

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-7683

(P2010-7683A)

(43) 公開日 平成22年1月14日(2010.1.14)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 1 6 L 59/06 (2006.01)	F 1 6 L 59/06	3 H 0 3 6
B 3 2 B 5/26 (2006.01)	B 3 2 B 5/26	4 F 1 0 0

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2008-164158 (P2008-164158)	(71) 出願人	000006013
(22) 出願日	平成20年6月24日 (2008. 6. 24)		三菱電機株式会社
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
		(74) 代理人	100113077
			弁理士 高橋 省吾
		(74) 代理人	100112210
			弁理士 稲葉 忠彦
		(74) 代理人	100108431
			弁理士 村上 加奈子
		(74) 代理人	100128060
			弁理士 中鶴 一隆
		(72) 発明者	篠木 俊雄
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
			菱電機株式会社内

最終頁に続く

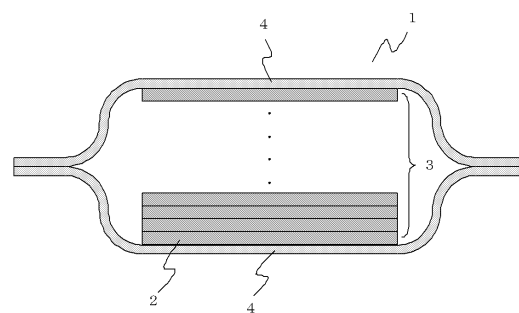
(54) 【発明の名称】 真空断熱材

(57) 【要約】

【課題】断熱性能の向上した真空断熱材を得ることを目的とする。

【解決手段】繊維径の異なる複数の繊維で抄紙した繊維シートを複数枚積層した芯材を構成し、この芯材を真空密閉して外被材で覆って真空断熱材を構成する。太い繊維径と長い繊維長とをもつ繊維によって、伝熱方向に対して繊維長さ方向を直角に近づけることが可能となる。このため、繊維自体を通じて移動する固体熱伝導を抑制できる。また、細い繊維径をもつ繊維によって、繊維シートの強度を確保することができる。

【選択図】 図 1



1 : 真空断熱材
2 : 繊維シート
3 : 芯材
4 : 外被材

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

繊維径の異なる複数の繊維で構成された繊維シートと
この繊維シートが複数枚積層された芯材を真空密閉して覆う外被材とを備えた真空断熱材。

【請求項 2】

繊維径の異なる複数の繊維には、最小の繊維径をもつ繊維の繊維長よりも繊維長が長い繊維が含まれることを特徴とする請求項 1 記載の真空断熱材。

【請求項 3】

繊維径の異なる複数の繊維の少なくとも 1 つの繊維の繊維長さ L が、繊維シートの厚さ t との関係において、 t/L の値が 0.174 より小さいことを特徴とする請求項 1 記載の真空断熱材。

10

【請求項 4】

繊維径の異なる複数の繊維が、無機繊維であることを特徴とする請求項 1 記載の真空断熱材。

【請求項 5】

繊維径の異なる複数の繊維が、有機繊維であることを特徴とする請求項 1 記載の真空断熱材。

【請求項 6】

繊維径の異なる複数の繊維が、無機繊維と有機繊維とが混在していることを特徴とする請求項 1 記載の真空断熱材。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、真空断熱材に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来、真空断熱材の断熱性能の向上を図るために、伝熱方向へ積層された多数枚の繊維シートをパネル内に配設し、内部を高真空として封止した真空断熱材が提案されている。この真空断熱材においては、繊維シートを繊維径分布のピーク値が、 $1\mu\text{m}$ 以下、 $0.1\mu\text{m}$ 以上である無機繊維材料で構成することによって、繊維から伝わる固体熱伝導を抑制して断熱性の向上化が図られている（例えば、特許文献 1 参照）。

30

【0003】

また、別の真空断熱材として、破断歪限界を大きくして、外力による変形に対して破断し難いガラス繊維を長さ方向と伝熱方向を略垂直にした真空断熱材が提案されている。この真空断熱材においては、紡糸条件によって強度が高めたガラス繊維を、伝熱方向にガラス繊維同士が交差するように層状に積層することで繊維破断を防止して高性能化が図られている（例えば、特許文献 2 参照）。

【0004】

【特許文献 1】特開 2002 - 81596 号公報（3 頁、図 2）

40

【特許文献 2】特開 2006 - 307921 号公報（3 頁、図 3）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、 $1\mu\text{m}$ より径が細い無機繊維で構成された真空断熱材においては、製法上繊維長さが限定されてしまい、長尺繊維でシートを作製することは困難である。したがって短尺繊維は、繊維長手方向とシートを形成する平面方向との繊維角度が大きくなり易く、伝熱方向と繊維方向が同じ方向を向いてしまう。これによって、伝熱方向への熱伝導が大きくなることから、真空断熱材の断熱性能が低下してしまうという問題があった。

【0006】

50

また、ガラス繊維を長さ方向と伝熱方向を略垂直にした真空断熱材においては、繊維強度を高めるために紡糸時の製造条件などについての記載はあるものの繊維同士が交差するように層状に積層する具体的な手法についてはなんら言及がなされていない。さらに、交差層状に積層した場合、真空断熱材の内部に伝熱方向に貫通する空間が存在し易くなり、外被材内部に残留する気体分子の平均自由行程より伝熱方向への空間距離が長くなる。その結果、気体伝導が増加して、むしろ断熱性能が悪くなるなどの問題があった。そして、織物製法で作製したとき、生産性が悪くなるばかりか、高速化すると、繊維が破断し易く、さらに性能が低下してしまうなどの問題があった。

【0007】

この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、断熱性能の向上を図ることができる真空断熱材を得ることを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0008】

この発明に係る真空断熱材は、繊維径の異なる複数の繊維で構成した繊維シートとこの繊維シートを複数枚積層した芯材を真空密閉して外被材で覆ったものである。

【発明の効果】

【0009】

この発明に係る真空断熱材においては、繊維シートを繊維径の異なる複数の繊維で構成しているので、細い繊維径をもつ繊維でシート化された繊維シートの引張強度を確保させつつ、太い繊維径をもつ繊維によって、伝熱方向と繊維長さ方向の傾斜角を直角に近づけることが可能となる。このため、繊維自体を通じて移動する固体熱伝導の抑制を図ることができ、真空断熱材の断熱性能の向上を図ることができる。

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

実施の形態 1 .

図 1 は、この発明を実施するための実施の形態 1 における真空断熱材を示す断面模式図である。真空断熱材 1 は、繊維シート 2 を積層して構成された芯材 3 と、芯材 3 を覆って密閉する外被材 4 とを有している。図 2 は、本実施の形態における繊維シート 2 の拡大断面模式図である。図 2 において、繊維シートは、太径繊維 5 とこの太径繊維の繊維径よりも細い繊維径をもつ細径繊維 6 とが混在して構成されている。

30

【0011】

次に、本実施の形態における、真空断熱材 1 の製造方法について説明する。まず、繊維シート 2 の作製方法については、例えば水に太径繊維 5 および細径繊維 6 を分散させ、自動送り式抄紙機で抄紙してシート状に形成した後、乾燥工程を経てロール状に巻き取られたシートロールを作製する。次に、このシートロールからシートを引き出して必要なサイズに裁断して繊維シート 2 とし、この繊維シート 2 を複数枚重ねた芯材 3 を作製する。この後、芯材 3 を 2 枚もしくは 1 枚を折り返した外被材 4 で覆い、外被材 4 で覆われた芯材 3 を真空チャンバ内に配置する。この後、真空チャンバ内を減圧することにより、外被材 4 で覆われた空間を減圧して外被材 4 で覆われた空間を真空状態にする。この後、外被材 4 で覆われた空間が所定の圧力、例えば 0 . 1 ~ 3 Pa 程度の真空圧になっている状態で外被材 4 の外周部を密閉した後、真空チャンバ内の圧力を大気圧状態にまで戻す。これにより、真空断熱材 1 が完成する。完成した真空断熱材 1 の内部空間は真空状態に保持され、外被材 4 および芯材 3 は外部との圧力差による圧縮力を受けている。また、必要に応じて外被材 4 で覆われた空間には、適当なガス吸着剤を挿入する。

40

【0012】

なお、繊維シート 2 に含有される水分については、抄紙時の乾燥工程とは別に、裁断前後などに繊維シート 2 を加熱しながら減圧するような工程を設けてこの水分を除去してもよい。また、外被材 4 で覆われた芯材 3 が真空チャンバ内で減圧された状態において、真空チャンバ内を加熱するような機構を設けて、繊維シート 2 自体に熱収縮や熱分解などの熱負荷がからない温度で、かつ真空放電などを誘発しない圧力に設定するなどして、適切

50

な条件を設定して繊維シート2の水分を除去してもよい。

【0013】

また、本実施の形態における、構成材料について説明する。繊維シートに用いる太径繊維および細径繊維は、例えばガラス繊維を用いることができる。太径繊維の繊維径として例えば約 $\phi 6 \mu\text{m}$ 、細径繊維の繊維径として例えば約 $\phi 1 \mu\text{m}$ とすることができる。また、外被材としては、例えばアルミラミネートシートを用いることができる。

【0014】

次に、本実施の形態の真空断熱材において、繊維シートに繊維径の異なる繊維を混在させることの効果について説明する。図3は、繊維の繊維径とその繊維のみで繊維シートを構成した真空断熱材の熱伝導率との関係をシュミレーションした特性図である。図3は、本実施の形態と異なり、単一の繊維が互いに接触したモデルで、芯材充填率を一定として繊維シートが構成されたものに相当し、熱伝導率は真空断熱材の厚さ方向の熱伝導率を計算したものである。図3において、縦軸の熱伝導率の差は、繊維径が $\phi 4 \mu\text{m}$ のときの真空断熱材の熱伝導率を基準値として、その基準値との熱伝導率の差を表している。図3からは、繊維径が細くなるほど真空断熱シートの断熱性能は向上することがわかる。これは、繊維径が細くなるほど熱抵抗が大きくなるからである。しかしながら、その数値的な影響を調べたところ、例えば $\phi 10 \mu\text{m}$ と $\phi 1 \mu\text{m}$ の繊維での熱伝導率の差は、 $0.0001 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ のオーダーで大きな差異はないことがわかった。

【0015】

図4は、繊維径および充填率を一定として、繊維傾斜角度と真空断熱材の熱伝導率との関係をシュミレーションした特性図である。ここで、繊維傾斜角度とは、繊維シートの平面方向と繊維の長手方向との角度であり、この角度はある程度分布をもつことから、平均値で表している。図4において、縦軸の熱伝導率の差は、繊維傾斜角度が 10° のときの真空断熱材の熱伝導率を基準値として、その基準値との熱伝導率の差を表している。図4から、繊維傾斜角度が 10° より大きくなると熱伝導率の増加率がより顕著になることが明らかになった。したがって、繊維傾斜角度を 10° 程度以下にすることによって断熱性能の向上が図れることがわかった。つまり、図3および図4から、繊維径を細くすることよりも、繊維傾斜角度を 10° 以下になるようにすることで、断熱性能が顕著に向上するという知見が得られ、この発明に到ったものである。

【0016】

図5は、繊維シートの内部の太径繊維の状態を示した模式図である。例えば、図5に示すように、 $\phi 6 \mu\text{mm}$ の太径繊維5の繊維長さ(L)を6mmとし、繊維シート2の厚み(t)を0.4mmとした場合、太径繊維が最も立ち上がった状態、つまり太径繊維の一方の端部が繊維シート2の一方の面に到達し、太径繊維の他方の端部が繊維シート2の他方の面に到達した状態の理論上の繊維傾斜角度 θ は、 $\sin \theta = 0.4 / 6$ となる。ゆえに、最大繊維傾斜角度は 4° となり、太径繊維の繊維傾斜角度は 4° 以下になる。一方で、細径繊維については、例えば $\phi 1 \mu\text{m}$ 程度の細径繊維をガラス繊維とすると、通常このサイズでは火炎法にて繊維を製造するために、繊維長さは1mm程度になる。したがって、 $\phi 1 \mu\text{m} \times$ 長さ1mm程度の繊維のみの繊維傾斜角度を同様に計算すると、最大繊維傾斜角度は約 24° となる。したがって、繊維長さは1mmのガラス繊維の繊維傾斜角度は $0 \sim 24^\circ$ になる。実際にこのガラス繊維には、繊維長さは1mmよりも短いものが多数含まれること、繊維強度や配向性などの影響を受けることなどから、ランダムで多様な傾斜角度分布を示すが、図4のからも明らかのように、この範囲の繊維傾斜角度では性能向上を阻害する要因になる。一方で、太径かつ長尺繊維は、傾斜角度の抑制を実現できる可能性が認められる。

【0017】

図4および図5の関係から、繊維長さ(L)とシート厚み(t)との関係が、 $t / L < \sin(10^\circ)$ であれば、断熱性能が顕著に向上することとなる。 $\sin(10^\circ)$ は、約0.174であるので、 t / L が0.174より小さいときに、断熱性能が顕著に向上することとなる。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 8 】

それを実証するために、実施例として、細径繊維として繊維径 $\phi 1 \mu\text{m}$ × 繊維長さ 1 m のガラス繊維を 50 wt %、太径繊維として繊維径 $\phi 6 \mu\text{m}$ × 繊維長さ 6 mm のガラスチョップを 50 wt % の比率で混合させ、厚さ 0.4 mm の繊維シートを試作した。

【 0 0 1 9 】

ここで、繊維シート作製には、例えば自動送り式抄紙機を用いた場合、繊維シートとなるシートロールの流れ方向に適度な引張強度が確保されなければロール化ならびにロールからの巻き戻しが不可能になる。特に、断熱性能を悪化させないように、バインダー等の結着材を全く添加しない場合は、シートの薄膜化には限界がある。量産化を想定した場合、今回の 0.4 mm はこれに近い数値であった。作製した繊維シートを約 30 枚積層して芯材とし、外被材であるアルミラミネートシート（ナイロン $15 \mu\text{m}$ + ポリエチレンテレフタレート $12 \mu\text{m}$ + アルミシート $6 \mu\text{m}$ + ポリエチレン $50 \mu\text{m}$ ）に吸着剤とともに挿入して、真空チャンバ内で約 1 Pa まで減圧させて、外被材の間口部を熱融着によって密閉し、真空断熱材を作製した。ここで、吸着剤は、外被材のシール部やアルミラミネートシート自体の欠陥などを通じて内部に侵入してくる水分や外部気体もしくは芯材から発生するアウトガスなどを吸着して真空度を保持するためのもので、CaO 系、活性炭系、ゼオライト系やさらにこれらに Li や Ba を混合させたものなどがある。

【 0 0 2 0 】

この実施例の真空断熱材の熱伝導率 λ を測定した結果、 $\lambda = 0.0017 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ が得られた。一方、比較例として、繊維径 $\phi 1 \mu\text{m}$ × 繊維長さ 1 mm のガラス繊維のみで実施例と同様の条件にて、真空断熱材を製作して熱伝導率を測定した結果は、 $\lambda = 0.0022 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ と、上記実施例よりも断熱性能が劣ることがわかった。このときの真空状態を模擬して芯材の断面観察をしたところ、実施例においては、太径繊維の繊維傾斜角度はほぼ 10 度未満であった。一方、細径繊維のみの比較例においては、繊維傾斜角度が 10 度を超えるものが多く見られ、繊維傾斜角度の大きなものでは 20 度前後のものも観察された。したがって、太径長尺繊維の混合によって繊維長手方向を伝熱方向に対して直角に近づけることができ、熱伝導率の低減が図れ、高性能な断熱材を得ることができた。

【 0 0 2 1 】

なお、真空状態を模擬して芯材の断面観察する方法とは、真空チャンバ内に入れる前の真空断熱材を両面から 1 気圧相当の圧力で圧縮し、これを樹脂で固めたのちに断面を電子顕微鏡で観察する方法である。

【 0 0 2 2 】

一方、繊維シートを全て太径繊維で構成した場合の性能評価を実施した。断熱性能を低下させるバインダー等の結着剤を全く添加しないで、 $\phi 6 \mu\text{m}$ の繊維径の繊維だけで繊維シートを試作した結果、繊維シートとなるシートロールの巻き戻しが不可能で、ハンドリングが困難になるなど、製造上の問題が生じた。また、強引に巻き取ったロールシートを切開する形で強制的に芯材とし、これを上記方法と同様に真空断熱材にして熱伝導率を測定した結果、 $\lambda = 0.0019 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ と、上記実施例よりも断熱性能が劣ることがわかった。この原因は、繊維シートの積層境界が不確定になり、太径繊維が繊維シート間を越えて傾斜したために繊維傾斜角度が大きくなり、さらに、繊維シートを構成する繊維と繊維の間隔が大きくなったことによって、外被材内部の気体分子が移動し易くなり、気体熱伝導が促進されたと推定される。

【 0 0 2 3 】

なお、本実施の形態においては、繊維シートに用いる太径繊維および細径繊維として、ガラス繊維を用いているが、ガラス繊維以外の無機材料で構成された、例えばセラミック繊維などの無機繊維を用いることもできる。

【 0 0 2 4 】

なお、本実施の形態においては、繊維シートを作製する方法として、抄紙法を適用した湿式法を用いたが、これに限定されるものではなく、繊維シートを形成できるのであれば

10

20

30

40

50

乾式などの別の製法を用いてもよい。

【0025】

実施の形態2．

図6は、実施の形態2における真空断熱シートに用いる繊維シートの拡大断面模式図である。図6において、繊維シートは、太径繊維5とこの太径繊維の繊維径よりも細い繊維径をもつ細径繊維6と、さらに太径繊維5の繊維径よりも細く、かつ細径繊維6の繊維径よりも太い繊維径をもつ中径繊維7とが混在して構成されている。これらの繊維の構成としては、例えば、太径繊維は繊維径が $\phi 10\mu\text{m}$ で繊維長さを 10mm とし、細径繊維は繊維径が $\phi 1\mu\text{m}$ で繊維長さを 1mm とし、さらに中径繊維は繊維径が $\phi 4\mu\text{m}$ で長さは 4mm 程度である。これらの繊維を、細径繊維を $50\text{wt}\%$ 、中径繊維を $25\text{wt}\%$ 、太径繊維を $25\text{wt}\%$ として繊維シートの試作を試みたところ、シート厚みは 0.2mm まで薄膜化することができた。

10

【0026】

本実施の形態において、実施の形態1の図5を用いて説明した繊維傾斜角度を計算したところ、中径繊維の繊維傾斜角度は3度程度、太径繊維の繊維傾斜角度は約1度、細径繊維の繊維傾斜角度は約12度となる。

この繊維シートをそれぞれ約60枚積層し、実施の形態1の実施例と同様に真空断熱材を作製して熱伝導率(λ)を測定した結果、 $\lambda = 0.0014\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ であった。また、この真空断熱材の真空状態を模擬した断面観察を実施したところ、太径繊維の繊維傾斜角度は5度未満であり、また中径繊維の繊維傾斜角度も10度未満であり、さらに細径繊維の繊維傾斜角度も、最大で15度程度の傾斜があるものが極微量観察されたが、大部分は約10度程度で、1度程度のものもあった。

20

【0027】

比較例として、細径繊維のみで繊維シートを構成した真空断熱材を作製して熱伝導率(λ)を測定した結果、 $\lambda = 0.0019\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ と、上記実施例よりも断熱性能が劣ることがわかった。また、この比較例の真空断熱材の真空状態を模擬した断面観察を実施したところ、繊維傾斜角度は12～15度が多かった。

【0028】

本実施の形態のように、中径繊維を混合することによって、繊維シートの引張強度を高めることができ、それによって繊維シートを薄膜化させることができる。その結果、混合した太径長尺繊維ならびに中径繊維の繊維長手方向が伝熱方向に対して直角に近づけることが可能となり、実施の形態1よりもさらに断熱性能が向上した真空断熱材が得られた。

30

【0029】

なお、本実施の形態においては、3種類の繊維径の異なる繊維を用いて繊維シートを構成したが、4種類以上の繊維径の異なる繊維を用いてもよい。その場合、最も繊維径の細い繊維以外の少なくとも1種類の繊維の繊維長さが、最も繊維径の細い繊維の繊維長さより長ければ、同様な効果が得られる。

【0030】

実施の形態3．

実施の形態1においては、繊維シートに用いる太径繊維および細径繊維としてガラス繊維を用いていたが、実施の形態3においては有機繊維を用いたものである。

40

【0031】

本実施の形態においては、繊維シートに用いる太径繊維および細径繊維としてポリエチレンテレフタレート繊維を用いたものである。太径繊維の繊維径として約 $\phi 11\mu\text{m}$ 、細径繊維の繊維径として約 $\phi 3\mu\text{m}$ とした。繊維の材料以外の構成は実施の形態1と同様である。

【0032】

このように構成された真空断熱材において、熱伝導率(λ)を測定した結果は、 $\lambda = 0.0018\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ であった。なお、比較のために、細径繊維のみで構成した繊維シートを用いた真空断熱材において、熱伝導率(λ)を測定した結果は $\lambda = 0.0023$

50

W / (m ・ K) であり、実施の形態 1 と同様に、太径繊維と細径繊維とで繊維シートを構成することにより、真空断熱材の断熱性能を向上させることができる。

【 0 0 3 3 】

なお、本実施の形態においては、繊維の材料としてポリエチレンテレフタレート繊維を用いたが、ポリエステル系やそれ以外の有機繊維、例えばポリプロピレン、ポリスチレン、ポリエチレンなどの有機繊維を用いることもできる。また、無機繊維と有機繊維とを混在させても同様の効果が得られることは明らかであり、製造方法やコストの面から適宜繊維の材料を選択することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 4 】

10

【図 1】この発明の実施の形態 1 の真空断熱材を示す断面模式図である。

【図 2】この発明の実施の形態 1 における繊維シートの拡大断面模式図である。

【図 3】この発明の実施の形態 1 における繊維径と真空断熱材の熱伝導率との関係を示した特性図である。

【図 4】この発明の実施の形態 1 における繊維傾斜角度と真空断熱材の熱伝導率との関係を示した特性図である。

【図 5】この発明の実施の形態 1 における繊維長さや繊維シートの厚みとの関係を示した模式図である。

【図 6】この発明の実施の形態 2 における繊維シートの拡大断面模式図である。

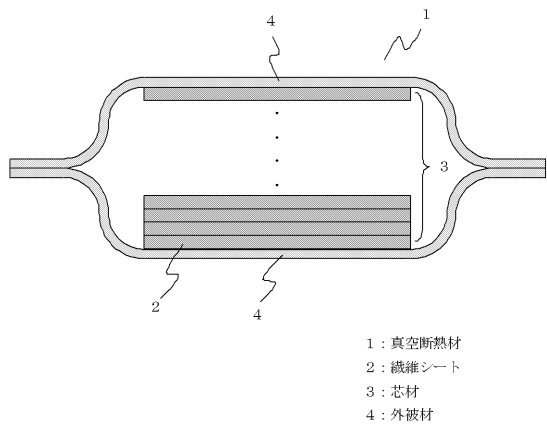
【符号の説明】

20

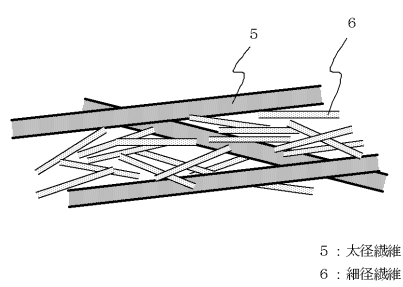
【 0 0 3 5 】

- 1 真空断熱材
- 2 繊維シート
- 3 芯材
- 4 外被材
- 5 太径繊維
- 6 細径繊維
- 7 中径繊維

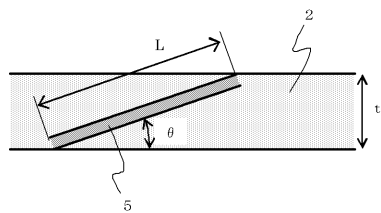
【 図 1 】



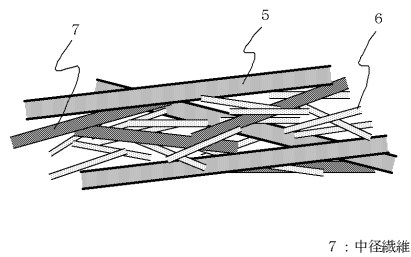
【 図 2 】



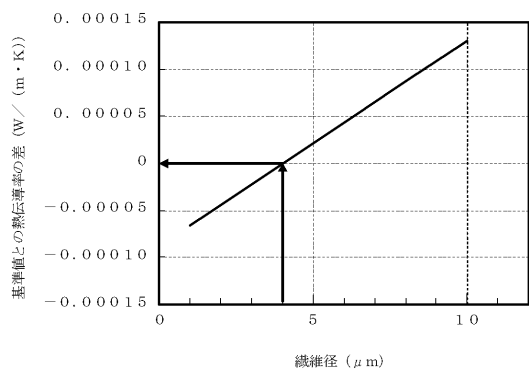
【 図 5 】



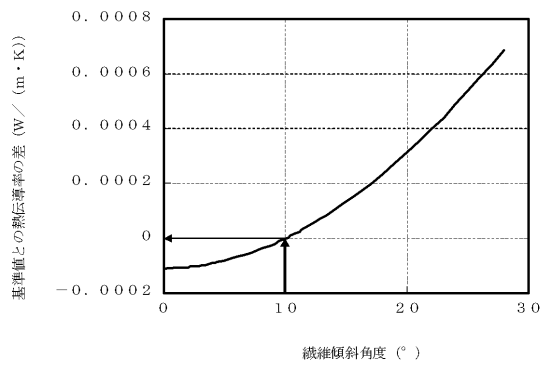
【 図 6 】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 松本 秀一

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 八木 哲也

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

Fターム(参考) 3H036 AB13 AB18 AB24 AB29 AC03

4F100 AA01C AA01D AA01E AG00 AK01C AK01D AK01E AT00A AT00B BA05

BA10A BA10B BA11 DG01C DG01D DG01E DG15 GB90 JJ02