

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4959622号  
(P4959622)

(45) 発行日 平成24年6月27日 (2012. 6. 27)

(24) 登録日 平成24年3月30日 (2012. 3. 30)

(51) Int. Cl.

F I

H O 1 F 38/28 (2006. 01)

H O 1 F 40/06

G O 1 R 15/18 (2006. 01)

G O 1 R 15/02

G

請求項の数 10 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2008-106715 (P2008-106715)  
(22) 出願日 平成20年4月16日 (2008. 4. 16)  
(65) 公開番号 特開2009-260006 (P2009-260006A)  
(43) 公開日 平成21年11月5日 (2009. 11. 5)  
審査請求日 平成22年9月30日 (2010. 9. 30)

(73) 特許権者 000006013  
三菱電機株式会社  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号  
(74) 代理人 100101454  
弁理士 山田 卓二  
(74) 代理人 100081422  
弁理士 田中 光雄  
(74) 代理人 100100479  
弁理士 竹内 三喜夫  
(72) 発明者 西浦 竜一  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三  
菱電機株式会社内  
(72) 発明者 牧田 陽  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三  
菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電流センサ

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

中央部に貫通部を有し、上記中心部を貫通して配置された一次導体を流れる一次電流にて発生した磁束を集磁するコアと、上記コアの胴部に対しトロイダル巻きされ上記コア内の磁束変化を検出する二次巻線とを有し、上記二次巻線の出力から上記一次電流を測定する電流センサにおいて、

上記コアは、当該コアの周方向に当該コアを分割する磁性体にてなる複数の磁性体部と、非磁性体にてなり上記周方向に当該コアを分割する複数の非磁性体部とを有し、当該コアの全周に渡って上記磁性体部と上記非磁性体部とを交互に配置して形成され、

上記二次巻線は、当該二次巻線を構成する各導体の延在方向に沿う各導体の切り口を含む上記コアにおける切り口である各コア断面が上記磁性体部及び上記非磁性体部と交差し、かつ上記コア断面における上記磁性体部の磁性体部断面積と上記非磁性体部の非磁性体部断面積との比が各コア断面で同一であるという条件下で、上記導体を上記コアの胴部に巻回してなる、

ことを特徴とする電流センサ。

## 【請求項 2】

上記コアは、それぞれが同形状にてなり重ね合わされることで当該コアを形成する複数の分割コアを有し、上記分割コアの上記コア断面における上記磁性体部断面積と上記非磁性体部断面積との比は、それぞれの上記分割コアにおいて異なり、上記二次巻線は、それぞれの上記分割コアが重ねられて形成された上記コアに対して上記条件に従い上記胴部に

10

20

巻回される、請求項 1 記載の電流センサ。

【請求項 3】

上記コアにおける上記磁性体部は、上記一次導体が貫通する貫通穴を有し非磁性体にてなるコアパターン基板上にパターン形成される、請求項 1 又は 2 記載の電流センサ。

【請求項 4】

上記二次巻線を構成する上記導体は、上記一次導体が貫通する貫通穴を有し非磁性体にてなる第 1 巻線パターン基板にパターン形成され、かつ上記一次導体が貫通する貫通穴を有し非磁性体にてなり上記第 1 巻線パターン基板とともに上記コアをサンドイッチする第 2 巻線パターン基板にパターン形成され、かつ上記第 1 巻線パターン基板に形成した第 1 導体と上記第 2 巻線パターン基板に形成した第 2 導体とを電氣的に接続する接続導体を有する、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の電流センサ。

10

【請求項 5】

上記コアの上記胴部に対してトロイダル巻きされた上記二次巻線を折り返して形成され、上記胴部に巻回された上記二次巻線の上記一次導体に対する傾きの影響を相殺する方向に沿って上記胴部に設けられる折り返し導体をさらに備える、請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の電流センサ。

【請求項 6】

上記磁性体部をパターン形成した上記コアパターン基板を複数備え、上記コアは、それぞれのコアパターン基板を積層して形成される、請求項 3 記載の電流センサ。

【請求項 7】

20

上記磁性体部は、上記コアパターン基板に電解メッキにてパターン形成される、請求項 3 又は 6 記載の電流センサ。

【請求項 8】

上記非磁性体部は、上記磁性体部が嵌合される嵌合部を形成した非磁性体部材にて形成される、請求項 1 記載の電流センサ。

【請求項 9】

上記コアは、直線状に形成された上記非磁性体部又は上記磁性体部を円形状に変形して形成される、請求項 1 記載の電流センサ。

【請求項 10】

上記コアは、円形状に変形された上記磁性体部に対して、上記非磁性体部を形成する非磁性材料にて上記磁性体部をモールドして形成される、請求項 9 記載の電流センサ。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一次導体に流れる電流を測定する電流センサに関する。

【背景技術】

【0002】

大電流を測定する場合、該電流をそのまま電流計に流すことは危険であることから、変流器（CT）を用いて 1 次電流を下げて 2 次側に出力させることで電流を測定する電流センサが使用される。上記変流器は、交流の特性を利用したもので、コア（鉄心）に導体を巻回し形成されたコイルから 2 次電流を取り出す構造を有する。

40

【0003】

しかしながら上記電流センサにおいても、大電流計測を行ったときには、上記コアに生じる磁束が飽和してしまい正確な電流計測が行えない場合も生じる。そこで、正確な電流計測を可能とするために、上記コア内の磁気飽和を抑制する工夫として、従来、例えばコアの断面積を大きくする、あるいは、CT 出力（二次巻き線）を三次巻き線にフィードバックすることでコア内の磁束密度を小さくするという方法が提案されている（例えば特許文献 1）。

【0004】

又、リアクトルなどコア内の磁束密度の均一性が問題とならないような場合には、コア

50

内の磁束を低減させる対策として、コアを分割し、各分割コアについてギャップを介して連結した構造を採る方法が提案されている（例えば特許文献２）。

さらにまた、磁芯に、磁性体粉末と非磁性体粉末との混成物を使用することで、磁芯の比透磁率の飽和を緩和する方法が提案されている（例えば特許文献３）。

【０００５】

【特許文献１】特開２００４－１５３２２２号公報（段落０００６～０００８、図１）

【特許文献２】特開２００４－９５９３５号公報（段落００１１～００１３、図１）

【特許文献３】特開２００６－０２４８４４号公報（段落００７５～００８０、図１、図２（ａ））

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

上述したように、従来の電流センサでは、大電流計測を行う場合、コア内の磁束飽和を抑制するため、別途フィードバック回路が必要であり、装置構成が大きくなるという問題があった。又、コア内の磁束飽和を抑制する方法として、上述のようにコア断面積を大きくする方法もあるが、コア形状が大型化し、やはり小型の電流センサを構成することができないという問題がある。

【０００７】

さらに又、磁束飽和を抑制する対策として、上述のようにコアを分割する方法があるが、分割箇所のギャップ部分にて磁気抵抗が極端に高くなるため漏れ磁束が発生し、その結果、コア全周における磁束密度の均一性が低下する。よって、電流センサとしての測定精度が低下してしまうという問題があった。

20

【０００８】

又、上記特許文献３に開示される、磁性体粉末と非磁性体粉末との混成物を磁芯に使用することで磁芯の比透磁率の飽和を緩和する方法では、磁界に対する比透磁率が変化するため、上記磁芯を電流センサへ適用すると感度が変化するという問題があった。

【０００９】

本発明は、上述したような問題点を解決するためになされたものであり、フィードバック回路を設けることなく、測定精度を維持し、かつ従来に比べて小型のコアにて大電流計測が可能である電流センサを提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【００１０】

上記目的を達成するため、本発明は以下のように構成する。

即ち、本発明の一態様における電流センサは、中央部に貫通部を有し、上記中心部を貫通して配置された一次導体を流れる一次電流にて発生した磁束を集磁するコアと、上記コアの胴部に対しトロイダル巻きされ上記コア内の磁束変化を検出する二次巻線とを有し、上記二次巻線の出力から上記一次電流を測定する電流センサにおいて、上記コアは、当該コアの周方向に当該コアを分割する磁性体にてなる複数の磁性体部と、非磁性体にてなり上記周方向に当該コアを分割する複数の非磁性体部とを有し、当該コアの全周に渡って上記磁性体部と上記非磁性体部とを交互に配置して形成され、上記二次巻線は、当該二次巻線を構成する各導体の延在方向に沿う各導体の切り口を含む上記コアにおける切り口である各コア断面が上記磁性体部及び上記非磁性体部と交差し、かつ上記コア断面における上記磁性体部の磁性体部断面積と上記非磁性体部の非磁性体部断面積との比が各コア断面で同一であるという条件下で、上記導体を上記コアの胴部に巻回してなることを特徴とする。

40

【発明の効果】

【００１１】

本発明の一態様における電流センサによれば、コアは、磁性体部及び非磁性体部を有し、これら磁性体部及び非磁性体部によって、当該コアの周方向に当該コアを多数に分割した。該構成によれば、非磁性体部における磁気抵抗が非常に大きいことから、コア内を通

50

過する磁束を低減させ、コア内の磁束飽和を抑制することができる。したがって、フィードバック回路を設ける必要がなく、又、従来と同一サイズのコアにて、より大電流の計測が可能となる。逆に言えば、従来に比べて小型のコアにて大電流計測が可能である。

#### 【 0 0 1 2 】

一方、何の条件もなくコアを単に分割したのでは、分割断面から漏れ磁束が発生し、コア全周における磁束密度の均一性が損なわれるため、電流測定精度が低下してしまう。これに対し、上記一態様による電流センサによれば、さらに、二次巻線を構成する各導体の切り口を含む各コア断面が上記磁性体部及び上記非磁性体部と交差し、かつ上記コア断面における上記磁性体部の磁性体部断面積と上記非磁性体部の非磁性体部断面積との比が各コア断面で同一であるという条件下で、上記導体を上記コアに巻回した。よって、検出部  
10  
である各導体における上記コア断面内の磁束密度を均一化することができ、コアを分割することによる測定精度の低下を抑制することができ、電流センサとしての測定精度が低下することはない。したがって、電流測定精度を維持した上で小型コアの電流センサにて大電流測定が可能となる。

#### 【 発明を実施するための最良の形態 】

#### 【 0 0 1 3 】

本発明の実施形態である電流センサについて、図を参照しながら以下に説明する。尚、各図において、同一又は同様の機能を有する構成部分については同じ符号を付している。又、上記電流センサは、一般的に変流器（ＣＴ）と呼ばれるものであり、中心部を貫通して配置された一次導体を流れる一次電流を測定するものである。  
20

#### 【 0 0 1 4 】

実施の形態 1 .

図 1 ～ 図 3、図 4 A、及び図 4 B を参照して、本発明の実施の形態 1 による電流センサ 1 0 1 について説明する。電流センサ 1 0 1 は、図 1 に示すように、コア 1 と、二次巻線 2 とを備える。

コア 1 は、本実施形態ではパイプを輪切りにしたような円環状にてなる胴部 1 a、及び中央部 1 b には貫通穴を有する。胴部 1 a は、周面 1 a - 1 と、上、下面 1 a - 2 とを有する。本実施形態では、上、下面 1 a - 2 は、それぞれ平面にてなるが、半円形等の凸形状であってもよい。上記貫通穴には、被測定電流である一次電流が流れる一次導体 5 が、中央部 1 b に沿ってつまりコア 1 を貫通して配置される。  
30

#### 【 0 0 1 5 】

さらにコア 1 は、当該コア 1 の周方向に当該コア 1 を分割する磁性体にてなる複数の磁性体部 3 と、本実施形態では磁性体部 3 と同一形状であり非磁性体にてなり上記周方向に当該コア 1 を分割する複数の非磁性体部 4 とを有し、当該コア 1 の全周に渡って磁性体部 3 と非磁性体部 4 とが交互に連結され上記全周にわたり均等に配置して形成される。尚、例えば数十から数百個の磁性体部 3 及び非磁性体部 4 にてコア 1 は形成される。又、本実施形態では磁性体部 3 と非磁性体 4 とは同一形状であるが、図 3 を参照して後述するように、磁性体部 3 の磁性体部断面積と非磁性体部 4 の非磁性体部断面積との比が各コア断面で同一であるという条件を満たす限り、同一形状に限定されるものではない。

又、図 1 に示す電流センサ 1 0 1 では、磁性体部 3 及び非磁性体部 4 は、図示するように渦巻き状となるように配置している。  
40

#### 【 0 0 1 6 】

二次巻線 2 は、上記一次導体 5 によりコア 1 内に生じる磁束の変化を検出するもので、当該電流センサ 1 0 1 は、二次巻線 2 の出力から上記一次電流を測定する。このような二次巻線 2 は、コア 1 に対して下記の条件を満たして導体 2 a を、コア 1 の胴部 1 a の周囲に沿ってコア 1 の全周に対しトロイダル巻きしている。本実施形態では、上述した磁性体部 3 及び非磁性体部 4 の形状及び配置状態に対応して、胴部 1 a の上、下面 1 a - 2 において導体 2 a は、コア 1 の直径方向に沿って延在する。

#### 【 0 0 1 7 】

又、二次巻線 2 は、上記一次電流の必要な検出精度を確保するために、コア 1 の全周に  
50

わたり均一に巻き回される必要がある。即ち、二次巻線 2 を構成する各導体 2 a の延在方向に沿う各導体 2 a の切り口を含むコア 1 における切り口、つまり図 1 に示す例えば A - A' 線におけるコア 1 の断面である図 3 に示す各コア断面 2 0 に着目する。各導体 2 a に対応するそれぞれのコア断面 2 0 は、磁性体部 3 及び非磁性体部 4 と交差し、かつコア断面 2 0 における磁性体部 3 の磁性体部断面積と非磁性体部 4 の非磁性体部断面積との比が各コア断面 2 0 で同一であるという条件を満足するように、導体 2 a がコア 1 に巻回され、二次巻線 2 が形成される。ここで、例えば図 3 に示されるコア断面 2 0 の場合、上記磁性体部断面積は、磁性体部 3 の断面積 3 a、3 b、3 c を加えた断面積 3 0 であり、上記非磁性体部断面積は、非磁性体部 4 の断面積 4 a、4 b を加えた断面積 4 0 である。各導体 2 a におけるそれぞれのコア断面 2 0 において、コア断面 2 0 にて切断される磁性体部 3 及び非磁性体部 4 の断面形状は異なるが、上記磁性体部断面積 3 0 と上記非磁性体部断面積 4 0 との比率が同一となるように、導体 2 a と磁性体部 3 及び非磁性体部 4 とを相対的に配置、具体的には、導体 2 a と、磁性体部 3 及び非磁性体部 4 の形状並びに配置と、を調整する。

10

#### 【0018】

上述の条件を満たすように、導体 2 a と磁性体部 3 及び非磁性体部 4 とを相対的に配置することで、以下のような効果が得られる。即ち、図 4 A に示すように、コア 1 を貫通する一次導体 5 に電流が流れた場合、この一次導体 5 の周方向に、電流に応じた磁束 6 が発生する。このとき上述のようなコア 1 を適用した場合、図 4 B に示すように、透磁率の高い磁性体部 3 には周辺より磁束 6 が集磁され、逆に非磁性体部 4 であるスペーサ部分では、周辺の空気と透磁率が近いいため磁束 6 が拡散する。そのためコア 1 内の磁束 6 の密度に粗密が生じる。

20

しかし、上述の条件を満足させることで、それぞれのコア断面 2 0 内を通過する磁束密度の和が等しくなり、電磁誘導によって発生する起電力が均一化される。このため、電流センサ 1 0 1 における一次電流の検出精度の低下を抑制することができる。

#### 【0019】

又、磁性体部 3 と非磁性体部 4 とによりコア 1 を形成したことから、非磁性体部 4 における磁気抵抗が非常に大きく、コア 1 内を通過する磁束を低減し、コア 1 内の磁束飽和を抑制することができる。したがって、フィードバック回路を設ける必要がなく、又、従来と同一サイズのコアにて、より大電流の計測が可能となる。

30

#### 【0020】

又、一般に空芯電流センサ（ログスキーコイルなど）と言われるものと比較すると、本実施形態の電流センサ 1 0 1 では、透磁率の高い磁性体部 3 が、二次巻線 2 の内側に存在するため、電流センサ 1 0 1 は高感度となる。

又、一般に鉄心電流センサと言われる、磁性材料のみにてコアを形成したものと比較すると、本実施形態の電流センサ 1 0 1 では、透磁率の低い非磁性体部 4 がコア 1 に存在するため、コア 1 の磁気飽和が抑制され、測定レンジを広域化することができる。

#### 【0021】

さらに又、本実施形態の電流センサ 1 0 1 では、コア 1 の磁気飽和を抑制できることから、従来の電流センサにおける磁気飽和対策、つまりコアサイズの大型化、を図る必要がなく、電流センサのサイズを大幅に小型化することができる。

40

又、上述したように、本実施形態の電流センサ 1 0 1 では、透磁率の高い磁性体部 3 と透磁率が低い非磁性体部 4 との両方を配置することで、コア 1 内の磁気抵抗を任意にコントロールすることができ、測定する一次電流に応じた感度に電流センサを調整することが可能である。

#### 【0022】

又、上述したようなコア断面 2 0 における条件を満足する限り、磁性体部 3 及び非磁性体部 4 の形状及び配置、並びに導体 2 a の巻き方は、例えば図 1 に示す形態に限定されるものではなく、例えば以下のような変形例を採用することができる。

例えば図 5 に示す電流センサ 1 0 2 のように、磁性体部 3 - 1 及び非磁性体部 4 - 1 は

50

放射状形状としてそれぞれコア 1 の直径方向に沿うように配置し、かつ胴部 1 a の上、下面 1 a - 2 にて導体 2 a は渦巻き状に配置してもよい。図 5 に示す形態では、磁性体部 3 - 1 及び非磁性体部 4 - 1 の形状が、図 1 に示す形態における磁性体部 3 及び非磁性体部 4 に比べて単純であり、コア 1 の作製が容易になるという利点がある。

【 0 0 2 3 】

又、図 6 に示す電流センサ 1 0 3 のように、磁性体部 3 - 2 及び非磁性体部 4 - 2 は螺旋形状とし、かつ胴部 1 a の上、下面 1 a - 2 にて導体 2 a はコア 1 の直径方向に沿って延在するように配置してもよい。図 6 に示す形態では、図 5 に示す形態に比べて磁性体部 3 - 2 及び非磁性体部 4 - 2 の形状が複雑となるが、二次巻線 2 の導体 2 a は直径方向に沿って延在させればよく導体 2 a の巻回が容易であるという利点がある。

10

【 0 0 2 4 】

又、磁性体部 3、3 - 1、3 - 2 において、一般的な電流センサのコア製作と同様に、渦電流対策として、図 7 に示すように、表面が電氣的に絶縁された磁性体箔を積層して、コアの直径方向にコアを分割し、電気絶縁された磁性体部 7 を製作しても良い。尚、図 7 では、電流センサ 1 0 1 に使用される磁性体部 7 を示している。

【 0 0 2 5 】

又、図 8 に示す電流センサ 1 0 4 のように、磁性体部 3 - 3、非磁性体部 4 - 3、及び導体 2 a の配置は、図 1 に示す電流センサ 1 0 1 の場合と同様であるが、コア断面 2 0 における磁性体部 3 - 3 及び非磁性体部 4 - 3 を、コア 1 の軸方向 1 c に対して傾斜して配置してもよい。

20

【 0 0 2 6 】

さらに又、図 9 に示すように、折り返し導体 1 6 を有する電流センサ 1 0 5 を構成することもできる。折り返し導体 1 6 は、コア 1 の胴部 1 a の全周に対してトロイダル巻きされた二次巻線 2 の導体 2 a を折り返して形成された導体部分であり、胴部 1 a に巻回された二次巻線 2 の一次導体 5 に対する傾きの影響を相殺する方向に沿って胴部 1 a に設けられる。図 9 に示す例では、折り返し導体 1 6 は、トロイダル巻きされた二次巻線 2 の導体 2 a に接続した状態で導体 2 a を折り返し、コア 1 の周方向 1 d に沿って胴部 1 a の周囲 1 a - 1 に対向するように一周分、延在する。折り返し導体 1 6 を形成する上記一周分の導体の長さは、胴部 1 a にトロイダル巻きされた二次巻線 2 の導体 2 a の全長に対応する。尚、折り返し導体 1 6 と、胴部 1 a にトロイダル巻きされた導体 2 a とは、電氣的に絶縁された状態である。

30

【 0 0 2 7 】

図 9 に示す折り返し導体 1 6 の形態は一例であり、上述のようにトロイダル巻きされた二次巻線 2 の全長に相当する長さにて折り返し導体 1 6 を設ければ良く、例えば、胴部 1 a にトロイダル巻きした導体 2 a を折り返し、逆方向に胴部 1 a にトロイダル巻きして、折り返し導体 1 6 を形成することもできる。

【 0 0 2 8 】

上述のように折り返し導体 1 6 を設けることで、コア 1 に対する一次導体 5 の傾きが二次巻線 2 に与える影響をキャンセルすることができる。

【 0 0 2 9 】

40

実施の形態 2 .

次に、図 1 0 を参照して本発明の実施の形態 2 における電流センサ 1 0 6 について説明する。尚、図 1 0 では、電流センサ 1 0 6 を構成するコア部分のみを図示し、二次巻線 2 の図示は、省略している。

上述した実施の形態 1 では、コア 1 は、磁性体部 3 及び非磁性体部 4 を一体的に形成した一つの構造体から構成されている。これに対し本実施の形態 2 の電流センサ 1 0 6 では、コア 1 は、複数、ここでは 2 つの分割コア 2 1、2 2 から形成されている。この点で実施の形態 1 と実施の形態 2 とは異なる。複数の分割コアを組み合わせることで一つのコア 1 を形成することで、電流センサ特性として、任意の感度係数の分布を得ることが可能となる。

電流センサ 1 0 6 のその他の構成及び変形例については、実施の形態 1 において上述し

50

た説明が適用可能であるので、ここでのそれらの説明は省略する。

【0030】

分割コア21、22について、さらに詳しく説明する。

実施の形態1に記載したコア1では、磁性体部3と非磁性体部4とは同一形状でありコア1の全周にわたりそれらを交互に均等に配置することで、電流センサの感度を制御している。又、非磁性体部4は、上述のように非磁性材料にてなり、磁性体部3と磁性体部3との間にギャップ領域を設けることを目的として使用されている。本実施の形態2では、互いに感度特性の異なる、複数の分割コアを製作し、これらを一つにまとめ、まとめたものに二次巻線2を巻回することで、任意のセンサ特性を得るものである。

【0031】

分割コア21、22は、本実施形態ではともに円環状で同形状であり、互いを厚み方向に重ね合わされることで一つのコアを形成する。尚、分割コア21、22から形成されるコアを、コア23とする。

分割コア21は、図10の(a)に示すように、比較的感度が低くなるように、全周における磁性体部3の領域の割合を小さく設計した低感度設定用磁性体部3-4と、低感度設定用非磁性体部4-4とを、分割コア21の周方向に沿って交互に配置した。

分割コア22は、図10の(b)に示すように、比較的感度が高くなるように、全周における磁性体部3の割合を大きく設計した高感度設定用磁性体部3-5と、高感度設定用非磁性体部4-5とを、分割コア22の周方向に沿って交互に配置した。

【0032】

よってコア23は、比較的low感度の分割コア21と、比較的高感度の分割コア22とを厚み方向に重ね合わせて構成され、これらに対し一括して二次巻線2を巻回する。つまり、それぞれの分割コア21、22では、磁性体部と非磁性体部との割合を異ならせ、分割コア毎に磁束密度は変化する。このような各分割コアをまとめて形成したコアに対して二次巻線を巻回する構成により、センサ特性として一次電流に応じ多段階に変化する感度係数の分布を持つ電流センサを構成することができ、電流センサの感度曲線を自在に設定することが可能となる。

【0033】

ここで、図3を参照して上述したコア断面20を引用して、分割コア21及び分割コア22のそれぞれの上記コア断面20における上記磁性体部断面面積30と上記非磁性体部断面面積40との比が、それぞれの分割コア21、22において異なっていることを説明する。

即ち、図10の(a)に示したA-A'部は、分割コア21において二次巻線2の導体2aが位置する一箇所に対応し、図11Aに示すように、A-A'部における分割コア21のコア断面20をコア断面20-1とする。又、コア断面20-1における上記磁性体部断面面積30を磁性体部断面面積30-1とし、上記非磁性体部断面面積40を非磁性体部断面面積40-1とする。同様に、図10の(b)に示したB-B'部は、分割コア22において二次巻線2の導体2aが位置する一箇所に対応し、図11Bに示すように、B-B'部における分割コア22のコア断面20をコア断面20-2とする。又、コア断面20-2における上記磁性体部断面面積30を磁性体部断面面積30-2とし、上記非磁性体部断面面積40を非磁性体部断面面積40-2とする。

【0034】

図11Aと図11Bとを見比べると、分割コア21のコア断面20-1における磁性体部断面面積30-1と非磁性体部断面面積40-1との比は、分割コア22のコア断面20-2における磁性体部断面面積30-2と非磁性体部断面面積40-2との比と異なっていることが判る。

【0035】

尚、図3を参照して上述したように、分割コア21において、巻回された各導体2aに対応するそれぞれのコア断面20-1における磁性体部断面面積30-1と非磁性体部断面面積40-1との比は、同一となっている。同様に、分割コア22において、巻回された各

10

20

30

40

50

導体 2 a に対応するそれぞれのコア断面 2 0 - 2 における磁性体部断面積 3 0 - 2 と非磁性体部断面積 4 0 - 2 との比は、同一となっている。

【 0 0 3 6 】

以上のようにして形成されるコア 2 3 のセンサ特性グラフを図 1 2 に示す。

感度を高く設定した分割コア 2 2 では、一次導体 5 を流れる一次電流に対する感度が高く設定されている分、磁気飽和の傾向が顕在化する一次電流は、感度を低く設定した分割コア 2 1 に比較して小さく、磁気飽和の影響が顕在化する一次電流値以上では、感度係数が小さくなる。結果として、分割コア 2 2 は、一次電流に対するセンサ出力の変化が小さくなる高感度設定用磁性体部のみの出力特性 2 9 のような特性を示す。

【 0 0 3 7 】

一方、感度を低く設定した分割コア 2 1 では、一次電流に対する感度が低く設定されている分、磁気飽和の傾向が顕在化する一次電流は、感度を高く設定した分割コア 2 2 に比較して大きい。そのため、分割コア 2 1 は、低感度設定用磁性体部のみの出力特性 2 8 の様な特性を示す。しかしながら、一次導体 5 を流れる一次電流がより大きくなると、感度を低く設定した分割コア 2 1 でも、感度を高く設定した分割コア 2 2 と同様に飽和傾向を示す。

【 0 0 3 8 】

このように異なる感度の分割コア 2 1 , 2 2 を一つにまとめた分割コア 2 3 は、低感度設定用磁性体部のみの出力特性 2 8 と、高感度設定用磁性体部のみの出力特性 2 9 とを重ね合わせた合成出力特性 3 0 の様なセンサ特性を示す。

尚、本実施の形態 2 では、感度の異なる分割コア 2 1 , 2 2 の 2 つを一つのコア 2 3 にまとめた事例を記載しているが、必要に応じて 3 個以上の分割コアを用いても、同様に設計することが可能である。

又、分割コアの一例として、非磁性体部を有しない磁性体部のみからなるものも、最も高感度化した分割コアとして、同様にセンサ特性の設計に適用可能である。

【 0 0 3 9 】

以上説明したように、感度の異なる複数の分割コアをまとめて一つのコア 2 3 を構成して電流センサを作製することで、用途に応じた感度係数分布を持つセンサ特性を設計可能となる。

【 0 0 4 0 】

又、上述の実施形態 2 では、分割コア 2 1 , 2 2 の厚み方向に分割コア 2 1 , 2 2 を積み重ねているが、各分割コアの組み合わせ方は、これに限定されない。例えば、図 1 3 に示すように、それぞれの分割コアにおける内径及び外径を調整することで、入れ子状の分割コア 4 1 , 4 2 を形成し、これらを合体させてコア 4 3 を構成しても良い。尚、3 - 6、3 - 7 は磁性体部を示し、4 - 6、4 - 7 は非磁性体部を示す。この形態では、組み合わせられて形成されるコアの厚みを薄くできるという効果がある。又、図 1 3 では、2 つの分割コア 4 1 , 4 2 を合体させた場合であるが、さらに、3 個以上の入れ子状の分割コアを合体させて一つのコアを形成してもよい。

【 0 0 4 1 】

又、上述の実施形態 2 では、別々に製作した分割コアを合体させているが、切削等により一つのコアに、非磁性体部を形成する種々の領域を形成し、感度係数を調整しても同等の効果が得られる。

【 0 0 4 2 】

上述したように、複数の分割コアから一つのコアを形成した場合におけるセンサ特性が有効である事例として、次のものがある。例えば、定格値以下の電流領域については高精度（高分解能）計測を行い、定格値を超える電流領域については分解能を落とし、傾向のみを測定する場合などが相当する。このような事例では、高精度測定を行いたい電流領域を計測器の測定レンジ（A / D レンジ）の大部分に割り付けることが可能となる。

【 0 0 4 3 】

実施の形態 3 .

10

20

30

40

50

次に、本発明の実施の形態 3 による電流センサについて、図 1 4 及び図 1 5 を参照して説明する。本実施の形態は、上述の実施の形態 1、2 にて説明した電流センサを、形状制御性に優れたメッキもしくはプリント基板にて製作したものである。

【0044】

図 1 4 及び図 1 5 に示す本実施形態の電流センサ 1 0 7 は、図 1 に示す電流センサ 1 0 1 の形態を基板にて作製したものである。勿論、上述した電流センサ 1 0 2 ~ 1 0 6 の形態を、以下に説明する構成にて作製してもよい。

電流センサ 1 0 7 は、第 1 巻線パターン基板 9 - 1 及び第 2 巻線パターン基板 9 - 2 と、これらの巻線パターン基板 9 - 1、9 - 2 に挟まれるコアパターン基板 1 2 とを備える。第 1 巻線パターン基板 9 - 1 は、例えばプリント基板等の非磁性体にてなる基板上に、コア 1 の上、下面 1 a - 2 を延在する上記導体 2 a に対応する導体部分であって導電材料にてなる第 1 導体 8 a を、本例では放射状に、パターン形成した基板である。よって、第 1 導体 8 a は、図示するように、上記上、下面 1 a - 2 を模したドーナツ状の領域内に、該ドーナツ形状の直径方向に沿って形成されている。第 2 巻線パターン基板 9 - 2 についても、第 1 巻線パターン基板 9 - 1 と同様に作製される。尚、導電材料にて基板上に放射状にパターン形成された導体を、第 2 導体 8 b とする。

【0045】

コアパターン基板 1 2 は、非磁性体にてなる基板であり、上述のコア 1 の上、下面 1 a - 2 における磁性体部 3 及び非磁性体部 4 の配置構成を基板面に形成したもので、詳細後述する例えばメッキによって、コア 1 の磁性体部 3 に対応して、例えば電解メッキにより磁性体パターン 1 1 を渦巻き状にコアパターンを形成した基板である。よって、コアパターン基板 1 2 の表面上には、上記磁性体にてなる磁性体パターン 1 1 と、コアパターン基板 1 2 の表面にてなる非磁性体にてなる非磁性体部 1 4 とが交互に配置されることになる。即ち、後述するように、コアパターン基板 1 2 の表面に形成した磁性体パターン 1 1 は、薄膜ながらも厚みを有することから、これらの磁性体パターン 1 1 に挟まれた非磁性体部 1 4 に対応して凹部が形成されることになる。よって、下記するように、当該コアパターン基板 1 2 が巻線パターン基板 9 - 1、9 - 2 に挟まれることで、非磁性体部 1 4 に対応して形成される上記凹部の空間に、接着剤等の非磁性材が充填されること、あるいは空気領域が残存することで非磁性体部 1 4 を形成することになる。又、コアパターン基板 1 2 に溝を掘り該溝に磁性体を設け、磁性体パターンを形成することもできる。

【0046】

上述のように形成された第 1 巻線パターン基板 9 - 1、第 2 巻線パターン基板 9 - 2、及びコアパターン基板 1 2 は、基板の厚み方向において第 1 導体 8 a と第 2 導体 8 b との配置を一致させた状態にて、コアパターン基板 1 2 を間に配して第 1 巻線パターン基板 9 - 1 及び第 2 巻線パターン基板 9 - 2 にて挟み、貼り合わせる。その後、第 1 導体 8 a、第 2 導体 8 b、及び磁性体パターン 1 1 の中心部に、第 1 巻線パターン基板 9 - 1、第 2 巻線パターン基板 9 - 2、及びコアパターン基板 1 2 を貫通し、一次導体 5 を配置するための貫通穴 1 3 を形成する。さらに、それぞれの第 1 導体 8 a における両端部分には、対応する第 2 導体 8 b の両端部分と連通させて、第 1 巻線パターン基板 9 - 1、第 2 巻線パターン基板 9 - 2、及びコアパターン基板 1 2 を貫通してスルーホールが形成される。それぞれのスルーホールには、第 1 導体 8 a と第 2 導体 8 b とを電氣的に接続する接続導体 1 0 がメッキ、導電性材料の充填、等の方法にて形成される。

【0047】

上述したように構成される電流センサ 1 0 7 では、第 1 導体 8 a、接続導体 1 0、及び第 2 導体 8 b にて二次巻線 2 が形成され、磁性体パターン 1 1 及び非磁性体部 1 4 にてコア 1 が形成されることになる。

このような電流センサ 1 0 7 においても、上述した電流センサ 1 0 1 が奏する効果と同様の効果を得ることができる。

【0048】

又、電流センサ 1 0 7 によれば、コアを、プリント基板やメッキ等の形状制御性に優れ

10

20

30

40

50

た手法にて製作することで、コア 1 における磁性体パターン 11 の幅（コア幅）や、非磁性体部 14 の幅であるギャップ間距離等の製作精度を高めることができ、よって電流センサとしての測定精度を向上させることができる。さらにまた、コア 1 を、プリント基板やメッキ等の形状制御性に優れた手法にて製作することで、磁性体パターン 11 及び非磁性体部 14 を配置したコアを容易に作製することができる。

【0049】

又、本実施の形態 3 では、コアパターン基板 12 は一枚だけであるが、複数枚のコアパターン基板 12 を積層してコア 1 を形成することも可能である。この場合、各コアパターン基板 12 における磁性体パターン 11 の形成精度は、電流センサの測定精度に影響する。電流センサ 107 では、上述のように磁性体パターン 11 を高い形成精度にて作製可能なことから、当該電流センサ 107 は、高い測定精度を達成することが可能となる。

10

【0050】

又、第 1 導体 8a 及び第 2 導体 8b を、形状制御性に優れた手法にて製作することで、第 1 導体 8a 及び第 2 導体 8b の位置（角度等）等の製作精度を高めることができる。

又、多層基板を用い、第 1 導体 8a 及び第 2 導体 8b にて二次巻線、及び、磁性体パターン 11 及び非磁性体部 14 にて多数分割コアを、それぞれ一括して製作することで、電流センサの小型化及び低コスト化を図ることが可能となる。

【0051】

上述した手法では、磁性体パターン 11 の厚みは、精々百  $\mu\text{m}$  程度と非常に薄く、よってコア断面積は小さい。しかしながら、例えばコア材、つまり磁性体パターン 11 の材料としてパーマロイ等を使用すると、該材料は、周辺の空気と比較して透磁率が 3 桁以上高いため、形成された電流センサ 107 におけるコア断面 20 を通過する磁束 6 の平均密度は、空心コイルと比較して数倍程度、高くなる。よって、磁性体パターン 11 について適切な材料を選択することで、電流センサの感度を高感度に設定可能である。

20

【0052】

又、上述のように複数枚のコアパターン基板 12 を積層した場合には、さらに高感度化を図ることができる。

又、本実施の形態 3 では、第 1 巻線パターン基板 9-1、第 2 巻線パターン基板 9-2、及びコアパターン基板 12 を貼り合わせた後、貫通穴 13 を開けたが、勿論、貫通穴 13 を設けた各基板を貼り合わせても良い。

30

又、第 1 導体 8a、第 2 導体 8b、磁性体パターン 11 のパターン部分に対して、第 1 巻線パターン基板 9-1、第 2 巻線パターン基板 9-2、及びコアパターン基板 12 のサイズが大きい場合には、上記パターン部分以外の、基板の不要な部分を除去してもよい。

【0053】

コアパターン基板 12 に電解メッキにて磁性体パターン 11 を形成する場合、まず通常のプリント基板技術にて、パターン形状及び引き出し線をコアパターン基板 12 に形成する。このコアパターン基板 12 を金属イオンが溶融しているメッキ液に漬け込み、電極に電圧を印可することで、上記パターン形状に応じた強磁性体膜の磁性体パターン 11 が形成される。パターン形状は、一般的なプリント基板技術により形成されるため、寸法等が高精度にて形成可能である。このようなパターン形状の電極上にメッキされるため、磁性体パターン 11 の形状も高精度に形成可能である。

40

【0054】

但し、電解メッキの場合、図 16 に示すように、コアパターン基板 12 に対応する、電解メッキ直後のコアパターン基板 12-1 では、磁性体パターン 11 を形成するための電極パターン 11' は、全て結線されている必要がある。そのため、メッキ直後の磁性体パターン 11' は、連結部分 14 により結線された状態となる。よって磁性体パターン 11 のみを形成するためには、連結部分 14 を除去する必要がある。この除去方法としては、コアパターン基板 12 から不要部分として除去される除去部分 18 に連結部分 14 を形成する、あるいは、一次導体 5 を貫通させるため貫通穴 13 として除去される除去部分 19 に連結部分 14 を形成する等がある。このような方法によれば、連結部分 14 のみを単独

50

で除去する工程を省くことができる。

【 0 0 5 5 】

又、連結部分 1 4 を除去しても、磁性体パターン 1 1 には、電極用の引き出し線 1 5 が残るが、二次巻線 2 を構成する第 1 導体 8 a を連結するスルーホール位置 2 0 の外側に位置すれば、問題はない。又、内側に位置する場合であっても、引き出し線 1 5 が第 1 導体 8 a と略平行であれば、影響は小さく、図 1 7 に示すように、必ずしも除去する必要はない。

【 0 0 5 6 】

実施の形態 4 .

ここでは、上述した実施の形態 1 における電流センサ 1 0 1 を例に、図 1 8 から図 2 1 を参照して当該電流センサ 1 0 1 の製造方法の幾つかの例を以下に説明する。

実施の形態 1 における電流センサ 1 0 1 では、磁性体部 3 は、非磁性体部 4 によって完全に分離されている。そのため磁性体部 3 同士的位置関係を保ち、コア 1 を形成することは容易ではない。そこで、つながっていても問題のない非磁性体部 4 を連結したような形状にてなり非磁性体部 4 を兼用する、図 1 8 に示すコア保持ケース 3 1 を製作する。よって、該コア保持ケース 3 1 は、磁性体部 3 に対応した形状にてなる嵌合部 3 2 を有する。そして嵌合部 3 2 に、別途製作した磁性体部 3 を挿入することで、コア 1 を作製する。

尚、磁性体部 3 は、嵌合部 3 2 に嵌合可能な形状に製作すれば良く、その製作方法は、プレス、焼結等、特に問わない。

【 0 0 5 7 】

又、図 1 9 に示すように、磁性体部 3 に相当する磁性体部 3 4 と、非磁性体部 4 に相当する非磁性体部 3 5 とを、半円形でパイプ状の収納ケース 3 3 に、交互に装填する方法を採ることもできる。磁性体部 3 4 及び非磁性体部 3 5 を装填した半円形状の収納ケース 3 3 を 2 つ繋ぎ合わせてコア 1 を作製し、それに二次巻線 2 を施すことで、電流センサ 1 0 1 を作製する。

尚、磁性体部 3 4 及び非磁性体部 3 5 のそれぞれの厚み等は、電流センサの所望の感度に応じて決定される。又、感度調整のため、1 個の磁性体部 3 4、及び 1 個の非磁性体部 3 5 の厚みが大きくなり、収納ケース 3 3 への装填が困難になる場合等には、薄い磁性体部 3 4 及び非磁性体部 3 5 を積層することで、1 個の磁性体部 3 4、及び 1 個の非磁性体部 3 5 を作製することもできる。

【 0 0 5 8 】

又、図 2 0 に示すような方法を採用することもできる。即ち、磁性体材料にて形成され、複数の磁性体部 3 を連結部 3 6 a により連結した直線状のコア形成用部材 3 6 を作製する。次に、このコア形成用部材 3 6 の両端部に位置する磁性体部 3 と連結部 3 6 a とを連結するように、直線状のコア形成用部材 3 6 を円環状に変形させ、コア 1 の基礎となるコア基礎部材 3 7 を形成する。

次に、図 2 1 に示すように、コア基礎部材 3 7 を金型 3 8 へ装填し、金型 3 8 内へ非磁性材料を充填し、コア基礎部材 3 7 をモールドする。このモールド工程により、各磁性体部 3 の間には、非磁性体部 4 が形成されるとともに、磁性体部 3 及び非磁性体部 4 は一体化される。

【 0 0 5 9 】

尚、上述のモールドによる手法を採らず、上述した実施の形態 2 にて説明した分割コアの手法にてコアを形成することも可能である。即ち、コア基礎部材 3 7 が嵌合可能であり、かつ、非磁性材料にて作製され非磁性体部 4 を形成する非磁性体部用部材を用意し、該非磁性体部用部材と、コア基礎部材 3 7 とを合体させることで、上述のモールドした状態と同じ物を得ることができる。

【 0 0 6 0 】

次に、一体化された磁性体部 3 及び非磁性体部 4 に対して、図 2 1 に示すように、コア基礎部材 3 7 に備わる連結部 3 6 a を切削加工等により除去する。これにより、コア 1 が形成される。

以上の製造方法により、完全に分離されている磁性体部 3 の位置決め及び固定の両方の動作を容易に達成することができる。

【 0 0 6 1 】

尚、上述の説明では、コア基礎部材 37 は、円形状に成形したが、用途に応じて矩形形状等に成形してもかまわない。これは、上述の説明で用いた実施の形態 1 の場合に限らず、実施の形態 2、3 にて説明したコアについても、その形状は円形に限定するものではない。

又、上述の説明では、磁性材料から形成され複数の磁性体部 3 を形成したコア形成用部材 36 を用いたが、非磁性材料にてなり直線状で複数の非磁性体部 4 を形成した非磁性体部形成用部材を作製し、使用することもできる。但し、この場合、例えば円環状に上記非磁性体部形成用部材を変形した後、磁性部材にてモールドすることは、上記非磁性体部形成用部材の耐熱温度上、困難又は不可能な場合がある。よって、図 18 を参照して説明したような、予め、上記非磁性体部形成用部材に嵌合可能な磁性体部 3 を作製しておき、該磁性体部 3 を上記非磁性体部形成用部材に嵌合するという手法を採用することになる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 6 2 】

【図 1】本発明の実施の形態 1 による電流センサを示す平面図である。

【図 2】図 1 に示す電流センサを構成するコアの斜視図である。

【図 3】図 1 に示す A - A' 線における断面図である。

【図 4 A】図 1 に示す電流センサにおける磁束分布イメージを示す図である。

【図 4 B】図 1 に示す電流センサにおける磁束分布イメージを示す図である。

【図 5】図 1 に示す電流センサの一変形例を示す平面図である。

【図 6】図 1 に示す電流センサの他の変形例を示す平面図である。

【図 7】図 1 に示す電流センサのコアを構成する磁性体部について、磁性体箔を用いて製作した場合を示す斜視図である。

【図 8】図 1 に示す電流センサの別の変形例であってコア断面において磁性体部及び非磁性体部が傾斜した構成を有する電流センサを示す図である。

【図 9】図 1 に示す電流センサのさらに別の変形例を示す平面図である。

【図 10】本発明の実施の形態 2 による電流センサを示す図である。

【図 11 A】図 10 の (a) に示す A - A' 部におけるコア断面を示す断面図である。

【図 11 B】図 10 の (b) に示す B - B' 部におけるコア断面を示す断面図である。

【図 12】図 10 に示す電流センサの感度特性を示すグラフである。

【図 13】図 10 に示す電流センサの一変形例におけるコア部分を示す平面図である。

【図 14】本発明の実施の形態 3 による電流センサを示す図である。

【図 15】図 14 に示す電流センサの製作手順を示す図である。

【図 16】図 1 に示す電流センサの製造方法を説明するための図である。

【図 17】図 16 に示す状態後におけるコアパターン基板を示す平面図である。

【図 18】図 1 に示す電流センサの製造方法の他の例を説明するための図である。

【図 19】図 1 に示す電流センサの製造方法の別の例を説明するための図である。

【図 20】図 1 に示す電流センサの製造方法のさらに別の例を説明するための図である。

【図 21】図 20 に示す状態後におけるコアを示す平面図である。

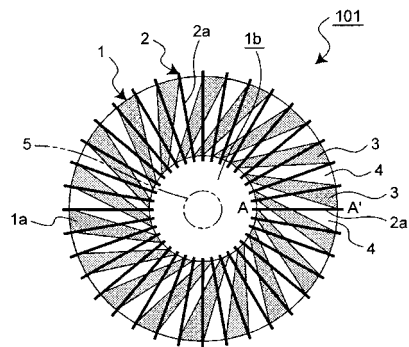
【符号の説明】

【 0 0 6 3 】

- 1 ... コア、2 ... 二次巻線、2 a ... 導体、3 ... 磁性体部、4 ... 非磁性体部、
- 5 ... 一次導体、6 ... 磁束、7 ... 磁性体部、8 a ... 第 1 導体、8 b ... 第 2 導体、
- 9 - 1 ... 第 1 巻線パターン基板、9 - 2 ... 第 2 巻線パターン基板、10 ... 接続導体、
- 11 ... 磁性体パターン、12、12 - 1 ... コアパターン基板、13 ... 貫通穴、
- 16 ... 折り返し導体、20 ... コア断面、21、22 ... 分割コア、23 ... コア、
- 30 ... 磁性体部断面積、32 ... 嵌合部、36 ... コア形成用部材、
- 40 ... 非磁性体部断面積、41、42 ... 分割コア、43 ... コア、

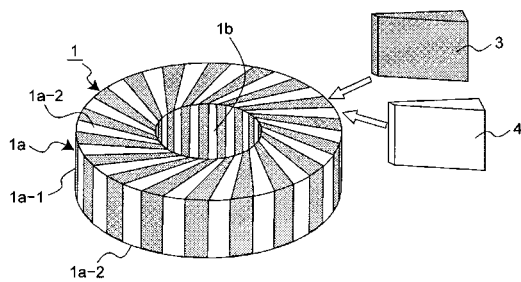
101～107...電流センサ。

【図1】

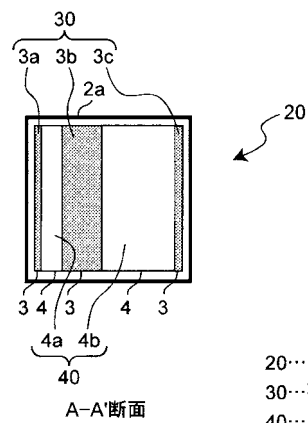


1…コア、2…二次巻線、2a…導体、3…磁性体部、4…非磁性体部、  
5…一次導体、101…電流センサ

【図2】

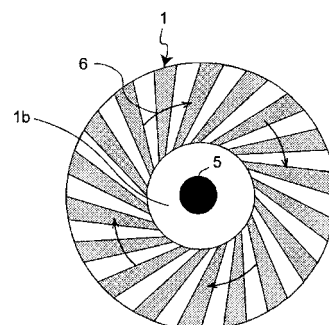


【図3】

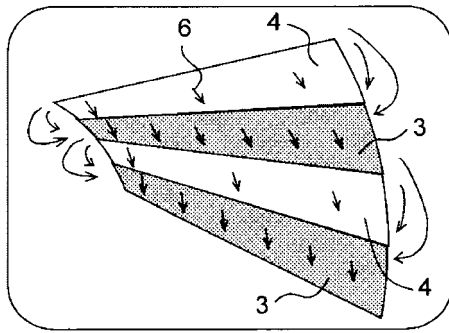


20…コア断面  
30…磁性体部断面積  
40…非磁性体部断面積

【図4A】

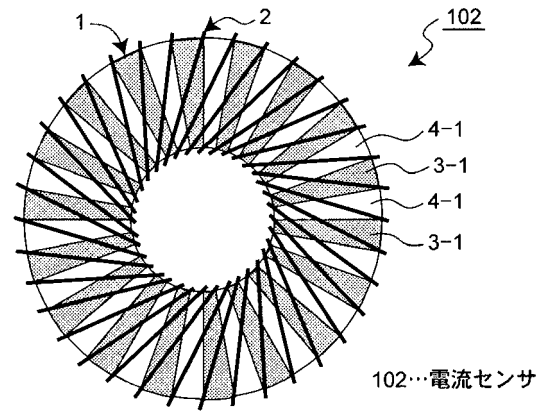


【図4B】

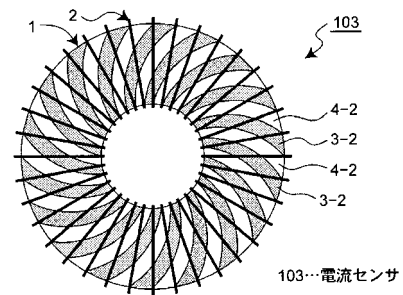


(拡大イメージ図)

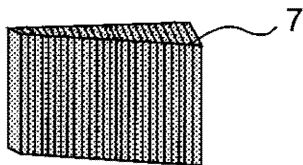
【図5】



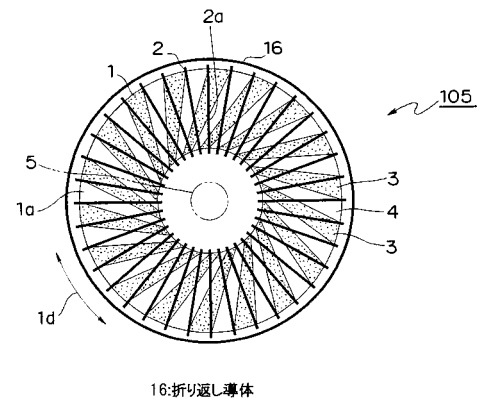
【図6】



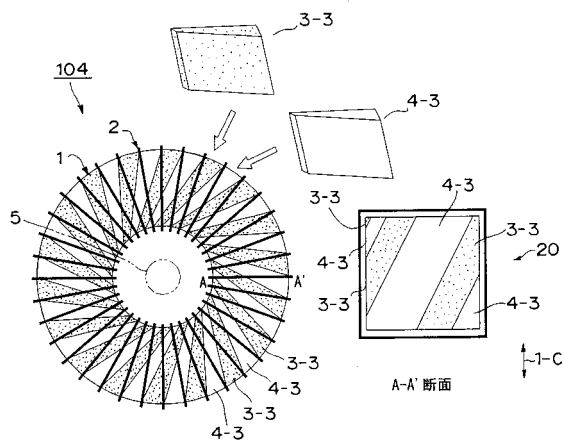
【図7】



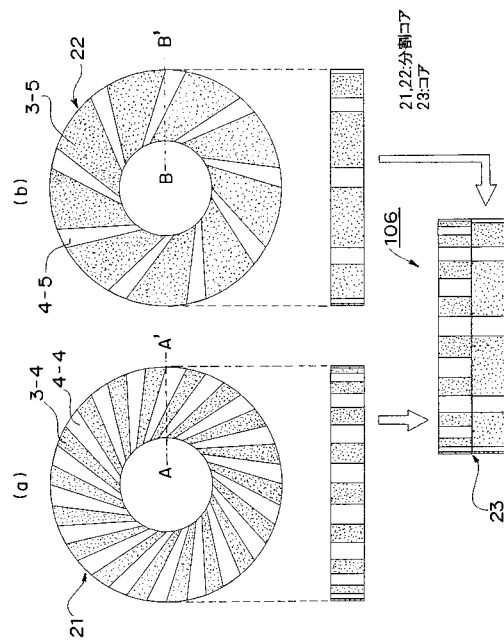
【図9】



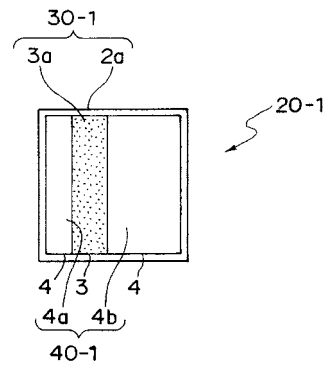
【図8】



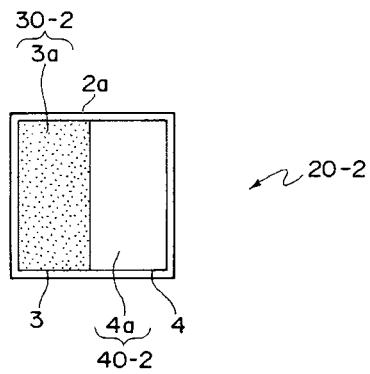
【図10】



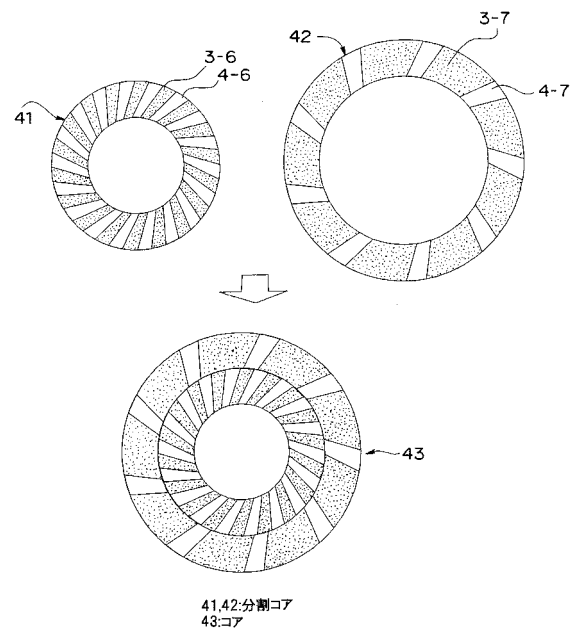
【図11A】



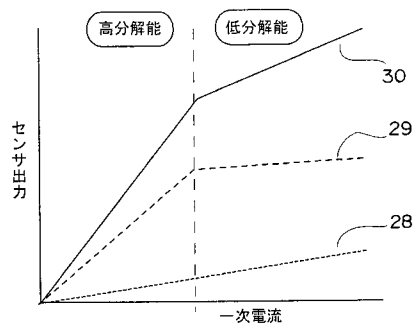
【図11B】



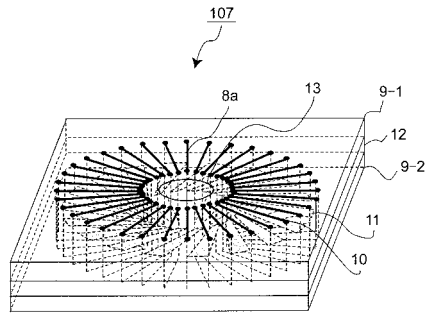
【図13】



【図12】

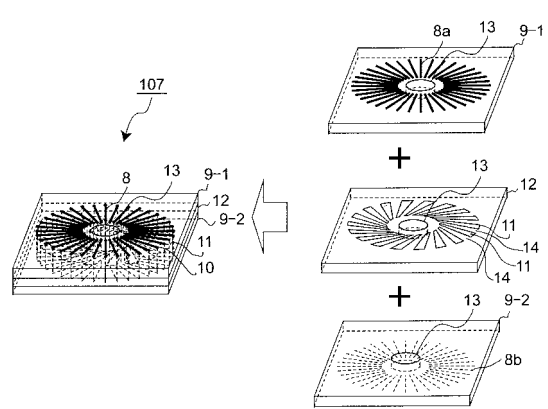


【図14】



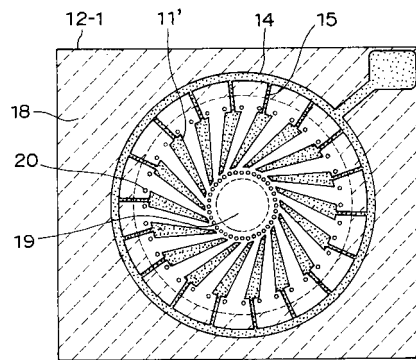
9-1…第1巻線パターン基板、9-2…第2巻線パターン基板、10…接続導体、  
11…磁性体パターン、12…コアパターン基板、13…貫通穴、107…電流センサ

【図15】



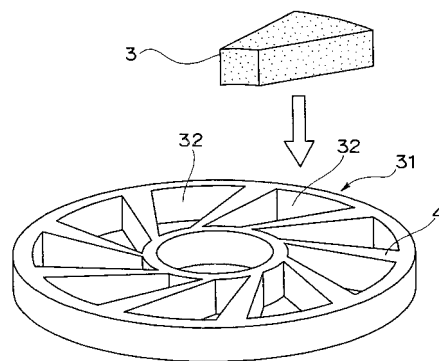
8a…第1導体、8b…第2導体

【図16】



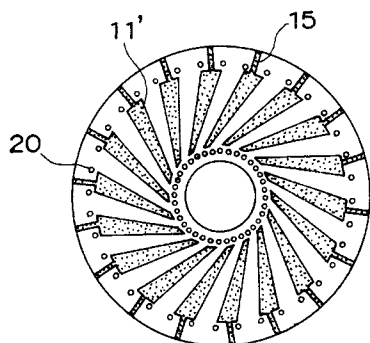
12-1:コアパターン基板

【図18】

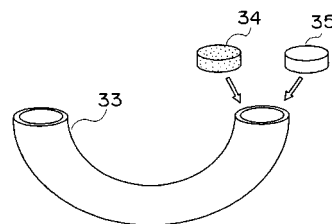


32:嵌合部

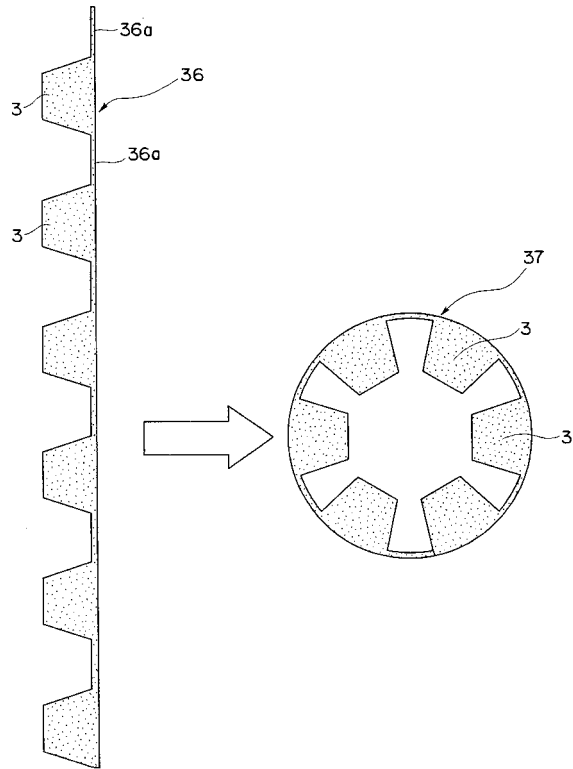
【図17】



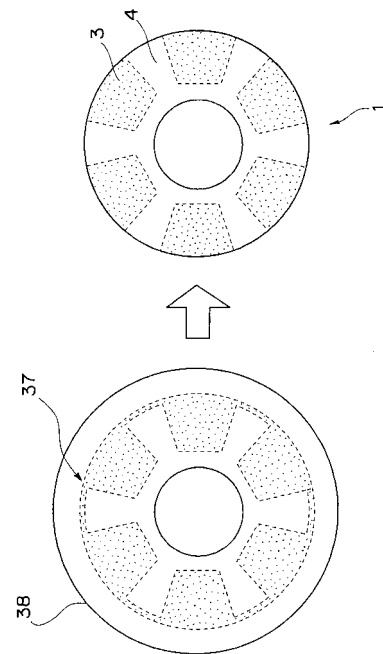
【図19】



【図 20】



【図 21】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 西沢 博志  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 吉田 忠広  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 金 太 げん  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 酒井 朋広

- (56)参考文献 特開2008-147435(JP,A)  
特開昭54-072455(JP,A)  
特開平11-016724(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |       |
|------|-------|
| H01F | 38/28 |
| G01R | 15/18 |