

(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
2023年9月14日(14.09.2023)



(10) 国際公開番号

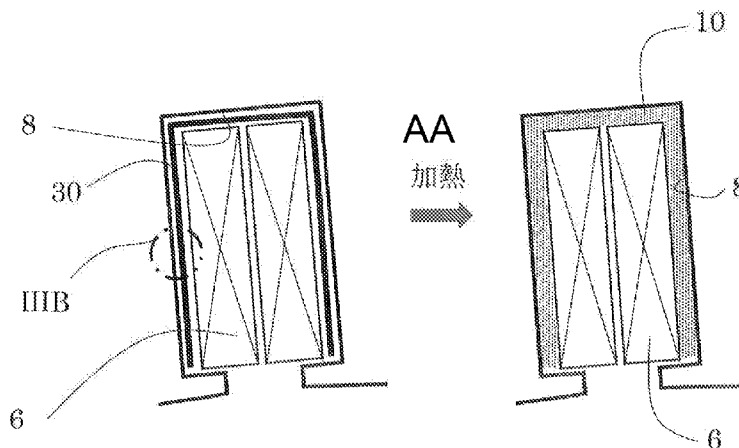
WO 2023/171562 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 3/30 (2006.01) *H01F 5/06* (2006.01)
H01B 3/30 (2006.01) *H01F 27/32* (2006.01)
H01B 3/47 (2006.01) *H02K 3/34* (2006.01)
H01B 17/62 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/008026
- (22) 国際出願日: 2023年3月3日(03.03.2023)
- (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 2022-035082 2022年3月8日(08.03.2022) JP
- (71) 出願人:株式会社クラレ(KURARAY CO., LTD.)
[JP/JP]; 〒7100801 岡山県倉敷市酒津 1 6
2 1 番地 Okayama (JP).
- (72) 発明者:井上 由輝(INOUE, Yuki); 〒1000004 東京都千代田区大手町 2 丁目 6 - 4 常盤橋タワー 株式会社クラレ内 Tokyo (JP). 勝谷 郷史(KATSUYA, Satoshi); 〒7028601 岡山県岡山市南区海岸通 1 丁目 2 番 1 号 株式会社クラレ内 Okayama (JP). 角振 将平(TSUNOFURI, Shohei); 〒7138550 岡山県倉敷市玉島乙島 7 4 7 1 番地 株式会社クラレ内 Okayama (JP).
- (74) 代理人:杉本 修司, 外 (SUGIMOTO, Shuji et al.); 〒5500002 大阪府大阪市西区江戸堀 1 丁目 1 0 番 2 号 肥後橋ニッタイビル 野田・杉本特許事務所 Osaka (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) Title: INSULATING MEMBER AND INSULATING SHEET

(54) 発明の名称: 絶縁材および絶縁シート

[図3A]



AA Heat

(57) Abstract: Provided is an insulating member capable of insulating and fixing a conductive member. An insulating member (10) for insulating a conductive member (6, 8), the insulating member (10) including at least one insulating layer and at least one porous layer, and the insulating member fixing the conductive member. The at least one porous layer is composed of a thermoplastic resin and a plurality of reinforced fibers, and pores are formed between the plurality of reinforced fibers. The porosity Y [%] of the porous layer in the insulating member and the thickness X [μm] of the insulating layer in the insulating member satisfy the following equation (1): $0.01 \leq Y/X \leq 4.75$



WO 2023/171562 A1

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

- (57) 要約: 導電材を絶縁するとともに固定することができる絶縁材を提供する。導電材 (6, 8) を絶縁するための絶縁材 (10) であって、前記絶縁材 (10) は、少なくとも1つの絶縁層と、少なくとも1つの空隙層とを含み、前記導電材を固定しており、前記少なくとも1つの空隙層は、熱可塑性樹脂と複数の強化繊維とで構成され、前記複数の強化繊維の間で空隙が形成され、絶縁材中の空隙層が有する空隙率 Y [%] と、絶縁材中の絶縁層の厚さ X [μm] とが、下記式 (1) : $0.01 \leq Y/X \leq 4.75$ (1) を満たしている。

明 細 書

発明の名称：絶縁材および絶縁シート

関連出願

[0001] 本願は、日本国で2022年3月8日に出願した特願2022-035082の優先権を主張するものであり、その全体を参照により本出願の一部をなすものとして引用する。

技術分野

[0002] 本発明は、絶縁材およびこの絶縁材を形成するために用いられる絶縁シートに関する。

背景技術

[0003] 絶縁材は、導電材を絶縁するために様々な場所において用いられている。特に、絶縁材は、回転電機内部を絶縁するために必須の要素であり、例えば、特許文献1（特開2021-129408号公報）では、図7に示す断面図のように、環状のステータ2と、このステータ2に対し半径方向内方に位置するロータ3とを備えたインナーロータ型の誘導モータ1において、周方向に複数のティース4aおよび複数のスロット部8が互いに形成され、コイル6とスロット部8を絶縁する絶縁材7として、熱可塑性液晶ポリマーフィルムを用いることが記載されている。

[0004] また、特許文献2（特開2020-120528号公報）には、発泡部分と非発泡部分とをそなえる絶縁シートにより、スロット部とコイルとを絶縁するとともに、発泡部分によりスロット部に対してコイルを固定することが提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2021-129408号公報
特許文献2：特開2020-120528号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、特許文献1の熱可塑性液晶ポリマーフィルムは、コイルが直接スロット部と接触することは防ぐことができるものの、コイルを固定することができない。

一方、特許文献2の絶縁シートは、非発泡部分により絶縁性が付与され、発泡部分によりスロット部に対してコイルを固定することが可能であるが、発泡によりコイルが汚染されるリスクがあるとともに、発泡を異方的に膨張するよう制御することも困難である。

[0007] したがって、本発明の目的は、このような従来技術における問題点を解決するものであり、導電材を絶縁するだけでなく、当該導電材を汚染することなく固定することが可能である絶縁材、および絶縁材を得るための絶縁シート（絶縁材前駆体）を提供するものである。

課題を解決するための手段

[0008] 上記の課題を解決するために鋭意検討を行った結果、本発明者らは、絶縁層に対して特定の膨張性層を組み合わせると、絶縁性を担保しつつ、異方的に膨張させることができ、その結果、絶縁材は、絶縁性だけでなく、導電材を効率よく固定することができることを見出し、本発明を完成させた。

[0009] すなわち、本発明は、以下の態様で構成されうる。

〔態様1〕

導電材を絶縁するための絶縁材であって、

前記絶縁材は、少なくとも1つの絶縁層と、少なくとも1つの空隙層とを含み、前記導電材を固定しており、

前記少なくとも1つの空隙層は、熱可塑性樹脂と複数の強化繊維とで構成され、前記複数の強化繊維の間で空隙が形成され、

絶縁材中の空隙層が有する空隙率 Y [%] と、絶縁材中の絶縁層の厚さ X [μm] とが、下記式(1)：

$$0.01 \leq Y/X \leq 4.75 \quad (1)$$

を満たす、絶縁材。

〔態様 2〕

態様 1 に記載の絶縁材であって、前記強化繊維が、ガラス繊維、液晶ポリエステル繊維、アラミド繊維および炭素繊維からなる群から選択される少なくとも一種である、絶縁材。

〔態様 3〕

態様 1 または 2 に記載の絶縁材であって、前記少なくとも 1 つの絶縁層が、任意でフィラー材および／または補強繊維を含む、熱可塑性樹脂または熱硬化性樹脂で構成される、絶縁材。

〔態様 4〕

態様 1 または 2 に記載の絶縁材であって、前記少なくとも 1 つの前記絶縁層が、任意でフィラー材および／または補強繊維を含む、ポリアーテルイミド、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレートおよび液晶ポリエステルからなる群から選択される少なくとも一種の熱可塑性樹脂で構成される、絶縁材。

〔態様 5〕

態様 1 ～ 4 のいずれか一態様に記載の絶縁材であって、前記少なくとも 1 つの絶縁層が融点または軟化点 T_i を有する熱可塑性樹脂で構成され、前記少なくとも 1 つの空隙層が、融点または軟化点 T_b を有する熱可塑性樹脂で構成され、 $T_i \geq T_b$ である、絶縁材。

〔態様 6〕

態様 1 ～ 5 のいずれか一態様に記載の絶縁材であって、前記少なくとも 1 つの空隙層を構成する熱可塑性樹脂が、ポリアーテルイミド、液晶ポリエステル、ポリカーボネートおよびフェノキシ樹脂からなる群から選択される少なくとも一種である、絶縁材。

〔態様 7〕

態様 1 ～ 6 のいずれか一態様に記載の絶縁材であって、回転電機に用いられる、回転電機用絶縁材。

〔態様 8〕

態様 7 に記載の回転電機用絶縁材を少なくとも一部に含む、回転電機。

〔態様 9〕

周方向に沿ってティースおよびスロットを交互に有するステータコアと、前記ステータコアに装着されたコイルと、を備える回転電機のステータであって、

前記スロットの内周面と前記コイルとの間に態様 7 に記載の回転電機用絶縁材を備える、回転電機。

〔態様 10〕

少なくとも 1 つの絶縁層と、少なくとも 1 つの膨張性層とを少なくとも含む絶縁シートであって、

前記少なくとも 1 つの膨張性層は、熱可塑性樹脂と複数の強化繊維とで構成され、前記強化繊維同士が複数の交点を有し、少なくともその交点の一部が熱可塑性樹脂で接着されており、前記強化繊維全体の体積に対する、下記式 (2) で規定される湾曲度が 1.004 以上の強化繊維の体積含有率が 20 vol% 以上 (好ましくは 30 vol% 以上であってもよく、より好ましくは 35 vol% 以上、さらに好ましくは 40 vol% 以上) である、絶縁シート。

$$\text{湾曲度} = \text{繊維長} / \text{繊維両端の最短距離} \quad (2)$$

〔態様 11〕

態様 10 に記載の絶縁シートであって、前記少なくとも 1 つの膨張性層について、当該膨張性層の体積に対する、湾曲度が 1.004 以上の強化繊維の体積含有率が 3~50 vol% (好ましくは 5~45 vol%、より好ましくは 10~40 vol%) である、絶縁シート。

〔態様 12〕

態様 10 または 11 に記載の絶縁シートであって、前記強化繊維の平均繊維長が 3~100 mm である、絶縁シート。

〔態様 13〕

態様 10~12 のいずれか一態様に記載の絶縁シートであって、前記強化

繊維が、ガラス繊維、液晶ポリエステル繊維、アラミド繊維および炭素繊維からなる群から選択される少なくとも一種である、絶縁シート。

〔態様14〕

態様10～13のいずれか一態様に記載の絶縁シートであって、少なくとも一方の表面に金属と接着性を有する樹脂が露出している、絶縁シート。

〔態様15〕

態様10～14のいずれか一態様に記載の絶縁シートであって、前記金属と接着性のある樹脂が、ポリエーテルイミド、液晶ポリエステル、ポリカーボネートおよびフェノキシからなる群から選択される少なくとも一種である、絶縁シート。

〔態様16〕

態様10～15のいずれか一態様に記載の絶縁シートであって、前記少なくとも1つの絶縁層が、任意でフィラー材および／または補強繊維を含む、熱可塑性樹脂または熱硬化性樹脂で構成される、絶縁シート。

〔態様17〕

態様10～15のいずれか一態様に記載の絶縁シートであって、前記少なくとも1つの前記絶縁層が、任意でフィラー材および／または補強繊維を含む、ポリエーテルイミド、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレートおよび液晶ポリエステルからなる群から選択される少なくとも一種の熱可塑性樹脂で構成される、絶縁シート。

〔態様18〕

態様10～17のいずれか一態様に記載の絶縁シートであって、前記少なくとも1つの絶縁層が融点または軟化点 T_i を有する熱可塑性樹脂で構成され、前記少なくとも1つの膨張性層が、融点または軟化点 T_b を有する熱可塑性樹脂で構成され、 $T_i \geq T_b$ である、絶縁シート。

〔態様19〕

態様10～18のいずれか一態様に記載の絶縁シートであって、前記少なくとも1つの膨張性層を構成する熱可塑性樹脂が、ポリエーテルイミド、液

晶ポリエステル、ポリカーボネートおよびフェノキシ樹脂からなる群から選択される少なくとも一種である、絶縁シート。

〔態様20〕

態様10～19のいずれか一態様に記載の絶縁シートであって、前記少なくとも1つの絶縁層が熱可塑性樹脂で構成されており、この絶縁層が、膨張性層との界面に、厚さ20 μ m以下の浸透層を有している、絶縁シート。

〔態様21〕

態様10～20のいずれか一態様に記載の絶縁シート、または態様10～20のいずれか一態様に記載の絶縁層および膨張性層をそれぞれ少なくとも1層準備する工程と、

前記少なくとも1つの膨張性層を形成する熱可塑性樹脂の融点または軟化点 T_b 以上に加熱して、膨張性層を膨張させ、導電材を固定するとともに絶縁する工程と、を備える、絶縁材の製造方法。

[0010] 本明細書で使用される場合、単数形、「a」、「an」及び「the」は、内容が明確にそうでないことを示さない限り、「at least one」を含む複数形を含むことを意図している。本明細書で使用される場合、用語「および／または」、「少なくとも1」、「および「1以上」は、関連する列挙された項目の任意の及び全ての組合せを含む。

発明の効果

[0011] 本発明の絶縁シートは、膨張性層が特定の湾曲率を有する強化繊維で構成されているため、導電材の間において異方的に膨張することが可能であり、それにより形成された絶縁材は、相対する導電材を固定することができるだけでなく、絶縁性に優れる。

図面の簡単な説明

[0012] この発明は、添付の図面を参考にした以下の好適な実施形態の説明から、より明瞭に理解されるであろう。図面は必ずしも一定の縮尺で示されておらず、本発明の原理を示す上で誇張したものになっている。しかしながら、実施形態および図面は単なる図示および説明のためのものであり、この発明の

範囲を定めるために利用されるべきものではない。この発明の範囲は添付の請求の範囲によって定まる。

[図1A]本発明の第1の実施態様の絶縁材を説明するための一部概略断面図である。

[図1B]図1Aの概略断面図の一部拡大概略断面図である。

[図2]本発明の第2の実施態様の絶縁材を説明するための一部概略断面図である。

[図3A]本発明の第1の実施態様の絶縁材を形成する方法を説明するための一部概略断面図である。

[図3B]図3Aの概略断面図の一部拡大概略断面図である。

[図4]強化繊維の湾曲度を説明するための概念図である。

[図5]本発明の絶縁シートが取りうる膨張前の状態を示す概略断面図である。

[図6A]押抜荷重試験用サンプルの作製を説明するための概略斜視図である。

[図6B]押抜荷重試験用サンプルの作製を説明するための概略断面図である。

[図7]特許文献1に記載された回転電機を説明するための概略断面図である。

[図8]実施例11で得られた絶縁シートの断面拡大写真（倍率200倍）である。

[図9]比較例5で得られた絶縁シートの断面拡大写真（倍率200倍）である。

発明を実施するための形態

[0013] <絶縁材>

本発明の絶縁材は、導電材を絶縁するための絶縁材であって、前記絶縁材は、少なくとも1つの絶縁層と、少なくとも1つの空隙層とを含み、前記導電材を固定している。また、本発明は、回転電機用絶縁材を少なくとも一部に含む、回転電機も包含する。

[0014] 前記少なくとも1つの空隙層は、熱可塑性樹脂と複数の強化繊維とで構成され、前記複数の強化繊維の間で空隙が形成され、

絶縁材中の空隙層が有する空隙率 Y [%] と、絶縁材中の絶縁層の厚さ X

[μm] とが、下記式 (1) :

$$0.01 \leq Y/X \leq 4.75 \quad (1)$$

を満たすため、空隙層を有しつつ、目的とする絶縁性を担保することが可能である。

[0015] 図1Aは、本発明の第1の実施形態に係る絶縁材が、回転電機のステータにおいて配設されている状態を示している。図1Aは、本発明の絶縁材の第1の実施態様を説明するための一部概略断面図であり、図1Bは、図1Aの概略断面図の一部拡大概略断面図である。

[0016] 図1Aに示すように、回転電機100は、ステータ2とインナーロータ3と備えており、ステータ2は、ステータ周方向に沿ってティース4aおよびスロット部8を交互に有するステータコア4と、このステータコアに装着された導電材であるコイル6を備えている。なお、回転電機は、インナーロータに代えて、アウターロータを備えていてもよい。

[0017] 絶縁材10は、ステータコア4におけるスロット部8に配設され、導電材であるコイル6とティース4aとの間に介在し、コイル6が直接スロット部8と接触するのを防いでいる。図1Bは、絶縁材10を構成する絶縁層13と空隙層15を示すための、概略拡大図である。図1Bに示すように、絶縁材10は、絶縁層13と空隙層15とを含み、絶縁層13はスロット部8の内周面と密接し、空隙層15はコイル6と密接しているため、コイル6は、絶縁材10によりスロット部8に固定されている。また、絶縁層13は、厚さ $X \mu\text{m}$ を有しており、絶縁材に対して絶縁性を付与している。

[0018] また、空隙層15は、熱可塑性樹脂と複数の強化繊維とで構成され、前記複数の強化繊維の間で空隙が形成されている。空隙層15は、連続した多孔質構造を有していてもよい。空隙層15が連通孔構造を有している場合、冷却液の通液などに用いることが可能であり、例えば、連通孔として存在する空隙に冷却液を通液することによりモータを冷却することが可能である。

[0019] 空隙層15中の空隙は、後述するように、絶縁シート中の膨張性層が膨張することによって形成される。膨張性層では、所定の湾曲度で湾曲した複数

の強化繊維が熱可塑性樹脂で固定されており、絶縁シートをこの熱可塑性樹脂の融点または軟化点 T_b 以上に加熱することによって、湾曲された強化繊維内部に蓄積された応力が開放され、強化繊維の間で空隙を形成して主として厚さ方向に膨張して絶縁材を形成する。また、空隙層15では、強化繊維の膨張により空隙が強化繊維間で形成されているため、発泡部材を利用した場合と比べて、予期せぬ発泡によって部材が汚染されるおそれもない。さらに、膨張性層の厚さ方向において異方的に膨張させることができるため、空隙層の構成を制御しやすい。

[0020] 絶縁シート中の膨張性層が膨張し、空隙層を形成することにより、膨張前の絶縁シートでは固定することができないコイル6を、空隙層15を有する絶縁材10では固定することができる。また、スロット部8およびコイル6に対して、絶縁シートの膨張応力により高い押圧力が加えられる場合や、絶縁材中の熱可塑性樹脂がスロット部8および／またはコイル6に接着している場合、押圧力や樹脂による接着により、荷重がかかる場合であっても絶縁材による固定性を維持することができる。

[0021] また、図2は、本発明の絶縁材の第2の実施態様を説明するための一部概略断面図である。図2では、絶縁材20は、空隙層25a、絶縁層23、空隙層25bの順で各層を備えている。すなわち、絶縁材20は、空隙層25a、25bの間に絶縁層23が挿入された構造を有しており、それ以外の部分は、図1Aおよび1Bと共通している。

[0022] 図2に示す絶縁材20では、絶縁材20の一方の空隙層25aがスロット部8の表面と密接し、他方の空隙層25bがコイル6と密接しており、その結果コイル6は、絶縁材20によりスロット部8に固定されている。

[0023] これらの絶縁材10および20では、空隙層が所定の空隙率を有する状態で導電材を固定することができる一方で、絶縁材の絶縁性を担保する観点から、絶縁層が空隙層の空隙率に対して所定の割合の厚さを有している。

[0024] そのため、絶縁材中の空隙層が有する空隙率 Y [%] と、絶縁材中の絶縁層の厚さ X [μm] とは、下記式(1)

$$0.01 \leq Y/X \leq 4.75 \quad (1)$$

を満たしている。

[0025] Y/X は、好ましくは0.05以上、より好ましくは0.10以上、さらに好ましくは0.20以上、さらにより好ましくは0.30以上であってもよい。また、 Y/X は、好ましくは4.00以下、より好ましくは3.00以下、さらに好ましくは2.00以下、さらにより好ましくは1.60以下であってもよい。

[0026] 空隙率 Y は、絶縁材が固定する導電材との関係で適宜設定すればよく、例えば、5～95%、好ましくは30～90%、より好ましくは50～80%であってもよい。空隙率が前記下限値以上であると、導電材との接着性に優れ、空隙率が前記上限値以下であると、空隙層の強度が低下することなく、取扱性に優れる。

絶縁材において、空隙層は、少なくとも1層含まれていればよく、複数の空隙層を有する場合、絶縁材における空隙層の空隙率 Y は、全ての空隙層が有する空隙率として算出される。

[0027] 前記空隙率は、具体的には以下のように求めることができる。絶縁材において、断面観察により、空隙層の厚さを測定する。空隙層が複数存在している場合は、複数の空隙層の厚さをそれぞれ測定し、それらを合計する。空隙層の目付 (g/m^2) を空隙層の厚さ (μm) で割って、空隙層の嵩密度 (g/cm^3) を算出する。

次に、空隙層の真密度 (=強化繊維の体積比率×強化繊維の密度+熱可塑性樹脂の体積比率×熱可塑性樹脂の密度) を算出する。その後下記式から空隙率を算出する。

$$\text{空隙率 (\%)} = (1 - \text{空隙層の嵩密度} / \text{空隙層の真密度}) \times 100$$

[0028] 絶縁材において、絶縁層は、少なくとも1層含まれていればよく、複数の絶縁層を有する場合、絶縁材における絶縁層の厚さ X は、絶縁材中の全ての絶縁層の厚さの和が用いられる。絶縁層の厚さは、絶縁材において、上述した空隙層と同様に、断面観察により測定される。

また、絶縁層の厚さXは、10～1000 μm の広い範囲から選択することができ、例えば、20～500 μm 、好ましくは30～350 μm 、より好ましくは50～250 μm であってもよい。厚さが前記下限値以上であると、絶縁材としての絶縁性に優れ、厚さが前記上限値以下であると、賦形性や隙間への挿入性に優れる。

[0029] 絶縁材は、少なくとも1層の絶縁層と、少なくとも1層の空隙層を有していればよく、図1Bに示すように、絶縁層/空隙層の2層構造、図2に示すように空隙層/絶縁層/空隙層や、絶縁層/空隙層/絶縁層の3層構造であってもよく、絶縁層/空隙層/絶縁層/空隙層などの4層構造、さらに5層以上の構造などであってもよい。絶縁材において、最外層は、絶縁層であっても空隙層であってもよく、用途に応じて適宜設定することができる。

[0030] <絶縁層>

絶縁層の材質は、絶縁材に絶縁性を付与することができる限り特に限定されず、無機材料であっても、有機材料であってもよいが、成形性の観点から、任意でフィラー材および/または補強繊維を含む熱可塑性樹脂や、任意でフィラー材および/または補強繊維を含む熱硬化性樹脂で構成されるのが好ましい。これらの材料は、単独でまたは二種以上組み合わせて使用してもよい。

[0031] 熱可塑性樹脂としては、ビニル系樹脂（ビニル基 $\text{CH}_2=\text{CH}-$ またはビニリデン基 $\text{CH}_2=\text{C}<$ を有するモノマーから合成されるポリマーまたはその誘導体、例えば、ポリオレフィン系樹脂、塩化ビニル系樹脂、酢酸ビニル系樹脂）；脂肪族ポリアミド系樹脂（ポリアミド6、ポリアミド66、ポリアミド11、ポリアミド12、ポリアミド610、ポリアミド612など）、半芳香族ポリアミド系樹脂、全芳香族ポリアミド系樹脂などのポリアミド系樹脂；ポリエチレンテレフタレート、ポリトリメチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレートなどのポリエステル系樹脂；ポリテトラフルオロエチレン系樹脂などのフッ素系樹脂；半芳香族ポリイミド系樹脂、ポリアミドイミド系樹脂、ポリエーテルイミド系樹脂など

の熱可塑性ポリイミド系樹脂；ポリスルホン系樹脂、ポリエーテルスルホン系樹脂などのポリスルホン系樹脂；変性ポリフェニレンエーテル樹脂；ポリエーテルケトン系樹脂、ポリエーテルエーテルケトン系樹脂、ポリエーテルケトンケトン系樹脂などのポリエーテルケトン系樹脂；ポリカーボネート系樹脂；非晶性ポリアリレート系樹脂；全芳香族ポリエステル系樹脂などの液晶ポリエステル系樹脂；ウレタン系、スチレン系、オレフィン系、塩化ビニル系、エステル系、アミド系の熱可塑性エラストマーなどが挙げられる。これらの熱可塑性樹脂は、単独で、あるいは二種以上を組み合わせ用いてもよい。

[0032] また、絶縁層で用いられる熱可塑性樹脂は、膨張後の絶縁シートを含む構造体において耐熱性が要求される用途の場合、ガラス転移温度が100℃以上の熱可塑性樹脂を用いることが好ましい。例えば、ガラス転移温度が100℃以上である熱可塑性樹脂として、ポリテトラフルオロエチレン系樹脂、熱可塑性ポリイミド系樹脂、ポリスルホン系樹脂、半芳香族ポリアミド系樹脂、ポリエーテルケトン系樹脂、ポリカーボネート系樹脂、液晶ポリエステル系樹脂などが挙げられる。これらのうち、熱可塑性樹脂は、力学特性や成型性の点から、熱可塑性ポリイミド系樹脂（好ましくは、ポリエーテルイミド系樹脂）、ポリエーテルケトン系樹脂（好ましくは、ポリエーテルエーテルケトン系樹脂）、半芳香族ポリアミド系樹脂、ポリカーボネート系樹脂およびポリスルホン系樹脂からなる群より選ばれる少なくとも一種の熱可塑性樹脂であってもよい。耐熱性が要求される用途においては、熱可塑性樹脂のガラス転移温度は、好ましくは105℃以上、さらに好ましくは110℃以上であってもよい。なお、上限に関しては特に制限はないが、絶縁シートを経済的に使用する観点から、300℃以下であってもよい。なお、ガラス転移温度は後述の実施例に記載した方法により測定される値である。

[0033] 膨張の際に絶縁層を構成する熱可塑性樹脂が軟化により流動するのを抑制する観点から、絶縁層を構成する熱可塑性樹脂は、空隙層を構成する熱可塑性樹脂の軟化点（ T_g ）における貯蔵弾性率 E'_{T_g} と、絶縁層を構成する熱

可塑性樹脂の室温（25℃）における貯蔵弾性率 E'_{25} との割合で示される保持率（ $E'_{T_g}/E'_{25} \times 100$ ）が、例えば、0.1%以上であってもよく、0.5%以上であってもよい。

[0034] 本発明で用いる熱硬化性樹脂としては、例えば、フェノール樹脂、尿素樹脂、メラミン樹脂、シリコン樹脂、エポキシ樹脂、及び熱硬化性ポリイミド系樹脂等が挙げられる。

[0035] これらのうち、耐熱性および取り扱い性の観点から、熱可塑性ポリイミド系樹脂（好ましくは、ポリエーテルイミド系樹脂）、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレートおよび液晶ポリエステルなどが好ましく用いられる。

[0036] 絶縁層は、必要に応じて、フィラー材および／または補強繊維、さらに各種添加剤を含んでもよい。これらのフィラー材、補強繊維、さらに添加剤は、公知または慣用の材料が用いられる。

[0037] <空隙層>

空隙層を構成する熱可塑性樹脂は、後述するように膨張性層において軟化または溶融して、強化繊維の反発による膨張を達成することができる限り特に限定されず、絶縁層に用いられる材料に応じて適宜設定することができる。また、空隙層を構成する熱可塑性樹脂と、絶縁層を構成する熱可塑性樹脂は、同一であっても異なってもよい。

例えば、絶縁層が融点または軟化点 T_i を有する熱可塑性樹脂で構成される場合、空隙層を構成する熱可塑性樹脂は、融点または軟化点 T_b を有する熱可塑性樹脂で構成され、これらの融点または軟化点 T_b が、 $T_i \geq T_b$ であるのが好ましい。より好ましくは、空隙層を構成する熱可塑性樹脂 T_b は、絶縁層を構成する熱可塑性樹脂 T_i を基準として、 $(T_i - 120)^\circ\text{C} \sim T_i^\circ\text{C}$ であってもよく、好ましくは $(T_i - 50)^\circ\text{C} \sim T_i^\circ\text{C}$ であってもよい。

なお、熱可塑性樹脂は、融点を有する場合は融点を基準温度として用い、融点を有しない場合は軟化点（ガラス転移温度）を基準温度として用いるこ

とができる。

[0038] 空隙層を構成する熱可塑性樹脂としては、絶縁層において用いられる熱可塑性樹脂を例示することができ、これらのうち、空隙層における膨張性を促進する観点から、空隙層を構成する熱可塑性樹脂は、ポリオレフィン系樹脂、脂肪族ポリアミド系樹脂、ポリエーテルイミド、液晶ポリエステル、ポリカーボネートおよびフェノキシ樹脂などが好ましく用いられる。特に、絶縁材によって接する部位（例えば導電材の表面）に対する接着性を高める観点から、熱可塑性ポリイミド系樹脂（好ましくは、ポリエーテルイミド系樹脂）が好ましく用いられる。

[0039] 空隙層を構成する強化繊維は、膨張性を発揮することができる限り特に制限されず、有機繊維であってもよく、無機繊維であってもよく、また、単独で、あるいは二種以上を組み合わせ用いてもよい。無機繊維としては、例えば、ガラス繊維、炭素繊維、各種セラミック繊維（例えば、炭化ケイ素繊維、窒化ケイ素繊維、シリカ繊維、アルミナ繊維、ジルコニア繊維、ボロン繊維、玄武岩繊維等）、各種金属繊維（例えば、金、銀、銅、鉄、ニッケル、チタン、ステンレス等）等が挙げられる。また、有機繊維としては、ガラス転移温度または融点が強化繊維の交点を接着する熱可塑性樹脂の軟化点より高い限り特に制限されず、例えば、全芳香族ポリエステル系繊維、ポリフェニレンサルファイド繊維、パラ系アラミド繊維、ポリスルホンアミド繊維、フェノール樹脂繊維、ポリイミド繊維、フッ素繊維等が挙げられる。なお、本発明において、軟化点とは、熱可塑性樹脂において、主に熱変形温度を意味し、例えば、荷重たわみ温度（JIS K 7207）であってもよい。特に、非晶性樹脂の場合はそのガラス転移温度を意味する。

[0040] これらのうち、強化繊維の反発力を高くする観点から、ガラス繊維、液晶ポリエステル繊維、アラミド繊維および炭素繊維を用いるのが好ましい。また、絶縁材の絶縁性を向上させる観点から、絶縁性繊維（例えば、ガラス繊維、液晶ポリエステル繊維、アラミド繊維など）であってもよい。

[0041] <絶縁材の形成方法>

絶縁材の形成方法または製造方法は、絶縁シートを準備する工程と、前記絶縁シート中の少なくとも1つの膨張性層を形成する熱可塑性樹脂の軟化点または融点以上に加熱して、膨張性層を膨張させ、導電材を固定するとともに絶縁する工程とを備えていてもよい。

[0042] また、絶縁材の製造方法は、絶縁層および膨張性層をそれぞれ少なくとも1層準備する工程と、前記絶縁シート中の少なくとも1つの膨張性層を形成する熱可塑性樹脂の軟化点または融点以上に加熱して、膨張性層を膨張させ、導電材を固定するとともに絶縁する工程とを備えていてもよい。なお、絶縁シート、絶縁層および膨張性層は、必要に応じて組み合わせて用いてもよい。

[0043] 図3Aは、本発明の第1の実施態様の絶縁材10を形成する方法の一例を説明するための一部概略断面図である。絶縁材10は、絶縁シート30を絶縁シート30の厚さ方向に膨張させることにより形成される。図3Aの左側は、スロット部8の内周面と、コイル6との間に絶縁シート30が挿入されている状態を示しており、図3の右側は、絶縁シート30が加熱により膨張し、絶縁材10となり、スロット部6内周面とコイル6との間に介在して、コイル6を固定している状態を示している。また、図3Bは、図3Aの概略断面図の一部拡大概略断面図である。

[0044] 図3Bは、スロット部6内周面とコイル6との間に挿入された絶縁シート30を示すための概略拡大図である。図3Bに示すように、絶縁シート30は、絶縁層33と膨張性層35とを有しており、絶縁層33は絶縁材10の絶縁層13に対応し、膨張性層35は絶縁材10の空隙層15に対応している。

[0045] 絶縁シート30の膨張性層35では、熱可塑性樹脂により、湾曲状態の強化繊維が拘束されており、膨張性層35を構成する熱可塑性樹脂の融点または軟化点以上で加熱することにより、熱可塑性樹脂が溶融または軟化し、それに伴い、熱可塑性樹脂で拘束されていた強化繊維の湾曲が解放され、それにより強化繊維の反発力（復元力）が厚さ方向に発現する。

[0046] その結果、絶縁シート30は、厚さ方向に不可逆的に膨張し、図1Bに示すように、絶縁材10としてスロット部8においてコイル6を固定する。好ましくは、スロット部8の内周面およびコイル6に対して、絶縁材を構成する熱可塑性樹脂が融着により接着している。

[0047] 本発明の絶縁材は、例えば、上述のように本発明の絶縁シートを加熱して膨張性層を膨張させることにより、得ることが可能である。

なお、別の態様として、本発明の絶縁材は、例えば、絶縁層と膨張性層とを別々に準備し、導電材の間に別々に挿入した後に、加熱することにより膨張性層を膨張させて空隙層とし、絶縁層と空隙層とを含む絶縁材を形成してもよい。

[0048] 絶縁材は、導電材に接して固定するとともに導電材を絶縁してもよい。例えば、導電材（例えば、ケーブル用導電材）に対して絶縁シート（例えば、リボン状物）を周回し、得られた周回体を加熱し、当該絶縁シートの膨張性層を膨張させて空隙層とし、絶縁層と空隙層とを含む絶縁材を形成し、導電材を絶縁してもよい。

[0049] または、絶縁材は、導電材に接して絶縁するとともに、この導電材を所定の空間において固定してもよい。例えば、所定の空間において、導電材に隣接して絶縁シートを配設し、当該絶縁シートの膨張性層を膨張させて空隙層を形成した絶縁材は、導電材に接して導電材を絶縁するとともに、絶縁材が所定の空間を充填してもよい。導電材を固定する態様は、空間の形状に応じて適宜決定され、絶縁材は、膨張性層の膨張により導電材を当該空間において固定することができれば、当該空間は、絶縁材によって完全に充填されていなくてもよい。例えば、絶縁材は、導電材と当該空間の少なくとも一つの壁面との間を充填することにより、この導電材を固定してもよい。

[0050] 膨張性層を加熱して膨張性層を膨張させる温度は、少なくとも1つの膨張性層を形成する熱可塑性樹脂の軟化点または融点 T_b を基準として、 T_b 以上であればよく、好ましくは $(T_b + 10)^\circ\text{C}$ 以上、より好ましくは $(T_b + 20)^\circ\text{C}$ 以上であってもよい。膨張性層を膨張させる温度の上限は、膨張

性層を形成する熱可塑性樹脂の熱分解温度以下であってもよい。

[0051] 一方、膨張性層を加熱して膨張性層を膨張させる温度は、絶縁層に応じて設定してもよく、例えば、絶縁層が熱可塑性樹脂で構成される場合、膨張性層が膨張する際に絶縁層が流動しない温度であるのが好ましい。その場合、加熱温度は、絶縁層を形成する熱可塑性樹脂の軟化点または融点 T_i を基準として、 $(T_i + 90)^\circ\text{C}$ 以下であってもよく、好ましくは $(T_i + 80)^\circ\text{C}$ 以下、より好ましくは $(T_i + 70)^\circ\text{C}$ 以下であってもよい。絶縁層が複数存在する場合には、基準とされる T_i は最も低温の絶縁層の値を利用してよい。

[0052] <絶縁シート>

本発明の絶縁シートは、少なくとも1つの絶縁層と、少なくとも1つの膨張性層とを含んでいる。絶縁層は、絶縁材において存在する絶縁層に対応している。なお、絶縁材における絶縁層が熱硬化性樹脂などで形成される場合、絶縁シートにおける絶縁層は、熱硬化前の前駆体で形成されていてもよい。

<膨張性層>

膨張性層は、強化繊維と熱可塑性樹脂とで構成されている。膨張性層は、本発明の効果を損なわない限り、強化繊維および熱可塑性樹脂以外の物質を含んでいてもよい。膨張性層では、前記強化繊維同士が複数の交点を有し、少なくともその交点の一部が熱可塑性樹脂で接着されている。例えば、強化繊維同士は、ランダムに配向した状態で複数の交点を有し、少なくとも強化繊維の交点の一部が熱可塑性樹脂により接着されていてもよく、好ましくは、強化繊維同士の交点を中心として熱可塑性樹脂が水掻き状に存在してもよく、強化繊維がマトリクスを形成する熱可塑性樹脂中に埋入されていてもよい。このような構造を取る事で、膨張性層の構造強度が向上する。

[0053] 一態様では、膨張性層は、強化繊維全体の体積に対する、下記式(2)で規定される湾曲度が1.004以上の強化繊維の体積含有率が20vol%以上であってもよい。

$$\text{湾曲度} = \text{繊維長} / \text{繊維両端の最短距離} \quad (2)$$

- [0054] 図5は、強化繊維の湾曲度を説明するための概念図である。図5に示すように、膨張性層中で、強化繊維は略中央部を中心として弓なり形状を有していると仮定する。この場合、上記式(2)における繊維長とは、繊維の湾曲形状に沿った長さ L を示し、繊維両端の最短距離とは、繊維両端の2点を結ぶ直線の距離 L_0 を示す。なお、湾曲した強化繊維としては、図5のように弓なり形状に限定されず、山形の形状でも良いし、波形でも良い。
- [0055] 強化繊維が湾曲していることにより残留応力が生じ、絶縁シートを加熱する際、膨張性層を構成する熱可塑性樹脂が流動し、1.004以上の湾曲度を有する強化繊維は反発力が大きく、絶縁材の絶縁性を担保するための絶縁層と組み合わせた場合であっても、反発力により固定材の固定性を確保することが可能である。
- [0056] 膨張性層において、強化繊維全体の体積に対する、湾曲度が1.004以上の強化繊維の体積含有率は、好ましくは30vol%以上であってもよく、より好ましくは35vol%以上、さらに好ましくは40vol%以上であってもよい。強化繊維全体の体積に対する、湾曲度が1.004以上の強化繊維の体積含有率の上限は特に限定されないが、例えば、100%であってもよい。なお、強化繊維の湾曲度は、後述の実施例に記載した方法により測定される値である。
- [0057] 上記のような膨張性層を製造するに当たって、厚さ方向に加圧している場合、湾曲していた強化繊維の反発力は厚さ方向に発現するため、そのような膨張性層は加熱時に厚さ方向に膨張し、膨張応力は厚さ方向に生じる。
- [0058] 膨張性層は、加熱時の膨張応力を高くする観点から、膨張性層全体の体積に対する、湾曲度が1.004以上の強化繊維の体積含有率が3~50vol%であってもよく、好ましくは5~45vol%、より好ましくは10~40vol%であってもよい。なお、膨張性層全体の体積に対する、湾曲度が1.004以上の強化繊維の体積含有率とは、膨張性層の嵩体積に対する、湾曲度が1.004以上の強化繊維の占める体積の割合を示し、後述の実

施例に記載した方法により測定される値である。

[0059] 膨張性層は、加熱時の膨張応力を高くする観点から、強化繊維の平均湾曲度が1.003以上であってもよく、好ましくは1.004以上、より好ましくは1.005以上、さらに好ましくは1.006以上であってもよい。強化繊維の平均湾曲度の上限は、例えば、1.05以下であってもよく、好ましくは1.04以下、より好ましくは1.03以下であってもよい。なお、強化繊維の平均湾曲度は、後述の実施例に記載した方法により測定される値である。

[0060] 加熱時の膨張応力（絶縁シートが膨張して導電材を固定する際に生じる応力をいう。）を高くする観点から、膨張性層の全重量に対する、強化繊維の重量含有率が15～60wt%であることが好ましく、より好ましくは18～55wt%、さらに好ましくは20～50wt%、さらにより好ましくは25～48wt%であってもよい。強化繊維の重量含有率が低すぎると、強化繊維同士が接することが少なくなるため、強化繊維が湾曲しにくい傾向にある。また、強化繊維の重量含有率が高すぎると、熱可塑性樹脂の量が少ないため、強化繊維が湾曲した状態で保持できず、強化繊維の湾曲度を調整しにくい傾向にある。

[0061] 膨張性層は、膨張性層の全重量に対する、熱可塑性樹脂の重量含有率が40～85wt%であることが好ましい。より好ましくは45～82wt%、さらに好ましくは50～80wt%、さらにより好ましくは52～75wt%であってもよい%であってもよい。熱可塑性樹脂の量が少ないと熔融熱可塑性樹脂の接着の寄与が小さくなるため、補強力または固定力が不十分となるおそれがある。なお、膨張性層に含まれる熱可塑性樹脂として、複合シートとしての不織布の製造に必要なに応じて用いられるバインダー成分を含んでいてもよい。

[0062] 膨張性層は、導電材に対して接触する熱可塑性樹脂の面積を高くするとともに、十分な膨張性を確保する観点から、強化繊維と熱可塑性樹脂との体積比（強化繊維：熱可塑性樹脂）が、10：90～70：30であってもよい

。強化繊維と熱可塑性樹脂との体積比（強化繊維：熱可塑性樹脂）は、好ましくは15：85～65：35、より好ましくは20：80～60：40であってもよい。

[0063] 膨張性層の平均目付は、充填させる空間および用途に応じて様々な目付とすることが可能であり、例えば、10～10000 g/m²の広い範囲から選択可能であるが、狭い空間でも精度良く充填可能とする観点から、10～500 g/m²であってもよく、好ましくは20～400 g/m²、より好ましくは50～300 g/m²であってもよい。なお、膨張性層の平均目付は後述の実施例に記載した方法により測定される値である。

[0064] 膨張性層の密度は、充填させる空間および用途に応じて様々な密度とすることが可能であるが、0.5～5 g/cm³であってもよく、好ましくは0.6～4 g/cm³、より好ましくは0.7～3 g/cm³であってもよい。なお、膨張性層の密度は後述の実施例に記載した方法により測定される値である。

[0065] 膨張性層は、下記式（3）で規定される湾曲度の解放率が20%以上であってもよく、好ましくは30%以上、より好ましくは40%以上、さらに好ましくは50%以上、さらにより好ましくは60%以上であってもよい。湾曲度の解放率は、膨張性層が熱膨張できる能力をどれくらい有しているかを示す指標となり、上記のような湾曲度の解放率を有する膨張性層は、所定の空間内で充填させたときの空間を補強する強度や被固定材を固定する強度に優れる。湾曲度の解放率の上限は特に限定されないが、例えば、100%であってもよい。

湾曲度の解放率（%）＝

$$[(A-1) - (B-1)] / (A-1) \times 100 \quad (3)$$

（式中、A：膨張前膨張性層中の強化繊維の平均湾曲度、B：無加圧下で熱膨張させた後の膨張性層中の強化繊維の平均湾曲度を表す。）

[0066] 膨張性層は、ガスの発生を抑制する観点から、加熱させる際に揮発する揮発性物質（例えば、加熱温度より沸点の低い低分子化合物等）、発泡剤、膨

張黒鉛等を実質的に含まないことが好ましく、膨張性層中の揮発性物質の総量は0.5wt%未満であってもよい。

[0067] 膨張性層を膨張させる工程（以下、単に膨張工程と称する場合がある）では、例えば、膨張性層の熱可塑性樹脂の融点または軟化点（ T_b ）を基準として、 $(T_b + 10)^\circ\text{C}$ 以上であってもよく、好ましくは $(T_b + 30)^\circ\text{C}$ 以上、より好ましくは $(T_b + 50)^\circ\text{C}$ 以上であってもよい。加熱温度の上限は、例えば、 $(T_b + 250)^\circ\text{C}$ 以下、好ましくは $(T_b + 200)^\circ\text{C}$ 以下であってもよく、特に熱可塑性樹脂の劣化を抑制する観点から、 $(T_b + 150)^\circ\text{C}$ 以下であることがより好ましい。

[0068] 膨張工程では、絶縁シートは、速やかに膨張してもよいが、緩やかに膨張することにより、全体的に均一な構造を有していてもよく、例えば、膨張させるための加熱時間は、例えば1分～1時間程度であってもよく、好ましくは10～50分程度であってもよい。

[0069] <膨張性層前駆体>

このような膨張性層は、膨張性層前駆体から形成される。具体的には、膨張性層は、強化繊維と熱可塑性樹脂とを含む膨張性層前駆体を準備する工程と、前記膨張性層前駆体を前記熱可塑性樹脂の融点または軟化点以上に加熱し、厚さ方向に圧力をかけて熱プレスする工程と、圧力をかけたまま、前記熱可塑性樹脂の融点または軟化点より低い温度まで冷却する工程と、を少なくとも備えていてもよい。特定の湾曲度を有する強化繊維が特定量存在する膨張性層を製造するためには、所望の膨張性層の目付や厚さ等に応じて後述の製造条件を適宜調整する必要があるが、例えば、膨張性層前駆体中の強化繊維の割合や熱プレスに供する膨張性層前駆体の枚数、熱プレスの条件等を調整することにより強化繊維の湾曲度を調整することが可能である。

[0070] 膨張性層前駆体は、強化繊維と熱可塑性樹脂とを含み、熱プレス工程および冷却工程により膨張性層を形成し得る材料であり、さまざまな形態のシート状物等を使用することができる。膨張性層前駆体としては、例えば、強化繊維と熱可塑性繊維との混合不織布、または粒子状（または粉粒状）の熱可

塑性樹脂が分散した強化繊維の不織布などが挙げられ、好ましくは強化繊維と熱可塑性繊維との混合不織布であってもよい。また、強化繊維および熱可塑性繊維の分布の均一性の観点から、強化繊維と熱可塑性繊維とを含む湿式不織布（例えば、混抄紙、以下、本発明では、湿式抄紙法による混合不織布を混抄紙と称する）であることがより好ましい。

[0071] 強化繊維および熱可塑性樹脂の種類は、絶縁材において用いられる強化繊維および熱可塑性樹脂の種類と同様であるため、ここでは記載を省略する。用いられる強化繊維は、連続繊維であってもよいが、非連続繊維であることが好ましく、その平均繊維長は、強化繊維の反発力を高くする観点から、3～100mmであることが好ましい。より好ましくは4～80mm、さらに好ましくは5～50mmであってもよい。なお、平均繊維長は後述の実施例に記載した方法により測定される値である。

[0072] 強化繊維は、強化繊維の反発力を高くする観点から、単繊維の平均繊維径が2～40 μ mであることが好ましい。より好ましくは3～30 μ m、さらに好ましくは4～20 μ mであってもよい。なお、平均繊維径は後述の実施例に記載した方法により測定される値である。

[0073] 強化繊維は、強化繊維の反発力を高くする観点から、単繊維のアスペクト比（平均繊維長／平均繊維径）が100～50000であることが好ましい。より好ましくは300～10000、さらに好ましくは500～5000であってもよい。

[0074] 強化繊維は、強化繊維の反発力を高くする観点から、10GPa以上の引張弾性率をもつものが好ましい。より好ましくは30GPa以上、さらに好ましくは50GPa以上であってもよい。上限に関しては特に制限はないが、1000GPa以下であってもよい。なお、引張弾性率は、炭素繊維の場合はJIS R 7606、ガラス繊維の場合はJIS R 3420、有機繊維の場合はJIS L 1013など、それぞれの繊維に合った規格に準拠した方法により測定することができる。

[0075] 得られる膨張性層中の強化繊維の湾曲度を調整する観点から、膨張性層前

駆体の全重量に対する、強化繊維の重量含有率が15～60wt%であってもよく、好ましくは18～55wt%、より好ましくは20～50wt%、さらに好ましくは25～48wt%であってもよい。強化繊維の含有率が少なすぎると、強化繊維同士が接することが少なくなるため、強化繊維が湾曲しにくい傾向にある。また、強化繊維の含有率が多すぎると、熱可塑性樹脂の量が少ないため、強化繊維が湾曲した状態で保持できず、強化繊維の湾曲度を調整しにくい傾向にある。

[0076] 膨張性層前駆体として混合不織布を使用する場合、上記熱可塑性樹脂を公知の方法により繊維化した熱可塑性繊維を使用することができる。本発明で用いる混合不織布は、得られる膨張性層中の強化繊維の湾曲度を調整する観点から、混合不織布の全重量に対する、熱可塑性繊維の重量含有率が40～85wt%であってもよく、好ましくは45～82wt%、より好ましくは50～80wt%、さらに好ましくは52～75wt%であってもよい。

[0077] 熱可塑性繊維の単繊維繊度は、強化繊維の分散性を良好にする観点から、0.1～20dtexであることが好ましい。加熱時の膨張応力に優れた膨張性層を得るためには、混合不織布中の強化繊維を斑なく分散させることが望ましい。熱可塑性繊維の単繊維繊度は、より好ましくは0.5～18dtex、さらに好ましくは1～16dtexであってもよい。なお、単繊維繊度は後述の実施例に記載した方法により測定される値である。

[0078] 熱可塑性繊維の平均繊維長は、強化繊維の分散性を良好にする観点から、0.5～60mmであることが好ましく、より好ましくは1～55mm、さらに好ましくは3～50mmであってもよい。なお、平均繊維長は後述の実施例に記載した方法により測定される値である。なお、その際の繊維の断面形状に関しても特に制限はなく、円形、中空、扁平、あるいは星型等異型断面であってもよい。

[0079] また、熱可塑性繊維としてガラス転移温度が100℃以上である熱可塑性樹脂からなる繊維を用いる場合、混合不織布は、必要に応じてバインダー成分を含んでいてもよい。混合不織布に対する、バインダー成分の重量含有率

は、例えば、10wt%以下であってもよい。バインダー成分の形状としては、繊維状、粒子状、液状などであってもよいが、不織布を形成する観点からは、バインダー繊維が好ましい。バインダー成分としては、特に限定されず、例えば、ポリオレフィン系樹脂、ポリアミド系樹脂、ポリエステル系樹脂、アクリル系樹脂、ポリビニルアルコール系樹脂、ポリウレタン系樹脂などが挙げられるが、ポリエステル系樹脂が好ましい。これらのバインダー成分は、得られる膨張性層の熱可塑性樹脂を構成する成分に該当する。バインダー成分が熱可塑性樹脂としてマトリクスの一部となる観点から、熱可塑性繊維と相溶性を有しているバインダー成分を用いることが好ましく、その場合、得られる膨張性層は、マトリクスが一体化しているため、強度に優れる。

[0080] ポリエステル系樹脂は、ジカルボン酸成分のうち、テレフタル酸成分（a）とイソフタル酸成分（b）を、その共重合割合（モル比）が（a）／（b）＝100／0～40／60（好ましくは99／1～40／60）として含むポリエステル系ポリマーで構成されていてもよい。このようなポリエステル系樹脂を用いることで、良好なバインダー特性により混合不織布の強度を向上させることができるため工程通過性に優れると共に、高温の成形時における熱分解を抑制できる。また、このようなポリエステル系樹脂は、熱可塑性ポリアミド系樹脂（好ましくは、ポリエーテルイミド系樹脂）と相溶性を有しているため、ポリアミド系樹脂からなる熱可塑性繊維を用いる場合には、バインダー成分として特に好ましい。より好ましくは（a）／（b）＝90／10～45／55であり、さらに好ましくは（a）／（b）＝85／15～50／50である。

[0081] 前記ポリエステル系樹脂は、本発明の効果を損なわない限り、テレフタル酸とイソフタル酸以外の少量（例えば、5モル%以下）の他のジカルボン酸成分を、一種または複数種類組み合わせ含んでもよい。

また、ポリエステル系樹脂を構成するジオール成分としては、エチレングリコールをジオール成分として用いることができるが、エチレングリコール

以外の少量（例えば、5モル%以下）の他のジオール成分を、一種または複数種類組み合わせ含んでもよい。

[0082] 不織布の製造方法は、特に制限はなく、スパンレース法、ニードルパンチ法、スチームジェット法、乾式抄紙法、湿式抄紙法（ウェットレイドプロセス）などが挙げられる。中でも、生産効率や強化繊維の不織布中での均一分散の面から、湿式抄紙法が好ましい。例えば、湿式抄紙法では、熱可塑性繊維および強化繊維を含む水性スラリーを調製し、ついでこのスラリーを通常の抄紙工程に供すればよい。なお、水性スラリーは、必要に応じて上記のバインダー繊維（例えば、ポリビニルアルコール系繊維などの水溶性ポリマー繊維、ポリエステル系繊維などの熱融着繊維）などを含んでいてもよい。また、不織布の均一性や圧着性を高めるために、スプレードライによりバインダー成分を塗布したり、湿式抄紙工程後に熱プレス工程を加えたりしてもよい。

[0083] 湿式抄紙法を用いる場合、得られる膨張性層の厚さや目付の均一性を高める観点から、さらに分散剤を含む水性スラリーを使用してもよい。分散剤としては、強化繊維や熱可塑性繊維を水中に分散させることが可能な公知の分散剤を使用することができ、例えば、ポリアルキレンオキサイド系分散剤、ポリアクリルアミド系分散剤、ポリアクリル酸系分散剤、ウレタン樹脂系分散剤等の高分子型分散剤が挙げられる。

[0084] また、得られる膨張性層の厚さや目付の均一性を高める観点から、さらに増粘剤を含む水性スラリーを使用してもよい。増粘剤としては、アニオン性ポリアクリルアミド、ノニオン性ポリエチレンオキシド等を挙げることができる。中でも増粘剤としては、アニオン性ポリアクリルアミドを用いることが好ましい。カチオン系化合物を添加した際に混合集束繊維束が得られやすくなるためである。

[0085] 不織布の目付は、特に限定されるものではないが、 $5 \sim 1500 \text{ g/m}^2$ であることが好ましい。より好ましくは $10 \sim 1000 \text{ g/m}^2$ 、さらに好ましくは $20 \sim 500 \text{ g/m}^2$ であってもよい。

[0086] 熱プレス工程では、膨張性層前駆体を熱可塑性樹脂の融点または軟化点以上に加熱し、厚さ方向に圧力をかけて熱プレスしてもよい。厚さ方向に加熱加圧することにより、強化繊維同士が接した状態で圧縮されるため、強化繊維を湾曲させることができる。本発明においては、膨張性層前駆体中の強化繊維と熱可塑性樹脂との含有割合や膨張性層前駆体の目付や枚数に応じて、後述の熱プレスの条件を調整することにより強化繊維の湾曲度を調整することが可能である。

[0087] 熱プレスする方法について特に制限はなく、スタンパブル成型や加圧成型、真空圧着成型、GMT成型のような一般的な圧縮成型が好適に用いられる。その時の成型温度は用いる膨張性層前駆体の熱可塑性樹脂の軟化点や融点に併せて設定すればよい。加熱温度は膨張性層前駆体の熱可塑性樹脂の融点または軟化点以上であることが好ましく、例えば、熱可塑性樹脂が結晶性の場合、加熱温度は熱可塑性樹脂の融点以上、(融点+100)℃以下の範囲であることが好ましい。また、熱可塑性樹脂が非晶性の場合、加熱温度は軟化点として熱可塑性樹脂のガラス転移温度以上、(ガラス転移温度+200)℃以下の範囲であることが好ましい。なお、必要に応じて、熱プレスする前にIRヒーターなどで予備加熱してもよい。

[0088] また、熱プレスする際の圧力も特に制限はないが、通常は0.05MPa以上の圧力で行われる。より好ましくは0.1MPa以上、さらに好ましくは0.5MPa以上であってもよい。上限は特に限定されないが、30MPa程度であってもよい。熱プレスする際の時間も特に制限はないが、長時間高温に曝すと熱可塑性樹脂が劣化してしまう可能性があるため、通常は30分以内であることが好ましく、より好ましくは25分以内、さらに好ましくは20分以内であってもよい。下限は特に限定されないが、1分程度であってもよい。

[0089] 熱プレス工程では、上記の膨張性層前駆体を一枚ないしは複数枚積層して熱プレスすることができ、例えば、膨張性層前駆体の目付や所望の膨張性層の厚さ等に応じて好ましい条件は異なるが、強化繊維の湾曲度を調整する観

点から、上記の膨張性層前駆体を複数枚（例えば、2～100枚、好ましくは3～50枚）重ね合わせた多層体を熱プレスしてもよい。

[0090] また、得られる膨張性層の厚さや密度を調整するために、強化繊維の種類や加える圧力を適宜設定可能である。更には、得られる膨張性層の形状にも特に制限は無く、適宜設定可能である。目的に応じて、仕様の異なる混合不織布などを複数枚積層したり、仕様の異なる混合不織布などをある大きさの金型の中に別々に配置したりして、熱プレスすることも可能である。

[0091] 冷却工程では、熱プレス工程における圧力をかけたまま、熱可塑性樹脂の融点または軟化点より低い温度まで冷却することにより、所定の形状を有する膨張性層を得ることができる。圧力をかけた状態で冷却することにより、上記のように熱プレス工程で特定の湾曲度に調整した強化繊維の状態を保持することができ、特定の湾曲度を有する強化繊維が特定量存在する膨張性層を得ることができる。冷却工程においても、熱プレス工程と同様に、圧力分散機構を備えたプレス装置により膨張性層前駆体に圧力をかけてもよい。

[0092] 絶縁シートは、絶縁層と膨張性層を別々に製造し、それらを融着または接着剤を利用して一体化して製造してもよい。または、絶縁層と膨張性層前駆体とを重ね合わせ、後述するように膨張性層を形成する過程で絶縁層と一体化して絶縁シートを製造してもよい。

[0093] 例えば、絶縁層が熱可塑性樹脂で構成される場合、熱プレス工程において、絶縁層と膨張性層とを融着して一体化することにより、絶縁シートを製造してもよい。その場合、熱プレス工程での加熱温度は、絶縁層を形成する熱可塑性樹脂が熱プレス工程において過度に流動しない温度であるのが好ましい。例えば、加熱温度は、絶縁層を形成する熱可塑性樹脂が非晶性樹脂の場合、軟化点 T_i を基準として、 $(T_i + 50)^\circ\text{C}$ 以下であってもよく、好ましくは $(T_i + 40)^\circ\text{C}$ 以下、より好ましくは $(T_i + 30)^\circ\text{C}$ 以下であってもよい。また、絶縁層を形成する熱可塑性樹脂が結晶性樹脂の場合、融点 T_i を基準として、 $T_i^\circ\text{C}$ 未満であってもよく、好ましくは $(T_i - 20)^\circ\text{C}$ 以下、より好ましくは $(T_i - 40)^\circ\text{C}$ 以下であってもよく、下限値とし

ては $(T_i - 60)$ °C以上であってもよい。絶縁層が複数存在する場合には、基準とされる T_i は最も低温の絶縁層の値を利用してもよい。

[0094] 絶縁層が熱可塑性樹脂で構成される絶縁シートは、膨張性層と絶縁層が融着により一体化する際に、絶縁層の厚さ、および膨張性前駆体から算出される膨張性層の理論厚さの和と比べた場合、絶縁シートの厚さを大きくするように熱プレス工程の条件を設定するのが好ましい。

膨張性前駆体から算出される膨張性層の理論厚さは、以下のように算出することができる。

空隙層の真密度（＝強化繊維の体積比率×強化繊維の密度＋熱可塑性樹脂の体積比率×熱可塑性樹脂の密度）を算出する。そして、下記式に示すように膨張性層の目付を真密度で割ることで、理論厚さを算出することができる。

理論厚さ＝膨張性層の目付／空隙層の真密度

[0095] また、絶縁層が熱可塑性樹脂で構成される場合、絶縁層は、膨張性層との界面に浸透層を有していてもよい。浸透層は、膨張性層に用いられた強化繊維の一部が絶縁層に侵入することにより形成された層であり、絶縁シートを形成する際の熱プレス工程において、絶縁層中の熱可塑性樹脂が流動することにより形成される。浸透層の厚さは、絶縁層と膨張性層との界面から、絶縁層において強化繊維が最も入り込んだ箇所との距離により把握することが可能である。

[0096] 例えば、図8および図9は、それぞれ実施例11および比較例5で得られた絶縁層の拡大断面写真を示している。図8および9に示すように、浸透層は、絶縁層と膨張性層との樹脂界面から、絶縁層側に最も深く入り込んだ繊維の上端部からの距離によりその厚みを把握することができる。ここで、絶縁層と膨張性層との樹脂界面は、樹脂の外観から把握してもよいし、その外観から樹脂界面が明確に把握できない場合は、膨張性層中に存在する強化繊維の集団の上端に存在する繊維の上端部を絶縁層と膨張性層との樹脂界面として判断すればよい。

- [0097] 浸透層の厚さは、絶縁シート中の浸透層の厚さの和が用いられる。浸透層の厚さは、例えば、 $20\ \mu\text{m}$ 以下、好ましくは $0.5\sim 18\ \mu\text{m}$ であってもよい。浸透層が存在すると、絶縁層と膨張性層および空隙層との接着性を向上させることができ、絶縁シートおよび絶縁材の一体性を向上することができる。
- [0098] 絶縁シートは、折り加工や曲げ加工を容易に行うことができるため、挿入する空間に応じて適宜変形させることができ、例えば、ステータコアにおいてスロット部に配設する場合、図5に例示するような各種断面形状を有していてもよい。
- [0099] 絶縁シートの平均厚さは、充填させる空間および用途に応じて様々な厚さとすることが可能であり、例えば、 $0.01\sim 20\ \text{mm}$ の広い範囲から選択可能であるが、狭い隙間に挿入し、精度良く隙間を充填可能とする観点から、 $10\sim 1000\ \mu\text{m}$ であってもよく、好ましくは $20\sim 500\ \mu\text{m}$ 、より好ましくは $50\sim 300\ \mu\text{m}$ であってもよい。なお、絶縁シートの平均厚さは後述の実施例に記載した方法により測定される値である。
- [0100] 絶縁シートの目付は、充填させる空間および用途に応じて様々な目付とすることが可能であり、例えば、 $10\sim 1000\ \text{g}/\text{m}^2$ の広い範囲から選択可能であるが、狭い隙間に挿入し、精度良く隙間を充填可能とする観点から、 $10\sim 800\ \text{g}/\text{m}^2$ であってもよく、好ましくは $40\sim 600\ \text{g}/\text{m}^2$ 、より好ましくは $50\sim 500\ \text{g}/\text{m}^2$ であってもよい。なお、絶縁シートの目付は後述の実施例に記載した方法により測定される値である。
- [0101] 絶縁シートの密度は、充填させる空間および用途に応じて様々な密度とすることが可能であり、例えば、 $0.10\sim 3.00\ \text{g}/\text{cm}^3$ の広い範囲から選択可能であるが、狭い隙間に挿入し、精度良く隙間を充填可能とする観点から、 $0.50\sim 1.80\ \text{g}/\text{cm}^3$ であってもよく、好ましくは $0.65\sim 1.70\ \text{g}/\text{cm}^3$ 、より好ましくは $0.85\sim 1.60\ \text{g}/\text{cm}^3$ であってもよい。なお、絶縁シートの密度は後述の実施例に記載した方法により測定される値である。

[0102] 本発明では、絶縁シートが膨張した後の絶縁材の力学的強度を良好にする観点から、絶縁シートの厚さ方向における膨張率が101～400%であってもよく、好ましくは120～400%、より好ましくは130～300%、さらに好ましくは140～250%であってもよい。なお、厚さ方向における膨張率とは、無荷重下で測定され、厚さ変化が無くなるまで加熱する膨張試験を行い、膨張した絶縁シートの厚さと、加熱前の絶縁シートの厚さによって、下記式(4)で表される。

$$\text{膨張率 (\%)} = \text{膨張後の絶縁シートの厚さ (mm)} / \text{膨張前の絶縁シートの厚さ (mm)} \times 100 \quad (4)$$

[0103] また、絶縁シートは、厚さ方向に異方的に膨張することが可能であり、上述した膨張試験前後において、厚さ方向に対して直交する方向への膨張あるいは収縮による寸法変化率が-10～10%であることが好ましい。厚さ方向に対して直交する方向への寸法変化率は、負の場合に収縮し、正の場合に膨張することを示す。厚さ方向に対して直交する方向への寸法変化率は、より好ましくは-8～8%、さらに好ましくは-5～5%であってもよい。例えば、絶縁シートは、強化繊維が面方向に配向していることが好ましく、このような構造の場合、厚さ方向に対して直交する方向への膨張あるいは収縮による寸法変化率を小さくすることができる。なお、絶縁シートの厚さ方向に対して直交する方向への膨張あるいは収縮による寸法変化率は後述の実施例に記載した方法により測定される値である。

[0104] 絶縁シートは、絶縁性を担保する観点から、上述した膨張試験後の絶縁破壊電圧が40kV/mm以上であってもよく、好ましくは45kV/mm以上、より好ましくは50kV/mm以上であってもよい。絶縁破壊電圧は高いほどよいが、上限としては300kV/mmであってもよい。

[0105] 絶縁シートは、対象とする導電材が金属である場合、金属との接着性に優れているのが好ましい。絶縁シートを構成する樹脂と金属との接着性は、当該樹脂と金属との積層状態を引き剥がした際の困難性で判断することができ、一般的には、接着していなければ、両者はその界面で分離するため、絶縁

シート（または絶縁材）の金属に対する接着強度など、公知または慣用の手法により判断することができる。

また、後述する治具を用いて押抜荷重として把握してもよく、例えば押し抜き荷重は、5 N以上であってもよく、好ましくは10 N以上、より好ましくは15 N以上、さらに好ましくは20 N以上であってもよい。押抜荷重の上限は特に限定されないが、例えば、100 N程度であってもよい。なお、押抜荷重は後述の実施例に記載した方法により測定される値である。

[0106] 本発明の絶縁シートは、本発明の絶縁材を効率よく製造することができ、本発明の絶縁材は、上述した回転電機用途に用いることができるだけでなく、導電材を絶縁するとともに固定する各種用途において、幅広く利用することができる。

そのような用途としては、例えば、ケーブル被覆材、電気配線被覆材などが挙げられ、例えば、本発明の絶縁材では、複数のケーブルまたは配線を固定するとともに絶縁することも可能である。

実施例

[0107] 以下に、実施例に基づき本発明を更に詳細に説明するが、本発明はこれらにより何ら制限を受けるものではない。なお、以下の実施例及び比較例においては、下記の方法により各種物性を測定した。

[0108] [平均繊維長]

ランダムに選択した100本の繊維について、その繊維長を測定し、その測定値の平均値を平均繊維長とした。

[0109] [平均繊維径]

ランダムに選択した30本の繊維について、顕微鏡観察により繊維径を測定し、その測定値の平均値を平均繊維径とした。

[0110] [熱可塑性樹脂の軟化点（ガラス転移温度）]

サンプルのガラス転移温度は、レオロジー社製固体動的粘弾性装置「レオスペクトラDVE-V4」を用い、周波数10 Hz、昇温速度10°C/minで損失正接（ $\tan \delta$ ）の温度依存性を測定し、そのピーク温度から求め

た。ここで、 $\tan \delta$ のピーク温度とは、 $\tan \delta$ の値の温度に対する変化量の第1次微分値がゼロとなる温度のことである。なお、ピーク温度が複数存在する場合、より高温側において存在するピーク温度を熱可塑性樹脂のガラス転移温度とした。

[0111] [熱可塑性樹脂の融点]

サンプルの融点は、メトラー社製「TA3000-DSC」を用いて、窒素雰囲気下、昇温速度10℃/分で350℃まで昇温することにより測定し、観察された溶融ピークのピーク温度を融点(℃)とした。

[0112] [膨張性層全体に対する全強化繊維の含有率]

JIS K 7075「炭素繊維強化プラスチックの繊維含有率及び空洞率試験」を参考にして、絶縁シート中の膨張性層全体に対する全強化繊維の含有率を体積%および重量%の双方で算出した。

[0113] [膨張性層全体に対する熱可塑性樹脂の含有率]

熱可塑性樹脂の含有率は、全強化繊維の含有率を、全体の割合を100%として除した値として算出した。

[0114] [絶縁シート、膨張性層前駆体、膨張性層、空隙層の目付]

縦250mm、横250mmの絶縁シート、膨張性層前駆体、空隙層のサンプルを、縦50mm、横15mmの小片80個に切り出し、全ての小片の重量(g)を計測し、目付(g/m²)を算出し、全小片の目付の平均値を各サンプルの平均目付(g/m²)とした。なお、空隙層については、膨張性層前駆体を利用してもよいし、絶縁層から分離したものをサンプルとして利用してもよい。なお、膨張性層の目付は、絶縁シートから「絶縁層を除去したサンプルにより測定した。ただし、浸透層が厚く除去が難しい場合は、膨張性層前駆体の目付とした。

[0115] [絶縁シート、絶縁材の厚さ]

縦250mm、横250mmの絶縁シートサンプルを、縦50mm×横15mmの小片80個に切り出し、各小片の中央の厚さ(μm)をマイクロメータで計測し、全小片の厚さの平均値を絶縁シートの平均厚さ(μm)とし

た。また、絶縁材についても、同様にして切出したサンプル片を用いて、絶縁材の平均厚さ (μm) とした。

[0116] [絶縁材中の絶縁層および空隙層の厚さ]

走査電子顕微鏡 (JEOL 製 JSM-5300) を使用し、断面方向に切断した絶縁材の断面を観察し、絶縁材、絶縁材中の絶縁層、及び空隙層の厚さ (μm) を測定した。

[0117] [絶縁シート中の絶縁層、浸透層および膨張性層の厚さ]

走査電子顕微鏡 (JEOL 製 JSM-5300) を使用し、断面方向に切断した絶縁材の断面を観察し、絶縁シート、絶縁シート中の絶縁層、浸透層、及び膨張性層の厚さ (μm) を測定した。

なお、浸透層の厚さは、絶縁シートの切断面を観察した際に、膨張性層で用いられた強化繊維のうち、絶縁層と熱プレスで一体化されることにより絶縁層中の内部へ侵入した強化繊維について、絶縁層と膨張性層との界面から、絶縁層において強化繊維が最も入り込んだ箇所との距離として判断した。

[0118] [絶縁シートの密度]

絶縁シートの密度は、絶縁シートサンプルを縦 50 mm、横 15 mm に切り出し、その厚さ (cm) と重量 (g) を計測し、下記式により算出した。

$$\text{密度 (g/cm}^3\text{)} = \text{重量 (g)} / (\text{厚さ (cm)} \times 7.5 \text{ (cm}^2\text{)})$$

[0119] [膨張性層の密度]

膨張性層の密度 (g/cm^3) は、膨張性層の目付 (g/m^2) / 厚さ (μm) として、算出した。

[0120] [湾曲度]

絶縁シートサンプルを縦 50 mm、横 15 mm に切り出し、下記条件で X 線 CT 測定して得られた画像を下記の手順で画像解析することにより湾曲度を測定した。

<X 線 CT 測定条件>

測定装置 : X r a d i a 5 2 0 V e r s a (カールツァイス社製)

X 線ターゲット : タングステン

X線管電圧：100kV
出力：9W
対物レンズ：4X
ピクセルサイズ：1 μ m/pix
ビニング：1
撮像枚数：3201枚
露光時間：6秒/枚

[0121] <画像解析条件>

画像解析ソフト：Avizo（サーモフィッシャーサイエンティフィック社製）

X線CT測定により得られた絶縁シートサンプルの3次元画像を画像解析ソフトウェア上で、0.40mm×0.40mm×全厚さになるよう画像をカットした後、必要に応じてNON-LOCAL Filter機能によりノイズを除去した。NON-LOCAL Filter機能は以下の条件に設定した。

Spatial Standard Deviation値：5
Intensity Standard Deviation値：0.2
Search window値：10
Local Neighborhood値：3

そして、Interactive Thresholding機能で二値化を行い、全ての繊維を抽出した。

[0122] 前記0.40mm×0.40mm×全厚さになるよう画像をカットしたデータ、もしくはNON-LOCAL Filter処理にてノイズ除去したデータに対し、Fiber Tracing機能を用いて、以下の設定条件に適合する直径を有する繊維を抽出した。

Cylinder CorrelationのCylinder length値：繊維直径の2.5～3.5倍の間の任意の値
Angular Sampling値：5

Mask Cylinder Radius 値：繊維半径 + 1 ~ 繊維半径 + 13 の間の任意の値

Outer Cylinder Radius 値：繊維半径

Inner Cylinder Radius 値：0

Trace Correlation Lines の Direction Coefficient 値：0.1 ~ 0.5

Minimum Distance 値：繊維半径 ~ 繊維直径の間の任意の値

[0123] 抽出した各繊維の「Tortuosity」を湾曲度とした。抽出した全強化繊維が占める体積に対する湾曲度が 1.004 以上の強化繊維の体積含有率 (vol%) を算出した。これを表 1 および 3 における「強化繊維中の湾曲度 1.004 以上の繊維の割合」とした。

[0124] JIS K 7075 「炭素繊維強化プラスチックの繊維含有率及び空洞率試験」を参考にして算出される絶縁シート中の膨張性層全体の体積に対する全強化繊維の体積含有率に、全強化繊維が占める体積に対する湾曲度が 1.004 以上の強化繊維の体積含有率を掛けることにより、絶縁シート全体の体積に対する、湾曲度が 1.004 以上の強化繊維の体積含有率 (vol%) を算出した。これを絶縁シート中の膨張性層全体の体積に対する、湾曲度 1.004 以上の強化繊維の体積含有率、すなわち、表 1 および 3 における「膨張性層中の湾曲度 1.004 以上の繊維の割合」とした。

[0125] 得られた繊維の各湾曲度のデータを用い、下記式により、平均湾曲度を算出した。

平均湾曲度 = 抽出した各繊維の湾曲度の合計 / 抽出した繊維本数

[0126] [膨張性評価]

実施例および比較例にて得られた絶縁シートを、熱可塑性樹脂の軟化点以上の所定の温度に設定した送風定温恒温器（ヤマト科学株式会社製「DN411H」）中に入れて無荷重下で 10 分加熱後、取り出して 25℃まで冷却した。その後、膨張後のサンプルの平均厚さを測定し、加熱前後のサンプル

の平均厚さより、下記式を用いて最大膨張率（％）を測定した。

$$\text{最大膨張率（％）} = \text{膨張後の絶縁材の平均厚さ（}\mu\text{m）} / \text{膨張前の絶縁シートの平均厚さ（}\mu\text{m）} \times 100$$

[0127] [厚さ方向に対して直交する方向への寸法変化率]

無荷重下での膨張率の計測に用いた膨張後サンプルについて、面方向の寸法を計測し、下記式により、寸法変化率を算出した。

$$\begin{aligned} & \text{寸法変化率（％）} \\ & = (\text{膨張後面積（}\text{cm}^2\text{）} - \text{膨張前面積（}\text{cm}^2\text{）}) / \text{膨張前面積（}\text{cm}^2\text{）} \times \\ & 100 \end{aligned}$$

[0128] [湾曲度の解放率]

上述の絶縁シート中の強化繊維の平均湾曲度と同様の算出方法により、膨張後サンプル中の強化繊維の平均湾曲度 Y を算出し、湾曲度の解放率（％）を以下の式により算出した。

$$\begin{aligned} & \text{湾曲度の解放率（％）} = \\ & [(A - 1) - (B - 1)] / (A - 1) \times 100 \end{aligned}$$

（式中、A：膨張前の絶縁シート中の強化繊維の平均湾曲度、B：膨張後の絶縁シート中の強化繊維の平均湾曲度）

[0129] [押抜荷重]

押抜荷重試験用サンプルは下記手順にて作製した。図6Aは押抜荷重試験用サンプルの作製を説明するための概略斜視図であり、図6Bは、押抜荷重試験用サンプルの作製を説明するための概略断面図である。

（1）実施例および比較例で得られた絶縁シートを、長さ50mm、幅15mmに切り出し、絶縁シートサンプルを作製した。

（2）縦20mm、横20mm、厚さ2.15mm、長さ100mmの中空角材（大）42aと、横15mm、厚さ1.5mm、長さ100mmの中空角材（小）42bを準備した。ここで中空角材（小）42bは、中空角材（大）42aに中空角材（小）42bを挿入した時に、中空角材（大）42aの内側横面と中空角材（小）42bの外側横面との隙間が所定の高さとなる

縦寸法を有する中空角材（小）を、各実施例および比較例で準備した。すなわち、中空角材（小）42bの縦寸法は、（中空角材（大）42aの内側縦寸法（15.7mm）－隙間高さh×2）となるように調整した。

（3）図6Aに示すように、中空角材（大）42aの中に中空角材（小）42bを長さ方向に50mm挿入した状態で、図6Bに示すように、中空角材（大）42aの内側横断面と中空角材（小）42bの外側横断面との隙間の2か所にそれぞれ絶縁シートサンプル30を1枚ずつ挿入し、280℃に設定した送風定温恒温器（ヤマト科学株式会社製「DN411H」）中に入れて20分加熱後、取り出して25℃まで冷却することで、絶縁シート中の膨張性を膨張させ、固定した。

[0130] 得られた押抜荷重試験用サンプルに対して、万能試験機（島津製作所製「AG-2000A」）を用いて、圧縮速度2mm/minで、中空角材（小）のみに荷重を長さ方向にかけ、中空角材（小）を押抜き、ずれが生じ始める時の荷重を押抜荷重（N）とした。

[0131] [充填後膨張率]

充填後膨張率（%）を以下の式により算出した。なお、隙間の高さがすべて埋まり、完全に充填された場合、充填後の絶縁材の平均厚さは各隙間の高さとなる。

充填後膨張率（%）＝充填後の絶縁材の平均厚さ（ μm ）／絶縁シートの平均厚さ（ μm ）×100

[0132] [充填後空隙率]

絶縁材において、断面観察により、絶縁層と空隙層の厚さをそれぞれ測定する。空隙層の目付（ g/m^2 ）を空隙層の厚さ（ μm ）で割って、空隙層の高密度（ g/cm^3 ）を算出する。

次に、空隙層の真密度（＝強化繊維の体積比率×強化繊維の密度＋熱可塑性樹脂の体積比率×熱可塑性樹脂の密度）を算出する。その後下記式から空隙率を算出した。

空隙率（%）＝（1－空隙層の高密度／空隙層の真密度）×100

[0133] [空隙率]

絶縁材において、断面観察により、絶縁層と空隙層の厚さをそれぞれ測定する。空隙層の目付 (g/m^2) を空隙層の厚さ (μm) で割って、空隙層の嵩密度 (g/cm^3) を算出する。

次に、空隙層の真密度 (=強化繊維の体積比率×強化繊維の密度+熱可塑性樹脂の体積比率×熱可塑性樹脂の密度) を算出する。その後下記式から空隙率を算出した。

$$\text{空隙率 (\%)} = (1 - \text{空隙層の嵩密度} / \text{空隙層の真密度}) \times 100$$

また、空隙層の真密度の算出にあたっては、絶縁材の絶縁層から分離した空隙層に対し、比重計を利用して測定した比重を真密度として使用してもよい。

[0134] [絶縁破壊電圧]

JIS C 2110「固体電気絶縁材料—絶縁破壊の強さの試験方法—」を参考にし、無荷重で膨張させたサンプルの絶縁破壊電圧 (kV) を測定した。また、その値をサンプルの厚さで割り、厚さ当たりの絶縁破壊電圧 (kV/mm) を算出した。

[0135] [膨張前後での絶縁層の E' の保持率]

絶縁層を形成する熱可塑性樹脂の E' は、動的粘弾性装置「EPLEROR」を用い、周波数 1Hz 、昇温速度 $2^\circ\text{C}/\text{min}$ で貯蔵弾性率 (E') の温度依存性を測定し、室温 (25°C) と、空隙層の樹脂の軟化点 (T_g) での E' を読み取ることで、保持率を算出した。

$$\text{保持率 (\%)} = E'_{T_g}(\text{空隙層の樹脂の軟化温度}) / E'_{25}(\text{室温}) \times 100$$

[0136] [参考例1] (ポリエーテルイミド繊維の製造)

ポリエーテルイミド (以下、PEIと略称することがある) 系ポリマー (サービックイノベイティブプラスチックス製「ULTEM9001」) を 150°C で12時間真空乾燥した。前記PEI系ポリマーを紡糸ヘッド温度 390°C 、紡糸速度 $1500\text{m}/\text{min}$ 、吐出量 $50\text{g}/\text{min}$ の条件で丸孔ノズルより吐出し、 $2640\text{dtex}/1200\text{f}$ のPEI繊維のマルチフ

ィラメントを作製した。得られたマルチフィラメントを15mmにカットし、PEI繊維のショートカットファイバーを作製した。得られた繊維の外観は毛羽等なく良好で、単繊維繊度は2.2 dtex、平均繊維長は15.0mmであり、ガラス転移温度（非晶性熱可塑性樹脂における軟化点）は217℃であり、密度は1.27 g/cm³であった。

[0137] [参考例2] (PET系バインダー繊維の製造)

重合反応装置を用い、常法により280℃で重縮合反応を行い、ジカルボン酸成分としてテレフタル酸とイソフタル酸の共重合割合（モル比）が70/30、ジオール成分としてエチレングリコール100モル%からなる、固有粘度（ η ）が0.81であるPET系ポリマーを製造した。得られたポリマーは、重合装置底部よりストランド状に水中に押し出し、ペレット状に切断した。得られたPET系ポリマーを、270℃で加熱された同方向回転タイプのベント式2軸押し出し機に供給し、滞留時間2分を経て280℃に加熱された紡糸ヘッドに導き、吐出量45g/分の条件で丸孔ノズルより吐出し、紡糸速度1200m/分で引き取ることで2640 dtex/1200fのPET系ポリマーからなるマルチフィラメントを作製した。次いで得られた繊維を5mmにカットした。得られた繊維の外観は毛羽等なく良好で、単繊維繊度は2.2 dtex、平均繊維長は5mm、密度は1.38 g/cm³であった。

[0138] [参考例3] (ポリカーボネート繊維の製造)

非晶性樹脂であるポリカーボネート（以下、PCと略称することがある）系ポリマー（三菱エンジニアリングプラスチック製「ユーピロンS-3000」）を120℃で6時間真空乾燥した。前記PC系ポリマーを紡糸ヘッド温度300℃、紡糸速度1500m/min、吐出量50g/minの条件で丸孔ノズルより吐出し、2640 dtex/1200fのPC繊維のマルチフィラメントを作製した。得られたマルチフィラメントを15mmにカットし、PC繊維のショートカットファイバーを作製した。得られた繊維の外観は毛羽等なく良好で、単繊維繊度は2.2 dtex、平均繊維長は15.

0 mmであり、ガラス転移温度（非晶性熱可塑性樹脂における軟化点）は150℃であり、比重は1.2 g/cm³であった。

[0139] [参考例4]（ポリプロピレン繊維の製造）

ポリプロピレンポリマー（プライムポリマー製「Y-2005GP」、以下PPと略称することがある；融点161℃）を50℃で12時間真空乾燥した。前記ポリマーを紡糸ヘッド温度240℃、紡糸速度400m/min、吐出量24g/minの条件で丸孔ノズルより吐出し、146dtex/24fのPP繊維のマルチフィラメントを作製した。得られたマルチフィラメントを15mmにカットし、PP繊維のショートカットファイバーを作製した。得られた繊維の外観は毛羽等なく良好で、単繊維繊度は6.1dtex、平均繊維長は15.0mmであり、融点は165℃であり、比重は0.9g/cm³であった。

[0140] [参考例5]（脂肪族ポリアミド繊維の製造）

結晶性熱可塑性樹脂であるポリアミド6系ポリマー（宇部興産製「UBEナイロン1015B」、以下PA6と略称することがある；融点225℃）を80℃で12時間真空乾燥した。前記ポリマーを紡糸ヘッド温度290℃、紡糸速度3000m/min、吐出量50g/minの条件で丸孔ノズルより吐出し、2640dtex/1200fのPA6繊維のマルチフィラメントを作製した。得られたマルチフィラメントを15mmにカットし、PA6繊維のショートカットファイバーを作製した。得られた繊維の外観は毛羽等なく良好で、単繊維繊度は2.2dtex、平均繊維長は15.0mmであり、融点は225℃であり、比重は1.14g/cm³であった。

[0141] [参考例6]（増粘剤の調製）

パムオール（明成化学工業製）2gを水2Lに添加し、完全に溶解するまで攪拌する事で、増粘剤を調整した。

[0142] [参考例7]（分散剤の調製）

アルコックスCP-B1（明成化学工業製）3.75gを2Lの水に溶解させたものと、パルセットHA（明成化学工業製）3.75gを2Lの水に

溶解させたものを分散剤としてそれぞれ調整した。各分散剤を20 mLずつスラリーに添加して使用した。

[0143] [実施例1]

(膨張性層の作製)

熱可塑性繊維としてPEI繊維50 wt%、強化繊維として13 mmのカット長のガラス繊維（日本電気硝子製：平均繊維径10.5 μm 、比重2.54 g/cm^3 ）45 wt%、およびバインダー繊維としてPET系バインダー繊維5 wt%を、水1.5 L、分散剤40 mL中に投入し、離解機を用いて540 rpmで1500回攪拌し、スラリーを調製した。得られたスラリーに増粘剤60~80 mLを加え、ウェットレイドプロセスにより目付35 g/m^2 の膨張性層前駆体を得た。

[0144] (絶縁シートの作製)

得られた膨張性層前駆体各1枚を、市販のPEIフィルム（三菱ケミカル株式会社製、スペリオUT Fタイプ 厚さ100 μm 、軟化点(Ti)217 $^{\circ}\text{C}$)を絶縁層として、膨張性前駆体/PEIフィルム/膨張性前駆体となるように積層し、テストプレス機（北川精機製「KVHC-11」）を用いて、積層方向に対して5 MPaにて加圧しながら、240 $^{\circ}\text{C}$ で5分間加熱し、熱圧着させた後、加圧を維持したまま、室温まで冷却し、絶縁シートを作製した。得られた絶縁シートの厚さは、148 μm であった。

[0145] (絶縁材の作製)

得られた絶縁シートを、熱可塑性樹脂の軟化点以上である260 $^{\circ}\text{C}$ に設定した送風定温恒温器（ヤマト科学株式会社製「DN411H」）中に入れて10分加熱後、取り出して25 $^{\circ}\text{C}$ まで冷却することで、絶縁材を得た。得られた絶縁材の厚さは、219 μm であった。

得られた絶縁材について、各種評価を行い、評価結果を表1および2に示す。なお、膨張性評価における送風定温恒温器の設定温度は260 $^{\circ}\text{C}$ 、押抜荷重試験用サンプル作製時の送風定温恒温器の設定温度は280 $^{\circ}\text{C}$ 、押抜荷重試験用サンプルの隙間高さhを200 μm とした。

[0146] [実施例 2]

絶縁シートの作製工程にて、絶縁層を市販の液晶ポリエステルフィルム（株式会社クラレ製、ベクスターCTF 厚さ100 μm 、融点（ T_i ）280 $^{\circ}\text{C}$ ）としたこと以外は実施例1と同様にして絶縁材を得た。得られた絶縁シートの厚さは、158 μm 、絶縁材の厚さは249 μm であった。

得られた絶縁材について、実施例1と同様に評価を行い、評価結果を表1および2に示す。

[0147] [実施例 3]

膨張性前駆体の作製工程において、ガラス繊維を13mmのカット長の炭素繊維（東邦テナックス製：平均繊維径7 μm 、比重1.82 g/cm^3 ）とした以外は、実施例1と同様にして絶縁材を得た。得られた絶縁シートの厚さは、151 μm 、絶縁材の厚さは239 μm であった。

得られた絶縁材について、実施例1と同様に評価を行い、評価結果を表1および2に示す。

[0148] [実施例 4]

膨張性前駆体の作製工程において、熱可塑性繊維をPC繊維とした以外は実施例1と同様にして、絶縁シートを得た。得られた絶縁シートの厚さは、156 μm であった。その後、得られた絶縁シートを、熱可塑性樹脂の軟化点以上である190 $^{\circ}\text{C}$ に設定した送風定温恒温器（ヤマト科学株式会社製「DN411H」）中に入れて10分加熱後、取り出して25 $^{\circ}\text{C}$ まで冷却することで、絶縁材を得た。得られた絶縁材の厚さは230 μm であった。

得られた絶縁材について、実施例1と同様に評価を行い、評価結果を表1および2に示す。なお、膨張性評価における送風定温恒温器の設定温度は190 $^{\circ}\text{C}$ 、押抜荷重試験用サンプル作製時の送風定温恒温器の設定温度は210 $^{\circ}\text{C}$ 、押抜荷重試験用サンプルの隙間高さ h を200 μm とした。

[0149] [実施例 5]

熱可塑性繊維としてPEI繊維50wt%、強化繊維として13mmのカット長のガラス繊維（日本電気硝子製：平均繊維径10.5 μm 、比重2.

54 g/cm³) 45 wt%、およびバインダー繊維としてPET系バインダー繊維5 wt%を、水1.5 L、分散剤40 mL中に投入し、離解機を用いて540 rpmで1500回攪拌し、スラリーを調製した。得られたスラリーに増粘剤60~80 mLを加え、ウェットレイドプロセスにより目付80 g/m²の膨張性層前駆体を得た。

得られた混合不織布を1枚の単層として、テストプレス機（北川精機製「KVHC-11」）を用いて、不織布の厚さ方向に対して5 MPaにて加圧しながら、240℃で10分間加熱し、ガラス繊維の間に熔融したPEI系ポリマー及びPET系ポリマーを含浸させた後、加圧を維持したまま、PEI系ポリマーのガラス転移温度以下である150℃まで冷却し、膨張性層を作製した。得られた膨張性層の平均厚さは53 μm、平均目付は80.2 g/m²、密度は1.51 g/cm³であった。

得られた膨張性層を、市販のPEIフィルム（三菱ケミカル株式会社製、スペリオUI Fタイプ 厚さ100 μm、軟化点(Ti) 217℃)を絶縁層として、膨張性層/PEIフィルムとなるように重ね合わせた以外は、実施例1と同様にして、絶縁シート（膨張性層/PEIフィルムの積層体）、絶縁材を得た。得られた絶縁シートの厚さは、153 μm、絶縁材の厚さは286 μmであった。

得られた絶縁材について、実施例1と同様に評価を行い、評価結果を表1および2に示す。

[0150] [実施例6]

膨張性前駆体の作製工程において、目付を80 g/m²とした以外は実施例1と同様にして、絶縁シートを得た。得られた絶縁シートの厚さは、226 μm、絶縁材の厚さは439 μmであった。

得られた絶縁材について、押抜荷重試験用サンプルの隙間高さhを240 μmとした以外は、実施例1と同様に評価を行い、評価結果を表1および2に示す。

なお、空隙層空隙率/絶縁層厚さ(Y/X)は、押抜荷重試験用サンプル

の値により評価した。ただし、絶縁破壊電圧については、膨張後の押抜荷重試験用サンプルについて絶縁破壊電圧を測定することが困難であるため、無荷重下で膨張させたサンプルについて絶縁破壊電荷を評価した。以下、実施例7～14についても同様である。

[0151] [実施例7]

絶縁シートの作製工程にて、絶縁層を市販のPEIフィルム（三菱ケミカル株式会社製、スペリオUT Fタイプ 厚さ50 μ m、軟化点（Ti）217 $^{\circ}$ C）を絶縁層としたこと以外は実施例1と同様にして絶縁材を得た。得られた絶縁シートの厚さは、158 μ m、絶縁材の厚さは249 μ mであった。

得られた絶縁材について、実施例1と同様に評価を行い、評価結果を表1および2に示す。

[0152] [実施例8]

絶縁シートの作製工程にて、絶縁層を市販のPEIフィルム（三菱ケミカル株式会社製、スペリオUT Fタイプ 厚さ200 μ m、軟化点（Ti）217 $^{\circ}$ C）を絶縁層としたこと以外は実施例1と同様にして、絶縁シートを得た。得られた絶縁シートの厚さは、245 μ m、絶縁材の厚さは335 μ mであった。

得られた絶縁材について、押抜荷重試験用サンプルの隙間高さhを250 μ mとした以外は、実施例1と同様に評価を行い、評価結果を表1および2に示す。

[0153] [実施例9]

絶縁シートの作製工程にて、絶縁層を市販のPEIフィルム（三菱ケミカル株式会社製、スペリオUT Fタイプ 厚さ20 μ m、軟化点（Ti）217 $^{\circ}$ C）を絶縁層としたこと以外は実施例1と同様にして、絶縁シートを得た。得られた絶縁シートの厚さは、71 μ m、絶縁材の厚さは124 μ mであった。

得られた絶縁材について、押抜荷重試験用サンプルの隙間高さhを100

μm とした以外は、実施例1と同様に評価を行い、評価結果を表1および2に示す。

[0154] [実施例10]

(絶縁層の作製)

絶縁シートの作製工程にて、市販のPEIフィルム（三菱ケミカル株式会社製、スペリオUT Fタイプ 厚さ $50\mu\text{m}$ 、軟化点(Ti) 217°C)とガラス繊維織物（ユニチカ株式会社製、IPC規格1037相当）を、PEIフィルム／ガラス繊維織物／PEIフィルムの順に積層し、テストプレス機（北川精機製「KVHC-11」）を用いて、積層方向に対して 1.5MPa にて加圧しながら、 300°C で1分間加熱し、熱圧着させた後、加圧を維持したまま、室温まで冷却し、絶縁層を作製した。得られた絶縁層の厚さは、 $98\mu\text{m}$ であった。

(絶縁シートの作製)

その後、実施例1と同様にして、絶縁シートを得た。得られた絶縁シートの厚さは、 $144\mu\text{m}$ 、絶縁材の厚さは $208\mu\text{m}$ であった。

得られた絶縁材について、実施例1と同様に評価を行い、評価結果を表1および2に示す。

[0155] [実施例11]

熱可塑性繊維としてPEI繊維 $50\text{wt}\%$ 、強化繊維として 13mm のカット長のガラス繊維（日本電気硝子製：平均繊維径 $10.5\mu\text{m}$ 、比重 $2.54\text{g}/\text{cm}^3$ ） $45\text{wt}\%$ 、およびバインダー繊維としてPET系バインダー繊維 $5\text{wt}\%$ を、水 1.5L 、分散剤 40mL 中に投入し、離解機を用いて 540rpm で 1500 回攪拌し、スラリーを調製した。得られたスラリーに増粘剤 $60\sim 80\text{mL}$ を加え、ウェットレイドプロセスにより目付 $35\text{g}/\text{m}^2$ の膨張性層前駆体を得た。

[0156] 得られた混合不織布を1枚の単層として、テストプレス機（北川精機製「KVHC-11」）を用いて、不織布の厚さ方向に対して 5MPa にて加圧しながら、 240°C で 10 分間加熱し、ガラス繊維の間に熔融したPEI系

ポリマー及びPET系ポリマーを含浸させた後、加圧を維持したまま、PEI系ポリマーのガラス転移温度以下である150℃まで冷却し、膨張性層を作製した。得られた膨張性層の平均厚さは53μm、平均目付は80.2g/m²、密度は1.51g/cm³であった。

[0157] 得られた膨張性層を、市販の液晶ポリエステルフィルム（株式会社クラレ製、ベクスターCTF 厚さ100μm、融点（Ti）280℃）を絶縁層として、膨張性層/LCPフィルム/膨張性層となるように積層し、テストプレス機（北川精機製「KVHC-11」）を用いて、積層方向に対して5MPaにて加圧しながら、240℃で5分間加熱し、熱圧着させた後、加圧を維持したまま、室温まで冷却し、絶縁シートを作製した。得られた絶縁シートの厚さは、151μmであった。その後実施例1と同様にして、絶縁材を作製した。得られた絶縁材の厚さは181μmであった。

得られた絶縁材について、実施例1と同様に評価を行い、評価結果を表1および2に示す。

[0158] [実施例12]

得られた膨張性層を、260℃で5分間加熱し、熱圧着させた以外は実施例11と同様にして、絶縁シート、絶縁材を作製した。得られた絶縁シートの厚さは、148μm、絶縁材の厚さは166μmであった。

得られた絶縁材について、実施例1と同様に評価を行い、評価結果を表1および2に示す。

[0159] [実施例13]

膨張性前駆体の作製工程において、熱可塑性繊維をPP繊維とした以外は実施例2と同様にして、絶縁シートを得た。得られた絶縁シートの厚さは、149μmであった。その後、得られた絶縁シートを、膨張性層を構成する熱可塑性樹脂の融点（Tb：161℃）以上である190℃に設定した送風定温恒温器（ヤマト科学株式会社製「DN411H」）中に入れて10分加熱後、取り出して25℃まで冷却することで、絶縁材を得た。得られた絶縁材の厚さは203μmであった。

得られた絶縁材について、実施例1と同様に評価を行い、評価結果を表1および2に示す。

[0160] [実施例14]

膨張性前駆体の作製工程において、熱可塑性繊維をPA6繊維とした以外は実施例2と同様にして、絶縁シートを得た。得られた絶縁シートの厚さは、 $145\mu\text{m}$ であった。その後、得られた絶縁シートを、膨張性層を構成する熱可塑性樹脂の融点 ($T_b: 225^\circ\text{C}$) 以上である 260°C に設定した送風定温恒温器 (ヤマト科学株式会社製「DN411H」) 中に入れて10分加熱後、取り出して 25°C まで冷却することで、絶縁材を得た。得られた絶縁材の厚さは $222\mu\text{m}$ であった。

得られた絶縁材について、実施例1と同様に評価を行い、評価結果を表1および2に示す。

[0161] [比較例1]

市販のPEIフィルム (三菱ケミカル株式会社製、スペリオUI Fタイプ 厚さ $100\mu\text{m}$ 、軟化点 (T_i) 217°C) のみを使用して、絶縁シートを得た。

実施例1と同様に評価を行い、評価結果を表1および2に示す。

[0162] [比較例2]

熱可塑性繊維としてPEI繊維 $50\text{wt}\%$ 、強化繊維として 13mm のカット長のガラス繊維 (日本電気硝子製: 平均繊維径 $10.5\mu\text{m}$ 、比重 $2.54\text{g}/\text{cm}^3$) $45\text{wt}\%$ 、およびバインダー繊維としてPET系バインダー繊維 $5\text{wt}\%$ を、水 1.5L 、分散剤 40mL 中に投入し、離解機を用いて 540rpm で 1500 回攪拌し、スラリーを調製した。得られたスラリーに増粘剤 $60\sim 80\text{mL}$ を加え、ウェットレイドプロセスにより目付 $80\text{g}/\text{m}^2$ の膨張性層前駆体を得た。

得られた混合不織布を3枚積層し、テストプレス機 (北川精機製「KVHC-11」) を用いて、積層方向に対して 5MPa にて加圧しながら、 240°C で10分間加熱し、ガラス繊維の間に熔融したPEI系ポリマー及びP

E T系ポリマーを含浸させた後、加圧を維持したまま、P E I系ポリマーのガラス転移温度以下である150℃まで冷却し、絶縁シートを作製した。得られた膨張性層の平均厚さは176μmであった。

得られた絶縁シートを、熱可塑性樹脂の軟化点以上の所定の温度に設定した送風定温恒温器（ヤマト科学株式会社製「DN411H」）中に入れて10分加熱後、取り出して25℃まで冷却することで、絶縁材を得た。絶縁材の厚さは709μmであった。

実施例1と同様に評価を行い、評価結果を表1および2に示す。

[0163] [比較例3]

目付を80g/m²とした以外は実施例1と同様にして膨張性層前駆体を得た。

得られた膨張性層前駆体各1枚を、市販の液晶ポリエステルフィルム（株式会社クラレ製、ベクスターCTF 厚さ100μm、融点（Ti）280℃）を絶縁層として、膨張性前駆体／フィルムとなるように積層し、テストプレス機（北川精機製「KVHC-11」）を用いて、積層方向に対して5MPaにて加圧しながら、300℃で5分間加熱し、熱圧着させた後、加圧を維持したまま、室温まで冷却し、絶縁シートを作製した。得られた絶縁シートの厚さは、165μm、絶縁材の厚さは182μmであった。

得られた絶縁材について、実施例1と同様に評価を行い、評価結果を表1および2に示す。ただし、実施例1と同様、押抜荷重試験用サンプルの隙間高さhを200μmとしたが、充填できなかつたため、押抜荷重試験は行わなかつた。

[0164] [比較例4]

絶縁層を、市販のP E Iフィルム（三菱ケミカル株式会社製、スペリオU T Fタイプ 厚さ100μm、軟化点（Ti）217℃）とした以外は、比較例3と同様にして絶縁シートを作製した。得られた絶縁シートの厚さは、154μm、絶縁材の厚さは182μmであった。

得られた絶縁材について、実施例1と同様に評価を行い、評価結果を表1

および2に示す。ただし、実施例1と同様、押抜荷重試験用サンプルの隙間高さ h を $200\mu\text{m}$ としたが、充填できなかったため、押抜荷重試験は行わなかった。

[0165] [比較例5]

得られた膨張性層を、 300°C で5分間加熱し、熱圧着させた以外は実施例11と同様にして、絶縁シート、絶縁材を作製した。得られた絶縁シートは、厚さは、 $131\mu\text{m}$ 、絶縁材の厚さは $134\mu\text{m}$ であった。絶縁層の樹脂流動により、膨張性層の強化繊維の湾曲性が低下し、その結果、無荷重下で加熱した場合にほとんど膨張しなかったため、それ以上の評価は行わなかった。

[0166]

[表1]

	実施例1	実施例2		実施例3		実施例4		実施例5		比較例1		比較例2		比較例3		比較例4	
		膨張性層/熱可塑性樹脂層	膨張性層/熱可塑性樹脂層	膨張性層/熱可塑性樹脂層	膨張性層/熱可塑性樹脂層	膨張性層/熱可塑性樹脂層	膨張性層/熱可塑性樹脂層	膨張性層/熱可塑性樹脂層	膨張性層/熱可塑性樹脂層	膨張性層/熱可塑性樹脂層	膨張性層/熱可塑性樹脂層	膨張性層/熱可塑性樹脂層	膨張性層/熱可塑性樹脂層	膨張性層/熱可塑性樹脂層	膨張性層/熱可塑性樹脂層	膨張性層/熱可塑性樹脂層	膨張性層/熱可塑性樹脂層
絶縁シート	組成																
	厚さ	μm	148	158	151	156	153	153	153	100	176	165	154				
	白付	g/m ²	197	197	195	190	208	208	208	127	240	86	84				
	密度	g/cm ³	1.33	1.24	1.29	1.22	1.36	1.36	1.27	1.4	0.52	0.54					
	重合温度	°C	240	240	240	240	240	240	—	—	—	—					
絶縁層	種類		PEI	LCP	PEI	PEI	PEI	PEI	PEI	PEI	LCP	PEI					
	厚さ	μm	100	100	100	100	100	100	100	100	—	100					
浸透層	軟化点または融点(Ti)	°C	217	280	217	217	217	217	217	217	—	280					
	厚さ	μm	1	1	2	1	0	0	0	0	0	95					
特性	平均目付	g/m ²	70	70	70	70	80	80	0	240	80	80					
	厚さ	μm	48	58	51	56	53	53	0	176	65	54					
強化繊維	密度	g/cm ³	1.46	1.21	1.37	1.25	1.51	1.51	0	1.36	1.23	1.48					
	種類		GF	GF	CF	GF	GF	GF	GF	GF	GF	GF					
強化繊維層	平均繊維長	mm	13	13	13	13	13	13	—	13	13	13					
	平均繊維径	μm	10.5	10.5	7	10.5	10.5	10.5	—	10.5	10.5	10.5					
	平均湾曲度		1.008	1.009	1.007	1.007	1.008	1.008	—	1.009	1.002	1.003					
	強化繊維中の湾曲度1.004以上の繊維の割合	vol%	82.3	84.3	80.8	80.1	82.8	82.8	—	84.2	13.2	17.2					
	膨張性層中の湾曲度1.004以上の繊維の割合	vol%	19.1	20.3	25.4	21.8	22.5	22.5	—	23.4	0.9	2.5					
熱可塑性樹脂	密度	g/cm ³	2.54	2.54	1.82	2.54	2.54	2.54	—	2.54	2.54	2.54					
	膨張性層中の強化繊維比率	wt%	45	45	45	45	45	45	—	45	45	45					
	種類		PEI	PEI	PEI	PC	PEI	PEI	PEI	PEI	PEI	PEI					
	軟化点または融点(Ti)	°C	217	217	217	150	217	217	—	217	217	217					
	熱可塑性樹脂密度	g/cm ³	1.28	1.28	1.28	1.21	1.28	1.28	—	1.28	1.28	1.28					
	膨張性層中の熱可塑性樹脂比率	wt%	71	71	63	72	71	71	—	71	71	71					
	種類		PEI	PEI	PEI	PC	PEI	PEI	PEI	PEI	PEI	PEI					
熱可塑性樹脂	密度	g/cm ³	1.27	1.27	1.27	1.2	1.27	1.27	—	1.27	1.27	1.27					
	重合比率	wt%	50	50	50	50	50	50	—	50	50	50					
膨張性層前駆体	密度	g/cm ³	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	1.38	—	1.38	1.38	1.38					
	重合比率	wt%	5	5	5	5	5	5	—	5	5	5					
	種類		GF	GF	CF	GF	GF	GF	—	GF	GF	GF					
強化繊維	密度	g/cm ³	2.54	2.54	1.82	2.54	2.54	2.54	—	2.54	2.54	2.54					
	重合比率	wt%	45	45	45	45	45	45	—	45	45	45					

[表2]

絶縁材	構成		実施例1	実施例2	実施例3	実施例4	実施例5	比較例1	比較例2	比較例3	比較例4
	空腔層空腔率/絶縁層厚さ (Y/X)	空腔層厚さ (X)	空腔層/絶縁層/空腔層	空腔層/絶縁層/空腔層	空腔層/空腔層	0.67	0.67	0	空腔層	空腔層/絶縁層	15.14
絶縁層	μm		0.65	0.72	0.67	0.67	0.67	0	—	8.15	15.14
	%	E'lg/E'25	99	99	98	99	99	100	0	5	3
空腔層	%	絶縁材中の絶縁層の厚さ/複合前の絶縁層の厚さ	0.8	7.2	0.8	81	0.8	—	—	7.2	0.8
	%	空腔率 (Y)	99	99	98	99	100	—	—	5	3
特性	%	湾曲度の解放率 (%)	64	71	66	66	74	0	79	41	45
	%	無荷重下での最大膨張率	73	70	75	79	72	—	75	18	27
特性	%	無荷重下での最大厚さ	148	158	158	147	187	0	403	110	123
	μm	厚さと面交方向の寸法変化率	219	249	239	230	286	100	709	182	189
特性	%	絶縁破壊電圧	-0.2	-0.2	-0.1	-0.2	-0.2	—	-0.3	-0.1	-0.1
	kV/mm	押し抜き荷重	55	54	50	57	48	—	4	33	24
特性	N	充填後膨張率	21	20	23	13	15	—	35	—	—
	%	充填後空腔率	135	127	132	128	131	充填できず	114	充填できず	充填できず
特性	%	充填後空腔率	58	58	53	56	51	—	27	—	—
	%										

[0167] 表1 および2 に示すように、比較例1 では、膨張性層を有していないため

絶縁材は膨張による空隙層を形成することができない。また、比較例2では、膨張するものの、絶縁破壊電圧に劣っている。また、比較例3および4についても、膨張後の絶縁材は空隙層の空隙率と絶縁層の厚さが所定の範囲に入っていないため、実施例と比べると絶縁破壊電圧に劣っている。

一方、実施例1～5は、いずれも、膨張により絶縁材が形成され、膨張後の絶縁材は、空隙を有しているにもかかわらず、比較例2と比べて、極めて大きな値の絶縁破壊電圧を示している。特に、空隙層を構成する熱可塑性樹脂の、室温および軟化温度における保持率によらず、良好な絶縁性能を示している。

[0168]

[表4]

絶縁材	構成		実施例6	実施例7	実施例8	実施例9	実施例10	実施例11	実施例12	比較例5	実施例13	実施例14	
	空隙率/絶縁層の厚さ(Y/X)	空隙率/絶縁層/空隙層	0.31	1.73	0.08	3.17	0.60	0.68	0.53	—	0.48	0.57	
絶縁層	厚さ(X)	μm	98	45	197	15	97	85	91	28	99	97	
	ETg/E'25	%	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	7.2	7.2	7.2	99	99	
空隙層	絶縁材中の絶縁層の厚さ/複合前の絶縁層の厚さ	%	98	90	99	75	99	85	91	156	99	97	
	空隙率(Y)	%	31	78	15	48	58	58	58	—	47	55	
特性	湾曲度の解放率(%)	%	65	78	71	82	74	75	78	—	71	74	
	無荷重下での最大膨張率	%	194	241	137	293	144	181	166	102	136	153	
	無荷重下での最大厚さ	μm	439	231	335	208	208	273	245	134	203	222	
	厚さと直交方向の寸法変化率	%	-0.1	-0.1	-0.2	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	-0.1	—	-0.1	-0.2
	絶縁破壊電圧	kV/mm	40	45	51	62	58	51	54	54	—	54	53
	押し抜き荷重	N	131	17	31	21	19	22	19	19	—	5	8
充填後膨張率	%	106	208	102	141	139	132	135	135	充填できず	134	138	

[0169] また、表3および4に示すように、比較例5では、絶縁シートを製造する際の複合温度が高いため、絶縁層を構成する熱可塑性樹脂が流動し、絶縁シ

ート中の強化繊維の湾曲度を高めることができない。そのため、熱膨張性が悪く、膨張による空隙層を形成することができない。

一方、実施例6～14では、良好に膨張した絶縁材では、 Y/X の値が所定の範囲に入っているため、膨張後の絶縁材は、空隙を有しているにもかかわらず、比較例2と比べて、極めて大きな値の絶縁破壊電圧を示している。

また、これらの実施例1～14では、いずれも厚さ方向に膨張することが可能であり、発泡材を利用した空隙層を形成する場合と比べて、異方的な膨張性を有している。さらに、いずれの実施例においても押し抜くためには力が必要であり、被着体への接着性を示している。

産業上の利用可能性

[0170] 本発明の絶縁材は、導電材を絶縁するだけでなく固定することができるため、各種用途において有用である。例えば、絶縁材は、回転電機に用いられる、回転電機用絶縁材、ケーブル被覆材、電気配線被覆材等として特に有用である。

[0171] 以上のとおり、図面を参照しながら本発明の好適な実施例を説明したが、当業者であれば、本件明細書を見て、自明な範囲内で種々の変更および修正を容易に想定するであろう。したがって、そのような変更および修正は、請求の範囲から定まる発明の範囲内のものと解釈される。

符号の説明

- [0172] 1, 100・・・回転電機
2・・・ステータ
3・・・ロータ
4・・・ステータコア
4a・・・ティース
5・・・強化繊維
6・・・コイル
8・・・スロット部
10, 20・・・絶縁材

- 1 3, 2 3, 3 3 . . . 絶縁層
- 1 5, 2 5 a, 2 5 b . . . 空隙層
- 3 0 . . . 絶縁シート
- 3 5 . . . 膨張性層
- 4 2 a . . . 中空角材 (大)
- 4 2 b . . . 中空角材 (小)
- L . . . 繊維長
- L_0 . . . 繊維両端の最短距離
- h . . . 隙間高さ

請求の範囲

- [請求項1] 導電材を絶縁するための絶縁材であって、
前記絶縁材は、少なくとも1つの絶縁層と、少なくとも1つの空隙層とを含み、前記導電材を固定しており、
前記少なくとも1つの空隙層は、熱可塑性樹脂と複数の強化繊維とで構成され、前記複数の強化繊維の間で空隙が形成され、
絶縁材中の空隙層が有する空隙率 Y [%] と、絶縁材中の絶縁層の厚さ X [μm] とが、下記式(1)：
$$0.01 \leq Y/X \leq 4.75 \quad (1)$$

を満たす、絶縁材。
- [請求項2] 請求項1に記載の絶縁材であって、前記強化繊維が、ガラス繊維、液晶ポリエステル繊維、アラミド繊維および炭素繊維からなる群から選択される少なくとも一種である、絶縁材。
- [請求項3] 請求項1または2に記載の絶縁材であって、前記少なくとも1つの絶縁層が、任意でフィラー材および/または補強繊維を含む、熱可塑性樹脂または熱硬化性樹脂で構成される、絶縁材。
- [請求項4] 請求項1または2に記載の絶縁材であって、前記少なくとも1つの前記絶縁層が、任意でフィラー材および/または補強繊維を含む、ポリアーテルイミド、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレートおよび液晶ポリエステルからなる群から選択される少なくとも一種の熱可塑性樹脂で構成される、絶縁材。
- [請求項5] 請求項1～4のいずれか一項に記載の絶縁材であって、前記少なくとも1つの絶縁層が融点または軟化点 T_i を有する熱可塑性樹脂で構成され、前記少なくとも1つの空隙層が、融点または軟化点 T_b を有する熱可塑性樹脂で構成され、 $T_i \geq T_b$ である、絶縁材。
- [請求項6] 請求項1～5のいずれか一項に記載の絶縁材であって、前記少なくとも1つの空隙層を構成する熱可塑性樹脂が、ポリアーテルイミド、液晶ポリエステル、ポリカーボネートおよびフェノキシ樹脂からなる

群から選択される少なくとも一種である、絶縁材。

[請求項7] 請求項1～6のいずれか一項に記載の絶縁材であって、回転電機に用いられる、回転電機用絶縁材。

[請求項8] 請求項7に記載の回転電機用絶縁材を少なくとも一部に含む、回転電機。

[請求項9] 周方向に沿ってティースおよびスロットを交互に有するステータコアと、

前記ステータコアに装着されたコイルと、を備える回転電機のステータであって、

前記スロットの内周面と前記コイルとの間に請求項7に記載の回転電機用絶縁材を備える、回転電機。

[請求項10] 少なくとも1つの絶縁層と、少なくとも1つの膨張性層とを少なくとも含む絶縁シートであって、

前記少なくとも1つの膨張性層は、熱可塑性樹脂と複数の強化繊維とで構成され、前記強化繊維同士が複数の交点を有し、少なくともその交点の一部が熱可塑性樹脂で接着されており、前記強化繊維全体の体積に対する、下記式(2)で規定される湾曲度が1.004以上の強化繊維の体積含有率が20vol%以上である、絶縁シート。

$$\text{湾曲度} = \text{繊維長} / \text{繊維両端の最短距離} \quad (2)$$

[請求項11] 請求項10に記載の絶縁シートであって、前記少なくとも1つの膨張性層について、当該膨張性層の体積に対する、湾曲度が1.004以上の強化繊維の体積含有率が3～50vol%である、絶縁シート。

[請求項12] 請求項10または11に記載の絶縁シートであって、前記強化繊維の平均繊維長が3～100mmである、絶縁シート。

[請求項13] 請求項10～12のいずれか一項に記載の絶縁シートであって、前記強化繊維が、ガラス繊維、液晶ポリエステル繊維、アラミド繊維および炭素繊維からなる群から選択される少なくとも一種である、絶縁

シート。

- [請求項14] 請求項10～13のいずれか一項に記載の絶縁シートであって、少なくとも一方の表面に金属と接着性を有する樹脂が露出している、絶縁シート。
- [請求項15] 請求項10～14のいずれか一項に記載の絶縁シートであって、前記金属と接着性のある樹脂が、ポリエーテルイミド、液晶ポリエステル、ポリカーボネートおよびフェノキシからなる群から選択される少なくとも一種である、絶縁シート。
- [請求項16] 請求項10～15のいずれか一項に記載の絶縁シートであって、前記少なくとも1つの絶縁層が、任意でフィラー材および／または補強繊維を含む、熱可塑性樹脂または熱硬化性樹脂で構成される、絶縁シート。
- [請求項17] 請求項10～15のいずれか一項に記載の絶縁シートであって、前記少なくとも1つの前記絶縁層が、任意でフィラー材および／または補強繊維を含む、ポリエーテルイミド、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレートおよび液晶ポリエステルからなる群から選択される少なくとも一種の熱可塑性樹脂で構成される、絶縁シート。
- [請求項18] 請求項10～17のいずれか一項に記載の絶縁シートであって、前記少なくとも1つの絶縁層が融点または軟化点 T_i を有する熱可塑性樹脂で構成され、前記少なくとも1つの膨張性層が、融点または軟化点 T_b を有する熱可塑性樹脂で構成され、 $T_i \geq T_b$ である、絶縁シート。
- [請求項19] 請求項10～18のいずれか一項に記載の絶縁シートであって、前記少なくとも1つの膨張性層を構成する熱可塑性樹脂が、ポリエーテルイミド、液晶ポリエステル、ポリカーボネートおよびフェノキシ樹脂からなる群から選択される少なくとも一種である、絶縁シート。
- [請求項20] 請求項10～19のいずれか一項に記載の絶縁シートであって、前

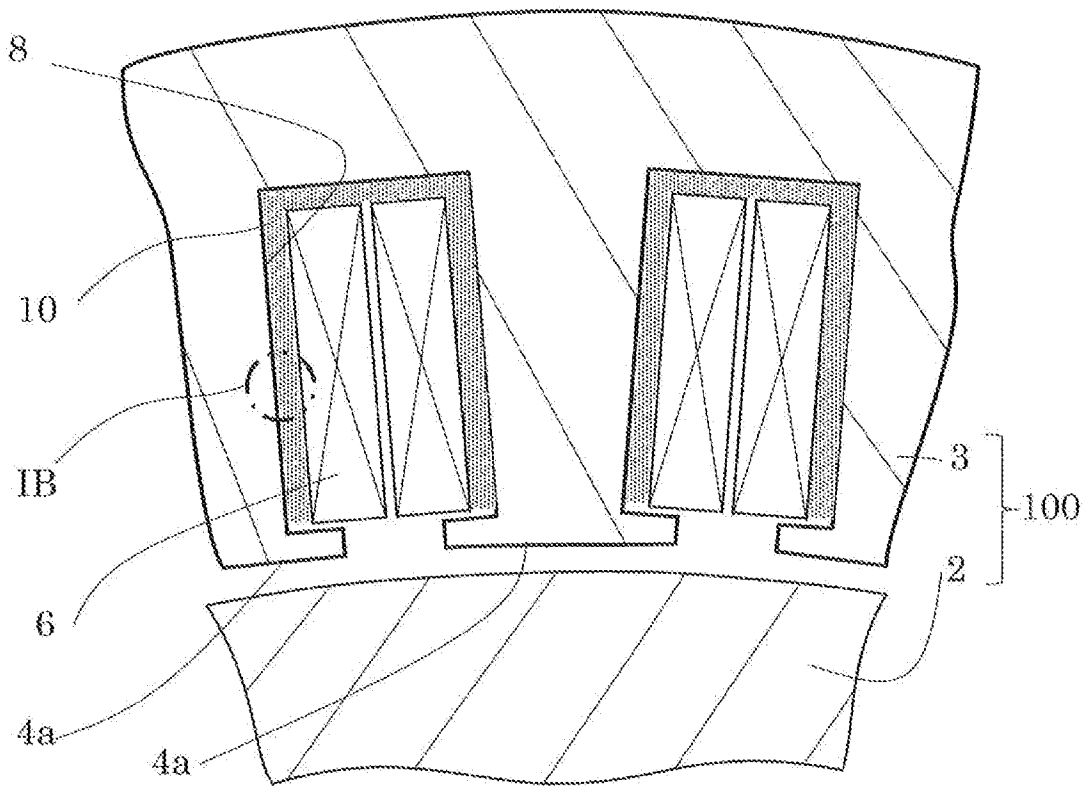
記少なくとも1つの絶縁層が熱可塑性樹脂で構成されており、この絶縁層が、膨張性層との界面に、厚さ20 μ m以下の浸透層を有している、絶縁シート。

[請求項21]

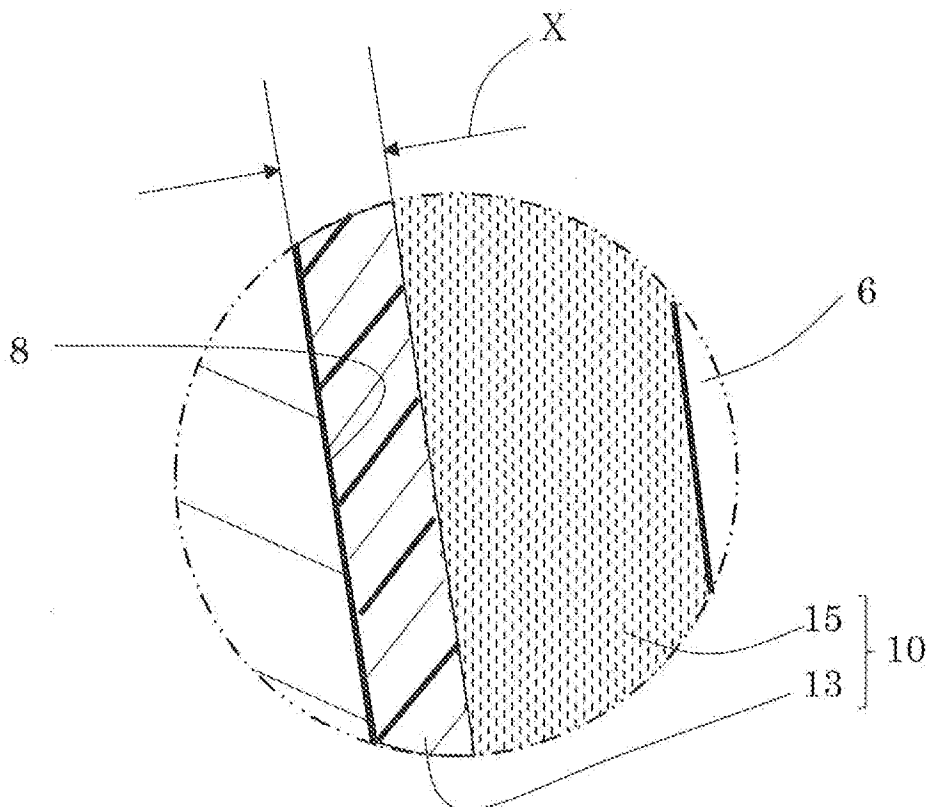
請求項10～20のいずれか一項に記載の絶縁シート、および／または請求項10～20のいずれか一項に記載の絶縁層および膨張性層をそれぞれ少なくとも1層準備する工程と、

前記少なくとも1つの膨張性層を形成する熱可塑性樹脂の軟化点または融点以上に加熱して、膨張性層を膨張させ、導電材を固定するとともに絶縁する工程と、を備える、絶縁材の製造方法。

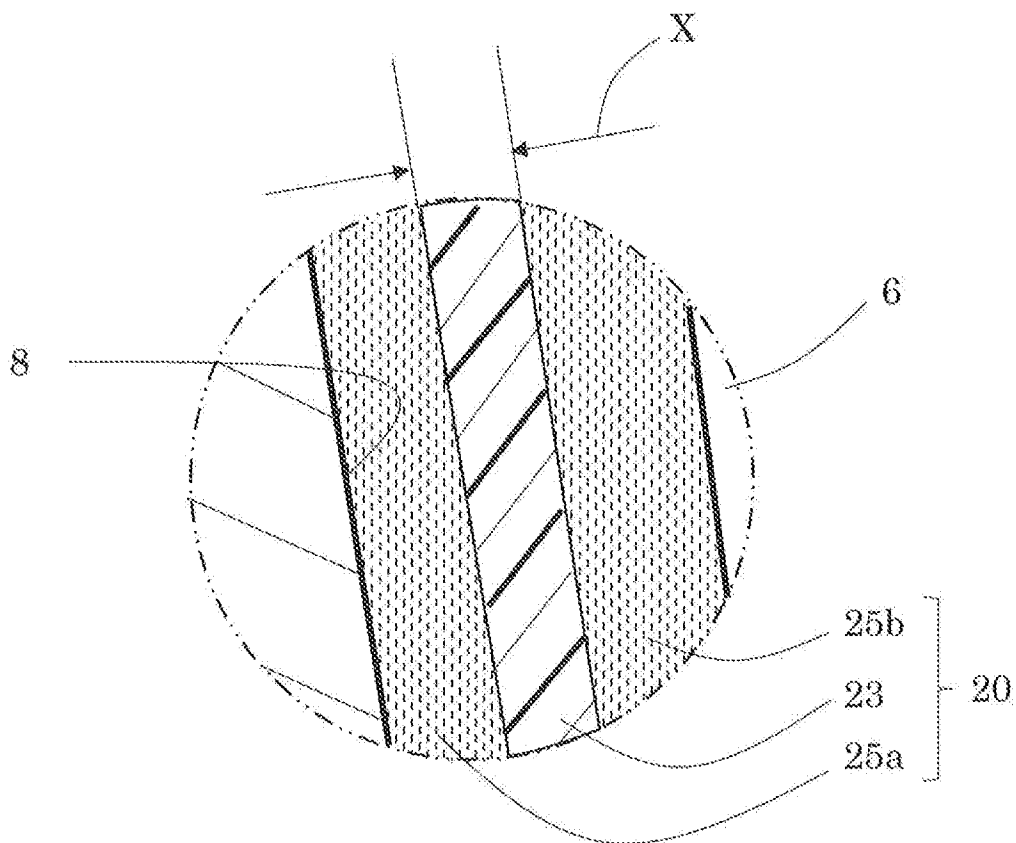
[図1A]



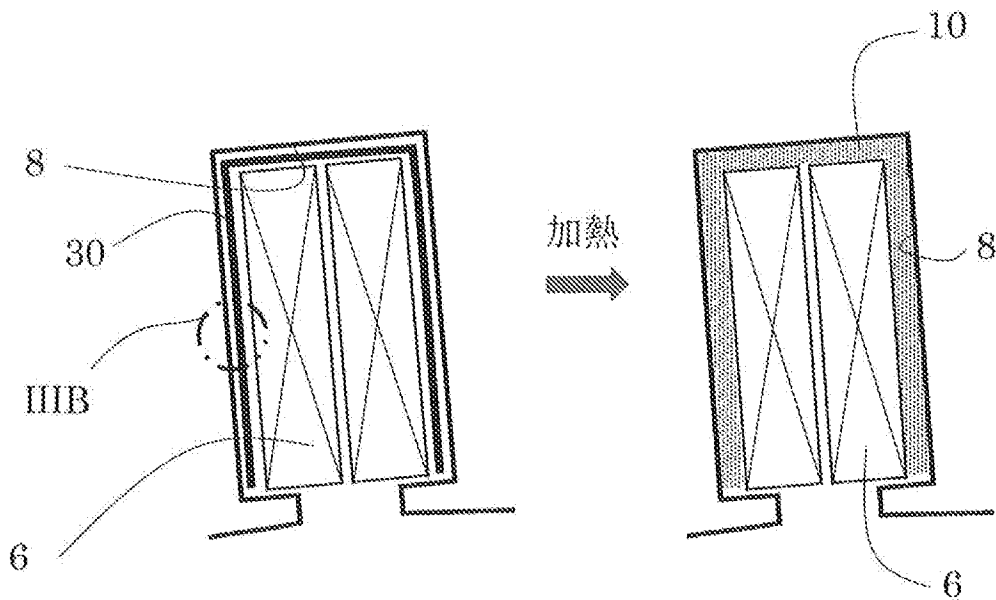
[図1B]



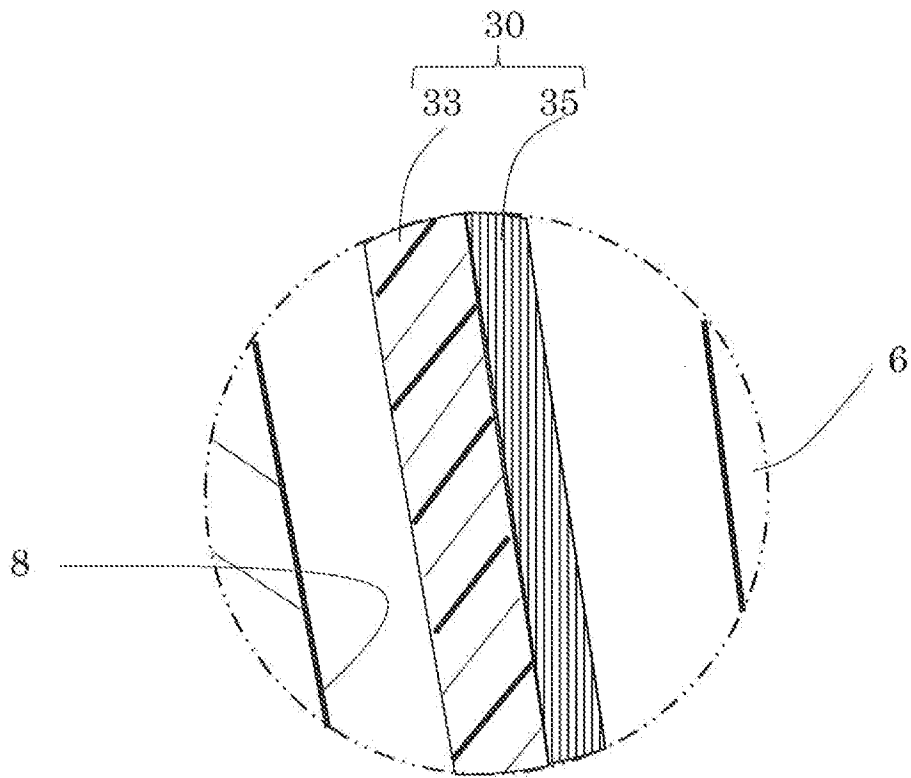
[図2]



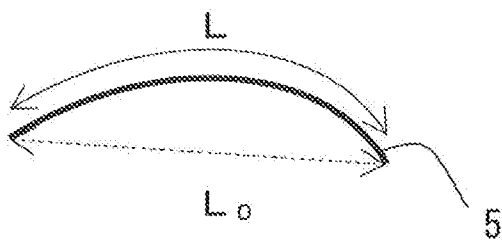
[図3A]



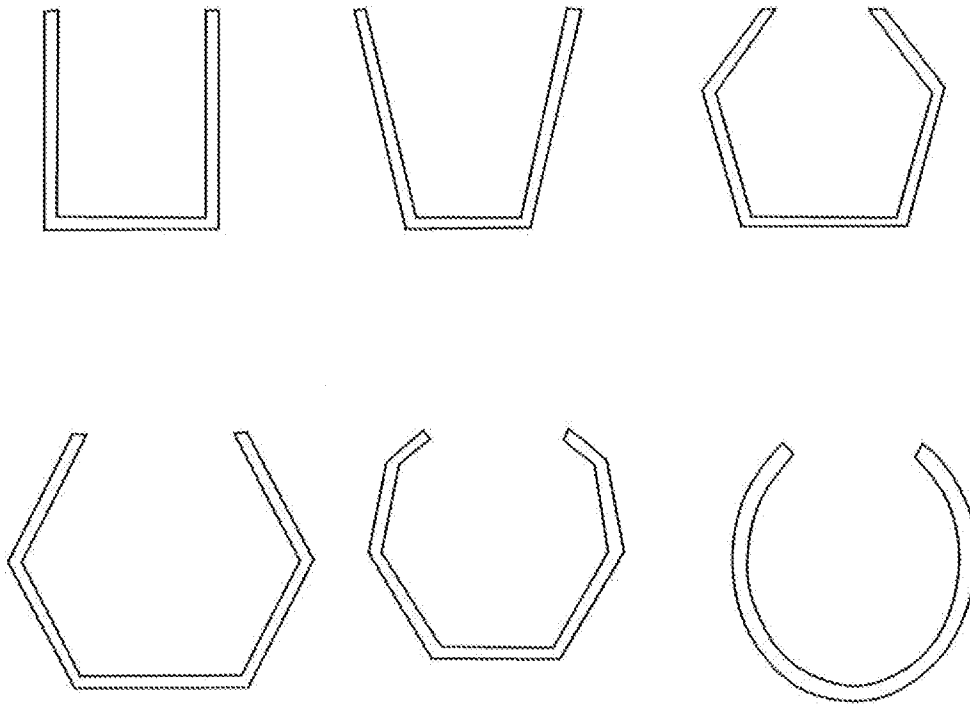
[図3B]



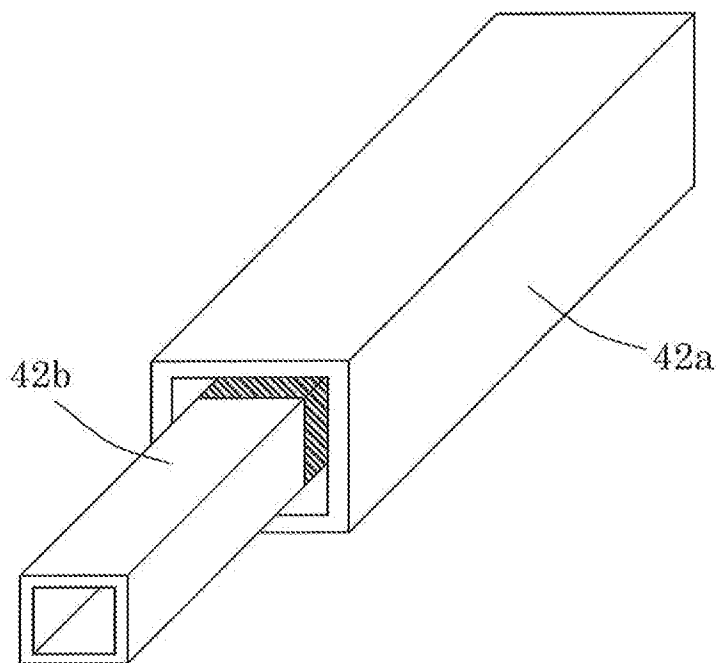
[図4]



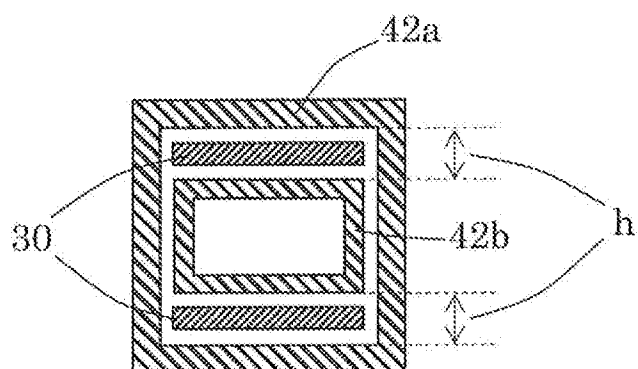
[図5]



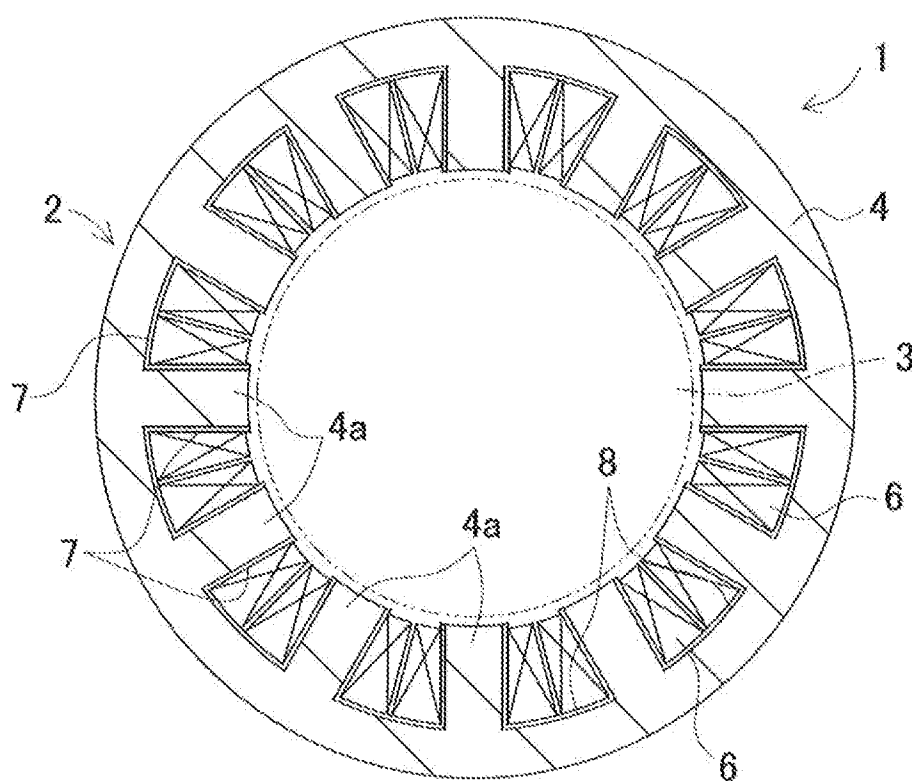
[図6A]



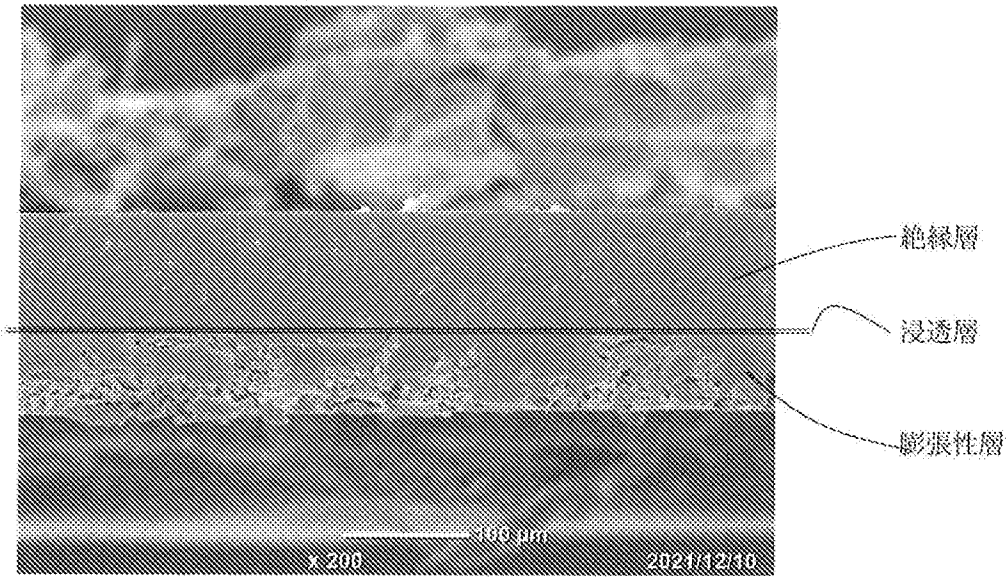
[図6B]



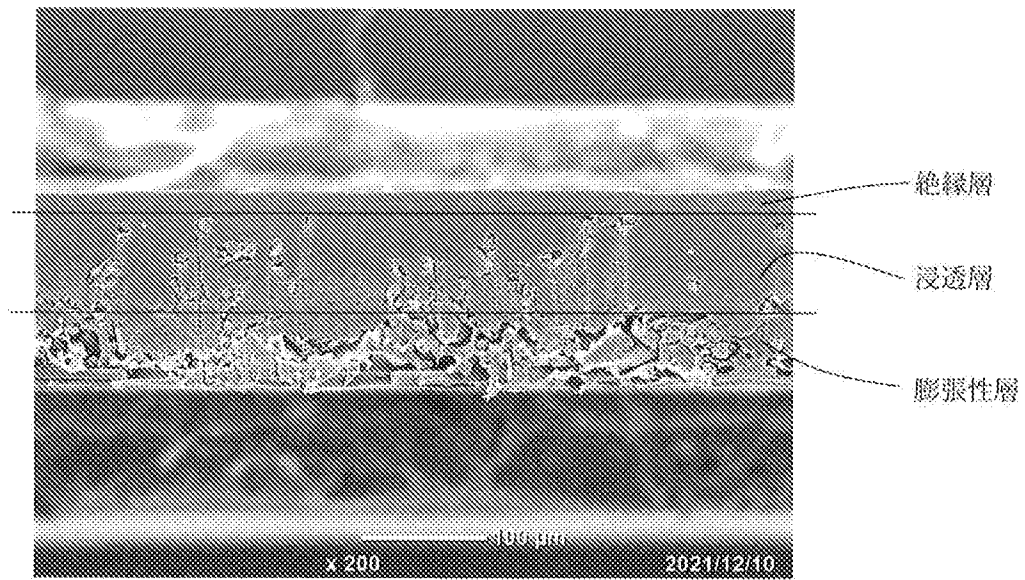
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/008026

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>H02K 3/30</i> (2006.01)i; <i>H01B 3/30</i> (2006.01)i; <i>H01B 3/47</i> (2006.01)i; <i>H01B 17/62</i> (2006.01)i; <i>H01F 5/06</i> (2006.01)i; <i>H01F 27/32</i> (2006.01)i; <i>H02K 3/34</i> (2006.01)i FI: H02K3/30; H01B3/30 Q; H01B3/47; H01B17/62; H01F5/06 S; H01F27/32 140; H02K3/34 C		
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) H02K3/30; H01B3/30; H01B3/47; H01B17/62; H01F5/06; H01F27/32; H02K3/34		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
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 2012-170311 A (TOYOTA MOTOR CORP) 06 September 2012 (2012-09-06) entire text, all drawings	1-21
A	JP 6-225489 A (FUJI ELECTRIC CO LTD) 12 August 1994 (1994-08-12) entire text, all drawings	1-21
A	JP 58-15445 A (HITACHI LTD) 28 January 1983 (1983-01-28) entire text, all drawings	1-21
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 10 May 2023		Date of mailing of the international search report 23 May 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/008026

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2012-170311	A 06 September 2012	(Family: none)	
JP 6-225489	A 12 August 1994	(Family: none)	
JP 58-15445	A 28 January 1983	(Family: none)	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））</p> <p>H02K 3/30(2006.01)i; H01B 3/30(2006.01)i; H01B 3/47(2006.01)i; H01B 17/62(2006.01)i; H01F 5/06(2006.01)i; H01F 27/32(2006.01)i; H02K 3/34(2006.01)i FI: H02K3/30; H01B3/30 Q; H01B3/47; H01B17/62; H01F5/06 S; H01F27/32 140; H02K3/34 C</p>														
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））</p> <p>H02K3/30; H01B3/30; H01B3/47; H01B17/62; H01F5/06; H01F27/32; H02K3/34</p> <p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2023年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2023年</td> </tr> </table> <p>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）</p>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2023年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2023年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2023年													
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>JP 2012-170311 A（トヨタ自動車株式会社）06.09.2012（2012 - 09 - 06） 全文、全図</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 6-225489 A（富士電機株式会社）12.08.1994（1994 - 08 - 12） 全文、全図</td> <td>1-21</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 58-15445 A（株式会社日立製作所）28.01.1983（1983 - 01 - 28） 全文、全図</td> <td>1-21</td> </tr> </tbody> </table>			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	JP 2012-170311 A（トヨタ自動車株式会社）06.09.2012（2012 - 09 - 06） 全文、全図	1-21	A	JP 6-225489 A（富士電機株式会社）12.08.1994（1994 - 08 - 12） 全文、全図	1-21	A	JP 58-15445 A（株式会社日立製作所）28.01.1983（1983 - 01 - 28） 全文、全図	1-21
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	JP 2012-170311 A（トヨタ自動車株式会社）06.09.2012（2012 - 09 - 06） 全文、全図	1-21												
A	JP 6-225489 A（富士電機株式会社）12.08.1994（1994 - 08 - 12） 全文、全図	1-21												
A	JP 58-15445 A（株式会社日立製作所）28.01.1983（1983 - 01 - 28） 全文、全図	1-21												
<p><input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。</p>														
<p>* 引用文献のカテゴリー</p> <p>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</p> <p>“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</p> <p>“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）</p> <p>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</p> <p>“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</p> <p>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&” 同一パテントファミリー文献</p>														
<p>国際調査を完了した日</p> <p>10.05.2023</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>23.05.2023</p>													
<p>名称及びあて先</p> <p>日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号</p>	<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>尾家 英樹 3V 9335</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3357</p>													

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/008026

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2012-170311 A	06.09.2012	(ファミリーなし)	
JP 6-225489 A	12.08.1994	(ファミリーなし)	
JP 58-15445 A	28.01.1983	(ファミリーなし)	