(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
2017 年 1 月 19 日(19.01.2017)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2017/010186 A1

(51) 国際特許分類:
C04B 38/00 (2006.01) *C04B 38/06* (2006.01)
B28B 11/14 (2006.01) *C04B 41/83* (2006.01)
C04B 35/48 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2016/066507

(22) 国際出願日: 2016 年 6 月 2 日(02.06.2016)

(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 2015-141897 2015 年 7 月 16 日(16.07.2015) JP
特願 2015-235495 2015 年 12 月 2 日(02.12.2015) JP

(71) 出願人: 日本碍子株式会社(NGK INSULATORS, LTD.) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号 Aichi (JP).

(72) 発明者: 織部晃暢(ORIBE Akinobu); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 冨田崇弘(TOMITA Takahiro); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 小林博治(KOBAYASHI Hiroharu); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町２番５６号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 千葉剛宏, 外(CHIBA Yoshihiro et al.); 〒1510053 東京都渋谷区代々木２丁目１番１号 新宿マインズタワー １６階 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

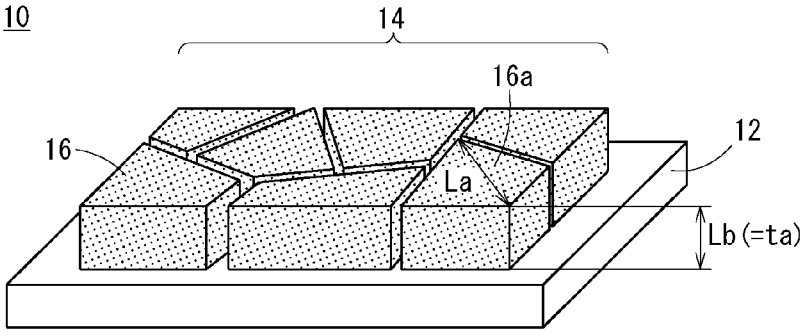
(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,

[続葉有]

(54) **Title**: POROUS CERAMIC STRUCTURE

(54) 発明の名称 : 多孔質セラミック構造体

FIG. 1



(57) **Abstract**: The present invention relates to a porous ceramic structure. A porous ceramic structure (10) has a porous ceramic aggregate (14) configured from a plurality of porous ceramic particles (16), and the ratio of the number of corners at locations where two other porous ceramic particles (16) are facing a corner of a porous ceramic particle (16) with respect to the number of corners of the porous ceramic particles (16) included in the porous ceramic aggregate (14) is 80% or greater.

(57) 要約: 本発明は多孔質セラミック構造体に関する。多孔質セラミック構造体（１０）は、複数の多孔質セラミック粒子（１６）にて構成された多孔質セラミック集合体（１４）を有し、多孔質セラミック集合体（１４）内に含まれる多孔質セラミック粒子（１６）の角部の個数に対して、ある多孔質セラミック粒子（１６）の角部と対向する他の多孔質セラミック粒子（１６）が２個である箇所の角部の個数の割合が８０%以上である。

WO 2017/010186 A1

MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ： 多孔質セラミック構造体

技術分野

[0001] 本発明は、多孔質セラミック構造体に関し、該多孔質セラミック構造体を含有する構成部材の低熱伝導率化を図る上で好適な多孔質セラミック構造体に関する。

背景技術

[0002] 断熱材や膜等に充填されるフィラーとして、特開２０１０－１５５９４６号公報、特開２００４－１０９０３号公報及び特開２０１０－６４９４５号公報に記載された組成物や中空粒子等がある。

[0003] 特開２０１０－１５５９４６号公報には、熱伝導率の低い多孔質オルガノポリシロキサン硬化物を形成することができる硬化性オルガノポリシロキサン組成物が記載されている。

[0004] 特開２００４－１０９０３号公報には、低熱伝導率の中空粒子を用いた塗料を使用して、低熱伝導率の膜を形成することが記載されている。

[0005] 特開２０１０－６４９４５号公報には、静電相互作用で母材粒子表面に添加物粒子を吸着させることで、ナノコートされた複合粒子を製造し、さらに、これを用いて通常の粉末冶金プロセスを経由して、複合材料を製造することが記載されている。

発明の概要

[0006] 特開２０１０－１５５９４６号公報及び特開２００４－１０９０３号公報に記載の技術では、低熱伝導率化が不十分であった。特開２０１０－６４９４５号公報に記載の技術では、粉末冶金での複合材料の作製を意図しているため、母材粒子に粒径がｎｍオーダーの微粒子をコーティングすることを念頭においている。そのため、母材粒子間の距離が短くなり、この場合も、低熱伝導率化が不十分である。

[0007] 接着剤に添加する粒子が小さいと、接着剤に粒子を均一に分散させること

が困難である。また、予め粒子が添加された接着剤を焼成してバルク体としてから、例えば対象物上に設置する必要があることから、対象物の一部の領域に設置したり、複雑な形状に沿って設置することが困難である。

[0008] 本発明はこのような課題を考慮してなされたものであり、低熱伝導率化を図ることができると共に、対象物等に直接接着剤等を用いて設置することができ、バルク体の設置を容易にすることができる多孔質セラミック構造体を提供することを目的とする。

[0009] ［１］ 本発明に係る多孔質セラミック構造体は、少なくとも複数の多孔質セラミック粒子にて構成された多孔質セラミック集合体を有し、前記多孔質セラミック集合体内に含まれる前記多孔質セラミック粒子の角部の個数に対して、ある多孔質セラミック粒子の角部と対向する他の多孔質セラミック粒子が２個である箇所の角部の個数の割合が８０％以上であることを特徴とする。

[0010] ［２］ 本発明において、前記多孔質セラミック集合体に含まれる全ての前記多孔質セラミック粒子の角部の合計をＮｚ、前記多孔質セラミック集合体のうち、ある多孔質セラミック粒子の角部と対向する他の多孔質セラミック粒子が２個である箇所の角部の個数をＮａ、前記多孔質セラミック集合体の周囲に位置する角部の数をＮｂとしたとき、

Ｎａ／（Ｎｚ－Ｎｂ）×１００（％）≧８０（％）

である。

[0011] ［３］ この場合、Ｎａ／（Ｎｚ－Ｎｂ）×１００（％）≧９０（％）が好ましい。

[0012] ［４］ 本発明において、１つのシートと、前記シート上に貼着された前記多孔質セラミック集合体とを有することが好ましい。

[0013] ［５］ 本発明において、前記多孔質セラミック粒子の気孔率が２０～９９％であることが好ましい。

[0014] ［６］ 本発明において、前記多孔質セラミック粒子の平均気孔径が５００ｎｍ以下であることが好ましい。

[0015] ［７］　本発明において、前記多孔質セラミック粒子の熱伝導率が１．５Ｗ／ｍＫ未満であることが好ましい。

[0016] ［８］　本発明において、前記多孔質セラミック粒子の熱容量が１０００ｋＪ／m^3Ｋ以下であることが好ましい。

[0017] 本発明に係る多孔質セラミック構造体によれば、低熱伝導率化を図ることができると共に、対象物等に直接接着剤等を用いて設置することができ、バルク体の設置を容易にすることができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本実施の形態に係る多孔質セラミック構造体を示す斜視図である。

[図2]図２Ａは多孔質セラミック集合体を１種類の平面形状で構成した例を示す平面図であり、図２Ｂは多孔質セラミック集合体を２種類の平面形状で構成した例を示す平面図であり、図２Ｃは多孔質セラミック集合体を３種類の平面形状で構成した例を示す平面図である。

[図3]図３Ａは多孔質セラミック粒子の角部と対向する他の多孔質セラミック粒子が２個である箇所（交差部Ｃａ）が６個、多孔質セラミック粒子の角部と対向する他の多孔質セラミック粒子が３個である箇所（交差部Ｃｂ）が１個の例を示す平面図であり、図３Ｂは図３Ａに示す例の角部の種類を示す説明図である。

[図4]図４Ａは交差部Ｃａが２９個、交差部Ｃｂが１個の例を示す平面図であり、図４Ｂは図４Ａに示す例の角部の種類を示す説明図である。

[図5]図５Ａは交差部Ｃａが０個、交差部Ｃｂが９個の例を示す平面図であり、図５Ｂは図５Ａに示す例の角部の種類を示す説明図である。

[図6]図６Ａは多孔質セラミック粒子間の隙間が狭い場合を示す断面図であり、図６Ｂは多孔質セラミック粒子間の隙間が広い場合を示す断面図であり、図６Ｃは多孔質セラミック粒子間に狭い隙間と広い隙間が混在している場合を示す断面図である。

[図7]図７Ａは多孔質セラミック粒子の側面の傾斜角が４５度以下の場合を示す断面図であり、図７Ｂは多孔質セラミック粒子の側面の傾斜角が４５度を

超えた場合を示す断面図であり、図７Ｃは多孔質セラミック粒子の側面が屈曲している場合の傾斜角の定義を示す説明図である。

[図8]本実施の形態に係る多孔質セラミック構造体の第１製造方法を示す工程図である。

[図9]ドクターブレード装置の一例を示す模式図である。

[図10]本実施の形態に係る多孔質セラミック構造体の第２製造方法を示す工程図である。

[図11]図１１Ａは対象物上に多孔質セラミック構造体を貼着する状態を示す工程図であり、図１１Ｂは多孔質セラミック構造体からシートを剥離した状態を示す工程図であり、図１１Ｃは対象物上の多孔質セラミック集合体に樹脂材をコーティングした状態を示す工程図である。

[図12]バルク体を対象物と共に一部省略して示す断面図である。

[図13]図１３Ａは従来例において複数の粒子をスラリーに分散させた状態を一部省略して示す説明図であり、図１３Ｂはスラリーを乾燥、焼成、固化してバルク体とした状態を一部省略して示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明に係る多孔質セラミック構造体の実施の形態例を図１～図１３Ｂを参照しながら説明する。なお、本明細書において、数値範囲を示す「～」は、その前後に記載される数値を下限値及び上限値として含む意味として使用される。

[0020] 本実施の形態に係る多孔質セラミック構造体１０は、例えば図１に示すように、１つのシート１２と、該シート１２上に貼着された多孔質セラミック集合体１４とを有する。多孔質セラミック集合体１４は、それぞれ分割された複数の多孔質セラミック粒子１６を有する。ここで、貼着とは、剥離可能な状態で固定されていることであり、経時変化や外的要因が加わることで固定状態が解除され、貼着対象物が分離する状態をいう。従い、粘着力によって固定されている状態を含むし、また、貼着界面で一時的に強固に固定されている状態も含む。シート１２と多孔質セラミック集合体１４の間に粘着剤

等の特別なものを用いて貼着してもよい。

[0021] 多孔質とは、緻密でも中空でもない状態をいい、複数の気孔又は粒子で構成された状態をいう。なお、緻密とは、複数の微粒子が隙間なく結合した状態であって、気孔を有しない。中空とは、内部が中空であって、外殻部分が緻密である状態をいう。

[0022] 多孔質セラミック粒子１６は、アスペクト比が３以上であることが好ましい。さらに好ましくは５以上、より好ましくは７以上である。この場合、アスペクト比は最大長Ｌａ／最小長Ｌｂをいう。ここで、最大長Ｌａとは、多孔質セラミック粒子１６を構成する複数の面のうち、最も広い面（ここでは、一主面１６ａ）における最大長をいう。広い面が正方形、長方形、台形、平行四辺形、多角形（五角形、六角形等）であれば、最も長い対角線の長さが該当し、円形であれば直径が該当し、楕円であれば、長軸の長さが該当する。一方、最小長Ｌｂとは、図１に示すように、多孔質セラミック粒子１６の厚みｔａをいう。

[0023] 最小長Ｌｂは、５０～５００μｍが好ましく、さらに好ましくは５５～４００μｍであり、より好ましくは６０～３００μｍであり、特に好ましくは７０～２００μｍである。

[0024] シート１２は、例えば粘着力がある樹脂製シートもしくはフィルム等を用いることができ、熱、電気、外力等の外的要因や経時変化で剥離することが可能なものが好ましい。

[0025] 多孔質セラミック集合体１４は、後述するように（図１１Ｃ及び図１２参照）、接着剤等の樹脂材１８（マトリックス）でコートされることでバルク体２０として対象物２２上に設置される。

[0026] この場合、個々の多孔質セラミック粒子１６を対象物２２上に設置するよりも、複数の多孔質セラミック粒子１６をまとめて対象物２２上に転写し易く、多孔質セラミック粒子１６間の隙間も制御し易い。

[0027] 多孔質セラミック集合体１４を上面から見た平面形状は、対象物２２における多孔質セラミック集合体１４が設置されるべき領域（以下、対象物２２

の設置領域と記す）を上面から見た平面形状と同じであることが好ましい。ここで、対象物２２の設置領域は、対象物２２の一部を含む概念である。「同じ」とは、完全に同一である場合や、対象物２２の設置領域の平面形状と相似の関係にある形状を含む。ここで、相似の関係とは、対象物２２の設置領域の平面形状を１．１倍～２．０倍に拡大した形状あるいは、１．１倍～２．０倍に縮小した形状をいう。これにより、材料の損失（多孔質セラミック粒子１６の損失）を招来することなく、様々な形状の対象物２２上に複数の多孔質セラミック粒子１６を転写することができる。

[0028] また、多孔質セラミック集合体１４に含まれる複数の多孔質セラミック粒子１６のうち、上面から見た平面形状が複数の直線２４（図２Ａ～図５Ｂ参照）で囲まれた多角形状である多孔質セラミック粒子１６が少なくとも１つ存在してもよい。もちろん、全ての多孔質セラミック粒子１６の平面形状が複数の直線２４で囲まれた多角形状であってもよい。

[0029] 例えば図２Ａに示すように、１種類の平面形状で構成してもよいし、図２Ｂに示すように、２種類の平面形状で構成してもよい。また、図２Ｃに示すように、３種類の平面形状で構成してもよい。

[0030] 図２Ａの例では、全ての多孔質セラミック粒子１６の平面形状を四角形状とした場合を示す。図２Ｂの例では、多孔質セラミック集合体１４を四角形状と三角形状との組み合わせで構成した場合を示し、内側に６つの三角形状、外側に６つの四角形状を配列させた例を示す。図２Ｃでは、多孔質セラミック集合体１４を三角形状と、四角形状と、五角形状との組み合わせで構成した場合を示し、１つの五角形状、２つの三角形状、５つの四角形状を配列させた例を示す。

[0031] また、図３Ａ及び図４Ａに示すように、多孔質セラミック集合体１４に含まれる複数の多孔質セラミック粒子１６のうち、上面から見た平面形状に曲線２６を含む多孔質セラミック粒子１６の割合が０％より大きく５０％以下であってもよい。

[0032] 平面形状が直線状のみであると、対象物２２上に複数の多孔質セラミック

粒子１６を転写する際に、多孔質セラミック粒子１６がずれやすくなるが、多孔質セラミック集合体１４に、曲線２６が部分的に存在することで、ずれにくくなり、対象物２２上に複数の多孔質セラミック粒子１６を均一に転写することも可能となる。

[0033] 上面から見た平面形状に曲線２６を含む多孔質セラミック粒子１６の割合を求める場合は、シート１２上の多孔質セラミック粒子１６の全個数Ｎｐと、平面形状に曲線２６を含む多孔質セラミック粒子１６の個数Ｎｗを数えて、（個数Ｎｗ／個数Ｎｐ）×１００（％）を算出すればよい。

[0034] 図３Ａでは、９つの多孔質セラミック粒子１６のうち、７つの多孔質セラミック粒子１６（図３Ａにおいて（１）～（７）で示す多孔質セラミック粒子１６）の平面形状が四角形状であり、残りの２つの多孔質セラミック粒子１６（図３Ａにおいて（８）、（９）で示す多孔質セラミック粒子１６）の平面形状にそれぞれ曲線２６が含まれている。図４Ａでは、２４個の多孔質セラミック粒子１６のうち、１８個の多孔質セラミック粒子１６（図４Ａにおいて（３）～（１４）、（１６）～（１８）、（２０）～（２２）で示す多孔質セラミック粒子１６）の平面形状が四角形状であり、残りの６つの多孔質セラミック粒子１６（図４Ａにおいて（１）、（２）、（１５）、（１９）、（２３）、（２４）で示す多孔質セラミック粒子１６）の平面形状にそれぞれ曲線２６が含まれている。

[0035] そして、多孔質セラミック集合体１４内に含まれる多孔質セラミック粒子１６の角部の個数に対して、ある多孔質セラミック粒子１６の角部と対向する他の多孔質セラミック粒子１６が２個である箇所の角部の個数の割合Ｆａが８０％以上であることが好ましい。さらに好ましくは９０％以上である。「対向」とは、角部同士が離間して対峙していてもよいし、接触して対峙してもよい。また、角部とは、多孔質セラミック粒子１６を上面から見た平面形状において屈曲した部分を指す。具体的には、平面形状の外形を構成する直線と直線との境が屈曲している部分、直線と曲線との境が屈曲している部分、並びに曲線と曲線との境が屈曲している部分を指す。

[0036] ある多孔質セラミック粒子１６の角部と対向する他の多孔質セラミック粒子１６が２個である箇所とは、例えば交差部Ｃａで示すように三叉路状となっている箇所を指す。なお、交差部Ｃｂに示すように、例えば十字路状となっている箇所は、ある多孔質セラミック粒子１６の角部と対向する他の多孔質セラミック粒子１６が３個である。

[0037] 上述の割合Ｆａは、以下のようにして求めることができる。すなわち、多孔質セラミック集合体１４に含まれる全ての多孔質セラミック粒子１６の角部の合計をＮｚ、多孔質セラミック集合体１４のうち、ある多孔質セラミック粒子１６の角部と対向する他の多孔質セラミック粒子１６が２個である箇所の角部の個数（全ての交差部Ｃａに含まれる角部の個数）をＮａ、多孔質セラミック集合体１４の周囲に位置する角部の数をＮｅとしたとき、下記演算式によって、上述の割合Ｆａを求めることができる。

Ｆａ＝Ｎａ／（Ｎｚ－Ｎｅ）×１００（％）

[0038] Ｎａの対象となる角部は、図３Ｂ、図４Ｂ及び図５Ｂにおいて、「○」で示す角部を指し、Ｎｅの対象となる角部は、「●」で示す角部を指す。なお、「△」で示す角部は、図３Ａ、図４Ａ及び図５Ａにおいて、例えば交差部Ｃｂのように、ある多孔質セラミック粒子１６の角部と対向する他の多孔質セラミック粒子１６が３個以上の交差部に含まれる角部を指す。従って、Ｎｚの対象となる角部は、「○」、「●」及び「△」で示す全ての角部を指す。

[0039] 図３Ａ及び図３Ｂに示す多孔質セラミック集合体１４では、交差部Ｃａが６個、交差部Ｃｂが１個で、交差部Ｃａ及びＣｂの合計が７個の場合を示す。この例では、図３Ｂに示すように、Ｎｚが３７、Ｎｅが２０、Ｎａが１３であることから、上述の割合Ｆａは７６％となる。図４Ａ及び図４Ｂに示す多孔質セラミック集合体１４では、交差部Ｃａが２９個、交差部Ｃｂが１個で、交差部Ｃａ及びＣｂの合計が３０個の場合を示す。この例では、Ｎｚが９６、Ｎｅが３４、Ｎａが５８であることから、上述の割合Ｆａは９４％となる。

[0040] ここで、比較のために、ある多孔質セラミック粒子１６の角部と対向する他の多孔質セラミック粒子１６が３個である箇所だけを有する多孔質セラミック集合体１４を図５Ａ及び図５Ｂに示す。この例では、交差部Ｃｂのみであり、交差部Ｃｂの個数は９個である。また、交差部Ｃａに対応する角部は存在しないため、Ｎａ＝０であるから、上述の割合Ｆａは０％である。

[0041] つまり、ある多孔質セラミック粒子１６の角部と対向する他の多孔質セラミック粒子１６が２個である箇所を増やすことによって、交差部Ｃａ及びＣｂの個数が増加し、対象物２２の表面形状が曲面や凹凸等があっても、対象物２２の表面形状に追従させて複数の多孔質セラミック粒子１６を配置することができる。しかも、対向する複数の多孔質セラミック粒子１６間の通路が複雑に分岐した状態になるため、樹脂材１８を伝達する熱が伝わりにくくなり、熱伝導率の低下を促進させることができる。

[0042] また、図５Ａ及び図５Ｂの例では、交差部Ｃｂにおいて少なくとも４つの角部が集中し、しかも、交差部Ｃａがなく、全体的に交差部の数が少なくなることから、多孔質セラミック粒子１６の周辺部、特に、角部が浮いた状態になり易く、多孔質セラミック粒子１６の剥離を引き起こすおそれがある。これに対して、本実施の形態では、上述したように、対象物２２の表面形状に追従させて複数の多孔質セラミック粒子１６を配置することができるため、多孔質セラミック粒子１６の剥離を引き起こすおそれはない。

[0043] なお、図２Ｂに示すように、多孔質セラミック集合体１４は、５つ以上の多孔質セラミック粒子１６がそれぞれ１つの頂点を対峙させて配置された部分２７を有してもよい。これにより、対象物２２の表面に局所的に曲面や凹凸があっても、対象物２２の表面形状に沿って複数の多孔質セラミック粒子１６を配置することが容易になる。

[0044] 隣接する多孔質セラミック粒子１６同士の隙間ｄ（図６Ａ～図６Ｃ参照）は０．１μｍ以上１０μｍ以下であることが好ましい。これにより、対象物２２上に複数の多孔質セラミック粒子１６を転写し易く、しかも、複数の多孔質セラミック粒子１６を対象物２２上に均一に転写することが可能となる

。ここで、隙間ｄとは、隣接する多孔質セラミック粒子１６間の隙間のうち、最も狭い隙間を指す。すなわち、図６Ａに示す隙間ｄと図６Ｂに示す隙間ｄとでは、図６Ａに示す隙間ｄが狭く、図６Ｂに示す隙間ｄが広い。一方、図６Ｃに示す隙間ｄのように、広い隙間ｄｂと狭い隙間ｄａとが混在する場合は、狭い隙間ｄａを多孔質セラミック粒子１６間の隙間ｄとする。なお、隙間ｄは、シート１２上に貼着された多孔質セラミック集合体１４において、隣接する多孔質セラミック粒子１６間を光学顕微鏡で測定することで得られる。

[0045] さらに、図７Ａに示すように、隣接する多孔質セラミック粒子１６のうち、一つの多孔質セラミック粒子１６の側面の傾斜角θが、シート１２の法線２８に対して４５度以下、すなわち、０度以上４５度以下であることが好ましく、０度より大きく４５度以下であるとさらに好ましい。隣接する多孔質セラミック粒子１６の側面同士が平行である場合に、傾斜角θが４５度よりも大きいと、図７Ｂに示すように、多孔質セラミック粒子１６の周囲が欠け、破片１７が飛び散る場合がある。すなわち、傾斜角θを０度以上４５度以下にすることで、対象物２２上に複数の多孔質セラミック粒子１６を転写する際、あるいは、多孔質セラミック構造体１０をハンドリングする際に、多孔質セラミック粒子１６が欠けにくく、バルク体２０とした場合に欠陥が少ない。なお、ここでいう傾斜角θは、垂直面も含む意味である。傾斜角θは、シート１２上に貼着された多孔質セラミック集合体１４において、隣接する多孔質セラミック粒子１６間の傾斜角θを光学顕微鏡で測定することで得られる。

[0046] なお、隣接する多孔質セラミック粒子１６の間は、必ずしも直線状の隙間になるとは限らない。例えば図７Ｃに示すように、一部で屈曲（凸状に屈曲又は凹状に屈曲）している場合もある。このような場合は、多孔質セラミック粒子１６の縦断面において、多孔質セラミック粒子１６の側面の上端と下端とを結ぶ直線Ｌｘとシート１２の法線２８とのなす角を傾斜角θとして定義する。

[0047] また、多孔質セラミック集合体１４内での多孔質セラミック粒子１６の個数密度が部分的に異なることが好ましい。また、複数の多孔質セラミック粒子１６のそれぞれの平面形状の大きさが異なることが好ましい。

[0048] 例えば対象物２２の表面が平坦である部分では、個数密度を小さく（多孔質セラミック粒子１６のサイズが大きめ）、対象物２２の表面が曲面である部分及びその周辺では、個数密度を大きく（多孔質セラミック粒子１６のサイズが小さめ）にすることで、複数の多孔質セラミック粒子１６を対象物２２上に転写する際に、対象物２２の表面に追従させて複数の多孔質セラミック粒子１６を配置することができる。

[0049] 個数密度の最大値と最小値との比（最大個数密度／最小個数密度）は１．２より大きいことが好ましい。

[0050] 個数密度は以下のように算出することができる。すなわち、シート１２上に貼着された多孔質セラミック集合体１４において、１０箇所の任意の視野を光学顕微鏡で観察し、各視野に含まれる多孔質セラミック粒子１６の個数を計測する。各視野は例えば３ｍｍ×３ｍｍの正方形の領域等を採用することができる。

[0051] そして、計測した各視野に含まれる多孔質セラミック粒子１６の個数を、それぞれ視野の面積（＝９ｍｍ^2）で除することで、単位面積当たりの個数密度（個／ｍｍ^2）を算出する。これら１０箇所の視野に対応する個数密度を比較して、最大個数密度と最小個数密度を抽出し、その比（最大個数密度／最小個数密度）を算出する。

[0052] また、多孔質セラミック粒子１６の平面形状の大きさの最大値と最小値との比（最大値／最小値）が１．２より大きいことが好ましい。

[0053] 多孔質セラミック粒子１６の平面形状の大きさは以下のように算出することができる。すなわち、シート１２上に貼着された多孔質セラミック集合体１４において、１０箇所の任意の視野をそれぞれ光学顕微鏡で観察する。そして、各視野について、それぞれ任意の５本の直線を引き、直線と交わる多孔質セラミック粒子１６内の線分の長さを計測し、その平均値をその視野に

おける多孔質セラミック粒子１６の大きさとする。これら１０箇所の視野における多孔質セラミック粒子１６の大きさを比較して、多孔質セラミック粒子１６の大きさの最大値と最小値を抽出し、その比（最大値／最小値）を算出する。

[0054] 多孔質セラミック集合体１４に含まれる複数の多孔質セラミック粒子１６の厚みｔａ（図７Ａ参照）が１０００μｍ以下であり、厚みｔａのばらつきが１０％以下であることが好ましい。厚みｔａは、定圧厚さ測定器等を使用して測定することができる。

[0055] これにより、図１１Ｃ及び図１２に示すように、多孔質セラミック集合体１４を接着剤等の樹脂材１８（マトリックス）でコートすることでバルク体２０とした場合に、多孔質セラミック集合体１４全体を樹脂材１８でコートし易く、一部の多孔質セラミック粒子１６上の樹脂材１８の厚みを均一にすることが容易になる。これは、バルク体２０の低熱伝導率化に寄与する。

[0056] 多孔質セラミック粒子１６の気孔率は、２０～９９％であることが好ましい。気孔とは、閉気孔、開気孔の少なくとも１つのことであり、両方を含んでもよい。また、気孔の形状、すなわち、開口の面形状としては、正方形、四角形、三角形、六角形、円形等、不定形のいずれの形状であってもよい。

[0057] 平均気孔径は５００ｎｍ以下であることが好ましく、さらに好ましくは１０～５００ｎｍである。この寸法は、熱伝導の主因である格子振動（フォノン）の発生を阻害するのに有効である。

[0058] 多孔質セラミック粒子１６は、微粒子が三次元に繋がった構造を有する。微粒子の粒径は１ｎｍ～５μｍであることが好ましい。さらに好ましくは５０ｎｍ～１μｍである。このような範囲の粒径の微粒子で構成された多孔質セラミック粒子１６は、熱伝導の主因である格子振動（フォノン）の発生が阻害されるため、低熱伝導率を図る上で有効となる。微粒子とは、一つの結晶粒からなる粒子（単結晶粒子）であってもよいし、多数の結晶粒からなる粒子（多結晶粒子）であってもよい。つまり、多孔質セラミック粒子１６がこの範囲の粒径の微粒子の集まりであることが好ましい。なお、微粒子の粒

径は、多孔質セラミック粒子１６の骨格を構成する粒子群のうちの１つの微粒子の大きさ（球状であれば直径、そうでなければ最大径）を、電子顕微鏡観察の画像から計測したものである。

[0059] 多孔質セラミック粒子１６の熱伝導率は１．５Ｗ／ｍＫ未満であることが好ましく、さらに好ましくは０．７Ｗ／ｍＫ以下であり、より好ましくは０．５Ｗ／ｍＫ以下、特に好ましくは０．３Ｗ／ｍＫ以下である。

[0060] 多孔質セラミック粒子１６の熱容量は１０００ｋＪ／m^3Ｋ以下であることが好ましく、さらに好ましくは９００ｋＪ／m^3Ｋ以下であり、より好ましくは８００ｋＪ／m^3Ｋ以下、特に好ましくは５００ｋＪ／m^3Ｋ以下である。

[0061] 多孔質セラミック粒子１６の構成材料としては、金属酸化物を含むことが好ましく、金属酸化物のみからなることがさらに好ましい。金属酸化物を含むと、金属の非酸化物（例えば、炭化物や窒化物）に比べて金属と酸素の間のイオン結合性が強いために熱伝導率が低くなりやすいためである。

[0062] 金属酸化物がＺｒ、Ｙ、Ａｌ、Ｓｉ、Ｔｉ、Ｎｂ、Ｓｒ、Ｌａ、Ｈｆ、Ｃｅ、Ｇｄ、Ｓｍ、Ｍｎ、Ｙｂ、Ｅｒ、及びＴａからなる群から選ばれる１の元素の酸化物あるいは２以上の元素の複合酸化物であることが好ましい。金属酸化物がこれらの元素の酸化物、複合酸化物であると、格子振動（フォノン）による熱伝導が起こりにくくなるためである。

[0063] 具体的な材料としては、ZrO_2－Y_2O_3にGd_2O_3、Yb_2O_3、Er_2O_3等を添加したものが挙げられる。さらに具体的には、ZrO_2－HfO_2－Y_2O_3、ZrO_2－Y_2O_3－La_2O_3、ZrO_2－HfO_2－Y_2O_3－La_2O_3、HfO_2－Y_2O_3、CeO_2－Y_2O_3、$Gd_2Zr_2O_7$、$Sm_2Zr_2O_7$、$LaMnAl_{11}O_{19}$、YTa_3O_9、$Y_{0.7}La_{0.3}Ta_3O_9$、$Y_{1.08}Ta_{2.76}Zr_{0.24}O_9$、$Y_2Ti_2O_7$、$LaTa_3O_9$、$Yb_2Si_2O_7$、$Y_2Si_2O_7$、$Ti_3O_5$等が挙げられる。

[0064] ここで、多孔質セラミック構造体１０の第１製造方法及び第２製造方法について、図８～図１０を参照しながら説明する。

[0065] 最初に、第１製造方法について説明する。先ず、図８のステップＳ１において、上述した多孔質セラミック粒子１６の構成材料の粉末に、造孔材、バ

インダー、可塑剤、溶剤を加えて混合し、成形用スラリー３６（図９参照）を調製する。

[0066] その後、ステップＳ２において、成形用スラリー３６に、真空脱泡処理を施すことにより、粘度を調整した後、テープ成形を行って成形体３０（グリーンシート）を作製する（成形体作製工程）。例えば図９に示すドクターブレード装置３２のセラミック離型用のポリエステルフィルム３４上に成形用スラリー３６を投入し、ドクターブレード３８によって焼成後の厚さが規定の厚みとなるように成形体３０（グリーンシート）を作製する。

[0067] その後、図８のステップＳ３において、成形体３０（グリーンシート）をポリエステルフィルム３４から剥離して回収する。セラミック離型用のポリエステルフィルム３４は、表面が鏡面となっているため、成形体３０の表面のうち、ポリエステルフィルム３４が剥離された面（以下、剥離面３０ａと記す）も鏡面となる。

[0068] その後、ステップＳ４において、回収した成形体３０を焼成して、シート状の焼結体４０を得る（焼成工程）。次いで、ステップＳ５において、シート１２上に焼結体４０を貼着する（貼着工程）。上述したように、成形体３０の剥離面３０ａが鏡面となっているため、焼成処理の焼結体４０の端面４０ａ（剥離面３０ａであった面）も鏡面となっている。従って、シート１２に焼結体４０の端面４０ａを貼着することで、焼結体４０はシート１２に強固に貼着されることになる。

[0069] その後、ステップＳ６において、焼結体４０を複数の多孔質セラミック粒子１６に分割する（分割工程）。これによって、１つのシート１２と、シート１２上に貼着され、複数の多孔質セラミック粒子１６による多孔質セラミック集合体１４とを有する多孔質セラミック構造体１０を得る。なお、焼成工程後の焼結体４０あるいは分割工程後の多孔質セラミック粒子１６に対して表面改質処理を行ってもよい。表面改質処理は、多孔質セラミック粒子１６への接着剤等の樹脂材１８（マトリックス：図１１Ｃ及び図１２参照）の浸透の程度を制御する処理（主に、浸透しづらくする処理）である。

[0070] 上述のステップＳ６における分割工程は、焼結体４０を複数の小片、すなわち、複数の多孔質セラミック粒子１６に分割する。もちろん、分割工程は、焼結体４０に刃物を押し当てて切る（割る）ことで複数の多孔質セラミック粒子１６に分割したり、焼結体４０をレーザーで切断して複数の多孔質セラミック粒子１６に分割する等、様々な方法で分割することができる。この場合、焼結体４０がシート１２に強固に貼着されていることから、分割の際に、焼結体４０や多孔質セラミック粒子１６がシート１２から剥離することが防止される。

[0071] 次に、第２製造方法について図１０を参照しながら説明する。この第２製造方法は、ステップＳ１０１～Ｓ１０３において、上述したステップＳ１～Ｓ３と同様に、成形用スラリー３６の調製、成形体３０の作製、成形体３０の回収を行う。

[0072] その後、ステップＳ１０４において、レーザ加工やプレス加工を行って、成形体３０の上面から複数の切り込み４２を形成する。

[0073] その後は、ステップＳ１０５～Ｓ１０７において、上述したステップＳ４～Ｓ６と同様に、回収した成形体３０を焼成して、シート状の焼結体４０を得、シート１２への焼結体４０の貼着、複数の多孔質セラミック粒子１６への分割を行う。

[0074] これによって、１つのシート１２と、シート１２上に貼着され、複数の多孔質セラミック粒子１６による多孔質セラミック集合体１４とを有する多孔質セラミック構造体１０を得る。なお、この第２製造方法においても、焼成工程後の焼結体４０あるいは分割工程後の多孔質セラミック粒子１６に対して上述した表面改質処理を行ってもよい。

[0075] 次に、多孔質セラミック構造体１０を用いて１つのバルク体２０を構成する方法について図１１Ａ～図１１Ｃ及び図１２を参照しながら説明する。

[0076] 先ず、図１１Ａに示すように、対象物２２上に接着剤４４を塗布する。対象物２２に塗布された接着剤４４上に、多孔質セラミック構造体１０を設置する。この場合、対象物２２上の接着剤４４と多孔質セラミック集合体１４

とを対向させて多孔質セラミック構造体１０を設置する。

[0077] 図１１Ｂに示すように、例えばシート１２を加熱して、シート１２を剥がすことで、対象物２２の接着剤４４上に多孔質セラミック集合体１４を転写する。

[0078] その後、図１１Ｃ及び図１２に示すように、多孔質セラミック集合体１４の全体を接着剤等の樹脂材１８（マトリックス）でコートすることでバルク体２０とする。すなわち、対象物２２上にバルク体２０が貼着されることになる。

[0079] 従来は、図１３Ａに示すように、スラリー５０に添加する粒子５２が小さいため、スラリー５０に粒子５２を均一に分散させることが困難である。そのため、図１３Ｂに示すように、スラリー５０を固化してバルク体５４としたとき、スラリー５０の固化による接着剤５６中に複数の粒子５２が均一に分散しないことから、粒子５２よりも熱伝導率が高い接着剤５６のみの領域５８が多く存在することになり、バルク体５４の低熱伝導率化が不十分となる。

[0080] これに対して、本実施の形態では、シート１２上に貼着された複数の多孔質セラミック粒子１６による多孔質セラミック集合体１４を有する多孔質セラミック構造体１０を対象物２２に貼着し、その後、シート１２を剥がして、対象物２２上に多孔質セラミック集合体１４を転写し、該多孔質セラミック集合体１４を接着剤等の樹脂材１８（マトリックス）でコートすることによってバルク体２０を構成するようにしている。

[0081] そのため、樹脂材１８中に、複数の多孔質セラミック粒子１６を均一に分散配置することができる。しかも、多孔質セラミック粒子１６よりも熱伝導率が高い樹脂材１８のみの領域が狭くなることから、バルク体２０の熱伝導率を低く抑えることができる。しかも、バルク体２０間での熱伝導率の均一化も図ることができ、バルク体２０を配置する箇所に応じてバルク体２０を変更する必要がなく、配置工程の簡略化、工数の削減化を図ることができる。

[0082] また、シート１２に貼着された焼結体４０を複数の多孔質セラミック粒子１６に分割するようにしたので、従来の場合と異なり、対象物２２上に複数の多孔質セラミック粒子１６を均一に配置することができる。しかも、対象物２２の表面が不定形（反り等）であったり、曲面状であった場合でも、対象物２２の表面形状に沿って複数の多孔質セラミック粒子１６を配置することが容易になり、設計の自由度を向上させることができる。また、多孔質セラミック構造体１０を、シート１２と、該シート１２に貼着された複数の多孔質セラミック粒子１６を有する多孔質セラミック集合体１４にて構成したので、多孔質セラミック構造体１０のハンドリングが容易になり、しかも、対象物２２上に複数の多孔質セラミック粒子１６を転写する作業も簡単になる。これは、製造工程の簡略化を図る上で有利である。

[0083] シート１２の粘着力（ＪＩＳ　Ｚ０２３７）は１．０Ｎ／１０ｍｍ以上、引張伸度（ＪＩＳ　Ｋ７１２７）は０．５％以上、厚みは５ｍｍ以下であることが好ましい。これにより、以下の効果を奏することができる。

（ａ） 粘着力が高いほど多孔質セラミック粒子１６を強固に固定することができる。

（ｂ） 引張伸度が高いほど曲面に追従させることができる。

（ｃ） 厚みが薄いほど曲面に追従させやすい。

[0084] シート１２の粘着力は、より詳しくは、以下の通りである。すなわち、多孔質セラミック粒子１６の保持時の粘着力は１．０Ｎ／１０ｍｍ以上、多孔質セラミック粒子１６の剥離時の粘着力は０．１Ｎ／１０ｍｍ以下である。

[0085] シート１２の粘着力の評価方法は、粘着テープの粘着力の評価方法と同じであり、ステンレス板にシート１２を貼り付け、シート１２を１８０°又は９０°に引っ張り、シート１２がステンレス板から剥がれるときの力を粘着力とする。

[0086] また、シート１２は基材（支持体）に接着剤が塗布されて構成されている。この場合、基材の種類としては、以下のように選択することが好ましい。

[0087] すなわち、平面形状の対象物２２上に多孔質セラミック粒子１６を転写す

る場合は、基材としてフィルム、金属箔、紙等を用いることが好ましい。シート１２の基材が硬めなので、平面形状の対象物２２に対してシート１２を皺なく成膜することが可能となる。

[0088] 曲面（凸面、凹面、凹凸面）形状の対象物２２上に多孔質セラミック粒子１６を転写する場合は、基材として布、ゴムシート、発泡体等を用いることが好ましい。シート１２の基材が柔らかく伸縮性があるので、シート１２を曲面形状に追従して成膜することが可能となる。

[0089] また、このシート１２は、熱や水、溶剤、光（紫外光）、マイクロ波を作用させることで、粘着力が弱くなり、容易に剥がすことが可能である。このとき、シート１２の粘着力は、対象物２２と多孔質セラミック構造体１０間に用いた接着剤４４よりも弱いことが好ましい。

実施例

[0090] 実施例１、２に係る多孔質セラミック構造体１０、参考例１、２に係る多孔質セラミック構造体並びに比較例１及び２に係る多孔質セラミック構造体を使用して、それぞれバルク体２０を構成した場合の各バルク体２０の熱伝導率、曲面への追従のし易さを確認した。

[0091]（実施例１）

多孔質セラミック構造体１０を構成する複数の多孔質セラミック粒子１６として、それぞれ気孔率が６０％、厚みが６０μｍの多孔質セラミック粒子１６を使用し、上述した第１製造方法に準じて実施例１に係るバルク体２０を作製した。すなわち、先ず、シート１２と、該シート１２の１つの面に貼着された複数の多孔質セラミック粒子１６とを有する多孔質セラミック構造体１０を使用した。そして、対象物２２に接着剤４４（熱伝導率２Ｗ／ｍＫ）を塗布した後、上記シート１２を使って、対象物２２の接着剤４４上に複数の多孔質セラミック粒子１６を転写し、熱をかけることでシート１２を剥がした。その上から樹脂材１８（マトリックス）を塗布した後、樹脂材１８を固化して、対象物２２の表面にバルク体２０を設置した。

[0092] ＜多孔質セラミック構造体１０の作製＞

実施例１において、気孔率測定用の多孔質セラミック構造体１０とバルク体用の多孔質セラミック構造体１０を以下のようにして作製した。これは、後述する実施例２、参考例１、２、比較例１及び比較例２についても同様である。

[0093] 先ず、イットリア部分安定化ジルコニア粉末に、造孔材（ラテックス粒子あるいはメラミン樹脂粒子）、バインダーとしてのポリビニルブチラール樹脂（ＰＶＢ）、可塑剤としてのＤＯＰ（フタル酸ジオクチル）、溶剤としてのキシレン及び１－ブタノールを加え、ボールミルにて３０時間混合し、成形用スラリー３６を調製した。この成形用スラリー３６に、真空脱泡処理を施すことにより、粘度を４０００ｃｐｓに調整した後、ドクターブレード装置３２によって焼成後の厚さが６０μｍとなるように成形体３０（グリーンシート）を作製した。その後、この成形体３０を１１００℃、１時間にて焼成して焼結体４０とした。その後、シート１２の上面に焼結体４０を貼着した。さらに、焼結体４０を分割して複数の多孔質セラミック粒子１６を作製した。すなわち、シート１２上に複数の多孔質セラミック粒子１６からなる多孔質セラミック集合体１４が貼着された多孔質セラミック構造体１０を作製した。

[0094] シート１２上の多孔質セラミック集合体１４の平面形状は、縦１００ｍｍ、横１００ｍｍの正方形状であり、多孔質セラミック構造体１０は、シート１２上に約４００００個の多孔質セラミック粒子１６が配列された形態となっている。

[0095] 実施例１に係る多孔質セラミック構造体１０は、多孔質セラミック集合体１４内に含まれる多孔質セラミック粒子１６の角部の個数に対して、ある多孔質セラミック粒子１６の角部と対向する他の多孔質セラミック粒子１６が２個である箇所の角部の個数の割合Ｆａが９０％であった。

[0096]（実施例２）

多孔質セラミック構造体１０として、上記割合Ｆａが８０％である点以外は、実施例１と同様にして実施例２に係るバルク体２０を作製した。

[0097] （参考例１）

多孔質セラミック構造体１０として、上記割合Ｆａが７０％である点以外は、実施例１と同様にして参考例１に係るバルク体２０を作製した。

[0098] （参考例２）

多孔質セラミック構造体１０として、上記割合Ｆａが５０％である点以外は、実施例１と同様にして参考例２に係るバルク体２０を作製した。

[0099] （比較例１）

多孔質セラミック構造体１０として、ある多孔質セラミック粒子１６の角部と対向する他の多孔質セラミック粒子１６が２個である箇所（すなわち、交差部Ｃａ）が存在せず、複数の多孔質セラミック粒子１６が格子状に配置された多孔質セラミック構造体を使用した点以外は、実施例１と同様にして比較例１に係るバルク体２０を作製した。

[0100] （比較例２）

図１３Ａに示すように、気孔率が９０％、粒径が５０μｍの粒子５２（市販の多孔質セラミック粒子）と、ポリスチレン樹脂微粒子及び水を含むスラリー５０を調製した後、型に流し込み、乾燥後、焼成、固化して比較例２に係るバルク体５４を作製した。

[0101] ［計測方法、測定方法及び評価基準］

＜気孔率の計測＞

実施例１、２、参考例１、２及び比較例１については、気孔率測定用の多孔質セラミック構造体１０を構成する複数の多孔質セラミック粒子１６から無作為に１０個の多孔質セラミック粒子１６を選んで樹脂に埋込み、電子顕微鏡にて多孔質セラミック粒子１６を観察することができる観察箇所まで研磨して、樹脂埋め研磨面とした。そして、この樹脂埋め研磨面に対して電子顕微鏡観察（画像解析）を行った。画像解析より、１０個の多孔質セラミック粒子１６の各気孔率を算出し、１０個分の多孔質セラミック粒子１６の平均値を多孔質セラミック粒子１６の気孔率とした。

[0102] ＜平均気孔径の計測＞

多孔質セラミック粒子１６の平均気孔径を、株式会社島津製作所の自動ポロシメータ（商品名「オートポア９２００」）を使用して計測した。

[0103] ＜バルク体２０の熱伝導率測定方法及び評価基準＞

先ず、水銀ポロシメータでバルク体２０の密度を測定した。次に、ＤＳＣ（Ｄｉｆｆｅｒｅｎｔｉａｌ　Ｓｃａｎｎｉｎｇ　Ｃａｌｏｒｉｍｅｔｅｒ）法でバルク体２０の比熱を測定した。次に、レーザーフラッシュ法でバルク体２０の熱拡散率を測定した。その後、熱拡散率×比熱×密度＝熱伝導率の関係式から、バルク体２０の熱伝導率を算出し、以下の評価基準に基づいて、実施例１、２、参考例１、２並びに比較例１及び２を評価した。

Ａ：０．９Ｗ／ｍＫ以下

Ｂ：１．０Ｗ／ｍＫ以上１．４Ｗ／ｍＫ以下

Ｃ：１．５Ｗ／ｍＫ以上１．９Ｗ／ｍ以下

Ｄ：２．０Ｗ／ｍＫ以上

[0104] ［対象物２２の曲面への追従のし易さの評価］

対象物２２上に存在する多孔質セラミック粒子１６のうち、周辺部が浮いている多孔質セラミック粒子１６の個数Ｎｂを光学顕微鏡で確認し、シート１２上の多孔質セラミック粒子１６の全個数Ｎｚに対する個数Ｎｂの割合、すなわち、（個数Ｎｂ／全個数Ｎｚ）×１００（％）を求めた。そして、以下の評価基準に基づいて、実施例１、２、参考例１、２、比較例１を評価した。なお、比較例２は、接着剤５６中に粒径が５０μｍの粒子５２を含むバルク体５４であって、粒子５２が対象物２２に貼着される性質のものでないため、この追従のし易さの評価から外した。

Ａ：３％未満

Ｂ：３％以上５％未満

Ｃ：５％以上１０％未満

Ｄ：１０％以上

[0105] ＜評価結果＞

実施例１及び２、参考例１及び２並びに比較例１及び２の内訳及び評価結

果を下記表１に示す。

[0106] [表1]

	構成	熱伝導率の低さ	曲面への追従のし易さ
実施例1	Na／(Nz－Ne)×100＝90%	A	A
実施例2	Na／(Nz－Ne)×100＝80%	A	B
参考例1	Na／(Nz－Ne)×100＝70%	B	C
参考例2	Na／(Nz－Ne)×100＝50%	B	C
比較例1	交差部Caなし(格子状)	C	D
比較例2	粒径が50μmの粒子が接着剤中に分散	D	－

[0107] 表１からわかるように、比較例２は、熱伝導率が２．０Ｗ／ｍＫ以上と高かった。これは、比較例２に係るバルク体５４は、接着剤５６のみの領域５８が多く存在したことから、熱伝導率が高くなったものと考えられる。比較例１も、熱伝導率が１．５Ｗ／ｍＫ以上と高かった。これは、比較例１に係るバルク体５４は、対向する複数の多孔質セラミック粒子１６間の通路が多孔質セラミック集合体１４全体にわたって直線的に延在する形態となっているため、樹脂材１８を伝達する熱が伝わり易くなったものと考えられる。

[0108] これに対して、実施例１、２、参考例１及び２は、いずれも熱伝導率が１．４Ｗ／ｍＫ以下と低く、特に、実施例１及び２は、熱伝導率が０．９Ｗ／ｍＫと非常に低かった。これは、対向する複数の多孔質セラミック粒子１６間の通路が複雑に分岐した状態になるため、樹脂材１８を伝達する熱が伝わりにくくなり、熱伝導率の低下が促進されたものと考えられる。

[0109] 実施例１、２、参考例１及び２、並びに比較例１のうち、対象物２２の曲面への追従し易さでは、実施例１及び２についての評価が高く、実施例１が最も評価が高かった。参考例１及び２は、割合Ｆａが８０％未満であったことから、交差部Ｃａ及びＣｂの個数が少なく、対象物２２の表面への追従性が低下したものと考えられる。

[0110] なお、本発明に係る多孔質セラミック構造体は、上述の実施の形態に限ら

ず、本発明の要旨を逸脱することなく、種々の構成を採り得ることはもちろんである。

[0111] 上述の例では、バルク体２０を作製する際に、樹脂材１８で多孔質セラミック集合体１４をコートしたが、その他、樹脂材１８で多孔質セラミック集合体１４の一部をコートしてバルク体２０としてもよいし、樹脂材１８を使用せずに、対象物２２に多孔質セラミック集合体１４を設置しただけでバルク体２０としてもよい。

請求の範囲

[請求項1] 少なくとも複数の多孔質セラミック粒子（１６）にて構成された多孔質セラミック集合体（１４）を有し、

前記多孔質セラミック集合体（１４）内に含まれる前記多孔質セラミック粒子（１６）の角部の個数に対して、ある多孔質セラミック粒子（１６）の角部と対向する他の多孔質セラミック粒子（１６）が２個である箇所の角部の個数の割合が８０％以上であることを特徴とする多孔質セラミック構造体。

[請求項2] 請求項１記載の多孔質セラミック構造体において、

前記多孔質セラミック集合体（１４）に含まれる全ての前記多孔質セラミック粒子（１６）の角部の合計をＮｚ、前記多孔質セラミック集合体（１４）のうち、ある多孔質セラミック粒子（１６）の角部と対向する他の多孔質セラミック粒子（１６）が２個である箇所の角部の個数をＮａ、前記多孔質セラミック集合体（１４）の周囲に位置する角部の数をＮｅとしたとき、

Ｎａ／（Ｎｚ－Ｎｅ）×１００（％）≧８０（％）

であることを特徴とする多孔質セラミック構造体。

[請求項3] 請求項２記載の多孔質セラミック構造体において、

Ｎａ／（Ｎｚ－Ｎｅ）×１００（％）≧９０（％）

であることを特徴とする多孔質セラミック構造体。

[請求項4] 請求項１～３のいずれか１項に記載の多孔質セラミック構造体において、

１つのシート（１２）と、

前記シート（１２）上に貼着された前記多孔質セラミック集合体（１４）とを有することを特徴とする多孔質セラミック構造体。

[請求項5] 請求項１～４のいずれか１項に記載の多孔質セラミック構造体において、

前記多孔質セラミック粒子（１６）の気孔率が２０～９９％である

ことを特徴とする多孔質セラミック構造体。

[請求項6] 請求項１～５のいずれか１項に記載の多孔質セラミック構造体において、

前記多孔質セラミック粒子（１６）の平均気孔径が５００ｎｍ以下であることを特徴とする多孔質セラミック構造体。

[請求項7] 請求項１～６のいずれか１項に記載の多孔質セラミック構造体において、

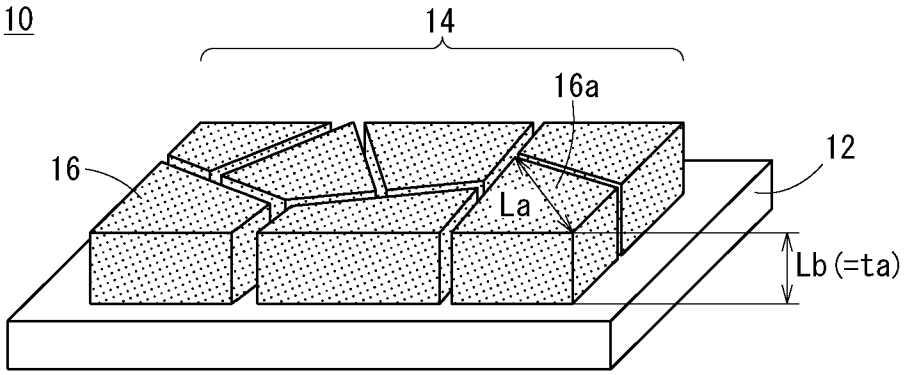
前記多孔質セラミック粒子（１６）の熱伝導率が１．５Ｗ／ｍＫ未満であることを特徴とする多孔質セラミック構造体。

[請求項8] 請求項１～７のいずれか１項に記載の多孔質セラミック構造体において、

前記多孔質セラミック粒子（１６）の熱容量が１０００ｋＪ／m^3Ｋ以下であることを特徴とする多孔質セラミック構造体。

[図1]

FIG. 1



[図2]

FIG. 2C

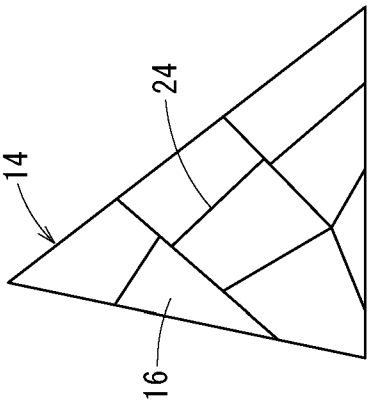


FIG. 2B

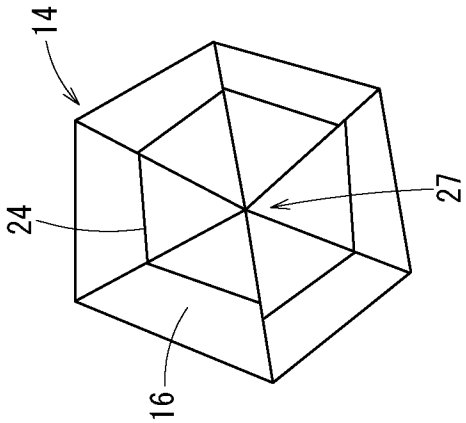
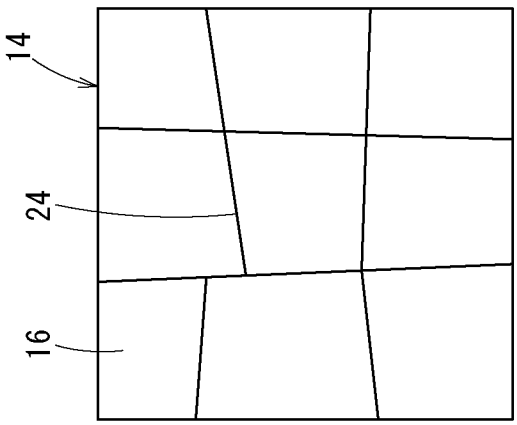


FIG. 2A



[図3]

FIG. 3A

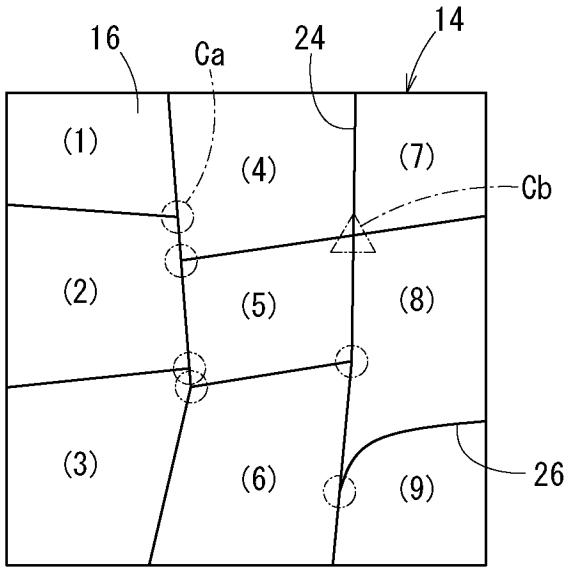
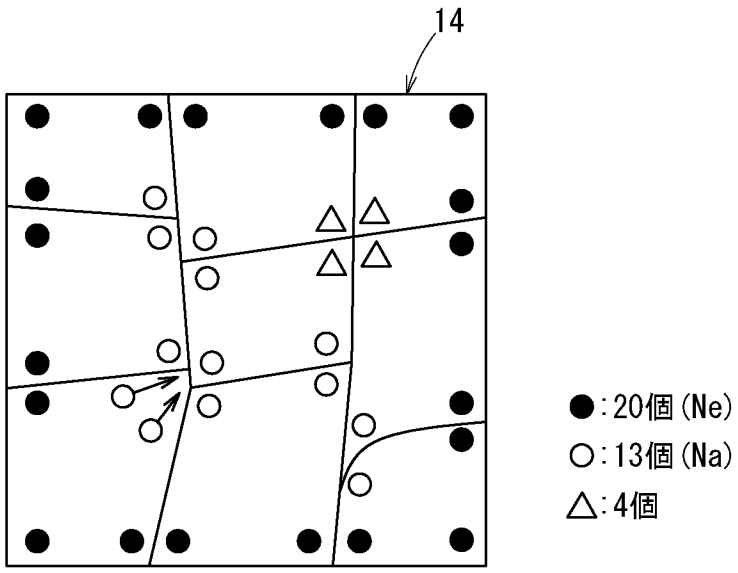


FIG. 3B



[図4]

FIG. 4A

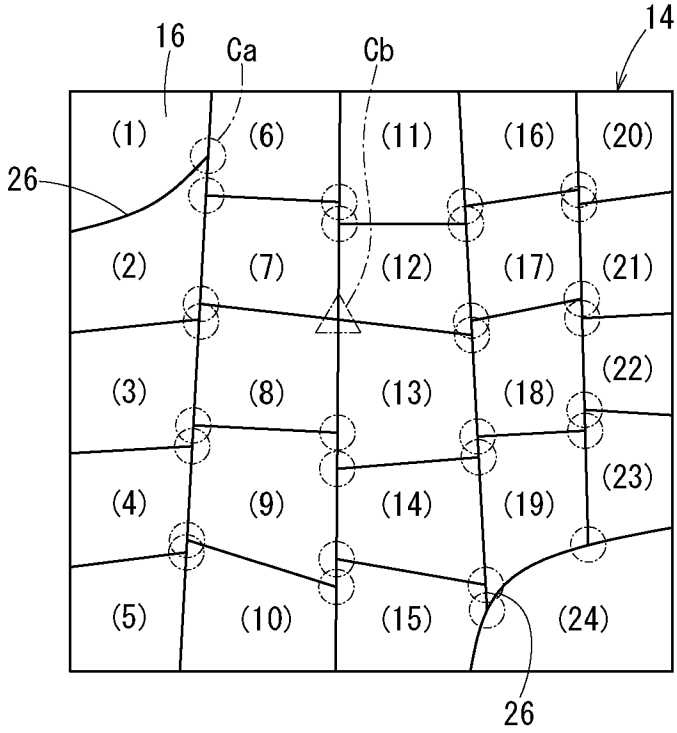
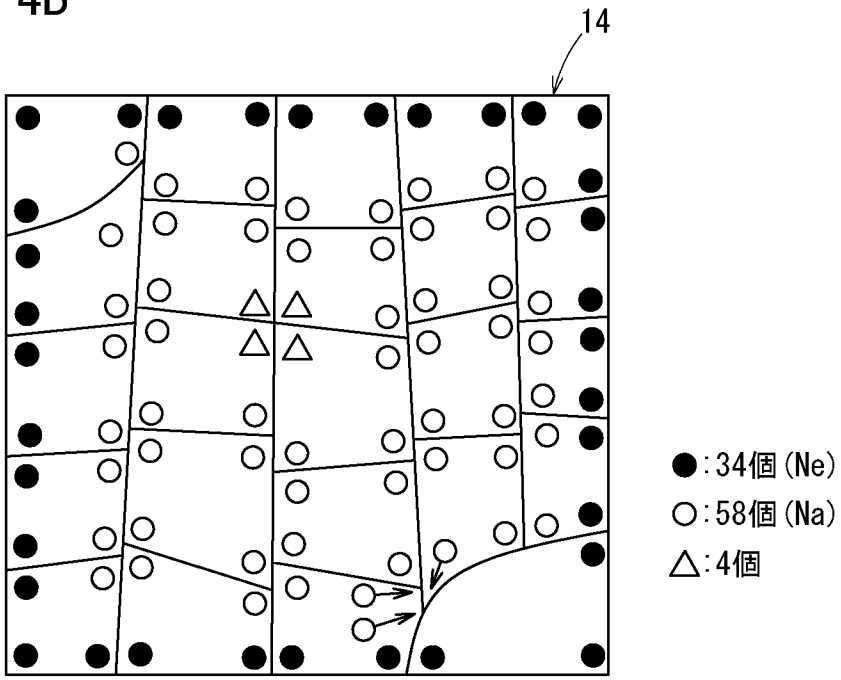


FIG. 4B



[図5]

FIG. 5A

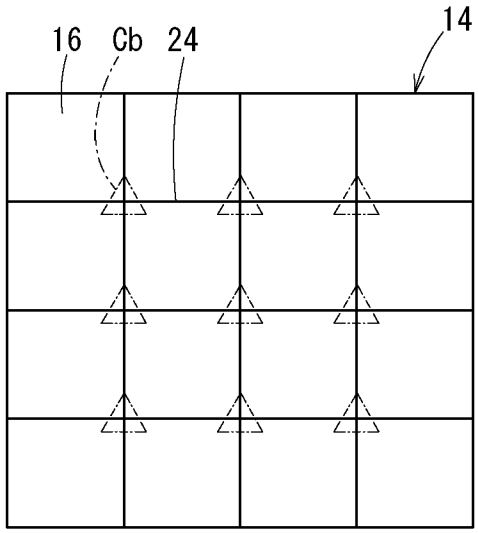
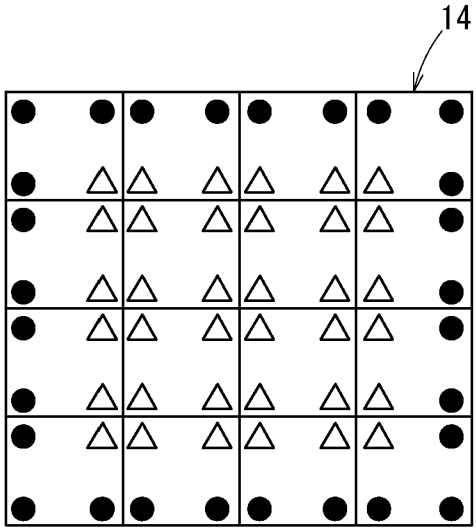


FIG. 5B



[図6]

FIG. 6A

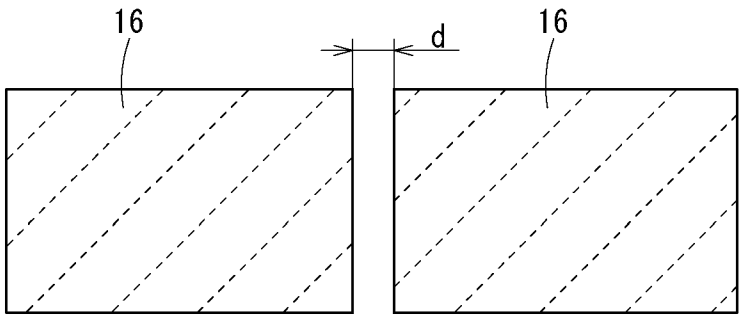


FIG. 6B

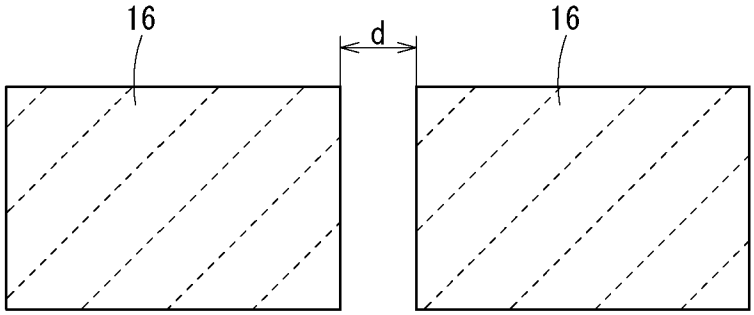
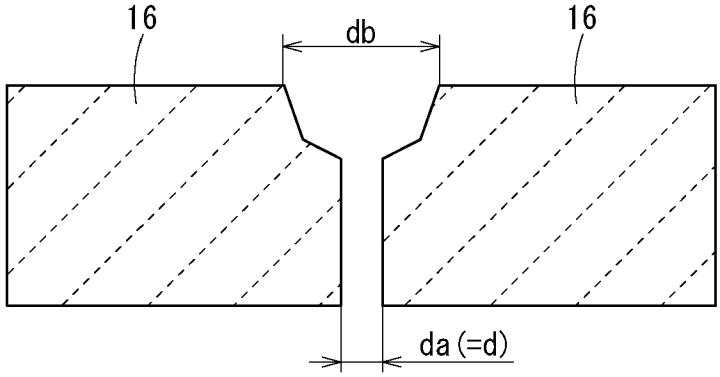


FIG. 6C



[図7]

FIG. 7A

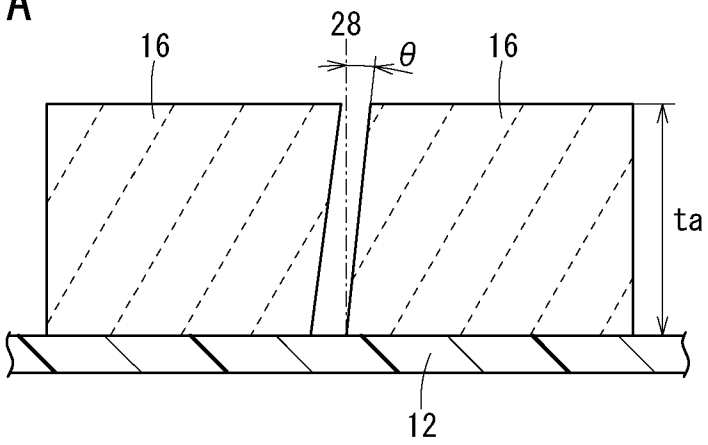


FIG. 7B

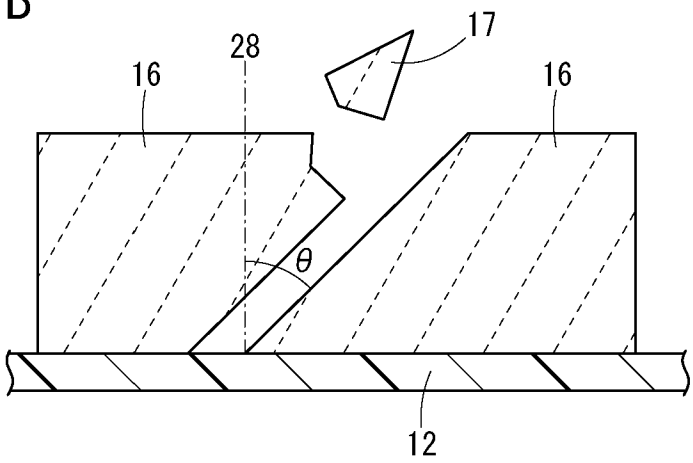
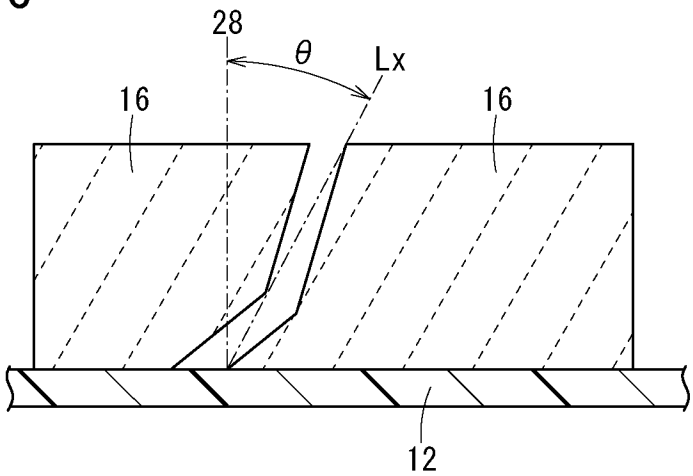
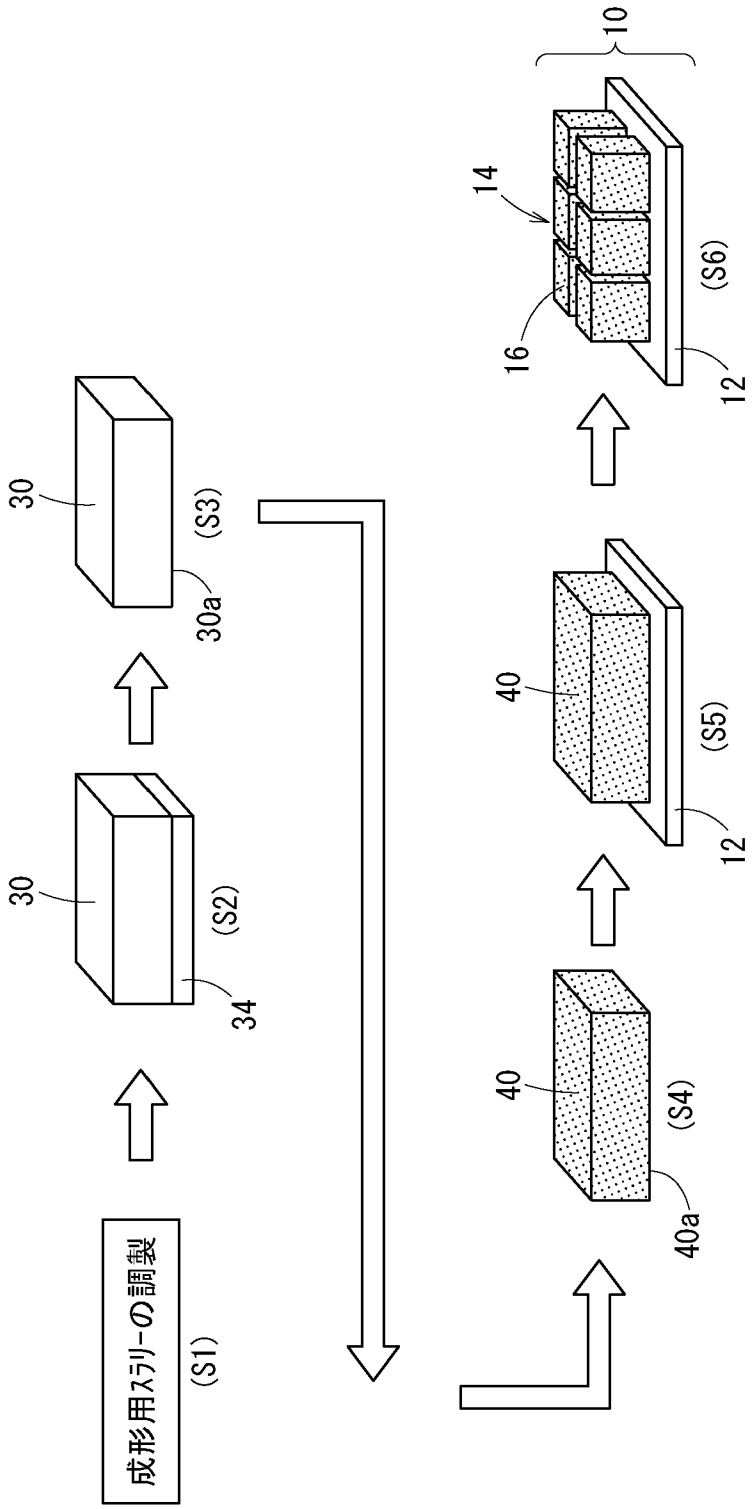


FIG. 7C



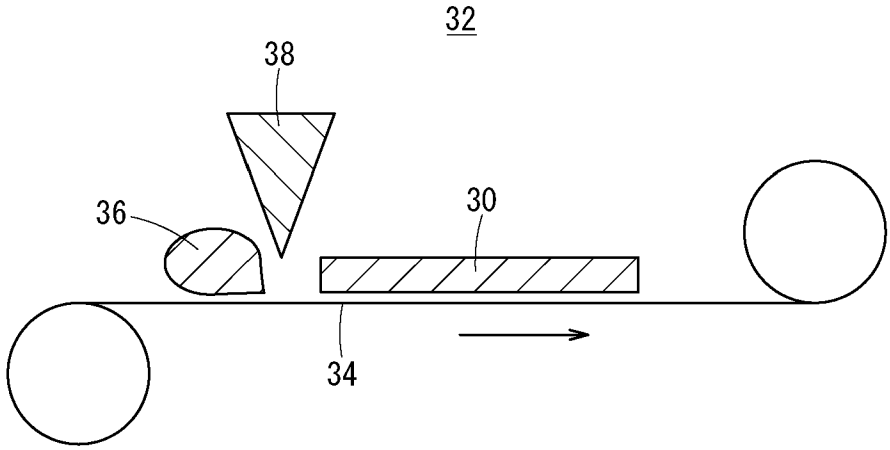
[図8]

FIG. 8



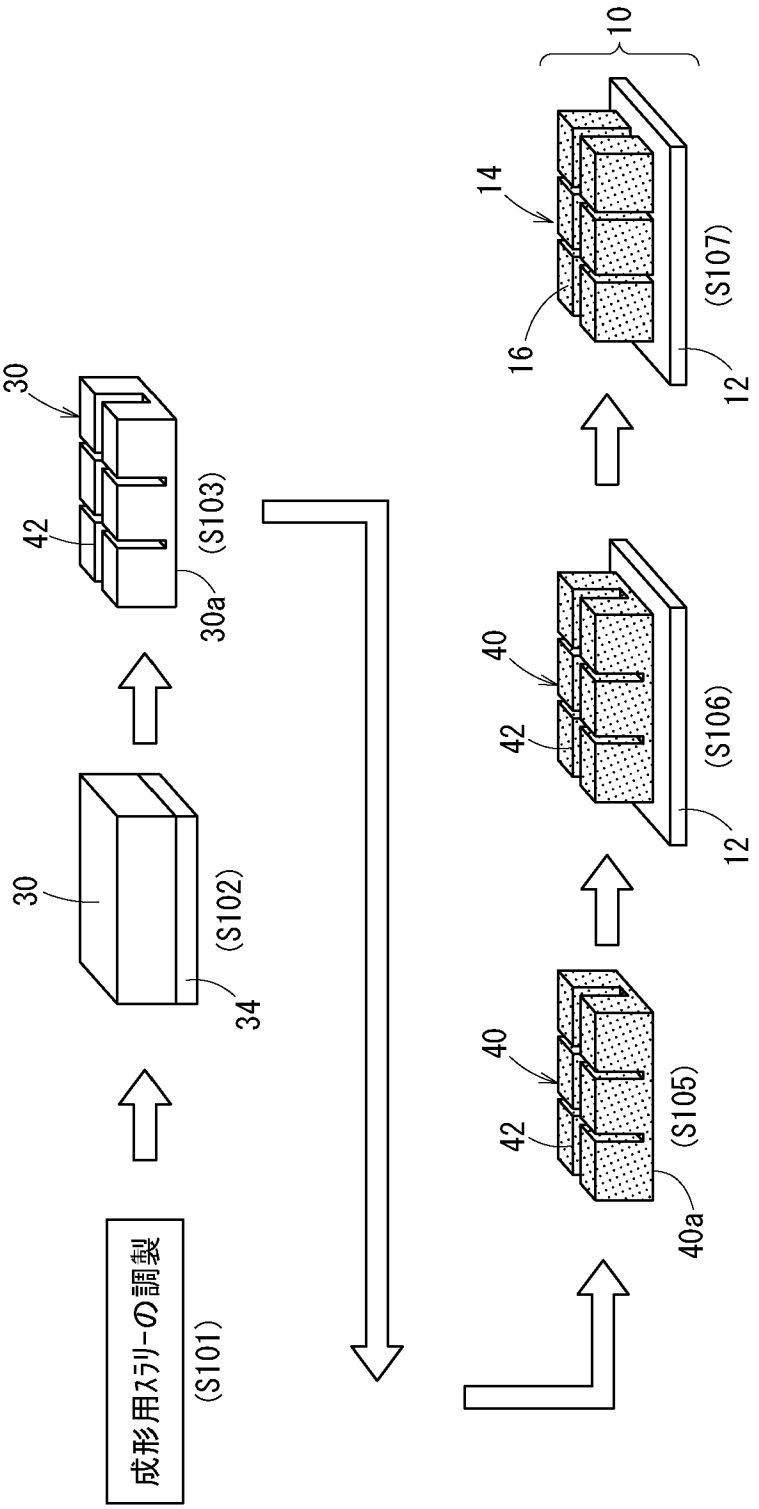
[図9]

FIG. 9



[図10]

FIG. 10


成形用スラリーの調製
(S101)
30
34
(S102)
30
42
30a
(S103)
40
42
40a
(S105)
40
42
12
(S106)
14
16
12
(S107)
10

[図11]

FIG. 11A

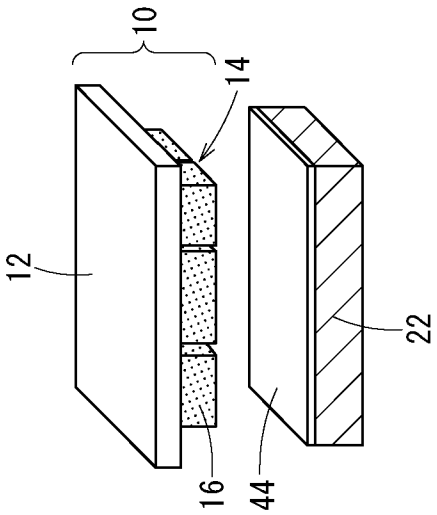


FIG. 11B

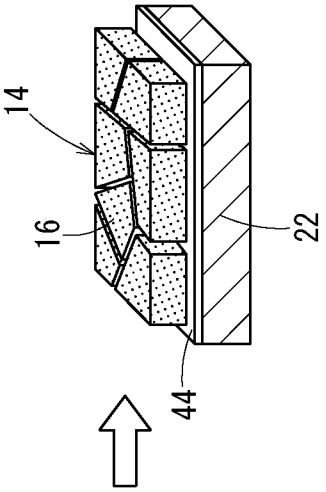
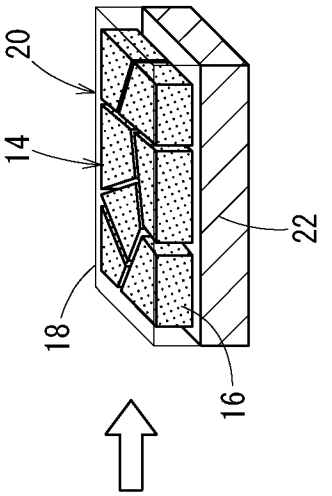
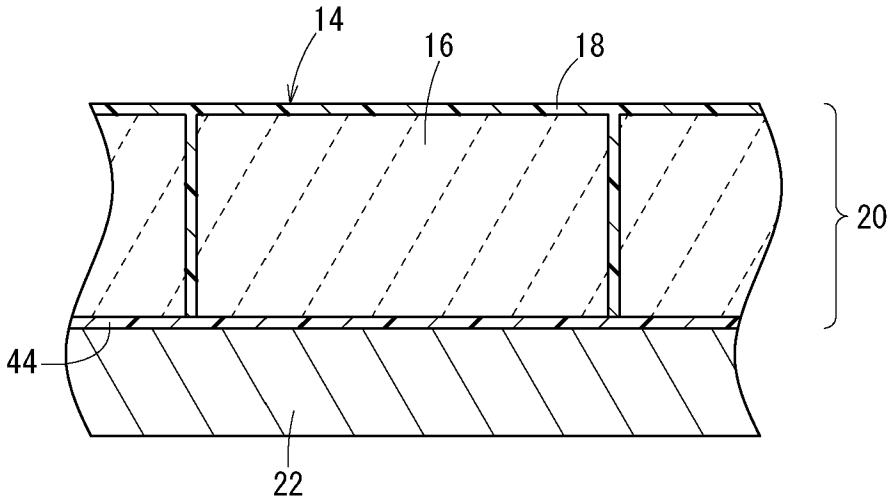


FIG. 11C



[図12]

FIG. 12



[図13]

FIG. 13A

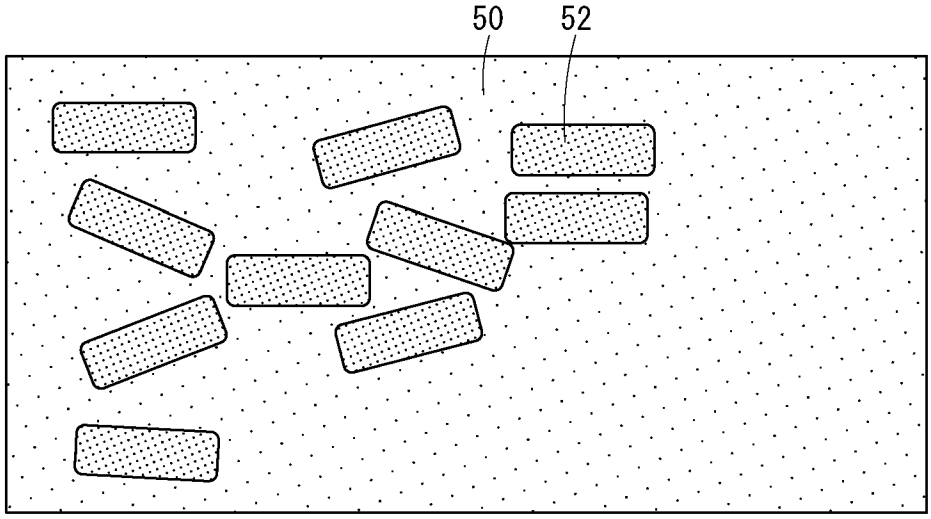
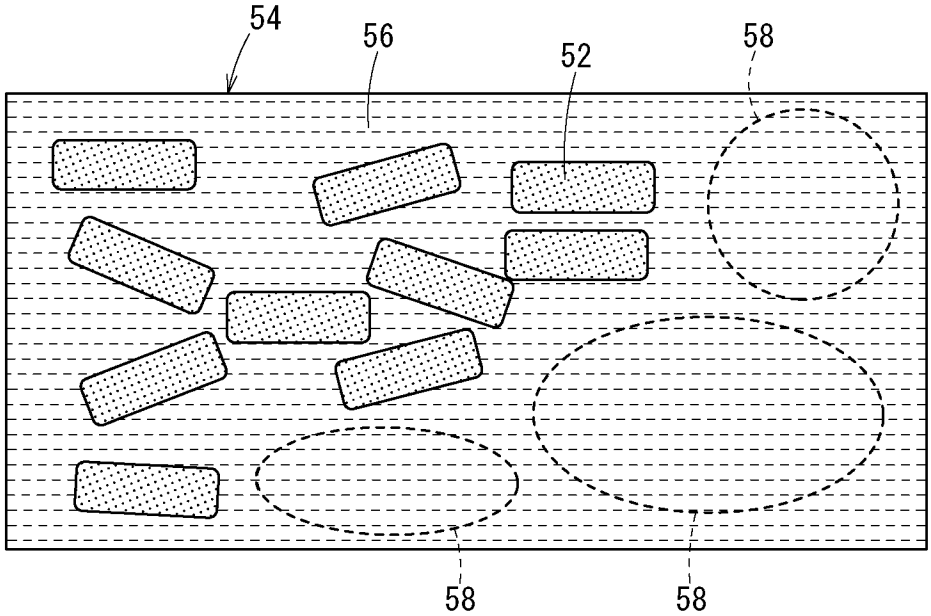


FIG. 13B



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2016/066507

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C04B38/00(2006.01)i, *B28B11/14*(2006.01)i, *C04B35/48*(2006.01)i, *C04B38/06*(2006.01)i, *C04B41/83*(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)
C04B38/00, B28B11/14, C04B35/48, C04B38/06, C04B41/83

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 1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2016 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2016

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 54-13621 A (Kubota Tekko Kabushiki Kaisha), 01 February 1979 (01.02.1979), claims; fig. 6 (Family: none)	1-8
A	JP 2014-503367 A (3M Innovative Properties Co.), 13 February 2014 (13.02.2014), claims; fig. 1B & US 2013/0212952 A1 fig. 1B; claims & WO 2012/061033 A2 & EP 2635406 A & CN 103189164 A	1-8

☐ 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	Date of mailing of the international search report
22 July 2016 (22.07.16)	02 August 2016 (02.08.16)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3,Kasumigaseki,Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915,Japan	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１６／０６６５０７

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C04B38/00(2006.01)i, B28B11/14(2006.01)i, C04B35/48(2006.01)i, C04B38/06(2006.01)i, C04B41/83(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　C04B38/00, B28B11/14, C04B35/48, C04B38/06, C04B41/83

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	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２０１６年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１６年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１６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）

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580（JDreamIII）

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 54-13621 A（久保田鉄工株式会社） 1979.02.01, 特許請求の範囲、第６図 （ファミリーなし）	1-8
A	JP 2014-503367 A（スリーエム　イノベイティブ　プロパティズ　カンパニー） 2014.02.13, ［特許請求の範囲］, ［図１Ｂ］ & US 2013/0212952 A1, FIG.1B, Claims & WO 2012/061033 A2 & EP 2635406 A & CN 103189164 A	1-8

☐　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	国際調査報告の発送日
２２．０７．２０１６	０２．０８．２０１６

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
郵便番号１００－８９１５
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

特許庁審査官（権限のある職員）　４Ｔ　５７９４
浅野　昭
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３４６５