(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2020-21902
(P2020-21902A)
(43)公開日　令和2年2月6日(2020.2.6)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H01F 5/00	(2006.01)	H01F	5/00	ZNMG	5E043
H01F 17/06	(2006.01)	H01F	17/06	F	5E062
H01F 27/28	(2006.01)	H01F	17/06	A	5E070
H01F 27/30	(2006.01)	H01F	27/28	M	
H01F 27/25	(2006.01)	H01F	27/28	152	

審査請求 未請求　請求項の数 14　ＯＬ　（全 18 頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2018-146688 (P2018-146688)
(22)出願日　平成30年8月3日 (2018.8.3)

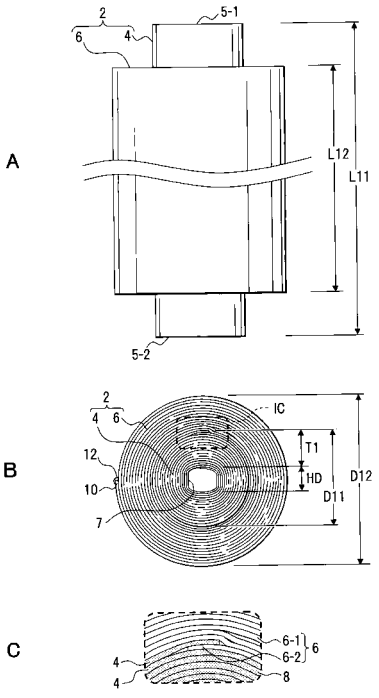
(71)出願人　000228578
日本ケミコン株式会社
東京都品川区大崎五丁目６番４号
(74)代理人　100083725
弁理士　畝本　正一
(74)代理人　100140349
弁理士　畝本　継立
(74)代理人　100153305
弁理士　畝本　卓弥
(74)代理人　100206933
弁理士　沖田　正樹
(72)発明者　松岡　孝
東京都品川区大崎五丁目６番４号　日本ケミコン株式会社内

Ｆターム(参考)　5E043 AA07　AB08　BA03　FA04

最終頁に続く

(54)【発明の名称】コイルおよびその製造方法

(57)【要約】　（修正有）
【課題】コアの調整により、コイルのインダクタンスを高めることを目的とする。
【解決手段】コイル２は、帯状の導体箔が巻回された導体４と帯状の磁性箔が巻回された磁性体６とを含むコアを有し、導体４と磁性体６とは、接触した状態で一体化されている。磁性体６は、導体４の周りに配置された第１部分６－１と、導体４内に配置された第２部分６－２を含む。磁性体６の第１部分６－１は、導体４の周りに配置され、導体４に鎖交して、コイル２がコイルとして機能する。導体４の長さＬ１１は磁性体６の長さＬ１２より長く、導体４の両端部５－１、５－２は、磁性体６の端部から突出している。導体４の長さＬ１１、磁性体６の長さＬ１２、磁性体６の第１部分６－１の磁路断面積および磁路長を調整すると、コイル２の特性、たとえばインダクタンスおよび抵抗を調整することができる。
【選択図】図１



【特許請求の範囲】
【請求項１】
帯状の導体箔が巻回された導体と帯状の磁性箔が巻回された磁性体とを含むコアを有し、
前記導体と前記磁性体とは、接触した状態で一体化されていることを特徴とするコイル。
【請求項２】
前記磁性体が前記導体の外側に配置されていることを特徴とする請求項１に記載のコイル。
【請求項３】
前記コアは、前記帯状の導体箔の内側面に前記帯状の磁性箔の一部が重ねられた前記導体と前記磁性体の複合部を有することを特徴とする請求項１または請求項２に記載のコイル。
【請求項４】
前記帯状の磁性箔は、絶縁層を含むことを特徴とする請求項１ないし請求項３のいずれか一項に記載のコイル。
【請求項５】
前記磁性体の一部が、前記導体の全体またはほぼ全体で前記導体の箔の間に配置されることを特徴とする請求項１ないし請求項４のいずれか一項に記載のコイル。
【請求項６】
前記導体内に形成される空洞部の径が、前記導体の厚さよりも小さいことを特徴とする請求項１ないし請求項５のいずれか一項に記載のコイル。
【請求項７】
前記磁性体が、珪素鋼、軟磁性結晶材、微結晶材、アモルファス金属またはアモルファス合金を含むことを特徴とする請求項１ないし請求項６のいずれか一項に記載のコイル。
【請求項８】
前記磁性体が、鉄系アモルファス金属または鉄系アモルファス合金を含むことを特徴とする請求項７に記載のコイル。
【請求項９】
帯状の導体箔を長さ方向に巻回して、導体を得る工程と、
前記帯状の導体箔と連続して、帯状の磁性箔を長さ方向に巻回して、前記導体と接触し、一体化した磁性体を得る工程と、
を備えることを特徴とするコイルの製造方法。
【請求項１０】
前記導体を得る工程において、前記帯状の磁性箔の一部を前記帯状の導体箔に重ねて、前記帯状の導体箔を前記帯状の磁性箔とともに巻回することを特徴とする請求項９に記載のコイルの製造方法。
【請求項１１】
前記帯状の磁性箔の一部を前記帯状の導体箔の内側面に重ねて、前記導体と前記磁性体の複合部を形成することを特徴とする請求項１０に記載のコイルの製造方法。
【請求項１２】
前記帯状の磁性箔に絶縁層を形成する工程をさらに備えることを特徴とする請求項９ないし請求項１１のいずれか一項に記載のコイルの製造方法。
【請求項１３】
前記帯状の導体箔は、全体またはほぼ全体で前記帯状の磁性箔とともに巻回することを特徴とする請求項９ないし請求項１２のいずれか一項に記載のコイルの製造方法。
【請求項１４】
前記導体を得る工程において、前記導体内に形成される空洞部の径が、前記導体の厚さよりも小さくなるように、前記帯状の導体箔を巻回することを特徴とする請求項９ないし請求項１３のいずれか一項に記載のコイルの製造方法。

【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示は、電子回路において用いられるコイルおよびその製造方法に関する。
【背景技術】
【０００２】
コイルは、抵抗およびキャパシタとともに電子回路において用いられる。コイルは、電流が流れると磁界を発生させ（アンペアの法則）、磁界に対応して磁束が発生する。磁束が変化すると電圧が発生する（ファラデーの法則）。このようなコイルの機能はインダクタンスＬを用いて表される。インダクタンスＬは、たとえばコアの透磁率μおよびコアの形状に関連する。
【０００３】
透磁率μが高いほど、インダクタンスＬは高くなる。透磁率μは、磁界の強さＨと磁束密度Ｂの比（Ｂ／Ｈ）であるので、磁界の強さＨに対する磁束密度Ｂの値が大きくなると、透磁率μおよびインダクタンスＬが高くなる。
【０００４】
中空円筒形状を有するコアを含むコイルでは、インダクタンスＬが大きいほどインピーダンスが大きくなり、インピーダンスが、中空円筒形状を有するコアの磁路長ｌに対する磁路断面積Ｓの比（以下、「Ｓ／ｌ比」という）によって変わることが知られている（例えば、特許文献１）。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開２０１６－２２５５８９号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
透磁率μを高くして、インダクタンスＬを高くすると、磁束密度Ｂが、小さい磁界の強さＨで飽和する。したがって、磁束密度Ｂが飽和しないように、コイルを流れる電流を抑制して小さな磁界の強さＨを発生させる必要がある。また、透磁率の調整は難しい。
【０００７】
そこで、本開示は、コアの調整により、コイルのインダクタンスを高めることを目的とする。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
上記目的を達成するため、本開示の一側面によれば、コイルは、帯状の導体箔が巻回された導体と帯状の磁性箔が巻回された磁性体とを含むコアを有し、前記導体と前記磁性体とは、接触した状態で一体化されている。
【０００９】
上記コイルにおいて、前記磁性体が前記導体の外側に配置されていてもよい。
【００１０】
上記コイルにおいて、前記コアは、前記帯状の導体箔の内側面に前記帯状の磁性箔の一部が重ねられた前記導体と前記磁性体の複合部を有していてもよい。
【００１１】
上記コイルにおいて、前記帯状の磁性箔は絶縁層を含んでいてもよい。
【００１２】
上記コイルにおいて、前記磁性体の一部が、前記導体の全体またはほぼ全体で前記導体の箔の間に配置されていてもよい。

【００１３】
上記コイルにおいて、前記導体内に形成される空洞部の径が、前記導体の厚さよりも小さくてもよい。
【００１４】
上記コイルにおいて、前記磁性体が、珪素鋼、軟磁性結晶材、微結晶材、アモルファス金属またはアモルファス合金を含んでいてもよい。
【００１５】
上記コイルにおいて、前記磁性体が、鉄系アモルファス金属または鉄系アモルファス合金を含んでいてもよい。
【００１６】
上記目的を達成するため、本開示の他の側面によれば、コイルの製造方法は、帯状の導体箔を長さ方向に巻回して、導体を得る工程と、前記帯状の導体箔と連続して、帯状の磁性箔を長さ方向に巻回して、前記導体と接触し、一体化した磁性体を得る工程とを備える。
【００１７】
上記導体を得る工程において、前記帯状の磁性箔の一部を前記帯状の導体箔に重ねて、前記帯状の導体箔を前記帯状の磁性箔とともに巻回してもよい。
【００１８】
上記コイルの製造方法において、前記帯状の磁性箔の一部を前記帯状の導体箔の内側面に重ねて、前記導体と前記磁性体の複合部を形成してもよい。
【００１９】
上記コイルの製造方法は、前記帯状の磁性箔に絶縁層を形成する工程をさらに備えてもよい。
【００２０】
上記コイルの製造方法において、前記帯状の導体箔は、全体またはほぼ全体で前記帯状の磁性箔とともに巻回してもよい。
【００２１】
上記導体を得る工程において、前記導体内に形成される空洞部の径が、前記導体の厚さよりも小さくなるように、前記帯状の導体箔を巻回してもよい。
【発明の効果】
【００２２】
本開示によれば、導体と磁性体の間の隙間がなく、または隙間が小さいので、コイルのサイズを小さくできる。また、隙間がなく、または隙間が小さいので、コイルのＳ／ｌ比を大きくでき、インダクタンスを高めることができる。また、導体と磁性体とを一体化して製造できるため、製造効率を高めることができる。
【図面の簡単な説明】
【００２３】
【図１】第１の実施の形態に係るコイルの一例の正面図、平面図および平面の部分拡大図である。
【図２】コイルの磁路長および磁路断面積を説明するための図である。
【図３】コイルの等価回路を示す図である。
【図４】コイルの製造方法を示す図である。
【図５】第２の実施の形態に係るコイルの一例の正面図、平面図および平面の部分拡大図である。
【図６】帯状の導体箔および帯状の磁性箔の巻回初期の状態を示す図である。
【図７】実施例および比較例に係るコイルの、コアの寸法および質量、ならびにインダクタンスの直流重畳特性を示す図である。
【図８】直流重畳特性を示すグラフである。
【図９】コイルの実装例を示す図である。
【図１０】変形例に係るコイルの一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】
【００２４】
以下、図面を参照して実施の形態および実施例を説明する。

第１の実施の形態
【００２５】
第１の実施の形態について、図１を参照して説明する。図１のＡは、第１の実施の形態に係るコイルの一例の正面図、図１のＢは、コイルの一例の平面図、図１のＣはコイルの一例の平面の部分拡大図である。図１のＣの部分拡大図は、図１のＢにおいて破線で囲まれた部分ＩＣの拡大図である。図１に示すコイルは一例であって、斯かるコイルに本開示の技術が限定されるものではない。
【００２６】
コイル２は、導体４と磁性体６とを含むコアを備えている。磁性体６は、導体４の周りに配置された第１部分６－１と、導体４内に配置された第２部分６－２を含む。つまり、磁性体６の少なくとも一部（第１部分６－１）は、導体４の周りに配置される。磁性体６の第１部分６－１が導体４に鎖交して、コイル２がコイルとして機能する。導体４の長さＬ１１は磁性体６の長さＬ１２より長く、導体４の両端部５－１、５－２は、磁性体６の端部から突出している。導体４の両端部５－１、５－２に電流が流れると、コイル２は磁界を発生させ、磁界に対応して磁束が生じる。この磁束の変化により電圧が発生する。しかしながら、交流電圧が導体４に加わると、磁束の変動により、交流電流の周波数に応じて交流電流の流れが抑制される。コイル２は、低周波電流の流れよりも高周波電流の流れを抑制する。導体４が磁性体６を貫き、コイル２がたとえば１ターン構造のコイルを形成している。コイル２は、たとえば数十アンペアの最大電流値および数マイクロヘンリーのインダクタンスを有し、たとえば自動車の駆動系統、ブレーキ系統、ステアリング系統、オイル系統、ウォーターポンプ系統などの大電流系統の回路に適合する。
【００２７】
磁性体６の第１部分６－１および導体４は、たとえば中空円筒形状を有し、コイル２は、全体として中空円筒形状、またはほぼ中空円筒形状を有している。平面視において、コイル２は円形またはほぼ円形を有している。
【００２８】
導体４の長さＬ１１、磁性体６の長さＬ１２、磁性体６の第１部分６－１の磁路断面積Ｓ（図２）および磁路長ｌ（図２）を調整すると、コイル２の特性、たとえばインダクタンスおよび抵抗を調整することができる。コイル２は、高い特性調整機能を有している。
【００２９】
平面視において、導体４は、コイル２の中央部分に配置されている。導体４は、導電性を有する箔であり、銅箔またはアルミニウム箔などの導電材を含んでいる。導体４は、たとえば帯状の導体箔１４（図４のＡ）を帯の長さ方向に巻くことにより作られ、導体４は、箔が積層された構造を有する。導体４の箔（以下、「導体箔部分」という）は、導体４の部分である。
【００３０】
導体４の内部には、空洞部７が形成されている。空洞部７はたとえば円形またはほぼ円形であり、空洞部７の径ＨＤは、たとえば導体４の厚さＴ１よりも小さい。空洞部７の径ＨＤが小さくなると、導体４の径Ｄ１１およびコイル２の径Ｄ１２が小さくなり、コイル２が小型化される。空洞部７がほぼ円形である場合、空洞部７の径ＨＤは、たとえば空洞部７の最小径である。
【００３１】
導体４の外周部８では、磁性体６の一部（第２部分６－２）が導体箔部分の間に配置されて、導体４が磁性体６に接続されている。そのため、導体４と磁性体６が接触した状態で一体化されて、これらがコイル２のコアを形成する。磁性体６の第２部分６－２は、導体４の導体箔の内側面に重ねられ、磁性体６の第２部分６－２と導体箔は、導体と磁性体

の複合部を形成している。導体４と磁性体６の接続は、導体４と磁性体６の第１部分６－１との間の隙を抑制し、コイル２が小型化する。また、導体４と磁性体６との間の隙が抑制されるほど、磁性体６の第１部分６－１の配置位置がコイル２の中央部分に近づく。第１部分６－１の配置位置がコイル２の中央部分に近づくと、第１部分６－１の磁性箔部分の積層数が多くなり、磁路断面積Ｓが大きくなる。また、第１部分６－１の内径および外径が小さくなり、第１部分６－１の磁路長ｌが小さくなる。そのため、Ｓ／ｌ比を大きくすることができ、インピーダンスおよびインダクタンスを大きくすることができる。コイル２では、磁性体６の第１部分６－１の内側面が、導体４の外側面に、全体的に接触している。

【００３２】

磁性体６は、磁性を有する箔であり、珪素鋼、軟磁性結晶材、微結晶材、アモルファス金属またはアモルファス合金などの磁性材料を含む。磁性体６は、たとえば鉄系アモルファス材料、コバルト系アモルファス材料、鉄系ナノクリスタル材料、鉄－ニッケル系合金、鉄－ケイ素合金などの磁性材料を含む。

【００３３】

鉄系アモルファス材料は、鉄系アモルファス金属または鉄系アモルファス合金の一例であり、磁気飽和しにくい材料である。鉄系アモルファス材料を含むコイル２は、電流が重畳されている時であってもインダクタンスを有するので、コイル２は、電流を出力しながらインダクタンスを有することができる。鉄系アモルファス材料を含むコイル２の最大電流は、たとえば１００～２００アンペアであり、コイル２の周波数は、たとえば０～１００メガヘルツであり、コイル２は、たとえばラインフィルタまたはノーマルモードチョークコイルに適している。

【００３４】

鉄系アモルファス材料を含む磁性箔の厚さは、たとえば２０マイクロメートルまたは約２０マイクロメートルであり薄いので、鉄系アモルファス材料を含む磁性箔は、磁性箔のみの巻回、または磁性箔および導体箔を有する積層箔の巻回に適している。鉄系アモルファス材料を含む磁性箔の透磁率は、熱処理により、たとえば１５０～５０００［Ｈ／ｍ］の広い範囲で制御することができる。鉄系アモルファス材料を含む磁性箔は、優れた入手性およびコストパフォーマンスを有する。

【００３５】

コバルト系アモルファス材料は、アモルファス金属またはアモルファス合金の一例であり、高周波において角型のＢ－Ｈ曲線（磁気ヒステリシス曲線）を有する。コバルト系アモルファス材料を含むコイル２の最大電流は、たとえば１００～２００アンペアであり、コイル２は、たとえば可飽和コイルに適して、半導体素子のスイッチング時に発生するスパイクノイズの抑制に適している。また、コバルト系アモルファス材料を含むコイル２は、広い周波数範囲、たとえば０．０１～３０メガヘルツで高いインピーダンスを有し、コイル２は、たとえばラインフィルタまたはノーマルモードチョークコイルに適している。

【００３６】

コバルト系アモルファス材料を含む磁性箔は、磁性箔のみの巻回、または積層箔の巻回に適している。コバルト系アモルファス材料を含む磁性箔では、熱処理により、角型のＢ－Ｈ曲線が得られやすく、磁路に直角方向の磁場熱処理により、平坦なＢ－Ｈ曲線が得られやすい。つまり、コバルト系アモルファス材料を含む磁性箔は、Ｂ－Ｈ曲線の調整能力が高い。

【００３７】

鉄系ナノクリスタル材料は、微結晶材の一例であり、高周波において角型のＢ－Ｈ曲線を有し、高い飽和磁束密度を有し、高エネルギーのパルスを吸収することができる。鉄系ナノクリスタル材料を含むコイル２の最大電流は、たとえば１００～２００アンペアであり、コイル２は、たとえば可飽和コイルに適して、半導体素子のスイッチング時に発生するスパイクノイズの抑制に適している。また、鉄系ナノクリスタル材料を含むコイル２は、広い周波数、たとえば０．０１～３０メガヘルツで高いインピーダンスを有し、コイル

２は、たとえばラインフィルタまたはノーマルモードチョークコイルに適している。
【００３８】
鉄系ナノクリスタル材料を含む磁性箔は、磁性箔のみの巻回、または積層箔の巻回に適している。鉄系ナノクリスタル材料を含む磁性箔では、磁場熱処理により、角型のＢ－Ｈ曲線が得られやすく、磁路に直角方向の磁場熱処理により、平坦なＢ－Ｈ曲線が得られやすい。つまり、鉄系ナノクリスタル材料を含む磁性箔は、Ｂ－Ｈ曲線の調整能力が高い。鉄系ナノクリスタル材料を含む磁性箔は、良い入手性およびコストパフォーマンスを有している。
【００３９】
鉄－ニッケル系合金は、軟磁性結晶材の一例であり、角型のＢ－Ｈ曲線を有し、高い飽和磁束密度を有し、高エネルギーのパルスを吸収することができる。鉄－ニッケル系合金を含むコイル２の最大電流は、たとえば１００～２００アンペアであり、コイル２は、たとえば可飽和コイルに適して、半導体素子のスイッチング時に発生するスパイクノイズの抑制に適している。また、鉄－ニッケル系合金を含むコイル２は、高いインピーダンスを有し、その周波数は、たとえば０．１～１メガヘルツであり、コイル２は、たとえばラインフィルタまたはノーマルモードチョークコイルに適している。
【００４０】
鉄－ニッケル系合金を含む磁性箔では、磁場熱処理により、角型のＢ－Ｈ曲線が得られやすく、磁路に直角方向の磁場熱処理により、平坦なＢ－Ｈ曲線が得られやすい。つまり、鉄－ニッケル系合金を含む磁性箔は、Ｂ－Ｈ曲線の調整能力が高い。
【００４１】
鉄－ケイ素合金は珪素鋼の一例であり、鉄－ケイ素合金を含む磁性箔は、市場において広く流通し、優れた入手性およびコストパフォーマンスを有している。鉄－ケイ素合金を含むコイル２は、たとえば低周波において、ラインフィルタまたはノーマルモードチョークコイルに適している。
【００４２】
磁性体６は絶縁層を箔の内側表面または外側表面に有し、磁性体６の箔の他の表面では、磁性材料が露出している。絶縁層は、磁性体６の積層された箔間を積層方向において絶縁している。絶縁層は、ノイズ電流により生じる渦電流を、磁性体６の各層に分割し、ノイズを効率的に熱に変換している。絶縁層は、絶縁性を有し、たとえば非磁性の絶縁粉体の集合体である。絶縁層は、たとえば以下の物質、
(1) けい酸ナトリウム、アルミノけい酸アルカリ塩、フィロけい酸アルカリ塩、炭化ケイ素、硫酸カルシウム半水塩、炭酸カリウム、炭酸マグネシウム、炭酸カルシウム、硫酸バリウムなどの天然無機化合物、
(2) 酸化アルミニウム、酸化ホウ素、酸化マグネシウム、二酸化ケイ素、二酸化スズ、酸化亜鉛、二酸化ジルコニウム、五酸化二アンチモン、酸化チタンなどの金属酸化物、
(3) ペロブスカイト、ケイ酸塩ガラス、リン酸塩、チタン酸塩、ニオブ，タンタル，タングステン酸塩などの複酸化物からなるセラミックス、窒化アルミニウム、酸窒化アルミニウム焼結体、窒化ホウ素、窒化ホウ素マグネシウム、窒化ホウ素複合体、窒化ケイ素、窒化ケイ素ランタン、サイアロンなどの窒化物、炭化ホウ素、炭化ケイ素、炭化ホウ素アルミニウム、炭化チタンなどの炭化物、二ホウ化チタン、六ホウ化カルシウム、六ホウ化ランタンなどのホウ化物で例示されるセラミックス素材を単一、もしくは複合して形成したセラミックス、
である。絶縁層は、単独の材料でもよく、複数の材料の混合物であってもよい。絶縁層は、好ましくは、たとえば二酸化ケイ素、酸化アルミニウム、二酸化ジルコニウム、五酸化二アンチモン、または酸化チタンの粉末の集合体である。絶縁層は、絶縁粉体の間に空気層を有していてもよい。空気層は、絶縁性を有し、絶縁層の絶縁性を高めることができる。
【００４３】
磁性体６は、たとえば帯状の磁性箔２０（図４のＣ）を帯の長さ方向に巻回して作られ

、磁性体６は、箔が積層された構造を有する。磁性体６の箔（以下、「磁性箔部分」という）は、磁性体６の部分である。磁性体６は、一表面に絶縁層を有するので、磁性箔部分は、この磁性箔部分の積層方向において絶縁されている。磁性体６は、他の表面において、導体４と電気的に接続する。磁性体６の周りにおける導体４の巻付けが１ターン、つまり一巻き未満であるので、導体４自体が短絡しない。したがって、導体４が絶縁されず、磁性体６に電気的に接続していてもよい。導体４の外周部８では、導体４が、磁性体６により、導体箔部分の積層方向において絶縁されている。

【００４４】

磁性体６の外周端部１０では、積層されている磁性箔部分が、スポット溶接または他の溶接などの固定部材１２により接続されている。固定部材１２は、スプリングバックにより磁性体６の形状が帯形状などの元の形状に戻ることを防止している。

【００４５】

図３は、コイル２の等価回路を示している。電気抵抗Ｒ１を有する導体４は、電気抵抗Ｒ２を有する磁性体６に並列に接続されている。磁性体６の第１部分６－１が導体４に鎖交するので、コイル２は、インダクタＬを含む。インダクタＬは、電気抵抗Ｒ１および電気抵抗Ｒ２に直列に接続している。導体４の電気抵抗Ｒ１は、磁性体６の電気抵抗Ｒ２よりも十分に小さいので、電流は主に導体４を通って流れる。電気抵抗Ｒ１が電気抵抗Ｒ２に並列に接続されているので、コイル２の電気抵抗は、電気抵抗Ｒ１よりも小さくなる。つまり、コイル２では、磁性体６の他の表面が導体４と電気的に接続するので、コイル２の電気抵抗が低下し、電気抵抗による電流ロスが抑制される。また、コイル２がインダクタＬを有するので、コイル２はノイズなどの高周波電流を抑制することができる。

【００４６】

ノイズなどの高周波電流が重畳されている直流電流または交流電流がコイル２に入力されると、高周波電流はインダクタＬで熱エネルギーに変わり減衰する。直流電流または交流電流はインダクタＬおよび電気抵抗Ｒ１、Ｒ２を通過して流れる。電気抵抗Ｒ１、Ｒ２の合成抵抗が小さいので、直流電流または交流電流の損失が小さい。コイル２は導体４を有するので、たとえば１００～２００アンペアの電流を流すことができる。

〔製造方法〕

【００４７】

図４はコイルの製造方法を示している。図４のＡ、図４のＢ、図４のＣ、図４のＤは、製造中のコイルを平面方向から示している。

【００４８】

図４のＡに示すように、帯状の導体箔１４の一端が巻軸１６のスリット１８内に配置される。巻軸１６は、箔を巻くための箔巻き装置の一例であり、巻軸１６の径は、たとえば導体４の厚さＴ１よりも小さくなるように設定されている。巻軸１６がたとえば反時計回りに回転され、図４のＢに示すように、帯状の導体箔１４の一部を巻軸１６の周りに巻付けて、導体４を得る。帯状の導体箔１４の全てが巻かれる前に、図４のＣに示すように、帯状の磁性箔２０の一端が導体４と帯状の導体箔１４の間に配置される。巻軸１６が回転され、残りの帯状の導体箔１４が帯状の磁性箔２０とともに巻かれる。帯状の導体箔１４の全てが巻かれた後、巻軸１６の回転により残りの帯状の磁性箔２０が連続して導体４の周りに巻付けられ、図４のＤに示すように、磁性体６を得る。

【００４９】

巻軸１６が導体４から外された後、導体４および磁性体６が熱処理により焼き鈍されるとともに、磁性体６の外周端部１０がたとえば溶接されて、コイル２を得る。

〔第１の実施の形態の効果〕

【００５０】

(1) 導体と磁性体の間の隙間がなく、または隙間が小さいので、コイルのサイズを小さくできる。また、隙間がなく、または隙間が小さいので、磁性体の最内周をよりコイルの

中心側に設定できる。円周が小さい中心部分から帯状の磁性箔を巻回し始めることで、帯状の磁性箔の巻回数が増加し、磁性体の内側面の円周が小さくなる。磁性箔の巻回数が増加するので、磁性体として、断面積（磁路断面積Ｓ）が大きくなる。また、磁性体の内側面の円周が小さいので、磁路長ｌが小さくできる。そのため、コイルのＳ／ｌ比を大きくでき、コイルのインダクタンスを高めることができる。

【００５１】

(2) 電流の周波数が上昇するにつれて、電流は表皮効果により導電材の表面に集中する。しかしながら、コイル２の導体４は、積層された導体箔部分を有するので、導体４が箔の積層方向において分断され易く、電流が分散され易くなる。磁性箔部分が導体箔部分の間に配置されていると、磁性体６の絶縁層により、導体箔部分が分断され易くなる。導体４の分断を、導体箔部分の間に配置されている磁性箔部分の増加により、高めることができる。電流の分散により表皮効果が緩和され、大きな電流をコイル２に流すことができる。

【００５２】

(3) 磁性体６の第２部分６－２が導体４内に配置されているので、導体４の配置領域が、第２部分６－２により増加する。第２部分６－２の占有面積は大きくてもよく、小さくてもよい。コイル２の放熱効果が導体４の配置領域の拡大に応じて向上し、使用時のコイル２の温度を低下させることができる。

【００５３】

(4) 帯状の磁性箔２０の一端が導体４と帯状の導体箔１４の間に配置されるので、導体４および磁性体６を連続的かつ一体的に形成することができる。したがって、コイル２の製造負担が小さい。

【００５４】

(5) 巻軸に取り付けた磁性箔を巻回して、中空円筒形状を有する磁性体を得ると、磁性箔の端部が磁性体の中空に残る場合がある。線状の導電体を、この磁性体に挿入してコイルを得る場合、中空内の磁性箔の端部が導電体の挿入を妨げ、製造効率が低下する可能性がある。しかしながら、導体４および磁性体６は、連続的かつ一体的に形成することができ、このような挿入の不都合を回避することができる。

【００５５】

(6) 導体箔は、たとえば磁性箔よりも柔軟性を有する。そこで、帯状の磁性箔２０の少なくとも一端を帯状の導体箔１４とともに巻くことで、帯状の磁性箔２０のみを巻く場合よりも帯状の磁性箔２０が巻き易い。導体箔よりも高い硬度を有する磁性箔のみを巻く場合、磁性体６の内径は、比較的大きくなる。しかしながら帯状の磁性箔２０の少なくとも一端は、帯状の導体箔１４とともに巻くので、帯状の磁性箔２０の巻き始めの部分が導体箔により保護および補強される。この巻き始めの部分が大きな曲率を有していても、この巻き始めの部分が導体箔による保護および補強により、折れ難くなる。磁性体６の第１部分６－１の内径（径Ｄ１１）および第２部分６－２の内径を小さくでき、コイル２のインダクタンスを高めることができる。

【００５６】

(7) コイル２のインダクタンスおよび電気抵抗などの特性を、帯状の導体箔１４および帯状の磁性箔２０の一方または両方の幅、厚さまたは長さにより、調整できる。コイル２の特性を、磁性体６の第１部分６－１の磁路断面積Ｓおよび磁路長ｌにより、調整できる。また、コイル２の特性を、導体箔部分の間に配置される磁性箔部分の量により、調整できる。コイル２の特性の調整が容易である。

【００５７】

(8) 帯状の導体箔１４および帯状の磁性箔２０は、帯の長手方向に巻かれ、電流は導体箔および磁性箔の幅方向に流れるので、導体および磁性体の断面積を大きくすることができる。そのため、帯の長手方向に電流が流れる場合に比べて、コイル２では、大きな電流を流すことができる。

【００５８】

(9) コアとして磁性体６を有するので、コイル２は、たとえばフェライトビーズよりも高い応答性を有し、たとえばパルス状のノイズに対して高い吸収を有する。

第２の実施の形態

【００５９】

第２の実施の形態について、図５を参照して説明する。図５のＡは、第２の実施の形態に係るコイルの一例の正面図、図５のＢは、平面図、図５のＣは平面の部分拡大図である。図５のＣの部分拡大図は、図５のＢにおいて破線で囲まれた部分ＶＣの拡大図である。図５に示すコイルは一例であって、斯かるコイルに本開示の技術が限定されるものではない。図５において、図１と同一部分には同一符号を付してある。

【００６０】

第１の実施の形態のコイル２では、磁性体６の一部（第２部分６－２）が導体４の外周部８で導体箔部分の間に配置されている。第２の実施の形態のコイル３２では、磁性体６の一部（第２部分６－２）が導体４の全体またはほぼ全体で導体箔部分の間に配置されている。つまり、コイル３２の中央部分では、互いに重ねられた導体箔および磁性箔が巻かれて、導体４、および磁性体６の第２部分６－２が形成されている。導体４、および磁性体６の第２部分６－２は、コイル３２の導体部３４を形成し、磁性体６の残りの部分（第１部分６－１）は、導体４の周りに配置されている。導体４の周りに配置された磁性体６の第１部分６－１は導体４に鎖交するので、コイル３２がコイルとして機能する。

【００６１】

導体部３４の導体４の長さＬ２１は磁性体６の長さＬ２２より長く、導体４の両端部５－１、５－２は、磁性体６の端部から突出している。導体４の長さＬ２１、磁性体６の長さＬ２２、磁性体６の第１部分６－１の磁路断面積Ｓおよび磁路長ｌを調整すると、コイル３２の特性を調整できる。

【００６２】

磁性体６の第１部分６－１および導体部３４は、たとえば中空円筒形状を有し、コイル３２は、全体として中空円筒形状、またはほぼ中空円筒形状を有している。平面視において、コイル３２は円形またはほぼ円形を有している。

【００６３】

導体４の材料は、第１の実施の形態の導体４の材料と同様である。磁性体６の材料は、第１の実施の形態の磁性体６の材料と同様である。また、第１の実施の形態と同様に、磁性体６は、絶縁層を箔の内側表面または外側表面に有し、他の表面では磁性材料が露出している。

【００６４】

平面視において、導体部３４は、コイル３２の中央部分に配置されている。導体部３４が導体４を含むので、導体部３４は、導電性を有する。導体部３４では、導体箔部分と磁性箔部分が交互に積層されている。その結果、導体部３４の厚さＴ２は、導体４のみの厚さよりも厚い。電圧が導体４の両端部５－１、５－２に加わると、導体４が発熱する。コイル３２では、導体箔部分と磁性箔部分が交互に積層されているので、コイル３２を通る電流が各導体箔部分に分散される。結果として、導体４の発熱箇所が分散され、局部的な加熱が抑制される。また、導体４で生じた熱は、導体箔間にある磁性箔に伝導するので、導体部３４の温度上昇が抑制される。

【００６５】

空洞部７の径ＨＤは、たとえば導体部３４の厚さＴ２、つまり磁性体６の第２部分６－２により厚くされている導体４の厚さよりも小さい。空洞部７の径ＨＤが小さくなると、導体部３４の径Ｄ２１およびコイル３２の径Ｄ２２が小さくなり、コイル３２が小型化される。

【００６６】

コイル３２の中央部分から外周部分までの全体に、磁性体６が配置されているので、導体部３４と磁性体６の第１部分６－１との間の隙が抑制され、コイル３２がコンパクトな

状態を有している。また、この隙が抑制されるほど、磁性体６の第１部分６－１の配置位置がコイル３２の中央部分に近づく。したがって、磁性体６の第１部分６－１の磁路長ｌが小さくなるとともに磁路断面積Ｓが大きくなり、Ｓ／ｌ比を大きくすることができる。

【００６７】

その他の構成は、第１の実施の形態と同様であり、その説明を省略する。コイル３２の等価回路は、第１の実施の形態のコイル２と同様である。

〔製造方法〕

【００６８】

第１の実施の形態では、帯状の導体箔１４の全てが巻かれる前に、帯状の磁性箔２０の一端が導体４と帯状の導体箔１４の間に配置されている。第２の実施の形態では、図６に示すように、帯状の導体箔１４および帯状の磁性箔２０の一端が巻軸１６のスリット１８内に配置される。巻軸１６がたとえば反時計回りに回転され、互いに重ねられた状態で帯状の導体箔１４および帯状の磁性箔２０を巻軸１６の周りに巻付けて、導体部３４を得る。その後、巻軸１６の回転により残りの帯状の磁性箔２０が連続して導体部３４の周りに巻付けられる。その他の工程は、たとえば第１の実施の形態と同様である。

〔第２の実施の形態の効果〕

【００６９】

(1) 第１の実施の形態と同様の効果が得られる。特に、 コイルの中心側に配置される導体の積層間に磁性体の一部が配置されるので、磁性体の最内周をよりコイルの中心側に設定でき、結果として、コイルのＳ／ｌ比を大きくでき、コイルのインダクタンスをより高めることができる。

【００７０】

(2) 磁性箔部分が導体箔部分の間に配置され、磁性体６の絶縁層により、導体箔部分が分断され易くなる。表皮効果は分断された導体箔部分ごとに生じるので、大きな電流をコイル３２に流すことができる。

【００７１】

(3) 磁性箔部分が導体箔部分の間に配置されているので、熱が磁性体６に分散され、導体部３４の温度上昇が抑制される。また、導体４の長さＬ２１は磁性体６の長さＬ２２より長いので、導体４の両端部５－１、５－２側に空隙が形成されて、導体部３４の放熱性が高められる。

【００７２】

(4) 互いに重ねられた状態で帯状の導体箔１４および帯状の磁性箔２０が巻かれて、導体４および磁性体６が形成されているので、導体４および磁性体６を連続的かつ一体的に形成することができる。コイル３２の製造負担が小さい。

【００７３】

(5) 互いに重ねられた状態で帯状の導体箔１４および帯状の磁性箔２０が巻かれているので、導体箔よりも高い硬度を有する磁性箔が、導体箔により巻軸１６に巻き付き易く、コイル３２を高速で製造することができる。

【実施例】

【００７４】

第２の実施の形態と同様の製造方法により、実施例１から実施例４のコイルを作成する。したがって、実施例１から実施例４のコイルは、第２の実施の形態のコイル３２と同様の構成を有している。実施例１から実施例４のコイルの導体４は銅箔であり、磁性体６は鉄系アモルファス材料である。磁性体６の絶縁層は、次のようにして形成する。

・ 五酸化二アンチモンの絶縁粉末を準備する。五酸化二アンチモンの絶縁粉末は、１０～３０ナノメートルの粒径を有する。

・ ポリビニルアルコールを分散液水溶媒に添加して、溶媒を得る。絶縁粉末をこの溶媒に添加して、絶縁粉末溶液を得る。絶縁粉末溶液では、絶縁粉末の割合が、２０～３０質

量パーセントに調整される。
・　帯状の磁性箔２０の一方の表面に、絶縁粉末溶液を塗布する。温度１２０［℃］の雰囲気で絶縁粉末溶液を乾燥させて、絶縁層を得る。絶縁粉末溶液の乾燥では、絶縁粉末溶液中の水が蒸発する。
・　乾燥後の絶縁層の厚さは、０．１～０．３マイクロメートルである。乾燥後の絶縁層では、粉末が集合および積層している。乾燥後の絶縁層は、隙間および空気層の少なくとも一つを含んでいる。
・　乾燥後の絶縁層を、温度３８０～５４０［℃］で１～５時間加熱して、絶縁層を得る。この温度３８０～５４０［℃］での加熱は、導体４および磁性体６の形成後に、焼き鈍しのための熱処理として行われる。

【００７５】
比較例のコイルは、次のようにして作成する。
・　帯状の鉄系アモルファス材料を巻軸で巻回して、コアを作成する。
・　銅の電線をコアの中央部に挿入してコイルを得る。

【００７６】
実施例１から実施例４および比較例のコイルのコアの寸法および質量は図７のＡに示す通りである。比較の対象を一致させるため、図７のＡに示す表では、導体または電線の周りに配置されている磁性体を「コア」として扱っている。実施例１から実施例４のコイルのコアの外径、内径およびリボン幅は、それぞれ第２の実施の形態で既述したコイル３２の径Ｄ２２、導体部３４の径Ｄ２１および磁性体６の長さＬ２２に対応する。

【００７７】
実施例１から実施例４のコイルの外径Ｄ２２は、それぞれ９．１ミリ、９．１ミリ、９．７ミリ、１０．１ミリであり、比較例のコイルのコアの外径（１０．２ミリ）よりも小さい、またはほぼ同じである。また、実施例１から実施例４のコイルは、図７のＢおよび図８に示すように、少なくとも０から３０アンペアの電流において、比較例のコイルのインダクタンスよりも高い、またはほぼ同じインダクタンスを有している。つまり、実施例１から実施例４のコイルは、小型化でき、または比較例のコイルのインダクタンスよりも高いインダクタンスを有することができる。直流重畳特性は、直流電流を加えたときの特性値の変動を表す指標である。

【００７８】
実施例１から実施例４のコイルのコアの内径Ｄ２１は１．９ミリであり、比較例のコイルのコアの内径（３．８ミリ）よりも小さい。つまり、実施例１から実施例４のコイルのコアは、比較例のコイルに比べて、コイルの中央部分に近づいている。このようなコアの配置は、磁路断面積Ｓを大きくするとともに、磁路長ｌを小さくする効果を有する。したがって、実施例１から実施例４のコイルのインダクタンスを、比較例のコイルに比べて、高めることができる。

コイルの実装例

【００７９】
図９は、コイルの回路への実装例を示している。図９に示す実装例では、第１の実施の形態に係るコイル２が実装されている。しかしながら、第２の実施の形態に係るコイル３２が実装されてもよく、実施例１から実施例４のいずれかのコイルが実装されてもよい。

【００８０】
回路において、電源４２が負荷４４に接続されている。電源４２は、ノイズ発生源の一例であり、たとえばスイッチング電源である。負荷４４は、たとえば自動車の電動モータ、ソレノイドのアクチュエータである。コイル２は電源４２と負荷４４の間の配線上に配置される。電源４２は電流を負荷４４に供給し、コイル２は電流に含まれるノイズを減少させ、ノイズが抑制された電流を負荷４４に供給する。コイル２のみでノイズを除去してもよく、コイル２および他のノイズ除去素子でノイズを除去してもよい。

【００８１】

図９に示す実装例では、コイル２が回路に直接配置されている。しかしながら、コイル２が保護ケースに収納されていてもよく、保護ケースを介してコイル２が回路に配置されていてもよい。

【００８２】

以上説明した実施の形態および実施例について、変形例を以下に列挙する。

【００８３】

(1) 絶縁層が磁性体６の箔の内側表面および外側表面に形成されていてもよい。絶縁層が両面に形成されると、磁性体６の絶縁性が高められ、ノイズ電流により生じる渦電流を磁性体６の各層に分割しやすくなり、ノイズを効率的に熱に変換しやすくなる。また、磁性体６では、絶縁層が省略されていてもよい。絶縁層が省略されていても、磁性体６の第１部分６－１がコイル２またはコイル３２の中央部分に近づく。そのため、コイルのサイズを小さくでき、コイルのＳ／ｌ比を大きくできる。

【００８４】

(2) 導体４の箔の一表面または両方の表面に絶縁層を形成して、導体４の導体箔部分の間を絶縁してもよい。導体箔部分の間が絶縁されると、導体箔部分ごとに表皮効果が生じ、電流が分散され、コイルの最大電流値を高めることができる。

【００８５】

(3) 上記第１の実施の形態では、磁性体６の一部を導体４の導体箔部分の間に配置して、導体４が磁性体６に接続されている。しかしながら、図１０に示すように、磁性体６の一部を導体箔部分とこの導体箔部分に貼り付けた貼付部材４６間に配置して、導体４を磁性体６に接続してもよい。この貼付部材４６は、たとえば導体箔、磁性箔または絶縁箔であり、導体４の箔を構成する。

【００８６】

(4) 上記第１の実施の形態では、磁性体６は帯状の磁性箔２０一枚を帯の長さ方向に巻回して形成したが、複数の帯状の磁性箔を積層した上で巻回して形成してもよい。厚い帯状の磁性箔を巻回して磁性体を形成すると、薄い帯状の磁性箔を巻回して同じ断面積を有する磁性体を形成する場合に比べ、巻回数を少なくできる。そのため、厚い帯状の磁性箔を巻回して磁性体を形成すると、生産性は向上する。しかし、厚い帯状の磁性箔を用いて形成した磁性体に比べ、薄い帯状の磁性箔を用いて形成した磁性体では、高周波領域において増大する渦電流を抑制することで表皮効果が緩和され、透磁率の低下を抑制して高周波領域まで高いインピーダンスを得ることができる。そのため、薄い帯状の磁性箔を積層した上で巻回して磁性体を形成することで、生産性を向上させつつ、高周波領域おいて高いインピーダンスを持つコイルを製造することができる。この場合において、帯状の磁性箔の少なくとも片側には絶縁層が形成されていてもよい。

【００８７】

(5) また、一種の磁性材料を用いて磁性体を形成する実施形態を示したが、これに限らず、異なる磁性材料からなる複数の帯状の磁性箔を用いて磁性体を形成してもよい。このようにすることで、それぞれの磁性材料の特性を備えるコイルが得られる。例えば、コバルト系アモルファス材料のような高透磁率の磁性材料からなる帯状の磁性箔と、鉄系アモルファス材料のような磁性材料からなる帯状の磁性箔を用いて磁性体を形成すると、大電流・低電流のいずれが流れてもインダクタンスが確保できるコイルが得られる。つまり、鉄系アモルファス材料からなる磁性材料によって、大電流が流れた場合のインダクタンスを確保でき、コバルト系アモルファス材料からなる磁性材料によって、低電流が流れた場合に鉄系アモルファス材料のみを用いたコイルよりも高いインダクタンスを確保できる。異なる磁性材料は、一方の磁性材料からなる帯状の磁性箔を巻回して形成した磁性体を形成後その外周に、他方の磁性材料からなる帯状の磁性箔を巻回して磁性体材料を形成してもよく、異なる磁性材料からなる帯状の磁性箔を積層して一緒に巻回して磁性体を形成してもよい。この場合において、帯状の磁性箔の少なくとも片側には絶縁層が形成されていてもよい。

【００８８】

以上説明したように、本開示の技術の最も好ましい実施の形態等について説明したが、本開示の技術は、上記記載に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載され、又は明細書に開示された本開示の技術の要旨に基づき、当業者において様々な変形や変更が可能であることは勿論であり、斯かる変形や変更が、本開示の範囲に含まれることは言うまでもない。

【産業上の利用可能性】

【００８９】

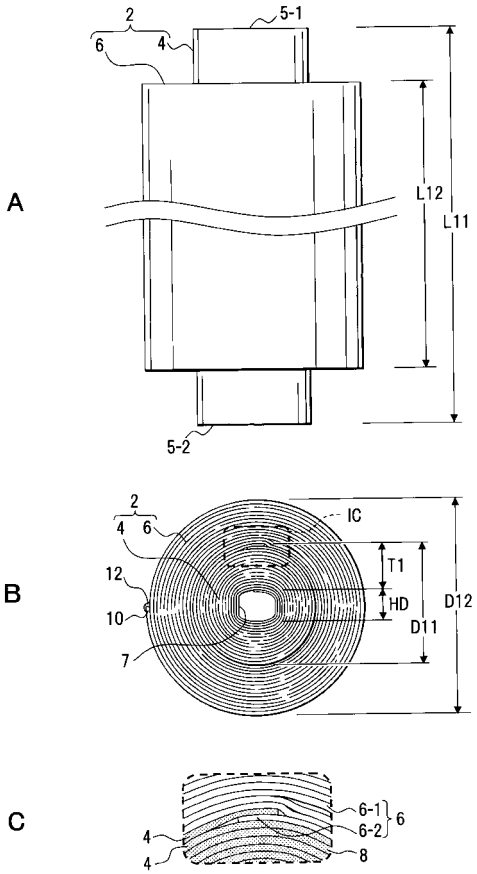
本開示の技術は、たとえばスイッチング電源などのノイズ発生源のノイズの除去に用いることができ、有用である。

【符号の説明】

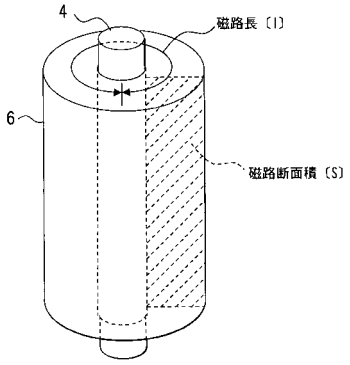
【００９０】

２、３２　コイル
４　導体
５－１、５－２　端部
６　磁性体
６－１　第１部分
６－２　第２部分
７　空洞部
８　外周部
１０　外周端部
１２　固定部材
１４　帯状の導体箔
１６　巻軸
１８　スリット
２０　帯状の磁性箔
３４　導体部
４６　貼付部

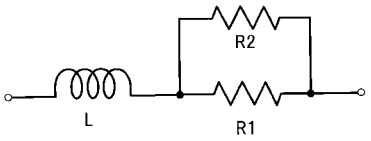
【図１】


A
2
6
4
5-1
L12
L11
5-2
B
2
4
6
IC
T1
12
HD
D12
10
D11
7
C
6-1
6
6-2
4
4
8

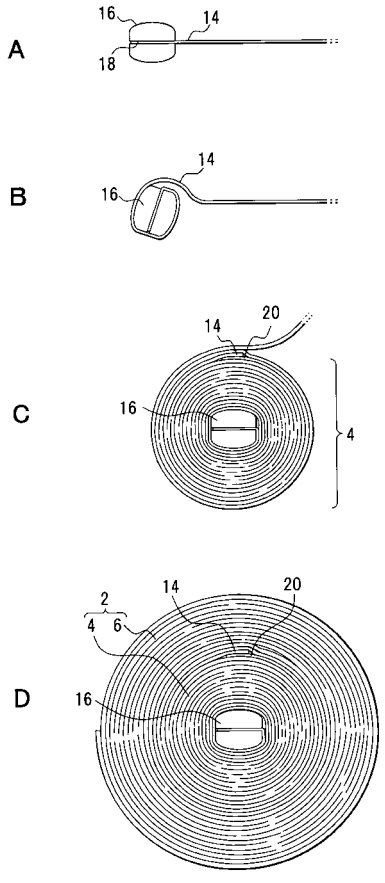
【図２】


4
磁路長〔l〕
6
磁路断面積〔S〕

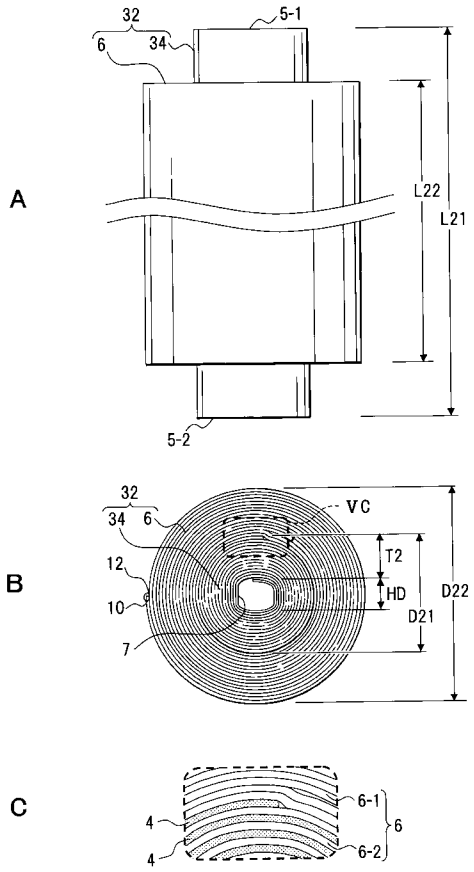
【図３】


R2
L
R1

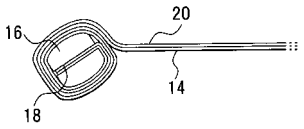
【図４】


A
16
14
18
B
14
16
C
14
20
16
4
D
2
14
20
4
6
16

【図５】



【図６】



【図７】

A

1) コア寸法/質量

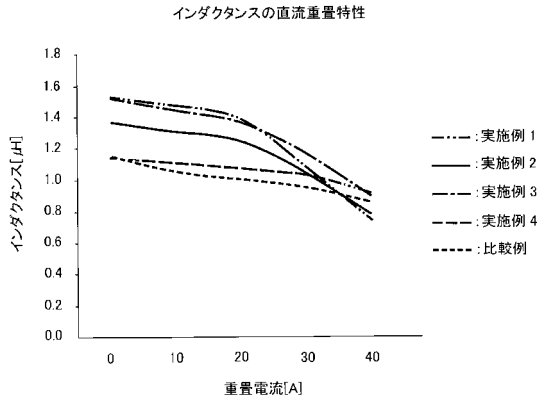
	外径 (D22) [mm]	内径 (D21) [mm]	リボン幅 (L22) [mm]	コア質量 [g]
実施例1	9.1	1.9	20	7.8
実施例2	9.1	1.9	20	7.7
実施例3	9.7	1.9	20	8.9
実施例4	10.1	1.9	20	9.7
比較例	10.2	3.8	20	9.2

B

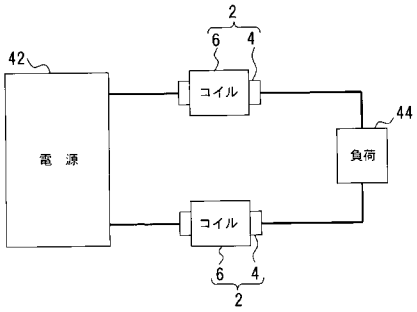
2) インダクタンスの直流重畳特性

電流 [A]	0	10	20	30	40
実施例1	1.53	1.47	1.39	1.08	0.74
実施例2	1.37	1.31	1.25	1.05	0.78
実施例3	1.52	1.44	1.37	1.17	0.89
実施例4	1.15	1.11	1.07	1.03	0.91
比較例	1.15	1.05	1.00	0.95	0.85

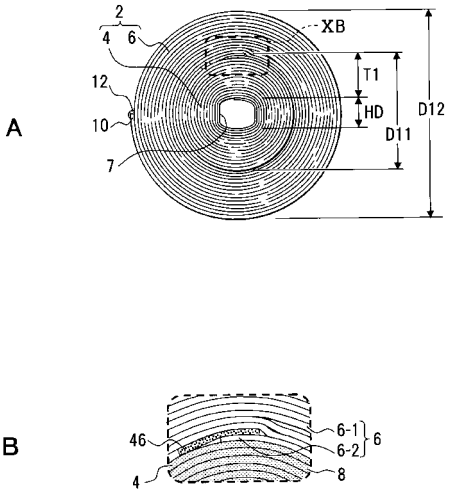
【図８】



【図９】


2
6
4
42
コイル
44
負荷
電　源
コイル
6
4
2

【図１０】


A
2
4
6
XB
12
10
7
T1
HD
D11
D12
B
46
6-1
6-2
6
4
8

フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
H01F 41/02		*(2006.01)*	H01F	27/30		
H01F 41/04		*(2006.01)*	H01F	27/25		
H01F 37/00		*(2006.01)*	H01F	41/02	C	
			H01F	41/04	D	
			H01F	37/00	N	
			H01F	37/00	A	
			H01F	37/00	C	

Fターム(参考) 5E062 AA02 AA04 AB02 AB06
5E070 AA01 AB01 BA14 BB02 CA01 CA14 CA15 CC04