

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5374687号
(P5374687)

(45) 発行日 平成25年12月25日 (2013.12.25)

(24) 登録日 平成25年10月4日 (2013.10.4)

(51) Int. Cl.	F I				
GO 1 R 29/08	(2006.01)	GO 1 R 29/08		Z	
GO 1 R 31/12	(2006.01)	GO 1 R 31/12		Z	
GO 1 N 27/92	(2006.01)	GO 1 N 27/92		Z	

請求項の数 2 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2009-82726 (P2009-82726)	(73) 特許権者	591155242
(22) 出願日	平成21年3月30日 (2009.3.30)		鹿児島県
(65) 公開番号	特開2010-236918 (P2010-236918A)		鹿児島県鹿児島市鴨池新町10番1号
(43) 公開日	平成22年10月21日 (2010.10.21)	(72) 発明者	尾前 宏
審査請求日	平成23年3月22日 (2011.3.22)		鹿児島県霧島市隼人町小田1445番地1
			鹿児島県工業技術センター内
		(72) 発明者	山之内 清竜
			鹿児島県霧島市隼人町小田1445番地1
			鹿児島県工業技術センター内
		審査官	越川 康弘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 静電気放電発生箇所可視化方法及び可視化装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

静電気放電に伴う電磁波を受信するための4本以上の受信アンテナと、被測定物で静電気放電が発生する様子を動画で撮影するためのビデオカメラと、ビデオカメラのカメラ基準点に対する方位と仰角の基準点が描かれた方位・仰角基準板とを一つの支持体に取り付けて被測定物の近傍に設置し、全ての受信アンテナで受信した静電気放電に伴う電磁波を同一時間軸で記録できる計測器に全ての受信アンテナを接続し、静電気放電の発生を監視する前に、方位・仰角基準板をビデオカメラで撮影し、撮影される方位と仰角の範囲を調べるとともに、撮影したビデオ画像の各画素が、どの方位と仰角を示すか明らかにした上で

、
静電気放電に伴い発生する電磁波を、受信アンテナのいずれかで受信すると計測器のトリガが掛かる状態にして、静電気放電の発生を監視し、

その計測器でトリガが掛かり、静電気放電に伴う電磁波を検知すると、全ての受信アンテナで受信した静電気放電に伴う電磁波を同一時間軸で記録するステップと、

記録した電磁波の波形を制御用コンピュータで解析して、各受信アンテナへ電磁波が到達した時間差を求め、双曲線法を用いて、受信アンテナの配置を基準とした3次元空間における静電気放電源の座標を算出するステップと、

静電気放電の発生を監視するのと並行して、ビデオカメラで撮影したビデオ画像も制御用コンピュータに取り込み、算出された静電気放電源の座標とビデオカメラのカメラ基準点との位置関係を元に、撮影したビデオカメラのカメラ基準点に対する静電気放電源の方位

と仰角を制御用コンピュータで算出し、ビデオカメラで撮影したビデオ画像の該当する画素の部分にマ - キング表示を行うステップを有することで、静電気放電源の位置をビデオ画像上で可視化する静電気放電発生箇所可視化方法であって、
静電気放電を検知してからビデオ画像にマ - キング表示するまでの遅延時間が発生するので、制御用コンピュータへのビデオ画像の取り込みを、マ - キング表示までの遅延時間に応じて遅らせることで、静電気放電が発生する瞬間のビデオ画像にマ - キング表示をするタイミングを合わせ、さらに、マ - キング表示に伴う遅延時間よりも多くの時間分、制御用コンピュータへのビデオ画像の取り込みを遅らせることで、
静電気放電源の位置を示すマ - キング表示と、静電気放電が発生するまでの残り時間表示と、静電気放電源の位置を数値で示す表示とを、
静電気放電が発生する以前のビデオ画像上に重ね表示して、被測定物において静電気放電が発生する状況をビデオ画像上で分かりやすく可視化することを特徴とする静電気放電発生箇所可視化方法。

10

【請求項 2】

静電気放電に伴う電磁波を受信するための 4 本以上の受信アンテナと、被測定物で静電気放電が発生する様子を動画で撮影するためのビデオカメラと、ビデオカメラのカメラ基準点に対する方位と仰角の基準点が描かれた方位・仰角基準板と、それらを取り付け、一体化して支持するための支持体と、全ての受信アンテナで受信した電磁波の電圧波形を同一時間軸で観測し、記録するための計測器と、
静電気放電の発生を監視する前に、ビデオカメラで撮影された方位・仰角基準板のビデオ画像の各画素が、ビデオカメラのカメラ基準点に対して、どの方位と仰角を示すか明らかにした上で、
静電気放電に伴い発生する電磁波を、受信アンテナのいずれかで受信すると計測器のトリガが掛かる状態にして、静電気放電の発生を監視し、その計測器でトリガが掛かり静電気放電に伴う電磁波を検知すると、
計測器に記録した電磁波の波形を解析して、各受信アンテナへ電磁波が到達した時間差を求め、双曲線法を用いて、受信アンテナの配置を基準とした 3 次元空間における静電気放電源の座標を算出するとともに、
被測定物で静電気放電が発生する様子を撮影したビデオ画像の取り込みを行い、
算出された静電気放電源の座標とビデオカメラのカメラ基準点との位置関係をもとに、
撮影したビデオカメラのカメラ基準点に対する静電気放電源の方位と仰角を算出し、ビデオ画像の該当する画素の部分に
静電気放電源の位置を示すマ - キング表示と、静電気放電が発生するまでの残り時間表示と、静電気放電源の位置を数値で示す表示とを重ね表示して、その画像を記録するための制御用コンピュータと、
ビデオカメラで撮影したビデオ画像を制御用コンピュータに任意の時間分遅れて取り込ませるための画像遅延装置と、
ビデオ画像上に、静電気放電源の位置を示すマ - キング表示と、静電気放電が発生するまでの残り時間表示と、静電気放電源の位置を数値で示す表示とを重ね表示させるためのスーパーインポーズボードと、
ビデオ画像上に、静電気放電源の位置を示すマ - キング表示と、静電気放電が発生するまでの残り時間表示と、静電気放電源の位置を数値で示す表示とを重ね表示されたビデオ画像を記録、再生するための画像記録装置と
ビデオモニター装置とからなる静電気放電箇所可視化装置であって、
静電気放電を検知してからビデオ画像にマ - キング表示するまでの遅延時間が発生するので、制御用コンピュータへのビデオ画像の取り込みを、マ - キング表示までの遅延時間に応じて遅らせることで、静電気放電が発生する瞬間のビデオ画像にマ - キング表示をするタイミングを合わせ、さらに、マ - キング表示に伴う遅延時間よりも多くの時間分、制御用コンピュータへのビデオ画像の取り込みを遅らせることで、
静電気放電源の位置を示すマ - キング表示と、静電気放電が発生するまでの残り時間表示と、静電気放電源の位置を

20

30

40

50

数値で示す表示とを、静電気放電が発生する以前のビデオ画像上に重ね表示して、被測定物において静電気放電が発生する状況をビデオ画像上で分かりやすく可視化することを特徴とする静電気放電発生箇所可視化装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被測定物において静電気放電が発生した位置を、双曲線法によって算出し、被測定物のビデオ画像上に、静電気放電源の位置を示すマッピング表示や、静電気放電が発生するまでの残り時間表示や、静電気放電源の位置を数値で示す表示等を重ね表示することで、被測定物において静電気放電が発生する状況をビデオ画像上で分かりやすく可視化するための方法及び装置に関するものである。

10

【背景技術】

【0002】

従来の放電発生位置の探査方法及び探査装置には、広範囲に設けられた配線設備の部分放電発生箇所を短時間で、精度良く、しかも容易に探査することのできるものがある（特許文献1参照。）。

【0003】

以下、特許文献1で示した従来の配電線部分放電発生位置の探査方法及び探査装置について説明する。

20

【0004】

この方法は、「第1の測定点で部分放電による電波信号を2本1組となる複数組の受信アンテナで受信し、組を構成する2本の受信アンテナへの電波信号の各到達時間差より、双曲線法を介して部分放電発生源の方向を検出すると共に第1の測定点の緯度、経度情報をGPSにより取り込み、その後、第2の測定点に移動し、第2の測定点で同様の方法で部分放電発生源の方向を検出すると共に第2の測定点の緯度、経度情報をGPSにより取り込み、GPSから取り込んだ各測定点の位置情報と、各測定点で検出された各測定点からの部分放電発生源の方向とを利用して表示装置に表示された配電線路が記録された地図情報上に部分放電発生源の位置を特定し、配電線路と部分放電発生源の位置とを比較して配電線設備の部分放電が否かを判別することを特徴とする配電線部分放電発生位置の探査方法」であり、「移動体に測定点の緯度、経度情報を得るためのGPSアンテナと、部分放電により生じた電波信号を受信するための3本以上の受信アンテナが備えられており、組となる2本の受信アンテナの部分放電発生源からの電波信号の到達時間差を2組分求め、双曲線法を介して部分放電発生源の方向を検出する演算装置と、配電線路が記録された地図情報上に2カ所の各測定点から演算装置により得られた部分放電発生源方向へ伸ばした直線、又は該2本の直線の交点を表示可能な表示装置を備えていることを特徴とする配電線部分放電発生位置の探査装置」とされている。

30

【0005】

この方法の場合、探索装置を搭載した自動車を移動して、少なくとも2カ所で測定した上で、配電線路を記録された地図情報上に放電源の位置が表示され、その地図情報をもとに作業者が放電源とされる場所に赴き、放電源の位置を特定することになる。

40

【0006】

しかし、静電気放電の場合、物質どおしの接触や剥離など、動的な現象で主に発生するため、放電を検知してから時間をおいて静電気放電源の位置を特定しても、静電気放電源の状況が変わっている場合が多く、放電原因の特定に手間取る場合もある。

【特許文献1】特開2001-33510公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

そこで、本発明は、被測定物において静電気放電が発生した位置を、双曲線法によって

50

算出し、被測定物のビデオ画像上に、静電気放電源の位置を示すマ - キング表示と、静電気放電が発生するまでの残り時間表示と、静電気放電源の位置を数値で示す表示とを重ね表示することで、被測定物において静電気放電が発生する状況をビデオ画像上で分かりやすく可視化することのできる手段を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の静電気放電発生箇所可視化方法は、
 静電気放電に伴う電磁波を受信するための4本以上の受信アンテナと、被測定物で静電気放電が発生する様子を動画で撮影するためのビデオカメラと、ビデオカメラのカメラ基準点に対する方位と仰角の基準点が描かれた方位・仰角基準板とを一つの支持体に取り付けて被測定物の近傍に設置し、全ての受信アンテナで受信した静電気放電に伴う電磁波を同一時間軸で記録できる計測器に全ての受信アンテナを接続し、静電気放電の発生を監視する前に、方位・仰角基準板をビデオカメラで撮影し、撮影される方位と仰角の範囲を調べるとともに、撮影したビデオ画像の各画素が、どの方位と仰角を示すか明らかにした上で、
静電気放電に伴い発生する電磁波を、受信アンテナのいずれかで受信すると計測器のトリガが掛かる状態にして、静電気放電の発生を監視し、
 その計測器でトリガが掛かり、静電気放電に伴う電磁波を検知すると、全ての受信アンテナで受信した静電気放電に伴う電磁波を同一時間軸で記録するステップと、
 記録した電磁波の波形を制御用コンピュータで解析して、各受信アンテナへ電磁波が到達した時間差を求め、双曲線法を用いて、受信アンテナの配置を基準とした3次元空間における静電気放電源の座標を算出するステップと、
 静電気放電の発生を監視するのと並行して、ビデオカメラで撮影したビデオ画像も制御用コンピュータに取り込み、算出された静電気放電源の座標とビデオカメラのカメラ基準点との位置関係を元に、撮影したビデオカメラのカメラ基準点に対する静電気放電源の方位と仰角を制御用コンピュータで算出し、ビデオカメラで撮影したビデオ画像の該当する画素の部分にマ - キング表示を行うステップを有することで、静電気放電源の位置をビデオ画像上で可視化する静電気放電発生箇所可視化方法であって、
 静電気放電を検知してからビデオ画像にマ - キング表示するまでの遅延時間が発生するので、制御用コンピュータへのビデオ画像の取り込みを、マ - キング表示までの遅延時間に
 応じて遅らせることで、静電気放電が発生する瞬間のビデオ画像にマ - キング表示をする
 タイミングを合わせ、さらに、マ - キング表示に伴う遅延時間よりも多くの時間分、制御
 用コンピュータへのビデオ画像の取り込みを遅らせることで、静電気放電源の位置を示す
 マ - キング表示と、静電気放電が発生するまでの残り時間表示と、静電気放電源の位置を
 数値で示す表示とを、静電気放電が発生する以前のビデオ画像上に重ね表示して、被測定
 物において静電気放電が発生する状況をビデオ画像上で分かりやすく可視化することを特
 徴とする。

【0009】

これによれば、被測定物に対して、受信アンテナとビデオカメラと方位・仰角基準板が一体化された支持体に向けて、ビデオ撮影と静電気放電の発生を監視をしておき、静電気放電の発生を検知すると、静電気放電源の位置を示すマ - キング表示と、静電気放電が発生するまでの残り時間表示と、静電気放電源の位置を数値で示す表示とを、静電気放電が発生する以前のビデオ画像に重ね表示され、静電気放電の瞬間に、放電源でどんな現象が起きているかを確認することができるため、放電の発生原因の究明が非常に容易になる。

【0010】

また、被測定物に対して、受信アンテナとビデオカメラと方位・仰角基準板が一体化された支持体を正確に位置合わせする必要もないため、可視化装置の設置が非常に容易であ

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 1 1 】

請求項 2 の静電気放電発生箇所可視化装置は、
静電気放電に伴う電磁波を受信するための 4 本以上の受信アンテナと、被測定物で静電気放電が発生する様子を動画で撮影するためのビデオカメラと、ビデオカメラのカメラ基準点に対する方位と仰角の基準点が描かれた方位・仰角基準板と、それらを取り付け、一体化して支持するための支持体と、全ての受信アンテナで受信した電磁波の電圧波形を同一時間軸で観測し、記録するための計測器と、
静電気放電の発生を監視する前に、ビデオカメラで撮影された方位・仰角基準板のビデオ画像の各画素が、ビデオカメラのカメラ基準点に対して、どの方位と仰角を示すか明らかにした上で、
静電気放電に伴い発生する電磁波を、受信アンテナのいずれかで受信すると計測器のトリガが掛かる状態にして、静電気放電の発生を監視し、その計測器でトリガが掛かり静電気放電に伴う電磁波を検知すると、
計測器に記録した電磁波の波形を解析して、各受信アンテナへ電磁波が到達した時間差を求め、双曲線法を用いて、受信アンテナの配置を基準とした 3 次元空間における静電気放電源の座標を算出するとともに、
被測定物で静電気放電が発生する様子を撮影したビデオ画像の取り込みを行い、
算出された静電気放電源の座標とビデオカメラのカメラ基準点との位置関係をもとに、撮影したビデオカメラのカメラ基準点に対する静電気放電源の方位と仰角を算出し、ビデオ
画像の該当する画素の部分に
静電気放電源の位置を示すマ - キング表示と、静電気放電が発生するまでの残り時間表示と、静電気放電源の位置を数値で示す表示とを重ね表示して、その画像を記録するための制御用コンピュータと、
ビデオカメラで撮影したビデオ画像を制御用コンピュータに任意の時間分遅れて取り込ませるための画像遅延装置と、
ビデオ画像上に、静電気放電源の位置を示すマ - キング表示と、静電気放電が発生するまでの残り時間表示と、静電気放電源の位置を数値で示す表示とを重ね表示させるためのスーパーインポーズボードと、
ビデオ画像上に、静電気放電源の位置を示すマ - キング表示と、静電気放電が発生するまでの残り時間表示と、静電気放電源の位置を数値で示す表示とを重ね表示されたビデオ画像を記録、再生するための画像記録装置と
ビデオモニター - 装置とからなる静電気放電箇所可視化装置であって、
静電気放電を検知してからビデオ画像にマ - キング表示するまでの遅延時間が発生するので、制御用コンピュータへのビデオ画像の取り込みを、マ - キング表示までの遅延時間に応じて遅らせることで、静電気放電が発生する瞬間のビデオ画像にマ - キング表示をするタイミングを合わせ、さらに、マ - キング表示に伴う遅延時間よりも多くの時間分、制御用コンピュータへのビデオ画像の取り込みを遅らせることで、静電気放電源の位置を示すマ - キング表示と、静電気放電が発生するまでの残り時間表示と、静電気放電源の位置を数値で示す表示とを、静電気放電が発生する以前のビデオ画像上に重ね表示して、被測定物において静電気放電が発生する状況をビデオ画像上で分かりやすく可視化することを特徴とする。

10

20

30

40

【 0 0 1 2 】

これによれば請求項 1 の可視化方法を実施するために必要な、静電気放電に伴い発生する電磁波を受信するための複数の受信アンテナやビデオカメラの設置や、双曲線法による静電気放電源の座標の算出や、静電気放電源の位置の特定が容易であるので、請求項 1 に記載の可視化方法を容易に行うことができる。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 3 】

50

以上述べたように、本発明により、被測定物において静電気放電が発生した位置を、双曲線法によって算出し、被測定物のビデオ画像上に、静電気放電源の位置を示すマ - キング表示と、静電気放電が発生するまでの残り時間表示と、静電気放電源の位置を数値で示す表示とを重ね表示することで、被測定物において静電気放電が発生する状況をビデオ画像上で分かりやすく可視化する方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

以下、本発明を好適な実施例を用いて説明する。

【実施例】

10

【0015】

図1は、本発明の可視化装置の構成を説明する図である。

図1において、静電気放電の発生源を特定したい被測定物aの近くの任意の場所に、受信アンテナ2a、2b、2c、2dとビデオカメラ4と方位・仰角基準板5を取り付けた支持体1を設置する。受信アンテナ2a、2b、2c、2dは、それぞれ同軸ケーブル3a、3b、3c、3dを介してデジタルオシロスコープ6の入力1～4にそれぞれ接続する。デジタルオシロスコープ6は制御用コンピュータ9とデジタルインタフェースケーブル9aで接続されており、制御用コンピュータ9によってデジタルオシロスコープ6を制御する。

【0016】

20

ビデオカメラ4では、被測定物aの様子を動画で撮影し、そのビデオ画像を、リアルタイムに、ビデオケーブル4b、画像遅延装置7、ビデオケーブル7a、スーパーインポーズボード8を介して、制御用コンピュータ9に取り込む。

【0017】

図1の支持体1において、受信アンテナ2aを取り付けた位置を可視化装置の測定基準点cとし、受信アンテナ2aに対して、それぞれ方位角が90度異なる任意の場所に受信アンテナ2b、2c、2dを取り付ける。図1の場合、測定基準点cに対して、受信アンテナ2bを通過する軸線をX軸、受信アンテナ2cを通過する軸線をY軸、受信アンテナ2dを通過する軸線をZ軸とする。なお、XYZの各軸をどの受信アンテナの向きにするかは特に限定されない。

30

【0018】

図2は、受信アンテナ2a、2b、2c、2dの配置を基準とした3次元空間の概念図である。

【0019】

この3次元空間において、測定基準点cの存在するXY平面での測定基準点cからの向きを方位とし、測定基準点cの存在するXY平面に対する垂直方向の傾きの度合いを仰角とする。実施例1の場合、+Y軸の向きを方位0度とし、+X軸側(右側)に右回転するに従って方位が増加することとし、仰角については、測定基準点cの存在するXY平面に向いている時を仰角0度とし、+Z軸の向きの時の仰角を+90度、-Z軸の向きの時の仰角を-90度とする。

40

【0020】

図1において、受信アンテナ2a、2b、2c、2dは、高周波伝達経路である同軸ケーブル3a、3b、3c、3dを介して、4チャンネル入力のデジタルオシロスコープ6の入力チャンネル1～4に、それぞれ接続するが、このとき各同軸ケーブルの長さや電気的特性を同一にしておくと、受信アンテナ2a、2b、2c、2dからデジタルオシロスコープ6まで電気信号が到達する時間が同じになり、各チャンネル間で静電気放電に伴い発生する電磁波の到達時間差を算出する際に、時間軸の補正が不要である。

【0021】

一方、各アンテナからデジタルオシロスコープ6への電気信号の伝達時間が異なる場合

50

、その差分をなくすために、各アンテナからデジタルオシロスコープへの電気信号の到達時間の差分を予め明らかにしておき、各チャンネル間で静電気放電に伴い発生する電磁波の到達時間差を算出する際に、各チャンネルにおける、各アンテナからデジタルオシロスコープへの電気信号の到達時間の差分を補正する。

【0022】

デジタルオシロスコープ6は制御用コンピュータ9とデジタルインタフェースケーブル9aで接続され、制御用コンピュータ9でデジタルオシロスコープ6の初期化と測定条件の設定を行う。なお、制御用コンピュータ9とデジタルオシロスコープ6とを接続する際の通信インタフェース方式は、GP-IB、RS-232C、LAN、USB等、デジタルオシロスコープ6の制御やデータの受け渡しができるものであれば方式を問わない。

10

【0023】

その上で、静電気放電に伴い発生する電磁波を、受信アンテナ2a、2b、2c、2dのいずれかで受信するとデジタルオシロスコープ6のトリガが掛かる状態にして、静電気放電の発生を監視する。デジタルオシロスコープ6のトリガ機能には、ある一定電位を超える入力があった場合にトリガの掛かるエッジトリガや、入力信号のパルス幅がある一定時間内であるときにトリガが掛かるパルス幅トリガ、それらを複数の入力チャンネルで組み合わせたパルストリガなどがあり、どのようなトリガ条件にするかは、測定現場の状況に応じて調整し、選択する。

【0024】

例えば、微弱な静電気放電を検出したい場合には、トリガの掛かる電位を下げ、周囲の静電気放電以外の電磁ノイズの影響を軽減したい場合には、静電気放電に伴い発生する電磁波がGHz帯にまで及び高周波成分を含んでいることを利用して、パルス幅トリガの設定でトリガの掛かるパルス幅を極力狭くする方法や、静電気放電に伴い発生する電磁波の周波数成分だけが通過できるバンドパスフィルタ等をデジタルオシロスコープ6の入力部に取り付けてもよい。

20

【0025】

受信アンテナの種類や仕様については特に限定しないが、アンテナの設置位置の誤差を少なくするには、物理的なサイズがなるべく小さい方が好ましい。

【0026】

静電気放電に伴い発生する電磁波を受信してデジタルオシロスコープ6のトリガが掛かると、受信アンテナ2a、2b、2c、2dで受信した静電気放電に伴い発生する電磁波の電圧的变化が、デジタルオシロスコープ6のチャンネル1～4のデジタルデータとして記録される。

30

【0027】

デジタルオシロスコープ6において記録されるデジタルデータとは、デジタルオシロスコープ6において、その各チャンネルに入力された電圧の時間的変化を離散的に高速AD（アナログ値からデジタル値へ）変換して得られた電圧値を、設定したポイントの数だけ時系列に記録したデータ群のことである。

【0028】

デジタルオシロスコープ6のトリガが掛かると、そのことを制御用コンピュータ9で検知し、静電気放電の発生時刻として記録する。そして、デジタルオシロスコープ6で記録された4チャンネル分のデジタルデータを制御用コンピュータ9で読み込み、各チャンネルにおける電磁波到達基準点を見つけだす。

40

【0029】

電磁波到達基準点とは、図3に示すように、静電気放電に伴い発生する電磁波が各アンテナに到達した時刻を比較するための基準点のことで、デジタルオシロスコープ6に記録された静電気放電に伴う電磁波の波形データの中で、静電気放電に伴い発生する電磁波によって発生した最初の電圧パルスのピークを示す測定ポイントを電磁波到達基準点（P__2a、P__2b、P__2c、P__2d）とする。

【0030】

50

測定ポイントとは、デジタルオシロスコープ6において時系列に記録されたデジタルデータの中の何番目のデータであるかを示すものである。

【0031】

もし、その電圧パルスのピーク部分がデジタルオシロスコープ6の表示範囲を超えていた場合、超えていた区間の中間の測定ポイントを電磁波到達基準点とする。(例えば、図3のP_{2b})

【0032】

そして、ある任意の2つの受信アンテナ間において、電磁波到達基準点を示す測定ポイントの差分に、計測時のデジタルオシロスコープ6のサンプリングレートの逆数を掛けると、その2つの受信アンテナ間での、静電気放電に伴い発生する電磁波の到達時間差が算出される。

10

【0033】

サンプリングレートとは、デジタルオシロスコープ6において電圧等の時間的変化を離散的に測定する際の、1秒間に測定する回数のことであり、サンプリングレートの逆数とは、離散的に測定する間隔の時間を意味する。

【0034】

双曲線法とは、静電気放電に伴う電磁波を、設置場所の異なる4台以上のアンテナで受信し、各アンテナに電磁波が到達する時間差とアンテナの設置位置の関係から、組み合わせの異なる任意の2本の受信アンテナ間における双曲線をそれぞれ算出し、それらの双曲線の交点を求めることで、電磁波の発生源の位置を特定する手法である。

20

【0035】

図4に示すように、静電気放電源b及び受信アンテナ2a、2bが全て同じ2次元空間に存在する場合、静電気放電源bで発生した静電気放電に伴う電磁波を、受信アンテナ2aと2bで受信すると、静電気放電源bと受信アンテナ2a、2bの設置場所との距離の差に応じて電磁波の受信時刻差 t_{ba} が生じる。受信アンテナ2a、2bに対して受信時間差が t_{ba} となる点を結んだ線が、アンテナ2a、2bに対する双曲線 t_{ba} となるが、双曲線 t_{ba} 上のどの点が放電の発生源であるかは特定できない。そこで、もう一つの受信アンテナ2cを用意し、アンテナ2a、2b、2cで、電磁波を受信することで、双曲線 t_{ba} と双曲線 t_{ca} を求めると、その交点として静電気放電源bの位置を特定することができる。

30

【0036】

図5に示すように、静電気放電源bが3次元空間に存在する場合、Z軸上に更に受信アンテナ2dを追加し、受信アンテナ2aと2dで得られる双曲線 t_{da} をZ軸線を軸として360度回転させた曲面を算出する。同じように、受信アンテナ2aと受信アンテナ2bによる双曲線 t_{ba} もX軸線を軸として360度回転させた曲面を算出し、受信アンテナ2aと受信アンテナ2cによる双曲線 t_{ca} はY軸線を軸として360度回転させた曲面を算出し、それら3つの曲面が一つに交わる点を求めることで、受信アンテナ2a、2b、2c、2dの配置を基準とした3次元空間における静電気放電源bの座標を算出することができる。

【0037】

支持体1に取り付ける受信アンテナの数を4本より、さらに増やし、既存の受信アンテナ2a、2b、2c、2dとは異なる場所に取り付け、算出する双曲線の数を増やすことで、測定誤差が軽減され、静電気放電源の算出精度を向上させることもできる。

40

【0038】

次に、算出された静電気放電bの位置を、ビデオカメラ4で撮影したビデオ画像上でマッピング表示する方法について説明する。

【0039】

本装置では、図1に示すように、アンテナ群によって、静電気放電の発生を監視すると並行して、ビデオカメラ4で、被測定物aで静電気放電が発生する様子をビデオ画像で撮影する。

50

【 0 0 4 0 】

ビデオカメラ 4 で撮影されるビデオ画像には、ビデオカメラ 4 の撮像素子 4 a の焦点の中心であるカメラ基準点 d を基点とした、ある方位と仰角の範囲に存在する被測定物 a の領域が映り、ビデオ画像上の個々の画素には、その領域内の、ある特定の方位と仰角に存在する被測定物 a の部位が映る。

【 0 0 4 1 】

そこで、カメラ基準点 d に対する静電気放電源 b の方位と仰角を算出し、ビデオカメラ 4 で撮影したビデオ画像において、その方位と仰角が該当する画素の部分にマ - キング表示をすることで、静電気放電源 b の場所をビデオ画像上で可視化する。

【 0 0 4 2 】

ビデオカメラ 4 で撮影される方位と仰角の範囲は、図 6 の右図に示すように、ビデオカメラ 4 のズ - ムの度合いで変化する。そこで、静電気放電の監視を開始する前に、ビデオ基準点 d に対する方位と仰角の基準点が描かれた方位・仰角基準板 5 をビデオカメラ 4 で撮影し、撮影される方位や仰角の範囲を調べるとともに、撮影したビデオ画像の各画素が、どの方位と仰角の物体を映すのか計算する式のパラメ - タを求める。

【 0 0 4 3 】

方位・仰角基準板 5 には、図 7 に示すように、カメラ基準点 d から、カメラ画像中心線 e の線上で直線距離 A の位置で、カメラ画像中心線 e に垂直な平面における、カメラ基準点 d を基点とした様々な方位と仰角を示す点が描かれている。

【 0 0 4 4 】

カメラ画像中心線 e とは、カメラ基準点を基点とし、ビデオカメラ 4 の撮像素子 4 a が向いている方角を示す線である。

【 0 0 4 5 】

方位・仰角基準板 5 には、カメラ画像中心線 e と方位・仰角基準板 5 との交点で、方位・仰角基準板 5 における方位と仰角の原点である原点 f から、カメラ画像の水平方向に延びる方位軸線 p や、カメラ画像の垂直方向に延びる仰角軸線 q、方位軸線 p 上の任意の方位を示す数値、仰角軸線 q 上の任意の仰角を示す数値、方位軸線 p に平行な線、仰角軸線 q に平行な線なども描かれている。

【 0 0 4 6 】

方位・仰角基準板 5 に描く任意の方位と仰角を示す点の位置を算出する場合、図 7 に示すように、カメラ基準点 d を基点とし、カメラ画像中心線 e に対して方位： ref_h 度、仰角： 0 度の向きに延びる直線と方位・仰角基準板 5 との交点を点 j とし、カメラ基準点 d を基点とし、カメラ画像中心線 e に対して方位： ref_h 度、仰角： ref_v 度の向きに延びる直線と方位・仰角基準板 5 との交点を点 k とし、線分 d f の長さを A、線分 f j の長さを B、線分 d j の長さを C、線分 j k の長さを D として、下記の数 1 ~ 数 4 で算出する。

【 数 1 】

$$B = A \times (\tan \theta_{ref_h})$$

【 数 2 】

$$C = A \div (\cos \theta_{ref_h})$$

【 数 3 】

$$D = C \times (\tan \theta_{ref_v})$$

10

20

30

40

【数 4】

$$D = (A \div (\cos \theta_{\text{ref}_h})) \times (\tan \theta_{\text{ref}_v})$$

【0047】

実際の方位・仰角基準板 5 は、自立可能な平板で、任意の様々な方位と仰角を示す点や数値、直線などの表示が分かりやすければよく、材質や表示の描写方法は特に限定しない。

樹脂やガラス等の平板に油性ペンなどで、表示を直接描く方法や、OHPシート等に表示を印刷したものを、樹脂やガラス等の平板に貼り付けるなどの方法等がある。

10

【0048】

方位・仰角基準板 5 を支持体 1 に取り付ける際は、図 6 に示すように、ビデオカメラ 4 のカメラ画像中心線 e の線上でカメラ基準点 d から直線距離 A の位置に、カメラ画像中心線 e に対して垂直になるよう取り付ける。その際、ビデオ画像の中心部 F に方位・仰角基準板 5 の原点 f が写り、ビデオ画像の中心部を横切る方位軸線 P の線上に、方位・仰角基準板 5 の方位軸線 p が映るように方位・仰角基準板 5 を位置合わせする。

【0049】

ビデオカメラ 4 で撮影される方位と仰角の範囲は、図 6 の右図に示すように、ビデオカメラ 4 のズ - ムの度合いに応じて変化するので、撮影したビデオ画像の個々の画素が、どの方位と仰角の画像を映すのかもズ - ムの度合いに応じて変化するため、ビデオカメラ 4

20

で撮影された画像の各画素が、ビデオ基準点 d に対して、どの方位と仰角を示すのが計算する必要がある。

【0050】

基本的な考え方は、方位・仰角基準板 5 に描く任意の方位と仰角を示す点を求める際に用いた数 1 から数 4 の考え方と同じである。方位・仰角基準板 5 に描く任意の方位と仰角を示す点を求める際には、カメラ基準点 d と方位・仰角基準板 5 との直線距離 A によって、任意の方位と仰角を示す点を描く位置が決まったのに対して、ビデオカメラ 4 で撮影された画像の各画素が、どの方位と仰角を示すのが計算する式の場合、図 6 に示すように、ビデオカメラ 4 で撮影された方位・仰角基準板 5 の画像に映っている、方位軸線上にある任意の方位基準点 n (方位: m) の画素が、ビデオ画像の中央部の画素から何画素目 (画素数: m_p i x) にあるかを数 5 に代入して A' の値を決め、その値を数 6 や数 7 に代入して、求めたい方位: h 度と仰角: v 度を示す画素の位置 (画素 X、画素 Y) を算出する。

30

【数 5】

$$A' = (\tan \theta_m) \div m_{\text{pix}}$$

【数 6】

$$\text{画素}X = \text{画像}X\text{中央座標} + A' \times (\tan \theta_h)$$

40

【数 7】

$$\text{画素}Y = \text{画像}Y\text{中央座標} + (A' \div (\cos \theta_h)) \times (\tan \theta_v)$$

【0051】

なお、数 5 から数 7 においては、ビデオ画像の横方向を X 軸、縦方向を Y 軸とし、算出する画素の X 軸の値を画素 X、Y 軸の値を画素 Y、ビデオ画像の横方向の画素数の半分の数値を画像 X 中央座標、ビデオ画像の縦方向の画素数の半分の数値を画像 Y 中央座標とした。

50

【 0 0 5 2 】

次に、ビデオカメラ 4 を支持体 1 に取り付ける方法と、ビデオカメラ基準点 d に対する静電気放電源 b の方位と仰角を算出する方法を説明する。

【 0 0 5 3 】

ビデオカメラ 4 を支持体 1 に取り付ける場合、図 9 に示すように、測定基準点 c に対してカメラ基準点 d が仰角： 0 度、方位： c 度の向きで、アンテナ 2 a と物理的に干渉しない位置にビデオカメラ 4 を取り付ける。

その際、ビデオカメラ 4 のカメラ画像中心線 e 向きも、仰角： 0 度、方位： c 度に合わせ、ビデオ画像の方位軸線 P が、測定基準点 c の存在する X Y 平面と一致するように取り付ける。

10

【 0 0 5 4 】

そして、三角関数に基づき下記の数 8 から数 10 で、ビデオカメラ基準点 d に対する静電気放電源 b の方位： h 度と仰角： v 度を算出する。

なお、受信アンテナ 2 a、2 b、2 c、2 d の配置を基準とした 3 次元空間において、カメラ基準点 d を通り、Y 軸線と平行な直線上で、Y 軸の値が静電気放電源 b の Y 座標と同じ点を g とし、受信アンテナ 2 a、2 b、2 c、2 d の配置を基準とした 3 次元空間において、X 軸、Y 軸の値が静電気放電源 b の座標 X、Y と同じで Z 軸の値が 0 の点を h とし、線分 g h の長さを db_x 、線分 d g の長さを db_y 、線分 d h の長さを db_z とする。

【 数 8 】

$$\theta h = \tan^{-1}(db_x \div db_y) - \theta c$$

20

【 数 9 】

$$db_xy = \sqrt{db_x^2 + db_y^2}$$

【 数 10 】

$$\theta v = \tan^{-1}(db_z \div db_xy)$$

30

【 0 0 5 5 】

但し、 $db_x = 0$ かつ、 $db_y = 0$ の時は、数 8 は計算せずに、「 $\theta h = 90 - c$ 、 $\theta v =$ (数 10 の結果)」とし、 $db_x = 0$ かつ、 $db_y \neq 0$ の時は、数 8 は計算せずに、「 $\theta h = -c$ 、 $\theta v =$ (数 10 の結果)」とし、 $db_x \neq 0$ かつ、 $db_y = 0$ かつ、 $db_z \neq 0$ の時は、数 8 ~ 数 10 とともに計算せずに、「 $\theta h =$ 値なし、 $\theta v = 90^\circ$ ($db_z > 0$ の場合)」もしくは、「 $\theta h =$ 値なし、 $\theta v = -90^\circ$ ($db_z < 0$ の場合)」とする。そして、 $db_x = 0$ かつ、 $db_y = 0$ かつ、 $db_z = 0$ の時は、数 8 ~ 数 10 とともに計算せずに、「 $\theta h =$ 値なし、 $\theta v =$ 値なし」とする。

40

【 0 0 5 6 】

なお、算出された静電気放電源 b の方位と仰角が、ビデオカメラ 4 で撮影したビデオ画像で表示可能な範囲を超えていた場合、撮影画像に対して、算出された静電気放電源 b の方位や仰角が、ビデオカメラ 4 で撮影したビデオ画像で表示可能な範囲を超えている旨の文章や、撮影画像のどちら側に静電気放電源 b が存在しているかを示す矢印などを、ビデオカメラ 4 で撮影したビデオ画像上に表示することもできる。

【 0 0 5 7 】

以上の方法によって、静電気放電源 b の位置をビデオカメラ 4 で撮影したビデオ画像上の該当する画素の位置にマ - キング表示することが可能となるが、デジタルオシロスコープ 6 で静電気放電を検知してからビデオ画像にマ - キング表示をするための処理時間の分

50

、ビデオ画像にマ - キング表示するタイミングが遅れてしまう。

【 0 0 5 8 】

そこで、図 1 に示すように、制御用コンピュータにビデオ画像を取り込む際に、画像遅延装置 7 で、放電検知からマ - キング表示までにかかる処理時間の分、ビデオ画像を遅延させ、そのビデオ画像上にマ - キング表示することで、静電気放電の起きた瞬間のビデオ画像に、マ - キング表示をすることができる。

【 0 0 5 9 】

この際、マ - キング表示までにかかる処理時間よりも多くの時間分、ビデオ画像を遅延させることで、静電気放電が発生する以前のビデオ画像から、静電気放電源 b の位置を示すマ - キング表示 1 2 や静電気放電が発生するまでの残り時間表示 1 3、静電気放電源の位置を数値で示す表示 1 4 等を表示し始めることも可能であり、被測定物 a において、静電気放電が発生する様子を、より分かりやすく可視化することができる。

【 0 0 6 0 】

なお、マ - キング表示までに掛かる処理時間が非常に短い場合や、画像遅延装置 7 が無い場合には、画像遅延装置 7 を用いず、放電発生直後の画像にマ - キング表示する方法でも良い。

【 0 0 6 1 】

このように、本発明を用いることで、被測定物において静電気放電が発生する状況をビデオ画像上で分かりやすく可視化することが可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 6 2 】

【 図 1 】 実施例 1 における測定システムの構成例。

【 図 2 】 受信アンテナ 2 a、2 b、2 c、2 d の配置を基準とした 3 次元空間の概念図。

【 図 3 】 電磁波到達基準点や到達時間差の算出方法について説明した図。

【 図 4 】 2 次元空間における双曲線法による静電気放電発生箇所の特定制法。

【 図 5 】 3 次元空間における双曲線法による静電気放電発生箇所の特定制法。

【 図 6 】 ビデオカメラ 4 で方位・仰角基準板 5 を撮影する際にカメラの機種やズームの度合い等で撮影される画像が異なることを示した図。

【 図 7 】 方位・仰角基準板 5 に表示する、様々な任意の方位と仰角を示す点の位置を算出する方法。

【 図 8 】 方位・仰角基準板 5 の作成例

【 図 9 】 カメラ基準点 d に対する静電気放電源 b の方位と仰角を算出する際に用いる点や線や角度を示した図。

【 符号の説明 】

【 0 0 6 3 】

a 被測定物

b 静電気放電源

c 測定基準点

d カメラ基準点

d b __ x 線分 g h の長さ

d b __ y 線分 d g の長さ

d b __ x y 線分 d h の長さ

d b __ z 線分 b h の長さ

e カメラ画像中心線

f 方位・仰角基準板 5 に表記する、方位と仰角の原点（カメラ画像中心線 e と方位・仰角基準板 5 との交点）

g 受信アンテナ 2 a、2 b、2 c、2 d の配置を基準とした 3 次元空間において、カメラ基準点 d を通り、Y 軸線と平行な直線上で、Y 軸の値が静電気放電源 b の Y 座標と同じ点

10

20

30

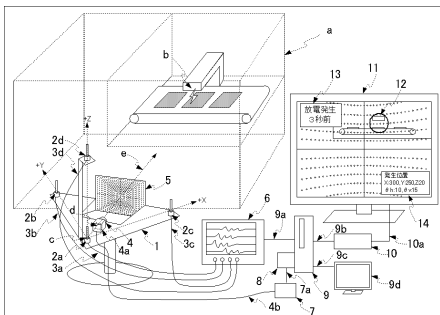
40

50

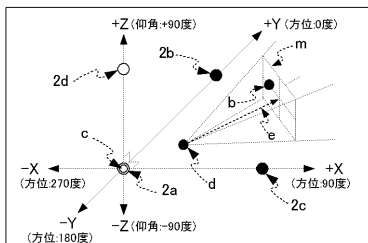
h	受信アンテナ 2 a、2 b、2 c、2 d の配置を基準とした 3 次元空間において、X 軸、Y 軸の値が静電気放電源 b の X 座標、Y 座標と同じで Z 軸の値が 0 の点	
j	カメラ基準点 d を基点とし、カメラ画像中心線 e に対して方位： r e f _ h 度、仰角：0 度の向きに延びる直線と方位・仰角基準板 5 との	
交点		
k	カメラ基準点 d を基点とし、カメラ画像中心線 e に対して方位： r e f _ h 度、仰角： r e f _ v 度の向きに延びる直線と方位・仰角基準板 5 との交点	
m	ビデオカメラで撮影される領域	
m _ p i x	ビデオ画像の中央部の画素から方位基準点 n までの画素数	10
n	ビデオカメラ 4 で撮影された方位・仰角基準板 5 の画像に映っている、方位軸線上にある任意の方位基準点	
p	方位・仰角基準板 5 の方位軸線	
q	方位・仰角基準板 5 の仰角軸線	
t _ b a	受信アンテナ 2 b と 2 a における電磁波到達基準点の時間差	
t _ c a	受信アンテナ 2 c と 2 a における電磁波到達基準点の時間差	
t _ d a	受信アンテナ 2 d と 2 a における電磁波到達基準点の時間差	
x 1、y 1、z 1	3 次元空間に存在する静電気放電源 b の座標例	
A	線分 d f の長さ	
B	線分 f j の長さ	20
C	線分 d j の長さ	
D	線分 j k の長さ	
F	ビデオ画像の中心部	
P	ビデオ画像の中心部を横切る方位軸線	
P _ 2 a	受信アンテナ 2 a の受信波形の電磁波到達基準点	
P _ 2 b	受信アンテナ 2 b の受信波形の電磁波到達基準点	
P _ 2 c	受信アンテナ 2 c の受信波形の電磁波到達基準点	
P _ 2 d	受信アンテナ 2 d の受信波形の電磁波到達基準点	
c	受信アンテナ 2 a、2 b、2 c、2 d の配置を基準とした 3 次元空間における + Y 軸線と線分 c d やカメラ画像中心線 e との角度	30
h	カメラ画像中心線 e と線分 d h との角度	
m	ビデオカメラ 4 で撮影したビデオ画像に映った方位基準点 n の角度	
r e f _ h	角 f d j の角度	
r e f _ v	角 j d k の角度	
v	角 b d h の角度	
1	支持体	
2 a、2 b、2 c、2 d	受信アンテナ	
3 a、3 b、3 c、3 d	同軸ケ - ブル	
4	ビデオカメラ	
4 a	ビデオカメラの撮像素子	40
4 b	ビデオケ - ブル	
5	方位・仰角基準板	
6	デジタルオシロスコ - プ	
7	画像遅延装置	
7 a	ビデオケ - ブル	
8	スーパーインポーズボ - ド	
9	制御用コンピュータ	
9 a	デジタルインタ - フェ - スケ - ブル	
9 b	ビデオケ - ブル	
9 c	モニタ - 出力ケ - ブル	50

- 9 d モニタ - 装置
- 1 0 画像記録装置
- 1 0 a ビデオケ - ブル
- 1 1 ビデオモニター - 装置
- 1 2 静電気放電源 b の位置を示すマ - キング表示
- 1 3 放電発生までの残り時間を示す表示
- 1 4 静電気放電源の位置を数値で示す表示

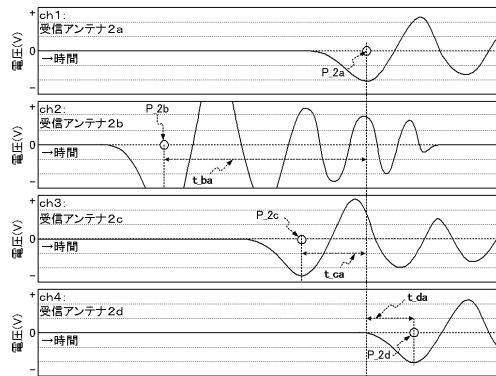
【 図 1 】



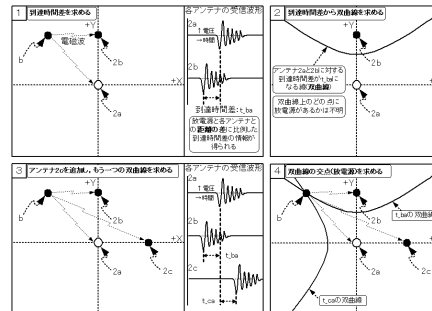
【 図 2 】



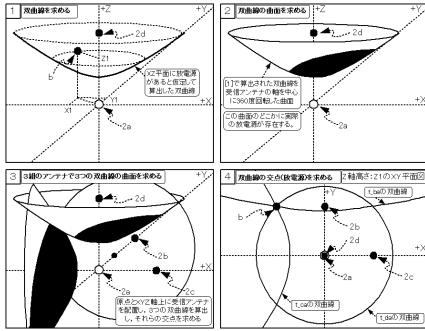
【 図 3 】



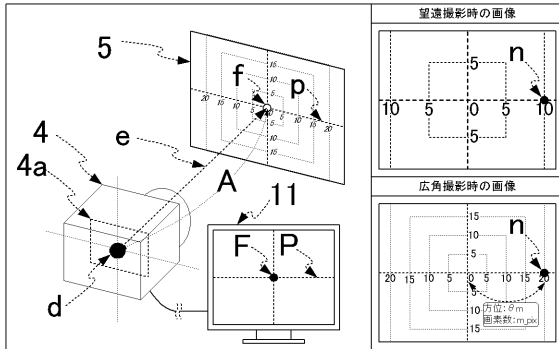
【 図 4 】



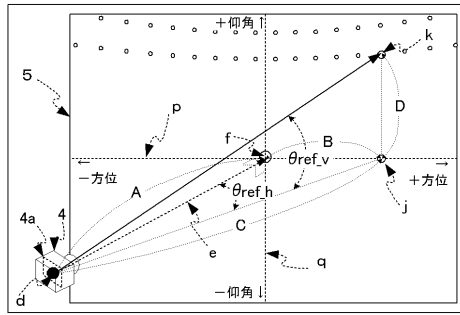
【図5】



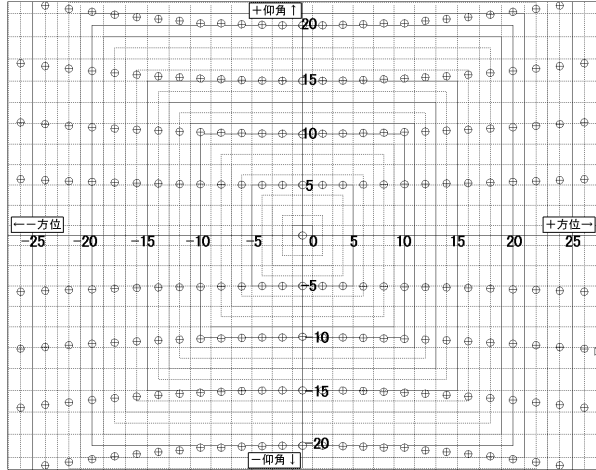
【図6】



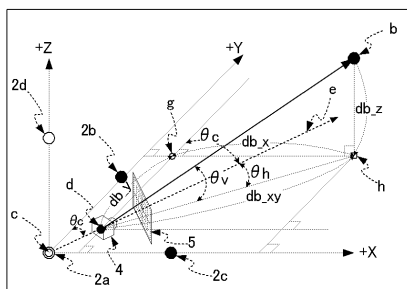
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2001-033510(JP,A)
特開2003-066079(JP,A)
特開2005-024439(JP,A)
特開2006-337280(JP,A)
特開2007-121127(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G01R 29/08
G01N 27/92
G01R 31/12