

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5113840号
(P5113840)

(45) 発行日 平成25年1月9日(2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月19日(2012.10.19)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 41/107 (2006.01)

H O 1 L 41/08 A

H O 1 L 41/187 (2006.01)

H O 1 L 41/18 I O 1 D

請求項の数 8 (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2009-525397 (P2009-525397)
 (86) (22) 出願日 平成20年7月28日(2008.7.28)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2008/063536
 (87) 国際公開番号 W02009/017096
 (87) 国際公開日 平成21年2月5日(2009.2.5)
 審査請求日 平成22年1月18日(2010.1.18)
 (31) 優先権主張番号 特願2007-196079 (P2007-196079)
 (32) 優先日 平成19年7月27日(2007.7.27)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 000006633
 京セラ株式会社
 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地
 (74) 代理人 100104318
 弁理士 深井 敏和
 (72) 発明者 吉村 健一
 鹿児島県霧島市国分山下町1番4号京セラ
 株式会社総合研究所内
 (72) 発明者 西村 道明
 鹿児島県霧島市国分山下町1番4号京セラ
 株式会社総合研究所内

審査官 河合 俊英

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電トランス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

両主面の形状が長方形状である圧電基板と、該圧電基板の両主面に形成された入力側電極および出力側電極とを具備して構成され、出力部と、該出力部の両側の第1入力部および第2入力部とを有する圧電トランスであって、

前記出力部は、前記圧電基板の両主面のうちその長さ方向中央部に前記出力側電極を形成して構成されており、

前記第1入力部および前記第2入力部は、前記圧電基板の両主面のうちその長さ方向両端部に入力側電極をそれぞれ形成して構成されており、

前記第1入力部および前記第2入力部の各入力側電極は、前記圧電基板の両主面に互い
 に対向して形成され、かつ互いに対向して形成された前記入力側電極のうち少なくとも一
 方が、前記第1入力部および前記第2入力部における前記圧電基板の主面の面積よりも小
 さい部分電極であり、

互いに対向して形成された前記入力側電極のうち少なくとも一方が、前記第1入力部お
 よび前記第2入力部における前記圧電基板の主面中央部に配置された中央電極および前記
 主面の端部に配置された端部電極を具備してなることを特徴とする圧電トランス。

【請求項 2】

前記中央電極と前記端部電極とが電極材料で連結されていることを特徴とする請求項 1
 に記載の圧電トランス。

【請求項 3】

10

20

前記出力部における前記圧電基板内には、複数の出力側電極が厚み方向に所定間隔を置いて形成されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の圧電トランス。

【請求項 4】

互いに対向して形成された前記入力側電極がいずれも前記部分電極であることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のうちのいずれかに記載の圧電トランス。

【請求項 5】

前記圧電基板の周縁に切り欠き部が形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のうちのいずれかに記載の圧電トランス。

【請求項 6】

前記第 1 入力部および前記第 2 入力部における前記圧電基板の主面の幅方向両端部と、前記出力部の出力側電極の幅方向中央部とが、他部材に取り付けるための保持部とされていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のうちいずれかに記載の圧電トランス。

10

【請求項 7】

前記第 1 入力部および前記第 2 入力部における前記保持部に電極が形成されており、前記入力側電極が前記保持部まで引き延ばされていることを特徴とする請求項 6 に記載の圧電トランス。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載の圧電トランスを複数有するとともに、前記複数の圧電トランスの前記第 1 入力部および前記第 2 入力部における前記入力側電極がそれぞれ直列に接続され、前記複数の圧電トランスの前記出力部における前記出力側電極が並列に引き出されていることを特徴とする圧電トランス装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は圧電トランスに関し、特に、各種電子機器に用いられる A C アダプタや D C - D C コンバータ、およびノートパソコン、携帯用端末等に使用される液晶ディスプレイ用のバックライト冷陰極管のインバータ等に用いられる圧電トランスに関する。

【背景技術】

【0002】

従来のスイッチング電源では、変圧器として電磁誘導を原理とする電磁トランスを用いるが、高周波下での電磁トランスは、ヒステリシス損、渦電流損および表皮効果による損失が増大するという問題があった。さらに、電磁トランス自身の小型化、薄型化は、巻線の極細線多数巻による銅損、磁気結合の低下および漏れ磁束の増加を招き、いずれも電源回路の効率を大きく下げる原因となっていた。さらにまた、巻線による電磁ノイズの発生などの問題があった。

30

【0003】

そこで、近年では圧電トランスが開発されている。このような圧電トランスとして、両主面が長方形の圧電基板の長さ方向に、入力部、出力部、入力部を順次形成し、前記入力部における圧電基板内に、一対の入力部用内部電極層を厚み方向に所定間隔を置いて設けるとともに、前記出力部における圧電基板内に、3 以上の出力部用内部電極層を厚み方向に所定間隔を置いて設けたものが知られている（特許文献 1、2 参照）。

40

【0004】

【特許文献 1】特開 2 0 0 1 - 1 8 5 7 7 5 号公報

【特許文献 2】特開 2 0 0 2 - 2 8 9 9 3 7 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献 1、2 に記載の圧電トランスでは、入力部における圧電基板の両主面に、入力部における圧電基板の主面とほぼ同じ面積の全面電極からなる一対の入力側電極が設けられており、入力部における容量が大きく、このため、圧電トランスの入力

50

側に接続される駆動回路とのインピーダンスの整合をとりにくいという問題があった。

【 0 0 0 6 】

本発明の目的は、入力部の容量を小さくでき、入力側の駆動回路とのインピーダンスマッチングをとることができる圧電トランスを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

本発明の圧電トランスは、両主面の形状が長方形形状である圧電基板と、該圧電基板の両主面に形成された入力側電極および出力側電極とを具備して構成され、出力部と、該出力部の両側の第1入力部および第2入力部とを有する。前記出力部は、前記圧電基板の両主面のうちその長さ方向中央部に前記出力側電極を形成して構成されている。前記第1入力部および前記第2入力部は、前記圧電基板の両主面のうちその長さ方向両端部に入力側電極をそれぞれ形成して構成されている。前記第1入力部および前記第2入力部の各入力側電極は、前記圧電基板の両主面に互いに対向して形成され、かつ互いに対向して形成された前記入力側電極のうち少なくとも一方が、前記第1入力部および前記第2入力部における前記圧電基板の主面の面積よりも小さい部分電極である。

10

特に本発明の圧電トランスでは、前記対向して形成された前記入力側電極のうち少なくとも一方が、前記第1入力部および前記第2入力部における前記圧電基板の主面の中央部に配置された部分電極であるのが好ましい。

【 0 0 0 8 】

このような圧電トランスでは、一对の対向する入力側電極のうち少なくとも一方が、大きなひずみが発生する、入力部における圧電基板の主面の中央部に設けられた部分電極である。そのため、効率を大きく低下させることなく、入力部の入力側電極間に生じる容量を小さくすることができる。また、入力部の入力側電極間に生じる容量は、入力部における圧電基板の主面の中央部に設けられた部分電極の面積により制御することができ、種々のインピーダンスを有する駆動回路に整合させることが可能となる。

20

【 0 0 0 9 】

即ち、第1、第2入力部における圧電基板の主面の中央部は、大きな歪みが生じる部分であり、この部分に部分電極からなる入力側電極が設けられるため、効率を大きく低下させることなく、容量を小さくすることができ、また、大きな歪みが生じる部分の範囲内で入力側電極の面積を調整することにより、効率を大きく低下させることなく、入力側電極間の容量を調整でき、種々のインピーダンスを有する駆動回路に整合させることが可能となる。

30

【 0 0 1 0 】

前記出力部における前記圧電基板内には、複数の出力側電極が厚み方向に所定間隔をおいて形成されているのがよい。このような圧電トランスでは、昇圧比を制御することができる。

【 0 0 1 1 】

対向して形成された前記入力側電極は、いずれも前記部分電極であるのがよい。このような圧電トランスでは、圧電基板の両主面に部分電極が形成されているため、同一形状の部分電極を形成することが可能となり、圧電基板の両主面の電極が対称で無いことに起因して生じる屈曲振動のような不要振動の発生を抑制することができる。これにより、不要振動によるスプリアスの影響を受けにくい圧電トランスを得ることができる。なお、製造容易という観点から、入力側電極の一方は全面電極であってもよい。

40

【 0 0 1 2 】

本発明の圧電トランスでは、前記長方形形状の圧電基板の周縁に切り欠き部が形成されているのがよい。このような圧電トランスでは、圧電トランスとして使用する周波数近傍に発生する不要な振動モードの周波数を低周波側または高周波側へ移動させることが可能になり、トランスとして使用できる帯域幅を広げることができると共に、不要振動に起因する効率の低下を抑制することができる。

【 0 0 1 3 】

50

互いに対向して形成された前記入力側電極のうち少なくとも一方が、前記第1入力部および前記第2入力部における前記圧電基板の主面中央部に配置された中央電極および前記主面の端部に配置された端部電極を具備しているのがよい。このような圧電トランスでは、容量は増加するものの、振動ひずみの大きな圧電基板の端部に配置された端部電極を設けている為に、中央部のみに電極を配置した場合に比べて、効率を更に向上することが可能になる。

【0014】

前記中央電極と前記端部電極とが電極材料で連結されているのがよい。このような圧電トランスでは、中央電極と端部電極とが電氣的に接続され、中央電極と端部電極のそれぞれに電力を入力する必要がない。

10

【0015】

前記第1入力部および前記第2入力部における前記圧電基板の主面の幅方向両端部と、前記出力部の出力側電極の幅方向中央部とが、他部材に取り付けるための保持部とされているのがよい。このような圧電トランスでは、圧電トランスとして使用する振動を阻害することを抑制できる為に、効率の劣化を小さくして、圧電トランスをケース等の基板に支持固定することができる。

【0016】

前記第1入力部および前記第2入力部における前記保持部に電極が形成されており、前記入力側電極が前記保持部まで引き延ばされているのがよい。このような圧電トランスでは、保持部を介して電力を入力することができる。

20

【0017】

また、本発明の圧電トランス装置は、上記の圧電トランスを複数有するとともに、前記複数の圧電トランスの前記第1入力部および前記第2入力部における前記入力側電極がそれぞれ直列に接続され、前記複数の圧電トランスの前記出力部における前記出力側電極が並列に引き出されている。このような圧電トランス装置では、効率を大きく低下させることなく、入力側電極を直列に接続して入力側電極間の容量を低減でき、種々のインピーダンスを有する駆動回路に整合させることが可能となる。また、複数個の圧電トランスからの出力が得られる為に、一つの圧電トランスでは得られない電力を得ることができる。

【発明の効果】

【0018】

30

本発明の圧電トランスでは、上下の入力側電極のうち少なくとも一方が、大きなひずみが発生する部分に設けられた部分電極、例えば、入力部における圧電基板の主面の中央部に設けられた部分電極であるため、効率を大きく低下させることなく、入力部の入力側電極間に生じる容量を小さくすることができるとともに、効率を大きく低下させない部分の範囲内で入力側電極の面積を変更することにより、入力部の入力側電極間に生じる容量を制御することができる。

【0019】

本発明の圧電トランス装置は、圧電トランスを複数有するとともに、前記複数の圧電トランスの前記第1入力部および前記第2入力部における前記入力側電極がそれぞれ直列に接続され、前記複数の圧電トランスの前記出力部における前記出力側電極が並列に引き出されている為に、効率を大きく低下させることなく、入力側電極を直列に接続して入力側電極間の容量を低減でき、種々のインピーダンスを有する駆動回路に整合させることが可能となる。また、複数個の圧電トランスからの出力が得られる為に、一つの圧電トランスでは得られない大きな電力を得ることができる。

40

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の単板型圧電トランスの一実施形態を示す斜視図である。

【図2】本発明の圧電トランスにおける電極形状を示す平面図である。

【図3】本発明の圧電トランスの振動モードを示す図である。

【図4】本発明の積層型圧電トランスの一実施形態を模式的に示す斜視図である。

50

【図 5】図 4 の積層型圧電トランスの製造方法を説明する為の説明図である。

【図 6】DC - DC コンバータの一例を示す説明図である。

【図 7】本発明の他の実施形態を示す斜視図である。

【図 8】コンピュータシミュレーションに用いた圧電トランスの有限要素メッシュモデル (1 / 4 対称モデル) を示す図である。

【図 9 (S O)】～

【図 9 (S 8)】コンピュータシミュレーションで解析を行った解析モデルの入力電極形状を示す図である。

【図 10 A】コンピュータシミュレーションの解析結果図である。

【図 10 B】コンピュータシミュレーションの解析結果図である。

【図 11】入力部が全面電極の圧電トランスに関してコンピュータシミュレーションで求めたひずみ S_{xx} 分布を示す図である。

【図 12】入力部が全面電極の圧電トランスに関してコンピュータシミュレーションで求めた変位分布を示す図である。

【図 13 a】～

【図 13 f】部分電極が形成された圧電基板の周縁に切り欠き部を形成した解析モデル図とその解析結果を示すグラフである。

【図 14】本発明に係る 2 個の圧電トランスを接続した圧電トランス装置の回路図である。

【図 15】複数の圧電トランスを図 14 に示すように接続した圧電トランス装置の解析結果を示すグラフである。

【図 16】中央電極および端部電極を具備した本発明に係る圧電トランスの一例を示す平面図である。

【図 17】中央電極、端部電極、およびこれらを連結する電極材料を具備した本発明に係る圧電トランスの一例を示す平面図である。

【図 18】保持部を設けた本発明に係る圧電トランスの一例を示す平面図である。

【図 19】入力側電極から引き伸ばされた電極が形成されている保持部を設けた本発明に係る圧電トランスの他の例を示す平面図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

本発明の単板型の圧電トランスは、図 1 に示すように、圧電基板 11 の長さ方向 x に、順次第 1 入力部 A 1、出力部 B 1、第 2 入力部 C 1 を有している。圧電基板 11 の主面は、長さ L 、幅 W の長方形とされている。

【0022】

これらの第 1 入力部 A 1、出力部 B 1、第 2 入力部 C 1 における圧電基板 11 の上側の主面には、入力側電極 12、出力側電極 14、入力側電極 13 がそれぞれ形成されており、これらの電極 12、13、14 は、圧電基板 11 の長さ方向に所定間隔を置いて形成されている。

【0023】

また、圧電基板 11 の下側の主面には、入力側電極 15、出力側電極 17、入力側電極 16 が、圧電基板 11 の長さ方向に所定間隔を置いてそれぞれ形成されている。

出力部 B 1 は、出力側電極 14、17 と、出力側電極 14、17 間の圧電基板 11 の部分からなり、入力部 A 1、C 1 は出力部 B 1 の両側の部分とされている。

【0024】

即ち、第 1 入力部 A 1 は、圧電基板 11 の左側両主面に、対向する一対の入力側電極 12、15 を形成して構成され、出力部 B 1 は、圧電基板 11 の中央部両主面に、対向する一対の出力側電極 14、17 を形成して構成され、第 2 入力部 C 1 は、圧電基板 11 の右側両主面に、対向する一対の入力側電極 13、16 を形成して構成され、電極 14、17 は、一辺が圧電基板 11 の主面の幅 W と同一長さとなされ、他辺は主面の長さ方向に $L/2$ の長さとなされ、出力側電極 14、17 は矩形状の全面電極とされている。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 5 】

そして、本発明では、入力側電極 1 2、1 5 が、第 1 入力部 A 1 における圧電基板の両主面の中央部に設けられた部分電極とされ、入力側電極 1 3、1 6 が、第 2 入力部 C 1 における圧電基板の両主面の中央部に設けられた部分電極とされている。入力側電極 1 2、1 5 は、第 1 入力部 A 1 における圧電基板 1 1 の主面の面積よりも小さく、入力側電極 1 3、1 6 は、第 2 入力部 C 1 における圧電基板の主面の面積よりも小さい面積を有している。

即ち、従来の入力側、出力側電極がいずれも全面電極の場合には、入力側と出力側の導通を阻止するため、一定のギャップが形成され、入力部は、出力部とギャップ部を除いた部分とされて、その部分における圧電基板の主面全面に入力側電極が形成されていた。これに対して、本発明では、出力部 B 1 の両側の部分が入力部 A 1、C 1 とされ、これらの入力部 A 1、C 1 における主面の一部に、入力側電極 1 2、1 5、1 3、1 6 が形成されている。入力側電極 1 2、1 5、1 3、1 6 は、入力部 A 1、C 1 における圧電基板の主面（同一面積）に対して、60%以下の面積を有していることが望ましい。圧電トランスの駆動回路とのマッチングをとるために、圧電トランスの入力部の静電容量が決まり、その静電容量から、入力部 A 1、C 1 における圧電基板の主面に対する入力側電極 1 2、1 5、1 3、1 6 の面積比が決定される。

【 0 0 2 6 】

本発明の圧電トランスでは、入力部 A 1、C 1 における圧電基板 1 1 の主面の中央部に大きな歪みが生じるように振動するが、図 2 に示すように、その大きな歪みが生じる部分に円形状の入力側電極 1 2、1 5、1 3、1 6 が設けられている。入力側電極 1 2、1 5 は同一形状同一寸法であり、圧電基板 1 1 の上方から見ると重畳している。入力側電極 1 3、1 6 についても同様である。

【 0 0 2 7 】

圧電基板 1 1 には、正の歪み（引張方向の歪み）が生じる部分と、負の歪み（圧縮方向の歪み）が生じる部分があるが、入力側電極 1 2、1 5、1 3、1 6 の寸法は、効率を高めるという観点から、同じ符号で大きな歪みが生じる部分、例えば正の歪み（引張方向の歪み）が生じる部分にのみ、入力側電極 1 2、1 5、1 3、1 6 を形成することが望ましい。従って、形状については、円形状としたが、楕円形状にしてもよく、さらに、四角形状としても良い。

【 0 0 2 8 】

即ち、一般に、駆動回路とのインピーダンスの整合をとるためには、圧電トランスの入力側の静電容量で決まるインピーダンスを調整する必要がある。しかしながら、種々の駆動回路が存在しており、それらの駆動回路とのインピーダンスの整合をとるためには、圧電トランスの入力側の静電容量をコントロールできることが望ましい。

インピーダンスの整合をとるために、圧電トランスの入力側の容量を大きくしたい場合は、入力側の圧電磁器を厚み方向に積層した構造とすることで容量を大きくすることが可能である。

一方、従来、特許文献 1、2 に記載されるように、効率を高めるという点から、入力部における圧電基板の両主面に、全面電極からなる一対の入力側電極を設けるという発想はなく、入力部における容量が大きく、かつ一定であったため、圧電トランスの入力側に接続される駆動回路とのインピーダンスの整合をとりにくい。

これに対して、本発明では、1/4対称モデル図である図 1 1 に示すように、入力部における圧電基板の主面の中央部 C は、大きな歪みが生じる部分である。従って、この部分に部分電極からなる入力側電極 1 2、1 5、1 3、1 6 が設けられている。これにより、効率を大きく低下させることなく、容量を小さくすることができ、また、大きな歪みが生じる部分の範囲内で入力側電極 1 2、1 5、1 3、1 6 の面積を調整することにより、効率を大きく低下させることなく、種々のインピーダンスを有する駆動回路に整合させることが可能となる。なお、図 1 1 において、例えば「E-04」とは $\times 10^{-4}$ であることを意味している。図 1 2 も同様である。

10

20

30

40

50

【0029】

本発明の圧電トランスでは、圧電基板11の主面の長さLと幅Wの比(L/W)が1.1~1.4であり、かつ圧電基板11の主面の長さLと駆動周波数Fとの積($F \times L$)が4700~6000kHz・mmとされている。圧電基板11の主面の長さLと幅Wの比(L/W)を1.1~1.4とすることにより、高いエネルギー変換効率を有することができる。

【0030】

本発明では、圧電基板11の主面の長さLと幅Wの比(L/W)を1.1~1.4とし、かつ圧電基板11の主面の長さLと駆動周波数Fとの積($F \times L$)を4700~6000kHz・mmとすることにより、図3に示すように、圧電基板11の長さ方向xに振動する基本波が主体となるが、幅方向振動も加わった複合モードの振動が圧電基板11に発生し、中央部に形成された出力部B1においてもっとも大きな振動を生じさせることができ、幅方向に最も励振する振動を用いた場合よりも、出力部に誘発される電荷量が多くなり、高出力電力を得ることができる。

10

【0031】

圧電基板11の主面の長さLと駆動周波数Fとの積($F \times L$)は、高出力電力が得られるという点から4700~6000kHz・mmとされている。従って、高出力電力かつ高効率を得るためには、 L/W を1.1~1.4とし、 $F \times L$ を4700~6000kHz・mmとされている。

【0032】

従って、本発明では、上記した構造で、駆動周波数Fと主面の長さLとの積($F \times L$)を所定範囲に設定することにより、高いエネルギー変換効率を有し、かつ高入力電圧において用いることができる、高出力電力かつ高効率の圧電トランスを実現できる。

20

【0033】

本発明者らは、本発明の圧電トランスの振動解析を、有限要素法を用いたコンピュータシミュレーションにて行なった。解析条件としては、圧電材料としてチタン酸ジルコン酸鉛(以下PZT)系を想定し、図1の圧電トランス形状において、出力側電極を全面電極とし、入力側電極を部分電極とし、圧電基板11の長さ $L = 32.80$ mm、幅 $W = 25.5$ mm、厚み $t = 3.0$ mmとした。第1及び第2入力部に同振幅、同位相の電圧を与え、圧電基板の変位量の分布を求めた。

30

【0034】

図3に駆動周波数Fを159kHz($F \times L = 5215.2$ kHz・mm)とした圧電トランスの変位分布を示した。本発明の圧電トランスでは、変位分布を示す図3からわかるように、出力部に大きな変位が得られ、高い出力電力と高い効率が得られることが判る。

【0035】

即ち、圧電トランスのエネルギー伝達は、圧電基板11の振動によって行なわれるものであるから、同形状の圧電基板11では、同振幅の入力電圧にて変位量が多いものほど、出力部B1に誘発される電荷量が多くなるため、圧電基板11の中央部の変位量が多い図3の場合には、大出力電力が得られ、高い効率が得られることが判る。

40

【0036】

本発明の圧電トランスは、例えば、セラミックスからなる圧電基板11に、電極12~17を形成した後、120のシリコンオイル中にて、圧電基板11の上面の3個の電極12、13、14と、圧電基板11の下面の3個の電極15、16、17の間に直流電圧を印加して、約30分間分極処理することにより得られる。

【0037】

電極12~17は、例えば、Ag粉末とガラスからなるペーストをスクリーン印刷した後、焼成して形成してもよい。また、蒸着、スパッタ等の手法を用いて形成しても良い。また、Ag以外の導電性材料を用いても良い。

【0038】

50

一方、整合インピーダンスとなる負荷抵抗 R_L' は、駆動周波数を F 、出力側静電容量を C_{d2} とすると、 $R_L' = 1 / (2\pi F C_{d2})$ で決定される。本発明の圧電トランスでは、出力側の静電容量を容易に大きく出来るため、低インピーダンスにおいてインピーダンス整合がとれ、高出力電力及び高効率となる。

【0039】

圧電トランスの電圧変換は、入力側電極間に交流電圧を印加することで生じた機械振動を用いて、強制的に出力側電極間を機械振動させて、再び出力側電極間で交流電圧を取り出す。

【0040】

本発明の圧電トランスでは、分極方向が圧電基板の主面に対して垂直に構成され、入力部では圧電トランス基板面内の振動を励振させて出力部に振動を伝搬し、出力部では伝搬された振動を電荷へ変換する。このことから、本発明の圧電トランスに好適に用いられる材料としては、圧電定数 d_{31} の大きな材料が望まれる。そのような材料として、例えば、PZT系の圧電セラミック材料が望ましい。

【0041】

上記圧電トランスを、スイッチング電源回路用トランスとして用いると、ある一定の周波数変動幅に対して効率が低下しない回路を作製できる。また、この特性を利用し、動作周波数を変えることで、効率が低下せずに目標とする出力電力が得られる回路を作製できる。

【0042】

図4は、本発明の積層型圧電トランスを示すものである。この積層型圧電トランスは、主面が長さ L 、幅 W の長方形の圧電基板21に、その長さ方向に沿って、第1入力部A2、出力部B2、第2入力部C2が順次形成されている。

【0043】

これらの第1入力部A2、出力部B2、第2入力部C2における圧電基板21の上側の主面には、入力側電極22a、出力側電極24a、入力側電極23aがそれぞれ形成されており、これらの電極22a、23a、24aは、圧電基板21の長さ方向 x に所定間隔を置いて形成されている。

【0044】

また、圧電基板21の下側の主面には、入力側電極22b、出力側電極24j、入力側電極23bが、圧電基板21の長さ方向に所定間隔を置いてそれぞれ形成されている。この形態では、出力部B2における圧電基板21の内部には、出力側電極24b～24iが形成されている。

【0045】

入力側電極22a、22bは同一寸法とされ、出力側電極24a～24jは同一寸法とされ、入力側電極23a、23bは同一寸法とされている。

【0046】

この形態でも、入力側電極22a、22bが、第1入力部A2における圧電基板の両主面の中央部に対向して設けられた部分電極とされ、入力側電極23a、23bが、第2入力部C2における圧電基板の両主面の中央部に対向して設けられた部分電極とされている。即ち、入力部A2、C2における圧電基板の主面の中央部は、大きな歪みが生じる部分であり、この部分に部分電極からなる円形状の入力側電極22a、22b、23a、23bが設けられている。出力側電極24a～24jは一对の外部電極25b1、25b2により交互に接続されている。

【0047】

そして、この圧電トランスにおいても、図1に示す圧電トランスと同様に、圧電基板21の主面の長さ L と幅 W の比 (L/W) が $1.1 \sim 1.4$ であり、かつ圧電基板21の主面の長さ L と駆動周波数 F との積 ($F \times L$) が $4700 \sim 6000 \text{ kHz} \cdot \text{mm}$ とされている。

【0048】

10

20

30

40

50

このような積層型圧電トランスでは、図 1 に示す圧電トランスと同様の効果を得ることができるが、さらに出力側電極の面積を増加できるため、同じ長さを持つ単板型圧電トランスに比べて出力電流を大きく取ることができる。

【 0 0 4 9 】

また、積層型圧電トランスにおけるインピーダンス整合となる負荷抵抗 R_L' は、単板型圧電トランスと比べて、出力側静電容量 C_d2 を大きく取ることができるため、より低インピーダンスにおいてインピーダンス整合をとることが可能である。

【 0 0 5 0 】

また、圧電トランスにおける電圧の昇降圧比 ($= V_2 / V_1$) は、入力側静電容量を C_{d1} とすると、 $V_2 / V_1 = (C_{d1} / C_{d2})^{1/2}$ となることから、圧電トランスを積層することで C_{d1} 、 C_{d2} を制御し、昇降圧比を任意に設定することができる。即ち、本発明の圧電トランスは、昇降圧比を任意に決定することで、昇降圧コンバータもしくは昇降圧インバータに好適に用いることができる。

【 0 0 5 1 】

このような積層型圧電トランスの製造方法について説明する。所望の組成にて混合された P Z T 系圧電セラミックを、900 ~ 1100 で仮焼成する。この仮焼成粉を粉碎し、バインダー、可塑材等を添加し、有機溶剤中に分散させてスラリーを作製する。得られたスラリーをドクターブレード法などを用いて、所望の厚さのセラミックグリーンシートとする。

【 0 0 5 2 】

このセラミックグリーンシートの片面に、例えば Ag - Pd ペーストのような高耐熱性の導電ペーストをスクリーン印刷する。この場合に、図 5 に示すように、入力側電極となるパターン 36 と出力側電極となるパターン 37 が形成されたグリーンシート 31 と、出力側電極となるパターン 37 のみが形成されたグリーンシート 32 を作製し、これらを図 5 に示すように積層し、最上層に電極パターンが形成されていないグリーンシートを積層し、これを熱間プレスにより連結し、一体化させ、400 ~ 500 で加熱して脱脂を行った後、1100 ~ 1300 で焼結する。尚、図 5 には、一部のグリーンシートのみ記載した。

【 0 0 5 3 】

次に、焼結体の上下面に入力側電極、出力側電極となるガラスを含有する導電ペーストを塗布し、焼結体の両側面に外部電極となるガラスを含有する導電ペーストを塗布し、焼き付け、圧電トランスを作製する。出力側電極 24 a ~ 24 j は一対の外部電極 25 b 1、25 b 2 により一層毎に交互に接続されている。即ち、入力側電極および出力側電極は、積層型コンデンサや積層型圧電アクチュエータのような構造であり、内部電極が一対の外部電極に一層おきに接続されている。

【 0 0 5 4 】

さらに、積層体を 120 のシリコンオイル中にて、入力側電極 22 a、22 b、23 a、23 b 及び出力側電極 24 a ~ 24 j に、各々直流電圧を印加して、約 30 分間分極処理することにより、積層型圧電トランスを得る。

【 0 0 5 5 】

次に、本発明の圧電トランスを用いた DC - DC コンバータからなる電源装置を説明する。この DC - DC コンバータは、直流電源電圧を高周波の交流信号に変換するとともに、トランスへの入力電圧を制御するスイッチ部と、該高周波交流信号を昇降圧する圧電トランスと、変圧された高周波信号を直流の出力電圧に変換する整流回路と、出力電圧を検出する電圧検出部と、電圧検出部の出力に応じスイッチ部の開閉を制御する制御部とを具備するものである。図 6 にその一例を示す。

【 0 0 5 6 】

制御部は、スイッチ部の開閉時間を変化させることにより、圧電トランスの駆動周波数 F を変化させ、主面の長さ L と駆動周波数 F の積が $4700 \sim 6000 \text{ kHz} \cdot \text{mm}$ となるように変化させるものである。もしくは $4700 \text{ kHz} \cdot \text{mm} \leq F \times L \leq 6000 \text{ kHz}$

10

20

30

40

50

z・mmの範囲でかつスイッチ開閉時間の時比率をも変化させるものである。スイッチ部では、高効率化のためにスイッチでの損失を抑えるべく、ソフトスイッチングの技術を導入することが望ましい。

【0057】

尚、図7(a),(b)に示すように、圧電基板の上面の入力側電極12、13、22a、23aと、下面の入力側電極91、92、93、94との電極形状を異ならせ、上側の入力側電極12、13、22a、23aの面積を、下側の入力側電極91、92、93、94の面積よりも小さくすることができる。

【0058】

本発明の別の形態の圧電トランスでは、図13(b-1)~図13(f-1)に示すように、長形状の圧電基板11の外周部に切り欠き部30を形成する。なお、図13(a-1)~図13(f-1)は、後述する図8と同様な1/4対称モデルを示しており、図2におけるxy方向の矢印で囲まれる右上部分の領域をモデル化(1/4対称モデル)して解析した。従って、このモデルでは、部分電極13は片側半分のみが示されている。

【0059】

長形状の圧電トランスの長辺部や短辺部に2箇所ないし8箇所の切り欠き部30を形成することによって、不要な振動モードに起因した効率が極端に低下する周波数を、使用する周波数帯から遠ざけることが可能になる。その結果、不要な振動モードに起因した効率が極端に低下する周波数を低周波側へ移動でき、効率が高くなる周波数の帯域を広げることが可能になる。なお、切り欠き部30を設ける際は、圧電トランス素子の1/4対称性を保つように形成することが望ましい。

図13では、切り欠き部30はいずれも長形状としているが、半円状や、半楕円形状でも良い。切り欠き部を形成するには、ダイシングソーやワイヤソーなどを利用して加工すればよい。

【0060】

本発明の更に別の形態の圧電トランスでは、対向して形成された入力側電極のうち少なくとも一方が、第1入力部および第2入力部における圧電基板の主面の中央部に配置された中央電極と、該中央電極の圧電基板の幅方向両側に設けられた端部電極とを具備してなる。更に、中央電極と幅方向の端部電極とが電極材料で連結されていても良い。

具体的には、図9(S6)、およびこのモデルの具体的な形態である図16に示すように、中央電極31だけでなく、幅方向の両端に島状の電極32を設けても良い。図9(S6)では、中央電極31も両端の島状の電極32も図11のひずみ S_{xx} (x方向のひずみ)が大きい部分に形成している。FEMシミュレーションのひずみ分布と許容される静電容量に応じて、電極面積を決定すればよい。

【0061】

通常、第1入力部および第2入力部における圧電基板の主面に対する部分電極の面積比は、60%以下、特には5~60%であるのがよく、20~50%であるのが好ましい。なお、上記面積比がこれを下回る場合であっても、前記した切り欠き部30を形成することによって不要な振動モードに起因した効率が極端に低下する周波数を低周波側へ移動でき、効率が高くなる周波数の帯域を広げることが可能になる。

【0062】

また、更には、図9(S7)に示すように中央電極33と幅方向の両端の島状の端部電極34とを電極材料35で電氣的に接続する部分を形成しても良い。許容される静電容量が大きい場合は、図9(S8)、およびこのモデルの具体的な形態である図17に示すように中央電極33'、端部電極34'および電極材料35'の電極面積を広げることにも可能である。図9(S7),(S8)に示すように中央電極と端部電極が連結される場合においては、それぞれの電極に別途電氣的な接続を取る為の配線が不要となり便利である。

【0063】

本発明の圧電トランスを圧電トランス装置のケースに実装したり、直接マザーボード等に実装する際は、圧電トランスの振動変位の小さい部分を半田や接着剤等で固定したり、

10

20

30

40

50

圧電基板の両主面をバネ性を有する金具等で挟持すればよい。その際、図12、およびこのモデルの具体的な形態である図18に示すように、圧電トランスの振動変位の小さい5箇所を保持部40、41として、この保持部40、41で圧電トランスを図示しない他部材に保持固定すれば、振動を大きく阻害することなく保持することが可能である。素子の出力部中央の1箇所（保持部40）と入力部の4箇所（保持部41）の合計5箇所を保持固定することで、対称性が保たれ、安定して固定できることになる。入力部の固定において、他部材に電極が形成されている場合は半田や導電性接着剤等を利用し、電極が形成されていない場合は、絶縁性の接着剤を利用することが望ましい。

【0064】

また、保持固定する部分に島状の電極（図示せず）を形成し、図19に示すように入力部A1、C1の入力側部分電極12,13をその島状の電極まで引き延ばしておけば、半田等で基板の電極パターン上に固定することで、振動を大きく阻害することなく、他部材に保持できるとともに、他部材との導通を取ることが可能になる。

【0065】

本発明の圧電トランス装置は、複数の圧電素子を電氣的に接続して構成される。図14に圧電トランスの回路図を示す。図14では、2個の圧電トランス素子Tr1、Tr2を電氣的に接続した状態を示すものであるが、3個以上の場合も同様に接続すればよい。入力電圧に対して、複数の圧電トランスTr1、Tr2・・・の入力部を直列に接続する。一方、出力においては、負荷抵抗に対して複数の圧電トランス素子Tr1、Tr2・・・の出力部を並列に接続する。具体的には、入力側の回路から圧電トランスTr1の表側の2つの入力側電極に入力する。そして、圧電トランスTr1の裏側の入力電極から、圧電トランスTr2の表側の2つの入力電極に接続する。そして、圧電トランスTr2の裏側の2つの入力電極は入力側のグランドに設置する。一方出力部においては、2つの圧電トランスTr1、Tr2の表側の出力電極を負荷抵抗の正極側（RLの上側）に接続し、2つの圧電トランスTr1、Tr2の裏側の出力電極を負荷抵抗の負極側（RLの下側）に接続すればよい。この様に入力部を直列接続、出力部を並列接続することにより、入力側の静電容量を $1/N$ （ただし、Nは圧電トランスの数を示す。）に低減することが可能になる。この接続法は、入力側、出力側電極が全面電極の場合についても用いることができる。

【0066】

以下、実施例を挙げて本発明の圧電トランスを詳細に説明するが、本発明の圧電トランスは以下の実施例に限定されるものではない。

【実施例1】

【0067】

本発明の圧電トランスについて有限要素法を用いたコンピュータシミュレーションを行った。

【0068】

圧電トランスの材料として、 $Pb(Ti, Zr)O_3$ 系圧電材料を想定しており、シミュレーションでは、圧電定数 $d_{31} = -125 pC/m$ とし、比誘電率 $\epsilon_r = 1420$ 、 $Q_m = 1000$ として計算を行った。

【0069】

図8に、シミュレーションに用いた有限要素モデルのメッシュ分割図を示す。シミュレーションにおいては、圧電トランスの対称性を考慮し、図2に示すように、同図の右上部分について、 $1/4$ 対称モデルを用いてシミュレーションを行った。図8において、符号42は $1/4$ 対称面を示している。

【0070】

圧電トランスの寸法は、長さ $L = 31.5 mm$ 、幅 $W = 26.0 mm$ 、圧電基板の厚み $T = 2.1 mm$ とした。また、入力部の長さ $L_{in} = 10.5 mm$ 、出力部の長さ $L_{out} = 10.5 mm$ とし、入力部、出力部は単板とした。入力部、出力部の圧電磁器の分極方向はいずれも厚さ方向上向きとした。

【 0 0 7 1 】

シミュレーションにおいては、図 6 に示すように、入力部 A 1、C 1 に直接、交流電圧を印加し、出力側電極 1 4、1 7 間には負荷抵抗を接続して計算を行った。今回の計算においては、 $RL = 750 \Omega$ の負荷抵抗を接続して計算して、 $150 \text{ kHz} \sim 185 \text{ kHz}$ の範囲で周波数を振って計算を行った。

【 0 0 7 2 】

入力電力を P_{in} 、出力電力を P_{out} として、効率を P_{out} / P_{in} により求めた。図 9 に、今回のシミュレーションに用いた入力側電極の形状を示す。電極 1 2、1 3、1 5、1 6 は圧電基板の両主面で同形状とした。図 9 (S 0) が、入力部 C 1 の全面に出力側電極 4 3 を形成した比較例である。図 9 (S S) が本発明の最も望ましい電極形状に相当するモデルである。今回の計算においては、楕円状の領域を考慮してメッシュ分割を行っていない。そこで、ひずみ S_{xx} が大きい領域を覆うように電極を形成した為、1 / 4 対称モデルでは、凸字 (半楕円) の形状の電極となった。図 9 においては、入力部に対する各入力側電極の面積比 (%) を示した。この面積比は、出力部の両側の部分を入力部とし、それらの入力部における圧電基板の主面に対する入力側電極の面積とした。

【 0 0 7 3 】

シミュレーション結果として図 1 0 A、図 1 0 B に、効率の周波数特性を示す。S S (本発明) は、比較例である S 0 に対して入力側の電極面積比が 2 2 . 5 % まで狭くなっているにもかかわらず、効率は高い値を維持したままである。一方、S S よりも電極面積の広い S 3 (面積比 3 0 . 8 %) や S 5 (面積比 3 1 . 6 %) の結果を見ると、S S よりも大きく効率が低下している事が確認できる。一方、S 3、S 5 と同じ電極面積比の S 2 や S 4 の結果をみると、やはり S S よりも効率は低くなっているが、比較的高い効率を維持していることが分かる。圧電トランスの効率は入力側の一概に電極面積比だけで決まるものではなく、電極を形成する位置も重要である事が確認できる。

【 0 0 7 4 】

本発明の圧電トランスで使用している振動モードは、入力部の幅方向の中央部付近が横方向 (圧電トランスの長さ方向) に、大きく伸縮する振動モードである。圧電トランスとして機能させる上では、如何に上記振動モードの振動を励振出来るかが重要となってくる。上記振動を励振するためには、入力部の幅方向中央部付近を大きく横方向にひずませる事が重要であると考えられる。図 1 1 に、S 0 の解析結果としてひずみ S_{xx} 分布をしめすが、ひずみ S_{xx} 分布をみると、入力部の中央部付近に楕円状のひずみ S_{xx} が大きい領域があることが分かる。S S の場合は、この楕円状の領域を覆うように電極を形成した。その結果、電極面積は小さくなったにもかかわらず、高い効率を維持できたと考えられる。また、S 2 や S 4 は比較的ひずみ S_{xx} が大きい領域の近傍に電極が形成されているために高い効率が維持できたと考える。一方、S 3、S 5 の電極は、ひずみ S_{xx} が大きい領域から離れた位置に電極を形成しているためには、電極面積は同程度にも拘らず効率は低下したと考えられる。

【 0 0 7 5 】

そして、S S に比べると電極面積が広がるが、できるだけひずみ S_{xx} の大きな領域を選択して電極を形成した S 6、S 7、S 8 のモデルを作成して解析を行った。入力部の容量として許容できるのであれば、できるだけ広い電極面積となるように電極を形成すれば良いことがわかる。これらの解析結果より、電極面積を縮小する場合は、図 1 1 のひずみ S_{xx} 分布を考慮して電極の配置を決定することが重要であることが理解できる。

【 実施例 2 】

【 0 0 7 6 】

電極面積を S 1 のように約 5 % まで減少すると、ひずみ S_{xx} の大きい領域を選択しているにもかかわらず、効率が低下することが確認できる。特に 170 kHz よりも低周波側の効率のピークが小さくなっていることがわかる。入力回路のインピーダンスマッチングや駆動用 IC 等の制限から、実際には S 1 のような電極で使用せざるを得ない場合には、 175 kHz 近傍の周波数で使用することが望ましいが、 170 kHz 近傍に不要な振動モ

10

20

30

40

50

ードに起因したスプリアスがある為に使用できる帯域が狭くなっている。

【 0 0 7 7 】

そこで、図 1 3 に示すように圧電トランスの周辺部に矩形状の切り欠き部を形成してスプリアスの制御を試みた。図 1 3 に示すように圧電基板の周辺部に 4 箇所の切り欠き部を形成すると、不要振動に起因したスプリアスを低周波側へ移動したり、スプリアスの影響を小さくしたり出来る為に、効率の帯域を広げることが可能になる。図 1 3 (a - 1) は切り欠き部を形成しない場合の解析モデルである。ここでの解析では、電極面積比を 6 . 1 % まで縮小した場合の結果である。図示しないが、1 7 0 k H z 近傍のスプリアスは、圧電トランスとして利用するメインモードの振動モードと同じように面内の振動である為に、圧電トランスの長さ L 、幅 W の比 L / W 比や、出力部 L_2 と入力部 $(L - L_2)$ の比 $L_2 / (L - L_2)$ 等を変更してもメインモードとスプリアスモードの周波数が同じように変化して、帯域を広げる効果は見られなかった。

10

図 1 2 には、全面電極の S 0 の圧電トランスの変位分布を示す。変位の小さい部分を薄い灰色で示し、変位が大きい部分を濃い灰色で示す。この結果より、圧電トランス素子を圧電トランス装置のケース等に固定する場合は、図 1 2 に示した変位の小さい領域 (図の四角形) の 5 箇所を固定すれば、振動への影響を抑制して保持固定できることになる。

【 実施例 3 】

【 0 0 7 8 】

図 1 4 には、複数の圧電トランスを接続して構成した圧電トランス装置の一例として、2 個の圧電トランスを接続した圧電トランス装置の回路図を示す。入力側の接続においては、2 個の圧電トランスの入力部が入力電圧に対して直列になるように接続する。接続する圧電トランスの数を N とすると、入力部の静電容量は、1 個の場合の $1 / N$ に低減できることになる。一方、出力側の接続においては、出力側の負荷に対して、並列接続となるように接続する。この様にすることで、入力電圧は N 倍にする必要があるが、出力電力を N 倍に増加することが可能となる。複数の圧電トランスを重ねて 1 つのブロックにすることも考えられるが、1 つのブロックにすると圧電トランスの厚さが N 倍に増加し、圧電トランスの面内の寸法に比べ厚さだけが増加し、所定の振動モードが実現できなくなる。その為、複数の圧電トランスを回路的に接続することが有効になる。

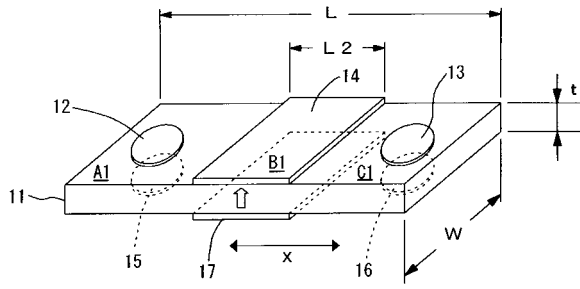
20

図 1 5 は、3 個の圧電トランスを接続した場合のシミュレーション結果を示す。3 素子の場合の計算では、1 素子の場合の 3 倍の入力電圧を印加した。この結果を見ると出力電力は 3 素子の場合、1 素子の場合のほぼ 3 倍の出力電力となることがわかる。1 素子の場合に比べて、3 素子の場合、効率のグラフに不要なスプリアスが生じているが、効率は高い値を維持できていることが確認できる。

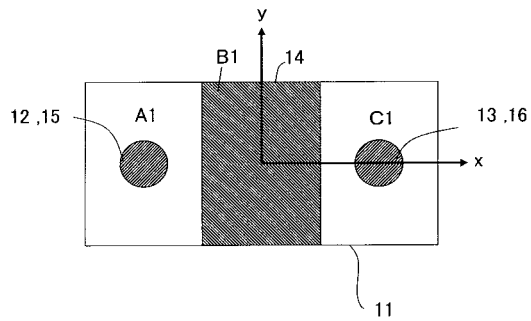
30

以上、本発明の好ましい実施形態を説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されるものではなく、請求の範囲に記載の範囲内で種々の変更や改良が可能である。

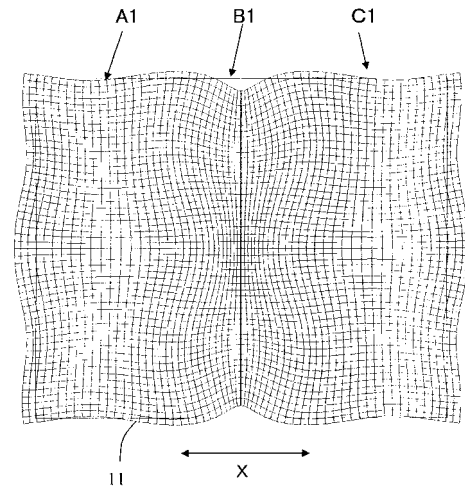
【図 1】



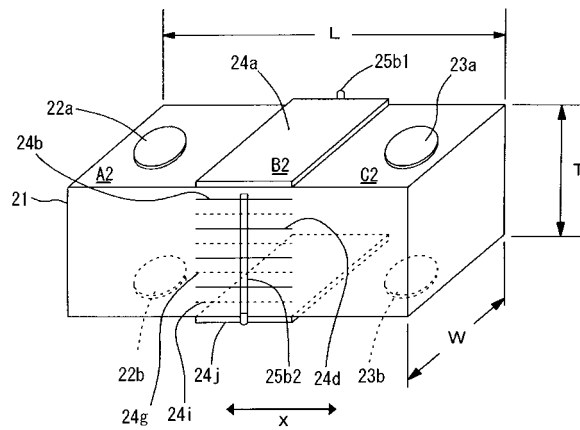
【図 2】



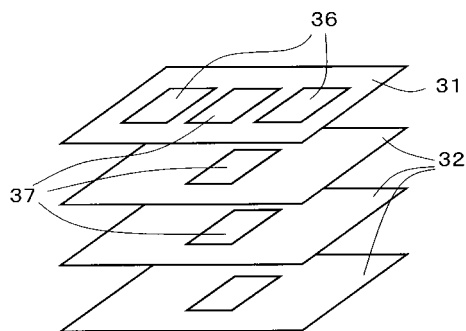
【図 3】



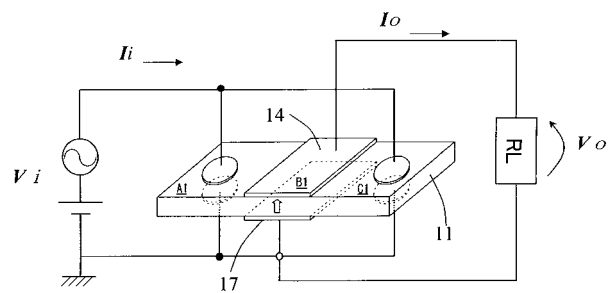
【図 4】



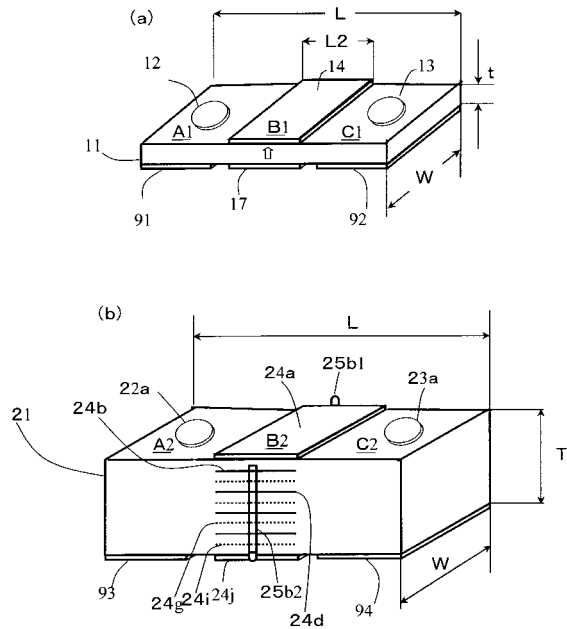
【図 5】



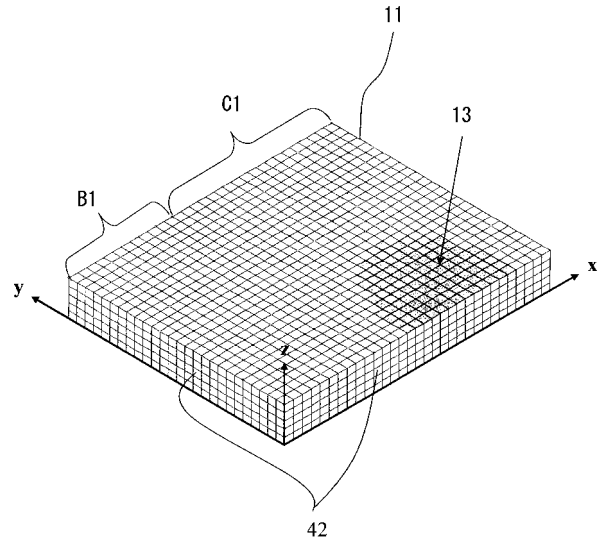
【図 6】



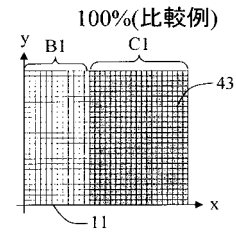
【図 7】



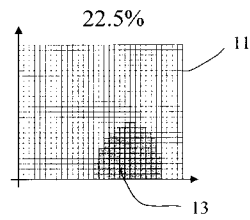
【図 8】



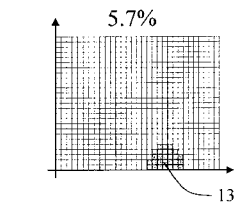
【図 9 (S 0)】



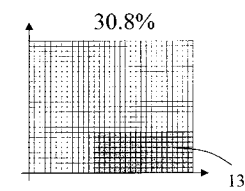
【図 9 (S 1)】



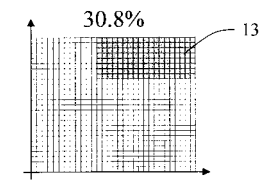
【図 9 (S 2)】



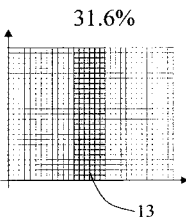
【図 9 (S 3)】



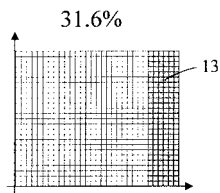
【図 9 (S 4)】



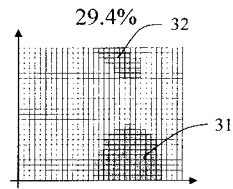
【図 9 (S 5)】



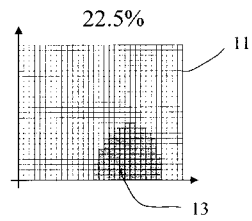
【図 9 (S 6)】



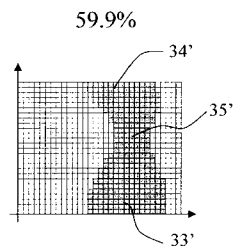
【図 9 (S 6)】



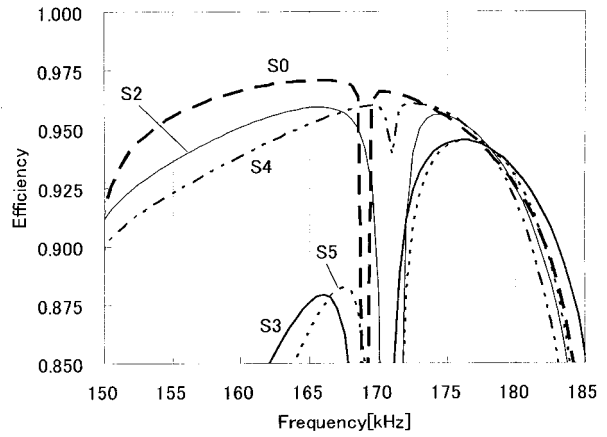
【図 9 (S 7)】



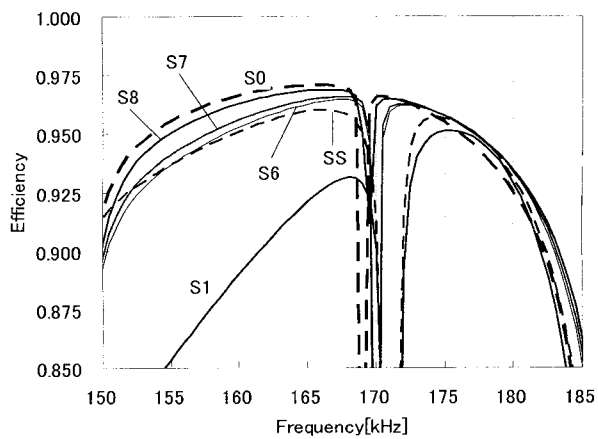
【図 9 (S 8)】



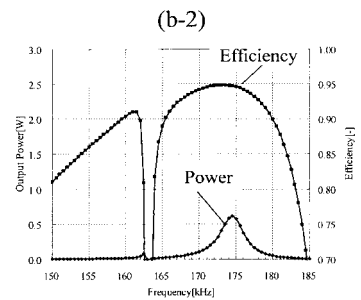
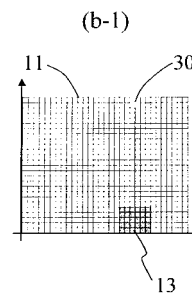
【図 10 A】



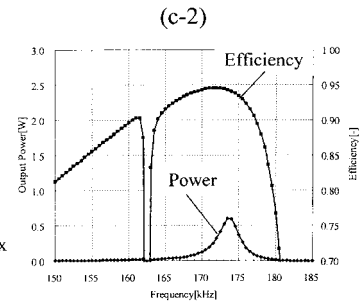
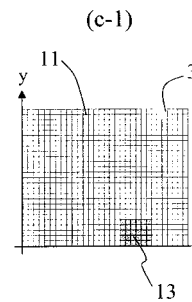
【図 10 B】



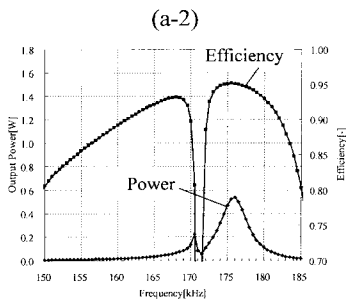
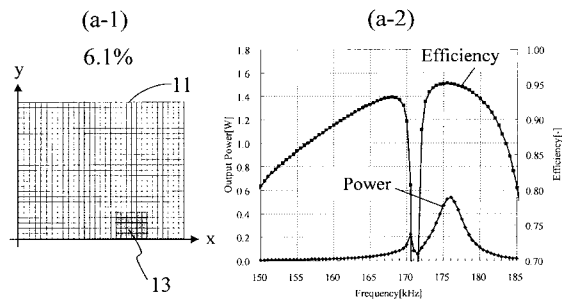
【図 13 b】



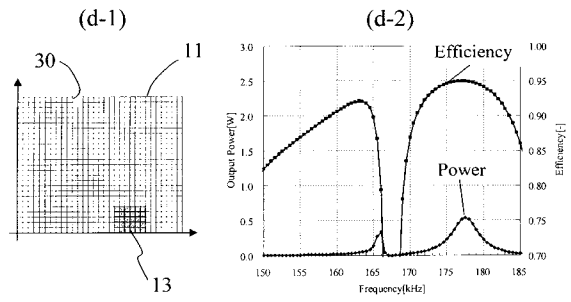
【図 13 c】



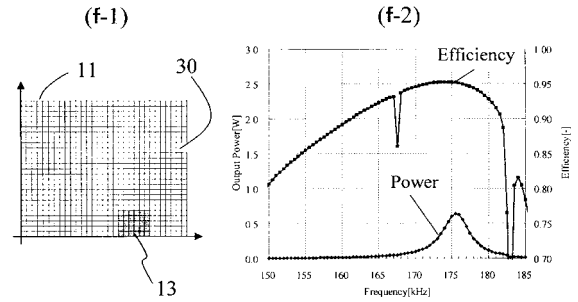
【図 13 a】



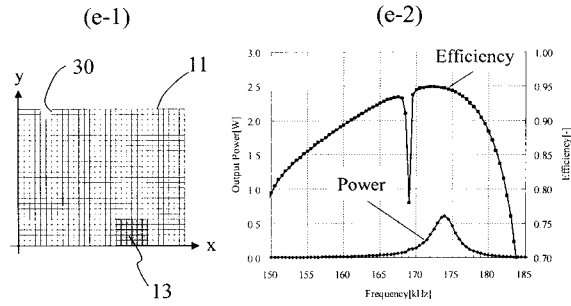
【図 13 d】



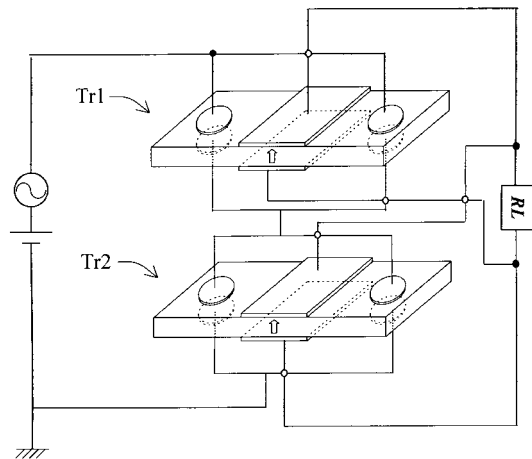
【図 13 f】



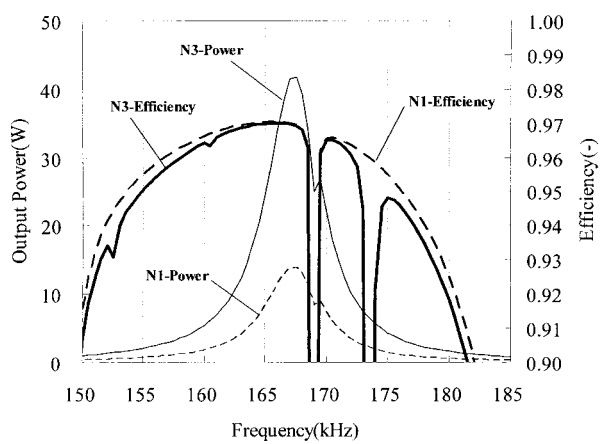
【図 13 e】



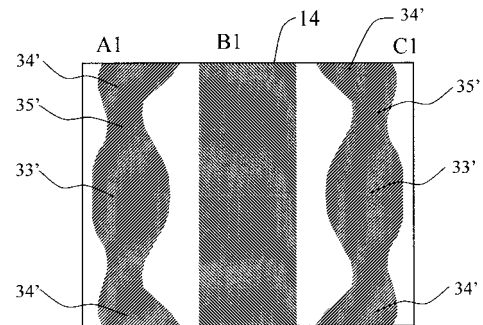
【図 14】



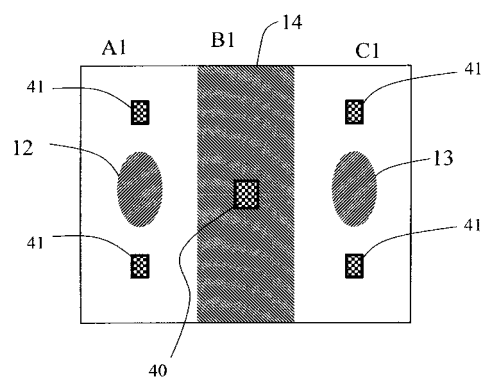
【図 15】



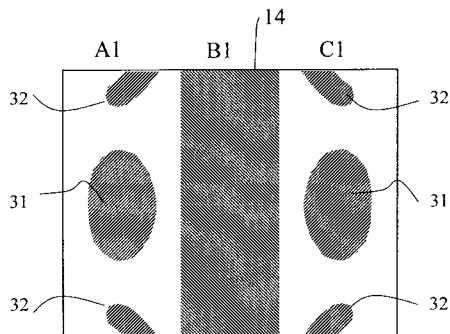
【図 17】



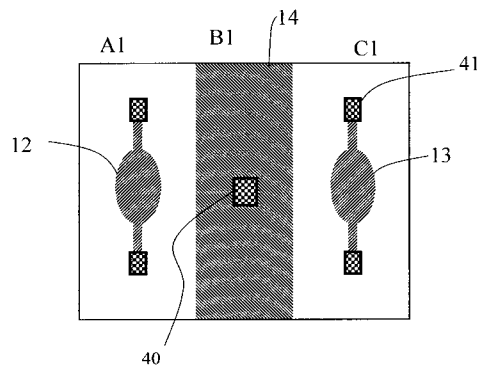
【図 18】



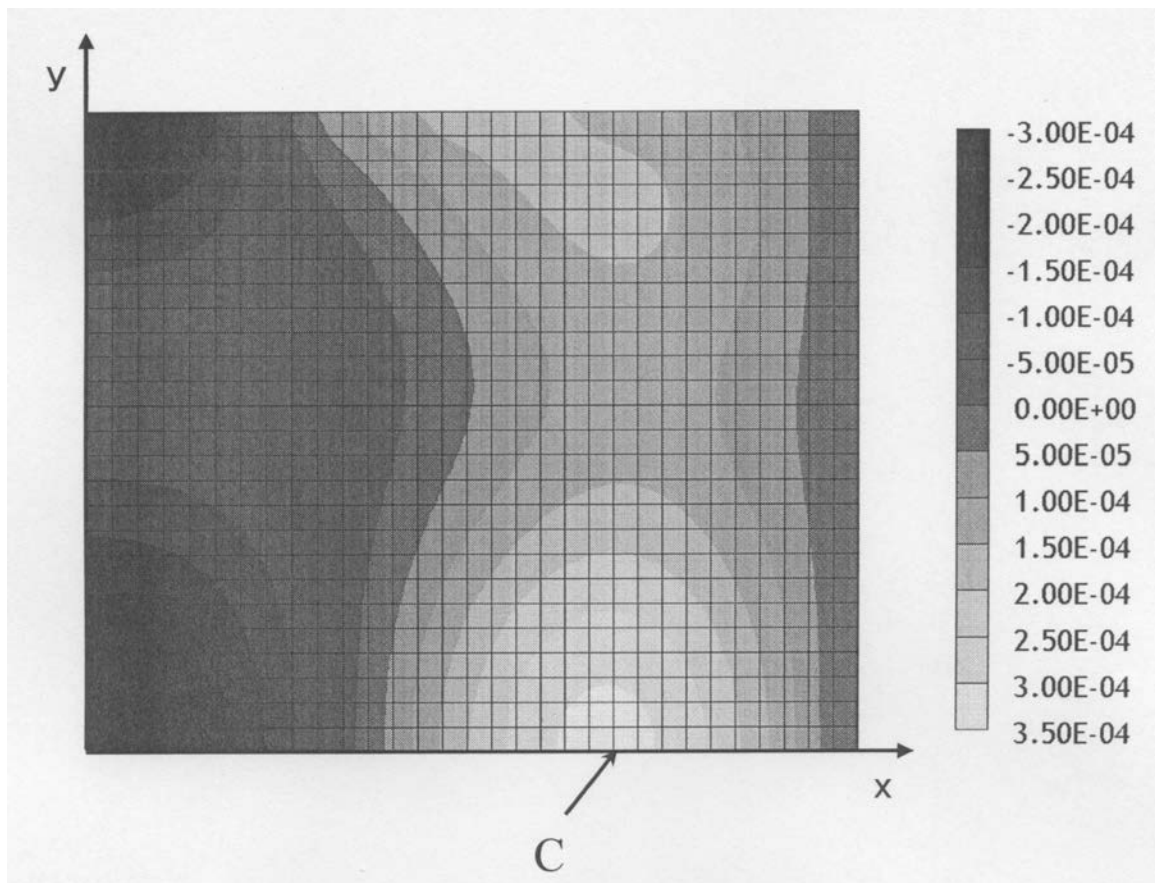
【図 16】



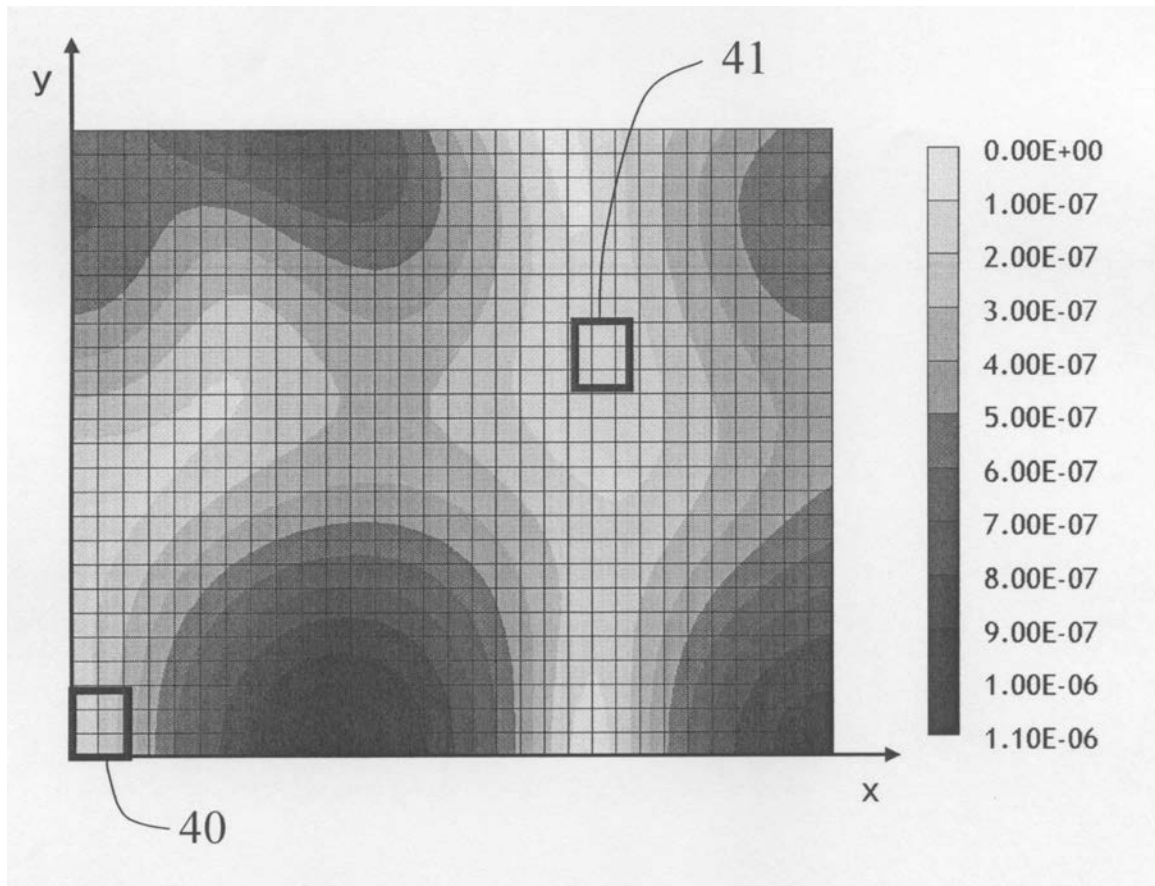
【図 19】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 1 0 - 0 1 2 9 4 0 (J P , A)
特開平 0 9 - 0 8 3 0 3 4 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 1 2 8 4 3 1 (J P , A)
特開平 0 9 - 3 3 1 0 8 6 (J P , A)
特開昭 5 9 - 1 7 5 1 7 5 (J P , A)
特開 2 0 0 4 - 1 4 0 2 0 4 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 41/107

H01L 41/187