(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第3725599号

(P3725599)

(45)発行日　平成17年12月14日(2005.12.14)　(24)登録日　平成17年9月30日(2005.9.30)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
H01F 17/00	H01F	17/00	B
H01F 17/04	H01F	17/00	Z
	H01F	17/04	A
	H01F	17/04	F

請求項の数 6　(全 19 頁)

(21)出願番号	特願平8-16634
(22)出願日	平成8年2月1日(1996.2.1)
(65)公開番号	特開平9-134820
(43)公開日	平成9年5月20日(1997.5.20)
審査請求日	平成12年11月7日(2000.11.7)
審判番号	不服2003-12629(P2003-12629/J1)
審判請求日	平成15年7月3日(2003.7.3)
(31)優先権主張番号	特願平7-230324
(32)優先日	平成7年9月7日(1995.9.7)
(33)優先権主張国	日本国(JP)

(73)特許権者　000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目１番１号
(74)代理人　100058479
弁理士　鈴江　武彦
(72)発明者　佐藤　敏郎
神奈川県川崎市幸区堀川町７２番地　株式会社東芝川崎事業所内
(72)発明者　溝口　徹彦
神奈川県川崎市幸区小向東芝町１番地　株式会社東芝研究開発センター内

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】

１つ以上の平面コイルを絶縁体を介して軟磁性体で挟持した平面型磁気素子において、

前記軟磁性体は、磁化困難軸および磁化容易軸を有する一軸性の磁気異方性を有し、

前記平面コイルは、該平面コイルをなすコイル導体を複数に分割された導体ラインにより構成され、楕円形うず巻き型または長方形うず巻き型をなし、前記楕円形うず巻き型平面コイルの長径方向に沿ったコイル導体または前記長方形うず巻き型平面コイルの長手方向に沿ったコイル導体を前記軟磁性体の磁化困難軸励磁領域に対応させ、前記楕円形うず巻き型平面コイルの短径方向に沿ったコイル導体または前記長方形うず巻き型平面コイルの短手方向に沿ったコイル導体を前記軟磁性体の磁化容易軸励磁領域に対応させ、

前記軟磁性体の磁化容易軸励磁領域に対応する前記楕円形うず巻き型平面コイルの短径方向に沿ったコイル導体または前記長方形うず巻き型平面コイルの短手方向に沿ったコイル導体は、分割しないか、もしくは複数に分割された導体ラインを部分的に短絡するようにしたことを特徴とする平面型磁気素子。

【請求項２】

１つ以上の平面コイルを絶縁体を介して軟磁性体で挟持した平面型磁気素子において、

前記軟磁性体は、磁化困難軸および磁化容易軸を有する一軸性の磁気異方性を有し、

前記平面コイルは、該平面コイルをなすコイル導体を複数に分割された導体ラインにより構成され、正方形うず巻き型をなし、前記軟磁性体の磁化困難軸励磁領域に対応する前記正方形うず巻き型平面コイルのコイル導体は複数に分割され、

前記軟磁性体の磁化容易軸励磁領域に対応する前記正方形うず巻き型平面コイルのコイル導体は、分割しないか、もしくは複数に分割された導体ラインを部分的に短絡するようにしたことを特徴とする平面型磁気素子。

【請求項３】

１つ以上の平面コイルを絶縁体を介して軟磁性体で挟持した平面型磁気素子において、

前記軟磁性体は、磁化困難軸および磁化容易軸を有する一軸性の磁気異方性を有し、

前記平面コイルは、該平面コイルをなすコイル導体を複数に分割された導体ラインにより構成され、つづれ折れ型をなし、前記軟磁性体の磁化困難軸励磁領域に対応する前記つづれ折れ型平面コイルの直線部分のコイル導体は複数に分割され、

前記軟磁性体の磁化容易軸励磁領域に対応する前記つづれ折れ型平面コイルの折れ曲がり部分のコイル導体は、分割しないか、もしくは複数に分割された導体ラインを部分的に短絡するようにしたことを特徴とする平面型磁気素子。

【請求項４】

１つの平面コイルが絶縁体を介して軟磁性体で挟持されたことを特徴とする請求項１乃至３のいずれかに記載の平面型磁気素子。

【請求項５】

２つ以上の平面コイルは、絶縁体を介して積層され、これらの積層平面コイルをさらに絶縁体を介して軟磁性体で挟持したことを特徴とする請求項１乃至３のいずれかに記載の平面型磁気素子。

【請求項６】

平面コイルは、２個のうず巻きパターンの平面コイルからなり、これら平面コイルを同一平面上に隣接して配置するとともに、これら平面コイル間を電気的に接続したことを特徴とする請求項１又は２記載の平面型磁気素子。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば、スイッチング電源用チョークコイルやトランスなどの各種高周波部品に利用される平面型磁気素子に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

最近、マルチメディア時代の到来とともに、各種の携帯用電子機器は、ＬＳＩ技術によるところの電子回路の集積度の向上、部品実装技術の進展、さらにリチウム電池やニッケル水素電池などの高エネルギ電池の登場とあいまって、電子機器の高機能化、小型化、薄型化、軽量化が進められている。

【０００３】

ところで、このような電子機器の電源部には、安定化電源部として、スイッチング電源が用いられるが、このようなスイッチング電源は、高い電力変換効率を維持しながら小型軽量化するのが困難とされており、そのサイズ、重量、コストのいずれについても、機器全体の中でそれの占める割合が上昇の一途を辿っている。

【０００４】

従って、この対策として、電源のスイッチング周波数を高めて、小型のインダクタやトランス、コンデンサなどの電源用部品を使用可能にすることにより、小型軽量化を実現することが考えられるが、これらの電源用部品は、逆に周波数が高くなると損失が増大するために、電力変換効率が低下する。このため、高周波電力変換用とするには、これらの部品の損失低減が必須であり、さらに、インダクタやトランスなどの磁気部品については、低背丈化が困難であり、電源の薄型化を阻む最大の原因にもなっている。

【０００５】

そこで、超小型・薄型の電源の実現を目指したものとして、平面コイルと軟磁性体膜を使った平面型のインダクタやトランスが提案されている。

【０００６】

図１９（ａ）（ｂ）は、従来の平面型インダクタの一例を示すもので、同図（ｂ）に示すような正方形うず巻き型の平面コイル１を同図（ａ）に示すように絶縁体２を介して軟磁性体３、３により挟持するようにしている。

【０００７】

ところが、このように構成した平面型インダクタの周波数特性は、図２０に示すようになり、周波数ｆ（Ｈｚ）が高くなると、インダクタンスＬはほぼ一定であるのに対し、コイル抵抗Ｒが急増し、品質係数Ｑは１０未満の低い値にとどまっている。一般に、インダクタンス素子の場合、品質係数Ｑ値の目安としては１０を越え、高ければ高い程よいと考えられており、Ｑ値の大幅な向上が求められている。

【０００８】

この場合、Ｑ値向上の阻害要因としては、軟磁性体３での高周波損失（うず電流損失、ヒステリシス損失）やコイル１の高周波損失などの損失にあると考えられている。

【０００９】

そこで、従来、平面型インダクタの他の例として、図２１に示すように、平面コイル４に楕円形状のうず巻きパターンを採用し、この平面コイル４を絶縁膜を介して、一軸磁気異方性の磁化困難軸を有する軟磁性体５により挟持するものも考えられている。このような一軸磁気異方性を有する軟磁性体５を使用すると、かかる軟磁性体５は、磁化の回転モードを利用するので、軟磁性体５で発生するうず電流損を小さくでき、軟磁性体５での高周波損失を低減できることが期待できる。

【００１０】

しかし、このような平面型インダクタについても、その周波数特性は、図２２に示すようになり、依然として、品質係数Ｑの最大値が１０を越えることはなかった。

【００１１】

【発明が解決しようとする課題】

そこで、本出願人は、平面コイルを絶縁体を介して軟磁性体で挟持するようにした平面型磁気素子について、平面型インダクタの高周波損失の解析を行ったところ、次のことが判明した。

【００１２】

（ａ）．例えば、図２３（ａ）に示すように、うず巻きパターンの平面コイル６を絶縁体７を介して軟磁性体８で挟持するようにしたものでは、その内部磁束として、軟磁性体８の面内磁束成分Ｂｉと垂直磁束成分Ｂｇが存在し、これら面内磁束成分Ｂｉと垂直磁束成分Ｂｇの磁束分布は、同図（ｂ）に示すようになる。

【００１３】

同様に、図２４（ａ）に示すように、つづら折れパターンの平面コイル９を絶縁体７を介して軟磁性体８で挟持するようにしたものでも、その内部磁束として、軟磁性体８の面内磁束成分Ｂｉと垂直磁束成分Ｂｇが存在し、これら面内磁束成分Ｂｉと垂直磁束成分Ｂｇの磁束分布は、同図（ｂ）に示すようになる。

【００１４】

（ｂ）．そして、軟磁性体８を通る面内磁束成分Ｂｉは、図２５に示すように軟磁性体８の厚さ方向に流れるうず電流ｊｍ，ｐを発生させる。

【００１５】

（ｃ）．同様に、軟磁性体８を通る垂直磁束成分Ｂｇは、図２６に示すように軟磁性体８の面内にうず電流ｊｍ，ｉを発生させる。

【００１６】

（ｄ）．このうち平面コイル６（９）を構成するｋ番目のコイル導体１０を通る垂直磁束成分Ｂｇは、図２７に示すようにコイル導体１０の長手方向に沿って、図示破線矢印方向にうず電流ｊｃ，ｌを発生させる。この場合、うず巻きパターンの平面コイル６では、コイル導体１０の幅方向のどの場所でも垂直磁束成分Ｂｇによる磁束の向きが同じであるため、図２８に示すようにコイル導体１０を流れる高周波電流の電流密度の分布は、コイル導体１０中心に対して一方の端で高く、もう一方の端で低くなり、電流密度の不均一性が

顕著になる。

【００１７】

このことは、高周波帯域では、コイル導体１０に流れる高周波電流は、コイル導体１０中を均一に流れることなく、一方の端のみに偏って流れることで、コイル導体１０での抵抗値が急増することになり、これが高周波損失としてかなりの割合を占め、Ｑ値向上の阻害要因になっていると考えられる。

【００１８】

そして、さらに、垂直磁束成分Ｂｇによる平面コイルでの高周波抵抗の増大について検討したところ、以下のことも判明した。

【００１９】

図２７は、平面コイル６（９）を構成するｋ番目のコイル導体１０に着目したものであり、垂直磁束は下から上に向かい、この向きはｋ番目の導体１０が存在する区間で変わらない。なお、図２７中のＢｇｋ（ｘ）は、ｋ番目のコイル導体１０を通る垂直磁束密度を表している。

【００２０】

そして、コイル導体１０中の電流密度は、外部電源から流れ込む強制電流Ｉと垂直交番磁束によって発生するうず電流ｊｃ，ｌが重畳されるので、コイル導体１０を流れる高周波電流の電流密度の分布は、図２８に示すようになり、コイル導体１０の左端で電流密度が高く、右端で低くなるが、この場合、コイル導体１０を通る磁束密度Ｂｇｋ（ｘ）がコイル導体１０の存在する区間で一定と仮定してＢｇｋと置くと、周波数ｆにおけるコイル抵抗Ｒｃ（ｆ）は、次式により与えられる。

【００２１】

【数１】

$$Rc(f) = Rc(0) \cdot \left[1 + \frac{4\pi^2 f^2 \cdot tc^2 \cdot d^4}{12\rho^2} \cdot \frac{\sum_{k=1}^{n} Bgk^2 \cdot \ell k}{\sum_{k=1}^{n} \ell k} \right] \quad (1)$$

【００２２】

ここで、Ｒｃ（０）はコイルの直流抵抗、ｔｃはコイル導体１０の厚さ、ｄはコイル導体１０のライン幅、ρはコイル導体１０の材料の抵抗率、ｌｋはｋ番目のコイル導体１０の長さである。

【００２３】

しかして、上述した（１）式に基づいて計算したコイル抵抗Ｒｃ（ｆ）の周波数ｆの上昇に伴う増加を考慮した曲線は、図２９中の計算値ａに示すようになり、上述した図１５で述べた実際の平面型インダクタについて測定した等価直列抵抗Ｒの測定値ｂと極めて類似した傾向を呈している。

【００２４】

この場合、図２９において、計算値ａと測定値ｂの間の斜線で示す部分は、軟磁性体の高周波損失による増加分であり、これはコイル抵抗増加分に比べて遥かに小さい。このことから、このような平面コイルを軟磁性体で挟持するような構成の平面型磁気素子における高周波損失の大部分はコイル導体での損失が占め、これがＱ値向上の阻害要因になってい

ると結論づけることができる。

【００２５】

なお、上述では、平面型磁気素子として平面型インダクタについて述べたが、平面型トランスについても同様で、高周波帯域でのコイル導体の抵抗増加による高周波損失により運転効率の低下を招く原因になっている。

【００２６】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、コイル導体に発生する高周波損失を抑制することができる平面型磁気素子を提供することを目的とする。

【００２７】

【課題を解決するための手段】

請求項１記載の発明は、１つ以上の平面コイルを絶縁体を介して軟磁性体で挟持した平面型磁気素子において、前記軟磁性体は、磁化困難軸および磁化容易軸を有する一軸性の磁気異方性を有し、前記平面コイルは、該平面コイルをなすコイル導体を複数に分割された導体ラインにより構成され、楕円形うず巻き型または長方形うず巻き型をなし、前記楕円形うず巻き型平面コイルの長径方向に沿ったコイル導体または前記長方形うず巻き型平面コイルの長手方向に沿ったコイル導体を前記軟磁性体の磁化困難軸励磁領域に対応させ、前記楕円形うず巻き型平面コイルの短径方向に沿ったコイル導体または前記長方形うず巻き型平面コイルの短手方向に沿ったコイル導体を前記軟磁性体の磁化容易軸励磁領域に対応させ、前記軟磁性体の磁化容易軸励磁領域に対応する前記楕円形うず巻き型平面コイルの短径に沿ったコイル導体または前記長方形うず巻き型平面コイルの短手方向に沿ったコイル導体は、分割しないか、もしくは複数に分割された導体ラインを部分的に短絡するように構成している。

【００２８】

請求項２記載の発明は、１つ以上の平面コイルを絶縁体を介して軟磁性体で挟持した平面型磁気素子において、前記軟磁性体は、磁化困難軸および磁化容易軸を有する一軸性の磁気異方性を有し、前記平面コイルは、該平面コイルをなすコイル導体を複数に分割された導体ラインにより構成され、正方形うず巻き型をなし、前記軟磁性体の磁化困難軸励磁領域に対応する前記正方形うず巻き型平面コイルのコイル導体は複数に分割され、前記軟磁性体の磁化容易軸励磁領域に対応する前記正方形うず巻き型平面コイルのコイル導体は、分割しないか、もしくは複数に分割された導体ラインを部分的に短絡するように構成している。

請求項３記載の発明は、１つ以上の平面コイルを絶縁体を介して軟磁性体で挟持した平面型磁気素子において、前記軟磁性体は、磁化困難軸および磁化容易軸を有する一軸性の磁気異方性を有し、前記平面コイルは、該平面コイルをなすコイル導体を複数に分割された導体ラインにより構成され、つづれ折れ型をなし、前記軟磁性体の磁化困難軸励磁領域に対応する前記つづれ折れ型平面コイルの直線部分のコイル導体は複数に分割され、前記軟磁性体の磁化容易軸励磁領域に対応する前記つづれ折れ型平面コイルの折れ曲がり部分のコイル導体は、分割しないか、もしくは複数に分割された導体ラインを部分的に短絡するように構成している。

請求項４記載の発明では、請求項１乃至３のいずれかに記載において、１つの平面コイルが絶縁体を介して軟磁性体で挟持されている。

【００２９】

請求項５記載の発明では、請求項１乃至３のいずれかに記載において、２つ以上の平面コイルは、絶縁体を介して積層され、これらの積層平面コイルをさらに絶縁体を介して軟磁性体で挟持するようにしている。

【００３０】

請求項６記載の発明では、請求項１又は２記載において、平面コイルは、２個のうず巻きパターンの平面コイルからなり、これら平面コイルを同一平面上に隣接して配置するとともに、これら平面コイル間を電気的に接続するようにしている。

【００３４】

この結果、請求項１乃至３のいずれかに記載の発明によれば、高周波帯域でのコイル導体の抵抗増加を抑えることができるので、高周波損失を低減できる。
また、軟磁性体で発生するうず電流損を小さくでき、軟磁性体での高周波損失を低減できる。
さらに、磁化困難軸励磁領域に平面コイルの大部分を占めるコイル導体を対応させることができるので、コイルとして効率のよい動作を期待できる。
また、コイル導体の各導体ラインで断線が生じても電気的な接続断は、該当する導体ライン部分のみに止めることができ、平面コイル全体の断線を避けることができる。
【００３５】
請求項４記載の発明によれば、コイル導体の高周波損失を低減できることから、品質係数Ｑの最大値をさらに高めることが可能な平面型インダクタを実現できる。
【００３６】
請求項５記載の発明によれば、コイル導体の高周波損失を低減できることから、効率をさらに高めることができる平面型トランスを実現できる。
【００３７】
請求項６記載の発明によれば、２個のうず巻きパターンの平面コイルを同一平面上に隣接して設けるとともに、これらの間を電気的に接続することにより、大きなインダクタンス値を有する平面型インダクタを実現できる。
【００４３】
【発明の実施の形態】
以下、本発明の実施の形態を図面に従い説明する。
【００４４】
（第１の実施の形態）
図１（ａ）（ｂ）（ｃ）は、第１の実施の形態に適用される平面型インダクタの概略構成を示している。図において、１１は平面コイルで、この平面コイル１１は、同図（ｃ）に示すように同コイル１１を複数本（図示例では３本（Ｎ＝３））の導体ライン１１ａ、１１ｂ、１１ｃからなるコイル導体１１１で構成し、このコイル導体１１１を同図（ｂ）に示すように正方形のうず巻きパターンに形成している。そして、このような平面コイル１１を同図（ａ）に示すように絶縁体１２を介して軟磁性体１３により挟持するようにしている。
【００４５】
しかして、このような平面型インダクタによれば、平面コイル１１のコイル導体１１１を３分割して３本の導体ライン１１ａ、１１ｂ、１１ｃにより構成していて、これら導体ライン１１ａ、１１ｂ、１１ｃのそれぞれの幅寸法を極めて小さくしているので、各導体ライン１１ａ、１１ｂ、１１ｃでは、垂直交番磁束によって発生するうず電流を抑制することができ、さらに、このうず電流と外部電源から流れ込む強制電流との重畳による高周波電流の電流密度の分布の偏りも小さくできるので、高周波電流は、それぞれの導体ライン１１ａ、１１ｂ、１１ｃ中をほぼ均一に流れるようになり、高周波帯域でのコイル導体１１の抵抗増加を抑えることができ、これにより高周波損失を低減できることになる。
【００４６】
つまり、平面コイル１１のコイル導体１１１をＮ（＝３）分割した場合の周波数ｆにおけるコイル抵抗Ｒｃ（ｆ）は、次式により与えられる。
【００４７】
【数２】

$$Rc,N(f) = Rc(0) \cdot \left[1 + \frac{4\pi^2 f^2 \cdot tc^2 \cdot d^4}{12\rho^2 \cdot N^2} \cdot \frac{\sum_{k=1}^{n} Bgk^2 \cdot \ell k}{\sum_{k=1}^{n} \ell k} \right] \quad (2)$$

【００４８】
これにより、コイル抵抗Ｒｃ（ｆ）の交流増加分は、Ｎ（＝３）分割された導体ライン１１ａ、１１ｂ、１１ｃによって、分割しない場合の１／Ｎ^2　に抑制できることが確認された。
【００４９】
また、各導体ライン１１ａ、１１ｂ、１１ｃで、垂直交番磁束によって発生するうず電流を抑制できることは、かかるうず電流は、垂直交番磁束を妨げるように発生するものであるから、垂直交番磁束を安定して発生できることにもなり、このことからインダクタンスＬへの影響もなくすことができる。
【００５０】
従って、このように構成した平面型インダクタの周波数特性は、図２に示すように、周波数ｆ（Ｈｚ）がＭＨｚ帯になっても、インダクタンスＬは、ほとんど一定で、しかも等価直列抵抗Ｒの増大も抑えられ、高周波損失の低減が顕著であり、品質係数Ｑの最大値も１０を越え１２にも達することも確認できた。
【００５１】
なお、上述では、正方形うず巻き型の平面コイル１１を絶縁体１２を介して軟磁性体１２で挟持した平面型インダクタについて述べたが、平面コイル１１のパターン形状としては、図３（ａ）（ｂ）（ｃ）および図４（ａ）（ｂ）に示すように、うず巻き型パターンの場合は、円形、正方形、楕円形、長方形などのいずれでもよいとともに、つづら折れの平面コイルパターンとしてもよい。また、これらに用いられる軟磁性体１３としての材料の制限も全く、例えばフェライト系、金属系いずれでも同様の効果が期待できる。
【００５２】
（第２の実施の形態）
上述では、平面型磁気素子として平面型インダクタについて述べたが、例えば、図５に示すように構成した平面型トランスについても同様にして適用できる。
【００５３】
この場合も、平面コイル１５を、複数本（ここでも３本）の導体ライン１５ａ、１５ｂ、１５ｃからなるコイル導体１５１により構成し、このような平面コイル１５を２個用いて、これら平面コイル１５を積層するとともに、絶縁体１６を介して軟磁性体１７により挟持するようにしている。この場合、各平面コイル１５、１５に対する磁束１８は図示矢印方向に透過される。
【００５４】
従って、このように構成した平面型トランスについても、上述した平面型インダクタと同様に高周波帯域でのコイル導体１５１の高周波損失を抑えることができるので、従来７０％程度であった運転効率を９０％程度までも高めることができた。
【００５５】
（第３の実施の形態）

図６（ａ）（ｂ）は、第３の実施の形態の概略構成を示すもので、正方形うず巻きパターンの平面コイル２１を絶縁体２２を介して一軸性の磁気異方性を有する軟磁性体２３により挟持している。

【００５６】

ところで、このような一軸性の磁気異方性を有す軟磁性体２３は、磁化困難軸と磁化容易軸を有するが、これら磁化困難軸と磁化容易軸での励磁に対する軟磁性体の透磁率μは、図８に示すように周波数ｆに対し磁化困難軸励磁領域では、図中ａに示すようにほぼ一定であるのに対して、磁化容易軸励磁領域は、図中ｂに示すように周波数の上昇とともに低下し、高周波領域では、磁束分布は空心の場合のそれに近くなって、空心コイルに極めて近い特性になってしまうことが知られている。

【００５７】

そこで、上述の正方形うず巻きパターンの平面コイル２１では、高周波領域で一定の透磁率μを呈する磁化困難軸励磁領域に対応するコイル導体２１１については、図７（ａ）に示すように３本の導体ライン２１１ａ、２１１ｂ、２１１ｃにより構成し、残りの磁化容易軸励磁領域に対応するコイル導体２１２については、図７（ｂ）（ｃ）（ｄ）に示すように分割しないか、もしくは分割した導体ライン２１２ａ、２１２ｂ、２１２ｃ相互を部分的に短絡するようにしている。つまり、磁化困難軸励磁に対応する領域では、高周波領域で一定の透磁率μを呈することから、図７（ａ）に示すようにコイル導体２１１を導体ライン２１１ａ、２１１ｂ、２１１ｃに分割して、高周波帯域での抵抗増加を抑え、高周波損失を低減できるようにし、残りの磁化容易軸励磁に対応する領域では、透磁率μが小さく空心コイルに極めて近い状態になっていて、垂直磁束による影響が少ないので、図７（ｂ）（ｃ）（ｄ）に示すように、分割しないか、あるいは分割して部分的に短絡するように構成している。

【００５８】

従って、このようにすれば、磁化困難軸励磁に対応する領域では、コイル導体２１１を導体ライン２１１ａ、２１１ｂ、２１１ｃに分割しているので、高周波帯域での抵抗増加を抑え、高周波損失を低減できることで、品質係数Ｑの最大値を高めることができる。また、磁化容易軸励磁に対応する領域では、コイル導体２１２を分割しないか、もしくは分割した導体ライン２１２ａ、２１２ｂ、２１２ｃ相互を部分的に短絡するようにしているが、この部分は、透磁率μが小さく空心コイルに極めて近い状態になっていて垂直磁束による影響が少ないので、抵抗増加による影響を回避できる。

【００５９】

そして、この領域のコイル導体２１２を分割しないか、あるいは分割して部分的に短絡することは、コイル導体が分割された個々の導体ラインの幅は当然のことながら狭くなり、これらの制作をフォトリソグラフィなどによって行うと、導体の幅が細くなるほど、工程中のゴミ等によって導体の断線を起こし易くなるが、このような一部切断に対して抵抗増加の影響の少ない磁化容易軸領域でコイル導体２１２部分の、全てあるいは部分的に電気的に接続されていれば、平面コイル全体の断線を避けることができ、コイル作製の歩留りの向上が期待され、コストの低減も実現できる。

【００６０】

図９（ａ）（ｂ）（ｃ）は、磁化困難軸励磁に対応する領域のコイル導体２１１を導体ライン２１１ａ、２１１ｂ、２１１ｃに分割し、磁化容易軸励磁に対応する領域のコイル導体２１２を分割しないか、もしくは分割した導体ライン２１２ａ、２１２ｂ、２１２ｃ相互を部分的に短絡した場合のコイル導体２１１の導体ライン２１１ａ、２１１ｂ、２１１ｃで断線を生じた場合の例を示すもので、同図（ａ）では、コイル導体２１１の各導体ライン２１１ａ、２１１ｂ、２１１ｃで断線Ａが生じてもコイル導体２１２部分を分割していないので、この時の電気的な接続断は、該当する導体ライン２１１ａ、２１１ｂ、２１１ｃのみに止めることができる。同様にして同図（ｂ）（ｃ）では、コイル導体２１１の各導体ライン２１１ａ、２１１ｂ、２１１ｃで断線Ａが生じてもコイル導体２１２の分割した導体ライン２１２ａ、２１２ｂ、２１２ｃ相互を部分的に短絡しているので、この場

合も、電気的な接続断は、該当する導体ライン２１１ａ、２１１ｂ、２１１ｃのみに止めることができるようになり、平面コイル全体の断線を避けることができるようになる。

【００６１】

なお、上述では、正方形うず巻きパターンの平面コイル２１を絶縁体２２を介して一軸性の磁気異方性を有する軟磁性体２３で挟持した平面型インダクタについて述べたが、平面コイル２１のパターン形状としては、図１０（ａ）（ｂ）に示すように楕円形うず巻き型の平面コイル３１を絶縁体３２を介して一軸性の磁気異方性を有する軟磁性体３３で挟持したもの、図１１（ａ）（ｂ）に示すように長方形うず巻き型の平面コイル４１を絶縁体４２を介して一軸性の磁気異方性を有する軟磁性体４３で挟持したもの、図１２（ａ）（ｂ）に示すようにつづれ折れ型の平面コイル５１を絶縁体５２を介して一軸性の磁気異方性を有する軟磁性体５３で挟持したものも考えられる。

【００６２】

この場合、図１０（ａ）（ｂ）に示す楕円形うず巻き型の平面コイル３１を絶縁体３２を介して一軸性の磁気異方性を有する軟磁性体３３で挟持した構成のものでは、長径方向に沿ったコイル導体３１１を磁化困難軸励磁領域に対応させるとともに、複数に分割し、短径方向に沿ったコイル導体３１２を磁化容易軸励磁領域に対応させるとともに、分割しないか、もしくは分割して部分的に短絡するようにようにする。このようにすれば、磁化困難軸励磁領域に平面コイル３１の大部分を占めるコイル導体３１１を対応させることができるので、コイルとして効率のよい動作を期待できる。

【００６３】

また、図１１（ａ）（ｂ）に示す長方形うず巻き型の平面コイル４１を絶縁体４２を介して一軸性の磁気異方性を有する軟磁性体４３で挟持したものについても、長手方向に沿ったコイル導体４１１を磁化困難軸励磁領域に対応させるとともに、複数に分割し、短手方向に沿ったコイル導体４１２を磁化容易軸励磁領域に対応させるとともに、分割しないか、もしくは分割して部分的に短絡するようにようにする。このようにしても図１０の場合と同様な効果を期待できる。

【００６４】

さらに、図１２（ａ）（ｂ）に示すようにつづれ折れ型の平面コイル５１を絶縁体５２を介して一軸性の磁気異方性を有する軟磁性体５３で挟持したものでは、直線部分のコイル導体５１１を磁化困難軸励磁領域に対応させるとともに、複数に分割し、折り曲がり部分のコイル導体５１２を磁化容易軸励磁領域に対応させるとともに、分割しないか、もしくは分割して部分的に短絡するようにようにする。このようにしても図１０の場合と同様な効果を期待できる。

【００６５】

さらにまた、上述では、１個の平面コイルにより平面型インダクタを構成したものについてのべたが、図１３（ａ）（ｂ）に示すように、うず巻きパターン平面コイル６１、６２を同一平面上に隣接して配置するとともに、これら平面コイル６１、６２間を電気的に直列接続したものを絶縁体６３を介して一軸性の磁気異方性を有する軟磁性体６４で挟持するようにしたものにも適用できる。この場合も長手方向に沿ったコイル導体６１１、６２１を磁化困難軸励磁領域に対応させるとともに、複数に分割し、短手方向に沿ったコイル導体６１２、６２２を磁化容易軸励磁領域に対応させるとともに、分割しないか、もしくは分割して部分的に短絡するようにようにする。このようにしても図１０の場合と同様な効果を期待でき、さらに大きなインダクタンス値を有する平面型インダクタを実現できる。また、上述では、うず巻きパターン平面コイルの外形形状が矩形状または楕円状である時に、一軸性の磁気異方性を有する軟磁性体を用いる場合について述べたが、うず巻きパターン平面コイルの外形形状が円形の場合には、軟磁性体として磁気特性が等方性のものを用いるのがよい。

【００６６】

ところで、上述した平面コイルを軟磁性体で挟み込むような平面型の磁気素子においては、上下方向に位置する軟磁性体からの渡り磁束は、コイル導体の交流抵抗増加の原因にな

るばかりか、外部回路との接続のために設けられるパッド部にも損失を発生させることがある。

【００６７】

図１４は、このような外部回路接続用のパッド部を設けた従来の平面型インダクタの一例を示すもので、平面コイル７１を絶縁体７２を介して上部軟磁性体７３１、下部軟磁性体７３２により挟持している。この場合、上部軟磁性体７３１は、平面コイル７１に穴部７３１ａを形成し、この穴部７３１ａに外部回路接続のためのボンディングワイヤ接続用のパッド部７４を配置している。

【００６８】

そして、このようにした平面型インダクタでは、平面コイル７１より発生した磁束φの流れは、図１４の図示矢印方向になっている。

【００６９】

この場合、下部磁性体７３２は、パッド部７４に対応する穴部を有していない。このため、パッド部７４付近での上部軟磁性体７３１と下部磁性体７３２の間の渡り磁束φA は、下部磁性体７３２の磁束の吸い込みのためパッド部７４の全面を貫通するようになる。この結果、図１５に示すようにパッド部７４面を貫通する磁束φA によりパッド部７４の導体内に図示方向のうず電流ｉが発生し、このうず電流ｉが電力損失となって、素子全体の交流抵抗増加の大きな要因となるという問題があった。

【００７０】

そこで、この例では、パッド部でのうず電流発生を抑制して、素子全体の交流抵抗の増加を阻止するようにしている。

【００７１】

図１６は、この例の概略構成を示すもので、図１４と同一部分には同符号を付している。

【００７２】

この場合、平面コイル７１を上部軟磁性体７３１とともに挟持する下部磁性体７３２は、平面コイル７１のパッド部７４に対応する穴部７３２ａを形成している。この穴部７３２ａは、上部軟磁性体７３１の穴部７３１ａとともにパッド部７４の外形寸法より十分に大きな寸法にしている。

【００７３】

しかして、このような構成とすると、下部軟磁性体７３２にも、パッド部７４の外形寸法より十分に大きな寸法の穴部７３２ａを形成して、穴部７３２ａの位置に相当していた従来の下部軟磁性体７３２での磁束の吸い込みを無くすようにしたので、パッド部７４付近での上部軟磁性体７３１と下部磁性体７３２間の渡り磁束φA のうちでパッド部７４面を貫通するものをほとんど無くすことが可能となり、かかる渡り磁束φA によるうず電流の発生を抑制できることになる。

【００７４】

従って、このようにすれば、平面コイル７１を挟持する上部軟磁性体７３１、下部軟磁性体磁性体７３２のそれぞれ平面コイル７１のパッド部７４に対応する部分にパッド部７４の外形寸法より十分に大きな寸法の穴部７３１ａ、７３２ａを形成して、平面コイル７１のパッド部７４を貫通する上部軟磁性体７３１と下部磁性体７３２間の渡り磁束φA を無くすようにしたので、パッド部７４での渡り磁束φA によるうず電流の発生を抑制することができ、かかるうず電流による電力損失の低減と、素子の交流抵抗の増加が抑制され、素子の高効率化を実現することができる。

【００７５】

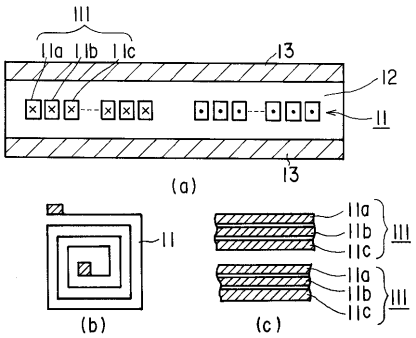
なお、上述では、平面コイル７１を挟持する上部軟磁性体７３１、下部軟磁性体磁性体７３２のそれぞれ平面コイル７１のパッド部７４に対応する部分にパッド部７４の外形寸法より十分に大きな寸法の穴部７３１ａ、７３２ａを形成するようにしたが、例えば、図１６と同一部分には同符号を付した図１７に示すように上部軟磁性体７３１の穴部７３１ａと下部軟磁性体磁性体７３２の穴部７３２ａとの間を筒状の磁性体７３３で接続するようにしてもよい。

【００７６】
このようにすれば、上部軟磁性体７３１と下部軟磁性体磁性体７３２の間の磁束φは、全て筒状の磁性体７３３を通るようになるので、パッド部７４を貫通する磁束を皆無にでき、パッド部７４でのうず電流発生をさらに確実に抑制することが可能となり、上述に増して、電力損失の低減と、素子の交流抵抗の増加が抑制され、素子の高効率化が実現できる。
【００７７】
前記例では、パッド部を貫通する磁束を無くすことで、パッド部に発生するうず電流を抑制するようにしたが、この例では、パッド部自身での工夫によりうず電流による影響を低減するようにしている。
【００７８】
この場合、図１８に示すように、パッド部８１自身に多数の切り込み８２を入れるようにしている。
【００７９】
この切り込み８２の入れ方は多様であり限定されないが、図１８では、矩形状のパッド部８１の中心部を除いて、この周縁から中心部に向かう複数の切り込み８２を入れて複数の分割領域８１１を形成している。この場合、切り込み８２により分割された複数の分割領域８１１は、中心部で電気的に接続されている。
【００８０】
なお、図面中、８３は軟磁性体、８３１は軟磁性体８３に形成された穴部を示している。これら軟磁性体８３、穴部８３１の詳細構成は、第４の実施の形態で述べたと同様であり、ここでの説明は省略する。
【００８１】
しかして、このような構成とすると、いま、パッド部８１の中心部に渡り磁束φA が貫通し、この渡り磁束φA によりうず電流が生じると、この時のうず電流ループは、各分割領域８１１ごとに微細なうず電流ｉAaに細分化され発生されるようになる。これにより、パッド部８１全体から見た時のうず電流損を小さくすることが可能となり、このようにしても、電力損失の低減と、素子の交流抵抗の増加が抑制され、素子の高効率化を実現できる。
【００８２】
【発明の効果】
以上述べたように、本発明によれば、高周波帯域でのコイル導体の抵抗増加を抑えることができるので、高周波損失を低減でき、これにより品質係数Ｑの最大値をさらに高めることが可能な平面型インダクタおよび効率をさらに高めることができる平面型トランスを実現できる。
【００８３】
また、２個のうず巻きパターンの平面コイルを同一平面上に隣接して設けるとともに、これらの間を電気的に接続することにより、大きなインダクタンス値を有する平面型インダクタを実現できる。
【００８４】
また、軟磁性体に一軸性の磁気異方性を有するものを用いることで、軟磁性体で発生するうず電流損を小さくでき、軟磁性体での高周波損失を低減でき、さらに、磁化困難軸励磁領域に平面コイルの大部分を占めるコイル導体を対応させることで、コイルとして効率のよい動作を期待できる。さらに、コイル導体の各導体ラインで断線が生じても電気的な接続断は、該当する導体ライン部分のみに止めることができ、平面コイル全体の断線を避けることができ、平面コイルの製作歩留りも向上し、コスト削減が期待できる。
【図面の簡単な説明】
【図１】　本発明の第１の実施の形態の平面型インダクタの概略構成を示す図。
【図２】　第１の実施の形態の平面型インダクタの周波数特性を示す図。
【図３】　第１の実施の形態の平面型インダクタに用いられる平面コイルのパターン形状

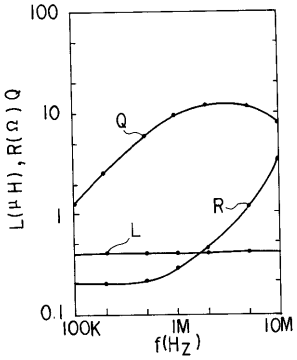
を示す図。
【図４】　第１の実施の形態の平面型インダクタに用いられる平面コイルのパターン形状を示す図。
【図５】　本発明の第２の実施の形態の平面型トランスの概略構成を示す図。
【図６】　本発明の第３の実施の形態の平面型インダクタの概略構成を示す図。
【図７】　第３の実施の形態に用いられるコイル導体の構成を示す図。
【図８】　第３の実施の形態に用いられる軟磁性体の磁化困難軸励磁と磁化容易軸励磁による透磁率の変化を示す図。
【図９】　第３の実施の形態に用いられるコイル導体に断線を生じた場合の例を示す図。
【図１０】　第３の実施の形態の楕円形うず巻き型の平面コイルを用いた平面型インダクタの概略構成を示す図。
【図１１】　第３の実施の形態の長方形うず巻き型の平面コイルを用いた平面型インダクタの概略構成を示す図。
【図１２】　第３の実施の形態のつづれ折れ型の平面コイルを用いた平面型インダクタの概略構成を示す図。
【図１３】　第３の実施の形態の２個の平面コイルを用いた平面型インダクタの概略構成を示す図。
【図１４】　従来の平面型インダクタの概略構成を示す図。
【図１５】　パッド部でのうず電流の発生状態を示す図。
【図１６】　平面型インダクタの概略構成を示す図。
【図１７】　他の平面型インダクタの概略構成を示す図。
【図１８】　平面型インダクタに用いられるパッド部の概略構成を示す図。
【図１９】　従来の平面型インダクタの一例を示す図。
【図２０】　従来の平面型インダクタの周波数特性を示す図。
【図２１】　従来の平面型インダクタの他例を示す図。
【図２２】　従来の平面型インダクタの周波数特性を示す図。
【図２３】　従来のうず巻きコイルパターンの平面型インダクタの素子内磁束分布の一例を示す図。
【図２４】　従来のつづら折れコイルパターンの平面型インダクタの素子内磁束分布の一例を示す図。
【図２５】　軟磁性体の面内磁束成分により発生するうず電流を説明するための図。
【図２６】　軟磁性体の垂直磁束成分により発生するうず電流を説明するための図。
【図２７】　垂直磁束成分により発生するコイル導体中のうず電流を説明するための図。
【図２８】　コイル導体中の高周波電流密度の分布を説明するための図。
【図２９】従来の平面型インダクタについて測定したコイル抵抗の測定値と計算値の関係を示す図。
【符号の説明】
１１、２１、３１、４１、５１…平面コイル、
１１１、２１１、２１２、３１１、３１２、４１１、４１２、５１１、５１２…コイル導体、
１１ａ、１１ｂ、１１ｃ、２１１ａ、２１１ｂ、２１１ｃ、２１２ａ、２１２ｂ、２１２ｃ…導体ライン、
１２…絶縁体、
１３、２２、３２、４２、５２、…軟磁性体。
７１…平面コイル、
７１１…中空部、
７２…平面コイル、
７３１、７３２、８３…軟磁性体、
７３１ａ、７３２ａ、８３１…穴部、
７４、８１…パッド部、

８１１…分割領域、
８２…切り込み。

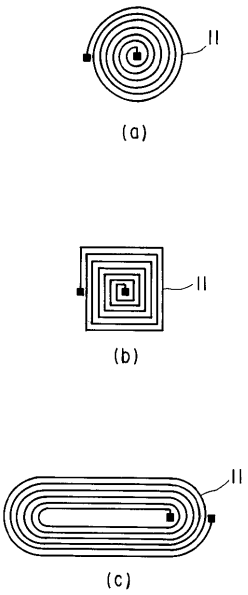
【図１】



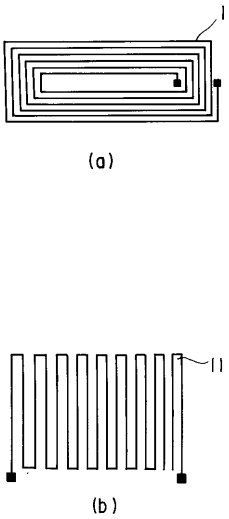
【図２】



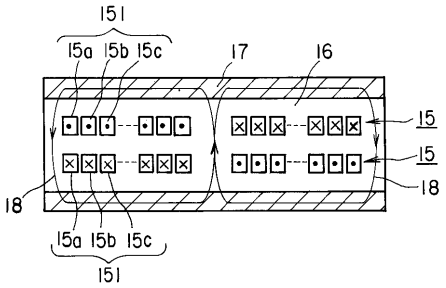
【図３】



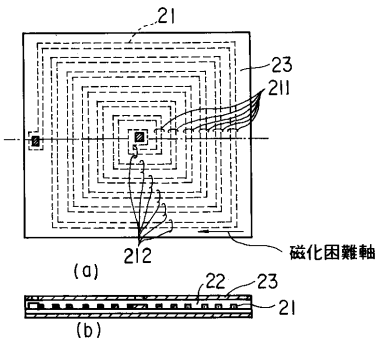
【図４】



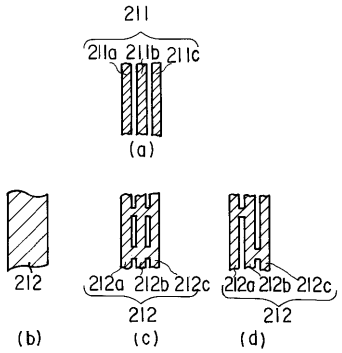
【図５】



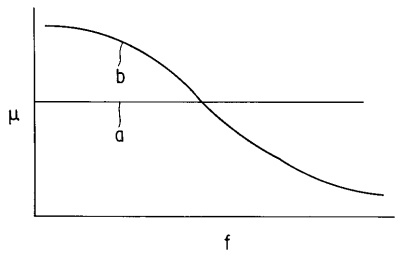
【図６】



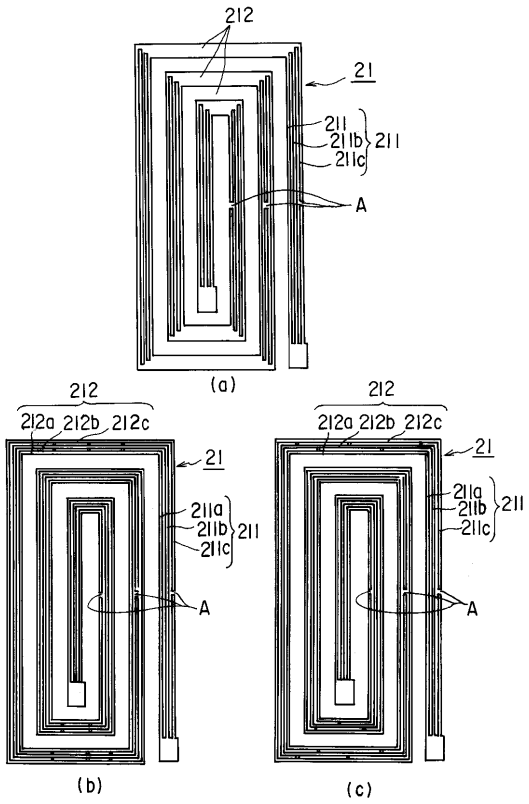
【図７】



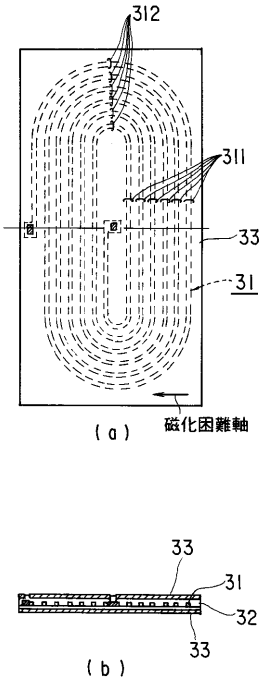
【図８】



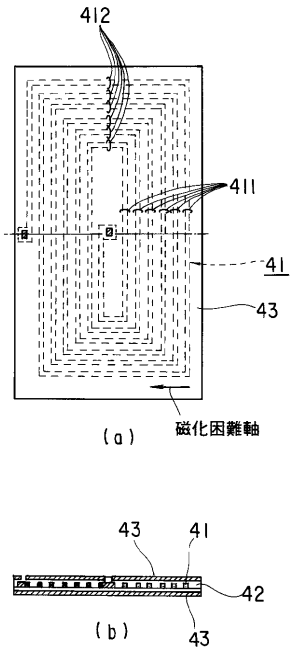
【図９】



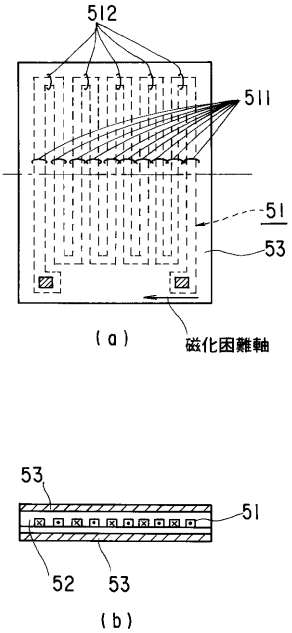
【図１０】



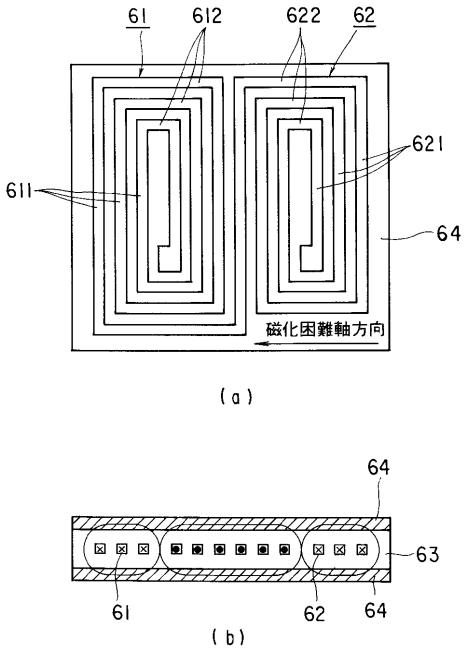
【図１１】



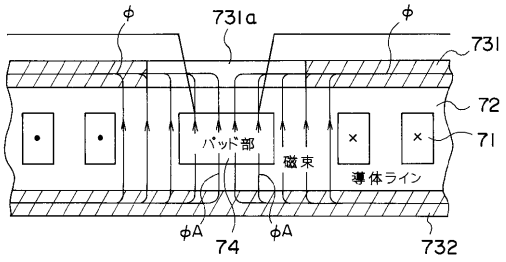
【図１２】



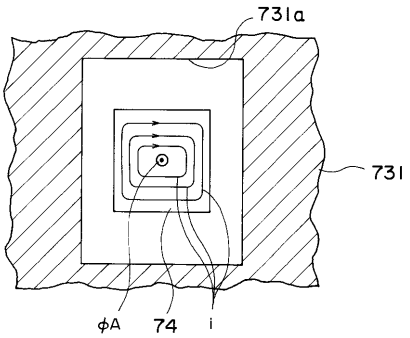
【図１３】



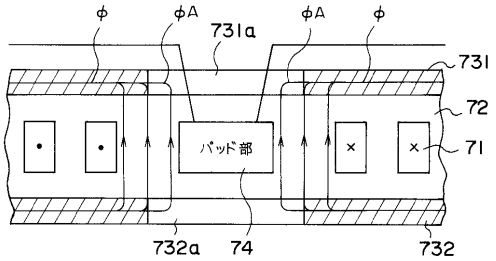
【図１４】



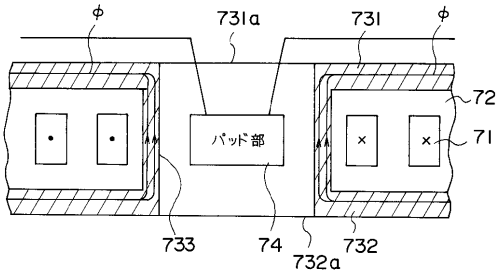
【図１５】



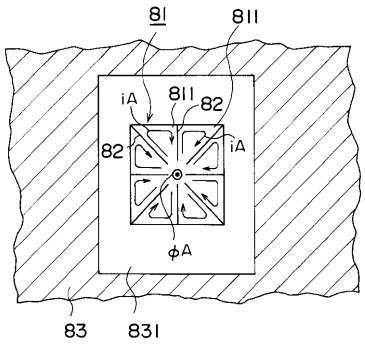
【図１６】



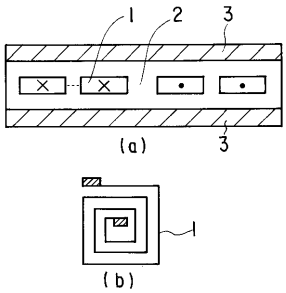
【図１７】



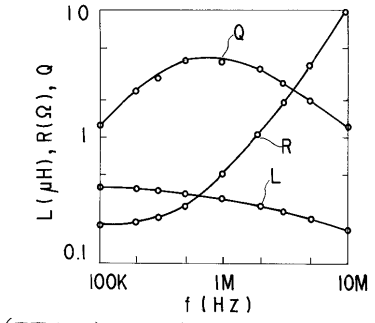
【図１８】



【図１９】

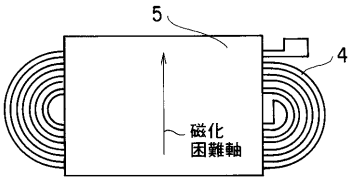


【図２０】

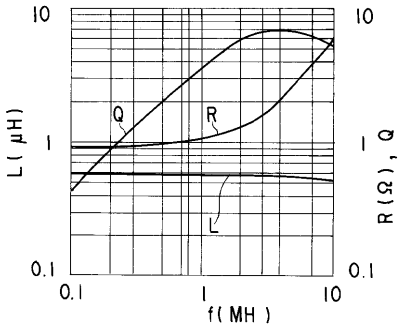


平面インダクタサイズ；６．０×６．０ｍｍ
コイル材料；電解メッキ銅（厚さ５０μｍ）
コイルの導体ライン幅；１４０μｍ
コイル巻数；７ターン
軟磁性体；ＣｏＦｅＳｉＢアモルファス（厚さ６μｍ）

【図２１】

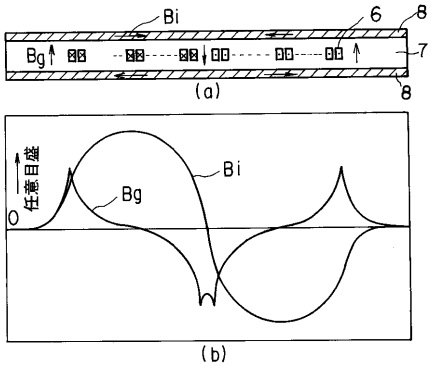


【図２２】

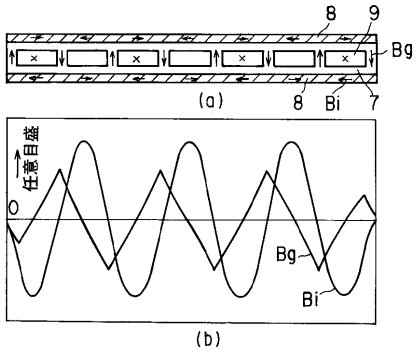


平面インダクタサイズ；３．０×５．０mm
コイル材料；スパッタ銅膜５μm×２層
コイルの導体ライン幅；７０μm
コイル巻数；８Ｔ
軟磁性体；ＣｏＺｒＮｂアモルファス膜（３μm）

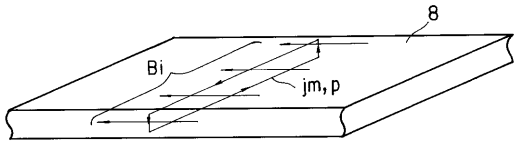
【図２３】



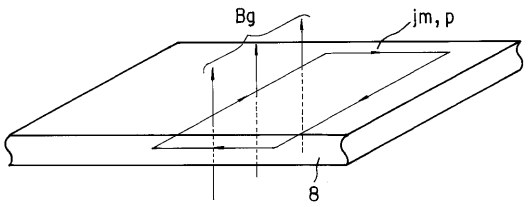
【図２４】



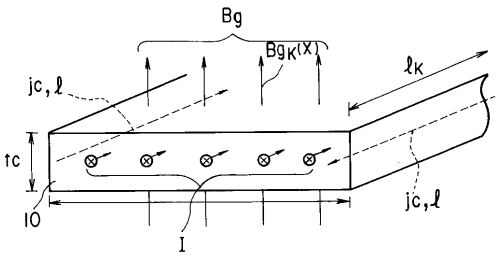
【図２５】



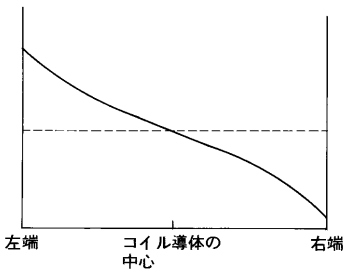
【図２６】



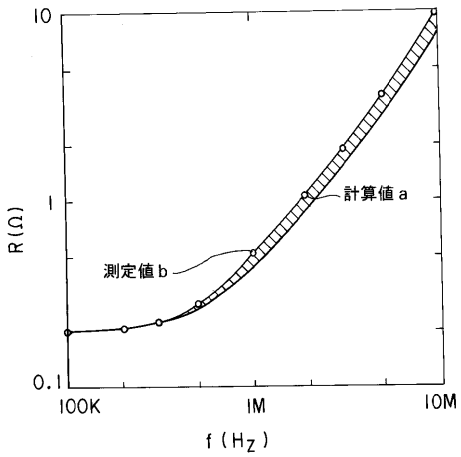
【図２７】



【図２８】



【図２９】



フロントページの続き

合議体
審判長　松本　邦夫
審判官　瀧内　健夫
審判官　橋本　武

(56)参考文献　特開平７－２２０９２２（ＪＰ，Ａ）
特開昭５８－７３１０５（ＪＰ，Ａ）
特開平６－８９８１１（ＪＰ，Ａ）