

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3620623号
(P3620623)

(45) 発行日 平成17年2月16日(2005.2.16)

(24) 登録日 平成16年11月26日(2004.11.26)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 F 17/04

H 0 1 F 27/28

F I

H 0 1 F 17/04

H 0 1 F 27/28

F

M

請求項の数 3 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平9-288346
 (22) 出願日 平成9年10月21日(1997.10.21)
 (65) 公開番号 特開平11-121237
 (43) 公開日 平成11年4月30日(1999.4.30)
 審査請求日 平成14年9月11日(2002.9.11)

(73) 特許権者 503361248
 富士電機デバイステクノロジー株式会社
 東京都品川区大崎一丁目11番2号
 (74) 代理人 100075166
 弁理士 山口 巖
 (74) 代理人 100076853
 弁理士 駒田 喜英
 (74) 代理人 100085833
 弁理士 松崎 清
 (72) 発明者 山沢 清人
 長野県長野市松代町城東90
 (72) 発明者 佐藤 敏郎
 長野県長野市稲葉中河原沖1006の1
 リビングコート川台201

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 平面型磁気素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

スパイラル平面コイルと、絶縁体およびスパイラル平面コイルを挟み込む磁性体膜とを積層して構成される平面型磁気素子において、前記スパイラル平面コイルの導体部を磁性体膜で覆ったことを特徴とする平面型磁気素子。

【請求項2】

スパイラル平面コイルと、絶縁体およびスパイラル平面コイルを挟み込む磁性体膜とを積層して構成される平面型磁気素子において、前記スパイラル平面コイルの導体部を、この導体部よりも高い電気抵抗率膜で覆ったことを特徴とする平面型磁気素子。

10

【請求項3】

スパイラル平面コイルと、絶縁体およびスパイラル平面コイルを挟み込む磁性体膜とを積層して構成される平面型磁気素子において、前記スパイラル平面コイルの導体部を、この導体部よりも高い電気抵抗率を持つ磁性体膜で覆ったことを特徴とする平面型磁気素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、サーフェイスマイクロマシーニング技術を活用することによって平面型に製

20

作される薄膜インダクタ（平面型インダクタ）に関する。

【0002】

【従来の技術】

図6に最も一般的なスパイラル形状の平面積層型インダクタの斜視図（a）および断面図（b）を示す。

これは、シリコン等の下地基板（図示なし）上に絶縁膜を形成し、その上に下部磁性膜4、平面コイル3、絶縁膜2および上部磁性膜1を順に形成する、平面コイルを磁性膜で挟み込んだものであり、いわゆる平面積層型インダクタと言われる。また、磁性体がコイルよりも外側にあり、コイルが磁性体の中にあることから、外鉄型または内部コイル型インダクタと呼ばれる。

10

【0003】

平面積層型インダクタとするのは、一般に、下記のような特徴を有することによるものと言える。

（1）フォトリソグラフィやめっき法を利用したサーフェイスマイクロマシーニング技術を適用することにより、小型、薄型で高い性能係数Qを持つ薄膜のインダクタを容易に形成することができ、小型の電源等への適用に有利である。

（2）また、スパイラル形状の平面積層型インダクタは、つづら折れ型等の他のインダクタに比べ、単位面積当たりのインダクタンス値を最も大きくできるため、小型、薄型化に適している。

【0004】

20

ところで、上記のような構造の平面型インダクタは、使用する周波数帯域において、十分に高い性能係数Q値を持つことが必要である。Q値はコイルの抵抗をR、インダクタンスをL、駆動周波数をf、角速度を ω とすると、

$$Q = \omega L / R \quad (\omega = 2\pi f)$$

で表わされる。インダクタの性能を向上させるためには、性能係数Qの向上、すなわちコイル抵抗Rを小さくし、インダクタンスLを大きくすることが必要である。

【0005】

図7に、スパイラル形状の平面積層型インダクタのコイルの抵抗RとインダクタンスLの周波数特性（計算値）を示す。図6に示すものと同様の構造で、全体の大きさは4mm角、ターン数7、平面コイル3の導体部の膜厚27 μm 、上部磁性膜1および下部磁性膜4の膜厚をそれぞれ3 μm 、上部磁性膜1の下面から平面コイル3の導体部の下面までの間隔を10 μm としている。なお、上部磁性膜1と下部磁性膜4には、コバルト（Co）系アモルファス磁性膜を使用している。また、平面コイル3の導体部の材質は銅（Cu）である。

30

図7から、高周波領域になるにつれてコイル抵抗R（●印）は急激に上昇しているのに対し、インダクタンスL（▲印）は低下することが分かるが、これが一般的なインダクタの周波数特性である。特に、コイル抵抗R（交流抵抗R_{ac}）は、直流抵抗R_{dc}が0.8 Ω であるにもかかわらず、800KHzで1 Ω 以上、8MHzで10 Ω 以上と急激に増加している。

【0006】

40

インダクタにおける損失は、鉄損と銅損に分けられる。鉄損は磁性膜中に発生する渦電流による損失である。一方、銅損は直流抵抗R_{dc}およびコイル導体を垂直に鎖交する渡り磁束で渦電流が発生することによってもたらされるものである。

鉄損を低減する方法としては、高電気抵抗率の材料を用いたり、上部磁性膜1と下部磁性膜4を絶縁膜を挟んで多層構造にしたり、または、特開平6-77055号に示されるように磁性体を分割する方法なども知られている。

【0007】

図8はCo系アモルファス磁性膜を使用し、図6と同じ形状のインダクタに、0.2Aの実効電流を通電した場合の鉄損の周波数変化を示す。高周波領域で増加することを示している。

50

図9は上記と同様のインダクタにおける銅損の周波数変化である。

図9から明らかなように、高周波領域における抵抗の増加には、銅損の占める割合が非常に大きいことが分かる。そこで、高いQ値を持つインダクタを得るには、この銅損を低減することが必要不可欠な条件となる。

直流抵抗 R_{dc} を低下するには、ターン数を減らしたり、コイルの膜厚を増したりすることが有効である。しかし、コイル導体を上下の磁性膜で挟み込んだ平面積層型インダクタで、コイル導体を垂直に鎖交する渡り磁束を低減し、渦電流の発生を抑制し銅損を低減することは難しい。

【0008】

図10はCo系アモルファス磁性膜を使用し、図6と同じ形状、条件のインダクタに、0.2Aの実効電流を通電した場合の磁束密度分布を計算したものである。この図から、コイル導体を垂直に鎖交する渡り磁束の影響が大きいことが分かる。なお、図10(a)は図10(c)、(d)のように示される平面型インダクタの右半分、上半分を示し、図10(b)はその拡大図を示す。コイルは上半分を示すことから、符号3'で示されている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】

以上のことから、高周波領域で交流抵抗 R_{ac} が急激に増加し、これが銅損を大きくする原因となっていることが分かる。

したがって、この発明の課題は、従来困難とされていた銅損の低減化を図ることにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

このような課題を解決すべく、請求項1の発明では、平面積層型インダクタにおける平面コイルの導体部を磁性体膜で覆うようにしている。この構造では、磁性体膜がコイル導体を垂直に鎖交する渡り磁束を回避する。つまり、磁性体膜が磁束のシールド層となり、磁束は磁性体膜内部を通過することになる。これにより、銅損が低減する。

請求項2の発明では、平面積層型インダクタにおける平面コイルの導体部を、この導体部よりも高い電気抵抗率膜で覆うようにしている。これにより、高電気抵抗率膜が渦電流の発生が抑制され、銅損が低減する。

また、請求項3の発明では、平面積層型インダクタにおける平面コイルの導体部を、この導体部よりも高い電気抵抗率を持つ磁性体膜で覆うようにしている。これにより、コイル導体を垂直に鎖交する渡り磁束が回避され、渦電流の発生が抑制されるので、銅損が低減する。

【0011】

【発明の実施の形態】

図1はこの発明の第1の実施の形態を示す構成図で、(a)は斜視図、(b)は断面図である。

図1からも明らかなように、基本的な構造は図6に示したスパイラル形状の平面積層型インダクタと同じであるが、平面コイル3の導体部を取り囲むように磁性体膜5で覆った点が特徴である。この磁性体膜5としては磁性体であれば良いが、ニッケル(Ni)、鉄(Fe)、コバルト(Co)などの軟磁性体とするのがより好ましい。

その効果を説明するために、磁性体膜5として膜厚3mmのNi膜を用いた場合の、有限要素法による電磁界解析の計算結果について説明する。まず、下記の表1に計算に用いたパラメータを示す。

【0012】

〔表1〕

平面積層型インダクタの全体寸法〔mm〕	4.0角
コイル導体の材質	Cu
コイルの巻数〔turn〕	7
コイル導体の厚さ〔μm〕	27

コイル導体の抵抗率 [$\Omega \cdot m$]	1.7×10^{-8}
磁性膜の材質	Co系アモルファス膜
磁性膜の厚さ [mm]	3
磁性膜の比透磁率	1000
磁性膜の抵抗率 [$\Omega \cdot m$]	1.0×10^{-6}
磁性体膜の材質	Ni
磁性体膜の比透磁率	500
磁性体膜の抵抗率 [$\Omega \cdot m$]	7.2×10^{-8}
磁性体膜の厚さ [μm]	3

【0013】

10

図2は図1の構造で各要素が表1のような材質、パラメータを持つ場合に、0.2Aの実効電流を流した場合の磁束密度分布を示す。

これは、先の図10に対応するものであるが、図2では渡り磁束7は磁性体膜5のNi膜中を通して殆どコイル3の導体部(Cu)を鎖交しておらず、渡り磁束7が著しく低減することが分かる。

図3に0.2Aの実効電流を通電した場合の銅損の周波数変化を示す。磁性体膜5の効果により、高周波数領域でもほぼ一定値となることが分かる。

【0014】

20

図4はこの発明の第2の実施の形態を示す構成図で、(a)は斜視図、(b)は断面図である。

基本的な構造は図1と同じであるが、平面コイル3の導体部を磁性体膜5に代えて、平面コイル3の導体部よりも高い電気抵抗率膜(非磁性体)6で覆った点が特徴である。かかる高電気抵抗率膜6として、ここでは電気抵抗率 ρ が $7.2 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ の非磁性体膜を用い場合の、有限要素法による電磁界解析の計算結果を基に説明する。なお、高電気抵抗率膜(非磁性体)としては、例えばめっき法を用いて製作した非磁性体のNi膜が好適であるが、その他亜鉛($5.9 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$)、アルメル($3.3 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$)、クロム($1.7 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$)、白金($1.06 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$)、鉛($2.1 \times 10^{-7} \Omega \cdot m$)などを用いることができる。下記の表2に、計算に用いたパラメータを示す。

【0015】

30

[表2]

平面積層型インダクタの全体寸法 [mm]	4.0角
コイル導体の材質	Cu
コイルの巻数 [turn]	7
コイル導体の厚さ [μm]	27
コイル導体の抵抗率 [$\Omega \cdot m$]	1.7×10^{-8}
磁性膜の材質	Co系アモルファス膜
磁性膜の厚さ [mm]	3
磁性膜の比透磁率	1000
磁性膜の抵抗率 [$\Omega \cdot m$]	1.0×10^{-6}
高電気抵抗率膜の材質	非磁性体
高電気抵抗率膜の抵抗率 [$\Omega \cdot m$]	7.2×10^{-8}
磁性体膜の厚さ [μm]	3

40

【0016】

図5に0.2Aの実効電流を通電した場合の銅損の周波数変化を示す。図9の場合に比べ10MHz付近からの銅損が低下(10MHzで図9の場合は200mW、図5では180mW)していることが分かる。これは、電気抵抗率 $1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$ の平面コイル3の導体部(Cu)の上に、それよりも高い電気抵抗率の膜を形成することで、図1の場合について図2で説明したようにコイルを鎖交する渡り磁束の量は減らなくとも、うず電流を抑制し銅損を減らす効果がある。

50

【0017】

また、図示は省略したが、図1の磁性体膜5または図4の高電気抵抗率膜6の代わりに、高電気抵抗率の磁性体膜で覆うようにすれば、平面コイル導体部の渡り磁束を低減させる効果と電流の抑制効果とを持つ構造の平面積層型インダクタを提供することができる。高電気抵抗率の磁性体膜としては、例えばNiZn, Fe-Al-O, Fe-B-O, Fe-Hf-O, Fe-Zr-Oなどのフェライト系磁性体が好適である。

なお、以上はインダクタについて説明したが、この発明はトランスなどの他の磁気素子を平面型、薄型で形成する場合にも、同様に適用することが可能である。

【0018】

【発明の効果】

10

この発明によれば、平面コイルの導体部を磁性体膜または高電気抵抗率膜若しくは高電気抵抗率の磁性体膜により覆うことで、コイルの銅損を低減することが可能となる利点を得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施の形態を示す構成図である。

【図2】図1の場合の渡り磁束の説明図である。

【図3】図1の場合の銅損の周波数特性図である。

【図4】この発明の第2の実施の形態を示す構成図である。

【図5】図4の場合の銅損の周波数特性図である。

【図6】平面積層型インダクタの従来例の説明図である。

20

【図7】図6の場合のコイル抵抗とインダクタンスの周波数特性図である。

【図8】図6の場合の鉄損の周波数特性図である。

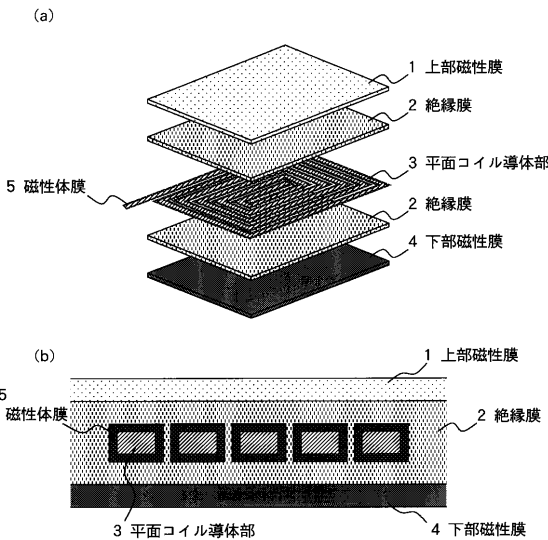
【図9】図6の場合の銅損の周波数特性図である。

【図10】図6の場合の磁束密度分布説明図である。

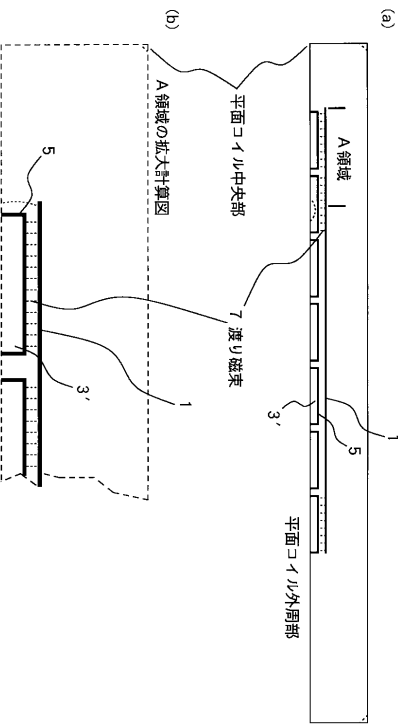
【符号の説明】

1…上部磁性膜、2…絶縁膜、3…平面コイル、4…下部磁性膜、5…磁性体膜、6…高電気抵抗膜、7…渡り磁束。

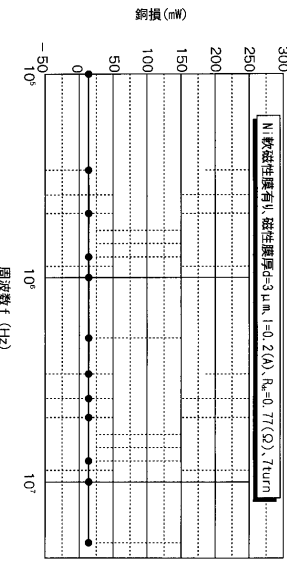
【図 1】



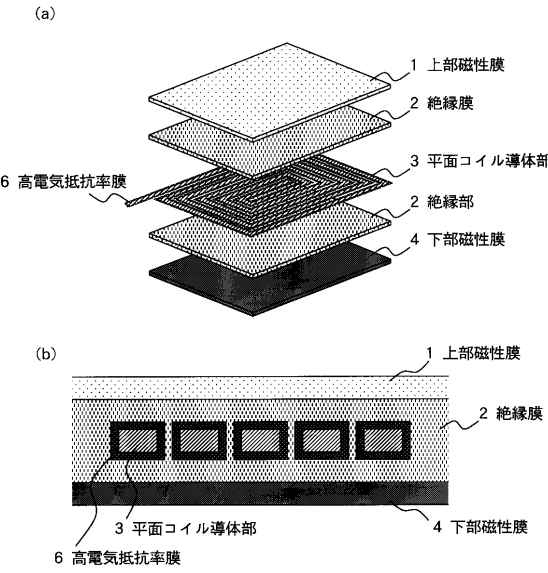
【図 2】



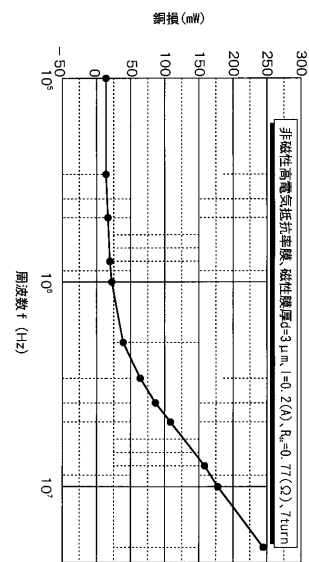
【図 3】



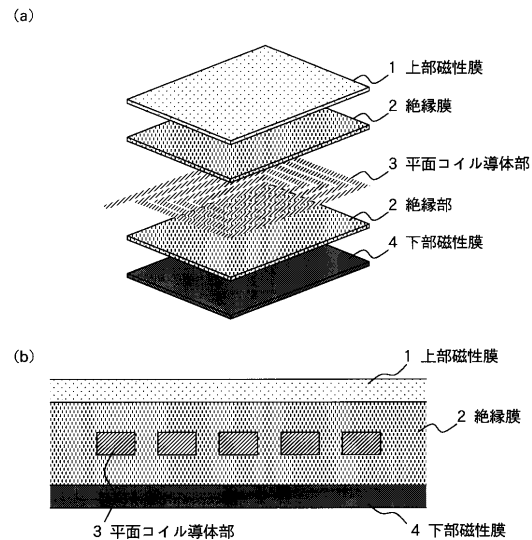
【図 4】



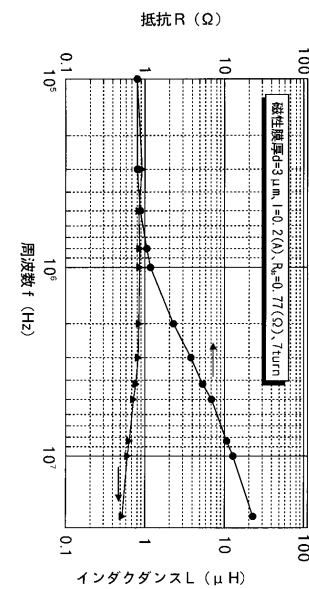
【図 5】



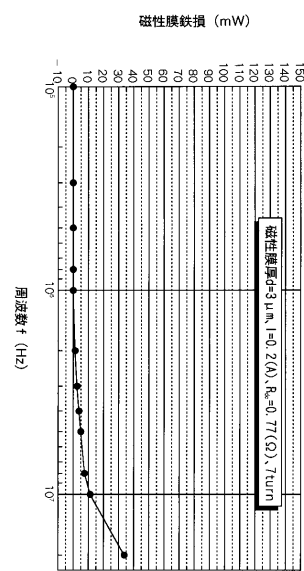
【図 6】



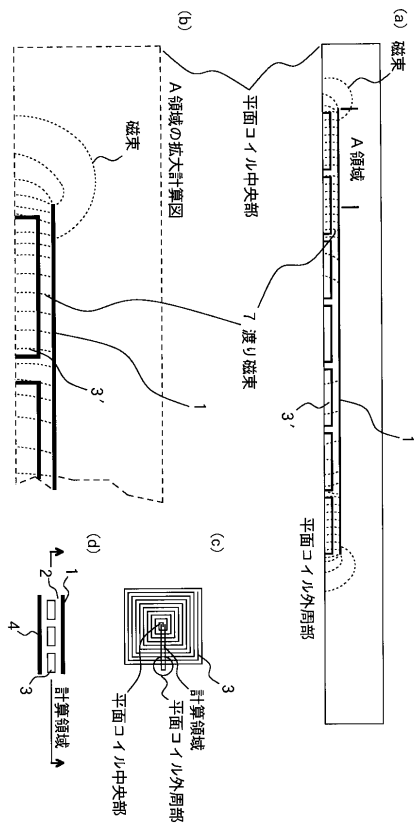
【図 7】



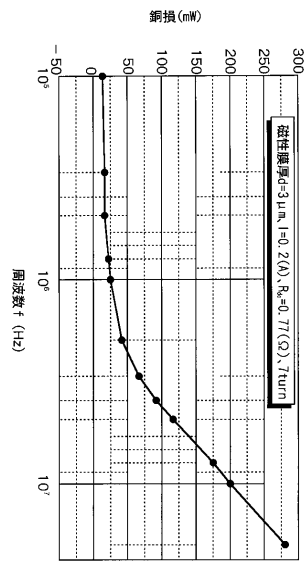
【図 8】



【図 10】



【図 9】



フロントページの続き

- (72)発明者 中澤 治雄
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内
- (72)発明者 江戸 雅晴
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内

審査官 竹井 文雄

- (56)参考文献 特開平07-029732 (JP, A)
特開平05-315139 (JP, A)
特開平05-315138 (JP, A)
特開平05-006823 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
H01F17/00-27/42