

(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2019-110252
(P2019-110252A)

(43) 公開日 令和1年7月4日(2019.7.4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO1F 38/14 (2006.01)	HO1F 38/14	5E049
HO1F 5/00 (2006.01)	HO1F 5/00 F	5E062
HO1F 41/04 (2006.01)	HO1F 41/04 C	5J046
HO1F 10/06 (2006.01)	HO1F 41/04 Z	
HO1F 41/34 (2006.01)	HO1F 10/06	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2017-243366 (P2017-243366)
(22) 出願日 平成29年12月20日 (2017.12.20)

(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 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
(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
Fターム(参考) 5E049 AA01 AA07 AB03 AC01 BA11
GC01
5E062 DD01 FF01
5J046 AA02 AB11 PA07 PA09

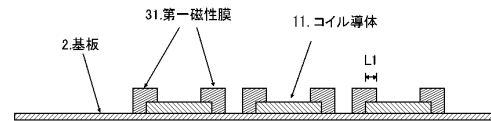
(54) 【発明の名称】非接触給電用伝送コイルおよびその製造方法ならびに非接触給電装置

(57) 【要約】

【課題】本発明は、携帯電子機器において、小型化・薄型化を可能とし、かつ表皮効果や近接効果による高周波損失を低減して交流抵抗の増大を抑制できる非接触給電用の伝送コイルを提供することを目的とする。さらにこの伝送コイル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は、基板と、前記基板上に配置され渦巻状に巻回されたコイルとを備えた非接触給電用伝送コイルであって、前記コイルのコイル導体断面の両側面および両端部上に第一磁性膜を設けたことを特徴とする。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板と、前記基板上に配置され渦巻状に巻回されたコイルとを備えた非接触給電用伝送コイルであって、

前記コイルのコイル導体断面の両側面および両端部上に第一磁性膜を設けたことを特徴とする非接触給電用伝送コイル。

【請求項 2】

前記基板の裏面において前記第一磁性膜に対向する位置に第二磁性膜を設けた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。

【請求項 3】

前記第一磁性膜における前記コイル導体断面の片端部上の磁性膜部分の長さがコイル導体の表皮深さの 1 倍以上 20 倍以下であることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の非接触給電用伝送コイル。

【請求項 4】

前記基板がフレキシブル基板であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 記載の非接触給電用伝送コイル。

【請求項 5】

前記コイル導体上のレジスト感光材の開口部分に磁性コンポジット材を充填し、前記磁性コンポジット材の不要部分を除去して前記第一磁性膜及び前記第二磁性膜を形成することを特徴とする請求項 1 乃至 4 記載の非接触給電用伝送コイルの製造方法。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項記載の非接触給電用伝送コイルを送電コイルとして又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。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、携帯電子機器等に非接触で給電する非接触給電用の伝送コイル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】**【0002】**

近年、二次電池を搭載する携帯通信端末やデジタルカメラ等の携帯電子機器への給電装置として、送電用の 1 次コイルと受電用の 2 次コイルの間の電磁誘導を利用した非接触給電装置が提案されている。非接触給電装置では、送電コイルに高周波の交流電流を通電し、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、非接触で電力を送電する。このような非接触給電装置は、小型であること、特に薄型であることが要求される。そこで、送電用・受電用の伝送コイルとして渦巻型の平面コイルが使用されている。

【0003】

薄型コイルの形成技術として、例えば、特許文献 1 には、導電性インクの印刷パターンやプリント基板上に薄膜形成、表面処理によって形成された導電性パターンをコイルに使用することが記載されている。

【0004】

しかし、薄膜コイルにおいては、コイル導体厚が薄いため、渦電流による表皮効果や近接効果によってコイル導体の両端部で磁束線が集中し電流が集中する。特に、コイル膜厚がコイルの表皮深さと同程度の場合、コイル導体の側面から表皮深さの領域で電流集中が顕著である。このためコイルの交流抵抗が増大し電力伝送効率が低下する問題があった。

【0005】

このような表皮効果や近接効果による抵抗増大の対策として、例えば、特許文献 2 には、撚り線（リッツ線）のような絶縁された電線からなるコイルを使用することが記載されている。また、誘導加熱コイルに関する特許文献 3 では、コイル導体間に磁性体を挿入し

10

20

30

40

50

て配置し高周波損失を低減することが記載されている。

【0006】

しかし、特許文献2のリッツ線は電線であり、また特許文献3の磁性体はフェライトであって、何れもバルクであるため小型化・薄型化の要請に十分応えられるものではなかった。さらに、特許文献3のフェライトについては、焼結体であるため振動・落下などによる衝撃に弱いという欠点も有していた。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2016-59323号公報

10

【特許文献2】特開2006-42519号公報

【特許文献3】WO2011/030539号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

そこで、本発明は、上記事情に鑑み、携帯電子機器において、小型化・薄型化を可能とし、かつ表皮効果や近接効果による高周波損失を低減して交流抵抗の増大を抑制できる非接触給電用の伝送コイルを提供することを目的とする。さらにこの伝送コイル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。

【課題を解決するための手段】

20

【0009】

第1の発明の非接触給電用伝送コイルは、基板と、前記基板上に配置され渦巻状に巻回されたコイルとを備えた非接触給電用伝送コイルであって、前記コイルのコイル導体断面の両側面および両端部上に第一磁性膜を設けたことを特徴とする。

【0010】

第2の発明の非接触給電用伝送コイルは、第1の発明に係る非接触給電用伝送コイルにおいて、前記基板の裏面の前記第一磁性膜に対向する位置に第二磁性膜を設けたことを特徴とする。

【0011】

第3の発明の非接触給電用伝送コイルは、第1の発明又は第2の発明に係る非接触給電用伝送コイルにおいて、前記第一磁性膜における前記コイル導体断面の片端部上の磁性膜部分の長さがコイル導体の表皮深さの1倍以上20倍以下であることを特徴とする。

30

【0012】

第4の発明の非接触給電用伝送コイルは、第1から第3のいずれか一つの発明に係る非接触給電用伝送コイルにおいて、前記基板がフレキシブル基板であ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の製造方法において、前記コイル導体上のレジスト感光材の開口部分に磁性コンポジット材を充填し、前記磁性コンポジット材の不要部分を除去して前記第一磁性膜及び前記第二磁性膜を形成することを特徴とする。

40

【0014】

第6の発明の非接触給電装置は、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を、送電コイルとして又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】

【0015】

第1の発明によれば、コイル導体断面の両側面だけでなく、コイル導体断面の両端部上にも薄膜の磁性膜を設けているので、磁束線がコイル導体を迂回して分布するようになる。このためコイル導体断面の両端部での電流集中が緩和され、コイルの交流抵抗を低減できる。

50

【 0 0 1 6 】

第 2 の発明によれば、コイル導体の両端部上だけでなく、基板の裏面側にも薄膜の磁性膜を設けているので、さらに磁束線がコイル導体を迂回しやすくなる。これにより、電流集中が緩和され交流抵抗をさらに低くできる。

【 0 0 1 7 】

第 3 の発明によれば、第 1 又は第 2 の発明について、コイル導体断面の片端部上の磁性膜部分の長さを表皮深さの 1 倍以上 2 0 倍以下とすることで、コイル導体断面の側面から表皮深さまでの磁束線が集中する部分を磁性膜で覆うことができ、効率的に磁束線をコイル導体から迂回させて交流抵抗を低減できる。

【 0 0 1 8 】

第 4 の発明によれば、基板にフレキシブル基板を用いることで、非接触給電用伝送コイルの小型化・薄型化を容易に実現でき、さらにその可撓性から耐衝撃性を向上させることができる。

【 0 0 1 9 】

第 5 の発明によれば、磁性コンポジット材をレジストの開口部に充填してその不要部を除去することで第 1 及び第 2 の薄膜の磁性膜を形成できるので、簡便に低コストで伝送コイル部品を製造できる。

【 0 0 2 0 】

第 6 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 1 】

【 図 1 】 第 1 及び第 2 の実施の形態に係る伝送コイルの平面概略図（磁性膜の部分は省略）である。

【 図 2 】 第 1 の実施の形態に係る伝送コイル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の断面概略図である。

【 図 4 】 磁性材塗布による伝送コイルの磁性膜の製造プロセスを説明する図である。

【 図 5 】 磁性材めっきによる伝送コイルの磁性膜の製造プロセスを説明する図である。

【 図 6 】 磁性材スパッタによる伝送コイルの磁性膜の製造プロセスを説明する図である。

【 図 7 】 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 8 】 コイルの計算モデルを説明する図（平面図）である。

【 図 9 】 第一磁性膜のみを有する伝送コイルの断面概略図である。

【 図 1 0 】 第一磁性膜のみを有する伝送コイルにおける、交流抵抗と D_1 、 L_1 との関係を示す図である。

【 図 1 1 】 第一磁性膜及び第二磁性膜を有する伝送コイルの断面概略図である。

【 図 1 2 】 第一磁性膜及び第二磁性膜を有する伝送コイルにおける、交流抵抗と D_1 、 L_1 との関係を示す図である。

【 図 1 3 】 磁性膜をコイル導体断面の両側面にのみ配置した伝送コイルの断面概略図である。

【 図 1 4 】 磁性膜をコイル導体断面の両側面にのみ配置した伝送コイルにおける、交流抵抗と D_2 との関係を示す図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 2 】

本発明の実施形態に係る伝送コイルおよびその製造方法ならびに伝送コイル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。

【 0 0 2 3 】

< 1 . 伝送コイル >

(第 1 の実施の形態)

図 1 は、第 1 及び第 2 の実施の形態に係る伝送コイルのコイル部分のみの平面概略図で

10

20

30

40

50

ある。磁性膜の部分については省略して図示していない。伝送コイル 1 は、基板 2 上にアルミニウム、銅又はマンガン（登録商標）（銅、マンガン及びニッケルの合金）の金属からなるコイル導体 1 1 が渦巻状に巻回された平面コイル（巻き数は 3 巻）を備えている。

【 0 0 2 4 】

図 2 は、第 1 の実施の形態に係る伝送コイルの断面概略図であり、図 1 の A - A 断面に磁性膜を追加して図示したものである。基板 2 上にコイル導体 1 1 を備え、さらに各巻のコイル導体 1 1 において断面の両側面および両端部上に第一磁性膜 3 1 を設けている。第一磁性膜 3 1 は、F e S i B C r 等の鉄系アモルファス磁性粉を含有する磁性コンポジット材や N i 系、F e 系の磁性薄膜などで構成することができる。

10

【 0 0 2 5 】

コイル導体 1 1 に高周波の交流電流を流すとコイル導体 1 1 の周囲に磁束線を発生させるが、表皮効果及び近接効果によって磁束線はコイル導体断面の端部で集中しコイル導体 1 1 を貫通する。このため、コイル導体 1 1 の端部では電流が集中し当該端部での抵抗が増加する。この影響は、コイル導体 1 1 が薄く、断面のアスペクト比が大きいほど大きい。

【 0 0 2 6 】

これに対し、本実施の形態では、コイル導体断面の両端部の両側面及びその上に第一磁性膜 3 1 を配置する。すなわち、第一磁性膜 3 1 をコイル導体の両端部でコイル導体を覆いかぶすように配置する。これにより、コイル導体 1 1 の周囲の磁束線は比透磁率の高い第一磁性膜 3 1 に吸い寄せられ誘導されコイル導体 1 1 を迂回して分布する。よって、本実施の形態においては、コイル導体 1 1 の両端部での磁束線の集中や電流集中の問題を解消でき、交流抵抗の増加を抑制できる。

20

【 0 0 2 7 】

また、第一磁性膜 3 1 のコイル導体 1 1 に覆いかぶさる磁性膜部分の長さが長い場合、コイル導体 1 1 の周囲を流れる磁束線は当該磁性膜部分に吸い寄せられるが、磁性膜部分の比透磁率が小さいと、磁性膜部分からコイル導体 1 1 に磁束線が漏れてコイル導体 1 1 を貫通し易くなる。このため、コイル導体 1 1 内で電流集中が起き交流抵抗も高くなる。この影響は、コイル導体 1 1 の膜厚が表皮深さの程度に薄いとき大きい。コイル導体断面の側面から概ね表皮深さの距離の部分で電流集中が顕著に起きるからである。

30

【 0 0 2 8 】

そこで、効率的に磁束線を吸い寄せ誘導するため、コイル導体断面の片端部上の第一磁性膜 3 1 の磁性膜部分の長さ L 1 は、表皮深さの 1 倍以上 2 0 倍以下であることが好ましい。電流集中が起きるコイル断面両端のコイルの表皮深さの部分を磁性膜部分で完全に覆うことができ、磁性膜部分の長さ L 1 が表皮深さの 2 0 倍を超えると当該磁性膜部分からの磁束線の漏れの影響が大きくなるからである。さらに好ましくは、磁性膜部分の長さ L 1 は表皮深さの 3 倍以上 1 2 倍以下である。

【 0 0 2 9 】

なお表皮深さ d は、次の式で表すことができる。

【 0 0 3 0 】

【 数 1 】

$$d = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu}}$$

：コイル導体の電気抵抗率

：電流の角周波数（ = 2 π × 周波数 f ）

40

50

μ : コイル導体の透磁率 (= コイル導体の比透磁率 μ_r × 真空の透磁率 μ_0)

【 0 0 3 1 】

ここで、 $\mu_0 = 1.2566 \times 10^{-6}$ H/m (銅を想定)、 $\mu_r = 4000$ × 10^{-7} H/m ($\mu_r = 1$ に相当) とすると、 $f = 85$ kHz のとき表皮深さ $d = 226.4$ μ m、 $f = 1$ MHz のとき表皮深さ $d = 66$ μ m、 $f = 13.56$ MHz のとき表皮深さ $d = 17.9$ μ m である。

【 0 0 3 2 】

さらに、第一磁性膜 31 の比透磁率についても、磁束線の漏れ軽減の観点から、比透磁率は 2 以上 10,000 以下であることが好ましく、さらに好ましくは 10 以上 10,000 以下である。

【 0 0 3 3 】

(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 (磁性膜を省略したもの) 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 断面に磁性膜を追加して図示したものである。

【 0 0 3 4 】

第 2 の実施の形態は、第 1 の実施の形態である伝送コイルにおいて、基板 2 を介して第一磁性膜 31 に対向する基板 2 の裏面にも、断面矩形の第二磁性膜 32 を追加し配備したものである。第一磁性膜 31 と第二磁性膜 32 について、コイル導体 11 への磁束線の漏れを抑える観点から、基板 2 を介して互いに対向する磁性膜部分のそれぞれの長さは略等しい (すなわち、第一磁性膜 31 におけるコイル導体断面上のコイル導体をかぶる部分の長さ L_1 と、第二磁性膜 32 における基板 2 を介して対向する磁性膜部分の長さ L_2 と略等しい) ことが好ましい。

【 0 0 3 5 】

第二磁性膜 32 は、第一磁性体 31 と同様にアモルファス磁性粉を含有する磁性コンポジット材や Ni 系、Fe 系の磁性薄膜などで構成することができる。また、比透磁率についても、第一磁性膜 31 と同様に、第二磁性膜 32 の比透磁率は 2 以上 10,000 以下であることが好ましく、さらに好ましくは 10 以上 10,000 以下である。

【 0 0 3 6 】

第 2 の実施の形態では、第一磁性膜 31 の他に第二磁性膜 32 をコイル導体 11 の両端部に配備しているため、コイルの交流抵抗の増大をさらに抑制できる。

【 0 0 3 7 】

(第 3 の実施の形態)

第 3 の実施の形態に係る伝送コイルは、第 1 又は第 2 の実施の形態に係る伝送コイルにおいて、基板にフレキシブル基板を用いたものである。薄いフレキシブル基板を使用することにより、基板を含む伝送コイルの厚みさらに薄くでき、伝送コイルの小型化・薄型化を実現できる。さらにフレキシブル基板は可撓性を有するので、伝送コイルについて優れた耐衝撃性を実現することができる。

【 0 0 3 8 】

< 2 . 伝送コイルの製造方法 >

(磁性材塗布による磁性膜の製造プロセス)

図 4 は、一実施の形態に係る伝送コイルの製造プロセス、特に磁性材塗布による第一磁性膜の製造プロセスを説明する図である。渦巻状に 3 巻に巻回され形成された薄膜の伝送コイルの断面を図示している。

【 0 0 3 9 】

第一磁性膜は、次のように製造する。すなわち、(a) 基板 2 上に貼り付けられた所定膜厚の銅箔をエッチング等で所望のサイズの渦巻状にパターンニングしコイル導体 11 を形成する。そして、当該基板 2 上にレジストを塗布し又はレジストフィルムを貼り付け、所定の膜厚のレジスト 41 の層を形成する。(b) その後、フォトリソを介してレジストに紫外線を露光 (照射) し、現像・水洗してレジスト 41 をパターンニングし、コイル導体

10

20

30

40

50

11の両端部にレジストの開口を設ける。(c)さらに、FeSiBCr等の鉄系アモルファス磁性粉をエポキシ樹脂又はシリコン樹脂に含有させた磁性材42を基板2の表面に塗布し、磁性材42をレジストの開口部に充填する。(d)そして、スキージ等で表面を平に仕上げ、レジスト41上の不要な磁性材42を除去し、(e)その後、磁性材42をエポキシ樹脂のときは200、シリコン樹脂のときは120で加熱成形して、レジストを溶剤でリムーブする。これにより、コイル導体11の両端部の側面及び上面に所定の形状の第一磁性膜を製造する。

【0040】

なお(e)において、レジストをリムーブせず、そのまま残しておくこともできる。また、基板2はフレキシブル基板であってもよい。

10

【0041】

上に述べた第一磁性膜の製造方法は、第二磁性膜の製造プロセスにも応用できる。すなわち、上述の製造プロセスにより第一磁性膜を形成した基板の裏面に、上述の製造プロセスと同様に、レジストを塗布又はレジストフィルムを貼り付けパターンニングし、開口部に磁性材を充填して不要部を除去して、第二磁性膜を製造可能である。なお、第一磁性膜と第二磁性膜が基板の表面と裏面の同じ位置に形成できるようにするため、基板を貫通するピンを位置マーカとして利用することもできる。

【0042】

(磁性材めっき又は磁性材スパッタによる磁性膜の製造プロセス)

図5は、他の実施の形態に係る伝送コイルの製造プロセス、特に磁性材めっきによる第一磁性膜の製造プロセスを説明する図である。図4と同様に、渦巻状に3巻に巻回され形成された薄膜の伝送コイルの断面を図示している。

20

【0043】

第一磁性膜は、次のように製造する。すなわち、(a)基板2上に貼り付けられた所定膜厚の銅箔をエッチング等で所望のサイズの渦巻状にパターンニングしコイル導体11を形成する。そして、当該基板2の表面の全面に、例えば酸化シリコン(SiO_2)又はアルミナ(Al_2O_3)からなる絶縁層43をスパッタにより成膜し、続いて例えばニッケル(Ni)又はパーマロイ(NiFe)からなるめっきベース44をスパッタ又は蒸着により成膜する。絶縁層43は、後述の金属からなる磁性材42にコイル導体11から電流が流れないようにするためのものである。そして、めっきベース44上にレジストを塗布又はレジストフィルムを貼り付け、所定の膜厚のレジスト41の層を形成する。(b)その後、フォトマスクを介してレジストに紫外線を露光(照射)し、現像・水洗してレジスト41をパターンニングし、コイル導体11の両端部にレジストの開口を設ける。(c)そして、この基板をニッケル、又はニッケル及び鉄(Fe)が溶けためっき液に浸漬し、めっきベース44を陰極、例えば白金を陽極にして電界をかけて、レジストが開口してめっきベース44が露出した部分にニッケル又はパーマロイをめっき成膜して磁性材42を形成する。(d)さらに、レジスト41を溶剤でリムーブし、(e)磁性材42及びめっきベース44が露出した表面をアルゴンガス等によるイオンリング又は逆スパッタによってめっきベース44を削る。これにより、コイル導体11の両端部の側面及び上面に所定の形状の第一磁性膜を製造する。

30

40

【0044】

図6は、また別の実施の形態に係る伝送コイルの製造プロセス、特に磁性材スパッタによる第一磁性膜の製造プロセスを説明する図である。図4及び図5と同様に、渦巻状に3巻に巻回され形成された薄膜の伝送コイルの断面を図示している。

【0045】

第一磁性膜は、次のように製造する。すなわち、(a)基板2上に貼り付けられた所定膜厚の銅箔をエッチング等で所望のサイズの渦巻状にパターンニングしコイル導体11を形成する。そして、当該基板2の表面の全面に、例えば酸化シリコン(SiO_2)又はアルミナ(Al_2O_3)からなる絶縁層43をスパッタにより成膜し、そして、その上にレジストを塗布し又はレジストフィルムを貼り付け、所定の膜厚のレジスト41の層を形成す

50

る。絶縁層 43 は、後述の金属からなる磁性材 42 にコイル導体 11 から電流が流れないようにするためのものである。(b)その後、フォトマスクを介してレジストに紫外線を露光(照射)し、現像・水洗してレジスト 41 をパターニングし、コイル導体 11 の両端部にレジストの開口を設ける。(c)そして、基板 2 の全面にニッケル、パーマロイ又は鉄をスパッタして、(d)さらに、基板ごと溶剤に浸漬してレジスト 41 をリムーブし、レジスト 41 上の磁性材 42 をリフトオフする。これにより、コイル導体 11 の両端部の側面及び上面に所定の形状の第一磁性膜を製造する。なお磁性材 42 としては、ニッケル、パーマロイ又は鉄など強磁性体材料の他、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。

【0046】

第二磁性膜についても、上述した磁性材めっき又は磁性材スパッタによる方法を応用可能である。

【0047】

磁性材めっきの場合は、第一磁性膜を形成した基板の裏面にめっきベースをスパッタ又は蒸着しレジストを塗布又はレジストフィルムを貼り付けレジストの層を形成し、露光・現像によって所定の位置にレジスト開口部を設けて、基板ごとめっき液に浸してめっきベースを通电し、第二磁性膜をめっき成膜する。なお、基板は絶縁性を有するので、第二磁性膜の形成については、第一磁性膜の場合とは異なり絶縁層の形成は不要である。

【0048】

磁性材スパッタの場合は、第一磁性膜を形成した基板の裏面にレジストを塗布又はレジストフィルムを貼り付けレジストの層を形成し、露光・現像に所定の位置にレジスト開口部を設けて、基板裏面の全面に磁性材をスパッタし、リフトオフによってレジストおよび不要部分の磁性材を除去して、第二磁性膜をスパッタ成膜する。なお、基板は絶縁性を有するので、第二磁性膜の形成については、第一磁性膜の場合とは異なり絶縁層の形成は不要である。

【0049】

なお、第一磁性膜と第二磁性膜が基板の表面と裏面の同じ位置に形成できるようにするため、基板を貫通するピンを位置マーカとして利用することもできる。

【0050】

< 3 . 非接触給電装置 >

図 7 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、携帯電子機器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 5 と携帯電子機器本体 7 の電源となる二次電池 64 を含む受電装置 6 とを備えている。送電装置 5 と受電装置 6 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。

【0051】

送電装置 5 は、図 7 に示すように、電源 51 と整流回路 52 と送電回路 53 と送電コイル 54 とを備えている。電源 51 は、例えば 100V の単相交流電圧を供給する系統電源である。整流回路 52 は、入力端が電源 51 に接続されるとともに出力端が送電回路 53 に接続されており、電源 51 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 53 に出力する。送電回路 53 は、入力端が整流回路 52 に接続されるとともに出力端が送電コイル 54 の両端に接続されており、整流回路 52 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 54 に供給するようになっている。

【0052】

受電装置 6 は、図 7 に示すように、受電コイル 61 と受電回路 62 と充放電制御回路 63 と二次電池 64 とを備えている。

【0053】

受電コイル 61 は、送電装置 5 の送電コイル 54 と接近させて対向させ使用する場合に、両コイル 61、54 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

10

20

30

40

50

の電磁誘導により受電コイル 6 1 に誘起される交流電圧は、受電回路 6 2 に供給され、受電回路 6 2 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 6 2 から出力される直流電圧は、充放電制御回路 6 3 を介して二次電池 6 4 に供給され、二次電池 6 4 を充電するようになっている。充放電制御回路 6 3 は、受電回路 6 2 からの出力により二次電池 6 4 を充電する場合にはその充電の制御を行い、二次電池 6 4 の負荷である携帯電子機器本体 7 を動作させる場合には放電の制御を行う回路である。二次電池 6 4 には、放電後に充電により繰り返して使用可能なリチウムイオン電池やニッケル水素電池等が用いられる。

【 0 0 5 4 】

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 5 4 に、前述した本発明に係る伝送コイル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

【 0 0 5 5 】

また、受電コイル 6 1 に前述した本発明に係る伝送コイルを用いてもよい。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 5 6 】

本発明に係る非接触給電装置は、携帯電話やスマートフォン、タブレットなどの携帯電子機器に限定されるものではない。電気自動車やハイブリッド型自動車などの車両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。

20

【 実施例 】

【 0 0 5 7 】

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 5 8 】

< 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。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。

30

【 0 0 5 9 】

【 表 1 】

項目	内容
使用ソフト	ANSYS Maxwell Ver.18
解析方法	二次元交流磁界解析
解法	FEM(有限要素法)
メッシュサイズ	コイル(表皮深さの1/5以下)、磁性膜(自動分割)、空気(自動分割)
解析領域	解析モデルの10倍の領域
周波数	f=13.56MHz
電流	I=1A
材料	1) コイル: 銅(抵抗率 $\rho = 1.72 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ 、透磁率 $\mu' = 1$ 、 $\mu'' = 0$) 2) 磁性膜: 磁性コンポジット材料($\mu' = 9.4$ 、 $\mu'' = 0.06$) 3) 空気($\rho = \infty \Omega \cdot \text{m}$ 、 $\mu' = 1$ 、 $\mu'' = 0$)

40

【 0 0 6 0 】

50

図 8 は、コイルの計算モデルを説明する図（平面図）である。ただし、磁性膜については省略し図示していない。コイル導体は、抵抗率 1.72×10^{-8} m の銅材を想定している。巻数が 3 回巻の渦巻状の平面コイルである。コイルの外径（直径）を OD、内径（直径）を ID する。

【0061】

< 2 . 送電コイルへの適用 >

本発明に係る伝送コイルを送電コイルとして適用した場合、磁性膜の膜厚やコイル導体上の長さを変化させてコイル特性（交流抵抗、インダクタンス、Q 値）を計算する。送電コイルの外径 OD は 73 mm、内径 ID は 47 mm であり、コイルに通電する交流電流の周波数は 13.56 MHz である。

【0062】

（第一磁性膜のみを有する場合）

図 9 は、第一磁性膜のみを有し、第二磁性膜は有しない場合の送電コイルの断面概略図である。図 8 の A - A 断面図に相当する。ただし図 8 では磁性膜を省略したが、図 9 では磁性膜（第一磁性膜）の断面も図示している。

【0063】

図 9 において、基板 2 の厚さ T1 は 0.025 mm である。コイル導体 11 は、断面が矩形であって、コイル導体断面の長手方向の幅 W1 が 3 mm、厚さ T2 が 0.035 mm であり、コイル導体間のスペース W2 は 2 mm である。また、第一磁性膜 31 のコイル導体上の磁性膜部分の厚みとコイル導体断面の両側面に配置される第一磁性膜 31 の基板 2 上の磁性膜部分の幅は等しく、その値を D1 とする。また、第一磁性膜 31 のコイル導体上の磁性膜部分の長さ（第一磁性膜 31 とコイル導体 11 がオーバーラップしている距離）を L1 とする。

【0064】

図 10 (a) は、図 9 において、D1 及び L1 を変化させたときのコイルの交流抵抗の変化（交流抵抗と D1、L1 との関係）を表すグラフである。図 10 (a) から、何れの D1 に対しても L1 の増加に伴い交流抵抗は減少し、L1 が 0.1 mm 付近で最小となり、さらにこの値を超えると交流抵抗が増加しているのが分かる。よって、L1 が 0 mm であり第一磁性膜 31 がコイル導体 11 上にオーバーラップしない場合（すなわち、コイル導体断面の両側に、幅が D1 で厚みが D1 + T2 の矩形の第一磁性膜 31 が配置される場合）に比べ、コイル導体上に第一磁性膜 31（コイル導体上の磁性膜部分の長さが L1 である）を配置することによって、交流抵抗を低減できることが分かる。

【0065】

図 10 (b) は、図 10 (a) について L1 が 0 ~ 0.5 mm の範囲のものを拡大して図示したものである。図 10 (b) から L1 = 0 mm において最も交流抵抗が大きいのは、D1 = 1.0 mm の場合である。このときの抵抗 R_{max} は、 $R_{max} = 180$ m である。

【0066】

コイル導体の抵抗率 = 1.72×10^{-8} m、電流の周波数 $f = 13.56$ MHz であるから、表皮深さ d は、 $d = 17.9$ μ m である。この表皮深さ d を用いれば、L1 が d 以上 $20 \times d$ 以下の範囲であれば、何れの D1 についても、交流抵抗をさらに小さくすることができるのが分かる。さらに D1 が 0.25 mm 以上のとき、L1 が $3 \times d$ 以上 $12 \times d$ 以下の範囲で、後述する第一磁性膜 31 がコイル導体 11 の側面にのみ接して配置する場合（第一磁性膜 31 の膜厚はコイル導体 11 の膜厚と同じ）に比べて、交流抵抗を 15% 以上低減できる。

【0067】

また、D1 が 0.1 mm、L1 が 0.1 mm のときのコイル特性（交流抵抗、インダクタンス、Q 値）を実施例 1 として表 2 に示す。さらに、第一磁性膜を有しない場合、すなわちコイル導体のみで磁性膜が無い場合（図 9 において、D1 = 0 mm、L1 = 0 mm の場合に相当）について、コイル特性を計算した。求めた交流抵抗、インダクタンス、Q 値

10

20

30

40

50

を比較例 1 として表 2 にまとめる。

【 0 0 6 8 】

(第一磁性膜及び第二磁性膜を有する場合)

図 1 1 は、第一磁性膜 3 1 及び第二磁性膜 3 2 を有する場合の送電コイルの断面概略図である。図 8 の A - A 断面図に相当する。ただし図 8 では磁性膜を省略していたが、図 1 1 では磁性膜 (第一磁性膜及び第二磁性膜) の断面も図示している。

【 0 0 6 9 】

図 1 1 において、基板 2 の厚さ $T 1$ 、コイル導体断面の長手方向の幅 $W 1$ 、コイル導体断面の厚さ $T 2$ 及びコイル導体間のスペース $W 2$ は、図 9 に示した第一磁性膜のみを有する場合のものと同じである。すなわち、 $T 1 = 0.025 \text{ mm}$ 、 $W 1 = 3 \text{ mm}$ 、 $T 2 = 0.035 \text{ mm}$ 、 $W 2 = 2 \text{ mm}$ である。そして、第二磁性膜 3 2 は、膜厚が $D 1$ 、コイル導体断面の長手方向に平行な方向の長さが $D 1 + L 1$ である。第二磁性膜 3 2 は、基板 2 を介して、第一磁性膜 3 1 に対向する位置に配置されている。したがって、コイル導体および基板を介して対向する第一磁性膜 3 1 と第二磁性膜 3 2 のそれぞれの部分の長さは略等しくなっている。

【 0 0 7 0 】

図 1 2 は、図 1 1 において、 $D 1$ 及び $L 1$ を変化させたときのコイルの交流抵抗の変化 (交流抵抗と $D 1$ 、 $L 1$ との関係) を表すグラフである。図 1 2 (b) は、図 1 2 (a) について $L 1$ が $0 \sim 0.5 \text{ mm}$ の範囲のものを拡大して図示したものである。図 1 2 から、何れの $D 1$ に対しても $L 1$ の増加に伴い交流抵抗は減少し $L 1$ が 0.1 mm 付近で最小となり、この値を超えると交流抵抗が増加しているのが分かる。 $D 1$ が 0.1 mm 、 $L 1$ が 0.1 mm のときのコイル特性 (交流抵抗、インダクタンス、 Q 値) を実施例 2 として表 2 に示す。

【 0 0 7 1 】

さらに、磁性膜をコイル導体断面の全周に配置した場合、すなわち、図 1 1 において $D 1$ が 1 mm 、 $L 1$ が 1.5 mm の場合について、求めたコイル特性 (交流抵抗、インダクタンス、 Q 値) を比較例 2 として表 2 に示す。

【 0 0 7 2 】

(磁性膜をコイル導体断面の両側面のみ配置した場合)

図 1 3 は、磁性膜をコイル導体 1 1 の断面の両側面にのみ配置した送電コイルの断面概略図である。図 8 の A - A 断面図に相当する。ただし図 8 では磁性膜を省略していたが、図 1 3 では磁性膜 (側面磁性膜) の断面も図示している。側面磁性膜 3 3 は、断面が矩形でありコイル導体 1 1 の断面の両側面に配置されている。側面磁性膜 3 3 の膜厚はコイル導体断面の厚さに等しい。

【 0 0 7 3 】

図 1 3 において、基板 2 の厚さ $T 1$ 、コイル導体断面の長手方向の幅 $W 1$ 、コイル導体断面の厚さ $T 2$ 及びコイル導体間のスペース $W 2$ は、図 9 に示した第一磁性膜のみを有する場合のものと同じである。すなわち、 $T 1 = 0.025 \text{ mm}$ 、 $W 1 = 3 \text{ mm}$ 、 $T 2 = 0.035 \text{ mm}$ 、 $W 2 = 2 \text{ mm}$ である。そして、側面磁性膜 3 3 の膜厚はコイル導体断面の厚さ $T 2$ である。また、コイル導体断面の長手方向に平行な方向の側面磁性膜 3 3 の長さを $D 2$ とする。

【 0 0 7 4 】

図 1 4 は、図 1 3 において、 $D 2$ を変化させたときのコイルの交流抵抗の変化 (交流抵抗と $D 2$ との関係) を表すグラフである。 $D 2$ が 0.1 mm のときのコイル特性 (交流抵抗、インダクタンス、 Q 値) を比較例 3 として表 2 に示す。

【 0 0 7 5 】

< 3 . 送電コイル及び受電コイルへの適用 >

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する。両コイルの中心を一致させて両コイルを互いに向い合せ、両コイルを 10 mm の距離 (伝送距離) を離して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。

【0076】

送電コイルの外径 OD と内径 ID は、上述の < 2 . 送電コイルへの適用 > で示したものと同様に、それぞれ 7.3 mm、4.7 mm である。受電コイルの外径 OD と内径 ID は、それぞれ 6.3 mm、3.7 mm であって、受電コイルは送信コイルよりも小さい構造となっている。

【0077】

(第一磁性膜のみを有する場合)

送電コイルは、実施例 1 で用いたものを使用する。

10

【0078】

受電コイルは、基本的には実施例 1 と同じであり、外径 OD と内径 ID が異なる。すなわち、図 9 において、受電コイルの基板 2 の厚さ $T1$ 、コイル導体断面の長手方向の幅 $W1$ 、コイル導体断面の厚さ $T2$ 、コイル導体間のスペース $W2$ 、第一磁性膜 31 のコイル導体上の磁性膜部分の厚み (= コイル導体断面の両側面に配置される第一磁性膜 31 の基板 2 上の磁性膜部分の幅) $D1$ 及び第一磁性膜 31 のコイル導体上の磁性膜部分の長さ (第一磁性膜 31 とコイル導体 11 がオーバーラップしている距離) $L1$ は、実施例 1 のものと同じく、 $T1 = 0.025$ mm、 $W1 = 3$ mm、 $T2 = 0.035$ mm、 $W2 = 2$ mm、 $D1 = 0.1$ mm、 $L1 = 0.1$ mm である。

【0079】

計算したコイル特性 (結合係数 k と伝送効率) を実施例 3 として表 2 に示す。

20

【0080】

さらに、送電コイル及び受電コイル共に第一磁性膜を有しない場合、すなわちコイル導体のみで磁性膜が無い場合 (図 9 において、 $T1 = 0.025$ mm、 $W1 = 3$ mm、 $T2 = 0.035$ mm、 $W2 = 2$ mm であるが、 $D1 = 0$ mm、 $L1 = 0$ mm の場合に相当) についてコイル特性 (結合係数 k と伝送効率) を求めた。結果を比較例 4 として表 2 にまとめる。

【0081】

(第一磁性膜及び第二磁性層を有する場合)

送電コイルは、実施例 2 で用いたものを使用する。

30

【0082】

受電コイルは、基本的には実施例 2 と同じであり、外径 OD と内径 ID が異なる。すなわち、図 11 において、受電コイルの $T1$ 、 $W1$ 、 $T2$ 、 $W2$ 、 $D1$ 及び $L1$ は、実施例 2 と同じく、 $T1 = 0.025$ mm、 $W1 = 3$ mm、 $T2 = 0.035$ mm、 $W2 = 2$ mm、 $D1 = 0.1$ mm、 $L1 = 0.1$ mm である。

【0083】

計算したコイル特性 (結合係数 k と伝送効率) を実施例 4 として表 2 に示す。

【0084】

さらに、送電コイル及び受電コイル共に、磁性膜をコイル導体断面の全周に配置した場合、すなわち、図 11 において $D1$ が 1 mm、 $L1$ が 1.5 mm の場合について、求めたコイル特性 (結合係数 k と伝送効率) を比較例 5 として表 2 に示す。

40

【0085】

(磁性膜をコイル導体断面の両側面のみに配置した場合)

送電コイルは、比較例 3 で用いたものを使用する。

【0086】

受電コイルは、基本的には比較例 3 と同じであり、外径 OD と内径 ID が異なる。すなわち、図 13 において、受電コイルの $T1$ 、 $W1$ 、 $T2$ 、 $W2$ 及び $D2$ は、比較例 3 と同じく、 $T1 = 0.025$ mm、 $W1 = 3$ mm、 $T2 = 0.035$ mm、 $W2 = 2$ mm、 $D2 = 0.1$ mm である。

【0087】

50

計算したコイル特性（結合係数 k と伝送効率）を比較例 6 として表 2 に示す。

【 0 0 8 8 】

【 表 2 】

	交流抵抗 ($m\Omega$)	インダクタンス (μH)	Q 値		結合係数 k	伝送効率 η (%)
実施例1(片面)	167	0.799	408	実施例3	0.421	98.8
実施例2(両面)	144	0.806	461	実施例4	0.419	99.0
比較例1(Mag無し)	231	0.790	291	比較例4	0.424	98.4
比較例2(全面Mag)	700	1.568	186	比較例5	0.226	95.3
比較例3(側面Mag)	196	0.792	344	比較例6	0.424	98.6

10

【 0 0 8 9 】

表 2 から、実施例 1 及び 2 について、比較例 1 ~ 3 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。

【 0 0 9 0 】

また表 2 から、実施例 3 及び 4 について、比較例 4 ~ 6 に比べ高い伝送効率 が得られることが分かる。

20

【 0 0 9 1 】

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ことが分かる。

【 産業上の利用可能性 】

【 0 0 9 2 】

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

30

【 符号の説明 】

【 0 0 9 3 】

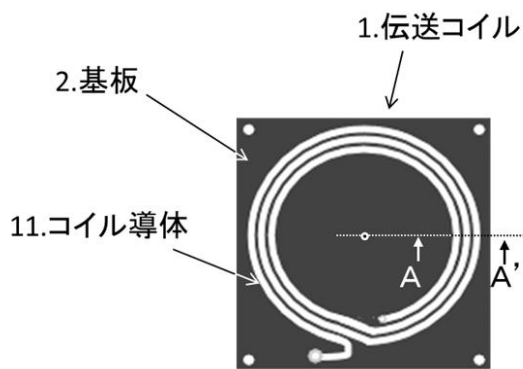
- 1 伝送コイル
- 1 1 コイル導体
- 2 基板
- 3 1 第一磁性膜
- 3 2 第二磁性膜
- 3 3 側面磁性膜
- 4 1 レジスト
- 4 2 磁性材
- 4 3 絶縁層
- 4 4 めっきベース
- 5 送電装置
- 5 1 電源
- 5 2 整流回路
- 5 3 送電回路
- 5 4 送電コイル
- 6 受電装置
- 6 1 受電コイル
- 6 2 受電回路

40

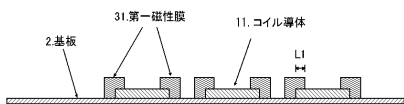
50

- 6 3 充放電制御回路
- 6 4 二次電池
- 7 携帯電子機器本体

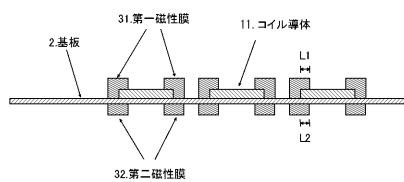
【 図 1 】



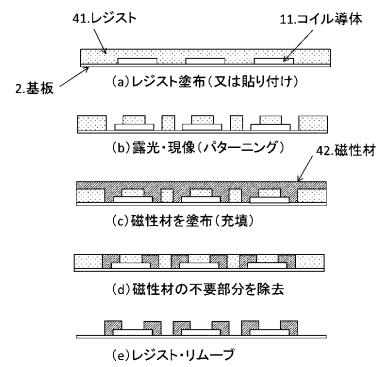
【 図 2 】



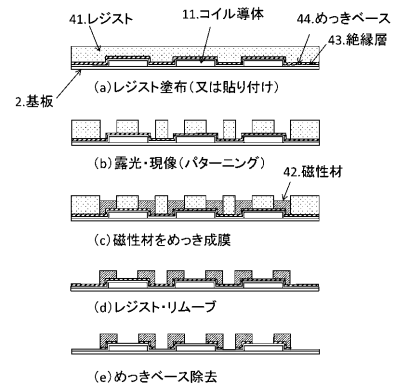
【 図 3 】



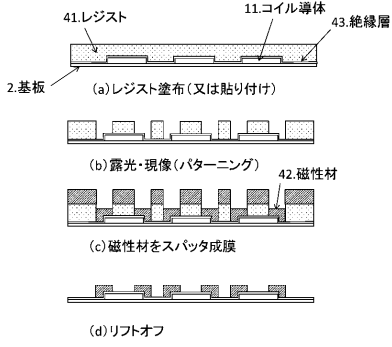
【 図 4 】



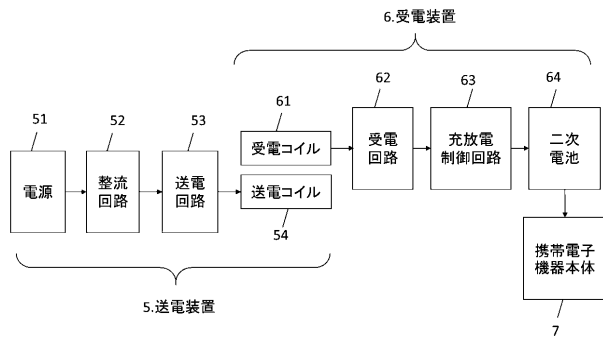
【 図 5 】



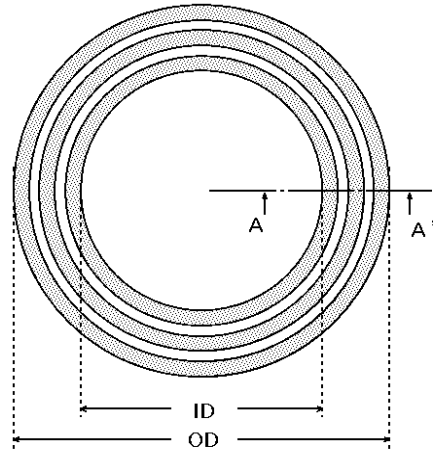
【図 6】



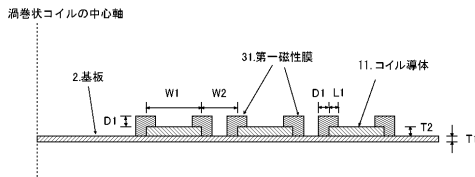
【図 7】



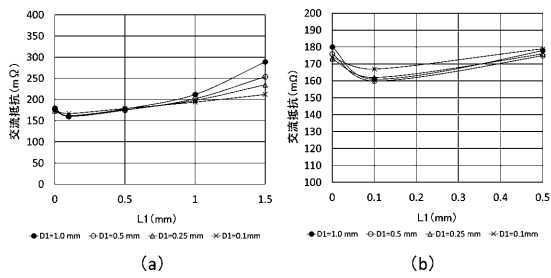
【図 8】



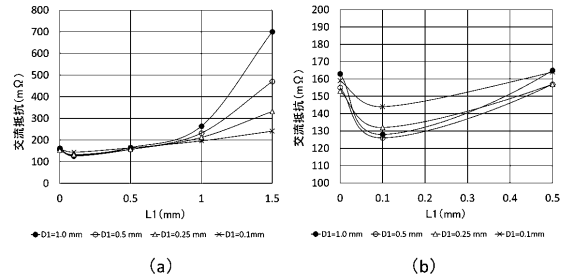
【図 9】



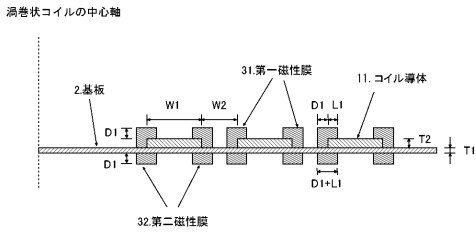
【図 10】



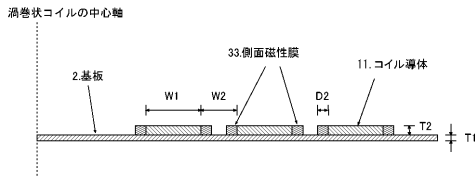
【図 12】



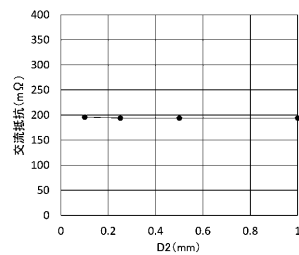
【図 11】



【図 13】



【図 14】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.		F I	テーマコード(参考)
<i>H 0 2 J</i>	<i>50/10</i>	<i>(2016.01)</i>	H 0 1 F 41/34
<i>H 0 1 Q</i>	<i>7/06</i>	<i>(2006.01)</i>	H 0 2 J 50/10
<i>H 0 1 Q</i>	<i>1/38</i>	<i>(2006.01)</i>	H 0 1 Q 7/06
<i>H 0 1 F</i>	<i>41/18</i>	<i>(2006.01)</i>	H 0 1 Q 1/38
			H 0 1 F 41/18