

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4661994号
(P4661994)

(45) 発行日 平成23年3月30日(2011.3.30)

(24) 登録日 平成23年1月14日(2011.1.14)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 Q 7/00 (2006.01)

H O 1 Q 7/00

H O 1 Q 1/40 (2006.01)

H O 1 Q 1/40

G O 6 K 19/07 (2006.01)

G O 6 K 19/00

H

G O 6 K 19/077 (2006.01)

G O 6 K 19/00

K

B 4 2 D 15/10 (2006.01)

B 4 2 D 15/10

5 2 1

請求項の数 20 (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願2010-513041 (P2010-513041)

(86) (22) 出願日 平成21年5月20日(2009.5.20)

(86) 国際出願番号 PCT/JP2009/059259

(87) 国際公開番号 W02009/142235

(87) 国際公開日 平成21年11月26日(2009.11.26)

審査請求日 平成22年6月16日(2010.6.16)

(31) 優先権主張番号 PCT/JP2009/056698

(32) 優先日 平成21年3月31日(2009.3.31)

(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(31) 優先権主張番号 特願2008-133829 (P2008-133829)

(32) 優先日 平成20年5月22日(2008.5.22)

(33) 優先権主張国 日本国(JP)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 000006231

株式会社村田製作所

京都府長岡京市東神足1丁目10番1号

(74) 代理人 100091432

弁理士 森下 武一

(74) 代理人 100124729

弁理士 谷 和紘

(72) 発明者 加藤 登

京都府長岡京市東神足1丁目10番1号

株式会社村田製作所内

(72) 発明者 佐々木 純

京都府長岡京市東神足1丁目10番1号

株式会社村田製作所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線ICデバイス及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

積層された複数枚の絶縁シートと、

前記絶縁シートを挟んで設けられると共に、互いに接続されることによりアンテナコイルを構成している複数のコイル電極と、

を備え、

前記複数のコイル電極は、前記絶縁シートの法線方向から平面視したときに、重なることにより一つの環を構成し、

法線方向の両端に位置する前記コイル電極は、前記アンテナコイルのコイル軸の周囲を1周末満の長さで周回し、かつ、その他の前記コイル電極よりも広い線幅を有していること、

を特徴とする無線ICデバイス。

【請求項2】

法線方向の両端に位置する前記コイル電極以外の前記コイル電極は、前記コイル軸の周囲を1周以上の長さで周回していること、

を特徴とする請求項1に記載の無線ICデバイス。

【請求項3】

積層された複数枚の絶縁シートと、

前記絶縁シートを挟んで設けられると共に、互いに接続されることによりアンテナコイルを構成している複数のコイル電極と、

10

20

を備え、

前記複数のコイル電極は、前記絶縁シートの法線方向から平面視したときに、重なることにより一つの環を構成し、

法線方向の両端に位置する前記コイル電極は、前記アンテナコイルのコイル軸の周囲を1周末満の長さで周回し、

法線方向の両端に位置する前記コイル電極以外の前記コイル電極は、前記コイル軸の周囲を1周以上の長さで周回していること、

を特徴とする無線ICデバイス。

【請求項4】

法線方向の両端に位置する前記コイル電極は、その他の前記コイル電極よりも広い線幅を有していること、

を特徴とする請求項3に記載の無線ICデバイス。

【請求項5】

法線方向の両端に位置する前記コイル電極は、法線方向から平面視したときに、その他の前記コイル電極の少なくとも一部を覆い隠していること、

を特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の無線ICデバイス。

【請求項6】

前記アンテナコイルと接続され、かつ、送受信信号を処理する無線ICを、更に備えること、

を特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれかに記載の無線ICデバイス。

【請求項7】

法線方向の最も上側に位置する前記絶縁シート上において、前記無線IC及び前記コイル電極に接続されている第1の接続部と、

法線方向の最も上側に位置する前記絶縁シート上において、前記無線ICに接続されている第2の接続部と、

法線方向から平面視したときに、前記第2の接続部と重なるように、法線方向の最も上側及び下側に位置する前記絶縁シート以外の前記絶縁シート上に設けられている第3の接続部と、

法線方向の最も下側に位置する前記絶縁シート上において、法線方向から平面視したときに、前記第2の接続部と重なると共に、前記コイル電極に接続されている第4の接続部と、

を更に備え、

前記第2の接続部、前記第3の接続部、及び、前記第4の接続部は、法線方向から平面視したときに、同じ位置において接続されていること、

を特徴とする請求項6に記載の無線ICデバイス。

【請求項8】

送受信信号を処理する無線ICと、該無線ICと接続され、かつ、前記アンテナコイルと接続されているインダクタンス素子を含む給電回路基板と、を含む電磁結合モジュールを、

更に備えること、

を特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれかに記載の無線ICデバイス。

【請求項9】

法線方向の最も上側に位置する前記絶縁シート上において、前記給電回路基板及び前記コイル電極に接続されている第1の接続部と、

法線方向の最も上側に位置する前記絶縁シート上において、前記給電回路基板に接続されている第2の接続部と、

法線方向から平面視したときに、前記第2の接続部と重なるように、法線方向の最も上側及び下側に位置する前記絶縁シート以外の前記絶縁シート上に設けられている第3の接続部と、

法線方向の最も下側に位置する前記絶縁シート上において、法線方向から平面視したと

10

20

30

40

50

きに、前記第 2 の接続部と重なると共に、前記コイル電極に接続されている第 4 の接続部と、

を更に備え、

前記第 2 の接続部、前記第 3 の接続部、及び、前記第 4 の接続部は、法線方向から平面視したときに、同じ位置において接続されていること、

を特徴とする請求項 8 に記載の無線 IC デバイス。

【請求項 10】

前記無線 IC は、法線方向から平面視したときに、前記複数のコイル電極により構成されている一つの環と重なるように設けられていること、

を特徴とする請求項 6 に記載の無線 IC デバイス。

10

【請求項 11】

絶縁シートと、

前記絶縁シートを挟んで設けられると共に、互いに接続されることによりアンテナコイルを構成している複数のコイル電極と、

を備え、

前記複数のコイル電極は、前記絶縁シートの法線方向から平面視したときに、重なることにより一つの環を構成し、

前記環の外縁と前記絶縁シートの外縁との距離の最小値は、前記複数のコイル電極間の法線方向の距離よりも大きいこと、

を特徴とする無線 IC デバイス。

20

【請求項 12】

積層された複数枚の絶縁シートと、

前記絶縁シートを挟んで設けられると共に、互いに接続されることによりアンテナコイルを構成している複数のコイル電極と、

を備え、

前記複数のコイル電極は、前記絶縁シートの法線方向から平面視したときに、重なることにより一つの環を構成し、

法線方向の両端に位置する前記コイル電極は、前記アンテナコイルのコイル軸の周囲を 1 周末満の長さで周回しており、

前記環の外縁と前記絶縁シートの外縁との距離の最小値は、前記複数のコイル電極間の法線方向の距離よりも大きいこと、

を特徴とする無線 IC デバイス。

30

【請求項 13】

法線方向から平面視したときに、法線方向の両端に位置する前記コイル電極と重なる位置に設けられると共に、前記複数のコイル電極を接続する接続導体を、

更に備えること、

を特徴とする請求項 1 ないし請求項 12 のいずれかに記載の無線 IC デバイス。

【請求項 14】

法線方向から平面視したときに、法線方向の最も上側に位置する前記コイル電極又は法線方向の最も下側に位置する前記コイル電極は、前記環の通過領域内において、前記コイル電極と離間して並んでいないこと、

を特徴とする請求項 1 ないし請求項 13 のいずれかに記載の無線 IC デバイス。

40

【請求項 15】

複数の絶縁シート上にコイル電極を形成する工程と、

前記絶縁シートの法線方向から平面視したときに、前記複数のコイル電極が、重なることにより一つの環をなすアンテナコイルを構成するように、前記複数の絶縁シートを積層する工程と、

を備え、

前記コイル電極形成工程においては、法線方向の両端に位置する前記コイル電極を、前記アンテナコイルのコイル軸の周囲を 1 周末満の長さで周回させ、かつ、その他の前記コ

50

イル電極よりも広い線幅を有するように形成すること、
を特徴とする無線ＩＣデバイスの製造方法。

【請求項１６】

複数の絶縁シート上にコイル電極を形成する工程と、
前記絶縁シートの法線方向から平面視したときに、前記複数のコイル電極が、重なることにより一つの環をなすアンテナコイルを構成するように、前記複数の絶縁シートを積層する工程と、

を備え、

前記コイル電極形成工程においては、法線方向の両端に位置する前記コイル電極を、前記アンテナコイルのコイル軸の周囲を１周末満の長さで周回させ、かつ、法線方向の両端に位置する前記コイル電極以外の前記コイル電極を、前記コイル軸の周囲を１周以上の長さで周回させること、

を特徴とする無線ＩＣデバイスの製造方法。

【請求項１７】

法線方向の最も上側に位置する前記絶縁シート上において、前記コイル電極に接続されている第１の接続部を形成する工程と、

法線方向の最も上側に位置する前記絶縁シート上に第２の接続部を形成する工程と、

法線方向から平面視したときに、前記第２の接続部と重なるように、法線方向の最も上側及び下側に位置する前記絶縁シート以外の前記絶縁シートに第３の接続部を形成する工程と、

法線方向の最も下側に位置する前記絶縁シート上において、法線方向から平面視したときに、前記第２の接続部と重なりと共に、前記コイル電極に接続されている第４の接続部と、

前記複数の絶縁シートの積層後に、前記第２の接続部、前記第３の接続部、及び、前記第４の接続部を一括して接続する工程と、

を更に備えること、

を特徴とする請求項１５又は請求項１６に記載の無線ＩＣデバイスの製造方法。

【請求項１８】

送受信信号を処理する無線ＩＣを前記第１の接続部及び前記第２の接続部に接続されるように実装する工程を、

更に備えること、

を特徴とする請求項１７に記載の無線ＩＣデバイスの製造方法。

【請求項１９】

送受信信号を処理する無線ＩＣと、該無線ＩＣと接続されるインダクタンス素子とを含む給電回路基板を含む電磁結合モジュールを、前記第１の接続部及び前記第２の接続部に接続されるように実装する工程を、

更に備えること、

を特徴とする請求項１７に記載の無線ＩＣデバイスの製造方法。

【請求項２０】

前記複数の絶縁シートに前記複数のコイル電極を接続するための接続導体を形成する工程を、

更に備えること、

を特徴とする請求項１５又は請求項１６に記載の無線ＩＣデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、無線ＩＣ（Integrated Circuit）デバイス及びその製造方法に関し、より特定のには、ＲＦＩＤ（Radio Frequency Identification）システムに用いられる無線ＩＣを有する無線ＩＣデバイス及びその製造方法に関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

入退室管理、定期券、クレジットカード等に使用される無線ＩＣデバイスとしては、例えば、特許文献１に記載の非接触ＩＣカードが知られている。図１９（ａ）は、特許文献１に記載の非接触ＩＣカード１００の上面図であり、図１９（ｂ）は、特許文献１に記載の非接触ＩＣカード１００の下面図である。

【0003】

図１９に示す非接触ＩＣカード１００では、基板１０２の主面上に複数回だけ渦巻状に周回するアンテナコイル１０４が形成され、該アンテナコイル１０４に調整用抵抗（図１９には図示せず）及び調整用コンデンサ１０８が接続されている。また、アンテナコイル１０４には、ＩＣ１０６が接続されている。該非接触ＩＣカードによれば、調整用抵抗及び調整用コンデンサ１０８の一部を製造時に切断することにより、非接触ＩＣカード１００の抵抗値及び容量値を調整して、共振周波数や先鋭度（Ｑ）を調整することができる。

10

【0004】

しかしながら、前記非接触ＩＣカード１００では、以下に図面を参照しながら説明するように、使用時に共振周波数が変動してしまうことを本願発明者は発見した。図２０（ａ）は、非接触ＩＣカード１００のアンテナコイル及び基板のＢ－Ｂにおける断面構造図であり、図２０（ｂ）は、非接触ＩＣカード１００の等価回路図である。図２０（ａ）には、基板１０２及びアンテナコイル１０４が記載されている。また、図２０（ｂ）には、アンテナコイル１０４のインダクタンスＬ１００、ＩＣ１０６の抵抗Ｒ１００及びアンテナコイル１０４の容量Ｃ１００が記載されている。

20

【0005】

前記非接触ＩＣカード１００では、アンテナコイル１０４が基板１０２の主面上において複数回だけ渦巻状に周回している。このような非接触ＩＣカード１００では、図２０（ａ）に示すように、アンテナコイル１０４を構成する配線が、主面上において近接して並んでいる。近接した配線に電流が流れると、配線間の電位差により、矢印に示すように配線間を繋ぐ電気力線Ｅ１００が発生し、配線間において容量Ｃ１００が発生する。このような容量Ｃ１００は、図２０（ｂ）に示すように、インダクタンスＬ１００と抵抗Ｒ１００との間に並列に接続された状態となっている。そして、非接触ＩＣカード１００では、所望の共振周波数となるインダクタンスＬ１００及び容量Ｃ１００が得られるように、アンテナコイル１０４の形状が設計されている。

30

【0006】

しかしながら、所望の共振周波数を得ることができるようアンテナコイル１０４の形状を設計したとしても、非接触ＩＣカード１００の共振周波数が、使用状況によってばらついてしまうことを本願発明者は発見した。そこで、本願発明者は、実験及びコンピュータシミュレーションを行って、非接触ＩＣカード１００の共振周波数がばらつく原因を調査した。その結果、共振周波数がばらつく原因として、以下に説明する現象が非接触ＩＣカード１００に発生していることを発見した。

【0007】

より詳細には、非接触ＩＣカード１００は、例えば、入退室管理、定期券、クレジットカード等として用いられる。このような非接触ＩＣカード１００は、通常、人の手により保持された状態で専用のリーダライタに近づけて用いられる。そのため、図２０（ａ）に示すように、使用時には、アンテナコイル１０４の近くに人の手が位置し、該人の手の中を電気力線Ｅ１００が通過している。人の手の誘電率は、空気の誘電率よりもはるかに大きいので、人の手がアンテナコイル１０４の配線間に近づくと、アンテナコイル１０４の配線間に発生している容量Ｃ１００が増加する。その結果、非接触ＩＣカード１００の共振周波数が、所望の共振周波数よりも低くなってしまう。

40

【0008】

ここで、非接触ＩＣカード１００の保持の仕方は、使用状況によって異なっていることが多いので、アンテナコイル１０４の配線と人の手との位置関係は、一定ではない。その

50

ため、容量C100の増加量も使用状況によってばらついてしまい、非接触ICカード100の共振周波数の低下量も使用状況によってばらついてしまう。すなわち、非接触ICカード100の共振周波数が使用状況によってばらついてしまう。このように、非接触ICカード100の共振周波数がばらつくと、もはや、調整用コンデンサの一部を製造時に切断して、共振周波数を調整することでは対応できない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2001-10264号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

そこで、本発明の目的は、使用状況によって共振周波数がばらつくことを低減できる無線ICデバイス及びその製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の第1の形態である無線ICデバイスは、積層された複数枚の絶縁シートと、前記絶縁シートを挟んで設けられると共に、互いに接続されることによりアンテナコイルを構成している複数のコイル電極と、を備え、前記複数のコイル電極は、前記絶縁シートの法線方向から平面視したときに、重なることにより一つの環を構成し、法線方向の両端に位置する前記コイル電極は、前記アンテナコイルのコイル軸の周囲を1周末満の長さで周回し、かつ、その他の前記コイル電極よりも広い線幅を有していること、を特徴とする。

20

本発明の第2の形態である無線ICデバイスは、積層された複数枚の絶縁シートと、前記絶縁シートを挟んで設けられると共に、互いに接続されることによりアンテナコイルを構成している複数のコイル電極と、を備え、前記複数のコイル電極は、前記絶縁シートの法線方向から平面視したときに、重なることにより一つの環を構成し、法線方向の両端に位置する前記コイル電極は、前記アンテナコイルのコイル軸の周囲を1周末満の長さで周回し、法線方向の両端に位置する前記コイル電極以外の前記コイル電極は、前記コイル軸の周囲を1周以上の長さで周回していること、を特徴とする。

本発明の第3の形態である無線ICデバイスは、絶縁シートと、前記絶縁シートを挟んで設けられると共に、互いに接続されることによりアンテナコイルを構成している複数のコイル電極と、を備え、前記複数のコイル電極は、前記絶縁シートの法線方向から平面視したときに、重なることにより一つの環を構成し、前記環の外縁と前記絶縁シートの外縁との距離の最小値は、前記複数のコイル電極間の法線方向の距離よりも大きいこと、を特徴とする。

30

本発明の第4の形態である無線ICデバイスは、積層された複数枚の絶縁シートと、前記絶縁シートを挟んで設けられると共に、互いに接続されることによりアンテナコイルを構成している複数のコイル電極と、を備え、前記複数のコイル電極は、前記絶縁シートの法線方向から平面視したときに、重なることにより一つの環を構成し、法線方向の両端に位置する前記コイル電極は、前記アンテナコイルのコイル軸の周囲を1周末満の長さで周回しており、前記環の外縁と前記絶縁シートの外縁との距離の最小値は、前記複数のコイル電極間の法線方向の距離よりも大きいこと、を特徴とする。

40

【0012】

また、本発明の第5及び第6の形態である無線ICデバイスの製造方法は、前記第1及び第2の形態である無線ICデバイスを製造するための方法である。

【発明の効果】

【0013】

前記無線ICデバイス及びその製造方法によれば、複数のコイル電極は、絶縁シートの法線方向から平面視したときに、重なることにより一つの環を構成している。したがって、該無線ICデバイスでは、絶縁シートの主面が広がる方向にコイル電極が近接した状態

50

で並ばない。これにより、コイル電極間に発生する電気力線が無線ＩＣデバイスの外部に漏れることが抑制される。その結果、無線ＩＣデバイスの保持の仕方によりコイル電極に発生する容量が変化して無線ＩＣデバイスの共振周波数がばらつくことが抑制される。

【図面の簡単な説明】

【００１４】

【図１】第１の実施形態に係る無線ＩＣデバイスの分解斜視図である。

【図２】図２（ａ）は、図１の無線ＩＣデバイスをｚ軸方向から平面視した図である。図２（ｂ）は、図２（ａ）に示す無線ＩＣデバイスのＡ－Ａにおける断面構造図である。

【図３】図１に示す無線ＩＣデバイスの等価回路図である。

【図４】図４（ａ）は、第１のサンプルの損失特性を示したグラフであり、図４（ｂ）は、第２のサンプルの損失特性を示したグラフである。 10

【図５】第２の実施形態に係る無線ＩＣデバイスの分解斜視図である。

【図６】図５の無線ＩＣデバイスのｚｙ平面における断面構造図である

【図７】第３の実施形態に係る無線ＩＣデバイスの分解斜視図である。

【図８】図７の無線ＩＣデバイスのｚｙ平面における断面構造図である。

【図９】第４の実施形態に係る無線ＩＣデバイスの分解斜視図である。

【図１０】図９の無線ＩＣデバイスの接続部近傍のｚｙ平面における断面構造図である。

【図１１】図１１（ａ）は、第５の実施形態に係る無線ＩＣデバイスの上面図である。図１１（ｂ）は、第５の実施形態に係る無線ＩＣデバイスの下面図である。 20

【図１２】第６の実施形態に係る無線ＩＣデバイスの分解斜視図である。

【図１３】図１２の無線ＩＣデバイスの電磁結合モジュール近傍のｘｚ平面における断面構造図である。

【図１４】給電回路基板の分解斜視図である。

【図１５】第７の実施形態に係る無線ＩＣデバイスの分解斜視図である。

【図１６】図１６（ａ）は、参考例に係る無線ＩＣデバイスの無線ＩＣ近傍のｚｙ平面における断面構造図であり、図１６（ｂ）は、無線ＩＣデバイスの無線ＩＣ近傍のｚｙ平面における断面構造図である。

【図１７】図１の無線ＩＣデバイスのコイル電極の拡大図である。

【図１８】無線ＩＣカードの分解斜視図である。

【図１９】図１９（ａ）は、特許文献１に記載の非接触ＩＣカードの上面図であり、図１９（ｂ）は、特許文献１に記載の非接触ＩＣカードの下面図である。 30

【図２０】図２０（ａ）は、非接触ＩＣカードのアンテナコイル及び基板のＢ－Ｂにおける断面構造図であり、図２０（ｂ）は、非接触ＩＣカードの等価回路図である。

【発明を実施するための形態】

【００１５】

以下に、本発明の実施形態に係る無線ＩＣデバイス及びその製造方法について図面を参照しながら説明する。なお、各図において、共通する部品、部分は同じ参照符号を付し、重複する説明は省略する。

【００１６】

（第１の実施形態） 40

以下に、本発明の第１の実施形態に係る無線ＩＣデバイスについて図面を参照しながら説明する。図１は、第１の実施形態に係る無線ＩＣデバイス１０ａの分解斜視図である。図１において、ｘ軸は、無線ＩＣデバイス１０ａの長辺方向であり、ｙ軸は、無線ＩＣデバイス１０ａの短辺方向であり、ｚ軸は、無線ＩＣデバイス１０ａの積層方向である。図２（ａ）は、無線ＩＣデバイス１０ａをｚ軸方向から平面視した図である。図２（ｂ）は、図２（ａ）に示す無線ＩＣデバイス１０ａのＡ－Ａにおける断面構造図である。図２において、人の手が記載されているが、実際よりもはるかに小さく記載してある。図３は、図１に示す無線ＩＣデバイス１０ａの等価回路図である。

【００１７】

無線ＩＣデバイス１０ａは、１３．５６ＭＨｚの共振周波数を有し、電磁誘導方式によ 50

りリーダーライトとの間で送受信信号を伝達する。無線ＩＣデバイス１０ａは、図１に示すように、絶縁シート１２ａ～１２ｄ、コイル電極１４ａ～１４ｄ、接続部１６、無線ＩＣ１８、接続部２０ａ、２０ｄ、及び、ピアホール導体ｂ１～ｂ３、ｂ１１～ｂ１３を備えている。以下、個別の構成要素を示す場合には、参照符号の後ろにアルファベットや数字を付し、構成要素を総称する場合には、参照符号の後ろのアルファベットや数字を省略する。

【００１８】

絶縁シート１２は、絶縁性材料からなる長形状のシートであり、例えば、塩化ビニールやポリエチレンテレフタレート（ＰＥＴ）樹脂シートで作製される。絶縁シート１２の法線方向は、ｚ軸方向と一致している。

10

【００１９】

コイル電極１４ａ～１４ｄはそれぞれ、絶縁シート１２ａ～１２ｄ上に銅箔やアルミ箔などの金属箔により同じ線幅を有するように形成され、互いに接続されることにより旋回しながらｚ軸方向に進行する螺旋状のアンテナコイルＬを構成している。より詳細には、コイル電極１４は、絶縁シート１２の各辺に沿って延びる４本の線状電極が接続されて円環（長方形）の一部が切り欠かれた形状を有している。すなわち、コイル電極１４は、アンテナコイルＬのコイル軸の周囲を１周末満の長さで周回している。

【００２０】

更に、コイル電極１４ａ～１４ｄは、図２（ａ）に示すように、ｚ軸方向から平面視したときに、互いに重なることにより一つの長形状の環を構成している。すなわち、コイル電極１４ａ～１４ｄは、ｚ軸方向から平面視したときに、互いにｘｙ平面内において近接した状態で並ばないように構成されて、図２（ｂ）に示すように、絶縁層１２（図２では絶縁層１２ａ）を挟んで対向するように設けられている。なお、接続部１６、２０は、コイル電極１４と無線ＩＣ１８とを接続したり、コイル電極１４同士を接続したりする性質上、アンテナコイルＬの内部又は外部に引き出す必要がある。この際、接続部１６、２０は、コイル電極１４とｘｙ平面内において近接した状態で並んでしまう。しかしながら、この程度の近接は、共振周波数に大きな影響を及ぼさないため、本実施形態に係る無線ＩＣデバイス１０ａでは、許容される。

20

【００２１】

ピアホール導体ｂ１は、絶縁シート１２ａを貫通するように形成された接続導体であり、コイル電極１４ａとコイル電極１４ｂとを接続している。ピアホール導体ｂ２は、絶縁シート１２ｂを貫通するように形成された接続導体であり、コイル電極１４ｂとコイル電極１４ｃとを接続している。ピアホール導体ｂ３は、絶縁シート１２ｃを貫通するように形成された接続導体であり、コイル電極１４ｃとコイル電極１４ｄとを接続している。これにより、コイル電極１４ａ～１４ｄは、電氣的に接続されてアンテナコイルＬを構成している。なお、ピアホール導体ｂ１～ｂ３は、ｚ軸方向から平面視したときに、図１に示すように、コイル電極１４ａ、１４ｄと重なる位置に設けられていることが好ましい。

30

【００２２】

無線ＩＣ１８は、絶縁シート１２ａ上に実装され、リーダーライトとの間でやり取りされる送受信信号を処理するための集積回路である。該無線ＩＣ１８は、無線ＩＣデバイス１０ａが定期券として用いられる場合には、定期券の利用可能な区間に関する情報や定期券の持ち主に関する情報を記憶している。これらの情報は、書き換え可能であっても良く、また、リーダーライト及び無線ＩＣデバイス１０ａからなるＲＦＩＤシステム以外の情報処理機能を有していてもよい。

40

【００２３】

接続部１６は、ｚ軸方向の最も上側に位置する絶縁シート１２ａ上に金属箔により形成され、無線ＩＣ１８に接続されている。

【００２４】

接続部２０ａは、ｚ軸方向の最も上側に位置する絶縁シート１２ａ上に金属箔により形成され、コイル電極１４ａ及び無線ＩＣ１８に接続されている。より詳細には、接続部２

50

0 a の一端は、コイル電極 1 4 a のピアホール導体 b 1 が接続されていない方の端部に接続されており、接続部 2 0 a の他端は、無線 IC 1 8 に接続されている。

【 0 0 2 5 】

接続部 2 0 d は、z 軸方向の最も下側に位置する絶縁シート 1 2 d 上に金属箔により形成され、コイル電極 1 4 d に接続されている。より詳細には、接続部 2 0 d の一端は、コイル電極 1 4 d のピアホール導体 b 3 が接続されていない方の端部に接続されている。また、接続部 2 0 d の他端は、z 軸方向から平面視したときに、接続部 1 6 と重なっている。

【 0 0 2 6 】

ピアホール導体 b 1 1 ~ b 1 3 はそれぞれ、絶縁シート 1 2 a ~ 1 2 d を貫通するように形成された接続導体であり、接続部 1 6 と接続部 2 0 d とを接続している。該ピアホール導体 b 1 1 ~ b 1 3 は、z 軸方向から平面視したときに同じ位置に設けられている。

【 0 0 2 7 】

図 1 に示す複数の絶縁シート 1 2 a ~ 1 2 d が積層されることにより、無線 IC デバイス 1 0 a が構成されている。これにより、無線 IC デバイス 1 0 a は、図 3 に示すような等価回路を構成する。より詳細には、アンテナコイル L のインダクタンス L 1 0 a と無線 IC 1 8 の抵抗 R 1 0 a との間に、コイル電極 1 4 の容量 C 1 0 a が並列に接続されている。なお、図 3 では、無線 IC 1 8 の有する寄生容量については省略してある。

【 0 0 2 8 】

また、無線 IC デバイス 1 0 a では、絶縁シート 1 2 a ~ 1 2 d が積層された状態では、図 2 (a) に示すコイル電極 1 4 により形成される環の外縁と絶縁シート 1 2 の外縁との距離の最小値は、コイル電極 1 4 間の z 軸方向の距離よりも大きい。より具体的には、図 2 (b) に示すように、コイル電極 1 4 の外縁と絶縁シート 1 2 の外縁との距離 D 1 は、コイル電極 1 4 間の z 軸方向の距離 D 2 よりも大きく形成されている。

【 0 0 2 9 】

(効果)

以上のような無線 IC デバイス 1 0 a によれば、以下に説明するように、使用状況によって共振周波数がばらつくことを低減できる。

【 0 0 3 0 】

より詳細には、従来の非接触 IC カード 1 0 0 では、アンテナコイル 1 0 4 が基板 1 0 2 の主面上において複数回だけ渦巻状に周回しているため、図 2 0 (a) に示すように、アンテナコイル 1 0 4 を構成する配線が、主面上において近接して並んでいる。近接した配線に電流が流れると、配線間の電位差により、矢印に示すように配線間を繋ぐ電気力線 E 1 0 0 が発生し、配線間において容量 C 1 0 0 を発生する。このような電気力線 E 1 0 0 は、非接触 IC カード 1 0 0 の主面よりも上側を回るように発生している。そのため、非接触 IC カード 1 0 0 を保持すると、人の手の中を電気力線 E 1 0 0 が通過するようになる。人の手の誘電率は、空気の誘電率よりもはるかに大きいため、人の手がアンテナコイル 1 0 4 の配線間に近づく、アンテナコイル 1 0 4 の配線間に発生している容量 C 1 0 0 が増加する。その結果、非接触 IC カード 1 0 0 の共振周波数が、所望の共振周波数よりも低くなってしまう。

【 0 0 3 1 】

そして、非接触 IC カード 1 0 0 の保持の仕方は、使用状況によって異なっていることが多い、アンテナコイル 1 0 4 の配線と人の手との位置関係は、一定ではない。そのため、容量 C 1 0 0 の増加量も使用状況によってばらついてしまい、非接触 IC カード 1 0 0 の共振周波数の低下量も使用状況によってばらついてしまう。すなわち、非接触 IC カード 1 0 0 の共振周波数が使用状況によってばらついてしまう。

【 0 0 3 2 】

一方、無線 IC デバイス 1 0 a では、コイル電極 1 4 a ~ 1 4 d は、図 2 (a) に示すように、z 軸方向において、互いに重なり合っている。したがって、アンテナコイル L に電流が流れると、図 2 (b) に示すように、互いに対向するコイル電極 1 4 同士の間 (図

10

20

30

40

50

2 (b) では、コイル電極 1 4 a とコイル電極 1 4 b との間)に、図 3 の容量 C 1 0 a の形成に寄与する電気力線 E 1 0 a が発生する。すなわち、電気力線 E 1 0 a は、コイル電極 1 4 a よりも z 軸方向の上側には発生しない。その結果、図 2 (b) に示すように、コイル電極 1 4 a に人の手 F i n 1 が近づいてきても、電気力線 E 1 0 a が人の手 F i n 1 を通過することがない。故に、容量 C 1 0 a は、無線 I C デバイス 1 0 a の保持の仕方によってばらつくことがなくなり、無線 I C デバイス 1 0 a の共振周波数が使用状況によってばらつくことが抑制される。

【 0 0 3 3 】

以上のような効果をより明確にするために、本願発明者は、以下に示す実験を行った。具体的には、図 2 0 に示す非接触 I C カード 1 0 0 のサンプル (第 1 のサンプル) を作製すると共に、図 1 に示す無線 I C デバイス 1 0 a のサンプル (第 2 のサンプル) を作製した。第 1 のサンプルのアンテナコイル 1 0 4 の線幅を 1 m m とし、第 2 のサンプルのコイル電極 1 4 の線幅を 3 m m とした。これら第 1 のサンプル及び第 2 のサンプルにおいて、手を当てた状態での共振周波数と手を当てていない状態での共振周波数とを計測した。図 4 (a) は、第 1 のサンプルの損失特性を示したグラフであり、図 4 (b) は、第 2 のサンプルの損失特性を示したグラフである。縦軸は挿入損失 (d B) であり、横軸は周波数 (M H z) である。

【 0 0 3 4 】

図 4 に示すように、手を当てていない状態での共振周波数は、第 1 のサンプル及び第 2 のサンプル共に、 1 3 . 5 6 M H z よりやや高い周波数となっていることが理解できる。ここで、第 1 のサンプル及び第 2 のサンプルに手を当てると、第 1 のサンプルでは、約 1 . 8 M H z だけ共振周波数が低下している。一方、第 2 のサンプルでは、共振周波数は、殆ど (約 0 . 1 1 M H z) 低下していない。これにより、従来の非接触 I C カード 1 0 0 では、手を当てることにより共振周波数が低下するのに対して、本実施形態に係る無線 I C デバイス 1 0 a では、手を当てても殆ど共振周波数が低下しないことが理解できる。

【 0 0 3 5 】

以上より、無線 I C デバイス 1 0 a では、手により保持されている状態と、手により保持されていない状態とで殆ど共振周波数が変化しないことを、理論的にも実験的にも明らかにすることができた。更に、手により保持されている状態と、手により保持されていない状態とで無線 I C デバイス 1 0 a の共振周波数が殆ど変化しないことより、無線 I C デバイス 1 0 a の保持の仕方によって、無線 I C デバイス 1 0 a の共振周波数がばらつくことがなくなることも理解できる。

【 0 0 3 6 】

また、無線 I C デバイス 1 0 a によれば、以下に説明するように、オーバーレイシートの材質によって、共振周波数のばらつきが発生しにくい。より詳細には、非接触 I C カード 1 0 0 や無線 I C デバイス 1 0 a は、一般的に、図柄が印刷されたオーバーレイシートにより上下から挟まれた状態で使用される。オーバーレイシートは、例えば、樹脂や紙等により作製されるので、空気よりも大きな誘電率を有する。したがって、従来の非接触 I C カード 1 0 0 では、オーバーレイシートが貼り付けられると、容量 C 1 0 0 の形成に寄与する電気力線 E 1 0 0 がオーバーレイシートを通過するようになるので、非接触 I C カード 1 0 0 の容量 C 1 0 0 が大きくなり、非接触 I C カード 1 0 0 の共振周波数が低下してしまう。そこで、従来の非接触 I C カード 1 0 0 では、所望の共振周波数が得られるように、所望の共振周波数よりも少しだけ高い共振周波数となるように設計されていた。

【 0 0 3 7 】

しかしながら、オーバーレイシートは、樹脂や紙等の誘電率の異なる種々の材質により作製され得るので、オーバーレイシートの誘電率は材質によりばらつく。したがって、非接触 I C カード 1 0 0 では、オーバーレイシートの材質により、共振周波数がばらついてしまい、所望の共振周波数を得ることができない場合があった。

【 0 0 3 8 】

これに対して、無線 I C デバイス 1 0 a では、容量 C 1 0 a の形成に寄与する電気力線

10

20

30

40

50

E 1 0 a は、図 2 (b) に示すように、無線 I C デバイス 1 0 a の外部に漏れることなく、互いに対向するコイル電極 1 4 間のみに発生している。故に、オーバーレイシートが貼り付けられたとしても、電気力線 E 1 0 a がオーバーレイシート内を通過することがないため、オーバーレイシートの貼り付けの前後において共振周波数が変化することが抑制される。すなわち、無線 I C デバイス 1 0 a によれば、オーバーレイシートの材質による共振周波数のばらつきが発生しにくい。

【 0 0 3 9 】

更に、無線 I C デバイス 1 0 a によれば、オーバーレイシートを貼り付ける前後において共振周波数が殆ど変化しないので、オーバーレイシートによる共振周波数の低下を予測して無線 I C デバイス 1 0 a の設計を行う必要がなくなる。その結果、無線 I C デバイス 1 0 a の設計が容易になり、無線 I C デバイス 1 0 a の設計コストを低減することが可能となる。

10

【 0 0 4 0 】

また、無線 I C デバイス 1 0 a では、オーバーレイシートを貼り付ける前後において共振周波数が殆ど変化しないので、特許文献 1 に記載の非接触 I C カード 1 0 0 のように、調製用コンデンサ 1 0 8 を製造時に切断して共振周波数を調整する必要もない。調整用コンデンサ 1 0 8 の切断は、例えば、レーザービームを照射して調整用コンデンサ 1 0 8 を焼き切ることによって行われることが多いため、絶縁シートに孔が空いてしまい、コンデンサがショートすることで製品不良となるなどの問題があった。しかしながら、無線 I C デバイス 1 0 a では、調整用コンデンサ 1 0 8 が不要であるので、このような問題は生じない。

20

【 0 0 4 1 】

また、無線 I C デバイス 1 0 a では、図 2 に示すコイル電極 1 4 により形成される環の外縁と絶縁シート 1 2 の外縁との距離 D 1 の最小値は、コイル電極 1 4 間の z 軸方向の距離 D 2 よりも大きくなっている。これにより、以下に説明するように、無線 I C デバイス 1 0 a の使用状況による共振周波数のばらつきをより効果的に抑制できる。

【 0 0 4 2 】

より詳細には、無線 I C デバイス 1 0 a は、例えば、図 2 (a) の長辺又は短辺を挟むように保持される場合がある。この場合、図 2 (b) に示すように、人の手 F i n 2 が無線 I C デバイス 1 0 a の側面に位置する。ここで、図 2 (b) に示すように、電気力線 E 1 0 a は、コイル電極 1 4 a とコイル電極 1 4 b との間において直線的に発生しているものの他に、コイル電極 1 4 a とコイル電極 1 4 b とに挟まれた領域から外にはみ出しているものも僅かに存在する。そのため、コイル電極 1 4 により形成される環の外縁と絶縁シート 1 2 の外縁との距離が小さい場合には、絶縁シート 1 2 外に電気力線 E 1 0 a がはみ出してしまうおそれがある。その結果、人の手 F i n 2 の存在により、容量 C 1 0 が変化してしまい、無線 I C デバイス 1 0 a の共振周波数が変化してしまうおそれがある。

30

【 0 0 4 3 】

そこで、無線 I C デバイス 1 0 a では、図 2 に示すように、距離 D 1 を距離 D 2 よりも大きくすることにより、コイル電極 1 4 間に挟まれた領域外及び無線 I C デバイス 1 0 a 外に電気力線 E 1 0 a がはみ出ることを抑制している。これにより、無線 I C デバイス 1 0 a が長辺又は短辺を挟むように保持されたとしても、電気力線 E 1 0 a が人の手 F i n 2 を通過することが抑制される。その結果、無線 I C デバイス 1 0 a の保持状態による共振周波数のばらつきをより効果的に抑制できる。

40

【 0 0 4 4 】

また、無線 I C デバイス 1 0 a では、ビアホール導体 b 1 ~ b 3 は、z 軸方向から平面視したときに、図 1 に示すように、コイル電極 1 4 a , 1 4 d と重なる位置に設けられている。そのため、ビアホール導体 b 1 ~ b 3 とコイル電極 1 4 との間で発生し無線 I C デバイス 1 0 a 外へと向かう電気力線は、コイル電極 1 4 により遮蔽されるようになる。その結果、無線 I C デバイス 1 0 a の使用状況による共振周波数のばらつきを抑制できる。

【 0 0 4 5 】

50

(第2の実施形態)

以下に、本発明の第2の実施形態に係る無線ICデバイスについて図面を参照しながら説明する。図5は、第2の実施形態に係る無線ICデバイス10bの分解斜視図である。図5において、x軸は、無線ICデバイス10bの長辺方向であり、y軸は、無線ICデバイス10bの短辺方向であり、z軸は、無線ICデバイス10bの積層方向である。図6は、無線ICデバイス10bのzy平面における断面構造図である。なお、図5及び図6において、図1及び図2と同じ構成については同じ参照符号が付してある。

【0046】

無線ICデバイス10aと無線ICデバイス10bとの相違点は、コイル電極14a, 14dがコイル電極24a, 24dに置き換えられている点である。より詳細には、コイル電極24a, 24dの線幅は、コイル電極14a, 14bの線幅よりも広く形成されている。これにより、z軸方向の両端に位置するコイル電極24a, 24dは、その他のコイル電極14b, 14cよりも広い線幅を有するようになる。

10

【0047】

更に、コイル電極24a, 24dは、z軸方向から平面視したときに、その他のコイル電極14b, 14cの少なくとも一部を、線幅方向において覆い隠している。一例として、コイル電極24aとコイル電極14bとについて説明する。図6に示すように、コイル電極14bは、線幅方向において、その両端がコイル電極24a内に収まってはみ出さないように設けられている。これにより、コイル電極24aとコイル電極14bとの間に発生している電気力線E10bは、z軸方向から平面視したときに、コイル電極24a外にはみ出しにくくなる。その結果、図2(b)を用いて説明したように、無線ICデバイス10bが長辺又は短辺を挟むように保持されたとしても、人の手を電気力線E10bが通過しにくくなる。その結果、無線ICデバイス10bの使用状況による共振周波数のばらつきをより効果的に抑制できる。

20

【0048】

なお、コイル電極24a, 24dが、z軸方向から平面視したときに、その他のコイル電極14b, 14cの少なくとも一部を覆い隠していると説明した。この「少なくとも一部を覆い隠している」とは、例えば、コイル電極14bのz軸方向の上側にコイル電極24aが設けられていない部分(図5のαの部分)が存在するため、コイル電極24aがコイル電極14bを完全に覆い隠していなくてもよいことを意味している。

30

【0049】

なお、無線ICデバイス10bのその他の構成については、無線ICデバイス10aと同様であるので、説明を省略する。

【0050】

(第3の実施形態)

以下に、本発明の第3の実施形態に係る無線ICデバイスについて図面を参照しながら説明する。図7は、第3の実施形態に係る無線ICデバイス10cの分解斜視図である。図7において、x軸は、無線ICデバイス10cの長辺方向であり、y軸は、無線ICデバイス10cの短辺方向であり、z軸は、無線ICデバイス10cの積層方向である。図8は、無線ICデバイス10cのzy平面における断面構造図である。なお、図7及び図8において、図5及び図6と同じ構成については同じ参照符号が付してある。

40

【0051】

無線ICデバイス10bと無線ICデバイス10cとの相違点は、絶縁シート12cが設けられていない点、及び、コイル電極14bがコイル電極34bに置き換えられている点である。

【0052】

より詳細には、無線ICデバイス10bは、絶縁シート12を4枚重ねて構成されていたのに対して、無線ICデバイス10cは、図7に示すように、絶縁シート12を3枚重ねて構成されている。そのため、無線ICデバイス10cでは、無線ICデバイス10bよりもコイル電極14, 34の数が1つ少ない。そこで、無線ICデバイス10cでは、

50

コイル電極 3 4 b の長さを 2 周分とすることにより、無線 IC デバイス 1 0 c のアンテナコイル L の巻き数を無線 IC デバイス 1 0 b のアンテナコイル L の巻き数と等しくしている。

【 0 0 5 3 】

なお、無線 IC デバイス 1 0 c のその他の構成については、無線 IC デバイス 1 0 b と同様であるので、説明を省略する。

【 0 0 5 4 】

以上のように、z 軸方向の両端に位置するコイル電極 2 4 a , 2 4 d が、アンテナコイル L のコイル軸の周囲を 1 周未満の長さで周回してさえいれば、コイル電極 2 4 a , 2 4 d 以外のコイル電極 3 4 b は、アンテナコイル L のコイル軸の周囲を 1 周以上の長さで周回していてもよい。無線 IC デバイス 1 0 c が以上のような構成を有することにより、以下に説明するように、使用状況によって共振周波数がばらつくことを低減でき、かつ、少ない積層数でもアンテナコイル L の巻き数を多くすることが可能となる。

【 0 0 5 5 】

より詳細には、コイル電極 3 4 b は、図 7 に示すようにコイル軸の周りを複数回周回しているので、コイル電極 3 4 b 同士は、図 8 に示すように、絶縁シート 1 2 b 上において近接した状態で並んでしまう。そのため、アンテナコイル L に電流が流れると、コイル電極 3 4 b の z 軸方向の上下方向において、電気力線 E 1 0 c が発生してしまう。

【 0 0 5 6 】

しかしながら、コイル電極 3 4 b は、z 軸方向の両端に位置するコイル電極ではないので、コイル電極 3 4 b から無線 IC デバイス 1 0 c 外まで十分な距離がある。故に、図 8 に示すように、コイル電極 3 4 b 間に発生する電気力線 E 1 0 c は、無線 IC デバイス 1 0 c からはみ出すことは殆どない。そのため、無線 IC デバイス 1 0 c が人の手により保持された場合に、電気力線 E 1 0 c が人の手を通過することにより、アンテナコイル L の容量が変化することが抑制される。

【 0 0 5 7 】

特に、図 8 に示すように、コイル電極 2 4 a , 2 4 d が、z 軸方向から平面視したときに、その他のコイル電極 3 4 b の少なくとも一部を、線幅方向に覆い隠すことにより、以下に説明するように、無線 IC デバイス 1 0 c の使用状況による共振周波数のばらつきをより効果的に抑制できる。より詳細には、図 8 に示すように、コイル電極 3 4 b は、線幅方向において、その両端がコイル電極 2 4 a , 2 4 d (コイル電極 2 4 d については図 8 に図示せず) 内に収まってはみ出さないように設けられている。これにより、電気力線 E 1 0 c は、コイル電極 2 4 a , 2 4 d により遮蔽され、無線 IC デバイス 1 0 c 外にはみ出すことがより効果的に抑制されるようになる。その結果、無線 IC デバイス 1 0 c の保持状態による共振周波数のばらつきをより効果的に抑制できる。なお、コイル電極 2 4 a とコイル電極 3 4 b との間にも電気力線が発生するが、第 1 の実施形態および第 2 の実施形態と同様にコイル電極 2 4 a 外にはみ出しにくいいため、共振周波数のばらつきを抑制することができる。

【 0 0 5 8 】

(第 4 の実施形態)

以下に、本発明の第 4 の実施形態に係る無線 IC デバイスについて図面を参照しながら説明する。図 9 は、第 4 の実施形態に係る無線 IC デバイス 1 0 d の分解斜視図である。図 9 において、x 軸は、無線 IC デバイス 1 0 d の長辺方向であり、y 軸は、無線 IC デバイス 1 0 d の短辺方向であり、z 軸は、無線 IC デバイス 1 0 d の積層方向である。図 1 0 は、無線 IC デバイス 1 0 d の接続部 1 6 近傍の z y 平面における断面構造図である。なお、図 9 及び図 1 0 において、図 1 及び図 2 と同じ構成については同じ参照符号が付してある。

【 0 0 5 9 】

無線 IC デバイス 1 0 a と無線 IC デバイス 1 0 d との相違点は、無線 IC デバイス 1 0 d では、ピアホール導体 b でコイル電極 1 4 同士が接続される代わりにパウチング処理

10

20

30

40

50

によりコイル電極 1 4 同士が接続される点である。以下にかかる相違点について説明する。

【 0 0 6 0 】

パウチング処理とは、絶縁シートを挟んで対向している 2 つ以上の電極を接続するための処理である。具体的には、一方の電極に対して針又は刃を押し付けることにより、該一方の電極及び絶縁シートを貫通する小さな孔を形成する。この際、該一方の電極は、孔の内周に沿って他方の電極まで到達するように塑性変形する。その結果、絶縁シートを挟んだ 2 つの電極が接続される。

【 0 0 6 1 】

ここで、パウチング処理では、絶縁シート 1 2 に針を貫通させる。そのため、接続対象となっていないコイル電極 1 4 を傷つけないために、無線 IC デバイス 1 0 d では、図 9 に示すように、接続部 2 0 b , 2 0 c , 2 0 d , 4 0 c , 4 0 d , 4 2 b , 4 2 c が設けられている。

【 0 0 6 2 】

より詳細には、接続部 2 0 b は、コイル電極 1 4 b に接続され、コイル電極 1 4 a , 1 4 c , 1 4 d と z 軸方向において重ならないように、コイル電極 1 4 b の内側へと延在している。接続部 2 0 c は、コイル電極 1 4 c に接続され、コイル電極 1 4 a , 1 4 b , 1 4 d と z 軸方向において重ならないように、コイル電極 1 4 c の内側へと延在している。接続部 2 0 b と接続部 2 0 c との端部は、z 軸方向において重なっており、パウチング処理により形成された接続部 c 2 により接続されている。

【 0 0 6 3 】

また、接続部 4 0 c は、コイル電極 1 4 c に接続され、コイル電極 1 4 a , 1 4 b , 1 4 d と z 軸方向において重ならないように、コイル電極 1 4 c の内側へと延在している。接続部 4 0 d は、コイル電極 1 4 d に接続され、コイル電極 1 4 a , 1 4 b , 1 4 c と z 軸方向において重ならないように、コイル電極 1 4 d の内側へと延在している。接続部 4 0 c と接続部 4 0 d との端部は、z 軸方向において重なっており、パウチング処理により形成された接続部 c 3 により接続されている。

【 0 0 6 4 】

また、接続部 1 6 は、z 軸方向の最も上側に位置する絶縁シート 1 2 a 上において、無線 IC 1 8 に接続されている。接続部 4 2 b , 4 2 c はそれぞれ、z 軸方向から平面視したときに、接続部 1 6 と重なるように、z 軸方向の最も上側及び下側に位置する絶縁シート 1 2 a , 1 2 d 以外の絶縁シート 1 2 b , 1 2 c 上に設けられている。更に、接続部 2 0 d は、z 軸方向の最も下側に位置する絶縁シート 1 2 d 上において、z 軸方向から平面視したときに、接続部 1 6 と重なりと共に、コイル電極 1 4 d に接続されている。そして、接続部 1 6 , 4 2 b , 4 2 c , 2 0 d は、図 1 0 に示すように、パウチング処理により形成された接続部 c 1 1 , c 1 2 , c 1 3 により、z 軸方向から平面視したときに、同じ位置において一括して接続されている。

【 0 0 6 5 】

なお、無線 IC デバイス 1 0 d のその他の構成については、無線 IC デバイス 1 0 a と同様であるので、説明を省略する。

【 0 0 6 6 】

以上のような無線 IC デバイス 1 0 d によっても、無線 IC デバイス 1 0 a と同様に、使用状況によって共振周波数がばらつくことを低減できる。

【 0 0 6 7 】

更に、無線 IC デバイス 1 0 d では、接続部 1 6 , 4 2 b , 4 2 c , 2 0 d は、z 軸方向から平面視したときに、互いに重なるように設けられている。そのため、これらを 1 度のパウチング処理により接続することが可能となる。その結果、無線 IC デバイス 1 0 d の製造工程を減らすことができ、該無線 IC デバイス 1 0 d の製造コストを低減することが可能となる。

【 0 0 6 8 】

(第5の実施形態)

以下に、本発明の第5の実施形態に係る無線ICデバイスについて図面を参照しながら説明する。図11(a)は、第5の実施形態に係る無線ICデバイス10eの上面図である。図11(b)は、第5の実施形態に係る無線ICデバイス10eの下面図である。図11において、x軸は、無線ICデバイス10eの長辺方向であり、y軸は、無線ICデバイス10eの短辺方向であり、z軸は、x軸及びy軸に直交する方向である。なお、図11において、図1と同じ構成については同じ参照符号が付してある。

【0069】

本発明の実施形態に係る無線ICデバイスは、無線ICデバイス10a~10dにおいて説明したように、複数の絶縁シート12により構成されている必要はない。すなわち、図11に示す無線ICデバイス10eに示すように、一枚の絶縁シート12により構成されていてもよい。以下に、該無線ICデバイス10eについて説明する。

【0070】

無線ICデバイス10eは、絶縁シート12、接続部16、20a、無線IC18、コイル電極54a、54b、接続部56、及び、ピアホール導体b21、b22を備えている。絶縁シート12、接続部16、20a及び無線IC18は、無線ICデバイス10aの絶縁シート12、接続部16、20a及び無線IC18と同じであるので説明を省略する。

【0071】

コイル電極54aは、図11に示すように、絶縁シート12のz軸方向の上側の主面上に形成されている。コイル電極54bは、図11に示すように、絶縁シート12のz軸方向の下側の主面上に形成されている。すなわち、コイル電極54a、54bは、絶縁シート12を挟むように設けられている。そして、コイル電極54a、54bは、z軸方向から平面視したときに、互いに重なることにより一つの環を構成している。

【0072】

接続部56は、コイル電極54bに接続されており、コイル電極54bの内側へと延びている。ピアホール導体b21は、コイル電極54aとコイル電極54bとを接続している。ピアホール導体b22は、接続部16と接続部56とを接続している。

【0073】

以上のような無線ICデバイス10eによっても、無線ICデバイス10aと同様に、使用状況によって共振周波数がばらつくことを低減できる。

【0074】

(第6の実施形態)

以下に、本発明の第6の実施形態に係る無線ICデバイスについて図面を参照しながら説明する。図12は、第6の実施形態に係る無線ICデバイス10fの分解斜視図である。図12において、x軸は、無線ICデバイス10fの長辺方向であり、y軸は、無線ICデバイス10fの短辺方向であり、z軸は、無線ICデバイス10fの積層方向である。図13は、無線ICデバイス10fの電磁結合モジュール60近傍のxz平面における断面構造図である。なお、図12及び図13において、図1及び図2と同じ構成については同じ参照符号が付してある。

【0075】

無線ICデバイス10aでは、無線IC18は、接続部16、20aに対して直接に接続されていたのに対して、無線ICデバイス10fでは、図12に示すように、無線IC18は、給電回路基板70を介して、接続部16、20aに対して接続されている。無線ICデバイス10fにおいて、無線IC18と給電回路基板70とは電磁結合モジュール60を構成している。

【0076】

より詳細には、図13に示すように、無線IC18の下面には、接続用電極58が設けられている。無線IC18は、該接続用電極58を介して給電回路基板70に実装されている。給電回路基板70は、無線IC18と接続されているインダクタンス素子を含んで

10

20

30

40

50

おり、下面に接続用電極 79a, 79b を備えている。接続用電極 79a, 79b はそれぞれ、接続部 16, 20a に接続されている。

【0077】

次に、給電回路基板 70 の詳細について、図 14 を参照しながら説明する。図 14 は、給電回路基板 70 の分解斜視図である。

【0078】

給電回路基板 70 は、誘電体からなるセラミックシート 71A ~ 71H を積層、圧着、焼成したもので、シート 71A には接続用電極 72a, 72b と電極 72c, 72d とビアホール導体 73a, 73b が形成され、セラミックシート 71B にはキャパシタ電極 78a と導体パターン 75a, 75b とビアホール導体 73c ~ 73e が形成され、セラミ
10
ックシート 71C にはキャパシタ電極 78b とビアホール導体 73d ~ 73f が形成されている。更に、セラミックシート 71D には導体パターン 76a, 76b とビアホール導体 73e, 73f, 74a, 74b, 74d が形成され、セラミックシート 71E には導体パターン 76a, 76b とビアホール導体 73e, 73f, 74a, 74c, 74e が形成され、セラミックシート 71F にはキャパシタ電極 77 と導体パターン 76a, 76b とビアホール導体 73e, 73f, 74f, 74g が形成され、セラミックシート 71G には導体パターン 76a, 76b とビアホール導体 73e, 73f, 74f, 74g が形成され、セラミックシート 71H には導体パターン 76a, 76b とビアホール導体 73f が形成されている。

【0079】

以上のセラミックシート 71A ~ 71H を積層することにより、ビアホール導体 74c, 74d, 74g で螺旋状に接続された導体パターン 76a にてインダクタンス素子 L1 が構成され、ビアホール導体 74b, 74e, 74f で螺旋状に接続された導体パターン 76b にてインダクタンス素子 L2 が構成され、キャパシタ電極 78a, 78b にてキャ
20
パシタンス素子 C1 が構成され、キャパシタ電極 78b, 77 にてキャパシタンス素子 C2 が構成される。

【0080】

インダクタンス素子 L1 の一端はビアホール導体 73d、導体パターン 75a、ビアホール導体 73c を介してキャパシタ電極 78b に接続され、インダクタンス素子 L2 の一端はビアホール導体 74a を介してキャパシタ電極 77 に接続される。また、インダク
30
タンス素子 L1, L2 の他端は、セラミックシート 71H 上で一つにまとめられ、ビアホール導体 73e、導体パターン 75b、ビアホール導体 73a を介して接続用電極 72a に接続されている。更に、キャパシタ電極 78a はビアホール導体 73b を介して接続用電極 72b に電氣的に接続されている。

【0081】

また、接続用電極 72a ~ 72d は、接続用電極 58 を介して無線 IC 18 と接続されている。

【0082】

また、給電回路基板 70 の下面には外部電極 79a, 79b が導体ペーストの塗布などで設けられ、外部電極 79a はインダクタンス素子 L (L1, L2) と磁界により結合し
40
、外部電極 79b はビアホール導体 73f を介してキャパシタ電極 78b に電氣的に接続される。

【0083】

なお、この共振回路において、インダクタンス素子 L1, L2 は 2 本の導体パターン 76a, 76b を並列に配置した構造としている。2 本の導体パターン 76a, 76b はそれぞれ線路長が異なっており、異なる共振周波数とすることができ、無線 IC デバイスを広帯域化できる。

【0084】

なお、各セラミックシート 71A ~ 71H は磁性体のセラミック材料からなるシートであってもよく、給電回路基板 70 は従来から用いられているシート積層法、厚膜印刷法な
50

どの多層基板の製作工程により容易に得ることができる。

【0085】

また、前記セラミックシート71A～71Hを、例えば、ポリイミドや液晶ポリマなどの誘電体からなるフレキシブルなシートとして形成し、該シート上に厚膜形成法などで電極や導体を形成し、それらのシートを積層して熱圧着などで積層体とし、インダクタンス素子L1、L2やキャパシタンス素子C1、C2を内蔵させてもよい。

【0086】

前記給電回路基板70において、インダクタンス素子L1、L2とキャパシタンス素子C1、C2とは平面透視で異なる位置に設けられ、インダクタンス素子L1、L2により外部電極79aと磁界的に結合し、外部電極79bはキャパシタンス素子C1を構成する一方の電極となっている。

10

【0087】

したがって、給電回路基板70上に前記無線IC18を搭載した電磁結合モジュール60は、図示しないリーダライタからの高周波信号をアンテナコイルLで受信し、アンテナコイルLを介して外部電極79a、79bと磁界結合している共振回路を共振させ、所定の周波数帯の受信信号のみを無線IC18に供給する。一方、この受信信号から所定のエネルギーを取り出し、このエネルギーを駆動源として無線IC18にメモリされている情報を、共振回路にて所定の周波数に整合させた後、外部電極79a、79b及びアンテナコイルLを介してリーダライタに送信、転送する。

20

【0088】

給電回路基板70においては、インダクタンス素子L1、L2とキャパシタンス素子C1、C2で構成された共振回路にて共振周波数特性が決定される。アンテナコイルLからの信号の周波数は、共振回路の自己共振周波数によって実質的に決まる。

【0089】

なお、無線ICデバイス10fのその他の構成については、無線ICデバイス10aと同様であるので、説明を省略する。また、給電回路基板70は、無線ICデバイス10a以外の無線ICデバイス10b～10eに対しても適用可能である。

【0090】

以上のような無線ICデバイス10fによっても、無線ICデバイス10aと同様に、使用状況によって共振周波数がばらつくことを低減できる。

30

【0091】

(第7の実施形態)

以下に、本発明の第7の実施形態に係る無線ICデバイスについて図面を参照しながら説明する。図15は、第7の実施形態に係る無線ICデバイス10gの分解斜視図である。図15において、x軸は、無線ICデバイス10gの長辺方向であり、y軸は、無線ICデバイス10gの短辺方向であり、z軸は、無線ICデバイス10gの積層方向である。図16(a)は、参考例に係る無線ICデバイスの無線IC近傍のzy平面における断面構造図であり、図16(b)は、無線ICデバイス10gの無線IC18近傍のzy平面における断面構造図である。なお、図15及び図16において、図1及び図2と同じ構成については同じ参照符号が付してある。

40

【0092】

無線ICデバイス10aと無線ICデバイス10gとの相違点は、無線ICデバイス10gでは、無線IC18は、z軸向から平面視したときに、複数のコイル電極14a～14cにより構成されている一つの環と重なるように設けられている点である。以下にかかる相違点について説明する。

【0093】

無線ICデバイス10gでは、無線IC18は、前記の通り、z軸向から平面視したときに、複数のコイル電極14a～14cにより構成されている一つの環と重なるように設けられている。そのため、無線IC18は、コイル電極14aの一端に接続されている。

【0094】

50

また、接続部 16 の一端は、複数のコイル電極 14 a ~ 14 c により構成されている一つの環と重なるように設けられ、無線 IC 18 と接続されている。接続部 16 の他端は、該一つの環の内部に引き出され、ピアホール導体 b 11 , b 12 を介して、接続部 20 c と接続されている。

【0095】

なお、無線 IC デバイス 10 g のその他の構成については、無線 IC デバイス 10 a と同様であるので、説明を省略する。

【0096】

以上のような無線 IC デバイス 10 g によっても、無線 IC デバイス 10 a と同様に、使用状況によって共振周波数がばらつくことを低減できる。

10

【0097】

更に、無線 IC デバイス 10 g によれば、以下に説明するように、絶縁シート 12 が曲げられた際に、無線 IC 18 に負荷がかかることが抑制される。より詳細には、絶縁シート 12 は、フレキシブルなシートであるので、使用時に曲げられる場合がある。無線 IC 18 は、半導体基板により構成されているので、絶縁シート 12 よりも硬い。よって、絶縁シート 12 が曲げられた場合には、無線 IC 18、及び、無線 IC 18 とアンテナコイル L との接続部分に応力が集中し、無線 IC 18 が破損するおそれ、又は、無線 IC 18 がアンテナコイル L から外れるおそれがある。

【0098】

そこで、無線 IC デバイス 10 g では、無線 IC 18 は、コイル電極 14 a ~ 14 c により構成されている一つの環と重なるように設けられている。該一つの環は、コイル電極 14 a ~ 14 c が重なっているため、無線 IC デバイス 10 g の他の部分に比べて曲がりにくい。そのため、絶縁シート 12 が曲げられたとしても、無線 IC 18 が設けられている部分は大きく曲げられることが抑制される。その結果、無線 IC 18、及び、無線 IC 18 とアンテナコイル L との接続部分に負荷がかかることが抑制される。

20

【0099】

更に、無線 IC デバイス 10 g では、以下に説明するように、磁界の乱れが発生しにくい。より詳細には、磁界は、コイル電極 14 の周囲を周回するように発生する。よって、無線 IC 18 は、z 軸方向から平面視したときに、コイル 14 a ~ 14 c と重ならないように設けられていると、図 16 (a) に示す参考例に係る無線 IC デバイスのように、コイル電極 14 が発生した磁界を妨げてしまう。すなわち、参考例に係る無線 IC デバイスでは、磁束の乱れが発生してしまう。

30

【0100】

一方、無線 IC デバイス 10 g では、無線 IC 18 は、z 軸方向から平面視したときに、コイル電極 14 a ~ 14 c と重なるように設けられている。そのため、図 16 (b) に示すように、磁界は、コイル電極 14 a ~ 14 c 及び無線 IC 18 の周囲を周回するように発生する。よって、無線 IC 18 は、磁界を妨げない。その結果、無線 IC デバイス 10 g では、磁界の乱れが発生しにくい。

【0101】

(その他の実施形態)

40

本発明の実施形態に係る無線 IC デバイスは、第 1 の実施形態ないし第 7 の実施形態において説明した無線 IC デバイス 10 a ~ 10 g に限らず、その要旨の範囲内において変更可能である。

【0102】

なお、コイル電極 14 が 1 周末満の長さであるとは、実質的に 1 周末満の長さであることを意味する。故に、使用状況によって無線 IC デバイス 10 の共振周波数がばらつかない程度で、コイル電極 14 の長さが僅かに 1 周を越えていることは許容される。

【0103】

なお、共振周波数がばらつく原因として、人の手が無線 IC デバイス 10 に触れることを挙げたが、共振周波数がばらつく原因はこれに限らない。例えば、無線 IC デバイス 1

50

0 がカードケース等に入れて用いられる場合には、カードケース等が無線 IC デバイス 10 に触れることによって、共振周波数はばらつく。

【0104】

なお、絶縁シート 12 の形状は、必ずしも長形状である必要はないが、アンテナコイル L の内側に大きな孔や切り欠きなどが形成されていないことが好ましい。アンテナコイル L の内側に大きな孔や切り欠きがある絶縁シート 12 に設けられていると、例えば、孔や切り欠きを介して、図 2 (b) の左側から人の手 Fin 3 が近づいて、電気力線 E 10 a が人の手を通過してしまうおそれがあるからである。

【0105】

なお、無線 IC デバイス 10 a ~ 10 g では、コイル電極 14, 24, 34 は、z 軸方向から平面視したときに、線幅方向に一致するように設けられている。しかしながら、z 軸方向の下側のコイル電極 14, 24, 34 は、z 軸方向から平面視したときに、z 軸方向の上側のコイル電極 14, 24, 34 から少しだけはみ出している。ただし、コイル電極 14, 24, 34 のはみ出している量は、共振周波数に影響を及ぼさない程度である必要がある。

【0106】

特に、前記のようにコイル電極 14, 24, 34 がずらして配置される場合には、図 17 に示す無線 IC デバイス 10 a のコイル電極 14 a の拡大図のように、z 軸方向から平面視したときに、z 軸方向の最も上側に位置しているコイル電極 14 a は、コイル電極 14 a ~ 14 d により構成される環の通過領域内において、絶縁シート 12 を挟んで、コイル電極 14 a ~ 14 d と離間して並んでいてはいけない。図 17 のように、コイル電極 14 が並んでいると、コイル電極 14 間において、無線 IC デバイス 10 a 外にはみ出す電気力線が発生してしまうからである。また、同様の理由により、z 軸方向から平面視したときに、z 軸方向の最も下側に位置しているコイル電極 14 d は、コイル電極 14 a ~ 14 d により構成される環の内部において、絶縁シート 12 を挟んで、コイル電極 14 a ~ 14 d と離間して並んでいてはいけない。また、図 17 では、無線 IC デバイス 10 a を例にとって説明したが、無線 IC デバイス 10 b ~ 10 g についても同様のことが言える。

【0107】

(無線 IC デバイスの製造方法)

本発明の一実施形態に係る無線 IC デバイスの製造方法について、図面を参照しながら説明する。以下では、本発明の一実施形態に係る無線 IC デバイスの一例として、無線 IC デバイス 10 d の製造方法について説明する。併せて、無線 IC デバイス 10 d が適用された無線 IC カード 80 の製造方法についても説明する。図 18 は、無線 IC カード 80 の分解斜視図である。

【0108】

ガラスエポキシ基盤、ポリイミド、塩化ビニール、ポリエチレンテレフタレート (PET)、PET-G、液晶ポリマー樹脂等の絶縁シート 12 を準備する。絶縁シート 12 のそれぞれに、図 9 に示すコイル電極 14 を形成する。コイル電極 14 が銅箔である場合には、該コイル電極 14 は、例えば、エッチング処理により形成される。

【0109】

また、前記コイル電極 14 の形成と同時に、接続部 16, 20 a, 20 b, 20 c, 20 d, 40 c, 40 d, 42 b, 42 c も、例えば、エッチング処理により形成する。より詳細には、絶縁シート 12 a 上において、コイル電極 14 a と接続される接続部 20 a を形成すると共に、接続部 20 a から無線 IC 18 が実装される領域だけ離れた位置に接続部 16 を形成する。更に、絶縁シート 12 b, 12 c 上に、絶縁シート 12 a ~ 12 d が積層された場合において、z 軸方向から平面視したときに、接続部 16 と重なるように、接続部 42 b, 42 c を形成する。また、絶縁シート 12 b, 12 c 上には、接続部 42 b, 42 c の形成と同時に、コイル電極 14 b, 14 c に接続される接続部 20 b, 20 c が形成される。更に、絶縁シート 12 d 上において、z 軸方向から平面視したときに

、接続部 16 と重なると共に、コイル電極 14 d に接続される接続部 20 d を形成する。絶縁シート 12 d 上には、該接続部 20 d の形成と同時に、コイル電極 14 d に接続される接続部 40 d も形成される。

【0110】

なお、コイル電極 14 a ~ 14 d 及び接続部 16 , 20 a , 20 b , 20 c , 20 d , 40 c , 40 d , 42 b , 42 c は、導電性ペーストを塗布するスクリーン印刷法によっても形成可能である。

【0111】

次に、z 軸方向から平面視したときに、複数のコイル電極 14 a ~ 14 d が、重なることにより一つの環を構成するように、複数の絶縁シート 12 a ~ 12 d を位置合わせして積層する。このとき、z 軸方向から平面視したときに、接続部 16 , 42 b , 42 c , 20 d も互いに重なっている。絶縁シート 12 a ~ 12 d の積層が完了すると、これらを加熱・圧着する。

10

【0112】

次に、コイル電極 14 a とコイル電極 14 b、接続部 20 b と接続部 20 c、接続部 40 c と 40 d、及び、接続部 16 と接続部 42 b と接続部 42 c と接続部 20 d の 4 箇所を、パウチング処理により接続する。この際、接続部 16 と接続部 42 b と接続部 42 c と接続部 20 d は、z 軸方向から平面視したときに重なっているので、一度のパウチング処理により一括して接続される。

【0113】

20

次に、絶縁シート 12 a の接続部 16 , 20 a 上に無線 IC 18 を実装する。具体的には、異方性導電フィルム (ACF) を用いたフリップチップ実装法により、無線 IC 18 を実装する。この際、無線 IC 18 が接続部 16 , 20 a に接続されるように位置合わせして仮貼りを行った後、熱圧をかけて無線 IC 18 を本接着する。以上の工程により、無線 IC デバイス 10 d が完成する。

【0114】

無線 IC デバイス 10 d が完成したら、図 18 に示すように、オーバーレイシート 82 a , 82 b を接着シート 84 a , 84 b を用いて貼り付けて無線 IC カード 80 を作製する。より詳細には、無線 IC デバイス 10 d の z 軸方向の上側に接着シート 84 a 及びオーバーレイシート 82 a を積層し、無線 IC デバイス 10 d の下側に接着シート 84 b 及びオーバーレイシート 82 b を積層する。そして、これらを加熱・圧着する。これにより、無線 IC カード 80 が完成する。

30

【0115】

なお、前記無線 IC デバイスの製造方法では、無線 IC デバイス 10 d の製造方法について説明したが、無線 IC デバイス 10 a ~ 10 c についても、略同様の製造方法により製造可能である。ただし、無線 IC デバイス 10 a ~ 10 c では、パウチング処理ではなくビアホール導体 b によりコイル電極 14 , 24 , 34 が接続されている。したがって、パウチング処理が施される工程の代わりに、各絶縁シート 12 に対して、ビアホール導体 b を形成する工程が行われる。ビアホール導体 b は、絶縁シート 12 に対してレーザービームが照射されてビアホールが形成され、該ビアホールに導電性ペーストが充填されることにより形成される。特に、スクリーン印刷法によりコイル電極 14 , 24 , 34 が形成される場合には、ビアホールに対して導電性ペーストを充填する工程と同時に、絶縁シート 12 に導電性ペーストを塗布してコイル電極 14 , 24 , 34 を形成することが可能である。

40

【0116】

なお、無線 IC デバイス 10 f の製造の際には、無線 IC 18 の代わりに、無線 IC 18 及び給電回路基板 70 からなる電磁結合モジュール 60 が実装される。

【産業上の利用可能性】

【0117】

本発明は、無線 IC デバイス及びその製造方法に有用であり、特に、使用状況によって

50

共振周波数がばらつくことを低減できる点において優れている。

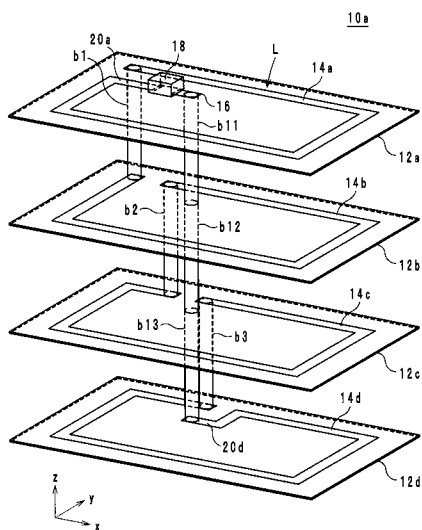
【符号の説明】

【 0 1 1 8 】

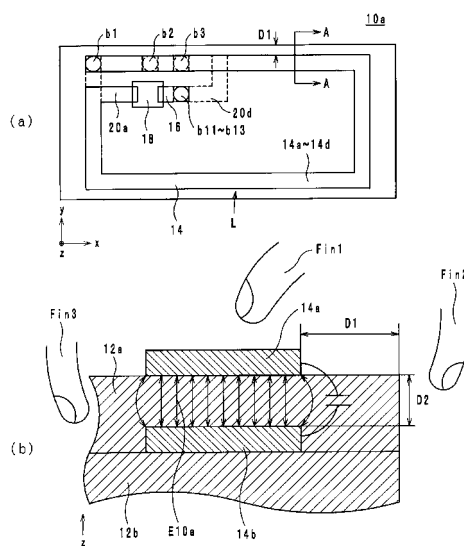
- b 1 ~ b 3 , b 1 1 ~ b 1 3 , b 2 1 , b 2 2 ピアホール導体
 1 0 a ~ 1 0 g 無線 I C デバイス
 1 2 a ~ 1 2 d 絶縁シート
 1 4 a ~ 1 4 d , 2 4 a , 2 4 d , 3 4 b , 5 4 a , 5 4 b コイル電極
 1 6 , 2 0 a ~ 2 0 d , 4 0 c , 4 0 d , 4 2 b , 4 2 c , 5 6 接続部
 6 0 電磁結合モジュール
 7 0 給電回路基板
 8 0 無線 I C カード

10

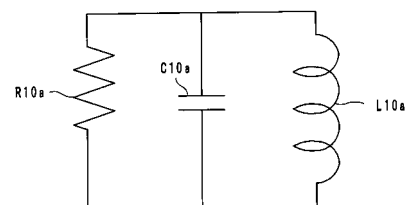
【 図 1 】



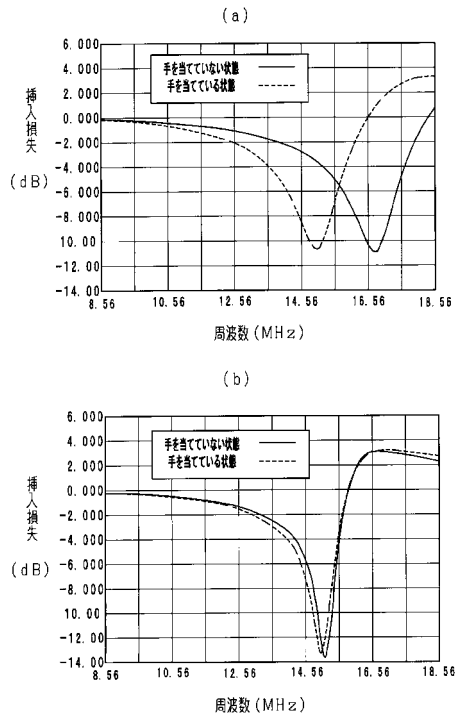
【 図 2 】



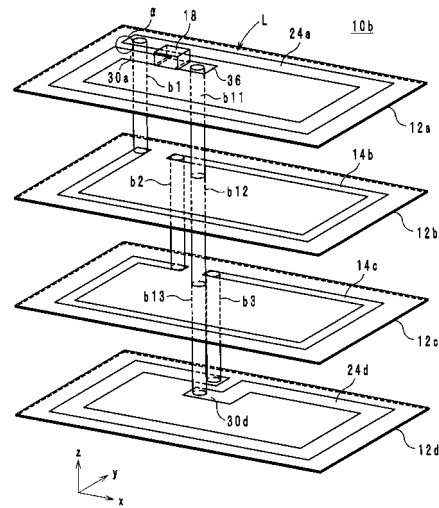
【 図 3 】



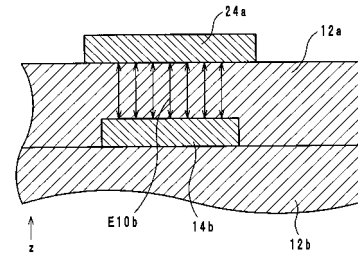
【図 4】



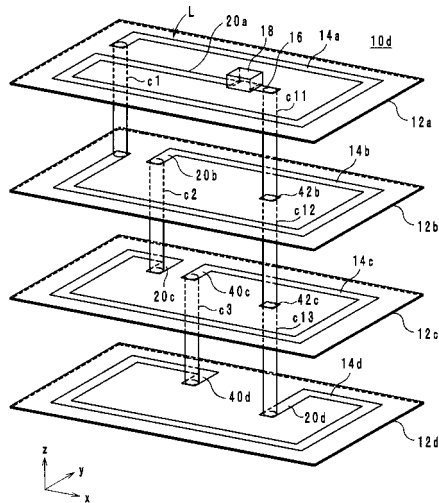
【図 5】



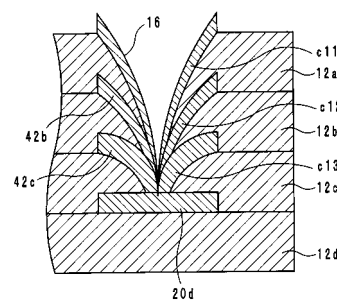
【図 6】



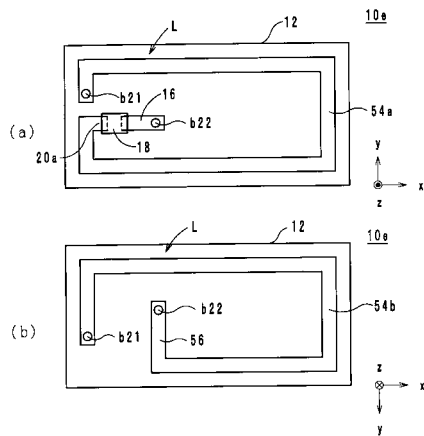
【図 9】



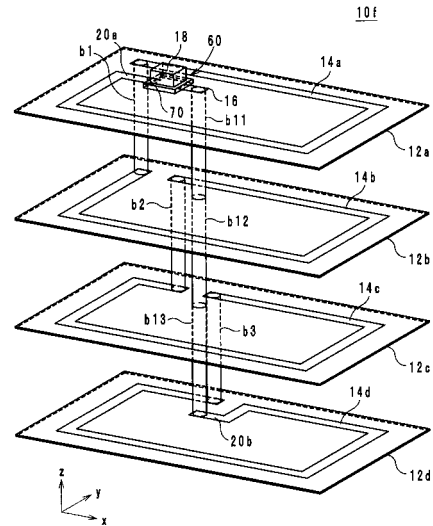
【図 10】



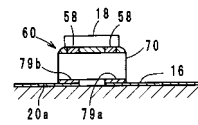
【図 11】



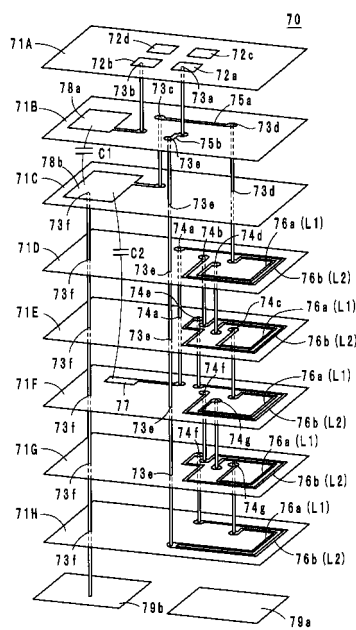
【図 12】



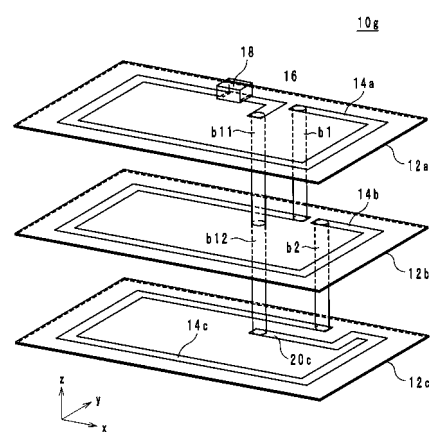
【図 13】



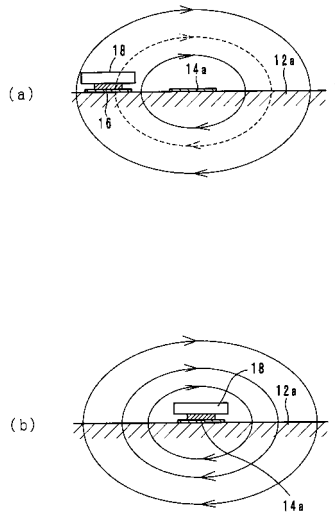
【図 14】



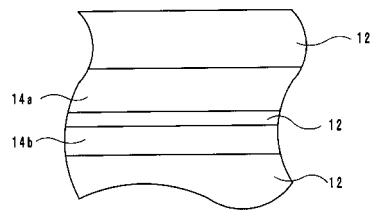
【図 15】



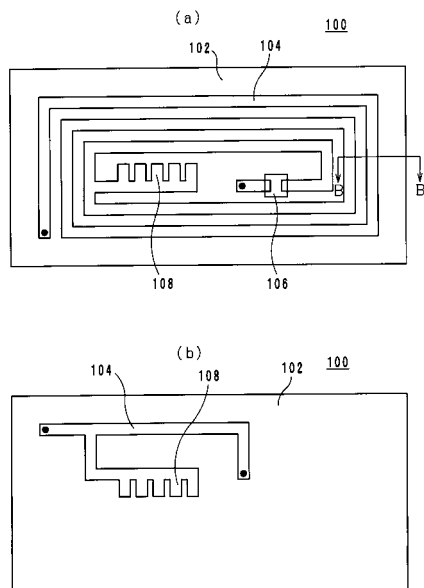
【図 16】



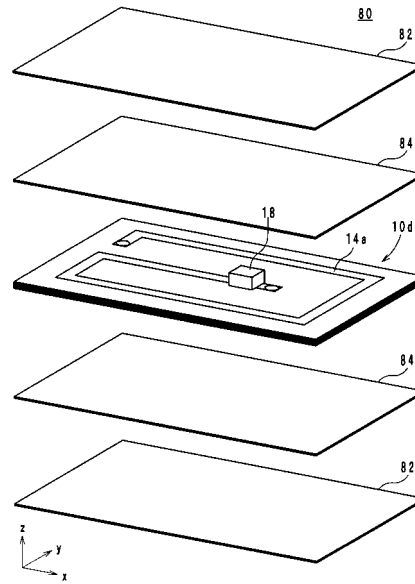
【図 17】



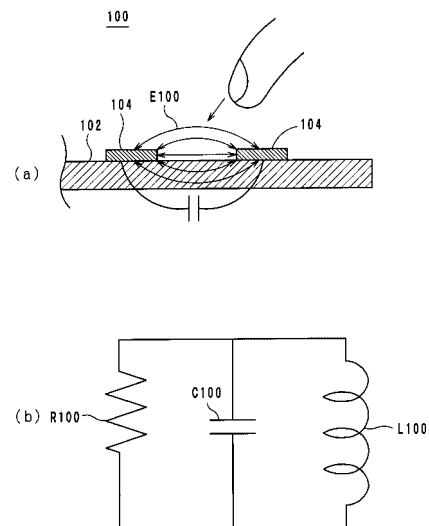
【図 19】



【図 18】



【図 20】



フロントページの続き

- (72)発明者 石野 聡
京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内
- (72)発明者 谷口 勝己
京都府長岡京市東神足1丁目10番1号 株式会社村田製作所内

審査官 吉村 美香

- (56)参考文献 特開平10-193851(JP,A)
特開2006-042097(JP,A)
特開2008-072243(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01Q 7/00

H01Q 1/38

B42D 15/10

G06K 19/07

G06K 19/077

H01Q 1/40