

(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2019-79870

(P2019-79870A)

(43) 公開日 令和1年5月23日(2019.5.23)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 F 38/14 (2006.01)	HO 1 F 38/14	
HO 2 J 50/10 (2016.01)	HO 2 J 50/10	
HO 2 J 50/70 (2016.01)	HO 2 J 50/70	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2017-204373 (P2017-204373)
 (22) 出願日 平成29年10月23日(2017.10.23)

(出願人による申告)平成29年度 国立研究開発法人科学技術振興機構、研究成果展開事業「スーパークラスタープログラム」委託研究、産業技術力強化法第19条の適用を受ける特許出願

(71) 出願人 504180239
 国立大学法人信州大学
 長野県松本市旭三丁目1番1号
 (72) 発明者 ト 穎剛
 長野県長野市若里四丁目17番1号 国立
 大学法人信州大学工学部内
 (72) 発明者 水野 勉
 長野県長野市若里四丁目17番1号 国立
 大学法人信州大学工学部内

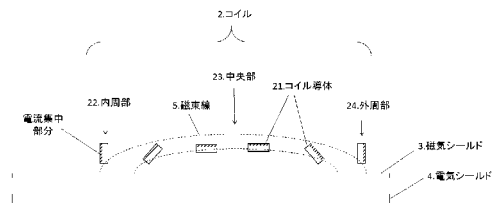
(54) 【発明の名称】非接触給電用伝送コイル部品およびその製造方法ならびに非接触給電装置

(57) 【要約】

【課題】本発明は、コイルの表皮効果や近接効果による高周波損失を低減し、交流抵抗の増大を抑制して、低コストで製造可能な非接触給電用の伝送コイル部品を提供することを目的とする。さらにこの伝送コイル部品を用いた高伝送効率の非接触給電装置を提供することを目的とする。

【解決手段】非接触給電用伝送コイル部品は、渦巻状に巻回されたコイルと前記コイルのコイル面に対向するように配置された磁気シールドとを備えた非接触給電用伝送コイル部品であって、各巻のコイル導体の巻回方向のコイル断面形状が、前記コイルに通電した際に発生する磁束線の流れに沿う形状部分を有する。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

渦巻状に巻回されたコイルと前記コイルのコイル面に対向するように配置された磁気シールドとを備えた非接触給電用伝送コイル部品であって、
各巻のコイル導体の巻回方向のコイル断面形状が、前記コイルに通電した際に発生する磁束線の流れに沿う形状部分を有することを特徴とする非接触給電用伝送コイル部品。

【請求項 2】

前記コイル断面形状が矩形形状であって、
前記矩形形状の長手方向が、前記コイルの内周部と外周部において前記磁気シールドの磁気シールド面に略垂直であり、前記内周部と外周部の間の中央部において前記磁気シールド面に略平行であって、かつ、
前記磁気シールド面に対する前記矩形形状の長手方向の角度が、前記内周部と前記中央部の間および前記中央部と前記外周部の間で、段階的に変化していることを特徴とする請求項 1 記載の非接触給電用伝送コイル部品。

10

【請求項 3】

前記コイル断面形状がコの字形状であって、
前記コの字形状の凹部が前記磁気シールド面に対向していることを特徴とする請求項 1 記載の非接触給電用伝送コイル部品。

【請求項 4】

前記コの字形状の上面幅に対する側面長の比が、前記コイルの内周部と外周部において最大であり、前記内周部と外周部の間の中央部において最小であって、かつ、
前記比が、前記内周部と前記中央部の間および前記中央部と前記外周部の間で、段階的に変化していることを特徴とする請求項 3 記載の非接触給電用伝送コイル部品。

20

【請求項 5】

前記コイル断面形状の、少なくとも前記磁気シールド面に対向している面と反対側の表面および側面に磁性層が形成されていることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項記載の非接触給電用伝送コイル部品。

【請求項 6】

金属平板をレーザ加工またはプレス加工によって渦巻状に溝切り加工する工程と、
溝切り加工された前記金属平板をプレス加工によって変形させる工程を含むことを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項記載の非接触給電用伝送コイル部品の製造方法。

30

【請求項 7】

請求項 6 において、
さらに、溝切り加工された前記金属平板の表面に磁性層を形成する工程を含むことを特徴とする請求項 5 記載の非接触給電用伝送コイル部品の製造方法。

【請求項 8】

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項記載の非接触給電用伝送コイル部品を、送電コイルとしてまたは送電コイルおよび受電コイルとして用いることを特徴とする非接触給電装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、非接触で電力を伝送できる非接触給電用の伝送コイル部品およびその製造方法に関する。さらにはそれを用いた非接触給電装置に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

近年、電気自動車やハイブリッド型自動車などの車両のバッテリーの充電に対して、電磁誘導方式のワイヤレス給電装置の使用が検討されている。ワイヤレス給電装置では、送電コイルに高周波の交流電流（概ね数 10 kHz ~ 200 kHz）を通電し、送電コイルから発生する高周波磁界を受電コイルが受け取ることで、非接触で電力送電する。

【 0 0 0 3 】

このような非接触給電装置では、装置の薄型化に対応して渦巻状（スパイラル状）の断面矩形の平面コイルが用いられる。また高周波磁界によって周囲の金属製部品に渦電流が発生し異常発熱が起きることを回避するため、フェライト等からなる磁気シールドをコイル近傍に配置している（例えば、特許文献 1）。伝送コイル部品は、平面コイルと磁気シールドの組合せで構成される。

10

【 0 0 0 4 】

伝送コイル部品において、コイルに通電した際、コイル断面を囲むように磁束線が発生する。磁束線は、磁気シールドの透磁率が高いため、磁気シールドの表面から垂直に流れるよう分布する。またコイルは複数の導体（コイル導体）が回巻されており、コイル導体同士が互いに近接している。このため、コイルには、自身を流れる電流による表皮効果と近接するコイル導体に生じる渦電流による近接効果の両方が存在する。したがって、各コイル導体を流れる電流は、導体内部で偏ったものとなっており、特にコイルの内周部でコイル導体内の内周側に、外周部でコイル導体内の外周側に偏ったものとなっており、それらの部分で電流が集中し磁束線も集中している。

20

【 0 0 0 5 】

しかながら、従来のコイルは断面矩形の平面コイルであるため高周波表皮厚さが薄く、上記の電流が集中して流れる部分のコイル導体の断面積が小さい。このため交流抵抗が増大して、電力伝送効率の低下が問題となっている。

【 0 0 0 6 】

これに対して、コイルの巻線として多数の絶縁素線をより合わせたリッツ線を使用することが知られている（例えば、特許文献 2）。リッツ線は、細い素線（例えば線径 0.1 mm 以下のエナメル線）を数多く（例えば 500 本以上）より合わせた線である。表皮効果や近接効果による高周波損失を抑制することができる。しかしながら、素線が細く本数の多いリッツ線は、製造コストが高いという問題があった。

30

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 7 】

【 特許文献 1 】 特開 2013 - 201296 号公報

【 特許文献 2 】 特開 2016 - 219252 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 8 】

そこで、本発明は、上記事情に鑑み、コイルの表皮効果や近接効果による高周波損失を低減し、交流抵抗の増大を抑制して、低コストで製造可能な非接触給電用の伝送コイル部品を提供することを目的とする。さらにこの伝送コイル部品を用いた高伝送効率の非接触給電装置を提供することを目的とする。

40

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 9 】

第 1 の発明の非接触給電用伝送コイル部品は、渦巻状に巻回されたコイルと前記コイルのコイル面に対向するように配置された磁気シールドとを備えた非接触給電用伝送コイル部品であって、各巻のコイル導体の巻回方向のコイル断面形状が、前記コイルに通電した際に発生する磁束線の流れに沿う形状部分を有することを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

第 2 の発明の非接触給電用伝送コイル部品は、第 1 の発明に係る非接触給電用伝送コイ

50

ル部品において、前記コイル断面形状が矩形形状であって、前記矩形形状の長手方向が、前記コイルの内周部と外周部において前記磁気シールドの磁気シールド面に略垂直であり、前記内周部と外周部の間の中央部において前記磁気シールド面に略平行であって、かつ、前記磁気シールド面に対する前記矩形形状の長手方向の角度が、前記内周部と前記中央部の間および前記中央部と前記外周部の間で、段階的に変化していることを特徴とする。

【0011】

第3の発明の非接触給電用伝送コイル部品は、第1の発明に係る非接触給電用伝送コイル部品において、前記コイル断面形状がコの字形状であって、前記コの字形状の凹部が前記磁気シールド面に対向していることを特徴とする。

【0012】

第4の発明の非接触給電用伝送コイル部品は、第3の発明に係る非接触給電用伝送コイル部品において、前記コの字形状の上面幅に対する側面長の比が、前記コイルの内周部と外周部において最大であり、前記内周部と外周部の間の中央部において最小であって、かつ、前記比が、前記内周部と前記中央部の間および前記中央部と前記外周部の間で、段階的に変化していることを特徴とする。

【0013】

第5の発明の非接触給電用伝送コイル部品は、第1から第4のいずれか一つの発明に係る非接触給電用伝送コイル部品において、前記コイル断面形状の、少なくとも前記磁気シールド面に対向している面と反対側の表面および側面に磁性層が形成されていることを特徴とする。

【0014】

第6の発明の非接触給電用伝送コイル部品の製造方法は、第1から第4のいずれか一つの発明に係る非接触給電用伝送コイル部品の製造方法において、金属平板をレーザ加工またはプレス加工によって渦巻状に溝切り加工する工程と、溝切り加工された前記金属平板をプレス加工によって変形させる工程を含むことを特徴とする。

【0015】

第7の発明の非接触給電用伝送コイル部品の製造方法は、第6の発明に係る非接触給電用伝送コイル部品の製造方法において、さらに、溝切り加工された前記金属平板の表面に磁性層を形成する工程を含むことを特徴とする。

【0016】

第8の発明の非接触給電装置は、第1から第5のいずれか1つの発明に係る非接触給電用伝送コイル部品を、送電コイルとしてまたは送電コイルおよび受電コイルとして用いることを特徴とする。

【発明の効果】

【0017】

各巻のコイル導体の内部において、磁束線が集中する部分に電流が集中する。そして、第1から第4の発明によれば、各巻のコイル導体の巻回方向のコイル断面形状が、コイルに通電した際に発生する磁束線の流れに沿う形状部分を有する。

【0018】

よって、磁束線がそって集中するこの形状部分に電流が集中するが、この形状部分は、磁束線の流れに沿っているのでコイル導体の断面の中で占める面積が大きい。したがって、結果的にコイルの交流抵抗を低減できる。

【0019】

第5の発明によれば、コイル断面形状の、少なくとも磁気シールド面に対向している面と反対側の表面および側面に磁性層が形成されているので、コイル導体の表面および側面に集中していた磁束線を磁性層に誘導してコイル導体を貫通する磁束線の数を減少できる。これにより、コイル導体内の渦電流を抑えコイルの交流抵抗をさらに低減できる。

【0020】

第6の発明によれば、金属平板をレーザ加工またはプレス加工によって渦巻状のコイル形状に加工し製造するので、低コストで伝送コイル部品を製造できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 1 】

第 7 の発明によれば、コイル導体内の渦電流をさらに抑えることができる伝送コイル部品を簡便に低コストで製造できる。

【 0 0 2 2 】

第 8 の発明によれば、表皮効果や近接効果による高周波損失を低減し低コストで製造できる伝送コイル部品を使用するので、伝送効率が高くかつ低コストの非接触給電装置を提供できる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 2 3 】

【 図 1 】 第 1 ~ 第 5 の実施の形態に係る伝送コイル部品の平面概略図である。 10

【 図 2 】 第 1 の実施の形態に係る伝送コイル部品の断面概略図である。

【 図 3 】 第 2 の実施の形態に係る伝送コイル部品の断面概略図である。

【 図 4 】 第 3 の実施の形態に係る伝送コイル部品の断面概略図である。

【 図 5 】 第 4 の実施の形態に係る伝送コイル部品の断面概略図である。

【 図 6 】 第 5 の実施の形態に係る伝送コイル部品のコイルのコイル導体の断面概略図である。

【 図 7 】 一実施の形態に係る伝送コイル部品のコイルの製造工程を説明するブロック図である。

【 図 8 】 他の実施の形態に係る伝送コイル部品のコイルの製造工程を説明するブロック図である。 20

【 図 9 】 一実施の形態に係る非接触給電装置を説明する回路ブロック図である。

【 図 1 0 】 コイルの計算モデルを説明する図（平面図）である。

【 図 1 1 】 実施例 1 の伝送コイル部品のコイルの断面概略図である。

【 図 1 2 】 実施例 2 の伝送コイル部品のコイルおよび磁気シールドの断面概略図である。

【 図 1 3 】 実施例 3 の伝送コイル部品のコイルおよび磁気シールドの断面概略図である。

【 図 1 4 】 比較例 1 の伝送コイル部品のコイルおよび磁気シールドの断面概略図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 4 】

本発明の実施形態に係る伝送コイル部品およびその製造方法ならびに伝送コイル部品を用いた非接触給電装置について、図面に基づいて説明する。 30

【 0 0 2 5 】

< 1 . 伝送コイル部品 >

(第 1 の実施の形態)

図 1 は、第 1 ~ 第 5 の実施の形態に係る伝送コイル部品の平面概略図である。伝送コイル部品 1 は、アルミニウムまたは銅の金属からなるコイル導体 2 1 が渦巻状に巻回された平面のコイル 2 とこのコイル 2 のコイル面に対抗するように配置された磁気シールド 3 とを備えている。この例では、コイル 2 は、巻数 6 回巻でアルファ巻の平面コイルである。また磁気シールド 3 は、Ni 系フェライト焼結体、Mn 系フェライト焼結体等の各種のフェライト材料を用いることができるが、抵抗率の高い Ni Mn 系フェライト焼結体がより好ましい。さらに、アルミニウムまたは銅の金属からなる電気シールド 4 が、コイル 2 と反対側の磁気シールド 3 の面に対向して配置されている。 40

【 0 0 2 6 】

図 2 は、第 1 の実施の形態に係る伝送コイル部品の断面概略図であり、図 1 の A - A 断面の図である。コイル 2 に電流を通電して発生する磁束線 5 を点線で図示している。各巻のコイル導体 2 1 の巻回方向のコイル断面形状が、コイル 2 に通電した際に発生する磁束線 5 の流れに沿う形状部分を有している。

【 0 0 2 7 】

すなわち、この例では、各巻のコイル導体 2 1 の断面形状は矩形形状であり、矩形形状の長手方向が、コイルの内周部 2 2 と外周部 2 4 において磁気シールド 3 の磁気シールド面に略垂直であり、内周部 2 2 と外周部 2 4 の間の中央部 2 3 において磁気シールド面に 50

略平行である。さらに、磁気シールド面に対する矩形形状の長手方向の角度が、内周部 2 2 から中央部 2 3 にかけて、中央部 2 3 から外周部 2 4 にかけて、段階的に変化している。

【0028】

コイル 2 は渦巻状の平面コイルであり、コイル導体 2 1 は内周側から外周側にかけて連続して回巻きされている。よって、コイル導体 2 1 の回巻の方法としては、磁気シールド面に対する矩形形状の長手方向の角度が回巻の一周の間で同じで、一周回る毎に少しずつ段階的に変化しているか、または当該角度がコイルの一周の間で緩やかに連続的に変化し、渦巻状コイル中心を通る断面で見るとコイルの内周部 2 2 から外周部 2 4 にかけて角度が段階的に変化しているようになっているかの、いずれの場合であってもよい。

10

【0029】

コイル 2 を囲む磁束線 5 は、コイルの内周部 2 2 で磁気シールド 3 の磁気シールド面からほぼ垂直に発生し、中央部 2 3 でコイル導体にはほぼ平行に流れ、外周部 2 4 で磁気シールド 3 にほぼ垂直に流入する。

【0030】

第 1 の実施の形態においては、コイル導体 2 1 がその矩形断面の長手方向が磁束線 5 に沿うように配置されており、矩形形状が磁束線 5 の流れに沿う形状部分に相当する。

【0031】

図 2 には、各巻のコイル導体 2 1 の内部において磁束線が集中し電流が概ね集中している部分を「斜線」で図示している。コイル導体 2 1 内の磁束線 5 と電流の集中は、コイルの内周部 2 2 ではコイル導体 2 1 の内周側で、そしてコイルの外周部 2 4 ではコイル導体 2 1 の外周側で、さらに内周部 2 2 と外周部 2 4 の間の中央部 2 3 ではコイル導体 2 1 の磁気シールド 3 と対向する面と反対側の面で、起きている。

20

【0032】

このように第 1 の実施の形態においては、コイル導体 2 1 の巻回方向のコイル断面形状が、磁束線 5 の流れに沿う形状部分の矩形形状を有している。これにより、電流集中部分の断面積を大きくでき、交流抵抗の増加を抑制することができる。

【0033】

なおこの実施の形態では、コイル断面形状が矩形形状であり矩形形状の長手方向が磁束線 5 の方向と一致しているが、コイル断面形状は矩形形状に限られない。コイル断面形状の長手方向が磁束線 5 の流れと概ね方向が揃っているか、または揃っている成分を有していれば、コイル断面形状は他の形状であってもよい。

30

【0034】

(第 2 の実施の形態)

図 3 は、第 2 の実施の形態に係る伝送コイル部品の断面概略図である。第 2 の実施の形態に係る伝送コイル部品の平面概略図は、図 1 と同じであり、図 3 は、平面概略図の図 1 の A - A 断面の図である。

【0035】

伝送コイル部品 1 は、アルミニウムまたは銅の金属からなるコイル導体 2 1 が渦巻状に巻回された平面のコイル 2 とこのコイル 2 のコイル面に対向するように配置された磁気シールド 3 とを備えている。磁気シールド 3 は、Ni 系フェライト焼結体、Mn 系フェライト焼結体等の各種のフェライト材料を用いることができるが、抵抗率の高い Ni Mn 系フェライト焼結体がより好ましい。なお電気シールドは省略し図示していない。

40

【0036】

コイル導体 2 1 の巻回方向のコイル断面形状は、コの字形状であり、コの字形状の凹部が磁気シールド面に対向している。コイル 2 に通電して発生する磁束線は、各巻のコイル導体 2 1 の内部において、斜線で示した部分に集中し、電流もこの部分に集中する。この部分が磁束線 5 の流れに沿う形状部分に相当する。

【0037】

すなわち、コイル 2 の内周部 2 2 ではコの字形状の内周側の L の字部分が概ね磁束線 5

50

の流れに沿う形状部分に相当し、外周部 2 4 ではコの字形状の外周側の L の字部分が概ね磁束線 5 の流れに沿う形状部分に相当し、そして中央部 2 3 ではコの字形状の磁気シールド面に対向する側と反対側の平な部分が概ね磁束線 5 の流れに沿う形状部分に相当する。よって、第 2 の実施の形態に係る伝送コイル部品 1 のコイル 2 は、磁束線 5 の流れに沿う形状部分を有している。これにより、交流抵抗の増加を抑制している。

【 0 0 3 8 】

この例では、同一のコの字形状のコイル導体 2 1 が繰り返して配置されているが、各巻のコイル導体 2 1 のコイル断面形状は、必ずしも同一である必要はない。

【 0 0 3 9 】

第 2 の実施の形態に係る伝送コイル部品のコイル 2 は、後述するレーザ加工またはプレス加工によって、簡便にかつ低コストで製造することができる。

【 0 0 4 0 】

(第 3 の実施の形態)

図 4 は、第 3 の実施の形態に係る伝送コイル部品の断面概略図である。第 3 の実施の形態に係る伝送コイル部品の平面概略図は、図 1 と同じであり、図 4 は、平面概略図の図 1 の A - A 断面の図である。

【 0 0 4 1 】

伝送コイル部品 1 は、アルミニウムまたは銅の金属からなるコイル導体 2 1 が渦巻状に巻回された平面のコイル 2 とこのコイル 2 のコイル面に対向するように配置された磁気シールド 3 とを備えている。磁気シールド 3 は、Ni 系フェライト焼結体、Mn 系フェライト焼結体等の各種のフェライト材料を用いることができるが、抵抗率の高い Ni Mn 系フェライト焼結体がより好ましい。なお電気シールドは省略し図示していない。

【 0 0 4 2 】

第 3 の実施の形態に係る伝送コイル部品 1 のコイル 2 は、第 2 の実施の形態に係る伝送コイル部品 1 のコイル 2 と同様に、コイル断面形状がコの字形状であって、コの字形状の凹部が磁気シールド面に対向している。そして、コの字形状の上面幅 2 5 に対する側面長 2 6 の比が、コイルの内周部 2 2 と外周部 2 4 において最大であり、内周部 2 2 と外周部 2 4 の間の中央部 2 3 において最小である。さらに上面幅 2 5 に対する側面長 2 6 の比が、内周部 2 2 と中央部 2 3 の間および中央部 2 3 と外周部 2 4 の間で段階的に変化している。

【 0 0 4 3 】

コイル 2 は渦巻状の平面コイルであり、コイル導体 2 1 は内周側から外周側にかけて連続して回巻きされている。よって、コイル導体 2 1 の回巻の方法としては、磁気シールド面に対する矩形形状の長手方向の角度が回巻の一周の間で同じで、一周回る毎に少しずつ段階的に変化しているか、または当該角度がコイルの一周の間で緩やかに連続的に変化し、渦巻状コイル中心を通る断面で見るとコイルの内周部 2 2 から外周部 2 4 にかけて角度が段階的に変化しているようになっているかの、いずれの場合であってもよい。

【 0 0 4 4 】

第 3 の実施の形態のコイル 2 は、第 1 の実施の形態および第 2 の実施の形態の 2 つの特長を兼ね備えた構造となっている。すなわち、第 3 の実施の形態のコイル 2 の各巻のコイル導体 2 1 のコイル断面形状は、第 2 の実施の形態のコイル 2 と同様にコの字形状であり、コイル 2 の内周部 2 2 と外周部 2 4 で、第 1 の実施の形態のコイル 2 のコイル導体 2 1 の断面に近い略矩形形状をなし、その長手方向が磁気シールド 3 の磁気シールド面に略垂直となって、磁束線 5 の流れに沿う形状部分を有している。また、コイル 2 の中央部 2 3 においても、第 1 の実施の形態のコイル 2 のコイル導体 2 1 の断面に近い略矩形形状をなし、その長手方向が磁気シールド面に略平行となって、磁束線 5 の流れに沿う形状部分を有している。そして、内周部 2 2 と中央部 2 3 の間および中央部 2 3 と外周部 2 4 の間で、第 1 の実施の形態と同様にコの字形状の L の字部分が磁束線 5 の流れに沿う形状部分に相当するよう、コイル断面形状が段階的に変化している。これにより、コイル 2 の交流抵抗の増加を抑制している。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

第 3 の実施の形態に係る伝送コイル部品のコイル 2 は、後述するレーザ加工またはプレス加工によって、簡便にかつ低コストで製造することができる。

【 0 0 4 6 】

(第 4 の実施の形態)

図 5 は、第 4 の実施の形態に係る伝送コイル部品の断面概略図である。第 4 の実施の形態に係る伝送コイル部品は、第 1 の実施の形態に係る伝送コイル部品と基本的に構造が同じであり、コイル導体 2 1 のコイル断面形状の少なくとも磁気シールド面に対向している面と反対側の表面および側面に磁性層 6 が形成されている点が異なる。図 5 では、コイル断面形状の全面に磁性層 6 が形成されている。

10

【 0 0 4 7 】

ここで、コイル導体 2 1 の内周側や外周側に集中する磁束線は、透磁率が高い磁性層 6 に吸い寄せられるように誘導され、コイル導体 2 1 の内部において磁束線の集中が解消される。これによりコイル導体 2 1 の内部の電流集中も解消され、結果としてコイル 2 の交流抵抗の増大がさらに抑制できる。

【 0 0 4 8 】

(第 5 の実施の形態)

図 6 は、第 5 の実施の形態に係る伝送コイル部品のコイルのコイル導体の断面概略図である。第 5 の実施の形態に係る伝送コイル部品は、第 2 の実施の形態に係る伝送コイル部品と基本的に構造が同じであり、コイル導体 2 1 のコイル断面形状の少なくとも磁気シールド面に対向している面と反対側の表面および側面に磁性層 6 が形成されている点が異なる。図 6 では、(A) がコの字の上面および左右の両側面の表面に、(B) がさらに磁気シールド面に対向する面の表面にも、(C) がそしてさらに凹部の内部の表面にも(すなわちコの字のコイル断面形状の全面に)、磁性層 6 が形成されている場合である。

20

【 0 0 4 9 】

第 5 の実施の形態においても、第 4 の実施の形態と同様に、コイル導体 2 1 の内周側や外周側に集中する磁束線は、磁性層 6 に吸い寄せられるように誘導され、コイル導体 2 1 の内部において磁束線の集中が解消される。これによりコイル導体 2 1 の内部の電流集中も解消され、結果としてコイル 2 の交流抵抗の増大がさらに抑制できる。

【 0 0 5 0 】

< 2 . 伝送コイル部品の製造方法 >

図 7 は、一実施の形態に係る伝送コイル部品のコイルの製造工程を説明するブロック図である。伝送コイル部品のコイルの製造方法は、薄肉の金属平板をレーザ加工またはプレス加工によって渦巻状に溝切り加工し渦巻状の平面コイルを作製する溝切り加工工程 S 1 とこの溝切り加工された金属平板からなる平面コイル板をプレス加工によって変形させる変形工程 S 2 を含み、これらの工程を経て前述した第 1 から第 3 の実施の形態に係る伝送コイル部品のコイルを製造する。

30

【 0 0 5 1 】

例えば、第 1 の実施の形態の伝送コイル部品については、溝切り加工工程 S 1 の後、変形工程 S 2 において、渦巻状の金属平板を上下挟んでプレス加工により変形し、断面の角度が段階的に変化している矩形断面のコイルを形成する。このとき、断面の角度が回巻の一周の間で同じで、一周回る毎に少しずつ段階的に変化するようにしてもよいし、または当該角度がコイルの一周の間で緩やかに連続的に変化し、一周毎にコイルの内周から外周にかけて角度が段階的に変化するように変形してもよい。

40

【 0 0 5 2 】

また、例えば、第 2 および第 3 の実施の形態の伝送コイル部品については、渦巻状の溝切り加工工程 S 1 の後変形工程 S 2 において、雄型と雌型とによるプレス加工により、断面形状がコの字形状のコイルを形成する。このとき、第 3 の実施の形態の伝送コイル部品については、雄型と雌型の溝の深さを回巻の一周の間で同じで、一周回る毎に少しずつ段階的に変化するようにしてプレス加工してもよいし、また当該溝の深さをコイルの一周の

50

間で緩やかに連続的に変化し、渦巻状コイル中心を通る断面で見るとコイルの内周から外周にかけて当該溝の深さ角度が段階的に変化しているようにしてプレス加工してもよい。

【0053】

図8は、他の実施の形態に係る伝送コイル部品のコイルの製造工程を説明するブロック図である。この実施の形態に係る伝送コイル部品のコイルの製造方法は、図7に示す実施の形態に係る伝送コイル部品のコイルの製造工程に、さらに磁性層をコイル導体表面に形成する磁性層形成工程S3を加えたものである。これにより、前述べたコイル第4および第5の実施の形態に係る伝送コイル部品のコイルを製造する。

【0054】

磁性層をコイル導体表面に形成する方法としては、磁性層を湿式や乾式のめっきにより成膜する方法の他、粉末状にした磁性体をエポキシ樹脂などの溶剤に混ぜて、スプレーまたはハケにより塗布する方法がある。磁性体には、鉄やニッケルなど強磁性体材料やSiなど添加した珪素鋼の他に、アモルファス、センダストや金属の酸化物(フェライト)などを使用できる。材料の形態は薄膜やナノ粉末などいずれも使用可能である。

【0055】

<3. 非接触給電装置>

図9は、一実施の形態に係る非接触給電装置を説明する回路ブロック図である。この例では、電気自動車に適用したものである。この非接触給電装置は、充電器として機能する送電装置7と自動車本体9の電源となるバッテリー84を含む受電装置8とを備えている。送電装置7と受電装置8は、電磁的に結合することにより、非接触で電力送電を行う非接触給電装置を形成するようになっている。

【0056】

送電装置7は、図9に示すように、電源71と整流回路72と送電回路73と送電コイル74とを備えている。電源71は、例えば200Vまたは400V等の三相交流電圧あるいは100Vの単相交流電圧を供給する系統電源である。整流回路72は、入力端が電源71に接続されるとともに出力端が送電回路73に接続されており、電源71から供給される交流電圧を整流して直流電圧に変換し、変換した直流電圧を送電回路73に出力する。送電回路73は、入力端が整流回路72に接続されるとともに出力端が送電コイル74の両端に接続されており、整流回路72からの直流電圧を使用して所定の周波数の交流を生成する回路であり、その生成した交流電圧を送電コイル74に供給するようになっている。

【0057】

受電装置8は、図9に示すように、受電コイル81と受電回路82と充放電制御回路83とバッテリー84とを備えている。

【0058】

受電コイル81は、送電装置7の送電コイル74と接近させて対向させ使用する場合に、両コイル81、74が電磁結合して両者の間で変圧器を形成するようになっている。この電磁誘導により受電コイル81に誘起される交流電圧は、受電回路82に供給され、受電回路82において整流されて直流電圧に変換される。そして、受電回路82から出力される直流電圧は、充放電制御回路83を介してバッテリー84に供給され、バッテリー84を充電するようになっている。充放電制御回路83は、受電回路82からの出力によりバッテリー84を充電する場合にはその充電の制御を行い、バッテリー84で負荷である自動車本体9を動作させる場合には放電の制御を行う回路である。バッテリー84は、放電後に充電により繰り返し使用できる再充電が可能な二次電池(例えば、リチウムイオン電池やニッケル水素電池等)である。

【0059】

本実施の形態に係る非接触給電装置においては、送電コイル74に、前述した本発明に係る伝送コイル部品が用いることができる。これにより、表皮効果や近接効果による高周波損失を低減し低コストで製造できる伝送コイル部品を使用しているため、伝送効率が高くかつ低コストの非接触給電装置を提供できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 0 】

また、受電コイル 8 1 にも、前述した本発明に係る伝送コイル部品も用いてもよい。さらに伝送効率が高い低コストの非接触給電装置を提供できる。

【 0 0 6 1 】

本発明に係る非接触給電装置は、自動車用に限定されるものではない。携帯電話やスマートフォン、タブレットなどの電子機器の電力給電に用いられてもよい。また、本発明に係る伝送コイル部品は、誘導式加熱装置などにも適用されてもよい。さらに、本発明に係る伝送コイル部品は、電磁誘導方式の非接触給電装置における使用に限定されない。磁界共鳴方式の非接触給電装置にも適用されてもよい。

【 実施例 】

【 0 0 6 2 】

以下、本発明に係る伝送コイル部品を実施・適用した場合のシミュレーション結果について述べるが、本発明はここで述べられる適用例に限定されるものではない。

【 0 0 6 3 】

< 1 . シミュレーション解析モデル >

本発明に係る伝送コイル部品のシミュレーションによる適用例を説明する前に、まず、コイル部品の特性（交流抵抗、インダクタンス、Q 値、結合係数 k、伝送効率）について解析するためのシミュレーションモデルについて説明する。

【 0 0 6 4 】

シミュレーション用の解析ソフトには、電磁場解析ソフトウェアの ANSYS Maxwell (ANSYS社製) を用いた。表 1 に、解析の諸条件をまとめる。

【 0 0 6 5 】

【 表 1 】

項目	内容
使用ソフト	ANSYS Maxwell Ver.17.2
解析方法	二次元静磁界解析
解法	FEM(有限要素法)
メッシュタイプ、入力データ	自動分割 コイル、空気、磁気シールド、磁性層
メッシュ要素サイズ	1) コイル: 0.02 mm 2) 空気: 1 mm 3) 磁気シールド: 1 mm 4) 磁性層: 0.02 mm
材料	1) コイル: アルミニウム (抵抗率 $\rho = 2.78 \times 10^{-8} \Omega m$ 、比透磁率 $\mu r = 1$) 2) 空気 ($\rho = \infty \Omega m$ 、 $\mu r = 1$) 3) 磁気シールド: フェライト ($\rho = \infty \Omega m$) 4) 磁性層: 強磁性材料 (比透磁率 $\mu r = 46$)

【 0 0 6 6 】

図 1 0 は、コイルの計算モデルを説明する図（平面図）である。コイルは、抵抗率 $2.78 \times 10^{-8} \Omega m$ のアルミニウム材を想定している。巻数が 6 回巻の平面コイルである。コイルの内径および外径はそれぞれ 2 0 5 mm、3 5 0 mm である。コイルに通電する交流電流の周波数は 8 5 k H z である。

【 0 0 6 7 】

< 2 . 送電コイルの計算による実施例 >

本発明の伝送コイル部品を送電コイルに使用した場合のコイル特性（交流抵抗、インダクタンス、Q 値）を計算する。

【 0 0 6 8 】

（実施例 1）

図 1 1 は、実施例 1 の伝送コイル部品のコイル 2 および磁気シールド 3 の断面概略図である。図 1 0 の A - A 断面図に相当する。

【 0 0 6 9 】

各巻のコイル導体 2 1 の断面形状は、図 1 1 に示すように、 9.2×2 mm の矩形形状で、コイル導体 2 1 は 6 巻である。コイル導体 2 1 の隣同士の間隔ピッチ（隣同士のコイル導体の中心の間隔）は 12.5 mm、コイル導体 2 1 と磁気シールドの最近接距離は 5 mm、最内周のコイル導体 2 1 の中心と渦巻状コイルの中心との距離が 107.5 mm、最外周のコイル導体 2 1 の中心と渦巻状コイルの中心との距離が 170 mm である。矩形形状の長手方向の磁気シールド 3 に対する角度が、発生する磁束線の流れに沿って、コイル 2 の内周から外周にかけて、 90° 、 45° 、 0° 、 0° 、 -45° 、 -90° と段階的に変化している。すなわち、コイル導体 2 1 のコイル断面形状が磁束線の流れに沿う形状部分を有している。

【0070】

計算して求めたコイル特性（交流抵抗 R、インダクタンス L、Q 値）を表 2 にまとめる。

【0071】

（実施例 2）

図 1 2 は、実施例 2 の伝送コイル部品のコイル 2 および磁気シールド 3 の断面概略図である。図 1 0 の A - A 断面図に相当する。

【0072】

各巻のコイル導体 2 1 の断面形状は、図 1 2 に示すように、コイルの内周部 2 2 か外周部 2 4 にかけて同一のコの字形状である。コの字形状の各寸法は図 1 2 に示すとおりである。コの字形状は左右対称で、コイル導体 2 1 は 6 巻である。コイル導体 2 1 の隣同士の間隔ピッチ（隣同士のコイル導体の中心の間隔）およびコイル導体 2 1 と磁気シールドの最近接距離、最内周のコイル導体 2 1 の中心と渦巻状コイルの中心との距離、最外周のコイル導体 2 1 の中心と渦巻状コイルの中心との距離は、図 1 1 と同様に、それぞれ 12.5 mm、 5 mm、 107.5 mm、 170 mm である。

【0073】

コイル 2 の内周部 2 2 ではコの字形状の内周側の L の字部分が、外周部 2 4 ではコの字形状の外周側の L の字部分が、そして中央部 2 3 ではコの字形状の平な部分が、磁束線の流れに沿う形状部分に相当する。

【0074】

計算して求めたコイル特性（交流抵抗 R、インダクタンス L、Q 値）を表 2 にまとめる。

【0075】

（実施例 3）

図 1 3 は、実施例 3 の伝送コイル部品のコイル 2 および磁気シールド 3 の断面概略図である。図 1 0 の A - A 断面図に相当する。

【0076】

各巻のコイル導体 2 1 の断面形状は、コの字形状であるが、図 1 1 に示すように、内周部 2 2 から外周部 2 4 にかけてその形状の縦横比（コの字形状の上面幅 2 5 に対する側面長 2 6 の比）が段階的に変化している。コの字形状の各寸法は図 1 3 に示すとおりである。コの字形状は左右対称であって、かつ 6 巻のコイル導体 2 1 は、中央部 2 3 を中心に左右対称に並んでいる。コイル導体 2 1 の隣同士の間隔ピッチ（隣同士のコイル導体の中心の間隔）およびコイル導体 2 1 と磁気シールドの最近接距離、最内周のコイル導体 2 1 の中心と渦巻状コイルの中心との距離、最外周のコイル導体 2 1 の中心と渦巻状コイルの中心との距離は、図 1 1 と同様に、それぞれ 12.5 mm、 5 mm、 107.5 mm、 170 mm である。

【0077】

実施例 3 において、コイル 2 の内周部 2 2 と外周部 2 4 で、略矩形形状をなし、その長手方向が磁気シールド面に垂直となって磁束線の流れに沿う形状部分を有している。また、コイル 2 の中央部 2 3 においても、その長手方向が磁気シールド面に略平行となって、磁束線 5 の流れに沿う形状部分を有している。そして、内周部 2 2 と中央部 2 3 の間およ

10

20

30

40

50

び中央部 2 3 と外周部 2 4 の間で、コの字形状の左右の L の字部分が磁束線の流れに沿う形状部分に相当するよう、コイル断面形状が段階的に変化している。

【 0 0 7 8 】

計算して求めたコイル特性（交流抵抗 R、インダクタンス L、Q 値）を表 2 にまとめる。

【 0 0 7 9 】

（比較例 1）

図 1 4 は、比較例 1 の伝送コイル部品のコイル 2 および磁気シールド 3 の断面概略図である。図 1 0 の A - A 断面図に相当する。

【 0 0 8 0 】

各巻のコイル導体 2 1 の断面形状は、図 1 4 に示すように、 9.2×2 mm の矩形形状で、何れも磁気シールド 3 の磁気シールド面に平行に配置されている。コイル導体 2 1 は 6 巻である。コイル導体 2 1 の隣同士の間隔ピッチ（隣同士のコイル導体の中心の間隔）およびコイル導体 2 1 と磁気シールドの最近接距離、最内周のコイル導体 2 1 の中心と渦巻状コイルの中心との距離、最外周のコイル導体 2 1 の中心と渦巻状コイルの中心との距離は、図 1 1 と同様に、それぞれ 12.5 mm、5 mm、107.5 mm、170 mm である。

【 0 0 8 1 】

計算して求めたコイル特性（交流抵抗 R、インダクタンス L、Q 値）を表 2 にまとめる。

【 0 0 8 2 】

（実施例 4）

実施例 4 の伝送コイル部品のコイルは、図 1 1 に示す実施例 1 のコイルについて、図 5 に示すように各巻のコイル導体の表面の全面に磁性層を形成したものである。磁性層の膜厚は 0.2 mm である。

【 0 0 8 3 】

計算して求めたコイル特性（交流抵抗 R、インダクタンス L、Q 値）を表 2 にまとめる。

【 0 0 8 4 】

（実施例 5 ~ 7）

実施例 5 の伝送コイル部品は、図 1 2 に示す実施例 2 のコイルについて、図 6 (A) に示すように、コの字形状のコイル導体の上面および左右の両側面の表面に磁性層を形成したものである。磁性層の膜厚は 0.2 mm である。

【 0 0 8 5 】

実施例 6 の伝送コイル部品は、図 1 2 に示す実施例 2 のコイルについて、図 6 (B) に示すように、コイル導体のコの字形状の上面および左右の両側面、そして磁気シールド面に対向する面の表面に磁性層を形成したものである。磁性層の膜厚は 0.2 mm である。

【 0 0 8 6 】

実施例 7 の伝送コイル部品は、図 1 2 に示す実施例 2 のコイルについて、図 6 (C) に示すように、コイル導体のコの字形状の上面および左右の両側面、磁気シールド面に対向する面の表面に磁性層に加え、さらに凹部の内部の表面にも磁性層を形成したものである。磁性層の膜厚は 0.2 mm である。

【 0 0 8 7 】

実施例 5 ~ 7 について、計算して求めたコイル特性（交流抵抗 R、インダクタンス L、Q 値）を表 2 にまとめる。

【 0 0 8 8 】

< 3 . 送電コイルと受電コイルの計算による実施例 >

本発明に係る伝送コイル部品を送電コイルと受電コイルとして使用し、両コイルを 150 mm の距離（伝送距離）を離して互いに向い合せ対向させた場合のコイル特性（結合係数 k と伝送効率）を計算する。結合係数 k は、トランスを構成する送電コイルと受電コ

10

20

30

40

50

イルとの結合の度合いを表す数である。また伝送効率 は、結合係数 k と Q 値の積により求めることができる。

【0089】

(実施例8、9)

実施例8は、図11に示す実施例1の伝送コイル部品を送電コイルと受電コイルとして使用する場合である。

【0090】

実施例9は、図12に示す実施例2の伝送コイル部品を送電コイルと受電コイルとして使用する場合である。

【0091】

実施例8および9について、計算して求めたコイル特性(結合係数 k と伝送効率)を表2にまとめる。

【0092】

(比較例2)

比較例2は、図14に示す比較例1の伝送コイル部品を送電コイルと受電コイルとして使用する場合である。

【0093】

計算して求めたコイル特性(結合係数 k と伝送効率)を表2にまとめる。

【0094】

【表2】

	交流抵抗 $R(m\Omega)$	インダクタンス $L(mH)$	Q 値		結合係数 k	伝送効率 η (%)
実施例1(矩形角度)	67.43	21.73	172.11	実施例8	0.193	94.2
実施例2(コの字)	74.17	22.75	163.81	実施例9	0.196	94.0
実施例3(コの字変化)	71.34	22.53	168.67			
実施例4(矩形角度Mag)	31.15	26.00	445.77	実施例10	0.187	97.63
実施例5(コの字Mag1)	60.01	23.89	212.30	実施例11	0.190	95.2
実施例6(コの字Mag2)	56.60	23.96	226.08			
実施例7(コの字Mag3)	56.70	23.96	225.68			
比較例1(矩形平行)	89.6	22.7	135	比較例2	0.195	92.7

【0095】

表2から、実施例1~3について、比較例1に比べ交流抵抗が減少し、 Q 値が高くなって高周波損失が少なくなっている。さらにコイル導体の表面に磁性層を形成した実施例4~5については、交流抵抗がより減少し、 Q 値が高くなって高周波損失が非常に少なくなっている。

【0096】

また表2から、実施例8、9および実施例10、11について、比較例2に比べ高い伝送効率が得られることが分かる。

【0097】

したがって、本発明に係る伝送コイル部品を送電コイルとして、また送電コイルおよび受電コイルとして使用することにより、交流抵抗の増大を抑制し、高い伝送効率の非接触給電を実現することができる。

【産業上の利用可能性】

【0098】

本発明に係る伝送コイル部品および非接触給電装置は、自動車や携帯電話等の電子機器、誘導式加熱装置の分野で利用が可能である。

【符号の説明】

【0099】

10

20

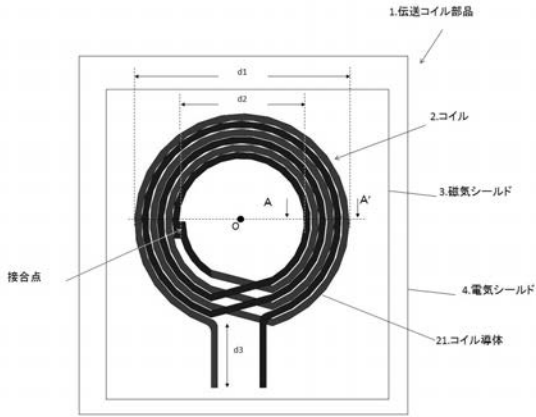
30

40

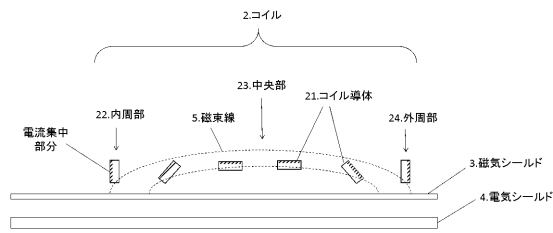
50

1	伝送コイル部品	
2	コイル	
2 1	コイル導体	
2 2	内周部	
2 3	中央部	
2 4	外周部	
2 5	上面幅	
2 6	側面長	
3	磁気シールド	
4	電気シールド	10
5	磁束線	
6	磁性層	
7	送電装置	
7 1	電源	
7 2	整流回路	
7 3	送電回路	
7 4	送電コイル	
8	受電装置	
8 1	受電コイル	
8 2	受電回路	20
8 3	充放電制御回路	
8 4	バッテリー	
9	自動車本体	

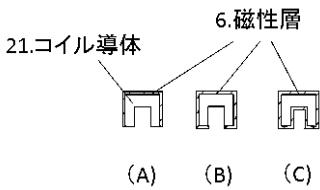
【 図 1 】



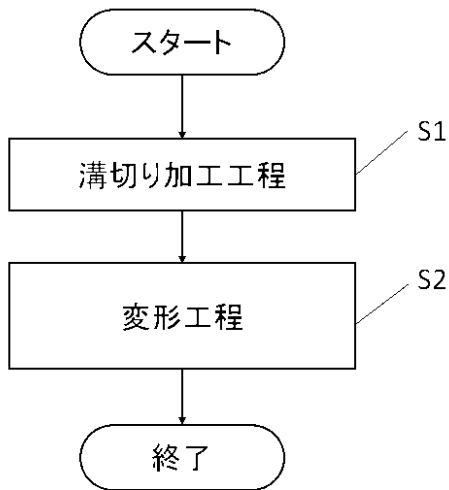
【 図 2 】



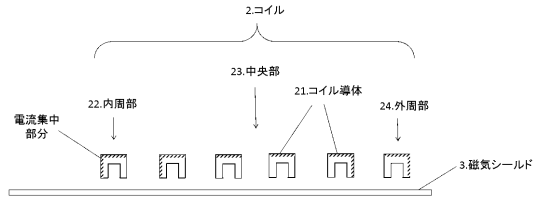
【 図 6 】



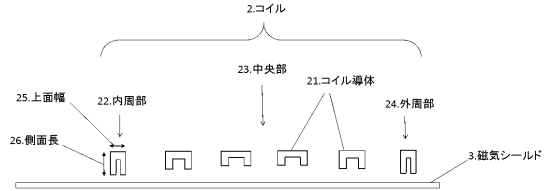
【 図 7 】



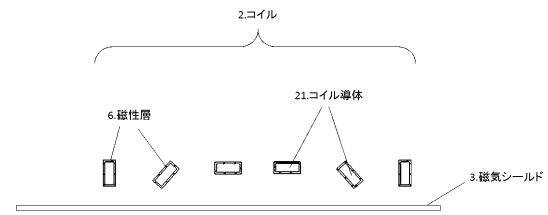
【 図 3 】



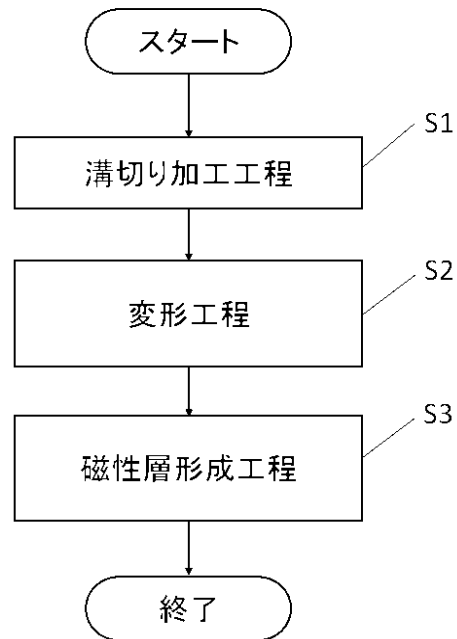
【 図 4 】



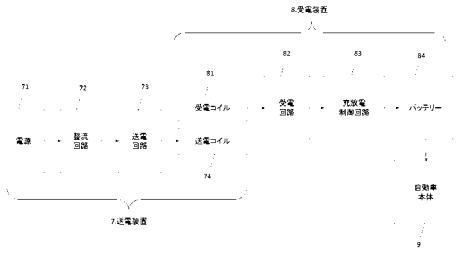
【 図 5 】



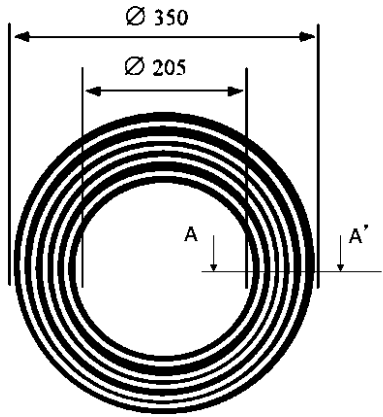
【 図 8 】



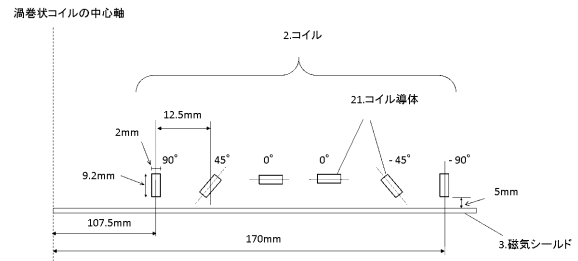
【図9】



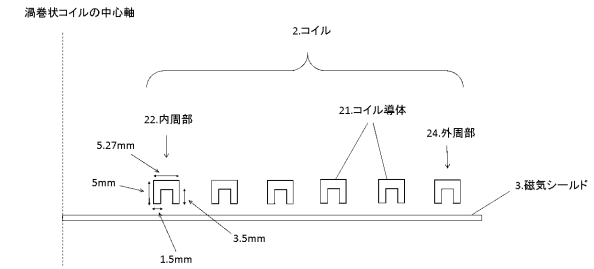
【図10】



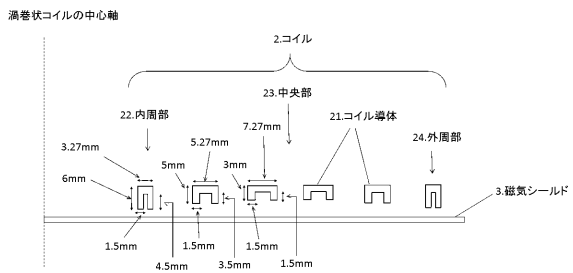
【図11】



【図12】



【図13】



【図14】

