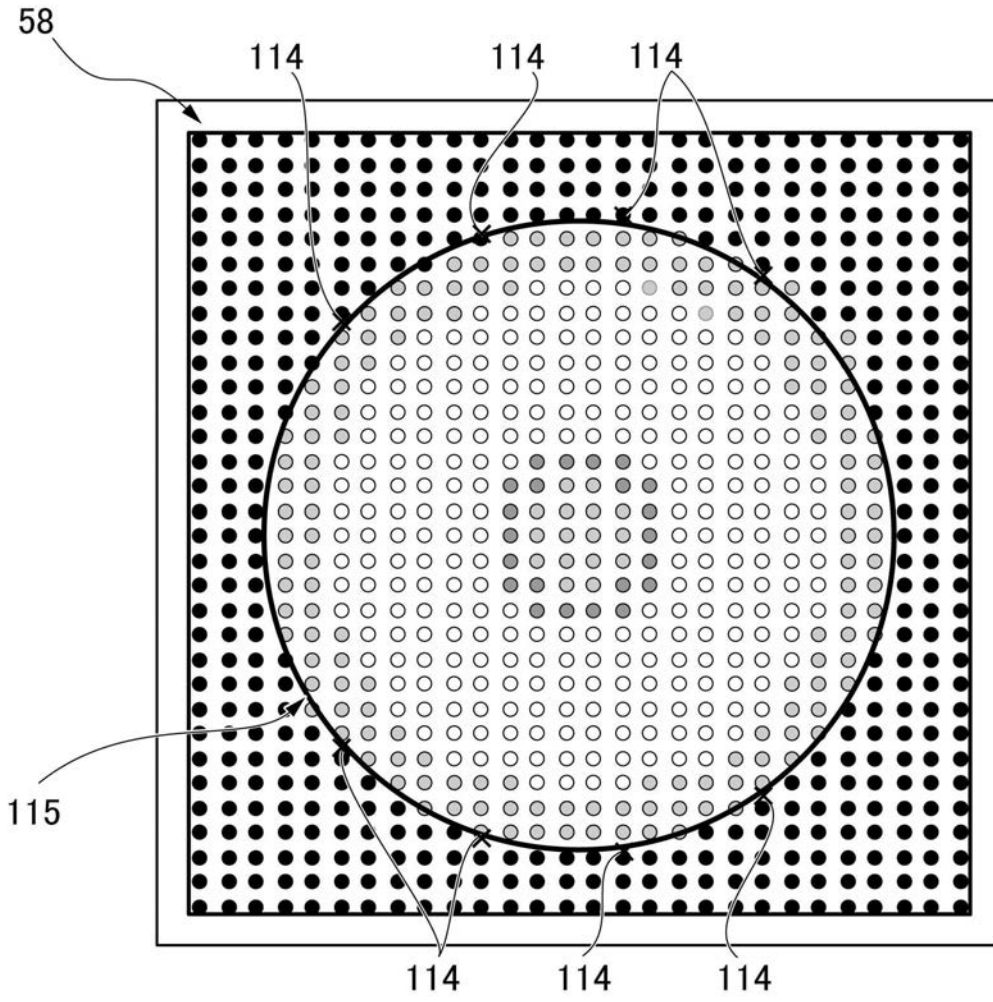
【図15】



【図16】



【図 17】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平10-325725(JP,A)
米国特許第06804380(US,B1)
特開2001-249020(JP,A)
実開平07-018210(JP,U)
特開平10-047959(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01C15/00; 15/06

G01C7/00

G01B11/00-11/30

G01S7/48-7/51

G01S17/00-17/95

G01C3/00-3/32