

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2016年1月14日(14.01.2016)



(10) 国際公開番号

WO 2016/006198 A1

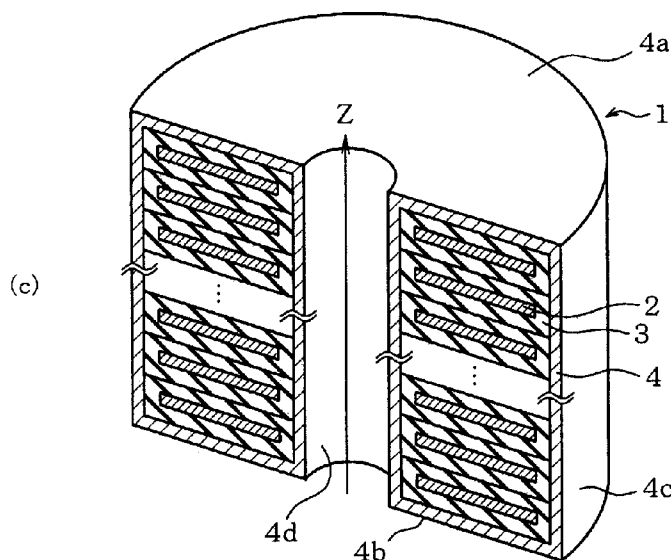
- (51) 国際特許分類:
H01F 27/36 (2006.01) H01F 30/00 (2006.01)
H01F 27/24 (2006.01) H01F 37/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/003269
- (22) 国際出願日: 2015年6月30日(30.06.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2014-140436 2014年7月8日(08.07.2014) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー(DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 近藤 尚弥(KONDOU, Naoya); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 坂本 章(SAKAMOTO, Akira); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地株式会社デンソー内 Aichi (JP). 梅谷 和弘(UMETANI, Kazuhiro); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地株式会社デンソー内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 金 順姫(KIN, Junhi); 〒4600003 愛知県名古屋市中区錦2丁目13番19号 瀧定ビル6階 Aichi (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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: MAGNETIC CIRCUIT COMPONENT

(54) 発明の名称: 磁気回路部品

[図1]



(57) Abstract: A magnetic circuit component comprising: magnetic cores (35, 45, 55, 65) and coils (1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 76, 78, 81, 85, 87, 101, 111, 121) having conductors (2, 12, 22, 32, 42, 52, 62, 72, 82, 102, 112, 122) wound around the magnetic cores. The magnetic circuit component has provided therein magnetic bodies (4, 14, 24, 34, 44, 54, 64, 74, 77, 79, 84, 86, 88, 104, 114, 124) comprising a soft magnetic material arranged covering part or all of the surface of the coils and separated from the magnetic cores.

(57) 要約: 磁気回路部品は、磁心(35、45、55、65)と磁心に導体(2、12、22、32、42、52、62、72、82、102、112、122)を巻回したコイル(1、11、21、31、41、51、61、71、76、78、81、85、87、101、111、121)とを備える。磁気回路部品は、コイルの表面の一部もしくは全部を覆い、且つ磁心とは離間して配置

される軟磁性材料からなる磁性体部(4、14、24、34、44、54、64、74、77、79、84、86、88、104、114、124)を設けている。



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：磁気回路部品

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2014年7月8日に出願された日本出願番号2014-140436号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、磁気回路部品に関する。

背景技術

[0003] 近年、スイッチング電源の小型化が求められるにつれ、電源回路に使用するリアクトルやトランスといった磁気回路部品についても小型化が強く求められつつある。スイッチング電源においては、小型化を実現する手法の一つとして、高周波化を図ることがある。高周波化に伴い、銅線やコイルでの表皮効果や近接効果、あるいは漏洩磁束による渦電流損失が増加するため、コイルの交流抵抗が増加するという課題がある。交流抵抗が増加すると、コイルで発生する損失が増加するため、スイッチング電源の効率が顕著に悪化することが懸念される。

[0004] この場合、上記の損失について、高周波化を前提として考慮すると、表皮効果については交流抵抗が周波数の $1/2$ 乗に比例して増大する。一方、表皮効果に比べて、漏洩磁束による交流抵抗は、渦電流損が周波数の2乗に比例して増加する。したがって、高周波化に際しては漏洩磁束による交流抵抗の増大を抑えることが課題となる。加えて、スイッチング電源用のリアクトルやトランスでは、磁心（コア）もコイルに隣接して配置されることが多いため磁心からの漏洩磁束による損失も発生しやすい。

[0005] 漏洩磁束によって発生する渦電流損失の低減という課題の対策として、例えばコイルを形成する銅線の外周を鉄（Fe）やニッケル（Ni）といった軟磁性材料でめっきする技術が提案されている。これにより、他の導電体で発生する磁界を自身の導電体内ではなく、軟磁性体を経由して通過させるこ

とが出来るため、導電体内部に作用する磁界を小さくでき、磁界によって発生する渦電流損を抑制することができる。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：国際公開第2006/046358号

[0007] 上記の構成によるものでは、単一の導体が交流磁界中に存在するという想定下では効果的に渦電流の発生を抑制することができる。しかしながら、リアクトルやトランス等における使用では、緊密に周回されたコイル形状の場合や、コイル近傍にコアがあるという配置状態の場合には、上記の構成では回避できない新たな問題が発生し、渦電流の抑制効果を効果的に発揮できないことがある。

[0008] これは、軟磁性体をめっきにより被膜した銅線などの巻線を巻回したコイルに高周波電流を通電した場合、隣接する巻線が作る磁界が自身の銅線に影響し、前述の渦電流損失の分布が偏る近接効果と呼ばれる現象が顕著に発生することが考えられる。

[0009] また、さらに、状況を悪化させる問題として、コアからの漏洩磁束の問題がある。コイルの巻線を磁性材料でめっきをすると、コアからの漏洩磁束がめっき上を好んで通過するようになる。特に、小型化したリアクトルやインダクタ上では、コアがコイル表面に隣接して配置されることが一般的であるため、コイル表面は特にコアから漏洩した磁束が多く通過するようになる。

[0010] 以上から、リアクトルやインダクタにおけるコイルにおいて巻線を磁性材料でめっきすると、巻線間で発生する近接効果の影響や、コアからの漏洩磁束が大きいという問題によって、コイル表面のめっきに大きな磁束密度が通過し、めっきが磁性材料の薄膜であることを考慮すると磁気飽和しやすいという問題がある。渦電流は磁束密度の大きさに比例し、透磁率に反比例するから、磁束密度が大きいと渦電流も大きくなる。そして、巻線のめっき部分で磁気飽和が発生すると、実質的な透磁率が低下するため、益々大きな渦電流が発生してしまう。

発明の概要

- [0011] 本開示は、上記事情を考慮してなされたもので、その目的は、リアクトルやインダクタとして巻線を実装した状態で効率的にコイルの交流抵抗を低減できる磁気回路部品を提供することにある。
- [0012] 本開示の1つの態様の磁気回路部品は、磁心と前記磁心に導体を巻回したコイルとを備えた磁気回路部品において、前記コイルの表面の一部もしくは全部を覆い、且つ前記磁心とは離間して配置される軟磁性材料からなる磁性体部を設けたことを特徴とする。
- [0013] 上記構成を採用することにより、導体を巻回したコイルの状態で磁束が集中するコイル表面部に磁性体部を設けるので、コイル表面部における磁束の磁束密度の低減を図ることができ、渦電流損の低減を図ることができる。また、これによって、コイルの導体を磁性めっき線により構成する場合に比べて、磁束密度の低減に寄与しない磁性材の量を少なくすることができ、換言すれば、機能していない磁性材をコイルの表面部に配置することで、磁性材の量を同量とした場合に、より効果的に磁束密度を低減する効果を得ることができる。これは、磁束が鎖交する断面積を大きくしていることと同義となり、同じ磁束を生じるように導線に通電した場合に、断面積を大きくすることができる分、磁性材からなる磁性材部内部の磁束密度を小さくすることができる。よって、磁性めっきと同様の渦電流損低減効果を得ると同時に、コストをかけて磁性材の量を増やすことなく、磁性めっき線によるコイルで問題となる磁気飽和を抑制できる。

図面の簡単な説明

- [0014] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、
[図1]第1実施形態における図1（a）はコイルの上面図、図1（b）は図1（a）中A-A線で切断するコイルの縦断面図、図1（c）はコイルを縦断した状態の外観斜視図である。

[図2]第1実施形態における近接効果の説明図

[図3]第1実施形態における図3(a)はコイルの縦断面における磁性体部中の磁束の状態を示す図、図3(b)は図3(a)中、破線で示す領域P1の拡大図である。

[図4]第2実施形態を示す図4(a)はコイルの上面図、図4(b)は図4(a)中B-B線で切断するコイルの縦断面図、図4(c)はコイルの縦断側面を示す外観斜視図である。

[図5]第2実施形態における図5(a)はコイルの縦断面における磁性体部中の磁束の状態を示す図、図5(b)は図5(a)中、破線で示す領域P2の拡大図、図5(c)は磁性材料中の磁束の分布状態を説明する図である。

[図6]第3実施形態を示す図6(a)はコイルの上面図、図6(b)は図6(a)中C-C線で切断するコイルの縦断面図、図6(c)はコイルの縦断側面を示す外観斜視図である。

[図7]第3実施形態における図7(a)はコイルの縦断面における磁性体部中の磁束の状態を示す図、図7(b)は図7(a)中、破線で示す領域P3の拡大図である。

[図8]第4実施形態を示す図8(a)はコイルの縦断面図、図8(b)は磁束分布の説明図である。

[図9]第5実施形態を示すコイルの縦断面図

[図10]第6実施形態を示すコイルの縦断面図

[図11]第6実施形態における別のコイルの縦断面図

[図12]第7実施形態を示す図12(a)はコイルの上面図、図12(b)は図12(a)中D-D線で切断するコイルの縦断面図、図12(c)はコイルの縦断側面を示す外観斜視図である。

[図13]第8実施形態を示す図13(a)はコイルの縦断面図、図13(b)は別のコイルの縦断面図である。

[図14]第9実施形態を示す図14(a)はコイルの上面図、図14(b)は図14(a)中E-E線で切断するコイルの縦断面図である。

[図15]第9実施形態における図15(a)はコイルの縦断面図、図15(b)

)は別のコイルの縦断面図である。

[図16]第10実施形態を示す図16(a)はコイルの縦断面図、図16(b)は別のコイルの縦断面図、図16(c)はさらに別のコイルの縦断面図である。

発明を実施するための形態

[0015] (第1実施形態)

以下、第1実施形態について、図1～図3を参照して説明する。図1は全体構成を示すもので、リアクトルあるいはトランスに組み込むコイル1の外観を示している。図1(a)は、コイル1を上面から見た平面図、図1(b)は図1(a)中A-A線で示す部分の断面図である。また、図1(c)は切断した状態での外観斜視図である。

[0016] コイル1は、断面が扁平な長方形に形成された平角の導体2を巻回したもので、巻線となる導体2の表面には絶縁膜3が被覆されている。絶縁膜3は、全体として同一の厚さで、例えば10～100 μ mの範囲のいずれかの厚さで形成されている。コイル1は、導体2を軸zの周りに巻回して軸z方向に扁平な面を重ねた状態に形成されている。コイル1の導体2は、上下に隣接する導体2との間を絶縁膜3で隔てられた状態とされる。コイル1の表面部である上面、下面、外側面および内側面には軟磁性材からなる磁性体部4として、磁性体4a～4dが貼り付けられており、コイル1の表面全体が磁性体部4により覆われた状態に設けられる。磁性体4a～4dは、全体として同一の厚さ例えば0.1～3.0mmの範囲の厚さで形成されている。

[0017] 上記構成のコイル1は、図示しない磁心(コア)としての鉄心に装着された状態で磁気回路部品であるトランスあるいはリアクトルとして用いられる。鉄心は、例えばE型あるいはI型のものが用いられる。E型の鉄心であれば、コイル1の巻回中心となる軸z部分に貫通して挿通され、コイル1の外周側にも包囲するように装着される。また、I型の鉄心であれば、コイル1の巻回中心となる軸z部分に貫通した状態に装着されている。なお、コイル1は、外周面に配置した磁性体4a～4dが鉄心と直接接触しないように、

外周面に絶縁物などを介した状態で鉄心に装着される。

[0018] 次に、上記構成の作用について説明する。上記構成のコイル1は、導体2の外周面には個別にめっきなどによる磁性体を設ける構成としておらず、コイル1の外周面に軟磁性体による磁性体部4を配置している。これにより、コイル1に用いる磁性体部としては、上下に重なる導体2間に設けてないことで、その分を外周面に配置する磁性体部4として用いることができる。

[0019] よって、本実施形態においては、磁性めっき線のものと同様の渦電流損低減効果を得るのと同時に、コストをかけて磁性材の量を増やすことなく、磁性めっき線によるコイルで問題となる磁気飽和を抑制できる。

[0020] 次に、本実施形態におけるコイル1の構成を採用することで得られる効果について説明する。これに先立って、まず、導体に磁性体をめっきした磁性めっき線を用いた構成のトランスやリアクトルなどにおける作用について説明する。

[0021] 一般に、コイルを構成する導体の周囲には、他のコイルの導体の通電電流や、磁心からの漏洩磁束により、近傍を通過する磁束が発生している。また、コイルの通電電流には交流成分が含まれており、コイルの導体の周囲に発生する磁束にも交流成分 B_{ac} が含まれている。他方で、コイル導体の内部では交流磁束が通過することができないため、導体の内部においては交流磁束は0になっている。

[0022] そこで、交流磁界に対してコイルの導体の表面を薄く囲む矩形の微小閉曲線Cを考察し、閉曲線C上でアンペールの法則を適用する。すると、この閉曲線Cで囲まれた区間に発生する渦電流 I_{ac} は次式(1)のように求まる。ここで、 d は線素、 l (エル)は閉曲線Cの長さである。 μ_s は導体表面での透磁率である。

[0023] [数1]

$$I_{ac} = \int_C H dl = \frac{B_{ac}}{\mu_s} l \quad \dots (1)$$

したがって、コイルの導体の表面には、単位長さ当たり $B a c / \mu_s$ の渦電流が発生することが分かる。そこで、導体表面上に磁性材料の膜を配置し、透磁率 μ_s を増加させると渦電流 $I a c$ が小さくなることが上式（１）からわかる。このため、導体の表面に施した磁性めっきにより渦電流による損失の発生を抑制することができる。

[0024] このように、単一の導体が交流磁界中に存在するという想定の下では、上記したように効果的に渦電流の発生を抑制することができる。しかしながら、リアクトルやトランス等に使用されるように、緊密に周回されたコイル形状や、コイル近傍にコアがあるということを考慮すると、新たな問題が発生するため、渦電流の抑制効果を効果的に発揮できない恐れがある。すなわち、被膜銅線を巻回したコイルに高周波電流を通電した場合、隣接する銅線が作る磁界が自身の銅線に影響し、前述の渦電流損失の分布が偏る近接効果と呼ばれる現象が顕著に発生する。

[0025] 図２に近接効果のメカニズムを示す。たとえば、図２（ａ）に示すように、２本の同じ向きに通電した銅線２ａ、２ｂにおいて、両者が図示のように離間している配置状態では、それぞれの銅線２ａ、２ｂの周囲に磁界 Φa 、 Φb が発生する。これに対して、図２（ｂ）に示すように銅線２ａ、２ｂが近接する位置に配置されると、それぞれの銅線２ａ、２ｂが隣接する銅線２ｂ、２ａとの近接面では発生する磁界 Φa 、 Φb が自身の銅線２ａ、２ｂから発生する磁界と反対方向のベクトルとなるため打ち消しあう。このため、実際には、図２（ｃ）に示すように、銅線２ａ、２ｂ間の領域においては交流磁界が打ち消し合うため弱く渦電流の発生は小さくなり、磁性めっきが銅線の表面に設けられていてもその効果は小さい。逆に、銅線２ａ、２ｂの外側の面では磁界 Φa 、 Φb が強め合って大きい磁界 $\Phi a b$ となるため、大きな渦電流が発生しやすい。この現象は、銅線を多重巻きした図１のようなコイル１でも起こり、コイル１の表面付近の磁界が、コイル１の導体２間の部分の磁界より高くなる。

[0026] また、状況を悪化させる問題として、コイル１を巻装しているコア（鉄心

）からの漏洩磁束の問題がある。コイル１の導体２を磁性材料でめっきをすると、コアからの漏洩磁束がめっき上を通過するようになる。特に、小型化したリアクトルやインダクタ上では、コアがコイル１の表面に隣接して配置されることが一般的であるため、コイル１の表面は特にコアから漏洩した磁束が多く通過するようになる。

[0027] 以上から、リアクトルやインダクタにおけるコイル１において導体２を磁性材料でめっきすると、導体２間で発生する近接効果の影響や、コアからの漏洩磁束が大きいという問題によって、コイル表面のめっきで磁束密度が増加し、めっきが磁性材料の薄膜であることを考慮すると磁気飽和しやすいという問題がある。元来、大きな磁束密度は、式１から大きな渦電流を発生させる。しかも、めっきが磁気飽和すると、透磁率が低下するため、式１に示されるように益々大きな渦電流が発生してしまう。

[0028] この点、本実施形態のコイル１は、上述のような磁性めっき線によるコイルで機能していなかったコイルの表面以外の部分の磁性体を無くし、その分だけ磁束が集中するコイル１の表面に多く磁性体４ a～４ dを配置する構成として磁性体部４を設けている。これは、磁束が鎖交する断面積Ｓを大きくしていることと同義である。したがって、導体２により生ずる磁束Φ１に対して、軟磁性材からなる磁性体部４の内部の磁束密度Ｂ１は、 $B1 = \Phi1 / S$ であるから、断面積Ｓが大きい分だけ小さくなる。

[0029] この点について、発明者らはシミュレーションによって検証した。本実施形態のコイル１の角部での磁束密度分布を、磁性めっき線によるコイルの場合と比較すると、軟磁性材の透磁率、軟磁性材の量、銅線の形状、巻数を等しくした条件において、本実施形態のコイル１が強い磁界が発生する箇所に厚い磁性体部４が配置されていることで、磁束密度Ｂ１を低減できていることがわかった。

[0030] 以上のことから、本実施形態のコイル１を用いることで、磁性めっき線のものと同様の渦電流損低減効果を得るのと同時に、コストをかけて磁性材の量を増やすことなく、磁性めっき線によるコイルで問題となる磁気飽和を抑

制できる。

[0031] このような本実施形態によれば、コイル 1 を構成する導体 2 には絶縁膜 3 を被覆し、コイル 1 の表面に磁性体部 4 を設ける構成としたので、磁束が集中しやすいコイル 1 の角部において磁束密度を低減でき、高周波数の交流電流を通電する場合でも、渦電流の抑制効果を高めることができる。また、導体 2 を磁性体で被覆していないので、磁束密度の低減に寄与する効果が低い部分に磁性体を使用することがなく、表面に優先的に設けることで、コイル 1 の全体体積や使用する磁性体を増加させずに表面に厚い磁性体部 4 を設けることができる。

(第 2 実施形態)

図 4 および図 5 は第 2 実施形態を示している。この実施形態では、コイル 1 1 として、第 1 実施形態における磁性体部 4 に代えて、巻回した導体 1 2 の表面の絶縁膜 1 3 の一部を露出するようにして分割して配置する磁性体部 1 4 (1 4 a、1 4 b) を設ける構成である。

[0032] 図 4 (a)、(b)、(c) に示しているように、コイル 1 1 は、第 1 実施形態と同様の導体 1 2 に絶縁膜 1 3 が被覆されたものが巻回されている。コイル 1 1 の表面部である、上面および外側面、内側面の一部を覆うキャップ状をなす磁性体部 1 4 a が装着され、下面および外側面、内側面の一部を覆うキャップ状をなす磁性体部 1 4 b が装着されている。つまり、磁性体部 1 4 a および 1 4 b は、それぞれコイル 1 1 の導体 1 2 の巻き始めと巻き終わりに対応する部分に設けることとなる。磁性体部 1 4 a、1 4 b は、それぞれ軟磁性材からなる板状の磁性体をコイル 1 1 に貼り付けたものである。磁性体部 1 4 a および 1 4 b は、例えば 0.1 ~ 3.0 mm の範囲の厚さで形成されている。

[0033] 上記構成のコイル 1 1 は、図示しない鉄心に装着された状態でリアクトルあるいはトランスとして用いられる。鉄心は、例えば E 型あるいは I 型のものが用いられる。E 型の鉄心であれば、コイル 1 1 の巻回中心となる軸 z 部分に貫通して挿通され、コイル 1 1 の外周側にも包囲するように装着される

。また、I型の鉄心であれば、コイル11の巻回中心となる軸z部分に貫通した状態に装着されている。なお、コイル11は、外周面に配置した磁性体部14a、14bが鉄心と直接接触しないように、外周面に絶縁物などを介した状態で鉄心に装着されている。

[0034] 上記のように構成したので、このコイル11に電流を流すと、コイル11に装着された磁性体部14a、14bに磁束が発生する。このとき、磁束Φ1は、図5(a)、あるいは図5(a)中の領域P2部分を拡大して示す図5(b)のように分布する。磁性体部14a、14b中では、磁気抵抗が低いのでほぼ均等に分布した状態となり、磁束密度B2も低く抑えることができ渦電流の発生を抑制できる。また、磁性体部14a、14bが配置されないコイル11の外側面部および内側面部では、磁束Φ1がコイル11の側面から離れるようにして湾曲した磁束の分布となる。

[0035] 次に、このような構成を採用する経緯について説明する。まず、前述したように、コイル11の断面を見た時に、導体12間の部分では近接効果により交流磁束密度（および磁界）が著しく小さくなる。このため、コイル11の周囲の漏洩磁束（交流）はコイル11の表面を迂回するように発生する。このとき、磁気学によれば、一般に、コイル表面に角部が存在すると、その箇所では極端に交流の磁束密度が増大しやすくなるという問題がある。

[0036] たとえば、図4(b)に示したようにコイル断面において角部が形成されているものとする。このとき、コイル11の表面領域しか交流磁界が通過しないということを考慮すると、このときの交流磁界の発生場所は、コイル11の表面が境界となる。境界が角をもつ場合の、磁場の分布は、磁気学から次の解が知られている。すなわち、図5(c)に示すように、コイル表面の角部付近の領域で透磁率が一定であると仮定すると、頂角θの十分に近傍では、磁束密度分布は次式(2)で示される分布に従う。ここで、長さrは角の頂点からの距離、θは角の頂角、B2は磁束密度である。

[0037] [数2]

$$B \propto r^{\pi/\theta - 1} \quad \dots (2)$$

上記した式（２）は、通常のコイル１１の断面における角部がそうであるように、 θ が π より大きい場合、 B は角部の頂点で発散することになる。したがって、コイル１１の表面のうちでも、特に角部においては、磁束密度 B が増加しやすい。そこで、特に、角部に優先的に厚く磁性材料を配置する磁性体部１４ａ、１４ｂを設けることで、磁性材膜の磁気飽和を抑制し、かつ、少ない磁性材料の追加で効果的に渦電流損失を抑制することができる。つまり、少ない磁性材料の追加で効果的に交流抵抗を低減できる。

[0038] また、第１実施形態で示したように、コイル１１の表面を覆うように磁性体を設けることは、外部から漏洩する磁束によって誘導される渦電流損失を低減するのに有効である。この実施形態では、さらに効果を向上させるために、上記の構成を採用している。すなわち、磁性体部１４ａ、１４ｂとして、コイル１１の全体を覆うのではなく、部分的に覆う構成としている。

[0039] これは、次の理由による。第１実施形態と同じように、コイル１１の断面の全体を磁性体部１４が覆っている状態を想定する。このとき、コイル１１の断面を一周する閉曲線 C を考え、コイル１１には交流電流 I が流れているものとする。この状態で、閉曲線 C 上にアンペールの法則を適用すると、次式（３）を得る。ここで、 l （エル）は閉曲線 C の長さ、 H_{av} は平均磁界、 B_{av} は平均磁束密度、 μ_s は磁性体部１４の透磁率である。巻数 N に電流 I を乗じた値 NI はインダクタやトランスの使い方によって（仕様によって）決まっているので、左辺は与えられている。したがって、磁性体部１４の透磁率が高いと高い磁束密度が発生して、磁性体部１４は磁気飽和してしまい、渦電流損失効果を十分に得ることができなくなる場合がある。

[0040] [数３]

$$NI = \int_C H dl = H_{av} l = \frac{B_{av}}{\mu_s} l \quad \cdots (3)$$

これは、磁性体部１４がコイル１１の全周を覆う構成を想定したことで、閉曲線 C の磁気経路の磁気抵抗も小さくなり、そのためにコイルの交流電流

で非常に大きな磁束密度が誘導されたことを反映している。そこで、磁性体部 14 a、14 b の構成を採用することで、コイル 11 の側面部で一部にギャップを入れた状態となり、閉曲線 C の磁気抵抗を十分大きくすることで、磁性膜に過大な磁束密度が誘導されにくいようにすることができる。これにより、磁性体部 14 a、14 b における磁束密度が低下するため、磁性膜の磁気飽和が緩和され、磁性膜で覆われた部分の渦電流損失発生を好適に抑制することができる。その結果、コイル 11 の交流抵抗を低減できる。

[0041] 上述のように、磁性体によりコイル 11 の全周を覆わないようにすることで、磁性体が覆う部分では渦電流損失を低減することができる。一方、磁性体部が設けられないギャップとなる場所では、渦電流損失の低減効果は望めない。そこで、この実施形態では、渦電流が発生しやすいコイル 11 の角部では磁性体部 14 a、14 b として配置し、渦電流が発生しにくい場所にギャップを設ける構成としている。

[0042] 前述のように、コイル 11 の外周及び内周の角部近傍は磁束密度が高くなりやすいため、ギャップを設けることは好ましくない。逆に、コイル 11 の角部から離れた場所は磁束密度が小さいためギャップを設けることを許容しやすい。したがって、磁性体部 14 a、14 b が配置されないギャップとして、コイル 11 の断面の外側表面の z 軸方向において磁性体部 14 を分断するように設けることが望ましいことが分かる。

[0043] 以上のことを考慮したコイル 11 を構成したので、コイル 11 に電流を流したときに発生する磁束が通る部分のうち、磁束密度が高くなるコイル 11 の外周及び内周の角部においてそこを覆う磁性体部 14 a、14 b を断面積が大きくなるように配置しているので、磁束密度が高くなって飽和するのを抑制することができ、これによって、渦電流の発生を低減することができる。

[0044] また、磁性体部 14 a、14 b としてコイル 11 の上下部分に分割して設け、z 軸方向の外周および内周表面部分に磁性体を配置しないギャップを設けるので、磁気抵抗を十分大きくすることができ、これによって、磁性体部

14 a、14 bにおける磁束密度が低下し、磁性体部14 a、14 bの磁気飽和が緩和され、磁性体で覆われた部分の渦電流損失発生を適切に抑制することができる。これにより、コイル11の交流抵抗を低減することができる。

(第3実施形態)

図6および図7は第3実施形態を示している。この実施形態では、コイル21として、巻回した導体22の絶縁膜23の表面の一部を露出するように、4つの部分に分割して配置する磁性体部24 (24 a～24 d) を設ける構成である。

[0045] 図6 (a)、(b)、(c) に示しているように、コイル21は、第1実施形態と同様の導体22に絶縁膜23が被覆されたものが巻回されている。コイル21の表面部である、外側面の上面部を覆う磁性体部24 a、下面部を覆う磁性体部24 b、内側面の上面部を覆う磁性体部24 c、下面部を覆う磁性体部24 dがそれぞれ装着されている。磁性体部24 a～24 dは、それぞれ軟磁性材からなる板状の磁性体をコイル21に貼り付けたものである。磁性体部24 a～24 dは、例えば0.1～3.0 mmの範囲の厚さで形成されている。

[0046] 上記構成のコイル21は、図示しない鉄心に装着された状態でリアクトルあるいはトランスとして用いられる。鉄心は、例えばE型あるいはI型のものが用いられる。E型の鉄心であれば、コイル21の巻回中心となる軸z部分に貫通して挿通され、コイル21の外周側にも包囲するように装着される。また、I型の鉄心であれば、コイル21の巻回中心となる軸z部分に貫通した状態に装着されている。なお、コイル21は、外周面に配置した磁性体部24 a～24 dが鉄心と直接接触しないように、外周面に絶縁物などを介した状態で鉄心に装着されている。

[0047] 上記のように構成したので、このコイル21に電流を流すと、コイル21に装着された磁性体部24 a～24 dに磁束が発生する。このとき、磁束Φ3は、図7 (a) あるいは図7 (a) 中の領域P3部分を拡大して示す図7

(b) に示したように分布する。磁性体部 24 a ~ 24 d 中では、磁気抵抗が低いのでほぼ均等に分布した状態となり、磁束密度 B_3 も低く抑えることができ渦電流の発生を抑制できる。また、磁性体部 24 a ~ 24 d が配置されないコイル 21 の外側面部、内側面部および上面部、カッ面部の中央領域では、磁束 Φ_3 がコイル 21 の側面から離れるようにして湾曲した磁束の分布となる。

[0048] 以上のことを考慮したコイル 21 を構成したので、コイル 21 に電流を流したときに発生する磁束が通る部分のうち、磁束密度が高くなるコイル 21 の外周及び内周の 4 つの角部においてそれらを覆う磁性体部 24 a ~ 24 d を断面積がより大きくなるように配置しているので、磁束密度が高くなって飽和するのを抑制することができ、これによって、さらに渦電流の発生を低減することができる。

[0049] また、磁性体部 24 a ~ 24 d としてコイル 21 の 4 つの角部に分割して設け、z 軸方向の外周および内周の表面部分、上面および下面の表面部分にそれぞれ磁性体を配置しないギャップを設けるので、磁気抵抗を十分大きくすることができ、これによって、磁性体部 24 a ~ 24 d における磁束密度がさらに低下し、磁性体部 24 a ~ 24 d の磁気飽和が一層緩和され、磁性体で覆われた部分の渦電流損失発生を適切に抑制することができる。これにより、コイル 21 の交流抵抗を低減することができる。

(第 4 実施形態)

図 8 は第 4 実施形態を示すもので、この実施形態では、第 3 実施形態で示したコイル 21 と同じ構成のコイル 31 を鉄心 35 に装着する構成を示している。

[0050] この実施形態では、図 8 (a) に示すように、コイル 31 として、巻回した導体 32 の絶縁膜 33 の表面の一部を露出するように、4 つの部分に分割して配置する磁性体部 34 (34 a ~ 34 d) を設ける構成である。コイル 31 は、ギャップ G を有する鉄心 35 に装着している。鉄心 35 は、コイル 31 の中心部を貫通する脚部 35 a と、コイル 31 の外側に位置する 2 つの

脚部 35 b とが上下に配置されるヨーク 35 c とギャップ G を介して設けられている。この鉄心 35 は、図 8 (b) に示すように、たとえば鉄心 A、B 間に設けたギャップ G 部分で磁気抵抗が大きくなり、磁束が外側に広がるようになって漏れ磁束が発生する。コイル 31 に装着している磁性体部 34 a ~ 34 d は、鉄心 35 のギャップ G 部分と対応するように配置されている。

[0051] このような構成の鉄心 35 の装着されたコイル 31 においては、鉄心 35 の磁束がギャップ G 部分で漏れて、コイル 31 に作用する成分となる。しかし、ギャップ G 部分で漏れる磁束は、ちょうどコイル 31 の磁性体部 34 a ~ 34 d 部分に流れるようになり、コイル 31 に直接作用するのを抑制できる。これによって、渦電流損が増大するのを抑制できる。

(第 5 実施形態)

図 9 は第 5 実施形態を示すもので、第 4 実施形態と異なる部分について説明する。この実施形態においては、第 4 実施形態で示したコイル 31 に代えてコイル 41 を設け、鉄心 35 に代えて鉄心 45 を設ける構成としている。

[0052] この実施形態では、図 9 に示すように、コイル 41 として、巻回した導体 42 の絶縁膜 43 の表面の一部を露出するように、6 つの部分に分割して配置する磁性体部 44 (44 a ~ 44 f) を設ける構成である。コイル 41 は、ギャップ G a を有する鉄心 45 に装着している。鉄心 45 は、コイル 41 の中心部を貫通する脚部 45 a、コイル 41 の外側に位置する 2 つの脚部 45 b が上下に配置されるヨーク 45 c と連結されている。各脚部 45 a、45 b は z 方向の中心部にギャップ G a を有する構成である。この鉄心 45 は、ギャップ G a 部分で磁気抵抗が大きくなり、磁束が外側に広がるようになって漏れが発生する。コイル 41 に装着している磁性体部 44 e、44 f は、鉄心 45 のギャップ G a 部分と対応するように配置されている。

[0053] このような構成の鉄心 45 の装着されたコイル 41 においては、鉄心 45 の磁束がギャップ G a 部分で漏れて、コイル 41 に作用する成分となる。しかし、ギャップ G a 部分で漏れる磁束は、ちょうどコイル 41 の磁性体部 44 e ~ 44 f 部分に流れるようになり、コイル 41 に直接作用するのを抑制

できる。これによって、第4実施形態と同様に、渦電流損が増大するのを抑制できる。

(第6実施形態)

図10および図11は、第6実施形態を示すものである。この実施形態においては、鉄心として円環状をなすトロイダルコアを用いたものである。

[0054] 図10に示すように、コイル51は、第3実施形態で示したコイル21と同様に、導体52に絶縁膜53が被覆されたものが巻回されている。コイル51の表面部である、外側面の上面部を覆う磁性体部54a、下面部を覆う磁性体部54b、内側面の上面部を覆う磁性体部54c、下面部を覆う磁性体部54dがそれぞれ装着されている。磁性体部54a～54dは、それぞれ軟磁性材からなる板状の磁性体をコイル51に貼り付けたものである。磁性体部54a～54dは、例えば0.1～3.0mmの範囲の厚さで形成されている。

[0055] このような構成のコイル51を円環状のトロイダルコア55に装着したものである。この実施形態では、トロイダルコア55の環状をなす一部にコイル51を挿通するように設けている。具体的には、トロイダルコア55に導体52を挿通して巻回することでコイル51を形成している。

[0056] 上記構成によれば、コイル51は、電流を流したときに発生する磁束が通る部分のうち、磁束密度が高くなるコイル51の外周及び内周の4つの角部においてそれらを覆う磁性体部54a～54dを断面積がより大きくなるように配置しているので、磁束密度が高くなって飽和するのを抑制することができる。これによって、さらに渦電流の発生を低減することができる。

[0057] また、磁性体部54a～54dとしてコイル51の4つの角部に分割して設け、z軸方向の外周および内周の表面部分、上面および下面の表面部分にそれぞれ磁性体を配置しないギャップを設けるので、磁気抵抗を十分大きくすることができ、これによって、磁性体部54a～54dにおける磁束密度がさらに低下し、磁性体部54a～54dの磁気飽和が一層緩和され、磁性体で覆われた部分の渦電流損失発生を適切に抑制することができる。これに

より、コイル51の交流抵抗を低減することができる。

[0058] 図11は、上記構成のトロイダルコア55に代えて、ギャップ付のトロイダルコア65にコイル61を装着する構成としている。コイル61は、上記したコイル51と同様に、導体62に絶縁膜63が被覆されたものが巻回されている。コイル61の表面部である、外側面の上面部を覆う磁性体部64a、下面部を覆う磁性体部64b、内側面の上面部を覆う磁性体部64c、下面部を覆う磁性体部64dがそれぞれ装着されている。磁性体部64a～64dは、それぞれ軟磁性材からなる板状の磁性体をコイル61に貼り付けたものである。磁性体部64a～64dは、例えば0.1～3.0mmの範囲の厚さで形成されている。

[0059] このような構成のコイル61を円環状でギャップGbを有するトロイダルコア65に装着したものである。この実施形態では、トロイダルコア65の環状をなす一部が除去されていて全体としてC字状に形成されている。コイル61には、中心部に鉄心65aが挿通されている。このコイル65をトロイダルコア65のギャップ部分に装着している。コイル65の装着状態で、トロイダルコア65との間にギャップGbが設けられた状態となっている。

[0060] 上記構成によれば、図10に示したギャップなしのトロイダルコア55を用いる構成の効果に加えて、ギャップGbを設けたトロイダルコア65を用いることで、トロイダルコア65の磁束がギャップGb部分で漏れて、コイル61に作用する成分となるが、ギャップGb部分で漏れる磁束は、ちょうどコイル61の磁性体部64a～64d部分に流れるようになり、コイル61に直接作用するのを抑制できる。これによって、渦電流損が増大するのを抑制できる。

(第7実施形態)

図12は第7実施形態を示している。以下、第1実施形態と異なる部分について説明する。コイル71は、平角の導体72を巻回したもので、導体72の表面には絶縁膜73が被覆されている。コイル71の表面部である上面、下面、外側面および内側面には軟磁性材からなる磁性体部74として、磁

性体 7 4 a、7 4 b が配置されている。この磁性体 7 4 a、7 4 b は、コイルボビン 7 5 に貼り付けられている。

[0061] コイルボビン 7 5 は、樹脂などの絶縁体により形成されたもので、ボビン 7 5 a と 2 個のボビンケース 7 5 b から構成される。ボビン 7 5 a は、軸部と上下のフランジ部とからなる糸巻状のもので、軸部の表面およびフランジ部の内側の面を覆うように磁性体部 7 4 a が接着剤などにより貼り付けられている。ボビン 7 5 a には、軸部に導体 7 2 が z 軸回りに巻回される。

[0062] ボビンケース 7 5 b は、上面および底面を有する円筒を軸方向に半割りした形状で、上面の裏面側、下面の裏面側、および円筒面の内面側を覆うように磁性体部 7 4 b が接着剤などにより貼り付けられている。ボビンケース 7 5 b は、ボビン 7 5 a の外側に露出した導体 7 2 を覆うようにボビン 7 5 a に装着される。

[0063] コイルボビン 7 5 を装着した状態では、コイル 7 1 の表面全体が磁性体部 7 4 a、7 4 b により覆われた状態となる。磁性体部 7 4 a、7 4 b は、全体として同一の厚さ例えば 0.1 ～ 3.0 mm の範囲の厚さで形成されている。

[0064] 上記構成のコイル 7 1 は、図示しない鉄心（コア）に装着された状態でトランスあるいはリアクトルとして用いられる。鉄心は、例えば E 型あるいは I 型のものが用いられる。E 型の鉄心であれば、コイル 1 の巻回中心となる軸 z 部分に貫通して挿通され、コイル 7 1 の外周側にも包囲するように装着される。また、I 型の鉄心であれば、コイル 1 の巻回中心となる軸 z 部分に貫通した状態に装着されている。なお、コイル 7 1 は、コイルボビン 7 5 が装着されているので、外周面が絶縁物を有する状態となっており、鉄心にはそのまま装着することができる。

[0065] 上記のように構成したので、第 1 実施形態と同様の作用効果を得ることができる。また、磁性体部 7 4 をコイルボビン 7 5 に貼り付けた構成としているので、巻回した導体 7 2 にコイルボビン 7 5 を装着することで簡単に磁性体部 7 4 を配置することができる。

[0066] なお、上記実施形態では、コイルボビン75をボビン75aおよび2個のボビンケース75bに分割する構成としているが、コイルボビン75の分割の仕方は分割個数を増やしたり、分割部分を変更するなど種々変形できる。例えば、ボビン75aは、一体型ではなくz軸方向の途中で分割することもできる。また、ボビン75aは、一方のフランジ部をボビンケース75b側に一体に設けたり、フランジ部を別体として設けたりすることもできる。なお、このようにボビン75aを分割することで、導体72を予め巻回した状態としてボビン75aに装着することができる。

(第8実施形態)

図13(a)、(b)は第8実施形態を示すものである。以下、第7実施形態と異なる部分について説明する。図13(a)に示すものは、コイル71の構成において、コイルボビン75に貼り付ける磁性体部74を第2実施形態と同等に配置する構成としたコイル76である。すなわち、ボビン75aおよびボビンケース75bのそれぞれに貼り付ける磁性体部77aは、上下に77aa、77abに分割され、磁性体部77bは、上下に77ba、77bbに分割されている。これにより、磁性体部77a、77bは、z軸方向の中間部分が一部カットされた状態つまりギャップを有する状態となっている。なお、磁性体部を設けていないギャップ部分には、空隙部のままとすることもできるし、この部分に絶縁体を配置することもできる。

[0067] この結果、磁性体部77aa、77ab、77ba、77bbは、それぞれコイル76の導体72の巻き始めと巻き終わりに対応する部分に設けることとなる。磁性体部77aa、77ab、77ba、77bbは、それぞれ軟磁性材からなる板状の磁性体で、例えば0.1～3.0mmの範囲の厚さで形成されている。

[0068] 上記のようにコイル76を構成したので、第7実施形態と同様の効果を得ることができるとともに、第2実施形態と同様の作用効果を得ることができる。次に、図13(b)に示すものは、コイル71の構成において、コイルボビン75に貼り付ける磁性体部74を第2実施形態と同等に配置する構成

としたコイル78である。すなわち、ボビン75aおよびボビンケース75bのそれぞれに貼り付ける磁性体部79aは、上下に79aa、79abに分割され、磁性体部79bは、上下に79ba、79bbに分割されている。

[0069] また、この実施形態では、磁性体部79aaと磁性体部79baとが対向する部分および磁性体部79abと磁性体部79bbとが対向する部分は、いずれも両者の間にギャップが形成されるようにボビン75aとボビンケース75bとが対向する位置よりも控えた短い寸法で形成されている。これにより、磁性体部79a、79bは、z軸方向の中間部分が一部カットされた状態つまりギャップを有する状態となり、且つ、上面および下面の中間部分も一部カットされた状態となっている。なお、磁性体部を設けていないギャップ部分には、空隙部のままとすることもできるし、この部分に絶縁体を配置することもできる。

[0070] この結果、磁性体部79aa、79ab、79ba、79bbは、それぞれコイル78の導体72の巻き始めと巻き終わりに対応する部分の角部に設けることとなる。磁性体部79aa、79ab、79ba、79bbは、それぞれ軟磁性材からなる板状の磁性体で、例えば0.1～3.0mmの範囲の厚さで形成されている。

[0071] 上記のようにコイル76を構成したので、第7実施形態と同様の効果を得ることができるとともに、第3実施形態と同様の作用効果を得ることができる。上記コイル76および78では、磁性体部77aa、77ab、77ba、77bb、磁性体部79aa、79ab、79ba、79bbを、適宜の厚さに設定して配置することができる。特に、ギャップを設けることから、ギャップ部分に配置する磁性材料を磁性体部に配置することで効率的に磁性材料を用いることができる。

(第9実施形態)

図14および図15は第9実施形態を示している。以下、第7実施形態および第8実施形態と異なる部分について説明する。図14(a)、(b)は

、コイル８１を示している。コイル８１は、第７実施形態で説明したコイル７６のコイルボビン７５に代えてコイルボビン８４を備えたことである。

[0072] コイル８１は、平角の導体８２を巻回したもので、導体８２の表面には絶縁膜８３が被覆されている。コイルボビン８４は、磁性体部として機能するように、樹脂などに軟磁性材が混合された材料を一体に成型した構成である。コイルボビン８４は、ボビン８４ａおよび２個のボビンケース８４ｂにより構成されている。ボビン８４ａに導体８２を巻回し、この後、２個のボビンケース８４ｂを装着することによりコイル８１が形成される。これにより、コイル８１は、コイルボビン８４に装着されることで、表面部である上面、下面、外側面および内側面にはコイルボビン８４を構成している磁性体部としての軟磁性材が配置されている。

[0073] 上記構成のコイル８１は、図示しない鉄心（コア）に装着された状態でトランスあるいはリアクトルとして用いられる。鉄心は、例えばＥ型あるいはＩ型のものが用いられる。なお、コイル８１は、コイルボビン８４が磁性体部を兼用した構成であるから、鉄心への装着時には、外周面を絶縁物などで覆ったり、鉄心との間に間隔を存した状態に配置する。

[0074] 上記のように構成したので、第７実施形態と同様の作用効果を得ることができる。また、コイルボビン８４を磁性体部を兼ねるように、磁性材を含んだもので形成しているので、組み付けの部品数を減らすことができる。

[0075] また、図１５（ａ）、（ｂ）は、上記構成のコイル８１に代えて、同様の目的で第２実施形態あるいは第３実施形態のタイプのコイル８５、８７に適用したものを示している。図１５（ａ）は、コイル８５を示している。コイル８５は、コイル８１と同様の平角の導体８２を巻回したもので、導体８２の表面には絶縁膜８３が被覆されている。コイルボビン８６は、磁性体部として機能するように、樹脂などに軟磁性材が混合された材料を一体に成型した構成である。コイルボビン８６は、ボビン８６ａおよび２個のボビンケース８６ｂにより構成されている。この場合、コイルボビン８６は、部分的に異なる軟磁性材が設けられている。

[0076] すなわち、コイルボビン86のボビン86aおよびボビンケース86bは、それぞれボビン86aが第1磁性体部86a1、第2磁性体部86a2、ボビンケース86bが第1磁性体部86b1、第2磁性体部86b2から構成されている。第1磁性体部86a1および86b1は、コイル85の角部を含む部分に対応して設けられ、第1透磁率の第1磁性体である軟磁性材が樹脂中に混合された樹脂で形成される。第2磁性体部86a2、86b2は、コイル85のz軸方向の中間部に対応する部分に設けられ、第2透磁率の第2磁性体として、第1透磁率よりも小さい透磁率を有する軟磁性体が樹脂中に混合されている。ボビン86aに導体82を巻回し、この後、2個のボビンケース86bを装着することによりコイル85が形成される。

[0077] 上記構成のコイル85は、図示しない鉄心（コア）に装着された状態でトランスあるいはリアクトルとして用いられる。鉄心は、例えばE型あるいはI型のものが用いられる。なお、コイル85は、ボビン86が磁性体部を兼用した構成であるから、鉄心への装着時には、外周面を絶縁物などで覆ったり、鉄心との間に間隔を存した状態に配置する。

[0078] 上記のように構成したので、第8実施形態と同様の作用効果を得ることができる。また、第2実施形態と同様の作用効果も得ることができる。次に、図15（b）は、コイル87を示している。コイル87は、コイル81と同様の平角の導体82を巻回したもので、導体82の表面には絶縁膜83が被覆されている。コイルボビン88は、磁性体部として機能するように、樹脂などに軟磁性材が混合された材料を一体に成型した構成である。コイルボビン88は、ボビン88aおよび2個のボビンケース88bにより構成されている。この場合、コイルボビン88は、コイルボビン86と同様に、部分的に異なる軟磁性材が設けられている。

[0079] すなわち、コイルボビン88のボビン88aおよびボビンケース88bは、それぞれボビン88aが第1磁性体部88a1、第2磁性体部88a2から構成され、ボビンケース88bが第1磁性体部88b1、第2磁性体部88b2から構成されている。第1磁性体部88a1および88b1は、コイ

ル 8 5 の角部を含む部分に対応して設けられ、第 1 透磁率の第 1 磁性体である軟磁性材が樹脂中に混合された樹脂で形成される。第 2 磁性体部 8 8 a 2、8 8 b 2 は、コイル 8 7 の z 軸方向の中間部に対応する部分およびコイル 8 7 の上下の面の中間部に設けられ、第 2 透磁率の第 2 磁性体として、第 1 透磁率よりも小さい透磁率を有する軟磁性体が樹脂中に混合されている。ボビン 8 8 a に導体 8 2 を巻回し、この後、2 個のボビンケース 8 8 b を装着することによりコイル 8 7 が形成される。

[0080] 上記構成において、第 1 磁性体部 8 8 a 1 および 8 8 b 1 を構成する第 1 透磁率の第 1 磁性体は、たとえばフェライトや鉄 (F e) 系合金などを用いることができる。また、第 2 磁性体部 8 8 a 2、8 8 b 2 を構成する第 2 透磁率の第 2 磁性体は、たとえばフェライトよりも透磁率が小さい鉄系合金あるいは鉄 (F e) 系アモルファスを用いることができる。また、第 2 磁性体として、鉄系合金や鉄系アモルファスよりも透磁率が小さい樹脂材などを用いることができる。なお、第 1 透磁率は第 2 透磁率に対して 5 倍以上大きい材料を用いてもよい。

[0081] 上記のように構成したので、第 8 実施形態と同様の作用効果を得ることができる。また、第 3 実施形態と同様の作用効果も得ることができる。なお、上記構成において、コイルボビン 8 6、8 8 を第 1 磁性体部と第 2 磁性体部とから構成する場合について示したが、第 2 磁性体部に代えて、磁性体以外に、磁性体をのぞいた状態の樹脂をそのまま設けることもできる。また、内部に空隙部を有する構成とした樹脂部を設けることもできる。

(第 10 実施形態)

図 1 6 は第 10 実施形態を示している。図 1 6 (a)、(b)、(c) は、それぞれコイル 1 0 1、1 1 1、1 2 1 の一部を断面で示すものである。各コイル 1 0 1、1 1 1、1 2 1 の導体 1 0 2、1 1 2、1 2 2 は、断面が円形をなすもので、この外周面にはそれぞれ絶縁膜 1 0 3、1 1 3、1 2 3 が被覆されている。各コイル 1 0 1、1 1 1、1 2 1 には、第 1 実施形態、第 2 実施形態、第 3 実施形態で示したと同様の趣旨で、コイル角部に相当す

る部分を覆うように磁性体部 104、114a、114b、124a～124d が設けられる。

[0082] 上記のように構成するので、このような断面が円形をなす導体 102、112、122 を用いるコイル 101、111、121 についても第 1～第 3 実施形態と同様の作用効果を得ることができる。

[0083] なお、本開示は、上述した一実施形態のみに限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々の実施形態に適用可能であり、例えば、以下のように変形または拡張することができる。

[0084] 磁性体部の厚さは、使用する周波数や磁気回路部品としてのスペックに応じて、適宜の厚さに設定することができる。また、磁性体部を板状のものを貼り付けることで配置する場合を示したが、めっきなどにより形成可能な場合には用いても良いし、成型などによりコイルボbinのように立体物として形成したものを装着することもできる。さらに、磁性体部は、コイルの外周面に貼り付けることで装着しているが、密着状態に配置する装着の仕方以外に、ケース状に形成してコイル外周面を包囲するように装着しても良い。

[0085] 第 2～第 6 実施形態あるいは第 8 実施形態におけるように、磁性体部としてコイル表面に分割して配置するものでは、磁性体を設けないギャップ部分を空隙部としている。これに対して、この部分を空隙部としないで、第 9 実施形態に示した構成のように、磁性体部を構成する磁性材よりも透磁率が小さい磁性材料を配置したり、絶縁体を配置するなどの構成を採用することができる。

[0086] 本開示は、実施例に準拠して記述されたが、本開示は当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

請求の範囲

[請求項1] 磁心（35、45、55、65）と前記磁心に導体（2、12、22、32、42、52、62、72、82、102、112、122）を巻回したコイル（1、11、21、31、41、51、61、71、76、78、81、85、87、101、111、121）とを備えた磁気回路部品において、

前記コイルの表面の一部もしくは全部を覆い、且つ前記磁心とは離間して配置される軟磁性材料からなる磁性体部（4、14、24、34、44、54、64、74、77、79、84、86、88、104、114、124）を設けたことを特徴とする磁気回路部品。

[請求項2] 請求項1に記載の磁気回路部品において、

前記磁性体部は、少なくとも前記コイルを軸方向に切った断面における角部もしくは端部の屈曲部を覆うように配置されることを特徴とする磁気回路部品。

[請求項3] 請求項2に記載の磁気回路部品において、

前記磁性体部（14、24、34、44、54、64、77、79、86、88、114、124）は、少なくとも前記コイル（11、21、31、41、51、61、76、78、85、87、111、121）を軸方向に切った断面における角部もしくは端部の屈曲部を覆い、且つ隣接する前記角部もしくは前記端部の屈曲部との間のうち少なくとも1つは分断されている箇所があることを特徴とする磁気回路部品。

[請求項4] 請求項2に記載の磁気回路部品において、

前記磁性体部（77、79、86、88）は、少なくとも前記コイルを軸方向に切った断面における角部もしくは端部の屈曲部を覆う部分に第1透磁率の第1磁性体部（77aa、77ab、77ba、77bb、79aa、79ab、79ba、79bb、86a1、86b1、88a1、88b1）、他の部分に前記第1透磁率よりも低い

第2透磁率の第2磁性体部（77c、79c、86a2、86b2、88a2、88b2）が配置されることを特徴とする磁気回路部品。

[請求項5] 請求項2に記載の磁気回路部品において、

前記磁性体部（79、88）は、少なくとも前記コイルを軸方向に切った断面における角部もしくは端部の屈曲部を覆う部分に第1透磁率の第1磁性体部（79aa、79ab、79ba、79bb、88a1、88b1）を配置し、且つ隣接する前記角部もしくは前記端部の屈曲部との間に前記第1透磁率よりも低い第2透磁率の第2磁性体部（79c、88a2、88b2）が配置されることを特徴とする磁気回路部品。

[請求項6] 請求項4または5に記載の磁気回路部品において、

前記第2磁性体材料は、軟磁性材料を用いることを特徴とする磁気回路部品。

[請求項7] 請求項4または5に記載の磁気回路部品において、

前記第2磁性材料は、絶縁体を用いることを特徴とする磁気回路部品。

[請求項8] 請求項1から7のいずれか一項に記載の磁気回路部品において、

前記磁心（35、45、65）は、磁気回路の一部に他の部分よりも磁気抵抗が大きいギャップ部を有し、

前記磁性体部（34、44、64）は、前記ギャップ部に対応する部分にも前記コイルを覆うように配置されることを特徴とする磁気回路部品。

[請求項9] 請求項1から8のいずれか一項に記載の磁気回路部品において、

前記磁心は、トロイダルコア（55、65）であることを特徴とする磁気回路部品。

[請求項10] 請求項9に記載の磁気回路部品において、

前記コイルを固定するコイルボビン（75、84、86、88）を備え、

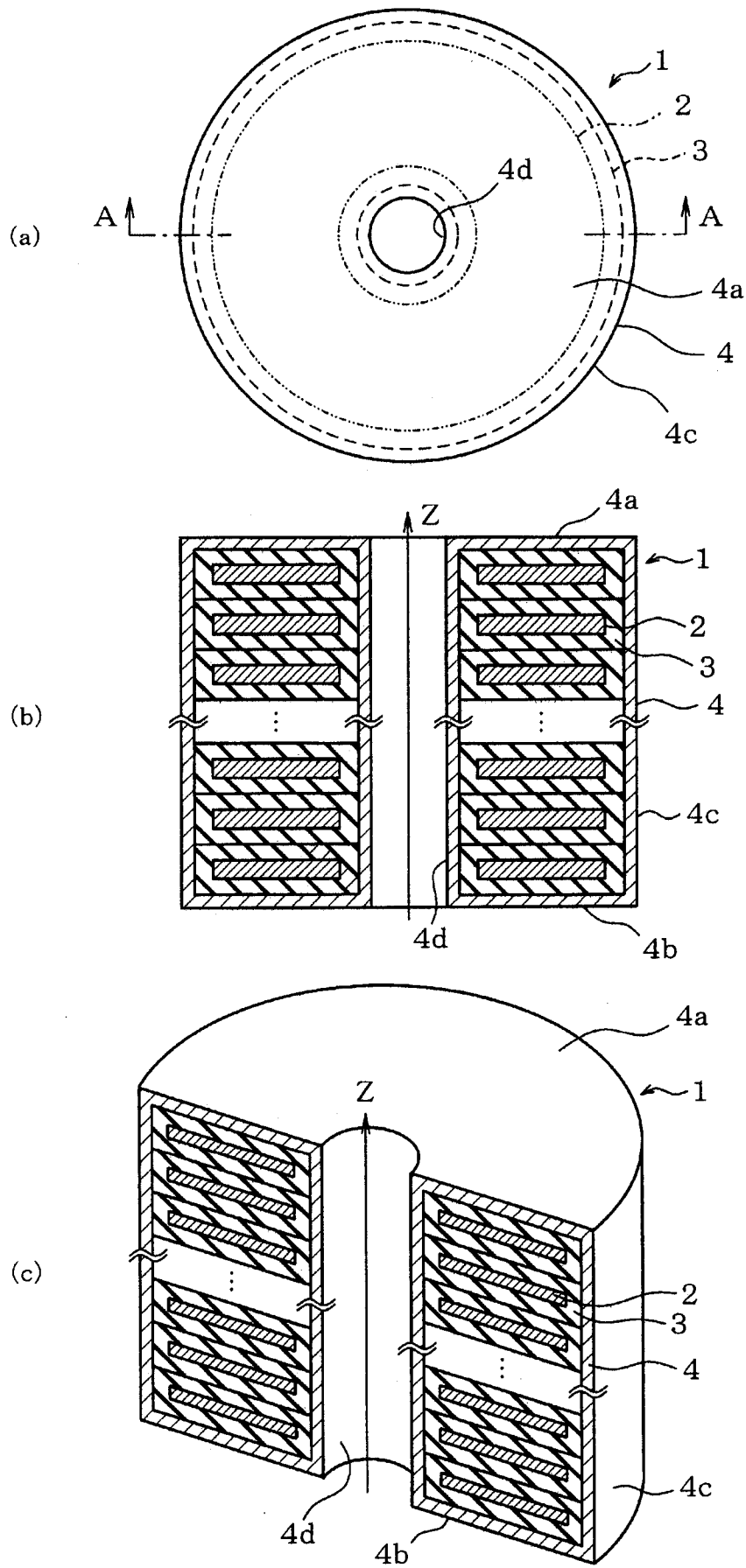
前記磁性体部（７４、７７、７９、８４、８６、８８）は、前記コイルボビンに一体に配置されていることを特徴とする磁気回路部品。

[請求項11]

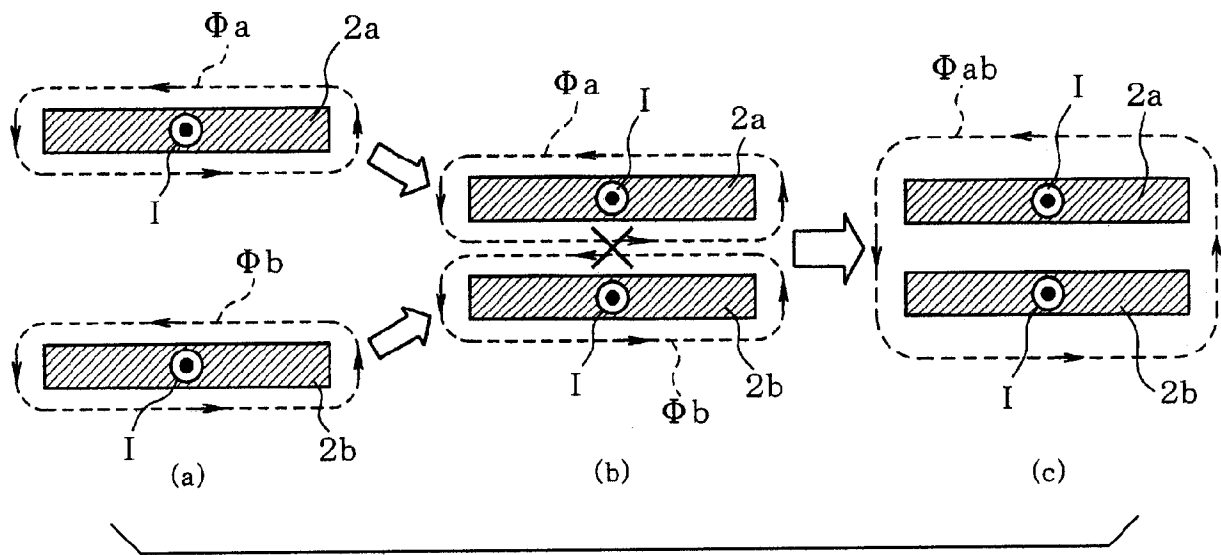
請求項１０に記載の磁気回路部品において、

前記磁性体部は、軟磁性材料で形成した前記コイルボビン（８４、８６、８８）であることを特徴とする磁気回路部品。

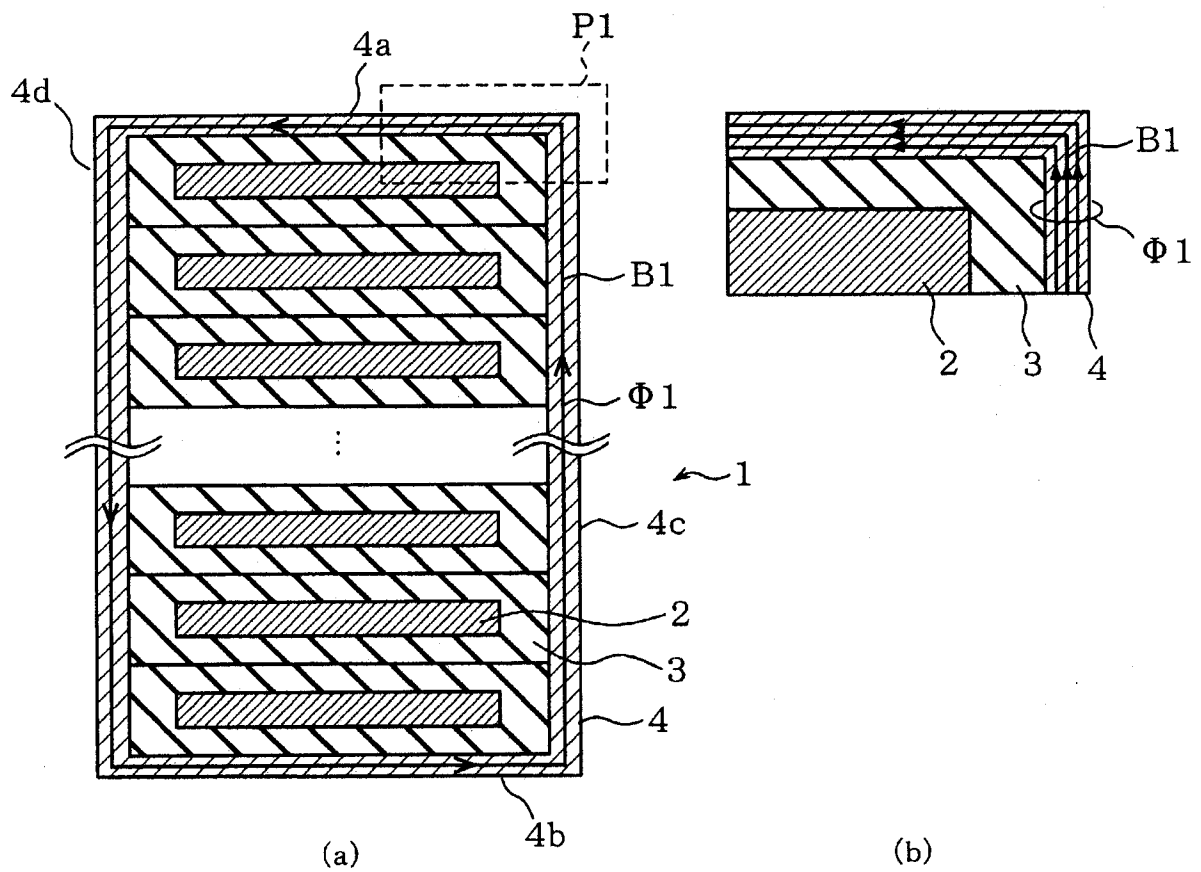
[図1]



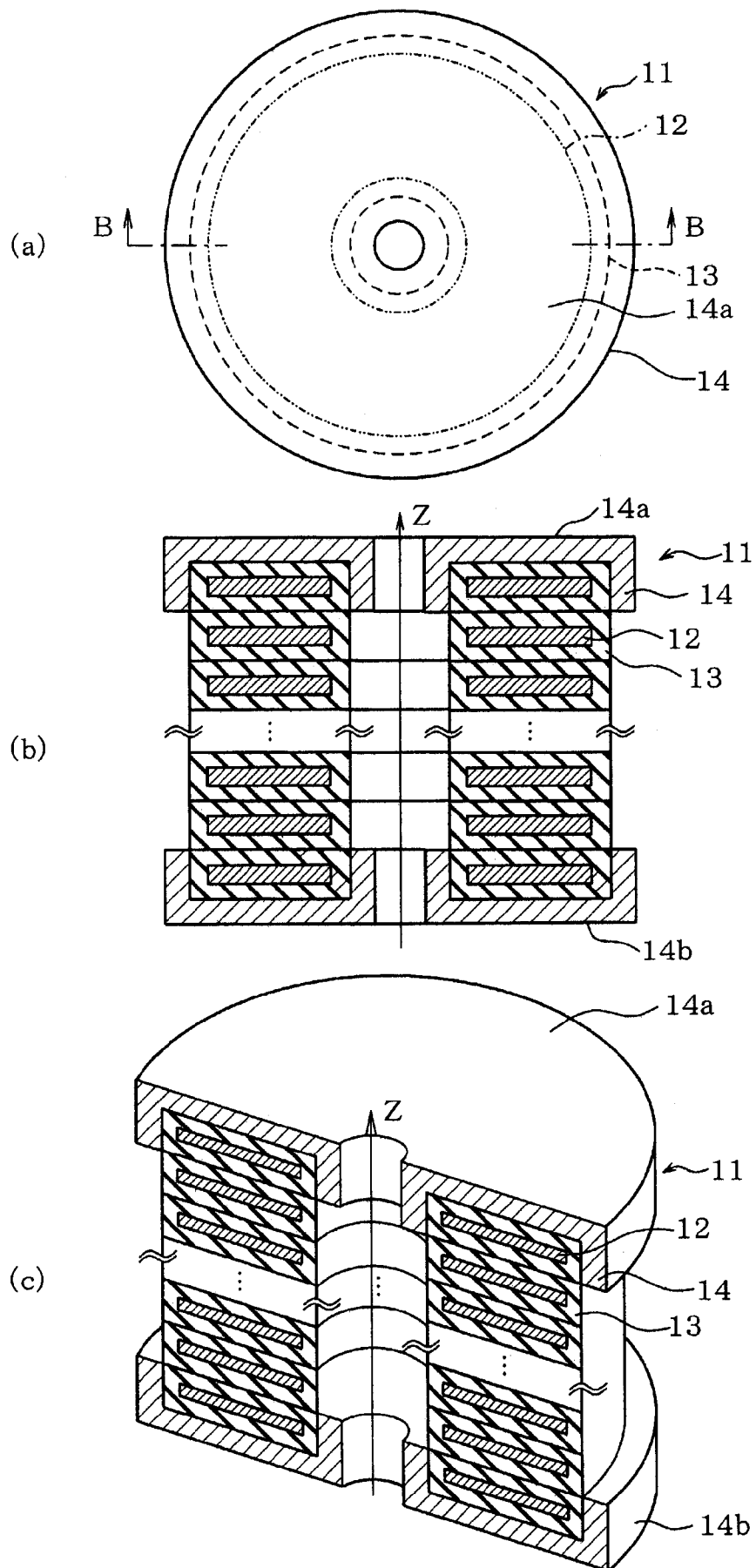
[図2]



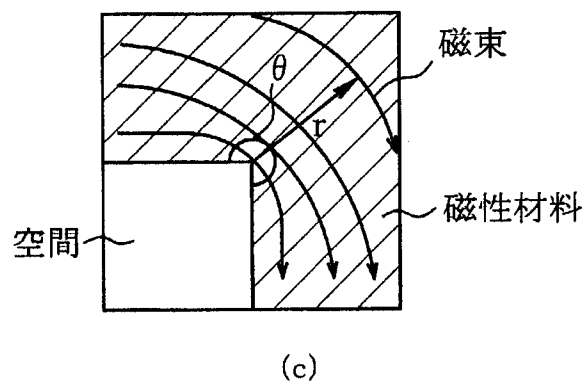
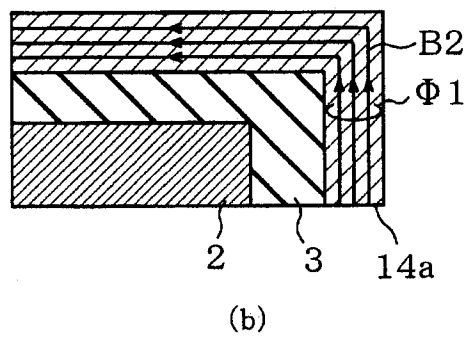
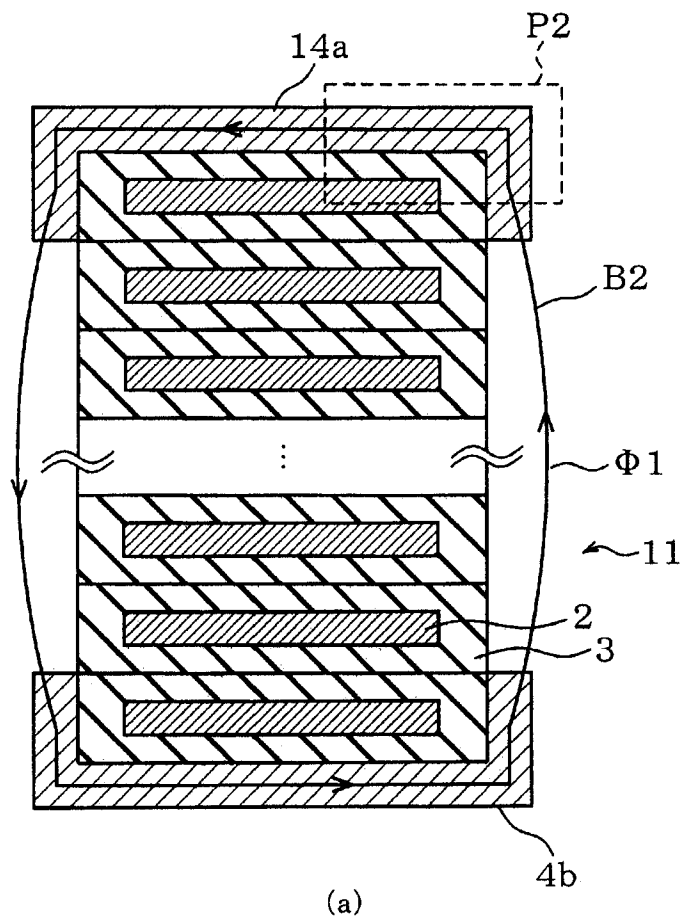
[図3]



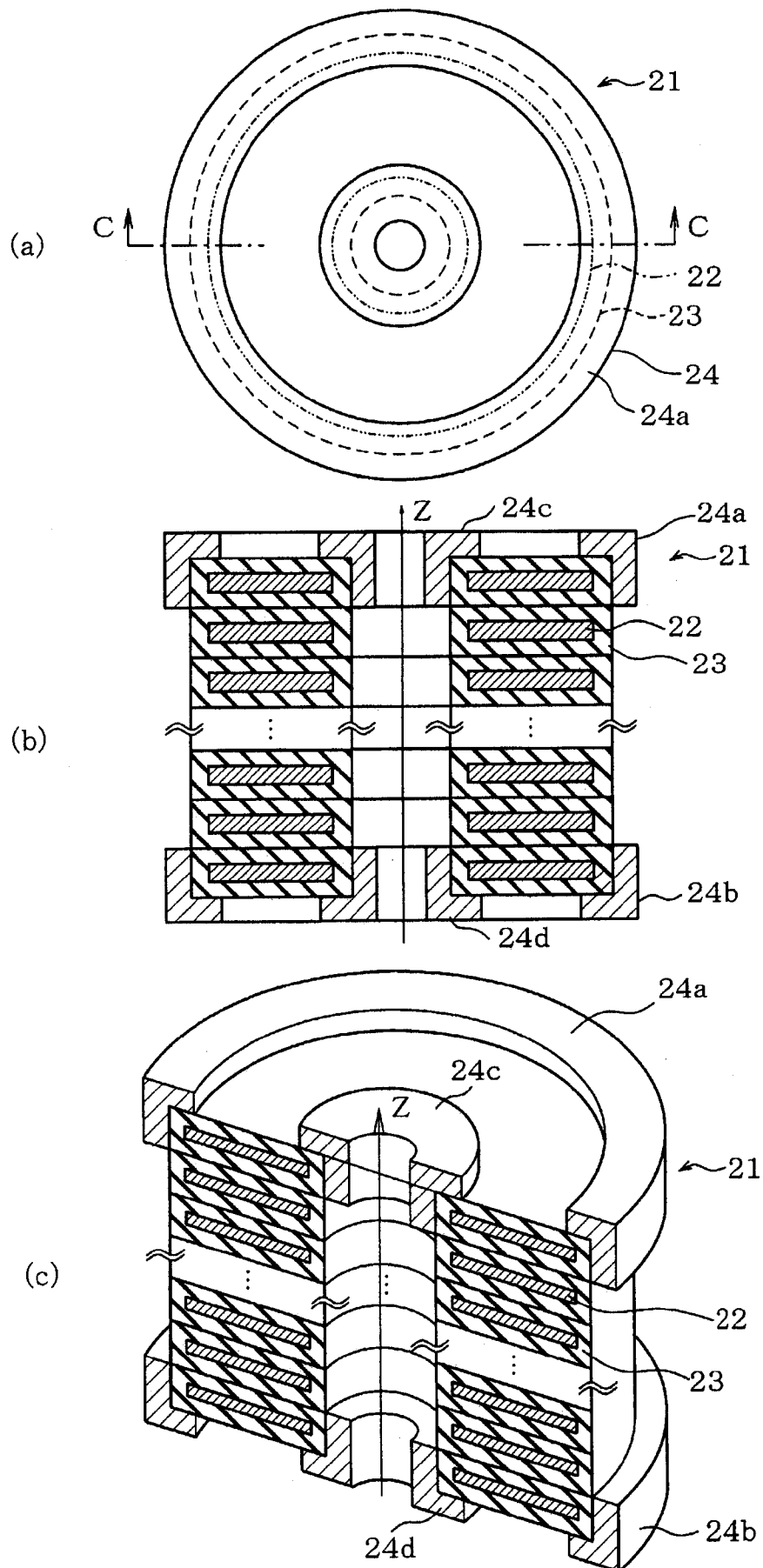
[図4]



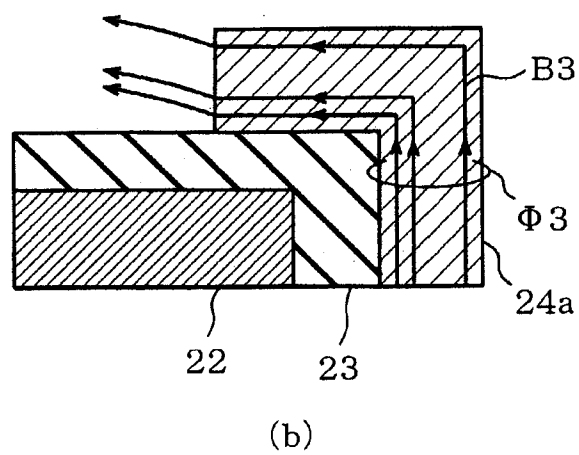
[図5]

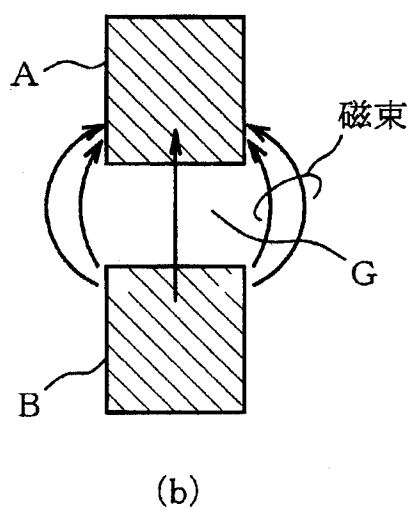


[図6]

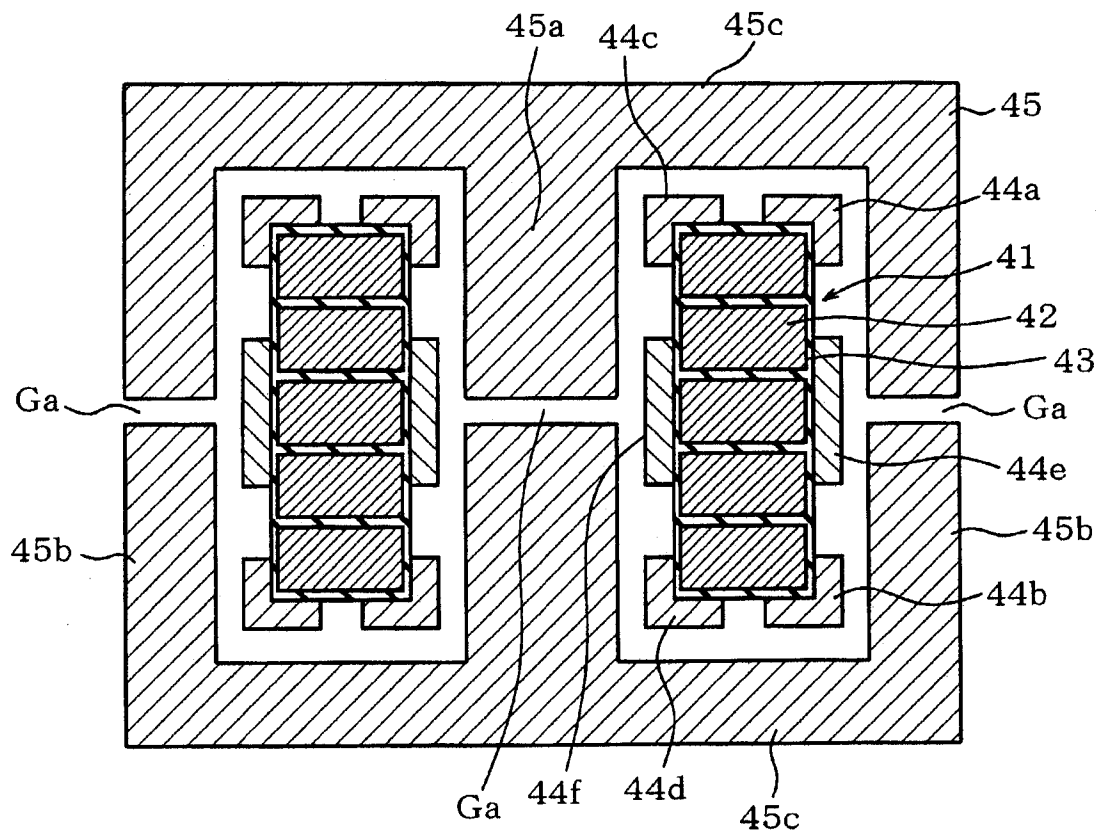


(a)

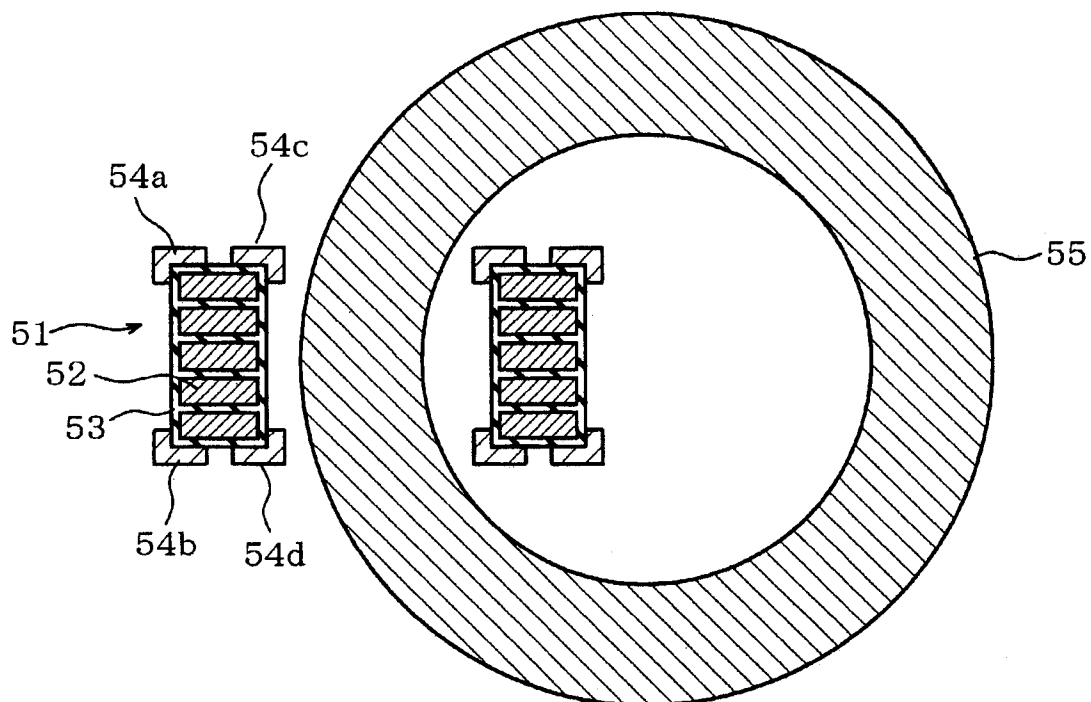


[illegible]

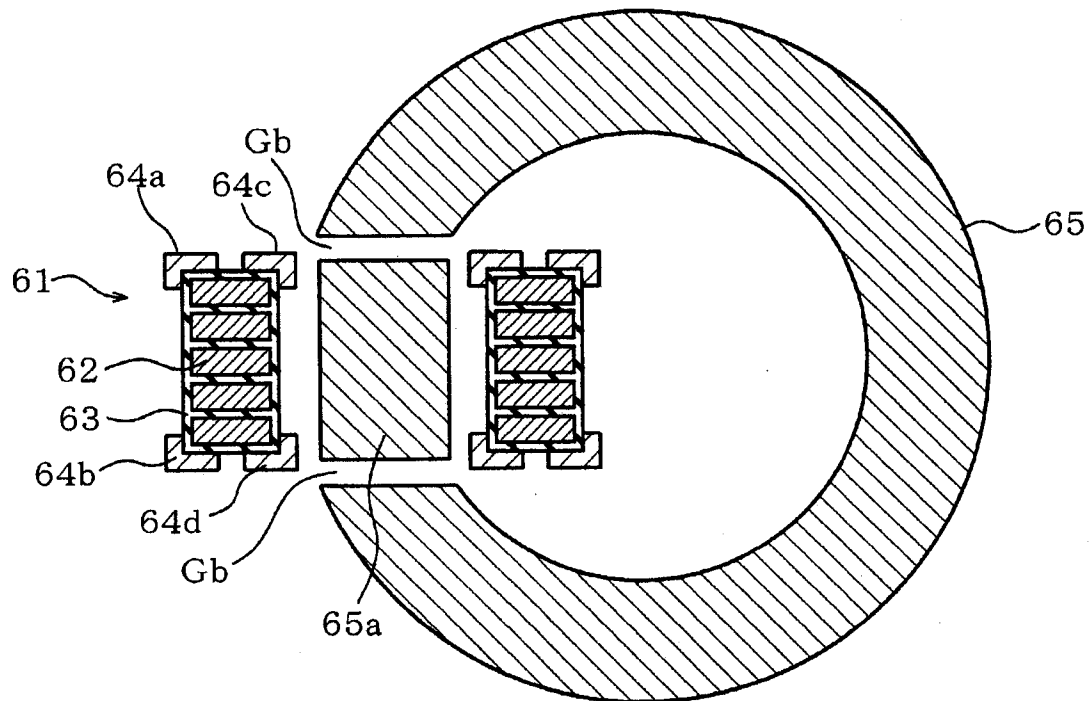
[図9]



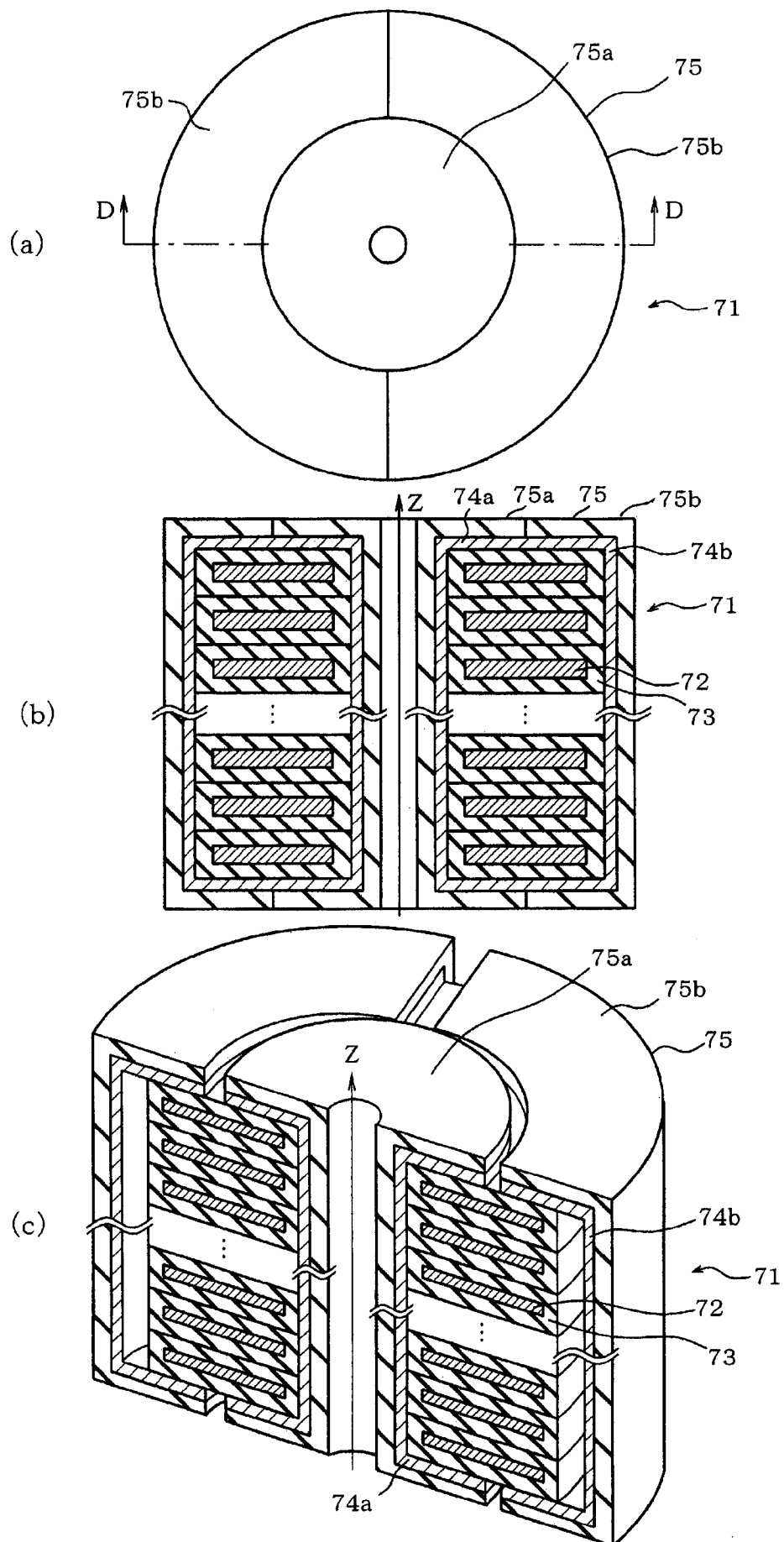
[図10]



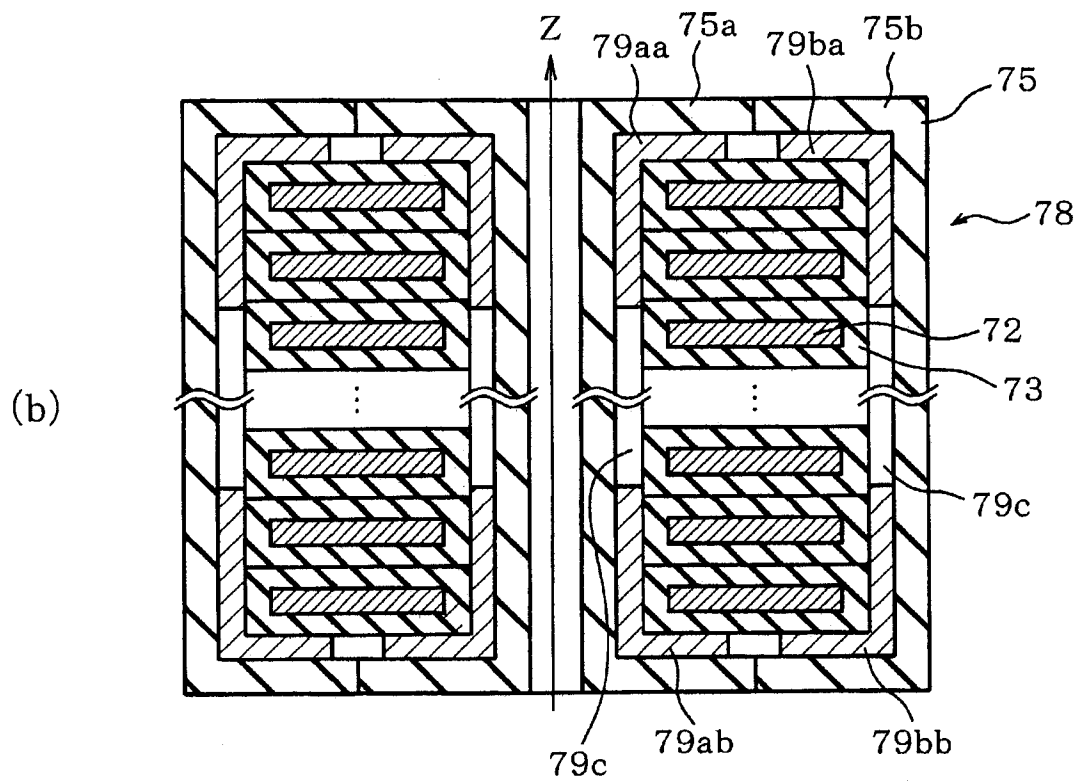
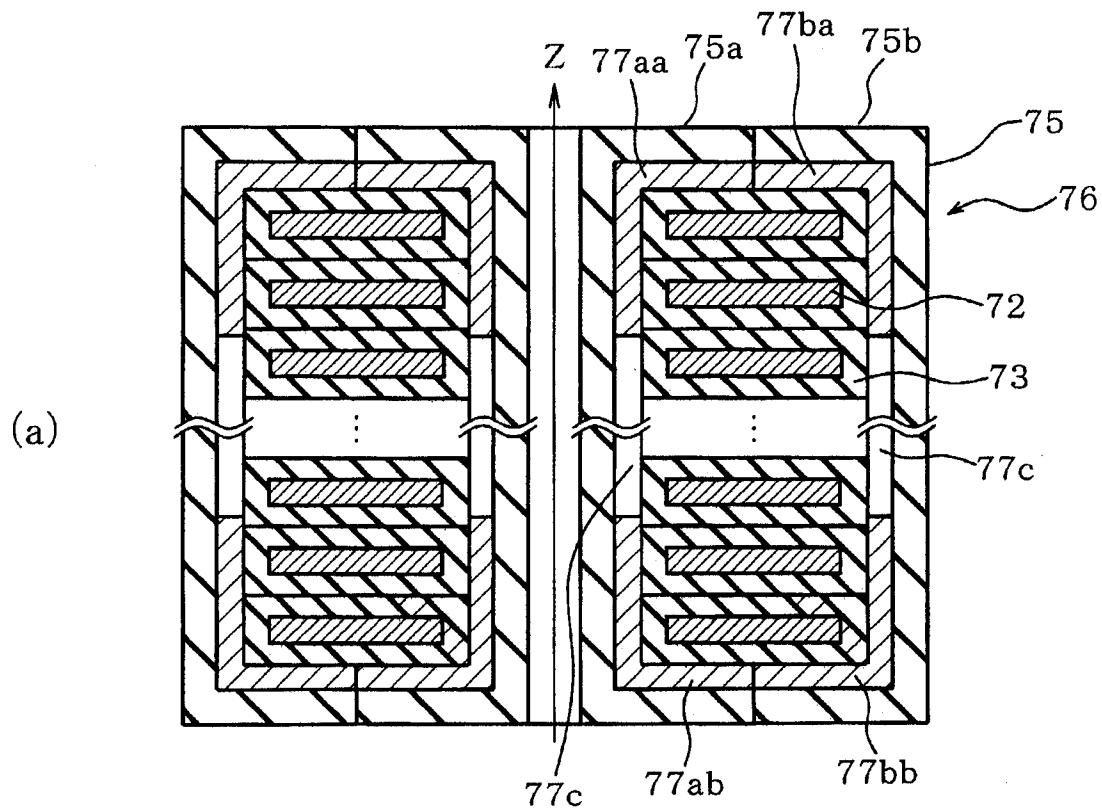
[図11]



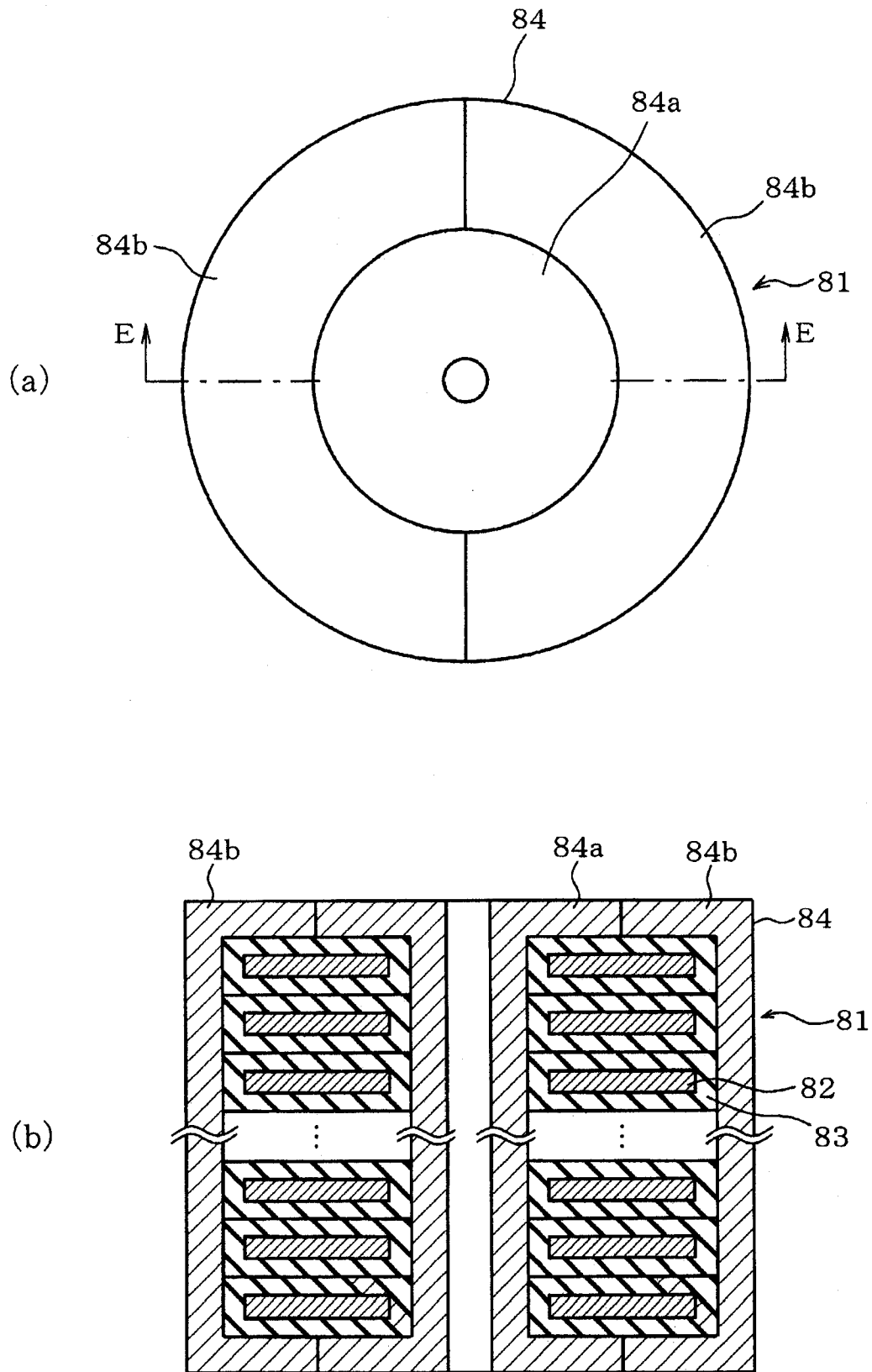
[図12]



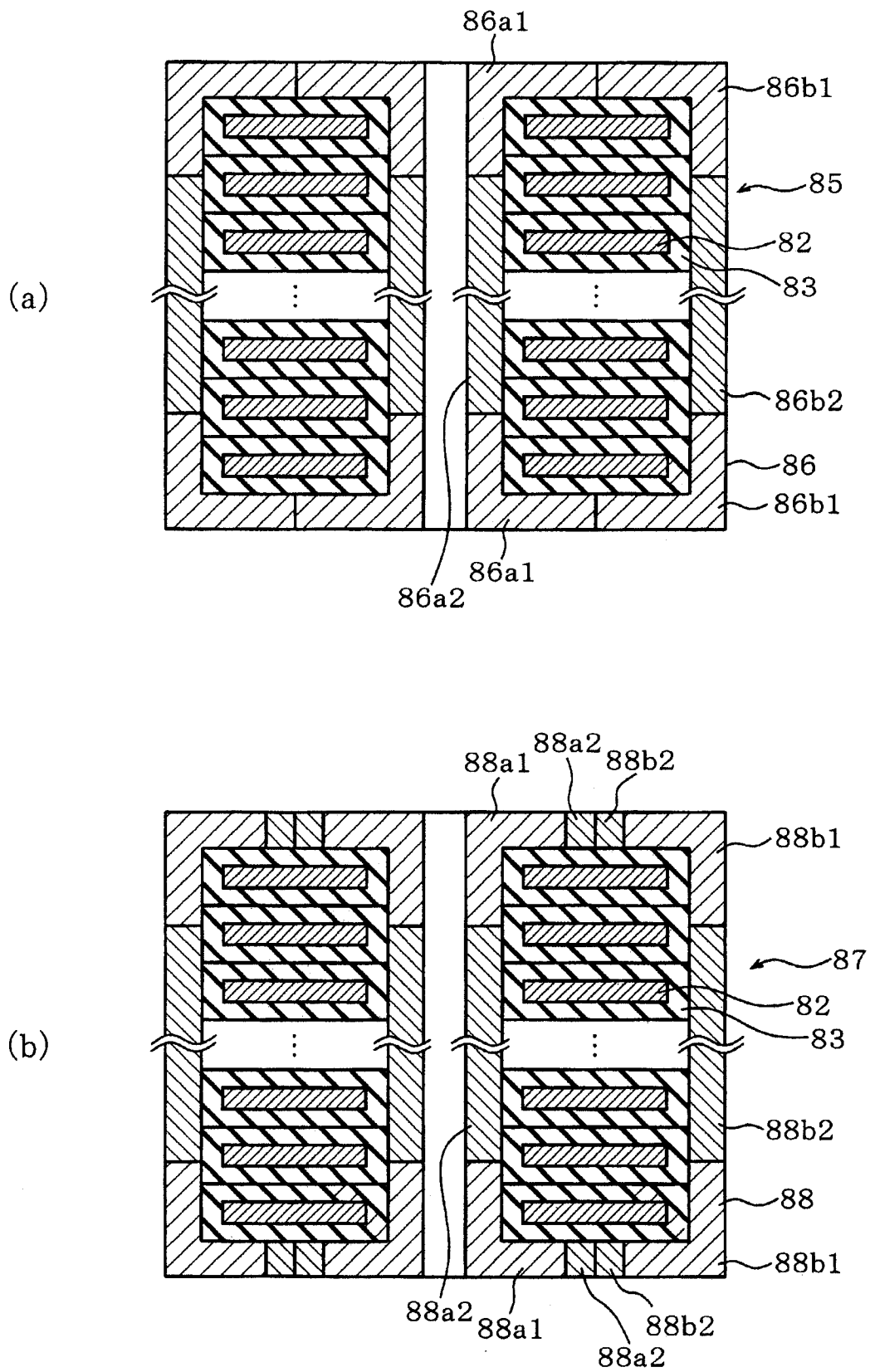
[図13]



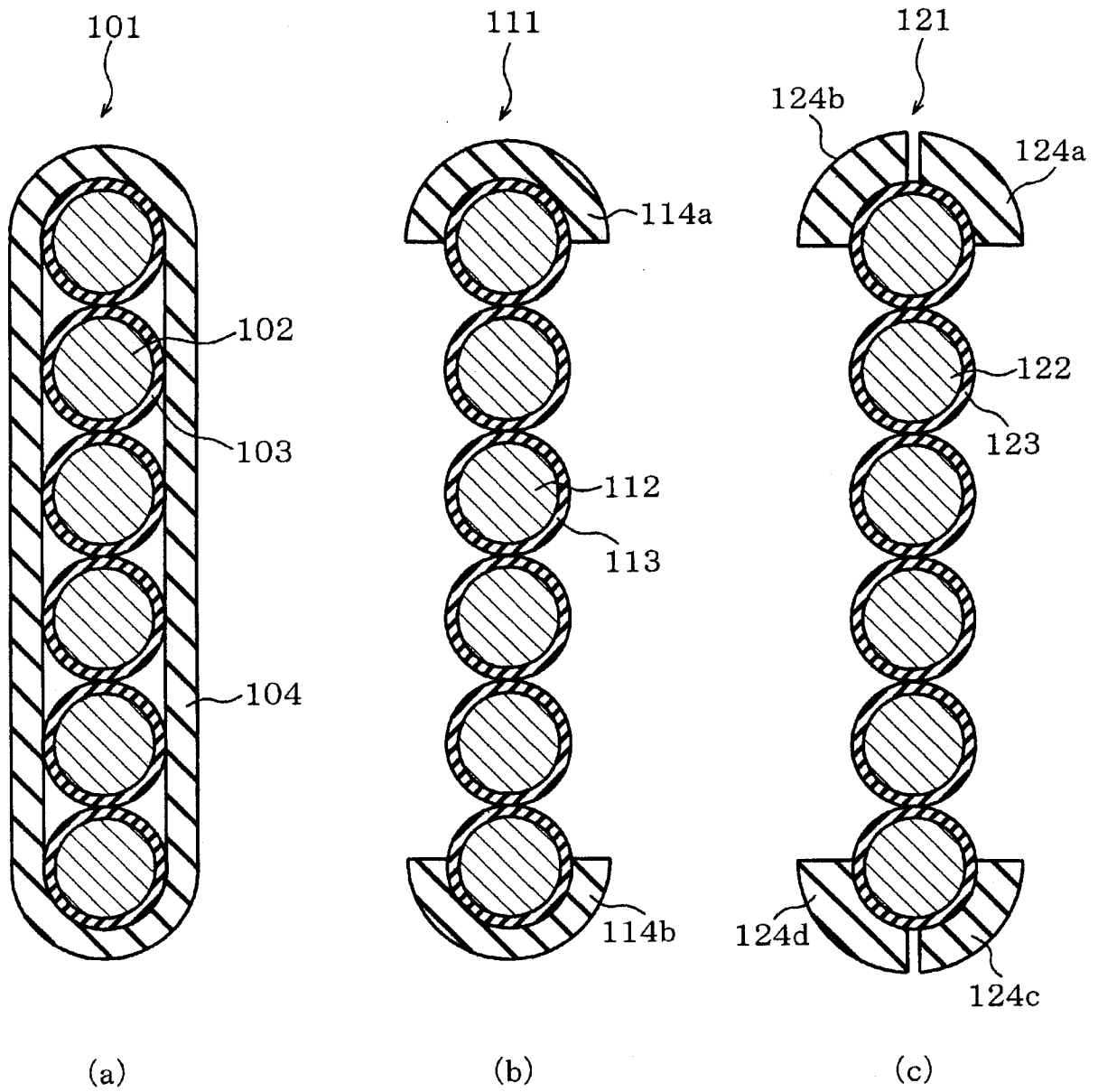
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/003269

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01F27/36(2006.01)i, H01F27/24(2006.01)i, H01F30/00(2006.01)i, H01F37/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01F27/36, H01F27/24, H01F30/00, H01F37/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	JP 60-224208 A (Kitagawa Industries Co., Ltd.), 08 November 1985 (08.11.1985), page 3, upper left column, line 12 to lower right column, line 5; fig. 1, 3 (Family: none)	1-2, 8-11 3-7
A	JP 4-297007 A (Sony Corp.), 21 October 1992 (21.10.1992), paragraphs [0010] to [0012]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-11

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 September 2015 (08.09.15)

Date of mailing of the international search report
29 September 2015 (29.09.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/003269

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 66603/1988 (Laid-open No. 171015/1989) (Elco Co., Ltd.), 04 December 1989 (04.12.1989), specification, page 6, lines 1 to 18; fig. 1 (Family: none)	1-11
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 95172/1983 (Laid-open No. 2815/1985) (Murata Mfg. Co., Ltd.), 10 January 1985 (10.01.1985), specification, page 1, line 18 to page 2, line 13; page 3, line 1 to page 4, line 6; fig. 4, 6 (Family: none)	1-11
A	JP 2013-153025 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 08 August 2013 (08.08.2013), paragraphs [0007], [0020] to [0021], [0060] to [0064]; fig. 2 (Family: none)	1-11
A	JP 2013-157538 A (Denso Corp.), 15 August 2013 (15.08.2013), paragraphs [0016] to [0022]; fig. 2 (Family: none)	1-11

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01F27/36(2006.01)i, H01F27/24(2006.01)i, H01F30/00(2006.01)i, H01F37/00(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01F27/36, H01F27/24, H01F30/00, H01F37/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X A	JP 60-224208 A (北川工業株式会社) 1985. 11. 08, 第 3 頁左上欄第 12 行-右下欄第 5 行, 第 1, 3 図 (ファミリーなし)	1-2, 8-11 3-7
A	JP 4-297007 A (ソニー株式会社) 1992. 10. 21, 段落[0010]-[0012], 図 1-2 (ファミリーなし)	1-11
A	日本国実用新案登録出願 63-66603 号 (日本国実用新案登録出願公開 1-171015 号) の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (エルコー株式会社) 1989. 12. 04, 明細書第 6 頁第	1-11

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 8 . 0 9 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 9 . 0 9 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

久保田 昌晴

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 1

5 D

4 2 3 0

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
	1-18 行, 第 1 図 (ファミリーなし)	
A	日本国実用新案登録出願 58-95172 号(日本国実用新案登録出願公開 60-2815 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム (株式会社村田製作所) 1985.01.10, 明細書第 1 頁第 18 行-第 2 頁第 13 行, 第 3 頁第 1 行-第 4 頁第 6 行, 第 4, 6 図 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2013-153025 A (住友電気工業株式会社) 2013.08.08, 段落 [0007], [0020]-[0021], [0060]-[0064], 図 2 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2013-157538 A (株式会社デンソー) 2013.08.15, 段落[0016]-[0022], 図 2 (ファミリーなし)	1-11