

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 2 月 3 日 (03.02.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/010901 A2

- (51) 国際特許分類: H01F 30/00
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2004/010752
- (22) 国際出願日: 2004 年 7 月 22 日 (22.07.2004)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-279015 2003 年 7 月 24 日 (24.07.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): FDK 株式会社 (FDK CORPORATION) [JP/JP]; 〒1050004 東京都港区新橋 5 丁目 3 6 番 1 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中尾 文昭 (NAKAO, Fumiaki) [JP/JP]; 〒1050004 東京都港区新

橋 5 丁目 3 6 番 1 1 号 FDK 株式会社内 Tokyo (JP). 鈴木 一成 (SUZUKI, Kazunari) [JP/JP]; 〒1050004 東京都港区新橋 5 丁目 3 6 番 1 1 号 FDK 株式会社内 Tokyo (JP). 北岡 幹雄 (KITAOKA, Mikio) [JP/JP]; 〒1050004 東京都港区新橋 5 丁目 3 6 番 1 1 号 FDK 株式会社内 Tokyo (JP). 松林 大介 (MATSUBAYASHI, Daisuke) [JP/JP]; 〒1050004 東京都港区新橋 5 丁目 3 6 番 1 1 号 FDK 株式会社内 Tokyo (JP). 鈴木 茂徳 (SUZUKI, Shigenori) [JP/JP]; 〒1050004 東京都港区新橋 5 丁目 3 6 番 1 1 号 FDK 株式会社内 Tokyo (JP).

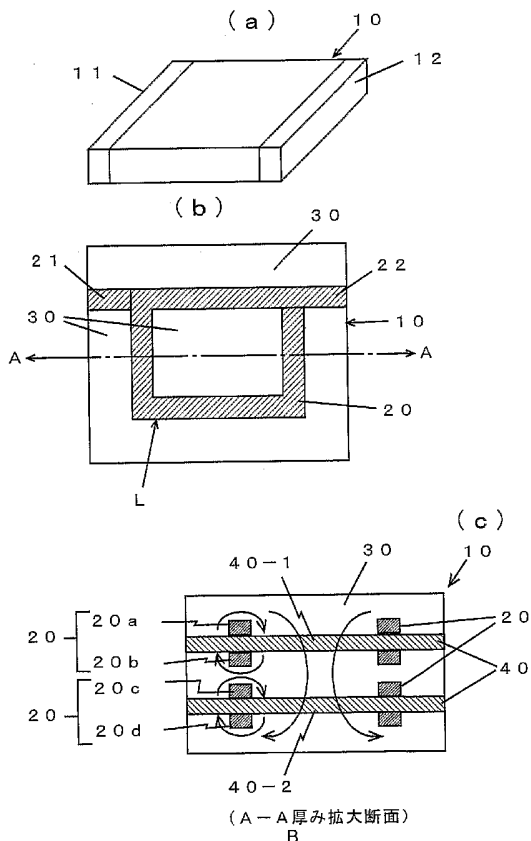
(74) 代理人: 一色国際特許業務法人 (ISSHIKI & CO.); 〒1050004 東京都港区新橋 2 丁目 1 2 番 7 号 労金新橋ビル Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,

/ 続葉有 /

(54) Title: CORE TYPE LAMINATE INDUCTOR

(54) 発明の名称: 磁心型積層インダクタ



(57) Abstract: A core type laminate inductor comprising a magnetic gap layer (40) interposed between the layers of conductor pattern (20) and formed by being divided into a plurality of mutually separated layers with magnetic layers therebetween, the plurality of layers of magnetic gap layer being disposed to be vertically symmetric in terms of magnetic equivalence with respect to the laminate center portion, each magnetic gap layer being disposed with at least two layers of conductor pattern set between adjacent gap layers.

(57) 要約: 導体パターン (20) の層間に磁気ギャップ層 (40) を介在させるとともに、その磁気ギャップ層 (40) を磁性体層を挟んで互いに離れた複数層に分けて形成し、さらにその複数層の磁気ギャップ層を積層中心部に対して磁気等価的に上下対称に配置するとともに、各磁気ギャップ層を少なくとも間に 2 層以上の導体パターンを置いて配置した磁心型積層インダクタ。

B... (A-A THICKNESS ENLARGED SECTION)



BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書なし；報告書を受け取り次第公開される。

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

磁心型積層インダクタ

5

関連出願の相互参照

本願は2003年7月24日に出願された日本国特許出願 特願2003-279015号に基づく優先権を主張し、その内容を本願明細書中に援用する。

技術分野

10

本発明は磁心型積層インダクタに関し、とくに表面実装用チップインダクタであって直流重畳されて使用されるものに適用として有効であり、たとえば携帯電話機などの移動情報機器において、内蔵電池から得られる電源電圧（起電力）を所定の回路動作電圧に変換する超小形のDC-DCコンバータに利用して好適である。

15

背景技術

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などの磁心型インダクタは磁性コアにコイルを巻回して構成されるため、半導体集積回路などの電子部品に比べて小形化とくに薄型化が困難であった。そこで、
20 本発明者は、図9に示すような磁心型積層インダクタを検討した。

図9は、本発明者が本発明に先立って検討した磁心型積層インダクタの構成を示す。同図において、(a)は外観構成の斜視図、(b)は導体パターンの上図、(c)は(b)のA-A断面図、(d)は(c)の厚み方向拡大図をそれぞれ示す。

25

磁性コアを有しない非磁心型の積層インダクタは、非磁性電気絶縁層と導体パターンをスクリーン印刷等で積層して形成されるが、図9に示す磁心型積層イン

ダクタ 10b は、電気絶縁性磁性体（軟磁性体）30 と導体パターン 20 をスクリーン印刷等で積層することにより形成される。導体パターン 20 は電気絶縁性磁性体 30 内で層方向に重畳しながら螺旋状に周回するコイル L を形成する。積層された電気絶縁性磁性体 30 は上記コイル L からの磁束（図中の矢印）を環状に導く閉磁路を形成する。コイル L の両端は引き出し用導体パターン部 21, 22 を介してインダクタチップの両端に位置する電極端子 11, 12 に接続される。

上記磁心型積層インダクタ 10b は、磁性体 30 による磁性コア（磁心）を有することにより、磁気漏洩が少ないとともに、比較的少ないコイル巻数で必要なインダクタンスを得ることができる。このため、上記トランスやチョークコイルなどをチップインダクタとして超小型に形成するのに適している。たとえば、高周波スイッチング方式の DC-DC コンバータで使用するチップインダクタについては、高透磁率の磁性体 30 との組み合わせにより、4 回程度のコイル巻数でほとんどの仕様要求に対応することができる。

なお、上記検討技術に比較的近い公知技術例としては、たとえば特開 2003-31424 号公報や特開 2001-85231 号公報に記載された積層インダクタがある。

上記磁心型積層インダクタ 10b では、コイル巻数に比べて高いインダクタンスを得ることができるが、小さなコイル電流（励磁電流）でも、磁性体 30 の磁気飽和によるインダクタンスの急低下が生じてしまうという問題があった。つまり、所定以上のインダクタンスを保証できる電流上限値が小さく、トランスやチョークコイルなどして十分な定格電流が得られないという問題があった。

DC-DC コンバータなどの電源回路あるいはパワー回路に使用されるインダクタは、直流電流が重畳された状態いわゆる直流重畳されて使用されることが多い。直流重畳状態で所定のインダクタンス特性を得るためには、上記定格電流を十分に大きく確保する必要がある。

そこで、本発明者は、図 10 に示すように、上記閉磁路に磁気ギャップ層 40

を介在させることにより、その閉磁路での磁気飽和レベルを高め、これにより、上記定格電流を増大させることを検討した。

図10において、(a)は磁心型積層インダクタ10bの厚み拡大断面図、(b)はそのインダクタ10bの電流／インダクタンス特性グラフをそれぞれ示す。

- 5 同図に示す磁心型積層インダクタ10bは、(a)に示すように、高透磁率の磁性体30中に導体パターン20が4層(20a～20d)に形成されている。この4層の導体パターン(20a～20d)は4回巻きのコイルを形成する。磁気ギャップ層40は、その4層の導体パターン(20a～20d)を層方向に2分する中心層部に形成されている。この磁気ギャップ層40が上記閉磁路に介在
- 10 することにより、その閉磁路での磁気飽和レベルを高めることができる。

これにより、同図の(b)に示すように、所定以上のインダクタンス値を保証できる電流上限値すなわち定格電流を大きく確保することができる。(b)のグラフにおいて、実線は磁気ギャップ層40が有る場合の特性、破線は磁気ギャップ層40が無い場合の特性をそれぞれ示す。

- 15 図10に示した磁心型積層インダクタ10bは磁気ギャップ層40により、所定以上のインダクタンス値を保証できる定格電流を増大させることができるが、次のような問題のあることが判明した。

- すなわち、図10の(b)において、コイル電流(励磁電流)がある程度以上の大きさの領域では、コイル電流によるインダクタンスの変化が比較的緩やかで特性が安定しているが、コイル電流が小さい領域ではインダクタンスが特異的に
- 20 高く、かつコイル電流による変化が急激で特性が安定しない。したがって、直流電流を重畳させて使用する場合に、その重畳電流によってインダクタンスが大きく変動してしまい、良好な直流重畳性能が得られない、という問題が生じる。

- また、インダクタンスの測定検査は通常、小電流で行った方が測定負担を軽減
- 25 して検査効率を高めることができるが、その小電流での検査では特異的な高インダクタンスが計測されてしまうため、適正な検査が行えないといった問題も生じ

る。

小電流領域でインダクタンスが特異的に高くなることについて、本発明者が知得したところによれば、次のようなことが考えられる。すなわち、図10の(a)に矢印に線で示すように、各導体パターン(20a~20d)の周囲にそれぞれ
5 局所的な閉磁路が形成される。磁気ギャップ層40に隣接する内側の導体パターン20b, 20cの周囲には、その磁気ギャップ層40の介在により、相対的に低透磁率の閉磁路が局所的に形成される。一方、磁気ギャップ層40から離れた外側の導体パターン20a, 20dの周囲には、磁気ギャップ層40が介在しないため、相対的に高透磁率の閉磁路が局所的に形成される。このため、内側の導
10 体パターン20b, 20cと外側の導体パターン20a, 20dの間では、各導体パターンからの誘導磁束が互いに平衡相殺されず、局所的な磁気バイアスが生じる。この磁気バイアスにより生じる局所的な磁気飽和が、図10の(b)に示したような、特異的な高インダクタンスを生じさせると考えられる。

15 発明の開示

本発明の一の目的は、所定以上のインダクタンス値を保証できる定格電流を大きく確保できるとともに、定格範囲内の全電流領域にてインダクタンス変化が比較的緩やかな好特性が得られるようにし、これにより良好な直流重畳性能が得られるようにし、さらに小電流による測定検査も適正に行えるようにした磁心型積
20 層インダクタを提供することにある。

上記の及び他の目的を達成するために、本発明の一の態様に係る積層インダクタは、電気絶縁性磁性体と導体パターンが上下に積層されて、上記導体パターンが上記磁性体内で上下に重畳しながら螺旋状に周回するコイルを形成し、上記磁性体が上記コイルからの磁界を環状に導く閉磁路を形成する磁心型積層インダ
25 クタにおいて、上記導体パターンの層間に磁気ギャップ層が介在させられているとともに、その磁気ギャップ層が磁性体層を挟んで互いに離れた複数層に分けて

形成され、さらにその複数の磁気ギャップ層は積層中心部に対して磁気等価的に上下対称に配置されるとともに、各磁気ギャップ層は少なくとも間に2層以上の導体パターンを置いて配置されている。

上記磁心型積層コンダクタは、さらに次の事項(1)～(6)のいずれか、あるいは、いずれかの事項の組み合わせを充足してもよい。あるいは充足することが好ましい。すなわち、

(1) 上記積層中心部には磁性体層が位置し、この中心部の磁性体層を挟んで上記複数の磁気ギャップ層が磁気等価的に上下対称に配置されている。

(2) 上記コイルを形成する導体パターンが偶数層であるとともに、その偶数の導体パターン層を上下に2分する中心部磁性体層の上方と下方にそれぞれ上記磁気ギャップ層が磁気等価的に上下対称に配置されている。

(3) 上記コイルが4層の導体パターンにより形成されるとともに、第1層と第2層の導体パターンの間、第3層と第4層の導体パターンの間にそれぞれ、上記磁気ギャップ層が配置されている。

(4) 上記磁性体がフェライト磁性材料で形成されている。

(5) 上記磁気ギャップ層が非磁性材料で形成されている。または、上記磁気ギャップ層が上記磁性体に対して相対的に低透磁率かつ高飽和の磁性体で形成されている。

(6) 上記磁気ギャップ層が螺旋状に周回する上記導体パターンとの重畳面およびその内側面に形成されて、その磁気ギャップ層の側端面が上記磁性体で囲繞されている。

本発明の上記以外の特徴及びその目的とするところは、添付図面を参照しつつ本明細書の記載を読むことにより明らかとなるであろう。

図1は本発明の第1実施例の磁心型積層インダクタの構成であり、(a)は外

観構成を示す斜視図、(b)は導体パターンを示す上面図、(c)は図1bのA-A断面を厚み方向に拡大強調した断面図である。

図2は、本発明の第1実施例における磁心型積層インダクタの電流/インダクタンス特性の一例を示す図である。

5 図3は、本発明の第2の実施例の磁心型積層インダクタと第3の実施例の磁心型積層インダクタと比較例の磁心型積層インダクタの構成であり、(a)は第2の実施例と第3の実施例と比較例のそれぞれの磁心型積層インダクタの破断斜視図、(b)は第2実施例の磁心型積層インダクタの破断斜視図、(c)は第3実施例の磁心型積層インダクタの破断斜視図である。

10 図4は、本発明の第2の実施例の磁心型積層インダクタと第3の実施例の磁心型積層インダクタと比較例の磁心型積層インダクタのそれぞれの電流/インダクタンス特性を示す図である。

図5は本発明の第4～第6の実施例の磁心型積層インダクタと比較例の磁心型積層インダクタの構成であり、(a)は比較例の磁心型積層インダクタの厚み
15 強調したときの破断斜視図、(b)は第4実施例の磁心型積層インダクタの破断斜視図、(c)は第5実施例の磁心型積層インダクタの破断斜視図、(d)は第6実施例の磁心型積層インダクタの破断斜視図である。

図6は比較例の磁心型積層インダクタと本発明の第4～第6の実施例の磁心型積層インダクタの特性図であり、(a)は比較例と第6実施例の磁心型積層インダクタの電流/インダクタンス特性を示す図、(b)は第6実施例と第4実施
20 例のそれぞれの磁心型積層インダクタの電流/インダクタンス特性を示す図、(c)は第4実施例と第5の実施例のそれぞれの磁心型積層インダクタの電流/インダクタンス特性を示す図である。

図7は本発明の第7実施例の磁心型積層インダクタについての図であり、(a)
25 は第7実施例の磁心型積層インダクタの厚みを強調した破断斜視図、(b)は第7実施例の磁心型積層インダクタの電流/インダクタンス特性を示す図である。

図8は本発明の第8～第10実施例の磁心型積層インダクタの構成であり、(a)は第8実施例の磁心型積層インダクタの厚み強調した破断斜視図、(b)は第9実施例の磁心型積層インダクタの厚み強調した破断斜視図、(c)は第10実施例の磁心型積層インダクタの厚みを強調した破断斜視図である。

5 図9は本発明の磁心型積層インダクタの比較例として、本発明者が本発明に先立って検討した磁心型積層インダクタの構成であり、(a)は比較例の磁心型積層インダクタの外観構成を示す斜視図、(b)は比較例の磁心型積層インダクタの導体パターンを示す上面図、(c)は図9(b)のA-A断面図、(d)は図9(c)の厚み方向を拡大強調した断面図である。

10 図10は図9に示した比較例の磁心型積層インダクタの変形例であり、(a)は比較例の磁心型積層インダクタに磁気ギャップ層を設けた磁心型積層インダクタ10bの厚み拡大断面図、(b)は図9に示した比較例の磁心型積層インダクタに磁気ギャップ層を設けた磁心型積層インダクタ10bの電流／インダクタンス特性を示す図である。

15 なお、図面中で使用した主な符号を以下にまとめて示す。

10 磁心型積層インダクタ (本発明)

10b 磁心型積層インダクタ (従来例または比較例)

11, 12 電極端子

20 導体パターン

20 20a～20j 導体パターン (層別に示す)

21, 22 引き出し用導体パターン部

30 電気絶縁性磁性体

40 磁気ギャップ層

L コイル

25 本発明及びその利点のより完全な理解のために、以下の説明を添付の図面と共に参照されたい。

発明を実施するための最良の形態

本明細書における説明及び添付図面の記載により、少なくとも次の事項が明らかにされる。

- 5 図1は、本発明による磁心型積層インダクタの第1実施例を示す。同図において、(a)は外観構成の斜視図、(b)は導体パターンの上面図、(c)は(b)のA-A断面を厚み方向に拡大した図をそれぞれ示す。

同図に示す磁心型積層インダクタ10は、表面実装用のチップ部品として構成されている。この磁心型積層インダクタ10は、電気絶縁性磁性体（軟磁性体）
10 30と導体パターン20をスクリーン印刷等で交互に積層することにより形成される。導体パターン20は電気絶縁性磁性体30内で層方向に重畳しながら螺旋状に周回するコイルLを形成する。図示の実施例の場合、導体パターン20は直角に屈曲しながら矩形状に巻回されたコイルLを形成している。

積層された電気絶縁性磁性体30は、上記コイルLからの磁束（図中の矢印）
15 を環状に導く閉磁路を形成する。コイルLの両端は引き出し用導体パターン部21、22を介してインダクタチップの両端に位置する電極端子11、12に接続される。電極端子11、12はチップの両端に位置対称に配設されている。

ここで、上記磁心型積層インダクタ10には、(c)に示すように、上記コイルが4層（偶数）の導体パターン（20a～20d）により4回巻きに形成され
20 ている。また、上記磁性体30内には磁気ギャップ層40、40が2層に分割されて形成されている。

一方の磁気ギャップ層40は、第1層と第2層の導体パターン（20a、20b）の層間に介在させられている。他方の磁気ギャップ層40は、第3層と第4層の導体パターン（20c、20d）の層間に介在させられている。

25 導体パターン（20a～20d）が偶数層（4層）であることにより、積層中心部には磁性体層が位置する。2つの磁気ギャップ層40、40は、その積層中

心部の磁性体層を挟んで互いに離れた2層に分けて形成されるとともに、その積層中心部に対して磁気等価的に上下対称に配置されている。上方の磁気ギャップ層40と下方の磁気ギャップ層40の間には、2つの導体パターン(20b, 20c)の層が置かれた形となっている。

- 5 上記磁性体30はフェライト磁性材料を用いて形成されている。また、上記磁気ギャップ層40, 40は非磁性材料を用いて形成されている。この磁気ギャップ層40, 40は、実施例では非磁性体を用いているが、上記磁性体30に対して相対的に低透磁率かつ高飽和の磁性体を用いて形成してもよい。

図2は、上記磁心型積層インダクタ10の電流/インダクタンス特性を示す。

- 10 同図において、実線で示す特性は、図1に示した実施例の磁心型積層インダクタ10の特性を示す。破線は図10に示した磁心型積層インダクタ10bの特性を示す。同図からもあきらかなように、どちらも、所定以上のインダクタンスを保証できる定格電流については磁気ギャップにより大きく確保されているが、実施例の方は、小電流領域でインダクタンスが特異的に高くなることはなく、定格電流の範囲で全体が、緩やかで変化の少ない良好な電流/インダクタンス特性を示している。

このような良好な特性は、次のような構成上の特徴により達成されている。すなわち、

- (1) 導体パターン(20a~20d)の層間に磁気ギャップ層40, 40が
20 介在させられている。

(2) その磁気ギャップ層40, 40が磁性体層を挟んで互いに離れた複数層に分けて形成されている、

(3) その複数層の磁気ギャップ層40, 40が積層中心部に対して磁気等価的に上下対称に配置されている。

- 25 (4) 各磁気ギャップ層40, 40は少なくとも間に2層以上の導体パターン(20b, 20c)を置いて配置されている。

上記構成上の特徴により、小電流領域でのインダクタンスが次のようにして平坦化されと考えられる。

すなわち、図1の(c)に矢印の磁束線で示すように、導体パターン20aと20bの間、および20cと20dの間をそれぞれ磁気ギャップ層40とすると、
5 導体パターン20aと20bの間、および20cと20dの間を面方向（水平方向）に抜ける局所的な磁束が上記磁気ギャップ層40によって遮断される。つまり、巻線間をくぐり抜ける局所的な磁束が無くなる。そして、積層中心部すなわち2組の導体パターン（20a, 20bの組と20c, 20dの組）の間は磁性体層となっているが、この中心磁性体層の上下でそれぞれに発生する局所的な磁
10 界は、その中心部の磁性体層にて、同じ大きさの磁界が逆向きに作用することにより打ち消し合う。これにより、巻線間の磁束が漏れ出てくることが無くなる。結果として、全ての巻線間で面方向にくぐり抜ける磁束が無くなり、これにより、特異的なインピーダンス変化が抑制される。

上記考えによれば、コイルが4層の導体パターン（20a～20d）により形
15 成されるとともに、第1層と第2層の導体パターン（20a, 20b）の間、第3層と第4層の導体パターン（20c, 20d）の間にそれぞれ、上記磁気ギャップ層40, 40が配置されている構成が最適ということになる。図2に示した結果は、そのことを裏付ける。

複数層の磁気ギャップ層40, 40は積層中心部に対して磁気等価的に上下対
20 称に配置するが、その磁気等価的に上下対称な配置は、上記実施例のように、形状寸法的に上下対称な配置により形成することができる。しかし、上記効果は磁気等価的な上下対称により得られ、必ずしも形状寸法的な上下対称でなくてもよい。

以上のように、上記実施例の磁心型積層インダクタ10では、所定以上のイン
25 ダクタンス値を保証できる定格電流を大きく確保することができるとともに、その定格範囲内の全電流領域にてインダクタンス変化が比較的緩やかな好特性を

得ることができる。これにより、良好な直流重畳性能を得ることができる。また、小電流による測定検査も適正に行うことができる。

上記第1実施例は、本発明を実施するための最良の形態の一つであるが、本発明は上記以外の形態でも所定の効果を得ることができる。

- 5 図3は、本発明による磁心型積層インダクタの第2および第3の実施例を比較例とともに示す。同図において、(a) (b) (c) はそれぞれ磁心型積層インダクタの厚み方向を拡大強調した破断斜視図であって、(a) は比較例、(b) は第2実施例、(c) は第3実施例をそれぞれ示す。

比較例の磁心型積層インダクタ10bと実施例の磁心型積層インダクタ10
10 はいずれも、6層の導体パターン(20a~20f)による5.5巻回数のコイルが積層形成されている。

(a) に示す比較例の積層インダクタ10bは、6層の導体パターン(20a~20f)を上下に2分する中心部に比較的厚さの大きな磁気ギャップ層40(12 μ m)が1層だけ形成されている。この比較例をタイプAとする。

- 15 (b) に示す第2実施例の積層インダクタ10は、6層の導体パターン(20a~20f)のうち、上から2層目と3層目の間、下から2層目と3層目の間にそれぞれ、比較的薄い磁気ギャップ層40(6 μ m)が形成されている。2つの磁気ギャップ層40、40は積層中心部の磁性体層を挟んで磁気等価的に上下対称に配置されている。また、その2つの磁気ギャップ層40、40の間には2
20 つの導体パターン層が配置されている。この実施例をタイプBとする。

- (c) に示す第3実施例の積層インダクタ10は、6層の導体パターン(20a~20f)のうち、上から1層目と2層目の間、下から1層目と2層目5)の間にそれぞれ、比較的薄い磁気ギャップ層40(6 μ m)が形成されている。2つの磁気ギャップ層40、40は積層中心部の磁性体層を挟んで磁気等価的に上下対称に配置されている。また、その2つの磁気ギャップ層40、40の間には
25 4つの導体パターン層が配置されている。この実施例をタイプCとする。

この場合、6層の導体パターンに対して、コイル巻数が6巻回数ではなく、5.5巻回数となっているが、これは、巻線の両端引出しがそれぞれに接続する電極端子11, 12が対面に位置することによる。これにより、形状寸法的には巻数が上下対称にならないが、前述したように、磁気等価的な上下対称が確保できればよい。また、積層コイルの実現には、各層の導体パターンをスルーホール等により層間接続する手段が必要となるが、その層間接続個所は各層ごとに重ならないように位置をずらす必要がある。このため、結果として、厳密な意味では、中心部を挟んで上下対称とはならないが、現実的に前述した効果が得られる磁気等価的な上下対称となればよい。

- 10 図4は、上記3タイプA, B, Cの電流／インダクタンス特性をそれぞれ示す。同図からあきらかなように、第2と第3の実施例であるタイプBとCは、比較例であるタイプAに比べて、定格範囲内の全電流領域にてインダクタンス変化が比較的緩やかな好特性を得ている。また、タイプBとタイプCの間で比較すると、第3の実施例であるタイプCの方が、大きな電流域でのインダクタンス保持能力
- 15 が高く良好な特性を得ることができる。

図5は、本発明による磁心型積層インダクタの第4～第6の実施例を比較例とともに示す。同図において、(a)～(d)はそれぞれ磁心型積層インダクタの厚み方向を拡大強調した破断斜視図であって、(a)は比較例、(b)は第4実施例、(c)は第5実施例、(d)は第6実施例をそれぞれ示す。

- 20 比較例の磁心型積層インダクタ10bと実施例の磁心型積層インダクタ10はいずれも、8層の導体パターン(20a～20h)による7.5巻回数のコイルが積層形成されている。

- (a)に示す比較例の積層インダクタ10bは、8層の導体パターン(20a～20h)を上下に2分する中心部に比較的厚さの大きな磁気ギャップ層40(10 μ m)が1層だけ形成されている。この比較例をタイプAとする。
- 25

(b)に示す第4実施例の積層インダクタ10は、8層の導体パターン(20

a ~ 20 h) のうち、上から 3 層目と 4 層目の間、下から 3 層目と 4 層目の間にそれぞれ、比較的薄い磁気ギャップ層 40 ($5 \mu\text{m}$) が形成されている。2 つの磁気ギャップ層 40, 40 は積層中心部の磁性体層を挟んで上下対称に配置されている。また、その 2 つの磁気ギャップ層 40, 40 の間には 2 つの導体パターン層が配置されている。この実施例をタイプ B とする。

(c) に示す第 5 実施例の積層インダクタ 10 は、8 層の導体パターン (20 a ~ 20 h) のうち、上から 2 層目と 3 層目の間、下から 2 層目と 3 層目 6) の間にそれぞれ、比較的薄い磁気ギャップ層 40 ($5 \mu\text{m}$) が形成されている。2 つの磁気ギャップ層 40, 40 は積層中心部の磁性体層を挟んで上下対称に配置されている。また、その 2 つの磁気ギャップ層 40, 40 の間には 4 つの導体パターン層が配置されている。この実施例をタイプ C とする。

(d) に示す第 6 実施例の積層インダクタ 10 は、8 層の導体パターン (20 a ~ 20 h) のうち、上から 1 層目と 2 層目の間、下から 1 層目と 2 層目の間にそれぞれ、比較的薄い磁気ギャップ層 40 ($5 \mu\text{m}$) が形成されている。2 つの磁気ギャップ層 40, 40 は積層中心部の磁性体層を挟んで上下対称に配置されている。また、その 2 つの磁気ギャップ層 40, 40 の間には 6 つの導体パターン層が配置されている。この実施例をタイプ D とする。

図 6 は、上記 4 タイプ A ~ D の電流 / インダクタンス特性をそれぞれ示す。同図において、(a) はタイプ A とタイプ D の特性、(b) はタイプ D とタイプ B の特性、(c) はタイプ B とタイプ C の特性をそれぞれ示す。

各特性図 (a) (b) (c) を検証すると、タイプ B, C, D (第 4 ~ 第 6 実施例) のものはいずれも、タイプ A (比較例) のものに比べて、小電流域でのインダクタンス変化が小さく、かつ定格範囲内の全電流領域にてインダクタンス変化が比較的緩やかな好特性が得られた。また、タイプ B, C, D (第 4 ~ 第 6 実施例) の間で比較すると、タイプ C (第 5 実施例)、タイプ B (第 4 実施例)、タイプ D (第 6 実施例) の順にすぐれた特性を得ることができた。

図7は本発明による磁心型積層インダクタの第7実施例を示す。同図において、(a)は磁心型積層インダクタ10の厚み方向を拡大強調した破断斜視図を示し、(b)はその電流／インダクタンス特性を示す。

上述した実施例との相違に着目して説明すると、この第7実施例では、磁気ギャップ層40、40が螺旋状に周回する導体パターン20との重畳面およびその内側面に形成されて、その磁気ギャップ層40、40の側端面が磁性体30で囲繞されている。

本発明者が知得したところによると、磁気ギャップ層40を積層面全体に広げて形成した場合、その磁気ギャップ層40の側端面から外部へ磁束漏れを生じ、これがノイズ発生の原因となることが判明した。DC-DCコンバータなどの電源回路では、トランスやチョークコイルに高周波の励磁電流を通電させるが、その高周波励磁電流による誘導電磁界が上記磁気ギャップ層40の側端面から漏洩してノイズ発生原因となることが確認された。

しかし、上記第7実施例によれば、磁気ギャップ層40、40が磁性体30で囲繞されて磁気シールドされるため、ノイズ発生原因となる外部への磁束漏れを確実に阻止することができる。これとともに、電流／インダクタンス特性も、(b)に示すように、直流重畳性能を向上する方向に改善されることが判明した。

図8は、本発明による磁心型積層インダクタの第8～10実施例を示す。同図において、(a)～(c)はそれぞれ磁心型積層インダクタ10の厚み方向を拡大強調した破断斜視図を示す。

第8～10実施例はそれぞれ第7実施例の変形例である。(a)は6層の導体パターン(20a～20f)に2つの磁気ギャップ層40、40を設けた実施例を示す。(b)は8層の導体パターン(20a～20h)に2つの磁気ギャップ層40、40を設けた実施例を示す。また、(c)は10層の導体パターン(20a～20j)に2つの磁気ギャップ層40、40を磁気等価的に上下対称に設けた実施例を示す。これらの実施例においても上述した効果を得ることが可能で

ある。

以上、本発明をその代表的な実施例に基づいて説明したが、本発明は上述した以外にも種々の態様が可能である。たとえば、積層磁性体30、コイルの導体パターン20、磁気ギャップ層40は、円形パターンあるいは楕円形パターンなどの矩形以外の平面パターンで形成してもよい。

産業上の利用の可能性

以上説明した本発明の実施形態によれば、所定以上のインダクタンス値を保証できる定格電流を大きく確保できるとともに、定格範囲内の全電流領域にてインダクタンス変化が比較的緩やかな好特性が得られるようになり、これにより良好な直流重畳性能が得られるようになり、さらに小電流による測定検査も適正に行える磁心型積層インダクタを提供することができる。これらは、たとえば携帯電話機などの移動情報機器において、内蔵電池から得られる電源電圧を所定の回路動作電圧に変換する超小形のDC-DCコンバータに利用して好適である。

本発明の好適な実施形態について詳細に記載してきたが、添付の請求の範囲により定義される発明の精神及び範囲から離れることなく、これらにおける種々の変更、置換、改造が可能であることが理解されるべきである。

請 求 の 範 囲

1. 電気絶縁性磁性体と導体パターンが上下に積層されて、上記導体パターンが
上記磁性体内で上下に重畳しながら螺旋状に周回するコイルを形成し、上記磁性
5 体が上記コイルからの磁界を環状に導く閉磁路を形成する磁心型積層インダク
タにおいて、上記導体パターンの層間に磁気ギャップ層が介在させられていると
ともに、その磁気ギャップ層が磁性体層を挟んで互いに離れた複数層に分けて形
成され、さらにその複数の磁気ギャップ層は積層中心部に対して磁気等価的に上
下対称に配置されるとともに、各磁気ギャップ層は少なくとも間に2層以上の導
10 体パターンを置いて配置されていることを特徴とする磁心型積層インダクタ。

2. 請求項1において、上記積層中心部には磁性体層が位置し、この中心部の磁
性体層を挟んで上記複数の磁気ギャップ層が磁気等価的に上下対称に配置され
ていることを特徴とする磁心型積層インダクタ。

15

3. 請求項1において、上記コイルを形成する導体パターンが偶数層であるとな
るとともに、その偶数の導体パターン層を上下に2分する中心部磁性体層の上方と下方
にそれぞれ上記磁気ギャップ層が磁気等価的に上下対称に配置されていること
を特徴とする磁心型積層インダクタ。

20

4. 請求項1において、上記コイルが4層の導体パターンにより形成されるとと
ともに、第1層と第2層の導体パターンの間、第3層と第4層の導体パターンの間
にそれぞれ、上記磁気ギャップ層が配置されていることを特徴とする磁心型積層
インダクタ。

25

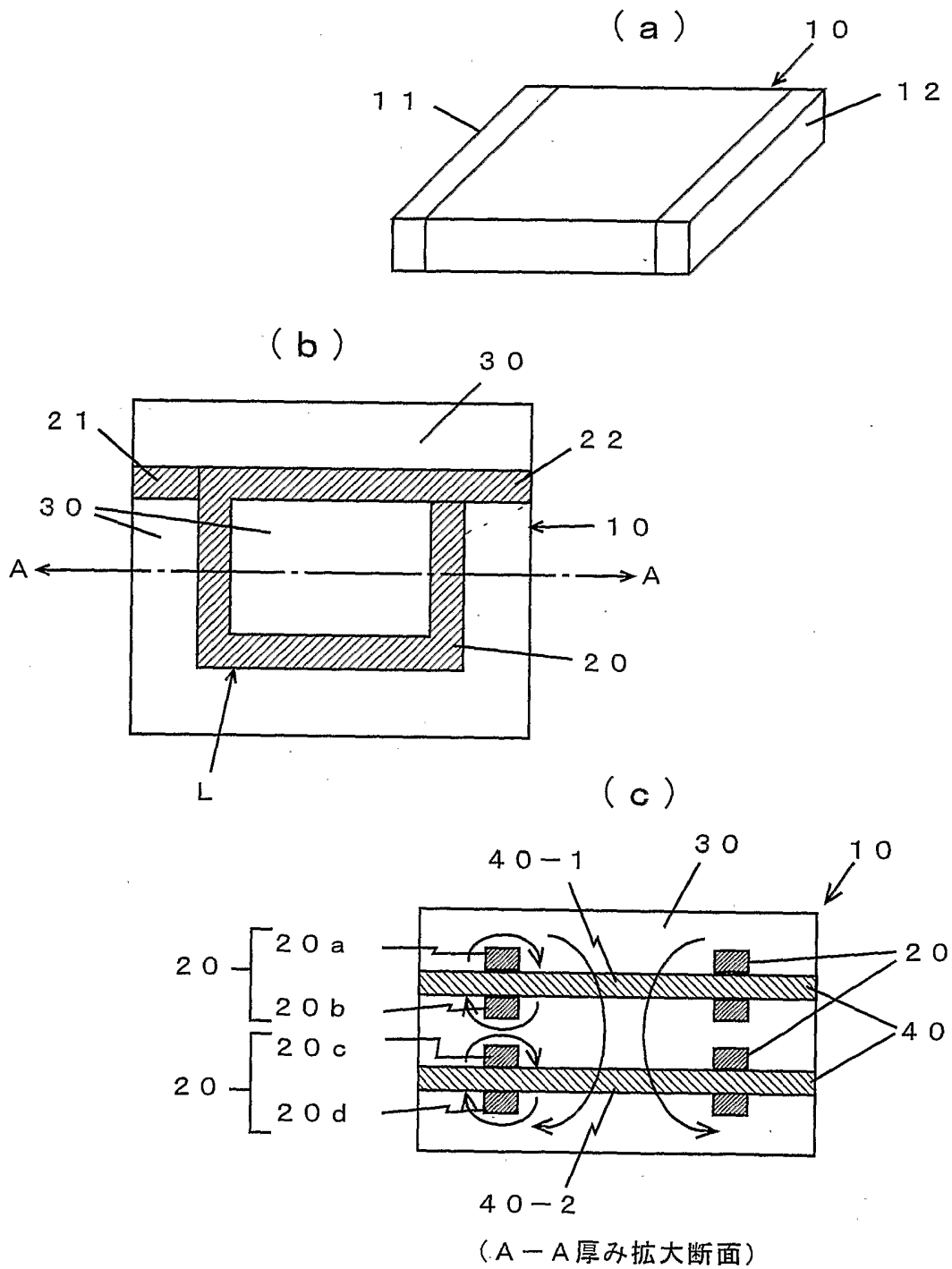
5. 請求項1において、上記磁性体がフェライト磁性材料で形成されていること

を特徴とする磁心型積層インダクタ。

6. 請求項 1 において、上記磁気ギャップ層が非磁性材料で形成されていることを特徴とする磁心型積層インダクタ。

1 / 1 0

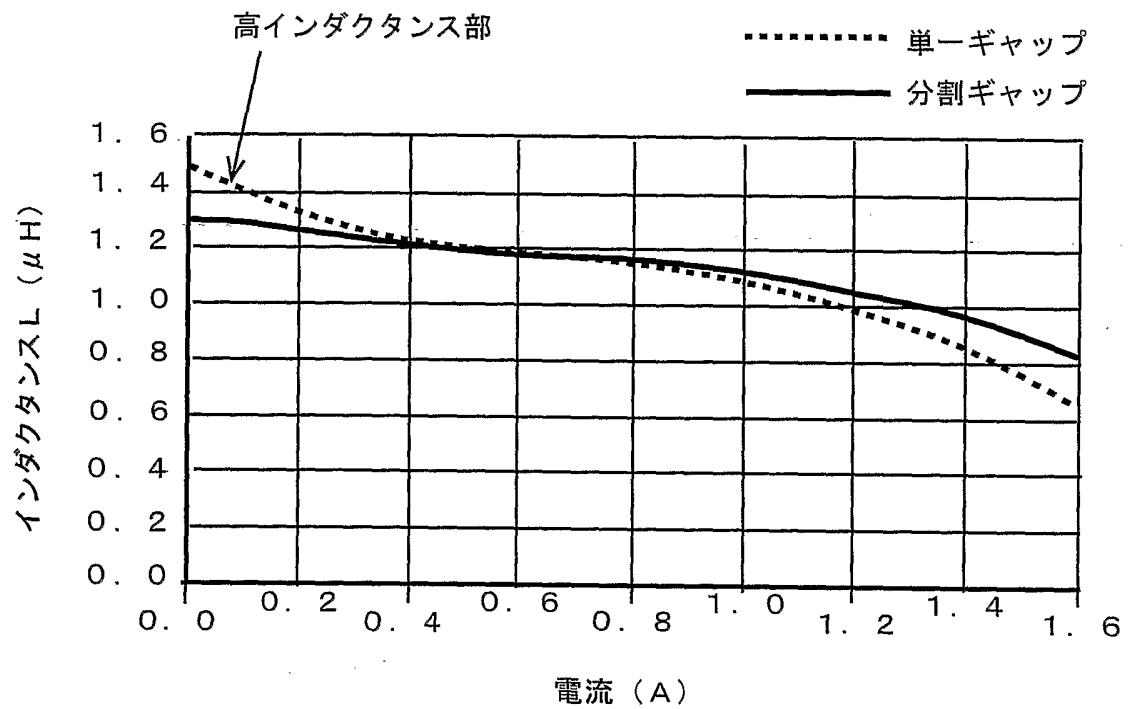
第 1 図



2 / 1 0

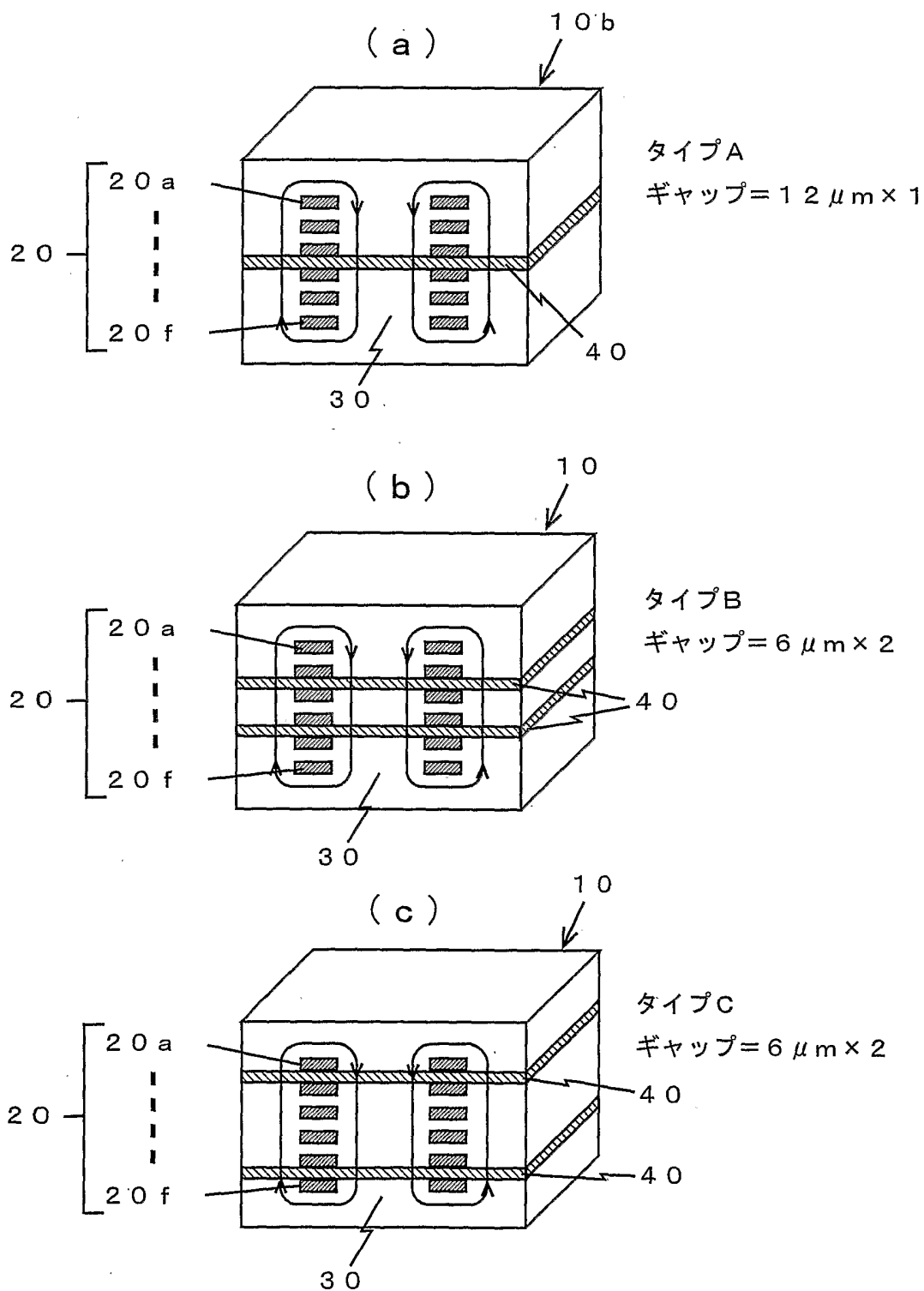
第 2 図

電流／インダクタンス特性
(3ターンタイプ)



3 / 1 0

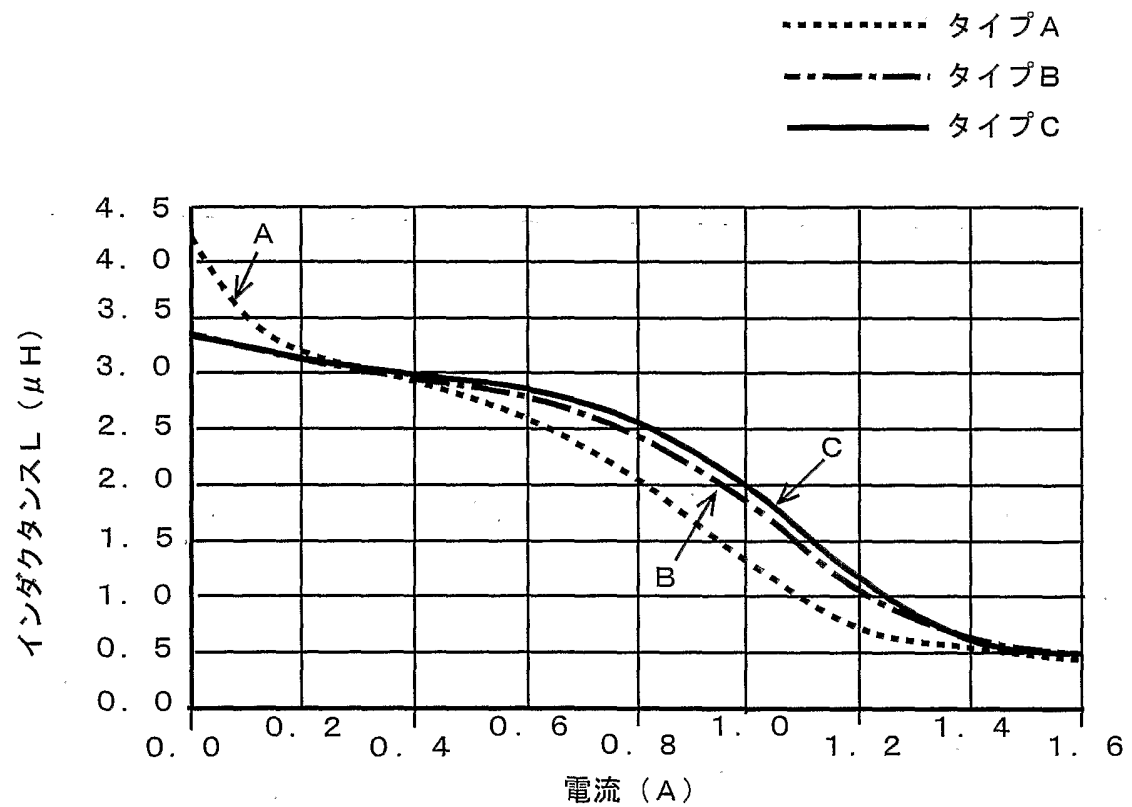
第 3 図



4 / 1 0

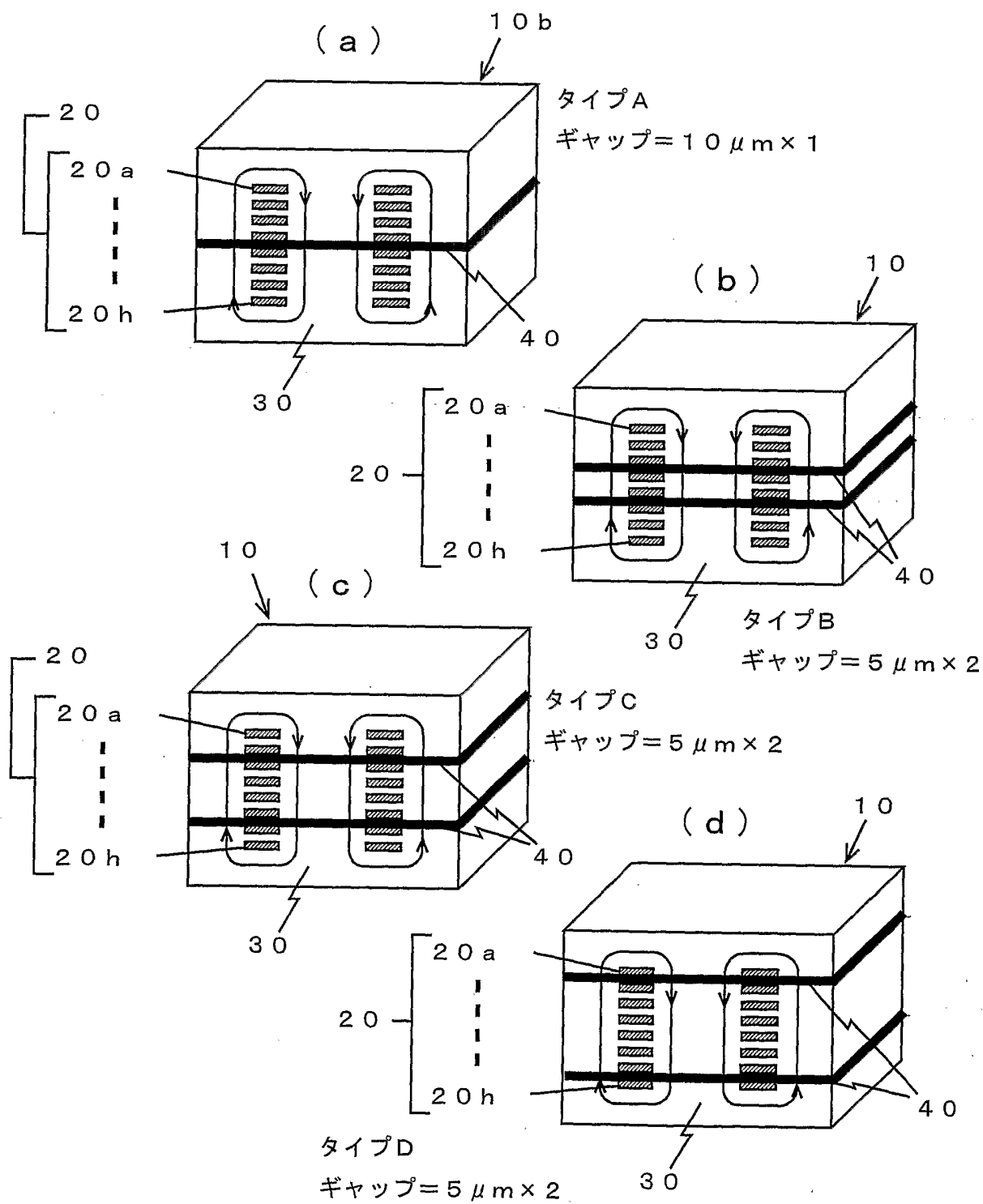
第 4 図

電流／インダクタンス特性
(5.5ターンタイプ)



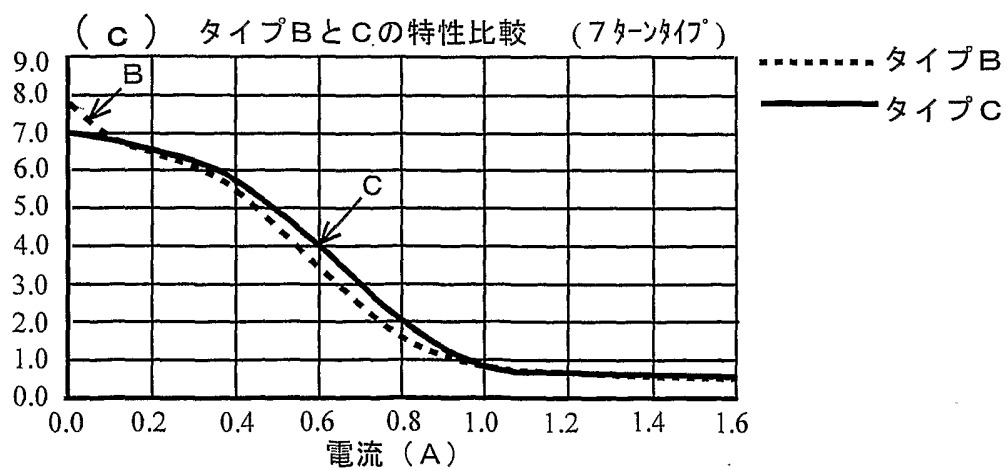
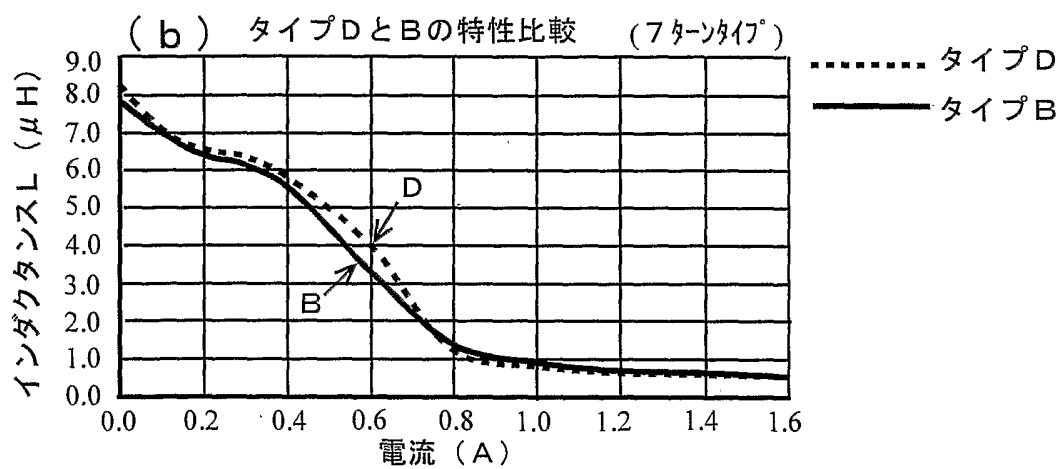
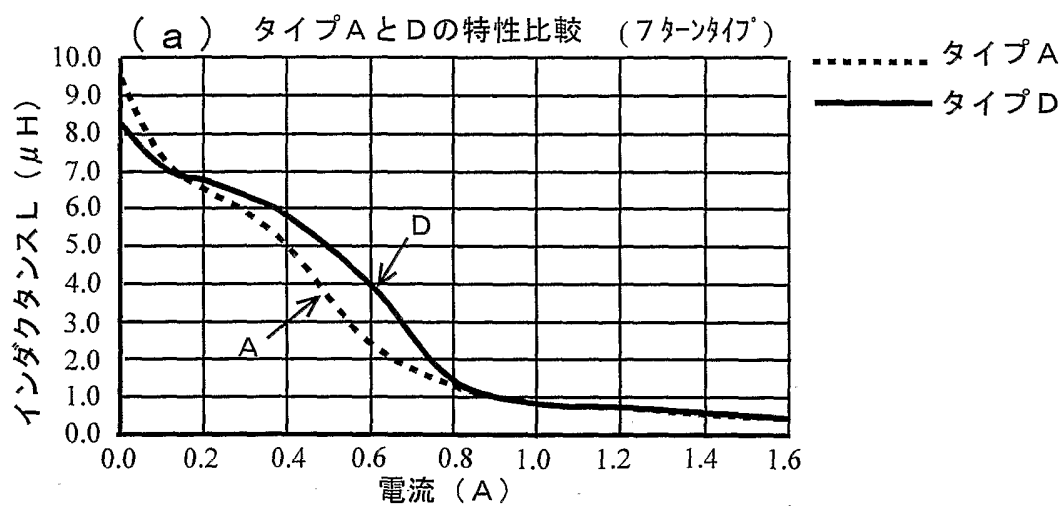
5 / 1 0

第 5 図



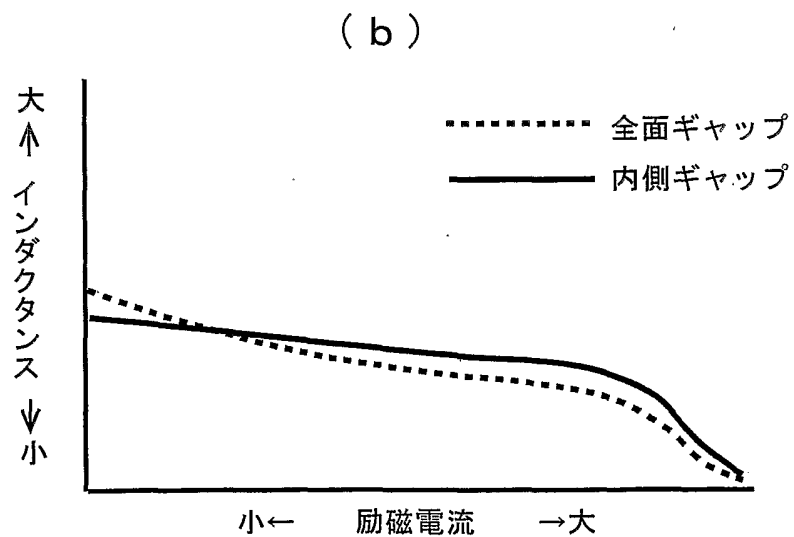
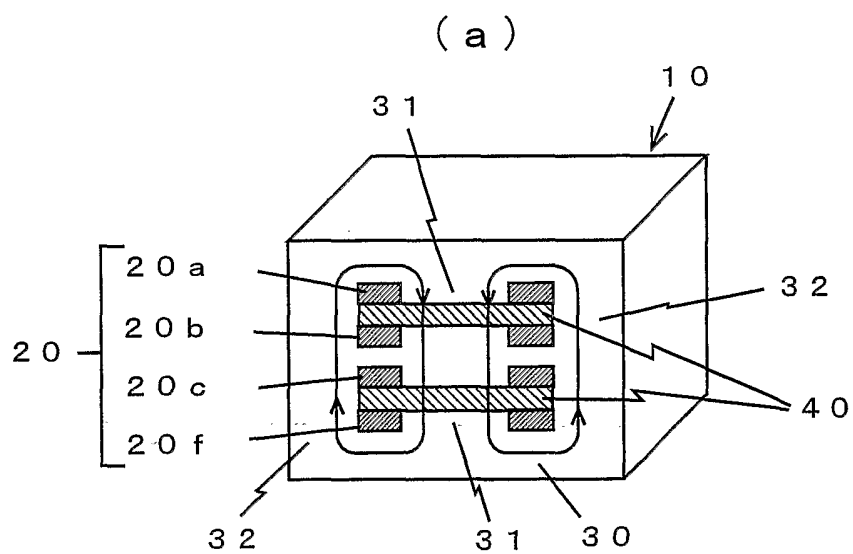
6 / 1 0

第 6 図



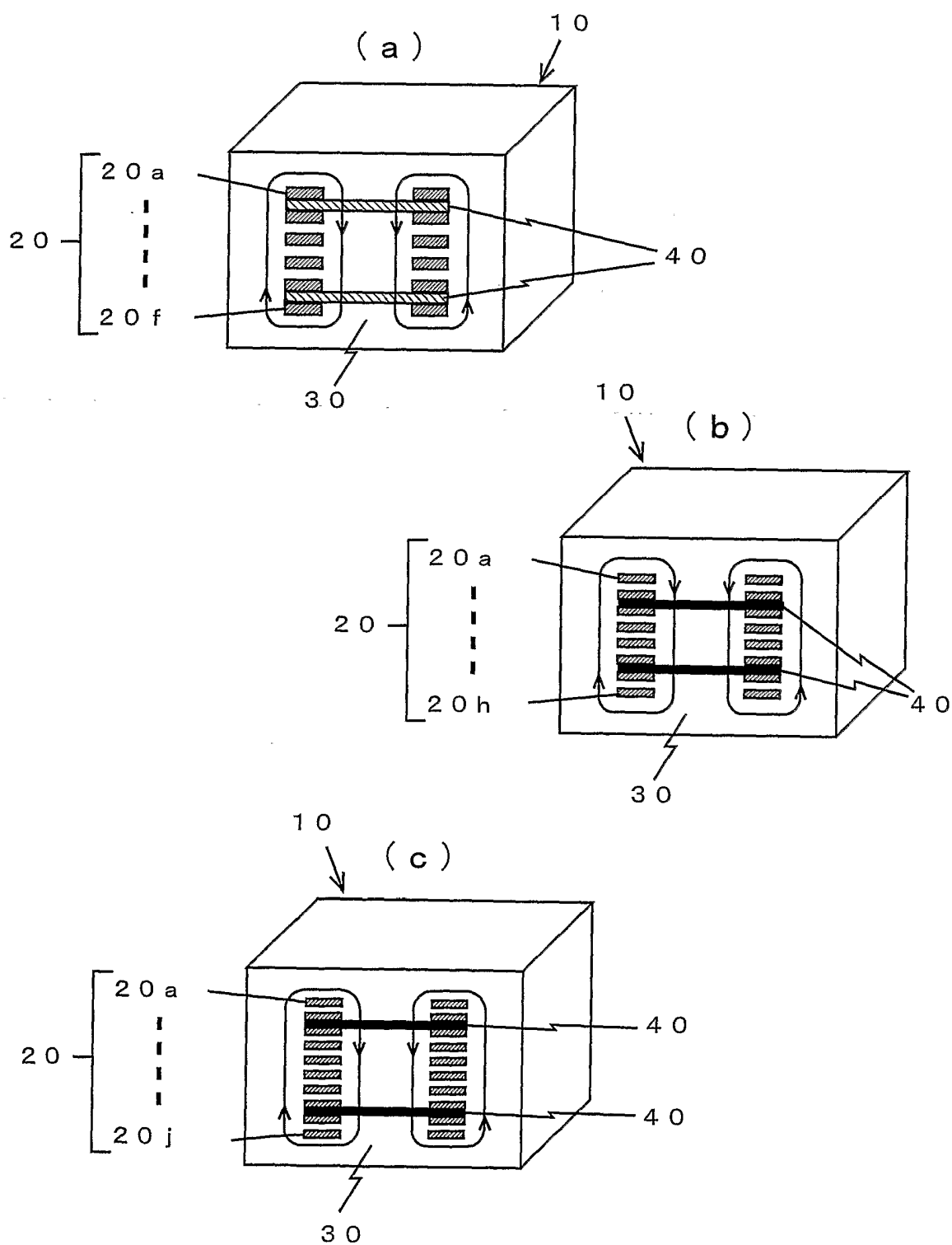
7 / 1 0

第 7 図

電流／インダクタンス特性

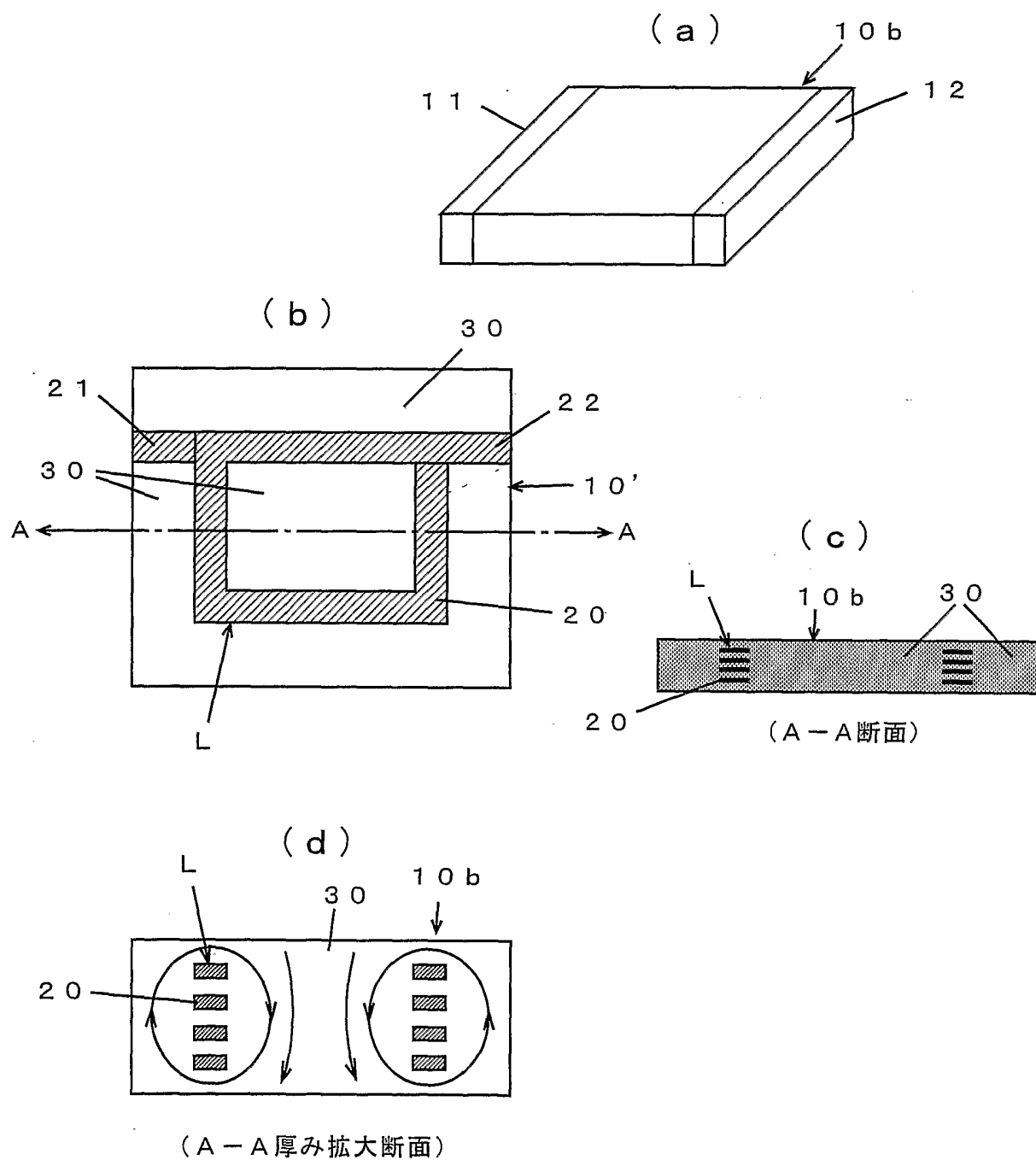
8 / 1 0

第 8 図



9/10

第9図



10/10

第10図

