

(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
2012年6月28日(28.06.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/086815 A1

- (51) 国際特許分類:
B01D 53/86 (2006.01) *F01N 3/20* (2006.01)
B01J 35/02 (2006.01) *H05B 3/03* (2006.01)
B01J 35/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/079937
- (22) 国際出願日: 2011年12月22日(22.12.2011)
- (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 2010-288678 2010年12月24日(24.12.2010) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 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; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 野呂 貴志(NORO, Takashi) [JP/JP]; 〒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). 流田 和弥(NAGAREDA, Kazumi) [JP/JP]; 〒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). 渡邊 剛(WATANABE, Tsuyoshi) [JP/JP]; 〒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). 久野 修平(KUNO, Shuhei) [JP/JP]; 〒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). 伊藤 匡人(ITO, Tadato) [JP/JP]; 〒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).

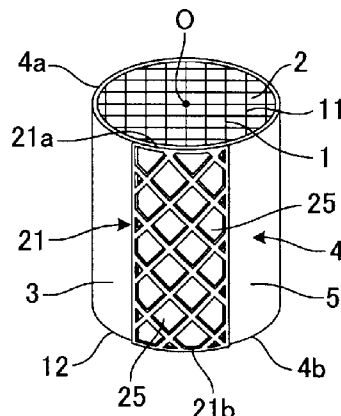
- (74) 代理人: 渡邊 一平(WATANABE, Kazuhira); 〒1110053 東京都台東区浅草橋3丁目20番18号 第8菊星タワービル3階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, 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, 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

[続葉有]

(54) Title: HONEYCOMB STRUCTURE

(54) 発明の名称: ハニカム構造体

【図1】



100

(57) Abstract: Disclosed is a honeycomb structure (100) which is provided with: a cylindrical honeycomb structure part (4) which has an outer circumferential wall (3) and a porous partition wall (1) that defines a plurality of cells (2); and a pair of electrode parts (21) that are arranged on a lateral surface (5) of the honeycomb structure part (4). The honeycomb structure part (4) has an electrical resistivity of 10-200 Ωcm . Each of the pair of electrode parts (21) is formed to have a band-like shape that extends in the direction in which the cells (2) extend. One electrode part (21) is arranged opposite to the other electrode part (21) with respect to the center of the honeycomb structure part (4) in a cross section that is perpendicular to the direction in which the cells (2) extend. Each electrode part (21) has a portion (25) which has a thickness that is 0-70% of the maximum thickness of the electrode part (21).

(57) 要約: 複数のセル2を区画形成する多孔質の隔壁1と外周壁3とを有する筒状のハニカム構造部4と、ハニカム構造部4の側面5に配設さ

れた一対の電極部21とを備え、ハニカム構造部4の電気抵抗率が10~200 Ωcm であり、一対の電極部21のそれぞれが、セル2の延びる方向に延びる帯状に形成され、セル2の延びる方向に直交する断面において、一方の電極部21が他方の電極部21に対して、ハニカム構造部4の中心を挟んで反対側に配設され、電極部21が、電極部21の最大厚さの0~70%の厚さである部分25を有するハニカム構造体100。

WO 2012/086815 A1



ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨー 添付公開書類:

ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
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).

明 細 書

発明の名称 : ハニカム構造体

技術分野

[0001] 本発明は、ハニカム構造体に関する。さらに詳しくは、触媒担体であると共に電圧を印加することによりヒーターとしても機能し、更に耐熱衝撃性に優れたハニカム構造体に関する。

背景技術

[0002] 従来、コージェライト製のハニカム構造体に触媒を担持したものを、自動車エンジンから排出された排ガス中の有害物質の処理に用いていた。また、炭化珪素質焼結体によって形成されたハニカム構造体を排ガスの浄化に使用することも知られている（例えば、特許文献1を参照）。

[0003] ハニカム構造体に担持した触媒によって排ガスを処理する場合、触媒を所定の温度まで昇温する必要がある。しかし、エンジン始動時には、触媒温度が低いため、排ガスが十分に浄化されないという問題があった。

[0004] そのため、触媒が担持されたハニカム構造体の上流側に、金属製のヒーターを設置して、排ガスを昇温させる方法が検討されている（例えば、特許文献2を参照）。

[0005] また、導電性セラミックスからなり両端部に電極が配設されたハニカム構造体を、ヒータ付触媒担体として使用することが開示されている（例えば、特許文献3を参照）。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特許第4 1 3 6 3 1 9号公報

特許文献2：特許第2 9 3 1 3 6 2号公報

特許文献3：特開平8－1 4 1 4 0 8号公報

発明の概要

[0007] 上記のような金属製のヒーターを、自動車に搭載して使用する場合、自動

車の電気系統に使用される電源が共通で使用され、例えば200Vという高い電圧の電源が用いられる。しかし、金属製のヒーターは、電気抵抗が低い。そのため、上記のような高い電圧の電源を用いた場合、過剰に電流が流れる。その結果、電源回路を損傷させることがあるという問題があった。

[0008] また、ヒーターが金属製であると、仮にハニカム構造に加工したものであっても、触媒を担持し難い。そのため、ヒーターと触媒とを一体化させることは難しかった。

[0009] また、導電性セラミックスからなるハニカム構造体の両端部に電極を配設したヒータ付触媒担体は、電極が劣化し易く、抵抗値が上昇することがあった。これは、当該ヒータ付触媒担体を自動車に搭載して使用する際に、電極が、排ガスに直接暴露されるためである。

[0010] 本発明は、上述した問題に鑑みてなされたものであり、触媒担体であると共に電圧を印加することによりヒーターとしても機能し、更に耐熱衝撃性に優れたハニカム構造体を提供することを目的とする。

[0011] 本発明によれば、以下に示す、ハニカム構造体を提供される。

[0012] [1] 流体の流路となる一方の端面から他方の端面まで延びる複数のセルを区画形成する多孔質の隔壁と最外周に位置する外周壁とを有する筒状のハニカム構造部と、前記ハニカム構造部の側面に配設された一对の電極部とを備え、前記ハニカム構造部の電気抵抗率が、 $10 \sim 200 \Omega \cdot \text{cm}$ であり、前記一对の電極部のそれぞれが、前記ハニカム構造部のセルの延びる方向に延びる帯状に形成され、前記セルの延びる方向に直交する断面において、前記一对の電極部における一方の前記電極部が、前記一对の電極部における他方の前記電極部に対して、前記ハニカム構造部の中心を挟んで反対側に配設され、前記電極部が、前記電極部の最大厚さの $0 \sim 70\%$ の厚さである部分を有するものであるハニカム構造体。

[0013] [2] 前記電極部には、貫通孔が形成されている前記[1]に記載のハニカム構造体。

[0014] [3] 前記電極部の最大厚さは、 $0.025 \sim 3 \text{ mm}$ である前記[1]ま

たは〔２〕に記載のハニカム構造体。

[0015] 〔４〕 前記一对の電極部のそれぞれが、前記ハニカム構造部の両端部間に亘って形成された前記〔１〕～〔３〕のいずれかに記載のハニカム構造体。

[0016] 〔５〕 前記電極部の電気抵抗率が、 $0.01 \sim 100 \Omega \cdot \text{cm}$ である前記〔１〕～〔４〕のいずれかに記載のハニカム構造体。

[0017] 〔６〕 前記電極部の電気抵抗率よりも低い電気抵抗率をもつ導電体が、前記電極部の表面に設置された前記〔１〕～〔５〕のいずれかに記載のハニカム構造体。

[0018] 本発明のハニカム構造体は、ハニカム構造部の電気抵抗率が $10 \sim 200 \Omega \cdot \text{cm}$ である。そのため、電圧の高い電源を用いて電流を流しても、過剰に電流が流れず、ヒーターとして好適に用いることができる。また、本発明のハニカム構造体は、一对の電極部のそれぞれが、ハニカム構造部のセルの延びる方向に延びる帯状に形成されている。そして、本発明のハニカム構造体は、セルの延びる方向に直交する断面において、一对の電極部における一方の電極部が、一对の電極部における他方の電極部に対して、ハニカム構造部の中心を挟んで反対側に配設される。そのため、電圧を印加したときの温度分布の偏りを抑制することができる。更に、本発明のハニカム構造体は、「電極部が、この電極部の最大厚さの $0 \sim 70\%$ の厚さである部分を有するものである」ため、電極部の剛性が小さくなる。その結果、ハニカム構造体を内燃機関の排気システムに搭載して使用した際に、急激な温度変化があっても、ハニカム構造部に大きな応力が生じることを抑制することができる。

図面の簡単な説明

[0019] [図1]本発明のハニカム構造体の一の実施形態を模式的に示す斜視図である。

[図2]本発明のハニカム構造体の一の実施形態を模式的に示す正面図である。

[図3]本発明のハニカム構造体の一の実施形態の、セルの延びる方向に平行な断面を示す模式図である。

[図4]本発明のハニカム構造体の一の実施形態の、セルの延びる方向に直交する断面を示す模式図である。

[図5]本発明のハニカム構造体の他の実施形態を模式的に示す正面図である。

[図6]図5に示す領域Pを拡大して示す模式図である。

[図7]本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態を模式的に示す正面図である。

[図8]本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態を模式的に示す正面図である。

[図9]本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態を模式的に示す正面図である。

[図10]本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態を模式的に示す正面図である。

[図11]本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態を模式的に示す正面図である。

[図12]本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態を模式的に示す正面図である。

[図13]本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態を模式的に示す正面図である。

[図14A]本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態を模式的に示す正面図である。

[図14B]本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態を模式的に示す正面図である。

[図15]本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態の、セルの延びる方向に平行な断面を示す模式図である。

[図16]本発明のハニカム構造体の他の実施形態の、セルの延びる方向に直交する断面の一部を示す模式図である。

[図17]本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態を模式的に示す正面図である。

[図18]本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態を模式的に示す正面図である。

[図19]本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態の、セルの延びる方向に直交する断面を示す模式図である。

[図20]本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態を模式的に示す正面図である。

[図21]図20における、A-A'断面を示す模式図である。

[図22]本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態を模式的に示す側面図である。

[図23]本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態を模式的に示す正面図である。

発明を実施するための形態

[0020] 以下、本発明の実施の形態について説明するが、本発明は以下の実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、当業者の通常の知識に基づいて、以下の実施の形態に対し適宜変更、改良等が加えられたものも本発明の範囲に入ることが理解されるべきである。

[0021] [1] ハニカム構造体：

本発明のハニカム構造体の一の実施形態は、図1～図4に示すハニカム構造体100のように、多孔質の隔壁1と最外周に位置する外周壁3とを有する筒状のハニカム構造部4と、ハニカム構造部4の側面5に配設された一対の電極部21、21とを備えている。隔壁1は、「流体の流路となる、一方の端面11から他方の端面12まで延びる」複数のセル2を区画形成するものである。ハニカム構造体100は、ハニカム構造部4の電気抵抗率が、1～200Ωcmである。ハニカム構造体100の一対の電極部21、21のそれぞれは、ハニカム構造部4のセル2の延びる方向に延びる帯状に形成されている。ハニカム構造体100は、セル2の延びる方向に直交する断面において、一対の電極部21、21における一方の電極部21が、一対の電極部21、21における他方の電極部21に対して、ハニカム構造部4の中心Oを挟んで反対側に配設されている。更に、ハニカム構造体100は、電極部21が、この電極部21の最大厚さの0～70%の厚さである部分（肉薄

部 2 5) を有するものである。図 1 は、本発明のハニカム構造体の一の実施形態を模式的に示す斜視図である。図 2 は、本発明のハニカム構造体の一の実施形態を模式的に示す正面図である。図 3 は、本発明のハニカム構造体の一の実施形態の、セルの延びる方向に平行な断面を示す模式図である。図 4 は、本発明のハニカム構造体の一の実施形態の、セルの延びる方向に直交する断面を示す模式図である。なお、図 4 においては、隔壁が省略されている。

[0022] このように、本実施形態のハニカム構造体 1 0 0 は、ハニカム構造部 4 の電気抵抗率が $10 \sim 200 \Omega \cdot \text{cm}$ である。そのため、電圧の高い電源を用いて電流を流しても、過剰に電流が流れず、ヒーターとして好適に用いることができる。また、一对の電極部 2 1, 2 1 のそれぞれが、帯状に形成され、一方の電極部 2 1 が、他方の電極部 2 1 に対して、ハニカム構造部 4 の中心を挟んで反対側に配設されている。そのため、一对の電極部 2 1, 2 1 間に電圧を印加したときの、ハニカム構造部 4 の温度分布の偏りを抑制することができる。更に、ハニカム構造体 1 0 0 は、「電極部 2 1 が、電極部 2 1 の最大厚さの $0 \sim 70\%$ の厚さである部分を有するものである」ため、電極部 2 1 の剛性と外周壁 3 の剛性との差が小さくなる。その結果、ハニカム構造体を自動車に搭載して使用した際に、急加熱、急冷却があっても、ハニカム構造部 4 に大きな応力が生じることを抑制することができる。なお、一对の電極部 2 1, 2 1 は、ハニカム構造部 4 (隔壁 1、外周部 3) に電流を流すための電極である。

[0023] なお、「セル 2 の延びる方向に直交する断面において、一对の電極部 2 1, 2 1 における一方の電極部 2 1 が、一对の電極部 2 1, 2 1 における他方の電極部 2 1 に対して、ハニカム構造部 4 の中心 O を挟んで反対側に配設される」は、以下のように定義される。即ち、セル 2 の延びる方向に直交する断面において、線分 (A) と線分 (B) とにより形成される角度 β が、 $170^\circ \sim 190^\circ$ の範囲となるような位置関係になるように、一对の電極部 2 1, 2 1 がハニカム構造部 4 に配設されていることを意味する。上記線分 (

A) は、一方の電極部 2 1 の中央点（「ハニカム構造部 4 の周方向」における中央の点）とハニカム構造部 4 の中心 O とを結ぶ線分のことである。上記線分（B）は、他方の電極部 2 1 の中央点（「ハニカム構造部 4 の周方向」における中央の点）とハニカム構造部 4 の中心 O とを結ぶ線分のことである。角度 β は、「中心 O」を中心とする角度のことである。

[0024] 本実施形態のハニカム構造体 1 0 0 においては、隔壁 1 及び外周壁 3 の材質が、珪素－炭化珪素複合材又は炭化珪素材を主成分とするものであることが好ましく、珪素－炭化珪素複合材又は炭化珪素材であることが更に好ましい。「隔壁 1 及び外周壁 3 の材質が、珪素－炭化珪素複合材又は炭化珪素材を主成分とするものである」というときは、隔壁 1 及び外周壁 3 が、珪素－炭化珪素複合材又は炭化珪素材を、全体の 9 0 質量%以上含有していることを意味する。このような材質を用いることにより、ハニカム構造部の電気抵抗率を 1 0 ～ 2 0 0 $\Omega \cdot \text{cm}$ にすることができる。ここで、珪素－炭化珪素複合材は、骨材としての炭化珪素粒子、及び炭化珪素粒子を結合させる結合材としての珪素を含有するものである。複数の炭化珪素粒子は、炭化珪素粒子間に細孔を形成するようにして、珪素によって結合されていることが好ましい。また、炭化珪素材は、炭化珪素粒子同士が焼結したものである。ハニカム構造部の電気抵抗率は、4 0 0 $^{\circ}\text{C}$ における値である。

[0025] 図 1 ～図 4 に示されるように、本実施形態のハニカム構造体 1 0 0 は、ハニカム構造部 4 の側面 5 に一对の電極部 2 1, 2 1 が配設されている。本実施形態のハニカム構造体 1 0 0 は、一对の電極部 2 1, 2 1 間に電圧を印加することにより、発熱する。印加する電圧は 1 2 ～ 9 0 0 V が好ましく、6 4 ～ 6 0 0 V が更に好ましい。

[0026] 図 1 ～図 4 に示されるように、本実施形態のハニカム構造体 1 0 0 は、（i）一对の電極部 2 1, 2 1 のそれぞれが、ハニカム構造部 4 のセル 2 の延びる方向に延びる帯状に形成されている。そして、（i i）セル 2 の延びる方向に直交する断面において、一对の電極部 2 1, 2 1 における一方の電極部 2 1 が、一对の電極部 2 1, 2 1 における他方の電極部 2 1 に対して、ハ

ニカム構造部4の中心部Oを挟んで反対側に配設されている。本実施形態のハニカム構造体100は、更に、中心角 α の0.5倍が、 $15 \sim 65^\circ$ であることが好ましく、 $20 \sim 65^\circ$ であることが更に好ましく、 $30 \sim 60^\circ$ であることが特に好ましい。中心角 α は、セル2の延びる方向に直交する断面において、それぞれの電極部21, 21の中心角のことである。中心角 α の0.5倍とは、中心角 α の0.5倍の角度 θ のことである。このように、上記(i)のようにするとともに、上記(ii)のようにし、更に、セル2の延びる方向に直交する断面において、それぞれの電極部21, 21の中心角 α の0.5倍の角度 θ を、 $15 \sim 65^\circ$ とする。このようにすることにより、一对の電極部21, 21間に電圧を印加した時に、ハニカム構造部4内を流れる電流の偏りを、より効果的に抑制することができる。これによりハニカム構造部4内の発熱の偏りを抑制することができる。「電極部21の中心角 α 」は、図4に示されるように、セル2の延びる方向に直交する断面において、電極部21の両端とハニカム構造部4の中心Oとを結ぶ2本の線分により形成される角度である。上記「2本の線分により形成される角度」とは、セル2の延びる方向に直交する断面において、電極部21と線分(a)と線分(b)とにより形成される形状(例えば、扇形)における、中心Oの部分の内角のことである。上記線分(a)は、電極部21の一方の端部と中心Oとを結ぶ線分のことである。上記線分(b)は、電極部21の他方の端部と中心Oとを結ぶ線分のことである。

[0027] また、一方の電極部21の「中心角 α の0.5倍の角度 θ 」は、他方の電極部21の「中心角 α の0.5倍の角度 θ 」に対して、0.8~1.2倍の大きさであることが好ましく、1.0倍の大きさ(同じ大きさ)であることが更に好ましい。これにより、一对の電極部21, 21間に電圧を印加した時に、ハニカム構造部4内を流れる電流の偏りを抑制することができる。その結果、ハニカム構造部4内の発熱の偏りを抑制することができる。

[0028] 電極部は、この電極部の最大厚さの0~70%の厚さである部分を有するものであり、少なくとも0%の厚さである部分を有することが好ましい。即

ち、電極部は、貫通孔が形成されていることが好ましい。電極部が上記部分を有することによって、ハニカム構造体を自動車に搭載して使用した際に、急加熱、急冷却があっても、ハニカム構造部に大きな応力が生じることを抑制することができる。そのため、本実施形態のハニカム構造体は、耐熱衝撃性に優れるものである。電極部の貫通孔は、開口部の形状などに制限はなく、三角形、四角形、六角形、八角形、円形、楕円形などの開口部形状とすることができる。多角形については、角部を湾曲状に形成することも好ましい。別言すれば、電極部の貫通孔は、角部を曲線状に面取りした形状であることも好ましい。また、開口面積は、 $0.01 \sim 100 \text{ mm}^2$ とすることができる。

[0029] 図5は、本発明のハニカム構造体の他の実施形態を模式的に示す正面図である。図5では、電極部21の貫通孔（肉薄部25）の開口部形状が、四角形の角部が湾曲状に形成された形状である場合の例を示している。電極部21の貫通孔25の開口部形状がこのような形状であると、開口部の形状が角部のある（角部が湾曲でない）四角形である場合に比べて、電極部21に発生する応力が低減する。なお、図6は、図5における領域Pを拡大して示す模式図である。

[0030] 面積Sと、面積Tと上記面積Sの合計Uとの比の値（ S/U ）は、 $0.1 \sim 0.8$ であることが好ましく、 $0.2 \sim 0.7$ であることが更に好ましい。上記比の値が上記範囲であると、電極部の剛性が低くなる。そのため、ハニカム構造体に発生する応力が低減するという利点がある。上記比の値が 0.1 未満であると、電極部の抵抗が増大するため、電圧を印加したときに、ハニカム構造部の全体に、より均一に電流を流すという効果が低下する（効果が十分に得られない）ことがある。一方、 0.8 超であると、電極部の剛性が高くなるため、ハニカム構造体の耐熱衝撃性を更に向上させる効果が低くなる（効果が十分に得られない）ことがある。上記面積Sと面積Tとは、電極部の表面を画像処理などすることにより算出することができる。上記面積Sは、電極部の平面図における、電極部の最大厚さの 100% の厚さであ

る（即ち、最大厚さと同じ厚さである）部分の面積のことである。上記面積 T は、最大厚さの 0～70%の厚さである部分の面積のことである。

[0031] なお、「電極部の最大厚さの 0～70%の厚さである部分」は、以下のよう
に定義することができる。即ち、貫通孔及び窪みの少なくとも一種からなる
空間が形成されることにより電極部の厚さが、電極部の最大厚さに比べて
薄くなっている部分（厚みがないことも含む）を意味する。

[0032] 本実施形態のハニカム構造体における電極部においては、その最大厚さの
0～70%の厚さである部分を有する限り上記部分の外周形状、形成位置な
どについては特に制限はない。例えば、電極部の最大厚さの 0～70%の厚
さである部分の外周形状は、三角形、四角形、円形、楕円形、角部が湾曲し
た（角部が曲線状に面取りされた）多角形などを挙げることができる。また
、電極部の最大厚さの 0～70%の厚さである部分を複数有する場合、それ
らを整列するように形成してもよいし、不規則に形成してもよい。例えば、
図 1～図 4 に示すハニカム構造体 100 の電極部 21 は、外周形状が四角形
の「電極部の最大厚さの 0～70%の厚さである部分」である貫通孔が升目
状に整列して形成されている例である。即ち、図 1～図 4 に示すハニカム構
造体 100 は、網状の電極部 21 が形成されている例である。なお、網状の
電極部 21 においては、外周部分が削除された形状であってもよい。即ち、
網状の電極部は、図 2 に示す電極部 21 の外周縁部 21w が形成されていな
いような網状であってもよい。別言すれば、網状の電極部は、ハニカム構造
体 100 のセルの延びる方向に対して傾いて形成された複数の線状部 21n
から構成された網状であってもよい。また、網状の電極部 21 としては、図
7 に示すハニカム構造体 101 のように、電極部の最大厚さの 100%の厚
さである部分が縦横に形成されたものであってもよい。別言すれば、網状の
電極部 21 は、ハニカム構造体 101 のセルの延びる方向に平行、かつ、ハ
ニカム構造体 101 のセルの延びる方向に直交するように形成されたもので
あってもよい。図 7 は、本発明のハニカム構造体の他の実施形態を模式的に
示す正面図である。

[0033] 図8に示すハニカム構造体200の電極部21は、貫通孔（肉薄部25）が、ハニカム構造体200の、セル2の延びる方向1に複数整列して形成されるとともに、周方向Xに複数列形成されている例である。別言すれば、図8に示すハニカム構造体200は、いわゆるパンチングプレートのような形状の電極部21が形成されている例である。上記貫通孔は、外周形状が円形の「電極部の最大厚さの0～70%の厚さである部分」である貫通孔のことである。図8は、本発明のハニカム構造体の他の実施形態を模式的に示す正面図である。貫通孔（肉薄部25）の配置は、特に制限はなく、図9に示すハニカム構造体201のように、貫通孔が隣り合うように縦横に形成された配置であってもよい。図9は、本発明のハニカム構造体の他の実施形態を模式的に示す正面図である。

[0034] 図10に示すハニカム構造体300の電極部21は、貫通孔（肉薄部25）が、ハニカム構造体300の、セル2の延びる方向1に複数整列して形成されるとともに、周方向Xに複数列形成されている例である。上記貫通孔は、外周形状が楕円形の「電極部の最大厚さの0～70%の厚さである部分」のことである。そして、ハニカム構造体300は、セルの延びる方向に直交する断面において、電極部21の中央に位置する領域Mには「電極部の最大厚さの0～70%の厚さである部分」が形成されていない例である。後述するように、このようなハニカム構造体300は、電極端子突起部22（図20参照）または導電体23（図23参照）を、電極部21の上記「中央に位置する領域M」に容易かつ良好に配設することができる。図10は、本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態を模式的に示す正面図である。また、図11は、本発明のハニカム構造体の他の実施形態を模式的に示す正面図である。図11に示すハニカム構造体301は、楕円形の貫通孔（肉薄部25）に代えて、円形の貫通孔（肉薄部25）を形成している電極部21を有する例である。

[0035] 本発明のハニカム構造体においては、図12に示すハニカム構造体500のように、「電極部の最大厚さの0～70%の厚さである部分」である「部

分（a）」が形成されることが好ましい。即ち、電極部が複数の領域を有し、セルの延びる方向に直交する断面において、中央に位置する領域から外側に位置する領域に向うほど「部分（a）」が高い密度で形成されることが好ましい。「複数の領域」は、セルの延びる方向に直交する断面において、電極部21が、ハニカム構造部4の外周に沿って並ぶ複数の領域のことである。別言すれば、図12において「複数の領域」は、電極部における領域A、電極部における領域B、電極部における領域Cの複数の領域のことである。即ち、面積Sと、面積Tと上記面積Sの合計Uとの比の値（ S/U ）が、中央に位置する領域から外側に位置する領域に向うほど小さくなることが好ましい。上記面積Sは、電極部の平面図における、電極部の最大厚さの100%の厚さである（即ち、最大厚さと同じ厚さである）部分の面積のことである。上記面積Tは、最大厚さの0～70%の厚さである部分の面積のことである。中央に位置する領域から外側に位置する領域に向うほど「電極部の最大厚さの0～70%の厚さである部分」が高い密度で形成される電極部を有するハニカム構造体の例としては、図13、図14A、及び図14Bに示すハニカム構造体501、502a、502bを挙げることができる。図13に示すハニカム構造体501は、図1に示すような網状の電極部において、中央に位置する領域から外側に位置する領域に向うほど「電極部の最大厚さの0～70%の厚さである部分」が高い密度で形成される電極部を有する例である。また、図14A、図14Bに示すハニカム構造体502a、502bは、中央に位置する領域から外側に位置する領域に向かうほど開口面積の大きな貫通孔（肉薄部25）が形成される電極部を有する例である。

[0036] 図14A、図14Bに示すようなハニカム構造体においては、電極部の最も側端縁側に位置する肉薄部である側端縁側肉薄部と電極部の外周縁との距離が0.5～1.5mmであることが好ましい。また、図14A、図14Bに示すようなハニカム構造体においては、上記側端縁側肉薄部と上記側端縁側肉薄部に最も近い肉薄部との距離が0.5～2mmであることが好ましい。図14A、図14Bに示すようなハニカム構造体は、セルの延びる方向に

直交する断面において、電極部 2 1 の中央に位置する領域には肉薄部が形成されないことが更に好ましい。「肉薄部」は、「電極部の最大厚さの 0 ~ 7 0 % の厚さである部分」のことである。「図 1 4 A、図 1 4 B に示すようなハニカム構造体」は、中央に位置する領域から外側に位置する領域に向うほど「電極部の最大厚さの 0 ~ 7 0 % の厚さである部分」が高い密度で形成される電極部を有するハニカム構造体のことである。「側端縁」は、ハニカム構造部の周方向における端縁のことである。

[0037] 図 1 4 B に示すハニカム構造体 5 0 2 b は、最も側端縁 1 3 側に位置する貫通孔（肉薄部 2 5）と電極部 2 1 の外周縁 1 5 との距離 D 1 が 1 . 0 mm となっている。また、図 1 4 B に示すハニカム構造体 5 0 2 b は、最も側端縁 1 3 側に位置する貫通孔（側端縁側肉薄部 2 5 a）とこの側端縁側肉薄部 2 5 a に最も近い肉薄部 2 5 との距離 D 2 が 1 . 2 5 mm となっている。更に、図 1 4 B に示すハニカム構造体 5 0 2 b は、電極部 2 1 の中央に位置する領域 M には肉薄部 2 5 が形成されていない。

[0038] ハニカム構造体においては、図 1 5 に示すように、空洞を有し、この空洞を除いた厚さの合計が、電極部の最大厚さの 0 ~ 7 0 % の厚さとなっても良い。「空洞」は、電極部 2 1、2 1 の内部に 1 0 0 μ m 以上の径の空洞（以下、単に「空洞」と記す場合がある）のことである。「空洞を除いた厚さ」は、電極部の厚みから、空洞が占める部分を除いた長さのことである。図 1 5 に示すハニカム構造体 6 0 0 は、一对の電極部 2 1、2 1 の内部に 1 0 0 μ m 以上の径の空洞 2 6 が複数形成されている例である。空洞 2 6 は、形状や数などは特に制限はない。

[0039] 図 1 6 に示すハニカム構造体 6 0 1 は、一对の電極部 2 1、2 1 の表面に窪み 2 7 が複数形成されている例である。即ち、図 1 6 に示すハニカム構造体 6 0 1 の一对の電極部 2 1、2 1 は、窪み 2 7 が形成されることにより肉薄部 2 5 を有するものになっている例である。窪み 2 7 は、開口部の形状などに制限はなく、三角形、四角形、六角形、八角形、円形、楕円形、角部が湾曲した（角部が曲線状に面取りされた）多角形などの開口部形状とするこ

とができる。また、開口面積は、 $0.01 \sim 100 \text{ mm}^2$ とすることができる。肉薄部は、電極部全体に亘って同一の厚さである必要はない。また、図12に示すように、電極部は、セルの延びる方向に直交する断面において、中央に位置する領域が最も厚く、外側に位置する領域ほど薄く形成され、両端に位置する領域が最も薄く形成されていることが好ましい。図12に示すハニカム構造体500は、セルの延びる方向に直交する断面において、電極部21が、ハニカム構造部4の外周に沿って並ぶ複数の領域を有している。この「複数の領域」は、電極部における領域A、電極部における領域B、電極部における領域Cからなる複数の領域のことである。このように、セルの延びる方向に直交する断面において、電極部の外側に位置する領域ほど薄く形成されることにより、電極部に電圧を印加したときにハニカム構造部の温度分布の偏りをより小さくすることができる。電極部が複数の領域を有する場合、その領域の数は、特に限定されず、2～4程度が好ましい。なお、電極部は、セルの延びる方向に直交する断面において、段差の無い「連続的に厚さが変化する」滑らかな形状でも良い。

[0040] 本発明のハニカム構造体においては、電極部が、ハニカム構造部のセルの延びる方向に延びる帯状に形成されている限り特に制限はない。例えば図3に示すように、一对の電極部21、21が、ハニカム構造部4の両端部間（一方の端部4aから他方の端部4b）に亘って形成されていてもよい。即ち、一对の電極部21、21は、一方の端部21aと他方の端部21bが、それぞれハニカム構造部4の一方の端部4aと他方の端部4bに揃うように形成されていてもよい。図17に示すハニカム構造体700のように、「一方の端部4a」と「電極部21の一方の端部21a」との間が離れるとともに、「他方の端部4b」と「電極部21の他方の端部21b」との間が離れていてもよい。一方の端部4aは、セル2の延びる方向におけるハニカム構造部4の一方の端部4aのことである。他方の端部4bは、セル2の延びる方向におけるハニカム構造部4の他方の端部4bのことである。これらの中でも、電極部21は、セル2の延びる方向に平行な断面において、ハニカム構

造部 4 の一方の端部 4 a から他方の端部 4 b まで形成されていることが好ましい。このように電極部を形成すると、ハニカム構造体 4 に電圧を印加したときに、ハニカム構造体 4 を均一に発熱させることができるためである。

[0041] また、帯状の電極部の外周形状は、長方形の少なくとも一の角部が曲線状に形成された形状、又は長方形の少なくとも一の角部が直線状に面取りされた形状とすることができる。「長方形の少なくとも一の角部が曲線状に形成された形状」であると、ハニカム構造体の耐熱衝撃性を更に向上させることができる。電極部の角部が直角であると、ハニカム構造部における「当該電極部の角部」付近の応力が他の部分と比較して相対的に高くなる傾向にある。これに対し、電極部の角部を曲線状にすると、ハニカム構造部における「当該電極部の角部」付近の応力を更に低下させることが可能となる。曲線状に形成された角部は、円弧状などであることが好ましい。なお、「長方形の少なくとも一の角部が直線状に面取りされた形状」であると、「電極部 2 1 の外周形状を、長方形の少なくとも一の角部が曲線状に形成された形状とする」ときに得られた効果と同様の効果を得ることができる。角部を曲線状にする方が、より高い効果を得ることができる。また、本明細書における「帯状」は、シート状または膜状ということもできる。つまり、本明細書における「電極部」は、本明細書における「電極端子突起部」のように外側に向かって突出したものを含まない。

[0042] 本発明のハニカム構造体においては、電極部の最大厚さは、0.025～3mmであることが好ましく、0.025～0.7mmであることが更に好ましく、0.05～0.5mmであることが特に好ましい。このような範囲とすることにより、均一に発熱することができる。電極部の最大厚さが0.025mm未満であると、電極部の抵抗が増大するため、電圧を印加したときに、ハニカム構造部の全体に、より均一に電流を流すという効果（即ち、均一に発熱させるという効果）が低下することがある。一方、3mm超であると、キャニング時にハニカム構造体が破損することがある。

[0043] ハニカム構造部 4 の最外周を構成する外周壁 3 の厚さは、0.1～1mm

であることが好ましく、0.2～0.8 mmであることが更に好ましく、0.2～0.5 mmであることが特に好ましい。0.1 mmより薄いと、ハニカム構造体100（ハニカム構造部4）の強度が低下することがある。1 mmより厚いと、触媒を担持する隔壁の面積が小さくなることがある。

[0044] 本実施形態のハニカム構造体は、一对の電極部の熱容量の合計を、外周壁全体の熱容量の2～150%にすることが好ましい。このような範囲とすることにより、電極部に蓄積する熱量が少なくなり、ハニカム構造体の耐熱衝撃性が向上する。そのため、ハニカム構造体を内燃機関の排気システムに搭載して使用した際に、急激な温度変化があっても、ハニカム構造部に大きな応力が生じることを抑制することができる。一对の電極部の熱容量の合計は、外周壁全体の熱容量以下にすること（即ち、2～100%であること）が更に好ましく、外周壁全体の熱容量より小さくすることが特に好ましい。これにより、電極部に蓄積する熱量が更に少なくなり、ハニカム構造体の耐熱衝撃性が更に向上する。そのため、ハニカム構造体を内燃機関の排気システムに搭載して使用した際に、急激な温度変化があっても、ハニカム構造部に大きな応力が生じることを更に抑制することができる。一对の電極部の熱容量の合計は、電極部の体積をもとに、気孔率、材料の比重、及び比熱を考慮した熱容量計算の方法で導き出した値である。上記「電極部の体積」は、光学顕微鏡で測定された電極部の平均厚みと電極角度（図4における、中心角 α ）とを用いて計算された電極部の体積のことである。外周壁全体の熱容量は、外周壁の体積をもとに、気孔率、材料の比重、及び比熱を考慮した熱容量計算の方法で導き出した値である。上記「外周壁の体積」は、光学顕微鏡で測定された外周壁の平均厚みを用いて計算された外周壁の体積のことである。尚、本明細書において、電極部が、ハニカム構造部の側面と接触している部分の面積を「電極部の接触面積」とする。また、ハニカム構造部と同軸であり電極部を分割する円筒を仮定し、その円筒に分割された電極部の分割面を仮想分割面とする。更に、この仮想分割面の面積を「仮想分割面積」とする。帯状の電極部と後述する「電極端子突起部」のように外側に向かって

突出したものの境界が明確でない場合、本明細書における「電極部の熱容量」の算出に際しては、上記「仮想分割面積」が、上記「電極部の接触面積」の90%以上となる部分を「電極部」とする。即ち、上記の場合、本明細書における「電極部の熱容量」の算出に際しては、上記「仮想分割面積」が、上記「電極部の接触面積」の90%未満となる部分は電極部ではないものとする。

[0045] 本実施形態のハニカム構造体においては、「一对の電極部の熱容量の合計が、外周壁全体の熱容量より小さい」場合、具体的には、一对の電極部の熱容量の合計が、外周壁全体の熱容量の2~80%であることが好ましい。下限値は、9%であることが更に好ましく、15%であることが特に好ましい。また、上限値は、75%であることが更に好ましく、50%であることが特に好ましい。2%より小さいと、「電圧を印加したときに、ハニカム構造部の全体に、より均一に電流を流す」という効果が低下することがある。80%より大きいと、耐熱衝撃性を低下させる効果が小さくなることがある。

[0046] 本実施形態のハニカム構造体においては、電極部21の電気抵抗率は、均一であってもよいし、部分的に異なってもよい。電極部21の電気抵抗率が均一である場合、電極部21の電気抵抗率は、0.01~100Ωcmであることが好ましく、0.1~100Ωcmであることが更に好ましく、0.1~50Ωcmであることが特に好ましい。電極部21の電気抵抗率をこのような範囲にすることにより、一对の電極部21、21が、高温の排ガスが流れる配管内において、効果的に電極の役割を果たす。電極部21の電気抵抗率が0.01Ωcmより小さいと、セルの延びる方向に直交する断面において、電極部21の両端付近のハニカム構造部の温度が上昇しやすくなることがある。電極部21の電気抵抗率が100Ωcmより大きいと、電流が流れ難くなるため、電極としての役割を果たし難くなることがある。電極部の電気抵抗率は、400℃における値である。

[0047] 電極部21の電気抵抗率が部分的に異なる場合、図18、図19に示すハニカム構造体503のように、電極部21が、中央部21Xと拡張部21Y

、21Yとから構成され、電極部21の中央部21Xの電気抵抗率が、電極部21の拡張部21Y、21Yの電気抵抗率より小さいものであることが好ましい。中央部21Xは、セル2の延びる方向に直交する断面において、電極部21の周方向における部分のことである。拡張部21Y、21Yは、セル2の延びる方向に直交する断面において、中央部21Xの周方向における両側に位置する部分のことである。このように、電極部21の中央部21Xの電気抵抗率が、電極部21の拡張部21Yの電気抵抗率より小さいと、電極部21の中央部21Xに電圧を印加したときに、電気抵抗率が低い中央部21Xに電流が容易に流れる。そのため、ハニカム構造体のセルの延びる方向における電流の流れの偏りが小さくなる。これにより、ハニカム構造体4のセル2の延びる方向における温度分布の偏りを効果的に抑制することができる。図18は、本発明のハニカム構造体の他の実施形態を模式的に示す正面図である。図19は、本発明のハニカム構造体の他の実施形態の、セルの延びる方向に直交する断面を示す模式図である。

[0048] 中央部21Xの電気抵抗率は、拡張部21Y、21Yの電気抵抗率の0.0001～70%が好ましく、0.001～50%が更に好ましく、0.001～10%が特に好ましい。0.0001%より小さいと、ハニカム構造部の中心軸に直交する断面における外周方向への電流の流れが小さくなり、温度分布の偏りが大きくなることがある。70%より大きいと、ハニカム構造体503の温度分布の偏りを抑制する効果が低下することがある。

[0049] また、本実施形態のハニカム構造体においては、電極部21のヤング率は、2～50GPaであることが好ましく、3～45GPaであることが更に好ましく、3～35GPaであることが特に好ましい。電極部21のヤング率をこのような範囲にすることにより、電極部21のアイソスタティック強度を確保できるとともに、ハニカム構造部にクラックが発生し難くなる。電極部21のヤング率が2GPaより小さいと、電極部21のアイソスタティック強度を確保できなくなることがある。電極部21のヤング率が50GPaより大きいと、剛性が高くなるためハニカム構造部にクラックが発生し易

くなることがある。ヤング率は、電極部 21 内で均一であってもよいし、部分的に異なってもよい。ヤング率が部分的に異なる場合、一部が上記範囲内であれば上記効果が得られ、全部が上記範囲内であれば上記効果が更に高まる。

[0050] 電極部のヤング率は、JIS R1602 に準拠して、曲げ共振法によって測定した値である。測定に用いる試験片としては、電極部を形成する電極部形成原料からなる複数のシートを積み重ねて積層体を得た後、この積層体を乾燥させ、3 mm×4 mm×40 mm の大きさに切り出したものを用いる。

[0051] 電極部 21 が、炭化珪素粒子及び珪素を主成分とすることが好ましく、通常含有される不純物以外は、炭化珪素粒子及び珪素を原料として形成されていることが更に好ましい。ここで、「炭化珪素粒子及び珪素を主成分とする」とは、炭化珪素粒子と珪素との合計質量が、電極部全体の質量の 90 質量%以上であることを意味する。このように、ハニカム構造部の材質が炭化珪素である場合、電極部 21 が炭化珪素粒子及び珪素を主成分とすることにより、電極部 21 の成分とハニカム構造部 4 の成分とが同じ成分又は近い成分となる。即ち、電極部 21 とハニカム構造部 4 の熱膨張係数が同じ値又は近い値になる。また、材質が同じもの又は近いものになるため、電極部 21 とハニカム構造部 4 との接合強度も高くなる。そのため、ハニカム構造体に熱応力がかかっても、電極部 21 がハニカム構造部 4 から剥れたり、電極部 21 とハニカム構造部 4 との接合部分が破損したりすることを防ぐことができる。

[0052] 電極部 21 は、気孔率が 30～80%であることが好ましく、30～70%であることが更に好ましい。電極部 21 の気孔率がこのような範囲であることにより、好適な電気抵抗率が得られる。電極部 21 の気孔率が 30%より低いと、製造時に変形してしまうことがある。電極部 21 の気孔率が 80%より高いと、電気抵抗率が高くなり過ぎることがある。気孔率は、水銀ポロシメータで測定した値である。

[0053] 電極部 2 1 は、平均細孔径が $5 \sim 45 \mu\text{m}$ であることが好ましく、 $7 \sim 40 \mu\text{m}$ であることが更に好ましい。電極部 2 1 の平均細孔径がこのような範囲であることにより、好適な電気抵抗率が得られる。電極部 2 1 の平均細孔径が $5 \mu\text{m}$ より小さいと、電気抵抗率が高くなり過ぎることがある。電極部 2 1 の平均細孔径が $40 \mu\text{m}$ より大きいと、電極部 2 1 の強度が弱くなり破損し易くなることがある。平均細孔径は、水銀ポロシメータで測定した値である。

[0054] 電極部 2 1 の主成分が炭化珪素粒子及び珪素である場合、電極部 2 1 に含有される炭化珪素粒子の平均粒子径は $10 \sim 70 \mu\text{m}$ であることが好ましく、 $10 \sim 60 \mu\text{m}$ であることが更に好ましい。電極部 2 1 に含有される炭化珪素粒子の平均粒子径がこのような範囲であることにより、電極部 2 1 の電気抵抗率を $0.1 \sim 100 \Omega\text{cm}$ の範囲で制御することができる。電極部 2 1 に含有される炭化珪素粒子の平均細孔径が $10 \mu\text{m}$ より小さいと、電極部 2 1 の電気抵抗率が大きくなり過ぎることがある。電極部 2 1 に含有される炭化珪素粒子の平均細孔径が $70 \mu\text{m}$ より大きいと、電極部 2 1 の強度が弱くなり破損し易くなることがある。電極部 2 1 に含有される炭化珪素粒子の平均粒子径は、レーザー回折法で測定した値である。

[0055] 電極部 2 1 に含有される珪素の質量の比率は、 $20 \sim 50$ 質量%であることが好ましく、 $20 \sim 40$ 質量%であることが更に好ましい。「電極部 2 1 に含有される珪素の質量の比率」は、電極部 2 1 に含有される「炭化珪素粒子と珪素のそれぞれの質量の合計」に対する、電極部 2 1 に含有される珪素の質量の比率のことである。上記「電極部 2 1 に含有される珪素の質量の比率」がこのような範囲であることにより、電極部 2 1 の電気抵抗率を $0.1 \sim 100 \Omega\text{cm}$ の範囲で制御することができる。上記「電極部 2 1 に含有される珪素の質量の比率」が 20 質量%より小さいと、電気抵抗率が大きくなり過ぎることがある。一方、上記「電極部 2 1 に含有される珪素の質量の比率」が 50 質量%より大きいと、製造時に電極部が変形し易くなることがある。

- [0056] 本実施形態のハニカム構造体100は、隔壁厚さが50～260 μm であり、70～180 μm であることが好ましい。隔壁厚さをこのような範囲にすることにより、触媒担体であるハニカム構造体100に触媒を担持させた後、排ガスを流したときの圧力損失が大きくなり過ぎることを抑制できる。隔壁厚さが50 μm より薄いと、ハニカム構造体の強度が低下することがある。隔壁厚さが260 μm より厚いと、触媒担体であるハニカム構造体100に触媒を担持させた後、排ガスを流したときの圧力損失が大きくなることがある。
- [0057] 本実施形態のハニカム構造体100は、セル密度が40～150セル/ cm^2 であることが好ましく、70～100セル/ cm^2 であることが更に好ましい。セル密度をこのような範囲にすることにより、排ガスを流したときの圧力損失を小さくした状態で、触媒の浄化性能を高くすることができる。セル密度が40セル/ cm^2 より低いと、触媒担持面積が少なくなることがある。セル密度が150セル/ cm^2 より高いと、触媒担体であるハニカム構造体100に触媒を担持させた後、排ガスを流したときの圧力損失が大きくなることがある。
- [0058] 本実施形態のハニカム構造体100において、ハニカム構造部4を構成する炭化珪素粒子（骨材）の平均粒子径は、3～50 μm であることが好ましく、3～40 μm であることが更に好ましい。ハニカム構造部4を構成する炭化珪素粒子の平均粒子径をこのような範囲とすることにより、ハニカム構造部4の400℃における電気抵抗率を10～200 Ωcm にすることができる。炭化珪素粒子の平均粒子径が3 μm より小さいと、ハニカム構造部4の電気抵抗率が大きくなることがある。炭化珪素粒子の平均粒子径が50 μm より大きいと、ハニカム構造部4の電気抵抗率が小さくなることがある。更に、炭化珪素粒子の平均粒子径が50 μm より大きいと、ハニカム成形体を押出成形するときに、押出成形用の口金に成形用原料が詰まることがある。炭化珪素粒子の平均粒子径はレーザー回折法で測定した値である。
- [0059] 本実施形態のハニカム構造体100において、ハニカム構造部4の電気抵

抗率は、 $10 \sim 200 \Omega \text{ cm}$ であり、 $40 \sim 100 \Omega \text{ cm}$ であることが好ましい。電気抵抗率が $10 \Omega \text{ cm}$ より小さいと、例えば、 200 V 以上の高電圧の電源によってハニカム構造体100に通電したときに電流が過剰に流れることがある。なお、電圧は 200 V には限定されない。電気抵抗率が $200 \Omega \text{ cm}$ より大きいと、例えば、 200 V 以上の高電圧の電源によってハニカム構造体100に通電したときに電流が流れ難くなり、十分に発熱しないことがある。なお、電圧は 200 V には限定されない。ハニカム構造部の電気抵抗率は、四端子法により測定した値である。ハニカム構造部の電気抵抗率は、 400°C における値である。

[0060] 本実施形態のハニカム構造体100においては、電極部21の電気抵抗率は、ハニカム構造部4の電気抵抗率より低いものであることが好ましい。具体的には、電極部21の電気抵抗率は、ハニカム構造部4の電気抵抗率の20%以下であることが好ましく、1~10%であることが更に好ましい。電極部21の電気抵抗率を、ハニカム構造部4の電気抵抗率の20%以下とすることにより、電極部21が、より効果的に電極として機能するようになる。

[0061] 本実施形態のハニカム構造体100においては、ハニカム構造部4の材質が、珪素-炭化珪素複合材である場合、「炭化珪素粒子の質量」と「珪素の質量」とは以下の関係にあることが好ましい。即ち、「炭化珪素粒子の質量」と「珪素の質量」との合計に対する、「珪素の質量」の比率が、10~40質量%であることが好ましく、15~35質量%であることが更に好ましい。10質量%より低いと、ハニカム構造体の強度が低下することがある。40質量%より高いと、焼成時に形状を保持できないことがある。上記「炭化珪素粒子の質量」とは、ハニカム構造部4に含有される「骨材としての炭化珪素粒子の質量」のことである。上記「珪素の質量」とは、ハニカム構造部4に含有される「結合材としての珪素の質量」のことである。

[0062] ハニカム構造部4の隔壁1の気孔率は、35~60%であることが好ましく、45~55%であることが更に好ましい。気孔率が、35%未満である

と、焼成時の変形が大きくなってしまふことがある。気孔率が60%を超えるとハニカム構造体の強度が低下することがある。気孔率は、水銀ポロシメータにより測定した値である。

[0063] ハニカム構造部4の隔壁1の平均細孔径は、2～15 μm であることが好ましく、4～8 μm であることが更に好ましい。平均細孔径が2 μm より小さいと、電気抵抗率が大きくなり過ぎることがある。平均細孔径が15 μm より大きいと、電気抵抗率が小さくなり過ぎることがある。平均細孔径は、水銀ポロシメータにより測定した値である。

[0064] 本実施形態のハニカム構造体100は、セル2の延びる方向に直交する断面におけるセル2の形状が、四角形、六角形、八角形、又はこれらの組み合わせ、であることが好ましい。セル形状をこのようにすることにより、ハニカム構造体100に排ガスを流したときの圧力損失が小さくなり、触媒の浄化性能が優れたものとなる。

[0065] 本実施形態のハニカム構造体100の形状は特に限定されない。例えば、底面が円形の筒状（円筒形状）、底面がオーバル形状の筒状、底面が多角形（四角形、五角形、六角形、七角形、八角形等）の筒状等の形状とすることができる。また、ハニカム構造体の大きさは、底面の面積が2000～20000 mm^2 であることが好ましく、4000～10000 mm^2 であることが更に好ましい。また、ハニカム構造体の中心軸方向の長さは、50～200 mm であることが好ましく、75～150 mm であることが更に好ましい。

[0066] 本実施形態のハニカム構造体100のアイソスタティック強度は、1 MPa以上であることが好ましく、3 MPa以上であることが更に好ましい。アイソスタティック強度は、値が大きいほど好ましい。ハニカム構造体100の材質、構造等を考慮すると、6 MPa程度が上限となる。アイソスタティック強度が1 MPa未満であると、ハニカム構造体を触媒担体等として使用する際に、破損し易くなることがある。アイソスタティック強度は水中にて静水圧をかけて測定した値である。

[0067] [2] ハニカム構造体：

次に、本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態について説明する。図20～図22に示されるように、本実施形態のハニカム構造体800は、上記実施形態のハニカム構造体300（図10参照）において、電気配線を繋ぐための電極端子突起部22が配設されたものである。電極端子突起部22は、ハニカム構造体100において、それぞれの電極部21、21の、セルの延びる方向に直交する断面における中央部であり、且つセルの延びる方向における中央部に配設されている。「セルの延びる方向に直交する断面における中央部」は、ハニカム構造部の周方向における中央部のことである。電極端子突起部22は、電極部21、21間に電圧を印加するために、電源からの配線を接続する部分である。このように、電極端子突起部22が配設されることにより、電極部に電圧を印加したときに、ハニカム構造部の温度分布の偏りを、より小さくすることができる。図20は、本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態を模式的に示す正面図である。図21は、図20における、A-A'断面を示す模式図である。図22は、本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態を模式的に示す側面図である。

[0068] 本実施形態のハニカム構造体800の各条件は、下記条件（X）以外は、本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態（ハニカム構造体300（図10参照））における各条件と同じであることが好ましい。条件（X）とは、「それぞれの電極部21、21の、セル2の延びる方向に直交する断面における中央部であり、且つセル2の延びる方向における中央部に、電気配線を繋ぐための電極端子突起部22が配設されている」ことである。

[0069] 本実施形態のハニカム構造体においては、図20に示すような電極部21が配設されていることが好ましい。即ち、図20に示される電極部21は、セルの延びる方向に直交する断面において、「電極部の最大厚さの0～70%の厚さである部分」が中央に位置する領域Mには形成されず、中央に位置する領域M以外の領域に形成されている。このような場合、「電極部の最大厚さの0～70%の厚さである部分」が形成されていない「中央に位置する

領域M」に電極端子突起部22を容易に配設することができる。

[0070] 電極部21の主成分が炭化珪素粒子及び珪素である場合、電極端子突起部22の主成分も、炭化珪素粒子及び珪素であることが好ましい。このように、電極端子突起部22が、炭化珪素粒子及び珪素を主成分とすることにより、電極部21の成分と電極端子突起部22の成分とが同じ（又は近い）成分となる。そのため、電極部21と電極端子突起部22の熱膨張係数が同じ（又は近い）値になる。また、材質が同じ（又は近く）になるため、電極部21と電極端子突起部22との接合強度も高くなる。そのため、ハニカム構造体に熱応力がかかっても、電極端子突起部22が電極部21から剥れたり、電極端子突起部22と電極部21との接合部分が破損したりすることを防ぐことができる。ここで、「電極端子突起部22が、炭化珪素粒子及び珪素を主成分とする」というときは、電極端子突起部22が、炭化珪素粒子及び珪素を、全体の90質量%以上含有していることを意味する。

[0071] 電極端子突起部22の形状は、特に限定されず、電極部21に接合でき、電気配線を接合できる形状であればよい。例えば、図20～図22に示すように、電極端子突起部22は、四角形の板状の基板22aに、円柱状の突起部22bが配設された形状であることが好ましい。このような形状にすることにより、電極端子突起部22は、基板22aにより電極部21に強固に接合されることができる。そして、突起部22bにより電気配線を確実に接合させることができる。

[0072] 電極端子突起部22において、基板22aの厚さは、1～5mmが好ましい。このような厚さとすることにより、電極端子突起部22を確実に電極部21に接合することができる。1mmより薄いと、基板22aが弱くなり、突起部22bが基板22aから、外れ易くなることがある。5mmより厚いと、ハニカム構造体を配置するスペースが必要以上に大きくなることがある。

[0073] 電極端子突起部22において、基板22aの長さ（幅）は、電極部21の長さの、10～50%であることが好ましく、20～40%であることが更

に好ましい。このような範囲にすることにより、電極端子突起部 2 2 が、電極部 2 1 から外れ難くなる。10%より短いと、電極端子突起部 2 2 が、電極部 2 1 から外れ易くなることがある。50%より長いと、質量が大きくなることがある。上記「基板 2 2 a の長さ（幅）」は、基板 2 2 a の、「ハニカム構造部 4 の、セルの延びる方向に直交する断面における外周方向」における長さのことである。上記「電極部 2 1 の長さ」は、電極部 2 1 の、「ハニカム構造部 4 の、セルの延びる方向に直交する断面における外周方向（外周に沿った方向）」における長さのことである。電極端子突起部 2 2 において、基板 2 2 a の「セル 2 の延びる方向」における長さは、ハニカム構造部 4 のセルの延びる方向における長さの、5～30%が好ましい。基板 2 2 a の「セル 2 の延びる方向」における長さをこのような範囲とすることにより、十分な接合強度が得られる。基板 2 2 a の「セル 2 の延びる方向」における長さを、ハニカム構造部 4 のセルの延びる方向における長さの 5%より短くすると、電極部 2 1 から外れ易くなることがある。そして、30%より長くすると、質量が大きくなることがある。

[0074] 電極端子突起部 2 2 において、突起部 2 2 b の太さは 3～15 mm が好ましい。このような太さにすることにより、突起部 2 2 b に、電気配線を確実に接合させることができる。3 mm より細いと突起部 2 2 b が折れ易くなることがある。15 mm より太いと、電気配線を接続し難くなることがある。また、突起部 2 2 b の長さは、3～20 mm が好ましい。このような長さにすることにより、突起部 2 2 b に、電気配線を確実に接合させることができる。3 mm より短いと、電気配線を接合し難くなることがある。20 mm より長いと、突起部 2 2 b が折れ易くなることがある。

[0075] 電極端子突起部 2 2 の電気抵抗率は、0.1～2.0 Ω cm であることが好ましく、0.1～1.0 Ω cm であることが更に好ましい。電極端子突起部 2 2 の電気抵抗率をこのような範囲にすることにより、高温の排ガスが流れる配管内において、電極端子突起部 2 2 から、電流を電極部 2 1 に効率的に供給することができる。電極端子突起部 2 2 の電気抵抗率が 2.0 Ω cm

より大きいと、電流が流れ難くなるため、電流を電極部 2 1 に供給し難くなることもある。

[0076] 電極端子突起部 2 2 は、気孔率が 3 0 ~ 4 5 % であることが好ましく、3 0 ~ 4 0 % であることが更に好ましい。電極端子突起部 2 2 の気孔率がこのような範囲であることにより、適切な電気抵抗率が得られる。電極端子突起部 2 2 の気孔率が 4 5 % より高いと、電極端子突起部 2 2 の強度が低下することがある。特に電極端子突起部 2 2 のうちの突起部 2 2 b の強度が低下すると突起部 2 2 b が折れ易くなることがある。気孔率は、水銀ポロシメータで測定した値である。

[0077] 電極端子突起部 2 2 は、平均細孔径が 5 ~ 2 0 μm であることが好ましく、7 ~ 1 5 μm であることが更に好ましい。電極端子突起部 2 2 の平均細孔径がこのような範囲であることにより、適切な電気抵抗率が得られる。電極端子突起部 2 2 の平均細孔径が 2 0 μm より大きいと、電極端子突起部 2 2 の強度が低下することがある。特に電極端子突起部 2 2 のうちの突起部 2 2 b の強度が低下すると突起部 2 2 b が折れ易くなることがある。平均細孔径は、水銀ポロシメータで測定した値である。

[0078] 電極端子突起部 2 2 の主成分が炭化珪素粒子及び珪素である場合、電極端子突起部 2 2 に含有される炭化珪素粒子の平均粒子径は、1 0 ~ 6 0 μm であることが好ましく、2 0 ~ 6 0 μm であることが更に好ましい。電極端子突起部 2 2 に含有される炭化珪素粒子の平均粒子径がこのような範囲であることにより、電極端子突起部 2 2 の電気抵抗率を、0. 1 ~ 2. 0 Ωcm にすることができる。電極端子突起部 2 2 に含有される炭化珪素粒子の平均細孔径が、1 0 μm より小さいと、電極端子突起部 2 2 の電気抵抗率が大きくなり過ぎることがある。電極端子突起部 2 2 に含有される炭化珪素粒子の平均細孔径が 6 0 μm より大きいと、電極端子突起部 2 2 の電気抵抗率が小さくなり過ぎることがある。電極端子突起部 2 2 に含有される炭化珪素粒子の平均粒子径は、レーザー回折法で測定した値である。

[0079] 電極端子突起部 2 2 に含有される珪素の質量の比率は、2 0 ~ 4 0 質量%

であることが好ましく、25～35質量%であることが更に好ましい。「電極端子突起部22に含有される珪素の質量の比率」は、電極端子突起部22に含有される「炭化珪素粒子と珪素のそれぞれの質量の合計」に対する、電極端子突起部22に含有される珪素の質量の比率のことである。電極端子突起部22に含有される珪素の質量の比率が、このような範囲であることにより、 $0.1 \sim 2.0 \Omega \text{ cm}$ の電気抵抗率を得やすくなる。電極端子突起部22に含有される珪素の質量の比率が20質量%より小さいと、電気抵抗率が大きくなり過ぎることがある。そして、40質量%より大きいと、製造時に電極端子突起部が変形してしまうことがある。

[0080] [3] ハニカム構造体：

次に、本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態について説明する。本実施形態のハニカム構造体900は、上述した、図10に示される、本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態（ハニカム構造体300）において、電極部21の電気抵抗率よりも低い電気抵抗率をもつ導電体23が、電極部21の表面に配設されたものである。具体的には、ハニカム構造体900は、図23に示すような電極部21が形成され、かつ中央に位置する領域Mに導電体23が配設されたものである。電極部21は、セルの延びる方向に直交する断面において、「電極部の最大厚さの0～70%の厚さである部分」が、中央に位置する領域Mには形成されず、中央に位置する領域M以外の領域に形成されている。従って、本実施形態のハニカム構造体900は、導電体23を有すること以外は、上記実施形態のハニカム構造体300（図10参照）と、同じ条件であることが好ましい。図23は、本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態を模式的に示す正面図である。

[0081] このように、本実施形態のハニカム構造体900は、電極部21の電気抵抗率よりも低い電気抵抗率をもつ導電体23が、電極部21の表面に設置されたものである。そのため、導電体23に電圧を印加することにより、ハニカム構造部の全体に、より均一に電流を流すことが可能になる。

[0082] 導電体23の電気抵抗率は、電極部21の電気抵抗率の $0.0001 \sim 7$

0%が好ましく、0.001~50%が更に好ましく、0.001~10%が特に好ましい。0.0001%より小さいと、ハニカム構造部の中心軸に直交する断面における外周方向への電流の流れが小さくなり、温度分布の偏りが大きくなることがある。70%より大きいと、ハニカム構造体900の温度分布の偏りを抑制する効果が低下することがある。電気抵抗率は、400℃における値である。

[0083] 導電体23の形状は、特に限定されない。図23に示されるように、電極部の一方の端部21aから電極部の他方の端部21bに亘る、長方形であることが好ましい。なお、導電体23は、電極部の両端部に亘らなくてもよい。即ち、導電体23の端部と電極部の端部との間に隙間があってもよい。導電体23の長さは、電極部21の長さの50%以上が好ましく、80%以上が更に好ましく、100%が特に好ましい。50%より短いと、電圧を印加したときに、ハニカム構造部の全体に、より均一に電流を流すという効果が低下することがある。上記「導電体23の長さ」は、「ハニカム構造部のセル」の延びる方向における長さのことである。上記「電極部21の長さ」は、「ハニカム構造部のセル」の延びる方向における長さのことである。

[0084] また、導電体23の周方向（ハニカム構造部の外周における周方向）の長さは、電極部の周方向の長さ以下の長さであれば特に限定されない。導電体23の周方向の長さは、電極部の周方向の長さの5~75%が好ましく、10~60%が更に好ましい。75%より長いと、セルの延びる方向に直交する断面において、電極部21の両端付近のハニカム構造部の温度が上昇し易くなることがある。5%より短いと、電圧を印加したときに、ハニカム構造部の全体に、より均一に電流を流すという効果が低下する（十分に得られなくなる）ことがある。

[0085] 導電体23の材質としては、炭化珪素構造体に珪素が含浸されて気孔率が5%以下となるもの等を挙げることができる。

[0086] また、導電体23の厚さは、0.1~2mmが好ましく、0.2~1.5mmが更に好ましく、0.3~1mmが特に好ましい。2mmより厚いと、

ハニカム構造体の耐熱衝撃性が低下することがある。0.1 mmより薄いと、導電体23の強度が低下することがある。

[0087] なお、本実施形態のハニカム構造体は、触媒担体として使用することができる。本実施形態のハニカム構造体に、公知の触媒を公知の方法で担持することにより、排ガス処理用の触媒として使用することができる。

[0088] [4] ハニカム構造体の製造方法：

次に、本発明のハニカム構造体の製造方法について説明する。上記本発明のハニカム構造体の更に他の実施形態である、ハニカム構造体800（図20～図22参照）を製造する方法（以下、「製造方法（A）」と記す場合がある）を示す。

[0089] [4-1] ハニカム成形体の作製：

まず、炭化珪素粉末（炭化珪素）に、金属珪素粉末（金属珪素）、バインダ、界面活性剤、造孔材、水等を添加して成形原料を作製する。炭化珪素粉末の質量と金属珪素の質量との合計に対して、金属珪素の質量が10～40質量%となるようにすることが好ましい。炭化珪素粉末における炭化珪素粒子の平均粒子径は、3～50 μm が好ましく、5～20 μm が更に好ましい。金属珪素（金属珪素粉末）の平均粒子径は、2～35 μm であることが好ましい。炭化珪素粒子及び金属珪素（金属珪素粒子）の平均粒子径はレーザー回折法で測定した値である。炭化珪素粒子は、炭化珪素粉末を構成する炭化珪素の微粒子である。金属珪素粒子は、金属珪素粉末を構成する金属珪素の微粒子である。尚、これは、ハニカム構造部の材質を、珪素－炭化珪素系複合材とする場合の成形原料の配合である。ハニカム構造部の材質を炭化珪素とする場合には、金属珪素は添加しない。

[0090] バインダとしては、メチルセルロース、ヒドロキシプロピルメチルセルロース、ヒドロキシプロポキシルセルロース、ヒドロキシエチルセルロース、カルボキシメチルセルロース、ポリビニルアルコール等を挙げることができる。これらの中でも、メチルセルロースとヒドロキシプロポキシルセルロースとを併用することが好ましい。バインダの含有量は、炭化珪素粉末及び金

属珪素粉末の合計質量を100質量部としたときに、2.0～10.0質量部であることが好ましい。

[0091] 水の含有量は、炭化珪素粉末及び金属珪素粉末の合計質量を100質量部としたときに、20～60質量部であることが好ましい。

[0092] 界面活性剤としては、エチレングリコール、デキストリン、脂肪酸石鹼、ポリアルコール等を用いることができる。これらは、1種単独で使用してもよいし、2種以上を組み合わせ使用してもよい。界面活性剤の含有量は、炭化珪素粉末及び金属珪素粉末の合計質量を100質量部としたときに、0.1～2.0質量部であることが好ましい。

[0093] 造孔材としては、焼成後に気孔となるものであれば特に限定されるものではなく、例えば、グラファイト、澱粉、発泡樹脂、吸水性樹脂、シリカゲル等を挙げることができる。造孔材の含有量は、炭化珪素粉末及び金属珪素粉末の合計質量を100質量部としたときに、0.5～10.0質量部であることが好ましい。造孔材の平均粒子径は、10～30 μm であることが好ましい。10 μm より小さいと、気孔を十分形成できないことがある。30 μm より大きいと、成形時に口金に詰まることがある。造孔材の平均粒子径はレーザー回折方法で測定した値である。

[0094] 次に、成形原料を混練して坯土を形成する。成形原料を混練して坯土を形成する方法としては特に制限はなく、例えば、ニーダー、真空土練機等を用いる方法を挙げることができる。

[0095] 次に、坯土を押出成形してハニカム成形体を形成する。押出成形に際しては、所望の全体形状、セル形状、隔壁厚さ、セル密度等を有する口金を用いることが好ましい。口金の材質としては、摩耗し難い超硬合金が好ましい。ハニカム成形体は、流体の流路となる複数のセルを区画形成する隔壁と最外周に位置する外周壁とを有する構造である。

[0096] ハニカム成形体の隔壁厚さ、セル密度、外周壁の厚さ等は、乾燥、焼成における収縮を考慮し、作製しようとする本発明のハニカム構造体の構造に合わせて適宜決定することができる。

[0097] 得られたハニカム成形体について、乾燥を行うことが好ましい。乾燥の方法は特に限定されず、例えば、マイクロ波加熱乾燥、高周波誘電加熱乾燥等の電磁波加熱方式と、熱風乾燥、過熱水蒸気乾燥等の外部加熱方式とを挙げることができる。これらの中でも、電磁波加熱方式で一定量の水分を乾燥させた後、残りの水分を外部加熱方式により乾燥させることが好ましい。成形体全体を迅速かつ均一に、クラックが生じないように乾燥することができるためである。乾燥の条件としては、電磁波加熱方式にて、乾燥前の水分量に対して、30～99質量%の水分を除いた後、外部加熱方式にて、3質量%以下の水分にすることが好ましい。電磁波加熱方式としては、誘電加熱乾燥が好ましい。外部加熱方式としては、熱風乾燥が好ましい。

[0098] ハニカム成形体の中心軸方向長さが、所望の長さではない場合は、両端面（両端部）を切断して所望の長さとするのが好ましい。切断方法は特に限定されるものではなく、例えば、丸鋸切断機等を用いる方法を挙げることができる。

[0099] [4-2] 電極部形成原料の調製：

次に、電極部を形成するための電極部形成原料を調製する。電極部の主成分を、炭化珪素及び珪素とする場合、電極部形成原料は、炭化珪素粉末及び珪素粉末に、所定の添加物を添加し、混練して調製することが好ましい。なお、中央部及び拡張部からなる電極部を形成する場合には、中央部形成原料及び拡張部形成原料をそれぞれ調合する。中央部形成原料は、中央部の主成分を、炭化珪素及び珪素とする場合、炭化珪素粉末及び珪素粉末に、所定の添加物を添加し、混練して形成することが好ましい。拡張部形成原料は、拡張部の主成分を、炭化珪素及び珪素とする場合、炭化珪素粉末及び珪素粉末に、所定の添加物を添加し、混練して形成することが好ましい。

[0100] 具体的には、炭化珪素粉末（炭化珪素）に、金属珪素粉末（金属珪素）、バインダ、界面活性剤、造孔材、水等を添加して、混練して電極部形成原料を調製する。炭化珪素粉末及び金属珪素の合計質量を100質量部としたときに、金属珪素の質量が20～40質量部となるようにすることが好ましい。

。炭化珪素粉末における炭化珪素粒子の平均粒子径は、 $10 \sim 60 \mu\text{m}$ が好ましい。金属珪素粉末（金属珪素）の平均粒子径は、 $2 \sim 20 \mu\text{m}$ であることが好ましい。 $2 \mu\text{m}$ より小さいと、電気抵抗率が小さくなり過ぎることがある。 $20 \mu\text{m}$ より大きいと、電気抵抗率が大きくなり過ぎることがある。炭化珪素粒子及び金属珪素（金属珪素粒子）の平均粒子径はレーザー回折法で測定した値である。炭化珪素粒子は、炭化珪素粉末を構成する炭化珪素の微粒子である。金属珪素粒子は、金属珪素粉末を構成する金属珪素の微粒子である。

[0101] バインダとしては、メチルセルロース、ヒドロキシプロピルメチルセルロース、ヒドロキシプロポキシルセルロース、ヒドロキシエチルセルロース、カルボキシメチルセルロース、ポリビニルアルコール等を挙げることができる。これらの中でも、メチルセルロースとヒドロキシプロポキシルセルロースとを併用することが好ましい。バインダの含有量は、炭化珪素粉末及び金属珪素粉末の合計質量を100質量部としたときに、0.1～5.0質量部であることが好ましい。

[0102] 水の含有量は、炭化珪素粉末及び金属珪素粉末の合計質量を100質量部としたときに、15～60質量部であることが好ましい。

[0103] 界面活性剤としては、エチレングリコール、デキストリン、脂肪酸石鹼、ポリアルコール等を用いることができる。これらは、1種単独で使用してもよいし、2種以上を組み合わせ使用してもよい。界面活性剤の含有量は、炭化珪素粉末及び金属珪素粉末の合計質量を100質量部としたときに、0.1～2.0質量部であることが好ましい。

[0104] 造孔材としては、焼成後に気孔となるものであれば特に限定されるものではなく、例えば、グラファイト、澱粉、発泡樹脂、吸水性樹脂、シリカゲル等を挙げることができる。造孔材の含有量は、炭化珪素粉末及び金属珪素粉末の合計質量を100質量部としたときに、0.1～5.0質量部であることが好ましい。造孔材の平均粒子径は、 $10 \sim 30 \mu\text{m}$ であることが好ましい。 $10 \mu\text{m}$ より小さいと、気孔を十分形成できないことがある。 $30 \mu\text{m}$

より大きいと、大気孔ができやすくなり、強度低下を起こすことがある。造孔材の平均粒子径はレーザー回折方法で測定した値である。

[0105] 次に、炭化珪素粉末（炭化珪素）、金属珪素（金属珪素粉末）、バインダ、界面活性剤、造孔材、水等を混合して得られた混合物を混練して、ペースト状の電極部形成原料とすることが好ましい。混練の方法は特に限定されず、例えば、縦型の攪拌機を用いることができる。

[0106] 次に、得られた電極部形成原料を、乾燥させたハニカム成形体の側面に塗布することが好ましい。電極部形成原料をハニカム成形体の側面に塗布する方法は、特に限定されるものではなく、例えば、印刷方法を用いることができる。具体的には、貫通孔を形成する場合、貫通孔を形成する部分には電極部形成原料を塗布しないようにする。「貫通孔を形成する場合」とは、「電極部の最大厚さの0%の厚さである部分」を形成する場合のことである。また、窪みを形成する場合、まず、均一の厚みとなるように電極部形成原料を印刷により塗布して第1層を形成し、この第1層の上に、電極部形成原料を印刷により塗布して第2層を形成する。「窪みを形成する場合」とは、「電極部の最大厚さの0%超で70%以下の厚さである部分」を形成する場合のことである。第2層を形成するとき、窪みを形成する部分には、電極部形成原料を塗布しないようにする。このようにすることで、窪みを有する電極部を形成することができる。なお、印刷による方法を用いれば、電極部形成原料を所望の形状に塗布することができる。そのため、電極部の形状及び配置を適宜設定することができる。なお、中央部及び拡張部からなる電極部を形成する場合には、中央部形成原料及び拡張部形成原料のそれぞれを、乾燥させたハニカム成形体の側面に、図18、図19に示されるハニカム構造体503における、電極部21の中央部21X及び拡張部21Yの形状になるように、塗布することが好ましい。中央部形成原料及び拡張部形成原料をハニカム成形体の側面に塗布する方法は、特に限定されるものではなく、電極部形成原料を塗布する場合と同様に、例えば印刷による方法を用いることができる。

[0107] 電極部の厚さは、電極部形成原料を塗布するときの厚さを調整することにより、所望の厚さとすることができる。このように、電極部形成原料をハニカム成形体の側面に塗布し、乾燥、焼成するだけで電極部を形成することができる。そのため、非常に容易に電極部を形成することができる。

[0108] なお、上述した「中央に位置する領域M」に「電極部の最大厚さの0～70%の厚さである部分」が形成されていない電極部を得るためには、印刷により電極部を形成する場合、印刷のパターンを調節する。即ち、「中央に位置する領域M」には「電極部の最大厚さの0～70%の厚さである部分」を形成しないように印刷すればよい。

[0109] 次に、ハニカム成形体の側面に塗布した電極部形成原料を乾燥させることが好ましい。これにより、乾燥後の「ハニカム成形体」を得ることができる。乾燥条件は、50～100℃とすることが好ましい。上記乾燥後の「ハニカム成形体」は、乾燥後の「電極部形成原料が塗布されたハニカム成形体（電極端子突起部形成用部材が貼り付いていないもの）」のことである。

[0110] なお、「電極部形成原料が塗布されたハニカム成形体（電極端子突起部形成用部材が貼り付いていないもの）」と同様のものを以下の方法で作製することができる。即ち、貫通孔及び／または窪みが形成された電極部形成原料からなるシートを別途成形し、このシートを、上記乾燥させたハニカム成形体の側面に張り付ける方法である。上記シートは、例えば平板状の部材の表面に、所望の部分だけ上記電極部形成原料が塗布されないようにした状態で電極部形成原料を塗布する方法などにより作製することができる。

[0111] [4-3] 電極端子突起部形成用部材の作製：

次に、電極端子突起部形成用部材を作製することが好ましい。電極端子突起部形成用部材は、ハニカム成形体に貼り付けられて、電極端子突起部となるものである。電極端子突起部形成用部材の形状は、特に限定されないが、例えば、図20～図22に示すような形状に形成することが好ましい。そして、得られた電極端子突起部形成用部材を、電極部形成原料が塗布されたハニカム成形体の、電極部形成原料が塗布された部分に貼り付けることが好ま

しい。尚、ハニカム成形体の作製、電極部形成原料の調合、及び電極端子突起部形成用部材の作製の、順序はどのような順序でもよい。

[0112] 電極端子突起部形成用部材は、電極端子突起部形成原料（電極端子突起部形成用部材を形成するための原料）を成形、乾燥して得ることが好ましい。電極端子突起部の主成分を、炭化珪素及び珪素とする場合、電極端子突起部形成原料は、炭化珪素粉末及び珪素粉末に、所定の添加物を添加し、混練して形成することが好ましい。

[0113] 具体的には、炭化珪素粉末（炭化珪素）に、金属珪素粉末（金属珪素）、バインダ、界面活性剤、造孔材、水等を添加して、混練して電極端子突起部形成原料を作製する。炭化珪素粉末の質量と金属珪素の質量との合計に対して、金属珪素の質量が20～40質量%となるようにすることが好ましい。炭化珪素粉末における炭化珪素粒子の平均粒子径は、10～60 μm が好ましい。金属珪素粉末（金属珪素）の平均粒子径は、2～20 μm であることが好ましい。2 μm より小さいと、電気抵抗率が小さくなり過ぎることがある。20 μm より大きいと、電気抵抗率が大きくなり過ぎることがある。炭化珪素粒子及び金属珪素粒子（金属珪素）の平均粒子径はレーザー回折法で測定した値である。炭化珪素粒子は、炭化珪素粉末を構成する炭化珪素の微粒子である。金属珪素粒子は、金属珪素粉末を構成する金属珪素の微粒子である。

[0114] バインダとしては、メチルセルロース、ヒドロキシプロピルメチルセルロース、ヒドロキシプロポキシルセルロース、ヒドロキシエチルセルロース、カルボキシメチルセルロース、ポリビニルアルコール等を挙げることができる。これらの中でも、メチルセルロースとヒドロキシプロポキシルセルロースとを併用することが好ましい。バインダの含有量は、炭化珪素粉末及び金属珪素粉末の合計質量を100質量部としたときに、2.0～10.0質量部であることが好ましい。

[0115] 水の含有量は、炭化珪素粉末及び金属珪素粉末の合計質量を100質量部としたときに、20～40質量部であることが好ましい。

- [0116] 界面活性剤としては、エチレングリコール、デキストリン、脂肪酸石鹼、ポリアルコール等を用いることができる。これらは、１種単独で使用してもよいし、２種以上を組み合わせ使用してもよい。界面活性剤の含有量は、炭化珪素粉末及び金属珪素粉末の合計質量を１００質量部としたときに、０．１～２．０質量部であることが好ましい。
- [0117] 造孔材としては、焼成後に気孔となるものであれば特に限定されるものではなく、例えば、グラファイト、澱粉、発泡樹脂、吸水性樹脂、シリカゲル等を挙げることができる。造孔材の含有量は、炭化珪素粉末及び金属珪素粉末の合計質量を１００質量部としたときに、０．１～５．０質量部であることが好ましい。造孔材の平均粒子径は、１０～３０ μm であることが好ましい。１０ μm より小さいと、気孔を十分形成できないことがある。３０ μm より大きいと、大気孔ができやすくなり、強度低下を起こすことがある。造孔材の平均粒子径はレーザー回折方法で測定した値である。
- [0118] 次に、炭化珪素粉末（炭化珪素）、金属珪素（金属珪素粉末）、バインダ、界面活性剤、造孔材、水等を混合して得られた混合物を混練して、電極端子突起部形成原料とすることが好ましい。混練の方法は特に限定されず、例えば、混練機を用いることができる。
- [0119] 得られた電極端子突起部形成原料を成形して、電極端子突起部形成用部材の形状にする方法は特に限定されず、押し出し成形後に加工する方法を挙げることができる。
- [0120] 電極端子突起部形成原料を成形して、電極端子突起部形成用部材の形状にした後に、乾燥させて、電極端子突起部形成用部材を得ることが好ましい。乾燥条件は、５０～１００℃とすることが好ましい。
- [0121] 次に、電極端子突起部形成用部材を、電極部形成原料が塗布されたハニカム成形体に貼り付けることが好ましい。電極端子突起部形成用部材をハニカム成形体（ハニカム成形体の電極部形成原料が塗布された部分）に貼り付ける方法は、特に限定されない。上記電極部形成原料を用いて電極端子突起部形成用部材をハニカム成形体に貼り付けることが好ましい。例えば、まず、

電極端子突起部形成用部材の「ハニカム成形体に貼り付く面（ハニカム成形体に接触する面）」に電極部形成原料を塗布する。その後、「当該電極部形成原料を塗布した面」がハニカム成形体に接触するようにして、電極端子突起部形成用部材をハニカム成形体に貼り付けることが好ましい。

[0122] そして、「電極部形成原料が塗布され、電極端子突起部形成用部材が貼り付けられたハニカム成形体」を乾燥し、焼成して、本発明のハニカム構造体とすることが好ましい。尚、本発明のハニカム構造体の一の実施形態（ハニカム構造体 100、図 1～図 4 参照）を作製する際には、上記、乾燥後の「電極部形成原料が塗布されたハニカム成形体（電極端子突起部形成用部材が貼り付いていないもの）」を焼成すればよい。

[0123] このときの乾燥条件は、50～100℃とすることが好ましい。

[0124] また、焼成の前に、バインダ等を除去するため、仮焼成を行うことが好ましい。仮焼成は大気雰囲気において、400～500℃で、0.5～20時間行うことが好ましい。仮焼成及び焼成の方法は特に限定されず、電気炉、ガス炉等を用いて焼成することができる。焼成条件は、窒素、アルゴン等の不活性雰囲気において、1400～1500℃で、1～20時間加熱することが好ましい。また、焼成後、耐久性向上のために、1200～1350℃で、1～10時間、酸素化処理を行うことが好ましい。

[0125] 尚、電極端子突起部形成用部材は、ハニカム成形体を焼成する前に貼り付けてもよいし、焼成した後に貼り付けてもよい。電極端子突起部形成用部材を、ハニカム成形体を焼成した後に貼り付けた場合は、その後に、上記条件によって再度焼成することが好ましい。

[0126] [5] ハニカム構造体の製造方法：

次に、図 23 に示される、ハニカム構造体 900 の製造方法について説明する。ハニカム構造体 900 の製造方法は、上記製造方法（A）において、「乾燥後のハニカム成形体」を作製した後に、電極端子突起部形成用部材を貼り付けずに、導電体 23 を配設するものである。

[0127] 「乾燥後のハニカム成形体」に、導電体 23 を配設する方法としては、導

電体 23 を電極部の表面に貼り付け、焼成する方法等を挙げることができる。上記「乾燥後のハニカム成形体」は、乾燥後の「電極部形成原料が塗布されたハニカム成形体（電極端子突起部形成用部材が貼り付いていないもの）」のことである。電極部 21 としては、セルの延びる方向に直交する断面において、「電極部の最大厚さの 0～70%の厚さである部分」が、中央に位置する領域 M に形成されず、この領域 M 以外の領域に形成されているものを用いることが好ましい（図 23 参照）。導電体 23 は、中央に位置する領域 M に配設することが好ましい（図 23 参照）。

実施例

[0128] 以下、本発明を実施例に基づいて具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

[0129] （実施例 1）

炭化珪素（SiC）粉末と金属珪素（Si）粉末とを 80：20 の質量割合で混合した。これに、バインダとしてヒドロキシプロピルメチルセルロース、造孔材として吸水性樹脂を添加すると共に、水を添加して成形原料とした。その後、成形原料を真空土練機により混練し、円柱状の坯土を作製した。バインダの含有量は炭化珪素（SiC）粉末と金属珪素（Si）粉末の合計を 100 質量部としたときに 7 質量部であった。造孔材の含有量は炭化珪素（SiC）粉末と金属珪素（Si）粉末の合計を 100 質量部としたときに 3 質量部であった。水の含有量は炭化珪素（SiC）粉末と金属珪素（Si）粉末の合計を 100 質量部としたときに 42 質量部であった。炭化珪素粉末の平均粒子径は $20\mu\text{m}$ であった。金属珪素粉末の平均粒子径は $6\mu\text{m}$ であった。また、造孔材の平均粒子径は、 $20\mu\text{m}$ であった。炭化珪素、金属珪素及び造孔材の平均粒子径は、レーザー回折法で測定した値である。

[0130] 得られた円柱状の坯土を押出成形機を用いて成形し、ハニカム成形体を得た。得られたハニカム成形体を高周波誘電加熱乾燥した。その後、熱風乾燥機を用いて 120°C で 2 時間乾燥し、両端面を所定量切断した。

[0131] 次に、炭化珪素（SiC）粉末と金属珪素（Si）粉末とを 60：40 の

質量割合で混合した。これに、バインダとしてヒドロキシプロピルメチルセルロース、保湿剤としてグリセリン、分散剤として界面活性剤を添加すると共に、水を添加して、混合した。混合物を混練して電極部形成原料とした。バインダの含有量は炭化珪素（SiC）粉末と金属珪素（Si）粉末の合計を100質量部としたときに0.5質量部であった。グリセリンの含有量は炭化珪素（SiC）粉末と金属珪素（Si）粉末の合計を100質量部としたときに10質量部であった。界面活性剤の含有量は炭化珪素（SiC）粉末と金属珪素（Si）粉末の合計を100質量部としたときに0.3質量部であった。水の含有量は炭化珪素（SiC）粉末と金属珪素（Si）粉末の合計を100質量部としたときに42質量部であった。炭化珪素粉末の平均粒子径は $52\mu\text{m}$ であった。金属珪素粉末の平均粒子径は $6\mu\text{m}$ であった。炭化珪素及び金属珪素の平均粒子径は、レーザー回折法で測定した値である。混練は、縦型の攪拌機で行った。

[0132] 次に、電極部形成原料を、乾燥させたハニカム成形体の側面に、電極部の最大厚さ（乾燥、焼成後の厚さ）が 0.25mm で「セルの延びる方向に直交する断面において中心角の0.5倍が 49.3° 」になるようにして、帯状に塗布した。電極部形成原料の塗布に際しては、以下のような印刷パターンを設定した。即ち、外周形状が円形の貫通孔が、ハニカム構造体のセルの延びる方向に複数整列して形成されるとともに、周方向に複数列形成され、電極中央部には上記貫通孔が形成されないような印刷パターンを設定した。上記「電極中央部」は、ハニカム構造体のセルの延びる方向における中央部であり、かつ、ハニカム構造体の周方向における中央部のことである。上記「印刷パターン」は、具体的には、図8に示すハニカム構造体200の電極部21において、上記電極中央部に貫通孔が形成されないような印刷パターンのことである。電極部形成原料は、乾燥させたハニカム成形体の側面に、2箇所塗布した。そして、セルの延びる方向に直交する断面において、2箇所の電極部形成原料を塗布した部分のなかの一方が、他方に対して、ハニカム成形体の中心を挟んで反対側に配置されるようにした。ハニカム成形体の

側面に塗布された電極部形成原料の形状は、概略長方形とした。

[0133] 次に、ハニカム成形体に塗布した電極部形成原料を乾燥させた。乾燥条件は、 70°C とした。

[0134] 次に、炭化珪素 (SiC) 粉末と金属珪素 (Si) 粉末とを $60:40$ の質量割合で混合した。これに、バインダとしてヒドロキシプロピルメチルセルロースを添加すると共に、水を添加して、混合した。混合物を混練して電極端子突起部形成原料とした。電極端子突起部形成原料を、真空土練機を用いて坏土とした。バインダの含有量は炭化珪素 (SiC) 粉末と金属珪素 (Si) 粉末の合計を 100 質量部としたときに 4 質量部であった。水の含有量は炭化珪素 (SiC) 粉末と金属珪素 (Si) 粉末の合計を 100 質量部としたときに 22 質量部であった。炭化珪素粉末の平均粒子径は $52\ \mu\text{m}$ であった。金属珪素粉末の平均粒子径は $6\ \mu\text{m}$ であった。炭化珪素及び金属珪素の平均粒子径は、レーザー回折法で測定した値である。

[0135] 得られた坏土を、図 20～図 22 に示される電極端子突起部 22 のような形状（基板と突起部とからなる形状）に加工し、乾燥して、電極端子突起部形成用部材を得た。また、乾燥条件は、 70°C とした。板状の基板 22a に相当する部分は、「 $3\text{mm} \times 12\text{mm} \times 15\text{mm}$ 」の大きさとした。また、突起部 22b に相当する部分は、底面の直径が 7mm で、中心軸方向の長さが 10mm の円柱状とした。電極端子突起部形成用部材は 2 つ作製した。

[0136] 次に、2 つの電極端子突起部形成用部材のそれぞれを、ハニカム成形体の 2 箇所の電極部形成原料を塗布した部分のそれぞれに貼り付けた。電極端子突起部形成用部材は、電極部形成原料を用いて、ハニカム成形体の電極部形成原料を塗布した部分に貼り付けた。その後、「電極部形成原料が塗布され、電極端子突起部形成用部材が貼り付けられたハニカム成形体」を、脱脂し、焼成し、更に酸化処理してハニカム構造体を得た。脱脂の条件は、 550°C で 3 時間とした。焼成の条件は、アルゴン雰囲気下で、 1450°C 、2 時間とした。酸化処理の条件は、 1300°C で 1 時間とした。

[0137] 得られたハニカム構造体の隔壁の平均細孔径（気孔径）は $8.6\ \mu\text{m}$ であ

り、気孔率は45%であった。平均細孔径および気孔率は、水銀ポロシメータにより測定した値である。また、ハニカム構造体の、隔壁の厚さは101.6 μm であり、セル密度は93セル/ cm^2 であった。また、ハニカム構造体の底面は直径93mmの円形であり、ハニカム構造体のセルの延びる方向における長さは100mmであった。また、得られたハニカム構造体のアイソスタティック強度は2.5MPaであった。アイソスタティック強度は水中で静水圧をかけて測定した破壊強度である。また、ハニカム構造体の、2つの電極部の、セルの延びる方向に直交する断面における中心角の0.5倍は、49.3°であった。また、電極部の厚さは、0.25mmであった。また、電極部の電気抵抗率は、0.8 Ωcm であり、ハニカム構造部の電気抵抗率は、40 Ωcm であり、電極端子突起部の電気抵抗率は、0.8 Ωcm であった。また、電極部の一方の端面から他方の端面に亘って形成されていた。なお、電極端子突起部の電気抵抗率は、いずれの実施例及び比較例においても0.8 Ωcm であった。

[0138] なお、ハニカム構造部、電極部及び電極端子突起部の電気抵抗率は、以下の方法で測定した。測定対象と同じ材質で10mm×10mm×50mmの試験片を作成した。つまり、ハニカム構造部の電気抵抗率を測定する場合にはハニカム構造部と同じ材質で試験片を作製した。電極部の電気抵抗率を測定する場合には電極部と同じ材質で試験片を作製した。そして、電極端子突起部の電気抵抗率を測定する場合には電極端子突起部と同じ材質で試験片を作製した。試験片の両端部（長手方向における両端部）全面に銀ペーストを塗布し、配線して通電できるようにした。試験片に電圧印加電流測定装置をつなぎ印加した。試験片中央部に熱伝対を設置し、電圧印加時の試験片温度の経時変化をレコーダーにて確認した。100～200V印加し、試験片温度が400℃の状態における電流値及び電圧値を測定した。得られた電流値及び電圧値、並びに試験片寸法から電気抵抗率を算出した。

[0139] 得られたハニカム構造体について、以下の方法で、「耐熱衝撃性」、「耐熱衝撃性試験前後の抵抗値」、及び「発熱偏り」の評価を行った。結果を表

1 に示す。

[0140] [耐熱衝撃性]

プロパンガスバーナー試験機の金属ケース内にハニカム構造体を収納し、このプロパンガスバーナー試験機を用いてハニカム構造体の加熱冷却試験を行った。その際、ハニカム構造内の温度差の評価試験を行った。プロパンガスバーナー試験機は、プロパンガスを燃焼させるガスバーナーを用いて加熱ガスを供給することができるものである。

[0141] 具体的には、まず、プロパンガスバーナー試験機の金属ケースに、得られたハニカム構造体を収納（キャニング）した。そして、この金属ケース内に、上記ガスバーナー試験機により加熱されたガス（加熱ガス）を供給し、ハニカム構造体内を通過させた。このとき、金属ケースに流入させる加熱ガスの温度条件（金属ケースの入口における加熱ガスの温度）を以下のようにした。まず、ガスの供給開始直後から5分間でガスを950℃まで昇温させ、その後950℃の加熱ガスを10分間供給することにより、ハニカム構造体を950℃で10分間保持した。その後の5分間で100℃までハニカム構造体を冷却させた後、10分間、ハニカム構造体の温度を100℃に維持した。その後、「5分間で100℃から950℃までハニカム構造体を昇温させた後、10分間、ハニカム構造体の温度を950℃に維持し、その後、5分間で100℃まで冷却する」という加熱冷却サイクルを100サイクル繰り返した。その後、ハニカム構造体を室温まで冷却し、ハニカム構造体におけるクラックの発生状態を確認した。耐熱衝撃性評価の結果を、表1の「耐熱衝撃性」の欄に示す。「耐熱衝撃性」の欄の「クラック無し」は、ハニカム構造体にクラックが発生しなかったことを示し、「クラック有」は、ハニカム構造体にクラックが発生したことを示す。「クラック無し」が合格であり、「クラック有」が不合格である。

[0142] [耐熱衝撃性試験前後の抵抗値]

上記の「耐熱衝撃性」の試験を行う前のハニカム構造体の抵抗値を測定しておき、「耐熱衝撃性」の試験を行った後のハニカム構造体の抵抗値を測定

する。「耐熱衝撃性」試験の前後の抵抗値の差が、「耐熱衝撃性」試験前のハニカム構造体の抵抗値の5%以内であれば、「抵抗変化」が「変化なし」である。上記抵抗値の差が「耐熱衝撃性」試験前のハニカム構造体の抵抗値の5%を超える場合は、「抵抗変化」が「変化あり」である。抵抗値の測定は、ハニカム構造体の電極端子突起部に配線して通電することにより行った。測定時には、ハニカム構造体に電圧印加電流測定装置をつなぎ、印加した。100～200V印加し、電流値及び電圧値を測定した。得られた電流値及び電圧値からハニカム構造体電気抵抗率を算出し、通電中の最小となる抵抗値をハニカム構造体の抵抗値（抵抗）とした。大きなクラックが発生した場合に抵抗値が大きくなる。「抵抗変化」が「変化なし」の場合が合格であり、「抵抗変化」が「変化あり」の場合が不合格である。なお、表1中、本評価を「抵抗値」と示す。

[0143] [発熱偏り]

まず、ハニカム構造体に200Vの電圧を印加し、通電試験を行った。そして、その際のハニカム構造体の最高温度を測定した。その後、以下の基準により、ハニカム構造体の発熱偏りを評価した。なお、上記ハニカム構造体の最高温度が200℃以下であれば、ハニカム構造体における温度分布の偏りが抑制された状態であるといえることができる。

[0144]

[表1]

	最大厚さに 対する割合 (%)	比の値 (S/U)	電極部の 最大厚さ (mm)	外周壁の 厚さ(mm)	電極部の 電気抵抗率 (Ω cm)	ハニカム構造部の 電気抵抗率 (Ω cm)	中心角の 0.5倍の 角度(θ)	耐熱衝撃性	抵抗値	発熱偏り
実施例1	0	0.05	0.5	0.3	0.8	40	49.5	クラック無し	変化なし	230
実施例2	0	0.1	0.5	0.3	0.8	40	49.5	クラック無し	変化なし	185
実施例3	0	0.3	0.5	0.3	0.8	40	49.5	クラック無し	変化なし	172
実施例4	0	0.5	0.5	0.3	0.8	40	49.5	クラック無し	変化なし	155
実施例5	0	0.7	0.5	0.3	0.8	40	49.5	クラック無し	変化なし	141
実施例6	0	0.8	0.5	0.3	0.8	40	49.5	クラック無し	変化なし	129
比較例1	100	1	0.5	0.3	0.8	40	49.5	クラック有	変化なし	101
実施例7	10	0.5	0.5	0.3	0.8	40	49.5	クラック無し	変化なし	145
実施例8	30	0.5	0.5	0.3	0.8	40	49.5	クラック無し	変化なし	140
実施例9	70	0.5	0.5	0.3	0.8	40	49.5	クラック無し	変化なし	125
実施例10	0	0.5	0.5	0.3	0.8	1	49.5	クラック無し	変化なし	188
実施例11	0	0.5	0.5	0.3	0.8	200	49.5	クラック無し	変化なし	186
実施例12	0	0.5	0.5	0.3	0.05	40	49.5	クラック無し	変化なし	222
実施例13	0	0.5	0.5	0.3	0.1	40	50.5	クラック無し	変化なし	165
実施例14	0	0.5	0.5	0.3	100	40	51.5	クラック無し	変化なし	187
実施例15	0	0.5	0.5	0.3	150	40	52.5	クラック無し	変化なし	245
実施例16	0	0.5	0.001	0.3	0.8	40	49.5	クラック無し	変化なし	231
実施例17	0	0.5	0.025	0.3	0.8	40	49.5	クラック無し	変化なし	182
実施例18	0	0.5	0.1	0.3	0.8	40	49.5	クラック無し	変化なし	170
実施例19	0	0.5	1	0.3	0.8	40	49.5	クラック無し	変化なし	128
実施例20	0	0.5	1.2	0.3	0.8	40	49.5	クラック無し	変化なし	110
実施例21	0	0.5	0.5	0.3	0.8	40	10	クラック無し	変化なし	209
実施例22	0	0.5	0.5	0.3	0.8	40	15	クラック無し	変化なし	175
実施例23	0	0.5	0.5	0.3	0.8	40	40	クラック無し	変化なし	158
実施例24	0	0.5	0.5	0.3	0.8	40	65	クラック無し	変化なし	178
実施例25	0	0.5	0.5	0.3	0.8	40	70	クラック無し	変化なし	202
比較例2	75	0.5	0.5	0.3	0.8	40	49.5	クラック有	変化なし	112
比較例3	90	0.5	0.5	0.3	0.8	40	49.5	クラック有	変化なし	103

[0145] (実施例2～25及び比較例1～3)

ハニカム構造体の電極部及びハニカム構造部を、表1に示す値を満たすように変更したこと以外は、実施例1と同様にしてハニカム構造体を作製した。

[0146] 得られたハニカム構造体について、上記の方法で、「耐熱衝撃性」、「耐熱衝撃性試験前後の抵抗値」、及び「発熱偏り」の評価を行った。結果を表

1 に示す。

[0147] 表 1 から明らかなように、実施例 1 ～ 25 のハニカム構造体は、触媒担体であると共に電圧を印加することによりヒーターとしても機能し、比較例 1 ～ 3 のハニカム構造体に比べて、耐熱衝撃性に優れることが確認できた。

[0148] 実施例 2 ～ 6 は、比の値 (S/U) が 0.1 ～ 0.8 の範囲内であるため、実施例 1 に比べて、発熱偏りの評価が良好であることが確認できた。即ち、ハニカム構造体における温度分布の偏りが抑制されていることが確認できた。

[0149] 実施例 14、15 は、電極部の電気抵抗率が 0.1 ～ 100 $\Omega \cdot \text{cm}$ 範囲内であるため、実施例 13、16 に比べて、発熱偏りの評価が良好であることが確認できた。即ち、ハニカム構造体における温度分布の偏りが抑制されていることが確認できた。

[0150] 実施例 17 ～ 20 は、電極部の最大厚さが 0.025 ～ 3 mm の範囲内であるため、実施例 16 に比べて、発熱偏りの評価が良好であることが確認できた。即ち、ハニカム構造体における温度分布の偏りが抑制されていることが確認できた。

[0151] 実施例 22 ～ 24 は、電極部の中心角 α の 0.5 倍（中心角 α の 0.5 倍の角度 θ ）が 15 ～ 65° であるため、実施例 21、25 に比べて、発熱偏りの評価が良好であることが確認できた。即ち、ハニカム構造体における温度分布の偏りが抑制されていることが確認できた。

産業上の利用可能性

[0152] 本発明のハニカム構造体は、自動車の排ガスを浄化する排ガス浄化装置用の触媒担体として好適に利用することができる。

符号の説明

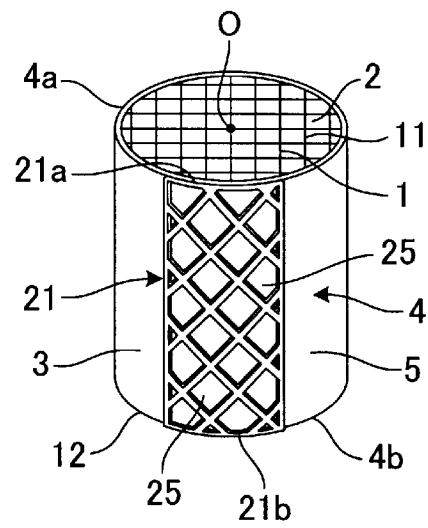
[0153] 1：隔壁、2：セル、3：外周壁、4：ハニカム構造部、4a：ハニカム構造部の一方の端部、4b：ハニカム構造部の他方の端部、5：側面、11：一方の端面、12：他方の端面、13：側端縁、15：外周縁、21：電極部、21a：電極部の一方の端部、21b：電極部の他方の端部、21X：

中央部、21 Y : 拡張部、22 : 電極端子突起部、22 a : 基板、22 b : 突起部、23 : 導電体、25 : 肉薄部、26 : 空洞、27 : 窪み、100, 200, 300, 400, 500, 501, 502 a, 502 b, 503, 600, 700, 800, 900 : ハニカム構造体、A, B, C : 電極部における領域、O : 中心、I : セルの延びる方向、M : 中央に位置する領域、X : 周方向 α : 中心角、 θ : 中心角の0.5倍の角度。

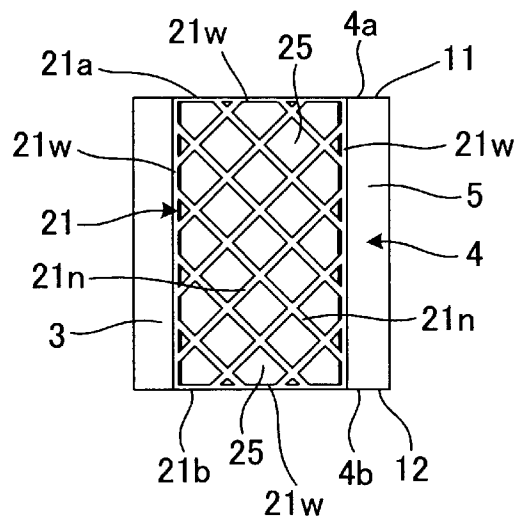
請求の範囲

- [請求項1] 流体の流路となる一方の端面から他方の端面まで延びる複数のセルを区画形成する多孔質の隔壁と最外周に位置する外周壁とを有する筒状のハニカム構造部と、前記ハニカム構造部の側面に配設された一対の電極部とを備え、
- 前記ハニカム構造部の電気抵抗率が、 $10 \sim 200 \Omega \text{ cm}$ であり、
- 前記一対の電極部のそれぞれが、前記ハニカム構造部のセルの延びる方向に延びる帯状に形成され、
- 前記セルの延びる方向に直交する断面において、前記一対の電極部における一方の前記電極部が、前記一対の電極部における他方の前記電極部に対して、前記ハニカム構造部の中心を挟んで反対側に配設され、
- 前記電極部が、前記電極部の最大厚さの $0 \sim 70\%$ の厚さである部分を有するものであるハニカム構造体。
- [請求項2] 前記電極部には、貫通孔が形成されている請求項1に記載のハニカム構造体。
- [請求項3] 前記電極部の最大厚さは、 $0.025 \sim 3 \text{ mm}$ である請求項1または2に記載のハニカム構造体。
- [請求項4] 前記一対の電極部のそれぞれが、前記ハニカム構造部の両端部間に亘って形成された請求項1～3のいずれか一項に記載のハニカム構造体。
- [請求項5] 前記電極部の電気抵抗率が、 $0.01 \sim 100 \Omega \text{ cm}$ である請求項1～4のいずれか一項に記載のハニカム構造体。
- [請求項6] 前記電極部の電気抵抗率よりも低い電気抵抗率をもつ導電体が、前記電極部の表面に設置された請求項1～5のいずれか一項に記載のハニカム構造体。

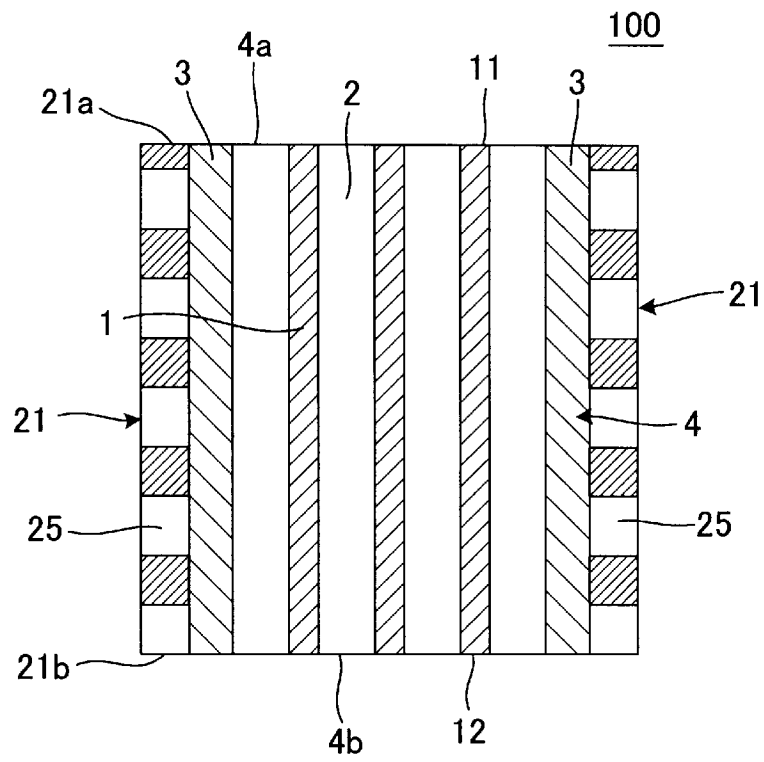
[図1]

100

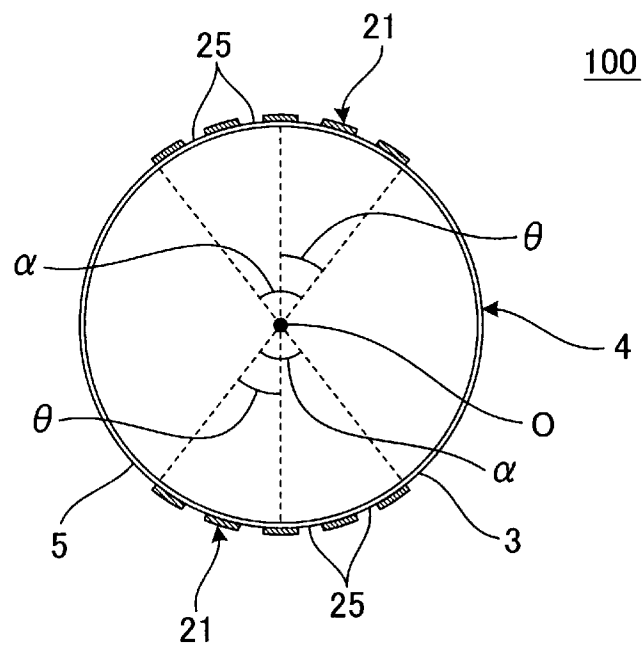
[図2]

100

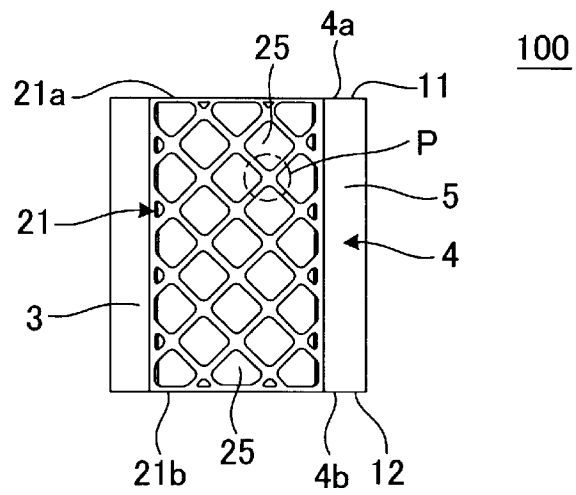
[図3]



[図4]



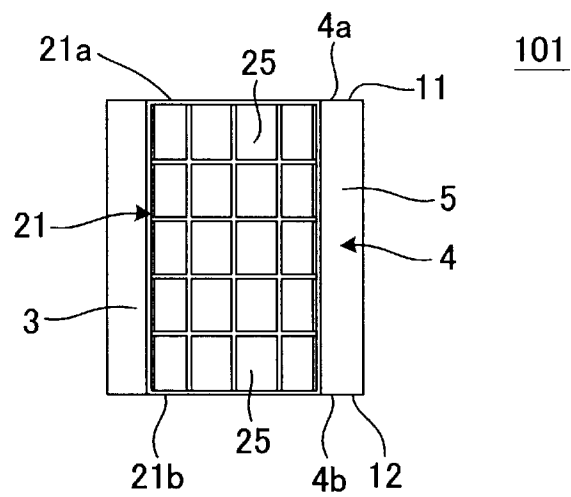
[図5]



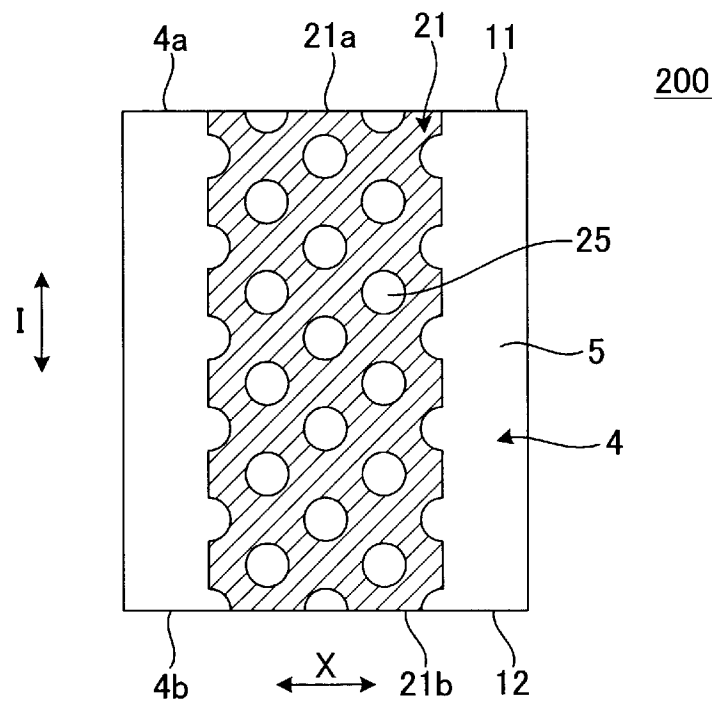
[図6]



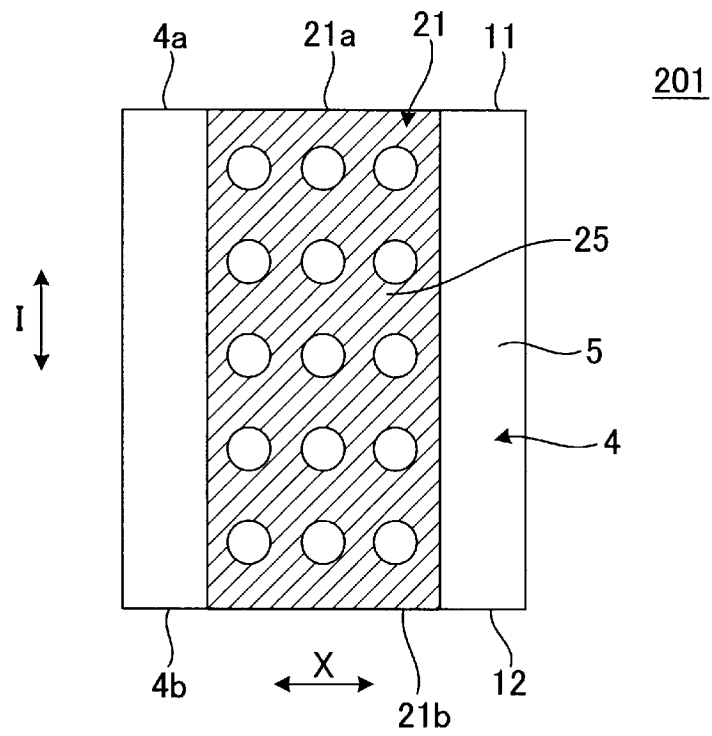
[図7]



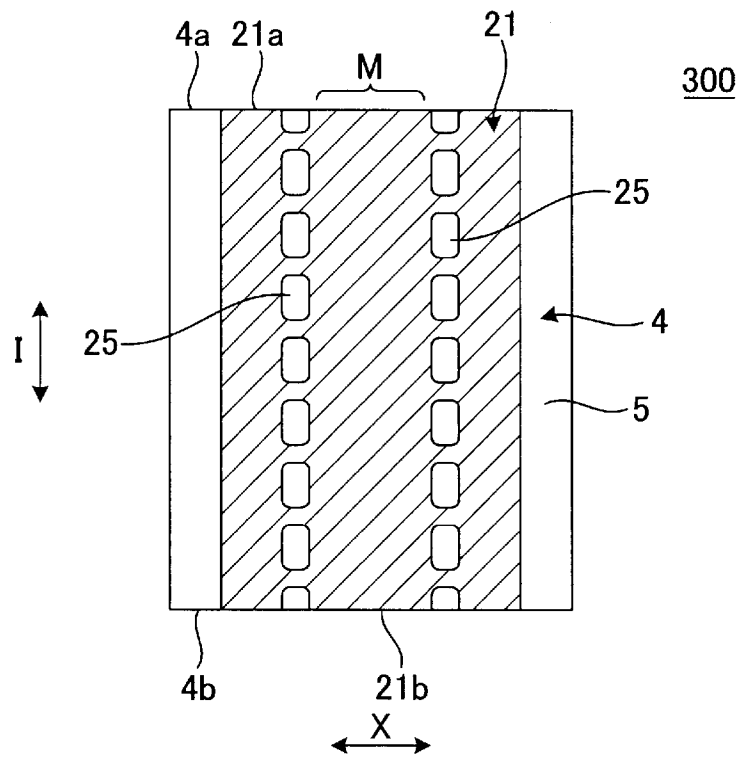
[図8]



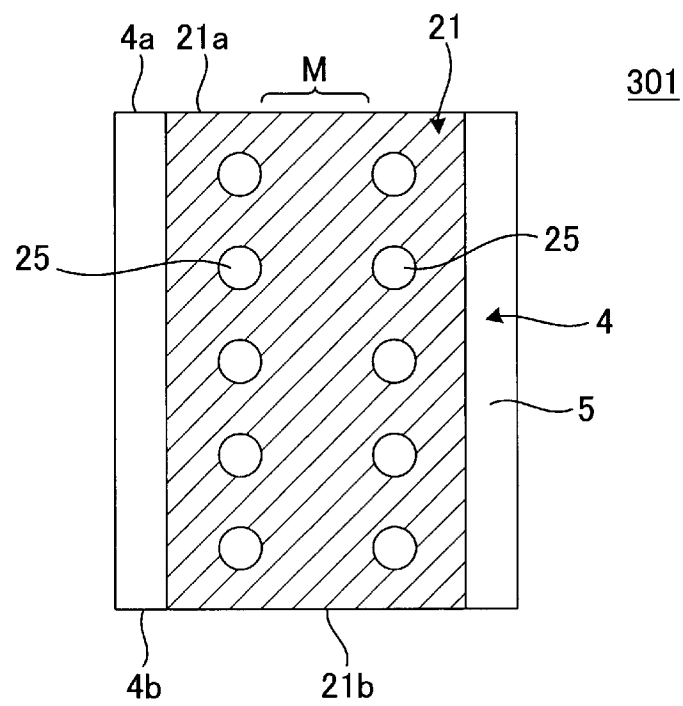
[図9]



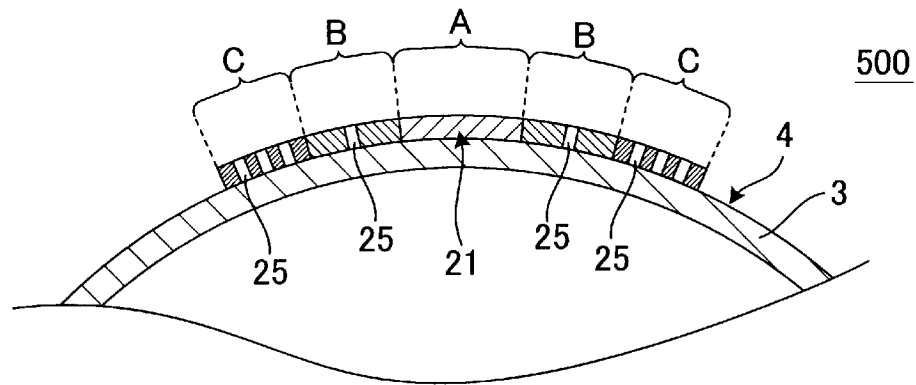
[図10]



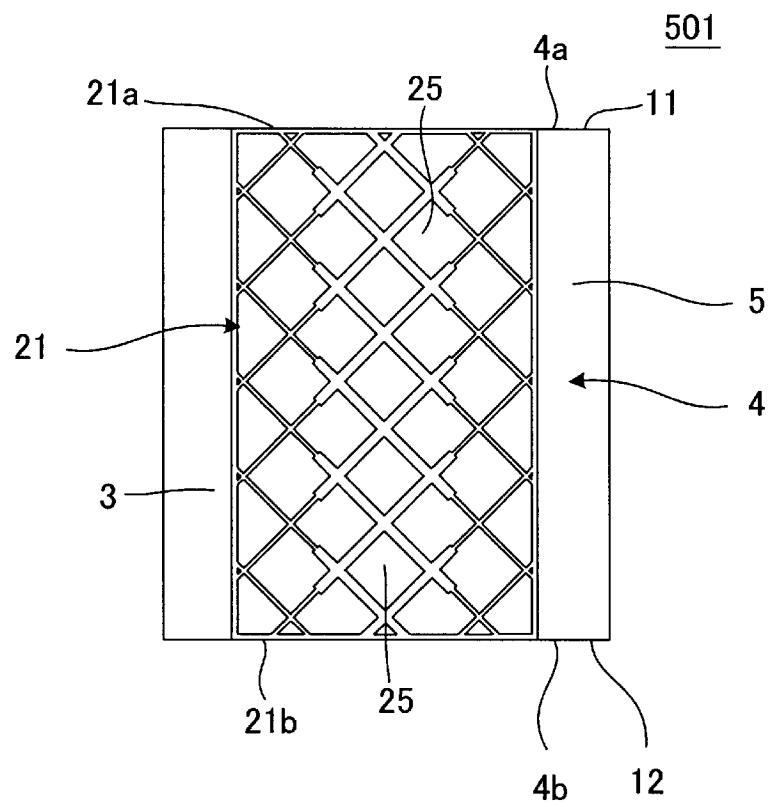
[図11]



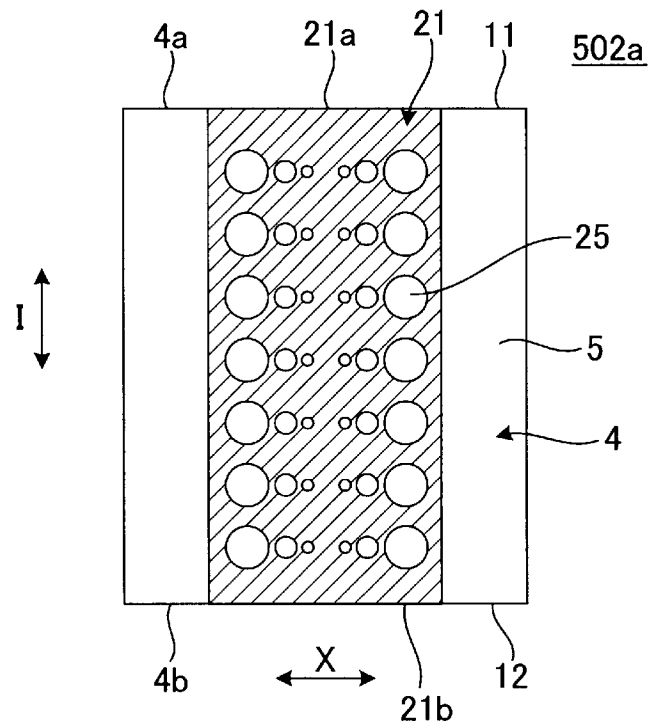
[図12]



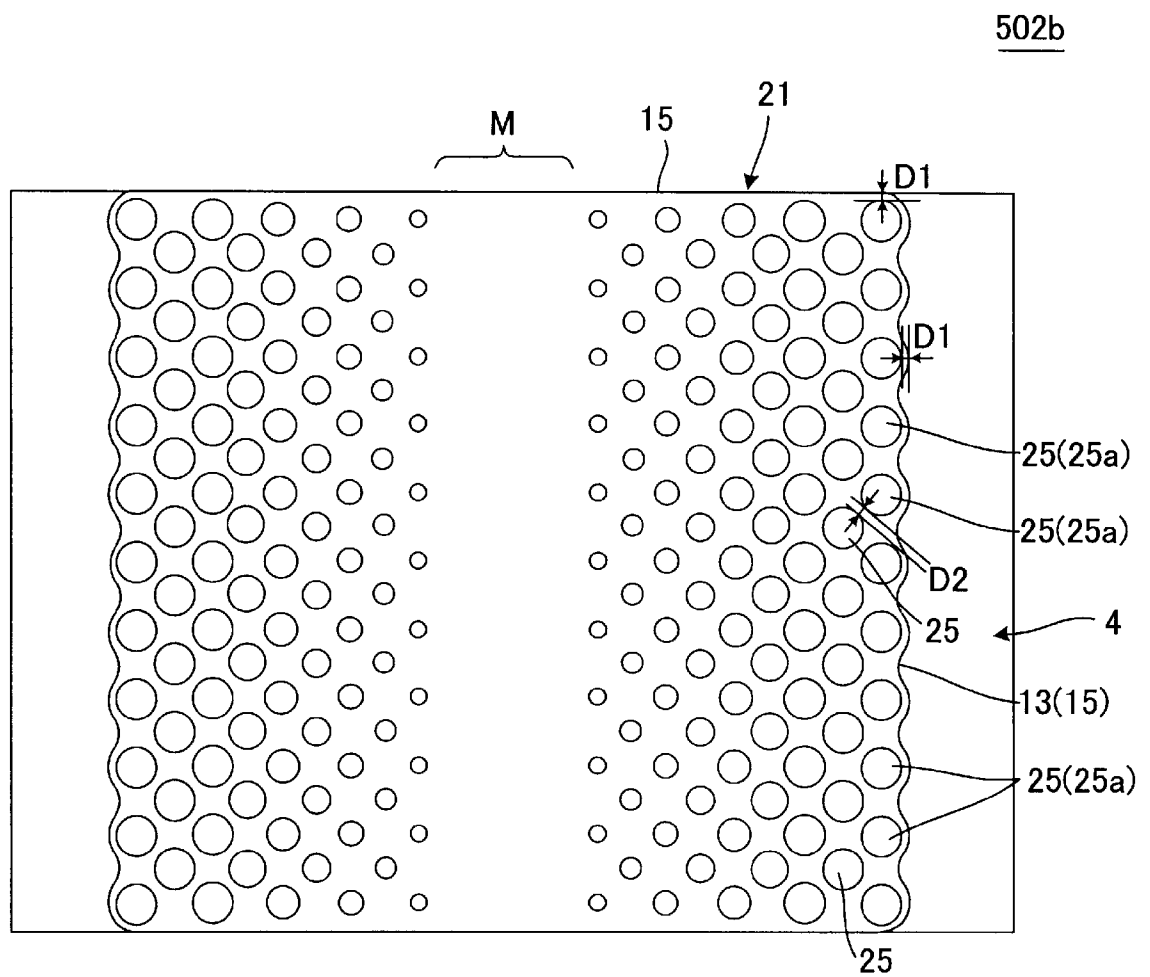
[図13]



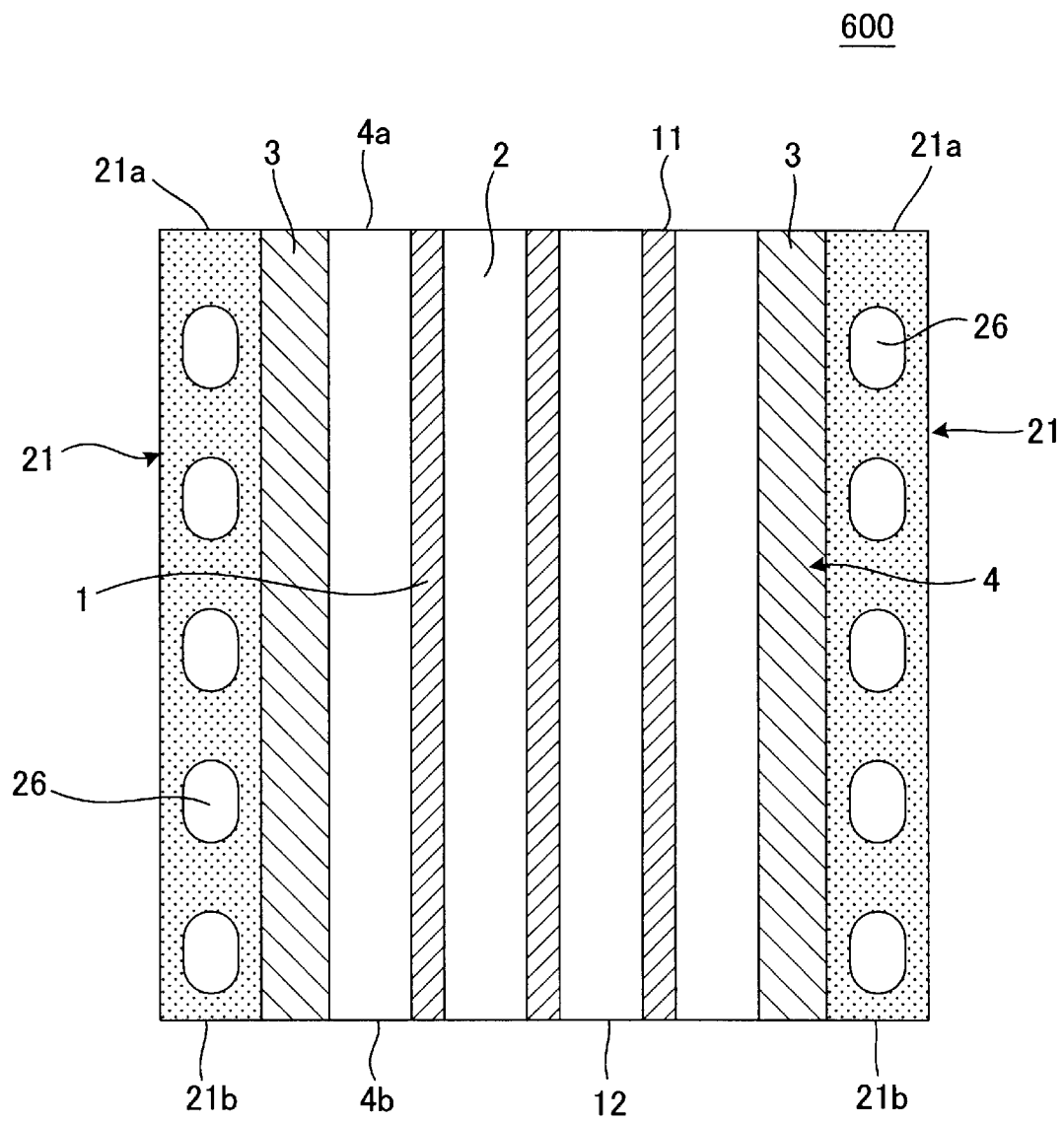
[図14A]



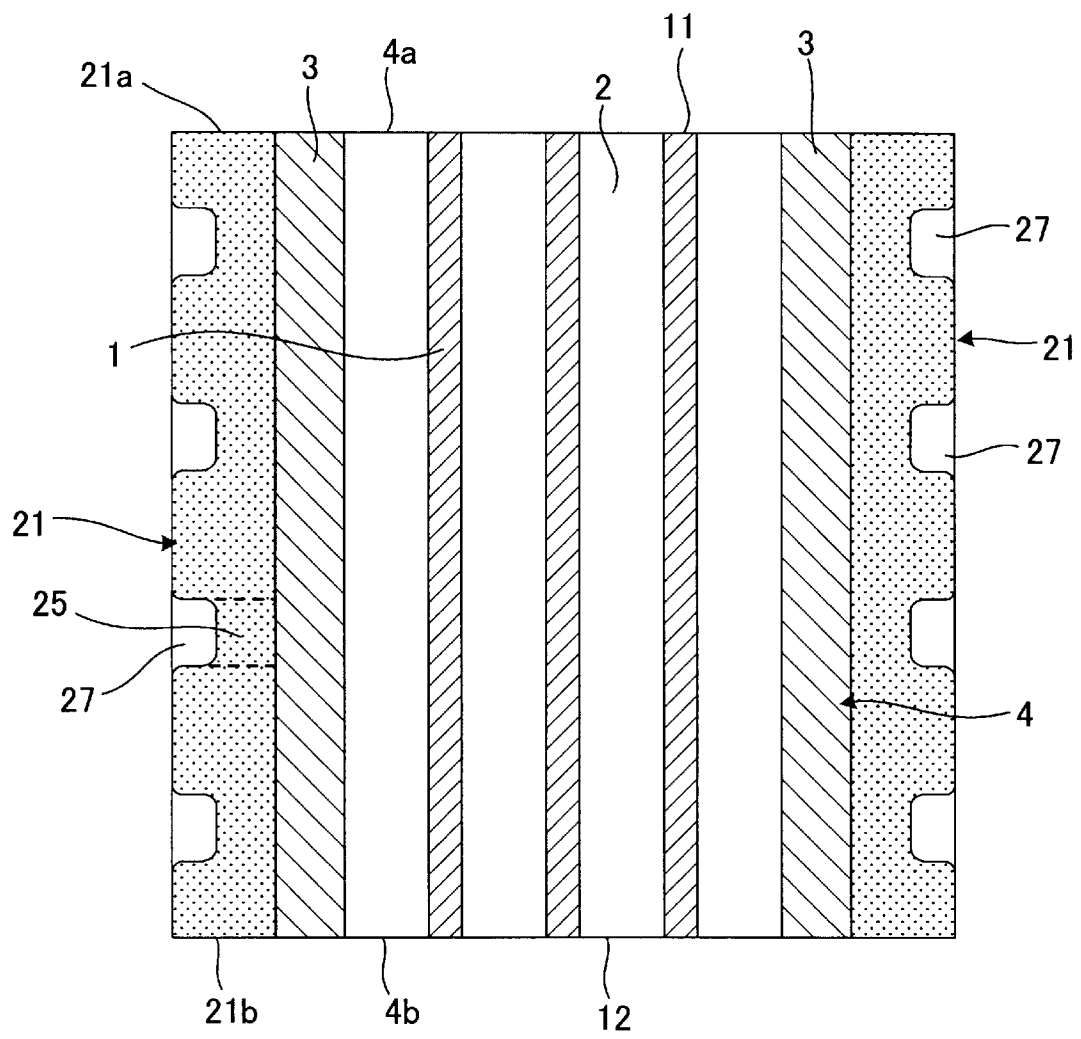
[図14B]



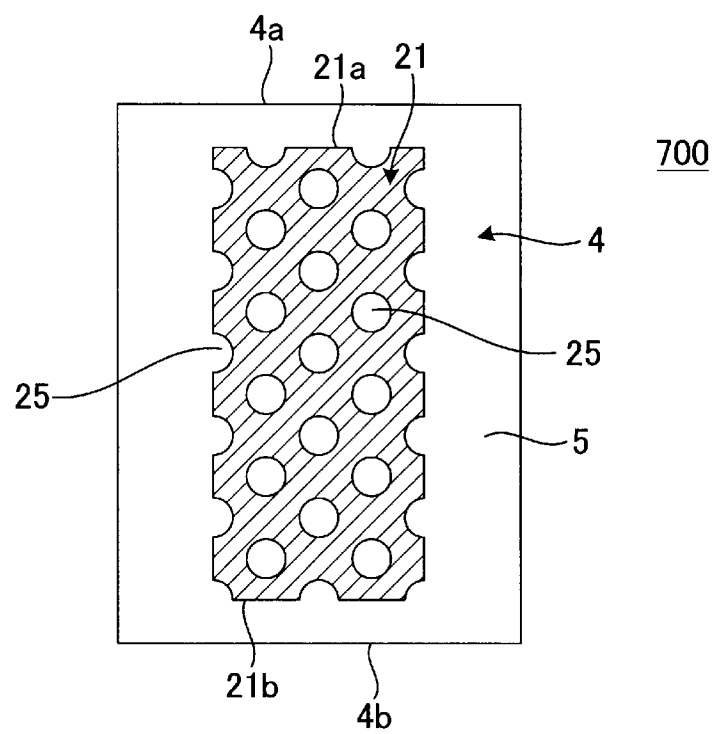
[図15]



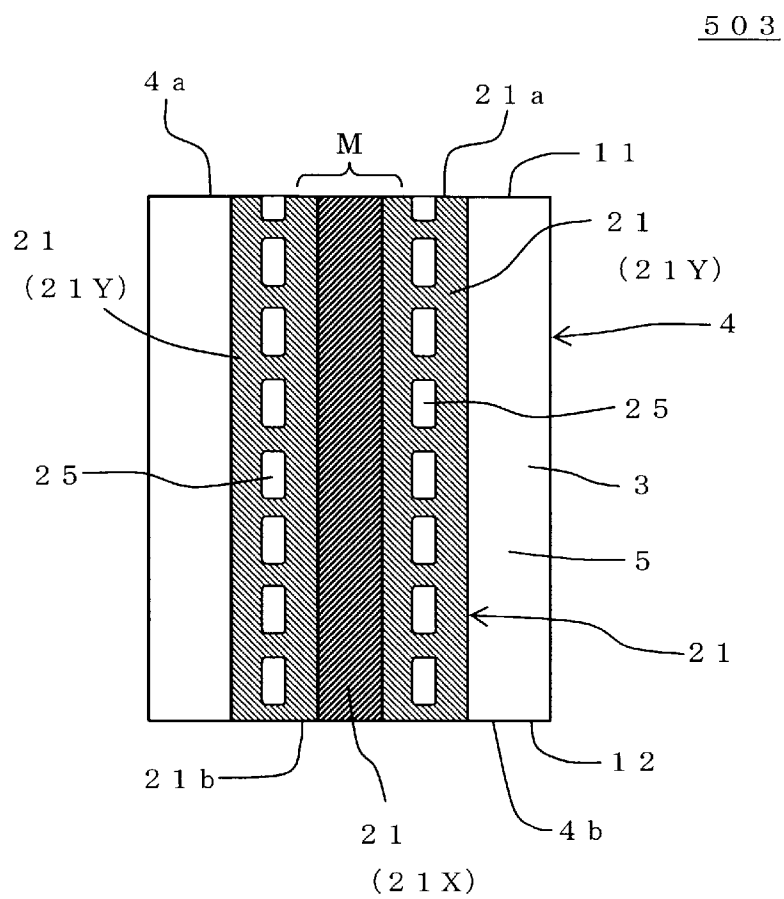
[図16]

601

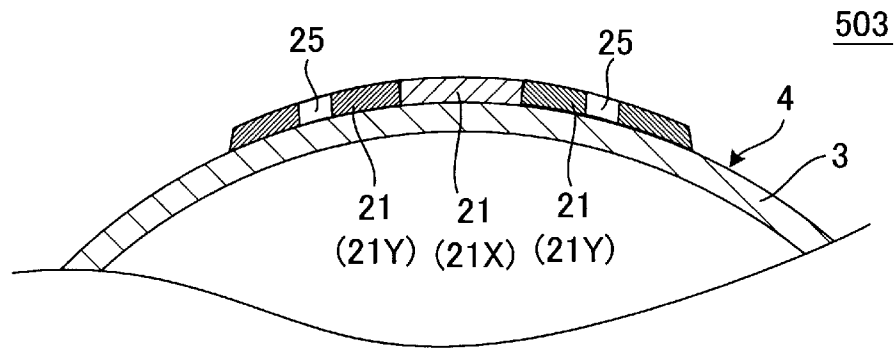
[図17]



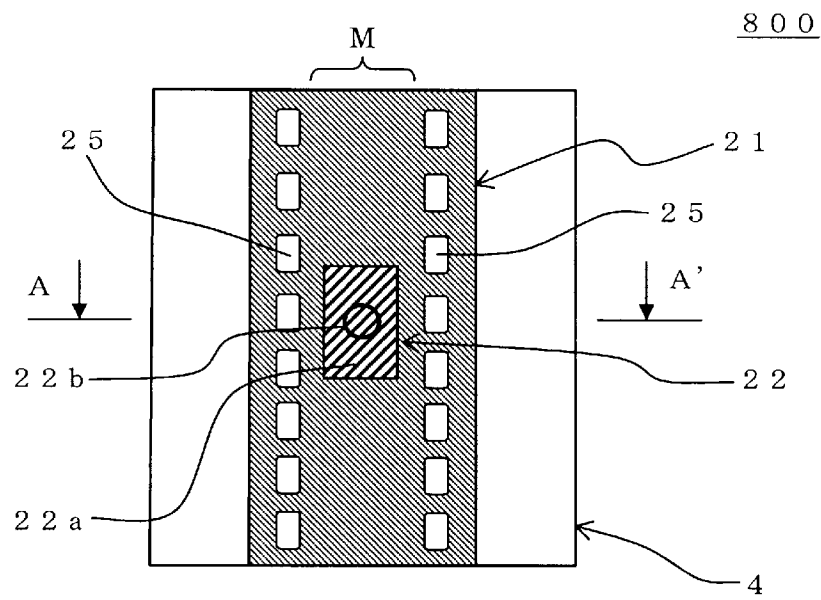
[図18]



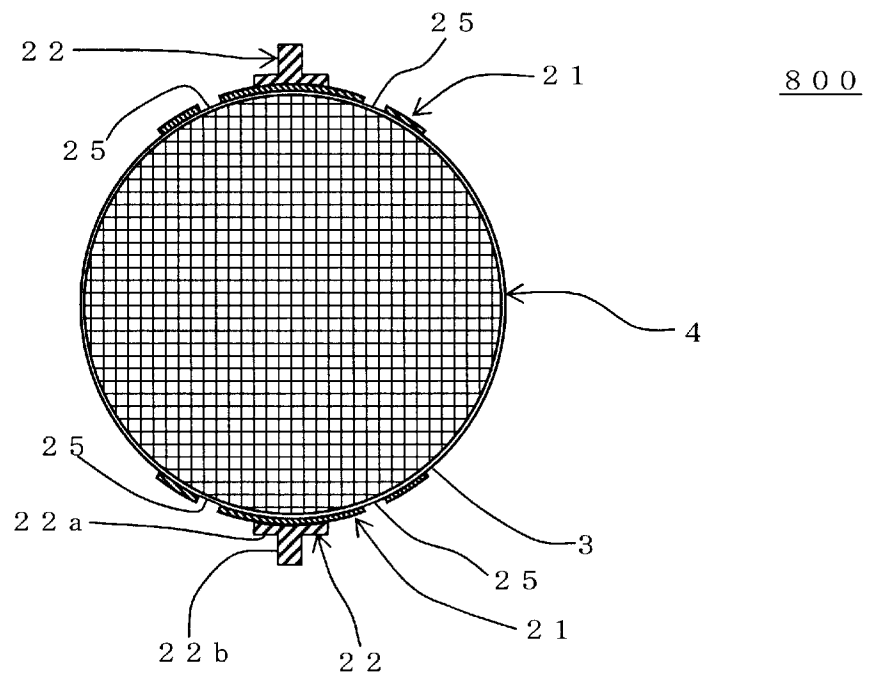
[図19]



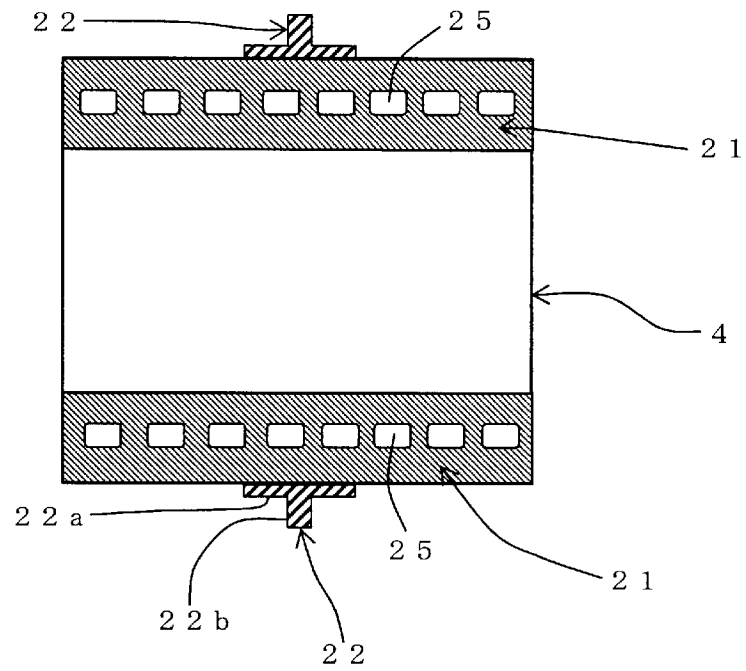
[図20]



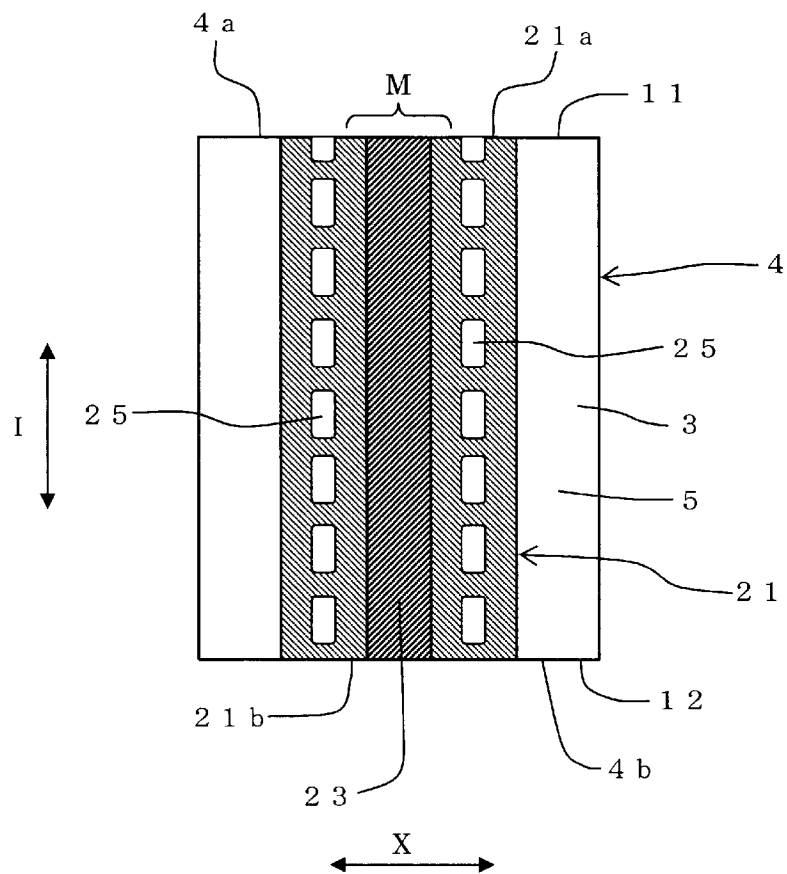
[図21]



[図22]

800

[図23]

900

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/079937

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B01D53/86(2006.01)i, B01J35/02(2006.01)i, B01J35/04(2006.01)i, F01N3/20(2006.01)i, H05B3/03(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)

B01D53/86, B01J35/02, B01J35/04, F01N3/20, H05B3/03

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 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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.
Y A	JP 2004-068684 A (NGK Insulators, Ltd.), 04 March 2004 (04.03.2004), claim 1; paragraphs [0033], [0041]; fig. 1, 6 & US 2005/0229564 A1 & EP 1544425 A1 & WO 2004/013469 A1	1-5 6
Y A	JP 04-067588 A (NGK Insulators, Ltd.), 03 March 1992 (03.03.1992), claim 1; page 2, lower right column, lines 7 to 8; examples 1 to 2; fig. 1 to 2 & US 5266278 A & US 5200154 A & EP 465237 A2	1, 4-5 2-3, 6
Y	JP 2010-229978 A (NGK Insulators, Ltd.), 14 October 2010 (14.10.2010), claims; paragraph [0039] (Family: none)	1-5



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

24 January, 2012 (24.01.12)

Date of mailing of the international search report

07 February, 2012 (07.02.12)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/079937

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2010-229977 A (NGK Insulators, Ltd.), 14 October 2010 (14.10.2010), claims 1, 4 (Family: none)	1-5
A	JP 04-280086 A (NGK Insulators, Ltd.), 06 October 1992 (06.10.1992), entire text & US 5245825 A & EP 502726 A1	1-6
P,X P,A	WO 2011/125817 A1 (NGK Insulators, Ltd.), 13 October 2011 (13.10.2011), claims 1, 5, 10; fig. 1, 3 (Family: none)	1,3-5 2,6
P,X P,A	WO 2011/125816 A1 (NGK Insulators, Ltd.), 13 October 2011 (13.10.2011), claims 1, 5, 8; fig. 1, 3, 7 (Family: none)	1,3-5 2,6
P,X P,A	WO 2011/125815 A1 (NGK Insulators, Ltd.), 13 October 2011 (13.10.2011), claims 1 to 3, 5; fig. 1, 3 (Family: none)	1,3-5 2,6
P,X P,A	JP 2011-207116 A (NGK Insulators, Ltd.), 20 October 2011 (20.10.2011), paragraphs [0002], [0030] to [0031], [0050], [0052]; fig. 1, 11 to 12 (Family: none)	1,4-5 2-3,6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B01D53/86(2006.01)i, B01J35/02(2006.01)i, B01J35/04(2006.01)i, F01N3/20(2006.01)i, H05B3/03(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. B01D53/86, B01J35/02, B01J35/04, F01N3/20, H05B3/03

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 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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
Y A	JP 2004-068684 A（日本碍子株式会社）2004.03.04, 請求項 1, 【0033】, 【0041】, 図 1, 6 & US 2005/0229564 A1 & EP 1544425 A1 & WO 2004/013469 A1	1-5 6
Y A	JP 04-067588 A（日本碍子株式会社）1992.03.03, 特許請求の範囲 (1), 第 2 頁右下欄第 7-8 行, 実施例 1-2, 第 1-2 図 & US 5266278 A & US 5200154 A & EP 465237 A2	1, 4-5 2-3, 6

☒ 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

2 4 . 0 1 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

0 7 . 0 2 . 2 0 1 2

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）

磯部 香

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 1 6

4 G

3 6 3 7

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2010-229978 A (日本碍子株式会社) 2010. 10. 14, 特許請求の範囲, 【0039】 (ファミリーなし)	1-5
Y	JP 2010-229977 A (日本碍子株式会社) 2010. 10. 14, 請求項 1, 4 (ファミリーなし)	1-5
A	JP 04-280086 A (日本碍子株式会社) 1992. 10. 06, 全文 & US 5245825 A & EP 502726 A1	1-6
P, X P, A	WO 2011/125817 A1 (日本碍子株式会社) 2011. 10. 13, 請求項 1, 5, 10, 図 1, 3 (ファミリーなし)	1, 3-5 2, 6
P, X P, A	WO 2011/125816 A1 (日本碍子株式会社) 2011. 10. 13, 請求項 1, 5, 8, 図 1, 3, 7 (ファミリーなし)	1, 3-5 2, 6
P, X P, A	WO 2011/125815 A1 (日本碍子株式会社) 2011. 10. 13, 請求項 1-3, 5, 図 1, 3 (ファミリーなし)	1, 3-5 2, 6
P, X P, A	JP 2011-207116 A (日本碍子株式会社) 2011. 10. 20, 【0002】, 【0030】 - 【0031】, 【0050】, 【0052】, 図 1, 11-12 (ファミリーなし)	1, 4-5 2-3, 6