

(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2012-189572

(P2012-189572A)

(43) 公開日 平成24年10月4日(2012.10.4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 R 1/22 (2006.01)	GO 1 R 1/22 B	2GO25
GO 1 R 15/18 (2006.01)	GO 1 R 15/02 G	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2011-198371 (P2011-198371)
 (22) 出願日 平成23年9月12日 (2011. 9. 12)
 (31) 優先権主張番号 特願2011-40445 (P2011-40445)
 (32) 優先日 平成23年2月25日 (2011. 2. 25)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000003609
 株式会社豊田中央研究所
 愛知県長久手市横道41番地の1
 (74) 代理人 110001210
 特許業務法人Y K I 国際特許事務所
 (72) 発明者 日下部 誠
 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内
 (72) 発明者 西村 安弘
 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内
 (72) 発明者 石垣 将紀
 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

最終頁に続く

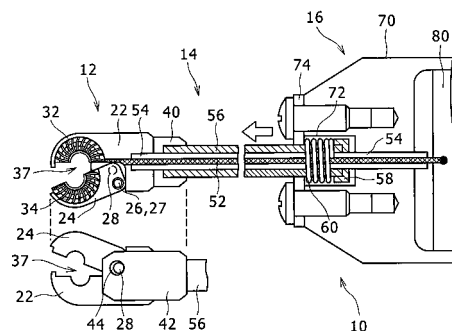
(54) 【発明の名称】 電流測定プローブ

(57) 【要約】

【課題】電流測定プローブにおいて、電流クランプから離れたところの操作または駆動によって、電流クランプの開閉を行うことを可能にすることである。

【解決手段】電流測定プローブ10は、電流クランプ12、連結チューブ部14、測定器16を含む。連結チューブ部14は、信号線52を含む固定チューブ54と、固定チューブ54の外側で軸方向に移動可能な操作チューブ56の二重構造である。電流クランプ12は、固定側クランプ22と可動側クランプ24とで構成され、固定側クランプ22の回転軸26と可動側クランプ24の回転穴27を回転部として接続される。可動側クランプ24には、回転部から所定の回転半径だけ離れた位置に開閉力点部28が設けられ、操作チューブ56の先端に設けられるスライダ40によって、押されまたは戻される。これによって電流クランプ12が開閉する。

【選択図】 図5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

先端部の内径側に測定コイルを分割した一方側である一方側分割コイルを有する一方側クランプと、

先端部の内径側に測定コイルを分割した他方側である他方側分割コイルを有し、一方側クランプと回転自在に接続される回転部と、回転部から予め定めた回転半径だけ離れた位置に設けられる開閉力点部とを有する他方側クランプと、

一方側分割コイルと他方側分割コイルとに一方端が接続され他方端が測定器の測定端子に接続される信号線と、

一方端が一方側クランプに固定され、他方端が測定器の筐体に固定され、信号線を内部に含む固定チューブと、

一方端の先端には開閉力点部に作用する作用部が設けられ、他方端が測定器側に設けられる案内部に案内され、固定チューブの外周に沿って軸方向に移動可能に案内される操作チューブと、

を備え、

操作チューブが軸方向に沿って測定器側から一方側クランプ側に向かって移動駆動されることで操作チューブの一方端の作用部が開閉力点部を押して一方側クランプに対し他方側クランプを回転中心の周りに回動させ、これによって一方側分割コイルに対し他方側分割コイルを開いて、被測定電線を受け入れる開口部を形成し、

操作チューブが軸方向に沿って一方側クランプ側から測定器側に向かって移動駆動されることで操作チューブの一方端の作用部が開閉力点部を戻し、一方側クランプに対し他方側クランプを回転中心の周りに戻り回動させ、これによって一方側分割コイルと他方側分割コイルとが組み合わされて円環状の測定コイルを形成することを特徴とする電流測定プローブ。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の電流測定プローブにおいて、

操作チューブと固定チューブとは、可撓性チューブであることを特徴とする電流測定プローブ。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の電流測定プローブにおいて、

操作チューブを測定器側に引き戻す付勢手段が、操作チューブの他方端の案内部に設けられることを特徴とする電流測定プローブ。

【請求項 4】

請求項 2 に記載の電流測定プローブにおいて、

操作チューブを測定器の筐体に対し相対的に軸方向に移動駆動する駆動部が、操作チューブの他方端に設けられることを特徴とする電流測定プローブ。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の電流測定プローブにおいて、

駆動部は、回転運動を軸方向運動に変換する変換機構を含み、回転駆動によって、操作チューブを測定器に対し相対的に軸方向に移動させることを特徴とする電流測定プローブ。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の電流測定プローブにおいて、

一方側分割コイルと他方側分割コイルとが円環状の測定コイルを形成するときの一方側クランプと他方側クランプが組み合わされる外形の大きさは、標準的隣接リード端子間隔とされる 2.54 mm を有する半導体部品のリード端子の 1 つに測定コイルが係合できる大きさであることを特徴とする電流測定プローブ。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の電流測定プローブにおいて、

測定コイルは、

10

20

30

40

50

固定チューブの一方端から突き出す一方側分割コイルのための信号線の先端側を根元側として、根元側から導線をらせん状に巻きながらさらに先端の方に進み、半円環状となったところをらせん状巻きの終端として、そこから導線を根元側に向かって半円環状に引き戻し一方側の基準側端子とする一方側分割コイルと、

固定チューブの一方端から突き出す他方側分割コイルのための信号線の先端側を根元側として、根元側から導線をらせん状に巻きながらさらに先端の方に進み、半円環状となったところをらせん状巻きの終端として、そこから導線を根元側に向かって半円環状に引き戻し他方側の基準側端子とする他方側分割コイルと、

を含んで構成されることを特徴とする電流測定プローブ。

【請求項 8】

10

請求項 7 に記載の電流測定プローブにおいて、

一方側の基準側端子と、他方側の基準側端子とは、一方側クランプに対する他方側クランプの回動の影響を受けない不動点の位置で互いに接続され、共通の基準側端子となることを特徴とする電流測定プローブ。

【請求項 9】

請求項 8 に記載の電流測定プローブにおいて、

共通の基準側端子は、一方側分割コイルのための信号線と、他方側分割コイルのための信号線とが接続される測定器の基準電位に接続されることを特徴とする電流測定プローブ。

。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、電流測定プローブに係り、特に、半円環状の 2 つのコイルを開閉させて、被測定対象の信号線を着脱可能にコイルで囲む構成によって信号線に流れる電流を測定する電流測定プローブに関する。

【背景技術】

【0002】

電流測定対象の信号線を着脱可能なコイルで囲む構成によって信号線に流れる電流を測定することができる電流測定プローブは、カレントプローブ、電流クランプ等と呼ばれて広く用いられている。

30

【0003】

例えば、特許文献 1 には、離脱可能な電流クランプを備える電気計測器として、電流測定器本体と、これから離脱可能で、配線を介して接続されている電流クランプとを備える構成が開示されている。電流クランプは、レバー部を押圧することで先端のクランププローブの顎部が開いて、測定のための開口に被測定配線を受け入れる。このレバー部は、電流クランプが電流測定器本体に取り付けられる状態において、電流測定器本体から露出する。これによって、電流クランプが電流測定器本体に取り付けられた状態でも、電流クランプが電流測定器本体から離脱された状態でも、電流測定が可能とされる。

【先行技術文献】

【特許文献】

40

【0004】

【特許文献 1】特表 2009 - 535623 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 に示されるように、電流測定プローブにおいて、先端の電流クランプの開閉は、電流クランプに設けられたレバー部をユーザが手で押圧して行うものが多い。したがって、電流クランプの形状が手で把持できる程度の大きさとなり、半導体部品の複数のリード端子の 1 つについて電流クランプを取り付けることが困難である。半導体部品の隣接するリード端子の間隔は、ある程度標準化されており、一般的なものとしては、(1 / 1

50

0) インチである 2.54 mm 間隔であるものが多い。例えば、この 2.54 mm 間隔のリード端子の 1 つに電流クランプを係合させようとする、電流クランプの外形がおよそ 5 mm 程度の大きさとなり、この大きさのところにユーザが操作できるレバー部等を設けるのが困難である。

【0006】

本発明の目的は、電流クランプから離れたところの操作または駆動によって、電流クランプの開閉を行うことを可能にする電流測定プローブを提供することである。他の目的は、電流クランプの小型化を可能にする電流測定プローブを提供することである。以下の手段は、これらの目的の少なくとも 1 つに貢献する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明に係る電流測定プローブは、先端部の内径側に測定コイルを分割した一方側である一方側分割コイルを有する一方側クランプと、先端部の内径側に測定コイルを分割した他方側である他方側分割コイルを有し、一方側クランプと回転自在に接続される回転部と、回転部から予め定めた回転半径だけ離れた位置に設けられる開閉力点部とを有する他方側クランプと、一方側分割コイルと他方側分割コイルとに一方端が接続され他方端が測定器の測定端子に接続される信号線と、一方端が一方側クランプに固定され、他方端が測定器の筐体に固定され、信号線を内部に含む固定チューブと、一方端の先端には開閉力点部に作用する作用部が設けられ、他方端が測定器側に設けられる案内部に案内され、固定チューブの外周に沿って軸方向に移動可能に案内される操作チューブと、を備え、操作チューブが軸方向に沿って測定器側から一方側クランプ側に向かって移動駆動されることで操作チューブの一方端の作用部が開閉力点部を押して一方側クランプに対し他方側クランプを回転中心の周りに回動させ、これによって一方側分割コイルに対し他方側分割コイルを開いて、被測定電線を受け入れる開口部を形成し、操作チューブが軸方向に沿って一方側クランプ側から測定器側に向かって移動駆動されることで操作チューブの一方端の作用部が開閉力点部を戻し、一方側クランプに対し他方側クランプを回転中心の周りに戻り回動させ、これによって一方側分割コイルと他方側分割コイルとが組み合わされて円環状の測定コイルを形成することを特徴とする。

【0008】

また、本発明に係る電流測定プローブにおいて、操作チューブと固定チューブとは、可撓性チューブであることが好ましい。

【0009】

また、本発明に係る電流測定プローブにおいて、操作チューブを測定器側に引き戻す付勢手段が、操作チューブの他方端の案内部に設けられることが好ましい。

【0010】

また、本発明に係る電流測定プローブにおいて、操作チューブを測定器の筐体に対し相対的に軸方向に移動駆動する駆動部が、操作チューブの他方端に設けられることが好ましい。

【0011】

また、本発明に係る電流測定プローブにおいて、駆動部は、回転運動を軸方向運動に変換する変換機構を含み、回転駆動によって、操作チューブを測定器に対し相対的に軸方向に移動させることが好ましい。

【0012】

また、本発明に係る電流測定プローブにおいて、一方側分割コイルと他方側分割コイルとが円環状の測定コイルを形成するときの一方側クランプと他方側クランプが組み合わされる外形の大きさは、標準的隣接リード端子間隔とされる 2.54 mm を有する半導体部品のリード端子の 1 つに測定コイルが係合できる大きさであることが好ましい。

【0013】

また、本発明に係る電流測定プローブにおいて、測定コイルは、固定チューブの一方端から突き出す一方側分割コイルのための信号線の先端側を根元側として、根元側から導線

10

20

30

40

50

をらせん状に巻きながらさらに先端の方に進み、半円環状となったところをらせん状巻きの終端として、そこから導線を根元側に向かって半円環状に引き戻し一方側の基準側端子とする一方側分割コイルと、固定チューブの一方端から突き出す他方側分割コイルのための信号線の先端側を根元側として、根元側から導線をらせん状に巻きながらさらに先端の方に進み、半円環状となったところをらせん状巻きの終端として、そこから導線を根元側に向かって半円環状に引き戻し他方側の基準側端子とする他方側分割コイルと、を含んで構成されることが好ましい。

【0014】

また、本発明に係る電流測定プローブにおいて、一方側の基準側端子と、他方側の基準側端子とは、一方側クランプに対する他方側クランプの回動の影響を受けない不動点の位置で互いに接続され、共通の基準側端子となることが好ましい。

10

【0015】

また、本発明に係る電流測定プローブにおいて、共通の基準側端子は、一方側分割コイルのための信号線と、他方側分割コイルのための信号線とが接続される測定器の基準電位に接続されることが好ましい。

【発明の効果】

【0016】

上記構成により、電流測定プローブは、一方側分割コイルと他方側分割コイルとに一方端が接続され他方端が測定器の測定端子に接続される信号線を内部に含む固定チューブの外周に沿って軸方向移動可能に案内される操作チューブを備える。そして、操作チューブを軸方向に沿って移動させると、操作チューブの一方端の先端に設けられる作用部が、他方側クランプに設けられる開閉力点部を押し戻しする。

20

【0017】

開閉力点部は、一方側クランプと他方側クランプとを回転自在に接続する回転部から予め定められた回転半径だけはなれたところに設けられている。そこで、開閉力点部が押し戻されることで、一方側クランプに対し他方側クランプを回転中心の周りに正逆方向に回動でき、一方側分割コイルに対し他方側分割コイルが開閉する。一方側分割コイルを含む一方側クランプと他方側分割コイルを含む他方側クランプで構成される部分を電流クランプと呼ぶことにすると、電流クランプから離れたところにおいて、操作チューブを押し戻し移動させることで、電流クランプを開閉させることができる。また、電流クランプには、回転中心と開閉力点部と作用部が設けられるが、ユーザが操作するレバー部等が設けられないので、電流クランプの外形の小型を図ることができる。

30

【0018】

また、電流測定プローブにおいて、操作チューブと固定チューブとは、可撓性チューブである。これによって、電流クランプの部分を目的の信号線に係合させながら、測定器を適切な場所にもってこることができ、測定の実用性が確保できる。

【0019】

また、電流測定プローブにおいて、操作チューブの他方端の案内内部には、操作チューブを測定器側に引き戻す付勢手段が設けられる。操作チューブを測定器側に引き戻すときに電流クランプが閉じる状態とすれば、操作チューブを操作して電流クランプを開いて、信号線を電流クランプの開口部に導き、そこで操作チューブの操作を止めれば、付勢手段の作用によって、操作チューブが自動的に元の位置に戻り、電流クランプが自動的に閉じる。したがって、電流測定の実用性が向上する。

40

【0020】

また、電流測定プローブにおいて、操作チューブを測定器の筐体に対し相対的に軸方向に移動駆動する駆動部が、操作チューブの他方端に設けられる。駆動部は、例えば、小型モータ等のアクチュエータである。これによって、電流クランプから離れたところにおける駆動によって、電流クランプを開閉させることができる。また、電流クランプの小型化を図れる。

【0021】

50

また、電流測定プローブにおいて、駆動部は、回転運動を軸方向運動に変換する変換機構を含む。これによって、回転駆動によって、操作チューブを測定器に対し相対的に軸方向に移動させるので、移動駆動の方式に選択の自由度が増す。

【0022】

また、電流測定プローブにおいて、電流クランプの外形の大きさは、標準的隣接リード線間隔とされる2.54mmを有する半導体部品のリード線の1つに測定コイルが係合できる大きさである。このように電流クランプが小型とできるので、半導体部品のリード端子に流れている電流を測定することができる。

【0023】

また、測定コイルにおける一方側分割コイルと他方側コイルは、それぞれ、信号線の先端側を根元側として、根元側から導線をらせん状に巻きながらさらに先端の方に進み、半円環状となったところをらせん状巻きの終端として、そこから導線を根元側に向かって半円環状に引き戻し基準側端子とする。この構造は、ロゴスキー型コイルとして知られる空心コイルを半円環状にしたものを2つ合わせて開閉できるようにしたものである。これにより、電流測定の対象となる被測定線を2つの半円環状のロゴスキー型コイルで囲み、これを閉じることで、電流測定を行うことができる。

10

【0024】

また、電流測定プローブにおいて、一方側の基準側端子と、他方側の基準側端子とは、一方側クランプに対する他方側クランプの回動の影響を受けない不動点の位置で互いに接続され、共通の基準側端子となる。これにより、共通の基準側端子の位置を、一方側クランプと他方側クランプの間の回動に影響されない位置とすることができる。

20

【0025】

また、電流測定プローブにおいて、共通の基準側端子は、一方側分割コイルのための信号線と、他方側分割コイルのための信号線とが接続される測定器の基準電位に接続される。これにより、測定コイルの電位が安定し、測定空間の電位変動が激しい環境でも安定した測定が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明に係る実施の形態の電流測定プローブの平面図と側面図である。

【図2】本発明に係る実施の形態の電流測定プローブにおける電流クランプの部分の詳細構成を示す平面図、側面図、底面図である。

30

【図3】本発明に係る実施の形態の電流測定プローブにおける測定器部分の詳細構成を示す平面断面図である。

【図4】本発明に係る実施の形態の電流測定プローブの作用を説明するために、電流クランプが閉じている様子を示す図である。

【図5】本発明に係る実施の形態の電流測定プローブの作用を説明するために、電流クランプが開いている様子を示す図である。

【図6】本発明に係る実施の形態において、回転駆動によって、電流クランプが開く様子を示す図である。

【図7】本発明に係る実施の形態の電流測定プローブを用いて、半導体部品のリード端子を流れる電流を測定する様子を説明する図である。

40

【図8】本発明に係る実施の形態の電流測定プローブの可撓性を利用して、障害物を避けるようにして、半導体部品のリード端子を流れる電流を測定する様子を説明する図である。

【図9】本発明に係る実施の形態の電流測定プローブにおける測定コイルを示す図である。

【図10】図9の測定コイルの基本となるロゴスキー型コイルを示す図である。

【図11】本発明に係る実施の形態の電流測定プローブにおける測定コイルと測定器との接続関係を示す図である。

【図12】本発明に係る実施の形態の電流測定プローブにおいて、電流クランプが開いた

50

ときの配線の接続関係を示す図である。

【図 1 3】本発明に係る実施の形態の電流測定プローブにおいて、測定コイルと被測定線との関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0027】

以下に図面を用いて本発明に係る実施の形態につき、詳細に説明する。以下では、測定対象として、3本のリード端子を有する半導体部品を説明するが、これは説明のための例示であって、勿論、半導体部品以外の電子部品、電気製品を測定対象とできる。また、以下の形状、寸法、材質等は、説明のための例示であり、電流測定プローブの仕様に応じ、適宜変更が可能である。例えば、測定コイルとして、ロゴスキー型コイルを基本とする構造を説明するが、これ以外であっても、円環状コイルを2つの分割コイルとしてこれらを相互に開閉できるものであればよい。例えば、根元側かららせんコイルを半円環状に巻き、先端側の適当なところで折り返してらせんコイルを半円環状に巻きながら根元側に戻す構造であってもよい。

10

【0028】

以下では、全ての図面において同様の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。また、本文中の説明においては、必要に応じそれ以前に述べた符号を用いるものとする。

【0029】

図 1 は、電流測定プローブ 10 の外観を示す平面図と側面図である。電流測定プローブ 10 は、電流クランプ 12 と、連結チューブ部 14 と、測定器 16 とで構成される。連結チューブ部 14 は、信号線 52 を内部に含む固定チューブ 54 と、固定チューブ 54 の外周に沿って軸方向に移動可能な操作チューブ 56 の二重構造である。後述するように、操作チューブ 56 を軸方向に押しまたは戻すことで、電流クランプ 12 が開閉する。測定器 16 は、筐体 70 の内部に測定回路基板 80 を含み、測定回路基板 80 に搭載される測定回路によって測定された結果を外部に出力する出力部 84, 86 を備える。

20

【0030】

ここでは、測定対象の例として、基板 2 に実装された IC である半導体部品 8 のリード端子 9 が示されている。この半導体部品 8 のリード端子 9 の間の間隔 P は、標準的な (1 / 10) インチ = 2.54 mm である。電流クランプ 12 の外形の大きさ D は、2 P よりも小さくなるように設定される。これにより、半導体部品 8 の 3 本のリード端子 9 の真ん中のリード端子 9 に、電流クランプ 12 を係合することができる。

30

【0031】

図 2 は、電流クランプ 12 の部分と、連結チューブ部 14 の一部の詳細構造を示す平面図、側面図、底面図である。電流クランプ 12 は、固定側クランプ 22 と、可動側クランプ 24 とで構成される。連結チューブ部 14 の電流クランプ 12 側の端部において、操作チューブ 56 の先端部にスライダ 40 が取り付けられる。

【0032】

固定側クランプ 22 は、先端部の内径側に半円環状の固定側コイル 32 を有する部材である。固定側コイル 32 は、導線をらせん状に巻回したものを半円環状の形状に整えたものである。なお、固定側コイル 32 は、後述する可動側コイル 34 と組み合わせられて測定コイルを形成するものである。

40

【0033】

ここでは、測定コイルを半分に分割するものとしたが、分割の仕方はこれ以外でもよい。例えば、一方の分割コイルを円環の 1 / 3、他方の分割コイルを円環の 2 / 3 としてもよい。

【0034】

なお、固定側、可動側とは、固定側クランプ 22、可動側クランプ 24 にそれぞれ設けられることを示すものである。ここでは、組み合わせられる 2 つのクランプの一方側に対し他方側が可動するものとしたが、場合によっては、2 つのクランプが双方とも相互に可

50

動するものとしてもよい。その意味では、2つのクランプの区別を、一方側クランプ、他方側クランプとすることができる。そのように2つのクランプを区別することとすると、一方側クランプには一方側分割コイルが設けられ、他方側クランプには他方側分割コイルが設けられるものということができる。以下では、一方側クランプを固定側クランプ22、他方側クランプを可動側クランプ24、一方側の分割コイルを固定側コイル32、他方側の分割コイルを可動側コイル34として説明を続ける。

【0035】

固定側コイル32は、例えば、連結チューブ部14の内部の信号線52の先端側を根元側として、根元側から導線をらせん状に巻きながら半円環状となるように外形を整えながら、さらに先端の方に進み、適当なところを終端として、そこから導線を根元側に引き戻す。根元側の2つの末端を固定側コイル32の末端として、それぞれ別々の信号線52に接続する。2本の信号線52は、固定チューブ54の内部を通過して、それぞれ、測定コイルの一方側端子と接地端子として、測定器16の測定回路基板80に接続される。

10

【0036】

固定側クランプ22に設けられる回転軸26は、可動側クランプ24に設けられる回転穴27と共に、固定側クランプ22と可動側クランプ24との間を回転自在に接続する回転部の機能を有する。この回転軸に対応して可動側クランプ24に回転穴27が設けられる。回転軸26は、固定側クランプ22において、固定側コイル32が設けられる側を先端側とし、連結チューブ部14側を根元側とし、半円環状の開口側を結ぶ線を中心線として、その中心線に対し固定側コイル32と反対側で、根元側に設けられる。なお、回転部における軸と穴の関係を逆にして、固定側クランプ22に回転穴を設け、可動側クランプ24に回転軸を設けるものとしてもよい。

20

【0037】

可動側クランプ24は、先端部の内径側に半円環状の可動側コイル34を有する部材であり、上記のように、固定側クランプ22の回転軸26に対応する回転穴27を有する。

【0038】

可動側クランプ24に設けられる開閉力点部28は、回転部である回転穴27から予め定めた回転半径だけ離れた位置に設けられる軸部材である。開閉力点部28が後述するスライダ40によって軸方向に移動されると、可動側クランプ24が固定側クランプ22に対し、回転部である回転軸26、回転穴27の周りに回動する。これによって、可動側クランプ24が固定側クランプ22に対し、回転部の周りに回転し、電流クランプ12が開閉することになる。

30

【0039】

可動側コイル34は、導線をらせん状に巻回したものを半円環状の形状に整えたもので、半円環状の形状は、固定側コイル32の半円環状形状と組み合わせると1つの円環状形状となるように、固定側コイル32の半円環状形状と対称形とされる。

【0040】

可動側コイル34も、固定側コイル32と同様な方法で形成できる。その場合には、根元側の2本の末端について、1つの末端は測定コイルの他方側末端として、新たな信号線52に接続されるが、もう1つの末端は接地端子として、固定側コイル32の接地端子用の信号線に接続される。

40

【0041】

したがって、固定側コイル32と可動側コイル34からは、測定コイルの一方側端子用の信号線52、測定コイルの他方側端子用の信号線52、接地端子用の信号線52の合計3本の信号線が固定チューブ54の内部を通過して測定器16の測定回路基板80に接続されることになる。3本の信号線52は、互いに平行として固定チューブ54の中に配置されてもよく、互いに撚ってツイスト線として配置されてもよい。

【0042】

固定チューブ54は、この3本の信号線52を内部に含み、筒状に延びる部材である。固定チューブ54は、一方端が固定側クランプ22に固定され、他方端が測定器16の筐

50

体 70 に固定される。固定チューブ 54 の材質は、可撓性を有し、潤滑性のよいものであればよい。例えば、PTFE 等のフッ素樹脂を用いることができる。固定チューブ 54 の寸法の一例を示すと、外径が約 1.5 mm、内径が約 0.5 mm である。勿論、これ以外の寸法であっても構わない。

【0043】

操作チューブ 56 は、固定チューブ 54 よりも予め定めた隙間寸法だけ大きい内径を有する筒状に延びた部材である。この隙間寸法があることで、操作チューブ 56 は、固定チューブ 54 の外周に沿って、軸方向に移動駆動可能である。操作チューブ 56 の材質は、固定チューブ 54 と同様に、可撓性を有し、潤滑性のよい樹脂であればよい。例えば、PTFE 等のフッ素樹脂を用いることができる。

10

【0044】

操作チューブ 56 の寸法の一例を示すと、外径が約 2.5 mm、内径が固定チューブ 54 の外径より約 0.05 mm から約 0.1 mm 大きい。この約 0.05 mm から約 0.1 mm は、上記の予め定めた隙間寸法の 2 倍に相当する。実験してみると、この予め定めた隙間寸法が小さすぎても、大きすぎても、操作チューブ 56 が固定チューブ 54 の軸方向に沿って移動駆動することが難しく、また、操作チューブ 56 と固定チューブ 54 とを任意の曲率に曲げることも難しくなる。したがって、軸方向に沿った移動駆動のしやすさと、任意の曲率への曲げやすさの双方の観点に基づいて、この予め定めた隙間寸法を設定することができる。

【0045】

スライダ 40 は、操作チューブ 56 の一方側の先端に一体的に固定して取り付けられる部材である。スライダ 40 は、操作チューブ 56 が固定チューブ 54 の外周に沿って移動駆動されると、操作チューブ 56 の移動量だけ移動し、あたかも固定チューブ 54 の上をスライドするように移動する。スライダの名称は、その様子から付けたものである。

20

【0046】

スライダ 40 は、底面側が先端に突き出す形状を有し、その突き出した底面部 42 に、作用穴 44 が設けられる。作用穴 44 は、可動側クランプ 24 の開閉力点部 28 である軸部材を配置するための穴である。したがって、スライダ 40 が固定チューブ 54 の上をあたかもスライドするように移動することで、作用穴 44 は、開閉力点部 28 の位置を移動させることになる。その意味で、作用穴 44 は、スライダ 40 の移動駆動、すなわち、操作チューブ 56 の移動駆動を、開閉力点部 28 に作用させる作用部としての機能を有する。

30

【0047】

測定器 16 の筐体 70 の先端部に設けられる止め板 74 は、操作チューブ 56 の他方側の端部を通す穴を有する板部材である。筐体 70 の先端部の筒状の案内部 72 は、操作チューブ 56 の他方側の端部に一体化して取り付けられる押し板 58 の軸方向移動を案内する機能を有する。止め板 74 と押し板 58 の間に配置される戻しバネ 60 は、操作チューブ 56 を電流クランプ 12 側から測定器 16 側のほうに引き戻す付勢力を与える弾性体である。

【0048】

上記構成の作用を図 4、図 5 を用いて説明する。図 4 は、ユーザが操作チューブ 56 の移動駆動操作を行わない状態を示す図で、図 5 は、ユーザが操作チューブ 56 の移動駆動操作を行ったときの状態を示す図である。

40

【0049】

図 4 では、操作チューブ 56 は、戻しバネ 60 の付勢力によって、白抜き矢印の方向、つまり、電流クランプ 12 側から、測定器 16 側に引き戻される。そこで、スライダ 40 は、測定器 16 側に戻された位置となり、作用穴 44 は、開閉力点部 28 を測定器 16 側に戻すように作用する。これによって、可動側クランプ 24 は、回転部を回転中心として、固定側クランプ 22 の方に回動し、電流クランプ 12 としては、閉じた状態となって、固定側コイル 32 と可動側コイル 34 が組み合わされて円環状の測定コイルとなって、そ

50

の中央部に、閉じた開口部 3 6 が形成される。

【 0 0 5 0 】

図 5 では、ユーザが操作チューブ 5 6 を白抜き矢印の方向、すなわち、戻しバネ 6 0 の付勢力に抗して移動駆動する。上記のように、固定チューブ 5 4 の先端は固定側クランプ 2 2 に固定され、操作チューブ 5 6 は固定チューブ 5 4 の外周に沿って移動駆動可能である。したがって、操作チューブ 5 6 を固定チューブ 5 4 の外周に沿って白抜き矢印の方向に軸方向に移動駆動すると、スライダ 4 0 が固定側クランプ 2 2 に対し相対的に近づく。これによって、可動側クランプ 2 4 の開閉力点部 2 8 が、スライダ 4 0 によって、電流クランプ 1 2 の先端側に押される。

【 0 0 5 1 】

開閉力点部 2 8 は、回転部から予め定めた回転半径の距離だけ離れているので、開閉力点部 2 8 がスライダ 4 0 によって電流クランプ 1 2 の先端側に押されることで、可動側クランプ 2 4 が固定側クランプ 2 2 から離れる方向に、回転部の周りに回動する。これに伴い、固定側コイル 3 2 に対し可動側コイル 3 4 が離れるように回転部の周りに回動し、電流クランプ 1 2 が開く。

【 0 0 5 2 】

このようにして、ユーザが操作チューブ 5 6 を図 5 の白抜き矢印の方向に移動駆動することで、電流クランプ 1 2 を開くことができる。具体的には、ユーザは、戻しバネ 6 0 の付勢力によって測定器 1 6 側に引き寄せられている操作チューブ 5 6 を手で持って、電流クランプ 1 2 側にスライドさせればよい。これによって電流クランプ 1 2 が開く。その状態で、測定対象の信号線をその開いた開口部 3 7 に入れて、操作チューブ 5 6 を持っている手を離す。これによって操作チューブ 5 6 は戻しバネ 6 0 の作用によって自動的に測定器 1 6 側に戻り、電流クランプ 1 2 が閉じる。こうして、測定対象の信号線が電流クランプ 1 2 の円環状の測定コイルの閉じた開口部 3 6 によって囲まれたことになり、信号線を通る電流を測定コイルによって測定できる。

【 0 0 5 3 】

上記では、ユーザが操作チューブ 5 6 を手で持って、その手を軸方向に沿ってスライドさせて、操作チューブ 5 6 を軸方向に沿って移動駆動させるものとして説明した。図 6 は、回転・直進変換機構 9 0 を操作チューブ 5 6 に設け、回転・直進変換機構 9 0 の外周を手で持って軸周りに回転させることで、操作チューブ 5 6 を軸方向にスライドさせる構成を示す図である。回転・直進変換機構 9 0 としては、内径側にメネジを有する筒状の部材と操作チューブ 5 6 の外周に設けられたオネジの組合せを用いることができる。操作チューブ 5 6 は、一方端のスライダ 4 0 と電流クランプ 1 2 との関係、他方端の押し板 5 8 と測定器 1 6 の案内部 7 2 との関係で、軸周りの回転が規制されている。そこで、回転・直進変換機構 9 0 の筒状の部材を軸周りに回転させることで、操作チューブ 5 6 を軸方向に移動させることができる。

【 0 0 5 4 】

上記では、操作チューブ 5 6 の移動駆動をユーザが手で行うものとしたが、これを小型モータ、プランジャ等のアクチュエータを駆動部として用いて、操作チューブ 5 6 を移動駆動させるものとしてもよい。プランジャを用いる場合は、操作チューブ 5 6 の軸方向とプランジャの出力軸の軸方向を合わせればよい。小型モータを用いる場合は、図 6 で説明した回転・直進変換機構 9 0 に回転駆動力を与えるようにすればよい。なお、図 3 から図 5 で説明した戻しバネ 6 0 は、操作チューブ 5 6 に対し、軸方向の移動駆動力を与えるものであるので、駆動部の 1 種と考えることができる。

【 0 0 5 5 】

図 7 は、上記構成の電流測定プローブ 1 0 を用いて、基板 2 に取り付けられた半導体部品 8 のリード端子 9 に、電流クランプ 1 2 を係合させた様子を示す図である。ここでは、半導体部品 8 の 3 本のリード端子 9 の内で、真ん中のリード端子 9 に、電流クランプ 1 2 が係合されている。

【 0 0 5 6 】

10

20

30

40

50

このように、隣接するリード端子 9 の間隔が狭い場合に、リード端子 9 に流れる電流を測定しようとする、電流クランプ 1 2 の外形が小さくなり、その開閉を電流クランプ 1 2 のところで行うことが難しい。上記構成の電流測定プローブ 1 0 では、電流クランプ 1 2 から離れたところで、操作チューブ 5 6 を軸方向にスライドさせることで、電流クランプ 1 2 を開閉できる。これによって、隣接するリード端子 9 の間隔が狭い場合でも、測定対象の信号線を通る電流の測定を行うことができる。上記の寸法の例では、電流クランプ 1 2 の外形は約 5 mm であるので、隣接するリード端子 9 の間隔が標準的な 2.54 mm である半導体部品 8 の測定が可能である。

【 0 0 5 7 】

図 8 は、基板 2 に複数の半導体部品 4, 6, 8 が取り付けられている場合に、連結チューブ部 1 4 を曲げて用いる様子を示す図である。この図の場合、半導体部品 8 に別の半導体部品 6 が接近して配置されている。そのため、半導体部品 8 のリード端子 9 に上記構成の電流測定プローブ 1 0 を用いようとする、電流クランプ 1 2 はリード端子 9 に係合できるが、連結チューブ部 1 4 がまっすぐのままでは、測定器 1 6 に対し半導体部品 6 が障害となる。ここで、上記構成の電流測定プローブ 1 0 では、操作チューブ 5 6 と固定チューブ 5 4 との間の隙間間隔を予め定めた範囲に設定されているので、連結チューブ部 1 4 を曲げることができ、障害物である半導体部品 6 を避けることができる。

【 0 0 5 8 】

なお、電流クランプから離れたところの操作によって電流クランプの開閉を行うようにするには、いくつかの機構が考えられる。上記構成のように、開閉力点部を電流クランプ側に設け、開閉力点部の移動を押し引きで行い、電流クランプと測定器との間の連結は、互いの間の隙間が適切に設定された二重チューブ構造とすることは、いくつかの機構を実際に検討して実験した結果、到達したものである。

【 0 0 5 9 】

開閉遠隔操作機構としてよく考えられるのは、爪切り等で用いられるレバー機構である。このレバー機構は、基部が剛体であるので、電流クランプと測定器との間の連結部の自由度が少なくなる。また、開閉端を押して閉じる機構であるので、力点部は電流クランプ側に設けられるが、操作部がレバー比に比例して大型となり、小型化に向いていない。

【 0 0 6 0 】

爪切り等に用いられるレバー機構は、操作部を押すと開閉部が閉じるものであるが、これとは逆に、押し開き工具等で用いられるように、操作部を押すと開閉部が開く機構も考えられる。この押し開き機構は、開閉部を小型にできるが、操作部が互いに離れた 2 つの部品で、これらがいずれも移動するので、コイルからの信号線を引き出すためのチューブが操作部と別に必要になる。

【 0 0 6 1 】

開閉部を開くのに、ネジ機構を用いてネジを回すことで押し開くことも考えられるが、その場合には、ネジを回すところと、開閉のための回転中心が離れている。開閉のための回転中心を電流クランプに設けると、ネジがさらに電流クランプよりとなってネジ操作が難しくなる。ネジ操作を電流クランプから離すと、開閉のための回転中心が電流クランプからかなり離れてしまい、小型化に向いていない。

【 0 0 6 2 】

これらの検討から、上記構成のように、開閉力点部を電流クランプ側に設け、開閉力点部の移動を押し引きで行い、電流クランプと測定器との間の連結は、互いの間の隙間が適切に設定された二重チューブ構造として、開閉遠隔操作と小型化を実現した。

【 0 0 6 3 】

図 9 は、測定コイルを抜き出してその構成を示す図である。ここでは、符号を付け直し、固定側コイル 1 0 2 と可動側コイル 1 1 2 とで、測定コイル 1 0 0 が構成される。固定側コイル 1 0 2 は、導線をらせん状に巻回したものを半円環状の形状に整えたもので、半円環状の形状は、可動側コイル 1 1 2 の半円環状形状と組み合わせると 1 つの円環状形状となるように、可動側コイル 1 1 2 の半円環状形状と対称形とされる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 4 】

固定側コイル 1 0 2 は、導線の一端側を信号線端子 1 0 8 として、一端側から導線をらせん巻線 1 0 4 として、らせん状に巻きつつ半円環状となるように外形を整えながら、さらに先端の方に進む。そして、適当なところを終端として、そこから導線をらせん状とせずに半円状に戻す戻り線 1 0 6 として、一端側に引き戻し、基準側端子 1 1 0 とする。ここで、らせん巻線 1 0 4 は、半円環状の中空部を形成しながら、あたかも中空部の外周に導線をらせん状に巻かれる。戻り線 1 0 6 は、このらせん巻線 1 0 4 の半円環状の中空部の中心に導線を通すように配置される。

【 0 0 6 5 】

同様に、可動側コイル 1 1 2 は、導線の一端側を信号線端子 1 1 8 として、一端側から導線をらせん巻線 1 1 4 としてらせん状に巻きつつ半円環状となるように外形を整えながら、さらに先端の方に進み、適当なところを終端として、そこから導線をらせん状とせずに半円状に戻す戻り線 1 1 6 として一端側に引き戻し、基準側端子 1 2 0 とする。

【 0 0 6 6 】

固定側コイル 1 0 2 と可動側コイル 1 1 2 は、ロゴスキー型コイルを半円環状になるように外形を整えたものである。図 1 0 に、固定側コイル 1 0 2 の基本となるロゴスキー型コイル 1 0 1 と、可動側コイル 1 1 2 の基本となるロゴスキー型コイル 1 1 1 を示す。ロゴスキー型コイル 1 0 1 , 1 1 1 は、互に対称形の構造をなすので、ロゴスキー型コイル 1 0 1 で代表させて説明する。ロゴスキー型コイル 1 0 1 は、一方側端子 1 0 7 から出発して中空部を形成しながららせん状に巻かれるらせん巻線 1 0 3 の内側で、戻り線 1 0 5 が巻き返して、他方側端子 1 0 9 となるとところに特徴がある。ロゴスキー型コイル 1 0 1 は、空心型コイルであるが、戻り線 1 0 5 の機能によって、一方側端子 1 0 7 と他方側端子 1 0 9 がコイルの一端側に集まる。ロゴスキー型コイル 1 0 1 は、例えば、大電流検出コイルとして用いられる。

【 0 0 6 7 】

ロゴスキー型コイル 1 1 1 も同様に、一方側端子 1 1 7 から巻き始めたらせん巻線 1 1 3 が、その中空部の内側で戻り線 1 1 5 が巻き返して、他方側端子 1 1 9 となる。このようなロゴスキー型コイル 1 0 1 , 1 1 1 を、互に対称形の半円環状となるように、外形を整えることで、図 9 の固定側コイル 1 0 2 と可動側コイル 1 1 2 を得ることができる。

【 0 0 6 8 】

図 1 1 は、固定側コイル 1 0 2 と可動側コイル 1 1 2 と、測定器 1 6 との接続関係を示す図である。固定側コイル 1 0 2 の信号線端子 1 0 8 は、測定器 1 6 の信号入力素子 1 5 0 の一方側入力部から引き出される一方側信号線 1 3 2 と接続される。同様に、可動側コイル 1 1 2 の信号線端子 1 1 8 は、測定器 1 6 の信号入力素子 1 5 0 の他方側入力部から引き出される他方側信号線 1 3 4 と接続される。測定器 1 6 の信号入力素子 1 5 0 は、一方側信号線 1 3 2 と他方側信号線 1 3 4 から入力された信号を適当に処理して、出力端子 1 5 2 に出力する機能を有する。信号入力素子 1 5 0 としては差動増幅器を用いることができる。

【 0 0 6 9 】

一方側信号線 1 3 2 と他方側信号線 1 3 4 は、図 2 等で説明した固定チューブ 5 4 の中を通る。一方側信号線 1 3 2 と他方側信号線 1 3 4 をノイズから守るため、一方側信号線 1 3 2 と他方側信号線 1 3 4 をシールド編線 1 4 0 で覆うものとなる。そして、固定側コイル 1 0 2 の基準側端子 1 1 0 と可動側コイル 1 1 2 の基準側端子 1 2 0 は、それぞれ、シールド編線 1 4 0 の一方側接続部 1 4 2 と他方側接続部 1 4 4 に接続される。つまり、シールド編線 1 4 0 は、基準側端子 1 1 0 と基準側端子 1 2 0 を互いに接続する共通の基準側端子となる。

【 0 0 7 0 】

そして、共通の基準側端子であるシールド編線 1 4 0 は、測定器 1 6 の金属筐体 1 6 0 に接続され、この金属筐体 1 6 0 は、測定器 1 6 の基準電位 1 6 2 に接続される。基準電位 1 6 2 は、信号入力素子 1 5 0 等の測定器 1 6 を構成する測定回路における基準電位で

10

20

30

40

50

ある。このように、固定側コイル 1 0 2 の基準側端子 1 1 0 と、可動側コイル 1 1 2 の基準側端子 1 2 0 が、測定器 1 6 の基準電位 1 6 2 に接続されることで、測定コイル 1 0 0 の電位が安定し、空間の電位変動が激しい環境でも安定した測定が可能となる。

【 0 0 7 1 】

上記では、一方側信号線 1 3 2 と他方側信号線 1 3 4 がシールド編線 1 4 0 で覆われるものとしたが、ノイズを効果的に防ぐことができる構成であれば、これ以外の構成であってもよい。例えば、シールド編線 1 4 0 に代えて、共通電位線としての導線を設けもよい。そして、共通電位線に、固定側コイル 1 0 2 の基準側端子 1 1 0 と、可動側コイル 1 1 2 の基準側端子 1 2 0 を接続し、この共通電位線と、一方側信号線 1 3 2 と、他方側信号線 1 3 4 とを、ツイスト撚りとしてもよい。また、一方側信号線 1 3 2 と、他方側信号線 1 3 4 とをツイスト撚りとし、これとは別に共通電位線を合わせて信号線 5 2 としてもよい。これらの例においても、共通電位線は、測定器 1 6 の基準電位 1 6 2 に接続される。

10

【 0 0 7 2 】

図 1 2 は図 5 に対応する図で、電流測定プローブ 1 0 において、電流クランプが開いたときの配線の接続関係を示す図である。ここで、可動側コイル 1 1 2 は、固定側コイル 1 0 2 に対し回転するので、一方側信号線 1 3 2、他方側信号線 1 3 4、シールド編線 1 4 0 は、この回転の影響を受けないように配置される必要がある。特に、固定側コイル 1 0 2 の基準側端子 1 1 0 が引き出されてシールド編線 1 4 0 の一方側接続部 1 4 2 と接続する位置、可動側コイル 1 1 2 の基準側端子 1 2 0 が引き出されてシールド編線 1 4 0 の他方側接続部 1 4 4 と接続する位置は、固定側コイル 1 0 2 に対する可動側コイル 1 1 2 の回転の影響を受けない不動点とされる。不動点は、固定側コイル 1 0 2 に対する可動側コイル 1 1 2 の回転の影響を受けない程度に、回転範囲から適当に離れた固定チューブ 5 4 に対する固定位置であればよい。

20

【 0 0 7 3 】

それでも、固定側コイル 1 0 2 に対する可動側コイル 1 1 2 の回転によって、可動側コイル 1 1 2 の信号線端子 1 1 8 と基準側端子 1 2 0 が、固定側コイル 1 0 2 に対し相対的に動く。固定側コイル 1 0 2 と可動側コイル 1 1 2 が相対的に移動しないのは、回転軸 2 6 と回転穴 2 7 で構成される回転部の位置である。したがって、可動側コイル 1 1 2 の信号線端子 1 1 8 から一方側信号線 1 3 2 に引き出される線と、基準側端子 1 2 0 からシールド編線 1 4 0 の他方側接続部 1 4 4 に引き出される線を、回転部の位置で、一旦、固定

30

【 0 0 7 4 】

このようにすることで、可動側コイル 1 1 2 の信号線端子 1 1 8 から回転部まで、基準側端子 1 2 0 から回転部までは、引出線は固定位置を取って、移動をしない。固定チューブ 5 4 における接続位置である不動点の位置も固定位置であるので、回転部から不動点までの引出線もほとんど固定状態で、移動しない。したがって、固定側コイル 1 0 2 に対する可動側コイル 1 1 2 の回転によっても、固定側コイル 1 0 2 の信号線端子 1 0 8 と基準側端子 1 1 0、可動側コイル 1 1 2 の信号線端子 1 1 8 と基準側端子 1 2 0 から固定チューブ 5 4 までの引出線がほとんど移動しないようにできる。これによって、電流測定プローブ 1 0 において、電流クランプの開閉のたびに信号線等を一々切断し、また接続することなく、繰り返し開閉を安定して行うことができる。

40

【 0 0 7 5 】

図 1 3 は、ロゴスキー型コイルを固定側コイル 1 0 2 と可動側コイル 1 1 2 に用いたときの電流クランプの開閉の様子を示す図である。図 1 3 (a) は、初期状態で、固定側コイル 1 0 2 に対し可動側コイル 1 1 2 が閉じていて、被測定線 1 7 0 が入り込めない様子を示している。被測定線 1 7 0 は、例えば、半導体部品のリード端子等である。図 1 3 (b) は、被測定線 1 7 0 に流れる電流を測定するために、固定側コイル 1 0 2 に対し、可動側コイル 1 1 2 が開いた状態を示す図である。このように、2 つの半円環状のロゴスキー型コイルを相対的に開くことで、被測定線 1 7 0 は、固定側コイル 1 0 2 の半円環状の内径側と、可動側コイル 1 1 2 の半円環状の内径側との間の空間に配置されることができ

50

る。図13(c)は、その後に、固定側コイル102に対し可動側コイル112が閉じて円環状の測定コイルを形成し、被測定線170をクランプする様子を示す図である。

【0076】

このように、一对のロゴスキー型コイルを用いて、これを固定側コイル102と可動側コイル112として測定コイル100を構成することで、測定コイル100の端子をすべて一方端に集めることができる。これにより、固定側コイル102に対する可動側コイル112の開閉の際に、端子間の切断と接続を一行うことなく、電流クランプの開閉を繰り返すことができる。

【産業上の利用可能性】

【0077】

本発明に係る電流測定プローブは、特に、小型の電子部品、電気製品の信号線を通る電流測定に利用できる。

【符号の説明】

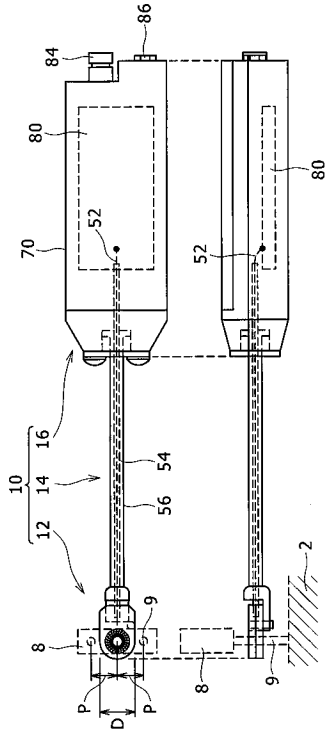
【0078】

2 基板、4, 6, 8 半導体部品、9 リード端子、10 電流測定プローブ、12 電流クランプ、14 連結チューブ部、16 測定器、22 固定側クランプ、24 可動側クランプ、26 回転軸、27 回転穴、28 開閉力点部、32, 102 固定側コイル、34, 112 可動側コイル、36 (閉じた)開口部、37 (開いた)開口部、40 スライダ、42 底面部、44 作用穴、52 信号線、54 固定チューブ、56 操作チューブ、58 押し板、60 戻しバネ、70 筐体、72 案内部、74 止め板、80 測定回路基板、84, 86 出力部、90 回転・直進変換機構、100 測定コイル、101, 111 ログスキー型コイル、103, 104, 113, 114 らせん巻線、105, 106, 115, 116 戻り線、107, 117 一方側端子、108, 118 信号線端子、109, 119 他方側端子、110, 120 基準側端子、132 一方側信号線、134 他方側信号線、140 シールド編線、142 一方側接続部、144 他方側接続部、150 信号入力素子、152 出力端子、160 金属筐体、162 基準電位、170 被測定線。

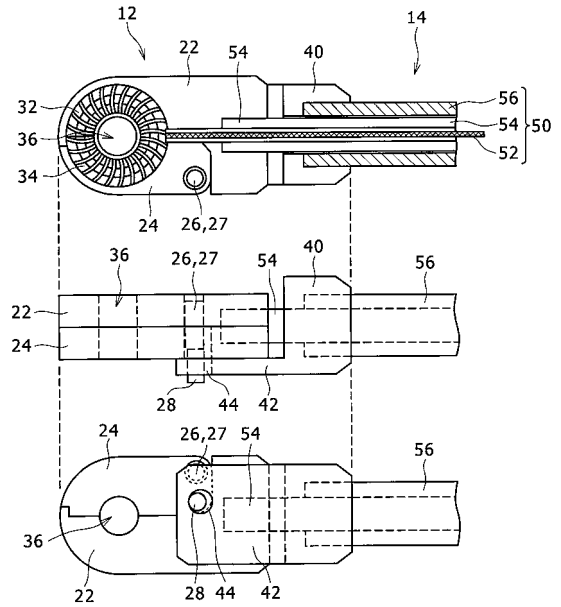
10

20

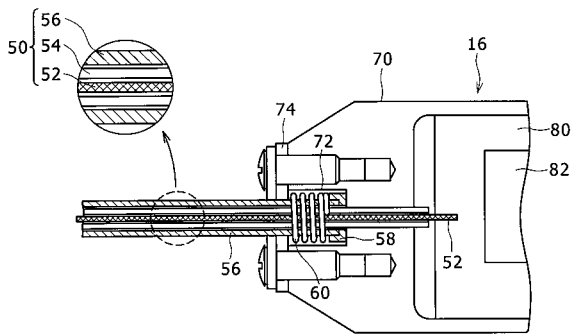
【 図 1 】



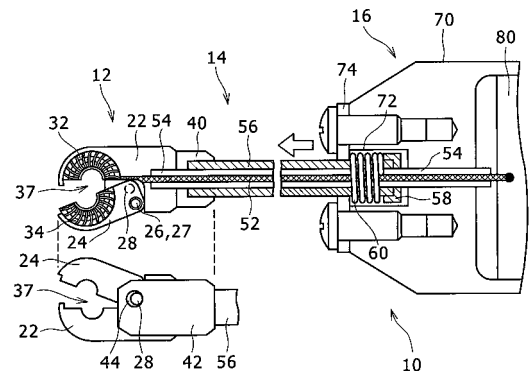
【 図 2 】



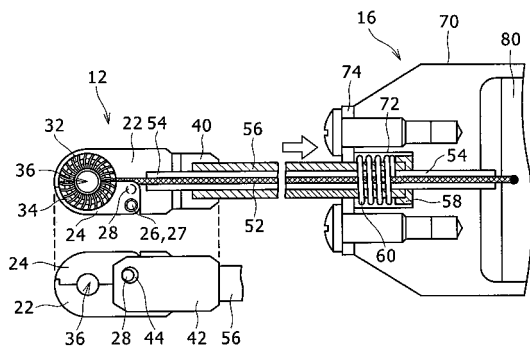
【 図 3 】



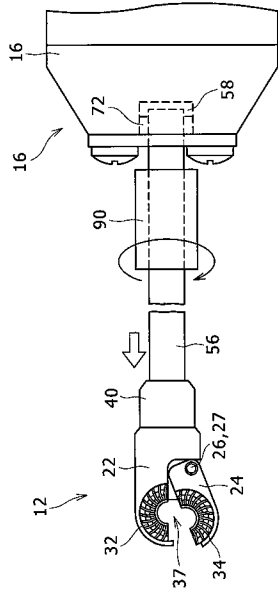
【 図 5 】



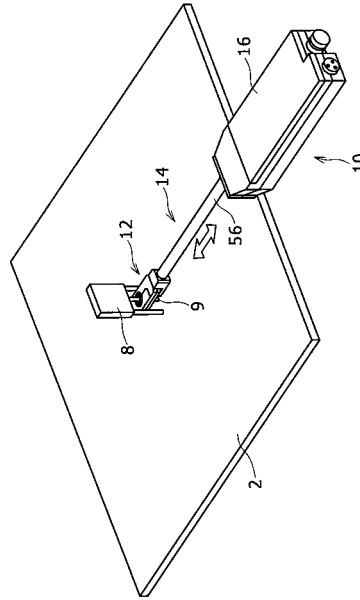
【 図 4 】



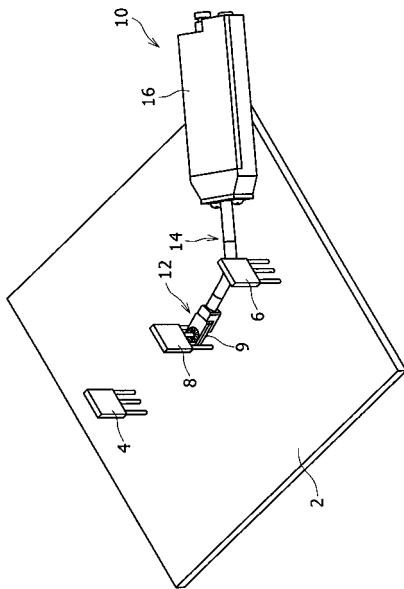
【 図 6 】



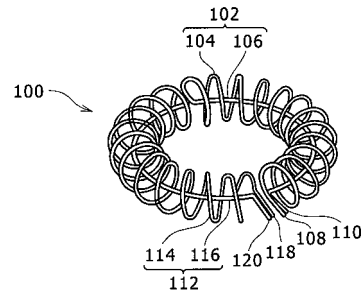
【 図 7 】



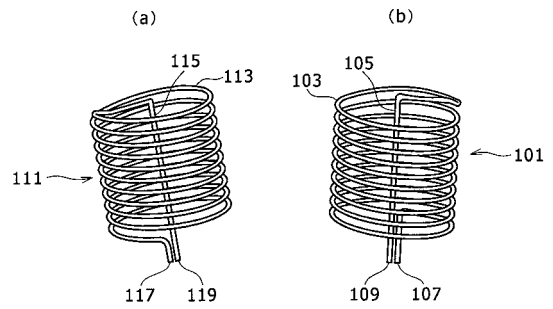
【 図 8 】



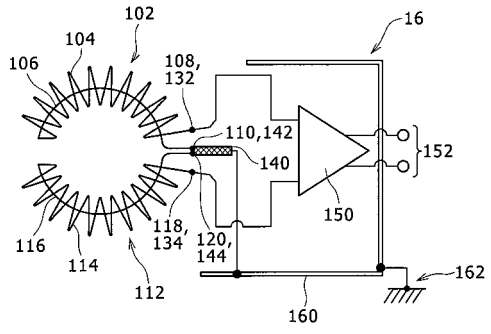
【 図 9 】



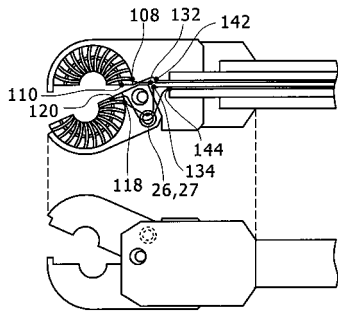
【 図 10 】



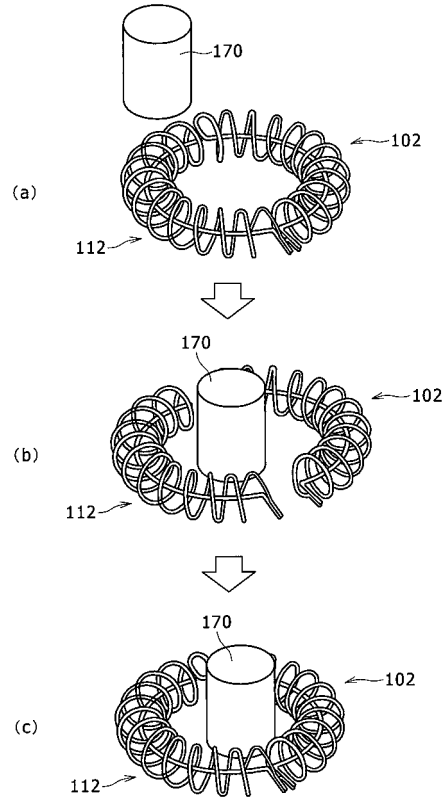
【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

(72)発明者 松井 正行

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1番地の1 株式会社豊田中央研究所内

Fターム(参考) 2G025 AA05 AB14 AC01