

(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5月30日(30.05.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/080482 A1

- (51) 国際特許分類:
B32B 17/00 (2006.01) C03C 8/18 (2006.01)
C03C 8/02 (2006.01) F28D 1/02 (2006.01)
C03C 8/04 (2006.01) G21C 3/20 (2006.01)
C03C 8/08 (2006.01) H01L 23/15 (2006.01)
C03C 8/10 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/080212
- (22) 国際出願日: 2012年11月21日(21.11.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社日立製作所(HITACHI, LTD.)
[JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目
6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 石橋 良(ISHIBASHI Ryou); 〒3191292 茨
城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社
日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 内藤 孝
(NAITOU Takashi); 〒3191292 茨城県日立市大みか
町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立
研究所内 Ibaraki (JP). 児玉 一宗(KODAMA Mo-
tomune); 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目
1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内
Ibaraki (JP). 青柳 拓也(AOYAGI Takuya); 〒
3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号

株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP).
日野 哲士(HINO Tetsushi); 〒3191292 茨城県日立
市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作
所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 青山 肇男(AOY-
AMA Motoo); 〒3191292 茨城県日立市大みか町七
丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究
所内 Ibaraki (JP). 橋本 素行(HASHIMOTO Tsun-
eyuki); 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1
番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内
Ibaraki (JP). 高橋 克仁(TAKAHASHI Katsuhito); 〒
3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
株式会社日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP).
坂野 順一(SAKANO Junichi); 〒3191292 茨城県日
立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製
作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 中野 広(NA-
KANO Hiroshi); 〒3191292 茨城県日立市大みか町
七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研
究所内 Ibaraki (JP).

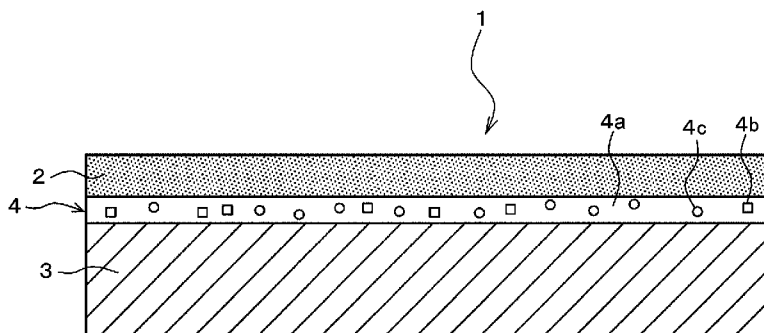
(74) 代理人: 磯野 道造(ISONO Michizo); 〒1020093 東
京都千代田区平河町2丁目7番4号 砂防会館
別館内 磯野国際特許商標事務所気付 Tokyo
(JP).

(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,

[続葉有]

(54) Title: STRUCTURE, ELECTRONIC ELEMENT MODULE, HEAT EXCHANGER, FUEL ROD, AND FUEL ASSEMBLY

(54) 発明の名称: 構造体、電子素子モジュール、熱交換器、燃料棒、及び、燃料集合体



(57) Abstract: The present invention has a first member (2), a second member (3) op-
posite the first member (2), and a glass layer
(4) provided between the first member (2)
and the second member (3) and used to bond
the first member (2) and the second member
(3); the glass transition point of the glass
layer (4) being lower than the temperature of
the glass layer (4) when a structure (1) is be-
ing used. Ceramic particles (4b) and/or
metallic particles (4c) are dispersed in the
glass layer (4). In a temperature zone of the
glass layer (4) that is lower than the glass
transition point of the glass layer (4), the
coefficient of thermal expansion of the glass
layer (4) is a value between the coefficients
of thermal expansion of the first member (2)
and the second member (3). Therefore, the
thermal strain in the inner section of the
structure caused when the structure is used
at a temperature higher than room temperat-
ure can be alleviated. The first member (2) is
a film formed on top of the glass layer (4)
and is formed using at least one method
among sputtering, vapor deposition, plating,
and coating.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2014/080482 A1



FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, 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, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラ

シア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

第 1 部材 (2) と、第 1 部材 (2) に対向する第 2 部材 (3) と、第 1 部材 (2) と第 2 部材 (3) の間に設けられ、第 1 部材 (2) と第 2 部材 (3) とを接着するガラス層 (4) とを有し、ガラス層 (4) のガラス転移点は、構造体 (1) の使用時のガラス層 (4) の温度より低くなっている。ガラス層 (4) には、セラミックス粒子 4 b と金属粒子 4 c の少なくとも一方が分散している。ガラス層 (4) のガラス転移点より低い温度帯において、ガラス層 (4) の熱膨張係数は、第 1 部材 (2) と第 2 部材 (3) の熱膨張係数の間の値になっている。これらにより、構造体 (1) は、常温より高い温度での使用により内部に生じる熱ひずみを緩和できる。第 1 部材 (2) は、ガラス層 (4) の上に成膜された膜であり、スパッタリング法と、蒸着法と、めっき法と、塗布法との内の少なくとも 1 つを用いて成膜されている。

明 細 書

発明の名称：

構造体、電子素子モジュール、熱交換器、燃料棒、及び、燃料集合体

技術分野

[0001] 本発明は、構造体に関し、この構造体が組み込まれた電子素子モジュール、熱交換器、燃料棒、及び、燃料集合体に関する。

背景技術

[0002] 構造体としては、基板上にガラス層を備えたグレーズド基板において、そのガラス層上に金属薄膜が形成された構造体が提案されている（例えば、特許文献1 参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平8－204302号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1の構造体によれば、金属薄膜のグレーズド基板に対する密着性を向上することができる。ただ、この構造体を常温より高い温度で使用すると、内部に熱ひずみが生じ、金属薄膜の剥がれ等が生じると考えられる。

[0005] そこで、本発明が解決しようとする課題は、常温より高い温度での使用により内部に生じる熱ひずみを緩和できる構造体を提供する。また、この構造体が組み込まれた電子素子モジュール、熱交換器、燃料棒、及び、燃料集合体を提供する。

課題を解決するための手段

[0006] 前記課題を解決するために、本発明は、第1部材と、前記第1部材に対向する第2部材と、前記第1部材と前記第2部材の間に設けられ、前記第1部材と前記第2部材とを接着するガラス層とを有し、前記ガラス層のガラス転

移点は、使用時の前記ガラス層の温度より低いことを特徴とする構造体である。また、この構造体が組み込まれた電子素子モジュール、熱交換器、燃料棒、及び、燃料集合体を、本発明とする。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、常温より高い温度での使用により内部に生じる熱ひずみを緩和できる構造体を提供できる。また、常温より高い温度での使用により内部に生じる熱ひずみを緩和できる電子素子モジュール、熱交換器、燃料棒、及び、燃料集合体を提供できる。前記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の実施形態に係る構造体の断面図である。

[図2]ガラス層のガラス部の示差熱分析（DTA）で得られるDTA曲線の1例である。

[図3]本発明の実施例1に係る電子素子モジュールの断面図である。

[図4]本発明の実施例2に係る熱交換器の断面図である。

[図5]本発明の実施例2に係る熱交換器に用いられる伝熱管（構造体）の断面斜視図である。

[図6]本発明の実施例3に係る燃料集合体の一部を透視した斜視図である。

[図7]本発明の実施例3に係る燃料棒の一部を透視した斜視図である。

[図8]本発明の実施例3に係る燃料棒に用いられる被覆管（構造体）の断面斜視図である。

発明を実施するための形態

[0009] 次に、本発明の実施形態（実施例）について、適宜図面を参照しながら詳細に説明する。なお、各図において、共通する部分には同一の符号を付し重複した説明を省略する。また、本発明は、ここで取り上げた複数の実施形態（実施例）の個々に限定されることはなく、適宜組み合わせてもよい。

[0010] 図1に、本発明の実施形態に係る構造体1の断面図を示す。構造体1は、第1部材（膜）2と、その第1部材2に対向する第2部材3と、第1部材2

と第2部材3の間に設けられ、第1部材2と第2部材3とを接着するガラス層4とを有している。ガラス層4は、基材となるガラス部4aと、そのガラス部4aに分散しているセラミックス粒子4bと金属粒子4cを有している。

[0011] 図2に、ガラス部4a（ガラス層4）の示差熱分析（DTA）で得られるDTA曲線の1例を示す。この例の示差熱分析では、まず、ガラス部4aの一部をジェットミルで平均粒径が $3\mu\text{m}$ 以下になるまで粉砕し、粉末にした。そして、その粉末を用いて $5^\circ\text{C}/\text{分}$ の昇温速度で昇温する示差熱分析を行っている。これにより、図2に示すようなDTA曲線を取得している。このDTA曲線から、転移点 T_g 、屈伏点 M_g 、軟化点 T_s 及び結晶化温度 T_{cry} を決定（測定）することができる。なお、標準サンプルとしてアルミナ(Al_2O_3)粉末を用いた。図2に示すように、転移点（ガラス転移点） T_g は、第1吸熱ピークの開始温度とし、接線法により求めることができる。屈伏点 M_g は、その第1吸熱ピークのピーク温度とし、接線法により求めることができる。軟化点 T_s は、第2吸熱ピークのピーク温度とし、接線法により求めることができる。結晶化温度 T_{cry} は、結晶化による発熱ピークの開始温度とし、接線法により求めることができる。

[0012] また、ガラス部4a（ガラス層4）の特性温度（転移点 T_g 、屈伏点 M_g 、軟化点 T_s ）は、粘度により定義され、転移点 T_g 、屈伏点 M_g 、及び軟化点 T_s は、粘度がそれぞれ $10^{13.3}\text{poise}$ 、 $10^{11.0}\text{poise}$ 及び $10^{7.65}\text{poise}$ になる温度と言われている。結晶化温度 T_{cry} は、ガラス部4a（ガラス層4）が結晶化を開始する温度である。ガラス部4a（ガラス層4）を、構造体1の使用時のガラス層4の温度 T_x で軟化流動させずに接着力を確保するためには、軟化点 T_s が構造体1の使用時のガラス層4の温度 T_x より高ければよい。そして、熱的な残留歪を緩和するために、転移点 T_g は、構造体1の使用時のガラス層4の温度 T_x より低くなっている。構造体1の使用時のガラス層4の温度 T_x は、転移点 T_g 以上であり、かつ、軟化点 T_s 以下である許容温度範囲内に入っている（ $T_g \leq T_x \leq T_s$ ）。これによれば、常温より高い温度での使用により、内部に熱ひずみが生じて、そ

の熱ひずみを緩和することができる。そして、熱ひずみによる第1部材2と第2部材3の接着面剥離や、第1部材2や第2部材3の破壊を抑制することができる。また、熱ひずみの緩和により、疲労破壊を抑制し、長期間の使用を可能にしている。

[0013] 図1に示す第1部材2は、ガラス層4の上に成膜された膜であってもよい。膜である第1部材2は、スパッタリング法や、蒸着法や、めっき法や、塗布法等の成膜法を用いて成膜することができる。なお、第1部材2がガラス層4の形成の後に形成されても、第1部材2とガラス層4の形成後の状態、さらには、構造体1の使用時のそれらの状態、及び使用後の状態は、第1部材2にガラス層4が接着している状態であると考えることができる。第1部材2と第2部材3は、ガラス層4によって接着されているとともに、第1部材2とガラス層4と第2部材3とは、3層の積層構造を構成している。

[0014] また、図1に示すように、ガラス層4に、セラミックス粒子4bや金属粒子4cを分散させることにより、ガラス層4の見かけの熱膨張係数を、増減させることができる。すなわち、ガラス層4のガラス部4aの正味の熱膨張係数に対して、それより大きい熱膨張係数を持つセラミックス粒子4bや金属粒子4cを入れれば、ガラス層4の見かけの熱膨張係数を大きくすることができる。逆に、ガラス部4aの正味の熱膨張係数より小さい熱膨張係数を持つセラミックス粒子4bや金属粒子4cを入れれば、ガラス層4の見かけの熱膨張係数を小さくすることができる。そして、転移点 T_g より低い温度帯において、ガラス層4の見かけの熱膨張係数は、第1部材2と第2部材3の熱膨張係数の間の値に調整されている。これによれば、転移点 T_g より低い温度帯においても、第1部材2と第2部材3を直接接合する場合と比べ、第1部材2と第2部材3に発生する熱ひずみを小さくすることができる。また、ガラス層4に、セラミックス粒子4bや金属粒子4cを分散させることにより、ガラス層4の見かけの熱膨張係数だけでなく、ガラス層4の見かけの熱伝導率や、見かけの電気伝導率を、制御することができる。

[0015] セラミックス粒子（セラミックスフィラー）4bとしては、特に、ガラス

層 4 の見かけの熱膨張係数を低下させるために、低熱膨張係数のセラミックス粉末（粒子）が用いられる。低熱膨張係数のセラミックス粒子 4 b として、例えば、リン酸タングステン酸ジルコニウム ($\text{Zr}_2(\text{WO}_4)(\text{PO}_4)_2$) や、 LiAlSiO_4 等が用いられる。ただ、使用される環境やガラス部 4 a との反応を考慮して、ガラス層 4 の見かけの熱膨張係数を低下させることができれば、どのセラミックス粒子 4 b を選定してもよい。なお、セラミックス粒子 4 b の寸法は、添加されるガラス層 4 の厚さよりも小さくなっている。

[0016] 金属粒子（金属フィラー）4 c は、特に、ガラス層 4 の見かけの熱伝導性や電気伝導性を上昇させるために用いられる。金属粒子 4 c の材料としては、例えば、Au、Ag、Cu 等が用いられる。ただ、使用される環境やガラス部 4 a との反応を考慮して、ガラス層 4 の見かけの熱伝導性や電気伝導性を上昇させることができれば、どの金属粒子 4 c を選定してもよい。なお、金属粒子 4 c の寸法は、添加されるガラス層 4 の厚さよりも小さくなっている。また、金属粒子 4 c の添加によって、熱伝導性（熱伝導率）と電気伝導性（電気伝導率）だけでなく、ガラス層 4 の見かけの熱膨張係数も変化する。このため、熱伝導率と電気伝導率と熱膨張係数の中から複数の特性値を所望の値に設定するためには、セラミックス粒子 4 b と金属粒子 4 c の両方をガラス層 4 に添加している。ただ、セラミックス粒子 4 b と金属粒子 4 c を、ガラス層 4 に多く添加しすぎると、ガラス層 4 の第 1 部材 2 と第 2 部材 3 に対する接着力が低下する。このため、それらの添加量は、要求される熱膨張係数、熱伝導率、電気伝導率とともに考慮して設計される。

[0017] また、ガラス層 4 のガラス部 4 a の材料については、接着する第 1 部材 2 と第 2 部材 3 の材料と、構造体 1 の使用温度に応じて決まる構造体 1 の使用時のガラス層 4 の温度とによって、適切なガラス材が選定される。適切な選定により、接着する第 1 部材 2 と第 2 部材 3 の双方の材料に対するぬれ性と接着性が確保され、構造体 1 の使用温度（構造体 1 の使用時のガラス層 4 の温度）において、熱ひずみを緩和することができる。

[0018] そして、ガラス層 4 のガラス部 4 a の材料として用いることができるガラ

ス（ガラス材）の例を、表2に示す。表2に示すガラスの転移点 T_g には、ガラス毎に設定・調整可能な温度として転移点 T_g がとり得る範囲が示されている。例えば、ガラス部4aの材料に、 $PbO-B_2O_3$ 系ガラス材を用いれば、このガラスの成分等の調整により、 $250\sim350^{\circ}C$ の範囲内で転移点 T_g を、設定・調整することができる。これにより、表2に示したような複数種類のガラスの中から、ガラス部4aの材料を選択することで、転移点 T_g を、例えば、最大の略 $850^{\circ}C$ の高い温度から最小の略 $150^{\circ}C$ の低い温度までの所望の温度に、設定・調整できる。

[0019] そして、具体的に、ガラス層4のガラス部4aの材料（ガラス）としては

、

$PbO-B_2O_3$ 系ガラス材や、

$Bi_2O_3-B_2O_3$ 系ガラス材や、

$Na_2O-BaO-SiO_2$ 系ガラス材や、

$Al_2O_3-B_2O_3-SiO_2$ 系ガラス材や、

$Na_2O-Al_2O_3-B_2O_3-SiO_2$ 系ガラス材や、

$Na_2O-Al_2O_3-B_2O_3-ZnO-SiO_2$ 系ガラス材や、

$PbO-ZnO-B_2O_3$ 系ガラス材や、

$PbO-Al_2O_3-SiO_2$ 系ガラス材や、

$PbO-B_2O_3-Al_2O_3-SiO_2$ 系ガラス材や、

$PbO-ZnO-B_2O_3-SiO_2$ 系ガラス材や、

$ZnO-B_2O_3-SiO_2$ 系ガラス材や、

$V_2O_5-P_2O_5-Sb_2O_3-BaO$ 系ガラス材や、

$V_2O_5-P_2O_5-BaO-MnO-Fe_2O_3-WO_3-Na_2O-K_2O$ 系ガラス材や、

$V_2O_5-P_2O_5-TeO_2-Fe_2O_3$ 系ガラス材や、

$V_2O_5-P_2O_5-BaO-TeO_2-Fe_2O_3-WO_3$ 系ガラス材や、

$V_2O_5-P_2O_5-BaO-TeO_2-Fe_2O_3-WO_3-K_2O$ 系ガラス材や

、

$V_2O_5-TeO_2-Ag_2O$ 系ガラス材を用いることができる。

[0020] これらのガラス材では、転移点 T_g が、略 $150^{\circ}C$ ～略 $850^{\circ}C$ という温度範囲内に存在し、ガラス材の転移点として比較的低い温度に設定・調整できるので、その転移点 T_g を、構造体1の使用温度（構造体1の使用時のガラス層4の温度）より低くすることができる。表2には、ガラス材毎に転移点 T_g の範囲を示す。構造体1の使用温度よりも転移点 T_g が低く、第1部材2と第2部材3の被接着材料との接着力が強いガラス材を、ガラス層4のガラス部4aの材料に選定している。これらのガラス材では、第1部材2と第2部材3の被接着材料によって、接着力が異なっており、ガラス部4aのガラス材と、第1部材2と第2部材3の被接着材料の組合せにより、高い接着力を得ることができる。

[0021] 例えば、 $PbO-B_2O_3$ 系ガラス材は、アルミナ、窒化アルミニウム（AlN）、ムライト、シリコン（Si）等の被接着材料に対して、高い接着力を発揮することができる。

[0022] $Bi_2O_3-B_2O_3$ 系ガラス材は、窒化アルミニウム、ムライト、シリコン等の被接着材料に対して、高い接着力を発揮することができる。

[0023] $Na_2O-Al_2O_3-B_2O_3-ZnO-SiO_2$ 系ガラス材は、アルミナ、窒化珪素（SiN）等の被接着材料に対して、高い接着力を発揮することができる。

[0024] $PbO-ZnO-B_2O_3-SiO_2$ 系ガラス材は、炭化珪素（SiC）等の被接着材料に対して、高い接着力を発揮することができる。

[0025] $V_2O_5-P_2O_5-Sb_2O_3-BaO$ 系ガラス材と、
 $V_2O_5-P_2O_5-BaO-MnO-Fe_2O_3-WO_3-Na_2O-K_2O$ 系ガラス材と、
 $V_2O_5-P_2O_5-TeO_2-Fe_2O_3$ 系ガラス材と、
 $V_2O_5-P_2O_5-BaO-TeO_2-Fe_2O_3-WO_3$ 系ガラス材と、
 $V_2O_5-P_2O_5-BaO-TeO_2-Fe_2O_3-WO_3-K_2O$ 系ガラス材とは、アルミナ、シリコン、炭化珪素等の被接着材料に対して、高い接着力を

発揮することができる。

[0026] 図1に示すように、構造体1は、第1部材2と第2部材3をガラス層4で接着させた構造であり、第1部材2と第2部材3に異なる材料を用いれば、異なる材料が互いにガラス層4を介して接着した構造体を提供することができる。第1部材2と第2部材3の材料としては、アルミナ、窒化珪素、炭化珪素等のセラミックスや、ガラスや、シリコン等の半導体や、モリブデン、タングステン、銅、アルミ、鉄鋼材料、チタン、ジルコニウム、ステンレス鋼等の金属および合金を用いることができる。また、Al-SiCといった金属/セラミックス複合材料や、SiC/SiC複合材といったセラミックスファイバ/セラミックスマトリックス複合材料も、第1部材2と第2部材3の材料にすることができる。表1に、種々の材料の熱膨張係数の例を示す。金属と合金の熱膨張係数は幅広く分布している。アルミニウム、黄銅、銅、金、オーステナイト系ステンレス鋼は、高い熱膨張係数を示す。一方、タングステン、モリブデン、ジルコニウムは、低い熱膨張係数を示す。表1中では、シリコンやダイヤモンドが、最も熱膨張係数の低いグループに入っている。アルミナ、炭化珪素、窒化アルミニウム、窒化珪素（ケイ素）等のセラミックスでは、熱膨張係数は、 $3.5 \sim 8.5 \times 10^{-6}/K$ の範囲に入っている。

[0027] 第1部材2と第2部材3に、熱膨張係数が異なる異種の材料を用いる場合を考える。第1部材2と第2部材3が、ガラス層4で接着される。第1部材2と第2部材3の熱膨張係数差を $\Delta\alpha$ とし、常温から構造体1の使用温度までの温度変化を ΔT とすると、界面には、式 $\Delta\varepsilon = \Delta\alpha \cdot \Delta T$ で求まる熱ひずみ $\Delta\varepsilon$ が生じる。例えば、第1部材2と第2部材3の材料を、アルミナと銅とすると、熱膨張係数差 $\Delta\alpha$ は約 $10 \times 10^{-6}/K$ であり、温度変化 ΔT を100Kとすると、 1×10^{-3} の熱ひずみ $\Delta\varepsilon$ が生じる。しかし、ガラス層4のガラス部4aの転移点（ガラス転移点） T_g は、構造体1の使用温度（構造体1の使用時のガラス層4の温度）より低く設定している。そのことによって、昇温過程では発生した熱ひずみ $\Delta\varepsilon$ は転移点 T_g を超えるとガラスの塑性流動により消滅する。使用温度が転移点 T_g よりも高いために第1部材2と第2部材3同士は厳密には

固定されないが、ガラス層 4 の接着力により剥離することはない。ガラス層 4 は、第 1 部材 2 と第 2 部材 3 に引き剥がす力が生じないように流動性する。逆に、冷却過程では転移点 T_g 以下に冷却されると熱ひずみ $\Delta \varepsilon$ を生じる。具体的に、構造体 1 を使用状態から停止状態にすると、温度変化 ΔT は、転移点 T_g から常温までとなり、その温度変化 ΔT に応じた冷却過程での熱ひずみ $\Delta \varepsilon$ が生じる。ただ、この冷却過程での熱ひずみ $\Delta \varepsilon$ は停止状態のときだけに生じる限定的なものである。また、転移点 T_g を低く設定しているので、冷却過程での熱ひずみ $\Delta \varepsilon$ も小さくなっている。そして、この冷却過程での熱ひずみ $\Delta \varepsilon$ を緩和するために、ガラス層 4 の見かけの熱膨張係数を、第 1 部材 2 と第 2 部材 3 の双方の材料の熱膨張係数の間の値に設定している。

[0028] なお、第 1 部材 2 と第 2 部材 3 に、同一の材料を用いてもよい。第 1 部材 2 と第 2 部材 3 とで熱膨張係数が等しいので、一見すると熱ひずみ $\Delta \varepsilon$ が生じないと考えられるが、使用時に構造体 1 に温度勾配が発生している場合や、第 1 部材 2 と第 2 部材 3 の接着面が平面でない曲面の場合等には、熱ひずみ $\Delta \varepsilon$ が生じる。

[0029] 使用時に構造体 1 に温度勾配が発生している場合は、構造体 1 の使用温度と、構造体 1 の使用時の第 1 部材 2 の温度と、構造体 1 の使用時の第 2 部材 3 の温度と、構造体 1 の使用時のガラス層 4 の温度とが、互いに異なっていると考えられる。このため、第 1 部材 2 と第 2 部材 3 においては温度差が生じ、熱ひずみ $\Delta \varepsilon$ が生じる。また、構造体 1 の使用温度と、構造体 1 の使用時のガラス層 4 の温度においても、温度差が生じている。生じている熱ひずみ $\Delta \varepsilon$ を緩和するためには、構造体 1 の使用温度ではなく、構造体 1 の使用時のガラス層 4 の温度が、転移点 T_g を超えるようにガラス部 4 a のガラス材を選定する必要がある。なお、一般的な構造体 1 においては、温度勾配はないか、あっても小さいので、構造体 1 の使用時のガラス層 4 の温度は、構造体 1 の使用温度と略等しいと考えることができる。また、第 1 部材 2 と第 2 部材 3 の接着面が平面でない場合にも、熱ひずみ $\Delta \varepsilon$ が生じるので、その熱ひずみ $\Delta \varepsilon$ を、ガラス層 4 によって緩和することができる。

- [0030] 次に、構造体 1 の製造方法について説明する。まず、構造体 1 の使用温度に対して転移点 T_g が低く、第 1 部材 2 と第 2 部材 3 の被接着材料に対して接着力の高いガラス材を選定する。
- [0031] 次に、選定したガラス材（ガラス部 4 a）を製造する。ガラス材の製造では、まず、その所定の組成となるようにガラス原料を調合する。そして、調合したガラス原料を、混合して、熔融し、除冷もしくは放冷することで、ガラス材のかたまりが形成される。次に、このガラス材を粉砕して、ガラス材の粉末を作製する。
- [0032] 次に、ガラス層 4 の見かけの熱膨張係数、熱伝導率、電気伝導率が、所定の値になるように、セラミックス粒子（セラミックスフィラー）4 b や金属粒子（金属フィラー）4 c の配合量を設計して計量する。ガラス材の粉末に、計量したセラミックス粒子 4 b と金属粒子 4 c を配合する。この配合物に有機物と混合して、ガラスペーストを作製する。
- [0033] 次に、このガラスペーストを、第 1 部材 2 と第 2 部材 3 のどちらか一方、例えば、第 2 部材 3 の表面に塗布する。塗布の方法としては、スクリーン印刷法、スプレーコーティング法、ディップコーティング法、スピンコーティング法等の方法を用いることができる。この塗布膜を乾燥させ、有機物を塗布膜から除去する。
- [0034] 次に、塗布膜を焼成し、ガラス材の粉末を軟化点 T_s 以上に昇温し軟化させて一体化（バルク化）し、ガラス層 4 が完成する。また、この焼成により、ガラス層 4 は、ガラスペーストを塗布した第 2 部材 3 に接着する。
- [0035] 次に、もう一方の被接着材料である第 1 部材 2 を形成する。この第 1 部材 2 の形成方法には、2 通りの形成方法を用いることができる。
- [0036] まず、1 つ目の形成方法は、第 1 部材 2 をガラス層 4 上に置いて、ガラス層 4 の厚さを考慮して押し付けた状態で、ガラス層 4 の温度を軟化点 T_s 以上の温度に上げて接着するものである。例えば、電子素子モジュール等の構造体 1 において、それぞれ別工程で作製した配線基板（基板）と電子素子（素子）を接着する場合に、この形成方法が用いられる。以上で、構造体 1 を完成

させることができる。

[0037] もう１つの形成方法は、ガラス層４上に成膜プロセスによって第１部材２を形成するものである。例えば、第１部材２として、コーティング層や回路層（配線層）を形成する場合に、成膜プロセスが用いられる。成膜プロセスとしては、スパッタリング法、蒸着法、電気めっき法、無電解めっき法、ペースト塗布・焼成による塗布法等の成膜プロセスを用いることができる。以上で、構造体１を完成させることができる。

[0038] 次に、複数の実施例によって、この構造体１が組み込まれた各種の製品について説明する。

実施例 １

[0039] 図３に、本発明の実施例１に係る電子素子モジュール１０１の断面図を示す。実施例１では、構造体１が組み込まれた製品の例として、電子素子モジュール１０１を説明する。そして、図３には、電子素子モジュール１０１の例として、ＩＧＢＴ(Insulated Gate Bipolar Transistor)モジュールを示している。電子素子モジュール１０１は、放熱基板３１ｂと、積層基板（３１ａ、２１ｂ、３４、３５）と、電子素子２１ａとを有している。放熱基板３１ｂは、Cuや、Moや、Al-SiC複合材料等の材料で作製されている。放熱基板３１ｂの上には、絶縁性の端子台５１と５２が固定されている。端子台５１の上部には、主電極５７が引き出され固定されている。端子台５２の上部には、制御電極５３が引き出され固定されている。主電極５７は、配線基板３５とリード線５５とを介して、電子素子２１ａに接続している。制御電極５３は、リード線５４を介して、電子素子２１ａに接続している。電子素子２１ａ等は、封止材５６によって封止されている。電子素子２１ａ（第１部材２）は、ガラス層４１ａ（４）によって、配線基板３１ａ（第２部材３）に接着している。これより、本発明の実施形態で説明した構造体１が、電子素子２１ａ（第１部材２）とガラス層４１ａ（４）と配線基板３１ａ（第２部材３）の積層構造によって実現していると考えられる。電子素子２１ａ（第１部材２）とガラス層４１ａ（４）と配線基板３１ａ（第２部材３）の積層

構造は、電子素子モジュール101における小構造体11（構造体1）になっている。

[0040] 配線基板31aと35は、絶縁基板34の上に設けられている。絶縁基板34の下には配線基板21bが設けられている。これら配線基板31a、35と、絶縁基板34と、配線基板21bとで、3層の積層基板（31a、21b、34、35）が構成されている。配線基板21b（第1部材2）は、ガラス層41b（4）によって、放熱基板31b（第2部材3）に接着している。これより、本発明の実施形態で説明した構造体1が、配線基板21b（第1部材2）とガラス層41b（4）と放熱基板31b（第2部材3）の積層構造によって実現していると考えられる。配線基板21b（第1部材2）とガラス層41b（4）と放熱基板31b（第2部材3）の積層構造は、電子素子モジュール101における大構造体12（構造体1）になっている。配線基板21b（第1部材2）とガラス層41b（4）と放熱基板31b（第2部材3）の積層構造は、電子素子21aを支持し支持部材としても機能している。

[0041] 電子素子モジュール101では、電子素子21aや配線基板31a、21b、35の発熱により、使用温度が例えば略200℃程度となることから、小構造体11（構造体1）と大構造体12（構造体1）の使用温度も例えば略200℃程度になっていると考えられる。さらに、電子素子モジュール101の使用時のガラス層41a、41b（4）の温度も、例えば略200℃程度になっていると考えられる。そこで、ガラス層41a、41b（4）のガラス部4aのガラス材としては、転移点（ガラス転移点） T_g が使用温度の略200℃より低い略150℃程度になる $V_2O_5-TeO_2-Ag_2O$ 系ガラス材（表2の $V_2O_5-TeO_2-Ag_2O$ 系の欄を参照）を採用している。

[0042] また、ガラス層41a、41b（4）には、Ag製の金属粒子4cと、セラミックス粒子4bを分散させている。これにより、ガラス層41a、41b（4）の見かけの熱伝導率を25W/mK以上に設定している。また、電気抵抗が0.1 mΩ/cm²以下となるように、金属粒子4cの添加量による見かけの電気抵抗

率と、ガラス層41a、41b(4)の厚さを、調整している。また、金属粒子4cとセラミックス粒子4bの添加量により、熱膨張係数を、電子素子21aと配線基板31aの間の値になり、かつ、配線基板21bと放熱基板31bの間の値になるように設定している。この結果、電子素子21aを作動させるのに必要な電気伝導性と放熱性を維持し、熱サイクルによる接着部の破壊を抑制することができる。

[0043] なお、電子素子21aであれば、IGBTに限らず、使用時には必ず発熱する。そして、発熱する電子素子21aであれば、例えば、発光ダイオード(LED)、半導体レーザ、トランジスタ、LSIチップにも、実施例1は適用でき、同様な効果を得ることができる。特に、高出力の発光ダイオードは、高出力化に伴う稼働時温度(使用温度)の上昇のため、発光ダイオード(電子素子21a)と基板の接着部において大きな熱ひずみが生じ、その接着部が疲労破壊しやすくなっていると考えられ、その接着部に、前記ガラス層41a(4)を用いることにより、接着部の破壊を抑制することができる。なお、発光ダイオード(電子素子21a)の熱膨張係数を考慮して、前記ガラス層41a(4)の見かけの熱膨張係数が、発光ダイオード(電子素子21a)と基板の熱膨張係数の間の値になるように、セラミックス粒子4bと金属粒子4cの添加量の微調整を行っている。

実施例 2

[0044] 図4に、本発明の実施例2に係る熱交換器102の断面図を示す。実施例2では、構造体1が組み込まれた製品の例として、熱交換器102を説明する。そして、図4には、熱交換器102の例として、多管円筒形の熱交換器を示している。熱交換器102は、両端に開口63と64を有する円筒形状の胴61を有している。また、胴61の側壁にも2つの開口65と66が形成されている。胴61の内部は、2枚の管板62によって両側から閉じられている。閉じられた胴61の内部には、複数本の伝熱管13が設けられている。伝熱管13は、一方の管板62からもう一方の管板62まで達し、それぞれの管板62を貫通している。

[0045] 熱交換器 102 では、燃焼ガスや、高温蒸気や、高温の液体等の高温の流体 67 が、開口 63 から流入する。流体 67 は、伝熱管 13 の内側を通過しながら、伝熱管 13 を加熱し、自らは放熱する。そして、流体 67 は開口 64 から流出する。一方、熱媒体となる水等の流体 68 が、開口 65 から流入する。流体 68 は、伝熱管 13 の外側を、かつ、胴 61 の内側を通過しながら、伝熱管 13 から熱を奪い、昇温する。そして、流体 68 は開口 66 から流出する。このように、熱交換器 102 によれば、温度が互いに異なる流体（第 1 流体）68 と流体（第 2 流体）67 を伝熱管 13（構造体 1）で隔てたまま流すことができる。そして、伝熱管 13 を介して、流体 67 の熱を流体 68 へ移動させることができる。そして、伝熱管 13（構造体 1）に、本発明の実施形態で説明した構造体 1 の構造が実現している。

[0046] 図 5 に、本発明の実施例 2 に係る熱交換器 102 に用いられる伝熱管 13（構造体 1）の断面斜視図を示す。伝熱管 13（構造体 1）は、筒形状の外管 22（第 1 部材 2）と、外管 22（第 1 部材 2）の内側に設けられる筒形状の内管 32（第 2 部材 3）と、外管 22（第 1 部材 2）の内壁と内管 32（第 2 部材 3）の外壁とを接着するガラス層 42（4）とを有している。これより、本発明の実施形態で説明した構造体 1 が、外管 22（第 1 部材 2）とガラス層 42（4）と内管 32（第 2 部材 3）の積層構造によって実現していると考えられる。この積層構造からなる伝熱管 13（構造体 1）は、本発明の実施形態で説明した構造体 1 を実現している。

[0047] 外管 22（第 1 部材 2）は、ガラス層 42（4）に対して、熱媒体となる水等の流体（第 1 流体）68 の側に配置されており、熱媒体となる水等の流体（第 1 流体）68 に対する耐食性を有していればよい。

[0048] 一方、内管 32（第 2 部材 3）は、ガラス層 42（4）に対して、燃焼ガスや、高温蒸気や、高温の液体等の高温かつ腐食性の高い流体（第 2 流体）67 の側に配置されており、高耐食の合金管や、セラミックス管や、高耐食の合金もしくはセラミックスのコーティング層を、内管 32（第 2 部材 3）に用いる必要がある。

[0049] 熱交換器 102 の使用時には、伝熱管 13（構造体 1）では、内管 32（第 2 部材 3）から外管 22（第 1 部材 2）へ、熱を定常的に伝導しているので、伝熱管 13（構造体 1）には、温度勾配が生じていると考えられる。このため、流体（第 1 流体）68 と流体（第 2 流体）67 の温度等から、熱交換器 102（伝熱管 13、構造体 1）の使用時のガラス層 42（4）の温度を推定した。この使用時のガラス層 42（4）の温度よりも、転移点 T_g の低いガラス材を、ガラス層 42（4）のガラス部 4a の材料に採用している。具体的には、燃焼ガス温度（流体（第 2 流体）67 の温度）が、略 500℃ の場合は、使用時のガラス層 42（4）の温度を、略 500℃ と推定した。そして、転移点（ガラス転移点） T_g が、その略 500℃ 以下となる、例えば、 $\text{Na}_2\text{O}-\text{BaO}-\text{SiO}_2$ 系ガラス材や、 $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系ガラス材や、 $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系ガラス材や、 $\text{PbO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系ガラス材（表 2 の各該当欄を参照）からガラス材を選定している。

[0050] また、伝熱管 13 に用いられるガラス層 42（4）としては、熱を伝導しやすいように、熱伝導率が高いことが要求される。そこで、ガラス層 42（4）には、金属粒子 4c とセラミックス粒子 4b を分散させ、熱伝導率が 2 W/mK 以上になるように設定している。また、金属粒子 4c とセラミックス粒子 4b の添加量を調整して、ガラス層 42（4）の見かけの熱膨張係数を、内管 32（第 2 部材 3）と外管 22（第 1 部材 2）の熱膨張係数の間の値に設定している。なお、内管 32（第 2 部材 3）と外管 22（第 1 部材 2）とが管形状である場合は、熱膨張によって、内管 32（第 2 部材 3）の外径は大きくなり、外管 22（第 1 部材 2）の内径は小さくなる場合がある。このとき、ガラス層 42（4）はその体積が小さくなるように圧縮される。このような場合は、ガラス層 42（4）の見かけの熱膨張係数を、内管 32（第 2 部材 3）と外管 22（第 1 部材 2）の熱膨張係数より小さくなるように設定してもよい。

[0051] また、伝熱管 1 3 は次のように製造している。まず、内管 3 2 を基材として用意している。次に、内管 3 2 の外周面に、本発明の実施形態で説明したように作製したガラスペーストを、塗布している。次に、本発明の実施形態で説明したのと同様に、塗布膜を乾燥させ、塗布膜を焼成している。焼成では、選定したガラス材の軟化点 T_g 以上に昇温し、ガラス層 4 2 を形成している。ガラス層 4 2 は、その厚さが、設計された内管 3 2 と外管 2 2 の間隙に相当する厚さになるように形成している。

[0052] 次に、外管 2 2 の温度を上げて外管 2 2 を拡張した状態で、外管 2 2 に、ガラス層 4 2 付きの内管 3 2 を挿入している。挿入したまま、ガラス層 4 2 を、選定したガラス材の軟化点 T_g 以上の温度に昇温し、外管 2 2 にガラス層 4 2 を接着させている。最後に、ガラス層 4 2 (伝熱管 1 3) を除冷し、外管 2 2 とガラス層 4 2 と内管 3 2 の 3 層構造の伝熱管 1 3 を完成させている。

[0053] また、伝熱管 1 3 は次のように製造してもよい。まず、外管 2 2 を基材として用意した。次に、外管 2 2 の内周面に、本発明の実施形態で説明したように作製したガラスペーストを、塗布している。そして、前記と同様に、ガラス層 4 2 を形成している。次に、スパッタリング法、蒸着法、電気めっき法、無電解めっき法またはペースト塗布・焼成法等の成膜プロセスを用いることで、ガラス層 4 2 上に、耐食合金またはセラミックスのコーティング層を、内管 3 2 として形成している。以上により、外管 2 2 とガラス層 4 2 と内管 3 2 の 3 層構造の伝熱管 1 3 を完成させている。

[0054] 実施例 2 では、伝熱管 1 3 を 3 層構造としているが、従来の 1 層構造では、耐食性の高い金属材料で伝熱管 1 3 が作られている。しかし、金属材料では、耐食性に限界があり、定期的に検査しながら交換して運用されている。そこで、伝熱管 1 3 には、構造材として優れる金属材料と、耐食性に優れるセラミックス等の機能材料を、接着し、両方の特性を備えた構造体 1 が有用であると考えられる。また、実施例 2 の伝熱管 1 3 (構造体 1) では、2 つの材料を接着したことによる熱ひずみを緩和することができるので、接着面の剥離等を抑制することができる。

[0055] 実施例 2 では、伝熱管 13 を用いる多管円筒形の熱交換器 102 を例に説明したが、伝熱管 13 が中空板となったプレート式熱交換器でも、構造体 1 を適用できる。すなわち、中空板の内面側と外面側に第 1 部材 2 と第 2 部材 3 を使用し、それらをガラス層 4 で接着すればよい。また、実施例 2 では、熱交換器 102 について説明したが、熱を伝導する伝熱部材（伝熱管 13）や高温の物を収納したり流したりする容器又は管を有する復水器等の装置や発電機等のプラントにも使用できる。

実施例 3

[0056] 図 6 に、本発明の実施例 3 に係る燃料集合体 103 の一部を透視した斜視図を示す。また、図 7 に、本発明の実施例 3 に係る燃料棒 104 の一部を透視した斜視図を示す。実施例 3 では、構造体 1 が組み込まれた製品の例として、原子炉に使用される燃料集合体 103 と、その燃料集合体 103 に組み込まれる燃料棒 104 を説明する。そして、図 6 には、燃料集合体 103 の例として、軽水炉、特に、沸騰水型原子炉（BWR）に用いられる燃料集合体を示している。また、図 7 には、燃料棒 104 の例として、軽水炉、特に、沸騰水型原子炉（BWR）に用いられる燃料棒を示している。なお、軽水炉の加圧水型原子炉（PWR）の燃料集合体と燃料棒も、構成は、沸騰水型原子炉（BWR）に似ており、構造体 1 が組み込まれる箇所も同じであるので、記載を省略する。

[0057] 図 6 に示すように、燃料集合体 103 は、複数本の燃料棒 104 と、燃料棒 104 の上端部を支持する上部タイプレート 71 と、燃料棒 104 の下端部を支持する下部タイプレート 72 と、複数本の燃料棒 104 の側面を覆うチャンネルボックス 73 とを有している。燃料集合体 103 には、複数本の燃料棒 104 が垂直方向に平行に並べられて収納されている。

[0058] 図 7 に示すように、燃料棒 104 は、管形状の被覆管 14（構造体 1）と、被覆管 14 の下端を封止し下部タイプレート 72 に係止する下部端栓 78 と、被覆管 14 の上端を封止し上部タイプレート 71 に係止する上部端栓 77 と、被覆管 14 内に封入される複数個のペレット 74 と、ペレット 74 を

押圧するプレナムスプリング 7 6 とを有している。なお、プレナムスプリング 7 6 が配置されている閉空間はプレナム 7 5 と呼ばれ、被覆管 1 4 内の圧力を緩衝する機能を有している。

[0059] 原子炉（軽水炉）の運転（使用）時には、ペレット 7 4 が発熱し、高温になる。ペレット 7 4 は、被覆管 1 4（構造体 1）を加熱する。軽水炉では、被覆管 1 4（燃料棒 1 0 4）の周囲に水（軽水）の液体か気体（水蒸気）が存在している。沸騰水型原子炉（BWR）では、燃料棒 1 0 4 の周囲に、高圧・高温の水（液相）もしくは、水（液相）に水蒸気（気相）が混じった、いわゆる二相状態の高圧・高温の水（気液二相）が存在している。加圧水型原子炉（PWR）では、燃料棒 1 0 4 の周囲に、高圧・高温の水（液体）が存在している。すなわち、被覆管 1 4 が、その周囲の水を加熱し、高圧・高温にしている。原子炉では、この高圧・高温の水を用いてタービンを回し発電している。なお、被覆管 1 4 の長さは略 4 m であり、直径は略 1 0 mm であり、管壁の厚さは略 1 mm である。

[0060] 図 8 に、本発明の実施例 3 に係る燃料棒 1 0 4 に用いられる被覆管 1 4（構造体 1）の断面斜視図を示す。被覆管 1 4（構造体 1）は、筒形状の外管 2 3（セラミックス製管、第 1 部材 2）と、外管 2 3 の内側に設けられる筒形状の内管 3 3（金属製管、第 2 部材 3）と、外管 2 3 の内壁と内管 3 3 の外壁とを接着するガラス層 4 3（4）と、外管 2 3 の外側に設けられ β -SiC 等からなる耐環境遮断コーティング層 7 9 とを有している。これより、本発明の実施形態で説明した構造体 1 が、外管 2 3（第 1 部材 2）とガラス層 4 3（4）と内管 3 3（第 2 部材 3）の積層構造によって実現していると考えられる。この積層構造からなる被覆管 1 4（構造体 1）は、本発明の実施形態で説明した構造体 1 を実現している。外管 2 3 は、SiC/SiC 複合材料等を用いたセラミックス製管からなっている。内管 3 3 は、金属製管もしくは金属層からなっている。

[0061] 原子炉（軽水炉）の運転（使用）時、すなわち、被覆管 1 4（構造体 1）の使用時には、被覆管 1 4（構造体 1）では、内管 3 3 から外管 2 3 へ、熱

を定常的に伝導しているので、被覆管 1 4 には、温度勾配が生じていると考えられる。このため、燃料棒 1 0 4 の温度とその周囲の水の温度等から、被覆管 1 4（構造体 1）の使用時のガラス層 4 3（4）の温度を推定した。この使用時のガラス層 4 3（4）の温度よりも、転移点 T_g 、の低いガラス材を、ガラス層 4 3（4）のガラス部 4 a の材料に採用している。具体的には、燃料棒 1 0 4 の使用温度は 2 9 0 ~ 3 5 0 °C の範囲内であることから、使用時のガラス層 4 3（4）の温度を、2 9 0 ~ 3 5 0 °C の範囲内であると推定した。そして、転移点（ガラス転移点） T_g が、その範囲以下になり得る $V_2O_5-P_2O_5-BaO-TeO_2-Fe_2O_3-WO_3$ 系ガラス材や、 $V_2O_5-P_2O_5-BaO-TeO_2-Fe_2O_3-WO_3-K_2O$ 系ガラス材や、
、
 $V_2O_5-P_2O_5-TeO_2-Fe_2O_3$ 系ガラス材（表 2 の各該当欄を参照）からガラス材を選定した。

[0062] また、被覆管 1 4 に用いられるガラス層 4 3（4）としては、熱を伝導しやすいように、熱伝導率が高いことが要求される。そこで、ガラス層 4 3（4）には、Ag、Cu といった金属粒子 4 c とセラミックス粒子 4 b を分散させ、熱伝導率が 1 0 W / m K 以上になるように設定している。また、金属粒子 4 c とセラミックス粒子 4 b の添加量を調整して、ガラス層 4 2（4）の見かけの熱膨張係数を、内管 3 3（第 2 部材 3）と外管 2 3（第 1 部材 2）の熱膨張係数の間の値に設定している。なお、内管 3 2（第 2 部材 3）と外管 2 2（第 1 部材 2）とが管形状である場合は、熱膨張によって、内管 3 3（第 2 部材 3）の外径は大きくなり、外管 2 3（第 1 部材 2）の内径は小さくなる場合がある。このとき、ガラス層 4 3（4）はその体積が小さくなるように圧縮される。このような場合は、ガラス層 4 3（4）の見かけの熱膨張係数を、内管 3 3（第 2 部材 3）と外管 2 3（第 1 部材 2）の熱膨張係数より小さくなるように設定してもよい。

[0063] また、被覆管 1 4 は次のように製造している。まず、外管 2 3 を基材として用意している。次に、外管 2 3 の内周面に、本発明の実施形態で説明した

ように作製したガラスペーストを、塗布している。次に、本発明の実施形態で説明したのと同様に、塗布膜を乾燥させ、塗布膜を焼成している。焼成では、選定したガラス材の軟化点 T_g 以上に昇温し、ガラス層43を形成している。ガラス層43の厚さは、 $10 \sim 100 \mu m$ であり、外管23と内管33の熱膨張差を考慮して設定している。ガラス層43の厚さは、外管23に対して内管33の熱膨張係数が大きい場合、温度が高くなるとそれらの間隙が小さくなることから、ガラス層43の厚さはその収縮分を考慮した厚さに設定される。また、添加するセラミックス粒子4bおよび金属粒子4cの寸法がその収縮の障害にならないように設定している。

[0064] 次に、外管23の温度を上げて外管23を拡張した状態で、ガラス層43付きの外管23に、内管33を挿入している。挿入したまま、ガラス層43を、選定したガラス材の軟化点 T_g 以上の温度に昇温し、内管33の外周面にガラス層43を接着させた。最後に、ガラス層43（被覆管14）を除冷し、外管23とガラス層43と内管33の3層構造の被覆管14を完成させている。なお、内管33として、Cu、Ni、Zr等からなる、もしくは、それらの少なくとも一つを含んだ合金からなる金属層を、ガラス層43上に蒸着法やめっき法といった成膜プロセスを用いて形成してもよい。この場合、金属層の厚さは、 $30 \sim 200 \mu m$ としている。

[0065] 実施例3では、被覆管14を3層構造としているが、従来の1層構造では、耐食性の高いZr合金製の被覆管14が作られている。しかし、Zr合金材料では、耐食性に限界があり、定期的に検査しながら交換して運用される。そこで、被覆管14には、構造材として優れる金属材料と、耐食性に優れるセラミックス等の機能材料を、接着し、両方の特性を備えた構造体1が有用であると考えられる。また、実施例3の被覆管14（構造体1）では、2つの材料を接着したことによる熱ひずみを緩和することができるので、停止時と運転時の温度差による熱ひずみに起因する接着面の剥離等を抑制することができる。

[0066] なお、本発明は、前記した実施形態と実施例1～3に限定されるものでは

なく、様々な変形例が含まれる。例えば、前記した実施形態と実施例 1～3 は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施形態（実施例）の構成の一部を他の実施形態（実施例）の構成に置き換えることも可能であり、また、ある実施形態（実施例）の構成に他の実施形態（実施例）の構成を加えることも可能である。また、各実施形態（実施例）の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることも可能である。

[0067] [表1]

材料	熱膨張係数 ($\times 10^{-6}/K$)
アルミニウム	23
黄銅	19
銅	16.8
オーステナイト系ステンレス鋼	17.3
金	14.3
鉄	12.1
ニッケル	12.8
炭素鋼	10.8
フェライト系ステンレス鋼	10.4
白金	9
チタン	8.6
硬質ガラス	8.5
Al-SiC 複合材	7.7
アルミナ	7.0
ジルコニウム	5.7
モリブデン	4.8
SiC	4.7
SiC/SiC 複合材	4.7
AlN	4.5
タングステン	4.3
窒化ケイ素	3.5
Si	2.4
ダイヤモンド	1.1

[0068]

[表2]

ガラス	ガラス転移点(℃)
PbO-B ₂ O ₃ 系	240～400
Bi ₂ O ₃ -B ₂ O ₃ 系	280～470
Na ₂ O-BaO-SiO ₂ 系	400～650
Al ₂ O ₃ -B ₂ O ₃ -SiO ₂ 系	450～850
Na ₂ O-Al ₂ O ₃ -B ₂ O ₃ -SiO ₂ 系	430～600
Na ₂ O-Al ₂ O ₃ -B ₂ O ₃ -ZnO-SiO ₂ 系	470～570
PbO-ZnO-B ₂ O ₃ 系	270～650
PbO-Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系	340～650
PbO-B ₂ O ₃ -Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 系	340～600
PbO-ZnO-B ₂ O ₃ -SiO ₂ 系	270～600
ZnO-B ₂ O ₃ -SiO ₂ 系	300～700
V ₂ O ₅ -P ₂ O ₅ -Sb ₂ O ₃ -BaO 系	350～400
V ₂ O ₅ -P ₂ O ₅ -BaO-MnO-Fe ₂ O ₃ -WO ₃ -Na ₂ O-K ₂ O 系	330～380
V ₂ O ₅ -P ₂ O ₅ -TeO ₂ -Fe ₂ O ₃ 系	250～350
V ₂ O ₅ -P ₂ O ₅ -BaO-TeO ₂ -Fe ₂ O ₃ -WO ₃ 系	250～300
V ₂ O ₅ -P ₂ O ₅ -BaO-TeO ₂ -Fe ₂ O ₃ -WO ₃ -K ₂ O 系	250～300
V ₂ O ₅ -TeO ₂ -Ag ₂ O 系	150～250

符号の説明

- [0069]
- 1 構造体
 - 2 第1部材(膜)
 - 3 第2部材
 - 4 ガラス層
 - 4 a ガラス部
 - 4 b セラミックス粒子
 - 4 c 金属粒子
 - 1 1 電子素子モジュールにおける小構造体(構造体)
 - 1 2 電子素子モジュールにおける大構造体(構造体)
 - 1 3 伝熱管(構造体)
 - 1 4 被覆管(構造体)
 - 2 1 a 電子素子(LED、IGBT: 第1部材)

- 2 1 b 配線基板（第 1 部材）
- 2 2 外管（第 1 部材）
- 2 3 セラミックス製管（第 1 部材、外管）
- 3 1 a 配線基板（第 2 部材）
- 3 1 b 放熱基板（第 2 部材）
- 3 2 内管（第 2 部材）
- 3 3 金属製管（第 2 部材、内管）
- 4 1 a、4 1 b ガラス層
- 4 2 ガラス層
- 4 3 ガラス層
- 6 7 第 1 流体
- 6 8 第 2 流体
- 7 4 ペレット
- 1 0 1 電子素子モジュール
- 1 0 2 熱交換器
- 1 0 3 燃料集合体
- 1 0 4 燃料棒
- T g 転移点（ガラス転移点）
- T x 構造体の使用時の温度
- T s 軟化点

請求の範囲

- [請求項1] 第1部材と、
前記第1部材に対向する第2部材と、
前記第1部材と前記第2部材の間に設けられ、前記第1部材と前記第2部材とを接着するガラス層とを有し、
前記ガラス層のガラス転移点は、使用時の前記ガラス層の温度より低いことを特徴とする構造体。
- [請求項2] 前記ガラス層には、セラミックスと金属の少なくとも一方の粒子が分散していることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の構造体。
- [請求項3] 前記ガラス層の材料は、
 $\text{PbO}-\text{B}_2\text{O}_3$ 系ガラス材と、
 $\text{Bi}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3$ 系ガラス材と、
 $\text{Na}_2\text{O}-\text{BaO}-\text{SiO}_2$ 系ガラス材と、
 $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系ガラス材と、
 $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系ガラス材と、
 $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{B}_2\text{O}_3-\text{ZnO}-\text{SiO}_2$ 系ガラス材と、
 $\text{PbO}-\text{ZnO}-\text{B}_2\text{O}_3$ 系ガラス材と、
 $\text{PbO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系ガラス材と、
 $\text{PbO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系ガラス材と、
 $\text{PbO}-\text{ZnO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系ガラス材と、
 $\text{ZnO}-\text{B}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ 系ガラス材と、
 $\text{V}_2\text{O}_5-\text{P}_2\text{O}_5-\text{Sb}_2\text{O}_3-\text{BaO}$ 系ガラス材と、
 $\text{V}_2\text{O}_5-\text{P}_2\text{O}_5-\text{BaO}-\text{MnO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{WO}_3-\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ 系ガラス材と、
 $\text{V}_2\text{O}_5-\text{P}_2\text{O}_5-\text{TeO}_2-\text{Fe}_2\text{O}_3$ 系ガラス材と、
 $\text{V}_2\text{O}_5-\text{P}_2\text{O}_5-\text{BaO}-\text{TeO}_2-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{WO}_3$ 系ガラス材と、
、
 $\text{V}_2\text{O}_5-\text{P}_2\text{O}_5-\text{BaO}-\text{TeO}_2-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{WO}_3-\text{K}_2\text{O}$ 系ガ

ラス材と、

$V_2O_5-TeO_2-Ag_2O$ 系ガラス材との内の少なくとも1つであることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の構造体。

[請求項4] 前記第1部材は、前記ガラス層の上に成膜された膜であることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の構造体。

[請求項5] 前記膜は、スパッタリング法と、蒸着法と、めっき法と、塗布法との内の少なくとも1つを用いて成膜されたことを特徴とする請求の範囲第4項に記載の構造体。

[請求項6] 前記ガラス転移点より低い温度帯において、
前記ガラス層の熱膨張係数は、前記第1部材と前記第2部材の熱膨張係数の間の値になっていることを特徴とする請求の範囲第1項に記載の構造体。

[請求項7] 請求の範囲第1項に記載の構造体を有し、
前記第1部材は、電子素子自体であるか、又は、前記電子素子を支持する支持部材であり、
前記第2部材は、基板であり、
前記ガラス層には、セラミックスと金属の粒子が分散し、
前記ガラス層の熱伝導率は 2.5 W/m K 以上であり、電気抵抗は $0.1\text{ m}\Omega/\text{cm}^2$ 以下であることを特徴とする電子素子モジュール。

[請求項8] 請求の範囲第1項に記載の構造体を有し、温度が互いに異なる第1流体と第2流体を前記構造体で隔てたまま流す熱交換器であって、
前記第1部材は、前記ガラス層に対して前記第1流体の側に配置され、
前記第2部材は、前記ガラス層に対して前記第2流体の側に配置され、
前記ガラス層には、セラミックスと金属の少なくとも一方の粒子が分散し、
前記ガラス層の熱伝導率は 2.2 W/m K 以上であることを特徴とする

る熱交換器。

[請求項9] 請求の範囲第1項に記載の構造体が、ペレットが収納される被覆管である燃料棒であって、

前記第1部材は、前記被覆管の外周側に配置されるセラミックス製管であり、

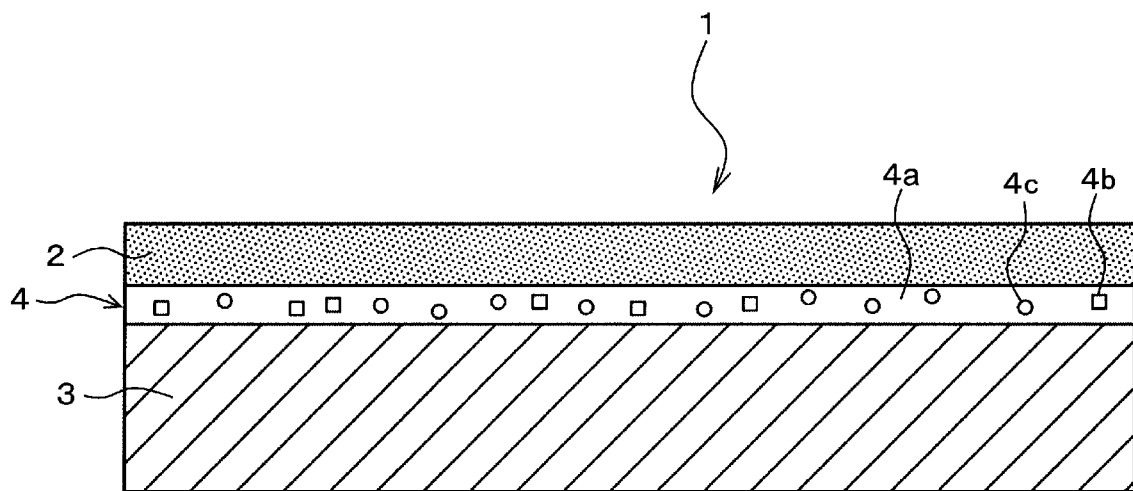
前記第2部材は、前記被覆管の内周側に配置される金属製管であり、

前記ガラス層には、セラミックスと金属の少なくとも一方の粒子が分散し、

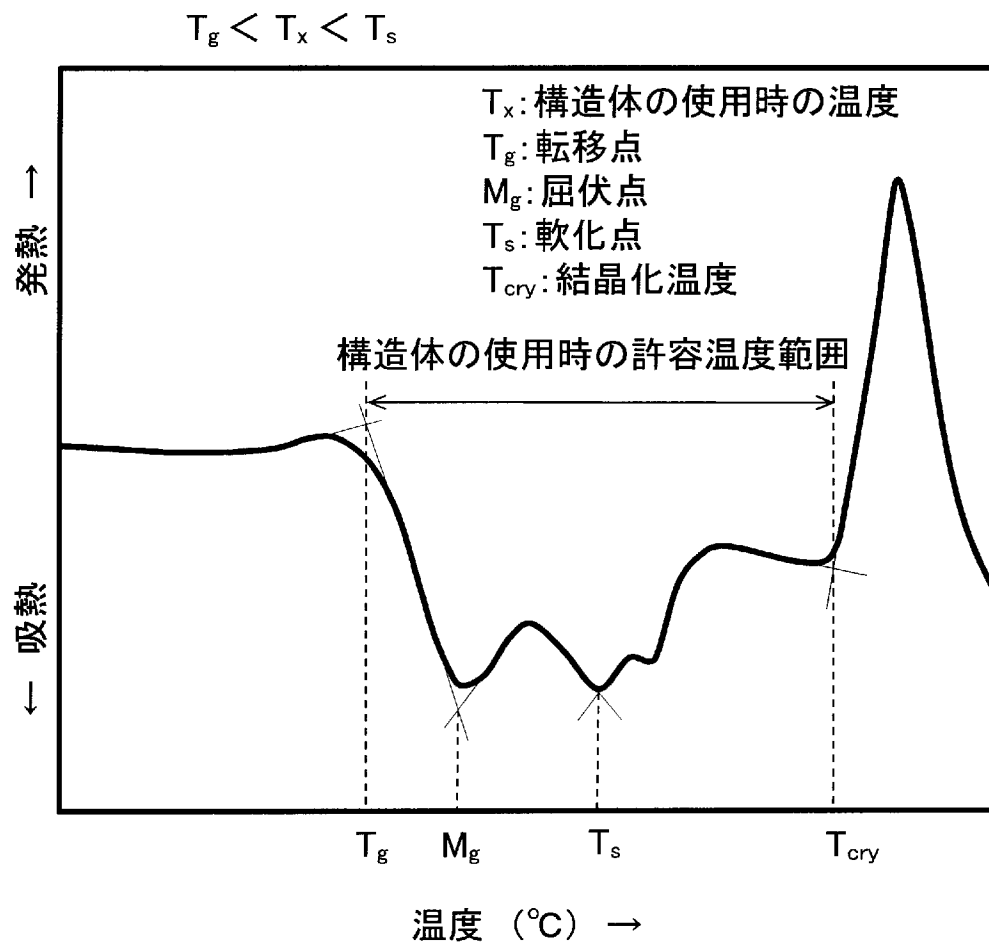
前記ガラス層の熱伝導率は 10 W/m K 以上であることを特徴とする燃料棒。

[請求項10] 請求の範囲第9項に記載の燃料棒が、複数本収納されていることを特徴とする燃料集合体。

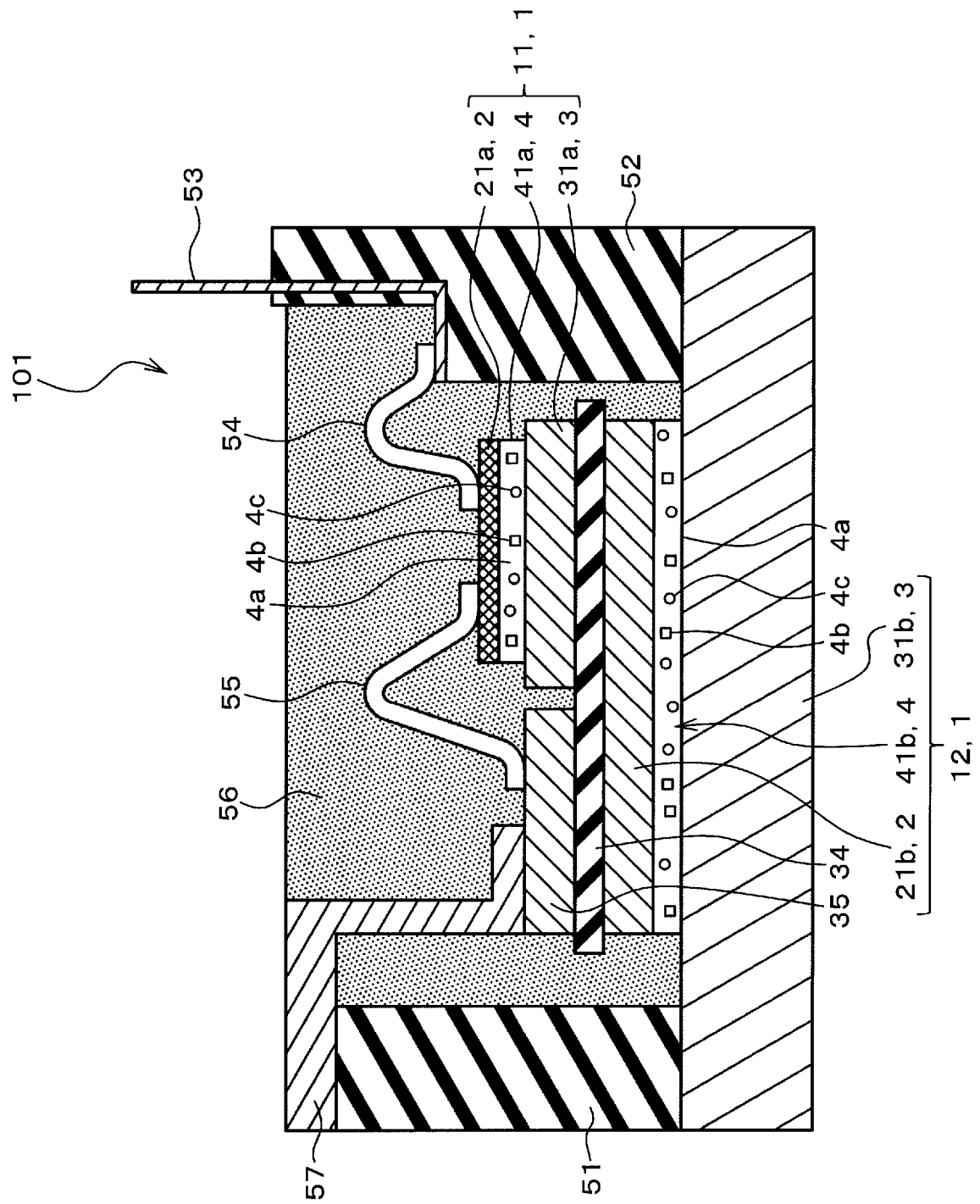
[図1]



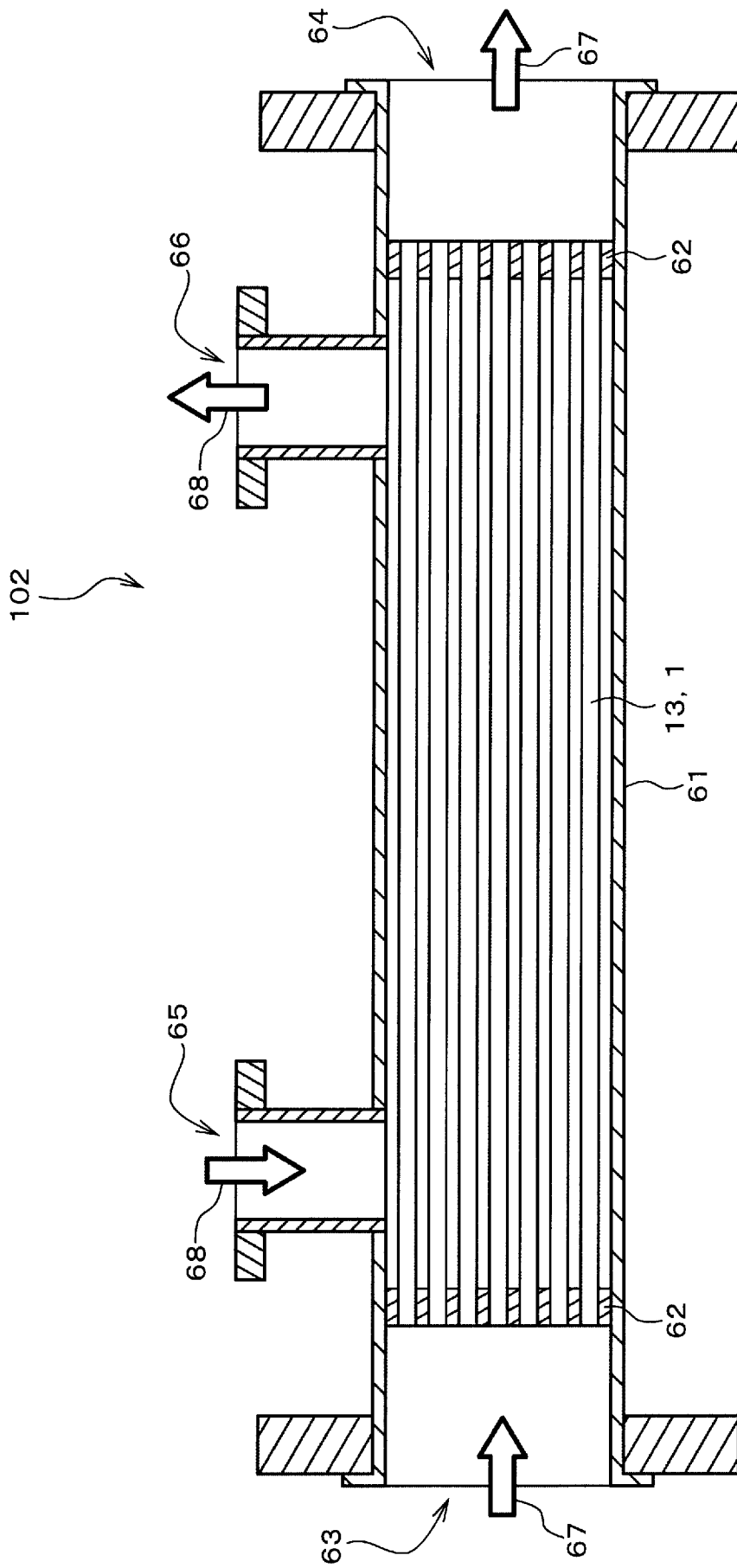
[図2]



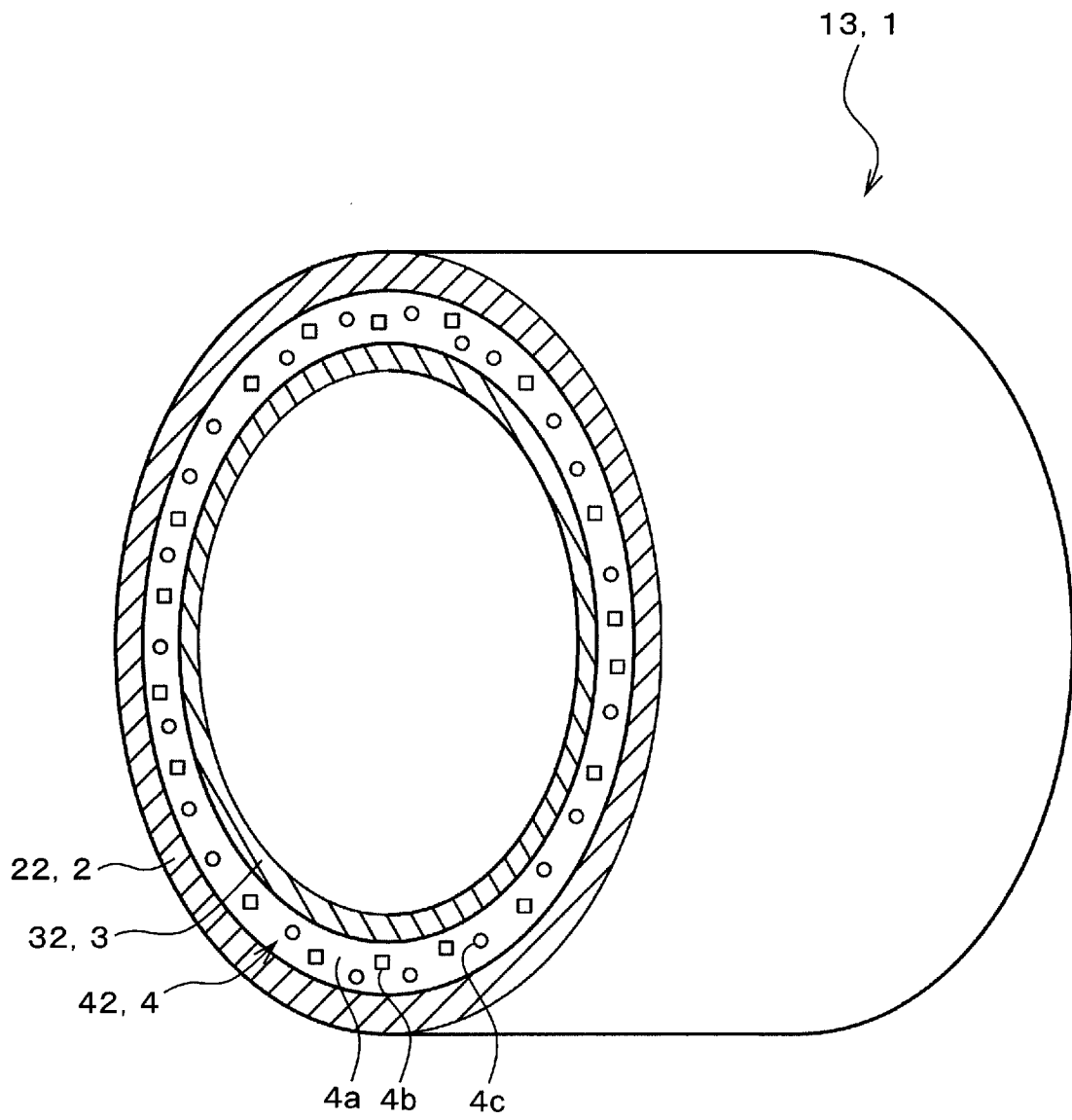
[図3]



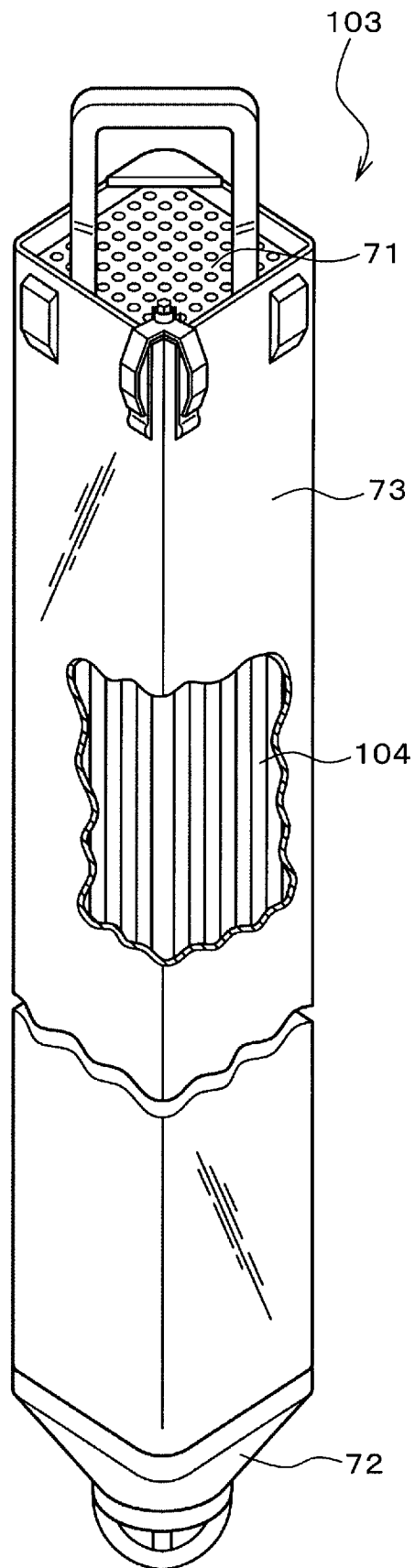
[図4]



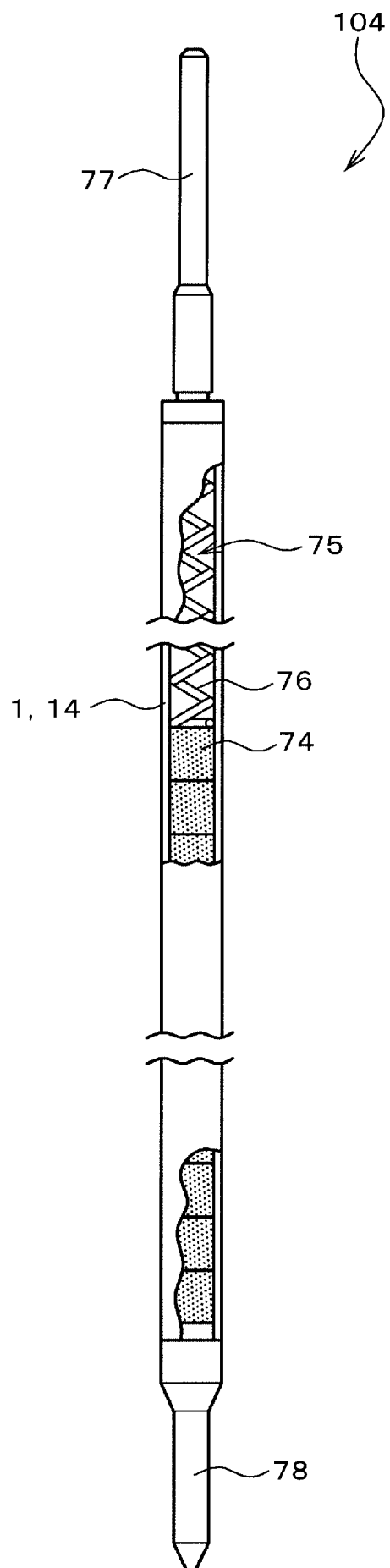
[図5]



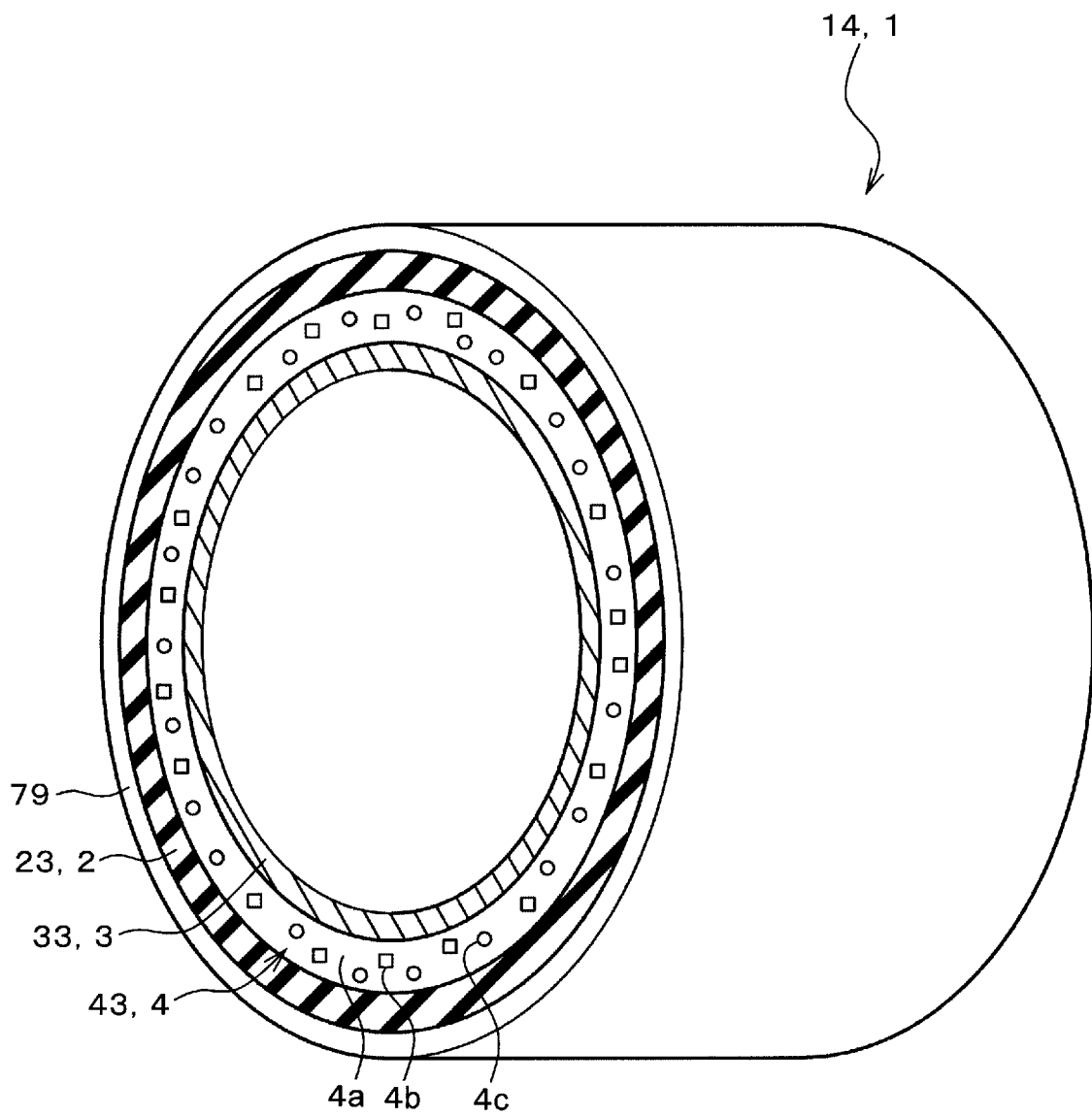
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/080212

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B32B17/00(2006.01)i, C03C8/02(2006.01)i, C03C8/04(2006.01)i, C03C8/08(2006.01)i, C03C8/10(2006.01)i, C03C8/18(2006.01)i, F28D1/02(2006.01)i, G21C3/20(2006.01)i, H01L23/15(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)

B32B1/00-43/00, F28D1/00-13/00, G21C3/06, G21C3/07, G21C3/20, H01L23/15

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 A	JP 2867536 B2 (Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.), 08 March 1999 (08.03.1999), claims; column 2, line 15 to column 3, line 4; column 3, lines 28 to 36 & JP 3-221442 A	1, 3-6 2, 7-10
A	JP 2002-308645 A (Asahi Glass Co., Ltd.), 23 October 2002 (23.10.2002), claims (Family: none)	3
A	JP 2002-151810 A (Denso Corp.), 24 May 2002 (24.05.2002), claims (Family: none)	7

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

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 February, 2013 (01.02.13)

Date of mailing of the international search report
12 February, 2013 (12.02.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/080212

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 8-500187 A (Combustion Engineering, Inc.), 09 January 1996 (09.01.1996), claims & WO 1994/014164 A1 claims & JP 2824938 B2 & US 5434896 A & US 5171520 A & US 5268946 A & US 5171520 A & EP 673539 A1 & DE 69306412 C & DE 69306412 T & AU 4806093 A	9, 10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B32B17/00(2006.01)i, C03C8/02(2006.01)i, C03C8/04(2006.01)i, C03C8/08(2006.01)i,
C03C8/10(2006.01)i, C03C8/18(2006.01)i, F28D1/02(2006.01)i, G21C3/20(2006.01)i, H01L23/15(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. B32B1/00-43/00, F28D1/00-13/00, G21C3/06, G21C3/07, G21C3/20, H01L23/15

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	JP 2867536 B2（石川島播磨重工業株式会社）1999.03.08, 特許請求の範囲, 第2欄第15行-第3欄第4行,	1, 3-6
A	第3欄第28-36行 & JP 3-221442 A	2, 7-10
A	JP 2002-308645 A（旭硝子株式会社）2002.10.23, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	3

☒ 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 . 0 2 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 2 . 0 2 . 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 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

斎藤 克也

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 4

4 S

9 3 4 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*	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 2002-151810 A (株式会社デンソー) 2002.05.24, 特許請求の範囲 (ファミリーなし)	7
A	JP 8-500187 A (コンバッション エンジニアリング インコーポレ ーテッド) 1996.01.09, 特許請求の範囲 & WO 1994/014164 A1, Claims & JP 2824938 B2 & US 5434896 A & US 5171520 A & US 5268946 A & US 5171520 A & EP 673539 A1 & DE 69306412 C & DE 69306412 T & AU 4806093 A	9, 10