

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4569481号
(P4569481)

(45) 発行日 平成22年10月27日(2010.10.27)

(24) 登録日 平成22年8月20日(2010.8.20)

(51) Int.Cl.		F I	
HO 1 F 41/04	(2006.01)	HO 1 F 41/04	C
HO 1 F 5/00	(2006.01)	HO 1 F 5/00	F
HO 1 F 38/28	(2006.01)	HO 1 F 40/06	

請求項の数 3 (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2006-18232 (P2006-18232)	(73) 特許権者	000005832
(22) 出願日	平成18年1月26日(2006.1.26)		パナソニック電気株式会社
(65) 公開番号	特開2007-201199 (P2007-201199A)		大阪府門真市大字門真1048番地
(43) 公開日	平成19年8月9日(2007.8.9)	(74) 代理人	100084375
審査請求日	平成20年8月20日(2008.8.20)		弁理士 板谷 康夫
		(74) 代理人	100121692
			弁理士 田口 勝美
		(74) 代理人	100125221
			弁理士 水田 慎一
		(72) 発明者	石橋 昭宏
			大阪府門真市大字門真1048番地 松下
			電気株式会社内
		(72) 発明者	吉村 一成
			大阪府門真市大字門真1048番地 松下
			電気株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トロイダルコイル構造

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

金属薄板を打ち抜いて螺旋形状で円周方向に連続した導電体パターンを形成すると共に、この導電体パターンの隣接する放射状に延びるパターンを交互に厚み方向で段違いになるように曲げ加工してコイル体とし、

前記コイル体は段違いに形成されたパターンにより厚み方向の上下に形成された放射状ラインを有し、

前記コイル体を巻き進み方向と、巻き戻し方向との2種のコイルとし、これら両コイルをそれらの放射状ラインが厚み方向に互いに重なるように近接配置し、前記両コイルの一方の終端と他方の始端を連結したことを特徴とするロゴスキーコイル構造。

【請求項2】

前記コイル体を2つ備え、一方を他方に対して裏返しに配置することにより、巻き進み方向と巻き戻し方向コイルの両コイルを形成し、これら両コイルを近接配置して一方の終端と他方の始端を連結したことを特徴とする請求項1に記載のロゴスキーコイル構造。

【請求項3】

前記金属薄板の打抜き状態において、前記放射状に伸びるパターンの一部に曲げパターンを設け、この曲げパターンにより段違いになる屈曲部を形成したことを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のロゴスキーコイル構造。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

本発明は、電流センサ、デジタル回路用チョークコイル、信号フィルタ用リアクタンス、及び電源トランス等に用いられるトロイダルコイルにおいて、特に、家庭用分電盤の分岐回路等に流れる電流を測定する電流センサとして機能する、トロイダルコイル構造に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

一般に、送変電機器や家庭用分電盤等に通電される交流電流量を非接触で測定するための電流センサとして、貫通型の電流センサが多く用いられている。このような貫通型の電流センサに用いられる交流電流検出用コイルの従来例を図 2 1、図 2 2 に示す（特許文献 1 参照）。これらの図において、交流電流検出用コイル 2 0 0 は、円形の基板開口部 2 0 1 を有する両面積層基板 2 0 2（以下、プリント基板という）と、この基板開口部 2 0 1 の周囲に配置されたコイル本体 2 0 3 とを備える空芯コイルである。プリント基板 2 0 2 の材質は、ガラス入りエポキシ樹脂である。トロイダルコイル 2 0 3 は、基板開口部 2 0 1 を中心として放射状にプリントされた導電膜の導体部を備え、この導体部はプリント基板 2 0 2 の厚み方向すなわちコイル本体 2 0 3 の軸方向に貫通する接続部を介して直列に結合することにより、プリント基板 2 0 2 にトロイダルコイルを形成している。接続部は、プリント基板 2 0 2 の貫通孔の内面に形成された導電膜のスルーホールである。プリント基板 2 0 2 に巻かれているコイルは、2 方向に一定ピッチで巻き回され、時計回り（矢印 2 0 4 の向き）のトロイダルコイルからなる巻き進みコイル 2 0 5（以下、進みコイルという）と反時計回り（矢印 2 0 6 の向き）のトロイダルコイルからなる戻しコイル 2 0 7（以下、戻しコイルという）とからなり、進みコイル 2 0 5 の終端と戻しコイル 2 0 7 の始端を接続することにより、両コイル 2 0 5、2 0 7 は、直列接続されている。図 2 0 において、進みコイル 2 0 5 は、プリント基板 2 0 2 の表面に形成された導体部が太実線で、裏面に形成された導体部を太破線で示し、戻しコイル 2 0 7 は、プリント基板 2 0 2 の表面に形成されている導体部を二重実線で示し、裏面に形成された導体部を二重破線で示している。プリント基板 2 0 2 の表面及び裏面では、両コイル 2 0 5、2 0 7 の各導体部が交互に一定ピッチで配列されている。進みコイル 2 0 5 は、表面及び裏面で、長さの異なる導体部が交互に一定ピッチで配列され、戻しコイル 2 0 7 も、同様に表面及び裏面で長さの異なる導体部が交互に一定ピッチで配列されている。また、進みコイル 2 0 5 では、各導体部が基板開口部 2 0 1 から離れた側で各導体部のピッチ間が接続部（スルーホール）により接続され、戻しコイル 2 0 7 では、各導体部が基板開口部 2 0 1 の近い側で各導体部のピッチ間が接続部により接続されている。

【 0 0 0 3 】

また、上記交流電流検出用コイル 2 0 0 を用いた電流測定では、基板開口部 2 0 1 に被測定導体を通され、この被測定導体に流れる電流による磁束が両コイル 2 0 5、2 0 7 のプリント基板 2 0 2 の矢印 2 0 4 又は矢印 2 0 6 の方向から見たときの導体部によって囲まれる断面領域を通ることにより発生する誘導電圧を検出する。一方、トロイダルコイル本体 2 0 3 の軸方向に視たとき、両コイル 2 0 5、2 0 7 の導体部によって囲まれる領域の正面面積内には、被測定導体からの検出されるべき磁界（測定磁界という）以外に、被測定導体以外の電線から発生された磁界（外部磁界という）の磁束も通っていることがある。この外部磁界は、本来の電流測定にとって不要なものである。しかしながら、円形で形成される両コイル 2 0 5、2 0 7 は、それら自体が等価的に一つの大きなコイルと見なされるので、それらの正面面積内に、不要な外部磁界が通過すると、この外部磁界による電流も同時に検出される。この外部磁界による検出電流は測定誤差となるため、できるだけ影響が小さいことが望ましい。そして、この測定誤差を抑制するには、外部磁界に対して巻き方向が互いに逆方向である両コイル 2 0 5、2 0 7 の各正面面積を同等にして、不要検出電流を相殺する必要がある。

【 0 0 0 4 】

しかしながら、上記従来 of 電流センサは、両コイル 2 0 5、2 0 7 を軸方向に視たとき

10

20

30

40

50

、進みコイル205の正面面積は、戻しコイル207の正面面積よりも大きく、それぞれの正面面積が異なっている。従って、両コイル205、207で外部磁界による誘導電圧の検出量が異なり、完全に相殺されないので、測定誤差を抑制することが困難となっていた。

【0005】

また、上記電流測定では、測定感度を上げるには、両コイル205、207の測定に寄与する測定磁界からの誘導電圧を多くする必要があり、両コイル205、207において、基板に直交する面で断面したとき導体部によって囲まれる断面領域の各断面面積を同等にし、均一に誘導電圧を発生させることが望ましい。しかしながら、両コイル205、207の断面面積は巻き回ピッチ毎に異なっており、従って、測定感度が劣化するという問題があった。

10

【0006】

さらに、この両コイル205、207間において、断面面積が異なると、この断面面積を通過する外部磁界の磁束量が異なるので、両コイル間で検出される外部磁界の検出量に差を生じ、相殺される外部磁界量が少なくなり、測定誤差をさらに増大する。特に、この断面面積の違いによる外部磁界の検出の差は、電流センサと検出不要な外部磁界を発生する電線との距離が近いほど大きく現れる。すなわち、検出不要な外部磁界を発生する電線が検出コイルの近くにあると、遠くにある場合に比べて、斜め成分の磁束が相対的に多くなることから、進みコイルと戻しコイルの断面面積の違いにより、外部磁界の検出に差が生じて、不要磁界の相殺作用が低下することになる。

20

【0007】

このように、検出用コイル200では、たとえ進みコイル及び戻しコイルの正面面積が等しい場合でも、それらのコイルの断面面積が異なると、検出不要の外部磁界を発生する電線の近傍においては、相殺される外部磁界の量が低下し、測定誤差が増大する。従って、外部磁界の影響を厳密に削減するためには、進みコイル及び戻しコイルの各正面面積が略同じであると共に、コイルの断面方向の断面面積も略同じであることが必要となる。

【0008】

しかしながら、上記のような交流電流検出用コイル200に用いられるトロイダルコイルでは、両面プリント基板にコイルを形成するので、両面プリント基板の構造上コイルの形状が制限されるため、コイルの正面面積及び断面方向の断面面積とも略同じにトロイダルコイルを設計することが困難であった。また、両面プリント基板によるコイル製作プロセスにおいては、エッチング処理や、スルーホール加工を必要とし、製作プロセスが複雑化すると共に、プリント基板の導体箔パターン間をスルーホールで接続するため、パターンの接続部において、環境変化による亀裂等が生じる惧れがあり信頼性に問題があった。また、導体箔パターンの厚みは、エッチング処理上、厚くすることが困難であった。このため、導体箔の抵抗値が大きくなり、コイルの導体損が多かった。また、プリント基板のトロイダルコイルでは、空芯に誘電体を含むため誘電体損失によるコイルロスが生じていた。

30

【0009】

なお、交流電流検出用コイルとして、絶縁性基板に基板開口の周囲にコイル本体を配置し、導電膜でコイル状に形成された巻き進みコイルと巻き戻しコイルを有し、これらを直列に接続した空芯コイルが知られている(特許文献2参照)。しかしながら、この従来例においても、トロイダルコイルをプリント基板で形成しており、この空芯コイルでは、コイルの軸方向から視たとき、巻き進みコイルは、鋸歯状の模様を形成し、巻き戻しコイルは三角状の形状をしており、両コイルで形状が異なっている。このため、両コイルが囲む面積が同じでないので、両コイルで通過する外部磁界の磁束量に差が出ることになり、前記同様に外部磁界の影響を十分排除することができないという問題があった。

40

【特許文献1】特開平06-176947号公報

【特許文献2】特開2004-87619号公報

【発明の開示】

50

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明は、上記の問題を解決するためになされたものであり、金属薄板の打抜きと曲げ加工により、コイルを立体的に構成して、コイル同士を接近して重なり易くし、継ぎ目のない連続したコイル体を形成することにより、製造が簡単でコイル精度と信頼性が高く、電流検出感度が高く測定誤差の少ないトロイダルコイル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】

【0011】

上記目的を達成するために請求項1の発明は、金属薄板を打ち抜いて螺線形状で円周方向に連続した導電体パターンを形成すると共に、この導電体パターンの隣接する放射状に延びるパターンを交互に厚み方向で段違いになるように曲げ加工してコイル体とし、前記コイル体は段違いに形成されたパターンにより厚み方向の上下に形成された放射状ラインを有し、前記コイル体を巻き進み方向と、巻き戻し方向との2種のコイルとし、これら両コイルをそれらの放射状ラインが厚み方向に互いに重なるように近接配置し、前記両コイルの一方の終端と他方の始端を連結したロゴスキーコイル構造である。

10

【0013】

請求項2の発明は、請求項1に記載のロゴスキーコイル構造において、前記コイル体を2つ備え、一方を他方に対して裏返しに配置することにより、巻き進み方向と巻き戻し方向コイルの両コイルを形成し、これら両コイルを近接配置して一方の終端と他方の始端を連結したものである。

20

【0014】

請求項3の発明は、請求項1又は請求項2に記載のロゴスキーコイル構造において、前記金属薄板の打抜き状態において、前記放射状に伸びるパターンの一部に曲げパターンを設け、この曲げパターンにより段違いになる屈曲部を形成したものである。

【発明の効果】

【0015】

請求項1の発明によれば、打抜きと曲げ加工だけのプロセスでコイル体を形成できるので、コイルの製作が容易となると共に、トロイダルコイルを立体的に同じ形状に精度良く形成できる。これにより、このトロイダルコイルを組合わせて高精度の交流検出センサを得ることが可能となる。また、プリント基板によるトロイダルコイルに比較して、継ぎ目やスルーホール接続部が無く1枚の金属薄板から連続したコイル体を形成できるので、コイルの信頼性を向上することができる。また、打抜きと曲げ加工は、エッチングを必要とするプリント基板のトロイダルコイルに比べ、コイル導体の厚みを厚くすることができるので、コイルの導体損失を低減できる。さらに、コイル構造を立体的にしたことにより、コイルの空芯内を空間にすることができるので、従来空芯を誘電体とするプリント基板のコイルと比べて、コイルの誘電体ロスを低減することができる。

30

【0016】

また、巻き進み方向のコイル（巻き進みコイルという）と巻き戻し方向のコイル（巻き戻しコイルという）の各トロイダルコイルを精度良く近傍に重ねることができるので、両コイルを略同一位置に配置することができ、コイルピッチを重ねるように配置することが可能となる。従って、このようなトロイダルコイルにより形成した交流電流センサでは、軸方向及び円周方向のコイル断面積を精度良くほぼ等しくでき、また、両コイルにおける外部磁界発生源から距離が等しくなるので、検出不要な外部磁界に対して両コイルの誘導起電流が略等しくなり、誘導起電流の相殺誤差を最小にでき、電流測定精度を高めることができる。

40

【0017】

請求項2の発明によれば、同じ形状のコイルパターンで巻き進みコイルと巻き戻しコイルのロゴスキーコイル構造を形成できるので、トロイダルコイル用のコイルパターンの形状が1種類でよく、打抜きの金型が少なく済み、生産コストを低減できる。

【0018】

50

請求項3の発明によれば、放射状のパターンの厚み方向への折り曲げ加工時に、コイル体の厚み方向の折り曲げ負荷を少なくできるので、安定した信頼性の高い段違いになる屈曲部を形成できる。また、折り曲げの長さを長く取れるので、コイル体の円周方向の断面積を大きくすることができ、コイルの電流検出感度を上げることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

以下、本発明の第1の実施形態に係るトロイダルコイル構造について、図1乃至図4を参照して説明する。図1、図2及び図3において、本実施形態のトロイダルコイル1（コイル体）は、金属薄板を打ち抜いて螺線形状で円周方向に連続した導電体パターン2で形成される。この導電体パターン2は、円周上に螺線形状が連続することによりドーナツ型の円形状に構成され、内側に円形の開口4があり、パターンの中心をXとする。そして、この導電体パターン2は、放射線状に形成された放射状ライン3と、ドーナツ型の外周側及び内周側で互に隣接する放射状ライン3の両端を交互に接続する接続部51、52と、検出電流信号を取り出すコイル引出端子61、62とを備えている。また、放射状ライン3は、直線形の放射状ライン31と、折り曲がる屈曲部32xを有する屈曲形の放射状ライン32とを備え、この放射状ライン3の隣接するライン間隔は、全て略等しく形成されている。これらの放射状ライン31、32と接続部51、52による連続する放射状ラインパターンは、円周上で等ピッチ間隔で配置され、中心軸に対して軸対称になる。

【0020】

上記放射状ライン32は、屈曲部32xが形成されることにより、図2(a)、(b)に示すように、金属薄板の打抜き状態において、その放射状ラインパターンの略両端の一部分にS字型の曲げパターン32sがそれぞれ形成されている。この曲げパターン32sは、図3(a)に示すように、折り曲げ加工において、矢印で示す厚み方向に点線で示す折り曲げ前の放射状ラインに力を加えると、矢印方向にパターン32sのS字の曲線部分が直線状に伸びて長くなり、隣接する放射状ライン31と段違いになる放射状ライン32が形成される。この屈曲部32xは、図3(b)に示すように、側辺32p、32qと底辺32rを結ぶ略台形型をなす。図3(b)の点線で囲まれたB部に示すように、放射状ライン31の1ラインと、屈曲部32xを設けた放射状ライン32の1ラインは、略台形型の立体的な1ターンコイル（コイルTという）を形成する。このコイルTは、複数個連続されて、円周状に一周する形に形成される。これにより、一枚の金属薄板から、立体的コイルが円周状に連続して形成されることにより、トロイダルコイル1が形成される。また、図3(c)に示すように、トロイダルコイル1の円周方向の断面は、放射状ライン32の屈曲部32xの側辺32p、32qと底辺32r及び放射状ライン31とに囲まれた略台形状をなし、この台形面積がトロイダルコイル1の断面面積Saとなる。このトロイダルコイル1を用いた電流検出では、開口4に電流が流れる被測定導体が通され、この電流による磁界（測定磁界と呼ぶ）の磁束がトロイダルコイル1の断面領域を通ることにより発生する誘導電圧を検出する。

【0021】

また、図4(a)、(b)に示すように、トロイダルコイル1は、コイルを構成する隣接する放射状ライン3の長さ及び間隔が全て等しいので、トロイダルコイル1の正面から見て、このトロイダルコイル1の中心Xを通る中心軸に関して略対称となる。そして、同じコイルTが、コイル引出端子61に繋がるコイルの始端のコイルT1からスタートし、次々連続してコイルTが円周方向に周回して接続され、始端のコイルT1に隣接する終端のコイルTnに戻ることにより、トロイダルコイル1を形成する。そして、コイル引出端子61と、終端のコイルTnに接続するコイル引出端子62の両端子から、トロイダルコイル1の中心Xを通る電線を流れる電流により生じる起電流に基づく検出電流が取り出される。また、トロイダルコイル1の中心軸上から見た平面パターンでは、隣接する放射状ライン3で形成される各コイルT間で、全て略同一の平面面積Sb（斜線部）を有する。従って、トロイダルコイル1の中心軸上からくる磁界に対して各コイルTで同じ検出電流出力が得られる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 2 】

上記構成により、打抜きと曲げ加工だけのプロセスによりトロイダルコイル 1 を形成できるので、コイルの製作が容易となると共に、トロイダルコイル 1 を立体的に同じ形状に精度良く形成できる。これにより、このトロイダルコイル 1 を組合わせて高精度の交流検出センサを得ることが可能となる。また、プリント基板によるトロイダルコイルに比較して、継ぎ目やスルーホールの接続部が無い 1 枚の金属薄板から連続したトロイダルコイル 1 を形成することができるので、コイルの信頼性を向上することができる。また、打抜きと曲げ加工は、エッチングを必要とするプリント基板のトロイダルコイルに比べ、コイル導体の厚みを厚くすることができるので、コイルの導体損失を低減できる。さらに、コイル構造を立体的にしたことにより、コイルの空芯内を空間にできるので、従来の空芯を誘電体とするプリント基板のコイルと比べて、コイルの誘電体ロスを低減することができる。

10

【 0 0 2 3 】

次に、本発明の第 2 の実施形態に係るトロイダルコイル構造による交流電流検出用コイル 1 0 0 について、図 5 乃至図 1 0 を参照して説明する。本実施形態の交流電流検出用コイル 1 0 0 は、巻き進み方向のトロイダルコイル 1 (以下、巻き進みコイル 1 という) と、巻き戻し方向のトロイダルコイル 1 0 (以下、巻き戻しコイル 1 0 という) の 2 種類のトロイダルコイルを近接配置し、一方の終端と他方の始端を連結して、交流電流検出用コイル 1 0 0 を形成したものである。また、これらの巻き進みコイル 1 と巻き戻しコイル 1 0 は、基本的には前記第 1 の実施形態のトロイダルコイル 1 と同じ構造を成し、両コイル 1、1 0 の巻き方向は互いに逆方向に形成される。

20

【 0 0 2 4 】

本実施形態の交流電流検出用コイル 1 0 0 は、金属薄板を打ち抜いて螺線形状で円周方向に連続した導電体パターン 2 a を折り曲げ加工により形成されたトロイダルコイルによる巻き進み方向に進む巻き進みコイル 1 と、同じく金属薄板を打ち抜いて螺線形状で円周方向に連続した導電体パターン 2 b を折り曲げ加工により形成されたトロイダルコイルによる巻き戻し方向に進む巻き戻しコイル 1 0 とを備える。そして、これら巻き進みコイル 1 と巻き戻しコイル 1 0 とは、図 6 に示すように、厚み方向に互いに重ねて接近配置され、樹脂等の絶縁体 7 で電氣的に絶縁され、位置決めされている。この巻き進みコイル 1 と巻き戻しコイル 1 0 とを用いた電流検出では、開口 4 に電流が流れる被測定導体を通され、この電流による磁界(測定磁界と呼ぶ)の磁束が巻き進みコイル 1 と巻き戻しコイル 1 0 の断面領域を通ることにより発生する誘導電圧を検出する。

30

【 0 0 2 5 】

導電体パターン 2 a、2 b は、図 7 (a)、(b) に示されるように、それぞれ円周上に螺線形状が連続することによりドーナツ型の円形状に構成され、内側に円形の開口 4 があり、パターンの中心を X とする。この導電体パターン 2 a、2 b は、放射線状に形成された放射状ライン 3 と、ドーナツ型の外周側及び内周側で互に隣接する放射状ライン 3 の両端を交互に接続するそれぞれの接続部 5 1、5 2 及び 5 3、5 4 と、検出電流信号を取り出すコイル引出端子 6 1、6 2 及び 6 3、6 4 をそれぞれ備えている。

【 0 0 2 6 】

放射状ライン 3 では、直線形の放射状ライン 3 1 と屈曲形の放射状ライン 3 2 とが交互に形成され、放射状ライン 3 2 は、その両端近傍にそれぞれ折り曲げ用の S 字パターン 3 2 s を有している。また、導電体パターン 2 a、2 b のパターン形状は、各パターンのコイル引出端子 6 1、6 2 間、及び 6 3、6 4 間を通る直径ライン Y 1、Y 2 に関して、それぞれ左右反転すると互いに同形状となる線対称形をなす。すなわち、両パターン 2 a、2 b では、直径ライン Y 1、Y 2 から見て S 字パターン 3 2 s の存在する屈曲形の放射状ライン 3 2 の位置が、左右対称となる。

40

【 0 0 2 7 】

この左右対称のパターン 2 a、2 b は、図 8 (a)、(b) に示すように、曲げ加工により、前記実施形態と同様に立体的なトロイダルコイルよりなる巻き進みコイル 1 及び巻き戻しコイル 1 0 となる。また、図 8 (a)、(b) の点線で囲った T 部に示すように、

50

巻き進みコイル 1 は、コイルの始端をコイル引出端子 6 1 とし、このコイル引出端子 6 1 は、巻き進みコイル 1 の放射状ライン 3 の内、屈曲形の放射状ライン 3 2 に最初に接続され、次いで隣接する直線形の放射状ライン 3 1 に接続されて行く。この結果、巻き進みコイル 1 は、各コイル T はその断面内で右回転を成し、コイル全体として反時計方向に進む。一方、巻き戻しコイル 1 0 は、コイルの始端をコイル引出端子 6 3 とし、このコイル引出端子 6 3 は巻き戻しコイル 1 0 の放射状ライン 3 の内、直線形の放射状ライン 3 2 に最初に接続され、次いで隣接する屈曲形の放射状ライン 3 2 に接続されて行く。この結果、巻き戻しコイル 1 0 は、各コイル T はその断面内で左回転を成し、コイル全体として時計方向に進み、巻き進みコイル 1 に対して逆方向に巻き戻る。

【 0 0 2 8 】

次に、これら巻き進みコイル 1 と、巻き戻りコイル 1 0 を接近配置して接続する交流電流検出用コイル 1 0 0 の構成について、図 9 (a)、(b) を参照して説明する。この交流電流検出用コイル 1 0 0 では、巻き進みコイル 1 と、巻き戻りコイル 1 0 は、円周方向の断面において、共に厚み方向の上側に放射状ライン 3 1 が位置し、下側に放射状ライン 3 2 が位置する方向に並べられ、厚み方向に間隔 d を設けて配置される。そして、両コイル 1、1 0 は、それらの電氣的絶縁が保てる範囲で接近されて、間隔 d の隙間は樹脂等の絶縁体 7 で絶縁され、位置決めされている。

【 0 0 2 9 】

また、パターン 2 a、2 b が左右対称のため、巻き進みコイル 1 と巻き戻りコイル 1 0 の外周側の接続部 5 1、5 3 において、両接続部が接続する直線形の放射状ライン 3 1 と屈曲形の放射状ライン 3 2 の位置が左右逆となっている。ここで、両コイル 1、1 0 を接近して重ねる場合、平面的に見てコイル引出端子 6 1、6 3 (又は、6 2、6 4) を重ねて合せると、コイル引出端子 6 1 に接続される屈曲形の放射状ライン 3 2 がコイル引出端子 6 3 に接続される直線形の放射状ライン 3 1 上に乗って重なる形になるので、重ねたときの両コイル 1、1 0 間隔がこれらのコイル断面の高さとなって広がってしまう。このため、両コイルを平面的に見て、隣接する放射状ライン 3 間の間隔分 (1 ターンコイルのコイルピッチ分) だけ互いにずらせて接続する。これにより、両コイル 1、1 0 間で互いの放射状ライン 3 1 及び各放射状ライン 3 2 がそれぞれ互いに重なるように配置され、両コイル 1、1 0 間隔 d が小さくでき、一体化された両コイル 1、1 0 による交流電流検出用コイル 1 0 0 が形成される。また、両コイル 1、1 0 の円周方向のそれぞれの断面面積は、各コイル 1、1 0 のそれぞれの放射状ライン 3 1、3 2 とで囲まれた面積となり、導電体パターン 2 a、2 b が同形をなすことから、共に等しい面積 $S a$ を有する。

【 0 0 3 0 】

図 1 0 (a)、(b) は、巻き進みコイル 1、巻き戻しコイル 1 0 を重ねて配置して形成された交流電流検出用コイル 1 0 0 の平面を示す。この交流電流検出用コイル 1 0 0 では、放射状ライン 3 と接続部 5 1、5 2 又は接続部 5 3、5 4 とで囲まれるコイル T が円周に亘ってコイル T 1 からコイル T n まで両コイル 1、1 0 毎に形成される。そして、コイル引出端子 6 2、6 3 間の接続により両コイル 1、1 0 が直列接続され、コイル引出端子 6 1、6 4 からコイル出力の誘起電圧が取り出される。この交流電流検出用コイル 1 0 0 は、隣接する放射状ライン 3 の長さと同隔が全て等しいので、この交流電流検出用コイル 1 0 0 の正面から見て、巻き進みコイル 1 と巻き戻しコイル 1 0 の各平面面積が等しくなる。これにより、両コイル 1、1 0 が同じ平面面積 $S b$ を持つので、これら両コイル 1、1 0 の中心軸上から来る不要な外部磁界を精度良く相殺することができる。

【 0 0 3 1 】

次に、上記巻き進みコイル 1 と巻き戻しコイル 1 0 を用いた交流電流検出用コイル 1 0 0 の製作プロセスについて図 1 1 を参照して説明する。この製作プロセスは、リードフレーム工法と樹脂モールドを用いて行う。図 1 1 に示すように、この製作プロセスにおいて、巻き進みコイル 1 及び巻き戻しコイル 1 0 の形成は、先ず、金属薄板の打抜き加工プロセス (S 1) により、金属薄板内に導電体パターン 2 a、2 b が形成され、続いて曲げ加工プロセス (S 2) により金属薄板の中にリードフレーム形の巻き進みコイル 1 と巻き戻

10

20

30

40

50

しコイル10が形成される。そして、これら巻き進みコイル1と巻き戻しコイル10は、厚み方向を合わせて絶縁間隔を空けながら重ねられ(S3)、その後、この重ねられたコイル1、10は、樹脂モールド等で一体にモールドされる(S4)。一方、別途、交流電流検出用コイル100を実装するコイル実装用基板41を用意し、この基板41の一部には、コイルと嵌合できるようにコイル挿入穴41aを設けられている(S5)。そして、このモールドされた交流電流検出用コイル100は、金属薄板から切り離されて(S6)、コイル実装用基板41に装着され、コイル引出端子61~64がコイル実装用基板41上の信号処理回路41bと結合され電流センサとして完成する(S7)。これにより、パッケージなしの交流電流検出用コイル100がリードフレーム加工からコイル実装用基板41に直接装着することができ、パッケージの不要な小型で低コストの交流電流検出用コイル100を簡単なプロセスで容易に実現することができる。

10

【0032】

このように、本実施形態によれば、金属薄板の打抜きと曲げ加工によるトロイダルコイルで簡単に巻き進みコイル1と巻き戻しコイル10を対称に立体的に形成できるので、両コイル1、10を略同一位置に接近して配置することができ、コイルピッチが重なるように配置することが可能となる。従って、このような巻き進みコイル1と巻き戻しコイル10により形成された交流電流検出用コイル100では、軸方向及び円周方向のコイル断面積を精度良くほぼ等しくでき、各コイル1、10の1巻きのピッチを精度良く等しく形成できるので、両コイル1、10のコイル正面方向からの平面面積と円周方向の断面面積の両方を極めて等しくすることができる。特に、両コイル1、10を略同一位置に配置にしたことにより、両コイル1、10における外部磁界発生源から距離が等しくなるので、検出不要な外部磁界に対して両コイルの誘導電圧が略等しくなり、誘導電圧の相殺誤差を最小にでき、電流測定精度を高めることができる。

20

【0033】

次に、本発明の第3の実施形態に係るトロイダルコイル構造による交流電流検出用コイルについて、図12(a)、(b)及び図13(a)、(b)、(c)を参照して説明する。本実施形態の交流電流検出用コイル100は、前記第2の実施形態における巻き進みコイル1と巻き戻しコイル10をケース70に内蔵して一体化したものである。これらの図において、交流電流検出用コイル100は、巻き進みコイル1及び巻き戻しコイル10と、これら両コイル1、10の内周側の接続部52、54間を電氣的に絶縁する絶縁体リング9aと、これら両コイル1、10を近接に配置して絶縁を保持しながら収納する絶縁性材料で形成されたケース70とを備える。このケース70では、図12(a)に示されるように、巻き戻しコイル10、絶縁体リング9a、巻き進みコイル1の順で重ねて挿入される。そして、これらのコイル1、10を用いた交流電流検出用コイル100の電流検出では、開口4に電流が流れる被測定導体が通され、この電流による磁界の磁束が両コイル1、10の断面領域を通ることにより発生する誘導電圧を検出する。

30

【0034】

ケース70は、内部に円形の空洞72を持つドーナツ型の円筒形をなす筐体71を備え、この筐体71は、底面73と円形の外周壁74及び内周壁75とを有し、これら外周壁74及び内周壁75に沿って両コイル1、10を保持するための同じ高さの円形の支持台76、77が筐体71内に形成されている。これら支持台76、77は、巻き進みコイル1と巻き戻しコイル10の外周側及び内周側の接続部51~54の部分だけを支持し、放射状ライン3の部分は支持しないように構成されている。また、これら支持台76、77の間には、巻き戻しコイル10の放射状ライン3の中間部を支持する略直方体の絶縁性の支持台78が放射状に設けられている。また、支持台76の上部には、コイル導体の厚みより高い支持部76aが設けられ、この支持部76a上に巻き進みコイル1を支持することにより、外周側における巻き進みコイル1と巻き戻しコイル10の絶縁を保つようになっている。そして、隣接する支持部76a間の空間間隔L1と、巻き進みコイル10の接続部53の隣接する2つの放射状ライン3間の外寸幅L2とは略等しくして、隣接する支持部76a間に接続部53が嵌合され、巻き戻しコイル10が固定されるようになっ

40

50

る。また、支持部 76 a の円周方向の幅 L3 と接続部 51 の接続する放射状ライン 3 間の外周側の内寸幅 L4 とは略等しくして、この内寸幅 L4 に支持部 76 a に設けた突起部 76 b が略嵌合して、巻き進みコイル 1 を固定するようになっている。

【0035】

この交流電流検出用コイル 100 では、上記ケース 70 に順に巻き進みコイル 1、巻き戻しコイル 10、絶縁体リング 9 a が挿入され、巻き戻しコイル 10 がその外周側及び内周側の接続部 53、54 において、支持台 76、77 上でそれぞれ保持され、外周側の接続部 53 は、支持台 76 上の隣接する支持部 76 a 間の隙間に略嵌合されて保持される。次に、保持された内周側の接続部 54 上には、内周壁 75 の外径より大きい内径を有し、磁界検出に影響の少ない接続部 54 の近傍のみを覆う円盤状の絶縁体リング 9 a が装着される。さらに、絶縁体リング 9 a 上に巻き進みコイル 1 が装着され、その内周側の接続部 52 が絶縁体リング 9 a により絶縁を保ちながら支持される。また、その外周側の接続部 51 は、支持台 76 上の支持部 76 a に装着されて、支持部 76 a 上に設けられた突起部 76 b により略嵌合されて保持される。

【0036】

また、図 13 (c) に示すように、巻き進みコイル 1 と巻き戻しコイル 10 の円周方向の断面面積は、両コイル 1、10 では、それぞれの放射状ライン 31、32 に囲まれる面積となり、対応する互いの放射状ラインが同形なので、同じ断面面積 (Sa) となる。

【0037】

次に、上記巻き進みコイル 1 と巻き戻しコイル 10 を用いた交流電流検出用コイル 100 の製作プロセスについて図 14 を参照して説明する。この製作プロセスは、リードフレーム工法と樹脂パッケージを用いて行う。この製作プロセスにおいて、巻き進みコイル 1 と巻き戻しコイル 10 の形成は、先ず、打抜き加工ステップ 1 (S1) で、金属薄板が打抜き加工され、打ち抜かれた導電体パターン 2 a、2 b が金属薄板から分離され、それぞれ別個に形成され、さらに曲げ加工ステップ (S2) によりリードフレーム形の巻き進みコイル 1 と巻き戻しコイル 10 が形成される。そして、これら両コイル 1、10 は、別途準備したコイル用のケース 70 に、巻き戻しコイル 10、絶縁体リング 9 a、巻き進みコイル 1 の順に挿入され樹脂埋めされる (S4)。その後、両コイル 1、10 間の接続処理が行われ (S5)、コイル実装用基板 41 に実装され、コイル引出端子が基板 41 上の信号処理回路 41 b と接続されて交流電流検出用コイル 100 として完成する (S6)。これにより、巻き進みコイル 1 と巻き戻しコイル 10 をリードフレーム工法により金属薄板から簡単に形成し、パッケージ内に装着することにより、両コイル 1、10 の位置ズレの少ない信頼性の高い交流電流検出用コイル 100 を簡単なプロセスで容易に実現することができる。

【0038】

このように、上記本実施形態の巻き進みコイル 1 と巻き戻しコイル 10 を用いる交流電流検出用コイル 100 によれば、両コイル 1、10 を、互いに厚み方向に精度良く接近して配置できるので、不要な外部磁界を相殺して電流検知誤差を削減することができると共に、かつ絶縁を保ちながら密着してケース内に固定して保持することができるので、高性能でコンパクトで取扱易く、信頼性の高い交流電流検出用コイル 100 を形成することができる。

【0039】

次に、本発明の第 4 の実施形態に係るトロイダルコイル構造による交流電流検出用コイルについて、図 15 (a) ~ (d) 及び図 16 を参照して説明する。本実施形態の交流電流検出用コイル 100 は、2 つの同じ形状のトロイダルコイル 1 (図 1 参照) (コイル体) を備え、一方を他方に対して裏返しに配置することにより、巻き進み方向に巻き進むトロイダルコイル 1 (以下、巻き進みコイル 1 という) と巻き戻し方向に巻き戻すトロイダルコイル 10 (以下、巻き戻しコイル 10 という) を形成し、これら両コイル 1、10 を近接配置して一方の終端と他方の始端を連結したものである。これらの巻き進みコイル 1 と巻き戻しコイル 10 は、基本的には前記第 1 の実施形態のトロイダルコイル 1 と同じ構

10

20

30

40

50

造を成し、裏返えして重ねられることにより、両コイル1、10の巻き方向が互いに逆方向になるように形成される。

【0040】

本実施形態の交流電流検出用コイル100は、金属薄板を打ち抜いて螺線形状で円周方向に連続した導電体パターン2を折り曲げ加工により形成された前記第1の実施形態と同様のトロイダルコイル1(図1参照)を2つ備え、図15(b)、(c)に示すように、一方のトロイダルコイル1を巻き進みコイル1とし、他方のトロイダルコイル1を裏返したものを巻き戻しコイル10として形成し、両コイル1、10を重ねて接近配置したものである。そして、両コイル1、10のコイル引出端子61、62及びコイル引出端子63、64のうち、巻き進みコイル1の終端のコイル引出端子62と、巻き戻しコイル10の始端のコイル引出端子63とが接続され、両コイル1、10が直列接続されると共に、コイル引出端子61、64から検出電流が取り出される。

10

【0041】

上記のように2つの同一コイルを反転して配置したことにより、図16に示すように、巻き進みコイル1の直線形の放射状ライン31と巻き戻しコイル10の屈曲形の放射状ライン32とが近接して重なり、反対に巻き進みコイル1の屈曲形の放射状ライン32と巻き戻しコイル10の直線形の放射状ライン31とが重なるように配置される。そして、両コイル1、10は、厚み方向に互いに重ねて樹脂等の絶縁物で電氣的に絶縁して位置決めされる。このような構成により、図16(b)に示すように、巻き進みコイル1との巻き戻しコイル10における各放射状ライン31、32で形成される円周方向の断面面積 S_c (斜線部)は略等しくなる。これにより、これらの両コイル1、10を用いた電流検出では、開口4に電流が流れる被測定導体を通され、この電流による磁界の磁束が両コイル1、10の断面領域を通ることにより発生する誘導電圧を精度良く検出する。

20

【0042】

図17は、巻き進みコイル1、巻き戻しコイル10を重ねて配置して形成された交流電流検出用コイル100の平面を示す。この交流電流検出用コイル100では、放射状ライン3と接続部51、52又は接続部53、54とで囲まれるコイルTが円周に亘ってコイルT1からコイルTnまで両コイル1、10毎に形成される。そして、コイル引出端子62、63間の接続により両コイル1、10が直列接続され、コイル引出端子61、64からコイル出力の誘起電圧が取り出される。この交流電流検出用コイル100は、隣接する放射状ライン3の長さと同隔が全て等しいので、この交流電流検出用コイル100の正面から見て、巻き進みコイル1と巻き戻しコイル10の各平面面積が等しくなる。これにより、両コイル1、10が同じ平面面積 S_d を持つので、これら両コイル1、10の中心軸上から来る不要な外部磁界を精度良く相殺することができる。

30

【0043】

このように、本実施形態の交流電流検出用コイル100によれば、同じ形状のコイルパターンで巻き進みコイル1と巻き戻しコイル10を形成できるので、トロイダルコイル用のコイルパターンの形状が1種類でよく、打抜きの金型が少なく済み、生産コストを低減できる。また、巻き進みコイル1と巻き戻しコイル10において、各正面方向の平面面積及び円周方向の断面面積が等しくなるので、不要な外部磁界を相殺して、検出誤差を低減することができる。

40

【0044】

次に、本発明の第5の実施形態に係るトロイダルコイル構造による交流電流検出用コイルについて、図18(a)、(b)、図19及び図20(a)、(b)を参照して説明する。本実施形態におけるトロイダルコイルによる交流電流検出用コイル100は、前記第4の実施形態における巻き進みコイル1と巻き戻しコイル10をケース70に内蔵して一体化したものである。これらの図において、交流電流検出用コイル100は、巻き進みコイル1と巻き戻しコイル10の両コイルの内周側の接続部52、54間を電氣的に絶縁する絶縁体リング9bと、これら両コイル1、10を近接に配置して絶縁を保持しながら収納する絶縁性材料で形成されたケース70とを備える。このケース70には、図18(a)

50

)に示されるように、巻き戻しコイル10、絶縁体リング9b、巻き進みコイル1が、順に重ねて装着され、巻き進みコイル1の終端と、巻き戻しコイル10の始端が直列に接続されている。これら両コイル1、10を用いた電流検出では、開口4に電流が流れる被測定導体を通され、この電流による磁界の磁束が巻き進みコイル1と巻き戻しコイル10の断面領域を通ることにより発生する誘導電圧を検出する。

【0045】

ケース70は、図18(b)に示されるように、内部に円形の空洞72を持つドーナツ型の円筒形をなす筐体71を備え、この筐体71は、底面73と円形の外周壁74及び内周壁75とを有し、この外周壁74の内側に沿って両コイル1、10の外周側の接続部51、53を保持するための略長方形の支持台79が放射状に等間隔に形成されている。この支持台79は、巻き進みコイル1と巻き戻しコイル10の外周側の接続部51、53の部分だけを支持し、それ以外の放射状ライン3の部分は支持しないように、ケース70の半径方向への長さが制限されて構成されている。また、図19に示すように、隣接する支持台79間の間隔L1は、その隙間内に巻き戻しコイル10の外周側の接続部53で接続される隣接する放射状ライン3間の間隔の外寸幅(巻き進みコイル1の接続部51で接続される隣接する放射状ライン3間の間隔L2に相当)とは略等しくして、接続部53が略嵌合されるように形成されている。これにより、巻き戻しコイル10は、筐体71内の底面73側に密着して固定される。一方、支持台79の上部には、巻き進みコイル1の外周側の接続部51を保持するため支持部79aが、放射状ライン3に対応して放射状に等間隔に設けられている。そして、支持部79aの円周方向の幅L3と接続部51で接続される隣接する放射状ライン3間の内寸幅L4とは略等しくして、この内寸幅L4に支持部79aが略嵌合するように形成されている。これにより、巻き進みコイル1が支持部79aで保持される。

【0046】

上記ケース70に、巻き進みコイル1と巻き戻しコイル10及び絶縁体リング9bを収納した本実施形態の交流電流検出用コイル100を図20(a)、(b)に示す。ケース70では、先ず、巻き戻しコイル10が挿入され、この巻き戻しコイル10は、その外周側の接続部53が隣接する支持台79間に嵌合して装着される。内周側の接続部54上には、内周壁75より大きい内周を有し、磁界検出に影響の少ない接続部54の近傍部分のみを覆う円筒状の絶縁体リング9bが装着される。この絶縁体リング9bの高さd1は、このd1にコイル導体板厚dpを加えた高さ(d1+dp)が、一方の支持台79の高さd3と略等しくなるように設けられる。そして、この高さd3は、厚み方向の断面における放射状ライン31と放射状ライン32間の外寸間隔d2より大きくして、巻き進みコイル1と巻き戻しコイル10の直線形の放射状ライン31と屈曲形の放射状ライン32とが接触せず、電気的に絶縁されるように構成されている。これにより、巻き進みコイル1と巻き戻しコイル10の円周方向の各断面は上下で線対称となり、各断面積の大きさを等しくすることができる。従って、コイル内に検出磁界がスムーズに流れ、電流検出感度が向上すると共に、不要な外部磁界に対して相殺作用を高めることができる。

【0047】

以上の構成により、本実施形態の交流電流検出用コイル100によれば、同じ形状で互いに裏返しの関係のコイルパターンによる巻き進みコイル1と巻き戻しコイル10を、両コイル1、10の両端の各接続部(51~52)でのみ支持し両コイル1、10間を接近させながら絶縁性を確実に保持することができる。従って、磁界を検出する放射状ライン3には、前記第3の実施形態に比べ、放射状ラインの中間部支持用の支持台が存在しないため構成が簡単になると共に、磁界検出エリアにおけるこの支持台による磁界の乱れが発生しないので、スムーズな磁界検出ができ、電流検出感度も良くなる。

【0048】

上述した各実施形態に係るトロイダルコイル構造による交流電流検出用コイル100の構成によれば、打抜きと曲げ加工によるトロイダルコイル製作プロセスによりコイルの製作が容易となると共に、巻き進みコイル1と巻き戻しコイル10を立体的に同じ形状に精

10

20

30

40

50

度良く形成することができる。これにより、巻き進みコイル1と巻き戻しコイル10の2つのコイルを、精度良くほぼ一体になるように接近配置させ、それらのコイルピッチを重なるように配置することができる。これにより、巻き進みコイル1と巻き戻しコイル10の軸方向及び円周方向のコイル断面積を極めて精度良くほぼ等しくできるので、コイル内の磁界の流れをスムーズにして測定磁界に対する測定感度を向上し、検出不要な外部磁界に対しては、相殺効果を向上できるので、外部磁界の影響を少なくして誘導電圧の相殺誤差を最小にし、電流測定精度を高めることができる。

【0049】

また、プリント基板によるトロイダルコイルに比較して、継ぎ目やスルーホール of 接続部が無く1枚の金属薄板から連続したトロイダルコイルを形成できるので、コイルの信頼性を向上することができる。また、打抜きと曲げ加工によるトロイダルコイルは、エッチングを必要とするプリント基板のトロイダルコイルに比べ、コイル導体の厚みを厚くすることができるので、コイルの導体損失を低減できる。さらに、コイル構造を立体的にしたことにより、コイルの空芯内を空間にできるので、従来の空芯を誘電体とするプリント基板のコイルと比べて、コイルの誘電体ロスを低減することができる。これにより、小型、高性能で、かつ量産し易く低コストの電流センサを実現することができる。

10

【0050】

なお、上述した各種実施形態では、放射状ラインを連結する接続部のコーナ部分を略矩形で形成したが、特に矩形でなくてもよく、コイルパターンがコイル中心軸に対して軸対称であればよい。また、上記各種実施形態は電流センサ以外に、高周波チョークコイルや

20

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】本発明の第1の実施形態に係るトロイダルコイルの構成図。

【図2】(a)は上記コイルを形成する導電体パターンの平面図、(b)は(a)のA部の拡大図。

【図3】(a)は曲げ加工される屈折部を説明する図、(b)は曲げ加工後の屈折部を示す図、(c)は上記コイルの円周方向の断面を示す図。

【図4】上記コイルの平面図、(b)は上記コイルの断面図。

【図5】本発明の第2の実施形態に係るトロイダルコイル構造による交流電流検出用コイルの構成図。

30

【図6】上記コイルの中央部の拡大図。

【図7】(a)、(b)は、上記コイルにおける巻き進みコイル及び巻き戻りコイルとなる各導電体パターンの平面図。

【図8】(a)は図7(a)のC部の拡大図、(b)は図7(b)のD部の拡大図。

【図9】(a)はコイル引出端子間の接続を説明する図5の部分拡大図、(b)は(a)の断面図。

【図10】(a)は図5の平面図、(b)は(a)の部分拡大図。

【図11】上記コイルの製作プロセスを説明する図。

【図12】(a)は本発明の第3の実施形態に係るトロイダルコイル構造による交流電流検出用コイルの構成図、(b)は(a)のケースの構成図。

40

【図13】(a)は、上記コイルの斜視図、(b)は(a)のE部の拡大図、(c)は(b)の円周方向の断面図。

【図14】上記コイルの製作プロセスを説明する図。

【図15】(a)は本発明の第4の実施形態に係るトロイダルコイル構造による交流電流検出用コイルの構成図、(b)は、上記コイルの巻き進みコイルの斜視図、(c)は上記コイルの巻き戻りコイルの斜視図、(d)は(b)、(c)のそれぞれの断面図。

【図16】(a)は上記コイルの部分拡大図、(b)は(a)の円周方向の断面図。

【図17】上記コイルの平面図。

【図18】(a)は本発明の第5の実施形態に係るトロイダルコイル構造による交流電流

50

検出用コイルの構成図、(b)は(a)のケースの構成図。

【図19】図18(a)の平面図。

【図20】(a)は上記コイルの巻き進みコイルと巻き戻しコイルの位置関係を説明する図、(b)は(a)の円周方向の断面を示す図。

【図21】従来の交流電流検出用コイルの正面図。

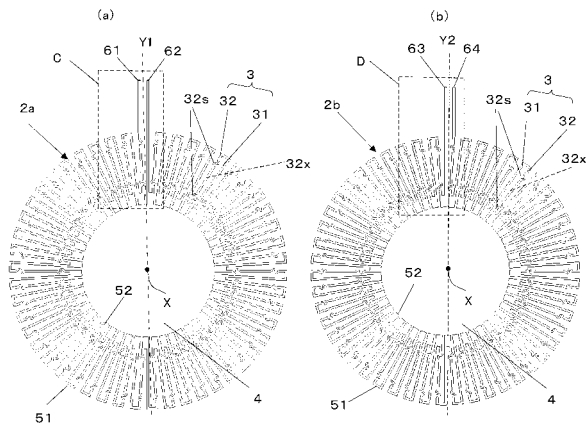
【図22】上記検出用コイルの部分拡大図。

【符号の説明】

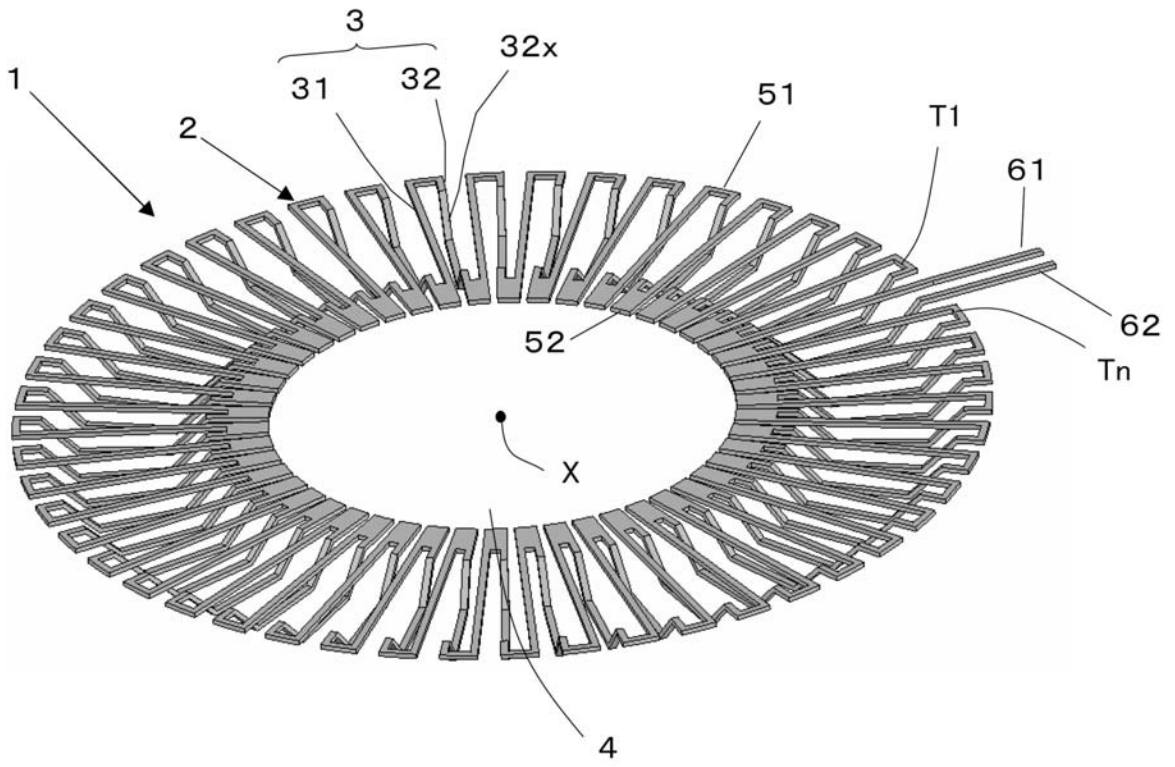
【0052】

- 1 トロイダルコイル(コイル体、巻き進みコイル)
- 10 トロイダルコイル(コイル体、巻き戻りコイル)
- 2、2a、2b 導電体パターン
- 3、31、32 放射状ライン
- 32x 屈曲部
- 100 交流電流検出用コイル(交流電流センサ)

【図7】

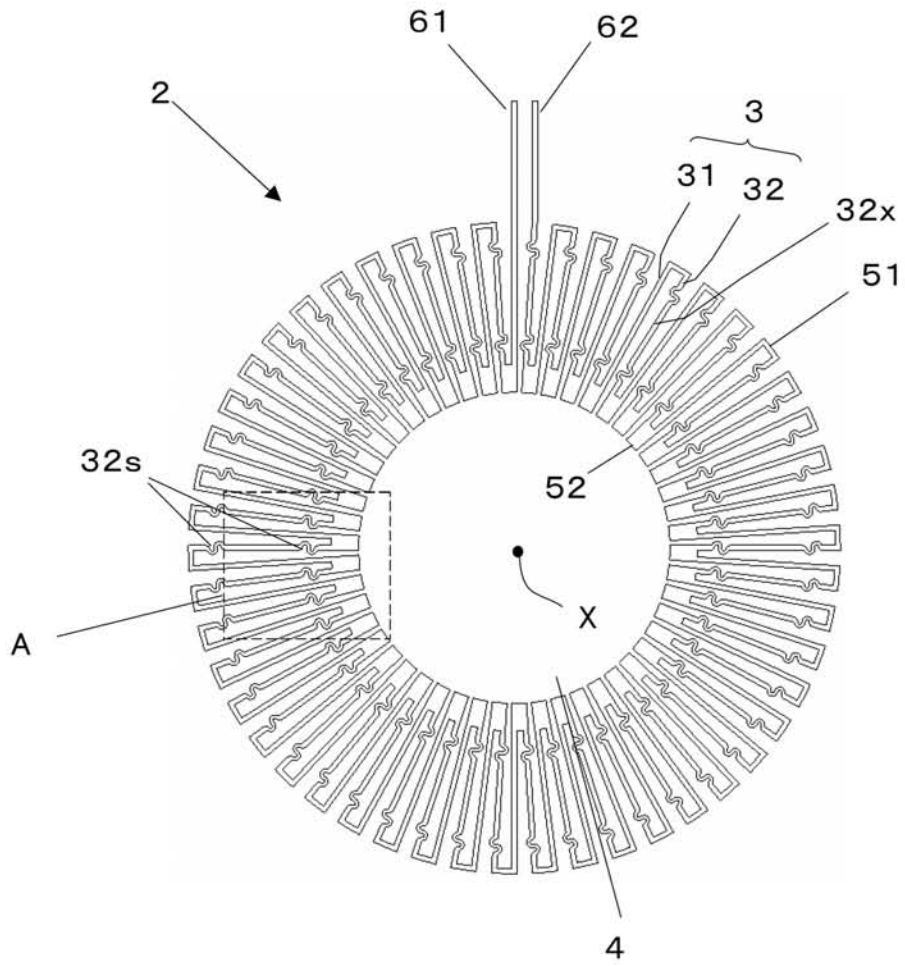


【図1】

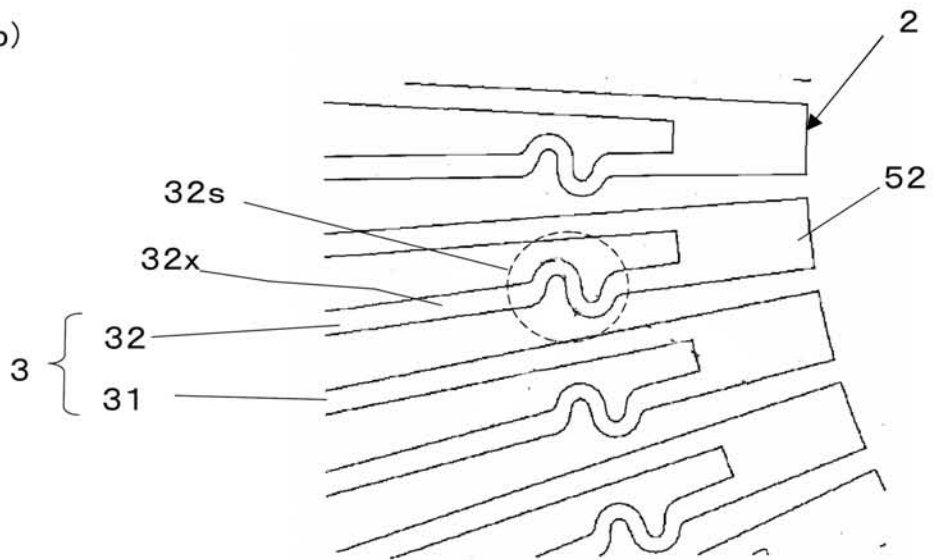


【図2】

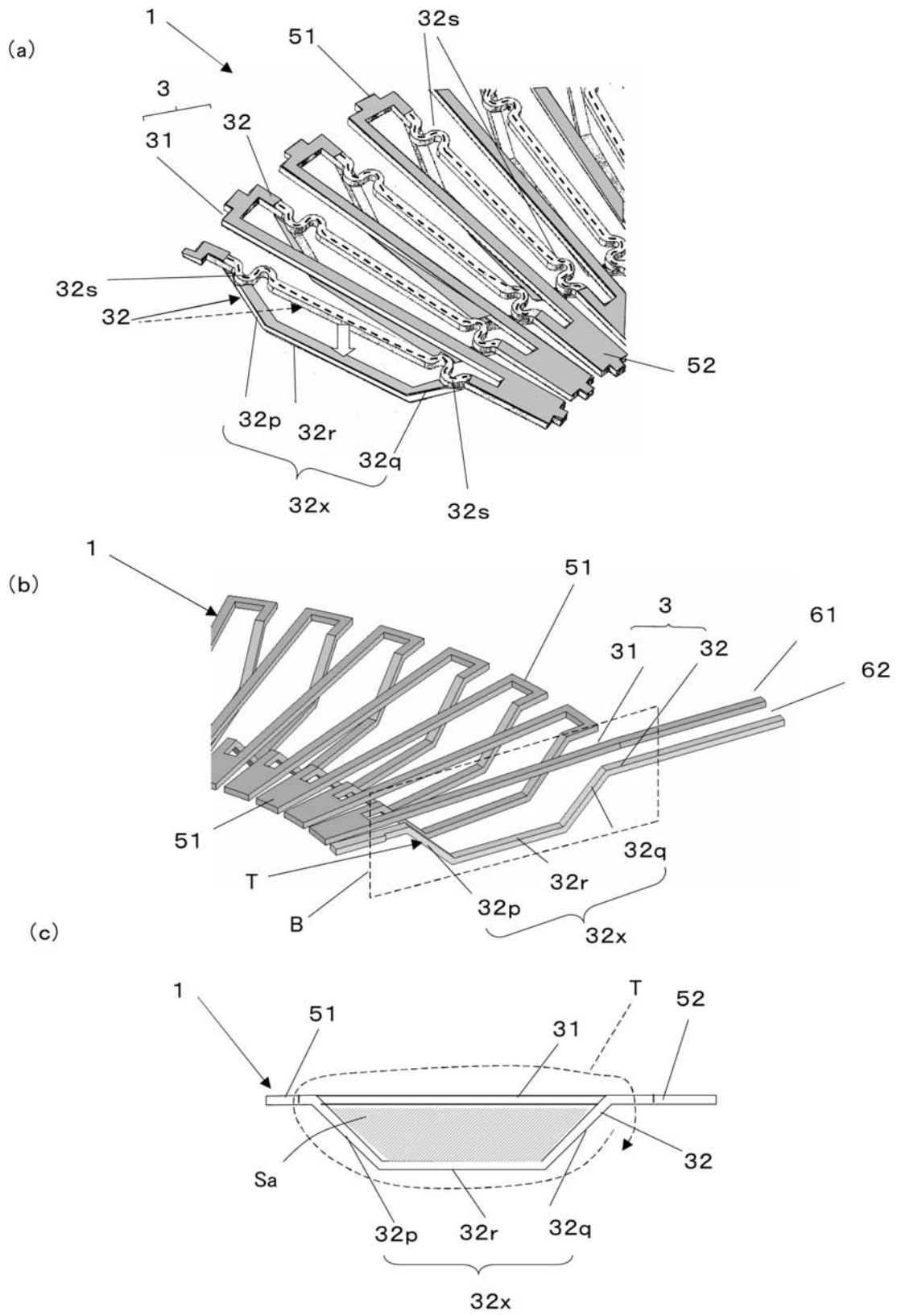
(a)



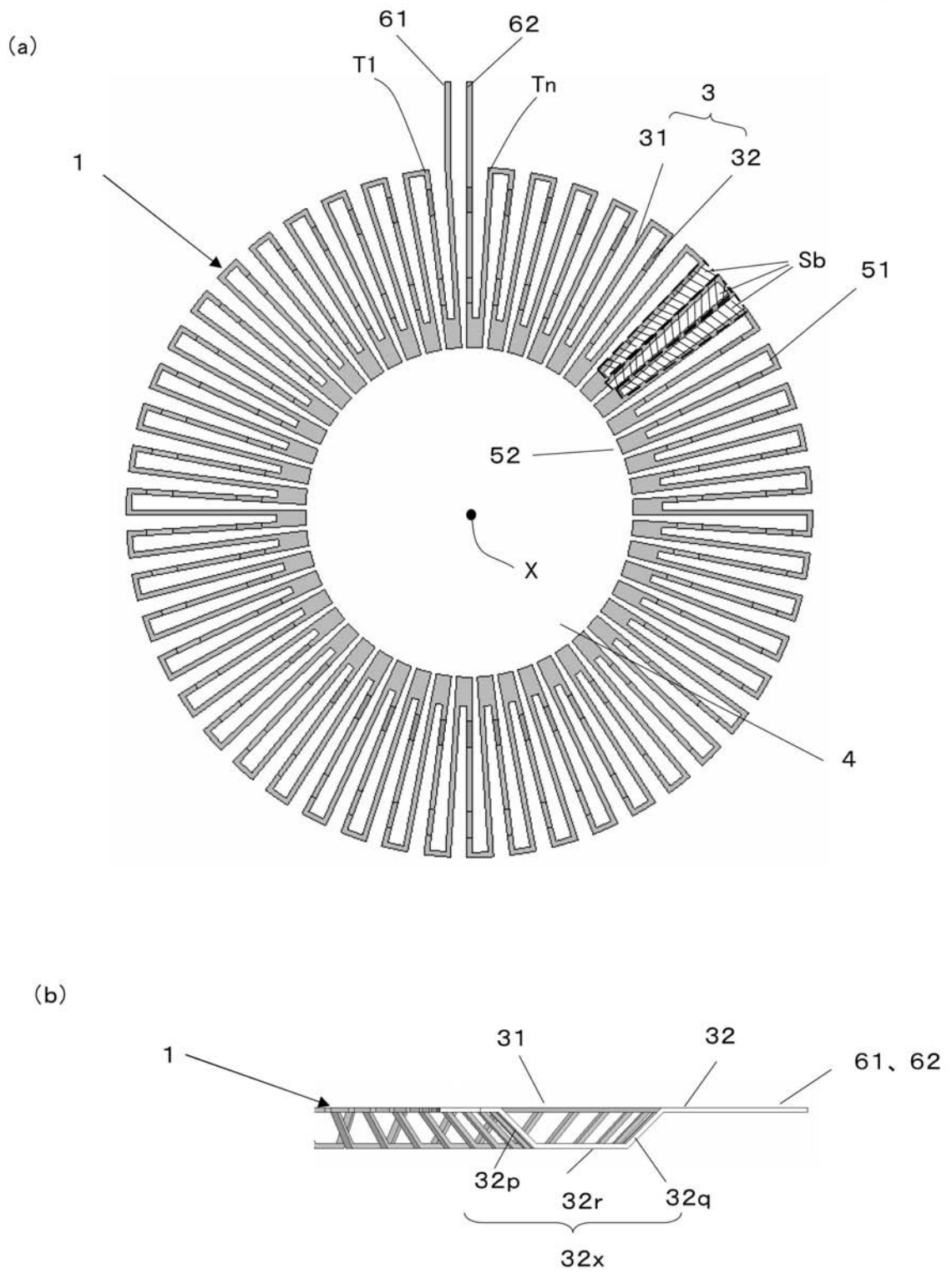
(b)



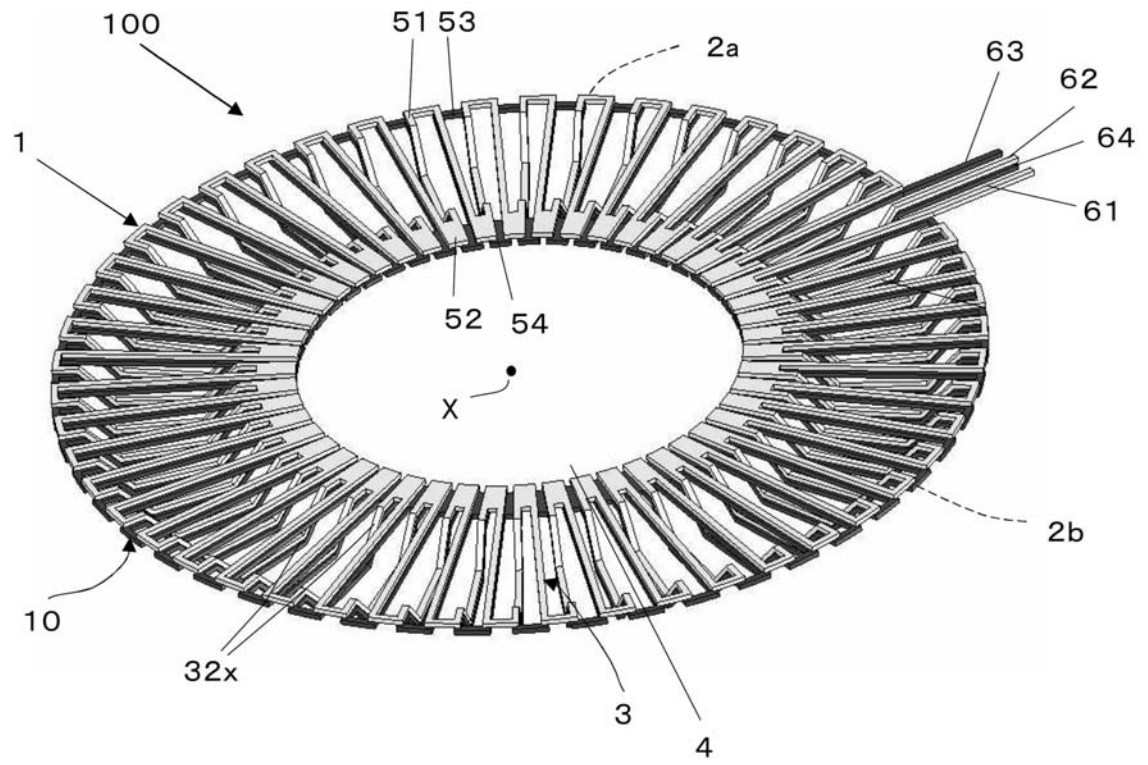
【図3】



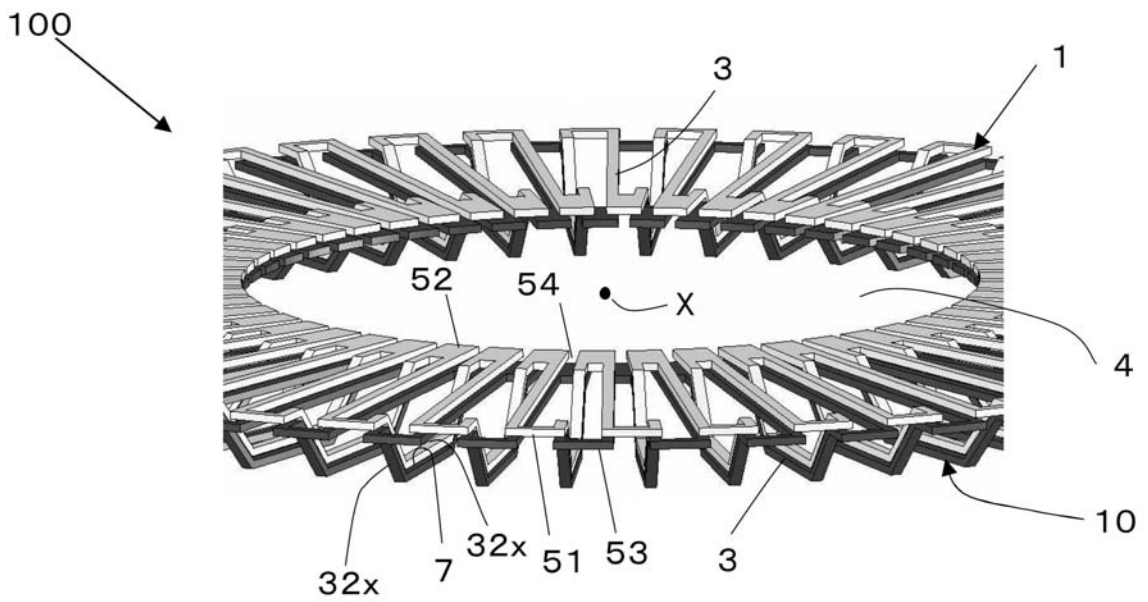
【図4】



【図5】

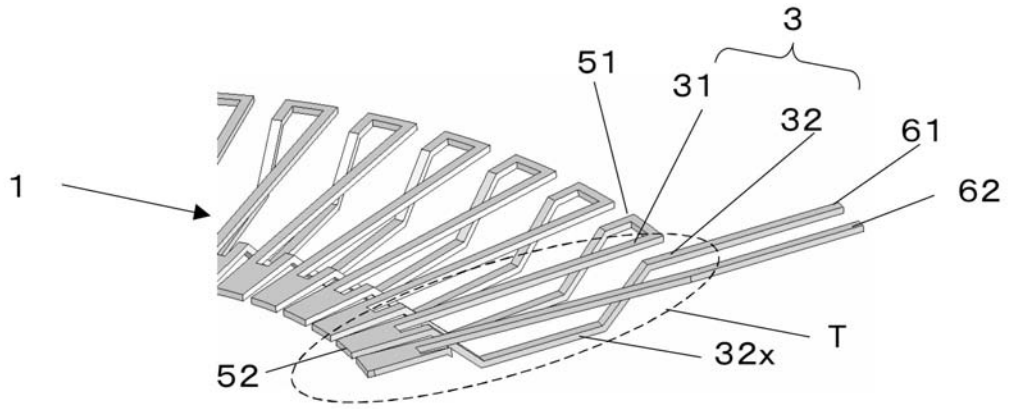


【図6】

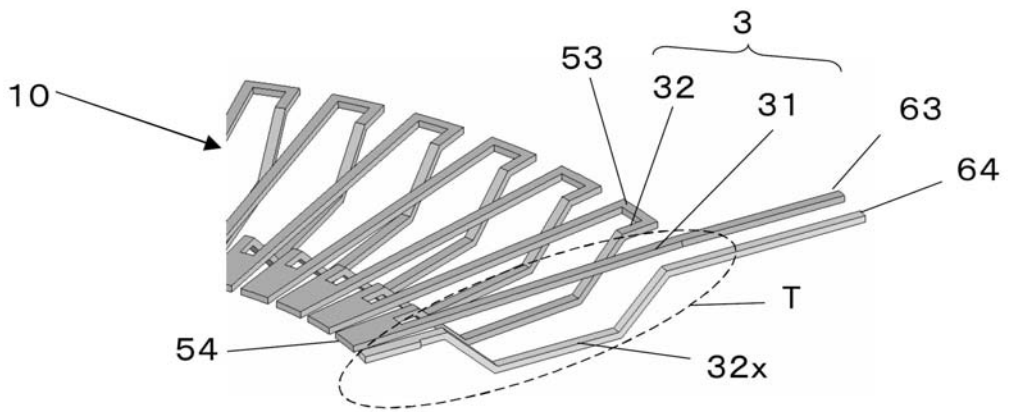


【 図 8 】

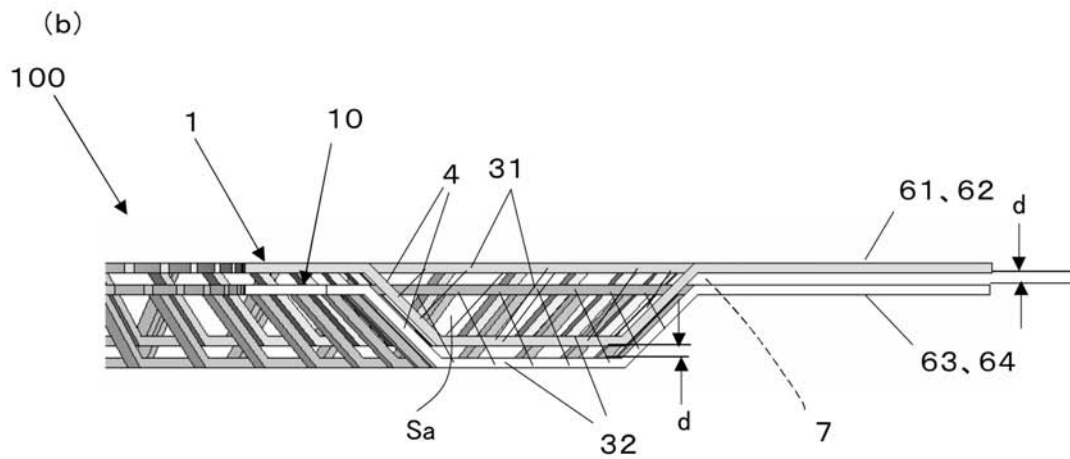
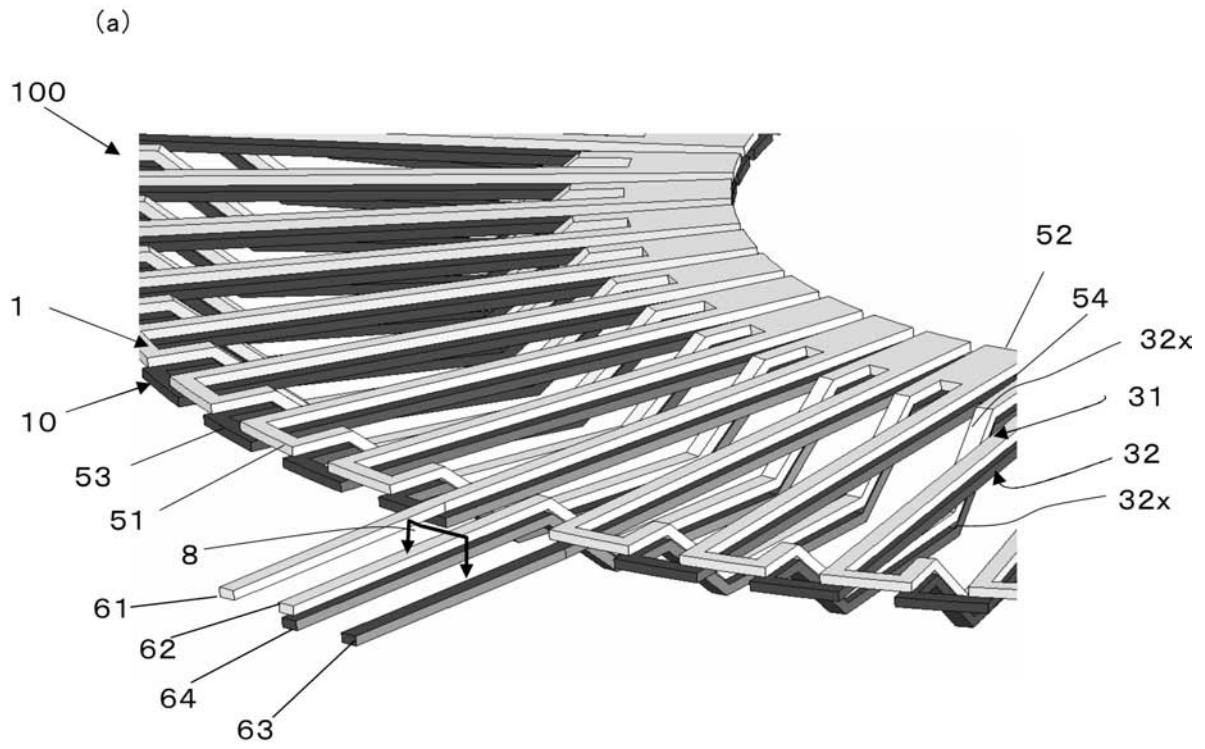
(a)



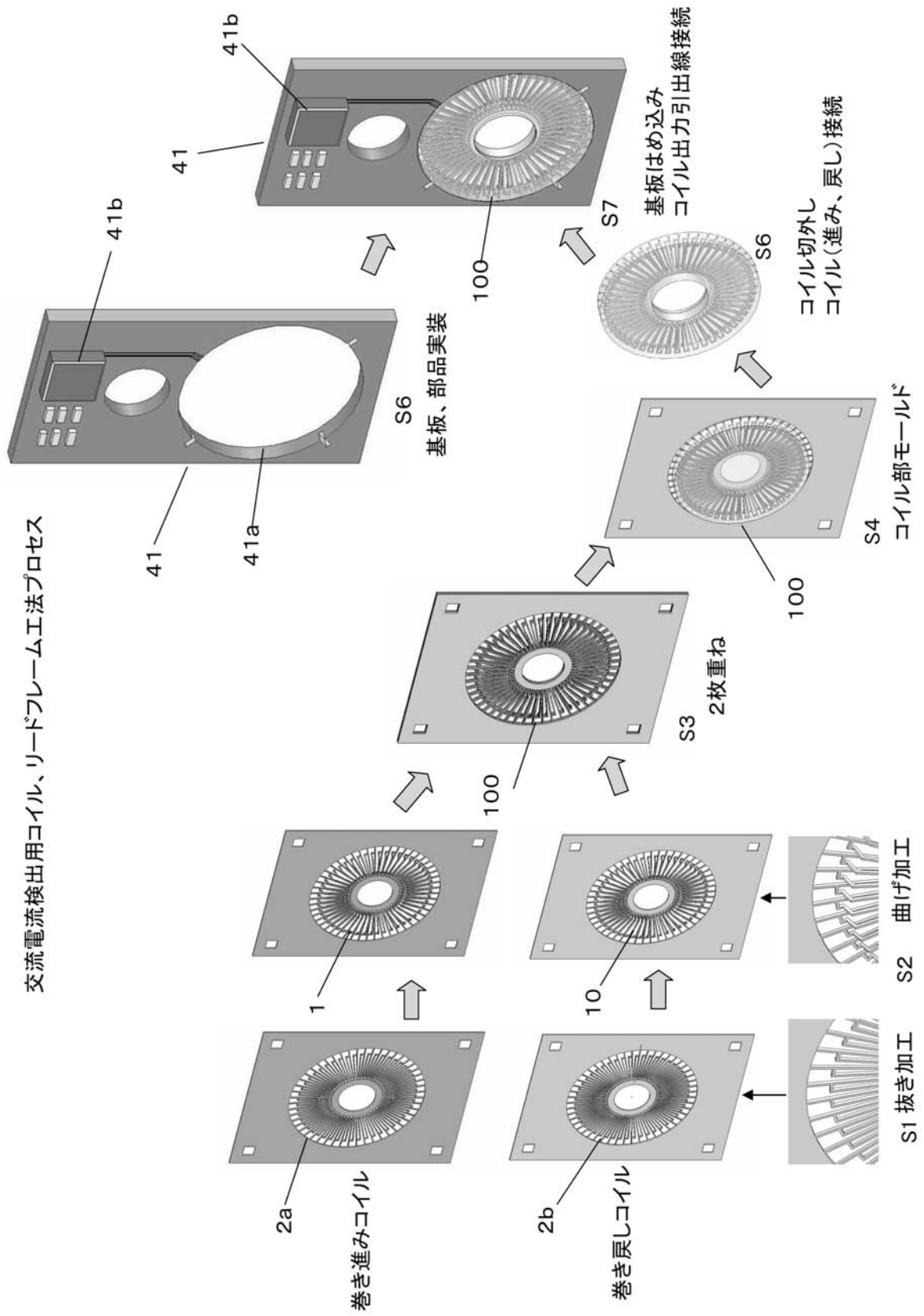
(b)



【図9】

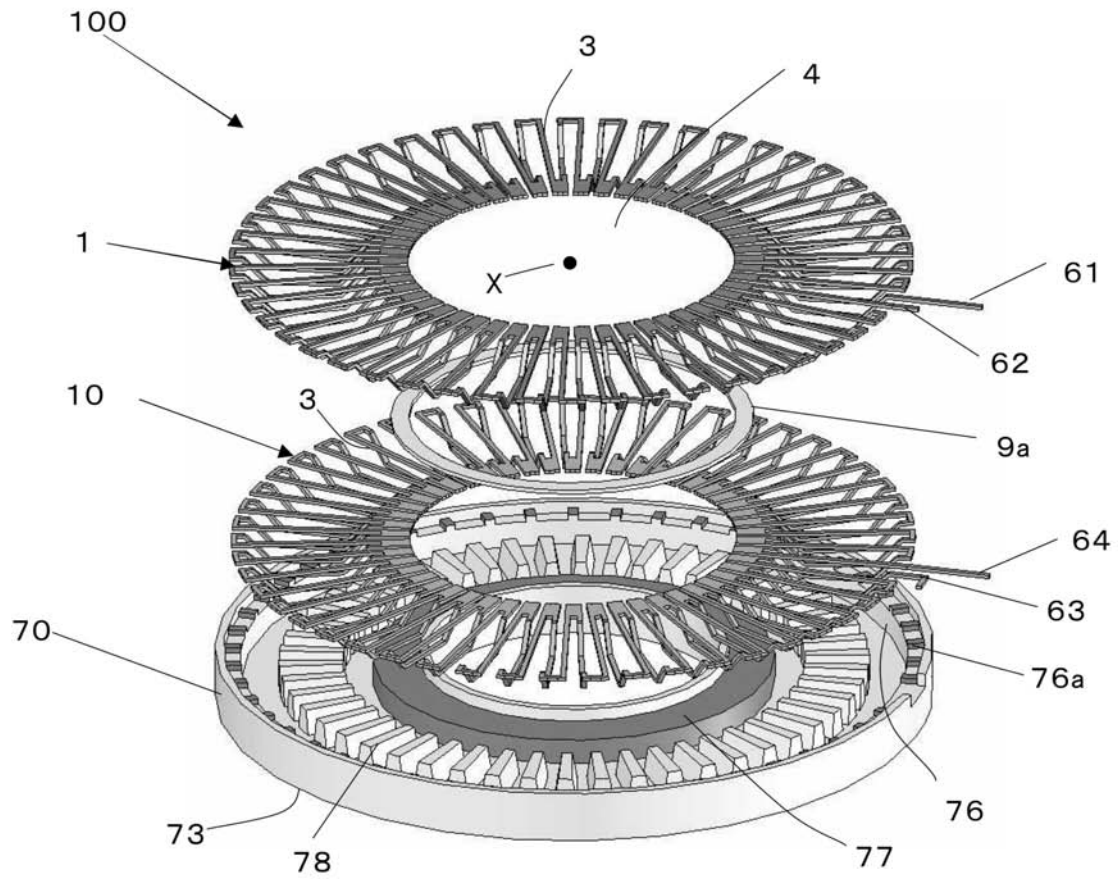


【 図 1 1 】

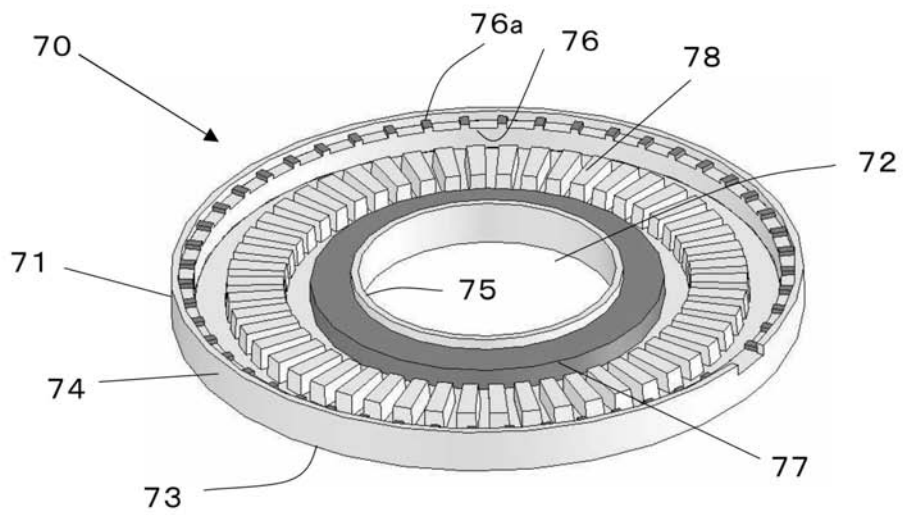


【 図 1 2 】

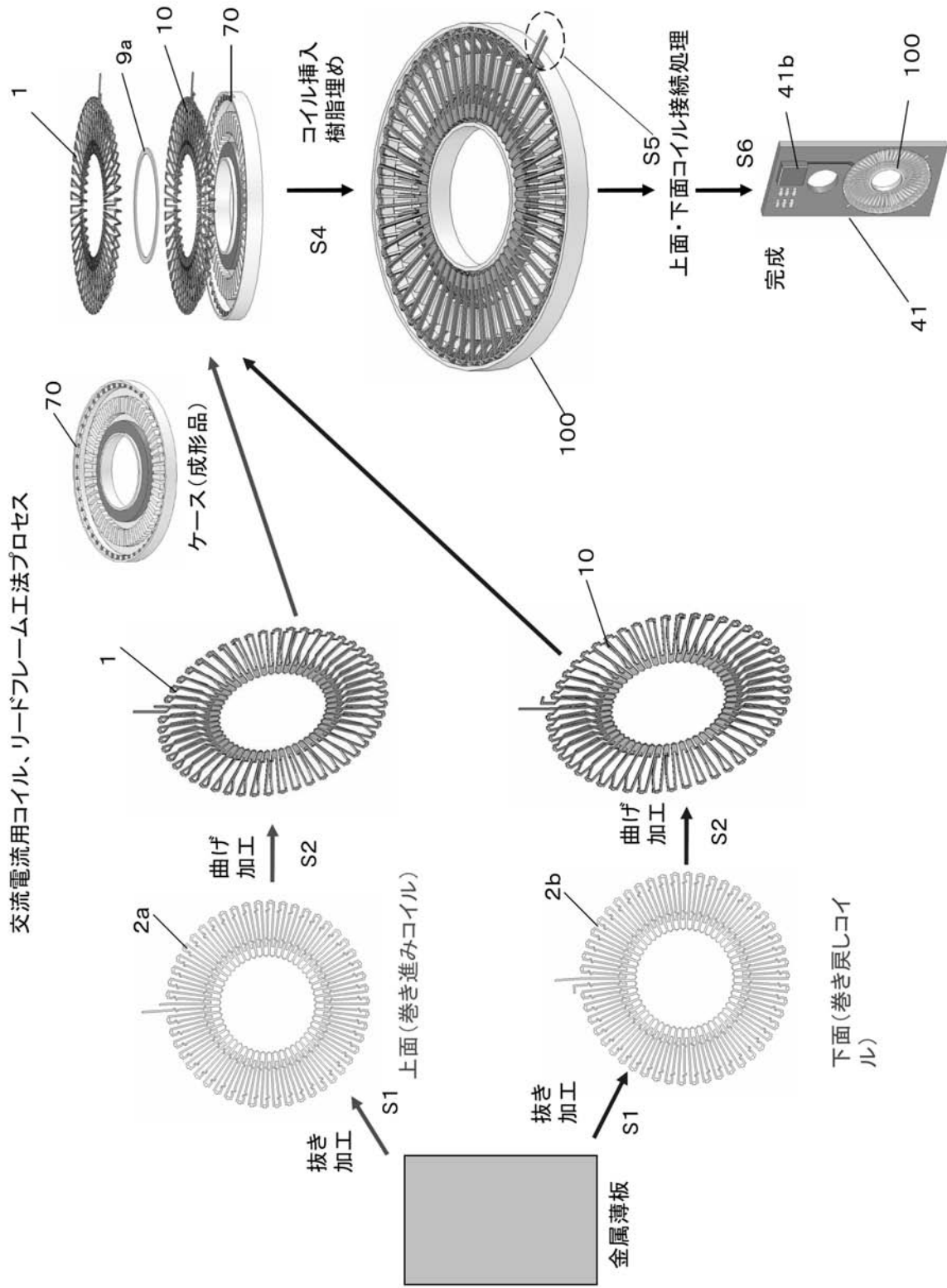
(a)



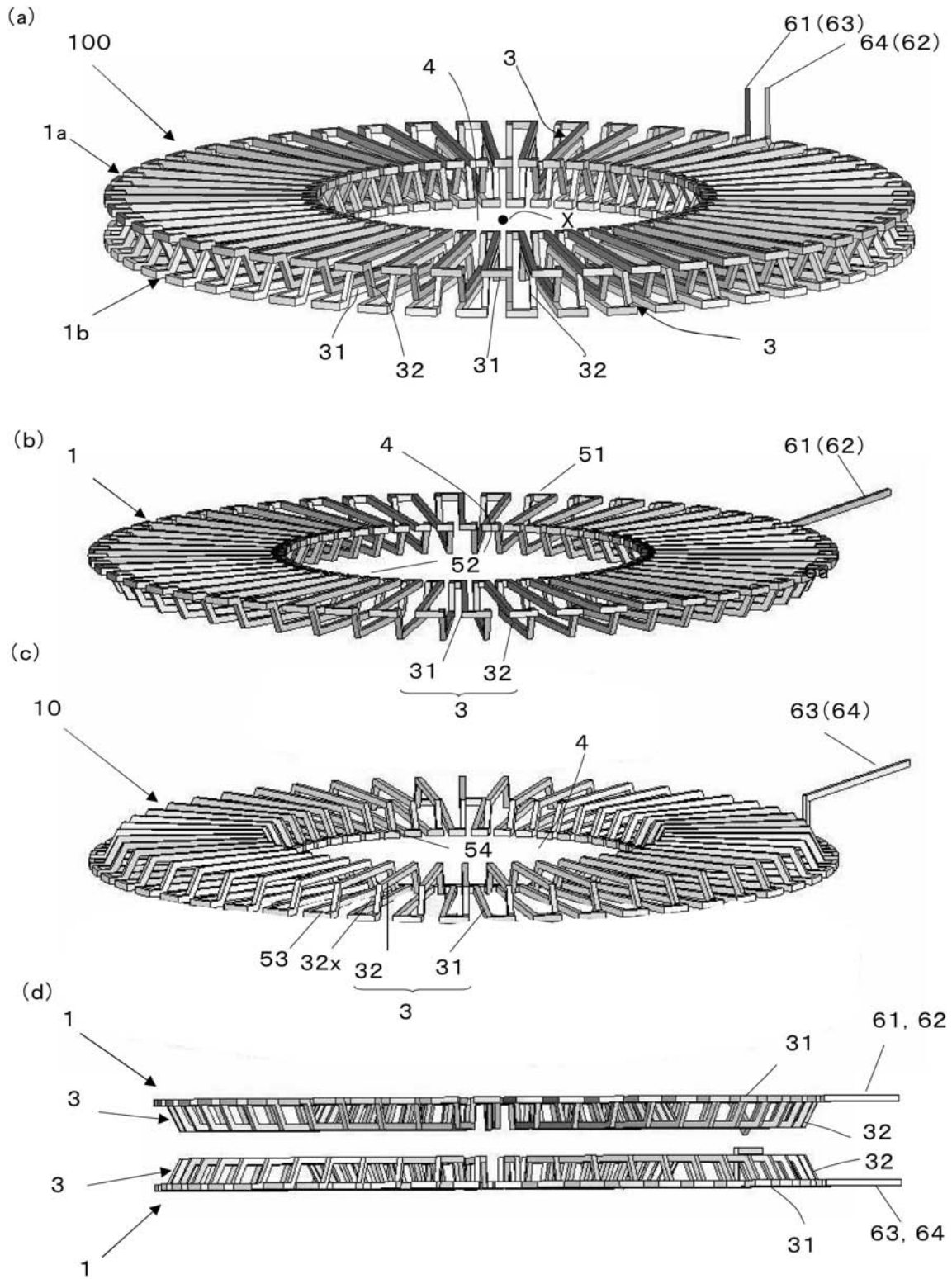
(b)



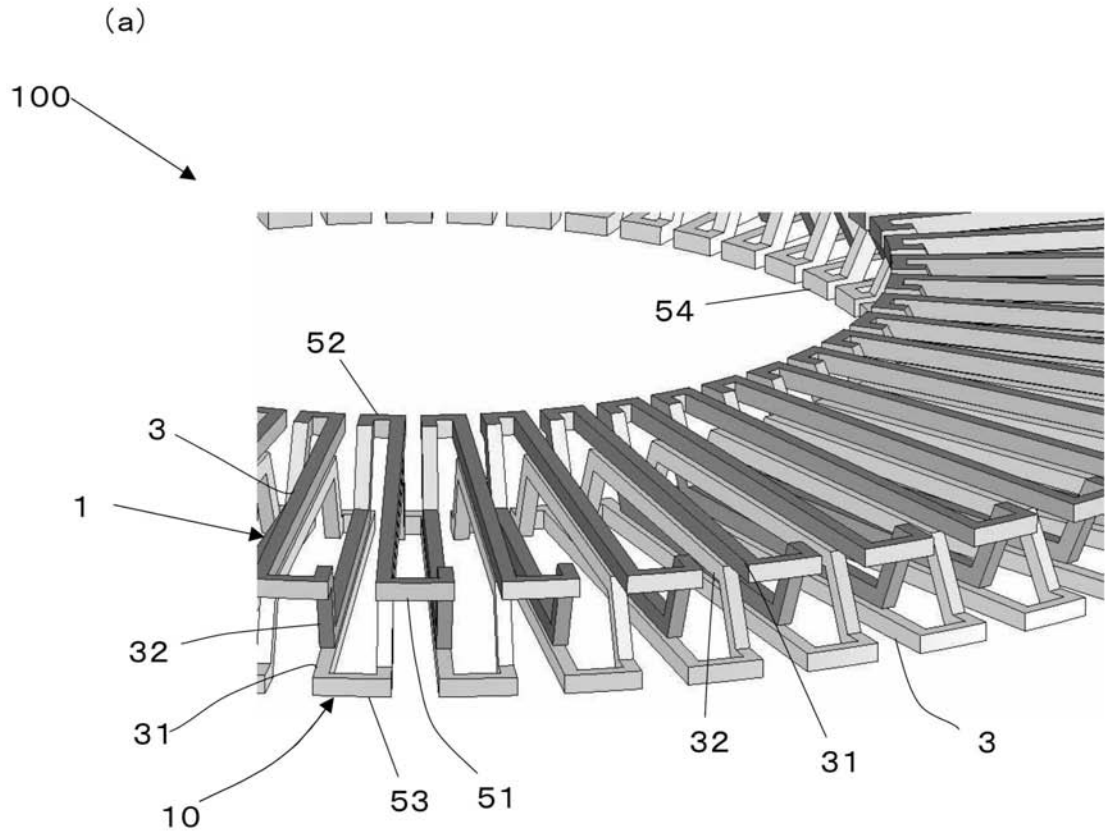
【 図 1 4 】



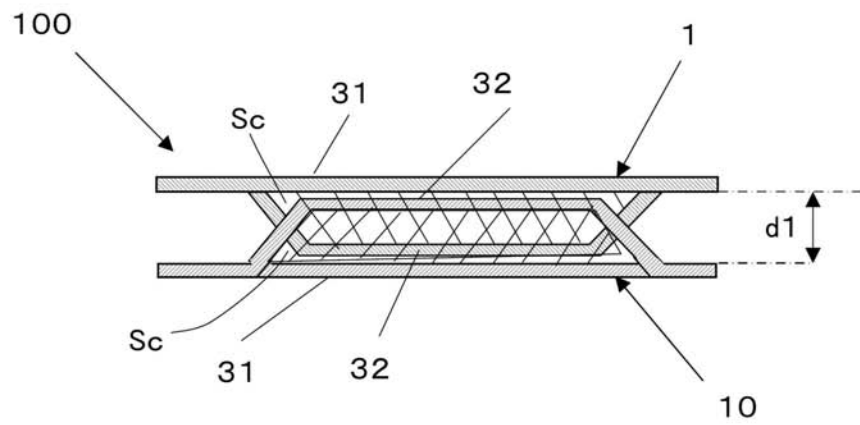
【 図 15 】



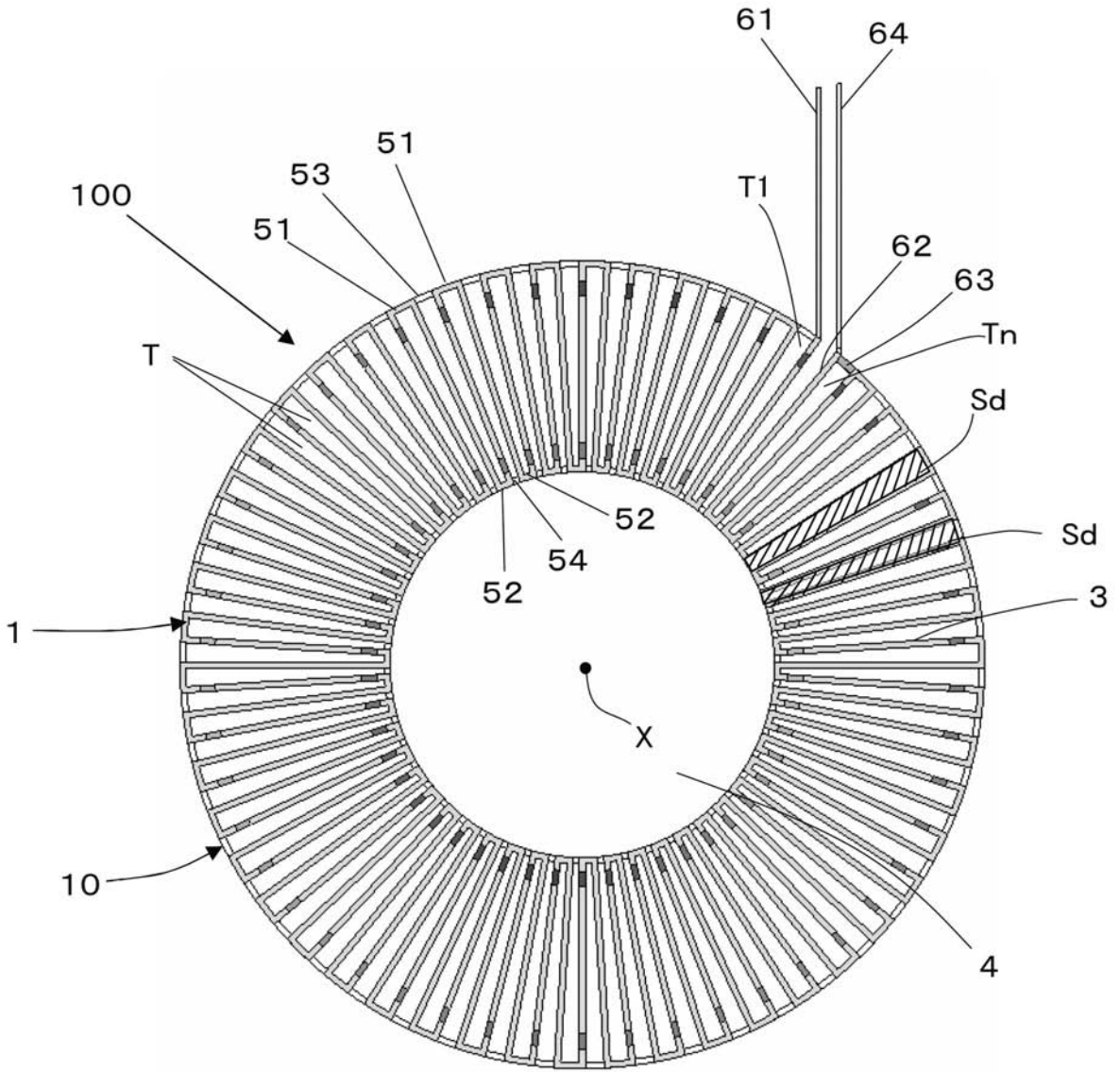
【図16】



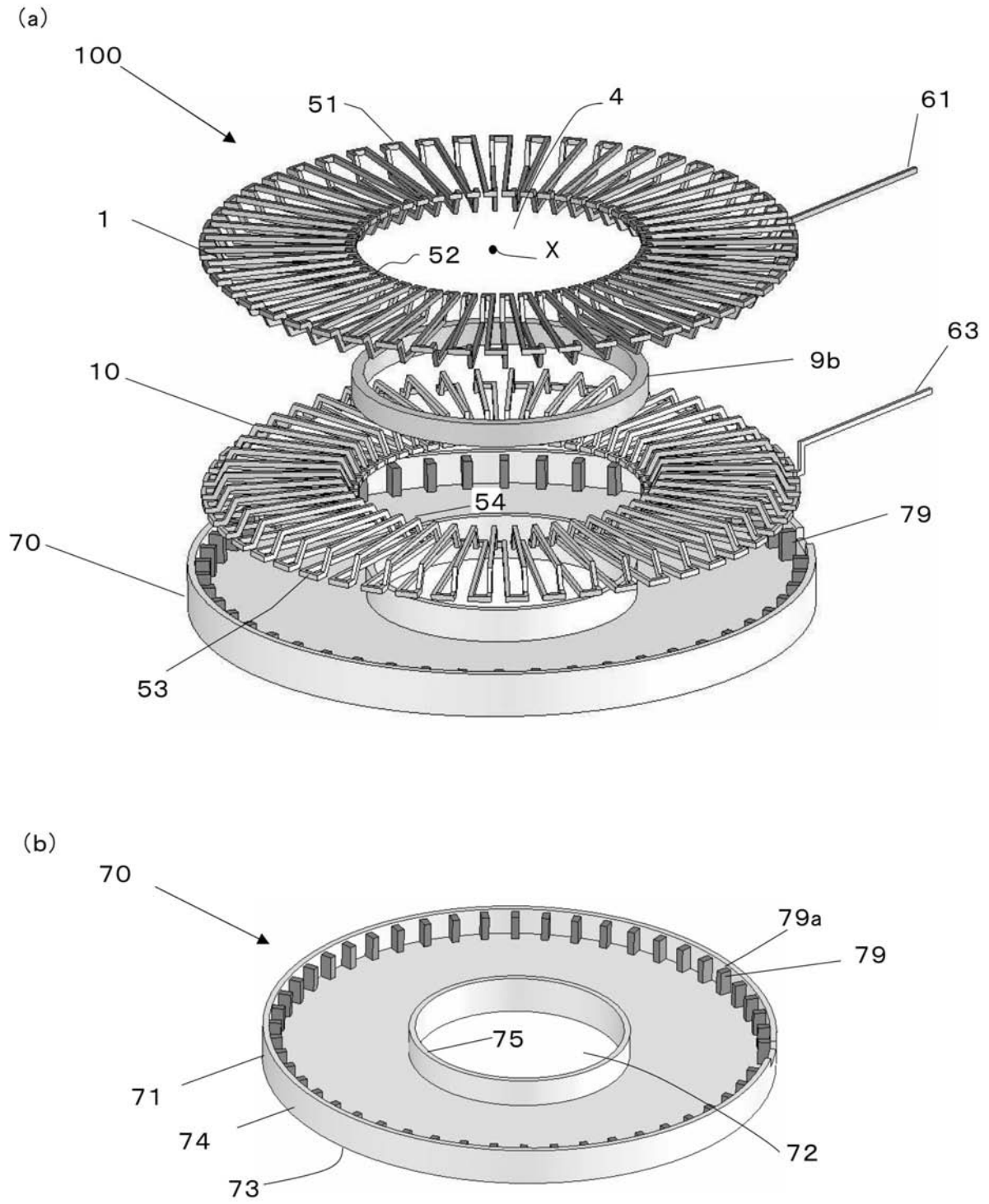
(b)



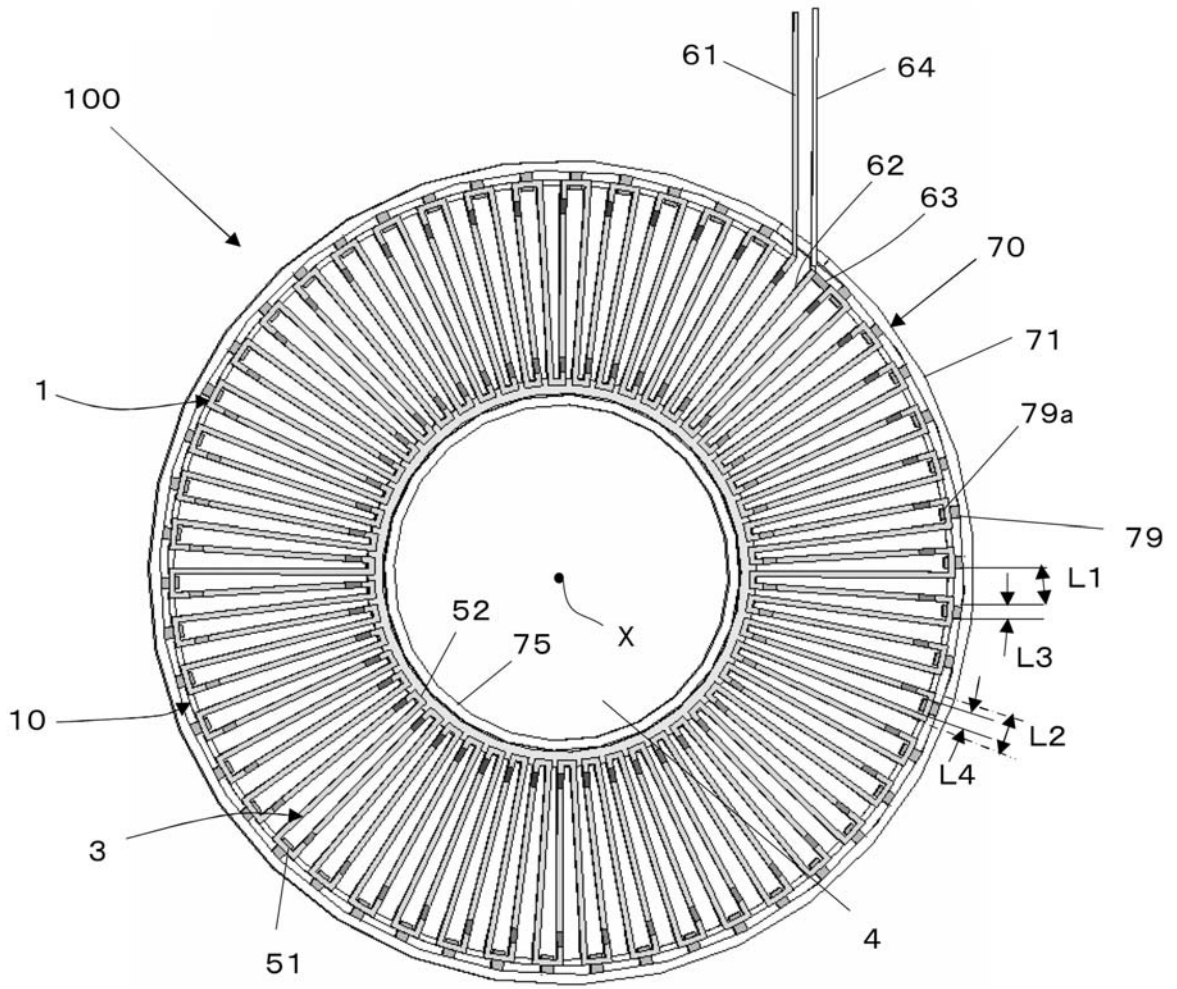
【図17】



【図18】

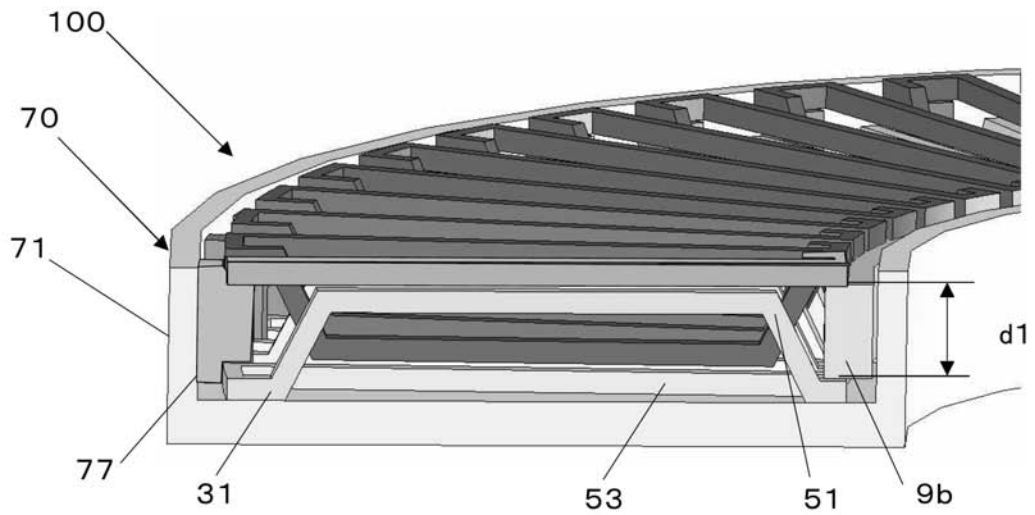


【図19】

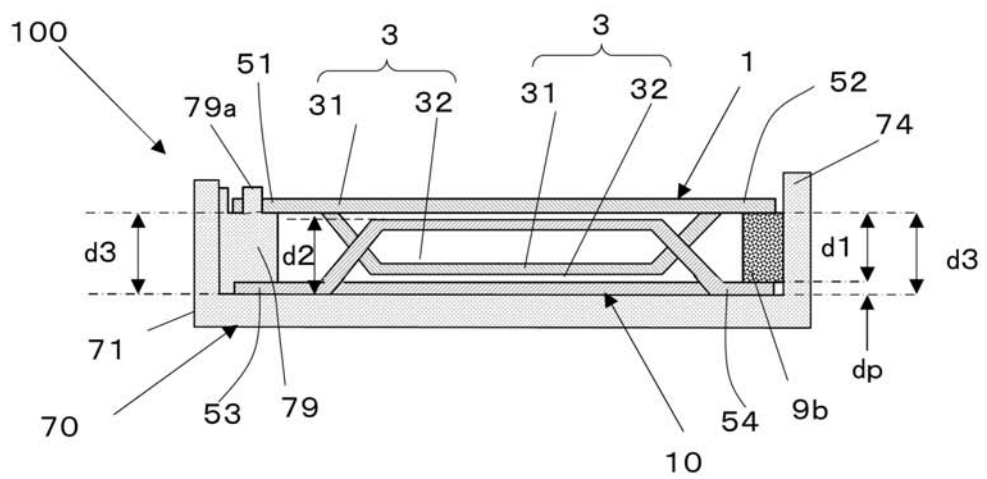


【 図 20 】

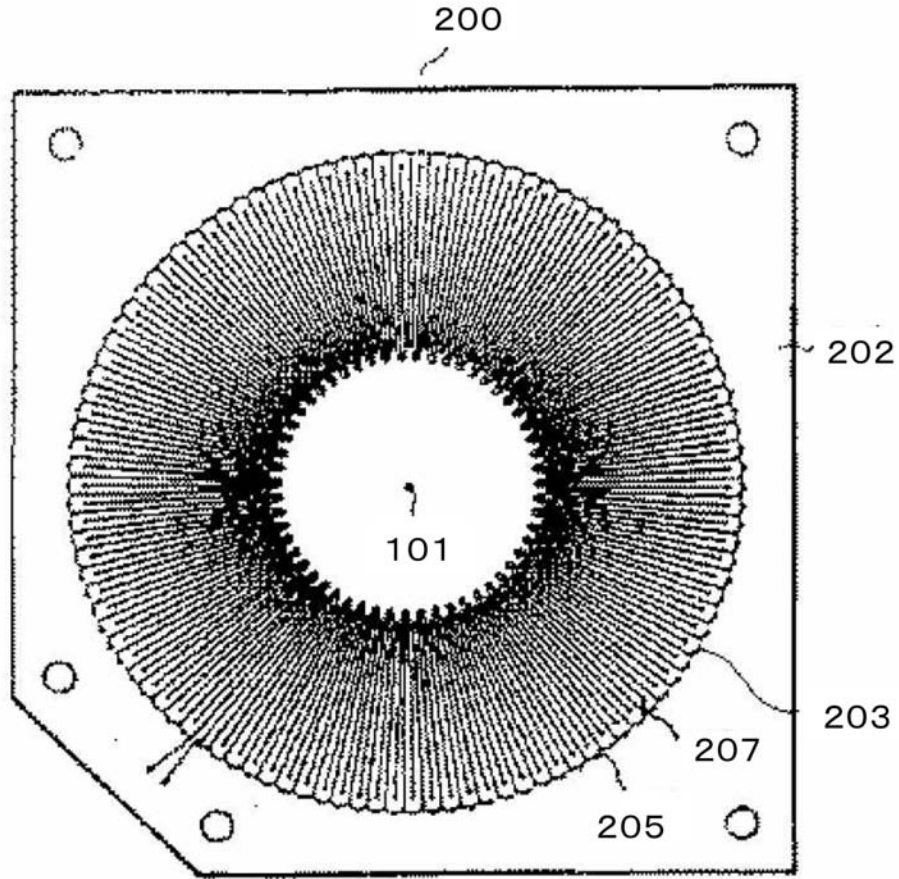
(a)



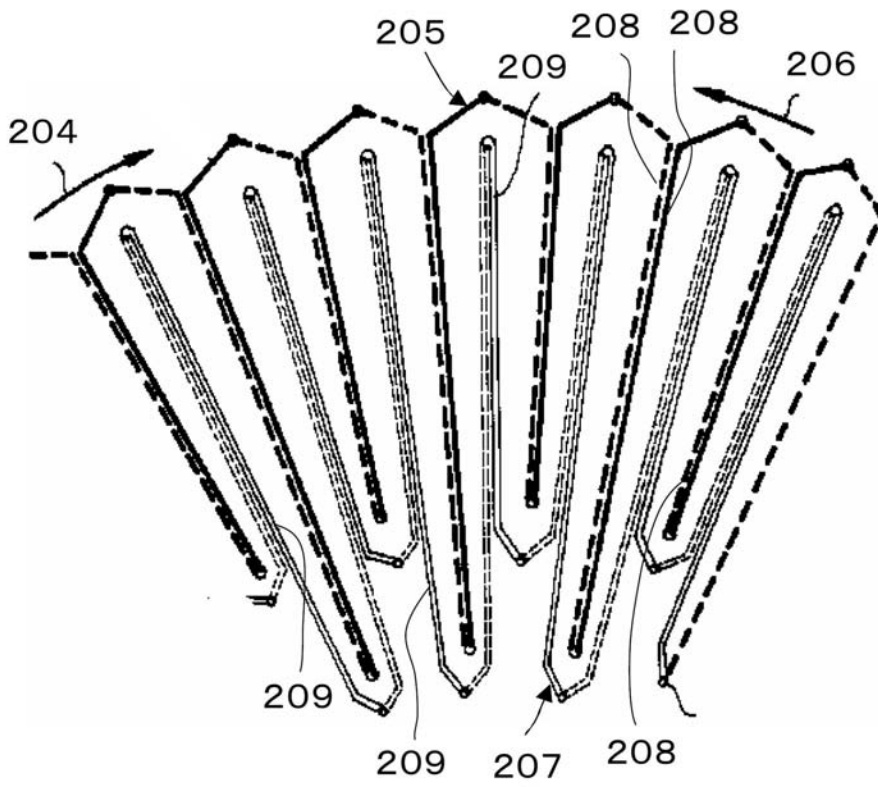
(b)



【図 2 1】



【図 2 2】



フロントページの続き

- (72)発明者 市村 安男
大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内
- (72)発明者 岩見 英司
大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内
- (72)発明者 塩川 明実
大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内
- (72)発明者 前田 雅彦
大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内
- (72)発明者 佐藤 信
大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工株式会社内

審査官 山田 正文

- (56)参考文献 特公昭36-018858(JP, B1)
実開平01-107106(JP, U)
特開平03-253009(JP, A)
特開2003-130894(JP, A)
特開昭63-272020(JP, A)
実開平07-007112(JP, U)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01F 41/04
H01F 5/00
H01F 27/28
H01F 38/28