

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5698236号
(P5698236)

(45) 発行日 平成27年4月8日(2015.4.8)

(24) 登録日 平成27年2月20日(2015.2.20)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 F 30/12 (2006.01)	HO 1 F 33/00 A
HO 1 F 37/00 (2006.01)	HO 1 F 37/00 A
HO 1 F 3/10 (2006.01)	HO 1 F 37/00 N
HO 1 F 27/24 (2006.01)	HO 1 F 3/10
HO 1 F 41/04 (2006.01)	HO 1 F 27/24 E

請求項の数 21 (全 25 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2012-524784 (P2012-524784)	(73) 特許権者	512032995
(86) (22) 出願日	平成22年8月10日 (2010.8.10)		ボルテラ セミコンダクター コーポレイ ション
(65) 公表番号	特表2013-502074 (P2013-502074A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア 945 38, フリーモント, フリーモント ブルバード 47467
(43) 公表日	平成25年1月17日 (2013.1.17)	(74) 代理人	100078282
(86) 国際出願番号	PCT/US2010/045013		弁理士 山本 秀策
(87) 国際公開番号	W02011/019712	(74) 代理人	100062409
(87) 国際公開日	平成23年2月17日 (2011.2.17)		弁理士 安村 高明
審査請求日	平成25年7月10日 (2013.7.10)	(74) 代理人	100113413
(31) 優先権主張番号	12/538, 707		弁理士 森下 夏樹
(32) 優先日	平成21年8月10日 (2009.8.10)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	12/830, 849		
(32) 優先日	平成22年7月6日 (2010.7.6)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 漏れインダクタンス制御を向上させた結合インダクタ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

M - 巻線結合インダクタであって、Mは、1より大きい整数であり、該結合インダクタは、

第1の端部磁気要素と、

第2の端部磁気要素と、

M個の接続磁気要素であって、各接続磁気要素は、該第1の端部磁気要素と該第2の端部磁気要素との間に配置され、それらを接続する、M個の接続磁気要素と、

M個の巻線であって、各巻線は、該M個の接続磁気要素のうちの個別の1つに少なくとも部分的に巻き付けられる、M個の巻線と、

磁束に該第1の端部磁気要素と該第2の端部磁気要素との間の経路を提供するように、該M個の接続磁気要素のうちの少なくとも2つに隣接し、それらに少なくとも部分的にわたって延在する上部磁気要素と

を備え、

該上部磁気要素は、少なくとも部分的に該第1の端部磁気要素にわたって延在し、かつ、第1の空隙によって該第1の端部磁気要素から離間され、該上部磁気要素は、少なくとも部分的に該第2の端部磁気要素にわたって延在し、かつ、第2の空隙によって該第2の端部磁気要素から離間され、該第1および第2の空隙のそれぞれは、該磁気要素を形成する1つ以上の磁性材料より低い透磁率を有する個別の空隙材料を含む、結合インダクタ。

【請求項 2】

10

20

各巻線は、前記第 1 の空隙の厚さの関数であり、かつ前記第 2 の空隙の厚さの関数である、個別の漏れインダクタンス値を有する、請求項 1 に記載の結合インダクタ。

【請求項 3】

接着剤および非磁性スペーサから成る群より選択される非磁性材料をさらに備え、該非磁性材料は、前記上部磁気要素を前記第 1 および第 2 の端部磁気要素から分離する、請求項 2 に記載の結合インダクタ。

【請求項 4】

前記 M 個の巻線のうちの少なくとも 1 つは、前記上部磁気要素と前記第 1 および第 2 の端部磁気要素との間のスペーサとしての役割を果たす、請求項 2 に記載の結合インダクタ。

10

【請求項 5】

M は、2 より大きい整数である、請求項 1 に記載の結合インダクタ。

【請求項 6】

M - 巻線結合インダクタであって、M は、2 より大きい整数であり、該結合インダクタは、

第 1 の端部磁気要素と、

第 2 の端部磁気要素と、

M 個の接続磁気要素であって、各接続磁気要素は、該第 1 の端部磁気要素と該第 2 の端部磁気要素との間に配置され、それらを接続する、M 個の接続磁気要素と、

M 個の巻線であって、各巻線は、該 M 個の接続磁気要素のうちの個別の 1 つに少なくとも部分的に巻き付けられる、M 個の巻線と、

20

磁束に該第 1 の端部磁気要素と該第 2 の端部磁気要素との間の経路を提供するように、該 M 個の接続磁気要素のうちの少なくとも 2 つに隣接し、それらに少なくとも部分的にわたって延在する少なくとも 1 つの上部磁気要素と

を備え、

該第 1 の端部磁気要素は、該少なくとも 1 つの上部磁気要素のうちの 1 つの上部磁気要素に隣接する開口部を形成して、該少なくとも 1 つの上部磁気要素のうちの該 1 つの上部磁気要素に面する該第 1 の端部磁気要素の断面積を減少させる、結合インダクタ。

【請求項 7】

各巻線は、単層であり、長方形の断面を有する単巻の巻線である、請求項 1 に記載の結合インダクタ。

30

【請求項 8】

前記上部磁気要素は、外面を形成し、前記外面の少なくとも一部分は、平面である、請求項 1 に記載の結合インダクタ。

【請求項 9】

各接続磁気要素は、個別の幅を有し、隣接する接続磁気要素は、いずれかの隣接する接続磁気要素の該個別の幅の 25% 未満である分離距離で分離される、請求項 1 に記載の結合インダクタ。

【請求項 10】

各接続磁気要素は、個別の幅を有し、隣接する接続磁気要素は、いずれかの隣接する接続磁気要素の該個別の幅の 10% 未満である分離距離で分離される、請求項 1 に記載の結合インダクタ。

40

【請求項 11】

前記上部磁気要素は、前記 M 個の接続磁気要素の全てに隣接し、それらにわたって延在する、請求項 1 に記載の結合インダクタ。

【請求項 12】

M 相電源であって、M は、1 より大きい整数であり、該電源は、

結合インダクタであって、該結合インダクタは、

第 1 の端部磁気要素と、

第 2 の端部磁気要素と、

50

M個の接続磁気要素であって、各接続磁気要素は、該第1の端部磁気要素と該第2の端部磁気要素との間に配置され、それらを接続する、M個の接続磁気要素と、

M個の巻線であって、各巻線は、該M個の接続磁気要素のうちの個別の1つに少なくとも部分的に巻き付けられ、各巻線は、個別の第1の端部と、個別の第2の端部とを有し、各第1の端部は、共通の第1の節点に電氣的に結合される、M個の巻線と、

磁束に該第1の端部磁気要素と該第2の端部磁気要素との間の経路を提供するように、該M個の接続磁気要素のうちの少なくとも2つに隣接し、それらに少なくとも部分的にわたって延在する上部磁気要素と

を含み、該上部磁気要素は、少なくとも部分的に該第1の端部磁気要素にわたって延在し、かつ、第1の空隙によって該第1の端部磁気要素から離間され、該上部磁気要素は、
少なくとも部分的に該第2の端部磁気要素にわたって延在し、かつ、第2の空隙によって該第2の端部磁気要素から離間され、該第1および第2の空隙のそれぞれは、該磁気要素を形成する1つ以上の磁性材料より低い透磁率を有する個別の空隙材料を含み、各巻線は、該第1の空隙の厚さの関数であり、かつ第2の空隙の厚さの関数である、個別の漏れインダクタンス値を有する、結合インダクタと、

M個のスイッチング回路であって、各スイッチング回路は、個別の巻線の該第2の端部に電氣的に結合され、少なくとも2つの異なる電圧間で該第2の端部を切り替えるように構成されている、M個のスイッチング回路と

を備える、M相電源。

【請求項13】

Mは、2より大きい整数である、請求項12に記載の電源。

【請求項14】

各接続磁気要素は、個別の幅を有し、隣接する接続磁気要素は、いずれかの隣接する接続磁気要素の該個別の幅の25%未満である分離距離で分離される、請求項12に記載の電源。

【請求項15】

各スイッチング回路は、その個別の第2の端部を、少なくとも20キロヘルツの周波数で、少なくとも2つの異なる電圧間で切り替えるように構成されている、請求項12に記載の電源。

【請求項16】

前記電源は、降圧コンバータ、昇圧コンバータ、および降圧-昇圧コンバータから成る群より選択されるDC-DCコンバータとして動作するように構成されている、請求項12に記載の電源。

【請求項17】

M-巻線結合インダクタであって、Mは、1より大きい整数であり、該結合インダクタは、

第1の端部磁気要素と、

第2の端部磁気要素と、

M個の接続磁気要素であって、各接続磁気要素は、該第1の端部磁気要素と該第2の端部磁気要素との間に配置され、それらを接続する、M個の接続磁気要素と、

M個の巻線であって、各巻線は、該M個の接続磁気要素のうちの個別の1つに少なくとも部分的に巻き付けられる、M個の巻線と、

磁束に該第1の端部磁気要素と該第2の端部磁気要素との間の経路を提供するように、該M個の接続磁気要素のうちの少なくとも2つに隣接し、それらに少なくとも部分的にわたって延在する少なくとも1つの上部磁気要素と

を備え、

該少なくとも1つの上部磁気要素は、空隙によって該第1の端部磁気要素から離間され、

該少なくとも1つの上部磁気要素のうちの1つの上部磁気要素は、該M個の接続磁気要素のうちの少なくとも2つの接続磁気要素の上面に対向する底面を含み、該底面は、該第

10

20

30

40

50

1の端部磁気要素の一部分のみにわたって延在する、結合インダクタ。

【請求項18】

前記少なくとも1つの上部磁気要素のうちの前記1つの上部磁気要素は、前記第1の端部磁気要素の開口部の中に延在する延在部を形成する、請求項17に記載の結合インダクタ。

【請求項19】

前記延在部は、前記第1の端部磁気要素と接触していない、請求項18に記載の結合インダクタ。

【請求項20】

前記少なくとも1つの上部磁気要素は、前記M個の接続磁気要素の全てより少ない接続磁気要素に隣接し、それらにわたって延在する、請求項18に記載の結合インダクタ。

10

【請求項21】

前記結合インダクタは、第2の側面に反対の第1の側面を有し、前記M個の巻線のそれぞれは、該結合インダクタの該第1の側面に向かって延在する別個の第1の端部を有し、該M個の巻線のそれぞれは、該結合インダクタの該第2の側面に向かって延在する別個の第2の端部を有する、請求項1に記載の結合インダクタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、2009年8月10日に出願された米国特許出願番号第12/538,707号の一部継続出願であり、上記米国特許出願が本明細書において参照により援用される。

20

【背景技術】

【0002】

多相結合インダクタトポロジを有するスイッチングDC-DCコンバータは、開示が参照することによって本明細書に組み込まれる、Schultzらの特許文献1(「Schultzの'986」)に記載される。これらのコンバータは、従来の多相DC-DCコンバータトポロジを有するコンバータより優れた、低減された相毎インダクタンスまたは低減されたスイッチング周波数を可能にする、インダクタおよびスイッチにおける低減されたリップル電流を含む、利点を有する。結果として、磁気結合インダクタを伴うDC-DCコンバータは、従来の多相トポロジと比較して、効率の不利益なく、優れた過渡応答を達成する。これは、出力容量の大幅な低減を可能にし、結果として、より小型で、より低費用な解決策をもたらす。

30

【0003】

Schultzの'986に記載されるように、結合インダクタを利用するDC-DCコンバータの性能は、結合インダクタの漏れインダクタンスによって影響を及ぼされる。したがって、結合インダクタの漏れインダクタンスを、インダクタの用途にカスタマイズまたは調整することが望ましい場合がある。

【0004】

いくつかの結合インダクタが、これまでに提案されてきた。例えば、図1~図3は、V olterra Semiconductor Corporationによって開発された、1つの結合インダクタ100を示す。具体的に、図1は、結合インダクタ100の側平面図を示し、図2は、結合インダクタ100の断面図を示し、図3は、結合インダクタ100の端平面図を示す。高さ106を有する結合インダクタ100は、磁気コア102と、2つ以上の巻線104とを含む。図4は、結合インダクタ100の1つの巻線104の側面斜視図を示す。

40

【0005】

別の例として、Dongらは、名称が「Twisted Core Coupled Inductors for Microprocessor Voltage Regulators」の論文において、二相「ツイストコア」結合インダクタを提案する。しかしながら、この結合インダクタは、体積利用の乏しい複合コアを有する。さらに、漏れ

50

インダクタンスは、垂直コア構造体とこれらの構造体の高さとの間の距離によって確定され、したがって、漏れインダクタンスは、制御することが困難である。さらに、ツイストコア結合インダクタの漏れ経路は、インダクタの設計を複雑にする。

【0006】

さらに、Dongらは、タイトルが「The Short Winding Path Coupled Inductor Voltage Regulators」の論文において、結合インダクタを提案する。図5は、このDongの論文の多相結合インダクタを表す、1つの結合インダクタ500の上平面図を示す。コア502をより明確に示すために、図5には、巻線は示されていない。しかしながら、図6は、巻線602を含むインダクタ500を示す。

10

【0007】

コア502は、各相の個別の脚504を含む。各脚504は、幅508を有し、隣接する脚504は、幅510を有する窓506によって分離される。したがって、巻線602は、図6および図7に示されるように、間隔幅604を有する。窓幅510は、比較的大きく、およそ脚幅508である。漏れインダクタンスが十分に大きくなるように磁束に経路を提供するために必要とされる、漏れ部分512のための空間を提供するために、大きい窓幅510が必要である。漏れインダクタンスは、漏れ部分512の寸法および/または形状を変更することによって、変化させられ、これは、コア502の寸法および/または形状を変化させる必要がある場合がある。窓506はまた、図6に示されるように、個別の巻線タブも収容する。

20

【0008】

図7は、図5の線A-Aに沿った、インダクタ500の断面図を示す。各領域702は、個別の脚504の領域に対応し、各領域704は、個別の漏れ部分512の領域に対応する。図7では、巻線602の厚さは、図示上の明瞭さのために誇張されている。図5～図7から分かるように、漏れ部分512を介して漏れインダクタンスを制御するために、巻線602間に大きい空間が必要である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】米国特許第6,362,986号明細書

30

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0010】

実施形態では、M-巻線結合インダクタは、第1の端部磁気要素と、第2の端部磁気要素と、M個の接続磁気要素と、M個の巻線とを含む。Mは、1より大きい整数である。各接続磁気要素は、第1の端部磁気要素と第2の端部磁気要素との間に配置され、それらを接続する。各巻線は、M個の接続磁気要素のうちの個別の1つに少なくとも部分的に巻き付けられる。結合インダクタはさらに、磁束に第1の端部磁気要素と第2の端部磁気要素との間の経路を提供するように、M個の接続磁気要素のうちの少なくとも2つに隣接し、それらに少なくとも部分的にわたって延在する、少なくとも1つの上部磁気要素を含む。

40

【0011】

実施形態では、M相電源は、結合インダクタと、M個のスイッチング回路とを含む。Mは、1より大きい整数である。結合インダクタは、第1の端部磁気要素と、第2の端部磁気要素と、M個の接続磁気要素と、M個の巻線とを含む。各接続磁気要素は、第1の端部磁気要素と第2の端部磁気要素との間に配置され、それらを接続する。各巻線は、M個の接続磁気要素のうちの個別の1つに少なくとも部分的に巻き付けられる。各巻線は、個別の第1の端部と、個別の第2の端部とを有し、各第1の端部は、共通の第1の節点に電気的に結合される。結合インダクタはさらに、磁束に第1の端部磁気要素と第2の端部磁気要素との間の経路を提供するように、M個の接続磁気要素のうちの少なくとも2つに隣接し、それらに少なくとも部分的にわたって延在する、少なくとも1つの上部磁気要素を含

50

む。各スイッチング回路は、個別の巻線の第 2 の端部に電氣的に結合され、少なくとも 2 つの異なる電圧間で第 2 の端部を切り替えるように構成される。

本願明細書は、例えば、以下の項目も提供する。

(項目 1)

M - 巻線結合インダクタであって、M は、1 より大きい整数であり、該結合インダクタは、

第 1 の端部磁気要素と、

第 2 の端部磁気要素と、

M 個の接続磁気要素であって、各接続磁気要素は、該第 1 の端部磁気要素と該第 2 の端部磁気要素との間に配置され、それらを接続する、M 個の接続磁気要素と、

M 個の巻線であって、各巻線は、該 M 個の接続磁気要素のうちの個別の 1 つに少なくとも部分的に巻き付けられる、M 個の巻線と、

磁束に該第 1 の端部磁気要素と該第 2 の端部磁気要素との間の経路を提供するように、該 M 個の接続磁気要素のうちの少なくとも 2 つに隣接し、それらに少なくとも部分的にわたって延在する、少なくとも 1 つの上部磁気要素と

を備える、結合インダクタ。

(項目 2)

前記少なくとも 1 つの上部磁気要素は、第 1 の空隙によって前記第 1 の端部磁気要素から離間され、該少なくとも 1 つの上部磁気要素は、第 2 の空隙によって前記第 2 の端部磁気要素から離間され、該第 1 および第 2 の空隙のそれぞれは、前記磁気要素を形成する 1 つ以上の磁性材料より低い透磁率を有する個別の空隙材料を含む、項目 1 に記載の結合インダクタ。

(項目 3)

各巻線は、前記第 1 の空隙の厚さの関数であり、かつ前記第 2 の空隙の厚さの関数である、個別の漏れインダクタンス値を有する、項目 2 に記載の結合インダクタ。

(項目 4)

接着剤および非磁性スペーサから成る群より選択される非磁性材料をさらに備え、該非磁性材料は、前記少なくとも 1 つの上部磁気要素を前記第 1 および第 2 の端部磁気要素から分離する、項目 3 に記載の結合インダクタ。

(項目 5)

前記 M 個の巻線のうちの少なくとも 1 つは、前記少なくとも 1 つの上部磁気要素と前記第 1 および第 2 の端部磁気要素との間のスペーサとしての役割を果たす、項目 3 に記載の結合インダクタ。

(項目 6)

前記少なくとも 1 つの上部磁気要素は、空隙材料を含む空隙を形成し、前記空隙材料は、前記磁気要素を形成する 1 つ以上の磁性材料より低い透磁率を有する、項目 1 に記載の結合インダクタ。

(項目 7)

各巻線は、前記空隙の厚さの関数である、個別の漏れインダクタンス値を有する、項目 6 に記載の結合インダクタ。

(項目 8)

M は、2 より大きい整数である、項目 7 に記載の結合インダクタ。

(項目 9)

前記第 1 および第 2 の端部磁気要素のうちの少なくとも 1 つは、前記少なくとも 1 つの上部磁気要素に隣接する開口部を形成する、項目 8 に記載の結合インダクタ。

(項目 10)

前記少なくとも 1 つの上部磁気要素は、第 1 および第 2 の上部磁気要素を備え、該第 1 および第 2 の上部磁気要素は、それらの間に空隙を形成する、項目 1 に記載の結合インダクタ。

(項目 11)

10

20

30

40

50

前記少なくとも1つの上部磁気要素は、単一の上部磁気要素を備える、項目1に記載の結合インダクタ。

(項目12)

各巻線は、単層であり、長方形の断面を有する単巻の巻線である、項目1に記載の結合インダクタ。

(項目13)

前記少なくとも1つの上部磁気要素は、外面を形成し、前記外面の少なくとも一部分は、平面である、項目1に記載の結合インダクタ。

(項目14)

各接続磁気要素は、個別の幅を有し、隣接する接続磁気要素は、いずれかの隣接する接続磁気要素の前記個別の幅の25%未満である分離距離で分離される、項目1に記載の結合インダクタ。

(項目15)

各接続磁気要素は、個別の幅を有し、隣接する接続磁気要素は、いずれかの隣接する接続磁気要素の前記個別の幅の10%未満である分離距離で分離される、項目1に記載の結合インダクタ。

(項目16)

前記少なくとも1つの上部磁気要素は、前記M個の接続磁気要素の全てに隣接し、それらにわたって延在する、項目1に記載の結合インダクタ。

(項目17)

前記少なくとも1つの上部磁気要素は、前記M個の接続磁気要素の全て未満に隣接し、それらにわたって延在する、項目1に記載の結合インダクタ。

(項目18)

前記第1および第2の端部磁気要素のうちの少なくとも1つは、前記少なくとも1つの上部磁気要素に隣接する開口部を形成する、項目17に記載の結合インダクタ。

(項目19)

M相電源であって、Mは、1より大きい整数であり、該電源は、結合インダクタであって、

第1の端部磁気要素と、

第2の端部磁気要素と、

M個の接続磁気要素であって、各接続磁気要素は、該第1の端部磁気要素と該第2の端部磁気要素との間に配置され、それらを接続する、M個の接続磁気要素と、

M個の巻線であって、各巻線は、該M個の接続磁気要素のうちの個別の1つに少なくとも部分的に巻き付けられ、各巻線は、個別の第1の端部と、個別の第2の端部とを有し、各第1の端部は、共通の第1の節点に電氣的に結合される、M個の巻線と、

磁束に該第1の端部磁気要素と該第2の端部磁気要素との間の経路を提供するように、該M個の接続磁気要素のうちの少なくとも2つに隣接し、それらに少なくとも部分的にわたって延在する、少なくとも1つの上部磁気要素と

を含む、結合インダクタと、

M個のスイッチング回路であって、各スイッチング回路は、個別の巻線の該第2の端部に電氣的に結合され、少なくとも2つの異なる電圧間で該第2の端部を切り替えるように構成される、M個のスイッチング回路と

を備える、M相電源。

(項目20)

Mは、2より大きい整数である、項目19に記載の電源。

(項目21)

前記少なくとも1つの上部磁気要素は、第1の空隙によって前記第1の端部磁気要素から分離され、該少なくとも1つの上部磁気要素は、第2の空隙によって前記第2の磁気要素から分離され、該第1および第2の空隙のそれぞれは、前記磁気要素を形成する1つ以上の磁性材料より低い透磁率を有する個別の空隙材料を含み、各巻線は、該第1の空隙の

10

20

30

40

50

厚さの関数であり、かつ第2の空隙の厚さの関数である、個別の漏れインダクタンス値を有する、項目19に記載の電源。

(項目22)

前記少なくとも1つの上部磁気要素は、前記磁気要素を形成する1つ以上の磁性材料より低い透磁率を有する空隙材料を含む空隙を形成し、各巻線は、前記空隙の厚さの関数である、個別の漏れインダクタンス値を有する、項目19に記載の電源。

(項目23)

各接続磁気要素は、個別の幅を有し、隣接する接続磁気要素は、いずれかの隣接する接続磁気要素の該個別の幅の25%未満である分離距離で分離される、項目19に記載の電源。

10

(項目24)

各スイッチング回路は、その個別の第2の端部を、少なくとも20キロヘルツの周波数で、少なくとも2つの異なる電圧間で切り替えるように構成される、項目19に記載の電源。

(項目25)

前記電源は、降圧コンバータ、昇圧コンバータ、および降圧-昇圧コンバータから成る群より選択されるDC-DCコンバータとして動作するように構成される、項目19に記載の電源。

【図面の簡単な説明】

【0012】

20

【図1】図1は、1つの先行技術の多相結合インダクタの側平面図を示す。

【図2】図2は、図1の先行技術の結合インダクタの断面図を示す。

【図3】図3は、図1の先行技術の結合インダクタの端平面図を示す。

【図4】図4は、図1の先行技術の結合インダクタの巻線の側面斜視図を示す。

【図5】図5は、巻線のない、1つの先行技術の多相結合インダクタの上平面図を示す。

【図6】図6は、巻線を伴う、図5の先行技術の結合インダクタの上平面図を示す。

【図7】図7は、図5および図6の先行技術の結合インダクタの断面図を示す。

【図8】図8は、実施形態に係る、1つの結合インダクタの側面斜視図を示す。

【図9】図9は、磁気要素が除去された、図8の結合インダクタの側面斜視図を示す。

【図10】図10は、磁気要素および巻線が除去された、図8の結合インダクタの別の側面斜視図を示す。

30

【図11】図11は、磁気要素が除去された、図8の結合インダクタのさらに別の側面斜視図を示す。

【図12】図12は、図8の結合インダクタの上平面図を示す。

【図13】図13は、図12の結合インダクタの垂直断面図を示す。

【図14】図14～図18は、図8の結合インダクタと共に使用することができる、巻線の実施例の側面斜視図を示す。

【図15】図14～図18は、図8の結合インダクタと共に使用することができる、巻線の実施例の側面斜視図を示す。

【図16】図14～図18は、図8の結合インダクタと共に使用することができる、巻線の実施例の側面斜視図を示す。

40

【図17】図14～図18は、図8の結合インダクタと共に使用することができる、巻線の実施例の側面斜視図を示す。

【図18】図14～図18は、図8の結合インダクタと共に使用することができる、巻線の実施例の側面斜視図を示す。

【図19】図19は、代替の巻線構成を伴う、図8の結合インダクタの実施形態の上平面図を示す。

【図20】図20は、実施形態に係る、2つの上部磁気要素を含む、1つの結合インダクタの側面斜視図を示す。

【図21】図21は、実施形態に係る、1つの二巻線結合インダクタの側面斜視図を示す

50

。【図 2 2】図 2 2 は、実施形態に係る、端部磁気要素が開口部を形成する、1 つの三巻線結合インダクタの側面斜視図を示す。

【図 2 3】図 2 3 は、実施形態に係る、端部磁気要素が開口部を形成する、1 つの四巻線結合インダクタの側面斜視図を示す。

【図 2 4】図 2 4 は、磁気要素が除去された、図 2 3 の結合インダクタの側面斜視図を示す。

【図 2 5】図 2 5 は、実施形態に係る、1 つの二巻線結合インダクタの側面斜視図を示す。

【図 2 6】図 2 6 は、図 2 5 の結合インダクタの側平面図を示す。

10

【図 2 7】図 2 7 は、実施形態に係る、1 つの三巻線結合インダクタの側面斜視図を示す。

【図 2 8】図 2 8 は、図 2 7 の結合インダクタの側平面図を示す。

【図 2 9】図 2 9 は、実施形態に係る、1 つの四巻線結合インダクタの側面斜視図を示す。

【図 3 0】図 3 0 は、図 2 9 の結合インダクタの側平面図を示す。

【図 3 1】図 3 1 は、実施形態に係る、1 つの四巻線結合インダクタの側面斜視図を示す。

【図 3 2】図 3 2 は、図 3 1 の結合インダクタの別の側面斜視図を示す。

【図 3 3】図 3 3 は、図 3 1 の結合インダクタの代替の実施形態の側面斜視図を示す。

20

【図 3 4】図 3 4 は、実施形態に係る、1 つの結合インダクタの上面斜視図を示す。

【図 3 5】図 3 5 は、上部磁気要素が除去された、図 3 4 の結合インダクタの磁気コアの上面斜視図を示す。

【図 3 6】図 3 6 は、磁気コアが透明なものとして示される、図 3 4 の結合インダクタの上面斜視図を示す。

【図 3 7】図 3 7 は、図 3 4 の結合インダクタの側面を示す。

【図 3 8】図 3 8 ~ 図 4 0 は、それぞれ、少なくとも 1 つの非磁性スペーサを含む、個別の結合インダクタの上面斜視図を示す。

【図 3 9】図 3 8 ~ 図 4 0 は、それぞれ、少なくとも 1 つの非磁性スペーサを含む、個別の結合インダクタの上面斜視図を示す。

30

【図 4 0】図 3 8 ~ 図 4 0 は、それぞれ、少なくとも 1 つの非磁性スペーサを含む、個別の結合インダクタの上面斜視図を示す。

【図 4 1】図 4 1 は、図 3 4 の結合インダクタの代替の実施形態の側面図を示す。

【図 4 2】図 4 2 は、実施形態に係る、1 つの電源を示す。

【図 4 3】図 4 3 は、実施形態に係る、結合インダクタを具現化する、1 つのコンピューティング装置を示す。

【発明を実施するための形態】

【0013】

図示における明瞭さのために、図面中の特定の要素は、一定の縮尺で描写されていない場合があることが留意される。アイテムの特定のインスタンスは、丸括弧内の数値の使用によって参照される場合があり（例えば、巻線 904 (1)）、一方、丸括弧のない数字は、任意のそのようなアイテムを指す（例えば、巻線 904）。

40

【0014】

図 8 は、1 つの M - 巻線結合インダクタ 800 の側面斜視図を示す。M が 4 と等しい、結合インダクタ 800 が示されている。しかしながら、M は、任意の 1 より大きい整数であってもよい。結合インダクタ 800 は、それぞれが磁性材料（例えば、フェライト材料および/または粉末鉄材料）で形成される、第 1 の端部磁気要素 802 と、第 2 の端部磁気要素 804 と、上部磁気要素 806 とを含む。第 1 および第 2 の端部磁気要素 802、804 は、例えば、相互に対して平行である。第 2 の端部磁気要素 804 および上部磁気要素 806 は、単一の磁気要素に組み合わせられたものとして示されているが、これらの

50

磁気要素は、別個の磁気要素であってもよい。いくつかの実施形態では、上部磁気要素 806 は、少なくとも実質的に平面的な表面 814 を形成し、これは、インダクタ 800 の上面にステッカを必要とすることなく、結合インダクタ 800 の自動定置を容易にすることができる。

【0015】

上部磁気要素 806 は、磁束に第 1 の端部磁気要素 802 と第 2 の端部磁気要素 804 との間を移動するための経路を提供する。したがって、上部磁気要素 806 は、インダクタ 800 の巻線の漏れインダクタンス値に寄与する、漏れ磁束に経路を提供する。上部磁気要素 806 はまた、厚さ 810 を有する空隙 808 も形成する。空隙 808 は、結合インダクタ 800 の長さ 812 全体に沿って延在するように示されているが、空隙 808 は、非線形漏れインダクタンス値が望ましい場合等、長さ 812 の一部分に沿ってのみ延在するように構成することができる。

10

【0016】

図 9 は、接続磁気要素 902 および巻線 904 を示すために、第 2 の端部磁気要素 804 および上部磁気要素 806 が除去された、結合インダクタ 800 の側面斜視図を示す。結合インダクタ 800 は、磁性材料で形成され、第 1 の端部磁気要素 802 と第 2 の端部磁気要素 804 との間に配置され、それらを接続する、M 個の接続磁気要素 902 を含む。したがって、上部磁気要素 806 は、接続磁気要素 902 のそれぞれに隣接し、それらに少なくとも部分的にわたって延在する。個別の巻線 904 (斜交平行線で示される) は、M 個の接続磁気要素 902 のうちの個別の 1 つに少なくとも部分的に巻き付けられる。図 10 は、接続磁気要素 902 をより良く示すために、第 2 の端部磁気要素 804、上部磁気要素 806、および巻線 904 が除去された、結合インダクタ 800 の側面斜視図を示す。各接続磁気要素 902 は、個別の幅 1002 を有する。接続磁気要素 902 は、長方形であり、等幅 1002 を有するように示されているが、それらの形状は、変化させる (例えば、円形) ことができ、接続磁気要素 902 の各インスタンスは、同一幅 1002 を有する必要はない。

20

【0017】

空隙 808 は、第 1 の端部磁気要素 802、第 2 の端部磁気要素 804、上部磁気要素 806、および接続磁気要素 902 を形成する、1 つ以上の磁性材料より低い透磁率を有する材料を含む (例えば、それで少なくとも部分的に充填される)。例えば、空隙 808 は、空気、絶縁テープ、プラスチック、接着剤、および/または紙等の非磁性材料を含むことができる。別の実施例として、空隙 808 は任意に、巻線 904 が非線形漏れインダクタンス値を有するように、結合インダクタ 800 の予測される通常の動作中に飽和する、可飽和磁性材料を含むことができる。上部磁気要素 806 および空隙 808 は典型的に、各巻線 904 の個別の漏れインダクタンスの最重要寄与要因である。したがって、漏れインダクタンスは、空隙 808 の厚さ 810 を変化させることによって変化させることができ、漏れインダクタンスは、厚さ 810 に比例して増加する。

30

【0018】

図 11 は、インダクタ 800 を図 8 ~ 図 10 とは反対の側面斜視から示す。図 11 では、第 1 の端部磁気要素 802 が除去されている。図 12 は、結合インダクタ 800 の上平面図であり、点線は、磁気要素によって覆い隠されている、巻線 904 の輪郭を示す。巻線 904 は、回路基板配線長さを最小化し、DC - DC コンバータ電力密度を最大化するように、例えば、結合インダクタ 800 が取り付けられる DC - DC コンバータの電力段の間隔幅と等しい間隔幅 1202 を有する。間隔幅 1202 は、巻線 904 の各対について同一であるように示されているが、間隔幅 1202 は、電力段幾何学形状を収容するため等、巻線の対の間で異なってもよい。

40

【0019】

図 13 は、図 12 の線 B - B に沿って切り取った、インダクタ 800 の断面図を示す。領域 1302 は、個別の幅 1306 を有する窓 1304 によって分離される、接続磁気要素 902 の領域を表す。領域 1308 は、上部磁気要素 806 の断面を表す。図 13 では

50

、巻線 904 の厚さは、図示上の明瞭さのために誇張されている。各窓 1304 は、必ずしも同一の幅 1306 を有する必要はない。接続磁気要素 902 は、漏れ部分のための空間を提供して漏れインダクタンスを上昇させるために分離されている必要はないため、窓幅 1306 は、小さくすることができる。代わりに、上述されるように、漏れインダクタンスは主として、上部磁気要素 806 および空隙 808 によって生じる。実際、窓幅 1306 は、巻線 904 が短絡するのを防止するのに辛うじて十分に大きい等、可能な限り小さくすることができる。例えば、いくつかの実施形態では、窓幅 1306 は、接続磁気要素幅 1002 の 50%、25%、または 10% 未満である。したがって、いくつかの実施形態では、隣接する接続磁気要素 902 は、いずれかの隣接する接続磁気要素の個別の幅 1002 の 50%、25%、または 10% 未満である分離距離（すなわち、窓幅 1306）で分離される。窓幅 1306 が比較的小さくなるように結合インダクタ 800 を構成することによって、以下に記載されるように、結合インダクタ 800 の、巻線を共に磁気結合するために利用される体積の部分が有利に増加される。

10

【0020】

巻線 904 は、巻線インピーダンスを最小化するのを助長するように、例えば、単巻、少なくとも実質的に長方形の断面を有する単層巻線である。図 14 は、1つの巻線 904 の側面斜視図を示し、図 15 は、1つの巻線 904 の部分透視図を示す。巻線 904 はしかしながら、他の構成を有することができる。例えば、図 16 ~ 図 18 は、他の可能な巻線構成の実施例を示す。別の実施例として、図 19 は、結合インダクタ 800 の三巻線実施形態である、1つの結合インダクタ 1900 の上平面図を示す。結合インダクタ 1900 は、例えば、導電性材料（例えば、銅）の長方形シートから形成される、巻線 1902 を含む。図 19 の上平面図では見えない巻線 1902 の縁部の輪郭は、点線で描かれている。さらに、図 19 の上平面図では覆い隠されている接続磁気要素の縁部もまた、点線で示されている。

20

【0021】

各巻線 904 は、インダクタ 800 の側 1204 および 1206（図 12 を参照）のそれぞれから延在する端部を有するように示されているが、巻線 904 は、インダクタ 800 から異なるように延在することができる、または全く延在しなくてもよい。例えば、1つ以上の巻線 904 の各端部は、電力段レイアウト要件に適合するため等、インダクタ 800 の共通の側から延在することができる。さらに、巻線 904 は、貫通孔ピンを含むように、またはそれに結合されるように修正することができる。

30

【0022】

上部磁気要素 806 の構成は、変化させることができる。例えば、上部磁気要素 806 は、図 20 に示されるもの等、2つ以上の上部磁気要素で置換することができる。具体的に、図 20 は、結合インダクタ 800 の代替の実施形態である、1つの結合インダクタ 2000 の側面斜視図を示す。結合インダクタ 2000 では、第 1 の上部磁気要素 2002 は、第 1 の端部磁気要素 2004 から接続磁気要素にわたって延在し、第 2 の上部磁気要素 2006 は、第 2 の端部磁気要素 2008 から接続磁気要素にわたって延在する。上部磁気要素 2002、2006 は、空隙 2010 を形成する。

40

【0023】

M が比較的大きい、結合インダクタ 800 の実施形態では、インダクタ 800 の長さ 812 は、M 個の接続磁気要素 902 のそれぞれを収容するように、比較的長くなる。インダクタ 800 のそのような比較的長い長さ 812 は、厚さ 810 に対して直交する空隙 808 の断面積を増加させ、それによって、巻線 904 の漏れインダクタンス値を増加させる。漏れインダクタンスが望ましくないほど大きい場合、これは、空隙 808 の厚さ 810 を増加させることによって低減することができる。

したがって、所望の漏れインダクタンスを維持するために、巻線の数が増加するにつれて、空隙 808 の厚さ 810 が増加される場合がある。

【0024】

上部磁気要素 806、第 1 の端部磁気要素 802、および / または第 2 の端部磁気要素

50

804の構成もまた、巻線漏れインダクタンス値を決定するように変化させることができる。例えば、巻線が増加される際、所望の空隙断面積を維持する（およびそれによって所望の漏れインダクタンス値を維持する）ために、磁気要素806に隣接する端部磁気要素802、804のうちの1つ以上内に開口部を形成することができる。図21～図24は、そのような技術の一実施例を示す。

【0025】

図21は、結合インダクタ800の二巻線実施形態である、1つの結合インダクタ2100の側面斜視図を示す。結合インダクタ2100は、空隙2108を形成する、第1の端部磁気要素2102と、第2の端部磁気要素2104と、上部磁気要素2106とを含む。空隙2108は、インダクタの巻線の漏れインダクタンス値を主として決定する、厚さ2110を有する。

10

【0026】

図22は、結合インダクタ800の三巻線の代替の実施形態である、1つの結合インダクタ2200の側面斜視図を示す。結合インダクタ2200は、第1の端部磁気要素2202と、第2の端部磁気要素2204と、上部磁気要素2206とを含む。第1の端部磁気要素2202は、開口部2208を形成し、これは、それぞれが、インダクタ2100の空隙2108の厚さ2110（図21）と同一である個別の厚さ2212を有する、2つの空隙2210を形成する、上部磁気要素2206をもたらず。開口部2208の寸法は、両方の空隙2210のそれらの厚さ2212に対して直交する集積的断面積が、インダクタ2100の空隙2108のその厚さ2110に対して直交する断面積と略同一となるように選択される。したがって、結合インダクタ2200は、インダクタ2200が、インダクタ2100より多くの巻線、およびインダクタ2100と同一の空隙厚さを有するにも関わらず、インダクタ2100と略同一の巻線漏れインダクタンス値を有する。

20

【0027】

図23は、第1の端部磁気要素2302と、第2の端部磁気要素2304と、上部磁気要素2306とを含む、結合インダクタ800の四巻線の代替の実施形態である、1つの結合インダクタ2300の側面斜視図を示す。結合インダクタ2300は、結合インダクタ2200（図22）と類似する。しかしながら、結合インダクタ2300は、4つの巻線を含み、第1の端部磁気要素2302内に形成される開口部2308の寸法は、空隙2310のそれらの厚さ2312に対して直交する集積的断面積が、インダクタ2100の空隙2108のその厚さ2110（図21）に対して直交する断面積と略同一となるように選択される。各空隙2310の厚さ2312は、インダクタ2100の空隙2108の厚さ2110と同一である。したがって、結合インダクタ2300は、結合インダクタ2300が、インダクタ2100および2200より多くの巻線、ならびにインダクタ2100および2200と同一の空隙厚さを有するにも関わらず、結合インダクタ2100および2200と略同一の巻線漏れインダクタンス値を有する。

30

【0028】

図24は、第2の端部磁気要素2304および上部磁気要素2306が除去された、インダクタ2300の側面斜視図を示す。図24では、接続磁気要素2402および巻線2404を見ることができる。

40

【0029】

したがって、図21～図24から示されるように、巻線の数が増加される際、上部磁気要素に隣接する端部磁気要素内に開口部を追加することによって、漏れインダクタンスを所望の値に維持することができ、開口部寸法は、全ての空隙の所望の総断面積を達成し、それによって、所望の巻線漏れインダクタンスを達成するように選択される。大きい数の巻線を有する実施形態では、一部の磁束が開口部を通して移動するため、開口部寸法は典型的に、所望の空隙断面積を達成するために必要とされるよりわずかに大きい。

【0030】

巻線の数が増加される際、上部磁気要素806の構成もまた、所望の空隙断面積を維持する（およびそれによって所望の巻線漏れインダクタンス値を維持する）ように変化させ

50

ることができる。図25～図30は、そのような技術の一実施例を示す。

【0031】

図25は、結合インダクタ800（図8）の二巻線の代替の実施形態である、1つの結合インダクタ2500の側面斜視図を示す。図26は、結合インダクタ2500の側平面図を示す。結合インダクタ2500は、空隙2508を形成する、第1の端部磁気要素2502と、第2の端部磁気要素2504と、上部磁気要素2506とを含む。インダクタ2500の製造中に空隙2508を制御することを容易にするために、任意に、非磁性材料で形成されるもの等のスペーサ（図示せず）を空隙2508内に含むことができる。空隙2508は、結合インダクタ2500の全長2510に及び、空隙2508は、厚さ2602（図26を参照）を有する。上外面2512の全体は、インダクタ2500の上面にステッカを必要とすることなく、結合インダクタ2500の自動定置を容易にするように、例えば、少なくとも実質的に平面である。

10

【0032】

図27は、結合インダクタ2500の三巻線の代替の実施形態である、1つの結合インダクタ2700の側面斜視図を示し、図28は、その側平面図を示す。結合インダクタ2700は、空隙2508の厚さ2602と同一である厚さ2802を有する空隙2804（図28を参照）を形成する、第1の端部磁気要素2702と、第2の端部磁気要素2704と、上部磁気要素2706とを含む。しかしながら、結合インダクタ2500とは対照的に、空隙2804は、インダクタ2700の全長2710には及ばない。代わりに、上部磁気要素2706は、空隙2804のその厚さ2802に対して直交する断面積が、インダクタ2500の空隙2508のその厚さ2602に対して直交する断面積と略同一となるように構成される。したがって、インダクタ2700の巻線漏れインダクタンス値は、インダクタ2700が、インダクタ2500より多くの巻線、およびインダクタ2500と同一の空隙厚さを有するにも関わらず、インダクタ2500と略同一である。

20

【0033】

図29は、結合インダクタ2500の四巻線の代替の実施形態である、1つの結合インダクタ2900の側面斜視図を示し、図30は、その側平面図を示す。結合インダクタ2900は、空隙2508の厚さ2602と同一である厚さ3002を有する空隙3004（図30を参照）を形成する、第1の端部磁気要素2902と、第2の端部磁気要素2904と、上部磁気要素2906とを含む。インダクタ2700（図27）と同様に、上部磁気要素2906は、空隙3004のその厚さ3002に対して直交する断面積が、インダクタ2500の空隙2508（図25）のその厚さ2602に対して直交する断面積と略同一となるように構成される。したがって、インダクタ2900の巻線漏れインダクタンス値は、インダクタ2900が、インダクタ2500および2700より多くの巻線、ならびにインダクタ2500および2700と同一の空隙厚さを有するにも関わらず、インダクタ2500および2700と略同一である。

30

【0034】

図31は、結合インダクタ800（図8）の代替の実施形態であり、結合インダクタ2300（図23）および結合インダクタ2900（図29）の両方のいくつかの特徴を含む、1つの結合インダクタ3100の側面斜視図を示す。結合インダクタ3100は、磁束に第1の端部磁気要素3102と第2の端部磁気要素3104との間を移動するための経路を提供する、第1の端部磁気要素3102と、第2の端部磁気要素3104と、上部磁気要素3106とを含む。上部磁気要素3106はさらに、空隙3108を形成する。上部磁気要素3106は、第1の端部磁気要素3102内の開口部3112に延在するが、第1の端部磁気要素3102と接触しない、延在部3110を形成する。図32は、インダクタ3100を図31とは反対の側面斜視から示す。空隙3108の比較的大きい集合的断面積のため、インダクタ3100の巻線漏れインダクタンス値は、比較的大きい場合がある。しかしながら、インダクタ3100の大きい数の空隙3108は、巻線漏れインダクタンス値の決定における十分な柔軟性を提供することができる。

40

【0035】

50

図33は、結合インダクタ3100(図33)の代替の実施形態である、1つの結合インダクタ3300の側面斜視図である。結合インダクタ3300は、結合インダクタ3100と類似する。しかしながら、結合インダクタ3100とは対照的に、結合インダクタ3300の上部磁気要素3302は、全ての接続磁気要素3304にわたって延在せず、それによって、空隙断面積を減少させる。したがって、結合インダクタ3300は一般的に、結合インダクタ3100の実施形態より小さい漏れインダクタンス値を有する。

【0036】

結合インダクタ800は、他の結合インダクタより優れた、多数の潜在的利点を有することができる。1つの潜在的利点は、結合インダクタ800が、同様のインダクタンスおよび電流付加耐量特性を伴う他の結合インダクタより小さい設置面積を有することができるということである。具体的に、漏れインダクタンスは主として、上部要素806および空隙808を介して生じ、制御される。その結果、典型的にインダクタ設置面積寸法を増加させる、漏れインダクタンスを増加させるための他の特徴が必要とされない。例えば、他の結合インダクタにおいて漏れインダクタンス値を増加させるために使用される、インダクタの端部または巻線間の漏れ部分(例えば、図5~図7のインダクタ500を参照)に追加される、空隙を伴う外脚は、結合インダクタ800では必要とされない。

【0037】

さらに、上述されるように、漏れインダクタンスは、空隙808の厚さ810を変化させることによって調整可能である。したがって、漏れインダクタンスは、単に上部磁気要素806を細かくすることによって等、容易に調整することができる。対照的に、結合インダクタ100(図1~図3)または結合インダクタ500(図5~図7)の漏れインダクタンスを調整するためには、コア幾何学形状および/または漏れ部分が変更されなければならない。

【0038】

さらに、結合インダクタ800は、巻線間に幅広の窓幅1306を有する必要がなく、それによって、コア断面の巻線を磁気結合するのに利用可能な部分を最大化することを助長する。例えば、図13では、巻線904を共に結合する磁性材料が断面の大部分を占め、窓1304のみが磁性材料を含まない。したがって、インダクタ800は、同様の巻線間隔幅を伴う他のインダクタより大きい磁化インダクタンスを有することができ、これは、巻線間の磁気結合を高め、巻線間の漏れインダクタンスおよび磁化インダクタンスの均一性を高め、巻線電流不整合による飽和に対する耐性を高め、および/またはコア損失を低減する。さらに、結合インダクタ800のいくつかの実施形態によって提供される、大きい磁気結合は、より低い透磁率のコア材料を使用することを可能にし、それによって、コア損失を低減することができる。

【0039】

対照的に、結合インダクタ100(図1~図3)または結合インダクタ500(図5~図7)等のいくつかの他の結合インダクタでは、インダクタの体積の相当部分が巻線を共に磁気結合するために利用されない。そのような事実は、図7および図13を比較することによって理解することができ、結合インダクタ800は、同一の巻線間隔幅で、結合インダクタ500より著しく多い、巻線を共に結合する磁気コア材料を含む。

【0040】

さらに、結合インダクタ800の特定の実施形態は、巻線904が短い長さおよび広い幅を有することを可能にし、それによって、巻線抵抗および関連電力損失を低減する。対照的に、いくつかの先行技術の結合インダクタは、例えば、結合インダクタ100の巻線104の長さ(図4を参照)によって示されるような、大幅に長い巻線を必要とする。

【0041】

さらに、結合インダクタ800のいくつかの実施形態は、薄い磁気コア片を必要とせず、それによって、機械的強度を促進し、製造、輸送、取り扱い、および/または組み立てを容易にする。対照的に、いくつかの他の結合インダクタは、脆弱な薄いコア片を必要とし、製造、輸送、取り扱い、および/または組み立てが困難である。例えば、結合インダク

10

20

30

40

50

タ 1 0 0 のコア 1 0 2 (図 1) は、薄い上部片および薄い下部片を必要とする場合がある。

【 0 0 4 2 】

図 3 4 は、1 つの M - 巻線結合インダクタ 3 4 0 0 の上面斜視図を示す。M が 4 である、結合インダクタ 3 4 0 0 が示されている。しかしながら、M は、任意の 1 より大きい整数であってもよい。結合インダクタ 3 4 0 0 は、結合インダクタ 8 0 0 と類似するが、その主要漏れ磁束経路と直列の 2 つの空隙を含む。具体的に、結合インダクタ 3 4 0 0 は、第 1 の端部磁気要素 3 4 0 4 および第 2 の端部磁気要素 3 4 0 6 を含む磁気コア 3 4 0 2 と、上部磁気要素 3 4 0 8 とを含む。第 1 の空隙 3 4 1 0 は、上部磁石要素 3 4 0 8 を第 1 の端部磁気要素 3 4 0 4 から分離し、第 2 の空隙 3 4 1 2 は、上部磁気要素 3 4 0 8 を第 2 の端部磁気要素 3 4 0 6 から分離する。第 1 および第 2 の空隙 3 4 1 0、3 4 1 2 は、それぞれ、磁気コア 3 4 0 2 を形成する 1 つ以上の磁性材料より低い透磁率を有する、個別の空隙材料 (例えば、空気、絶縁テープ、プラスチック、接着剤、および / または紙) を含む。上部磁気要素 3 4 0 8 は、外面または上面 3 4 2 2 を形成し、特定の実施形態では、表面 3 4 2 2 の少なくとも一部分は、少なくとも実質的に平面である。

【 0 0 4 3 】

図 3 5 は、上部磁気要素 3 4 0 8 が除去された、コア 3 4 0 2 の上面斜視図を示す。コア 3 5 0 2 は、第 1 の端部磁気要素 3 4 0 4 と第 2 の端部磁気要素 3 4 0 6 との間に配置され、それらを接続する、M 個の接続磁気要素 3 4 1 4 を含む。したがって、上部磁気要素 3 4 0 8 は、接続磁気要素 3 4 1 4 のそれぞれに隣接し、それらに少なくとも部分的にわたって延在する。第 1 および第 2 の端部磁気要素 3 4 0 4、3 4 0 6 は、例えば、コア 3 4 0 2 が梯子形コアを形成するように、相互に対して平行である。コア 3 4 0 2 の磁気要素は、コア 3 4 0 2 を形成するように接合される別個の磁気要素として示されているが、磁気要素のうちの 1 つ以上を、単一の磁気要素に組み合わせることができる (例えば、接続磁気要素 3 4 1 4 および第 1 の端部磁気要素 3 4 0 4 を、単一の磁気要素に組み合わせることができる) 。

【 0 0 4 4 】

結合インダクタ 3 4 0 0 はさらに、各接続磁気要素 3 4 1 4 に少なくとも部分的に巻き付けられる、個別の巻線 3 4 1 6 を含む。図 3 6 は、結合インダクタ 3 4 0 0 の上面斜視図を示し、磁気コア 3 4 0 2 は、巻線 3 4 1 6 を示すために、透明なものとして示されている。巻線 3 4 1 6 の構成は、図 1 6 ~ 図 1 8 の実施例のものと同様のものになるように等、変化させることができる。図 3 7 は、結合インダクタ 3 4 0 0 の側面 3 4 1 8 の図を示す。

【 0 0 4 5 】

接着剤、エポキシ、および / または 1 つ以上の非磁性スペーサ等の非磁性材料 3 7 0 8 (図 3 7) は典型的に、上部磁気要素 3 4 0 8 を第 1 および第 2 の端部磁気要素 3 4 0 4、3 4 0 6 から分離し、それによって第 1 および第 2 の空隙 3 4 1 0、3 4 1 2 を生じさせるように、コア 3 4 0 2 の上部磁気要素 3 4 0 8 と 1 つ以上の他の要素 (例えば、第 1 および第 2 の端部磁気要素 3 4 0 4、3 4 0 6) との間に配置される。磁性スペーサは任意に、粘着剤であり、そのような場合、上部磁石要素 3 4 0 8 を第 1 および第 2 の端部磁気要素 3 4 0 4、3 4 0 6 に少なくとも部分的に固定する。接着剤はまた、上部磁石要素 3 4 0 8 を第 1 および第 2 の端部磁気要素 3 4 0 4、3 4 0 6 に少なくとも部分的に固定するために使用することもできる。図 3 8 ~ 図 4 0 は、それぞれが上部磁石要素 3 4 0 8 を第 1 および第 2 の端部磁気要素 3 4 0 4、3 4 0 6 から分離する、1 つ以上の非磁性スペーサ 3 8 0 2 を含む、結合インダクタ 3 4 0 0 の実施形態である、結合インダクタ 3 8 0 0、3 9 0 0、および 4 0 0 0 の上面斜視図をそれぞれ示す。コア 3 4 0 2 は、図 3 8 ~ 図 4 0 では、非磁性スペーサ 3 8 0 2 を示すために、透明なものとして示されている。

【 0 0 4 6 】

特定の代替の実施形態では、結合インダクタの巻線のうちの少なくとも 1 つは、コアの上部磁気要素と 1 つ以上の他の要素との間のスペーサとしての役割を果たす。例えば、図

10

20

30

40

50

41は、結合インダクタ3400の代替の実施形態である、結合インダクタ4100の側面図を示し、巻線4102（巻線3416と類似する）は、上部磁気要素4104を第1および第2の端部磁気要素4106、4108から分離するのを助長する。接着剤またはエポキシ等の粘着性材料（図示せず）は典型的に、上部磁気要素4104を結合インダクタ4100の残りの部分に保持するために使用される。そのような粘着性材料はまた典型的に、上部磁気要素4104を端部磁気要素4106、4108から分離するのを助長する。巻線4102を上部磁気要素4104と端部磁気要素4106、4108との間のスペーサとして使用することによって、空隙厚さ4110、4112を精密に制御することを容易にすることができる。

【0047】

上部磁気要素3408は、磁束に第1の端部磁気要素3404と第2の端部磁気要素3406との間を移動するための経路を提供する。したがって、上部磁気要素3408は、漏れ磁束に経路を提供し、第1および第2の空隙3410、3412は、それぞれ、上部磁気要素3408の漏れ磁束経路と直列である。したがって、上部磁気要素3408ならびに第1および第2の空隙3410、3412は典型的に、各巻線3416の個別の漏れインダクタンスの最重要寄与要因である。したがって、漏れインダクタンスは、空隙第1の空隙3410の厚さ3702および/または第2の空隙3412の厚さ3704（図37を参照）を変化させることによって変化させることができ、漏れインダクタンスは、厚さ3702、3704に比例して増加する。漏れ磁束経路内に2つの空隙3410、3412を含む結合インダクタ3400のため、空隙3410、3412は典型的に、漏れ磁束経路内に単一の空隙しか含まないインダクタの漏れ磁束経路内の空隙より薄い。

【0048】

厚さ3702、3704は、図37では同一であるように示されているが、厚さ3702は、厚さ3704と同一である必要はない。さらに、第1および第2の空隙3410、3412のそれぞれは、結合インダクタ3400の長さ3420の全体に沿って延在するように示されているが、第1および第2の空隙3410、3412のうちの1つ以上は、長さ3420の部分のみに沿って延在するように修正することができる。さらに、第1および第2の空隙3410、3412のうちの1つ以上は、非線形漏れインダクタンス値を生じさせるため等、結合インダクタ3400の幅3420に沿って、および/または深さ3706に沿って不均一である、厚さ3702、3704を有することができる。さらに、結合インダクタ3400は、上部磁気要素3408の漏れ磁束経路内に、第1および第2の空隙3410、3412に加えて、1つ以上の空隙を含むように修正することができる。

【0049】

結合インダクタ3400の特定の実施形態は、同様のインダクタンスおよび電流付加耐量特性を伴う、いくつかの他の結合インダクタより小さい設置面積、漏れインダクタンスを容易に調整する能力、隣接する巻線を近接して定置する能力、ならびに短いおよび/または幅広の巻線を使用する能力等、結合インダクタ800に関して上述されるものと同様の利点を有する。さらに、以下に記載されるように、結合インダクタ3400の特定の実施形態は、結合インダクタ800の特定の実施形態によって必ずしも実現される必要はない、追加の利点を有する。

【0050】

例えば、結合インダクタ3400の特定の実施形態では、上面3422の少なくとも一部分には、空隙がなく、実質的に平らであり（空隙3410、3412は、表面3422の側にある）、それによって潜在的に、表面3422上にラベルまたはカバーを使用する必要なく、ピックアッププレース組み立てを可能にする。ラベルまたはカバーを使用する必要がないことは有利に、材料および人件費を削減すること、結合インダクタ3400の高さ3424を低減すること、および/または上面3422からインダクタの環境への熱の伝達を促進することができる。

【0051】

10

20

30

40

50

別の実施例として、結合インダクタ3400の特定の実施形態は、多数の単純な形状（例えば、実質的に長方形）の磁気要素から形成されるコアを含み、それによって、低コア費用および製造可能性を促進する。そのような磁気要素は、対称であり、それによって、コア3402を形成するために必要とされる磁気要素の数を削減することができる。例えば、特定の実施形態では、第1および第2の端部磁気要素3404、3406は、交換可能であり、それによって、コア3402を形成するために備蓄される、異なる磁気要素の数を削減する。

【0052】

さらに別の実施例として、空隙厚さ3702、3704が、第1および第2の端部磁気要素3404、3406に対する上部磁気要素3408の位置によって決定されるという事実は、空隙厚さを比較的容易に制御することを可能にすることができる。例えば、特定の実施形態では、空隙厚さは主として、上部磁気要素3408を第1および第2の端部磁気要素3404、3406から分離する非磁性スペーサならびに/または接着剤の厚さによって制御される。

【0053】

別の実施例として、単一の空隙の代わりに2つの空隙3410、3412を使用することによって、結合インダクタ3400から放出される浮遊磁界を低減することができる。特に、上述されるように、空隙3410、3412は典型的に、漏れ磁束経路内に単一の空隙しか含まないインダクタの漏れ磁束経路内の空隙より薄い。そのようなより小さい空隙は、浮遊磁界を低減することができ、これは言い換えると、結合インダクタ3400からの電磁干渉を低減することができる。浮遊磁界の低減はまた、浮遊磁界から金属部品内に誘導される電流からもたらされる、隣接する金属部品における損失も低減することができる。

【0054】

本明細書に開示される結合インダクタの1つの考えられる用途は、スイッチングDC-DCコンバータ等の電源である。したがって、本明細書に開示される結合インダクタの磁気コアを形成するために使用される磁性材料は典型的に、スイッチング電源において一般的である高スイッチング周波数（例えば、少なくとも20KHz）で比較的低いコア損失を呈する材料（例えば、フェライト材料または粉末鉄材料）である。

【0055】

図41は、本明細書に記載される結合インダクタの1つの考えられる用途である、1つの電源4200を図式的に示す。電源4200は、3つの相を有するように示されているが、電源4200は、2つ以上の任意の数の相を有することができる。

【0056】

電源4200は、例えば、本明細書に記載される結合インダクタのうちの1つの三巻線実施形態（例えば、結合インダクタ800、1900、2000、2100、2200、2300、2500、2700、2900、3100、3300、3400、または4100のうちの1つの三巻線実施形態）である、結合インダクタ4202を含む。結合インダクタ4202は、磁気コア4204と、3つの巻線4206とを含む。各巻線4206は、共通の第1の節点4212に電氣的に結合される、第1の端部4210を有する。各第1の端部4210は任意に、インダクタ4202の1つの共通の側（例えば、図12の側1204）から延在する。各巻線4206はさらに、個別のスイッチング回路4214に電氣的に結合される、第2の端部4208を含む。各第2の端部4208は任意に、インダクタ4202の別の共通の側（例えば、図12の側1206）から延在する。巻線4206は、その第2の端部4208から1つの巻線4206を通過してその第1の端部4210に流れる電流が、各他の巻線4206内に、その第2の端部4208からその第1の端部4210に流れる電流を誘導するように、コア4204上に巻かれる。スイッチング回路4214は、それらの個別の巻線4206の第2の端部4208を少なくとも2つの異なる電圧間で切り替えるように構成され、配設される。コントローラ4218は、スイッチング回路4214を制御し、コントローラ4218は任意に、第1の節点4212へ

10

20

30

40

50

等のフィードバック接続 4 2 2 0 を含む。第 1 の節点 4 2 1 2 は任意に、フィルタ 4 2 1 6 を含む。

【 0 0 5 7 】

電源 4 2 0 0 は典型的に、スイッチング電流による構成要素の移動から生じる音が、人が知覚可能な周波数範囲を超えるような、少なくとも約 2 0 k H z のスイッチング周波数、スイッチング回路 4 2 1 4 が切り替える周波数を有する。スイッチング電源 4 2 0 0 を、低スイッチング周波数の代わりに高スイッチング周波数（例えば、少なくとも 2 0 k H z ）で動作させることによって、また、（ 1 ）エネルギー貯蔵構成要素（例えば、結合インダクタ 4 2 0 2 およびフィルタコンデンサ）の寸法の低減、（ 2 ）リップル電流およびリップル電圧振幅の低減、ならびに / または（ 3 ）改善されたコンバータ過渡応答を促進

10

【 0 0 5 8 】

いくつかの実施形態では、コントローラ 4 2 1 8 は、各スイッチング回路 4 2 1 4 が他のスイッチング回路 4 2 1 4 とは異なる相で動作するように、スイッチング回路 4 2 1 4 を制御する。換言すれば、そのような実施形態では、各スイッチング回路 4 2 1 4 によってその個別の第 2 の端部 4 2 0 8 に提供される、切り替えられた波形は、各他のスイッチング回路 4 2 1 4 によってその個別の第 2 の端部 4 2 0 8 に提供される、切り替えられた波形に対して位相シフトされる。例えば、電源 4 2 0 0 の特定の実施形態では、スイッチング回路 4 2 1 4 （ 1 ）は、スイッチング回路 4 2 1 4 （ 2 ）によって第 2 の端部 4 2 0 8 （ 2 ）に提供される、切り替えられた波形、およびスイッチング回路 4 2 1 4 （ 3 ）によって第 2 の端部 4 2 0 8 （ 3 ）に提供される、切り替えられた波形から約 1 2 0 度位相がずれている、切り替えられた波形を第 2 の端部 4 2 0 8 （ 1 ）に提供する。

20

【 0 0 5 9 】

電源 4 2 0 0 は、種々の構成を有するように構成し、配設することができる。例えば、電源 4 2 0 0 が降圧コンバータとして構成され、第 1 の節点 4 2 1 2 が出力電圧節点であり、フィルタ 4 2 1 6 が出力フィルタであるようなスイッチング回路 4 2 1 4 は、それらの個別の巻線 4 2 0 6 の第 2 の端部 4 2 0 8 を、入力電圧節点（図示せず）とグランドとの間で切り替えることができる。本実施例では、各スイッチング回路 4 2 1 4 は、少なくとも 1 つの高側スイッチングデバイスおよび少なくとも 1 つのキャッチダイオード、または少なくとも 1 つの高側スイッチングデバイスおよび少なくとも 1 つの低側スイッチングデバイスを含む。本文献の文脈では、スイッチングデバイスには、バイポーラ接合トランジスタ、電界効果トランジスタ（例えば、N - チャネルまたは P - チャネル金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ、接合型電界効果トランジスタ、金属 - 半導体電界効果トランジスタ）、絶縁ゲート型バイポーラ接合トランジスタ、サイリスタ、またはシリコン制御整流器が挙げられるが、これらに限定されない。

30

【 0 0 6 0 】

別の実施例として、電源 4 2 0 0 は、節点 4 2 1 2 が入力電力節点であり、スイッチング回路 4 2 1 4 がそれらの個別の巻線 4 2 0 6 の第 2 の端部 4 2 0 8 を出力電圧節点（図示せず）とグランドとの間で切り替えるような、昇圧コンバータとして構成することができる。さらに、電源 4 2 0 0 は、例えば、節点 4 2 1 2 が共通の節点であり、スイッチング回路 4 2 1 4 がそれらの個別の巻線 4 2 0 6 の第 2 の端部 4 2 0 8 を出力電圧節点（図示せず）と入力電圧節点（図示せず）との間で切り替えるような、降圧 - 昇圧コンバータとして構成することができる。

40

【 0 0 6 1 】

さらに、さらに別の実施例として、電源 4 2 0 0 は、孤立したトポロジを形成することができる。例えば、各スイッチング回路 4 2 1 4 は、変圧器と、変圧器の一次巻線に電氣的に結合される、少なくとも 1 つのスイッチングデバイスと、変圧器の二次巻線と個別の巻線 4 2 0 6 の第 2 の端部 4 2 0 8 との間に結合される整流回路とを含むことができる。

50

整流回路は任意に、効率を改善するように、少なくとも1つのスイッチングデバイスを含む。

【0062】

電源4200の1つの考えられる用途は、図43のコンピューティング装置4300等のコンピューティング装置である。コンピューティング装置4300は、例えば、個人用コンピュータもしくはサーバのマザーボード、サーバの処理ボード、コンピューティング能力を伴う携帯電話、または個人用デジタル補助装置である。電源4200の実施形態である、電源4302は、プロセッサ4304に少なくとも部分的に電力供給する。電源4302は、例えば、本明細書に記載される結合インダクタのうちの1つの実施形態(例えば、結合インダクタ800、1900、2000、2100、2200、2300、2500、2700、2900、3100、3300、3400、または4100のうちの1つの実施形態)である、結合インダクタ4306を含む。

10

【0063】

上記の方法およびシステムに、その範囲から逸脱することなく、変更を行うことができる。したがって、上述に含まれ、添付の図面中に示される事柄は、制限的な意味ではなく、実例として解釈されるべきであることに留意されたい。以下の特許請求の範囲は、本明細書に記載される、包括的特徴および具体的特徴を網羅すること、ならびに本方法およびシステムの範囲の全ての記述は、言語上の事実として、その範囲内に含まれるということが意図される。

【図1】

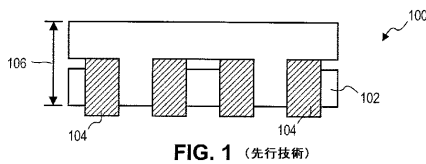


FIG. 1 (先行技術)

【図2】

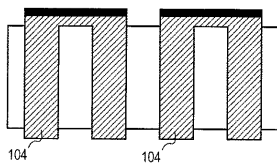


FIG. 2 (先行技術)

【図3】

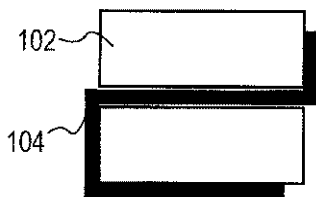


FIG. 3 (先行技術)

【図4】

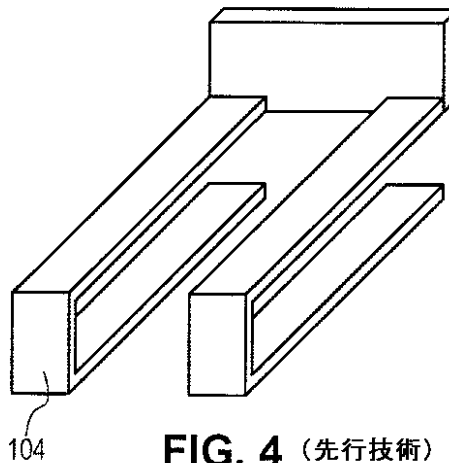


FIG. 4 (先行技術)

【図5】

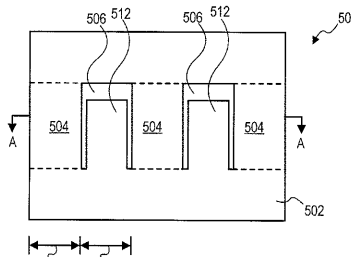


FIG. 5 (先行技術)

【 図 6 】

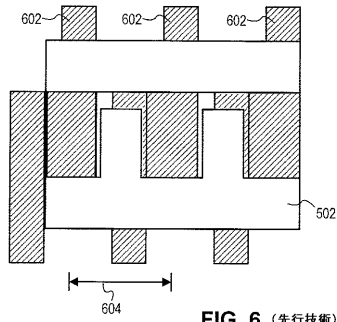


FIG. 6 (先行技術)

【 図 7 】

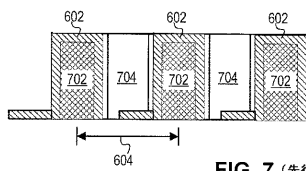


FIG. 7 (先行技術)

【 図 8 】

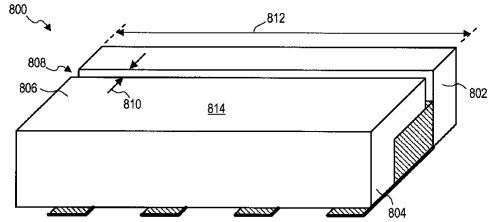


FIG. 8

【 図 9 】

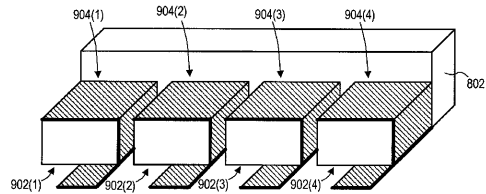


FIG. 9

【 図 10 】

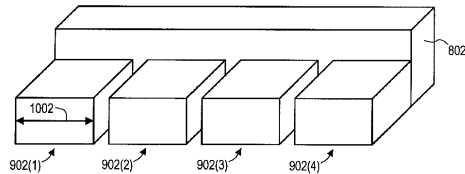


FIG. 10

【 図 11 】

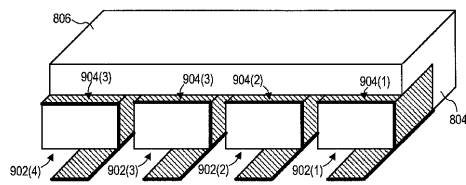


FIG. 11

【 図 12 】

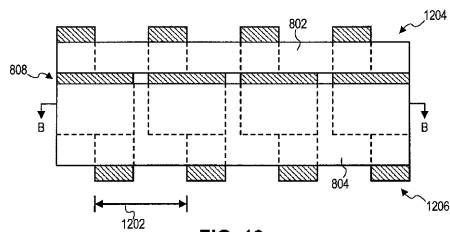


FIG. 12

【 図 13 】

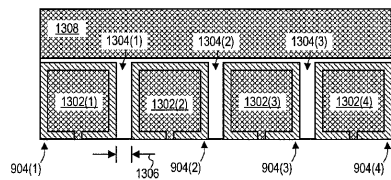


FIG. 13

【 図 14 】

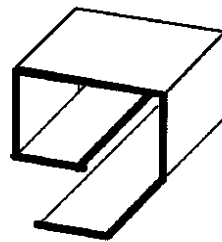


FIG. 14

【 図 15 】

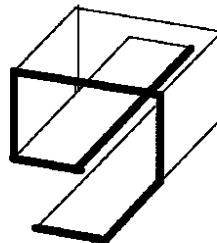


FIG. 15

【 図 1 6 】

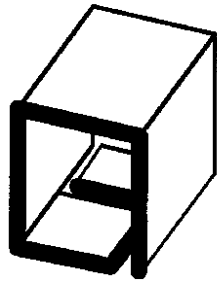


FIG. 16

【 図 1 8 】

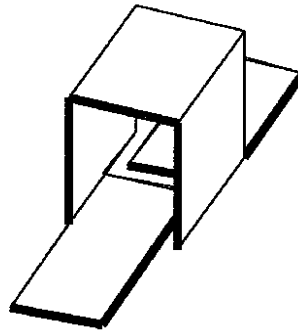


FIG. 18

【 図 1 7 】

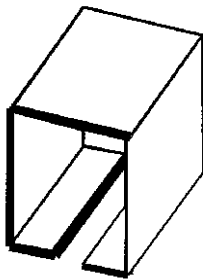


FIG. 17

【 図 1 9 】

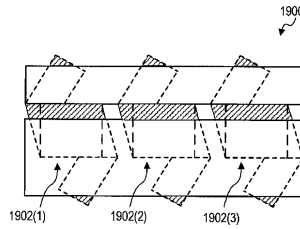


FIG. 19

【 図 2 0 】

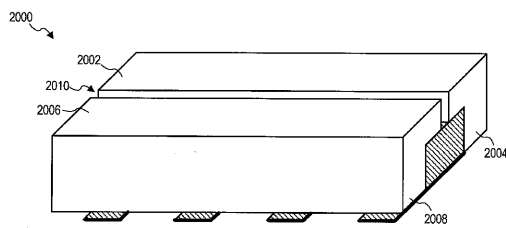


FIG. 20

【 図 2 3 】

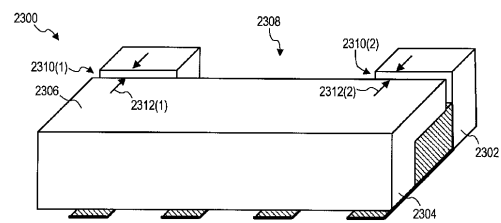


FIG. 23

【 図 2 1 】

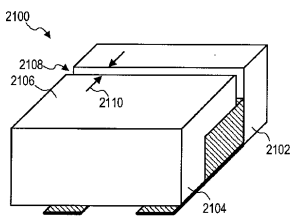


FIG. 21

【 図 2 4 】

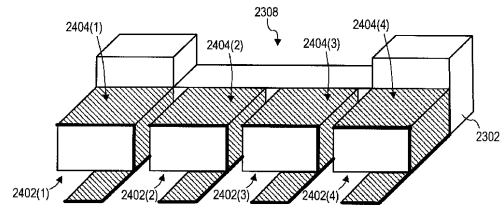


FIG. 24

【 図 2 2 】

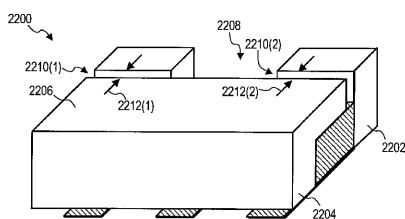


FIG. 22

【 図 2 5 】

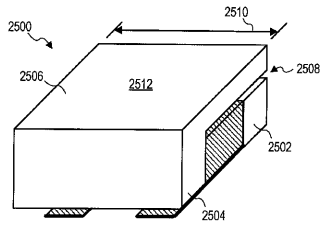


FIG. 25

【 図 2 7 】

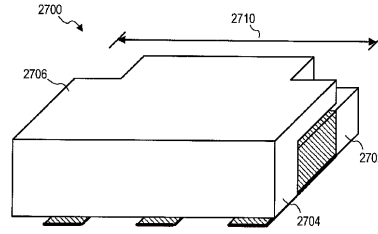


FIG. 27

【 図 2 6 】

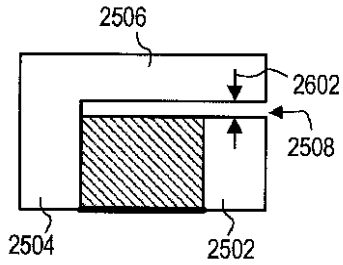


FIG. 26

【 図 2 8 】

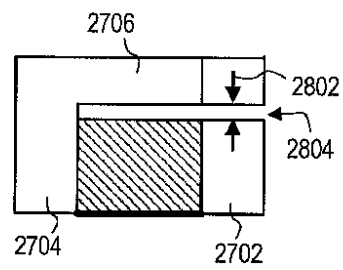


FIG. 28

【 図 2 9 】

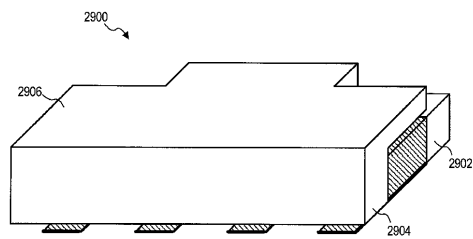


FIG. 29

【 図 3 1 】

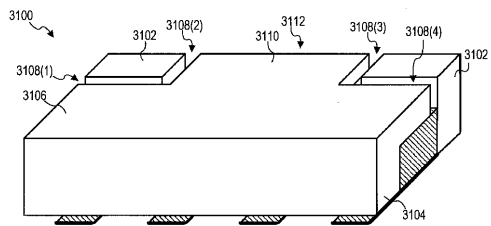


FIG. 31

【 図 3 0 】

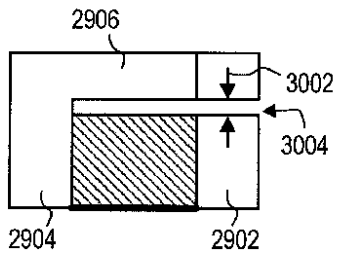


FIG. 30

【 図 3 2 】

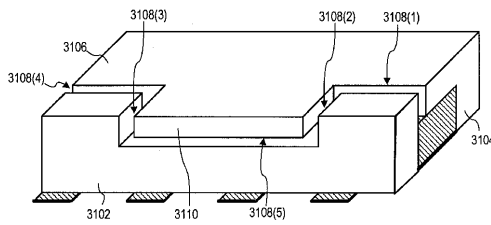


FIG. 32

【 図 3 3 】

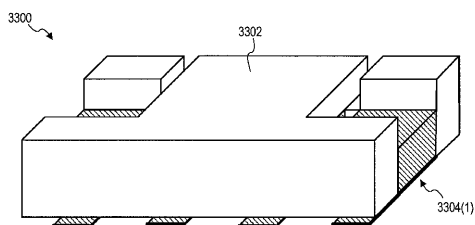


FIG. 33

【 図 3 4 】

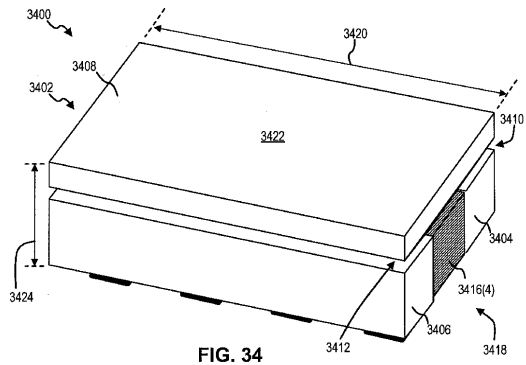


FIG. 34

【 図 3 6 】

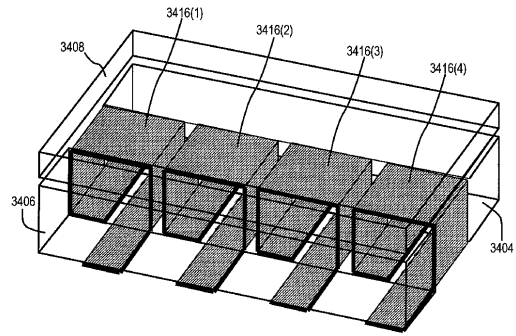


FIG. 36

【 図 3 5 】

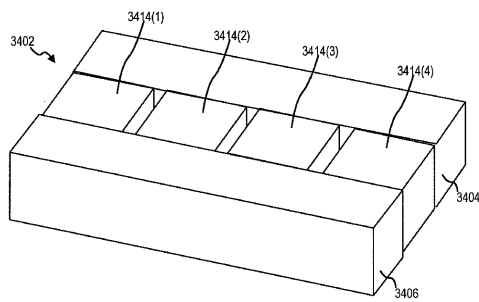


FIG. 35

【 図 3 7 】

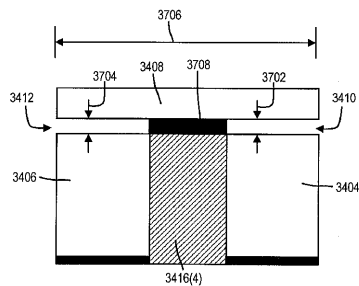


FIG. 37

【 図 3 8 】

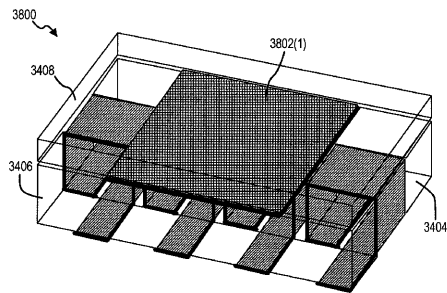


FIG. 38

【 図 4 0 】

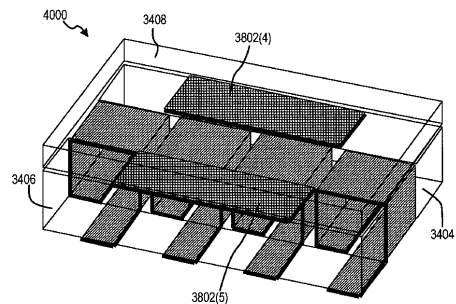


FIG. 40

【 図 3 9 】

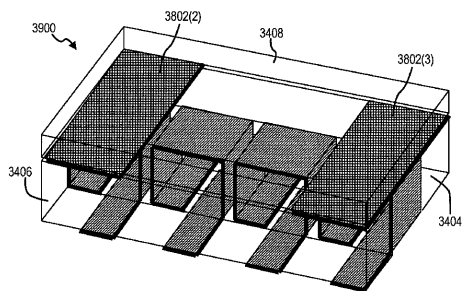


FIG. 39

【 図 4 1 】

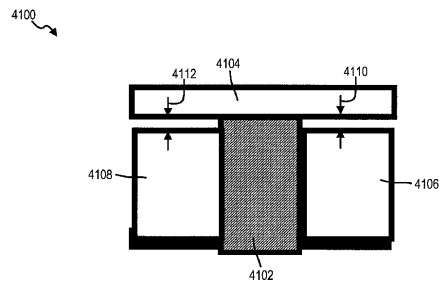


FIG. 41

【 図 4 2 】

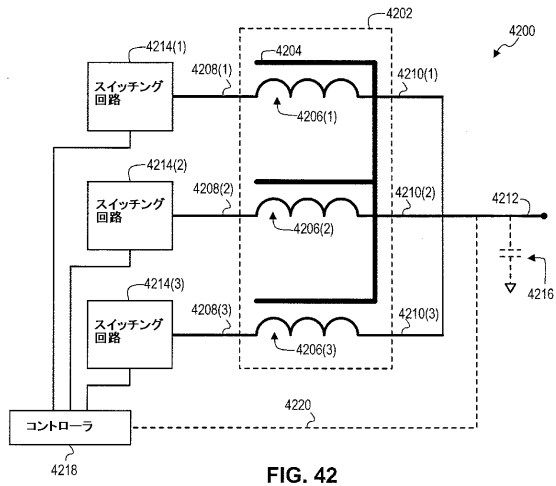


FIG. 42

【 図 4 3 】

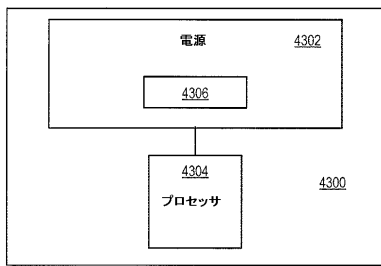


FIG. 43

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 2 M 3/155 (2006.01) H 0 1 F 27/24 L
H 0 1 F 41/04 D
H 0 2 M 3/155 Y

(72)発明者 イクリアニコフ, アレクサンダー
アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 4 5 4 6 , カストロ パレー, オースティン コート
2 4 3 2

審査官 五貫 昭一

(56)参考文献 特開2007-299915(JP,A)
特開2008-34426(JP,A)
米国特許出願公開第2008/0024259(US,A1)
米国特許出願公開第2008/0150666(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H 0 1 F 3 0 / 1 2
H 0 1 F 3 / 1 0
H 0 1 F 2 7 / 2 4
H 0 1 F 3 7 / 0 0
H 0 1 F 4 1 / 0 4
H 0 2 M 3 / 1 5 5