

(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2012-147638

(P2012-147638A)

(43) 公開日 平成24年8月2日(2012.8.2)

(51) Int.Cl.  
H02J 17/00 (2006.01)F I  
H02J 17/00

テーマコード (参考)

B

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2011-6107 (P2011-6107)  
(22) 出願日 平成23年1月14日 (2011.1.14)(71) 出願人 000003067  
T D K株式会社  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号  
(74) 代理人 100097180  
弁理士 前田 均  
(74) 代理人 100110917  
弁理士 鈴木 亨  
(72) 発明者 板垣 一也  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T  
D K - E P C株式会社内  
(72) 発明者 櫻井 康弘  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T  
D K - E P C株式会社内  
(72) 発明者 西村 正志  
東京都中央区日本橋一丁目13番1号 T  
D K - E P C株式会社内

(54) 【発明の名称】 非接触給電用2次側コイルユニット及び非接触給電装置

(57) 【要約】

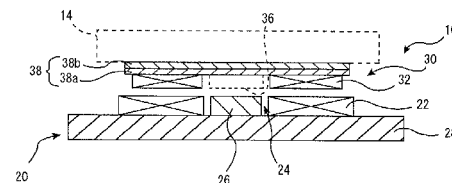
【課題】薄型で伝送効率の良い給電を実現できる非接触給電用2次側コイルユニットを提供する。

【解決手段】

1次コイル(22)に対向する対向面と当該対向面(32a)の反対面である背面(32b)とを有する平板状の2次コイル(32)と、2次コイルの前記背面を覆うように配置される磁性シート(38)と、を有し、前記磁性シートは、前記2次コイルに近接する第1磁性層(38a)と、前記2次コイルとの間に前記第1磁性層を挟んで配置され、前記第1磁性層より飽和磁束密度の大きい第2磁性層(38b)と、を有する非接触給電用2次側コイルユニット。

【選択図】図2

図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

1 次コイルに対向する対向面と当該対向面の反対面である背面とを有する平板状の 2 次コイルと、2 次コイルの前記背面を覆うように配置される磁性シートと、を有し、

前記磁性シートは、前記 2 次コイルに近接する第 1 磁性層と、前記 2 次コイルとの間に前記第 1 磁性層を挟んで配置され、前記第 1 磁性層より飽和磁束密度の大きい第 2 磁性層と、を有することを特徴とする非接触給電用 2 次側コイルユニット。

**【請求項 2】**

前記第 1 磁性層は、磁性粉及び当該磁性粉を連結する樹脂によって構成される樹脂磁性粉混合層であるか、又はフェライトによって構成されるフェライト層であり、

前記第 2 磁性層は、非酸化磁性金属によって構成される磁性金属層であることを特徴とする請求項 1 に記載の非接触給電用 2 次側コイルユニット。

**【請求項 3】**

前記第 1 磁性層は、前記第 2 磁性層より % 導電率が小さいことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の非接触給電用 2 次側コイルユニット。

**【請求項 4】**

前記磁性シートは、前記 2 コイルとの間に前記第 1 磁性層及び前記第 2 磁性層を挟んで配置され、前記第 1 磁性層と同様の材料によって構成される第 3 磁性層をさらに有することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 までの何れか 1 項に記載の非接触給電用 2 次側コイルユニット。

**【請求項 5】**

請求項 1 から請求項 4 までの何れか 1 項に記載の非接触給電用 2 次側コイルユニットと、

前記 1 次コイルと、当該 1 次コイルの中心部に配置されるマグネットと、を有する非接触給電用 1 次側コイルユニットと、を有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、携帯電子機器等に給電を行う非接触給電用 2 次側コイルユニット及び非接触給電装置に関する。

**【背景技術】****【0002】**

近年、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、1 次（給電）コイルと 2 次（受電）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。

**【0003】**

携帯電子機器等に適用される非接触給電装置は、電力伝送時の効率に加えて、小型であること、特に薄型であることを要求される。薄型の非接触給電装置に関する従来技術としては、1 次及び 2 次コイルとして平面渦巻き型コイルを使用するものが知られている。また、コイルから発生する磁界による不要輻射を抑制するためにコイルの外側に磁性シートを配し、さらに電界による不要輻射を抑制するために磁性シートの外側に金属シートを配する技術が提案されている。

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0004】**

【特許文献 1】特開 2006 - 42519 号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかし、近年の非接触給電装置においては、コイルとシートを組み合わせた 2 次側ユニ

10

20

30

40

50

ットのさらなる薄型化及び電力伝送効率の向上が求められており、従来技術に係る磁性シート及び金属シートを配した２次側ユニットでは、その要求に充分に応えられないという問題が発生している。特に、１次側ユニットが位置合わせ用等のマグネットを搭載している場合、２次側ユニットが１次側のマグネットの磁界による影響を受けるため、従来技術では、上述の要求に応えることが困難であった。

【０００６】

本発明は、このような課題に鑑みてなされ、その目的は、薄型で伝送効率の良い給電を実現できる非接触給電用２次側コイルユニット及び非接触給電装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

10

【０００７】

本発明に係る非接触給電用２次側コイルユニットは、１次コイルに対向する対向面と当該対向面の反対面である背面とを有する平板状の２次コイルと、２次コイルの前記背面を覆うように配置される磁性シートと、を有し、前記磁性シートは、前記２次コイルに近接する第１磁性層と、前記２次コイルとの間に前記第１磁性層を挟んで配置され、前記第１磁性層より飽和磁束密度の大きい第２磁性層と、を有する。

【０００８】

本発明に係る非接触給電用２次側コイルユニットは、第１磁性層と第２磁性層を有する磁性シートを採用することによって、非接触給電用２次側コイルユニット全体として薄型でありながら、高いインダクタンスを有し、効率の高い給電を実現する。

20

【０００９】

非接触給電における交流周波数を考慮すると、高周波特性の良いフェライト等が、磁性シートとして好適であるとも考えられるが、フェライト等は比較的飽和磁束密度が小さく、薄くすると磁気飽和しやすいという問題を有する。また、一般的な傾向として、軟磁性材料における高周波特性の良さと飽和磁束密度の高さは、トレードオフの関係にある。そのため、本発明に係る磁性シートは、２次コイルに近接する側に配置され、飽和磁束密度の小さい第１磁性層に高周波特性を受け持たせるとともに、その第１磁性層を挟んで配置され、第１磁性層より飽和磁束密度の大きい第２磁性層に、薄型でありながら磁気飽和を回避する役割を持たせる。第１磁性層は、１次コイル及び２次コイルに近接して配置されるため、磁気飽和しない範囲で磁束を伝達して２次コイルのインダクタンスを高めるが、飽和磁束密度が小さい上に薄いため、磁気飽和してしまう場合がある。しかし、本発明に係る磁性シートは、第１磁性層の外側に配置された第２磁性層を有するため、たとえ第１磁性層が磁気飽和しても、残りの磁束を第２磁性層が伝達し、２次コイルのインダクタンスを高めることができる。すなわち、第２磁性層は、飽和磁束密度が大きいので、薄くても磁気飽和し難く、漏れ磁束の発生を効果的に抑制できる。このように、本発明に係る２次側コイルユニットは、第１磁性層単独の場合と比較して、磁性シート全体の厚さを減少させることができる。

30

【００１０】

また、例えば、本発明に係る非接触給電用２次側コイルユニットにおいて、前記第１磁性層は、磁性粉及び当該磁性粉を連結する樹脂によって構成される樹脂磁性粉混合層であるか、又はフェライトによって構成されるフェライト層であっても良く、前記第２磁性層は、非酸化磁性金属によって構成される磁性金属層であっても良い。

40

【００１１】

フェライト等は飽和磁束密度が小さい傾向にあるが、%導電率が小さく渦電流の発生によるエネルギーロスが小さい傾向にあるので、第１磁性層として２次コイルに近接して配置し、なるべく多くの磁束を伝達させることによって、２次コイルのインダクタンスを高めることができる。これに対して、金属系磁性材等からなり飽和磁束密度が大きい傾向にある第２磁性層は、%導電率が大きく渦電流の発生によるエネルギーロスが大きい傾向にある。しかし、第２磁性層は第１磁性層の外側に配置されているため、第２磁性層を介し

50

て伝達される磁束が抑制され、これに伴う渦電流の発生が抑制される。したがって、このような磁性シートを有する２次側コイルユニットは、第２磁性層単独の場合と比較して、第２磁性層における渦電流の発生に伴う２次コイルのインダクタンスの低下を抑制することができる。

【００１２】

このように、第１磁性層を樹脂磁性粉混合層又はフェライト層とし、第２磁性層を磁性金属層とすることによって、薄型でありながら、高いインダクタンスを有し、効率の高い給電を実現する２次側コイルユニットを、容易に作製することができる。

【００１３】

また、本発明に係る非接触給電用２次側コイルユニットにおいて、前記第１磁性層は、前記第２磁性層より％導電率が小さいことが好ましい。第１及び第２コアに近接して配置される第１磁性層の％導電率を小さくすることによって、上述のように、本発明に係る２次側コイルユニットは、渦電流の発生によるエネルギーロスを抑制し、効率の高い給電を行うことが可能である。

【００１４】

また、例えば、前記磁性シートは、前記第２コイルとの間に前記第１磁性層及び前記第２磁性層を挟んで配置され、前記第１磁性層と同様の材料によって構成される第３磁性層をさらに有しても良い。

【００１５】

本発明の磁性シートは、第１磁性層と第２磁性層の２層構造であっても良いが、第２磁性層の外側に、第１磁性層と同様の材料によって構成される第３磁性層をさらに有し、３層以上の構造を有していても良い。すなわち、飽和磁束密度の異なる２以上の層を組み合わせさせて磁性シートを構成する場合、飽和磁束密度の小さい層を２つに分割し、飽和磁束密度の大きい層（第２磁性層）の両側に配置してもよい。磁性シートをこのような３層構造としても、２層構造のまま第１磁性層の厚さを増加させた場合と同様に、２次コイルのインダクタンスを増加させる効果を奏する。

【００１６】

本発明に係る非接触給電装置は、上述したいずれかの非接触給電用２次側コイルユニットと、

前記１次コイルと、当該１次コイルの中心部に配置されるマグネットと、を有する非接触給電用１次側コイルユニットと、を有する。

【００１７】

１次側コイルユニットのマグネットは、１次側コイルユニットと２次側コイルユニットとの位置合わせ等の効果を奏するが、マグネットの磁束により磁性シートが磁気飽和し易くなる問題がある。しかし、上述のように、２次側コイルユニットは、第１磁性層と第２磁性層を備える磁性シートを有するため、本発明に係る非接触給電装置は、２次側コイルユニットを薄型化しつつ効率の高い給電を達成できる。

【図面の簡単な説明】

【００１８】

【図１】図１は、本発明の一実施形態に係る非接触給電装置の分解斜視図である。

【図２】図２は、図１に示す非接触給電装置の断面図である。

【図３】図３は、本発明の第２実施形態に係る２次側コイルユニットの断面図である。

【図４】図４は、実施例に係る２次側コイルユニットの断面図である。

【図５】図５（ａ）～図５（ｃ）は、実施例のインダクタンス測定状態における２次側コイルユニットの配置状態を表す断面図である。

【図６】図６は、サンプル０１～サンプル０３のインダクタンス測定結果を表すグラフである。

【図７】図７は、サンプル０３～サンプル０５のインダクタンス測定結果を表すグラフである。

【図８】図８は、サンプル０２及びサンプル０４～サンプル０９のインダクタンス測定結

10

20

30

40

50

果を表すグラフである。

【図 9】図 9 は、サンプル 0 5、サンプル 1 0 及びサンプル 1 1 のインダクタンス測定結果を表すグラフである。

【図 1 0】図 1 0 は、サンプル 0 4 及びサンプル 1 2 ~ サンプル 1 8 のインダクタンス測定結果を表すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0 0 1 9】

図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る非接触給電装置 1 0 の分解斜視図である。図 1 に示すように非接触給電装置 1 0 は、給電を行う 1 次側コイルユニット 2 0 と、受電を行う 2 次側コイルユニット 3 0 を有する。

10

【0 0 2 0】

1 次側コイルユニット 2 0 は、1 次コイル 2 2 と、マグネット 2 6 と、磁性体部 2 8 とを有する。1 次コイル 2 2 は、平板状の渦巻き型コイルであり、1 次コイル 2 2 の中央には、1 次コイル孔部 2 4 が形成されている。1 次コイル孔部 2 4 には、マグネット 2 6 が配置され、1 次コイル 2 2 はマグネット 2 6 の外周を周回するように形成されている。

【0 0 2 1】

1 次コイル 2 2 は、給電を行う際に 2 次コイル 3 2 に対向する 1 次コイル対向面 2 2 a と、1 次コイル対向面 2 2 a の反対面である 1 次コイル背面 2 2 b とを有する。1 次コイル背面 2 2 b には、1 次コイル背面 2 2 b を覆うように、磁性体部 2 8 が配置される。

20

【0 0 2 2】

2 次側コイルユニット 3 0 は、2 次コイル 3 2 と、磁性シート 3 8 とを有する。2 次コイル 3 2 としては、1 次コイル 2 2 と同様に、平板状の渦巻き型コイル等を採用することができるが、特に限定されない。

【0 0 2 3】

2 次コイル 3 2 は、1 次コイル 2 2 から給電される（受電する）際に 1 次コイル 2 2 に対向する 2 次コイル対向面 3 2 a と、2 次コイル対向面 3 2 a の反対面である 2 次コイル背面 3 2 b とを有する。2 次コイル背面 3 2 b には、2 次コイル背面 3 2 b を覆うように、磁性シート 3 8 が配置される。

【0 0 2 4】

図 2 は、図 1 に示す 1 次側及び 2 次側コイルユニット 2 0、3 0 を組み立て、さらに、非接触給電を行うために、2 次側コイルユニット 3 0 を 1 次側コイルユニット 2 0 に対して位置決めした状態を表す断面図である。例えば、非接触給電装置 1 0 が携帯電話に搭載されるバッテリー 1 4 の充電装置として使用される場合、1 次側コイルユニット 2 0 は携帯電話の充電器に組み込まれ、2 次側コイルユニット 3 0 は携帯電話に組み込まれる。また、例えば、2 次側コイルユニット 3 0 の背面には、金属ケース（アルミ等）に収納されたバッテリー 1 4 が配置される。なお、1 次側及び 2 次側コイルユニット 2 0、3 0 は、それぞれ不図示の樹脂ケース等に収納されることによって組み立てられるが、1 次側及び 2 次側コイルユニット 2 0、3 0 の組み立て方法は特に限定されない。

30

【0 0 2 5】

1 次コイル孔部 2 4 に配置されるマグネット 2 6 は、2 次側コイルユニット 3 0 を 1 次側コイルユニット 2 0 に対して位置決めする際に、2 次側コイルユニット 3 0 の中央部を引き寄せ、位置決めを補助する役割を有する。2 次側コイルユニット 3 0 の中央部に形成されている 2 次コイル孔部には、マグネット 2 6 による 2 次側コイルユニット 3 0 の引き寄せ力を強めるために、磁性材料によって構成される吸着材 3 6 が配置されても良いが、特に限定されない。

40

【0 0 2 6】

図 1 及び図 2 に示す 1 次コイル 2 2 には、給電時において、所定の周波数を有する交流電圧が供給される。1 次コイル 2 2 に供給される交流電圧は、充電器に搭載された AC / DC コンバータや送電装置を介して、家庭用の交流電圧を変換することによって生成される。1 次コイル 2 2 に供給される交流電圧の周波数は、特に限定されないが、1 0 0 ~ 2

50

00kHz程度とすることができる。

【0027】

1次側コイルユニット20に含まれる磁性体部28は、1次コイル22からの磁束の漏れを防止すること及び磁気回路(磁路)を形成すること等を目的として配置される。磁性体部28は軟磁性材料によって構成されるが、2次側コイルユニット30の磁性シート38ほど薄型化の要求は強くないため、鉄損を考慮してフェライト焼結体等によって構成されることが好ましい。

【0028】

2次コイル32は、受電時(1次コイル22の給電時)において、1次コイル22による電磁誘導によって交流電圧を発生する。2次コイル32によって誘起された交流電圧は、携帯電話に搭載された受電回路等を介して直流電圧に変換され、バッテリー14の充電等に使用される。

10

【0029】

図2に示すように、2次側コイルユニット30の磁性シート38は、2次コイル32に近接する第1磁性層38aと、2次コイル32との間に第1磁性層38aを挟んで配置される第2磁性層38bとを有する。第2磁性層38bは、第1磁性層38aより飽和磁束密度が大きい。また、第1磁性層38aは、第2磁性層38bより%導電率が小さいことが好ましい。

【0030】

第1磁性層38a及び第2磁性層38bは、磁性材料を含む各種材料によって構成される。例えば、第1磁性層38aは、磁性粉及び当該磁性粉を連結する樹脂によって構成される樹脂磁性粉混合層又はフェライト(例えばフェライト焼結体)によって構成されるフェライト層であることが好ましく、第2磁性層38bは、非酸化磁性金属によって構成される磁性金属層であることが好ましい。これにより、飽和磁束密度及び%導電率について、第1磁性層38aの方が第2磁性層38bより小さい磁性シート38を、容易に作製することができる。なお、非酸化磁性金属には、鉄、ニッケル、コバルト及びこれらを含む合金、ケイ素鋼、アモルファス合金等が含まれる。

20

【0031】

このような磁性シート38を有する2次側コイルユニット30は、単に漏れ磁束を抑制するだけでなく、薄型化を図りつつ渦電流の発生による損失を抑制することができる。すなわち、磁性シートを樹脂磁性粉混合層又はフェライト層である第1磁性層38aのみによって作製すると、第1磁性層38aは飽和磁束密度が小さいため、磁性シートを薄型化することができない。なぜなら、1次側コイルユニット20から給電される際に、第1磁性層38aが磁気飽和しないために必要となる厚さが、大きくなってしまふからである。特に、1次側コイルユニット20がマグネット26を有する場合は、マグネット26による磁気バイアスの影響を受けるため、第1磁性層38aが磁気飽和しないために必要となる厚さが、さらに大きくなってしまふ。

30

【0032】

一方で、磁性シートを磁性金属層である第2磁性層38bのみによって作製すると、磁性金属層は%導電率が大きいので、渦電流の発生によるエネルギーロスが大きくなり、伝送効率が低下してしまふ。しかし、本実施形態に係る磁性シート38は、第1磁性層38aの外側に第2磁性層38bを配することによって、これらの課題を克服している。

40

【0033】

すなわち、磁性シート38は、第1磁性層38aだけでなく、飽和磁束密度の大きい第2磁性層38bを有するため、磁性シート38を磁気飽和させないために必要とされる厚さが抑制される。これにより、本実施形態に係る2次側コイルユニット30は、薄型化しつつ、磁気飽和による2次コイル32のインダクタンスの低下を防止することができる。

【0034】

さらに、磁性シート38において、第2磁性層38bは、第1磁性層38aより1次コイル22及び2次コイル32から離れた位置に配置される。従って、電磁誘導における磁

50

束は、第 1 磁性層 38 a が磁気飽和しない範囲では、2 次コイル 32 に近接する第 1 磁性層 38 a によって優先的に伝達され、第 2 磁性層 38 b を介して伝達される磁束が抑制される。これにより、本実施形態に係る 2 次側コイルユニット 30 は、飽和磁束密度が大きいという第 2 磁性層 38 b の特徴を活かしつつ、第 1 磁性層 38 a に高周波特性を受け持たせて渦電流による損失の発生を抑制し、渦電流損失による 2 次コイル 32 のインダクタンスの低下を防止することができる。

【0035】

なお、磁性シート 38 における第 1 磁性層 38 a と第 2 磁性層 38 b の比率は、渦電流の発生による損失が電流値の 2 乗に比例すること等を考慮しつつ、2 次コイル 32 がより大きなインダクタンスを得られるように決定されることが好ましい。また、第 1 磁性層 38 a 及び第 2 磁性層 38 b の初透磁率  $\mu_i$  は、発明の効果を得るために特定の範囲に限定されるものではないが、例えば、第 1 磁性層 38 a の初透磁率  $\mu_i$  は 5 ~ 30, 000、第 2 磁性層 38 b の初透磁率  $\mu_i$  は 5 ~ 200, 000 程度とすることが適当である。

10

【0036】

図 3 は、本発明の第 2 実施形態に係る 2 次側コイルユニット 40 の断面図である。2 次側コイルユニット 40 は、磁性シート 48 が異なることを除き、第 1 実施形態に係る 2 次側コイルユニット 30 と同様である。

【0037】

2 次側コイルユニット 40 の磁性シート 48 は、第 1 磁性層 48 a と、第 2 磁性層 48 b と、第 3 磁性層 48 c とを有する。第 1 磁性層 48 a 及び第 2 磁性層 48 b は、第 1 実施形態に係る第 1 磁性層 38 a 及び第 2 磁性層 38 b と同様である。

20

【0038】

第 3 磁性層 48 c は、2 次コイル 32 との間に第 1 磁性層 48 a 及び第 2 磁性層 48 b を挟んで配置される。第 3 磁性層 48 c は、第 1 磁性層 48 a と同様の材料によって構成されており、第 2 磁性層 48 b より飽和磁束密度が小さい。第 1 磁性層 48 a 及び第 3 磁性層 48 c は、磁性粉及び当該磁性粉を連結する樹脂によって構成される樹脂磁性粉混合層又はフェライト（例えばフェライト焼結体）によって構成されるフェライト層であることが好ましく、第 2 磁性層 38 b は、非酸化磁性金属によって構成される磁性金属層であることが好ましい。

30

【0039】

磁性シート 48 のように、飽和磁束密度の小さい層（樹脂磁性粉混合層又はフェライト層）を 2 つに分割し、飽和磁束密度の大きい層（磁性金属層）の両側に配置してもよい。磁性シート 48 を図 3 に示すような 3 層構造としても、2 層構造のまま第 1 磁性層 38 a の厚さを増加させた場合（図 2 参照）と同様に、2 次コイル 32 のインダクタンスを増加させる効果を奏する。

【0040】

なお、第 1 及び第 2 実施形態において、第 1 ~ 第 3 磁性層 38 a, 38 b, 48 a ~ 48 c の平面形状（積層方向から見た形状）は、図 2 及び図 3 に示すように略同一であっても良いが、これに限定されない。例えば、第 2 磁性層 38 b, 48 b の平面形状を、第 1 磁性層 38 a, 48 a あるいは第 3 磁性層 48 c より大きくしても良い。第 2 磁性層 38 b, 48 b が、第 1 磁性層 38 a, 48 a あるいは第 3 磁性層 48 c の外周より外側に延出する部分を有することによって、延出した部分が衝撃の緩衝部となり、外部からの衝撃等によって 2 次側コイルユニット 40 が破損することを防止できる。

40

【実施例】

【0041】

以下、本発明を実施例に基づき説明するが、本発明は、これら実施例に限定されない。

【0042】

サンプル 01 ~ サンプル 11

まず、サンプル 01 ~ サンプル 11 に係る 11 種類の 2 次側コイルユニット 50 を準備し、それぞれのサンプルについて、インダクタンスの測定を行った。各サンプルは、図 4

50

に示すように、２次コイル５２と、２次コイル５２の背面を覆う磁性シート５８を有する。ただし、サンプル０１に係る２次側コイルユニットは、２次コイル５２のみを有する。

【００４３】

各サンプル０１～サンプル１１では、同様の２次コイル５２を用いた。２次コイル５２は、外周形状が４０×３０mmの矩形平板状の渦巻き型コイルとした。２次コイル５２の中央部には２５×１５mmの２次コイル孔部が形成されている。２次コイル３２の有効巻き数は３１とした。

【００４４】

図４に示す磁性シート５８は、サンプル毎に異なる物を用いた。実施例では、磁性シート５８の各層を、２次コイル５２に近接する側から外側に向かって順に、磁性層Ａ５８ａ、磁性層Ｂ５８ｂ、磁性層Ｃ５８ｃとして説明する。磁性シート５８の平面形状は、４８×３２mmとした。サンプル０１～サンプル１１に係る磁性シート５８のデータを、インダクタンス測定結果とともに、表１に示す。

【００４５】

【表１】

表１

	サンプルデータ（磁性金属： $\mu_i=800$ 、 $B_s=1.3T$ ） （フェライト： $\mu_i=200$ 、 $B_s=0.38T$ ）				インダクタンス測定		
	磁性シート 厚さD(mm)	磁性層A (厚さ(mm))	磁性層B (厚さ(mm))	磁性層C (厚さ(mm))	参考A Lo(uH)	参考B Lo2(uH)	実装 Ls(uH)
サンプル01	なし	なし	なし	なし	38.98	47.36	19.71
サンプル02	0.3	磁性金属(0.3)	なし	なし	31.85	29.42	29.26
サンプル03	0.3	フェライト(0.3)	なし	なし	63.19	58.8	41.39
サンプル04	0.4	フェライト(0.4)	なし	なし	63.76	62.72	47.54
サンプル05	0.6	フェライト(0.6)	なし	なし	64.58	69.85	58.41
サンプル06	0.4	フェライト(0.1)	磁性金属(0.3)	なし	55.89	53.24	52.36
サンプル07	0.5	フェライト(0.2)	磁性金属(0.3)	なし	60.31	62.20	61.14
サンプル08	0.4	磁性金属(0.3)	フェライト(0.1)	なし	31.90	30.03	29.85
サンプル09	0.5	磁性金属(0.3)	フェライト(0.2)	なし	32.02	30.47	30.35
サンプル10	0.5	フェライト(0.1)	磁性金属(0.3)	フェライト(0.1)	55.62	57.30	56.52
サンプル11	0.6	フェライト(0.2)	磁性金属(0.3)	フェライト(0.1)	60.91	69.53	68.08

【００４６】

サンプル０２～サンプル０５で用いた磁性シート５８は、表１に示すように、磁性層Ａ５８ａのみを有し、１層構造である。サンプル０２の磁性層Ａ５８ａは、非酸化金属によって構成される磁性金属層であり、厚さは０．３mmである。サンプル０３～サンプル０５の磁性層Ａ５８ａは、フェライト焼結体によって構成されるフェライト層であり、厚さはそれぞれ０．３mm、０．４mm、０．６mmである。

【００４７】

サンプル０６～サンプル０９で用いた磁性シート５８は、表１に示すように、磁性層Ａ５８ａと磁性層Ｂ５８ｂを有する２層構造である。サンプル０６及びサンプル０７の磁性層Ａ５８ａは、フェライト焼結体によって構成されるフェライト層であり、厚さはそれぞれ０．１mm、０．２mmである。サンプル０６及びサンプル０７の磁性層Ｂ５８ｂは、非酸化金属によって構成される磁性金属層であり、厚さは０．３mmである。サンプル０８及びサンプル０９の磁性シート５８は、サンプル０６及びサンプル０７の磁性シート５８に対して、磁性層Ａ５８ａと磁性層Ｂ５８ｂとを、入れ替えた構成とした。

【００４８】

サンプル１０及びサンプル１１で用いた磁性シート５８は、表１に示すように、磁性層Ａ５８ａと磁性層Ｂ５８ｂと磁性層Ｃ５８ｃを有する３層構造である。サンプル１０、サンプル１１の磁性層Ａ５８ａ及び磁性層Ｂ５８ｂは、サンプル０６、サンプル０７の磁性



層 A 5 8 a 及び磁性層 B 5 8 b と同様である。したがって、サンプル 1 0、サンプル 1 1 で用いた磁性シート 5 8 は、サンプル 0 6、サンプル 0 7 の磁性シート 5 8 に、磁性層 C 5 8 c を追加したものである。サンプル 1 0、サンプル 1 1 の磁性層 C 5 8 c は、フェライト焼結体によって構成されるフェライト層であり、厚さは 0 . 1 mm である。

#### 【 0 0 4 9 】

なお、サンプル 0 2、サンプル 0 8 及びサンプル 0 9 の磁性層 A、並びにサンプル 0 6、サンプル 0 7、サンプル 1 0 及びサンプル 1 1 の磁性層 B を構成する非酸化磁性金属としては、初透磁率  $\mu_i = 800$ 、飽和磁束密度  $B_s = 1.3 \text{ T}$ 、% 導電率が約 17 % のものを用いた。また、サンプル 0 3 ~ サンプル 0 7、サンプル 1 0 及びサンプル 1 1 の磁性層 A、サンプル 0 8 及びサンプル 0 9 の磁性層 B、並びにサンプル 1 0 及びサンプル 1 1 の磁性層 C を構成するフェライト焼結体としては、初透磁率  $\mu_i = 200$ 、飽和磁束密度  $B_s = 0.38 \text{ T}$ 、% 導電率が約  $1 \times 10^{-11} \%$  のものを用いた。

10

#### 【 0 0 5 0 】

##### インダクタンス測定

サンプル 0 1 ~ サンプル 1 1 に係る 2 次側コイルユニット 5 0 について、2 次コイル 5 2 のインダクタンスを測定した。インダクタンスの測定は、2 次側コイルユニット 5 0 を携帯電話等を実装した際における実装時のインダクタンス  $L_s$  を測定するために、図 5 a に示すように、1 次側コイルユニット 2 0 及びバッテリー 1 4 を、2 次側コイルユニット 5 0 の周辺に配置して行った。

#### 【 0 0 5 1 】

図 5 ( a ) に示す 1 次側コイルユニット 2 0 は、第 1 実施形態に関して図 2 等で説明したものと同様であり、1 次コイル 2 2 の中央にマグネット 2 6 が配置されている。マグネット 2 6 としては、マグネシウム単体によって構成されるものを用い、マグネット 2 6 の表面から 2 mm 離れた位置の磁束密度  $B$  が、 $102 \text{ mT}$  (マグネット 2 6 の周辺は空気) のものを用いた。なお、1 次側コイルユニット 2 0 は、2 次側コイルユニット 5 0 に対して、4 mm の間隔を空けて配置した。

20

#### 【 0 0 5 2 】

図 5 ( b ) に示すバッテリー 1 4 としては、その本体がアルミケースに収納されている  $\text{Li2}$  次電池を使用した。バッテリー 1 4 は、2 次側コイルユニット 5 0 の磁性シート 5 8 の外側面 (2 次コイル 5 2 の接触する面の反対面) に接触するように配置した。

30

#### 【 0 0 5 3 】

また、各サンプルのインダクタンス測定では、実装時のインダクタンス  $L_s$  の他に、原因解析を目的として、参考 A のインダクタンス  $L_o$  及び参考 B のインダクタンス  $L_o2$  を測定した。参考 A のインダクタンス  $L_o$  は、図 5 ( b ) に示すように、各サンプルに係る 2 次側コイルユニット 5 0 単独の状態で測定した 2 次コイル 5 2 のインダクタンスである。これに対して、参考 B のインダクタンス  $L_o2$  は、図 5 ( c ) に示すように、各サンプルに係る 2 次側コイルユニット 5 0 に対して、1 次側コイルユニット 2 0 のみを配置した状態で測定した 2 次コイル 5 2 のインダクタンスである。なお、インダクタンスの測定は、LCR メータ (製品型番: Agilent 4284 A) を用いて行った。各サンプルについてのインダクタンス測定結果を、表 1 に示す。

40

#### 【 0 0 5 4 】

##### 各サンプルの評価

図 6 に示すグラフは、表 1 におけるサンプル 0 1 ~ サンプル 0 3 に関する参考 A のインダクタンス  $L_o$  及び実装時のインダクタンス  $L_s$  を表したものである。サンプル 0 1 では、実装時のインダクタンス  $L_s$  が、ユニット単体におけるインダクタンスである参考 A のインダクタンス  $L_o$  に対して大きく低下していた。これは、サンプル 0 1 に係る 2 次側コイルユニット 5 0 が磁性シート 5 8 を有しないために、図 5 ( a ) に示す実装状態では、バッテリー 1 4 の影響により 2 次コイル 5 2 を通過しない磁束が増加し、2 次コイル 5 2 のインダクタンスが低下したものと考えられる。

#### 【 0 0 5 5 】

50

サンプル 0 2 では、ユニット単体におけるインダクタンスである参考 A のインダクタンス  $L_o$  が、磁性シート 3 8 を有しないサンプル 0 1 より低下している。これは、サンプル 0 2 の磁性シート 5 8 が磁性金属層のみによって構成されるため、磁性シート 5 8 における渦電流損失により、2 次コイル 5 2 のインダクタンスが低下したものと考えられる。なお、サンプル 0 2 では、実装時のインダクタンス  $L_s$  が、ユニット単体におけるインダクタンスとほぼ同等であり、図 5 ( a ) に示す実装状態における漏れ磁束は少ないことが分かる。これは、磁性シート 5 8 を構成する磁性金属層の飽和磁束密度が大きいからであると考えられる。また、磁性シート 5 8 を磁性金属層のみによって構成すると、磁性シート 5 8 の厚さを増加させても、インダクタンスを向上させることは難しいと推測される。

【 0 0 5 6 】

10

サンプル 0 3 では、ユニット単体におけるインダクタンスである参考 A のインダクタンス  $L_o$  が、磁性シート 5 8 を有しないサンプル 0 1 より大幅に向上している。これは、サンプル 0 2 の磁性シート 5 8 がフェライト層のみによって構成されるためにサンプル 0 2 のような渦電流損失が少なく、しかも磁性シート 5 8 による磁気漏洩防止効果が得られたことが原因であると考えられる。

【 0 0 5 7 】

しかし、サンプル 0 3 では、実装時のインダクタンス  $L_s$  が、ユニット単体におけるインダクタンスである参考 A のインダクタンス  $L_o$  に対して大きく低下していた。図 5 ( a ) に示す実装状態のようにマグネット 2 6 やバッテリー 1 4 等が 2 次側コイルユニット 5 0 の周辺に配置された場合、サンプル 0 3 では、磁性シート 5 8 がユニット単体の時のように磁束を伝達することができなかったものと考えられる。なぜなら、サンプル 0 3 の磁性シート 5 8 は、飽和磁束密度の小さいフェライト層によって構成されており、厚さも 0 . 3 mm と薄いために磁気飽和しやすい。したがって、サンプル 0 3 の磁性シート 5 8 は、マグネット 2 6 の磁気により磁気飽和し易くなり、これがバッテリー 1 4 等の周辺部材への漏れ磁束に繋がり、その結果として 2 次コイル 5 2 のインダクタンスが低下したものと考えられる。

20

【 0 0 5 8 】

なお、実装時のインダクタンス  $L_s$  が、参考 A のインダクタンス  $L_o$  に対して大きく低下しているサンプル 0 1 及びサンプル 0 3 は、漏れ磁束によるバッテリー 1 4 等の発熱を引き起こす恐れがあり、問題である。すなわち、サンプル 0 1 及びサンプル 0 3 における漏れ磁束の一部は、バッテリー 1 4 のアルミケース等において、IH ( 誘導加熱 ) の原理により熱に変わると考えられる。したがって、サンプル 0 1 及びサンプル 0 3 で見られるような磁性シート 5 8 の磁気飽和は、周辺部材の発熱防止の観点からも回避されることが望ましい。

30

【 0 0 5 9 】

図 7 は、表 1 におけるサンプル 0 3 ~ サンプル 0 5 に関する参考 A のインダクタンス  $L_o$ 、参考 B のインダクタンス  $L_o 2$  及び実装時のインダクタンス  $L_s$  を表したものである。サンプル 0 3 ~ サンプル 0 5 は、フェライト層のみによって構成される磁性シート 5 8 の厚さを、0 . 3 mm、0 . 4 mm、0 . 6 mm と徐々に増加させたものである。

【 0 0 6 0 】

40

表 1 に示すように、サンプル 0 3 とサンプル 0 4 の測定結果は同様の傾向を有しており、参考 A のインダクタンス  $L_o$  ( ユニット単体 ) に対して、参考 B のインダクタンス  $L_o 2$  ( 1 次側コイルユニット 2 0 有 ) が低下している。これは、1 次側コイルユニット 2 0 のマグネット 2 6 の影響により磁性シート 5 8 が磁気飽和傾向となり、磁性シート 5 8 がユニット単体の時ほど交流磁束を集中させることができず、2 次コイル 5 2 のインダクタンスが低下したものと考えられる。

【 0 0 6 1 】

また、サンプル 0 3 及びサンプル 0 4 では、実装時のインダクタンス  $L_s$  が、参考 A のインダクタンス  $L_o$  に対して大きく低下しており、バッテリー 1 4 を配置した影響によるインダクタンスの低下も顕著である。しかし、サンプル 0 3 ~ サンプル 0 5 の比較から明

50

らかなように、磁性シート 58 がフェライト層のみによって構成されていても、磁性シート 58 の厚さを大きくすれば、実装時のインダクタンス  $L_s$  を向上させることが可能である。

#### 【0062】

すなわち、磁性シート 58 の厚さが 0.6 mm であるサンプル 05 は、実装時のインダクタンス  $L_s$  が 50  $\mu$ H 以上であり、2 次コイル 52 単体のインダクタンス (サンプル 01 の参考 A のインダクタンス  $L_o$ ) である約 40  $\mu$ H に対して、大きな向上が認められる。サンプル 05 は、磁性シート 58 の厚さが厚いためにマグネット 26 の磁束の影響を吸収し、サンプル 03 等で見られた磁気飽和に伴う漏れ磁束の発生を低減し、2 次コイル 52 に磁束を集中させることができたため、インダクタンスが向上したものと考えられる。したがって、サンプル 05 に係る 2 次側コイルユニット 50 は、携帯電話等を実装した状態でも、効率の良い給電が可能である。このように、磁性シート 58 をフェライト層のみによって構成しようとする、効率の良い給電を行うためには、磁性シート 58 の厚さを大きくしなければいけないことが解る。

10

#### 【0063】

図 8 は、サンプル 02 及びサンプル 04 ~ サンプル 09 の参考 A のインダクタンス  $L_o$  及び実装時のインダクタンス  $L_s$  を表したものである。サンプル 06 の磁性シート 58 は、表 1 に示すように、2 次コイル 52 に近接して配置される磁性層 A 58a を厚さ 0.1 mm のフェライト層とし、その外側の磁性層 B 58b を厚さ 0.3 mm の磁性金属層としたものである。サンプル 06 とサンプル 02 とを比較すると、磁性金属層と 2 次コイル 52 の間にフェライト層を挟むことにより、2 次コイル 52 のインダクタンスが著しく向上することが解る。

20

#### 【0064】

さらに、サンプル 06 の実装時のインダクタンス  $L_s$  は、磁性シート 58 がフェライト層のみで構成されており、厚さ D が同様 (0.4 mm) であるサンプル 04 の実装時のインダクタンス  $L_s$  より、向上している。また、フェライト層 (磁性層 A 58a) の厚さを 0.2 mm に増加させ、磁性シート 58 の厚さ D を 0.5 mm としたサンプル 07 では、実装時のインダクタンス  $L_s$  がさらに向上していることが解る。すなわち、サンプル 07 は、磁性シート 58 がフェライト層のみで構成されており、厚さ D がこれより大きい (0.6 mm) サンプル 05 と比較しても、実装時のインダクタンス  $L_s$  が大きい。

30

#### 【0065】

このように、磁性シート 58 を、2 次コイル 52 側 (磁性層 A 58a) がフェライト層であって、反対側 (磁性層 B 58b) が磁性金属層である 2 層構造とすることによって、フェライト層単層の場合より磁性シート 58 を薄型化し、かつ実装時のインダクタンス  $L_s$  を向上させ得ることが確認された。

#### 【0066】

図 8 に示すサンプル 08 及びサンプル 09 は、サンプル 06 及びサンプル 07 に対して、フェライト層と磁性金属層の配置を逆転させた磁性シート 58 を使用している。すなわち、サンプル 08 及びサンプル 09 の磁性シート 58 は、2 次コイル 52 側 (磁性層 A 58a) が磁性金属層であって、反対側 (磁性層 B 58b) がフェライト層である 2 層構造である。

40

#### 【0067】

サンプル 08 及びサンプル 09 は、磁性シート 58 が磁性金属層のみであるサンプル 02 と比較して、ほとんどインダクタンス  $L_o$ ,  $L_s$  の変化若しくは向上がみられない。このように、たとえ磁性シート 58 を 2 層構造としても、2 次コイル 52 側 (磁性層 A 58a) を磁性金属層とし、反対側 (磁性層 B 58b) をフェライト層とした場合には、2 次コイル 52 のインダクタンスを向上させる効果を得られなかった。サンプル 08 及びサンプル 09 における磁性金属層は、2 次コイル 52 に近接して配置されており、導電率が大きく、ここで多くの渦電流損失が発生してしまったため、外側にフェライト層を追加しても、磁性金属層における渦電流の発生を抑制する作用を、ほとんど得られなかったのでは

50

ないかと考えられる。

【0068】

サンプル01～サンプル09までの結果から、2次コイル52側（磁性層A58a）がフェライト層であって、反対側（磁性層B58b）が磁性金属層である磁性シート58は、2次側コイルユニット50の薄型化及び伝送効率の向上に関して、顕著な効果を有することが確認された。そのメカニズムの一因は、飽和磁束密度の小さいフェライト層（磁性層A58a）だけでなく、飽和磁束密度の大きい磁性金属層（磁性層B58b）を組み合わせることによって、磁性シート58が磁気飽和し難くなることであると考えられる。

【0069】

また、そのメカニズムの他の一因は、飽和磁束密度が大きいという磁性金属層の利点を活かしつつ、磁性金属層における渦電流損失の発生を抑制しうるフェライト層及び磁性金属層の配置であると考えられる。すなわち、サンプル06及びサンプル07では、2次コイル52側にフェライト層が配置されるため、磁束は2次コイル52に近接するフェライト層（磁性層A58a）によって優先的に伝達され、磁性金属層（磁性層B58b）を介して伝達される磁束が抑制される。これにより、サンプル06及びサンプル07に係る2次側コイルユニット50は、渦電流による損失の発生を抑制し、渦電流損失による2次コイル52のインダクタンスの低下を防止できると考えられる。

【0070】

図9は、サンプル05、サンプル10及びサンプル11の実装時のインダクタンス $L_s$ を表したものである。サンプル10の磁性シート58は、表1に示すように、中央の磁性層B58bを磁性金属層とし、磁性金属層に対して2次コイル52側及び反対側の両側に、フェライト層を配置したものである。サンプル10で使用した磁性シート58の厚さDは、0.5mmである。サンプル10の実装時のインダクタンス $L_s$ は、磁性シート58がフェライト層のみで構成されており、厚さDがこれより大きい（0.6mm）サンプル05とほぼ同等である。

【0071】

また、2次コイル52側のフェライト層（磁性層A58a）の厚さを0.2mmに増加させ、磁性シート58の厚さDを0.6mmとしたサンプル11では、実装時のインダクタンス $L_s$ がさらに向上していることが解る。すなわち、サンプル11は、磁性シート58がフェライト層のみで構成されており、厚さDが同様である（0.6mm）サンプル05と比較して、実装時のインダクタンス $L_s$ が大きい。

【0072】

このように、磁性シート58を、2次コイル52側（磁性層A58a）がフェライト層、中央部（磁性層B58b）が磁性金属層、反対側（磁性層C58c）がフェライト層である3層構造とすることによっても、2次コイル52のインダクタンスを向上させ得ることが確認された。

【0073】

サンプル12～サンプル18

次に、サンプル12～サンプル18に係る7種類の2次側コイルユニット50を準備し、それぞれのサンプルについて、インダクタンスの測定を行った。サンプル12～サンプル18に係る2次側コイルユニット50は、磁性金属層として用いた非酸化磁性金属が異なる以外は、サンプル02及びサンプル06～サンプル11に係る2次側コイルユニット50と同様である。すなわち、サンプル12～サンプル18に係る磁性シート58では、磁性金属層を構成する非酸化磁性金属として、初透磁率 $\mu_i = 500$ 、飽和磁束密度 $B_s = 1.4\text{ T}$ 、%導電率が4%のものを用いた。

【0074】

また、サンプル12～サンプル18に係る2次側コイルユニット50についても、サンプル01～サンプル11と同様に、2次コイル52の参考Aのインダクタンス $L_o$ 、参考Bのインダクタンス $L_o2$ 及び実装時のインダクタンス $L_s$ を測定した。サンプル12～サンプル18に係る磁性シート58のデータを、インダクタンス測定結果とともに、表2

に示す。

【 0 0 7 5 】

【 表 2 】

表2

	サンプルデータ (磁性金属: $\mu_i=500$ 、 $B_s=1.4T$ ) (フェライト: $\mu_i=200$ 、 $B_s=0.38T$ )				インダクタンス測定		
	磁性シート 厚さD(mm)	磁性層A (厚さ(mm))	磁性層B (厚さ(mm))	磁性層C (厚さ(mm))	参考A Lo(uH)	参考B Lo2(uH)	実装 Ls(uH)
サンプル12	0.3	磁性金属(0.3)	なし	なし	40.01	41.22	42.18
サンプル13	0.4	フェライト(0.1)	磁性金属(0.3)	なし	56.56	49.69	50.01
サンプル14	0.5	フェライト(0.2)	磁性金属(0.3)	なし	60.63	55.80	55.40
サンプル15	0.4	磁性金属(0.3)	フェライト(0.1)	なし	40.42	41.80	42.34
サンプル16	0.5	磁性金属(0.3)	フェライト(0.2)	なし	40.49	42.44	42.70
サンプル17	0.5	フェライト(0.1)	磁性金属(0.3)	フェライト(0.1)	56.44	53.15	52.80
サンプル18	0.6	フェライト(0.2)	磁性金属(0.3)	フェライト(0.1)	60.91	59.98	59.18

10

【 0 0 7 6 】

#### 各サンプルの評価

図 10 に示すグラフは、表 2 におけるサンプル 12 ~ サンプル 18 に関する実装時のインダクタンス  $L_s$  を、表 1 におけるサンプル 04 に関する実装時のインダクタンス  $L_s$  と伴に表示したものである。磁性金属層として異なる非酸化磁性金属を用いたサンプル 12 ~ サンプル 18 に関しても、上述したサンプル 01 ~ サンプル 12 と同様の結果が得られた。

20

【 0 0 7 7 】

すなわち、サンプル 13 の磁性シート 58 は、表 2 に示すように、2 次コイル 52 に近接して配置される磁性層 A 58a を厚さ 0.1 mm のフェライト層とし、その外側の磁性層 B 58b を厚さ 0.3 mm の磁性金属層としたものである。サンプル 13 は、磁性シート 58 がフェライト層のみで構成されており厚さ D が同様 (0.4 mm) であるサンプル 04 と比較しても、磁性シート 58 が磁性金属層のみで構成されるサンプル 12 と比較しても、実装時のインダクタンス  $L_s$  が向上していた (図 10)。

30

【 0 0 7 8 】

また、フェライト層 (磁性層 A 58a) の厚さを 0.2 mm に増加させ、磁性シート 58 の厚さ D を 0.5 mm としたサンプル 14 では、図 8 に示すサンプル 08 と同様に、実装時のインダクタンス  $L_s$  がさらに向上していることが解る。

【 0 0 7 9 】

図 10 に示すサンプル 15 及びサンプル 16 は、サンプル 04 及びサンプル 15 に対して、フェライト層と磁性金属層の配置を逆転させた磁性シート 58 を使用している。サンプル 15 及びサンプル 16 についても、図 8 に示すサンプル 08 及びサンプル 09 と同様に、磁性シート 58 が磁性金属層のみであるサンプル 12 と比較して、ほとんど実装時のインダクタンス  $L_s$  の変化がみられない。

40

【 0 0 8 0 】

図 10 に示すサンプル 17 及びサンプル 18 は、表 2 に示すように、中央の磁性層 B 58b を磁性金属層とし、磁性金属層に対して 2 次コイル 52 側及び反対側の両側にフェライト層を配置した磁性シート 58 を用いている。サンプル 17 及びサンプル 18 についても、図 9 に示すサンプル 10 及びサンプル 11 と同様に、2 次コイル 52 のインダクタンスを向上させ得ることが解る。

【 0 0 8 1 】

以上の結果から、磁性金属層を構成する非酸化磁性金属を変更した場合でも、同様のメカニズムにより、磁性シート 58 を薄型化し、実装時のインダクタンス  $L_s$  を向上させ得ると認められる。

50

## 【符号の説明】

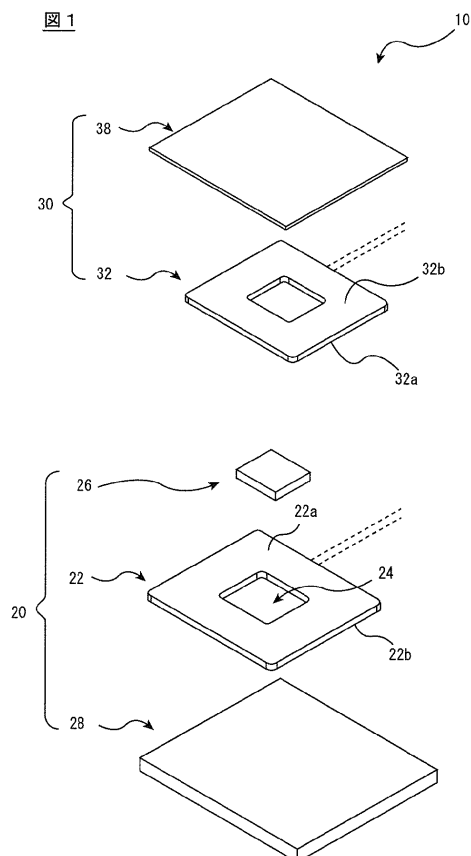
## 【0082】

- 10 ... 非接触給電装置  
 14 ... バッテリー  
 20 ... 1次側コイルユニット  
 22 ... 1次コイル  
 22a ... 1次コイル対向面  
 22b ... 1次コイル背面  
 24 ... 1次コイル孔部  
 26 ... マグネット  
 28 ... 磁性体部  
 30, 40, 50 ... 2次側コイルユニット  
 32, 52 ... 2次コイル  
 32a ... 2次コイル対向面  
 32b ... 2次コイル背面  
 36 ... 吸着材  
 38 ... 磁性シート  
 38a, 48a ... 第1磁性層  
 38b, 48b ... 第2磁性層  
 48c ... 第3磁性層  
 58a ... 磁性層A  
 58b ... 磁性層B  
 58c ... 磁性層C

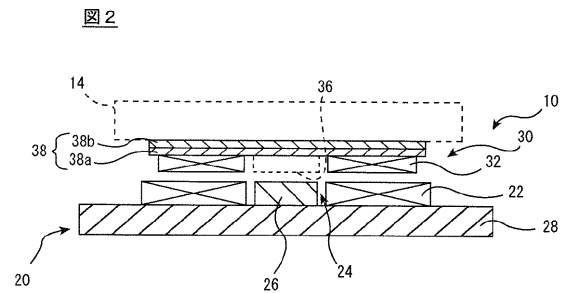
10

20

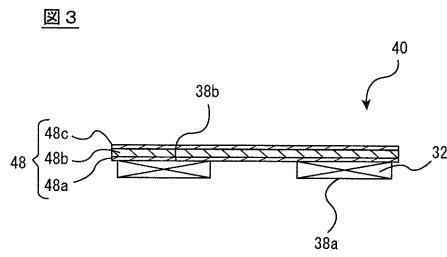
【図1】



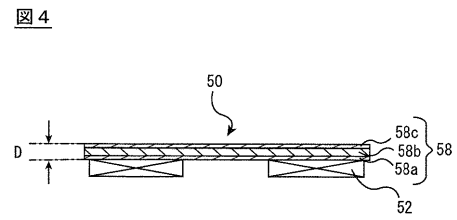
【図2】



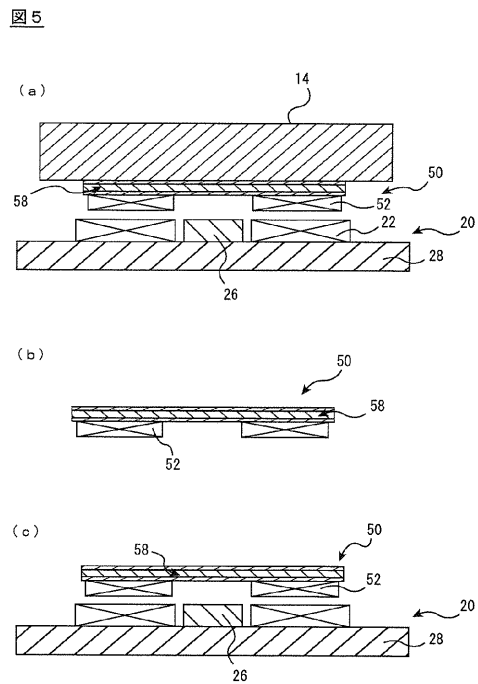
【図 3】



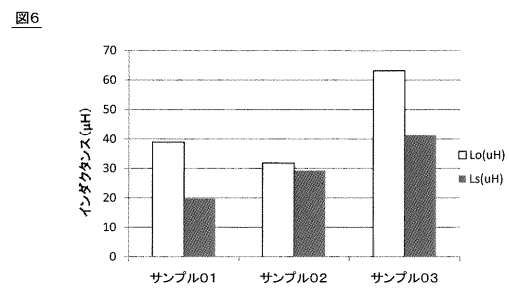
【図 4】



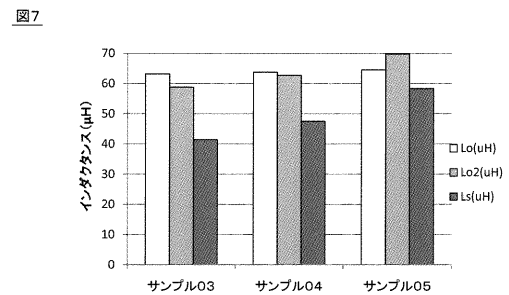
【図 5】



【図 6】

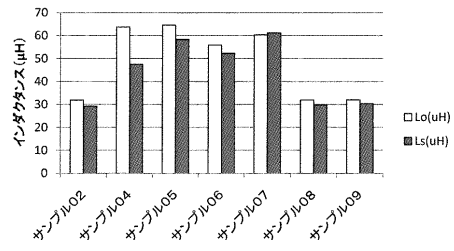


【図 7】



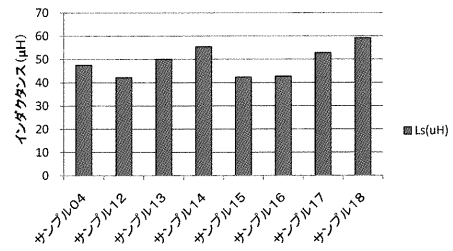
【図 8】

図8



【図 10】

図10



【図 9】

図9

