

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-9862

(P2018-9862A)

(43) 公開日 平成30年1月18日(2018.1.18)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO1B 7/00 (2006.01)	GO1B 7/00 1O2M	2F063
GO1D 5/14 (2006.01)	GO1D 5/14 E	2F077
GO1N 27/82 (2006.01)	GO1N 27/82	2G053

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2016-138437 (P2016-138437)</p> <p>(22) 出願日 平成28年7月13日 (2016.7.13)</p> <p>(出願人による申告) 平成28年度、国立研究開発法人科学技術振興機構、SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) 「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願</p>	<p>(71) 出願人 301023238 国立研究開発法人物質・材料研究機構 茨城県つくば市千現一丁目2番地1</p> <p>(72) 発明者 何 東風 茨城県つくば市千現一丁目2番地1 国立研究開発法人物質・材料研究機構内</p> <p>(72) 発明者 志波 光晴 茨城県つくば市千現一丁目2番地1 国立研究開発法人物質・材料研究機構内</p> <p>(72) 発明者 土谷 浩一 茨城県つくば市千現一丁目2番地1 国立研究開発法人物質・材料研究機構内</p> <p>Fターム(参考) 2F063 AA03 BA14 BB03 BB05 CA34 DA01 DA05 DD04 GA01 GA52 2F077 CC02 JJ06 JJ08 JJ09</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
---	--

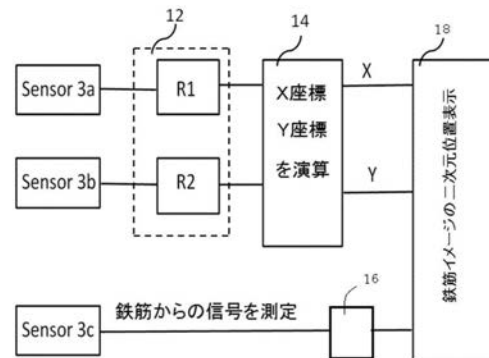
(54) 【発明の名称】 鉄系材料位置検出装置

(57) 【要約】

【課題】 構造が単純で、装置重量が軽く、かつ低コストである鉄系材料位置検出装置を提供すること。

【解決手段】 鉄系材料(10)の埋設された場所に移動可能に設けられる一つの送信コイル(2)と、計測基線方向に一定間隔(L)で置かれる第1及び第2の磁気センサ(3a、3b)と、この送信コイルの近傍に置かれる第3の磁気センサ(3c)と、この送信コイルに駆動信号を供給する駆動回路(4)と、前記第1及び第2の磁気センサの検出信号の振幅から、前記第1及び第2の磁気センサと前記送信コイルとの距離(R1、R2)を演算する距離演算手段(12)と、前記計測基線方向(x)とこの計測基線方向と直交する方向(y)の座標成分を所定式で演算する座標成分演算手段(14)と、前記第3の磁気センサの検出信号を入力して、前記第3の磁気センサの近傍に前記鉄系材料が存在するか、判定する鉄系材料判定手段(16)とを備える。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

鉄系材料の埋設された場所に移動可能に設けられる一つの送信コイルと、計測基線方向に一定間隔（L）で置かれる第 1 及び第 2 の磁気センサと、この送信コイルの近傍に置かれる第 3 の磁気センサと、この送信コイルに駆動信号を供給する駆動回路と、前記第 1 及び第 2 の磁気センサの前記駆動信号成分に対応する検出信号を入力して、当該検出信号の振幅から、前記第 1 及び第 2 の磁気センサと前記送信コイルとの距離（R 1、R 2）を演算する距離演算手段と、

前記計測基線方向に一定間隔（L）と、第 1 及び第 2 の磁気センサと前記送信コイルとの距離（R 1、R 2）から、前記計測基線方向（x）とこの計測基線方向と直交する方向（y）の座標成分（X、Y）を演算する座標成分演算手段と、

前記第 3 の磁気センサの検出信号を入力して、前記第 3 の磁気センサの近傍に前記鉄系材料が存在するか、判定する手段とを備え、

前記鉄系材料判定手段で前記第 3 の磁気センサの近傍に前記鉄系材料が存在すると判定された場合の、前記鉄系材料の存在位置として前記座標成分演算手段で演算された座標を用いることを特徴とする鉄系材料位置検出装置。

【請求項 2】

前記座標成分演算手段の演算式は、下記の（1）、（2）式であることを特徴とする請求項 1 に記載の鉄系材料位置検出装置。

【数 1】

$$X = \frac{R1^2 + L^2 - R2^2}{2L} \quad (1)$$

【数 2】

$$Y = \sqrt{R1^2 - X^2} \quad (2)$$

【請求項 3】

前記送信コイル位置と前記第 3 の磁気センサ位置とのオフセット量は、前記鉄系材料の検知対象となる外径よりも小さな値であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の鉄系材料位置検出装置。

【請求項 4】

前記駆動回路の駆動信号は、周波数が 10 Hz から 1 MHz であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の鉄系材料位置検出装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、鉄筋コンクリート構造物の非破壊検査装置等に用いて好適な鉄系材料位置検出装置に関し、特に検査対象物に対して手動の 2 次元走査を行うことで鉄筋の位置検出を行うために、電磁的方法を用いた単純な構成の鉄系材料位置検出装置に関する。

【背景技術】

【0002】

道路橋、鉄道橋等に用いられる鉄筋コンクリート構造物は、弱アルカリ性を有するコンクリート中に鉄筋や鉄骨を配置することで、鉄筋や鉄骨を錆から保護して、数十年以上の耐久性を確保している。力学的には、圧縮強度の高いコンクリートに圧縮応力を負担させ

10

20

30

40

50

、引張強度の高い鉄筋や鉄骨に引張応力を負担させることで、コンクリートに比較して高価格材料である鉄筋や鉄骨の使用量を適切に保つことで、車両などの移動荷重を支える構造物を比較的安価に構築している。

【0003】

このような鉄筋コンクリート構造物において、コンクリート中に埋設された鉄筋や鉄骨の非破壊検査は重要である。施工の初期段階では、鉄筋や鉄骨の配置位置が設計通りに配置されているか確認することが重要である。また供用開始から数十年を経過して、コンクリートの中性化が進行した段階では、鉄筋や鉄骨に錆が生じている可能性があるため、鉄筋や鉄骨の健全性を評価することが重要である。この健全性の評価に基づいて、当該鉄筋コンクリート構造物の補強工事を行ったり、部分的な更新工事を行ったり、あるいは供用の廃止を判断する必要がある。そこで、特許文献2-4に示すような、コンクリート構造物の非破壊検査装置や非破壊検査方法が用いられている。

10

【0004】

このようなコンクリート構造物の非破壊検査装置において、コンクリート中に埋設された鉄筋や鉄骨の位置検出には電磁的手法を用いることが行われている。鉄系材料は強磁性材料であるため、光学的手法が利用困難なコンクリート構造物に対しても、電磁的手法であれば適用可能だからである。

他方で、特許文献1に示すような、X-Yステージを用いた位置検出システムが知られている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2006-153670

【特許文献2】特開2001-165870

【特許文献3】特開2007-033027

【特許文献4】特開2013-130452

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しなしながら、上記のX-Yステージを用いた位置検出システムは、電磁センサを縦横に走査して位置情報を取得するものである。そこで、位置検出システムの構造が複雑であり、装置重量も重く、かつ高価である。そこで、コンクリート構造物の非破壊検査装置のようなフィールド実験に適していないという課題があった。

30

本発明は、上述の課題を解決したもので、構造が単純で、装置重量が軽く、かつ低コストであるコンクリート構造物等に用いて好適な鉄系材料位置検出装置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】

本発明の鉄系材料位置検出装置は、例えば図4、図5に示すように、鉄系材料(10)の埋設された場所に移動可能に設けられる一つの送信コイル(2)と、計測基線方向に一定間隔(L)で置かれる第1及び第2の磁気センサ(3a、3b)と、この送信コイルの近傍に置かれる第3の磁気センサ(3c)と、この送信コイルに駆動信号を供給する駆動回路(4)と、前記第1及び第2の磁気センサの前記駆動信号成分に対応する検出信号を入力して、当該検出信号の振幅から、前記第1及び第2の磁気センサと前記送信コイルとの距離(R1、R2)を演算する距離演算手段(12)と、前記計測基線方向の一定間隔(L)と、第1及び第2の磁気センサと前記送信コイルとの距離(R1、R2)から、前記計測基線方向(x)とこの計測基線方向と直交する方向(y)の座標成分を次式で演算する座標成分演算手段(14)と、前記第3の磁気センサの検出信号を入力して、前記第3の磁気センサの近傍に前記鉄系材料が存在するか、判定する鉄系材料判定手段(16)とを備え、前記鉄系材料判定手段で前記第3の磁気センサの近傍に前記鉄系材料が存在す

40

50

ると判定された場合の、前記鉄系材料の存在位置として前記座標成分演算手段で演算された座標を用いることを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

本発明の鉄系材料位置検出装置は、送信コイル(2)は、鉄系材料(10)の埋設された場所に移動可能に設けられると共に、送信コイル内に交流電流が流れたときに、磁場を生成する。駆動回路(4)は送信コイル内に交流電流を供給する。第1及び第2の磁気センサ(3a、3b)、距離演算手段(12)および座標成分演算手段(14)によつて、送信コイルの位置する座標成分(X、Y)を演算する。第3の磁気センサ(3c)と鉄系材料判定手段(16)によつて、第3の磁気センサの近傍に鉄系材料が存在するか否かを判定する。

10

【 0 0 0 9 】

本発明の鉄系材料位置検出装置において、好ましくは、前記座標成分演算手段の演算式は、下記の(1)、(2)式であるとよい。

【数1】

$$X = \frac{R1^2 + L^2 - R2^2}{2L} \quad (1)$$

20

【数2】

$$Y = \sqrt{R1^2 - X^2} \quad (2)$$

【 0 0 1 0 】

本発明の鉄系材料位置検出装置において、好ましくは、前記送信コイル位置と前記第3の磁気センサ位置とのオフセット量は、前記鉄系材料の検知対象となる外径よりも小さな値であるとよい。

本発明の鉄系材料位置検出装置において、好ましくは、前記駆動回路の駆動信号は、周波数が10Hzから1MHzであるとよい。周波数が10Hz以下の場合には、環境ノイズが大きく影響して、磁気センサ(3a、3b、3c)の感度が低下する。周波数が1MHzを超える場合は、コンクリート中の水分率が影響する可能性がある。

30

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

本発明の鉄系材料位置検出装置によれば、計測基線方向に一定間隔で置かれる第1及び第2の磁気センサによつて検出される信号の振幅から、検知対象となる鉄系材料の位置を示す座標成分をリアルタイムで算出することができる。これはフィールド実験のために非常に適している。

【図面の簡単な説明】

40

【 0 0 1 2 】

【図1】一次元位置検出システムの原理を示す全体構成図である。

【図2】信号振幅と距離の関係の説明図である。

【図3】二次元位置検出システムの一例を示す全体構成図である。

【図4】本発明の一実施例を示す鉄系材料位置検出装置の全体構成図である。

【図5】位置検出システムを有する鉄筋検出のブロック図である。

【図6】手動のスキャンによつて検出される鉄筋の信号を示している。

【図7】手動のスキャンによつて得た鉄筋の2次元グラフである。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

50

まず、本発明の前提問題として、一次元位置検出システムを検討する。

図1は、一次元位置検出システムの原理を示す全体構成図である。送信コイル2は、移動対象物1に取り付けられている。移動対象物1は任意のもので良いが、磁性材料の場合には送信コイル2から磁気センサ3に放射される電磁波を遮蔽することのないような、形状とする。送信コイル2は、交流磁場を生成するために使用される。

送信コイル2の巻き数は、例えば10から500の範囲が好ましく、送信コイル2の直径は1cmから20cmであるとよい。送信コイル2と移動対象物1は、一緒に移動する。送信コイル2の巻き数が10以下の場合には、駆動AC電流が大きくなり、駆動回路4に大出力の電気回路が必要となって、駆動回路4の構成が複雑になる。送信コイル2の巻き数が500を超える場合は、環境ノイズの影響が増大する。この実施例では、送信コイル2の巻き数として100を用いた。

送信コイル2の直径が1cm以下の場合には、位置検出システムの測定範囲が狭くなりすぎる。送信コイル2の直径が20cmを超える場合は、位置検出システムの測定精度が劣化する。この実施例では、送信コイル2の直径として10cmを用いた。

【0014】

駆動回路4から供給されるAC電流は、送信コイル2に流れて、送信コイル2に交流磁界を発生させるもので、例えば1mAから200mAまでの範囲が好ましい。駆動回路4から供給されるAC電流が1mA以下の場合には、ノイズの影響を受けて正確な測定が困難になる。AC電流が200mAを超える場合は、駆動回路4が大出力化すると共に駆動周波数が100kHz以上を超える高周波数の場合には送信コイル2での発熱が増大するという不都合がある。この実施例では、駆動回路4から供給されるAC電流として20mAを用いた。このAC電流は、周波数帯域が例えば10Hzから1MHzの範囲から選ばれるとよく、特に好ましくは1kHzから100kHzの範囲がよい。

【0015】

磁気センサ3は、送信コイル2によって生成される交流磁界を検出するもので、例えば誘導コイルセンサ、ホールセンサ、異方性磁気抵抗(AMR)センサ、巨大磁気抵抗(GMR)センサ又は他の磁気センサが用いられる。磁気センサ3は固定されており、移動しない。磁気センサ3で得られる受信信号の振幅から、送信コイル2と磁気センサ3との距離を算出することができる。受信信号振幅の距離減衰と、距離との関係には、適宜の理論式や経験式を用いることが出来、振幅

【0016】

図2は、信号振幅と距離の関係を示している。良く知られているように、波面が球面状に伝播する点音源に関しては、距離の二乗に比例して信号振幅が減少する。ここでは、距離100mmのとき相対信号振幅が0.4であり、距離200mmのとき相対信号振幅が0.04であり、距離400mmのとき相対信号振幅が0.005となっている。

【0017】

次に、本発明の前提問題として、二次元位置検出システムを検討する。

図3は、二次元位置検出システムの全体構成図を示している。送信コイル2は、移動対象物1に取り付けられている。送信コイル2と移動対象物1は、一緒に移動する。2つの磁気センサ3a、3bが使用される。磁気センサ3aの位置は、座標系の原点である。磁気センサ3a、3bとを結ぶ線をX軸と考える。磁気センサ3a、3b間の距離はLであり、計測基線方向の一定間隔になっている。磁気センサ3aの信号振幅から、コイル2と磁気センサ3aとの距離R1を求めることができる。磁気センサ3bの信号振幅から、コイル2と磁気センサ3bとの間の距離R2を得ることができる。移動対象物1(X、Y)の位置は以下の式で計算することができる。

【数 3】

$$X = \frac{R1^2 + L^2 - R2^2}{2L}$$

【数 4】

$$Y = \sqrt{R1^2 - X^2}$$

10

【0018】

続いて、本発明の一実施例を示す鉄系材料位置検出装置を説明する。

図 4 は、本発明の一実施例を示す鉄系材料位置検出装置としての位置検出システムを有する鉄筋検出装置の構成図を示している。なお、図 4 において、前記図 1、図 3 と同一作用をするものには同一符号を付して、説明を省略する。

この実施例では、送信コイル 2 は、位置検出用の励起コイルであると共に、鉄筋検出用の励起コイルとしても使用されている。信号発生器 4 の交流電流出力は、AC 磁場を生成するために送信コイル 2 へ送信されているもので、この実施例では、駆動周波数として 4 kHz を用いた。磁気センサ 3 c は、送信コイル 2 (又は励磁コイル) の中心に配置され、コンクリート 9 中の鉄筋 8 によって誘導される磁界を測定するために使用されている。磁気センサ 3 a、3 b は、送信コイル 2 の座標位置を取得するために使用されている。磁気センサ 3 c は、コンクリート中の鉄筋を検出するために使用されている。

20

【0019】

磁気センサ 3 a、3 b 及び 3 c の出力信号は、増幅器 5 a、5 b 及び 5 c に送られ、その後、AD 基板 6 へ送られる。AD 基板 6 には、アナログ・デジタル変換器が搭載されており、増幅器 5 a、5 b 及び 5 c からアナログ信号が、必要な精度の桁数を有するデジタル信号に変換される。アナログ・デジタル変換器には、例えば 16 ビットや 24 ビットの適宜の精度の機器が用いられる。

30

【0020】

演算プロセッサ 7 は、データ収集およびデータ計算を行うために使用されており、結果をリアルタイムで表示することができる。演算プロセッサ 7 には、例えばパソコン PC や数値演算用のコンピュータが用いられる。演算プロセッサ 7 の機能には、例えば図 5 に示すように、距離演算手段 1 2、座標成分演算手段 1 4、鉄系材料判定手段 1 6 および鉄筋位置表示装置 1 8 が設けられている。

鉄筋 8 は、測定対象となる鉄系材料である。コンクリート 9 は圧縮に強い材料で、埋設された鉄筋 8 が引張に強い材料のため、鉄筋コンクリートは複合材料として圧縮と引張に強い優れた材料になっている。

40

【0021】

距離演算手段 1 2 は、第 1 及び第 2 の磁気センサ 3 a、3 b の駆動信号成分に対応する検出信号を入力して、当該検出信号の振幅から、第 1 及び第 2 の磁気センサ 3 a、3 b と送信コイル 2 との距離 (R1、R2) を演算する。座標成分演算手段 1 4 は、計測基線方向の一定間隔 (L) と、第 1 及び第 2 の磁気センサ 3 a、3 b と送信コイル 2 との距離 (R1、R2) から、計測基線方向 (x) とこの計測基線方向と直交する方向 (y) の座標成分を前出の (1)、(2) 式で演算する。鉄系材料判定手段 1 6 は、第 3 の磁気センサ 3 c の検出信号を入力して、第 3 の磁気センサ 3 c の近傍に鉄系材料が存在するか、判定する。鉄筋位置表示装置 1 8 は、鉄系材料が存在する位置を示す 2D 画像をリアルタイムで表示する。

50

【 0 0 2 2 】

図 5 は、位置検出システムを有する鉄筋検出のブロック図を示す。距離演算手段 1 2 によって、磁気センサ 3 a の信号振幅及び図 2 から、送信コイル 2 とセンサ 3 a との距離 R 1 が得られる。これ同時に、距離演算手段 1 2 によって、磁気センサ 3 b の信号振幅及び図 2 から、送信コイル 2 とセンサ 3 b との間の距離 R 2 が得られる。次に、座標成分演算手段 1 4 では、式 (1) 及び (2) を用いて、計測基線方向 x およびこの計測基線方向と直交する方向 y の座標 (X 、 Y) を計算できる。鉄系材料判定手段 1 6 では、磁気センサ 3 c を用いて、鉄筋の磁気応答を測定する。鉄筋位置表示装置 1 8 によって、鉄筋 8 が存在する位置を示す 2 D 画像をリアルタイムで表示できる。また、位置情報を含むデータは、実験後のデータ処理用に保存される。

10

【 0 0 2 3 】

図 6 は、手で送信コイルを移動させることで走査される時の、磁気センサ 3 c で受信される鉄筋の信号の一例を示している。磁気センサ 3 c を鉄筋の径方向に移動させる幅を、例えば 3 0 0 mm とし、鉄筋が 1 7 0 mm 程度の位置に中心部があるとする。鉄筋中心部から離れた距離 5 0 mm や 3 0 0 mm では、磁気センサ 3 c の信号振幅は 3 . 3 1 V になっている。これに対して、鉄筋中心部に最も近い距離 1 7 0 mm では、磁気センサ 3 c の信号振幅は最大値の 3 . 4 1 V になっている。また、鉄筋中心部から ± 2 0 mm の距離 1 5 0 mm と 1 9 0 mm では、磁気センサ 3 c の信号振幅は 3 . 3 8 V になっている。

【 0 0 2 4 】

図 7 は、手で送信コイルを移動走査する場合の鉄筋測定値の 2 D グラフを示している。鉄筋の位置を表示することができる。移動速度は、例えば 1 ~ 1 0 0 cm / 秒がよく、さらに好ましくは 2 ~ 5 0 cm / 秒であるとよい。測定時間は、1 計測点当たり 0 . 0 1 ~ 0 . 5 秒程度がよく、さらに好ましくは 0 . 0 5 ~ 0 . 2 秒程度がよい。

20

鉄筋の位置は、X 方向では 8 0 mm から 1 2 0 mm の範囲で信号が強く、7 0 mm から 8 0 mm ならびに 1 2 0 mm から 1 3 0 mm の範囲で信号が次の順位で強くなっている。Y 方向では、1 0 mm から 7 0 mm の範囲で信号が強くなっている。

【 0 0 2 5 】

なお、上記の実施の形態では、鉄系材料位置検出装置では、送信コイルと励磁コイルを兼用する場合を示しているが、本発明はこれに限定されるものではなく、送信コイルと励磁コイルを別々に設けても良い。

30

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 2 6 】

本発明の鉄系材料位置検出装置によれば、構造が単純で、装置重量が軽く、かつ低コストであり、鉄筋コンクリート構造物の非破壊検査装置等に用いて好適である。

【 符号の説明 】

【 0 0 2 7 】

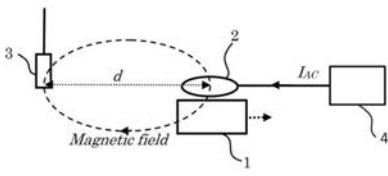
- 1 移動対象物
- 2 送信コイル
- 3 a 、 3 b 第 1 及び第 2 の磁気センサ
- 3 c 第 3 の磁気センサ
- 4 駆動回路 (信号発生器)
- 5 増幅器
- 6 A D 基板
- 7 演算プロセッサ
- 8 鉄系材料 (鉄筋)
- 9 コンクリート
- 1 2 距離演算手段
- 1 4 座標成分演算手段
- 1 6 鉄系材料判定手段
- L 計測基線方向の一定間隔

40

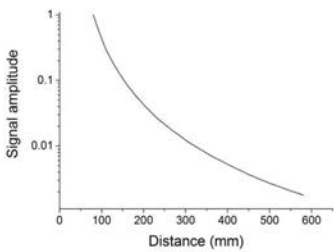
50

- R 1 第 1 の磁気センサと送信コイルとの距離
- R 2 第 2 の磁気センサと送信コイルとの距離
- x 計測基線方向の座標
- y 計測基線方向と直交する方向の座標

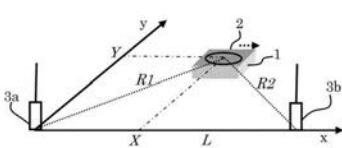
【 図 1 】



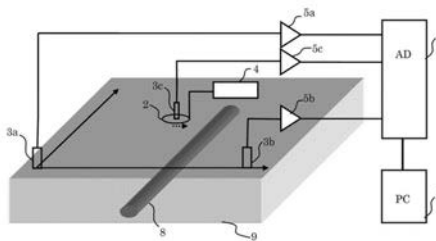
【 図 2 】



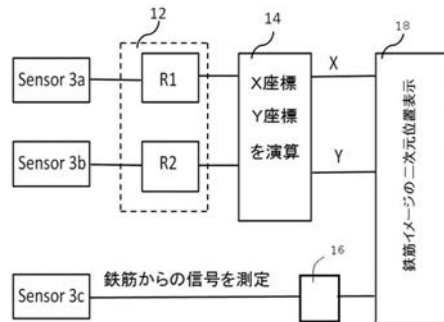
【 図 3 】



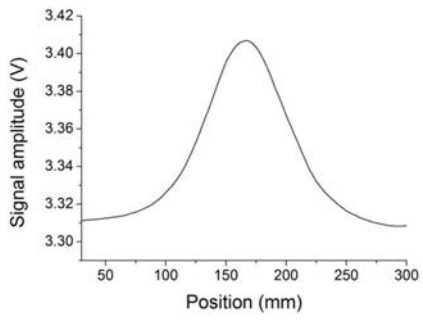
【 図 4 】



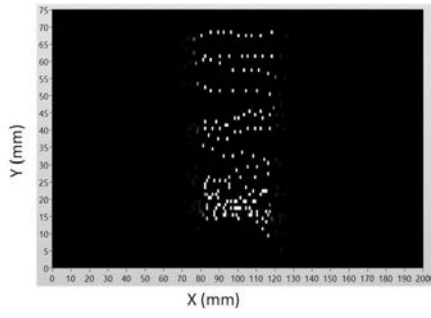
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2G053 AA02 AA11 AB01 BA13 BA21 BB05 BC02 BC14 CA03 CA05
CA06 DA01 DB02