

(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
2014 年 7 月 3 日(03.07.2014)

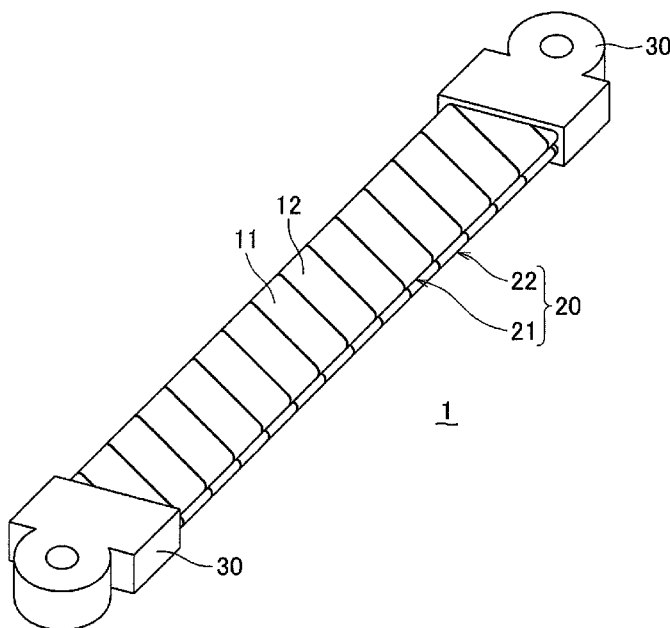


(10) 国際公開番号
WO 2014/104367 A1

- (51) 国際特許分類:
H02G 5/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/085268
- (22) 国際出願日: 2013 年 12 月 27 日(27.12.2013)
- (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 2012-286995 2012 年 12 月 28 日(28.12.2012) JP
- (71) 出願人: 株式会社神戸製鋼所(KABUSHIKI KAISHA KOBE SEIKO SHO (KOBELCO STEEL, LTD.)) [JP/JP]; 〒6518585 兵庫県神戸市中央区脇浜海岸通二丁目 2 番 4 号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 井上 憲一(INOUE Kenichi). 藤井 秀夫(FUJII Hideo). 一原 主税(ICHIHARA Chikara). 小川 徹也(OGAWA Tetsuya).
- (74) 代理人: 濱田 百合子, 外(HAMADA Yuriko et al.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目 7 番 13 号 虎ノ門イーストビルディング 10 階 栄光特許事務所 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, 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, LT, 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, 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).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: BUS BAR, BUS BAR MODULE AND METHOD FOR MANUFACTURING BUS BAR

(54) 発明の名称: バスバー及びバスバーモジュール、並びにバスバーの製造方法



22に接合させた端子部30と、を備える。

(57) Abstract: A bus bar (1) comprises: a laminated conductive wire (20) formed by arranging side by side in the longitudinal direction a first plate-shaped conductive wire (21) formed by spirally winding stripe conductors (11, 12) mutually adjacent in the width direction while bringing the opposing inner surfaces closer to each other, and a second plate-shaped conductive wire (22) formed by spirally winding the stripe conductors (11, 12) in the direction opposite the direction of the first conductive wire (21) while bringing the opposing inner surfaces closer to each other, and overlapping these wires (21, 22) so that the outer surfaces in the width direction face each other; and terminals (30) joined to the first conductive wire (21) and the second conductive wire (22) at both ends of the laminated conductive wire (20).

(57) 要約: バスバー 1 は、帯状導体 11、12 を幅方向に隣接させて螺旋状に巻回しつつ内部の対向する表面を近接させた平板状の第 1 導体線 21 と、第 1 導体線 21 とは逆方向の螺旋状に帯状導体 11、12 を巻回しつつ内部の対向する表面を近接させた平板状の第 2 導体線 22 と、を長手方向に並設し、それぞれの幅方向の外部の表面が対向するように重ね合わせた積層導体線 20 と、積層導体線 20 の両端側で第 1 導体線 21 と第 2 導体線

WO 2014/104367 A1

明 細 書

発明の名称：

バスバー及びバスバーモジュール、並びにバスバーの製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、電気接続に用いられるバスバー及びバスバーモジュール、並びにバスバーの製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来から、バスバーやバスバーモジュールが電気接続に用いられる。たとえば、バスバーやバスバーモジュールは、ハイブリッド自動車や電気自動車において、とりわけ高周波電流を伴うパルス幅変調（PWM：P u l s e W i d t h M o d u l a t i o n）方式の駆動制御が行われる電気接続に用いられる。

[0003] ここで、ハイブリッド自動車のシステムに用いられるバスバーの一例を特許文献 1、2 に基づいて説明する。特許文献 1、2 の例では、モータとモータインバータとの間、及び、発電機と発電機インバータとの間、また、インバータユニット内の電力線の電気接続に、バスバーが用いられる。

[0004] 一般に、モータや発電機とインバータとの間に流れる高周波電流には、基本の正弦波や直流成分以外にも、スイッチングに伴う数 k H z にも及ぶ高周波成分が含まれている。このような高周波成分は、バスバーの導体内部に渦電流を誘起する。そして、特許文献 1 に示す例では、図 1 1 に示すように、表皮効果により、電流の周波数 f と平角線で構成されたバスバー 1 0 1 の導体材質で求められる表皮深さ $\delta = (\rho / \pi f \mu)^{1/2}$ の深さの表面皮下に電流が集中して流れる。これにより、導体内部に流れる電流密度が低くなるため、導体の実効抵抗が増大し、結果として渦電流損として現れる。そして、渦電流損は電流の周波数 f の二乗に比例するため、PWM方式により生成された交流電流は、著しく高周波成分が大きい電流がバスバー 1 0 1 に流れて、渦電流損が顕著となってしまう。ここで、図 1 0 は、各種導体材質について

の駆動電流の周波数と表皮深さとの関係を表すグラフを示す。

[0005] 上述の高周波による渦電流損を抑制するため、また、放熱のため、特許文献1に示すような高圧大電流を使用するモータなどに用いられるバスバーとしては、表面積の大きい銅製の平板状のバスバーが用いられている。しかしながら、主要電力である比較的周波数の低い基本正弦波や直流成分もバスバーには流れている。そのため、高周波成分の抑制のために、平板形状にして断面積を薄くしてしまうと、主要電力を担う電流に対する実効抵抗が大きくなり、いわゆる銅損（材料が鉄の場合は鉄損）が増えることになる。さらに、平板形状のある程度の厚みのある銅などの金属板は、少なからず剛性を持ち、その成形加工も実装配線も容易ではない。したがって、低周波から高周波が混じる電流を伝送するバスバーにおいて、総合的に伝送損失をいかに低減することが課題となっている。

[0006] また、PWMに伴う高周波成分は、バスバーにインダクタンスと周波数の積に比例した無効電圧（ $V \propto f \cdot L$ ）を誘起するため、スイッチングが速くなると、そのサージでインバータの出力段素子に大きな耐電圧を要求せざるを得なくなる。そのため、バスバーやバスバーモジュールの浮遊インダクタンスは、できるだけ小さい方が望ましい。

[0007] 一方、特許文献2では、複数の比較的細い平角線を並列に集合させた集合平角線が、バスバーを構成している。これにより製造コストが低減され、複雑な形状の形成が容易となり、かつ各平角線に分流させることによって渦電流損も抑制できると、特許文献2は主張している。特許文献2の説明によると、バスバーを複数の平角線で構成する場合、バスバーを平板によって構成したときに比べて、線径が（ $1 / \text{コイル線の本数}$ ）に低減される。これにより、線幅の2乗に比例すると言われる渦電流損を抑制し、結果的にバスバー全体で渦電流損を低減すると説明されている。また、線数を多くして各線径を小さくすれば、断面を流れる渦電流のループも小さくでき、更に渦電流損を低減することができると説明されている。

[0008] しかしながら、図12Aに示すように並行に横配列した複数の角線でバス

バー 102 を構成したとしても、表皮効果は残ってしまう。すなわち、図 12B に示すように、バスバー 102 を構成する各角線に均等に外部から供給される高周波電流が分流すると仮定して、それによって励磁される高周波磁束線を考えると、内側の角線を囲むような磁束線の存在が判る。その磁束線を挟んだ両側の 2 角線は、バスバー 102 の両端の端子によって接続されていることから、大きな閉ループを形成し、そのループに交流磁束線が貫くことになる。この状況の電磁誘導作用によって、閉ループには誘導起電力が生じて、渦電流が流れることになる。この渦電流と先に仮定した外部から供給される電流を合算したものが、実際に流れる電流と考えられる。結局、バスバー 102 を複数の角線に分割したとしても、電流は内側の角線を避けて流れ、外側の角線に集中するという偏流が生じてしまう。その結果、並行に横配列した複数の角線を一体とした平角線で構成した図 11 に示すバスバー 101 と同様の表皮効果による電流分布が、依然存在したままとなる。これは、平角線で構成したバスバーに並行にスリットを入れたとしても、バスバーに流れる渦電流には何ら作用しないことと同じである。

[0009] 同様に、図 13A に示すように並行に縦横配列した複数の角線でバスバー 103 を構成したとしても、表皮効果は残ってしまう。図 12B と同様に実電流分布を求めると、内側の角線の内部を貫く磁束線の存在から、やはり、表皮効果同様の電流偏流が生じてしまう。結局、並行に縦横配列した複数の角線を一体とした平角状で構成した図 11 に示すバスバー 101 と同様の表皮効果による電流分布が依然存在したままとなることが判る。

[0010] 以上により、特許文献 2 に示すバスバーの構造では、形状加工性や実装配線性は改善されるものの、渦電流損抑制には何ら効果を発揮しないことが判る。特許文献 2 には、複数の平角線の集合体全体を撚ることによって、さらに過電流損失を低減することは可能であると記載されている。しかしながら、当該構成は、図 12B や図 13B に示す断面図における流磁束線の形状や分布になんら影響を与えるものではなく、交流磁束線が誘起する渦電流およびそれに伴う電力損失を低減する効果はないものであることが判る。また、

複数の平角線の集合体全体を撚ることは、ソレノイドコイル様に内部インダクタンスをもつことに等価なため、必要以上のインダクタンスの増加を招いてしまう。

先行技術文献

特許文献

[0011] 特許文献1：日本国特開2006-81373号公報

特許文献2：日本国特開2010-246298号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0012] 上述のように、従来のように並列する複数導線でバスバーを構成したとしても、バスバー内部に発生する高周波磁束線によって誘起される起電力により、バスバー両端の端子を経由した閉ループに渦電流が流れる。これにより、各導体に流れる高周波電流に偏りが生じる。そして、結局、一体導体のバスバーの表皮効果と同様の電流分布になってしまい渦電流損失は抑制できないという問題が発生する。

[0013] そこで、本発明の目的は、高周波電流に伴う渦電流損失を低減することができるバスバー及びバスバーモジュール、並びにバスバーの製造方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0014] 上記目的を達成するため、本発明に係るバスバーは、電気接続に用いられるバスバーであって、絶縁膜で被覆された1つまたは複数の帯状導体を当該帯状導体の幅方向において隣接して配列するように螺旋状に巻回しつつ、巻回した内部の対向する表面を近接または密着させて平板状に構成した2つの導体線をそれぞれの長手方向に並設し、それぞれの幅方向の外部の表面が互いに対向するように重ね合わせて積層させた積層導体線と、前記積層導体線の両端側に配置し、前記2つの導体線に接合させた電気接続するための端子部と、を備えることを特徴とする。

[0015] これによると、バスバーを構成する積層導体線の長手方向に沿って、2つの導体線の各帯状導体が積層導体線の外側である積層導体線の表面と積層導体線の内側である積層導体線の内部とで入れ替る。すなわち、積層導体線の表面にあった帯状導体が、螺旋状に巻回される構造によって次のピッチでは内部に入る。このため、各帯状導体には積層導体線の外側・内側の区別なく電流が流れ、実効断面積を確保でき、渦電流損失を小さく抑えることができ、高周波電流の表皮効果を効果的に抑制できる。以上により、渦電流損失を抑えて表皮効果を回避して、低周波電流のみならず、高周波電流をもバスバー内部に流し、広い周波数領域において断面積全体に電流を流せるようにすることによって、低周波の基本波から、変調に伴う高周波まで、伝送損失を効果的に抑制することができる。

[0016] ここで、本発明に係るバスバーは、前記2つの導体線は、絶縁膜で被覆された1つまたは複数の帯状導体を当該帯状導体の幅方向において隣接して配列するように螺旋状に巻回しつつ、巻回した内部の対向する表面を近接または密着させて平板状に構成した第1導体線と、絶縁膜で被覆された1つまたは複数本の帯状導体を当該帯状導体の幅方向において隣接して配列するように前記第1導体線とは反対方向の螺旋状に巻回しつつ、巻回した内部の対向する表面を近接または密着させて平板状に構成した第2導体線と、からなっている。

[0017] これによると、バスバーを構成する第1導体線及び第2導体線の各帯状導体が互いに対して反対方向の螺旋状に巻回されており、コイル様の螺旋電流が流れることにより内部インダクタンスが増加する。しかしながら、帯状導体が螺旋状に巻回された第1導体線と帯状導体が反対方向の螺旋状に巻回された第2導体線とが、長手方向に並設して積層されていることから、それぞれの周囲に広がる生じる磁束線が、大域的に相殺される。そのため、バスバー全体としての内部インダクタンスの増加は最小限に抑えることができる。

[0018] ここで、本発明に係るバスバーは、前記2つの導体線のそれぞれを構成する前記帯状導体の数が等しく、前記2つの導体線のそれぞれを構成する前記

帯状導体が等しい幅を有していて良い。更に、前記2つの導体線のそれぞれを構成する前記帯状導体の数が2つであってよい。

[0019] これによると、バスバーの長手方向から見ると、第1導体線と第2導体線とが互いに逆方向の旋回電流が流れる同じ巻数の2つのソレノイドコイルとしてみなすことができる。そして、この2つのソレノイドコイルが十分に近接して配置されており、それらが外部に作る磁束線はそれぞれ逆向きで、重ねあわせられると相殺される。即ち、バスバーの構造に伴って生じる内部インダクタンスは、高周波電流によって生じる磁束線の広がり（磁束密度の体積分）に比例するため、互いに逆巻きの同じ巻き数の2対のバスバーでは、磁束線がバスバー外部に広がらない。そのために、内部インダクタンスは最小限に抑制されるという効果をもっている。また、簡易な構造で、成形加工や実装配線が容易であるという効果を持っている。更に、2つの導体線のそれぞれを構成する帯状導体の数が2つであり、且つ帯状導体が同じ幅を有する場合は、バスバーの幅と螺旋ピッチとを適宜組み合わせることができる簡易な構造であり、かつ、部品点数が最少であるため、成形加工や実装配線において最も好ましい。

[0020] また、本発明に係るバスバーは、前記積層導体線の幅に対する厚みのアスペクト比が1以下であってよい。

[0021] これによると、積層導体線の幅方向の断面形状が正方形から長方形の略矩形となる。積層導体線の幅に対する厚みのアスペクト比が1となる積層導体線の幅方向の断面形状が略正方形の場合は、従来の平角線構造のバスバーでは、バスバーの表面積が最少となり、渦電流損失が最大となる。しかし、本発明に係るバスバーは、バスバーの長手方向に沿って第1導体線及び第2導体線の各帯状導体がバスバーの外側とバスバーの内側とで入れ替り、各帯状導体にはバスバーの外側・内側の区別なく電流が流れるために、実効断面積を確保でき、渦電流損失を小さく抑えることができ、高周波電流の表皮効果を効果的に抑制できる。

[0022] また、本発明に係るバスバーは、前記積層導体線の幅をW、前記積層導体

線の厚みを T 、前記帯状導体の幅を ω 、前記帯状導体の螺旋ピッチの半分を λ とすると、前記バスバーに通電させる電流の周波数 f と前記帯状導体の抵抗率 ρ 及び透磁率 μ から求められる表皮深さ $\delta = (\rho / \pi f \mu)^{1/2}$ に対して、 T/W 及び λ/W の寸法比の組み合わせが、以下の式(1)を満たしてよい。

[0023] [数1]

$$\left. \begin{aligned} & \frac{1}{\omega/W} \cdot \frac{\sqrt{(\lambda/W)^2 + 1}}{\lambda/W} (1 + T/W) \cdot \frac{2\delta}{T} \leq 1 \\ & \text{or} \\ & \frac{1}{\omega/W} \cdot \frac{\sqrt{(\lambda/W)^2 + 1}}{\lambda/W} (1 + T/W) \leq \frac{T}{2\delta_{(f)}} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

但し $\lambda \ll L$ (L : 線長)

[0024] 式(1)に基づいて求めた幾何パラメータ T/W 、 λ/W を組み合わせることでバスバーを構成することにより、本発明に係るバスバーの交流抵抗に対する、幅方向の断面形状がほぼ同一の寸法である従来の平角線構造のバスバーの交流抵抗の比の値が1以下となる。これにより、交流抵抗を低減(改善)することができる。

[0025] ここで、本発明に係るバスバーは、前記第1導体線と前記第2導体線の隙間を δ_t 、前記帯状導体の厚みを T_t とすると、 T_t に対する δ_t の比率 δ_t / T_t が1以下となる寸法比を持ってよい。

[0026] これによると、バスバーの螺旋を構成している帯状導体が螺旋状に巻回された第1導体線と帯状導体が反対方向の螺旋状に巻回された第2導体線との隙間が狭まる。これにより、第1導体線及び第2導体線の間に入り込む磁束線が減衰することで、バスバー全体としての内部インダクタンスの増加を抑

えることができる。

[0027] ここで、本発明に係るバスバーは、パルス幅変調された電流を通電させる電気接続に用いられてよい。

[0028] パルス幅変調方式による交流電流は、高周波成分が著しく大きい電流がバスバーに流れて、従来の平角線構造のバスバーでは渦電流損が顕著となる。しかしながら、本発明に係るバスバーを用いることにより、渦電流損を低減することができる。

[0029] ここで、本発明に係るバスバーは、電動機とインバータとの間の電気接続に用いられてよい。

[0030] インバータから電動機に供給される駆動電流には、パルス幅変調に伴うスイッチング・ノイズ、すなわち高調波成分が少なからず含まれている。本発明に係るバスバーを用いることにより、渦電流損を低減することができる。

[0031] また、本発明に係るバスバーモジュールは、所定の形状に形成した複数の本発明に係るバスバーを、幅方向の表面が対向するように密接配置して一体化して組み立てて形成されることを特徴とする。

[0032] これによると、バスバーを例えば3本を一体化して組み立ててバスバーモジュールにすることにより、3相モータなどの駆動に用いることができる。

[0033] また、本発明に係るバスバーの製造方法は、電気接続に用いられるバスバーを製造するバスバーの製造方法であって、絶縁膜で被覆された1つまたは複数の帯状導体を当該帯状導体の幅方向において隣接して配列するように螺旋状に巻回して2つの導体線巻回体を構成する導体線巻回工程と、圧延加工により前記2つの導体線巻回体を平板状に形成して2つの導体線を構成する導体線圧延加工工程と、前記2つの導体線をそれぞれの長手方向に並設し、それぞれの幅方向の表面が互いに対向するように重ね合わせて積層して積層導体線を構成する積層工程と、電気接続するための端子部を前記積層導体線の両端側に配置し、前記2つの導体線に接合する端子部接合工程と、を備えることを特徴とする。

[0034] これによると、バスバーを構成する積層導体線の長手方向に沿って、2つ

の導体線の各帯状導体が積層導体線の外側である積層導体線の表面と積層導体線の内側である積層導体線の内部とで入れ替る。すなわち、積層導体線表面にあった帯状導体が、螺旋状に巻回される構造によって次のピッチでは内部に入る。そのため、各帯状導体には積層導体線の外側・内側の区別なく電流が流れ、実効断面積を確保でき、渦電流損失を小さく抑えることができ、高周波電流の表皮効果を効果的に抑制できる。以上により、渦電流損失を抑えて表皮効果を回避して、低周波電流のみならず、高周波電流をもバスバー内部に流し、広い周波数領域において断面積全体に電流を流せるようにすることによって、低周波の基本波から、変調に伴う高周波まで、伝送損失を効果的に抑制することができる。

[0035] ここで、本発明に係るバスバーの製造方法は、前記導体線巻回工程は、絶縁膜で被覆された1つまたは複数の帯状導体を当該帯状導体の幅方向において隣接して配列するように螺旋状に巻回して第1導体線巻回体を構成する第1導体線巻回工程と、絶縁膜で被覆された1つまたは複数本の帯状導体を当該帯状導体の幅方向において隣接して配列するように前記第1導体線とは反対方向の螺旋状に巻回して第2導体線巻回体を構成する第2導体線巻回工程と、からなり、前記導体線圧延加工工程は、圧延加工により前記第1導体線巻回体を平板状に形成して第1導体線を構成すると共に、圧延加工により前記第2導体線巻回体を平板状に形成して第2導体線を構成し、前記積層工程は、前記第1導体線と前記第2導体線とをそれぞれの長手方向に並設し、それぞれの幅方向の表面が互いに対向するように重ね合わせて積層して積層導体線を構成し、前記端子部接合工程は、電気接続するための端子部を前記積層導体線の両端側に配置し、前記第1導体線と前記第2導体線に接合して良い。

[0036] これによると、各帯状導体が互いに対して反対方向の螺旋状に巻回されており、コイル様の螺旋電流が流れることにより内部インダクタンスが増加するが、帯状導体が螺旋状に巻回された第1導体線と帯状導体が反対方向の螺旋状に巻回された第2導体線とが、長手方向に並設して積層されている。そ

のため、それぞれの周囲に広がる生じる磁束線が、大域的に相殺されることから、バスバー全体としての内部インダクタンスの増加は最小限に抑えることができる。

発明の効果

[0037] 本発明のバスバー及びバスバーモジュール、並びにバスバーの製造方法によれば、高周波電流に伴う渦電流損失を低減することができる。

図面の簡単な説明

[0038] [図1]本実施形態に係るバスバーを示す斜視図である。

[図2]本実施形態に係るバスバーを構成する積層導体線の一部を示す斜視断面図である。

[図3]本実施形態に係るバスバーを構成する積層導体線の長手方向の断面図である。

[図4A]本実施形態に係るバスバーを構成する積層導体線の幅方向の断面図である。

[図4B]従来技術に係るバスバーの幅方向の断面図である。

[図5]本実施形態に係るバスバーを構成する積層導体線の寸法を示す上面図である。

[図6]本実施形態に係るバスバーで適用する幾何パラメータ T/W 、 λ/W の組み合わせを示すグラフである。

[図7]本実施形態に係るバスバーを構成する積層導体線の寸法を示す上面図である。

[図8A]本実施形態に係るバスバーモジュールを示す斜視図である。

[図8B]本実施形態に係るバスバーモジュールを示す斜視図である。

[図9A]本実施形態に係るバスバーの製造方法の工程の手順を示す斜視図である。

[図9B]本実施形態に係るバスバーの製造方法の工程の手順を示す斜視図である。

[図9C]本実施形態に係るバスバーの製造方法の工程の手順を示す斜視図であ

る。

[図9D]本実施形態に係るバスバーの製造方法の工程の手順を示す斜視図である。

[図10]各種導体材質についての駆動電流の周波数と表皮深さとの関係を表すグラフである。

[図11]従来技術に係る平角線で構成されたバスバーを示す斜視断面図である。

[図12A]従来技術に係る並行に横配列した複数の角線で構成されたバスバーを示す斜視断面図である。

[図12B]従来技術に係る並行に横配列した複数の角線で構成されたバスバーを示す断面図である。

[図13A]従来技術に係る並行に縦横配列した複数の角線で構成されたバスバーを示す斜視断面図である。

[図13B]従来技術に係る並行に縦横配列した複数の角線で構成されたバスバーを示す断面図である。

[図14]第一の実施例に係るバスバーと、バルク材バスバーと、4枚重ねバスバーについて、交流抵抗の周波数依存性を測定した結果を示すグラフである。

[図15]第二の実施例に係るバスバーと、バルク材バスバーと、4枚重ねバスバーと、4枚重ね薄バスバーについて、3次元境界要素法による準静電磁界解析による交流抵抗 R_s の周波数依存性を測定した結果を示すグラフである。

[図16]図15に示すグラフのスキンドープス付近の交流抵抗 ACR の周波数特性を拡大したグラフである。

[図17]第二の実施例に係るバスバーの電流密度分布を示す斜視図である。

[図18]バルク材バスバーの電流密度分布を示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0039] 以下、図面を参照しつつ、本発明に係るバスバー及びバスバーモジュール

、並びにバスバーの製造方法を実施するための形態について、具体的な一例に即して説明する。尚、以下に説明するものは、例示にすぎず、本発明に係る異バスバー及びバスバーモジュール、並びにバスバーの製造方法の適用限界を示すものではない。すなわち、本発明に係るバスバー及びバスバーモジュール、並びにバスバーの製造方法は、下記の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した限りにおいてさまざまな変更が可能である。

[0040] 図1に示すバスバー1及び図8に示すバスバーモジュール2は、電気接続に用いられ、特に、パルス幅変調（PWM）された電流を通電させる電気接続に用いられる。例えば、電動機とインバータとの電気接続、インバータ制御の三相交流モータとインバータとの電気接続、電源とインバータとの電気接続、インバータを制御する交流制御装置とインバータとの電気接続、各種制御装置と電源との電気接続、及び各種制御装置同士の電気接続など、各種電気機器間の接続に、バスバー及びバスバーモジュールが用いられる。以下、本実施形態に係るバスバー及びバスバーモジュール、並びにバスバーの製造方法について説明する。

[0041] [バスバー]

本実施形態に係るバスバーについて、図1～図7に基づいて説明する。図1は、本実施形態に係るバスバーを示す斜視図である。図2は、本実施形態に係るバスバーを構成する積層導体線の一部を示す斜視断面図である。図3は、本実施形態に係るバスバーを構成する積層導体線の長手方向の断面図である。図4Aは、本実施形態に係るバスバーを構成する積層導体線の幅方向の断面図である。図4Bは、従来技術に係るバスバーの幅方向の断面図である。図5は、本実施形態に係るバスバーを構成する積層導体線の寸法を示す上面図である。図6は、本実施形態に係るバスバーで適用する幾何パラメータ T/W 、 λ/W の組み合わせを示すグラフである。図7は、本実施形態に係るバスバーを構成する積層導体線の寸法を示す上面図である。

[0042] 図1に示すように、バスバー1は、2つの導体線である第1導体線21と

第2導体線22とからなる積層導体線20と、積層導体線20の両端側に配置された端子部30と、から構成される。

[0043] 図1に示すように、端子部30は、第1導体線21と第2導体線22に接合されて、積層導体線20の両端側に配置される。そして、端子部30は、電気接続するインバータや電源などの対応する各端子部に接続される。

[0044] 図1及び図2に示すように、第1導体線21は、絶縁膜で被覆された同じ幅 w と厚みを有する2つの帯状導体11, 12を帯状導体11, 12の幅方向において隣接して配列するように、2 λ の螺旋ピッチで螺旋状に巻回されて形成される。ここで、螺旋ピッチとは、螺旋一回転あたりの螺旋軸の長さを意味する。また、図2に示すように、第1導体線21は、巻回した内部の対向する表面を近接または密着させて幅 W 、厚み $T/2$ の平板状に構成される。

[0045] また、図1及び図2に示すように、第2導体線22は、絶縁膜で被覆された同じ幅 w と厚みを有する2つの帯状導体11, 12が帯状導体11, 12の幅方向において隣接して配列するように、2 λ の螺旋ピッチで、第1導体線21とは反対方向の螺旋状に巻回されて形成される。また、図2に示すように、第2導体線22は、巻回した内部の対向する表面を近接または密着させて幅 W 、厚み $T/2$ の平板状に構成される。

[0046] ここで、帯状導体11, 12は、アルミニウム、銅、アルミニウム合金、及び、銅合金のいずれかからなるか、またはこれらが主要な材料であるものからなる。アルミニウムとしては、例えば1060（純アルミニウム）などが適用できる。帯状導体11, 12に1060（純アルミニウム）を用いれば、より一層導電性が優れる。アルミニウム合金としては例えば6061（アルミニウムに微量のマンガンおよび珪素を添加したもの）などが適用できる。導体にアルミニウム合金を用いれば、より一層強度が優れる。銅としては、例えば、無酸素銅（OFC）、タフピッチ銅などがある。また、銅合金としては、例えば、銅に微量の鉄および燐を添加した析出型の銅合金、具体的には例えば「KFC」（登録商標）がある。この「KFC」（登録商標）

を帯状導体 11, 12 に用いれば、帯状導体 11, 12 と絶縁膜（図示せず）との密着性を高くすることができ、絶縁膜をはがれにくくすることができる（界面剥離強度を高くし得る）。絶縁膜は、有機材料と無機材料との混合物、または、有機材料からなる。この有機材料は、例えば、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂、およびゴムから選ばれる 1 種または複数種からなり、具体的には、例えば、ポリイミド、ポリアミイミド、ポリエステルイミドなどに代表されるイミド系樹脂が使用できる。また、この無機材料は例えば、結晶性シリカ粉末、熔融シリカ粉末、ガラス繊維、タルク粉末、マイカ粉末、酸化アルミニウム粉末、酸化マグネシウム粉末、窒化アルミニウム粉末、窒化硼素粉末、窒化珪素粉末、および、炭化珪素粉末、から選ばれる 1 種または複数種からなる。絶縁膜は、必ずしも、貼付けや挟み込みのフィルム材に限られず、塗付とそれに続く加熱などの重合処理による、エナメルやホルマル被覆膜でもよい。また、導体がアルミニウム系であれば、シュウ酸処理や陽極酸化処理によって表面に形成される酸化膜であっても良い。そして、バスバー 1 に応じて任意の材料を選択する。

[0047] 積層導体線 20 は、第 1 導体線 21 と第 2 導体線 22 とをそれぞれの長手方向に並設し、第 1 導体線 21 と第 2 導体線 22 それぞれの幅 W 方向の外部の表面が互いに対向するように重ね合わせて積層されることにより形成される。そして、積層導体線 20 は、幅 W 、厚み T の平板状に構成される。

[0048] ここで、積層導体線 20 の幅 W に対する厚み T のアスペクト比が 1 以下となるように（ $T \leq W$ ）、積層導体線 20 が構成される。すなわち、積層導体線 20 は、積層導体線 20 の幅 W に対する厚み T のアスペクト比が 1 であって、幅方向の断面が略正方形となるように構成されていてもよい。または、積層導体線 20 は、積層導体線 20 の幅 W に対する厚み T のアスペクト比が 1 未満であって、幅方向の断面が横扁平の略長方形となるように構成されていてもよい。

[0049] また、図 7 に示すように、上述の通り、積層導体線 20 の幅を W 、積層導体線 20 の厚みを T 、帯状導体 11, 12 の幅を ω 、帯状導体 11, 12 の

螺旋ピッチの半分を λ とすると、バスバー1に通電させる電流の周波数 f と帯状導体11, 12の抵抗率 ρ 及び透磁率 μ から求められる、表皮深さ $\delta = (\rho / \pi f \mu)^{1/2}$ に対して、 T/W 及び λ/W の寸法比の組み合わせが以下の式(1)を満たすことが好ましい。

[0050] [数2]

$$\left. \begin{aligned} & \frac{1}{\omega/W} \cdot \frac{\sqrt{(\lambda/W)^2 + 1}}{\lambda/W} (1 + T/W) \cdot \frac{2\delta}{T} \leq 1 \\ & \text{or} \\ & \frac{1}{\omega/W} \cdot \frac{\sqrt{(\lambda/W)^2 + 1}}{\lambda/W} (1 + T/W) \leq \frac{T}{2\delta_{(f)}} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

但し $\lambda \ll L$ (L : 線長)

[0051] 式(1)は、本実施形態に係るバスバー1が、従来技術におけるバスバーと比較して、交流抵抗が低減し、渦電流損失が抑制されるための幾何形状の条件を示している。式(1)は、図7に示す本実施形態に係るバスバーの交流抵抗 R^{AC} を、幅方向の断面形状がほぼ同一の寸法である従来の平角線構造のバスバーの交流抵抗 R^{AC}_{bulk} に対する比 $\eta(f)$ が1以下となるように展開整理したものである。その計算過程を、下記の式(2)で表す。

[0052]

[数3]

$$\begin{aligned}
& 2\delta_{(f)} \leq T \leq W \text{ の条件において} \\
& \eta(f) \leq 1 \quad \text{即ち} \quad R_{(f)}^{AC} \leq R_{bulk(f)}^{AC} \\
& \eta(f) = \frac{R_{(f)}^{AC}}{R_{bulk(f)}^{AC}} = \frac{\rho \frac{1}{\omega T} \frac{1}{\lambda \cos \theta}}{\rho \frac{1}{\delta 2(W+T)} \frac{1}{\lambda}} \\
& = \frac{1}{\frac{\omega}{W} \cos \theta} \left(1 + \frac{T}{W} \right) \cdot \frac{2\delta}{T} \\
& = \frac{\sqrt{(\lambda/W)^2 + 1}}{\lambda/W} \cdot \frac{1}{\omega/W} (1 + T/W) \cdot \frac{2\delta}{T}
\end{aligned}
\tag{2}$$

where

$$\begin{aligned}
\tan \theta &= \frac{1}{\lambda/W} \\
\frac{1}{\cos \theta} &= \sqrt{1 + \tan^2 \theta} = \frac{\sqrt{(\lambda/W)^2 + 1}}{\lambda/W}
\end{aligned}$$

[0053] 上述の比 $\eta(f)$ が 1 より小さいと、本実施形態に係るバスバー 1 の交流抵抗 R^{AC} が、幅方向の断面形状がほぼ同一の寸法である従来の平角線構造のバスバーの交流抵抗 R_{bulk}^{AC} より小さい。すなわち、比 $\eta(f)$ が 1 より小さいことは、渦電流損失が低減されることを意味する。本実施形態に係るバスバー 1 が、式 (1) を満たす T/W 及び λ/W の寸法比の組み合わせを有することにより、本実施形態に係るバスバー 1 は、従来技術におけるバスバーと比較して、交流抵抗が低減し、表記効果が抑制されて、渦電流損失が抑制される。

[0054] 更に、図 5 に示すように、本実施形態に係るバスバー 1 において、積層導体線 20 の幅と、带状導体 11, 12 の幅が同じ ($W = \omega$) である場合について考える。この場合には、バスバー 1 に通電させる電流の周波数 f と带状

導体 1 1, 1 2 の抵抗率 ρ 及び透磁率 μ から求められる表皮深さ $\delta = (\rho / \pi f \mu)^{1/2}$ に対して、以下の式 (3) を満たす T/W 及び λ/W の寸法比の組み合わせを持つことが好ましい。

[0055] [数4]

$$\left. \begin{aligned}
 &g(T/W, \lambda/W) \cdot \frac{2\delta_{(f)}}{T} \leq 1 \\
 &\text{or} \\
 &g(T/W, \lambda/W) \leq \frac{T}{2\delta_{(f)}} \\
 &\text{where} \\
 &g(T/W, \lambda/W) \equiv \frac{\sqrt{(\lambda/W)^2 + 1}}{\lambda/W} (1 + T/W) \\
 &\text{但し } \lambda \ll L \quad (L: \text{線長})
 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

[0056] 式 (3) は、図 5 に示す積層導体線の寸法を有するバスバーの交流抵抗 R^A を、幅方向の断面形状がほぼ同一の寸法である従来の平角線構造のバスバーの交流抵抗 R^{AC}_{bulk} に対する比 $\eta(f)$ が 1 以下となるように展開整理したものである。その計算過程を、下記の式 (4) で表す。

[0057]

[数5]

$$\begin{aligned}
 & 2\delta_{(f)} \leq T \leq W \text{ の条件において} \\
 & \eta(f) \leq 1 \quad \text{即ち} \quad R_{(f)}^{AC} \leq R_{bulk(f)}^{AC} \\
 & \eta(f) \equiv \frac{R_{(f)}^{AC}}{R_{bulk(f)}^{AC}} \\
 & \quad \frac{\sqrt{W^2 + \lambda^2}}{T \cdot W} \\
 & \propto \frac{\lambda}{\delta_{(f)} \cdot 2(T + W)} \\
 & = \frac{\sqrt{(\lambda/W)^2 + 1}}{\lambda/W} \cdot (1 + T/W) \cdot \frac{2\delta_{(f)}}{T} \\
 & \rightarrow (1 + T/W) \cdot \frac{2\delta_{(f)}}{T} \\
 & \quad \text{at}(\lambda/W \rightarrow \infty : bulk)
 \end{aligned} \tag{4}$$

[0058] 尚、式（４）により導かれた式（２）は、本実施形態に係るバスバー１の構造を規程する無次元の幾何パラメータ g （ T/W 、 λ/W ）と、（バスバー１の厚み T で割って）無次元化したスキンドープスの２倍（ $2\delta/T$ ）の積として表される。ここで、図６は、幾何パラメータ g （ T/W 、 λ/W ）が 1.2 ～ 2.0 となる値を、（ T/W ）－（ λ/W ）の２次元平面の等高線として表現したものを示す。等高線の値に、 $2\delta/T$ の値を掛けた値が 1 以下となる側が、本実施形態に係るバスバー１について、渦電流損が低減改善される効果を得ることができる幾何形状を規定している。尚、図６の右側には、アスペクト比に応じた形状の例を示しており、アスペクト比 T/W が 0.1 の場合は平板状となり、アスペクト比 T/W が 1 の場合は平角状や円柱状となる。

[0059] また、第１導体線 21 と第２導体線 22 の隙間を δt 、帯状導体 11, 1

2の厚みを T_t とすると、 T_t に対する δ_t の比率 δ_t / T_t が1以下となる寸法比を持つことが好ましい。バスバー1の螺旋を構成している帯状導体が互いに対して反対方向に螺旋状に巻回された第1導体線21と第2導体線22との隙間を狭めることにより、第1導体線21及び第2導体線22の間に入り込む磁束線が減衰する。このことで、バスバー全体としての内部インダクタンスの増加を抑えることができる。

[0060] ここで、本実施形態に係るバスバー1を構成する積層導体線20の幅方向の断面及び長手方向の断面における、外部から供給する高周波電流の方向と、それによって誘導される交流磁束線の様子について、図2～図4に基づいて説明する。図2に示すように、互いに対して反対方向の螺旋状に巻回された帯状導体11, 12のそれぞれに流れる電流は、積層導体線20の長手方向に対して角度をもつため、長手成分と、それに垂直な成分に分けて考えることができる。図4Aに示すように、積層導体線20の幅方向の断面で見ると、厚さ方向の上下に配置される第1導体線21と第2導体線22の2つの帯状導体同士11, 11及び12, 12が、積層導体線20の外側（積層導体線20の表面）・内側（積層導体線20の内部、即ち、第1導体線21と第2導体線22が積層される積層面）を入れ替わりながら、長手方向に流れる。即ち、積層導体線20の表面にあった帯状導体11, 12は、互いに対して反対方向の螺旋状に巻回される構造によって、次のピッチでは内部に入る。そのため、表皮効果による偏流が生じることなく、各帯状導体11, 12には同一の電流が流れる。即ち、図2に示すように、積層導体線20（即ち、バスバー1）の幅方向の断面に平均的に均一に電流が流れることになる。尚、図4Bは、従来のバルク材バスバー（矩形および円形）の場合の電流分布を示す。図4Bに示すように、従来のバルク材バスバーでは、矩形および円形の両者とも、表皮効果により、表面皮下 δ の薄層に高周波電流は集中してしまう。

[0061] 一方、図3に示すように、積層導体線20（即ち、バスバー1）の長手方向の断面で見ると、厚さ方向の上下に配置される第1導体線21と第2導体

線 2 2 の 2 対は、あたかも、互いに逆方向の旋回電流の 2 つのソレノイドコイルとしてみなせる。この 2 つのソレノイドコイルが十分に近接して配置されていれば、それらが外部に作る磁束線は、それぞれ逆向きであり、積層導体線 2 0 として第 1 導体線 2 1 と第 2 導体線 2 2 の 2 つを重ね合わせると相殺する。即ち、本実施形態に係るバスバー 1 の構造に伴って生じる内部インダクタンスは、高周波電流によって生じる磁束線の広がり、即ち、磁束密度の体積積分に比例する。そのため、本実施形態に係るバスバー 1 には、磁束線がバスバー 1 の外部に広がらず、内部インダクタンスは最小限に抑制されるという効果がある。

[0062] このように、本実施形態に係るバスバー 1 によると、バスバー 1 を構成する積層導体線 2 0 の長手方向に沿って、第 1 導体線 2 1 及び第 2 導体線 2 2 の各帯状導体 1 1, 1 2 が、外側である積層導体線 2 0 の表面と、内側である積層導体線 2 0 の内部とで入れ替る。そのため、各帯状導体 1 1, 1 2 には積層導体線 2 0 の外側・内側の区別なく電流が流れるために、実効断面積を確保でき、渦電流損失を小さく抑えることができ、高周波電流の表皮効果を効果的に抑制できる。また、各帯状導体 1 1, 1 2 が、互いに対して反対方向の螺旋状に巻回されており、コイル様の螺旋電流が流れることにより内部インダクタンスが増加する。しかしながら、帯状導体 1 1, 1 2 が螺旋状に巻回された第 1 導体線 2 1 と、帯状導体 1 1, 1 2 が第 1 導体線 2 1 とは反対方向の螺旋状に巻回された第 2 導体線 2 2 とが、長手方向に並設して積層されていることから、それぞれの周囲に広がる生じる磁束線が、大域的に相殺される。そのため、バスバー 1 の全体としての内部インダクタンスの増加は最小限に抑えることができる。以上により、渦電流損失を抑えて表皮効果を回避して、低周波電流のみならず、高周波電流をもバスバー 1 の内部に流し、広い周波数領域において断面積全体に電流を流せるようになる。これによって、低周波の基本波から、変調に伴う高周波まで、伝送損失を効果的に抑制することができる。

[0063] また、バスバー 1 を構成する積層導体線 2 0 の構造に伴って生じる内部イ

ンダクタンスは、高周波電流によって生じる磁束線の広がり、即ち、磁束密度の体積積分に比例する。そのため、互いに対して逆巻きで同じ巻き数の第1導体線21及び第2導体線22の2対の平板状の導体線が積層されて構成される積層導体線20のバスバーには、磁束線がバスバー1の外部に広がらず、内部インダクタンスは最小限に抑制されるという効果がある。さらに、第1導体線21及び第2導体線のそれぞれを構成する帯状導体11, 12の数が2つで幅が同じあるため、バスバーの幅と螺旋ピッチとを適宜組み合わせることができる簡易な構造である。かつ、部品点数が最少であるため、成形加工や実装配線において最も好ましい。

[0064] [バスバーモジュール]

本実施形態に係るバスバーモジュールについて、図8A及び図8Bに基づいて説明する。図8A及び図8Bは、本実施形態に係るバスバーモジュールを示す斜視図である。

[0065] 図8A及び図8Bは、上述した本実施形態に係るバスバー1を3本一組として一体化したバスバーモジュール2を示したものである。図8Aはストレートタイプ、図8Bはクランクタイプを示す。バスバーモジュール2は、ストレートタイプとクランクタイプを組み合わせることで、任意の実装配線が可能である。また、バスバーモジュール2の直線部に捻り変形を加えることにより、柔軟性と接続方向の角度の自由度が確保できる。尚、バスバーモジュール2は、バスバー1を3本一組として一体化しているが、それに限られず、複数本を一組として一体化してよい。

[0066] バスバーモジュール2の実効インダクタンスは、各バスバー1単体の内部インダクタンスと、3本のバスバー1の配置で形成される空間的回路に由来する外部インダクタンスと、の合計である。前者の内部インダクタンスは、上述した本実施形態に係るバスバー1の構造により最小限に抑えられる。後者の外部インダクタンスは、3本のバスバー1の間隔に比例するが、バスバー1の断面を平板状であって且つ扁平な薄板状にし、幅方向の表面を対向させて隙間なく重ねることで、最小限に抑制することができる。図8A及び図

8 Bに示す本実施形態に係るバスバーモジュール2の実装例では、バスバーモジュール2の直線部に捻り変形を加えることで、柔軟性・接続角度の自由度を確保しつつも、外部インダクタンスを最小にすることができる。

[0067] このように、本実施形態に係るバスバーモジュール2によると、3本のバスバー1を一体化して組み立ててバスバーモジュール2にすることにより、3相モータなどの駆動に用いることができる。

[0068] [バスバーの製造方法]

本実施形態に係るバスバーの製造方法について、図9 A～図9 Dに基づいて説明する。図9 A～図9 Dは、本実施形態に係るバスバーの製造方法の工程の手順を示す斜視図である。

[0069] まず、図9 Aに示すように、第1 導体線巻回工程（導体線巻回工程）では、絶縁膜で被覆された2つの帯状導体1 1, 1 2を帯状導体1 1, 1 2の幅方向において隣接して配列するように、例えば円柱状の鉄芯に巻きつけることにより、螺旋状に巻回す。これにより、2つの導体線巻回体の1つである第1 導体線巻回体2 1 aが形成される。そして、導体線圧延加工工程では、圧延加工により第1 導体線巻回体2 1 aを平板状に形成して第1 導体線2 1を構成する。この圧延加工により、第1 導体線巻回体2 1 aの巻回した内部の対向する表面が近接または密着されて、平板状の第1 導体線2 1が形成される。

[0070] 次に、図9 Bに示すように、第2 導体線巻回工程（導体線巻回工程）では、絶縁膜で被覆された2つの帯状導体1 1, 1 2を、帯状導体1 1, 1 2の幅方向において隣接して配列するように、例えば円柱の鉄芯に巻きつけることにより、第1 導体線2 1とは反対方向の螺旋状に巻回す。これにより、2つの導体線巻回体の1つである第2 導体線巻回体2 2 aが形成される。そして、導体線圧延加工工程では、圧延加工により第2 導体線巻回体2 2 aを平板状に形成して第2 導体線2 2を構成する。この圧延加工により、第2 導体線巻回体2 2 aの巻回した内部の対向する表面が近接または密着されて、平板状の第2 導体線2 2が形成される。

- [0071] そして、図9Cに示すように、積層工程では、第1導体線21と第2導体線22とをそれぞれの長手方向に並設し、それぞれの幅方向の表面が互に対向するように重ね合わせて積層して、積層導体線20を構成する。
- [0072] 次に、図9Dに示すように、端子部接合工程では、電気接続するための端子部30を、積層導体線20の両端側に配置し、第1導体線21と第2導体線22に接合する。
- [0073] このように、本実施形態に係るバスバーの製造方法によれば、バスバー1を構成する積層導体線20の長手方向に沿って、第1導体線21及び第2導体線22の各帯状導体11、12が、積層導体線20の外側である積層導体線20の表面と積層導体線20の内側である積層導体線20の内部とで入れ替る。すなわち、積層導体線20の表面にあった帯状導体11、12が、螺旋状または逆方向の螺旋状に巻回される構造によって、次のピッチでは内部に入る。そのため、各帯状導体11、12には積層導体線20の外側・内側の区別なく電流が流れ、実効断面積を確保でき、渦電流損失を小さく抑えることができ、高周波電流の表皮効果を効果的に抑制できる。また、各帯状導体11、12が螺旋状または逆方向の螺旋状に巻回されており、コイル様の螺旋電流が流れることにより内部インダクタンスが増加する。しかしながら、帯状導体11、12が螺旋状に巻回された第1導体線21と、帯状導体11、12が第1導体線21とは逆方向の螺旋状に巻回された第2導体線22とが、長手方向に並設して積層されていることから、それぞれの周囲に広がる生じる磁束線が、大域的に相殺される。そのため、バスバー1全体としての内部インダクタンスの増加は最小限に抑えることができる。以上により、渦電流損失を抑えて表皮効果を回避して、低周波電流のみならず、高周波電流をもバスバー内部に流し、広い周波数領域において断面積全体に電流を流せるようになる。これによって、低周波の基本波から、変調に伴う高周波まで、伝送損失を効果的に抑制することができる。
- [0074] 以上、本発明の好適な実施の形態について説明したが、本発明は上述の実施形態や実施例に限られるものではなく、特許請求の範囲に記載した限りに

において様々な設計変更が可能である。

[0075] 上記本実施形態に係るバスバー 1 は、第 1 導体線 2 1 と第 2 導体線 2 2 とがそれぞれ互いに対して反対方向の螺旋状に巻回されているが、それに限られない。即ち、渦電流を抑制して、インダクタンスを最小にするには、バスバー 1 が、それぞれ互いに対して反対方向の螺旋状に巻回された第 1 導体線 2 1 と第 2 導体線 2 2 で構成されることが必要である。しかしながら、インダクタンスが多少大きくてもよければ、バスバー 1 が同じ方向の螺旋状に巻回された同じ 2 つの導体線のいずれか（即ち、第 1 導体線 2 1 または第 2 導体線 2 2 のいずれか）で構成されても良い。

[0076] 上記本実施形態に係るバスバー 1 の製造方法では、第 1 導体線巻回工程で螺旋状に带状導体 1 1, 1 2 を巻回した第 1 導体線巻回体 2 1 a を製造し、第 2 導体線巻回工程で第 1 導体線巻回体とは逆方向の螺旋状に带状導体 1 1, 1 2 を巻回した第 2 導体線巻回体 2 2 a を製造しているが、それに限られない。即ち、渦電流を抑制して、インダクタンスを最小にするには、バスバー 1 がそれぞれ互いに対して反対方向の螺旋状に巻回された第 1 導体線 2 1 と第 2 導体線 2 2 で構成されることが必要である。しかしながら、インダクタンスが多少大きくてもよければ、バスバー 1 が同じ方向の螺旋状に巻回された同じ 2 つの導体線のいずれか（第 1 導体線 2 1 または第 2 導体線 2 2 のいずれか）で構成されても良い。また、導体線巻回工程として、第 1 導体線巻回工程または第 2 導体線巻回工程のいずれかの工程を 2 度行い、同じ方向の螺旋状に带状導体 1 1, 1 2 を巻回した 2 つの導体線巻回体（第 1 導体線巻回体 2 1 a または第 2 導体線巻回体 2 2 a）を製造するようにしてもよい。

[0077] また、上記本実施形態に係るバスバー 1 の製造方法では、第 1 導体線巻回工程を行いつつ第 1 導体線巻回体 2 1 a に対して導体線圧延加工工程を行い、第 2 導体線巻回工程を行いつつ第 2 導体線巻回体 2 2 a に対して導体線圧延加工工程を行っているが、それに限られない。即ち、第 1 導体線巻回工程及び第 2 導体線巻回工程を行った後に、第 1 導体線巻回体 2 1 a 及び第 2 導

体線巻回体 2 2 a のそれぞれに対して導体線圧延加工工程を行っても良い。

[0078] 上記本実施形態に係るバスバー 1 は、第 1 導体線 2 1 と第 2 導体線 2 2 のそれぞれを構成する帯状導体の数が同じであり、それぞれを構成する帯状導体が同じ幅である 2 つの帯状導体 1 1, 1 2 により構成されるが、それに限られない。すなわち、第 1 導体線 2 1 と第 2 導体線 2 2 は、それぞれ、帯状導体が幅方向において隣接して配列されていればよく、同じ幅の 1 つの帯状導体により構成されてもよいし、3 つ以上の帯状導体により構成されてもよい。また、第 1 導体線 2 1 を構成する帯状導体の数と第 2 導体線 2 2 の数が異なってもよいし、第 1 導体線 2 1 を構成する帯状導体の幅と第 2 導体線 2 2 の幅が異なってもよい。ただし、第 1 導体線 2 1 と第 2 導体線 2 2 のそれぞれを構成する帯状導体の数が同じであり、それぞれを構成する帯状導体が同じ幅である場合は、簡易な構造で、成形加工や実装配線が容易であるという効果がある。また、第 1 導体線 2 1 か第 2 導体線 2 2 のいずれか 1 つでも 1 つの帯状導体から構成される場合は、バスバー 1 の幅と螺旋ピッチの組み合わせが一意に決まってしまう。そのため、バスバー 1 の幅が帯状導体の幅より細くなるか、バスバー 1 の長手方向の長さが必要以上になってしまい、従来技術のバスバー（例えば、バルク材バスバー）より交流抵抗が小さくなる幾何形状は非常に限られたものになる。即ち、本実施形態に係るバスバー 1 は、第 1 導体線 2 1 及び第 2 導体線 2 が 2 つ以上の帯状導体から構成されることが成形加工や実装配線の点から好ましい。特に第 1 導体線 2 1 及び第 2 導体線 2 が 2 つである場合が、バスバーの幅と螺旋ピッチとを適宜組み合わせることができる簡易な構造であり、かつ、部品点数が最少であるため、成形加工や実装配線において最も好ましい。

[0079] また、上述したバスバーモジュール 2 は、ストレートタイプとクランクタイプについて記載しているが、それに限られない。バスバーモジュールを設置する場所に依じて任意の形状に形成しても良い。

[0080] また、上記本実施形態に係るバスバー 1 の端子部 3 0 としては、図 1 に示す形状のものに限らず、様々な形状の端子部 3 0 を用いることができる。

実施例

[0081] (第一の実施例)

本実施形態に係るバスバー 1 の第一の実施例について、交流抵抗解析を行った。その結果について、以下、図 14 に基づいて具体的に説明する。

[0082] 第一の実施例においては、実際にバスバー 1 として用いられる実用物の厚さである 1 mm～数 mm よりも薄い総厚 0.6 mm の銅板を用いて、交流抵抗の周波数依存性を測定した。第一の実施例では、上述した実施形態に係るバスバー 1 の製造方法に基づいて、厚さ 0.15 mm t × 幅 19 mm W の 2 つの帯状導体 11, 12 により第 1 導体線 21 及び第 2 導体線 22 を製造した。そして、第 1 導体線 21 及び第 2 導体線 22 を密着させて、厚さ 0.6 mm t × 幅 19 mm W の積層導体線 20 を製造し、端子部 30 を接合して製造したバスバー 1 を用いた。また、第一の実施例に係るバスバー 1 は、全長が 6 m L となるように製造した。

[0083] また、第一の実施例に係るバスバー 1 と比較するために、厚さ 0.6 mm t × 幅 19 mm W (第一の実施例に係るバスバー 1 と同じ幅) × 全長 6 m L (第一の実施例に係るバスバー 1 と同じ全長) のバルク材バスバーを用意した。このバルク材バスバーについても、第一の実施例に係るバスバー 1 と同様に、交流抵抗の周波数依存性を測定した。また、従来技術を模擬して、厚さ 0.15 mm t × 幅 19 mm W (第一の実施例に係るバスバー 1 と同じ幅) × 全長 6 m L (第一の実施例に係るバスバー 1 と同じ全長) の平角線を並列に 4 枚集合させた集合平角線によって構成した 4 枚重ねバスバーを用意した。この 4 枚重ねバスバーについても、第一の実施例に係るバスバー 1 と同様に、交流抵抗の周波数依存性を測定した。

[0084] 交流抵抗の周波数依存性として、全て同じ条件で、LCRメータで、インダクタンス (L_s) および交流抵抗 (R_s) の周波数特性を測定した。図 14 は、第一の実施例及びバルク及び 4 枚重ねの 3 つのサンプルについての測定結果を示す。尚、図 14 では、第一の実施例に係るバスバー 1 の計測結果を「本実施例」、バルク材バスバーの計測結果を「バルク」、4 枚重ねバス

バーの計測結果を「4枚重ね」として記載している。

[0085] 図14においては、低周波における3つのサンプルの L_s 、 R_s 値は、おおよそ同じ値を示す。しかしながら、個体の寸法について僅かに誤差があるため、おおよそ表皮深さ（スキンドプス） δ がバスバー1の総厚 t （＝0.6 mm）となる周波数付近の特定周波数（第一の実施例では10 kHz）を、基準となる規格化周波数とし、規格化周波数の L および R_s の値との比を、規格化インダクタンス $\langle L \rangle$ 、規格化交流抵抗 $\langle R_s \rangle$ として、プロットしてある。また、図14の上段において、周波数についてのスキンドプス δ とバスバーの総厚 t との比を示す目盛を明記しておいた。

[0086] 図14に示すように、規格化インダクタンス $\langle L \rangle$ は、良い精度で周波数に関わらず一定値を示す。一方、規格化交流抵抗 $\langle R_s \rangle$ は、 $\delta = t$ となる周波数以上において、おおよそ周波数の $1/2$ 以下の傾きで指数関数的に増大するが、バルクバスバーと4枚重ねバスバーに有意な差はない。したがって、4枚重ねバスバーには高周波電流に伴う渦電流損失を低減する効果はないことが判る。

[0087] 一方、第一の実施例に係るバスバー1は、スキンドプス δ がバスバー総厚 t の $1/2 \sim 1/10$ の領域において、バルクバスバーと4枚重ねバスバーと比較して、遥かに小さな値になる（低抵抗を呈する）ことが顕著となっていることが判る。この効果の上限として、スキンドプス δ がバスバー総厚 t の $1/10$ より遥かに小さい領域においては、スキンドプス δ が、本実施例に係るバスバー1を構成する帯状導体11、12の厚み（ここでは0.15 mm t ）以下になる。このとき、構成導体内における高次の表皮効果が生じて、幾分、高周波電流に伴う渦電流損失を低減する効果は減少すると予測される。ただし、MHz以上の周波数領域では、測定条件の整備（寄生 L や寄生 C の排除）や、通常のLCRメータでの精度確保が難しく、測定が困難である。今回測定した図14に示すグラフにおける、スキンドプス δ がバスバー総厚 t の $1/10$ 近傍における高周波電流に伴う渦電流損失を低減する効果の劣化は、この測定技術が原因と思われる。したがって、実際には、高周

波電流に伴う渦電流損失を低減する効果は持続して、多少劣化するにしても、もっと緩慢なものを期待できるものと思われる。

[0088] (第二の実施例)

次に、本実施形態に係るバスバー 1 の第二の実施例について、交流抵抗解析と電流密度分布解析を行った。その結果について、以下、図 15～図 18 に基づいて具体的に説明する。

[0089] 第二の実施例に係るバスバー 1 は、次の手順で製造した。まず、厚さ 0.3 mm の帯状導体 11, 12 を、間に 0.4 mm の空間を設けて螺旋状に巻回した。これにより、厚さ 1.0 mm t × 幅 19 mm W の第 1 導体線 21 及び第 2 導体線 22 を形成した。ここで、帯状導体 11, 12 の間の空間とは、巻回した帯状導体 11, 12 の内部の対向する表面の隙間、即ち、第 1 導体線 21 及び第 2 導体線 22 の内部の空間のことを意味する。また、第 1 導体線 21 に対して、第 2 導体線 22 は、反対方向の螺旋状に巻回した。次に、第 1 導体線 21 及び第 2 導体線 22 を、間に 0.3 mm の空間を設けて密着させ、厚さ 2.3 mm t × 幅 19 mm W の積層導体線 20 を製造した。そして、厚さ 6 mm t × 幅 19 mm W × 長さ 30 mm L の銅製の端子部 30 で、積層導体線 20 を 15 mm 挟み込んで、第二の実施例に係るバスバー 1 を製造した。また、第二の実施例に係るバスバー 1 は全長が 334 mm となるように製造した。

[0090] また、第二の実施例に係るバスバー 1 と比較するために、バルク材バスバーについても、第二の実施例に係るバスバー 1 と同様に交流抵抗の周波数依存性の解析を行った。バルク材バスバーは、次の手順で製造した。まず、第二の実施例に係るバスバー 1 と同じ断面積となるように、厚さ 1.2 mm t × 幅 19 mm W × 全長 304 mm L の導体線を製造した。次に、厚さ 6 mm × 幅 19 mm × 長さ 30 mm の銅製の端子部 30 で、導体線を 15 mm 挟み込んで、バルク材バスバーを製造した。そして、第二の実施例に係るバスバー 1 と同様に、バルク材バスバーは全長が 334 mm となるように製造した。

[0091] また、第二の実施例に係るバスバー１と比較するために、４枚重ねバスバーについても、第二の実施例に係るバスバー１と同様に交流抵抗の周波数依存性の解析を行った。４枚重ねバスバーは、次の手順で製造した。まず、厚さ 0.3 mm ×幅 19 mm ×全長 304 mm （第二の実施例に係るバスバー１と同じ幅）の平角線を並列に４枚集合させた。次に、バスバー１と同様に、最外の平角線と１つ内側の隣り合った平角線との隙間を 0.4 mm 、内側の平角線同士の隙間を 0.3 mm にすることによって、厚さを 2.3 mm とした。そして、厚さ 6 mm ×幅 19 mm ×長さ 30 mm の銅製の端子部３０で、上記４枚の平角線を 15 mm 挟み込んだ集合平角線によって、４枚重ねバスバーを製造した。第二の実施例に係るバスバー１と同様に、４枚重ねバスバーは全長が 334 mm となるように製造した。

[0092] 更に、第二の実施例に係るバスバー１と比較するために、４枚重ね薄バスバーについても、第二の実施例に係るバスバー１と同様に交流抵抗の周波数依存性の解析を行った。４枚重ね薄バスバーは、上記４枚重ねバスバーにおいて平角線の隙間をすべて 0.1 mm として、端子部３０を取り付けて製造した。

[0093] （交流抵抗解析）

第二の実施例に係るバスバー１、バルク材バスバー、４枚重ねバスバー、４枚重ね薄バスバーについて、交流抵抗の周波数依存性の解析を行った。図１５及び図１６は、その結果を示す。図１５は、３次元境界要素法による準静電磁界解析による交流抵抗 R_s の周波数依存性について解析した結果であり、交流抵抗 R_s の周波数依存性が抵抗値として計測されている。図１６は、図１５に示すグラフのスキンドープス付近の交流抵抗 ACR の周波数特性を拡大したグラフである。尚、図１５及び図１６では、第二の実施例に係るバスバー１の計測結果を「本実施例」、バルク材バスバーの計測結果を「バルク」、４枚重ねバスバーの計測結果を「４枚重ね」、４枚重ね薄バスバーの計測結果を「４枚重ね薄」として記載している。

[0094] 図15に示すように、第二の実施例に係るバスバー1では、バルクバスバーと比較して、交流抵抗 R_s が小さい値になっていることが分かる。また、平角線同士の隙間が平角線の厚さ以上の4枚重ねバスバーと比較して、平角線同士の隙間が平角線の厚さより小さい4枚重ね薄バスバーの交流抵抗 R_s が、バルク材バスバーと同等レベルになっている。以上の解析結果に基づいて、平角線同士の隙間を縮めることにより、即ち、平角線同士の隙間を平角線の厚さよりも小さくすることにより、内部インダクタンスの増加を抑える効果を確認できた。また、この解析結果に基づいて、帯状導体11, 12の間の隙間を縮めることにより、即ち、第1導体線21と第2導体線22の隙間を δ_t 、帯状導体11, 12の厚みを T_t とすると、 T_t に対する δ_t の比率 δ_t / T_t を1以下とすることにより内部インダクタンスの増加を抑える効果が得られると予測できる。

[0095] 図16に示すように、第二の実施例に係るバスバー1では、スキンドプス δ が $1/2 \sim 1/10$ の領域において、バルク材バスバーと4枚重ねバスバーと4枚重ね薄バスバーと比較して、交流抵抗 ACR が小さな値となっている。この解析結果により、第二の実施例に係るバスバー1は、高周波電流に伴う渦電流損失を低減することができていることが確認できた。

[0096] (電流密度分布解析)

また、上記の第二の実施例に係るバスバー1及びバルクバスバーについて、30MHzの高周波電流を流した際の電流密度分布の解析を行った。その結果を、図17及び図18に示す。図17は、第二の実施例に係るバスバー1の電流密度分布を示す。また、図18は、バルクバスバーの電流密度分布を示す。

[0097] 図17及び図18に示すように、第二の実施例に係るバスバー1では、バルクバスバーと比較して、導体表面の電流密度が広く平均的に分布していることが分かる。これは、第二の実施例に係るバスバー1では、30MHzの高周波電流が、積層導体線20の内側にまで流れているために、実効断面積が広くなり、表層電流密度が低下したことを示している。

[0098] 本出願は2012年12月28日出願の日本特許出願（特願2012-286995）に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

符号の説明

- [0099] 1 バスバー
2 バスバーモジュール
1 1 带状導体
1 2 带状導体
2 0 積層導体線
2 1 第1導体線（2つの導体線）
2 1 a 第1導体線巻回体（2つの導体線巻回体）
2 2 第2導体線（2つの導体線）
2 2 a 第2導体線巻回体（2つの導体線巻回体）
3 0 端子部

請求の範囲

- [請求項1] 電気接続に用いられるバスバーであって、
絶縁膜で被覆された1つまたは複数の帯状導体を当該帯状導体の幅方向において隣接して配列するように螺旋状に巻回しつつ、巻回した内部の対向する表面を近接または密着させて平板状に構成した2つの導体線を、それぞれの長手方向に並設し、それぞれの幅方向の外部の表面が互いに対向するように重ね合わせて積層させた積層導体線と、
前記積層導体線の両端側に配置し、前記2つの導体線に接合させた、電気接続するための端子部と、
を備えることを特徴とするバスバー。
- [請求項2] 前記2つの導体線は、
絶縁膜で被覆された1つまたは複数の帯状導体を当該帯状導体の幅方向において隣接して配列するように螺旋状に巻回しつつ、巻回した内部の対向する表面を近接または密着させて平板状に構成した第1導体線と、
絶縁膜で被覆された1つまたは複数本の帯状導体を当該帯状導体の幅方向において隣接して配列するように前記第1導体線とは反対方向の螺旋状に巻回しつつ、巻回した内部の対向する表面を近接または密着させて平板状に構成した第2導体線と、からなることを特徴とする請求項1に記載のバスバー。
- [請求項3] 前記2つの導体線のそれぞれを構成する前記帯状導体の数が等しく、前記2つの導体線のそれぞれを構成する前記帯状導体が等しい幅を有することを特徴とする請求項1に記載のバスバー。
- [請求項4] 前記2つの導体線のそれぞれを構成する前記帯状導体の数が2つであることを特徴とする請求項3に記載のバスバー。
- [請求項5] 前記積層導体線の幅に対する厚みのアスペクト比が1以下であることを特徴とする請求項1に記載のバスバー。
- [請求項6] 前記積層導体線の幅をW、前記積層導体線の厚みをT、前記帯状導

体の幅を ω 、前記帯状導体の螺旋ピッチの半分を λ とすると、前記バスバーに通電させる電流の周波数 f と前記帯状導体の抵抗率 ρ 及び透磁率 μ から求まる表皮深さ $\delta = (\rho / \pi f \mu)^{1/2}$ に対して、 T/W 及び λ/W の寸法比の組み合わせが以下の式(1)を満たすことを特徴とする請求項1に記載のバスバー。

[数1]

$$\left. \begin{aligned} & \frac{1}{\omega/W} \cdot \frac{\sqrt{(\lambda/W)^2 + 1}}{\lambda/W} (1 + T/W) \cdot \frac{2\delta}{T} \leq 1 \\ & \text{or} \\ & \frac{1}{\omega/W} \cdot \frac{\sqrt{(\lambda/W)^2 + 1}}{\lambda/W} (1 + T/W) \leq \frac{T}{2\delta_{(f)}} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

但し $\lambda \ll L$ (L : 線長)

- [請求項7] 前記第1導体線と前記第2導体線の間隙を δt 、前記帯状導体の厚みを $T t$ とすると、 $T t$ に対する δt の比率 $\delta t / T t$ が1以下であることを特徴とするバスバー請求項2に記載のバスバー。
- [請求項8] パルス幅変調された電流を通電させる電気接続に用いられることを特徴とする請求項1に記載のバスバー。
- [請求項9] 電動機とインバータとの間の電気接続に用いられることを特徴とする請求項1に記載のバスバー。
- [請求項10] 所定の形状に形成した複数の請求項1～9のいずれか一項に記載のバスバーを、幅方向の表面が対向するように密接配置して一体化して組み立てて形成されることを特徴とするバスバーモジュール。
- [請求項11] 電気接続に用いられるバスバーを製造するバスバーの製造方法であって、
絶縁膜で被覆された1つまたは複数の帯状導体を当該帯状導体の幅

方向において隣接して配列するように螺旋状に巻回して2つの導体線巻回体を構成する導体線巻回工程と、

圧延加工により前記2つの導体線巻回体を平板状に形成して2つの導体線を構成する導体線圧延加工工程と、

前記2つの導体線をそれぞれの長手方向に並設し、それぞれの幅方向の表面が互いに対向するように重ね合わせて積層して積層導体線を構成する積層工程と、

電気接続するための端子部を前記積層導体線の両端側に配置し、前記2つの導体線に接合する端子部接合工程と、

を備えることを特徴とするバスバーの製造方法。

[請求項12]

前記導体線巻回工程は、

絶縁膜で被覆された1つまたは複数の帯状導体を当該帯状導体の幅方向において隣接して配列するように螺旋状に巻回して第1導体線巻回体を構成する第1導体線巻回工程と、

絶縁膜で被覆された1つまたは複数本の帯状導体を当該帯状導体の幅方向において隣接して配列するように前記第1導体線とは反対方向の螺旋状に巻回して第2導体線巻回体を構成する第2導体線巻回工程と、からなり、

前記導体線圧延加工工程は、

圧延加工により前記第1導体線巻回体を平板状に形成して第1導体線を構成すると共に、圧延加工により前記第2導体線巻回体を平板状に形成して第2導体線を構成し、

前記積層工程は、

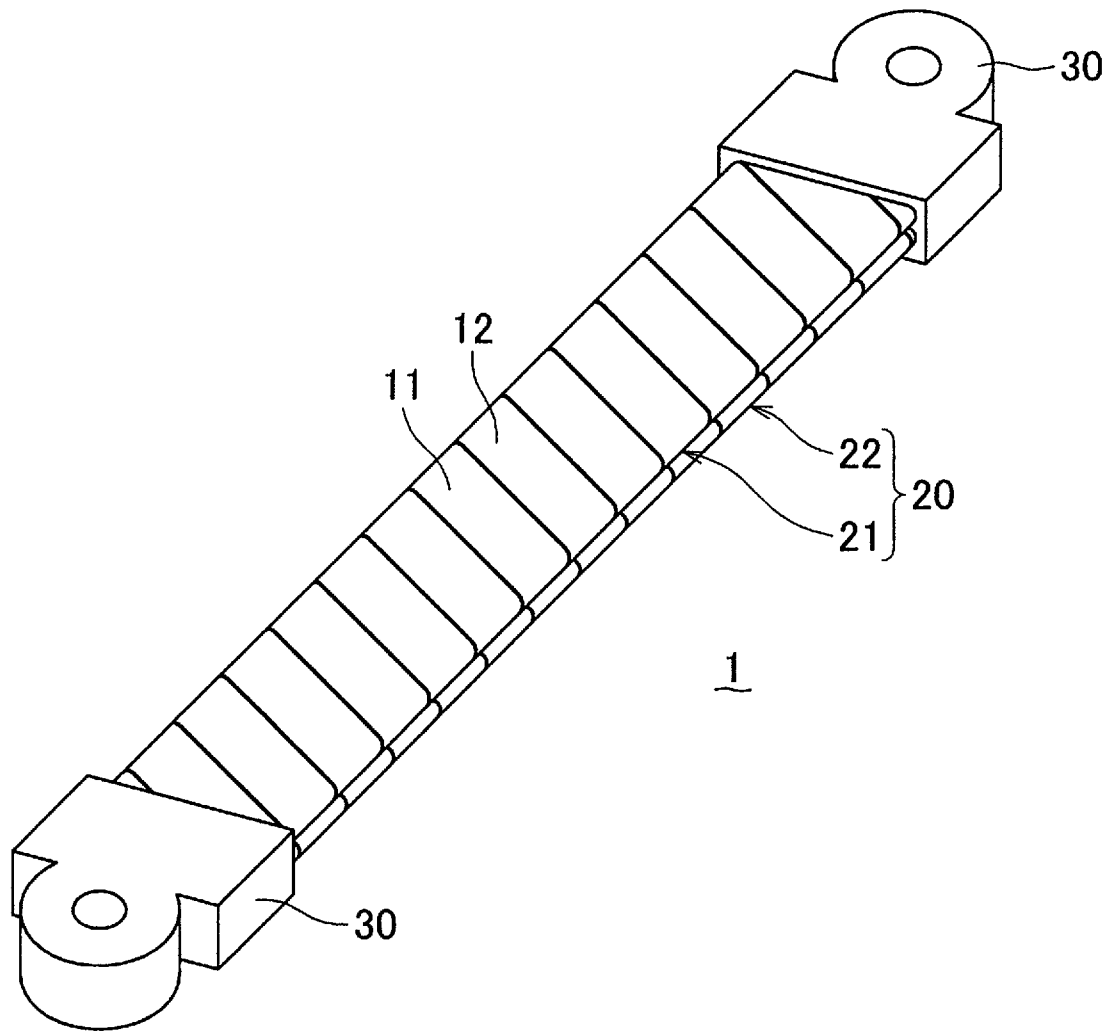
前記第1導体線と前記第2導体線とをそれぞれの長手方向に並設し、それぞれの幅方向の表面が互いに対向するように重ね合わせて積層して積層導体線を構成し、

前記端子部接合工程は、

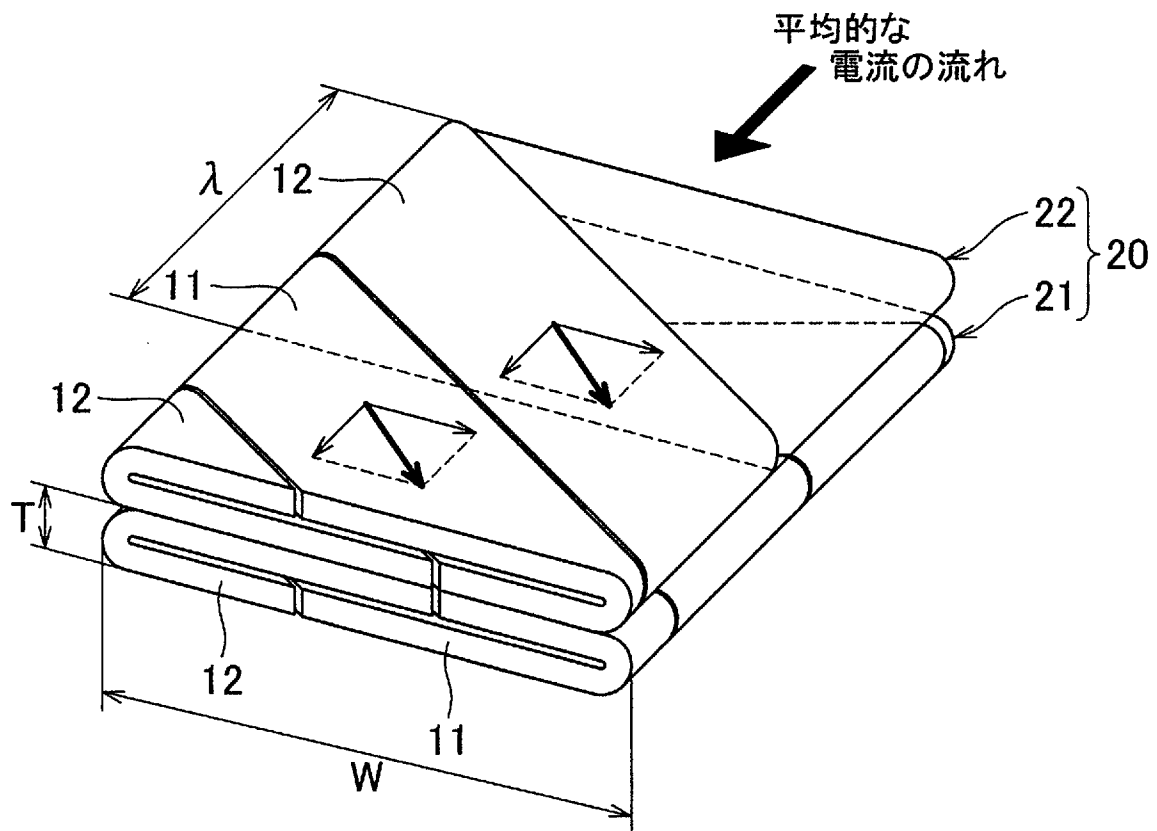
電気接続するための端子部を前記積層導体線の両端側に配置し、前

記第 1 導体線と前記第 2 導体線に接合することを特徴とする請求項 1
1 に記載のバスバーの製造方法。

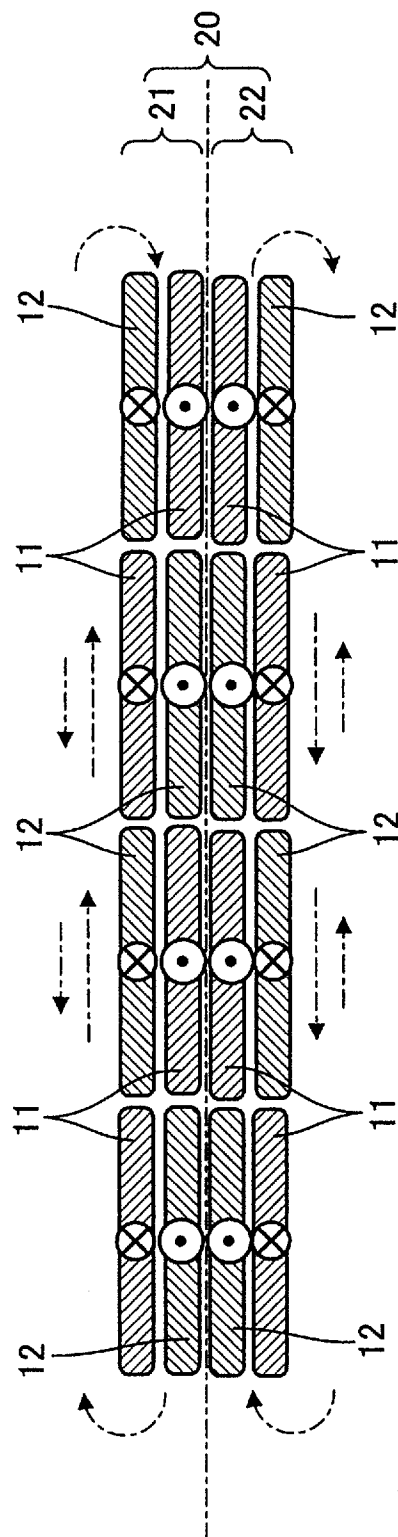
[図1]



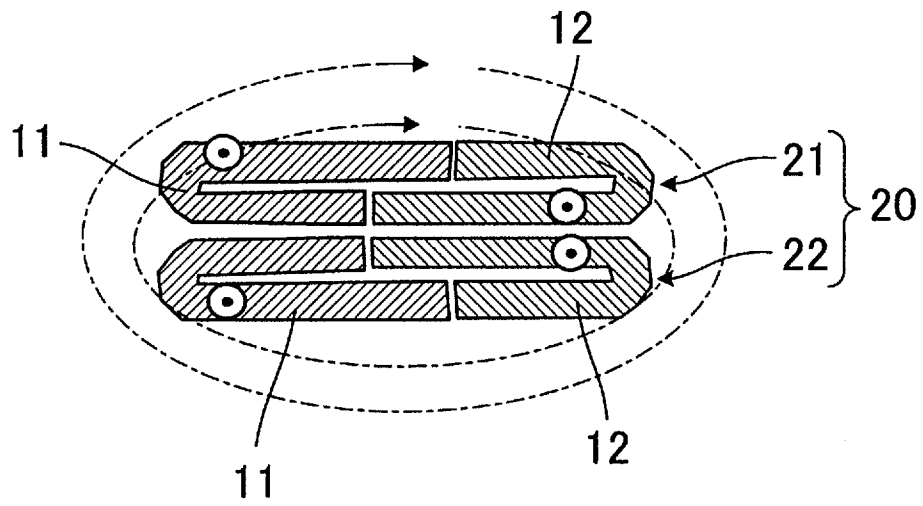
[図2]



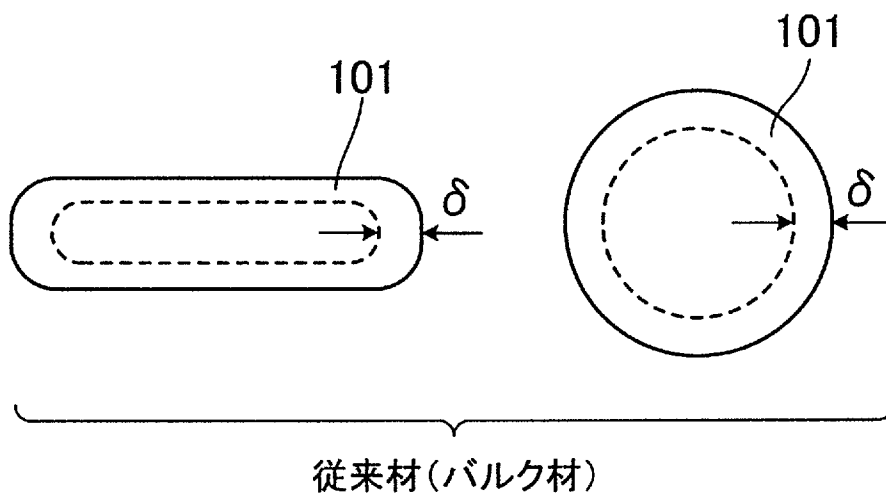
[図3]



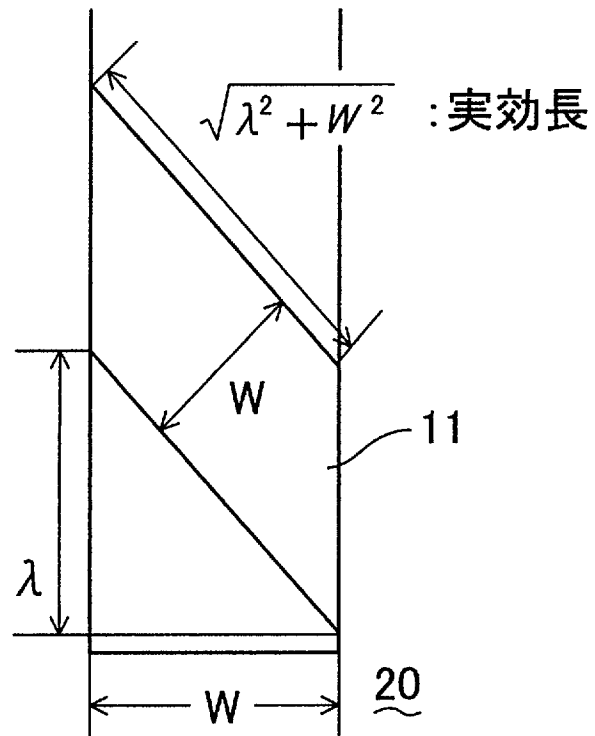
[図4A]



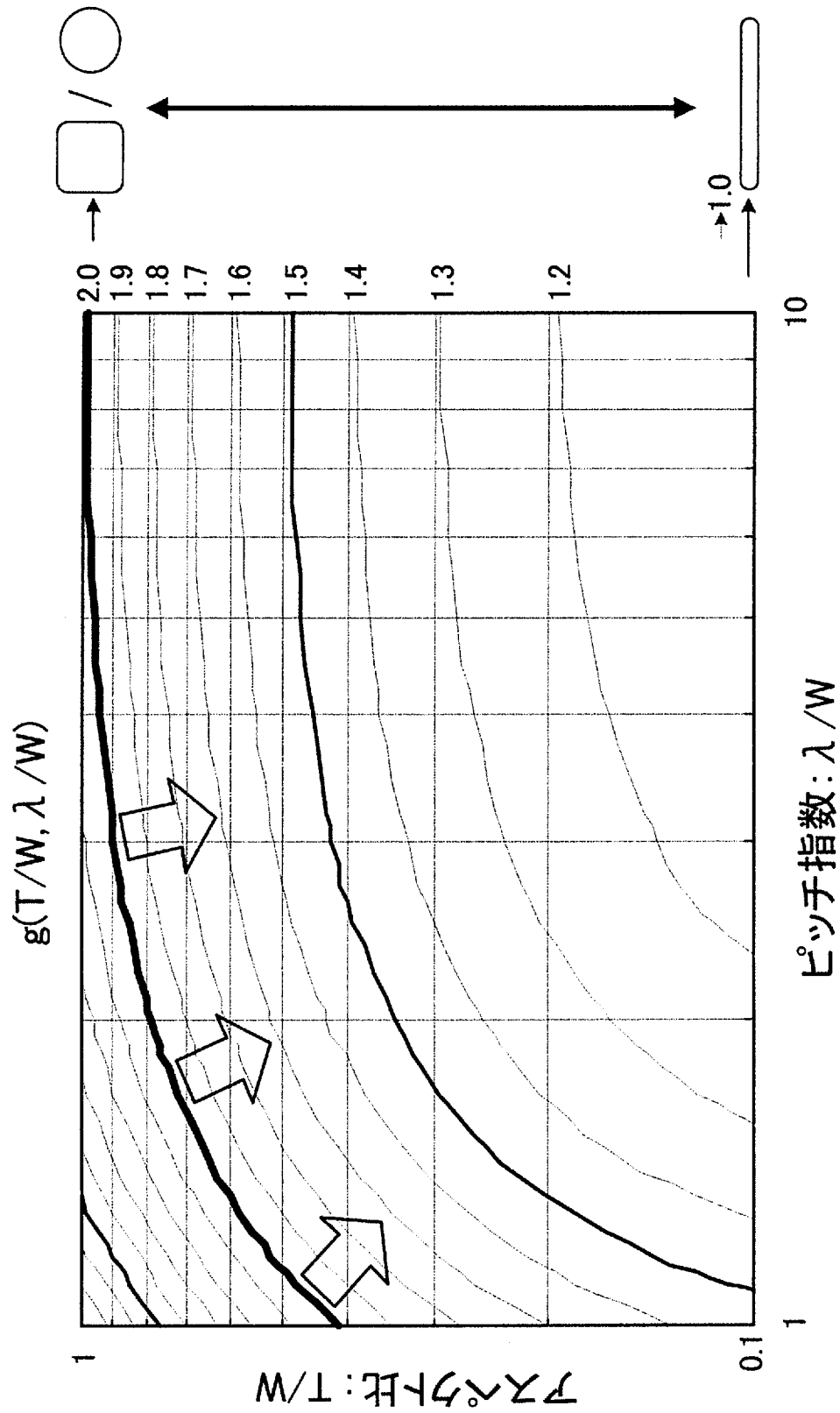
[図4B]



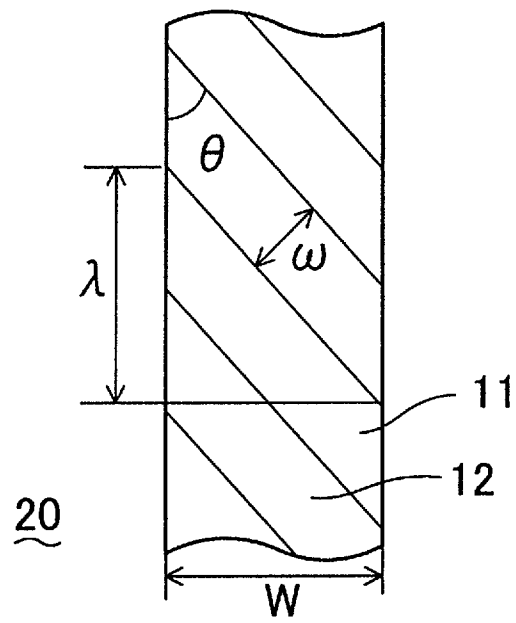
[図5]



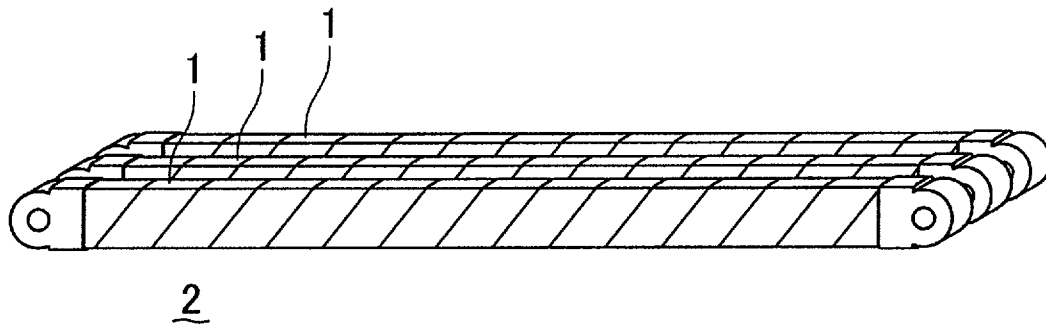
[図6]



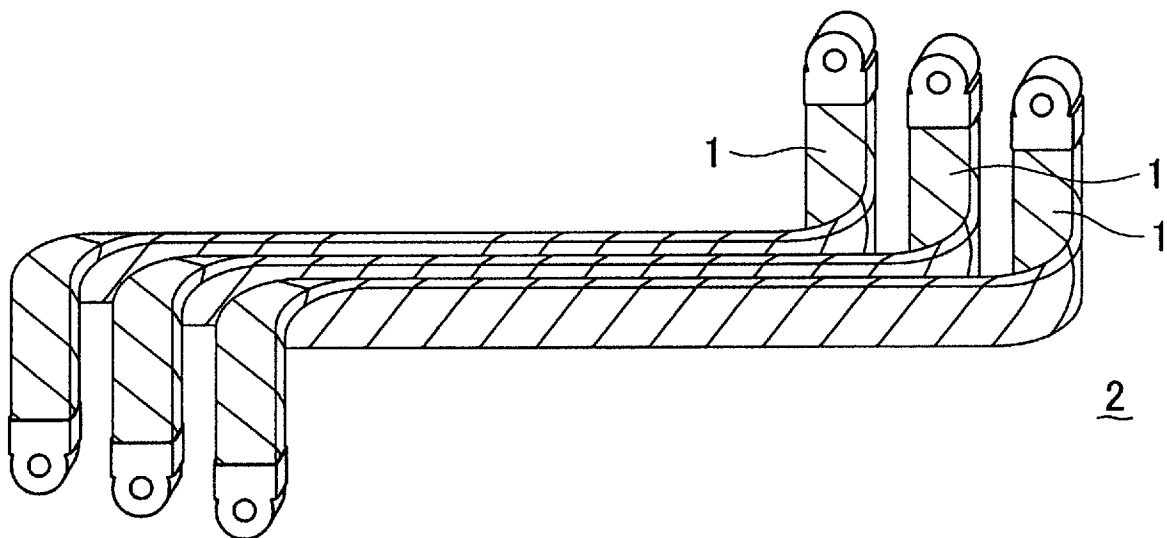
[図7]



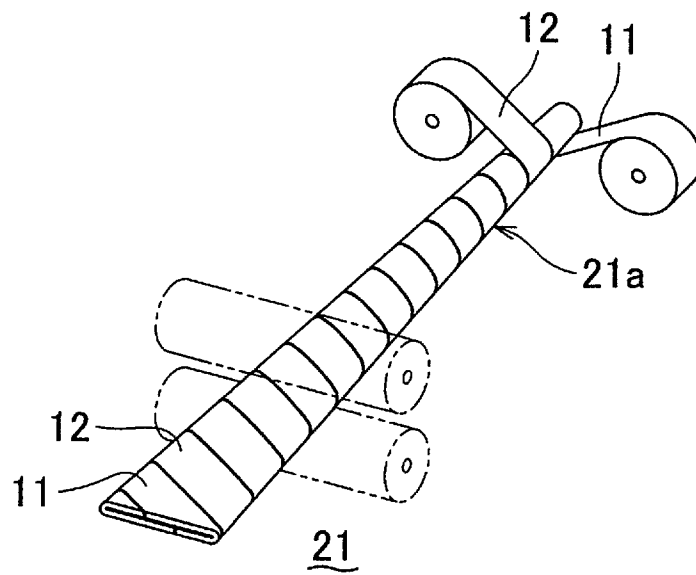
[図8A]



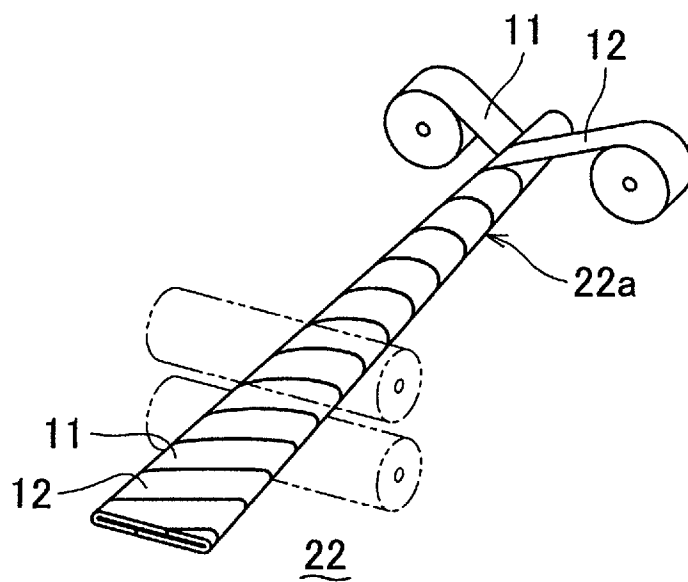
[図8B]



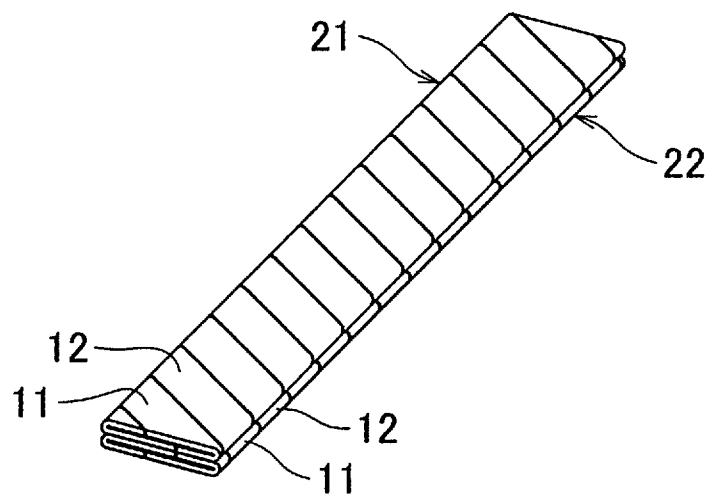
[図9A]



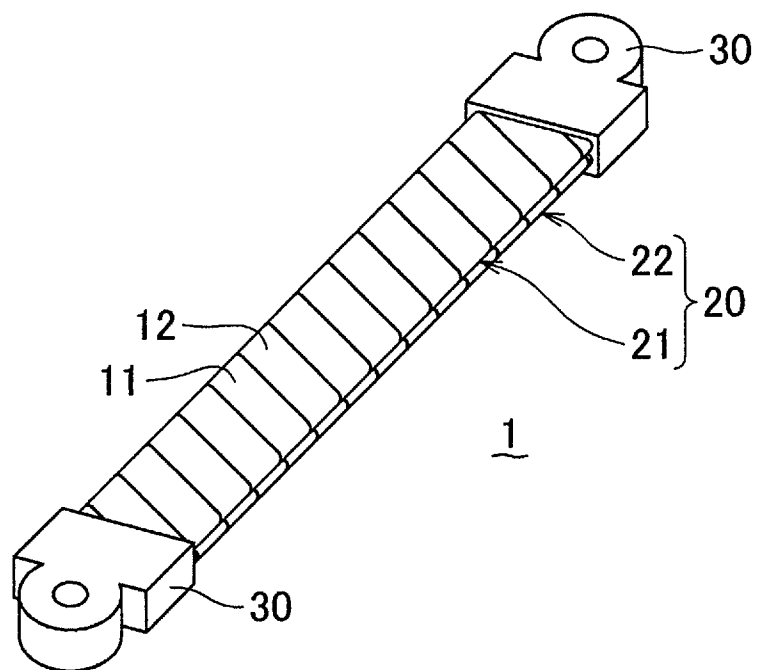
[図9B]



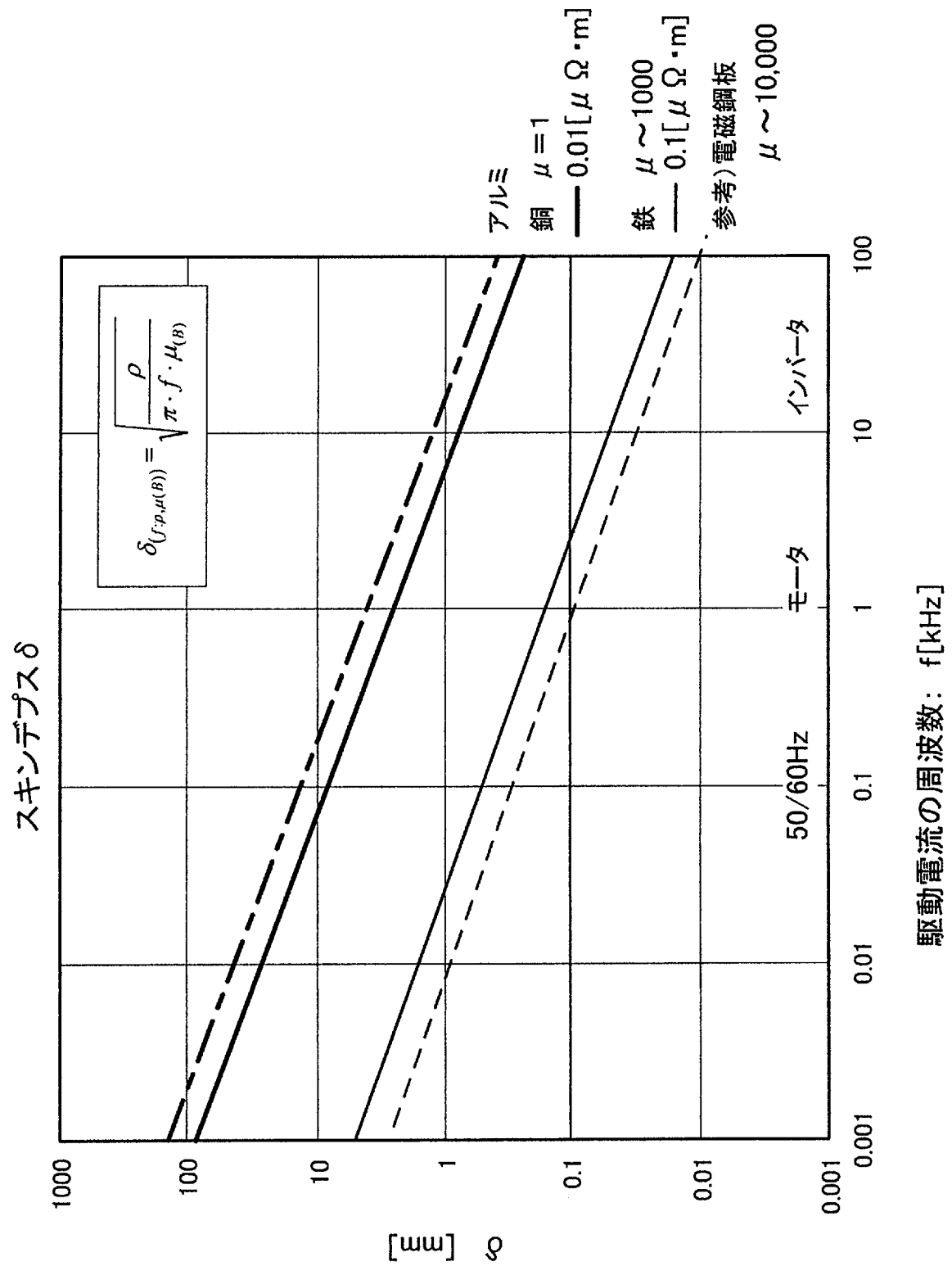
[図9C]



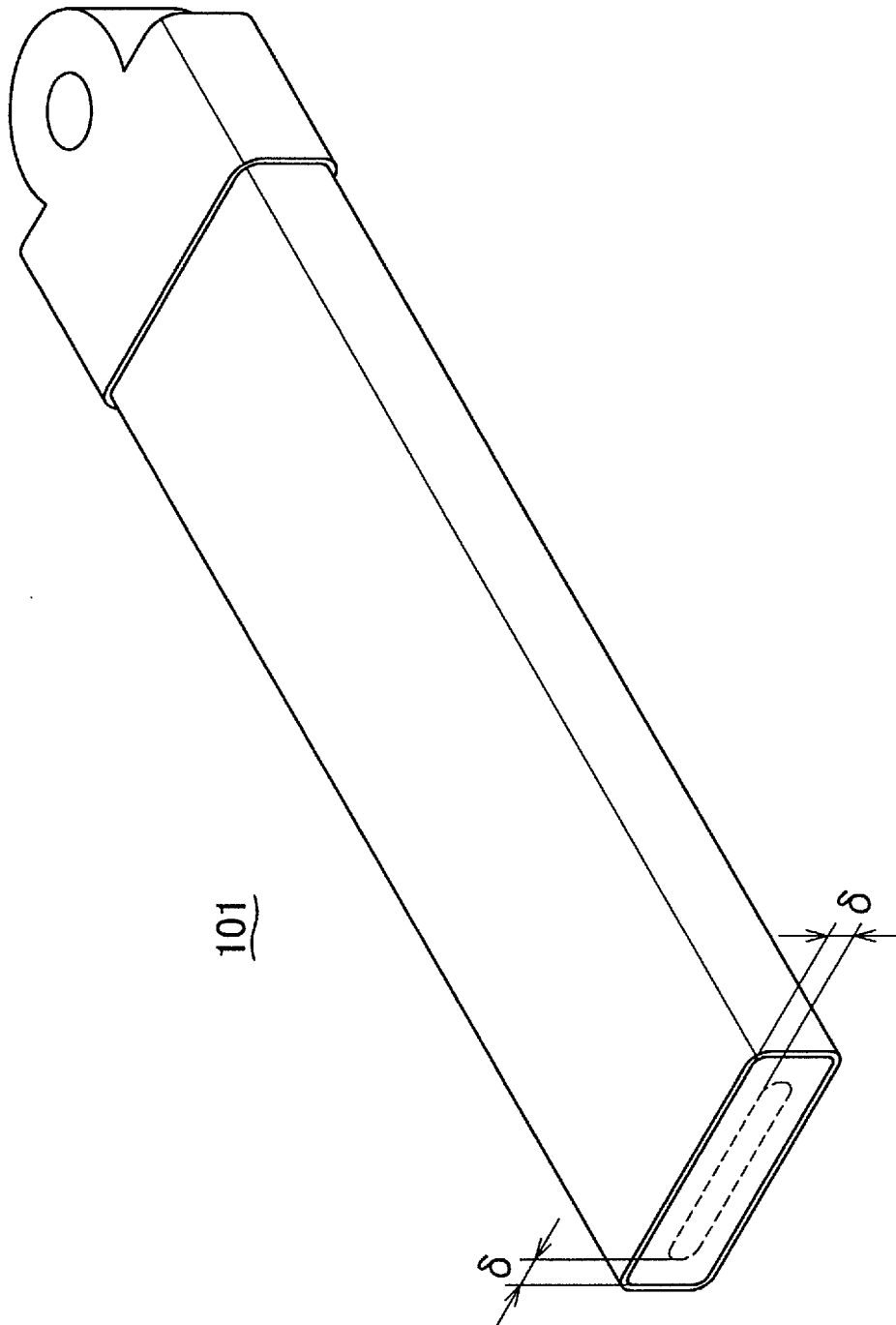
[図9D]



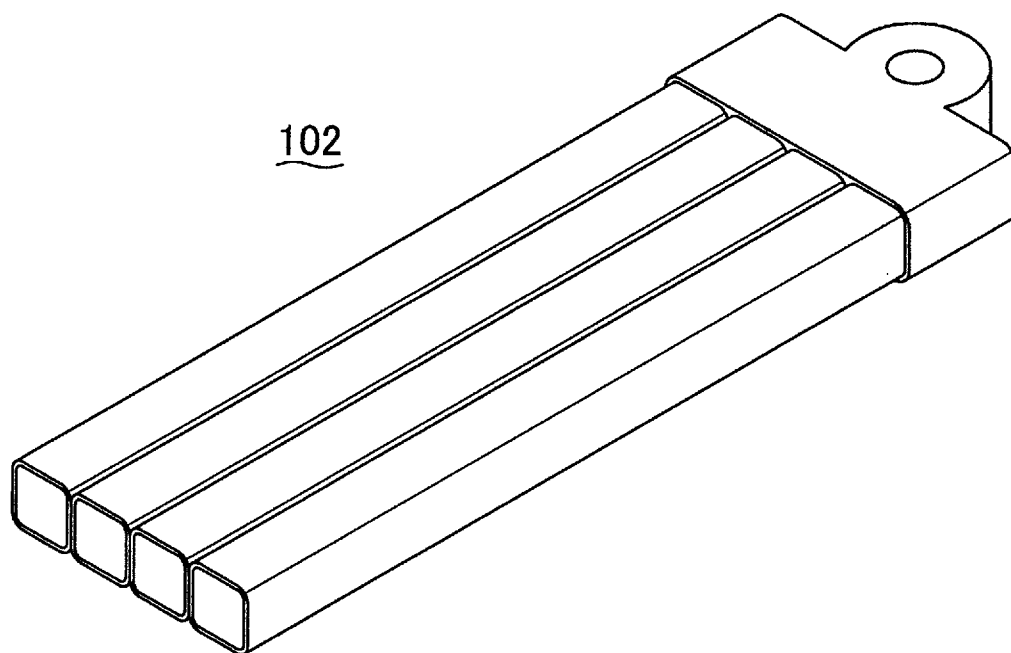
[図10]



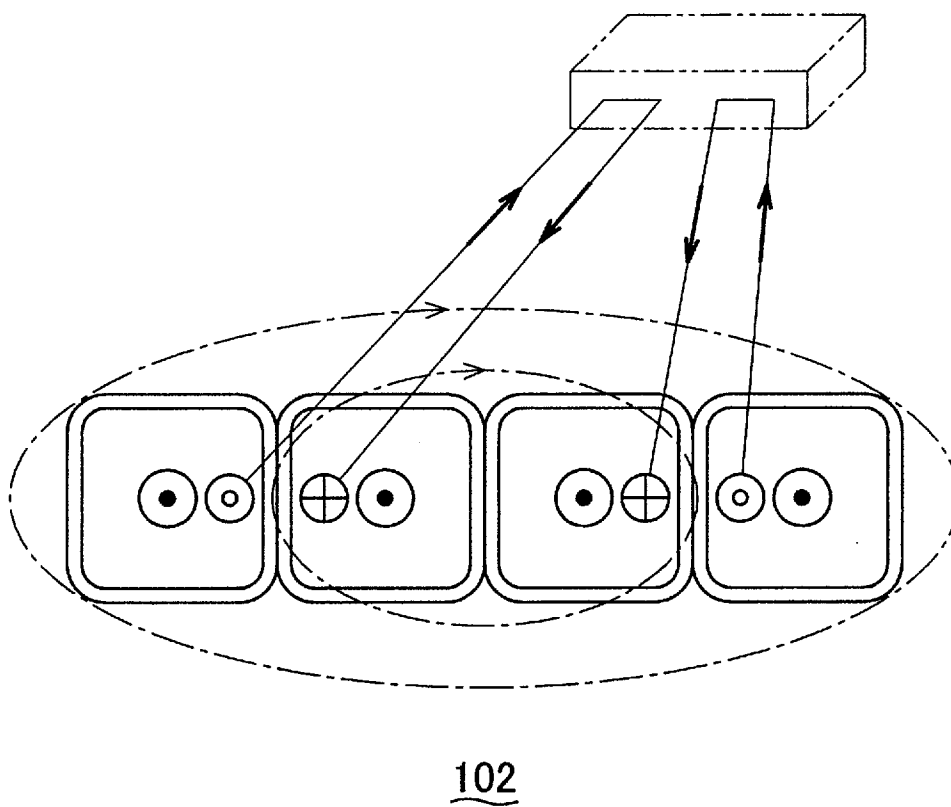
[図11]



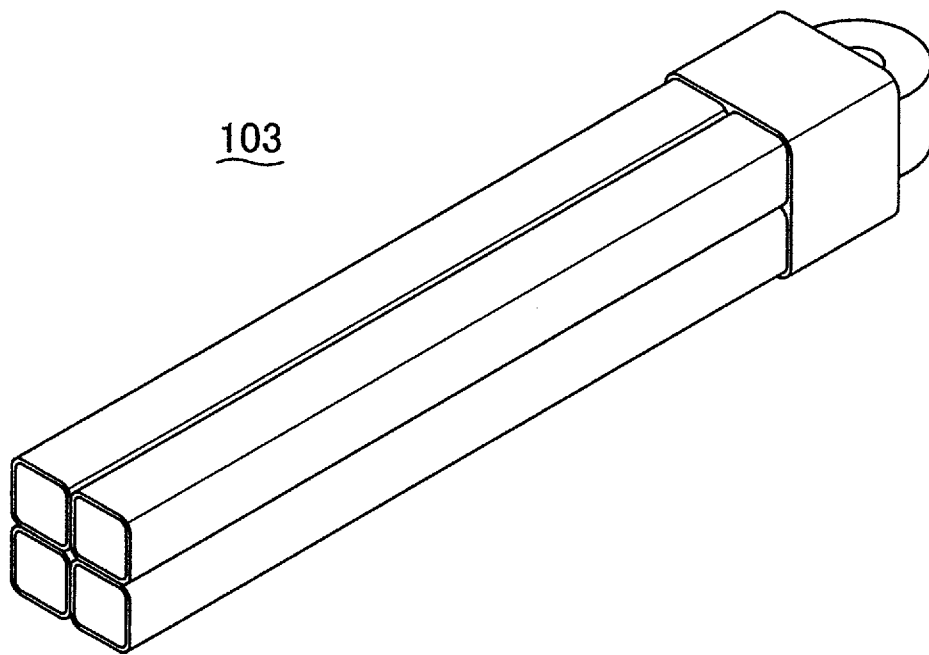
[図12A]



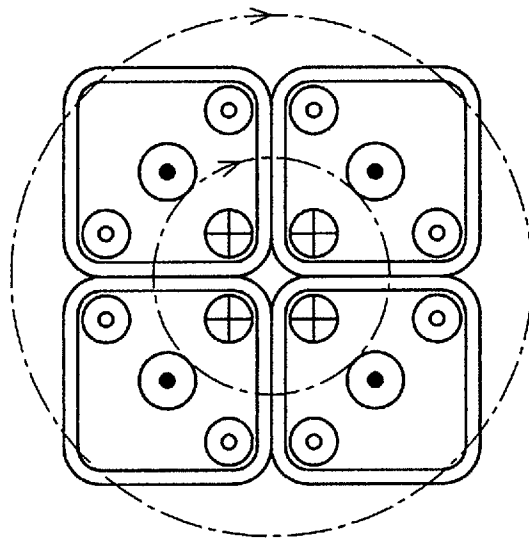
[図12B]



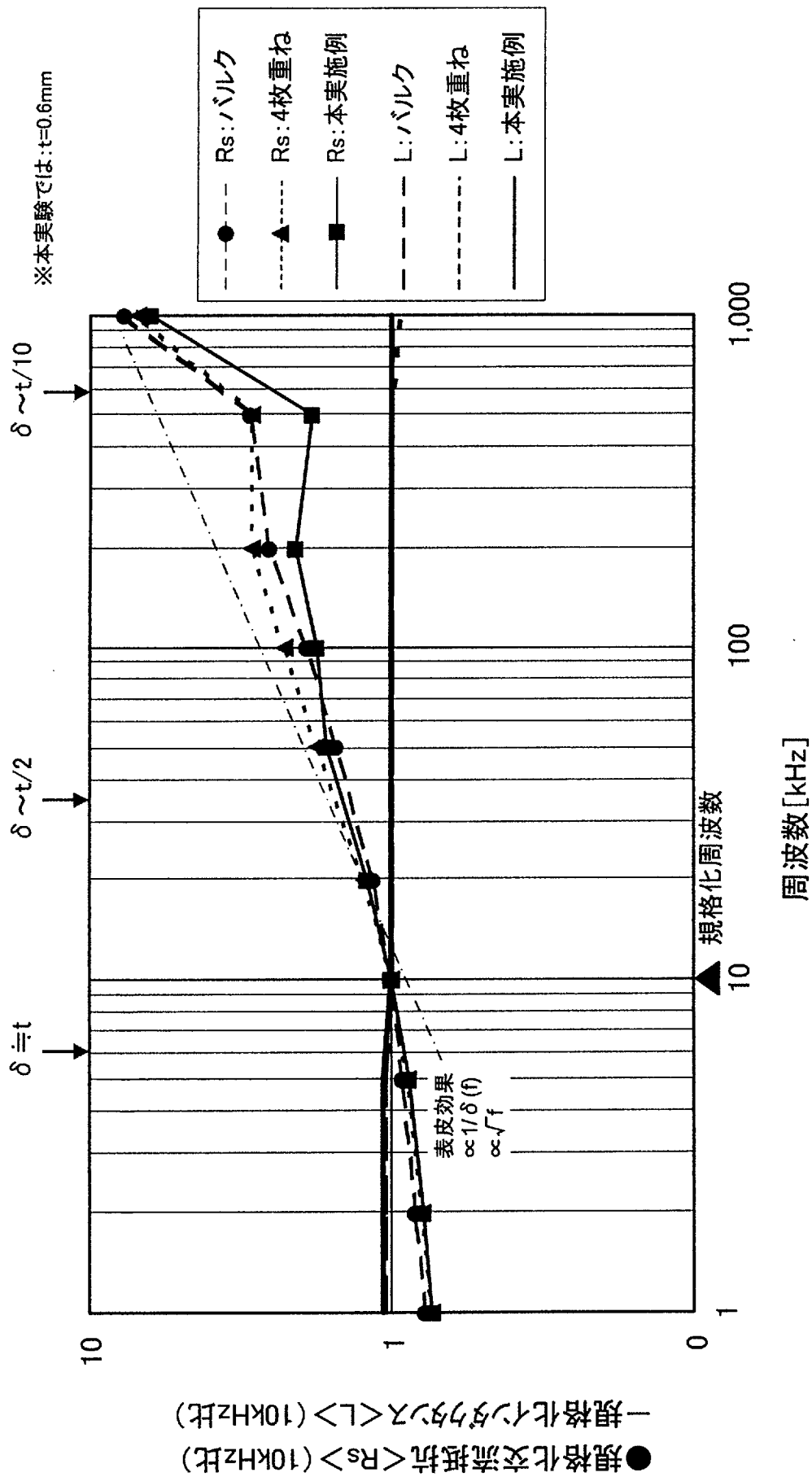
[図13A]



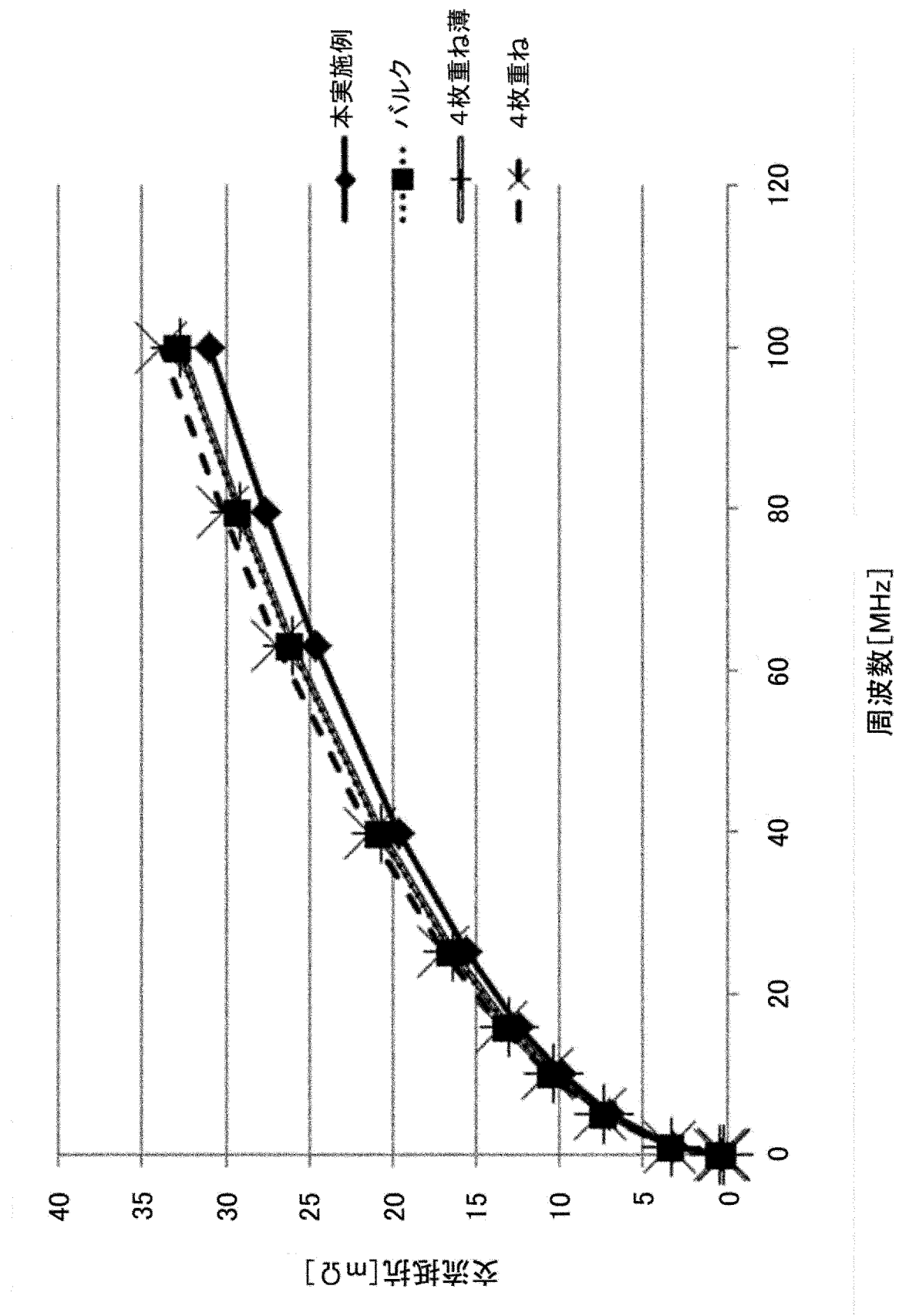
[図13B]

103

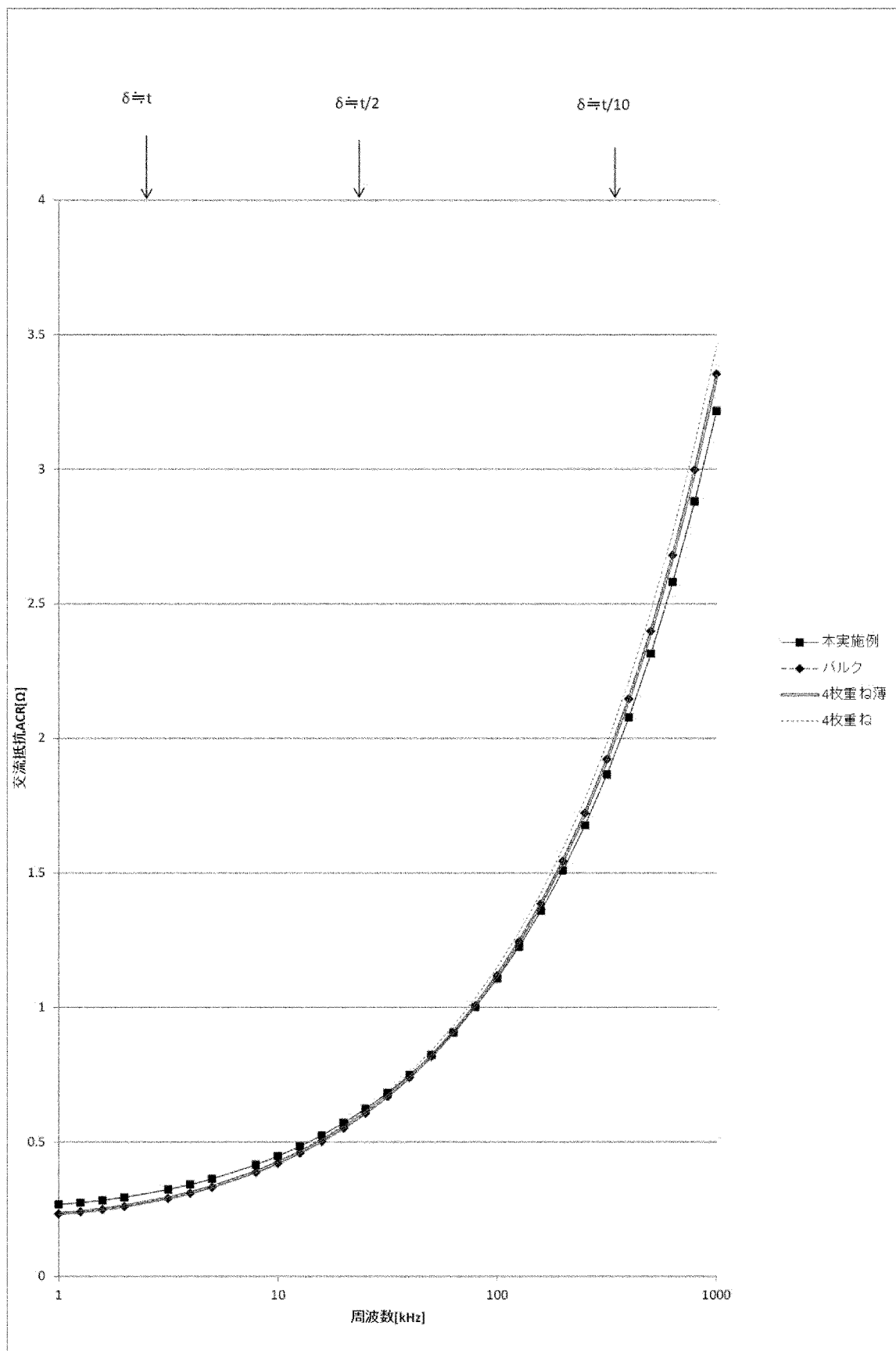
[図14]



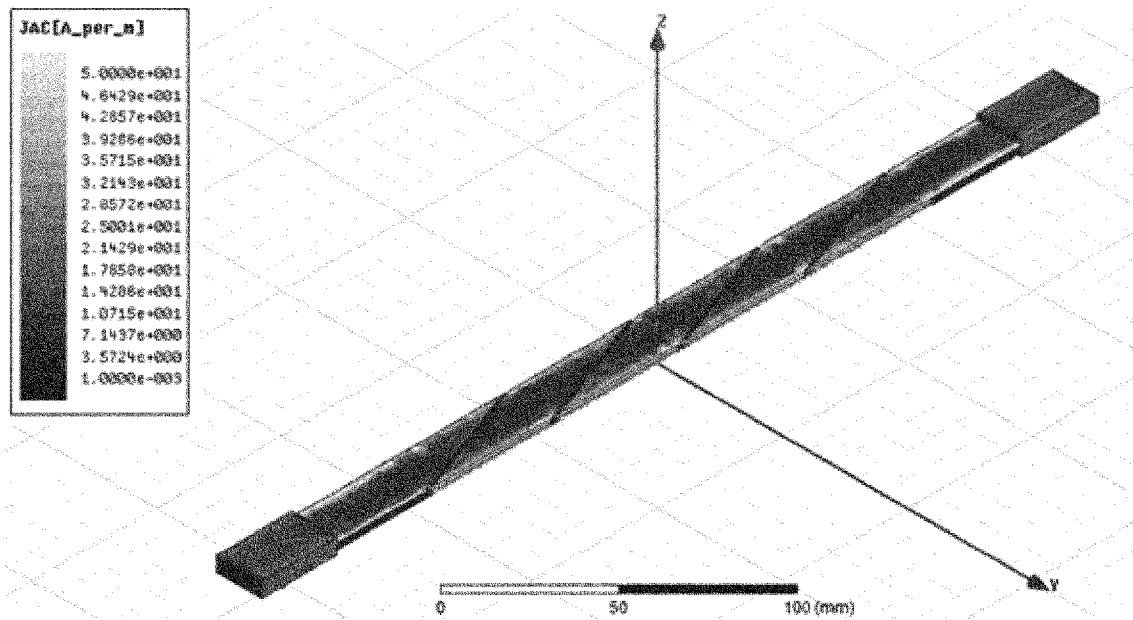
[図15]



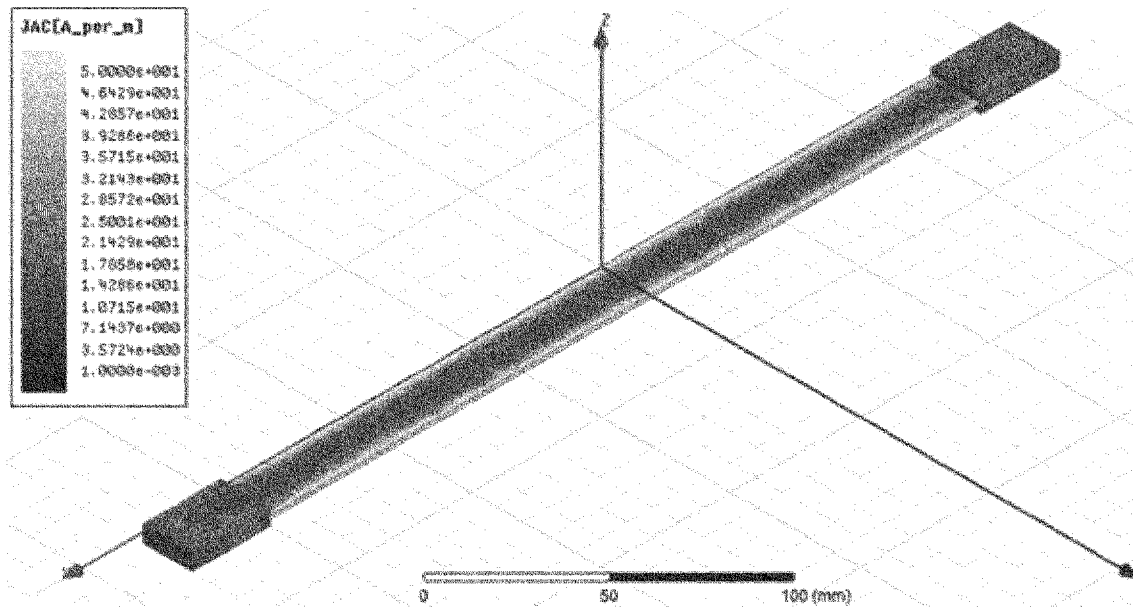
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/085268

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02G5/02(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)

H02G5/02, H02G5/06, H01R35/00, H02M1/00, H01R35/02

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
A	JP 50-544 Y1 (Hitachi Cable, Ltd.), 09 January 1975 (09.01.1975), entire text; fig. 1 to 7 (Family: none)	1-12
A	WO 2012/118047 A1 (Autonetworks Technologies, Ltd.), 07 September 2012 (07.09.2012), paragraphs [0019] to [0031]; fig. 1, 2 & JP 2012-182043 A	1-12
A	JP 9-135565 A (Hitachi, Ltd.), 20 May 1997 (20.05.1997), paragraphs [0023] to [0034]; fig. 1, 2 & CN 1153421 A	1-12

☒ 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
17 January, 2014 (17.01.14)

Date of mailing of the international search report
28 January, 2014 (28.01.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/085268

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-246298 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 28 October 2010 (28.10.2010), paragraphs [0002] to [0008]; fig. 1, 2 (Family: none)	1-12
A	WO 2012/118046 A1 (Autonetworks Technologies, Ltd.), 07 September 2012 (07.09.2012), paragraphs [0030] to [0043]; fig. 1, 2 & JP 2012-182047 A	1-12
A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 51873/1982 (Laid-open No. 156308/1983) (Tokyo Shibaura Electric Co., Ltd.), 19 October 1983 (19.10.1983), page 2, lines 10 to 17; fig. 1 (Family: none)	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02G5/02(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. H02G5/02, H02G5/06, H01R35/00, H02M1/00, H01R35/02

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 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
A	J P 5 0 - 5 4 4 Y 1（日立電線株式会社） 1 9 7 5 . 0 1 . 0 9, 全文, 第 1 - 7 図（ファミリーなし）	1-12
A	WO 2 0 1 2 / 1 1 8 0 4 7 A 1 （株式会社オートネットワーク技術研究所） 2 0 1 2 . 0 9 . 0 7, 段落【0 0 1 9】 - 【0 0 3 1】, 図 1, 2 & J P 2 0 1 2 - 1 8 2 0 4 3 A	1-12

☒ 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

1 7 . 0 1 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

2 8 . 0 1 . 2 0 1 4

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）

3 X

9 2 4 9

関 信之

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 3 7 2

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
A	J P 9-135565 A (株式会社日立製作所) 1997. 05. 20, 段落【0023】-【0034】, 図1, 2 & C N 1153421 A	1-12
A	J P 2010-246298 A (住友電気工業株式会社) 2010. 10. 28, 段落【0002】-【0008】, 図1, 2 (ファミリーなし)	1-12
A	W O 2012/118046 A1 (株式会社オートネットワーク技術研究所) 2012. 09. 07, 段落【0030】-【0043】, 図1, 2 & J P 2012-182047 A	1-12
A	日本国実用新案登録出願57-51873号(日本国実用新案登録 出願公開58-156308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(東京芝浦電気株式会社) 1983. 10. 19, 第2ページ第10-17行, 第1図(フ ァミリーなし)	1-12