

(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 9 月 12 日(12.09.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/136288 A1

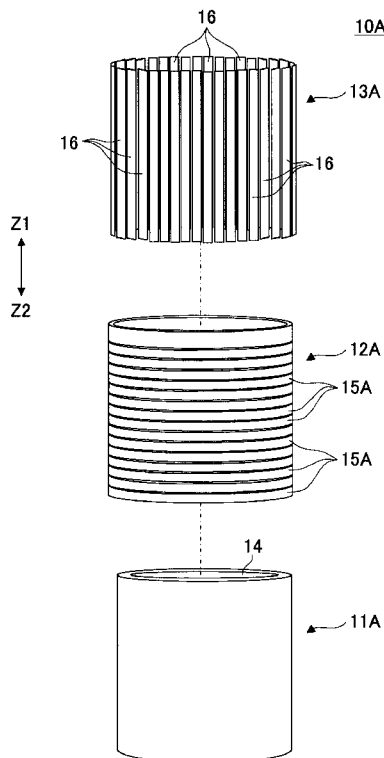
- (51) 国際特許分類:
H01L 39/00 (2006.01) H05K 9/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/071403
- (22) 国際出願日: 2013 年 8 月 7 日(07.08.2013)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2013-043293 2013 年 3 月 5 日(05.03.2013) JP
- (71) 出願人: 住友重機械工業株式会社 (SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒1416025 東京都品川区大崎二丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 三上 行雄 (MIKAMI, Yukio); 〒2378555 神奈川県横須賀市夏島町 1 9 番地 住友重機械工業株式会社 横須賀製造所内 Kanagawa (JP).
- (74) 代理人: 伊東 忠重, 外(ITO, Tadashige et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内二丁目 1 番 1 号 丸の内 MY PLAZA (明治安田生命ビル) 16 階 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, 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), ユーロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

[続葉有]

(54) Title: SUPERCONDUCTIVE MAGNETIC SHIELD DEVICE AND METHOD OF PRODUCING SAME

(54) 発明の名称: 超電導磁気シールド装置及びその製造方法

[図3]



(57) Abstract: The present invention is related to a superconductive magnetic shield device capable of, even when high-temperature superconductive material is used, achieving easiness of assembly, improvement of yield, and low cost. The device is provided with: an axis-direction magnetic shield comprising axis-direction superconductive material circumferentially disposed; a horizontal-direction magnetic shield disposed perpendicularly or at an angle with respect to the axis direction of the axis-direction magnetic shield, and comprising horizontal superconductive material electrically connected with the axis-direction magnetic shield; and a supporting body which supports the axis-direction magnetic shield and the horizontal-direction magnetic shield.

(57) 要約: 本発明は高温超電導材料を用いても組み立ての容易化、歩留まりの向上、及び低コスト化を図ることができる超電導磁気シールド装置に係り、周方向に配設された軸方向用超電導材からなる軸方向磁気シールドと、前記軸方向磁気シールドの軸方向に対して直交或いは傾いて配設され、前記軸方向磁気シールドと電氣的に接続される横方向用超電導材からなる横方向磁気シールドと、前記軸方向磁気シールド及び前記横方向磁気シールドを支持する支持体とを備える。

WO 2014/136288 A1



(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))

明 細 書

発明の名称：超電導磁気シールド装置及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、高温超電導体を用いて磁気シールドを行う超電導磁気シールド装置及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 例えば、脳磁計や心磁計のような微弱磁場を計測する微弱磁場計測装置は、地磁気等の外部磁場が印加された場合、これを外乱として計測してしまう。このため、外乱が微弱磁場計測装置に悪影響を及ぼさないように微弱磁場計測装置を外乱となる外部磁場から遮蔽する磁気シールド装置でシールドし、これにより微弱磁場を計測することが行われている。

[0003] 従来、この磁気シールド装置としては、微弱磁場計測装置を設置する部屋の内壁全体を磁気シールド材で構成し、この磁気シールドルームにより外部磁場の影響を防止するものがあった（特許文献1参照）。しかしながら、磁気シールドルームは部屋全体を磁気シールドする構成であるため、大掛かりな設備となってしまう。

[0004] そこで、内部に人体全体或いは頭部を装着可能とした筒状の超電導磁気シールド装置が提案されている（特許文献2参照）。この超電導磁気シールド装置は筒状基材にマイスナー効果を有する超電導体を配設した構成を有し、地磁気等が印加された際に超電導体が有する完全反磁性により対象空間の磁場を遮蔽する。これにより、地磁気等の外部磁場に影響されることなく、微弱磁場を計測することが可能となる。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2002-291713号公報

特許文献2：特開平10-313135号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] ところで、超電導磁気シールドを構成する超電導材としては、低温超電導材と高温超電導材が存在する。超電導磁気シールドの材料として低温超電導材を用いた場合、低温超電導材は成型が容易であるため大径の円筒形状を有した超電導磁気シールドを比較的容易に製造することかできる。しかしながら、低温超電導材料を用いた場合には冷却温度を 9 K 以下に保つ必要があり、冷却装置が大掛かりになってしまう。
- [0007] これに対し、超電導磁気シールドの材料として高温超電導材を用いた場合、冷却温度は 80 K 以下と冷却は容易になるが、高温超電導材料は製造が面倒となる。具体的には、円筒状基材に溶射により高温超電導材料を被膜形成することが行われる。しかしながら、この作業は面倒で作製に長い時間を要し製品コストが高くなるという問題点がある。
- [0008] 一方、超電導磁気シールド装置は、筒状に形成された超電導磁気シールドの内部に人が入るため、これに対応した大きさが必要となる。これに対し、従来の高温超電導材料を用いた超電導磁気シールドは、一体物とされていたため部分補修ができなかった。
- [0009] よって、超電導磁気シールドの一部に不良箇所が発生すると、大きな形状を有する超電導磁気シールドの全てが使用不可能となり、全体を改めて作製し直す必要が生ずる。このため、従来の超電導磁気シールド装置は歩留まりが低く、製造に関するリスクが高いという問題点があった。
- [0010] 更に、高温超電導材料は歪に対して脆弱であり、歪により容易にクラックが発生するため、超電導磁気シールド装置の組み立て作業においてその取扱に注意を要するという問題点もあった。

課題を解決するための手段

- [0011] 本発明は、上述した従来技術の問題を解決する、改良された有用な超電導磁気シールド装置及びその製造方法を提供することを総括的な目的とする。
- [0012] 本発明のより詳細な目的は、高温超電導材料を用いても組み立ての容易化、歩留まりの向上、及び低コスト化を図りうる超電導磁気シールド装置及び

その製造方法を提供することにある。

[0013] この目的を達成するために、本発明は、

前記軸方向磁気シールドの軸方向に対して直交或いは傾いて配設され、前記軸方向磁気シールドと接続される横方向用超電導材からなる横方向磁気シールドと、

前記軸方向磁気シールド及び前記横方向磁気シールドを支持する支持体とを有する。

発明の効果

[0014] 開示の発明によれば、軸方向磁気シールドと横方向磁気シールドとにより超電導磁気シールド装置が構成されているため、超電導磁気シールド装置の組み立ての容易化、歩留まりの向上、及び低コスト化を図ることができ、また軸方向磁場及び横方向磁場が印加されてもこれを確実にシールドすることができる。

図面の簡単な説明

[0015] [図1]本発明の第1実施形態である超電導磁気シールド装置の斜視図である。

[図2]本発明の第1実施形態である超電導磁気シールド装置の平面図である。

[図3]本発明の第1実施形態である超電導磁気シールド装置の分解斜視図である。

[図4]軸方向用テープ状超電導材を拡大して示す斜視図である。

[図5]軸方向用テープ状超電導材と横方向用テープ状超電導材との接合位置を拡大して示す断面図である。

[図6]軸方向磁場が印加された時に軸方向用テープ状超電導材に発生する渦電流を示す図である。

[図7]横方向磁場が印加された時に軸方向用テープ状超電導材と横方向用テープ状超電導材との間に発生する渦電流を示す図である。

[図8]本発明の第1実施形態である超電導磁気シールド装置の横方向磁場に対するシールド率を示す図である。

[図9]本発明の第1実施形態である超電導磁気シールド装置の軸方向磁場に対

するシールド率を示す図である。

[図10]軸方向のシールド率と、軸方向用テープ状超電導材の接続抵抗と、軸方向用テープ状超電導材の間隙との関係を示す図である。

[図11]本発明の第2実施形態である超電導磁気シールド装置の分解図である。

[図12]本発明の第3実施形態である超電導磁気シールド装置の分解斜視図である。

[図13]本発明の第4実施形態である超電導磁気シールド装置の平面図である。

[図14]第4実施形態である超電導磁気シールド装置に用いる横方向用テープ状超電導材を拡大して示す図である。

[図15]本発明の第5実施形態である超電導磁気シールド装置の平面図である。

[図16]は、本発明の第5実施形態である超電導磁気シールド装置の斜視図である。

[図17]本発明の第6実施形態である超電導磁気シールド装置の平面図である。

[図18]本発明の第6実施形態である超電導磁気シールド装置の一部を切り欠いた斜視図である。

[図19]本発明の第6実施形態である超電導磁気シールド装置の軸方向のシールド率と軸方向用テープ状超電導材の接続抵抗との関係を示す図である。

[図20]は、本発明の第7実施形態である超電導磁気シールド装置の製造方法を説明するための図である（その1）。

[図21]本発明の第7実施形態である超電導磁気シールド装置の製造方法を説明するための図である（その2）。

[図22]本発明の第7実施形態である超電導磁気シールド装置の製造方法を説明するための図である（その3）。

[図23]本発明の第7実施形態である超電導磁気シールド装置の斜視図である

。

符号の説明

- [0016] 1 0 A ~ 1 0 G 超電導磁気シールド装置
1 1 A, 1 1 B 支持体
1 2 A, 1 2 B 軸方向磁気シールド
1 3 A, 1 3 B, 1 3 C 横方向磁気シールド
1 4 空間部
1 5 A, 1 5 B 軸方向用テープ状超電導材
1 6, 2 0 横方向用テープ状超電導材
2 0 A 本体部
2 0 B 折曲部
1 7 冷却管
1 8, 1 9 はんだ
3 0 閉塞用磁気シールド
3 2 閉塞用テープ状超電導材
3 4 間隙
4 0 格子状磁気シールド

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明の実施形態について図面を参照しつつ説明する。

[0018] なお、添付の全図面の中の記載で、同一又は対応する部材又は部品には、同一又は対応する参照符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面は、特に指定しない限り、部材もしくは部品間の相対比を示すことを目的としない。従って、具体的な寸法は、以下の限定的でない実施形態に照らし、当業者により決定することができる。

[0019] また、以下説明する実施形態は、発明を限定するものではなく例示であって、実施形態に記述される全ての特徴やその組み合わせは、必ずしも発明の本質的なものであるとは限らない。

[0020] 図 1 乃至図 3 は、本発明の第 1 実施形態である超電導磁気シールド装置 1

０Ａを示している。図１は超電導磁気シールド装置１０Ａの斜視図、図２は平面図、図３は分解斜視図である。この超電導磁気シールド装置１０Ａは、例えば脳磁計や心磁計のような微弱磁場を計測する微弱磁場計測装置に適用される。

[0021] 超電導磁気シールド装置１０Ａは、支持体１１Ａ、軸方向磁気シールド１２Ａ、及び横方向磁気シールド１３Ａ等を有している。本実施形態では、最内周に支持体１１Ａが配設され、その外周に軸方向磁気シールド１２Ａが配設され、更にその外周に横方向磁気シールド１３Ａが配設された構成とされている。よって、超電導磁気シールド装置１０Ａは、支持体１１Ａ、軸方向磁気シールド１２Ａ、及び横方向磁気シールド１３Ａが三重に重なった構成とされている。

[0022] また、超電導磁気シールド装置１０Ａは、全体として円筒形状を有している。よって、その中央部分には空間部１４が形成されており、超電導磁気シールド装置１０Ａを脳磁計に適用した場合には、この空間部１４の内部に脳磁計が配設され、また被測定体となる人の頭部が挿入される。以下、超電導磁気シールド装置１０Ａを構成する各構成要素について説明する。

[0023] 先ず、支持体１１Ａについて説明する。支持体１１Ａは円筒形状を有しており、軸方向磁気シールド１２Ａ及び横方向磁気シールド１３Ａを支持するものである。

[0024] この支持体１１Ａは、特にその材質を限定されるものではないが、本実施形態では非磁性で成形性の良好な樹脂或いは金属を用いている。具体的には、ＦＲＰ（ガラス繊維強化プラスチック）等を用いることができる。また、この支持体１１Ａの内周に、各磁気シールド１２、１３Ａを冷却する冷媒が流れる冷却管を配設してもよい。

[0025] 軸方向磁気シールド１２Ａは、軸方向磁場に対するシールドを行うものである。なお、本明細書において、円筒の軸方向（図中矢印Ｚ１、Ｚ２で示す方向）の磁場を軸方向磁場と呼び、円筒の軸方向に直交する方向の磁場を横方向磁場と呼ぶものとする。また、軸方向磁場に対する磁気シールドを軸方

向磁気シールドといい、横方向磁場に対する磁気シールドを横方向磁気シールドというものとする。

[0026] なお、軸方向又は横方向以外の方向から印される磁場は、軸方向の成分（軸方向磁場成分）と、横方向の成分（横方向磁場成分）とに分解することができる。このため、以下の説明においては軸方向磁場と横方向磁場についてのみ説明するものとする。

[0027] 次に、軸方向磁気シールド 1 2 A について説明する。軸方向磁気シールド 1 2 A は、軸方向用テープ状超電導材 1 5 A を支持体 1 1 A の軸方向に複数積層した（積み重ねた）構成を有している。軸方向用テープ状超電導材 1 5 A は、図 4 に拡大して示すように、テープ状超電導材 2 1 を曲げてリング状にすると共に、その両端部をはんだ 1 8 で接合した構成としてもよい。

[0028] ここで、テープ状超電導材 2 1 としては、超電導材の外周を金属で覆うか、又は金属の基板の上に高温超電導材を成膜したものを用いることができる。また、超電導材としては、臨界温度が高い高温超電導材を用いている。このテープ状超電導材 2 1 としては、例えば住友電気工業株式会社製の DI-BSCC 0（製品名）を用いることができる。

[0029] このように構成されたテープ状超電導材 2 1 は、超電導材単体の場合に比べて機械的強度が高く、歪に対しても強い。このため、図 4 に示すようにテープ状超電導材 2 1 をループ状に成形しても、その歪により高温超電導材が損傷するようなことはなく歩留まりの向上を図ることができる。また、テープ状超電導材 2 1 及び軸方向用テープ状超電導材 1 5 A の取扱が容易であることにより、軸方向磁気シールド 1 2 A の組み立て作業を容易に行うことができる。

[0030] 上記の構成とされた軸方向用テープ状超電導材 1 5 A は、支持体 1 1 A の外周に接着剤等を用いて固定される。これにより、軸方向磁気シールド 1 2 A は、支持体 1 1 A に支持された構成となる。

[0031] 次に、横方向磁気シールド 1 3 A について説明する。横方向磁気シールド 1 3 A は、本実施形態では横方向用テープ状超電導材 1 6 を支持体 1 1 A の

周方向に複数並設した（平行に並べた）構成を有している。この横方向用テープ状超電導材 16 は、上記したテープ状超電導材 21 と同様に、高温超電導材の外周を金属で覆うか、又は金属の基板の上に高温超電導材を成膜した構成のものを使用することができる。

[0032] 横方向磁気シールド 13A は、軸方向磁気シールド 12A と異なり直線状とされている。よって、軸方向磁気シールド 12A と横方向磁気シールド 13A は、図 1 及び図 7 に示すように、互いに直交する方向に延在した構成となっている。

[0033] また本実施形態では、各々の横方向用テープ状超電導材 16 の長手方向が軸方向と平行なるよう構成されている。更に横方向用テープ状超電導材 16 は、筒状とされた軸方向磁気シールド 12A の外周位置を囲うように配設されている。

[0034] 各横方向用テープ状超電導材 16 は、図 5 に拡大して示すように、各軸方向磁気シールド 12A を構成する軸方向用テープ状超電導材 15A に例えばはんだ 19 を用いて接合されることにより電氣的に接続されている。即ち、軸方向用テープ状超電導材 15A と横方向用テープ状超電導材 16 は、はんだ 19 等により電氣的に接続される。

[0035] 次に、上記構成とされた超電導磁気シールド装置 10A において、外部から磁場が印加された時の動作について説明する。

[0036] 超電導磁気シールド装置 10A に対して軸方向磁場 (B_A) が印加された場合（図 6 参照）は、軸方向磁気シールド 12A が機能する。即ち、軸方向磁場 (B_A) が印加された場合は、軸方向磁気シールド 12A を構成する各軸方向用テープ状超電導材 15A に周方向に渦電流 A が発生し、これにより軸方向磁場 (B_A) が空間部 14 内に影響することを防止できる。

[0037] これに対し、超電導磁気シールド装置 10A に対して横方向磁場 (B_S) が印加された場合（図 7 参照）は、横方向磁気シールド 13A が機能する。即ち、横方向磁場 (B_S) が印加された場合は、図 7 に示すように軸方向用テープ状超電導材 15A 及び横方向用テープ状超電導材 16 内に、横方向磁場（

B_s) の印加位置を中心として円方向に流れる渦電流 A が発生する。

[0038] 前記のように、軸方向用テープ状超電導材 15 A と横方向用テープ状超電導材 16 ははんだ 19 で電氣的に接続されている (図 5 参照)。よって、横方向磁場 (B_s) で発生する渦電流 A は各テープ状超電導材 15, 16 の内部或いは各テープ状超電導材 15, 16 を跨いで流れる。よって、超電導磁気シールド装置 10 A によれば、横方向磁場 (B_s) が空間部 14 内に影響することを防止できる。

[0039] 図 8 は、超電導磁気シールド装置 10 A の横方向磁場 (B_s) に対するシールド率を示している。また図 9 は、超電導磁気シールド装置 10 A の軸方向磁場 (B_A) に対するシールド率を示している。図 8 及び図 9 に示す特性は、いずれもシミュレーションにより求めたものである。

[0040] 各図において、横軸は周数であり、縦軸はシールド率である。ここで、シールド率とは、超電導磁気シールド装置 10 A の空間部 14 内の磁場の強さ (B_{IN}) に対する外部の磁場 B_{OUT} の強さの比をいう (シールド率 = B_{OUT}/B_{IN})。

[0041] なお図 8、図 9、及び後述する図 10 において、横軸に周波数を取っているのは次の理由による。即ち、本実施形態に係る超電導磁気シールド装置 10 A は、軸方向用テープ状超電導材 15 A の両端部を接合するのにはんだ 18 を用い (図 4 参照)、また各テープ状超電導材 15, 16 を接合するのにもはんだ 19 を用いている。即ち、軸方向磁気シールド 12 A 及び横方向磁気シールド 13 A は完全な超電導体ではなく、はんだ 18, 19 の抵抗成分を含んだものである。

[0042] このため、印加される磁場が直流的な磁場である場合には、軸方向磁気シールド 12 A 及び横方向磁気シールド 13 A はこれを有効にシールドすることができない。しかしながら、印加される磁場が交流的な磁場である場合には、シールドを行うことができる。そこで、図 8～図 10 は、横軸として印加される磁場の周波数を取っている。

[0043] 一般に、脳磁計や心磁計のような微弱磁場を計測する場合、軸方向磁場及

び縦方向磁場のいずれの磁場であっても、磁場の周波数は1 Hz以上を計測する。そこで、図8で横方向の外部磁場 (B_s) が1 Hzにおけるシールド率を見ると、横方向磁気シールド13 Aのシールド率は約7000と高い値となっていることが判る。また、図9で軸方向の外部磁場 (B_A) が1 Hzにおけるシールド率を見ると、軸方向磁気シールド12 Aのシールド率は約12500と高い値となっていることが判る。

[0044] よって、図8及び図9に示す結果より、本実施形態に係る超電導磁気シールド装置10 Aによれば、外部からの軸方向磁場 (B_A) 及び横方向磁場 (B_s) の双方に対して有効なシールドを行うことができることが証明された。

[0045] 一方、前記のように軸方向磁気シールド12 Aは軸方向用テープ状超電導材15 Aを軸方向に積層したものであり、横方向磁気シールド13 Aは横方向用テープ状超電導材16を周方向に並設したものである。即ち、軸方向磁気シールド12 A及び横方向磁気シールド13 Aは一体成形されたものではなく、軸方向用テープ状超電導材15 A及び横方向用テープ状超電導材16を複数集合させ、これを接合した構成とされている。

[0046] 更に、個々のテープ状超電導材15, 16は、軸方向磁気シールド12 A及び横方向磁気シールド13 Aの作製時において良否検査が可能である。

[0047] よって本実施形態では、良品であるテープ状超電導材15, 16を選定した上で、軸方向磁気シールド12 A及び横方向磁気シールド13 Aを作製することが可能となる。これにより本実施形態に係る超電導磁気シールド装置10 Aによれば、高温超電導材を用いても歩留まりを高めることができる。

[0048] ところで、本実施形態のように軸方向用テープ状超電導材15 Aを積層した構成の軸方向磁気シールド12 Aでは、隣接する軸方向用テープ状超電導材15 A間に必然的に間隙 $\Delta W1$ (図5, 図7に矢印で示す) が発生する。同様に、横方向磁気シールド13 Aを横方向用テープ状超電導材16を並設した構成とすると、隣接する横方向用テープ状超電導材16間に必然的に間隙 $\Delta W2$ (図2, 図7に矢印で示す) が発生する。

[0049] 図10 (A) は、軸方向磁気シールド12 Aにおいて、隣接する軸方向用

テープ状超電導材 15 A の距離 $\Delta W 1$ と、軸方向用テープ状超電導材 15 A の接続抵抗と、軸方向磁気シールド 12 A のシールド率との関係を示している。

[0050] 図 10 (A) において、矢印 A で示す特性は $\Delta W 1 = 1\text{mm}$ の時のシールド率と接続抵抗との関係を示し、矢印 B で示す特性は $\Delta W 1 = 2\text{mm}$ の時のシールド率と接続抵抗との関係を示し、矢印 C で示す特性は $\Delta W 1 = 3\text{mm}$ の時のシールド率と接続抵抗との関係を示し、更に矢印 D で示す特性は $\Delta W 1 = 4\text{mm}$ の時のシールド率と接続抵抗との関係を示している。

[0051] また図 10 (B) は、横方向磁気シールド 13 A において、隣接する横方向用テープ状超電導材 16 の距離 $\Delta W 2$ と、横方向用テープ状超電導材 16 の接続抵抗と、横方向磁気シールド 13 A のシールド率との関係を示している。

[0052] 図 10 (B) において、矢印 A で示す特性は $\Delta W 2 = 1\text{mm}$ の時のシールド率と接続抵抗との関係を示し、矢印 B で示す特性は $\Delta W 2 = 2\text{mm}$ の時のシールド率と接続抵抗との関係を示し、矢印 C で示す特性は $\Delta W 2 = 3\text{mm}$ の時のシールド率と接続抵抗との関係を示し、更に矢印 D で示す特性は $\Delta W 2 = 4\text{mm}$ の時のシールド率と接続抵抗との関係を示している。

[0053] 図 10 (A) 及び図 10 (B) の結果より、軸方向磁気シールド 12 A 及び横方向磁気シールド 13 A のいずれにおいても、似た特性が得られた。即ち、軸方向磁気シールド 12 A 及び横方向磁気シールド 13 A のいずれにおいても、隣接する軸方向用テープ状超電導材 15 A, 16 間の間隙 $\Delta W 1$, $\Delta W 2$ が小さくなるに従いシールド率が良好になることが判った。また、軸方向磁気シールド 12 A 及び横方向磁気シールド 13 A のいずれにおいても、接続抵抗が小さいほど、シールド率が良好になることが判った。

[0054] 本実施形態に係る超電導磁気シールド装置 10 A では、軸方向磁気シールド 12 A を構成する各軸方向用テープ状超電導材 15 A の両端部の接続抵抗（即ち、はんだ 18 の接続抵抗）を軸方向磁気シールド 12 A のシールド率が 1000 以上となるよう設定した。即ち、軸方向用テープ状超電導材 15

Aのはんだ18による接続抵抗を約 0.1Ω に設定した。また、軸方向に積層された軸方向用テープ状超電導材15Aの間隙を2mm以下とした。

[0055] このように各値を設定することにより、超電導磁気シールド装置10Aを脳磁計や心磁計のような微弱磁場を計測する微弱磁場計測装置に適用しても、外部磁場を確実にシールドでき、これらの計測を正確に行うことが可能となる。

[0056] 同様に、軸方向磁気シールド12Aと横方向磁気シールド13Aとの電氣的接続については、軸方向用テープ状超電導材15Aと横方向用テープ状超電導材16との接続抵抗を横方向磁気シールド13Aのシールド率が1000以上となるよう設定した。即ち、はんだ19による接続抵抗を約 0.1Ω に設定した。また、周方向に並設された横方向用テープ状超電導材16の間隙を2mm以下とした。

[0057] このように各値を設定することによっても、超電導磁気シールド装置10Aを脳磁計や心磁計のような微弱磁場を計測する微弱磁場計測装置に適用しても、外部磁場を確実にシールドでき、これらの計測を正確に行うことが可能となる。

[0058] 次に、本発明の第2乃至第7実施形態について説明する。

[0059] 図11乃至図23は、第2乃至第7実施形態に係る超電導磁気シールド装置10B～10Fを示している。なお、図11乃至図23において、図1乃至図7に示した第1実施形態に係る超電導磁気シールド装置10Aの構成と対応する構成については同一符号を付してその説明を省略する。

[0060] 図11は、第2実施形態である超電導磁気シールド装置10Bを示している。

[0061] 前記した第1実施形態である超電導磁気シールド装置10Aは、横方向用テープ状超電導材16が軸方向（矢印Z1，Z2方向）と平行に配設した例を示した。これに対して本実施形態に係る超電導磁気シールド装置10Bは、横方向用テープ状超電導材16の延在方向（図中、矢印D1，D2方向）を軸方向磁気シールド12Aの軸方向（Z1，Z2方向）に対して傾いて配

設した。

[0062] 図 1 1 では、横方向用テープ状超電導材 1 6 を軸方向に対して角度 θ 傾けた例を示している。このように、軸方向に対する横方向用テープ状超電導材 1 6 の延出方向は平行 ($\theta = 0^\circ$) に限定されるものではなく、任意の角度に適宜変更が可能なものである。この構成とした場合でも、前記した第 1 実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0063] 図 1 2 は、第 3 実施形態である超電導磁気シールド装置 1 0 C を示している。

[0064] 前記した第 1 実施形態に係る超電導磁気シールド装置 1 0 A は、支持体 1 1 A を最内周位置に配置した構成を示した。これに対して本実施形態に係る超電導磁気シールド装置 1 0 C は、支持体 1 1 B を最外周位置に配設したものである。

[0065] 即ち、本実施形態に係る超電導磁気シールド装置 1 0 C では、最内周に軸方向磁気シールド 1 2 A が位置し、その外側に横方向磁気シールド 1 3 A が位置し、最外周に支持体 1 1 B が位置した構成とされている。このように、支持体 1 1 B が最外周位置に配設されても、軸方向磁気シールド 1 2 A 及び横方向磁気シールド 1 3 A はこの支持体 1 1 B により支持される。

[0066] また、支持体 1 1 B の外周面には、軸方向磁気シールド 1 2 A 及び横方向磁気シールド 1 3 A の高温超電導材を冷却する冷媒が流れる冷却管 1 7 が配設されている。この冷却管 1 7 は、図 1 2 に示す例では支持体 1 1 B の外周に螺旋状に配設されているが、これに限定されるものではない。

[0067] 本実施形態のように支持体 1 1 B が最外周に配設され、軸方向磁気シールド 1 2 A 及び横方向磁気シールド 1 3 A がその内部に位置することにより、各磁気シールド 1 2, 1 3 は支持体 1 1 B により保護されるため、不要な外力が印加されても磁気シールド 1 2, 1 3 が損傷することを防止できる。

[0068] 図 1 3 は、第 4 実施形態である超電導磁気シールド装置 1 0 D を示す平面図である。

[0069] 前記した第 1 実施形態に係る超電導磁気シールド装置 1 0 A は、横方向磁

気シールド 13A を構成する複数の横方向用テープ状超電導材 16 は、細長い板状の形状とされており、折り曲げられてはいなかった。これに対して本実施形態に係る超電導磁気シールド装置 10D では、横方向磁気シールド 13C を構成する横方向用テープ状超電導材 20 の上方の所定範囲（Z1 方向側の所定範囲）を内側に折曲した構成とした。

[0070] 図 14 は、本実施形態に係る超電導磁気シールド装置 10D を構成する一つの横方向用テープ状超電導材 20 の一例を拡大して示している。同図に示すように、横方向用テープ状超電導材 20 は、その上部を折曲されることにより本体部 20A と、折り曲げられた折曲部 20B とを有した構成とされており、全体して略 L 字形状を有している。

[0071] このように、横方向磁気シールド 13C を構成する横方向用テープ状超電導材 20 に折曲部 20B を形成することにより、超電導磁気シールド装置 10D の上側の開口部の一部は折曲部 20B により塞がれた構成となる。円筒状の超電導磁気シールドにおいて、開口部の一部を超電導材で覆うことによりシールド効果は大きく増大する。よって、本実施形態に係る超電導磁気シールド装置 10D によれば、更にシールド効果を高めることができる。なお、折り曲げ角度は、図示される直角に限定されるものではなく、適宜設定することが可能である。

[0072] 図 15 及び図 16 は、第 5 実施形態である超電導磁気シールド装置 10E を示している。

[0073] 前記した第 1 実施形態に係る超電導磁気シールド装置 10A は、支持体 11A の外周に沿って複数の軸方向用テープ状超電導材 15A を軸方向に並設されるよう積み重ねて配設していた。これに対して本実施形態に係る超電導磁気シールド装置 10E は、支持体 11A の外周に横方向磁気シールド 13A を構成する横方向用テープ状超電導材 16 を複数配設した後、この横方向用テープ状超電導材 16 上に 1 本の軸方向用テープ状超電導材 15B を螺旋状に巻回した構成としている。

[0074] 図 1 乃至図 3 に示した超電導磁気シールド装置 10A の場合、個々の軸方

向用テープ状超電導材 1 5 A を支持体 1 1 A に装着する方法としては、次の方法が考えられる。

[0075] まず、テープ状超電導材 2 1 をリング状に形成し、これを支持体 1 1 A に所定範囲にわたり接着固定する。続いて、テープ状超電導材 2 1 の両端部を付き合わせ、この端部同士をはんだ 1 8 で接合する（図 4 参照）。

[0076] これに対して本実施形態に係る超電導磁気シールド装置 1 0 E は、軸方向磁気シールド 1 2 A を一本の軸方向用テープ状超電導材 1 5 B により構成している。また、軸方向磁気シールド 1 2 A の長さは、横方向用テープ状超電導材 1 6 が配設された支持体 1 1 A を複数回にわたり螺旋状に巻回できる長さに設定されている。よって、単に 1 本の軸方向用テープ状超電導材 1 5 B を横方向用テープ状超電導材 1 6 が配設された支持体 1 1 A に巻回することにより、軸方向磁気シールド 1 2 B を支持体 1 1 A に装着することができる。

[0077] この際、軸方向磁気シールド 1 2 B の内側面には、予めペースト状のはんだを塗布しておく。そして、この状態で軸方向磁気シールド 1 2 B が巻回された支持体 1 1 A を加熱炉で加熱しはんだを溶融することにより、一括的に軸方向磁気シールド 1 2 B を横方向用テープ状超電導材 1 6 に電氣的及び機械的に接合することができる。

[0078] よって、本実施形態に係る超電導磁気シールド装置 1 0 E によれば、部品点数の削減を図れると共に、組み立て作業の簡単化を図ることができる。

[0079] なお、上記の説明では軸方向磁気シールド 1 2 B のみを 1 本の軸方向用テープ状超電導材 1 5 B により形成し、これを支持体 1 1 A に螺旋状に巻回した例を示したが、横方向磁気シールドを 1 本の横方向用テープ状超電導材で構成し、これを支持体 1 1 A に螺旋状に巻回する構成とする構成としてもよい。

[0080] また、軸方向磁気シールド及び横方向磁気シールドの双方を 1 本のテープ状超電導材で構成し、いずれも支持体 1 1 A に対して螺旋状に巻回する構成とすることも可能である。この構成することにより、更に超電導磁気シール

ド装置の組み立て作業の簡単化を図ることができる。

[0081] 更に、上記した例では軸方向磁気シールド及び横方向磁気シールドの夫々を1本のテープ状超電導材で構成した例を示したが、軸方向磁気シールド及び横方向磁気シールドは複数のテープ状超電導材を繋ぎ合わせるにより1本とした構成としてもよい。

[0082] 図17及び図18は、第6実施形態である超電導磁気シールド装置10Fを示している。

[0083] なお、図17は超電導磁気シールド装置10Fの平面図であり、図18は超電導磁気シールド装置10Fの一部を切り欠くことにより、軸方向磁気シールド12Aの断面を示す図である。また図18においては、支持体11Aの図示は省略している。

[0084] 前記したように、脳磁計や心磁計のような微弱磁場を計測する微弱磁場計測装置に超電導磁気シールド装置を適用する場合、軸方向磁気シールド12Aを構成する軸方向用テープ状超電導材15Aの間隙、及び横方向磁気シールド13Aを構成する横方向用テープ状超電導材16の間隙を2mm以下に設定することが望ましい。しかしながら、更に高精度の磁気シールドを行う必要が生じる場合が考えられる。

[0085] 本実施形態に係る超電導磁気シールド装置10Fは、これに対応するために軸方向磁気シールド12Aを構成する軸方向用テープ状超電導材15Aの間に形成される間隙34を閉塞用磁気シールド30で塞ぐ構成としたものである。

[0086] 閉塞用磁気シールド30は、本実施形態では軸方向磁気シールド12Aの内側に配設されている。しかしながら、閉塞用磁気シールド30を軸方向磁気シールド12Aの外側（横方向磁気シールド13Aと対向する側）に配設することも可能である。

[0087] 閉塞用磁気シールド30は、複数の閉塞用テープ状超電導材32により構成されている。この閉塞用テープ状超電導材32は、軸方向磁気シールド12Aを構成する軸方向用テープ状超電導材15Aと同一構成のものをを用いる

ことができる。即ち、閉塞用テープ状超電導材 32 は、図 4 に示したように、テープ状超電導材 21 を曲げてリング状にすると共に、その両端部をはんだ 18 で接合したものをを用いることができる。

[0088] 閉塞用磁気シールド 30 を構成する各閉塞用テープ状超電導材 32 は、隣接する軸方向用テープ状超電導材 15A の間隙 34 の大きさよりも大きな幅（Z1, Z2 方向の長さ）を有している。また、各閉塞用テープ状超電導材 32 は、軸方向用テープ状超電導材 15A に電氣的に接合（例えば、はんだ付け）された構成とされている。

[0089] このように間隙 34 を閉塞用磁気シールド 30 で塞ぐことにより、前記の超電導磁気シールド装置 10A に比べ、更に外部磁場が空間部 14 内に進入することを防止することができる。

[0090] 図 19 は、本実施形態に係る超電導磁気シールド装置 10F の効果を示す図である。

[0091] 同図において、矢印 F で示すのは図 10 に矢印 A で示した特性と同じである。即ち、軸方向用テープ状超電導材 15A の間隙 $\Delta W1$ を 1mm とした時の接続抵抗とシールド率との関係を示している。前記したように、軸方向用テープ状超電導材 15A の間隙 $\Delta W1$ を 1mm とすることにより、高いシールド効果が得られることが分かる。

[0092] これに対して図中矢印 E で示すのは、間隙 34 を閉塞用磁気シールド 30 で塞いだ本実施形態に係る超電導磁気シールド装置 10F の特性を示している。超電導磁気シールド装置 10F の特性は、軸方向用テープ状超電導材 15A の間隙 $\Delta W1$ を 1mm とした時の特性に比べてシールド率が約 10 程度向上していることが分かる。

[0093] よって、軸方向用テープ状超電導材 15A 間に形成される間隙 34 を塞ぐ閉塞用磁気シールド 30 を設けることにより、高いシールド効果が得られることが実証された。

[0094] なお、本実施形態のように高いシールド効果を得る方法として、軸方向磁気シールド 12A を形成する際に、隣接する軸方向用テープ状超電導材 15

Aの間隙 ΔW がなくなるよう（ $\Delta W = 0$ となるよう）、軸方向用テープ状超電導材 15 A を支持体 11 A に配設することも考えられる。

[0095] しかしながら、多数の軸方向用テープ状超電導材 15 A をリング状に成形しつつ、かつ隣接する間隙 ΔW がなくなるよう支持体 11 A に配設する作業は困難で手間の掛かる作業となる。これに対し、閉塞用テープ状超電導材 32 により間隙 34 を塞ぐ作業は容易であり、かつ閉塞用テープ状超電導材 32 が間隙 34 を塞ぐことができれば、閉塞用テープ状超電導材 32 が上下方向（Z1, Z2 方向）に若干ずれたとしても高いシールド性は維持される。

[0096] よって、本実施形態に係る超電導磁気シールド装置 10 F によれば、組み立て作業の容易化を図りつつ、高いシールド性を実現することができる。

[0097] なお上記した実施形態では、軸方向磁気シールド 12 A に形成される間隙 34 を覆う閉塞用磁気シールド 30 を設ける構成を示したが、横方向磁気シールド 13 A を構成する横方向用テープ状超電導材 16 間に形成される間隙（図 7 に矢印 $\Delta W2$ で示す）を塞ぐように閉塞用テープ状超電導材（請求項に記載の第 2 の閉塞用超電導材に相当する）を配設する構成としてもよい。

[0098] このように、閉塞用テープ状超電導材は、軸方向用テープ状超電導材 15 A 間に形成される間隙 34 をのみ塞ぐように設けても、また横方向用テープ状超電導材 16 間に形成される間隙（ $\Delta W2$ ）のみを塞ぐように設けても、更に間隙 34 及び間隙（ $\Delta W2$ ）の双方を塞ぐように設けた構成としてもよい。

[0099] 図 20 乃至図 23 は、第 7 実施形態である超電導磁気シールド装置 10 G 及びその製造方法を示している。

[0100] 前記した第 1 実施形態では、支持体 11 A に軸方向用テープ状超電導材 15 A を配設することにより軸方向磁気シールド 12 A を形成し、その後に軸方向磁気シールド 12 A の上部に横方向用テープ状超電導材 16 をはんだ付けすることにより横方向磁気シールド 13 A を接合し、これにより超電導磁気シールド装置 10 A を製造していた。

[0101] これに対して本実施形態では、軸方向用テープ状超電導材 15 A と横方向

用テープ状超電導材 16 を格子状にはんだ付けした構成の格子状磁気シールド 40 を予め製造しておき、これを支持体 11A に配設することにより超電導磁気シールド装置 10F を製造した。以下、超電導磁気シールド装置 10F の製造方法の一例について説明する。

[0102] 超電導磁気シールド装置 10F を製造するには、先ずテープ状超電導材 21 を図 20 に矢印 X1, X2 方向に列設する。続いて、この列設されたテープ状超電導材 21 上に、テープ状超電導材 21 を図 20 に矢印 Y1, Y2 方向に列設する。

[0103] この X1, X2 方向に列設に列設されたテープ状超電導材 21 は横方向用テープ状超電導材 16 を構成し、Y1, Y2 方向に列設に列設されたテープ状超電導材 21 は軸方向用テープ状超電導材 15A を構成する。また、軸方向用テープ状超電導材 15A となるテープ状超電導材 21 上に軸方向用テープ状超電導材 15A となるテープ状超電導材 21 を重ねる際、各テープ状超電導材 21 が交差する部位には高融点はんだを配設しておく。

[0104] 格子状に配列されたテープ状超電導材 21 は加熱炉において加熱処理が行われる。これにより高融点はんだは溶融し、各テープ状超電導材 21 の各交差部分においてははんだ付けが行われる。これにより、軸方向用テープ状超電導材 15A と横方向用テープ状超電導材 16 は接合され、シート状の格子状磁気シールド 40 が製造される（電磁シールド形成工程）。

[0105] 上記のテープ状超電導材 21 を X1, X2 方向及び Y1, Y2 方向に列設させる処理は容易であり、また多数の交差部におけるはんだ付けを行う処理も一括的に行うため容易である。よって、格子状磁気シールド 40 の製造を容易に行うことができる。

[0106] また電磁シールド形成工程においてテープ状超電導材 21 を格子状に列設する際、本実施形態では基台等の平面上で列設処理を行うことができる。よって、円筒形状の支持体 11A に対して多数の軸方向用テープ状超電導材 15A 及び横方向用テープ状超電導材 16 を配設する方法に比べ、各テープ状超電導材 21 を近接させる処理を容易に行うことができる。

- [0107] なお、各図においては図示の便宜上、隣接する軸方向用テープ状超電導材 15 A 間の間隙、及び隣接する横方向用テープ状超電導材 16 間の間隙を広く図示しているが、各間隙の実際の寸法は2mm程度とされている。
- [0108] 上記のように製造された格子状磁気シールド 40 は、図 21 に示されるように、予め製造されていた支持体 11 A に巻き付けることにより装着される（装着工程）。この際、格子状磁気シールド 40 と支持体 11 A は、接着剤等を用いて固定される。
- [0109] テープ状超電導材 21 は曲げることが可能なテープ状の部材であり、これを格子状にはんだ付けした格子状磁気シールド 40 も可撓性を有している。また、格子状磁気シールド 40 は軸方向用テープ状超電導材 15 A と横方向用テープ状超電導材 16 が一体化した構成であるため、軸方向用テープ状超電導材 15 A と横方向用テープ状超電導材 16 を一括的に支持体 11 A に巻き付けることができる。
- [0110] よって本実施形態では、格子状磁気シールド 40 を支持体 11 A に装着する処理を容易に行うことができる。
- [0111] 図 22 は、格子状磁気シールド 40 が支持体 11 A に巻き付けられることにより、軸方向用テープ状超電導材 15 A の両端部（図中、矢印 P で示す）が突き合わされた状態を示している。軸方向用テープ状超電導材 15 A は、軸方向磁場を有効にシールドするために電氣的に接合する必要がある（図 4 参照）。
- [0112] この各軸方向用テープ状超電導材 15 A の端部 P を電氣的に接合するため、このつき合わせ部分にはんだ 45 を配設する。このはんだ 45 は、電磁シールド形成工程において格子状に配置されたテープ状超電導材 21 を接合するのに用いた高融点はんだに比べ、融点が低い低融点はんだを用いている。
- [0113] 次に、加熱処理を行うことにより、はんだ 45 を溶融して各軸方向用テープ状超電導材 15 A の突き合わせ部分を電氣的に接合する（接合工程）。上記の処理を行うことにより、図 23 に示す超電導磁気シールド装置 10 G が製造される。

[0114] 本実施形態に係る製造方法では、上記のように電磁シールド形成工程において格子状磁気シールド40を容易に製造することができる。このため、超電導磁気シールド装置10Gの組み立て作業を容易に行うことが可能となる。

[0115] 以上、本発明の好ましい実施形態について詳述したが、本発明は上記した特定の実施形態に限定されるものではなく、請求の範囲に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能なものである。

[0116] 本国際出願は2013年3月5日に出願された日本国特許出願2013-043293号に基づく優先権を主張するものであり、日本特許出願2013-043293号の全内容をここに本国際出願に援用する。

請求の範囲

- [請求項1] 周方向に配設された軸方向用超電導材からなる軸方向磁気シールドと、
- 前記軸方向磁気シールドの軸方向に対して直交或いは傾いて配設され、前記軸方向磁気シールドと電氣的に接続される横方向用超電導材からなる横方向磁気シールドと、
- 前記軸方向磁気シールド及び前記横方向磁気シールドを支持する支持体と、
- を有する超電導磁気シールド装置。
- [請求項2] 前記軸方向用超電導材及び前記横方向用超電導材は、高温超電導材であることを特徴とする請求項1記載の超電導磁気シールド装置。
- [請求項3] 前記軸方向用超電導材及び前記横方向用超電導材は、テープ状超電導材であることを特徴とする請求項1記載の超電導磁気シールド装置。
- [請求項4] 前記軸方向磁気シールドは、前記軸方向用超電導材を前記軸方向に複数積層した構成であることを特徴とする請求項1記載の超電導磁気シールド装置。
- [請求項5] 前記横方向磁気シールドは、前記横方向用超電導材を前記周方向に複数並設した構成であることを特徴とする請求項1記載の超電導磁気シールド装置。
- [請求項6] 前記支持体を、接合された前記軸方向磁気シールドと前記横方向磁気シールドとの最外周位置又は最内周位置に配設したことを特徴とする請求項1記載の超電導磁気シールド装置。
- [請求項7] 前記軸方向磁気シールド又は前記横方向磁気シールドの少なくとも一方は、1本の前記軸方向用超電導材又は1本の前記横方向用超電導材を螺旋状に巻回した構成であることを特徴とする請求項1記載の超電導磁気シールド装置。
- [請求項8] 前記軸方向磁気シールドを構成する複数の前記軸方向用超電導材の

間に形成される間隙を塞ぐ第1の閉塞用超電導材を設けたことを特徴とする請求項4記載の超電導磁気シールド装置。

[請求項9] 前記横方向磁気シールドを構成する複数の前記軸方向用超電導材の間に形成される間隙を塞ぐ第2の閉塞用超電導材を設けたことを特徴とする請求項5記載の超電導磁気シールド装置。

[請求項10] 周方向に延在するよう形成されたテープ状の軸方向用超電導材と、軸方向に対して直交或いは傾いて配設されると共に前記軸方向用超電導材と電氣的に接続されるテープ状の横方向用超電導材と、前記軸方向用超電導材及び前記横方向用超電導材を支持する支持体とを有する超電導磁気シールド装置の製造方法であって、

複数の前記軸方向用超電導材と複数の前記横方向用超電導材を格子状に配置すると共に、前記軸方向用超電導材と前記横方向用超電導材の交差する部位を第1の導電性接合材で接合し電磁シールドを形成する電磁シールド形成工程と、

前記電磁シールドを前記支持体に巻き付ける装着工程と、

前記軸方向用超電導材の端部を前記第1の導電性接合材よりも接合温度が低い第2の導電性接合材で接合する接合工程とを有することを特徴とする超電導磁気シールド装置の製造方法。

10A

14

12A(15A)

16

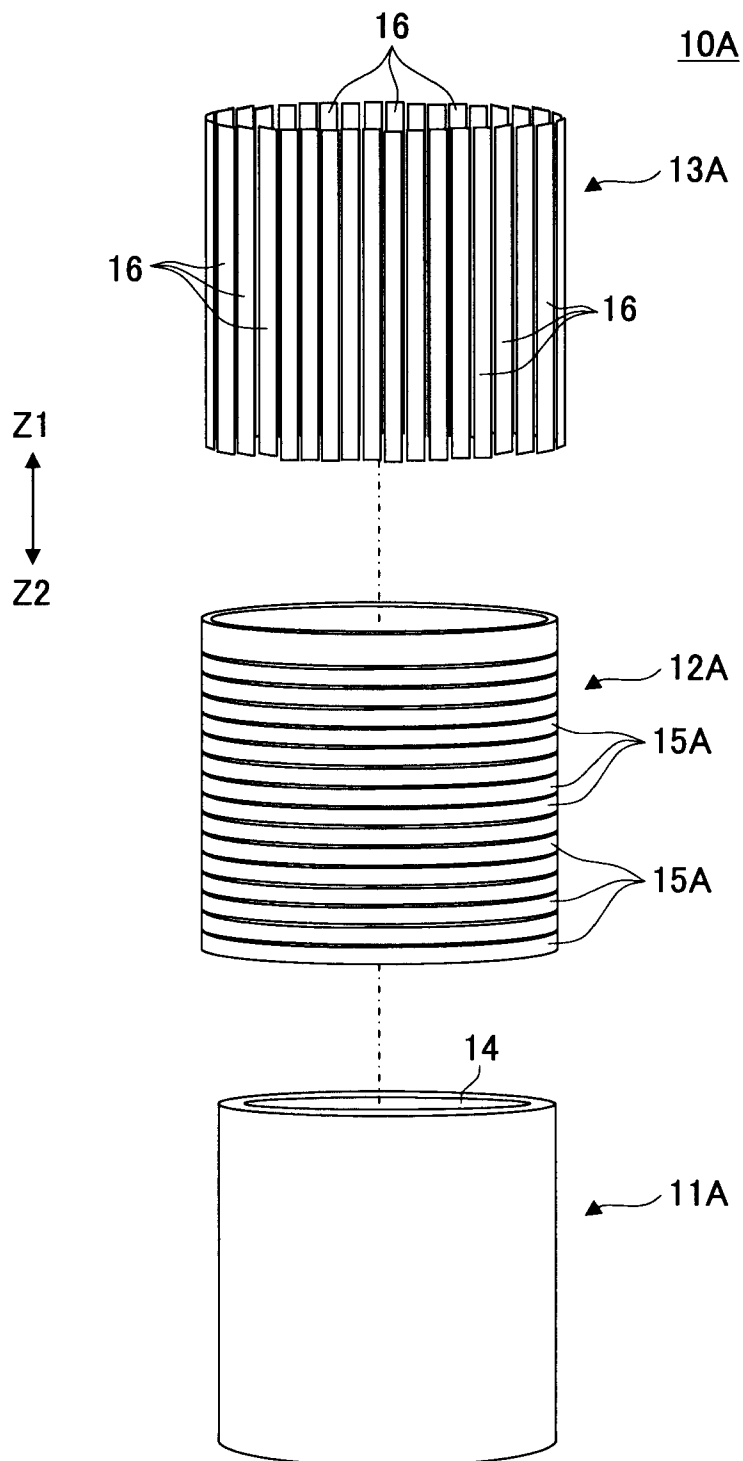
13A

Z1

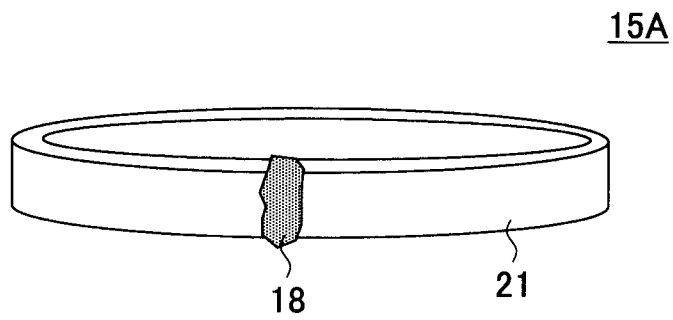
Z2

FIG. 10A is a cross-sectional view of a circular structure 10A. The structure includes a central circular region 14, an inner ring 11A, and an outer ring 12A(15A). The outer ring 12A(15A) is composed of multiple segments 16. A dimension line indicates a thickness or gap $\Delta W2$ between the inner and outer rings.

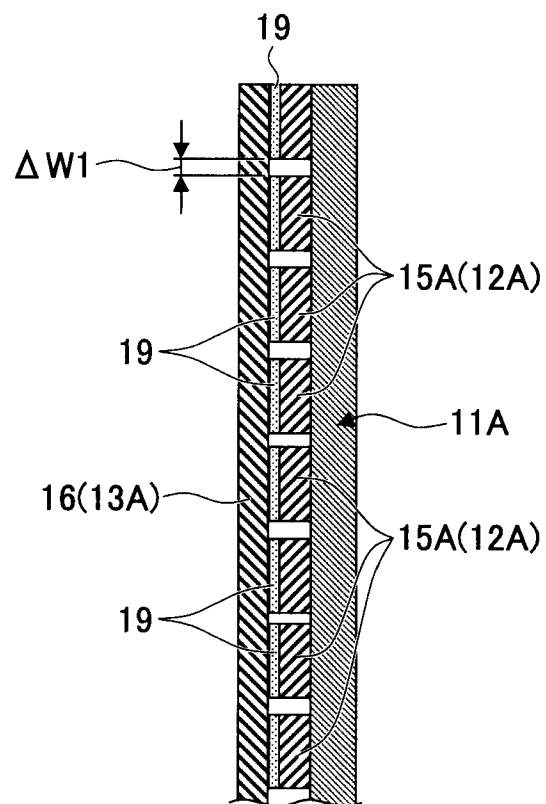
[図3]



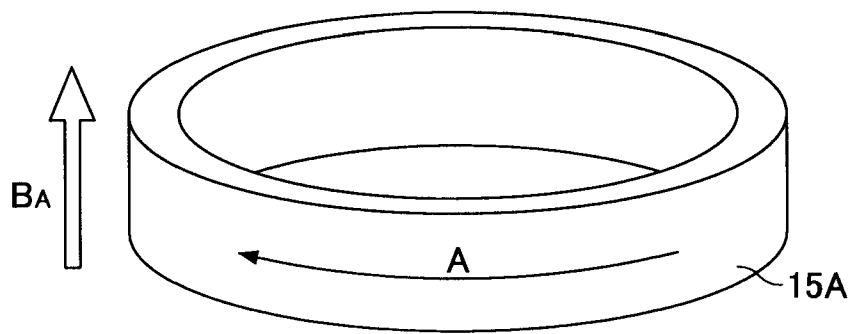
[図4]



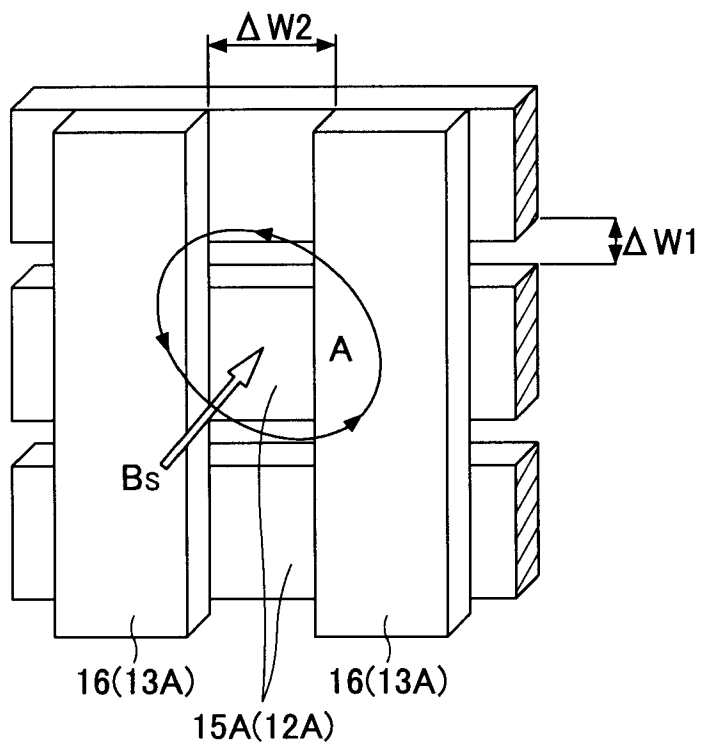
[図5]



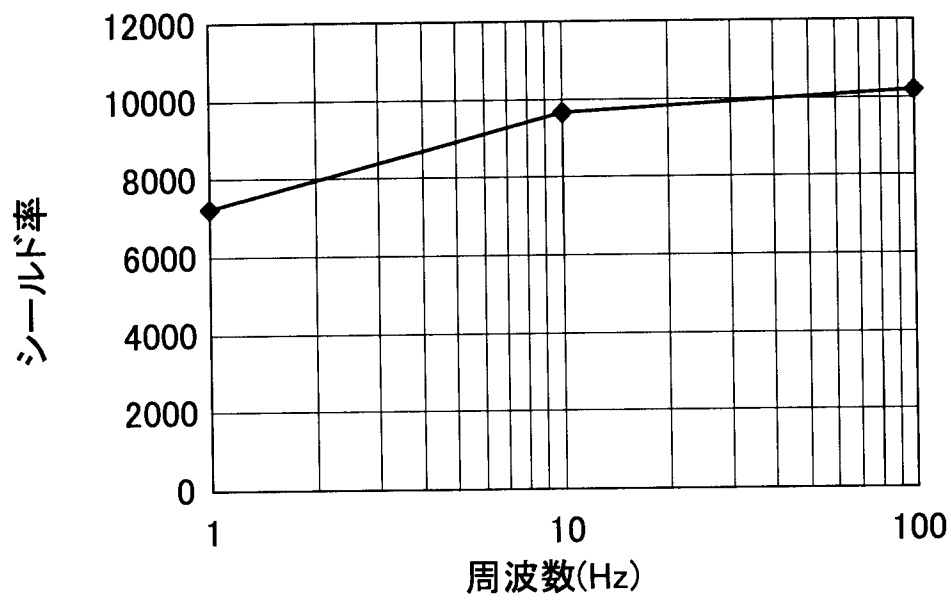
[図6]



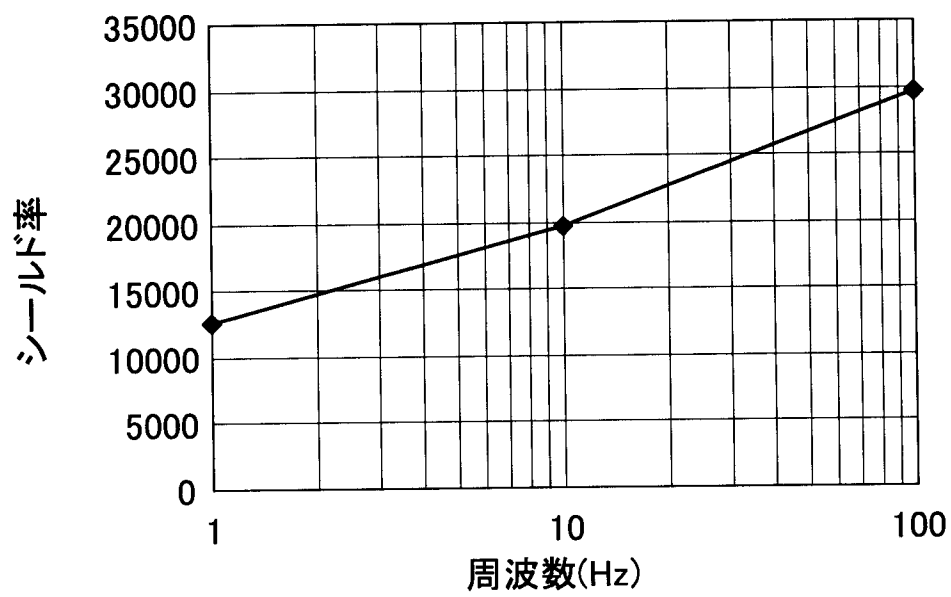
[図7]



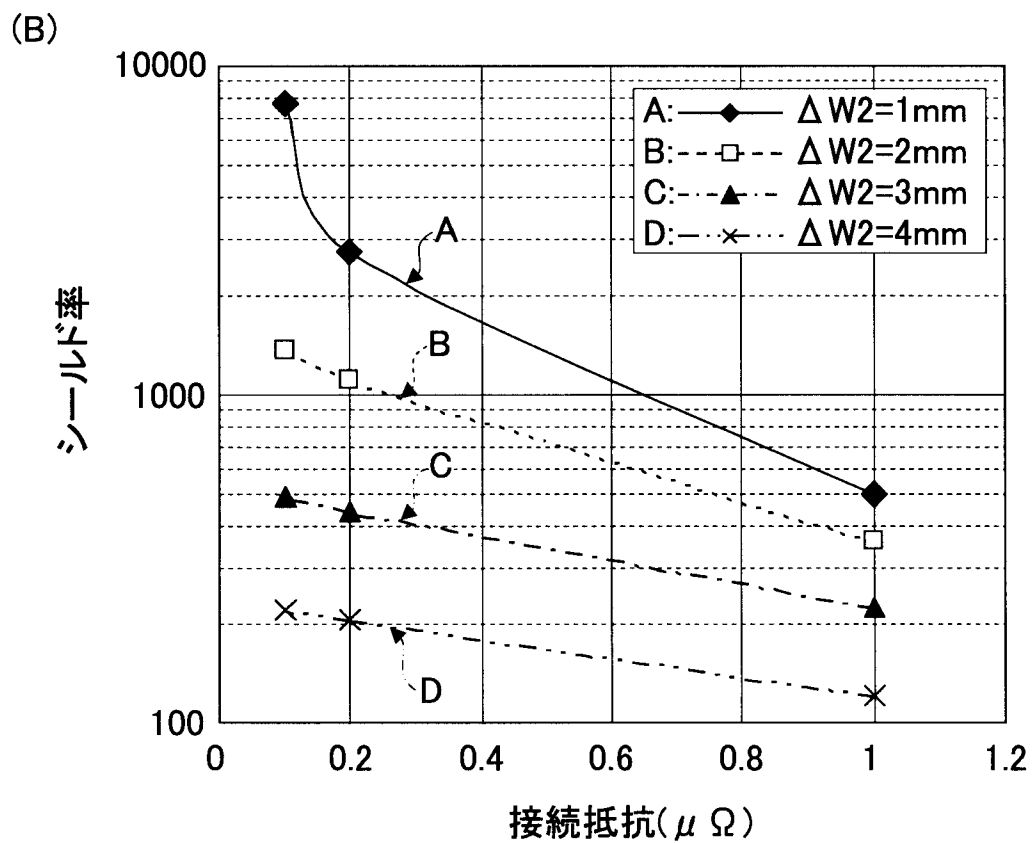
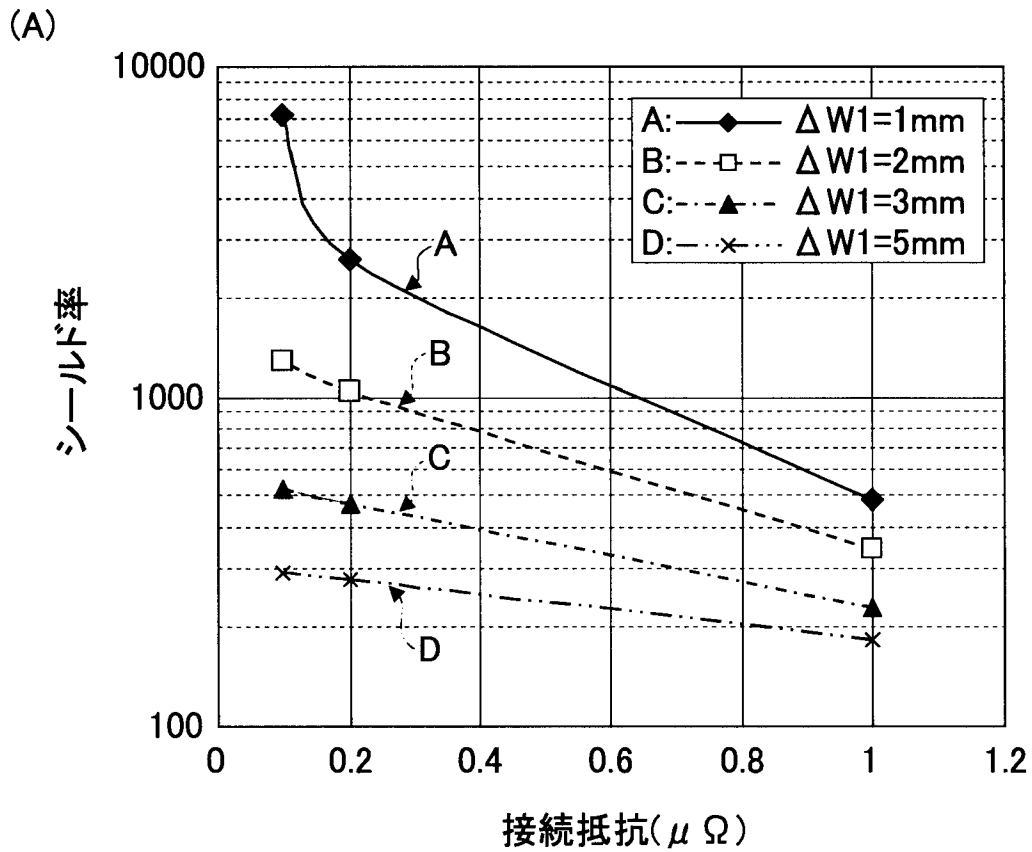
[図8]



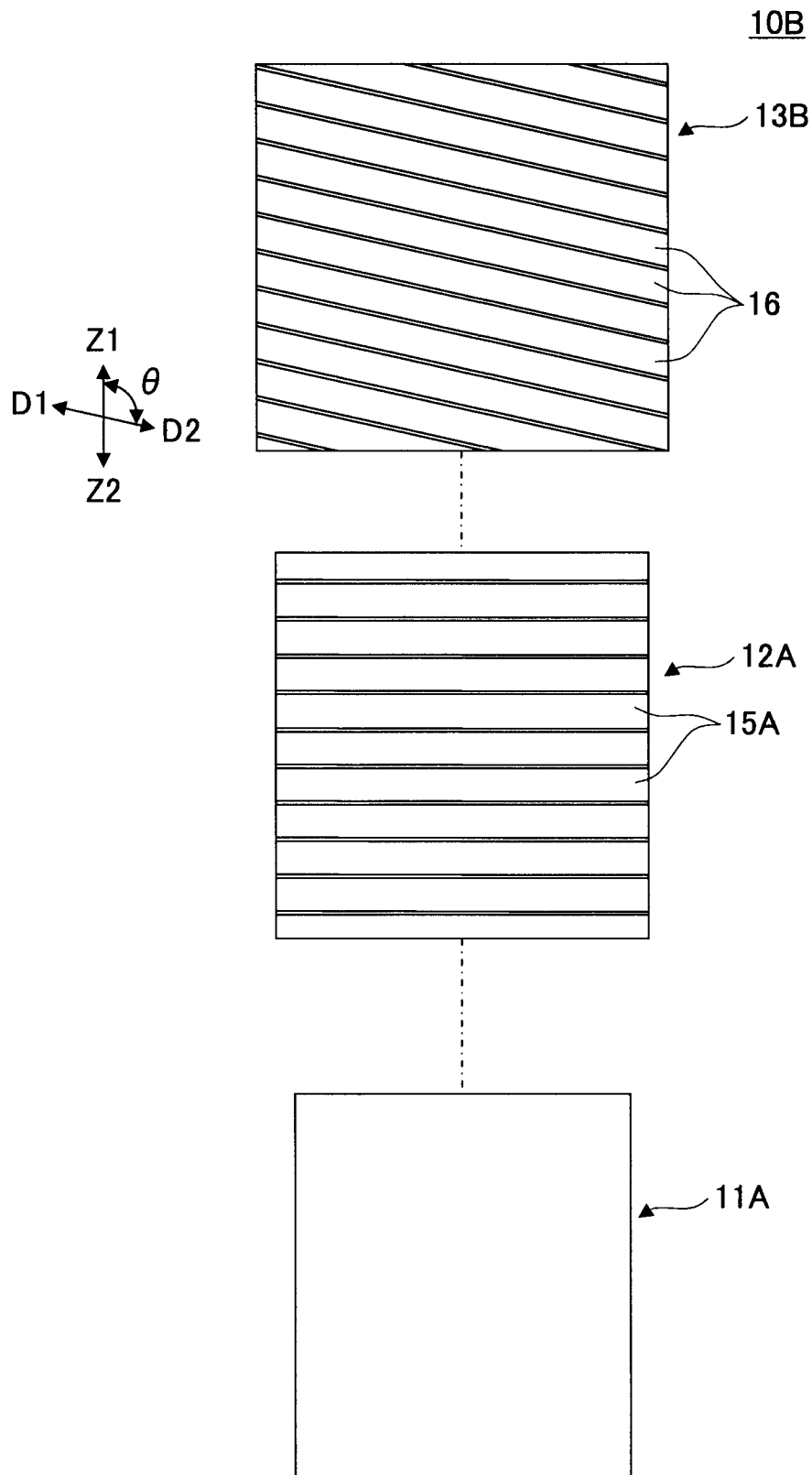
[図9]



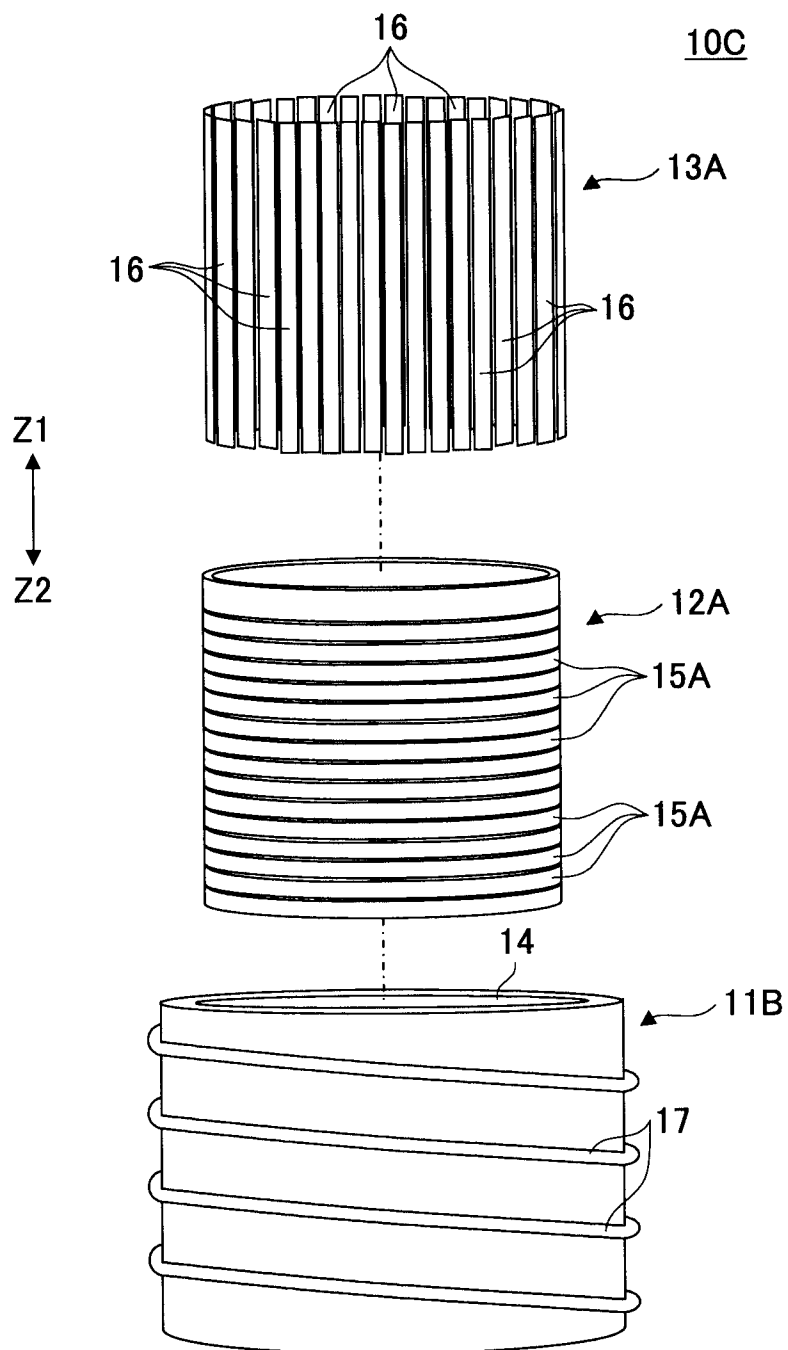
[図10]



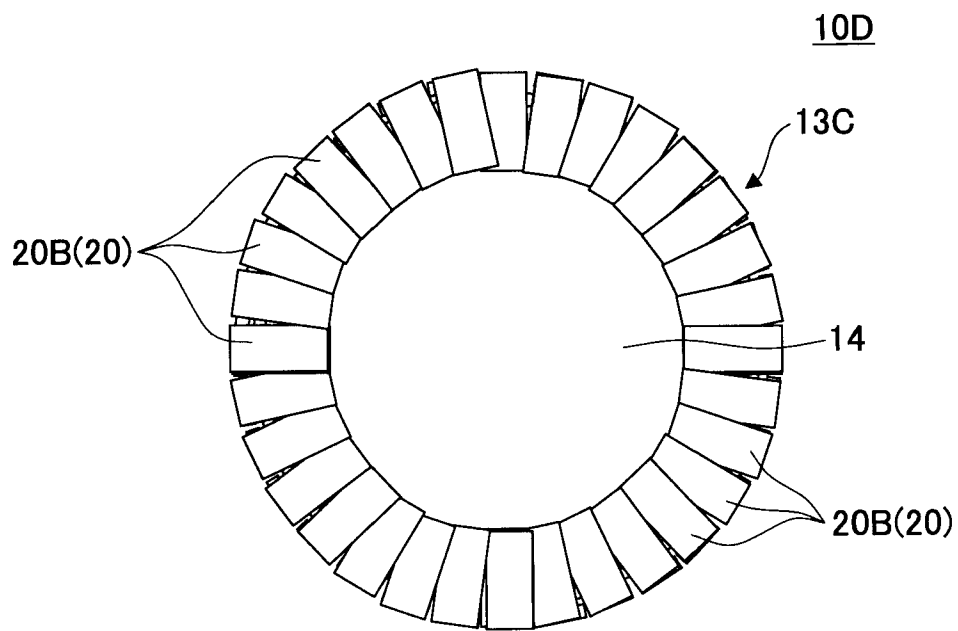
[図11]



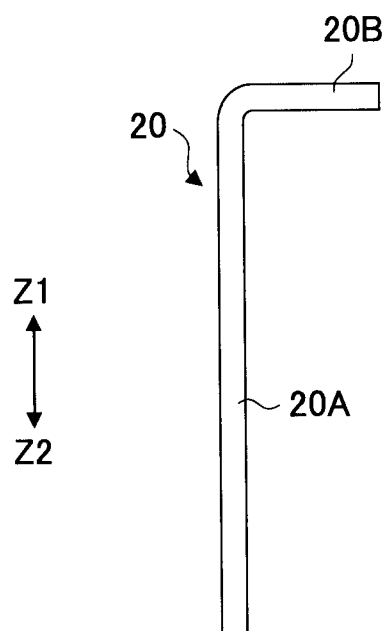
[図12]



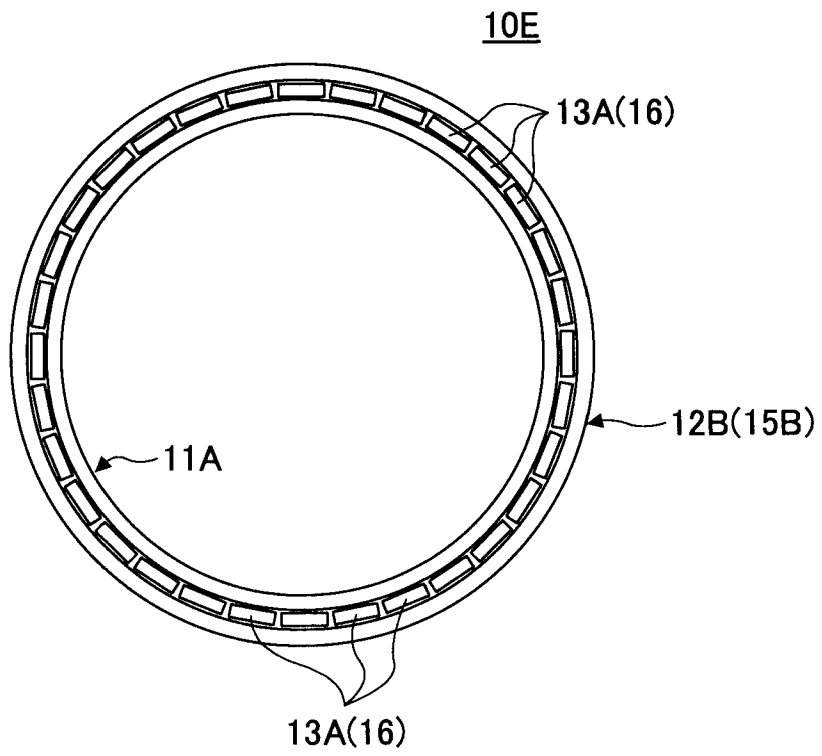
[図13]



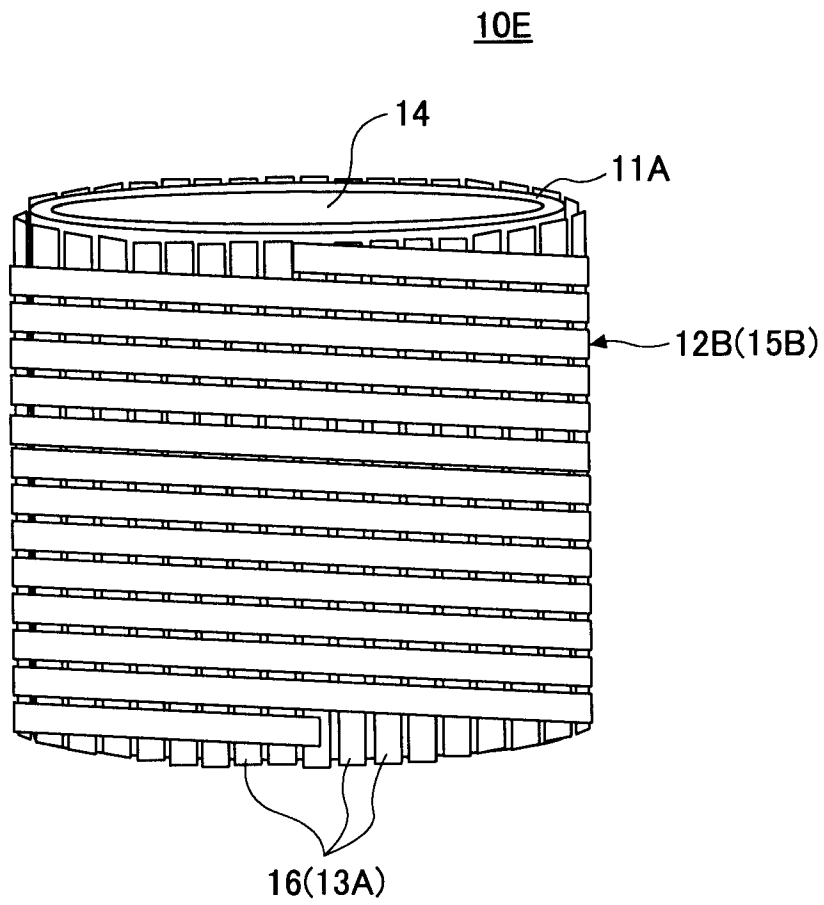
[図14]



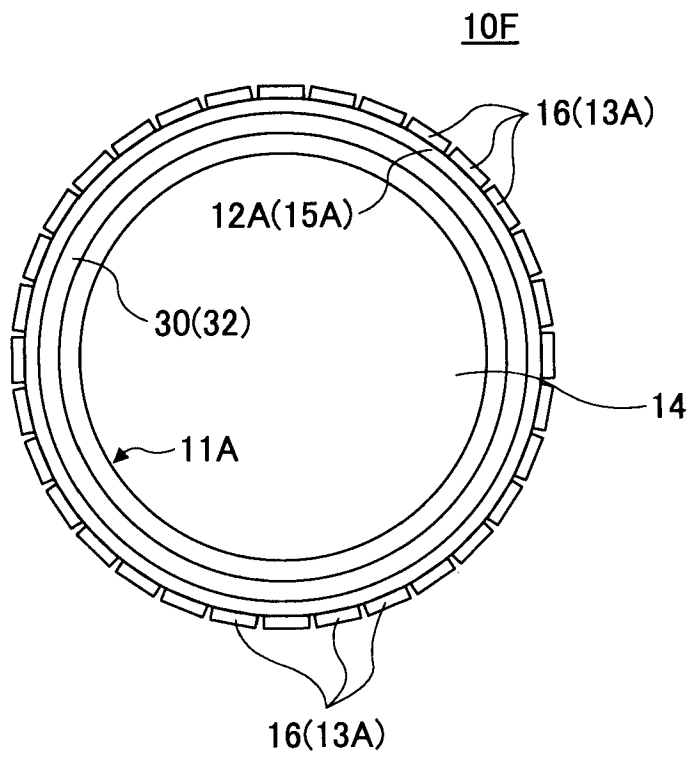
[図15]



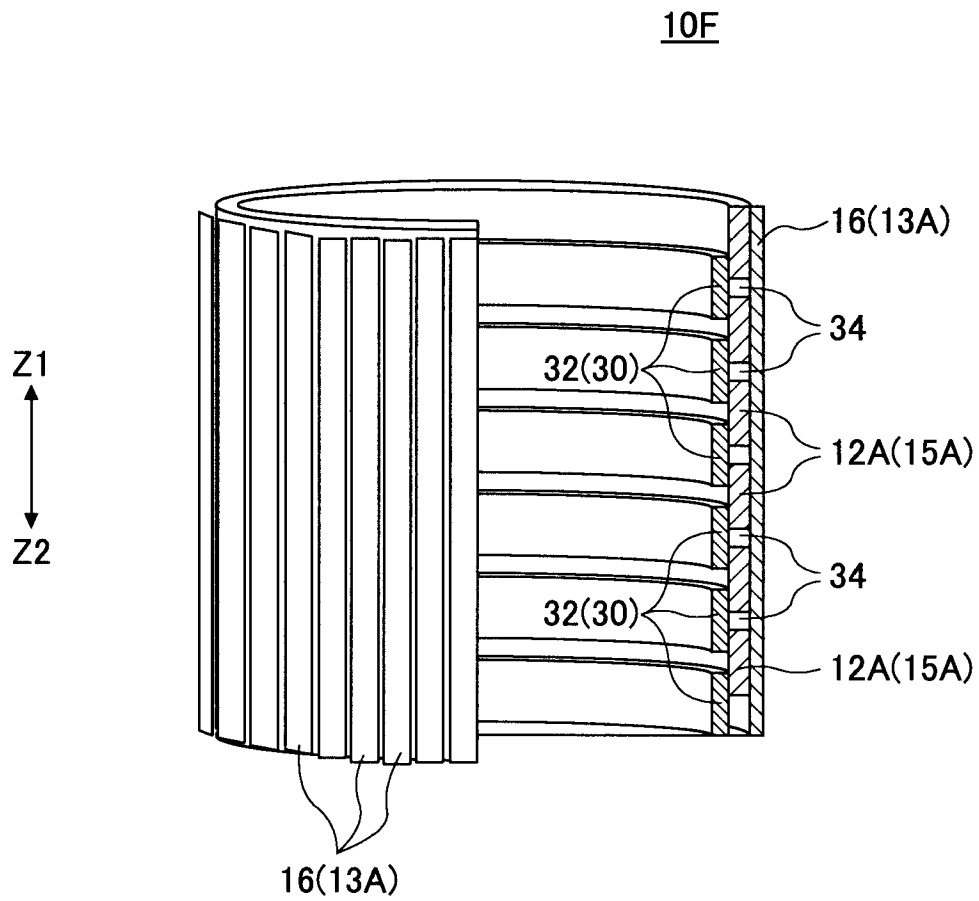
[図16]



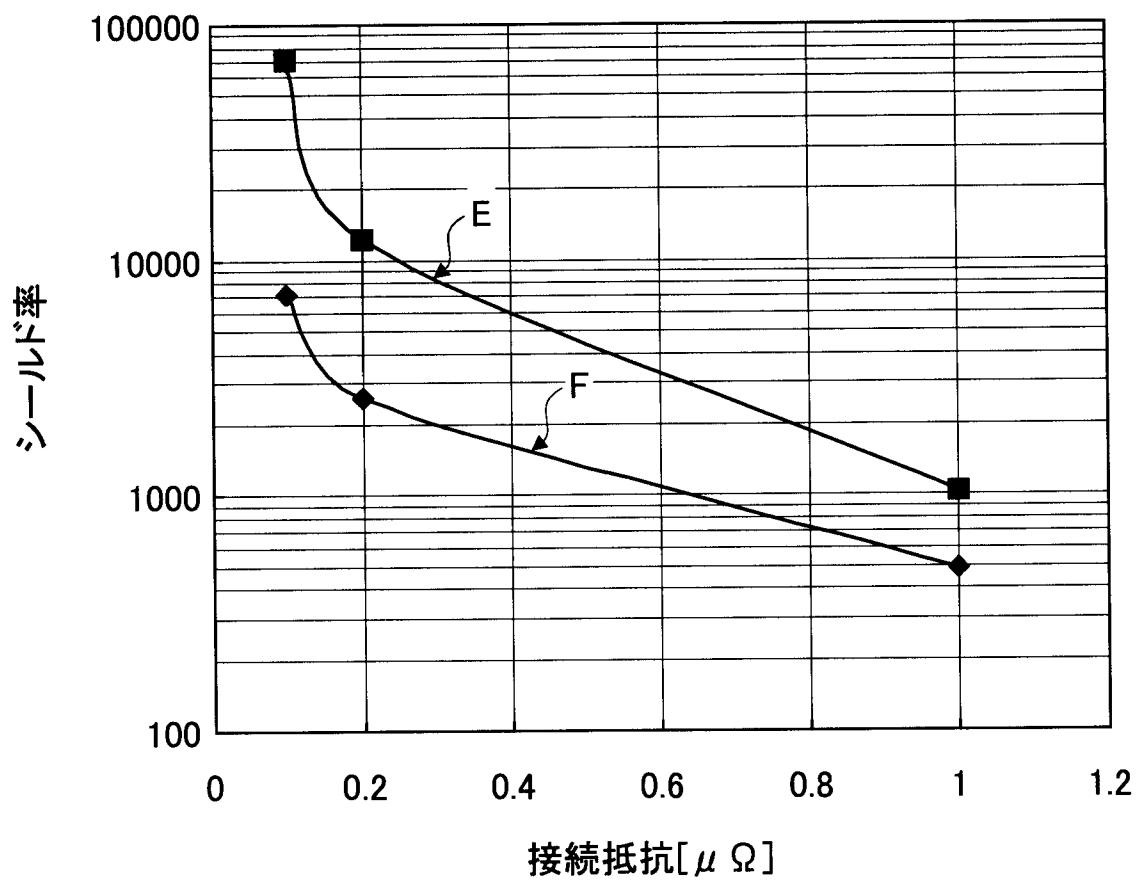
[図17]



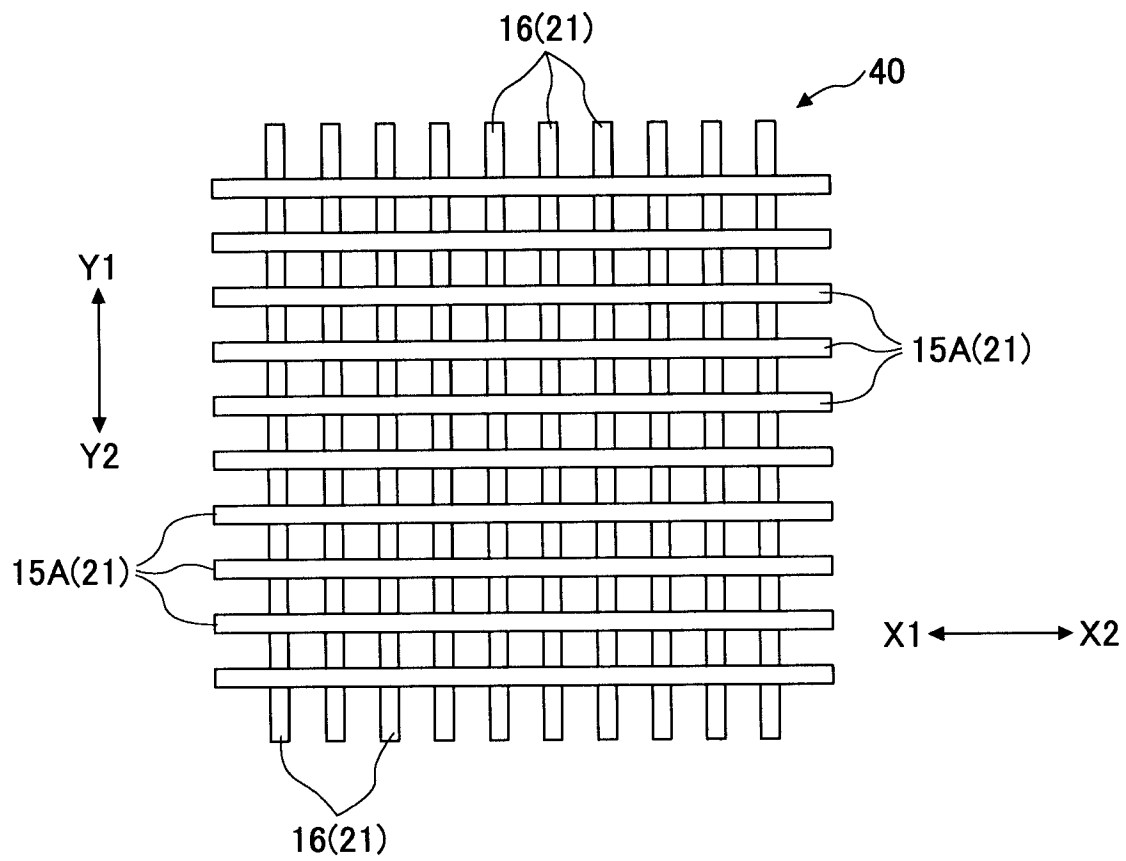
[図18]



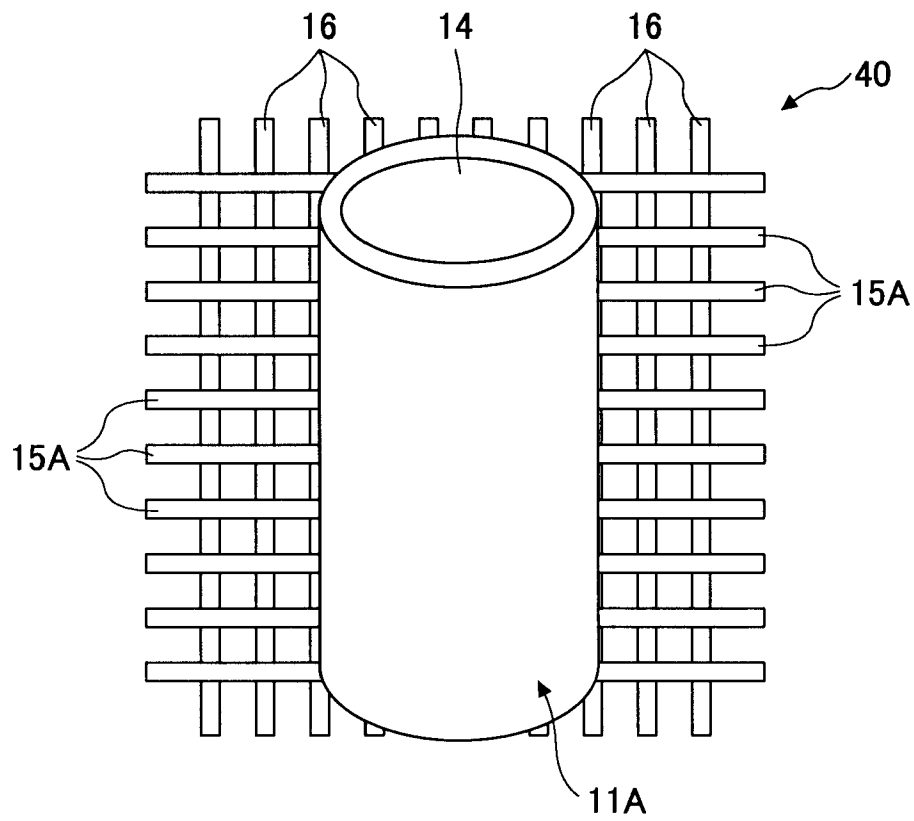
[図19]



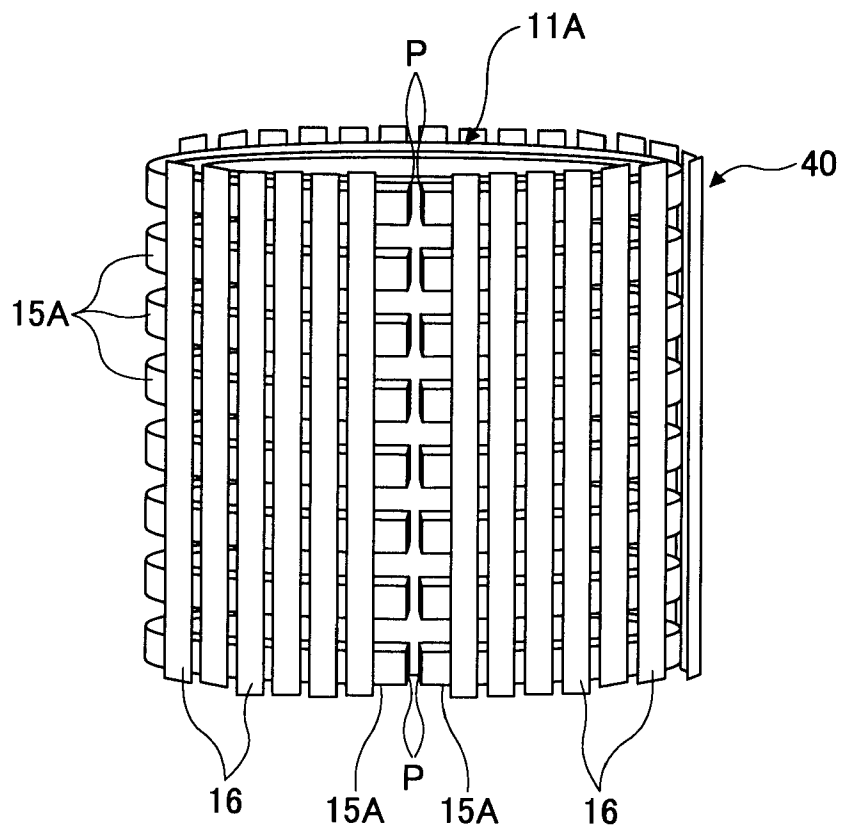
[図20]



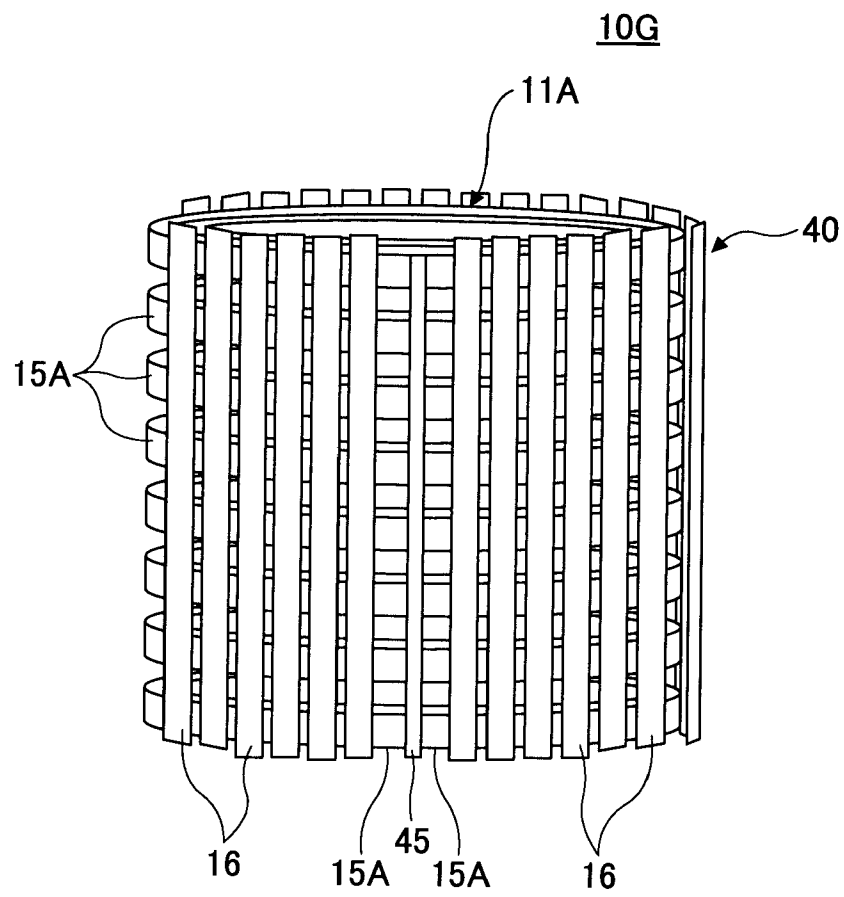
[図21]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/071403

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L39/00(2006.01)i, H05K9/00(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)

H01L39/00, H05K9/00

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	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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 Y	JP 1-152696 A (Toshiba Corp.), 15 June 1989 (15.06.1989), page 2, upper left column, line 5 to page 4, upper left column, line 3 (Family: none)	1-6, 10 1-9
Y	JP 6-216565 A (Koatsu Gas Kogyo Co., Ltd.), 05 August 1994 (05.08.1994), paragraphs [0024] to [0028]; fig. 2 (Family: none)	1-9
Y	JP 2-89399 A (President of Kyushu University), 29 March 1990 (29.03.1990), page 3, lower right column, line 8 to page 4, upper right column, line 17; fig. 3 (Family: none)	1-9



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

"I" 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
01 November, 2013 (01.11.13)

Date of mailing of the international search report
19 November, 2013 (19.11.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/071403

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 6-224036 A (Koatsu Gas Kogyo Co., Ltd.), 12 August 1994 (12.08.1994), paragraph [0017]; fig. 2 (Family: none)	7
A	JP 2009-260363 A (Nippon Steel Corp.), 05 November 2009 (05.11.2009), entire text; fig. 1 to 7 (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L39/00(2006.01)i, H05K9/00(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. H01L39/00, H05K9/00

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 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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 Y	JP 1-152696 A（株式会社東芝）1989.06.15, 第2頁左上欄5行－第4頁左上欄3行（ファミリーなし）	1－6, 10 1－9
Y	JP 6-216565 A（高压ガス工業株式会社）1994.08.05, 段落【0024】－【0028】及び図2（ファミリーなし）	1－9
Y	JP 2-89399 A（九州大学長）1990.03.29, 第3頁右下欄8行－第4頁右上欄17行及び第3図 （ファミリーなし）	1－9

☒ 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 1 . 1 1 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 9 . 1 1 . 2 0 1 3

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100-8915
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）

安田 雅彦

5 F

9 4 4 7

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 1 4

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
Y	JP 6-224036 A (高圧ガス工業株式会社) 1994. 08. 12, 段落【0017】及び図2 (ファミリーなし)	7
A	JP 2009-260363 A (新日本製鐵株式会社) 2009. 11. 05, 全文, 図1-7 (ファミリーなし)	1-10