

(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2010-16917

(P2010-16917A)

(43) 公開日 平成22年1月21日(2010.1.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H02M 3/00 (2006.01)	H02M 3/00 E	5E043
H01F 30/00 (2006.01)	H01F 31/00 C	5H730
H01F 27/28 (2006.01)	H01F 27/28 K	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2008-172076 (P2008-172076)	(71) 出願人	000005234
(22) 出願日	平成20年7月1日 (2008.7.1)		富士電機ホールディングス株式会社
			神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
		(74) 代理人	100075166
			弁理士 山口 巖
		(74) 代理人	100085833
			弁理士 松崎 清
		(72) 発明者	山城 啓輔
			東京都日野市富士町1番地 富士電機アド
			バンストテクノロジー株式会社内
		Fターム(参考)	5E043 BA03
			5H730 AA02 BB43 BB57 CC02 DD04
			EE02 EE07 ZZ16

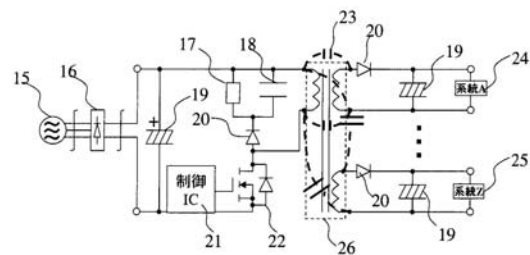
(54) 【発明の名称】 スイッチング電源

(57) 【要約】

【課題】絶縁トランスを備えたスイッチング電源において、サージ電圧の増加を招くインダクタンスを追加することなく、放射ノイズを低減させるようにする。

【解決手段】絶縁トランス26の2次側に、少なくとも一つの電源系統A,Zが接続されるスイッチング電源において、絶縁トランス26の1次巻線及び/又は2次巻線の漏れインダクタンスと、1次巻線と2次巻線間の結合容量23を介する線路の共振周波数が30MHz以下となるように、前記結合容量23の値を選定する。

【選択図】図10



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電源が接続される電源側巻線および負荷系統が線路を介して接続される少なくとも一つの負荷側巻線を有する絶縁トランスを備えたスイッチング電源において、

前記絶縁トランスの電源側巻線及び / 又は負荷側巻線の漏れインダクタンスと電源側巻線と負荷側巻線間の結合容量とを含む前記線路の共振周波数が30MHz以下となるように前記結合容量を定め、放射ノイズの抑制を図ることを特徴とするスイッチング電源。

【請求項 2】

前記電源側巻線と前記負荷側巻線間を絶縁するために用いる材料の比誘電率を、3.5～54.5の範囲の値を持つものとすることを特徴とする請求項 1 に記載のスイッチング電源。

10

【請求項 3】

前記電源側巻線は一括して全てを巻き終えず、一つの負荷側巻線に該電源側巻線を交互に配置することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のスイッチング電源。

【請求項 4】

前記電源側巻線は一括して全てを巻き終えず、複数の負荷側巻線毎に該電源側巻線を交互に配置することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のスイッチング電源。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、放射ノイズを抑制することが可能な、例えばフライバックコンバータのような絶縁トランスを持つスイッチング電源に関する。

20

【背景技術】

【0002】

近年、EMC（電磁妨害：electromagnetic interference）規制が厳しくなる中、様々な電気、電子機器において放射ノイズ（単にノイズとも言う）の低減が技術課題となっている。特に、これらの主部品である半導体からなるスイッチング素子がON/OFF することにより発生する放射ノイズの低減について、対策が必要とされている。

【0003】

スイッチング電源においても、例えばMOSFET（金属酸化膜電界効果トランジスタ）などのスイッチング素子がON/OFF することによりノイズが発生する。ノイズの発生には様々な要因があるが、その中でもスイッチングによる振動は、放射ノイズに対し大きな影響を及ぼす。この振動はノイズ電流の流れる経路の回路定数に依存し、放射ノイズ特性はノイズ経路の共振点と大きな関係がある。例えばLC直列共振回路であれば、共振点でインピーダンスは最小となるので放射ノイズがピークとなり、LC並列共振回路であれば共振点でインピーダンスは最大となるのでその周波数におけるノイズを抑制することができる。

30

【0004】

このような考えから、共振点に着目したノイズ対策がなされている。例えば特許文献 1 および 2 においては、インバータ主回路で発生するスイッチング素子のON/OFF動作による雑音を抑制するため、チョークコイルと並列にコンデンサを設け、これらのLC並列共振周波数を、雑音を抑制したい周波数に設定する方法が提案されている。また、特許文献 3 では、電力変換回路の主回路を構成する複数組の半導体スイッチから該スイッチのスナバ回路への経路と、該半導体スイッチの出力容量とのLC直列共振回路で構成される共振周波数を30MHz以下に下げよう、インダクタを設ける方法が提案されている。

40

【0005】

【特許文献 1】特開平 10 - 262364 号公報

【特許文献 2】特開平 10 - 271839 号公報

【特許文献 3】特許第 3577893 号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

50

上記特許文献 1 ~ 3 に記載の対策方法は、ノイズを抑制するために共振点に着目すると言う点では共通している。しかし、このような対策では、スイッチング電源の放射ノイズを抑制する上で下記のような問題が残る。

まず、特許文献 1, 2 においては、対象とする周波数を 50kHz ~ 500 kHz としており、伝導ノイズを対象としている。対策する部位も大電流の流れる主回路であり、対象周波数に適応した共振周波数を構成するため、大きなチョークコイルと並列するコンデンサで対応している。よって、スイッチング電源で対象とする放射ノイズを発生する要因に対しては効果が得られず、対象が異なることになる。

【0007】

また、特許文献 3 では、放射ノイズの抑制を目的としているので、この点ではこの発明と共通するものの、その方法としてインダクタンスの追加を提案している。つまり、特許文献 3 に記載の方法は、インダクタンス L を既存回路へ新に加えることにより、規格によって定められた放射ノイズの周波数下限値である 30MHz よりも低い周波数に共振周波数を定めることで、放射ノイズの抑制を図ろうとするものである。なお、LC 直列共振回路における共振周波数 f は、次の (1) 式で表わされる。

$$f = 1 / 2\pi \sqrt{LC} \text{ [Hz]} \dots (1) \quad (L: \text{インダクタンス [H]}, C: \text{キャパシタンス [C]})$$

【0008】

しかし、上記のインダクタンスを追加する位置は、スイッチング素子が ON/OFF する経路、すなわち主回路の経路であるため、インダクタンスを増やすことは、スイッチング時に発生するサージ電圧を大きくする要因となり、例えば IGBT (絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ) のように、比較的大きな電流を主回路に流す場合には問題となる可能性がある。サージ電圧 V_s とインダクタンス L [H] および電流変化率 di/dt [A/s] の関係を、次の (2) 式に示す。

$$V_s = L \cdot di/dt \text{ [V]} \dots (2)$$

【0009】

(2) 式に示すように、経路のインダクタンス L を大きくすると、サージ電圧 V_s が大きくなる。このサージ電圧 V_s の増加は耐圧の観点から、スイッチング素子の信頼性を損ねることになり、問題である。そこで、インダクタンスを追加する放射ノイズ対策では、このようなトレードオフの発生を考慮して最適な設計が要求される。特に、IGBT などの半導体チップはオン電圧を下げて損失を低減するために、薄ウエハ化が進んでいる。

【0010】

しかし、薄ウエハ化はスイッチング (ターンオフスイッチング) 耐量を低下させるため、両者はトレードオフの関係にあり、この改善が半導体チップを開発する上での課題の 1 つになっている。こうした状況下において、特許文献 3 に示すようにインダクタンスを増加させることは、スイッチング (ターンオフスイッチング) 耐量をより厳しくする方向に周辺回路を設定することになり、半導体チップのスイッチング (ターンオフスイッチング) 時の破壊をもたらす要因となる。

【0011】

したがって、この発明の課題は、サージ電圧の増大を招くインダクタンスを追加することなく放射ノイズを低減させることにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

このような課題を解決するため、請求項 1 の発明では、電源が接続される電源側巻線および負荷系統が線路を介して接続される少なくとも一つの負荷側巻線を有する絶縁トランスを備えたスイッチング電源において、

前記絶縁トランスの電源側巻線及び / 又は負荷側巻線の漏れインダクタンスと電源側巻線と負荷側巻線間の結合容量とを介する線路の共振周波数が 30MHz 以下となるように前記結合容量を定め、放射ノイズの抑制を図ることを特徴とする。

【0013】

10

20

30

40

50

上記請求項 1 の発明においては、前記電源側巻線と負荷側巻線間を絶縁するために用いる材料の比誘電率を、3.5～54.5の範囲の値を持つものとすることができる（請求項 2 の発明）。

これら請求項 1 または 2 の発明においては、前記電源側巻線は一括して全てを巻き終えず、一つの負荷側巻線に該電源側巻線を交互に配置することができ（請求項 3 の発明）、または、前記電源側巻線は一括して全てを巻き終えず、複数の負荷側巻線毎に電源側巻線を交互に配置することができる（請求項 4 の発明）。

【発明の効果】

【0014】

この発明によれば、絶縁トランスの電源側巻線と負荷側巻線間の結合容量を制御することによって、電源側巻線 - 負荷側巻線間を経由して流れるノイズ電流の共振を30MHz以下になるように定めることで、放射ノイズの最大値を抑制することが可能となる。

また、この発明では絶縁トランスのみが対象であり、ここでの対策だけで済むため、大掛かりな回路構成の変更や、それに伴う基板更改および筐体によるシールド対策の強化等を施すことなく、放射ノイズを効果的に抑制することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

〔発明の原理〕

まず、図 9 を参照して、この発明の原理であるキャパシタンス増加による放射ノイズ低減の概念について説明する。

先の（1）式に示すように、共振周波数 f はインダクタンス L とキャパシタ C の関数である。特許文献 3 ではインダクタンス L を追加してノイズ低減を図るようにしたが、この発明ではインダクタンス L ではなくキャパシタ C を大きくすることで、30MHz よりも低い周波数に共振点が来るように定める。これが、この発明の原理である。なお、図 9 の符号 12 が対策前の放射ノイズ曲線、11 が対策後の放射ノイズ曲線、13 が周波数のシフト量、14 がノイズ低減量をそれぞれ示している。

【0016】

図 10 に、フライバックコンバータの回路例を示す。なお、以下、絶縁トランスの電源側巻線および負荷側巻線を、それぞれ 1 次巻線および 2 次巻線と称する。また図 10 の 15 は交流電源、16 はダイオード整流器、17 は抵抗、18 はコンデンサ、19 は電解コンデンサ、20 はダイオード、21 は制御 IC、22 は MOSFET、23 は絶縁トランスの 1 次 - 2 次巻線間の結合容量、24 は絶縁トランス 2 次側に接続される負荷系統 A、25 は同じく負荷系統 Z、26 は絶縁トランスである。

【0017】

図 10 のように、絶縁トランス 26 の 1 次側（電源側）に対し少なくとも一つの負荷系統を持つ電源は、その全ての負荷系統が絶縁トランス 26 の 1 次 - 2 次巻線間を介して必要な電力が供給される。様々な部品が密集して介在するプリント基板上や電気・電子機器内では、ノイズ電流の経路は判別し難いが、絶縁トランス 26 の 1 次 - 2 次巻線間の浮遊容量がノイズ電流の通り道となるため、この部位で対策を施せば放射ノイズを効果的に抑制しやすい。そこで、このノイズ電流の通り道である 1 次 - 2 次巻線間の結合容量を変化させることで、放射ノイズの共振周波数をシフトさせてノイズ抑制を図る。

【0018】

絶縁トランス 26 の 1 次 - 2 次巻線間の結合容量を変化させときの放射ノイズを図 12 に示し、図 11 の位置 27 で測定した電流スペクトル（ノイズ電流）を図 13 に示す。なお、絶縁トランス 26 の 2 次側には複数の負荷系統が存在しているため、結合容量は主要な負荷系統について同じ比率で変化させている。そのため、絶縁トランス 26 の 1 次 - 2 次巻線間の結合容量は倍数で示している。また、図 12 の 28 は対策前の放射ノイズ、29 は上記結合容量を 1.5～1.6 倍にしたときの放射ノイズ、30 は結合容量を 1.9 倍にしたときの放射ノイズをそれぞれ示す。同様に、図 13 の 31、32 および 33 は、対策前に位置 27 で測定したノイズ電流、32 は上記結合容量を 1.5～1.6 倍にしたときに位置 27 で測定したノイズ電流、33

10

20

30

40

50

は結合容量を1.9倍にしたときに位置27で測定したノイズ電流をそれぞれ示す。

【0019】

図12の放射ノイズにおいて、最大値をとる33MHz付近のピーク（図12の符号x参照）は、図13においても観測され（符号y参照）、絶縁トランス26の1次 - 2次巻線間の結合容量を大きくすると、そのピークが低い周波数へとシフトする。従って、このピークは、1次 - 2次巻線間の結合容量を介する経路で発生した共振によるものであることが分かる。これらの結果と放射ノイズの評価結果をまとめると、図14のようになる。

【0020】

このように、放射ノイズのピークを形成する共振点が30MHz付近に存在する場合、その共振点を30MHz以下にすることによって、放射ノイズの最大値を - 5dB ~ - 8dBだけ抑制できる。スイッチング電源における放射ノイズは、比較的周波数の低い数十MHz付近で最大値をとることが多いため、この周波数領域で共振を原因とするノイズ対策として有効な手段と言える。

【0021】

そこで、絶縁トランス26の1次 - 2次巻線間の結合容量を大きくするための方法について考察する。上述のように、共振周波数を30MHz以下とするだけの1次 - 2次巻線間の結合容量が確保できればどのような方法でもよいが、具体的には以下の方法がある。

一つは、1次 - 2次巻線間の巻線間を絶縁するために用いるテープの誘電率をコントロールする方法である。以下の要領で、絶縁テープの誘電率を具体的に定めた。

【0022】

スイッチング電源において、その巻線の構成は通常は図6のように、ボビン4に対し積層して巻いていく方法がとられる。そのため、1次 - 2次巻線間の巻線間の結合容量が、結合容量を決定する要因の1つとなる。ここに、1次 - 2次巻線間の結合容量Cと絶縁テープの比誘電率 ϵ_r 、およびその厚さd[m]と対向部面積S[m²]との関係は次の(3)式のようになる。なお、図6の1は1次巻線、2は2次巻線、5は絶縁テープを示す。

$$C = \epsilon_r \epsilon_0 S / d \text{ [F]} \dots (3)$$

なお、 ϵ_0 は真空の誘電率[F/m]を示す。

【0023】

ここで、先の(1)式で示す周波数fをどれくらいシフトすれば効果が得られるかについて、図15を参照して説明する。

スイッチング電源における放射ノイズのピークについて、実験的にその共振鋭度を求めると、3 ~ 5程度の値が得られる。従って、この共振鋭度3 ~ 5のピークをシフトさせて、30MHzでの放射ノイズの値を - 3dB以下にするには、ピークの1 / $\sqrt{2}$ の値をとる周波数までシフトさせれば良い。すなわち、共振鋭度が3の場合は25MHz、5の場合は27 MHz以下にピークを持ってくれば良いことになる。また、共振鋭度はその値が大きくない（値が小さい）場合の方が、周波数をシフトしてノイズを落とすには厳しいため、ここでは3の場合を中心に考える。図15の符号11は対策後の放射ノイズ、34,35は30,100MHz付近に共振ピークのある対策前のノイズをそれぞれ示す。

【0024】

次に、対象とする放射ノイズのピークの存在する周波数については、スイッチング電源で放射ノイズが最大となって問題となるのは、数十MHzのオーダである。さらに、現実的に共振ピークの周波数をシフトできる周波数として妥当な範囲として、対象とする周波数範囲を30 ~ 100MHzと定めた。

この範囲にあるピークを25MHz以下にシフトさせるのに必要な結合容量を先の(1)式から求めると、共振ピークが30MHzにある場合は、結合容量を約1.4 (= (30/25)²) 倍に増やせばよく、100MHzにある場合は、結合容量を約16 (= (100/25)²) 倍に増やせばよい。

【0025】

〔実施例〕

上記のことを1次 - 2次巻線間の絶縁テープを用いて実現するには、どれくらいの比誘電率を保有していれば良いかについて検討する。

通常使用されている絶縁テープとしてはPETフィルム、カプトン（デュボン社の登録商標：ポリイミドフィルム）またはノーマックス（デュボン社の登録商標：耐熱ナイロンフィルム）等が主に用いられており、これらの比誘電率は2.5~3.4である。そこで、これらの材料を比誘電率の高い材料で代替することで、1次 - 2次巻線間の結合容量を1.4倍~16倍程度に増やせばよいことから、必要な比誘電率は3.5~54.5（ $2.5 \times 1.4 \sim 3.4 \times 16$ ）の範囲にある材料を用いれば良いことになる。このような材料を用いた場合の、絶縁トランスの巻線構成例を図1に示す。先の図6と比較して、材料のみが異なっている（絶縁テープ5→絶縁テープ3）ことが分かる。

【0026】

上記絶縁テープの比誘電率による方法以外に、次のような構造的な方法も考えられる。

すなわち、キャパシタンスの容量を増加させるには、直列接続ではなく並列接続が有効なので、1次 - 2次巻線間においても並列に巻線を配置することで、結合容量を増加させるものである。その例を図2、図3に示す。図2は1次巻線と2次巻線を交互に積層配置した例であり、図3は2つ（一般には複数）の2次巻線毎に1次巻線を積層配置した例である。なお、図3の2次巻線は、等間隔で配置しても不等間隔で配置しても良い。

【0027】

また、図2、図3に示すものに対しさらに、1次 - 2次巻線間に用いる絶縁テープに比誘電率の高い材料を用いた例を図4、図5に示す。図4は図2と同じく1次巻線と2次巻線を交互に積層配置する例であり、図5は2つ（一般には複数）の2次巻線毎に1次巻線を積層配置した例である。なお、これらの配置方法を組み合わせるようにしても良いのは、勿論である。

【0028】

図1~図6の巻線構成は、いずれも断面図であるが、これは図7に符号8で示す箇所を示したものである。すなわち、絶縁トランスの巻線は、図7に符号8で示す位置で分断すると上下左右対称なため、1/4に分割して示している。また、図7を回路的に示すと、図8のようになる。つまり、図1~図6の巻線構成例も回路図として見れば、全て図8で表現されることになる。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】この発明の第1の実施の形態を示すトランス巻線構成図

【図2】この発明の第2の実施の形態を示すトランス巻線構成図

【図3】図2の変形例を示すトランス巻線構成図

【図4】この発明の第3の実施の形態を示すトランス巻線構成図

【図5】図3の変形例を示すトランス巻線構成図

【図6】従来の一般的な例を示すトランス巻線構成図

【図7】従来の一般的なトランス構成斜視図

【図8】図7に示すトランスに対応する回路図

【図9】キャパシタンス増加による放射ノイズ低減を説明する概念図

【図10】フライバックコンバータの例を示す回路図

【図11】図10のフライバックコンバータの所定位置27を示す回路図

【図12】フライバックコンバータのノイズ電流を示す波形図

【図13】図11の所定位置27で測定した電流スペクトル図

【図14】1次 - 2次巻線間の必要な結合容量と放射ノイズのピークシフトの概念図

【図15】絶縁トランスの1次 - 2次巻線間の結合容量比に対する電流スペクトルのピーク周波数および放射ノイズ低減量の説明図

【符号の説明】

【0030】

1 ... 1次巻線、2 ... 2次巻線、3 ... 比誘電率の高い絶縁テープ、4 ... ボビン、5 ... 絶縁テープ、6 ... 磁心材料、7 ... トランスの入出力端子ピン、8 ... 図1~6の断面箇所、9 ... 1次巻線回路図、10 ... 2次巻線回路図、11 ... キャパシタによる対策後の放射ノイズ、12 ...

10

20

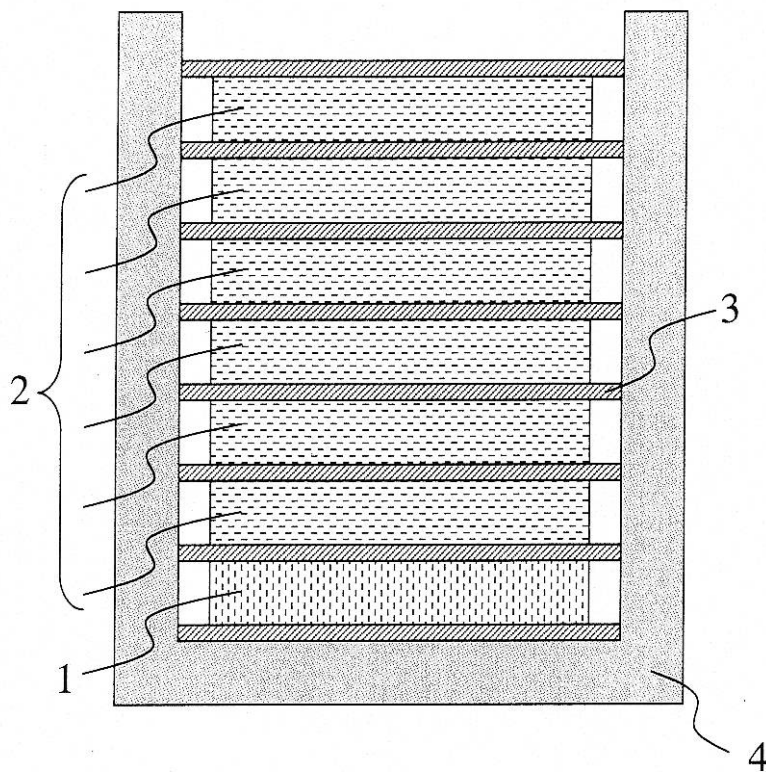
30

40

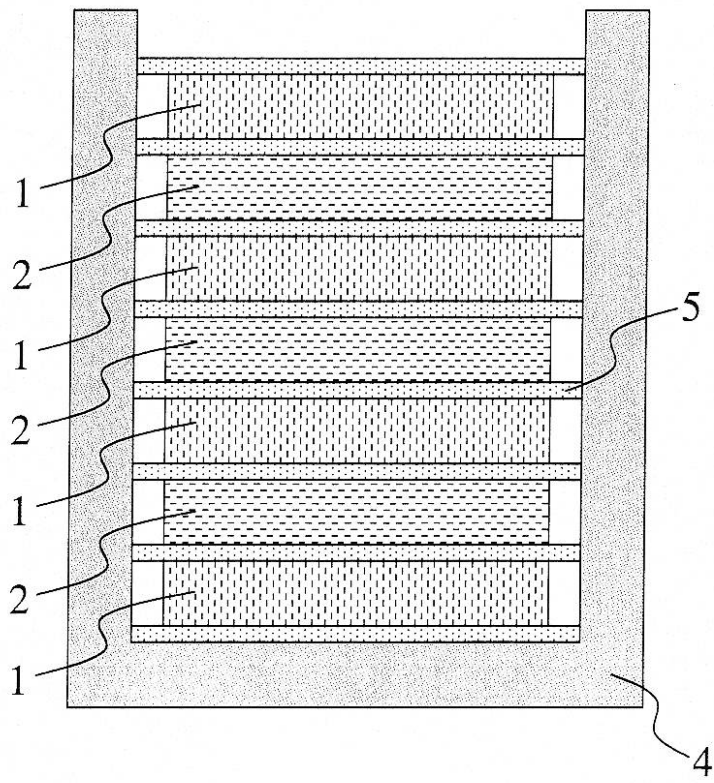
50

対策前の放射ノイズ、13...周波数のシフト量、14...対策後の放射ノイズ低減量、15...交流電源、16...ダイオード整流器、17...抵抗、18...コンデンサ、19...電解コンデンサ、20...ダイオード、21...制御IC、22...MOSFET、23...1次 - 2次巻線間結合容量、24, 25...2次側に接続される負荷系統。

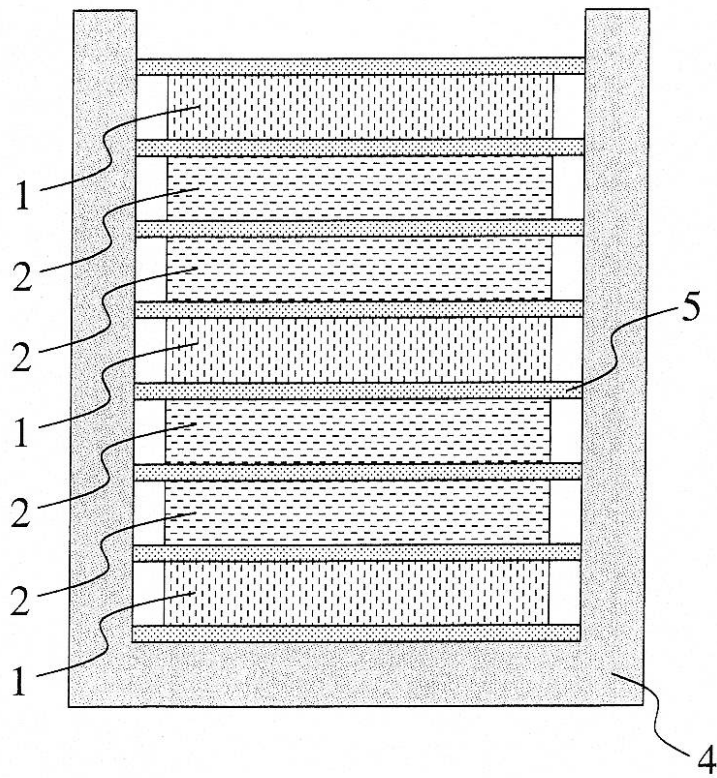
【図1】



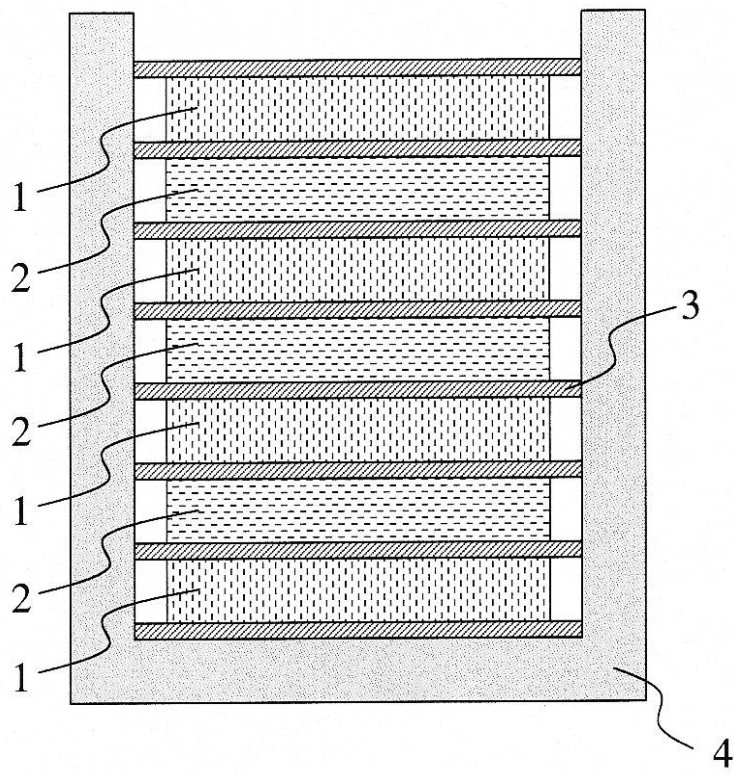
【図 2】



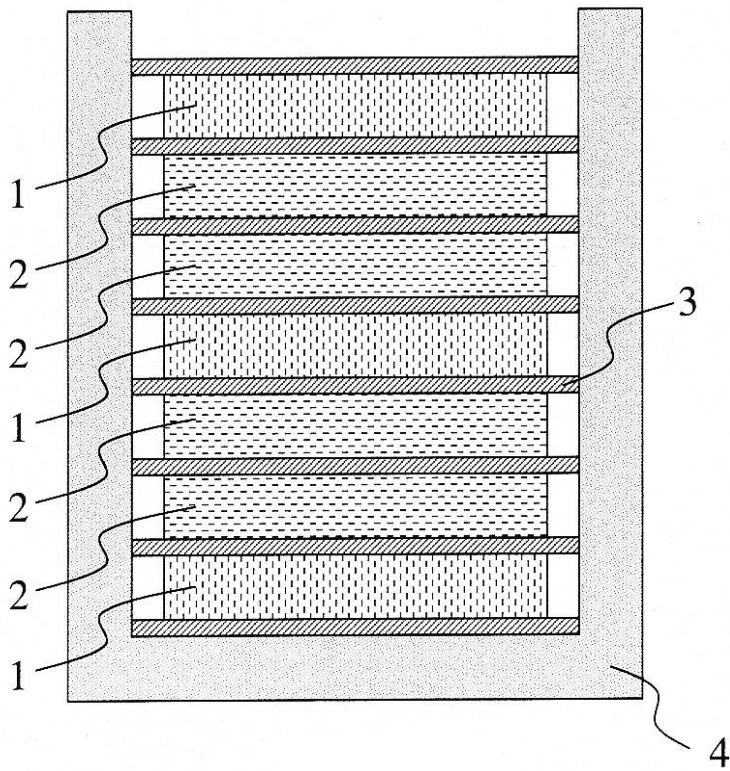
【図 3】



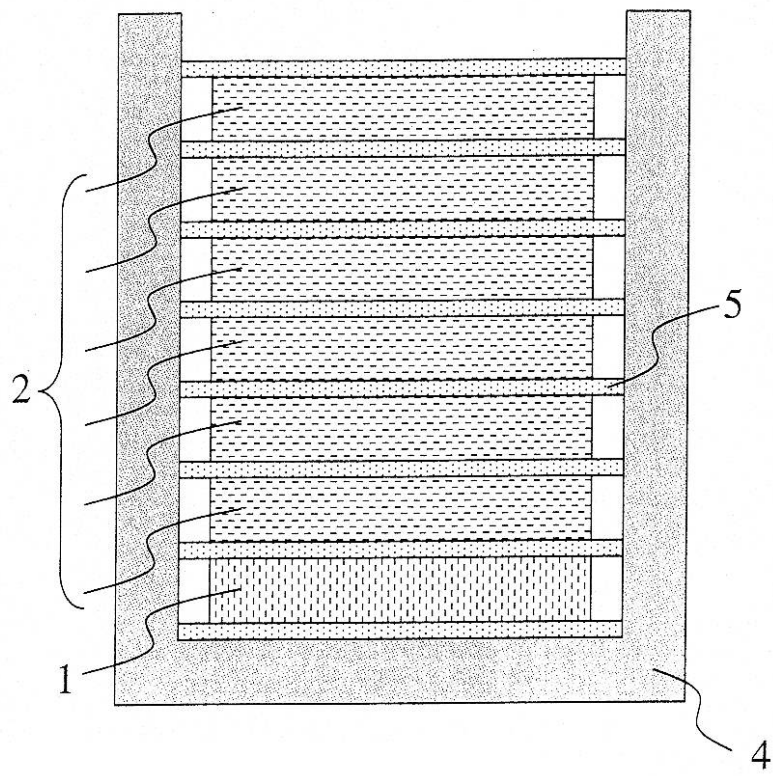
【図 4】



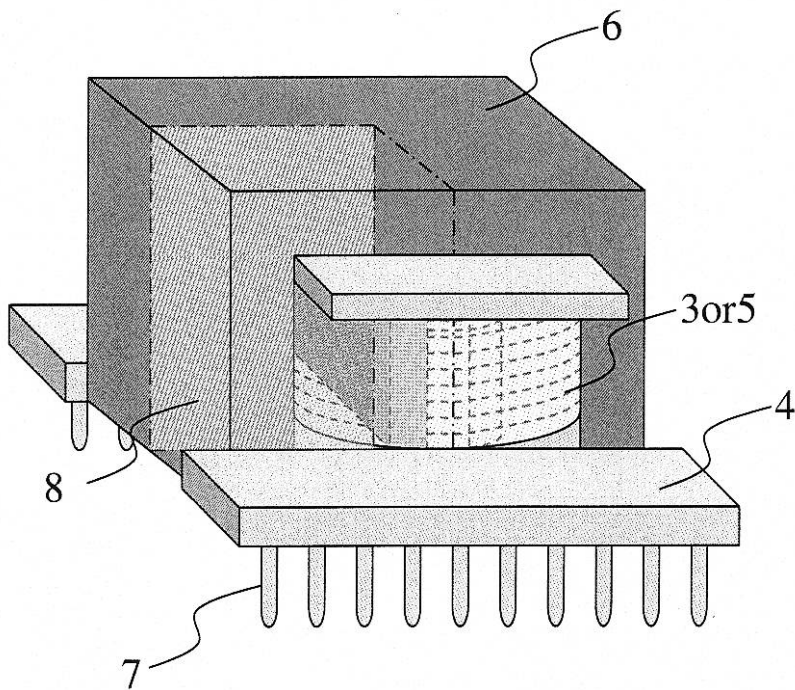
【図 5】



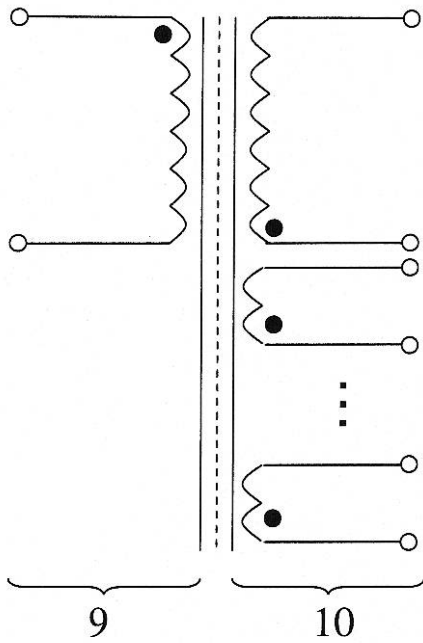
【図 6】



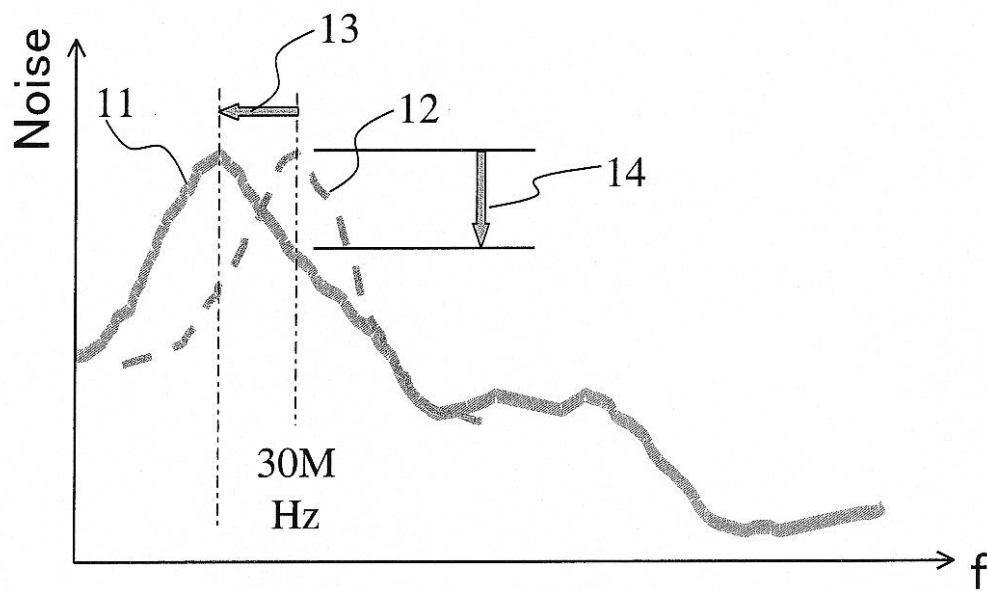
【図 7】



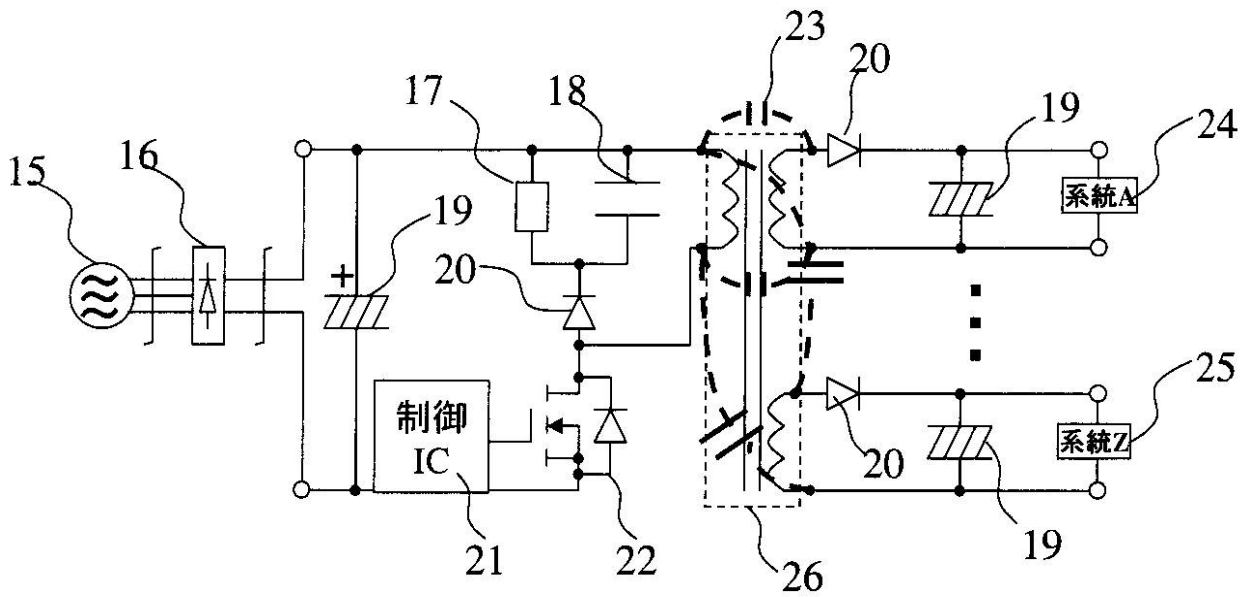
【図 8】



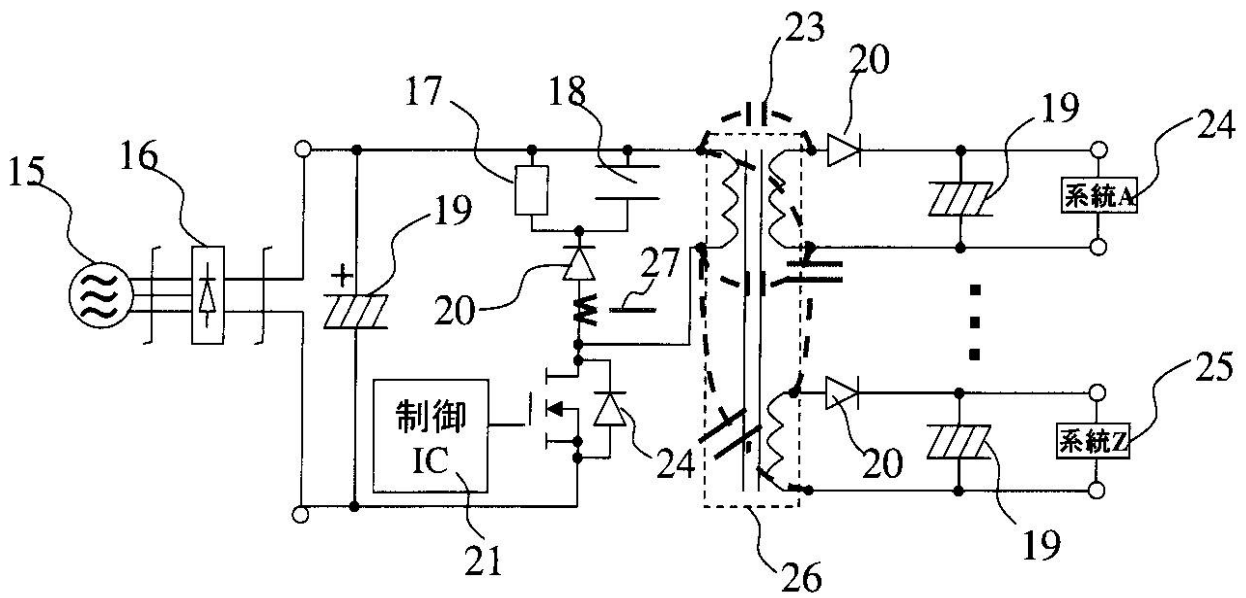
【図 9】



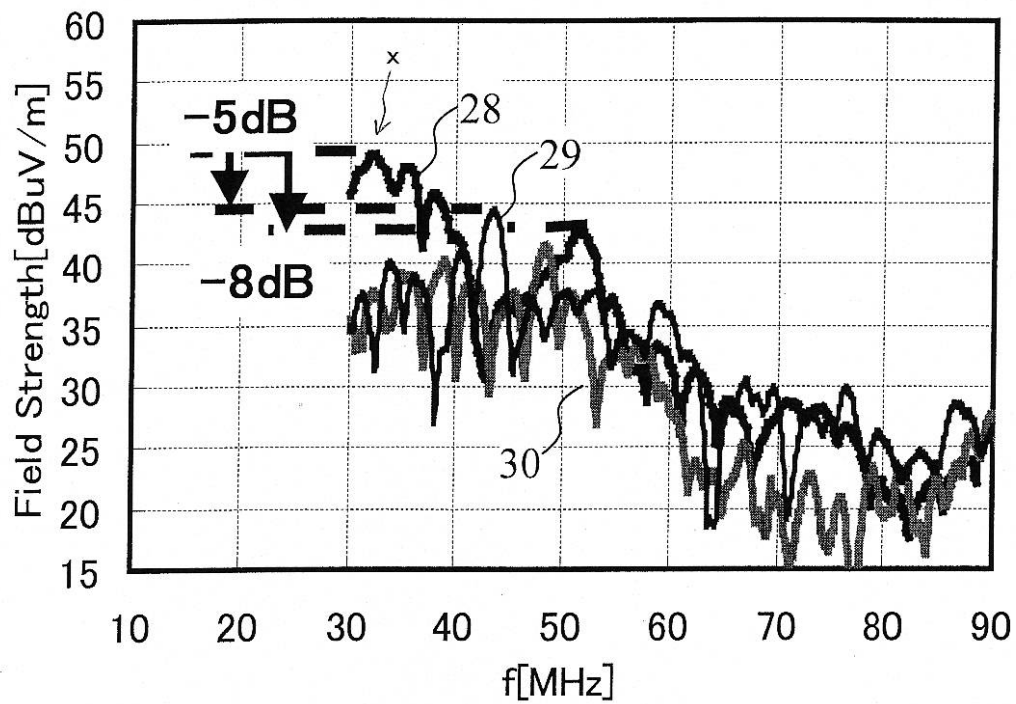
【図10】



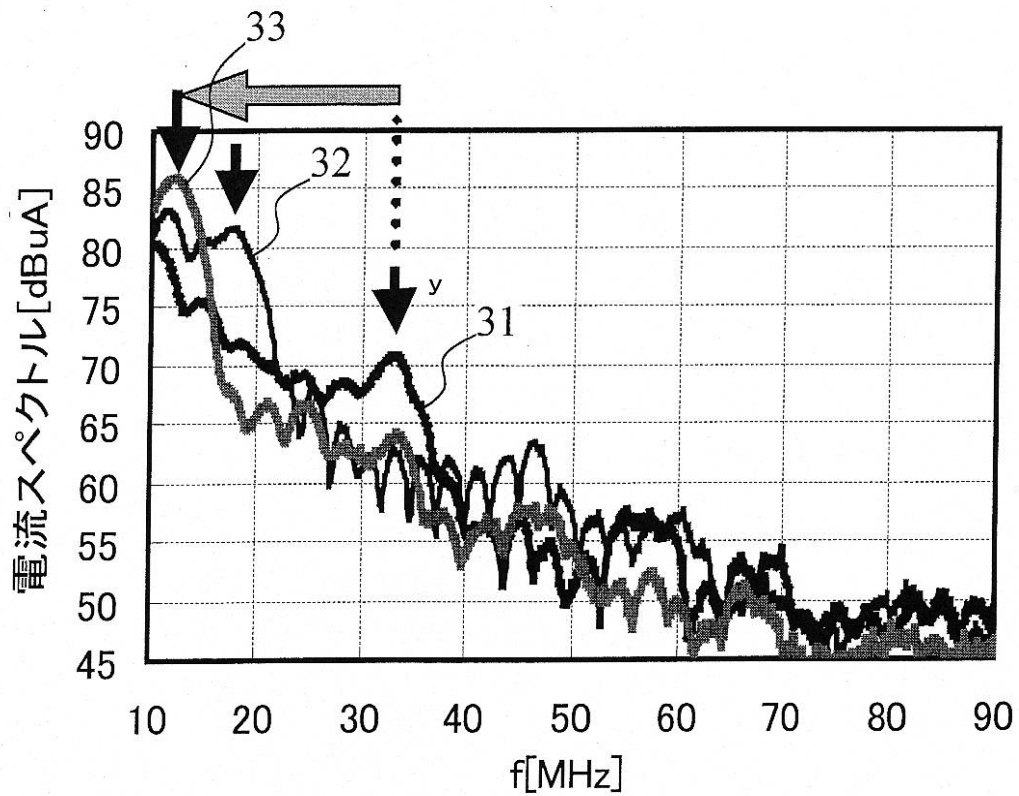
【図11】



【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】

1-2次間結合容量	Ref.(1倍)	1.5~1.6倍	1.9倍
ピーク周波数	33MHz	18MHz	13MHz
放射ノイズ低減量(比Ref)	—	-5dB	-8dB

【図 15】

