

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6295403号
(P6295403)

(45) 発行日 平成30年3月20日(2018.3.20)

(24) 登録日 平成30年3月2日(2018.3.2)

(51) Int.Cl.		F I			
HO 1 F 17/00	(2006.01)	HO 1 F 17/00		D	
HO 1 F 17/04	(2006.01)	HO 1 F 17/04		F	

請求項の数 2 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2013-128372 (P2013-128372)	(73) 特許権者	000237721 FDK株式会社 東京都港区港南一丁目6番41号
(22) 出願日	平成25年6月19日(2013.6.19)	(74) 代理人	100091904 弁理士 成瀬 重雄
(65) 公開番号	特開2015-5548 (P2015-5548A)	(72) 発明者	山内 清久 東京都港区新橋5丁目36番11号 FDK株式会社内
(43) 公開日	平成27年1月8日(2015.1.8)	(72) 発明者	松林 大介 東京都港区新橋5丁目36番11号 FDK株式会社内
審査請求日	平成28年5月9日(2016.5.9)	(72) 発明者	加藤 充次 東京都港区新橋5丁目36番11号 FDK株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 積層インダクタ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の電気絶縁性の磁性層および導電パターンが積層され、各々の上記導電パターンが上記積層方向に順次接続されることにより上記磁性層内に螺旋状に周回するコイルが形成されるとともに、上記コイルの両端部が外周部に引き出される積層インダクタにおいて、

上記積層インダクタの外周縁部と上記コイルの外周縁部との間に、上記コイルによって励磁される磁束の方向と逆方向の磁束を発生するように着磁された環状の永久磁石層を、上記コイルの軸線方向視において、その内周部が上記導電パターンと重複することなく、かつ上記導電パターンとの間を塞ぐように配置したことを特徴とする積層インダクタ。

【請求項2】

複数の電気絶縁性の磁性層および導電パターンが積層され、各々の上記導電パターンが上記積層方向に順次接続されることにより上記磁性層内に螺旋状に周回するコイルが形成されるとともに、上記コイルの両端部が外周部に引き出される積層インダクタにおいて、

上記コイルの内部の全面にわたって、上記コイルによって励磁される磁束の方向と逆方向の磁束を発生するように着磁された環状の永久磁石層が、上記コイルの軸線方向視において、その外周部が上記導電パターンと重複することなく、かつ上記導電パターンとの間を塞ぐように配置され、かつ上記軸線方向視において、上記永久磁石層と上記導電パターンとの間に間隙が形成されているとともに、当該間隙が上記永久磁石層と上記導電パターンとの間に介装された環状の電気絶縁性の非磁性パターンとによって塞がれていることを特徴とする積層インダクタ。

10

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、特に高バイアスを必要とするDC-DCコンバータ用のインダクタ等として用いて好適な積層インダクタに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、電源回路部品の小型化、薄型化の要請に伴い、DC-DCコンバータなどの電源回路に使用されるトランスやチョークコイルとして、積層構造のチップインダクタが開発され実用化されている。

10

【0003】

このような積層インダクタは、電気絶縁性の磁性層と導体パターンが交互に積層されるとともに、上記導体パターンが積層方向に順次接続されることにより、磁性体中に積層方向に重畳しながら螺旋状に周回するコイルが形成され、当該コイルの両端がそれぞれ引出導体を介して積層体チップ外表面に引き出されたものである。ここで、磁性体としてフェライトが用いられ、磁性層や導体パターンは、例えばスクリーン印刷の技法などを使用して形成されて積層されている。

【0004】

一方、近年小型化を要求するモバイル市場においては、使用される電源のスイッチング周波数の上昇、およびその処理性能向上に合わせてインダクタに流す電流値が増加している。上記フェライトは、一般的に高い周波数(数MHz~数十MHz)での損失が少ないことから、高いスイッチング周波数で動作するモバイル用電源にはフェライト材料を使用した積層チップインダクタは最適である。また、チップ形状は実装性や量産性に優れるため、モバイル市場においては積層チップインダクタが多く採用されてきた。

20

しかしながら、一般的に上記フェライトは、磁束飽和密度が低く、直流重畳特性が悪い傾向があるために、昨今のモバイル市場における電流増加に追従することが困難になりつつある。

【0005】

これを解決するために、上記コイルのサイズを大きくして、コイル内を流れる磁束密度を低くするか、あるいは磁性材料そのものを飽和し難い金属材料にして上記積層インダクタにおいて直流重畳特性を向上させる方策が考えられるが、上記コイルサイズを大きくすると、積層インダクタ全体の大型化を招来して市場要求に反することになる。また、実装性の優れたチップ形状を維持し、かつ磁気飽和し難い金属材料を磁性体として使用したチップインダクタも登場しているが、一般的に金属材料はフェライト比較すると高い周波数での損失が大きく、コンバータ用途では変換効率が低下するという欠点がある。

30

【0006】

ところで、上記積層インダクタに用いられている磁性体は、電源動作時にコイルを流れる電流から励磁される磁束によって飽和する。したがって、上記磁性体の飽和を抑制できれば、直流重畳特性を改善することが可能になる。

【0007】

そこで、下記特許文献1、2においては、図15に見られるような、磁性体20内に埋設されたコイル21の内方に永久磁石22を配置し、コイル21から励磁する磁束Xを永久磁石22が発する逆方向のバイアス磁束Yによって打ち消すことにより、磁性体の飽和を抑制して直流重畳特性を改善したインダクタ素子が提案されている。

40

【0008】

しかしながら、同図に示すようにコイル21内に永久磁石22を配置した場合に、磁性体20内に、永久磁石22から発せられる上記コイル21によって励磁される磁束Xと逆方向の磁束Yの他に、当該永久磁石22の周囲にバイアス磁束として作用しない漏れ磁束Zが発せられてしまう。このため、永久磁石22からのバイアス磁束Yが効果的に働かなくなり、期待したほどの直流重畳特性の向上が望めないという問題点があった。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2002-170715号公報

【特許文献2】特開平3-101106号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、バイアス磁束を発生する永久磁石によって直流重畳特性を大幅に改善することができるとともに、この結果磁性体として低損失な材料が使用可能となってコンバータ変換効率の向上も図ることが可能になる積層インダクタを提供することを課題とするものである。

10

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題を解決するため、請求項1に記載の発明は、複数の電気絶縁性の磁性層および導電パターンが積層され、各々の上記導電パターンが上記積層方向に順次接続されることにより上記磁性層内に螺旋状に周回するコイルが形成されるとともに、上記コイルの両端部が外周部に引き出される積層インダクタにおいて、上記積層インダクタの外周縁部と上記コイルの外周縁部との間に、上記コイルによって励磁される磁束の方向と逆方向の磁束を発生するように着磁された環状の永久磁石層を、上記コイルの軸線方向視において、その内周部が上記導電パターンと重複することなく、かつ上記導電パターンとの間を塞ぐように配置したことを特徴とするものである。

20

【0012】

請求項2に記載の発明は、複数の電気絶縁性の磁性層および導電パターンが積層され、各々の上記導電パターンが上記積層方向に順次接続されることにより上記磁性層内に螺旋状に周回するコイルが形成されるとともに、上記コイルの両端部が外周部に引き出される積層インダクタにおいて、上記コイルの内部の全面にわたって、上記コイルによって励磁される磁束の方向と逆方向の磁束を発生するように着磁された環状の永久磁石層が、上記コイルの軸線方向視において、その外周部が上記導電パターンと重複することなく、かつ上記導電パターンとの間を塞ぐように配置され、かつ上記軸線方向視において、上記永久磁石層と上記導電パターンとの間に間隙が形成されているとともに、当該間隙が上記永久磁石層と上記導電パターンとの間に介装された環状の電気絶縁性の非磁性パターンとによって塞がれていることを特徴とするものである。

30

【発明の効果】

【0016】

請求項1または2に記載の発明においては、永久磁石層を、軸線方向視において、コイル外方またはコイル内部の全面にわたって配置しているために、図15に示した永久磁石のような、バイアス磁束Yとして作用しない逆方向の漏れ磁束Zを生じることがない。この結果、上記永久磁石層によって、直流重畳特性を大幅に改善することができる。また、磁性体（磁性層）として、比較的飽和し易いものの低損失な材料を用いることができるために、コンバータ変換効率の向上も図ることが可能になる。

40

【0017】

さらに、上記磁性層、永久磁石層、非磁性パターンとして、940以下の温度で一括焼成可能な材料を用いれば、積層体を940以下の温度で低温焼結して一体化した後に、永久磁石層を着磁することにより、容易に製造することができる。

【0018】

具体的には、上記磁性層としてNi-Znフェライト系材料を用い、上記非磁性パターンとしてZnフェライト系材料を用い、上記永久磁石層としてBaフェライト粉体またはSrフェライト粉体にBi₂O₃およびSiO₂を添加した低温焼結磁石材料を用いることが好適である。

50

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本発明の積層インダクタの第1の実施形態を示す全体の斜視図である。

【図2】図1の積層インダクタを製造するための積層体を示す分解斜視図である。

【図3】図1の積層インダクタを示すもので、(a)は平断面図、(b)は縦断面図である。

【図4】第1の実施形態の第1の変形例を示す要部の縦断面図である。

【図5】第2の変形例を示すもので、(a)は平断面図、(b)は縦断面図である。

【図6】第3の変形例を示すもので、(a)は平断面図、(b)は縦断面図である。

【図7】本発明の積層インダクタの第2の実施形態を示すもので、(a)は平断面図、(b)は縦断面図である。 10

【図8】第2の実施形態の第1の変形例を示すもので、(a)は平断面図、(b)は縦断面図である。

【図9】第2の実施形態の第2の変形例を示すもので、(a)は平断面図、(b)は縦断面図である。

【図10】第2の実施形態の第3の変形例を示すもので、(a)は平断面図、(b)は縦断面図である。

【図11】第1の実施形態に示した積層インダクタと比較例の積層インダクタとの直流重畳特性を比較した実施例の結果を示す図である。

【図12】第2の実施形態に示した積層インダクタと比較例の積層インダクタとの直流重畳特性を比較した実施例の結果を示す図である。 20

【図13】第1の実施形態に示した積層インダクタと、永久磁石と内部導体とを重複させた比較例の積層インダクタとの直流重畳特性を比較した実施例の結果を示す図である。

【図14】第2の実施形態に示した積層インダクタと、永久磁石と内部導体とを重複させた比較例の積層インダクタとの直流重畳特性を比較した実施例の結果を示す図である。

【図15】従来の磁石入り積層インダクタを示す縦断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

(第1の実施形態)

図1～図3は、本発明に係る積層インダクタの第1の実施形態を示すものであり、図4～図6は、各々その第1～第3の変形例を示すものである。 30

図1～図3に示すように、この積層インダクタは、複数の電気絶縁性の磁性層1および導電パターン2が積層され、各層の導電パターン2が積層方向に順次接続されることにより、磁性層1によって構成される磁性体内において螺旋状に周回するコイル2が形成されるとともに、コイル2の両端部が外周部に引き出されて外部電極3に接続された直方体状のもので、外部電極3が図示されない回路基板のランド部に接続されることにより、面実装されるものである。

【0021】

ここで、上記積層方向に隣接する導電パターン2間には、導電パターン2の形状に対応した形状を有する電気絶縁性の非磁性パターン4が配置され、さらに積層方向の中間位置に、非磁性パターン4に換えて磁気ギャップとなる電気絶縁性の非磁性層5が全面にわたって1層配設されている。 40

【0022】

そして、この実施形態およびその第1～第3の変形例に係る積層インダクタにおいては、コイル2の軸線方向視において、この積層インダクタの外周縁部(すなわち磁性層1の外周縁部)とコイル2の外周縁部との間に全面にわたって、上記コイル2によって励磁される磁束の方向と逆方向の磁束を発生するように着磁された永久磁石層6が配置されている。

【0023】

すなわち、本実施形態の積層インダクタにおいては、図3に示すように、積層方向の両 50

端に位置する導電パターン 2 の上側および下側に隣接して、それぞれ環状の永久磁石層 6 が配置されている。また、永久磁石層 6 は、上記軸線方向視においてコイル 2 と重複しないように、その内法寸法が導電パターン 2 の外法寸法と同じになるように形成されている。

【 0 0 2 4 】

上記構成からなる積層インダクタ 1 を製造するには、図 2 および図 3 に示すように、先ずスクリーン印刷法などにより電気絶縁材の Ni - Zn 系フェライト材ペーストを印刷することにより磁性層 1 を形成し、この磁性層 1 上に、Ba フェライト粉体または Sr フェライト粉体に Bi_2O_3 または SiO_2 を添加した低温焼結磁石材料ペーストを印刷して永久磁石層 6 を形成するとともに、この永久磁石層 6 を除いた部分に磁性層 1 を印刷する。なお、図 2 は、一平面に 4 個の積層インダクタを同時に製造する場合を示すものである。

10

【 0 0 2 5 】

次いで、この永久磁石層 6 を形成した層の上に、導電パターン 2 を印刷し、同様に当該導電パターン 2 を除いた部分に磁性層 1 を印刷した後に、導電パターン 2 上に、当該導電パターン 2 の形状に対応した形状に電気絶縁性の Zn フェライト材を印刷して非磁性パターン 4 を形成し、これを除いた部分に磁性層 2 を形成する。

【 0 0 2 6 】

このようにして、図 3 (b) に示すように、磁性層 1 中に導電パターン 2 と非磁性パターン 4 とを交互に積層し、その積層方向両端部に永久磁石層 6 を配置するとともに、積層方向の中間位置においては、非磁性パターン 4 と同じ電気絶縁性の Zn フェライト材ペーストを全面にわたって印刷して非磁性層 5 を形成する。これと併行して、上下の導電パターン 2 間を、ビア穴などを利用して電氣的に接続する。

20

【 0 0 2 7 】

次いで、得られた積層体を、940 以下の温度、具体的には約 900 で一括焼成して一体化した後に、永久磁石層 6 をコイル 2 によって励磁される磁束の方向と逆方向の磁束を発するように着磁することにより、図 1 に示す積層インダクタを製造することができる。なお、図 2 に示す場合には、各々積層インダクタを構成する 4 つの積層体に切断した後に、各積層体を焼結する。

【 0 0 2 8 】

また、図 4 は、本実施形態の第 1 の変形例を示すもので、この積層インダクタが図 1 ~ 図 3 に示したものと異なる点は、積層方向における永久磁石層 6 と導電パターン 2 との間に、導電パターン 2 間に形成した非磁性パターン 4 と同様の Zn フェライト材からなる非磁性パターン 7 を形成したことにある。この非磁性パターン 7 は、同図に示すように永久磁石層 6 の内法寸法が導電パターン 2 の外法寸法と同じ場合、あるいは上記軸線方向視において永久磁石層 6 と導電パターン 2 との間に間隙が形成されている場合に、当該間隙を塞ぐ寸法に形成されている。

30

【 0 0 2 9 】

さらに、図 5 は、本実施形態の第 2 の変形例を示すもので、この積層インダクタは、第 1 の実施形態において、導電パターン 2 間に配設されて絶縁層として用いられた非磁性パターン 4 に換えて、磁性体の透磁率の 1 / 4 以下の透磁率を有する磁性層 8 を、上記導電パターン 2 間において全面にわたって配置したものである。

40

【 0 0 3 0 】

また、図 6 は、本実施形態の第 3 の変形例を示すものである。

この積層インダクタにおいては、積層インダクタの外周縁部（すなわち磁性層 1 の外周縁部）とコイル 2 の外周縁部との間の全面に、2 層にわたって永久磁石層 6 が配置されている。ここで、永久磁石層 6 は、非磁性パターン 4 が形成されている層と、その下方に隣接して導電パターン 2 が形成されている層とに配置されている。

【 0 0 3 1 】

そして、永久磁石層 6 は、非磁性パターン 4 が形成されている層においては、その内周縁が非磁性パターン 4 の外周縁と接するように形成され、かつ導電パターン 2 が形成され

50

ている層においては、その内周縁が導電パターン2の外周縁と接するように形成されている。

【0032】

(第2の実施形態)

図7は、本発明に係る積層インダクタの第2の実施形態を示すものであり、図8～図10は、その第1～第3の変形例を示すものである。なお、以下、図1～図6に示したものと同一構成部分については、同一符号を付してその説明を簡略化する。

これらの積層インダクタにおいては、コイル2の軸線方向視において、コイル2の内部の全面にわたって、コイル2によって励磁される磁束の方向と逆方向の磁束を発するように着磁された永久磁石層6が配置されている。

10

【0033】

すなわち、第2の実施形態の積層インダクタにおいては、図7に示すように、積層方向の図中最上部の導電パターン2の上側の層に、導電パターン2間に形成した非磁性パターン4と同様のZnフェライト材からなる環状の非磁性パターン7がコイル2内に延出するように形成されるとともに、この非磁性パターン7の上層に、四角形状の永久磁石層6が配置されている。ここで、永久磁石層6は、上記軸線方向視においてコイル2と重複しないように、その外法寸法が導電パターン2の内法寸法と同じになるように形成されている。

【0034】

図8は、上記構成からなる積層インダクタの第1の変形例を示すもので、この積層インダクタにおいては、上記永久磁石6に加えて、さらに積層方向の図中最下部の導電パターン2の下側の層に、同様の環状の非磁性パターン7がコイル2内に延出するように形成されるとともに、この非磁性パターン7の下層に、四角形状の永久磁石層6が配置されている。この永久磁石層6も、上記軸線方向視においてコイル2と重複しないように、その外法寸法が導電パターン2の内法寸法と同じになるように形成されている。

20

【0035】

次いで、図9は、第2の変形例を示すもので、この積層インダクタは、積層方向の図中最上部の導電パターン2の内部に、四角形状の永久磁石層6が配置されている。この永久磁石層6は、上記導電パターン2と同じ層に形成されたもので、上記軸線方向視においてコイル2と重複しないように、かつ隙間を形成しないように、その外法寸法が導電パターン2の内法寸法と同じになるように形成されている。

30

【0036】

また、図10に示す第3の変形例に係る積層インダクタにおいては、図9に示した永久磁石層6の外法寸法が、導電パターン2の内法寸法よりも小さい四角形状に形成されるとともに、導電パターン2と永久磁石層6との間に、コイル2の軸線方向視において両者間を塞ぐ環状の非磁性パターン7が形成されている。

【0037】

以上の構成からなる第1および第2の実施形態並びにこれらの変形例に示した積層インダクタによれば、永久磁石層6を、軸線方向視において、コイル2の外方またはコイル2内部を塞ぐように配置しているために、図15に示した永久磁石のような、バイアス磁束Yとして作用しない逆方向の漏れ磁束Zを生じることがない。この結果、永久磁石層6によって、直流重畳特性を大幅に改善することができる。換言すれば、磁性体(磁性層)1として、比較的飽和し易いものの低損失な材料を用いることができるために、コンバータ変換効率の向上も図ることが可能になる。

40

【0038】

さらに、磁性層1としてNi-Znフェライト系材料を用い、非磁性パターン4、7としてZnフェライト系材料を用い、永久磁石層6としてBaフェライト粉体またはSrフェライト粉体にBi₂O₃およびSiO₂を添加した低温焼結磁石材料を用いているために、製造時に約900の温度で一括焼成した後に、永久磁石層6を着磁することにより、容易に製造することができる。

50

【実施例】

【0039】

本発明に係る積層インダクタの効果を検証するために、シミュレーションによって本発明の積層インダクタと比較例の積層インダクタにおける直流重畳特性を求めて比較した。

なお、本発明の積層インダクタおよび比較例の積層インダクタ共に、チップサイズは $2.5 \times 2.0 \times 1.0$ mm、内部導体の巻数は5ターン、内部導体の膜厚は $120 \mu\text{m}$ 、内部導体間の絶縁層厚さは $15 \mu\text{m}$ とした。

【0040】

先ず、図11は、第1の実施形態および第1の変形例に示した構成を有する積層インダクタ(1)、(2)と、永久磁石層と内部導体との間に $50 \mu\text{m}$ の隙間を形成した比較例の積層インダクタ(3)との直流重畳特性を比較したものである。図11から明らかなように、上記比較例の積層インダクタ(3)に対して、軸線方向視において永久磁石層と内部導体とが接するように配置した積層インダクタ(1)の方が直流重畳特性に優れる。

10

【0041】

また、永久磁石層と内部導体との間に隙間を形成した場合においても、当該隙間を非磁性パターンによって塞いだ積層インダクタ(2)によれば、上記積層インダクタ(1)と同等の直流重畳特性が得られる。

【0042】

次いで、図12は、第2の実施形態の第2の変形例および第3の変形例に示した構成を有する積層インダクタ(4)、(5)と、内部導体とその内部に配置した永久磁石との間に $50 \mu\text{m}$ の隙間を形成した比較例の積層インダクタ(6)との直流重畳特性を比較したものである。図12に見られる直流重畳特性のシミュレーション結果においても、本発明に係る積層インダクタ(4)、(5)は、比較例の積層インダクタ(6)よりも特性に優れる。

20

【0043】

次に、図13は、上記積層インダクタ(1)と、永久磁石層と内部導体とをコイルの軸線方向視において $150 \mu\text{m}$ 重複させた比較例の積層インダクタ(7)との直流重畳特性を比較したものである。同図から、本発明に係る積層インダクタ(1)に対して、永久磁石層と内部導体とを重複させた比較例の積層インダクタ(7)は、直流重畳特性が顕著に劣化することが判る。

30

【0044】

また、図14は、上記積層インダクタ(4)と、内部導体内に配置した永久磁石層と内部導体とをコイルの軸線方向視において $150 \mu\text{m}$ 重複させた比較例の積層インダクタ(7)との直流重畳特性を比較したものである。同図から、本発明に係る積層インダクタ(4)に対して、永久磁石層と内部導体とを重複させた比較例の積層インダクタ(8)は、特に初期値の低下が大きく、よって図13に示した結果と同様に、上記軸線方向視において永久磁石層を内部導体に重ねる構造が好ましくないことが判る。

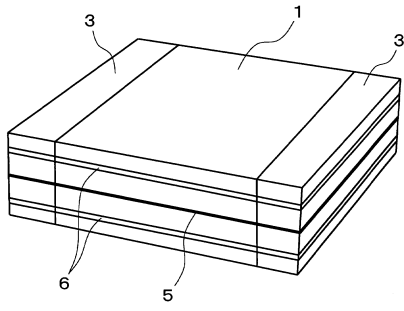
【符号の説明】

【0045】

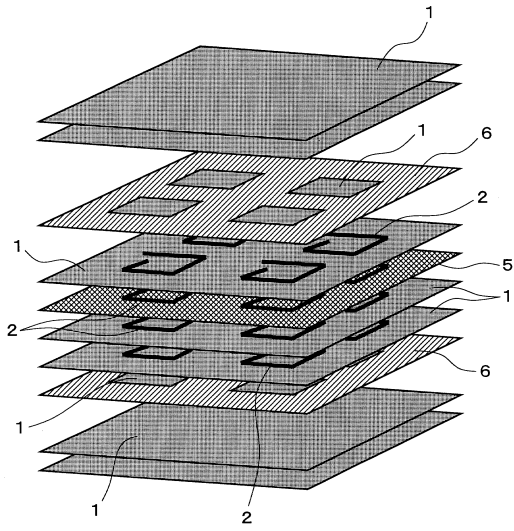
- 1 磁性層
- 2 導電パターン(コイル)
- 3 外部電極
- 4、5、7、8 非磁性パターン
- 6 永久磁石層

40

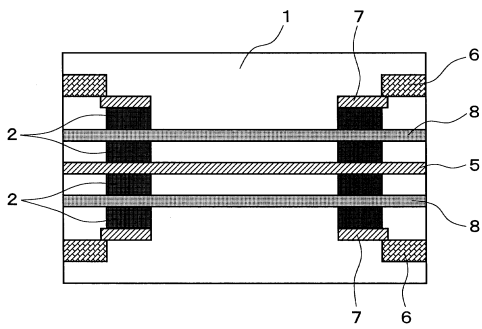
【図1】



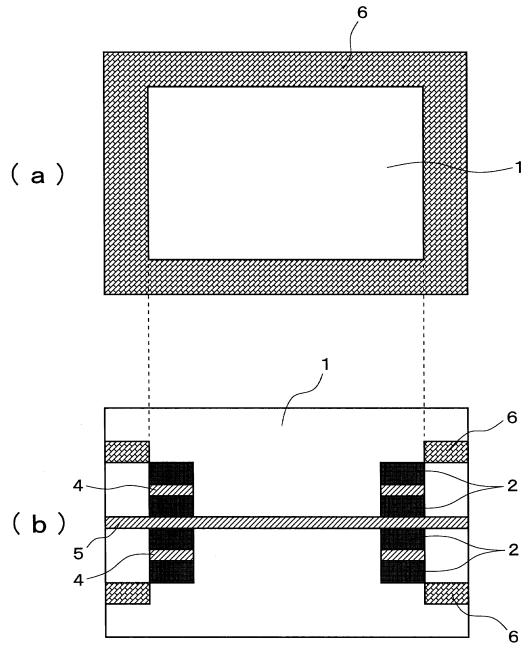
【図2】



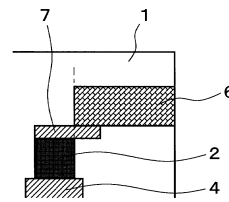
【図5】



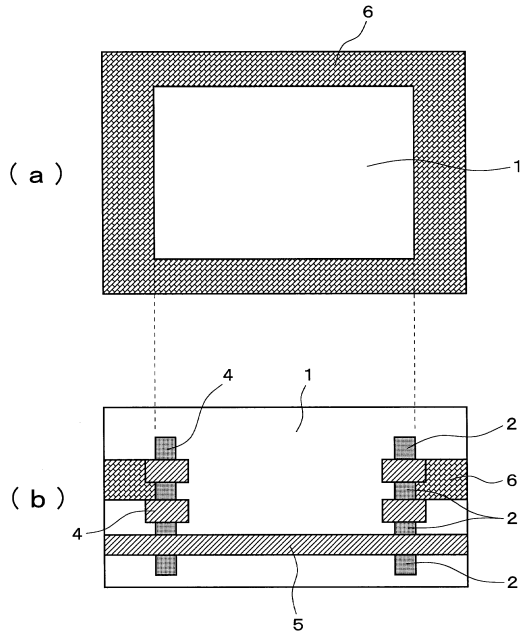
【図3】



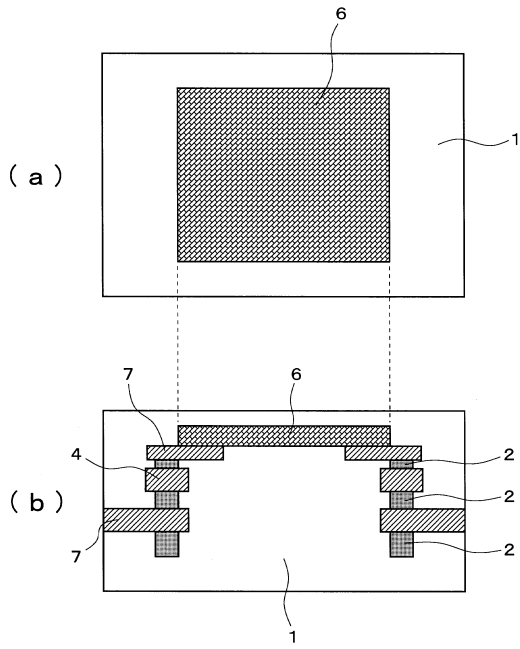
【図4】



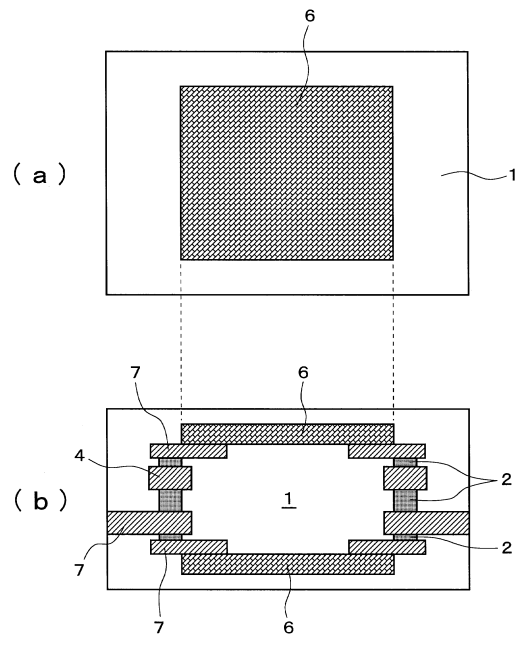
【図6】



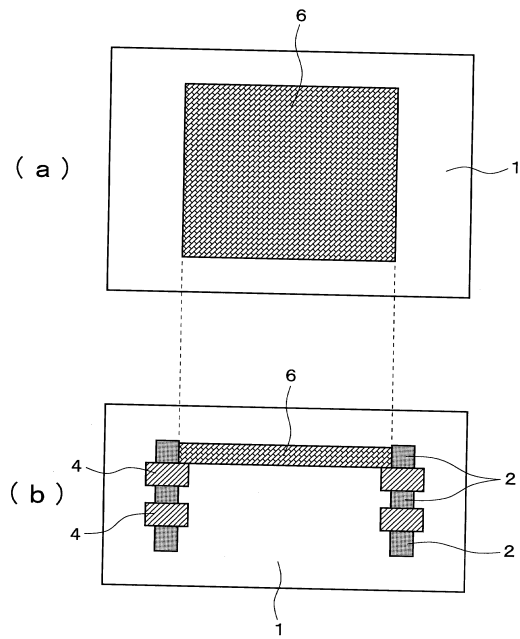
【図 7】



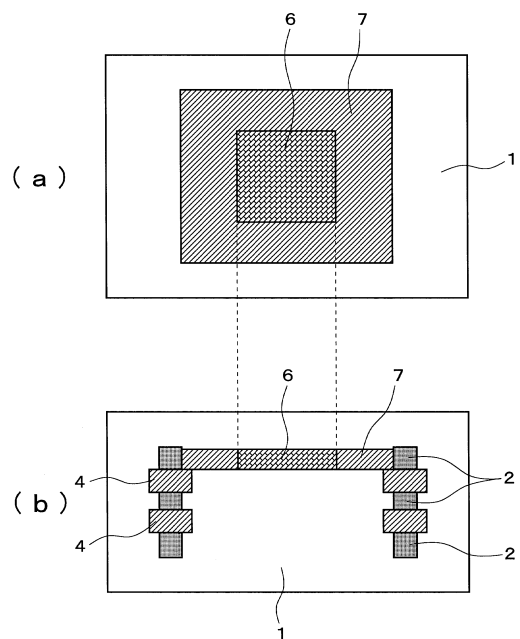
【図 8】



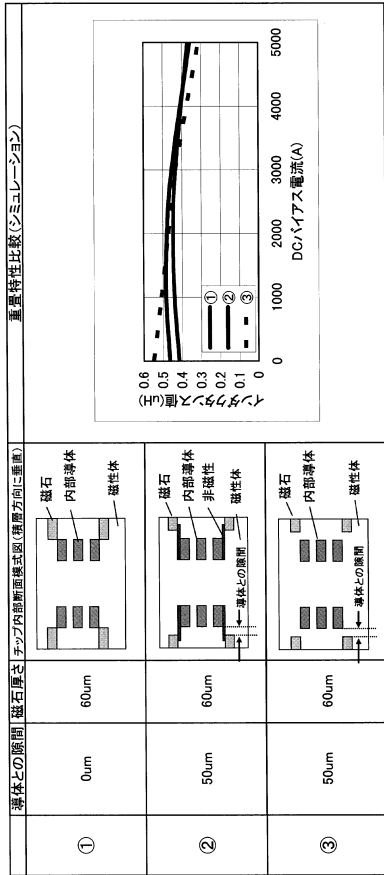
【図 9】



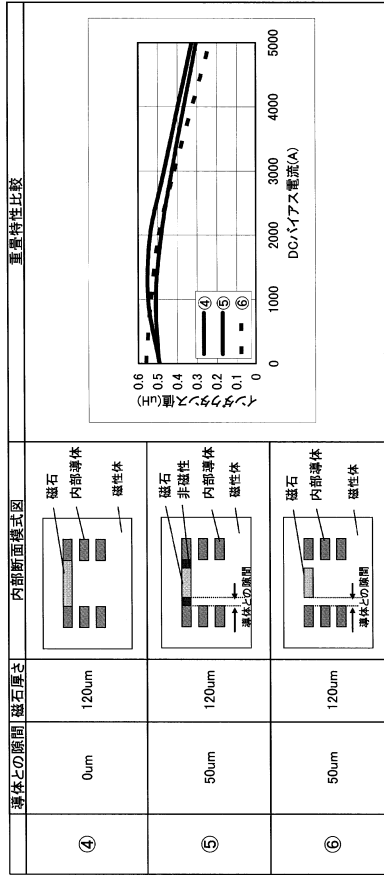
【図 10】



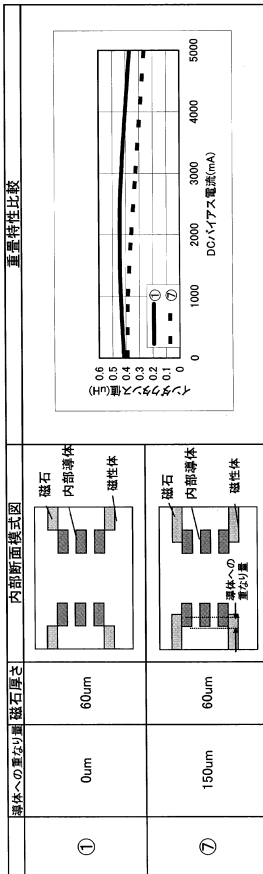
【図 1 1】



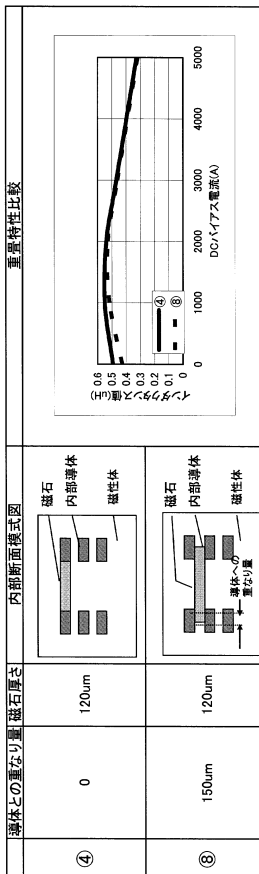
【図 1 2】



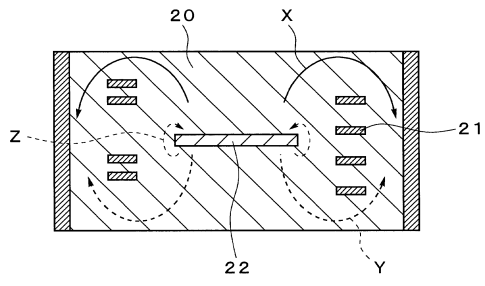
【図 1 3】



【図 1 4】



【 15 】



フロントページの続き

- (72)発明者 北岡 幹雄
東京都港区新橋5丁目3番11号 FDK株式会社内
- (72)発明者 鈴木 茂徳
東京都港区新橋5丁目3番11号 FDK株式会社内

審査官 小池 秀介

- (56)参考文献 特開2006-196591(JP,A)
特開2002-175917(JP,A)
特開2002-175927(JP,A)
特開平02-081410(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01F17/00 - 27/02
27/06 - 27/08
27/23
27/28 - 27/29
27/36
27/42
38/42 - 41/04
41/08
41/10