

(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 10 月 4 日(04.10.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/132005 A1

- (51) 国際特許分類:
B01D 39/20 (2006.01) *F01N 3/02* (2006.01)
B01J 35/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/058334
- (22) 国際出願日: 2011 年 3 月 31 日(31.03.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): イビデン株式会社 (IBIDEN CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5038604 岐阜県大垣市神田町 2 丁目 1 番地 Gifu (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 石川 茂治 (ISHIKAWA Shigeharu) [JP/JP]; 〒5010695 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方 1-1 イビデン株式会社大垣北事業場内 Gifu (JP). 後藤 重晃 (GOTO Shigeaki) [JP/JP]; 〒5010695 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方 1-1 イビデン株式会社大垣北事業場内 Gifu (JP). 小笠原 豊樹 (OGASAWARA Toyoki) [JP/JP]; 〒5010695 岐阜県揖斐郡揖斐川町北方 1

ー 1 イビデン株式会社大垣北事業場内 Gifu (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 安富国際特許事務所 (YASUTOMI & Associates); 〒5320003 大阪府大阪市淀川区宮原 3 丁目 5 番 3 6 号 Osaka (JP).

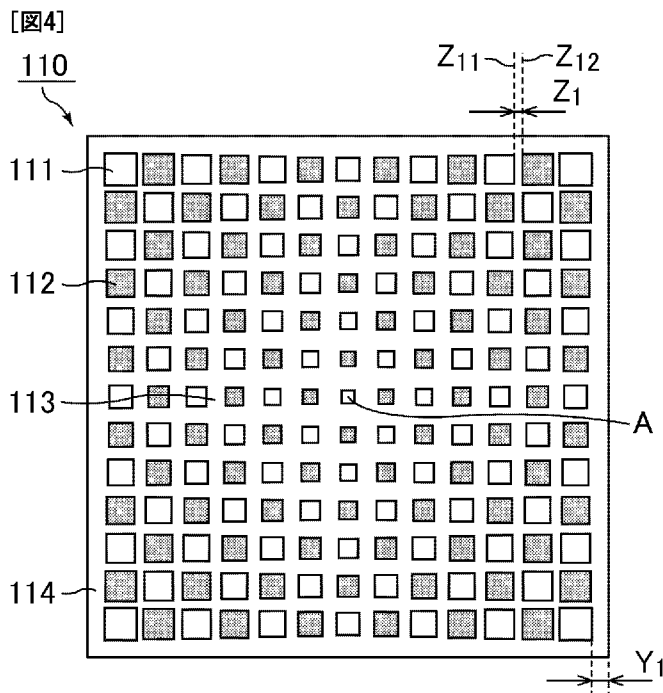
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,

[続葉有]

(54) Title: HONEYCOMB STRUCTURED BODY

(54) 発明の名称: ハニカム構造体



(57) Abstract: A honeycomb structured body including a ceramic block formed by combining, through an adhesive layer, a plurality of honeycomb fired bodies having a large number of cells arranged in a longitudinal direction with a cell wall interposed therebetween and a circumferential wall formed on the circumference, and characterized in that at least one of the plurality of honeycomb fired bodies is a central high-heat-capacity honeycomb fired body in which the heat capacity per unit volume of a central region of the honeycomb fired body is higher than that of a circumferential region of the honeycomb fired body.

(57) 要約: 本発明のハニカム構造体は、多数のセルがセル壁を隔てて長手方向に並設され、外周に外周壁が形成されたハニカム焼成体が複数個接着材層を介して結束されたセラミックブロックからなるハニカム構造体であって、上記複数個のハニカム焼成体の少なくとも 1 つは、上記ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量が、上記ハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量よりも大きい中心高熱容量型ハニカム焼成体であることを特徴とする。

WO 2012/132005 A1



NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI 添付公開書類:

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
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。

背景技術

[0002] バス、トラック等の車両又は建設機械等の内燃機関から排出される排ガス中に含有されるスス等のパーティキュレート（以下、PMともいう）及びその他の有害成分が環境及び人体に害を及ぼすことが最近問題となっている。

[0003] そこで、排ガスを浄化するハニカムフィルタとして、多孔質セラミックからなるハニカム構造体が種々提案されている。

このようなハニカム構造体として、従来、多数のセルがセル壁を隔てて長手方向に並設されたハニカム焼成体が、複数個結束されたセラミックブロックからなるハニカム構造体が知られている。

[0004] 排ガスを浄化するために用いられるハニカム構造体においては、排ガスの急激な温度変化又は局所的な発熱によって、ハニカム構造体の内部に不均一な温度分布が生じやすく、その結果、熱応力によるクラックが発生する等の問題が生じる。

特に、ハニカム構造体を排ガス中のPMを捕集するために用いる場合には、捕集したPMを燃焼除去するためにハニカム構造体の再生処理を行う必要がある。再生処理の際、PMの燃焼に伴って大きな熱応力が発生しやすいため、クラックが発生しやすいという問題がある。

[0005] 特許文献1には、熱応力によるクラックに対する耐久性を高めるために、ハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量が、ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量よりも大きいハニカム焼成体を含むハニカム構造体が開示されている。具体的には、特許文献1には、ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の平均厚さが、ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さよりも厚いハニカム焼成体を含むハニカム構造体が

開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2003-10616号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 特許文献1に記載された従来のハニカム構造体では、ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁が、ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁よりも厚いため、外部からの応力に対する強度は高くなる。

このように、ハニカム構造体の再生処理等によって高温になった場合にクラックが発生しにくいハニカム構造体が求められている。

[0008] 本発明は、上記の問題を解決するためになされたものであり、ハニカム構造体が高温になった場合にクラックが発生しにくいハニカム構造体を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上記目的を達成するために、請求項1に記載のハニカム構造体は、多数のセルがセル壁を隔てて長手方向に並設され、外周に外周壁が形成されたハニカム焼成体が複数個接着材層を介して結束されたセラミックブロックからなるハニカム構造体であって、

上記複数個のハニカム焼成体の少なくとも1つは、上記ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量が、上記ハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量よりも大きい中心高熱容量型ハニカム焼成体であることを特徴とする。

[0010] 請求項1に記載のハニカム構造体は、ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量が、ハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量よりも大きい中心高熱容量型ハニカム焼成体を含んでいる。

そのため、ハニカム構造体が高温になった場合、中心高熱容量型ハニカム焼

成体の中心部では、温度が上昇しにくい。一方、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部では、温度が上昇しやすいが、上記高熱容量型ハニカム焼成体の周囲（接着材層、又は、外周コート層が形成されている場合には外周コート層）に熱を放出することができる。従って、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部との間で生じる温度差を抑制することができるため、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部との間の温度差を原因とするクラックの発生を防止することができる。その結果、ハニカム構造体にクラックが発生しにくくなる。

[0011] 本明細書において、ハニカム焼成体のセル壁とは、隣接する2つのセルの間に存在し、2つのセルを隔てている部分をいう。ハニカム焼成体の外周壁とは、ハニカム焼成体の外周に存在し、ハニカム焼成体の外周を構成している部分をいう。

また、本明細書において、ハニカム焼成体の中心部とは、ハニカム焼成体の長手方向に垂直な断面が、ハニカム焼成体の断面上の中心を含み、ハニカム焼成体の断面上の外周に対する相似形で囲まれた部分であって、ハニカム焼成体の断面積の50%を占める部分をいう。ハニカム焼成体の外周部とは、ハニカム焼成体の中心部の外側に位置する部分であって、ハニカム焼成体の中心部及び外周壁以外の部分をいう。

さらに、本明細書において、単位体積当たりの熱容量とは、セルを含む体積を基準とする熱容量をいう。

[0012] 請求項2に記載のハニカム構造体では、上記中心高熱容量型ハニカム焼成体の上記中心部におけるセル壁の平均厚さは、上記中心高熱容量型ハニカム焼成体の上記外周部におけるセル壁の平均厚さよりも厚い。

中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さを、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の平均厚さよりも厚くすることにより、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量を、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量よりも大きくすることができる。従って、上述したように、

中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部との間で生じる温度差を抑制することができるため、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部との間の温度差を原因とするクラックの発生を防止することができる。

[0013] また、請求項 2 に記載のハニカム構造体を排ガス中の PM を捕集するために用いる場合には、以下の点からも望ましい。

ハニカム焼成体のセル壁の厚さが薄い部分では、比較的圧力損失が小さい。請求項 2 に記載のハニカム構造体では、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の平均厚さが、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さよりも薄いため、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部に排ガスが流れやすくなる。その結果、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部よりも中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部の方に PM が堆積しやすくなる。

従って、請求項 2 に記載のハニカム構造体を排ガス中の PM を捕集するために用いる場合、再生処理時に PM を燃焼させる際、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部における発熱を比較的小さくすることができる。一方、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部においては、PM の堆積量が多いため、発熱量が比較的多くなり、また、熱容量も小さいため、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部の温度が上昇しやすくなる。しかしながら、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部では、上記高熱容量型ハニカム焼成体の周囲（接着材層、又は、外周コート層が形成されている場合には外周コート層）に熱を放出することができる。従って、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部との間の温度差をより小さくすることができるため、クラックの発生を防止することができる。

[0014] 請求項 3 に記載のハニカム構造体では、上記中心高熱容量型ハニカム焼成体の上記中心部における上記セル壁の平均厚さは、0.10～0.20mm であり、上記中心高熱容量型ハニカム焼成体の上記外周部における上記セル壁の平均厚さは、上記中心高熱容量型ハニカム焼成体の上記中心部における上記セル壁の平均厚さの 90～98% である。

中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さが0.10mm未満であると、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量が小さくなりすぎるため、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部の温度上昇を防止しにくくなる。その結果、ハニカム構造体が高温になった場合に、ハニカム構造体にクラックが発生しやすくなる。また、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さが0.10mm未満であると、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の平均厚さが0.10mmより小さくなるため、ハニカム焼成体の強度を確保しにくくなる。

一方、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さが0.20mmを超えると、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量が大きくなるため、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部の温度上昇を防止する効果は増大する。しかしながら、セル壁が厚くなりすぎることにより、セル壁を通過する排ガスのろ過圧が増大するため、ハニカム構造体としての別の要求性能である圧力損失が増大してしまう。また、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の平均厚さが、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さの90%未満であると、ハニカム焼成体の強度を確保しにくくなる。

一方、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の平均厚さが、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さの98%を超えると、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部とにおけるセル壁の平均厚さの差が小さくなる。従って、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部とにおける単位体積当たりの熱容量の差が小さくなるため、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部との間の温度差を小さくする効果が得られにくくなる。

[0015] 請求項4に記載のハニカム構造体では、上記中心高熱容量型ハニカム焼成体の上記中心部から上記外周部に向かって、上記セル壁の厚さが段階的に減少する。

請求項 5 に記載のハニカム構造体では、上記中心高熱容量型ハニカム焼成体の上記中心部から上記外周部に向かって、上記セル壁の厚さが連続的に減少する。

請求項 4 又は請求項 5 に記載のハニカム構造体では、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部から外周部に向かって、中心高熱容量型ハニカム焼成体の単位体積当たりの熱容量を段階的又は連続的に減少させることができる。そのため、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部から外周部に向かって、熱をスムーズに伝えることができる。そして、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部において、上記高熱容量型ハニカム焼成体の周囲（接着材層、又は、外周コート層が形成されている場合には外周コート層）に熱を放出することができる。その結果、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部との間の温度差をより小さくすることができるため、クラックの発生を防止することができる。

なお、本明細書において、「セル壁の厚さが段階的に減少する」とは、セル壁の厚さと厚さ方向に垂直な長さとの関係をプロットした際、セル壁の厚さが 2 段階以上の階段状に不連続的に減少することを意味する。また、「セル壁の厚さが連続的に減少する」とは、セル壁の厚さと厚さ方向に垂直な長さとの関係をプロットした際、セル壁の厚さが曲線状又は直線状に減少することを意味する。

[0016] 請求項 6 に記載のハニカム構造体では、上記中心高熱容量型ハニカム焼成体の最も外側に位置するセル壁の厚さが、上記中心高熱容量型ハニカム焼成体の最も外側に位置するセル壁以外のセル壁の厚さよりも薄い。

請求項 6 に記載のハニカム構造体では、中心高熱容量型ハニカム焼成体の最も外側の部分における単位体積当たりの熱容量を、それ以外の部分における単位体積当たりの熱容量よりも小さくすることができる。そのため、中心高熱容量型ハニカム焼成体の最も外側の温度が上昇しやすくなる。このような構成を有する中心高熱容量型ハニカム焼成体を含むハニカム構造体であっても、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部との間の温度差をより

小さくすることができるため、クラックの発生を防止することができる。

[0017] 請求項 7 に記載のハニカム構造体では、上記複数個のハニカム焼成体の各々において、上記外周壁の厚さは、0.20～0.50mmである。

ハニカム焼成体の外周壁の厚さが0.20mm未満であると、ハニカム焼成体の強度を確保しにくくなる。

一方、ハニカム焼成体の外周壁の厚さが0.50mmを超えると、軽量化が望まれているハニカム構造体全体の重量が増加してしまう。

[0018] 請求項 8 に記載のハニカム構造体では、上記複数個のハニカム焼成体の各々において、上記多数のセルは、大容量セルと、小容量セルとからなり、上記大容量セルの上記長手方向に垂直な断面の面積は、上記小容量セルの上記長手方向に垂直な断面の面積よりも大きい。

請求項 9 に記載のハニカム構造体では、上記大容量セルの上記長手方向に垂直な断面の形状が八角形であり、上記小容量セルの上記長手方向に垂直な断面の形状が四角形である。

請求項 10 に記載のハニカム構造体では、上記大容量セルの上記長手方向に垂直な断面の形状が四角形であり、上記小容量セルの上記長手方向に垂直な断面の形状が四角形である。

請求項 11 に記載のハニカム構造体では、上記大容量セル及び上記小容量セルの上記長手方向に垂直な断面においては、上記大容量セル及び上記小容量セルを形成するセル壁の形状が曲線により構成されている。

[0019] 請求項 8～11 のいずれかに記載のハニカム構造体を排ガス中の PM を捕集するために用いる場合、大容量セルに大量の PM を捕集することができる。そのため、再生処理時に PM を燃焼させた際に、ハニカム焼成体の温度が上昇しやすくなる。しかしながら、請求項 8～11 のいずれかに記載のハニカム構造体では、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部との間の温度差を小さくすることができるため、クラックの発生を防止することができる。

[0020] また、請求項 9～11 のいずれかに記載のハニカム構造体では、大容量セル

の断面形状及び小容量セルの断面形状の対称性を高めることにより、ハニカム焼成体のアイソスタティック強度及び圧縮強度を向上させることができる。従って、ハニカム構造体が高温になった場合に、強度の面からも、ハニカム構造体にクラックが発生することを防止することができる。

また、請求項 9～11 のいずれかに記載のハニカム構造体を排ガス中の PM を捕集するために用いる場合、大容量セルと小容量セルとの対称性を高めることにより、大容量セルへ排ガスを偏りなく流入させることもできる。

[0021] 請求項 12 に記載のハニカム構造体では、上記小容量セルの上記長手方向に垂直な断面の面積に対する上記大容量セルの上記長手方向に垂直な断面の面積の面積比は、1.4～2.8 である。

上記面積比が 1.4 未満であると、大容量セルの断面積と小容量セルの断面積との差が小さいため、大容量セル及び小容量セルを設けた効果が得られにくくなる。一方、上記面積比が 2.8 を超えると、大容量セル同士を隔てるセル壁の割合が高くなる。その結果、請求項 12 に記載のハニカム構造体を排ガス中の PM を捕集するために用いる場合、大容量セル同士を隔てるセル壁に排ガスが通過しにくくなるため、ハニカム構造体としての別の要求性能である圧力損失が大きくなる。

[0022] 請求項 13 に記載のハニカム構造体では、上記セラミックブロックの外周を構成しないハニカム焼成体は、すべて上記中心高熱容量型ハニカム焼成体である。

請求項 13 に記載のハニカム構造体では、ハニカム構造体に排ガスが流入することによって、ハニカム構造体の中心部が高温になった場合、ハニカム構造体の中心部に位置するハニカム焼成体がすべて中心高熱容量型ハニカム焼成体であるため、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部との間の温度差を小さくすることができる。そのため、ハニカム構造体にクラックが発生することを防止することができる。

[0023] 請求項 14 に記載のハニカム構造体では、上記複数個のハニカム焼成体は、すべて上記中心高熱容量型ハニカム焼成体である。

請求項 1 4 に記載のハニカム構造体では、ハニカム構造体を構成するハニカム焼成体がすべて中心高熱容量型ハニカム焼成体であるため、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部との間の温度差を小さくすることができる。そのため、ハニカム構造体全体の温度を均一にすることができる。従って、ハニカム構造体にクラックが発生することをより防止することができる。

[0024] 請求項 1 5 に記載のハニカム構造体では、上記複数個のハニカム焼成体の各々において、上記多数のセルのそれぞれ一方の端部は、交互に封止されている。

請求項 1 5 に記載のハニカム構造体は、排ガス中の PM を捕集するためのフィルタとして好適に使用することができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1] 図 1 (a) は、本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体の一例を模式的に示す斜視図である。図 1 (b) は、図 1 (a) に示すハニカム構造体の A-A 線断面図である。

[図2] 図 2 (a) は、本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の一例を模式的に示す斜視図である。図 2 (b) は、図 2 (a) に示す内方ハニカム焼成体の B-B 線断面図である。

[図3] 図 3 は、本発明の実施形態に係るハニカム構造体を構成するハニカム焼成体の中心部及び外周部を模式的に示す断面図である。

[図4] 図 4 は、図 2 (a) 及び図 2 (b) に示す内方ハニカム焼成体の側面図である。

[図5] 図 5 (a) 及び図 5 (b) は、本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体を構成する外方ハニカム焼成体の一例を模式的に示す側面図である。

[図6] 図 6 (a) は、本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の一例を一方の端面側から模式的に示す側面図である。図 6 (b) は、図 6 (a) に示す内方ハニカム焼成体を他方の端面側から模式的に示す側面図である。

[図7]図7は、本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の別の一例を模式的に示す側面図である。

[図8]図8は、本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体のさらに別の一例を模式的に示す側面図である。

[図9]図9は、本発明の第三実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の一例を模式的に示す側面図である。

[図10]図10(a)及び図10(b)は、本発明の第三実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の別の一例を模式的に示す側面図である。

[図11]図11は、本発明の第四実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の一例を模式的に示す側面図である。

[図12]図12は、本発明の第四実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の別の一例を模式的に示す側面図である。

[図13]図13は、実施例及び比較例に係るハニカム焼成体のセル壁の厚さの測定方法を説明するための模式図である。

[図14]図14(a)及び図14(b)は、本発明の他の実施形態に係るハニカム構造体を構成する外方ハニカム焼成体の一例を模式的に示す側面図である。

[図15]図15(a)は、本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の別の一例を模式的に示す側面図である。図15(b)は、本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の別の一例を模式的に示す側面図である。

[図16]図16(a)及び図16(b)は、本発明の他の実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の一例を模式的に示す側面図である。

[図17]図17は、本発明の他の実施形態に係るハニカム構造体の一例を模式的に示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0026] 特許文献 1 に記載された従来のハニカム構造体では、ハニカム構造体が高温になった場合に、ハニカム構造体にクラックが発生するという問題が依然として生じる。特に、特許文献 1 に記載された従来のハニカム構造体を排ガス中の PM を捕集するために用いる場合、再生処理時に PM を燃焼させる際に、ハニカム構造体の PM 捕集量が少量であっても、ハニカム構造体にクラックが発生するという問題が生じると考えられる。

[0027] 本発明者らは、特許文献 1 に記載された従来のハニカム構造体にクラックが発生する原因について検討した。その結果、特許文献 1 に記載された従来のハニカム構造体では、ハニカム構造体を構成するハニカム焼成体の中心部と外周部との間で温度差が生じやすく、この温度差によってハニカム構造体にクラックが発生することが判明した。

特許文献 1 に記載された従来のハニカム構造体では、ハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量よりもハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量の方が小さい。そのため、ハニカム構造体が高温になった場合、ハニカム焼成体の中心部の温度がすぐに上昇するのに対して、ハニカム焼成体の外周部の温度は上昇しにくい。従って、ハニカム焼成体の中心部と外周部との間で温度差が生じると考えられる。

特に、特許文献 1 に記載された従来のハニカム構造体を排ガス中の PM を捕集するために用いる場合、再生処理時に PM を燃焼させる際に、ハニカム焼成体の外周部に比べて、ハニカム焼成体の中心部に PM が多く堆積する傾向があることが判明した。従って、再生処理時の PM 燃焼により発生する熱量としては、ハニカム焼成体の外周部よりもハニカム焼成体の中心部の方が大きくなると考えられる。以上より、特許文献 1 に記載された従来のハニカム構造体を PM を捕集するために用いる場合には、ハニカム焼成体の中心部の温度がより上昇するため、ハニカム焼成体の中心部と外周部との間の温度差がより大きくなると考えられる。

[0028] 以下、本発明の実施形態について具体的に説明する。しかしながら、本発明は、以下の実施形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を変更しない

範囲において適宜変更して適用することができる。

[0029] (第一実施形態)

以下、本発明のハニカム構造体の一実施形態である第一実施形態について、図面を参照しながら説明する。

本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体は、

多数のセルがセル壁を隔てて長手方向に並設され、外周に外周壁が形成されたハニカム焼成体が複数個接着材層を介して結束されたセラミックブロックからなるハニカム構造体であって、

上記複数個のハニカム焼成体の少なくとも1つは、上記ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量が、上記ハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量よりも大きい中心高熱容量型ハニカム焼成体であることを特徴とする。

本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体では、上記セラミックブロックの外周を構成しないハニカム焼成体は、すべて、上記中心高熱容量型ハニカム焼成体である。

[0030] 以下の説明において、セラミックブロックの外周を構成する位置にあるハニカム焼成体を「外方ハニカム焼成体」、外方ハニカム焼成体より内側に位置するハニカム焼成体を「内方ハニカム焼成体」とも表記する。なお、外方ハニカム焼成体と内方ハニカム焼成体とを特に区別する必要がない場合、単にハニカム焼成体と表記する。

また、本明細書において、単に、ハニカム構造体の断面、ハニカム焼成体の断面、又は、ハニカム成形体の断面と表記した場合、それぞれ、ハニカム構造体の長手方向に垂直な断面、ハニカム焼成体の長手方向に垂直な断面、又は、ハニカム成形体の長手方向に垂直な断面を指す。さらに、単に、ハニカム焼成体の断面積と表記した場合、ハニカム焼成体の長手方向に垂直な断面の面積を指す。

[0031] 図1(a)は、本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体の一例を模式的に示す斜視図である。図1(b)は、図1(a)に示すハニカム構造体のA

ー A 線断面図である。

図 1 (a) 及び図 1 (b) に示すハニカム構造体 10 では、ハニカム焼成体 110、120 及び 130 が複数個ずつ接着材層 11 を介して結束されてセラミックブロック 13 を構成し、さらに、このセラミックブロック 13 の外周に外周コート層 12 が形成されている。なお、外周コート層は、必要に応じて形成されていけばよい。

ハニカム構造体 10 を構成するハニカム焼成体 110、120 及び 130 については後述するが、炭化ケイ素又はケイ素結合炭化ケイ素からなる多孔質体であることが好ましい。

[0032] 図 1 (a) 及び図 1 (b) に示すハニカム構造体 10 では、セラミックブロック 13 の外周を構成する位置にある 8 個の外方ハニカム焼成体 120 及び 8 個の外方ハニカム焼成体 130 と、ハニカム焼成体 120 及び 130 より内側に位置する 16 個の内方ハニカム焼成体 110 とが、セラミックブロック 13 (ハニカム構造体 10) の断面形状が円形となるように、接着材層 11 を介して結束されている。

[0033] 図 1 (b) に示すように、内方ハニカム焼成体 110 の断面の形状は、四角形 (正方形) である。

また、図 1 (b) に示すように、外方ハニカム焼成体 120 の断面は、3 つの線分と 1 つの円弧とで囲まれた形状をなしている。この 3 つの線分のうちの 2 つの線分よりなる 2 つの角は、どちらも 90° である。

さらに、図 1 (b) に示すように、外方ハニカム焼成体 130 の断面は、2 つの線分と 1 つの円弧とで囲まれた形状をなしている。この 2 つの線分よりなる角は、 90° である。

[0034] 以下、本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体を構成するハニカム焼成体 (内方ハニカム焼成体及び外方ハニカム焼成体) について図面を参照しながら説明する。

まず、本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体について説明する。

図 2 (a) は、本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の一例を模式的に示す斜視図である。図 2 (b) は、図 2 (a) に示す内方ハニカム焼成体の B-B 線断面図である。

[0035] 図 2 (a) 及び図 2 (b) に示す内方ハニカム焼成体 110 には、多数のセル 111 がセル壁 113 を隔てて長手方向（図 2 (a) 中、矢印 a の方向）に並設されるとともに、その外周に外周壁 114 が形成されている。そして、セル 111 のいずれかの端部は、封止材 112 で封止されている。

従って、一方の端面が開口したセル 111 に流入した排ガス G（図 2 (b) 中、排ガスを G で示し、排ガスの流れを矢印で示す）は、必ずセル 111 を隔てるセル壁 113 を通過した後、他方の端面が開口した他のセル 111 から流出するようになっている。排ガス G がセル壁 113 を通過する際に、排ガス中の PM 等が捕集されるため、セル壁 113 は、フィルタとして機能する。

[0036] 本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体では、セラミックブロックの外周を構成しないハニカム焼成体（すなわち、内方ハニカム焼成体）は、すべて、ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量が、ハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量よりも大きい中心高熱容量型ハニカム焼成体である。

[0037] 以下、ハニカム焼成体の中心部及び外周部について説明する。

図 3 は、本発明の実施形態に係るハニカム構造体を構成するハニカム焼成体の中心部及び外周部を模式的に示す断面図である。図 3 においては、便宜上、セル及びセル壁を省略している。また、図 3 には 2 本の破線を示しているが、内側の破線はハニカム焼成体の中心部と外周部との境界線を表し、外側の破線はハニカム焼成体の外周部と外周壁との境界線を表している。

上述したように、ハニカム焼成体の中心部とは、ハニカム焼成体の長手方向に垂直な断面が、ハニカム焼成体の断面上の中心を含み、ハニカム焼成体の断面上の外周に対する相似形で囲まれた部分であって、ハニカム焼成体の断面積の 50% を占める部分をいう。一方、ハニカム焼成体の外周部とは、ハ

ニカム焼成体の中心部の外側に位置する部分であって、ハニカム焼成体の中心部及び外周壁以外の部分をいう。

図3を参照すると、ハニカム焼成体100の中心部105とは、ハニカム焼成体100の長手方向に垂直な断面が、ハニカム焼成体100の断面上の中心（図3中、ハニカム焼成体の断面上の中心をOで示す）を含み、中心Oと外周とを結ぶ線分を $1 : (2^{1/2} - 1)$ に内分する点、言い換えると、 $X_1 : X_2 = 1 : (2^{1/2} - 1)$ となる点（図3中、上記内分点をPで示す）を結んだ線で囲まれた部分をいう。一方、図3において、ハニカム焼成体100の外周部106とは、ハニカム焼成体100の中心部105の外側に位置する部分であって、ハニカム焼成体100の中心部105及び外周壁104以外の部分をいう。

なお、図3では、ハニカム焼成体の断面形状が四角形（正方形）である場合を説明しているが、ハニカム焼成体の断面形状に関わらず、上記の関係によりハニカム焼成体の中心部及び外周部が決定される。

[0038] 本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体では、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量を、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量よりも大きくするために、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さを、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の平均厚さよりも厚くしている。

より具体的には、本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体では、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部から外周部に向かって、セル壁の厚さが段階的に減少している。

[0039] 図4は、図2（a）及び図2（b）に示す内方ハニカム焼成体の側面図である。

図4に示すように、内方ハニカム焼成体110では、内方ハニカム焼成体110の中心部におけるセル壁の平均厚さが、内方ハニカム焼成体110の外周部におけるセル壁の平均厚さよりも厚い。

具体的には、図4に示す内方ハニカム焼成体110では、内方ハニカム焼成体110の中心部から外周部に向かって、セル壁113の厚さが段階的に減少している。

従って、図4に示す内方ハニカム焼成体110は、ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量が、ハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量よりも大きい中心高熱容量型ハニカム焼成体である。

なお、図4では、内方ハニカム焼成体110のセル壁113の厚さを Z_1 で示している。このように、本明細書において、ハニカム焼成体のセル壁の厚さとは、隣接する2つのセル間の長さのうち、最も短い長さをいう。

[0040] ハニカム焼成体のセル壁の厚さは、以下の方法により測定する。下記の測定方法によると、測定したいセル列の形状が一定でない場合も、同様にセル壁の厚さを測定することができる。

まず、光学顕微鏡（Nikon社製、measuring microscope MM-40）のステージに、デジタルのステージ位置を読み取る計測器を取り付けた後、測定対象のサンプル（ハニカム焼成体）をステージに固定する。

次に、測定したいセル壁の一方のセルの一边（図4中、 Z_{11} の位置にある辺）に顕微鏡の焦点を合わせる。

続いて、ステージを移動させて、セル壁の他方のセルの一边（図4中、 Z_{12} の位置にある辺）に顕微鏡の焦点を合わせる。

そして、ステージを移動させた距離を読み取り、その値をセル壁の厚さとする。

[0041] 図4に示すように、内方ハニカム焼成体110のセル111の長手方向に垂直な断面の形状は、すべて四角形（正方形）である。

図4に示す内方ハニカム焼成体110では、ハニカム焼成体の断面上の中心に存在するセル（図4では、位置Aに存在するセル）の大きさが最も小さく、ハニカム焼成体の断面上の中心からの距離が遠くなるほどセルの大きさが増加している。

[0042] 以下、ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量の求め方について説明する。

まず、光学顕微鏡を用いて、ハニカム焼成体の中心部に存在するセル壁の面積を算出する。次に、セルの部分を含めたハニカム焼成体の中心部全体の面積を算出する。続いて、ハニカム焼成体の中心部全体の面積に対する、セル壁の面積の割合（以下、セル壁占有率ともいう）を算出する。そして、以下の計算式（１）により、ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量を算出する。

ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量（ $\text{J} / (\text{K} \cdot \text{m}^3)$ ）
＝ {セル壁占有率（％）／１００} × セル壁を構成する材料の密度（ kg / m^3 ） × セル壁を構成する材料の比熱（ $\text{J} / \text{kg} \cdot \text{K}$ ）・・・（１）

ハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量についても、同様の方法により求めることができる。なお、上述した通り、ハニカム焼成体の外周部には、ハニカム焼成体の外周壁を含まないものとする。

[0043] 本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体においては、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部から外周部に向かって、セル壁の厚さが段階的に減少している限り、セル壁の形状は、図４に示す形状に限定されない。

[0044] 本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体において、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さは、 $0.10 \sim 0.20 \text{ mm}$ であることが好ましく、 $0.12 \sim 0.18 \text{ mm}$ であることがより好ましい。

中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さが 0.10 mm 未満であると、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量が小さくなりすぎるため、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部の温度上昇を防止しにくくなる。その結果、ハニカム構造体が高温になった場合に、ハニカム構造体にクラックが発生しやすくなる。また、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さが 0.10 mm 未満であると、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部におけるセル

壁の平均厚さが0.10mmより小さくなるため、ハニカム焼成体の強度を確保しにくくなる。

一方、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さが0.20mmを超えると、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量が大きくなるため、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部の温度上昇を防止する効果は増大する。しかしながら、セル壁が厚くなりすぎることにより、セル壁を通過する排ガスのろ過圧が増大するため、ハニカム構造体としての別の要求性能である圧力損失が増大してしまう。

[0045] 本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体において、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の平均厚さは、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さの90～98%であることが好ましく、92～96%であることがより好ましい。

中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の平均厚さが、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さの90%未満であると、ハニカム焼成体の強度を確保しにくくなる。

一方、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の平均厚さが、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さの98%を超えると、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部とにおけるセル壁の平均厚さの差が小さくなる。従って、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部とにおける単位体積当たりの熱容量の差が小さくなるため、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部との間の温度差を小さくする効果が得られにくくなる。

[0046] 以下、ハニカム焼成体の中心部及び外周部におけるセル壁の平均厚さの求め方について説明する。

まず、上述の方法により、光学顕微鏡を用いて、ハニカム焼成体の断面上の中心に最も近いセルが属するセル列に存在するセル壁の厚さを、所定の間隔で測定する。これを、異なる2方向（例えば、縦方向及び横方向等）のセル列について行う。そして、測定したセル壁の厚さの平均値を、ハニカム焼成

体の中心部及び外周部についてそれぞれ算出し、この値をハニカム焼成体の中心部及び外周部におけるセル壁の平均厚さとする。

[0047] 次に、本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体を構成する外方ハニカム焼成体について説明する。

図5（a）及び図5（b）は、本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体を構成する外方ハニカム焼成体の一例を模式的に示す側面図である。

[0048] 図5（a）に示す外方ハニカム焼成体120及び図5（b）に示す外方ハニカム焼成体130の断面形状は、図2（a）、図2（b）及び図4に示す内方ハニカム焼成体110の一部を取り除いた形状を有している。

これは、後述するように、図1（a）及び図1（b）に示すハニカム構造体10を製造する際に、図2（a）、図2（b）及び図4に示す形状のハニカム焼成体110を複数個結束して角柱状のセラミックブロックを作製した後、上記角柱状のセラミックブロックの外周を切削することにより、円柱状のセラミックブロックとするためである。

従って、図5（a）に示す外方ハニカム焼成体120及び図5（b）に示す外方ハニカム焼成体130は、断面形状が異なる他は、図2（a）、図2（b）及び図4に示す内方ハニカム焼成体110と同様の構成を有している。

なお、図5（a）に示す外方ハニカム焼成体120及び図5（b）に示す外方ハニカム焼成体130では、切削された部分には外周壁が存在しない。

[0049] 本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体では、ハニカム焼成体（内方ハニカム焼成体及び外方ハニカム焼成体）の外周壁の厚さは、0.20～0.50mmであることが好ましく、0.25～0.40mmであることがより好ましい。

ハニカム焼成体の外周壁の厚さが0.20mm未満であると、ハニカム焼成体の強度を確保しにくくなる。一方、ハニカム焼成体の外周壁の厚さが0.50mmを超えると、軽量化が望まれているハニカム構造体全体の重量が増加してしまう。

なお、図4では、内方ハニカム焼成体110の外周壁114の厚さを Y_1 で示

している。このように、本明細書において、ハニカム焼成体の外周壁の厚さとは、ハニカム焼成体の最も外側に位置するセルとハニカム焼成体の外周との間の長さのうち、最も短い長さをいう。なお、ハニカム焼成体の外周壁の厚さも、ハニカム焼成体のセル壁の厚さと同様の方法により測定することができる。

[0050] 次に、本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体の製造方法について説明する。なお、セラミック粉末として、炭化ケイ素を用いる場合について説明する。

(1) セラミック粉末とバインダとを含む湿潤混合物を押出成形することによってハニカム成形体を作製する成形工程を行う。

具体的には、まず、セラミック粉末として平均粒子径の異なる炭化ケイ素粉末と、有機バインダと、液状の可塑剤と、潤滑剤と、水とを混合することにより、ハニカム成形体製造用の湿潤混合物を調製する。

続いて、上記湿潤混合物を押出成形機に投入し、押出成形することにより所定の形状のハニカム成形体を作製する。

この際、図4に示すセル構造（セルの形状及びセルの配置）を有する断面形状が作製されるような金型を用いてハニカム成形体を作製する。金型には、ハニカム成形体のセル壁を形成するための溝部が設けられているが、金型の溝部を放電加工、又は、研磨等で加工することにより、所定の断面形状を有するハニカム成形体を作製することができる。

[0051] (2) 次に、ハニカム成形体を所定の長さに切断し、マイクロ波乾燥機、熱風乾燥機、誘電乾燥機、減圧乾燥機、真空乾燥機、凍結乾燥機等を用いて乾燥させた後、所定のセルに封止材となる封止材ペーストを充填して上記セルを目封じする封止工程を行う。

ここで、封止材ペーストとしては、上記湿潤混合物を用いることができる。

[0052] (3) その後、ハニカム成形体を脱脂炉中で加熱し、ハニカム成形体中の有機物を除去する脱脂工程を行った後、脱脂されたハニカム成形体を焼成炉に搬送し、焼成工程を行うことにより、図2(a)、図2(b)及び図4に示

したようなハニカム焼成体を作製する。

なお、セルの端部に充填された封止材ペーストは、加熱により焼成され、封止材となる。

また、切断工程、乾燥工程、封止工程、脱脂工程及び焼成工程の条件は、従来からハニカム焼成体を作製する際に用いられている条件を適用することができる。

[0053] (4) 続いて、各セルの所定の端部が封止されたハニカム焼成体のそれぞれの所定の側面に、接着材ペーストを塗布して接着材ペースト層を形成し、接着材ペースト層を加熱固化して接着材層とすることにより、複数のハニカム焼成体が接着材層を介して結束されてなるセラミックブロックを作製する結束工程を行う。

ここで、接着材ペーストとしては、例えば、無機バインダと有機バインダと無機粒子とからなるものを使用する。また、上記接着材ペーストは、さらに無機繊維及び／又はウスカを含んでいてもよい。

[0054] (5) その後、セラミックブロックに切削加工を施す外周加工工程を行う。具体的には、ダイヤモンドカッターを用いてセラミックブロックの外周を切削することにより、外周が円柱状に加工されたセラミックブロックを作製する。

[0055] (6) さらに、円柱状のセラミックブロックの外周面に、外周コート材ペーストを塗布し、乾燥固化して外周コート層を形成する外周コート層形成工程を行う。

ここで、外周コート材ペーストとしては、上記接着材ペーストを使用することができる。なお、外周コート材ペーストとして、上記接着材ペーストと異なる組成のペーストを使用してもよい。

なお、外周コート層は必ずしも設ける必要はなく、必要に応じて設ければよい。

以上の工程によって、本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体を製造することができる。

[0056] 以下、本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体の作用効果について列挙する。

(1) 本実施形態のハニカム構造体は、ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量が、ハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量よりも大きい中心高熱容量型ハニカム焼成体を含んでいる。

そのため、ハニカム構造体が高温になった場合、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部では、温度が上昇しにくい。一方、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部では、温度が上昇しやすいが、上記高熱容量型ハニカム焼成体の周囲（接着材層、又は、外周コート層が形成されている場合には外周コート層）に熱を放出することができる。従って、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部との間で生じる温度差を抑制することができるため、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部との間の温度差を原因とするクラックの発生を防止することができる。その結果、ハニカム構造体にクラックが発生しにくくなる。

[0057] (2) 本実施形態のハニカム構造体では、上記中心高熱容量型ハニカム焼成体の上記中心部におけるセル壁の平均厚さは、上記中心高熱容量型ハニカム焼成体の上記外周部におけるセル壁の平均厚さよりも厚い。

中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さを、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の平均厚さよりも厚くすることにより、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量を、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量よりも大きくすることができる。

[0058] (3) また、ハニカム焼成体のセル壁の厚さが薄い部分では、比較的圧力損失が小さい。本実施形態のハニカム構造体では、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の平均厚さが、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さよりも薄いため、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部に排ガスが流れやすくなる。その結果、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部よりも中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部の方に

PMが堆積しやすくなる。

従って、本実施形態のハニカム構造体を排ガス中のPMを捕集するために用いる場合、再生処理時にPMを燃焼させる際、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部における発熱を比較的小さくすることができる。一方、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部においては、PMの堆積量が多いため、発熱量が比較的多くなり、また、熱容量も小さいため、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部の温度が上昇しやすくなる。しかしながら、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部では、上記高熱容量型ハニカム焼成体の周囲（接着材層、又は、外周コート層が形成されている場合には外周コート層）に熱を放出することができる。従って、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部との間の温度差をより小さくすることができるため、クラックの発生を防止することができる。

[0059] （４）本実施形態のハニカム構造体では、上記中心高熱容量型ハニカム焼成体の上記中心部から上記外周部に向かって、上記セル壁の厚さが段階的に減少する。

本実施形態のハニカム構造体では、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部から外周部に向かって、中心高熱容量型ハニカム焼成体の単位体積当たりの熱容量を段階的に減少させることができる。そのため、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部から外周部に向かって、熱をスムーズに伝えることができる。

[0060] （５）本実施形態のハニカム構造体では、上記セラミックブロックの外周を構成しないハニカム焼成体は、すべて上記中心高熱容量型ハニカム焼成体である。

本実施形態のハニカム構造体では、ハニカム構造体に排ガスが流入することによって、ハニカム構造体の中心部が高温になった場合、ハニカム構造体の中心部に位置するハニカム焼成体がすべて中心高熱容量型ハニカム焼成体であるため、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部との間の温度差を小さくすることができる。そのため、ハニカム構造体にクラックが発生す

ることを防止することができる。

[0061] (第二実施形態)

以下、本発明の一実施形態である第二実施形態について説明する。

本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体及び外方ハニカム焼成体は、本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体及び外方ハニカム焼成体と同様の外形形状を有する。また、セラミックブロック（ハニカム構造体）を構成する外方ハニカム焼成体及び内方ハニカム焼成体の組み合わせ方も、本発明の第一実施形態と同様である。

さらに、本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体においても、本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体と同様、セラミックブロックの外周を構成しないハニカム焼成体（すなわち、内方ハニカム焼成体）は、すべて、中心高熱容量型ハニカム焼成体である。

本発明の第二実施形態では、ハニカム構造体を構成するハニカム焼成体（内方ハニカム焼成体及び外方ハニカム焼成体）において、多数のセルは、大容量セルと、小容量セルとからなり、大容量セルの長手方向に垂直な断面の面積は、小容量セルの長手方向に垂直な断面の面積よりも大きい。

[0062] まず、本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体について説明する。

図6（a）は、本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の一例を一方の端面側から模式的に示す側面図である。図6（b）は、図6（a）に示す内方ハニカム焼成体を他方の端面側から模式的に示す側面図である。

[0063] 図6（a）及び図6（b）に示す内方ハニカム焼成体210には、セル211a及び211bがセル壁213を隔てて長手方向に並設されるとともに、その外周に外周壁214が形成されている。

[0064] 図6（a）及び図6（b）に示す内方ハニカム焼成体210において、八角形の断面形状（長手方向に垂直な断面の形状）を有するセル211aは、内

方ハニカム焼成体 210 の一方の端面側の端部が開放され、他方の端面側の端部で封止材 212a により封止されている。一方、四角形（正方形）の断面形状を有するセル 211b は、内方ハニカム焼成体 210 の一方の端面側の端部で封止材 212b により封止され、他方の端面側の端部が開放されている。

従って、セル 211a に流入した排ガスは、必ず、セル 211a とセル 211b とを隔てるセル壁 213 を通過した後、セル 211b から流出するようになっており、セル壁 213 は、フィルタとして機能する。

[0065] 本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体では、セラミックブロックの外周を構成しないハニカム焼成体（すなわち、内方ハニカム焼成体）は、すべて、ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量が、ハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量よりも大きい中心高熱容量型ハニカム焼成体である。

[0066] 本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体では、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量を、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量よりも大きくするために、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さを、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の平均厚さよりも厚くしている。

より具体的には、本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体では、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部から外周部に向かって、セル壁の厚さが段階的に減少している。

[0067] 図 6（a）及び図 6（b）に示すように、内方ハニカム焼成体 210 では、内方ハニカム焼成体 210 の中心部におけるセル壁の平均厚さが、内方ハニカム焼成体 210 の外周部におけるセル壁の平均厚さよりも厚い。

具体的には、図 6（a）及び図 6（b）に示す内方ハニカム焼成体 210 では、内方ハニカム焼成体 210 の中心部から外周部に向かって、セル壁 213 の厚さ（図 6（a）中、セル壁の厚さを Z_2 で示す）が段階的に減少してい

る。

従って、図6（a）及び図6（b）に示す内方ハニカム焼成体210は、ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量が、ハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量よりも大きい中心高熱容量型ハニカム焼成体である。

[0068] 図6（a）及び図6（b）に示す内方ハニカム焼成体210では、ハニカム焼成体の断面上の中心に存在するセル（図6（a）では、位置Cに存在するセル）の大きさが最も小さく、ハニカム焼成体の断面上の中心からの距離が遠くなるほどセルの大きさが増加している。

図6（a）及び図6（b）に示す内方ハニカム焼成体210のように、セル壁の厚さが一定であると仮定した場合において、一方のセルよりも断面積が相対的に大きいセルを大容量セル、相対的に小さいセルを小容量セルと呼ぶこととする。従って、図6（a）及び図6（b）に示す内方ハニカム焼成体210では、八角形の断面形状を有するセル211aが大容量セルであり、四角形（正方形）の断面形状を有するセル211bが小容量セルである。

[0069] 本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体では、小容量セルの長手方向に垂直な断面の面積に対する大容量セルの長手方向に垂直な断面の面積の面積比は、1.4～2.8であることが好ましく、1.5～2.4であることがより好ましい。

上記面積比が1.4未満であると、大容量セルの断面積と小容量セルの断面積との差が小さいため、大容量セル及び小容量セルを設けた効果が得られにくくなる。一方、上記面積比が2.8を超えると、大容量セル同士を隔てるセル壁の割合が高くなる。その結果、本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体を排ガス中のPMを捕集するために用いる場合、大容量セル同士を隔てるセル壁に排ガスが通過しにくくなるため、ハニカム構造体としての別の要求性能である圧力損失が大きくなる。

[0070] 本明細書において、小容量セルの長手方向に垂直な断面の面積に対する大容量セルの長手方向に垂直な断面の面積の面積比とは、ハニカム焼成体の断面

上の中心から最も離れた位置に存在する小容量セルの断面積に対する、ハニカム焼成体の断面上の中心から最も離れた位置に存在する大容量セルの断面積の面積比をいうこととする。

従って、図6（a）及び図6（b）に示す内方ハニカム焼成体210において、小容量セルの長手方向に垂直な断面の面積に対する大容量セルの長手方向に垂直な断面の面積の面積比とは、位置Eに存在する小容量セルの断面積に対する、位置Dに存在する大容量セルの断面積の面積比を意味する。

[0071] 図7は、本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の別の一例を模式的に示す側面図である。

図7に示す内方ハニカム焼成体220では、図6（a）及び図6（b）に示す内方ハニカム焼成体210と同様に、大容量セル221aと小容量セル221bとが交互に配設されている。大容量セル221aの断面形状は八角形であり、小容量セル221bの断面形状は四角形（正方形）である。

図7に示す内方ハニカム焼成体220と図6（a）及び図6（b）に示す内方ハニカム焼成体210とでは、小容量セルの長手方向に垂直な断面の面積に対する大容量セルの長手方向に垂直な断面の面積の面積比が異なり、図7に示す内方ハニカム焼成体220における上記面積比の方が、図6（a）及び図6（b）に示す内方ハニカム焼成体210における上記面積比よりも大きい。

[0072] 本発明の第二実施形態において、大容量セル及び小容量セルの断面形状としては、大容量セルの断面積が小容量セルの断面積より大きくなっていればよい。そのため、大容量セル及び小容量セルの断面形状は、それぞれ八角形及び四角形である形状に限定されず、任意の断面形状を採用することができる。例えば、以下のような形状であってもよい。

図8は、本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体のさらに別の一例を模式的に示す側面図である。

図8に示す内方ハニカム焼成体230では、大容量セル231aの断面形状が四角形（正方形）であり、小容量セル231bの断面形状が四角形（正方

形)である。

[0073] 本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体においては、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部から外周部に向かって、セル壁の厚さが段階的に減少している限り、セル壁の形状は、図6、図7又は図8に示す形状に限定されない。

[0074] 本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体において、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の好ましい平均厚さ、及び、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の好ましい平均厚さは、本発明の第一実施形態と同様である。

[0075] 次に、本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体を構成する外方ハニカム焼成体について説明する。

本発明の第一実施形態で説明したように、本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体を構成する外方ハニカム焼成体の断面形状は、本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の一部を取り除いた形状を有していればよい。

[0076] 本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体において、ハニカム焼成体（内方ハニカム焼成体及び外方ハニカム焼成体）の外周壁の好ましい厚さは、本発明の第一実施形態と同様である。

なお、図6（a）では、内方ハニカム焼成体210の外周壁214の厚さを Y_2 で示している。

[0077] 本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体の製造方法においては、押出成形に用いる金型の形状を変更して所定の形状を有するハニカム成形体を作製する点以外は、本発明の第一実施形態と同様にしてハニカム構造体を製造することができる。

[0078] 本発明の第二実施形態では、本発明の第一実施形態において説明した効果（1）～（5）を発揮することができるとともに、以下の効果を発揮することができる。

（6）本実施形態のハニカム構造体では、多数のセルは、大容量セルと、小

容量セルとからなり、上記大容量セルの上記長手方向に垂直な断面の面積は、上記小容量セルの上記長手方向に垂直な断面の面積よりも大きい。

本実施形態のハニカム構造体を排ガス中のPMを捕集するために用いる場合、大容量セルに大量のPMを捕集することができる。そのため、再生処理時にPMを燃焼させた際に、ハニカム焼成体の温度が上昇しやすくなる。しかしながら、本実施形態のハニカム構造体では、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部との間の温度差を小さくすることができるため、クラックの発生を防止することができる。

[0079] (第三実施形態)

以下、本発明の一実施形態である第三実施形態について説明する。

本発明の第三実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体及び外方ハニカム焼成体は、本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体及び外方ハニカム焼成体と同様の外形形状を有する。また、セラミックブロック（ハニカム構造体）を構成する外方ハニカム焼成体及び内方ハニカム焼成体の組み合わせ方も、本発明の第一実施形態と同様である。

さらに、本発明の第三実施形態に係るハニカム構造体においても、本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体と同様、セラミックブロックの外周を構成しないハニカム焼成体（すなわち、内方ハニカム焼成体）は、すべて、中心高熱容量型ハニカム焼成体である。

本発明の第一実施形態では、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部から外周部に向かって、セル壁の厚さが段階的に減少するのに対して、本発明の第三実施形態では、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部から外周部に向かって、セル壁の厚さが連続的に減少する。

[0080] まず、本発明の第三実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体について説明する。

図9は、本発明の第三実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の一例を模式的に示す側面図である。

[0081] 図9に示す内方ハニカム焼成体310には、多数のセル311がセル壁313を隔てて長手方向に並設されるとともに、その外周に外周壁314が形成されている。そして、セル311のいずれかの端部は、封止材312で封止されている。

従って、一方の端面が開口したセル311に流入した排ガスは、必ずセル311を隔てるセル壁313を通過した後、他方の端面が開口した他のセル311から流出するようになっており、セル壁313は、フィルタとして機能する。

[0082] 本発明の第三実施形態に係るハニカム構造体では、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量を、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量よりも大きくするために、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さを、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の平均厚さよりも厚くしている。

より具体的には、本発明の第三実施形態に係るハニカム構造体では、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部から外周部に向かって、セル壁の厚さが連続的に減少している。

[0083] 図9に示すように、内方ハニカム焼成体310では、内方ハニカム焼成体310の中心部におけるセル壁の平均厚さが、内方ハニカム焼成体310の外周部におけるセル壁の平均厚さよりも厚い。

具体的には、図9に示す内方ハニカム焼成体310では、内方ハニカム焼成体310の中心部から外周部に向かって、セル壁313の厚さが連続的に減少している。セル壁313は曲線により構成されており、セル壁の中央が膨らんだ形状を有している。

従って、図9に示す内方ハニカム焼成体310は、ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量が、ハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量よりも大きい中心高熱容量型ハニカム焼成体である。

[0084] 図9に示すように、内方ハニカム焼成体310のセル311の長手方向に垂

直な断面の形状は、すべて四角形である。

図 9 に示す内方ハニカム焼成体 3 1 0 において、すべてのセルの断面積を、ハニカム焼成体の断面上の中心から最も離れた位置に存在するセルの断面積に一致させた場合、セル壁の厚さは一定となり、かつ、すべてのセルは規則正しく並ぶ。

[0085] 本発明の第三実施形態に係るハニカム構造体においては、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部から外周部に向かって、セル壁の厚さが連続的に減少している限り、セル壁の形状は、図 9 に示す形状に限定されない。

[0086] 図 1 0 (a) 及び図 1 0 (b) は、本発明の第三実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の別の一例を模式的に示す側面図である。

図 1 0 (a) に示す内方ハニカム焼成体 3 2 0 及び図 1 0 (b) に示す内方ハニカム焼成体 3 3 0 では、図 9 に示す内方ハニカム焼成体 3 1 0 と同様、内方ハニカム焼成体 3 2 0 の中心部から外周部に向かって、セル壁の厚さが連続的に減少している。

図 1 0 (a) に示す内方ハニカム焼成体 3 2 0 では、セル壁 3 2 3 は曲線により構成されており、セル壁の中央が尖った形状を有している。

図 1 0 (b) に示す内方ハニカム焼成体 3 3 0 では、セル壁 3 3 3 は直線により構成されており、菱形形状を有している。

[0087] 本発明の第三実施形態に係るハニカム構造体において、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の好ましい平均厚さ、及び、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の好ましい平均厚さは、本発明の第一実施形態と同様である。

[0088] 次に、本発明の第三実施形態に係るハニカム構造体を構成する外方ハニカム焼成体について説明する。

本発明の第一実施形態で説明したように、本発明の第三実施形態に係るハニカム構造体を構成する外方ハニカム焼成体の断面形状は、本発明の第三実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の一部を取り除い

た形状を有していればよい。

[0089] 本発明の第三実施形態に係るハニカム構造体において、ハニカム焼成体（内方ハニカム焼成体及び外方ハニカム焼成体）の外周壁の好ましい厚さは、本発明の第一実施形態と同様である。

[0090] 本発明の第三実施形態に係るハニカム構造体において、内方ハニカム焼成体及び外方ハニカム焼成体に設けられているセルの断面形状としては、すべて四角形であってもよいし、本発明の第二実施形態のように、大容量セルと小容量セルとからなる形状であってもよい。

本発明の第三実施形態に係るハニカム構造体では、ハニカム成形体の作製の容易さの観点から、セルの断面形状はすべて四角形であることが好ましい。

[0091] 本発明の第三実施形態に係るハニカム構造体の製造方法においては、押出成形に用いる金型の形状を変更して所定の形状を有するハニカム成形体を作製する点以外は、本発明の第一実施形態と同様にしてハニカム構造体を製造することができる。

[0092] 本発明の第三実施形態では、本発明の第一実施形態において説明した効果（１）～（３）及び（５）を発揮することができるとともに、以下の効果を発揮することができる。

（７）本実施形態のハニカム構造体では、上記中心高熱容量型ハニカム焼成体の上記中心部から上記外周部に向かって、上記セル壁の厚さが連続的に減少する。

本実施形態のハニカム構造体では、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部から外周部に向かって、中心高熱容量型ハニカム焼成体の単位体積当たりの熱容量を連続的に減少させることができる。そのため、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部から外周部に向かって、熱をスムーズに伝えることができる。

[0093] （第四実施形態）

以下、本発明の一実施形態である第四実施形態について説明する。

本発明の第四実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体

及び外方ハニカム焼成体は、本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体及び外方ハニカム焼成体と同様の外形形状を有する。また、セラミックブロック（ハニカム構造体）を構成する外方ハニカム焼成体及び内方ハニカム焼成体の組み合わせ方も、本発明の第一実施形態と同様である。

さらに、本発明の第四実施形態に係るハニカム構造体においても、本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体と同様、セラミックブロックの外周を構成しないハニカム焼成体（すなわち、内方ハニカム焼成体）は、すべて、中心高熱容量型ハニカム焼成体である。

本発明の第一実施形態では、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部から外周部に向かって、セル壁の厚さが段階的に減少するのに対して、本発明の第四実施形態では、中心高熱容量型ハニカム焼成体の最も外側に位置するセル壁の厚さが、中心高熱容量型ハニカム焼成体の最も外側に位置するセル壁以外のセル壁の厚さよりも薄い。

[0094] まず、本発明の第四実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体について説明する。

図 1 1 は、本発明の第四実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の一例を模式的に示す側面図である。

[0095] 図 1 1 に示す内方ハニカム焼成体 4 1 0 には、多数のセル 4 1 1 がセル壁 4 1 3 a 又は 4 1 3 b を隔てて長手方向に並設されるとともに、その外周に外周壁 4 1 4 が形成されている。そして、セル 4 1 1 のいずれかの端部は、封止材 4 1 2 で封止されている。

従って、一方の端面が開いたセル 4 1 1 に流入した排ガスは、必ずセル 4 1 1 を隔てるセル壁 4 1 3 a 又は 4 1 3 b を通過した後、他方の端面が開いた他のセル 4 1 1 から流出するようになっており、セル壁 4 1 3 a 又は 4 1 3 b は、フィルタとして機能する。

[0096] 本発明の第四実施形態に係るハニカム構造体では、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量を、中心高熱容量型ハニカ

ム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量よりも大きくするために、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さを、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の平均厚さよりも厚くしている。

より具体的には、本発明の第四実施形態に係るハニカム構造体では、中心高熱容量型ハニカム焼成体の最も外側に位置するセル壁の厚さが、中心高熱容量型ハニカム焼成体の最も外側に位置するセル壁以外のセル壁の厚さよりも薄くなっている。

[0097] 図 1 1 に示すように、内方ハニカム焼成体 4 1 0 では、内方ハニカム焼成体 4 1 0 の中心部におけるセル壁の平均厚さが、内方ハニカム焼成体 4 1 0 の外周部におけるセル壁の平均厚さよりも厚い。

具体的には、図 1 1 に示す内方ハニカム焼成体 4 1 0 では、内方ハニカム焼成体 4 1 0 の最も外側に位置するセル壁 4 1 3 a の厚さが、内方ハニカム焼成体 4 1 0 の最も外側に位置するセル壁以外のセル壁 4 1 3 b の厚さよりも薄い。内方ハニカム焼成体 4 1 0 の最も外側に位置するセル壁以外のセル壁 4 1 3 b の厚さは一定となっている。

従って、図 1 1 に示す内方ハニカム焼成体 4 1 0 は、ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量が、ハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量よりも大きい中心高熱容量型ハニカム焼成体である。

[0098] 図 1 1 に示すように、内方ハニカム焼成体 4 1 0 のセル 4 1 1 の長手方向に垂直な断面の形状は、すべて四角形（正方形）である。

図 1 1 に示す内方ハニカム焼成体 4 1 0 では、ハニカム焼成体の最外周に存在するセルの大きさが、ハニカム焼成体の最外周以外に存在するセルの大きさよりも大きい。

[0099] 本発明の第四実施形態に係るハニカム構造体においては、中心高熱容量型ハニカム焼成体の最も外側に位置するセル壁の厚さが、中心高熱容量型ハニカム焼成体の最も外側に位置するセル壁以外のセル壁の厚さよりも薄い限り、セル壁の形状は、図 1 1 に示す形状に限定されない。

[0100] 本発明の第四実施形態に係るハニカム構造体において、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の好ましい平均厚さ、及び、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の好ましい平均厚さは、本発明の第一実施形態と同様である。

[0101] 次に、本発明の第四実施形態に係るハニカム構造体を構成する外方ハニカム焼成体について説明する。

本発明の第一実施形態で説明したように、本発明の第四実施形態に係るハニカム構造体を構成する外方ハニカム焼成体の断面形状は、本発明の第四実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の一部を取り除いた形状を有していればよい。

[0102] 本発明の第四実施形態に係るハニカム構造体において、ハニカム焼成体（内方ハニカム焼成体及び外方ハニカム焼成体）の外周壁の好ましい厚さは、本発明の第一実施形態と同様である。

[0103] 本発明の第四実施形態に係るハニカム構造体において、内方ハニカム焼成体及び外方ハニカム焼成体に設けられているセルの断面形状としては、すべて四角形（正方形）であってもよいし、本発明の第二実施形態のように、大容量セルと小容量セルとからなる形状であってもよい。

[0104] 図 1 2 は、本発明の第四実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の別の一例を模式的に示す側面図である。

図 1 2 に示す内方ハニカム焼成体 4 2 0 では、大容量セル 4 2 1 a と小容量セル 4 2 1 b とが交互に配設されている。大容量セル 4 2 1 a の断面形状は八角形であり、小容量セル 4 2 1 b の断面形状は四角形（正方形）である。そして、内方ハニカム焼成体 4 2 0 の最も外側に位置するセル壁 4 2 3 a の厚さが、内方ハニカム焼成体 4 2 0 の最も外側に位置するセル壁以外のセル壁 4 2 3 b の厚さよりも薄い。

[0105] 本発明の第四実施形態に係るハニカム構造体の製造方法においては、押出成形に用いる金型の形状を変更して所定の形状を有するハニカム成形体を作製する点以外は、本発明の第一実施形態と同様にしてハニカム構造体を製造す

ることができる。

[0106] 本発明の第四実施形態では、本発明の第一実施形態において説明した効果（１）～（３）及び（５）を発揮することができるとともに、以下の効果を発揮することができる。

（８）本実施形態のハニカム構造体では、上記中心高熱容量型ハニカム焼成体の最も外側に位置するセル壁の厚さが、上記中心高熱容量型ハニカム焼成体の最も外側に位置するセル壁以外のセル壁の厚さよりも薄い。

このような構成を有する中心高熱容量型ハニカム焼成体を含むハニカム構造体であっても、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部と外周部との間の温度差をより小さくすることができるため、クラックの発生を防止することができる。

[0107] （実施例）

以下、本発明の第一実施形態～第四実施形態をより具体的に開示した実施例を示す。なお、本発明はこれらの実施例のみに限定されるものではない。

[0108] （ハニカム焼成体の作製）

まず、セル壁の厚さの異なるハニカム焼成体 1 ～ 11 を作製した。

[0109] （ハニカム焼成体 1 の作製）

まず、平均粒子径 $2.2 \mu\text{m}$ を有する炭化ケイ素の粗粉末 54.6 重量％と、平均粒子径 $0.5 \mu\text{m}$ の炭化ケイ素の微粉末 23.4 重量％とを混合し、得られた混合物に対して、有機バインダ（メチルセルロース）4.3 重量％、潤滑剤（日油社製 ユニループ）2.6 重量％、グリセリン 1.2 重量％、及び、水 13.9 重量％を加えて混練して湿潤混合物を得た後、押出成形する成形工程を行った。

本工程では、図 6（a）及び図 6（b）に示した内方ハニカム焼成体 210 と同様の形状であって、セルの目封じをしていない生のハニカム成形体を作製した。

[0110] 次に、マイクロ波乾燥機を用いて上記生のハニカム成形体を乾燥させることにより、ハニカム成形体の乾燥体を作製した。その後、ハニカム成形体の

乾燥体の所定のセルに封止材ペーストを充填してセルの封止を行った。なお、上記湿潤混合物を封止材ペーストとして使用した。セルの封止を行った後、封止材ペーストを充填したハニカム成形体の乾燥体を再び乾燥機を用いて乾燥させた。

- [0111] 続いて、セルの封止を行ったハニカム成形体の乾燥体を 400°C で脱脂する脱脂処理を行い、さらに、常圧のアルゴン雰囲気下 2200°C 、3時間の条件で焼成処理を行った。

これにより、ハニカム焼成体を作製した。上記工程で作製したハニカム焼成体をハニカム焼成体1とした。

- [0112] ハニカム焼成体1は、多孔質炭化ケイ素焼結体からなり、気孔率が42%、平均気孔径が $9\mu\text{m}$ 、大きさが $34.3\text{mm} \times 34.3\text{mm} \times 200\text{mm}$ 、セルの数（セル密度）が 24×24 個/ユニット、外周壁の厚さが 0.3mm である。また、ハニカム焼成体1は、大容量セルと小容量セルとを有しており、小容量セルの長手方向に垂直な断面の面積に対する大容量セルの長手方向に垂直な断面の面積の面積比は、1.55である。

- [0113] また、ハニカム焼成体1のセル壁の厚さを以下の方法により測定した。

図13は、実施例及び比較例に係るハニカム焼成体のセル壁の厚さの測定方法を説明するための模式図である。図13では、セル壁の厚さの測定方法を分かりやすく説明するために、すべてのセルの断面形状を四角形（正方形）とし、すべてのセル壁の厚さを一定としている。また、図13には、一部のセルのみを記載している。

まず、作製したハニカム焼成体について、ハニカム焼成体の一の角部を原点、ハニカム焼成体の外周壁をX軸及びY軸として、X軸及びY軸が互いに直交する二次元の直交座標系を考える。すると、ハニカム焼成体1に形成されたセルには、 $(X, Y) = (1, 1), (1, 2), \dots, (1, 24), (2, 1), (2, 2), \dots, (2, 24), (3, 1), \dots, (11, 24), (12, 1), (12, 2), \dots, (12, 24), (13, 1), \dots, (23, 24), (24, 1), (24, 2), \dots$

・ ・ 、 (2 4 , 2 4) の座標が与えられる。

次に、光学顕微鏡 (N i k o n 社製、measuring microscope MM-40) を用いて、 $X=12$ 及び $Y=12$ に位置するセルの列について、セル壁の厚さを測定する。具体的には、 $X=12$ に位置するセルの列について、セル (1 2 , 1) とセル (1 2 , 2) との間のセル壁の厚さ a_1 、セル (1 2 , 7) とセル (1 2 , 8) との間のセル壁の厚さ b_1 、セル (1 2 , 1 2) とセル (1 2 , 1 3) との間のセル壁の厚さ c_1 、セル (1 2 , 1 7) とセル (1 2 , 1 8) との間のセル壁の厚さ d_1 (図示せず)、及び、セル (1 2 , 2 3) とセル (1 2 , 2 4) との間のセル壁の厚さ e_1 (図示せず) を測定し、 $Y=12$ に位置するセルの列について、セル (1 , 1 2) とセル (2 , 1 2) との間のセル壁の厚さ a_2 、セル (7 , 1 2) とセル (8 , 1 2) との間のセル壁の厚さ b_2 、セル (1 2 , 1 2) とセル (1 3 , 1 2) との間のセル壁の厚さ c_2 、セル (1 7 , 1 2) とセル (1 8 , 1 2) との間のセル壁の厚さ d_2 (図示せず)、及び、セル (2 3 , 1 2) とセル (2 4 , 1 2) との間のセル壁の厚さ e_2 (図示せず) を測定する。

そして、 a_1 及び a_2 の平均値、 b_1 及び b_2 の平均値、 c_1 及び c_2 の平均値、 d_1 及び d_2 の平均値、 e_1 及び e_2 の平均値を求め、それぞれ a 、 b 、 c 、 d 、 e とする。

その結果、ハニカム焼成体 1 のセル壁の厚さは、 $a=0.095\text{mm}$ 、 $b=0.100\text{mm}$ 、 $c=0.105\text{mm}$ 、 $d=0.100\text{mm}$ 、 $e=0.095\text{mm}$ である。

[0114] (ハニカム焼成体 2 ~ 1 1 の作製)

上記ハニカム焼成体 1 の作製工程において、成形工程で用いる金型の形状を変更して、セル壁の厚さの異なるハニカム焼成体であるハニカム焼成体 2 ~ 1 1 を作製した。

ハニカム焼成体 2 ~ 6 を作製する際には、図 6 (a) 及び図 6 (b) に示した内方ハニカム焼成体 2 1 0 と同様の形状であって、セルの目封じをしていない生のハニカム成形体を作製した。

ハニカム焼成体 7 を作製する際には、図 1 2 に示した内方ハニカム焼成体 4 2 0 と同様の形状であって、セルの目封じをしていない生のハニカム成形体を作製した。

ハニカム焼成体 8 ～ 1 0 を作製する際には、セル壁の厚さが一定であって、セルの目封じをしていない生のハニカム成形体を作製した。

ハニカム焼成体 1 1 を作製する際には、図 6 (a) 及び図 6 (b) に示した内方ハニカム焼成体 2 1 0 とは逆の形状であって、セルの目封じをしていない生のハニカム成形体を作製した。すなわち、ハニカム焼成体の中心部から外周部に向かって、セル壁の厚さが段階的に増加する形状を有する生のハニカム成形体を作製した。

[0115] ハニカム焼成体 2 ～ 1 1 は、多孔質炭化ケイ素焼結体からなり、気孔率が 4 2 %、平均気孔径が $9 \mu\text{m}$ 、大きさが $34.3 \text{ mm} \times 34.3 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ 、セルの数（セル密度）が 24×24 個／ユニット、外周壁の厚さが 0.3 mm である。また、ハニカム焼成体 2 ～ 1 1 は、大容量セルと小容量セルとを有しており、小容量セルの長手方向に垂直な断面の面積に対する大容量セルの長手方向に垂直な断面の面積の面積比は、1.55 である。

[0116] ハニカム焼成体 2 のセル壁の厚さは、 $a = 0.143 \text{ mm}$ 、 $b = 0.150 \text{ mm}$ 、 $c = 0.157 \text{ mm}$ 、 $d = 0.150 \text{ mm}$ 、 $e = 0.143 \text{ mm}$ である。

ハニカム焼成体 3 のセル壁の厚さは、 $a = 0.166 \text{ mm}$ 、 $b = 0.175 \text{ mm}$ 、 $c = 0.184 \text{ mm}$ 、 $d = 0.175 \text{ mm}$ 、 $e = 0.166 \text{ mm}$ である。

ハニカム焼成体 4 のセル壁の厚さは、 $a = 0.170 \text{ mm}$ 、 $b = 0.175 \text{ mm}$ 、 $c = 0.180 \text{ mm}$ 、 $d = 0.175 \text{ mm}$ 、 $e = 0.170 \text{ mm}$ である。

ハニカム焼成体 5 のセル壁の厚さは、 $a = 0.173 \text{ mm}$ 、 $b = 0.175 \text{ mm}$ 、 $c = 0.177 \text{ mm}$ 、 $d = 0.175 \text{ mm}$ 、 $e = 0.173 \text{ mm}$ である。

ハニカム焼成体6のセル壁の厚さは、 $a = 0.190\text{ mm}$ 、 $b = 0.200\text{ mm}$ 、 $c = 0.210\text{ mm}$ 、 $d = 0.200\text{ mm}$ 、 $e = 0.190\text{ mm}$ である。

ハニカム焼成体7のセル壁の厚さは、 $a = 0.166\text{ mm}$ 、 $b = 0.179\text{ mm}$ 、 $c = 0.179\text{ mm}$ 、 $d = 0.179\text{ mm}$ 、 $e = 0.166\text{ mm}$ である。

ハニカム焼成体8のセル壁の厚さは、 $a = 0.100\text{ mm}$ 、 $b = 0.100\text{ mm}$ 、 $c = 0.100\text{ mm}$ 、 $d = 0.100\text{ mm}$ 、 $e = 0.100\text{ mm}$ である。

ハニカム焼成体9のセル壁の厚さは、 $a = 0.175\text{ mm}$ 、 $b = 0.175\text{ mm}$ 、 $c = 0.175\text{ mm}$ 、 $d = 0.175\text{ mm}$ 、 $e = 0.175\text{ mm}$ である。

ハニカム焼成体10のセル壁の厚さは、 $a = 0.200\text{ mm}$ 、 $b = 0.200\text{ mm}$ 、 $c = 0.200\text{ mm}$ 、 $d = 0.200\text{ mm}$ 、 $e = 0.200\text{ mm}$ である。

ハニカム焼成体11のセル壁の厚さは、 $a = 0.185\text{ mm}$ 、 $b = 0.175\text{ mm}$ 、 $c = 0.165\text{ mm}$ 、 $d = 0.175\text{ mm}$ 、 $e = 0.185\text{ mm}$ である。

[0117] (ハニカム構造体の作製)

ハニカム焼成体1～11を用いて、ハニカム構造体を作製した。

[0118] (実施例1)

ハニカム焼成体1の所定の側面に接着材ペーストを塗布し、この接着材ペーストを介して36個(縦6個×横6個)のハニカム焼成体1を接着させることにより、ハニカム焼成体の集合体を作製した。

さらに、ハニカム焼成体の集合体を 180°C 、20分で接着材ペーストを乾燥固化させることにより、接着材層の厚さが1mmで角柱状のセラミックブロックを作製した。

ここで、接着材ペーストとしては、平均粒径 $0.6\text{ }\mu\text{m}$ の炭化ケイ素粒子3

0. 0 重量%、シリカゾル（固形分：30 重量%）21. 4 重量%、カルボキシメチルセルロース8. 0 重量%、及び、水40. 6 重量%からなる接着材ペーストを使用した。

[0119] その後、ダイヤモンドカッターを用いて、角柱状のセラミックブロックの外周を研削することにより、直径198. 5 mmの円柱状のセラミックブロックを作製した。

[0120] 次に、円柱状のセラミックブロックの外周部に外周コート材ペーストを塗布し、外周コート材ペーストを120℃で加熱固化することにより、セラミックブロックの外周部に外周コート層を形成した。なお、上記接着材ペーストを外周コート材ペーストとして使用した。

以上の工程によって、直径200 mm×長さ200 mmの円柱状のハニカム構造体を作製した。

[0121] （実施例2～7）

ハニカム焼成体2～7をそれぞれ用いることにより、実施例1と同様にしてハニカム構造体を作製した。

[0122] （比較例1～4）

ハニカム焼成体8～11をそれぞれ用いることにより、実施例1と同様にしてハニカム構造体を作製した。

[0123] （耐久性試験）

実施例1～7及び比較例1～4で作製したハニカム構造体について、以下の方法により耐久性試験を行った。

まず、実施例1～7及び比較例1～4で作製したハニカム構造体の外周に保持シール材を巻き付け、これを円筒状のケーシング（金属シェル）に圧入することにより排ガス浄化装置を作製した。なお、保持シール材は、アルミナ-シリカ系無機繊維からなるマット状であり、その厚さは8 mmである。

この排ガス浄化装置の排ガス流入側の端部を、6. 4 Lのディーゼルエンジンに連結された導入管に接続した。また、排ガス浄化装置の排ガス流出側の端部を外部に連結された排出管に接続した。

次に、エンジンを回転数が 3000min^{-1} 、トルクが 50Nm となるように運転し、エンジンからの排ガスをハニカム構造体に流通させた。

そして、ハニカム構造体の体積1リットルあたりに捕集されるPMの量が表1に記載された量になるまで運転を行った後、ポストインジェクションによってPMを燃焼させた。

上記ポストインジェクションの条件は、開始後1分間にハニカム構造体の中心温度が 600°C でほぼ一定になるように設定した。ポストインジェクションの後、ハニカム構造体にクラックが発生しているかを目視で観察した。

表1の「クラックの有無」の欄には、ポストインジェクション後にハニカム構造体にクラックが発生したものを「有」、ハニカム構造体にクラックが発生しなかったものを「無」と示した。

[0124] 実施例1～7及び比較例1～4のハニカム構造体について、用いたハニカム焼成体、ハニカム焼成体のセル壁の厚さ、耐久性試験の結果をまとめて表1に示した。

[0125]

[表1]

	ハニカム 焼成体	ハニカム焼成体のセル壁の厚さ (mm)					耐久性試験	
		a	b	c	d	e	PMの捕集量 (g/L)	クラックの有無
実施例1	1	0.095	0.100	0.105	0.100	0.095	31	無
実施例2	2	0.143	0.150	0.157	0.150	0.143	41	無
実施例3	3	0.166	0.175	0.184	0.175	0.166	44	無
実施例4	4	0.170	0.175	0.180	0.175	0.170	44	無
実施例5	5	0.173	0.175	0.177	0.175	0.173	44	無
実施例6	6	0.190	0.200	0.210	0.200	0.190	50	無
実施例7	7	0.166	0.179	0.179	0.179	0.166	44	無
比較例1	8	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	31	有
比較例2	9	0.175	0.175	0.175	0.175	0.175	44	有
比較例3	10	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	50	有
比較例4	11	0.185	0.175	0.165	0.175	0.185	44	有

[0126] 実施例1～7のように、ハニカム構造体を構成するハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の厚さが、ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の厚さよりも厚い場合、ポストインジェクション後、ハニカム構造体にクラックが発生しなかった。

一方、比較例 1 ～ 3 のように、ハニカム構造体を構成するハニカム焼成体におけるセル壁の厚さが一定である場合、及び、比較例 4 のように、ハニカム構造体を構成するハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の厚さが、ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の厚さよりも薄い場合、ポストインジェクション後、ハニカム構造体にクラックが発生した。

[0127] 以上より、ハニカム構造体を構成するハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さを、ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の平均厚さよりも厚くすることにより、ハニカム焼成体の中心部と外周部との間の温度差を原因とするクラックの発生を防止することができると考えられる。これは、ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さを、ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の平均厚さよりも厚くすることにより、ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量を、ハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量よりも大きくすることができるためであると考えられる。

[0128] （その他の実施形態）

本発明の第一実施形態～第四実施形態に係るハニカム構造体では、セラミックブロックの外周を構成しないハニカム焼成体（すなわち、内方ハニカム焼成体）は、すべて中心高熱容量型ハニカム焼成体である。

しかしながら、本発明の実施形態に係るハニカム構造体においては、ハニカム構造体を構成する複数個のハニカム焼成体の少なくとも 1 つが、中心高熱容量型ハニカム焼成体であればよく、ハニカム構造体中の中心高熱容量型ハニカム焼成体の個数及び位置は特に限定されない。

従って、内方ハニカム焼成体が中心高熱容量型ハニカム焼成体でなく、外方ハニカム焼成体が中心高熱容量型ハニカム焼成体であるハニカム構造体であってもよい。

[0129] また、本発明の第一実施形態～第四実施形態に係るハニカム構造体では、セラミックブロックの外周を構成するハニカム焼成体（すなわち、外方ハニカム焼成体）は、中心高熱容量型ハニカム焼成体ではない。

しかしながら、本発明の実施形態に係るハニカム構造体においては、ハニカム構造体を構成するすべてのハニカム焼成体が、中心高熱容量型ハニカム焼成体であってもよい。

[0130] 具体的には、本発明の実施形態に係るハニカム構造体は、図2（a）、図2（b）及び図4に示す内方ハニカム焼成体110と、図14（a）に示す外方ハニカム焼成体510と、図14（b）に示す外方ハニカム焼成体520とから構成されてもよい。

図14（a）及び図14（b）は、本発明の他の実施形態に係るハニカム構造体を構成する外方ハニカム焼成体の一例を模式的に示す側面図である。

図14（a）に示す外方ハニカム焼成体510及び図14（b）に示す外方ハニカム焼成体520は、図5（a）に示す外方ハニカム焼成体120及び図5（b）に示す外方ハニカム焼成体130の変形例である。

図14（a）に示す外方ハニカム焼成体510及び図14（b）に示す外方ハニカム焼成体520では、外方ハニカム焼成体510及び520の中心部から外周部に向かって、セル壁513又は523の厚さが段階的に減少している。具体的には、図14（a）に示す外方ハニカム焼成体510及び図14（b）に示す外方ハニカム焼成体520では、ハニカム焼成体の断面上の中心に存在するセルの大きさが最も小さく、ハニカム焼成体の断面上の中心からの距離が遠くなるほどセルの大きさが増加している。

上記の構成を有するハニカム構造体を製造するためには、図14（a）に示す外方ハニカム焼成体510及び図14（b）に示す外方ハニカム焼成体520に対応する金型を用いてハニカム成形体を作製すればよい。

[0131] 本発明の実施形態に係るハニカム構造体においては、ハニカム構造体の製造効率を考慮すると、同じ金型を用いてハニカム成形体を作製することが好ましい。従って、本発明の実施形態に係るハニカム構造体は、同じセル構造を有するハニカム焼成体が複数個結束されたセラミックブロックから作製されることが好ましい。

[0132] 本発明の第一実施形態及び第二実施形態に係るハニカム構造体では、中心高

熱容量型ハニカム焼成体である内方ハニカム焼成体において、ハニカム焼成体の断面上の中心に存在するセルの大きさが最も小さく、ハニカム焼成体の断面上の中心からの距離が遠くなるほどセルの大きさが増加している。

しかしながら、本発明の第一実施形態及び第二実施形態に係るハニカム構造体においては、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部から外周部に向かって、セル壁の厚さが段階的に減少していればよく、例えば、以下のようなセル構造（セルの形状及びセルの配置）であってもよい。

[0133] 図 1 5（a）は、本発明の第一実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の別の一例を模式的に示す側面図である。図 1 5（b）は、本発明の第二実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の別の一例を模式的に示す側面図である。

図 1 5（a）に示す内方ハニカム焼成体 1 4 0 は、図 4 に示す内方ハニカム焼成体 1 1 0 の変形例であり、図 1 5（b）に示す内方ハニカム焼成体 2 4 0 は、図 6（a）及び図 6（b）に示す内方ハニカム焼成体 2 1 0 の変形例である。

図 1 5（a）に示す内方ハニカム焼成体 1 4 0 及び図 1 5（b）に示す内方ハニカム焼成体 2 4 0 では、ハニカム焼成体の断面上の中心に存在するセルの大きさが最も小さく、そのセルを取り囲むセル群ごとにセルの大きさが増加している。

[0134] 本発明の実施形態に係るハニカム構造体を構成するハニカム焼成体において、多数のセルが、大容量セルと小容量セルとからなるとき、大容量セル及び小容量セルの形態は、これまでの実施形態において説明した形態に限定されるものではない。

図 1 6（a）及び図 1 6（b）は、本発明の他の実施形態に係るハニカム構造体を構成する内方ハニカム焼成体の一例を模式的に示す側面図である。

図 1 6（a）及び図 1 6（b）は、いずれも内方ハニカム焼成体の一方の端面側、すなわち小容量セルが封止された端面側から見た側面図である。

図 1 6（a）及び図 1 6（b）を参照しながら、大容量セル及び小容量セル

の断面形状のその他の実施形態を説明する。

[0135] 図 1 6 (a) に示す内方ハニカム焼成体 6 1 0 においては、大容量セル 6 1 1 a の長手方向に垂直な断面の形状が、角部に相当する部分が円弧状になっている四角形であり、小容量セル 6 1 1 b の長手方向に垂直な断面の形状が、四角形である。

なお、小容量セル 6 1 1 b の長手方向に垂直な断面の形状も、大容量セル 6 1 1 a と同様に、角部に相当する部分が円弧状になっている四角形であってもよい。

[0136] 図 1 6 (b) に示す内方ハニカム焼成体 6 2 0 において、大容量セル 6 2 1 a 及び小容量セル 6 2 1 b の長手方向に垂直な断面は、セルを形成するセル壁 6 2 3 の形状が曲線により構成されている形状である。

すなわち、図 1 6 (b) では、実線で示しているセル壁 6 2 3 の断面形状が曲線である。

大容量セル 6 2 1 a の断面形状は、セル壁 6 2 3 がセルの断面の中心から外側に向かって凸の形状であり、一方、小容量セル 6 2 1 b の断面形状は、セル壁 6 2 3 がセルの断面の外側から中心に向かって凸の形状である。

セル壁 6 2 3 は内方ハニカム焼成体の断面の水平方向及び垂直方向に対して起伏する「波形」の形状を有しており、小容量セルにおいて、隣り合うセル壁 6 2 3 の波形の山の部分（正弦曲線という振幅の極大値の部分）が互いに最近接することで、セルの断面形状が外側に膨らんだ大容量セル 6 2 1 a とセルの断面形状が内側に凹んだ小容量セル 6 2 1 b とが形成される。なお、波形の振幅は一定でもよくまた変化しても良いが、一定であることが好ましい。

[0137] 外方ハニカム焼成体の断面形状は、図 1 6 (a) 又は図 1 6 (b) に示すような大容量セル及び小容量セルの断面形状を有していてもよい。また、外方ハニカム焼成体の断面形状は、図 1 6 (a) 又は図 1 6 (b) に示す内方ハニカム焼成体の一部を取り除いた形状であってもよい。

[0138] このように、本発明の実施形態に係るハニカム構造体を構成する中心高熱容

量型ハニカム焼成体においては、様々なハニカム焼成体のセル構造（セルの形状及びセルの配置）を採用することができる。つまり、本発明の実施形態に係るハニカム構造体においては、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部におけるセル壁の平均厚さが、中心高熱容量型ハニカム焼成体の外周部におけるセル壁の平均厚さよりも厚い限り、セル壁の形状及びセル構造は特に限定されない。

従って、同一の中心高熱容量型ハニカム焼成体におけるセル壁の形状が、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部から外周部に向かってセル壁の厚さが段階的に減少する形状と、中心高熱容量型ハニカム焼成体の中心部から外周部に向かってセル壁の厚さが連続的に減少する形状とが組み合わされた形状であってもよい。

また、同一の中心高熱容量型ハニカム焼成体におけるセル壁の形状が、これまでの実施形態において説明したセル壁の形状及びセル構造を組み合わせた形状であってもよい。

さらに、これまでの実施形態において説明したハニカム焼成体では、ハニカム焼成体の断面上の中心にセルが形成されていたが、ハニカム焼成体の断面上の中心にはセルが形成されていなくてもよい。

[0139] 本発明の第一実施形態～第四実施形態では、32個のハニカム焼成体からなるハニカム構造体を例に説明したが、本発明の実施形態に係るハニカム構造体を構成するハニカム焼成体の形状及び個数は特に限定されない。

[0140] 図17は、本発明の他の実施形態に係るハニカム構造体の一例を模式的に示す斜視図である。

図17に示すハニカム構造体70は、16個の内方ハニカム焼成体710と8個の外方ハニカム焼成体720とからなる。

図17に示すハニカム構造体70では、外方ハニカム焼成体720の断面形状が異なる他は、図1(a)及び図1(b)に示すハニカム構造体10と同様の構成を有している。図17に示す外方ハニカム焼成体720の断面は、2つの線分（長線分及び短線分）と1つの円弧とで囲まれた形状をなしてい

る。この2つの線分よりなる角は、 90° である。外方ハニカム焼成体720の長線分の長さは特に限定されないが、内方ハニカム焼成体710の2個分の長さ（接着材層の厚さを含む）であることが好ましい。

図17に示す内方ハニカム焼成体710及び外方ハニカム焼成体720のセル構造としては、これまでの実施形態で説明した任意のセル構造を採用することができる。

[0141] 本発明の実施形態に係るハニカム構造体を構成するセラミックブロックを作製する際には、断面形状が異なる複数種類のハニカム焼成体を作製し、複数種類のハニカム焼成体を組み合わせて、ハニカム焼成体が接着材層を介して複数個結束されてなるセラミックブロックを作製することにより、外周加工工程を省略することができる。

例えば、図1(a)及び図1(b)に示すハニカム構造体10を製造するためには、以下のような断面形状が異なる3種類のハニカム焼成体を作製する。第1のハニカム焼成体は、断面形状が4本の直線で囲まれた形状（四角形）である。第2のハニカム焼成体は、断面形状が2本の直線と1本の円弧とで囲まれた形状である。第3のハニカム焼成体は、断面形状が3本の直線と1本の円弧とで囲まれた形状である。そして、第1のハニカム焼成体を16個、第2のハニカム焼成体を8個、第3のハニカム焼成体を8個ずつ組み合わせることにより、円柱状のセラミックブロックを作製することができる。また、図17に示すハニカム構造体70を製造するためには、以下のような断面形状が異なる2種類のハニカム焼成体を作製する。第1のハニカム焼成体は、断面形状が4本の直線で囲まれた形状（四角形）である。第2のハニカム焼成体は、断面形状が2本の直線と1本の円弧とで囲まれた形状である。そして、第1のハニカム焼成体を16個、第2のハニカム焼成体を8個ずつ組み合わせることにより、円柱状のセラミックブロックを作製することができる。

なお、断面形状の異なるハニカム焼成体は、それぞれ、押出形成において用いる金型の形状を変更することにより作製することができる。

- [0142] 本発明の実施形態に係るハニカム構造体を製造する際の結束工程では、接着材ペーストを各ハニカム焼成体の側面に塗布する方法以外に、例えば、作製するセラミックブロック（又はハニカム焼成体の集合体）の形状と同形状の型枠内に各ハニカム焼成体を仮固定した状態とし、接着材ペーストを各ハニカム焼成体間に注入する方法等によって行ってもよい。
- [0143] 本発明の実施形態に係るハニカム構造体の形状は、円柱状に限定されるものでなく、楕円柱状、長円柱状、多角柱状等の任意の柱の形状であればよい。
- [0144] 本発明の実施形態に係るハニカム構造体において、セルに封止材が設けられずに、セルの端部が封止されていなくてもよい。この場合、ハニカム構造体は、セル壁に触媒を担持させることによって、排ガス中に含まれるCO、HC又はNO_x等の有害なガス成分を浄化する触媒担体として機能する。
- [0145] 本発明の実施形態に係るハニカム構造体を構成するハニカム焼成体においては、外周壁の厚さは、最も厚いセル壁の厚さと同一であってもよいし、最も厚いセル壁の厚さよりも厚くてもよいが、ハニカム焼成体の強度の観点から、最も厚いセル壁の厚さよりも厚いことが望ましい。
- ハニカム焼成体の外周壁の厚さが、セル壁の厚さよりも厚い場合、外周壁の厚さは、最も厚いセル壁の厚さの1.3～3.0倍であることが望ましい。
- [0146] 本発明の実施形態に係るハニカム構造体において、ハニカム構造体をフィルタとして使用する場合には、ハニカム構造体を構成するハニカム焼成体の気孔率は、特に限定されないが、35～60%であることが望ましい。
- ハニカム焼成体の気孔率が35%未満であると、ハニカム焼成体が目詰まりを起こしやすくなる。一方、ハニカム焼成体の気孔率が60%を超えると、ハニカム焼成体の強度が低下するため、ハニカム焼成体が破壊されやすくなる。
- [0147] また、本発明の実施形態に係るハニカム構造体において、ハニカム構造体をフィルタとして使用する場合には、ハニカム構造体を構成するハニカム焼成体の平均気孔径は、5～30μmであることが望ましい。
- ハニカム焼成体の平均気孔径が5μm未満であると、ハニカム焼成体が目詰

まりを起こしやすくなる。一方、ハニカム焼成体の平均気孔径が $30\mu\text{m}$ を超えると、パティキュレートがハニカム焼成体の気孔を通り抜けてしまい、ハニカム焼成体がパティキュレートを捕集することができず、ハニカム構造体がフィルタとして機能することができない。

[0148] なお、上記気孔率及び気孔径は、従来公知の方法である水銀圧入法により測定することができる。

[0149] 本発明の実施形態に係るハニカム構造体を構成するハニカム焼成体の断面におけるセル密度は、特に限定されないが、望ましい下限は、 $31.0\text{個}/\text{cm}^2$ ($200\text{個}/\text{inch}^2$)、望ましい上限は、 $93.0\text{個}/\text{cm}^2$ ($600\text{個}/\text{inch}^2$)、より望ましい下限は、 $38.8\text{個}/\text{cm}^2$ ($250\text{個}/\text{inch}^2$)、より望ましい上限は、 $77.5\text{個}/\text{cm}^2$ ($500\text{個}/\text{inch}^2$)である。

[0150] 本発明の実施形態に係るハニカム構造体を構成するハニカム焼成体において、最も厚いセル壁の厚さは、特に限定されるものではないが、 $0.1\sim 0.4\text{mm}$ であることが望ましい。

最も厚いセル壁の厚さが 0.1mm 未満であると、セル壁の厚さが薄くなりすぎるため、ハニカム焼成体の強度を保つことができなくなる。一方、最も厚いセル壁の厚さが 0.4mm を超えると、ハニカム構造体の圧力損失の上昇を引き起こしやすくなる。

[0151] 本発明の実施形態に係るハニカム構造体において、ハニカム焼成体の各セルのハニカム焼成体の長手方向に垂直な断面の形状は、特に限定されるものではなく、例えば、円形、楕円形、四角形、五角形、六角形、台形、八角形等の任意の形状であればよい。また、種々の形状を混在させてもよい。

[0152] 本発明の実施形態に係るハニカム構造体を構成するハニカム焼成体の材料の主成分は、炭化ケイ素又はケイ素結合炭化ケイ素に限定されるわけではなく、他のセラミック原料として、例えば、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化ホウ素、窒化チタン等の窒化物セラミック、炭化ジルコニウム、炭化チタン、炭化タンタル、炭化タングステン等の炭化物セラミック、コージェライ

ト、チタン酸アルミニウム等の酸化物セラミック等のセラミック粉末が挙げられる。

これらの中では、非酸化物セラミックが好ましく、炭化ケイ素又はケイ素結合炭化ケイ素が特に好ましい。耐熱性、機械強度、熱伝導率等に優れるからである。

[0153] 本発明の実施形態に係るハニカム構造体を構成するハニカム焼成体を作製する際に用いられる湿潤混合物に含まれる有機バインダとしては、特に限定されず、例えば、メチルセルロース、カルボキシメチルセルロース、ヒドロキシエチルセルロース、ポリエチレングリコール等が挙げられる。これらの中では、メチルセルロースが望ましい。有機バインダの配合量は、通常、上記セラミック粉末100重量部に対して、1～10重量部が望ましい。

[0154] 上記湿潤混合物に含まれる可塑剤としては、特に限定されず、例えば、グリセリン等が挙げられる。

また、上記湿潤混合物に含まれる潤滑剤としては、特に限定されず、例えば、ポリオキシエチレンアルキルエーテル、ポリオキシプロピレンアルキルエーテル等のポリオキシアルキレン系化合物等が挙げられる。

潤滑剤の具体例としては、例えば、ポリオキシエチレンモノブチルエーテル、ポリオキシプロピレンモノブチルエーテル等が挙げられる。

なお、可塑剤、潤滑剤は、場合によっては、上記湿潤混合物に含まれていなくてもよい。

[0155] また、上記湿潤混合物を調製する際には、分散媒液を使用してもよく、分散媒液としては、例えば、水、ベンゼン等の有機溶媒、メタノール等のアルコール等が挙げられる。

さらに、上記湿潤混合物中には、成形助剤が添加されていてもよい。

成形助剤としては特に限定されず、例えば、エチレングリコール、デキストリン、脂肪酸、脂肪酸石鹼、ポリアルコール等が挙げられる。

[0156] さらに、上記湿潤混合物には、必要に応じて酸化物系セラミックを成分とする微小中空球体であるバルーンや、球状アクリル粒子、グラファイト等の造

孔剤を添加してもよい。

バルーンとしては特に限定されず、例えば、アルミナバルーン、ガラスマイクロバルーン、シラスバルーン、フライアッシュバルーン（FAバルーン）、ムライトバルーン等が挙げられる。これらの中では、アルミナバルーンが望ましい。

[0157] 上記接着材ペースト及び上記外周コート材ペーストに含まれる無機バインダとしては、例えば、シリカゾル、アルミナゾル等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。無機バインダの中では、シリカゾルが望ましい。

[0158] 上記接着材ペースト及び上記外周コート材ペーストに含まれる有機バインダとしては、例えば、ポリビニルアルコール、メチルセルロース、エチルセルロース、カルボキシメチルセルロース等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。有機バインダの中では、カルボキシメチルセルロースが望ましい。

[0159] 上記接着材ペースト及び上記外周コート材ペーストに含まれる無機粒子としては、例えば、炭化物粒子、窒化物粒子等が挙げられる。具体的には、炭化ケイ素粒子、窒化ケイ素粒子、窒化ホウ素粒子等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。無機粒子の中では、熱伝導性に優れる炭化ケイ素粒子が望ましい。

[0160] 上記接着材ペースト及び上記外周コート材ペーストに含まれる無機繊維及び／又はウスカとしては、例えば、シリカーアルミナ、ムライト、アルミナ、シリカ等からなる無機繊維及び／又はウスカ等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。無機繊維の中では、アルミナファイバが望ましい。また、無機繊維は、生体溶解性ファイバであってもよい。

[0161] さらに、上記接着材ペースト及び上記外周コート材ペーストには、必要に応じて酸化物系セラミックを成分とする微小中空球体であるバルーンや、球状アクリル粒子、グラファイト等の造孔剤を添加してもよい。バルーンとして

は特に限定されず、例えば、アルミナバルーン、ガラスマイクロバルーン、シラスバルーン、フライアッシュバルーン（F Aバルーン）、ムライトバルーン等が挙げられる。これらの中では、アルミナバルーンが好ましい。

[0162] 本発明の実施形態に係るハニカム構造体において、ハニカム焼成体のセル壁には、排ガスを浄化するための触媒を担持させてもよい。担持させる触媒としては、例えば、白金、パラジウム、ロジウム等の貴金属が望ましい。また、その他の触媒として、例えば、カリウム、ナトリウム等のアルカリ金属、バリウム等のアルカリ土類金属、ゼオライトを用いることもできる。これらの触媒は、単独で用いてもよいし、2種以上併用してもよい。

[0163] 本発明のハニカム構造体においては、複数個のハニカム焼成体の少なくとも1つが、ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量がハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量よりも大きい中心高熱容量型ハニカム焼成体であることを必須の構成要素としている。

係る必須の構成要素に、本発明の第一実施形態～第四実施形態、及び、その他の実施形態で詳述した種々の構成（例えば、ハニカム構造体を構成するハニカム焼成体の形状、ハニカム焼成体のセル壁の形状、ハニカム焼成体のセル構造、ハニカム構造体の製造工程等）を適宜組み合わせることにより所望の効果をを得ることができる。

符号の説明

[0164] 10、70 ハニカム構造体

11 接着材層

13 セラミックブロック

100、110、120、130、140、210、220、230、240、310、320、330、410、420、510、520、610、620、710、720 ハニカム焼成体

111、121、131、141、211a、211b、221a、221b、231a、231b、241a、241b、311、321、331、411、421a、421b、511、521、611a、611b、62

1 a、6 2 1 b セル

1 1 3、1 2 3、1 3 3、1 4 3、2 1 3、2 2 3、2 3 3、2 4 3、3 1
3、3 2 3、3 3 3、4 1 3 a、4 1 3 b、4 2 3 a、4 2 3 b、5 1 3、
5 2 3、6 1 3、6 2 3 セル壁（ハニカム焼成体のセル壁）

1 0 4、1 1 4、1 2 4、1 3 4、1 4 4、2 1 4、2 2 4、2 3 4、2 4
4、3 1 4、3 2 4、3 3 4、4 1 4、4 2 4、5 1 4、5 2 4、6 1 4、
6 2 4 外周壁（ハニカム焼成体の外周壁）

1 0 5 ハニカム焼成体の中心部

1 0 6 ハニカム焼成体の外周部

請求の範囲

- [請求項1] 多数のセルがセル壁を隔てて長手方向に並設され、外周に外周壁が形成されたハニカム焼成体が複数個接着材層を介して結束されたセラミックブロックからなるハニカム構造体であって、
前記複数個のハニカム焼成体の少なくとも1つは、前記ハニカム焼成体の中心部における単位体積当たりの熱容量が、前記ハニカム焼成体の外周部における単位体積当たりの熱容量よりも大きい中心高熱容量型ハニカム焼成体であることを特徴とするハニカム構造体。
- [請求項2] 前記中心高熱容量型ハニカム焼成体の前記中心部におけるセル壁の平均厚さは、前記中心高熱容量型ハニカム焼成体の前記外周部におけるセル壁の平均厚さよりも厚い請求項1に記載のハニカム構造体。
- [請求項3] 前記中心高熱容量型ハニカム焼成体の前記中心部における前記セル壁の平均厚さは、0.10～0.20mmであり、
前記中心高熱容量型ハニカム焼成体の前記外周部における前記セル壁の平均厚さは、前記中心高熱容量型ハニカム焼成体の前記中心部における前記セル壁の平均厚さの90～98%である請求項2に記載のハニカム構造体。
- [請求項4] 前記中心高熱容量型ハニカム焼成体の前記中心部から前記外周部に向かって、前記セル壁の厚さが段階的に減少する請求項2又は3に記載のハニカム構造体。
- [請求項5] 前記中心高熱容量型ハニカム焼成体の前記中心部から前記外周部に向かって、前記セル壁の厚さが連続的に減少する請求項2又は3に記載のハニカム構造体。
- [請求項6] 前記中心高熱容量型ハニカム焼成体の最も外側に位置するセル壁の厚さが、前記中心高熱容量型ハニカム焼成体の最も外側に位置するセル壁以外のセル壁の厚さよりも薄い請求項2又は3に記載のハニカム構造体。
- [請求項7] 前記複数個のハニカム焼成体の各々において、前記外周壁の厚さは、

0.20～0.50mmである請求項1～6のいずれかに記載のハニカム構造体。

[請求項8] 前記複数個のハニカム焼成体の各々において、前記多数のセルは、大容量セルと、小容量セルとからなり、
前記大容量セルの前記長手方向に垂直な断面の面積は、前記小容量セルの前記長手方向に垂直な断面の面積よりも大きい請求項1～7のいずれかに記載のハニカム構造体。

[請求項9] 前記大容量セルの前記長手方向に垂直な断面の形状は八角形であり、
前記小容量セルの前記長手方向に垂直な断面の形状は四角形である請求項8に記載のハニカム構造体。

[請求項10] 前記大容量セルの前記長手方向に垂直な断面の形状は四角形であり、
前記小容量セルの前記長手方向に垂直な断面の形状は四角形である請求項8に記載のハニカム構造体。

[請求項11] 前記大容量セル及び前記小容量セルの前記長手方向に垂直な断面においては、前記大容量セル及び前記小容量セルを形成するセル壁の形状が曲線により構成されている請求項8に記載のハニカム構造体。

[請求項12] 前記小容量セルの前記長手方向に垂直な断面の面積に対する前記大容量セルの前記長手方向に垂直な断面の面積の面積比は、1.4～2.8である請求項8～11のいずれかに記載のハニカム構造体。

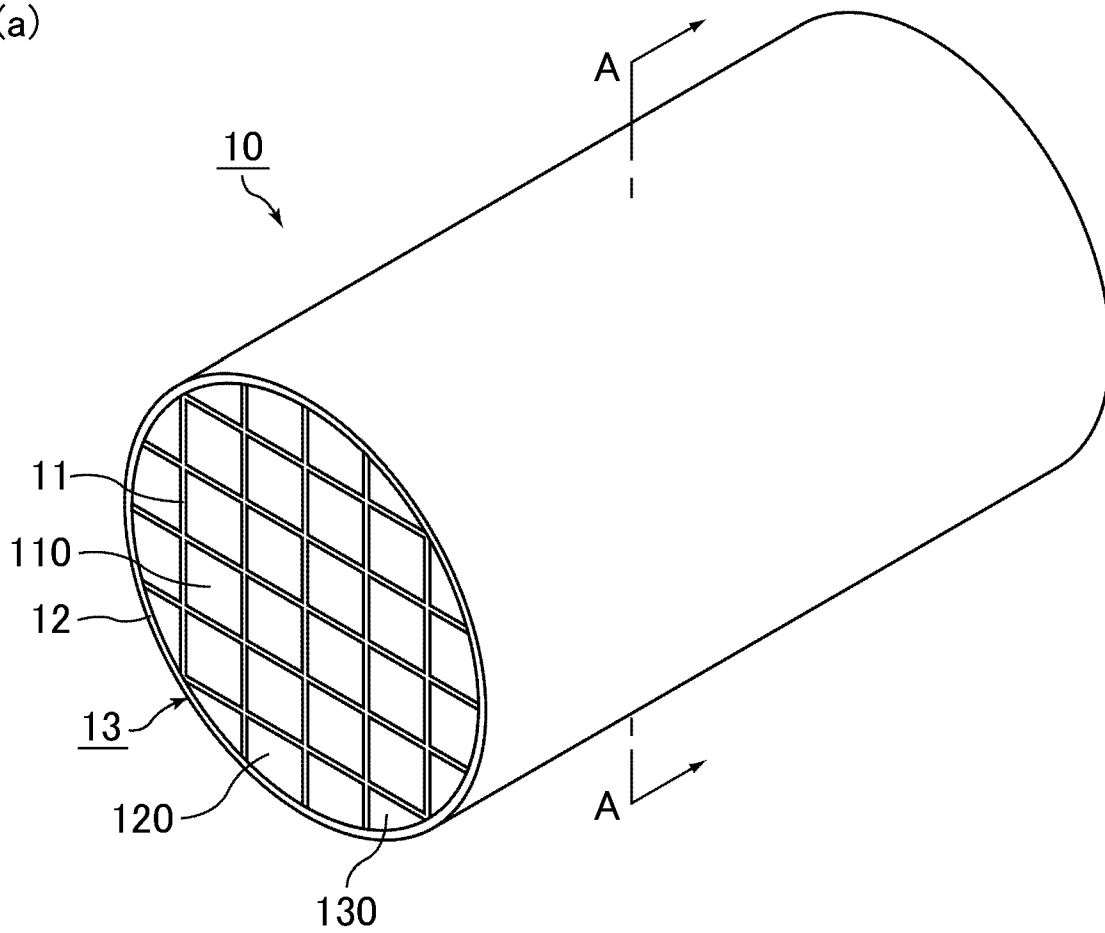
[請求項13] 前記セラミックブロックの外周を構成しないハニカム焼成体は、すべて前記中心高熱容量型ハニカム焼成体である請求項1～12のいずれかに記載のハニカム構造体。

[請求項14] 前記複数個のハニカム焼成体は、すべて前記中心高熱容量型ハニカム焼成体である請求項1～12のいずれかに記載のハニカム構造体。

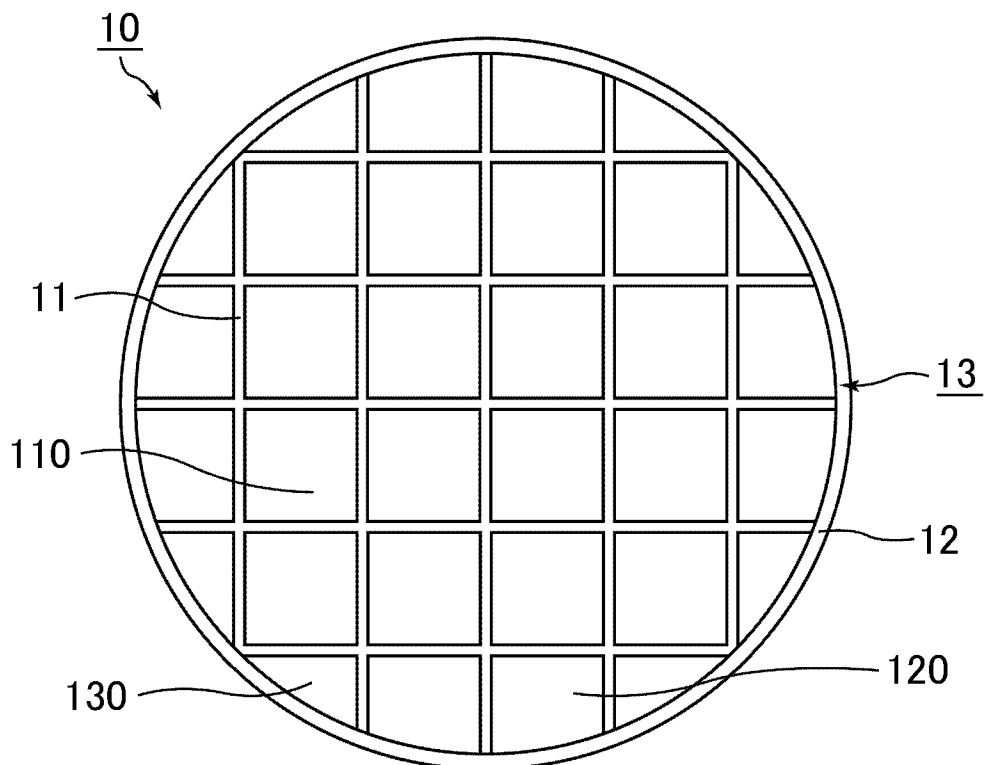
[請求項15] 前記複数個のハニカム焼成体の各々において、前記多数のセルのそれぞれ一方の端部は、交互に封止されている請求項1～14のいずれかに記載のハニカム構造体。

[図1]

(a)



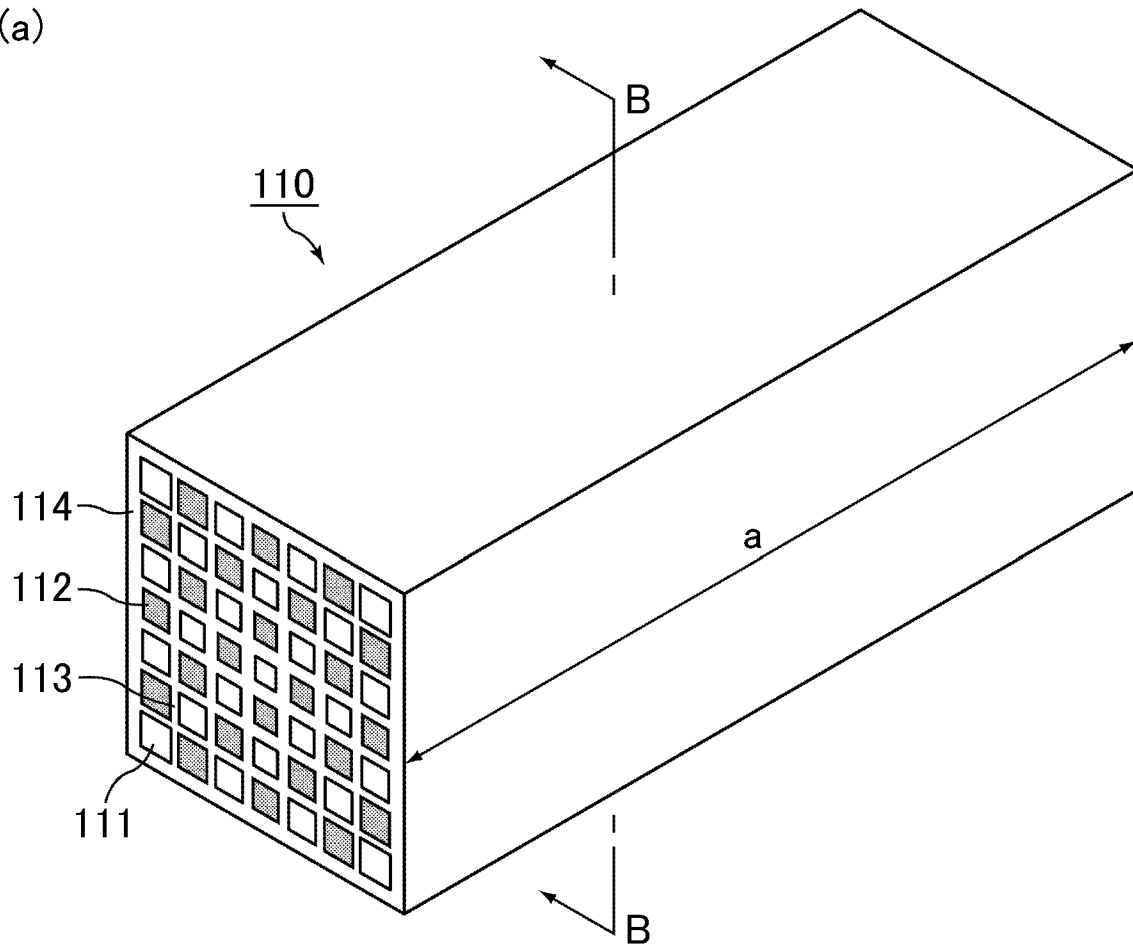
(b)



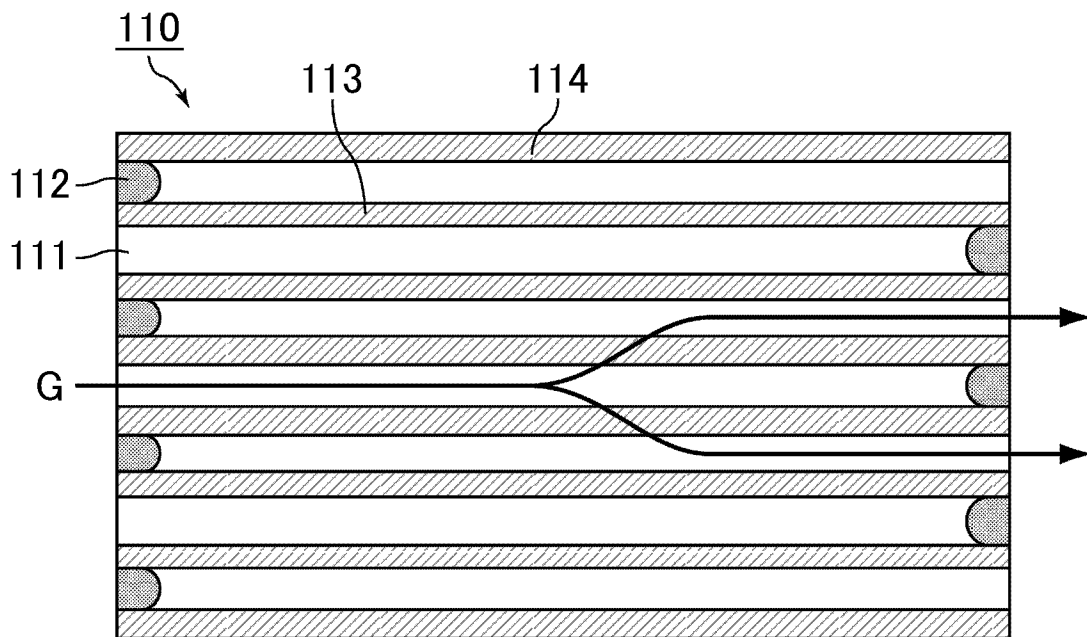
A-A線断面図

[図2]

(a)

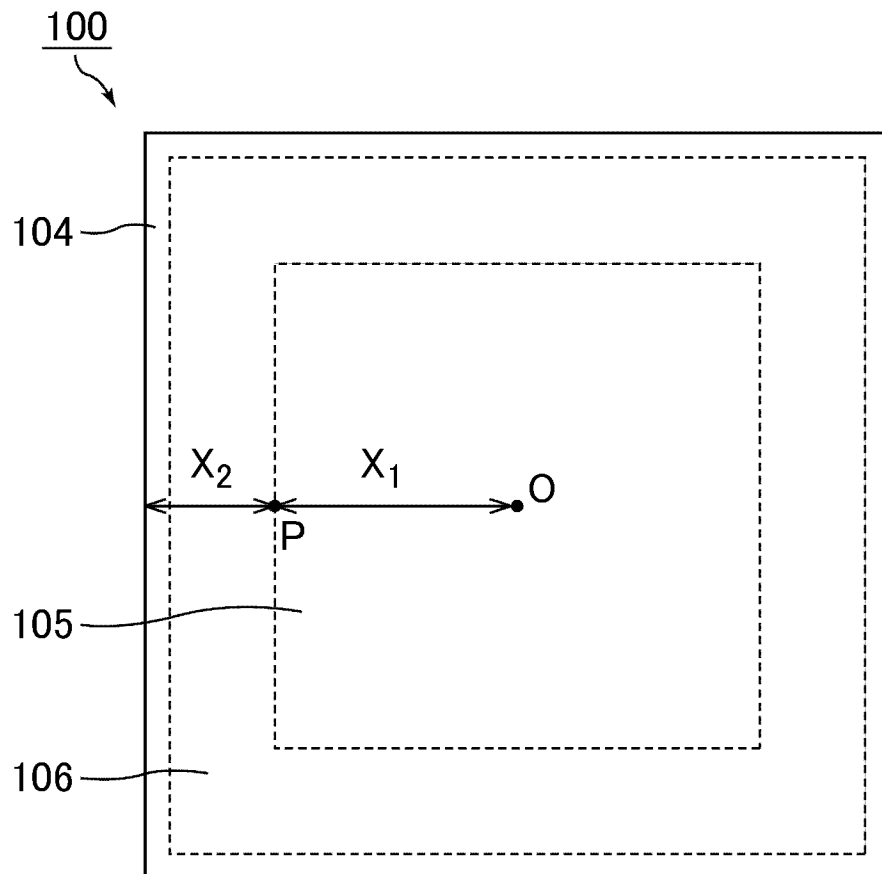


(b)

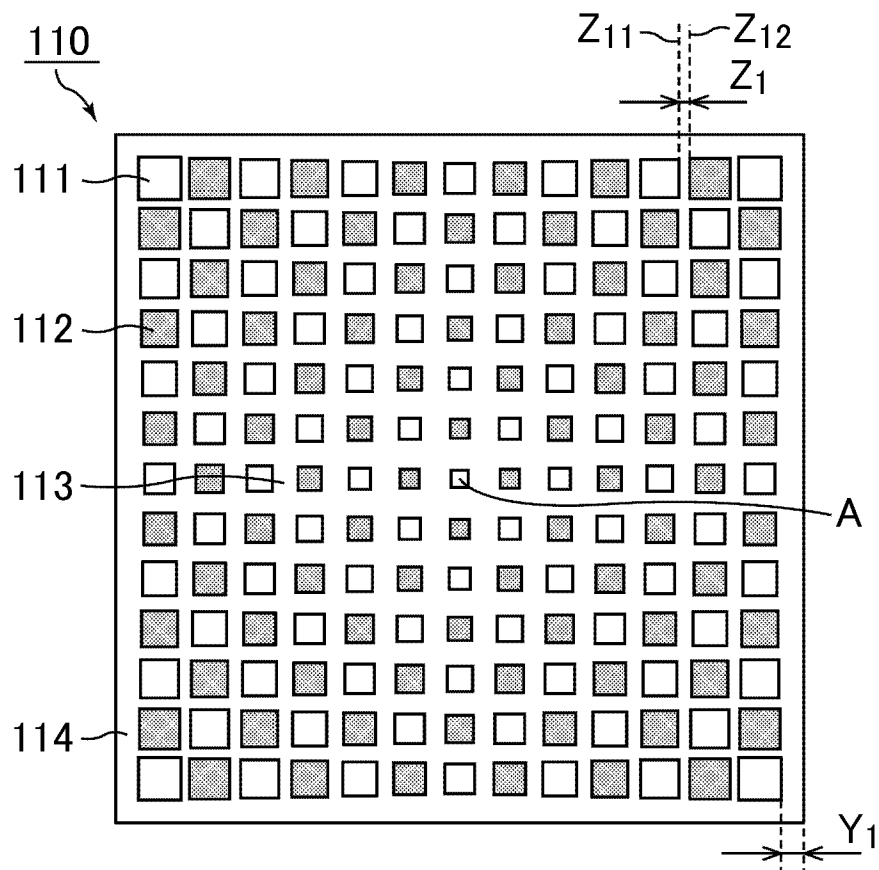


B-B線断面図

[図3]

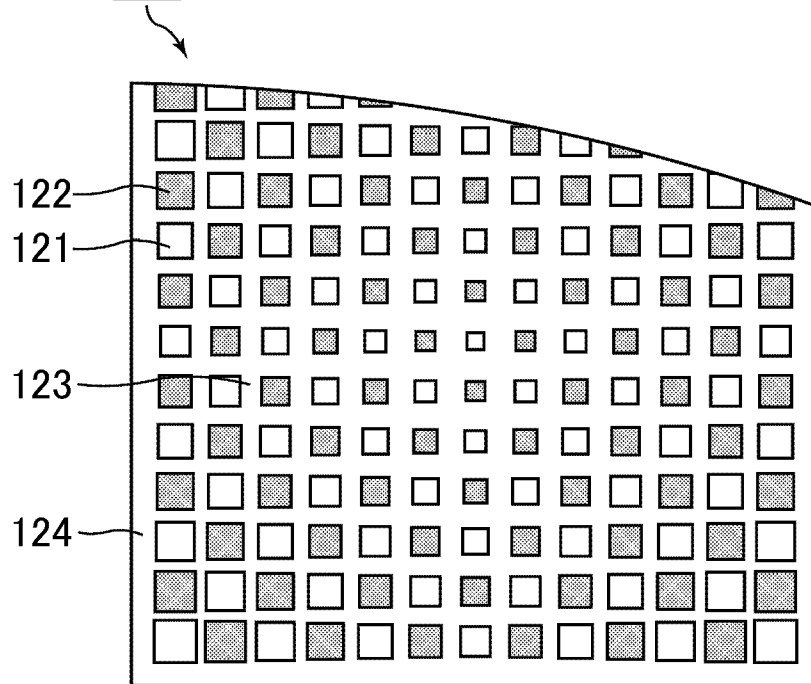


[図4]

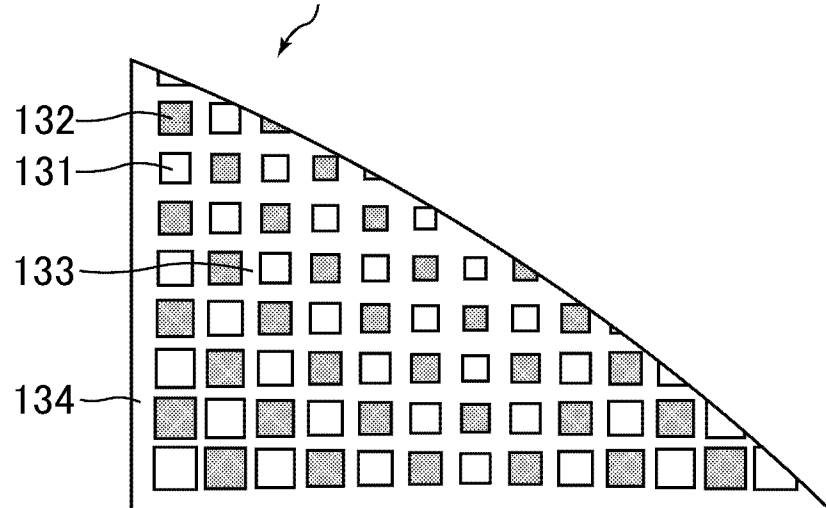


[図5]

(a)

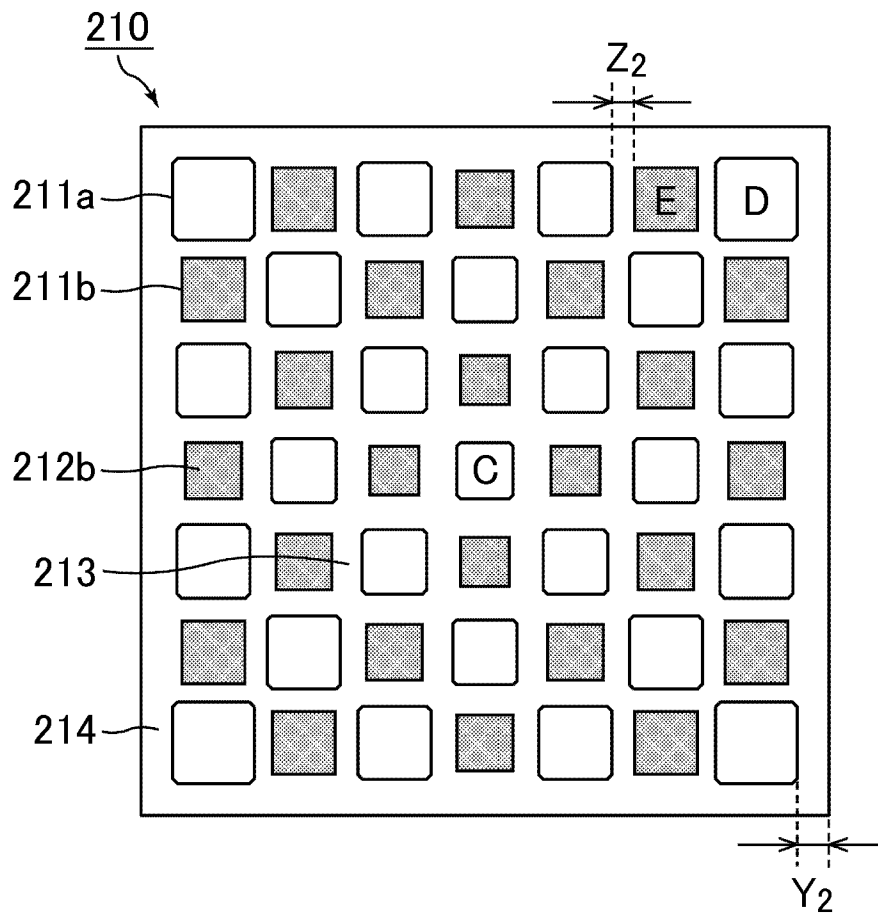
120

(b)

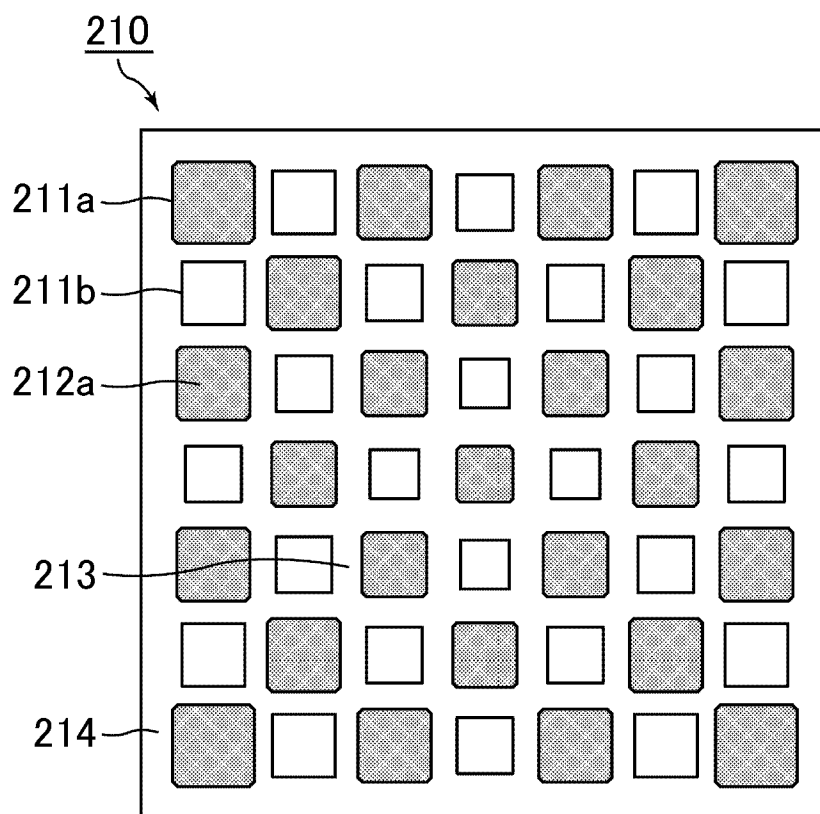
130

[図6]

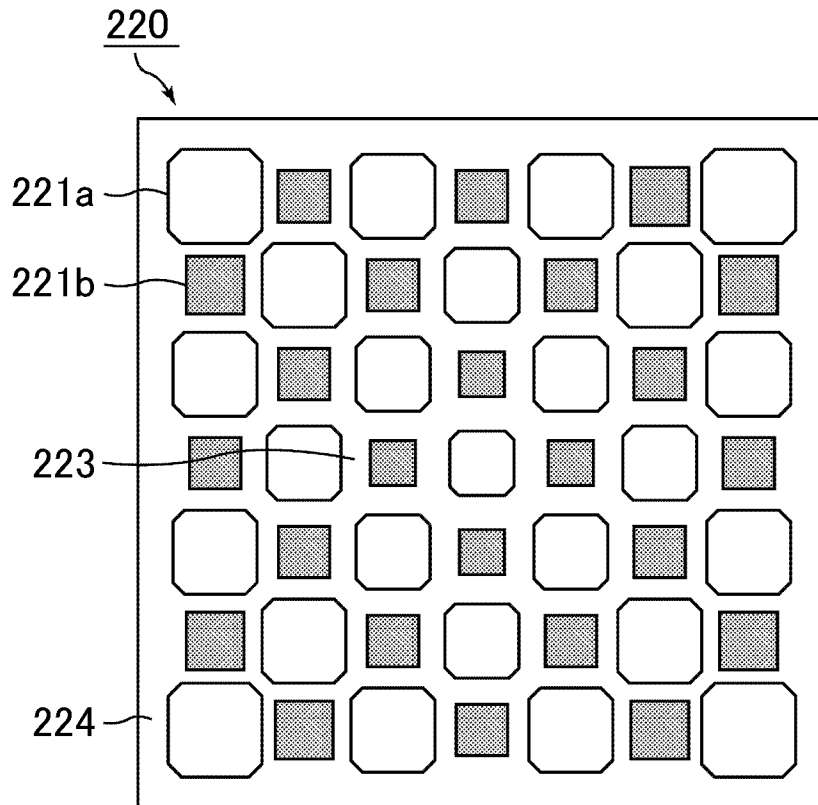
(a)



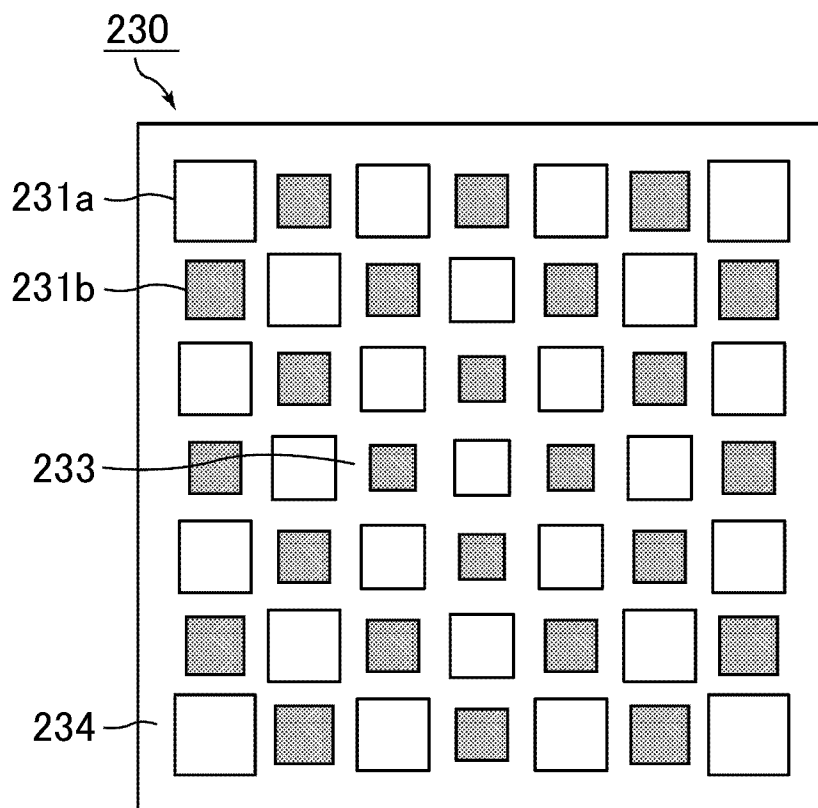
(b)



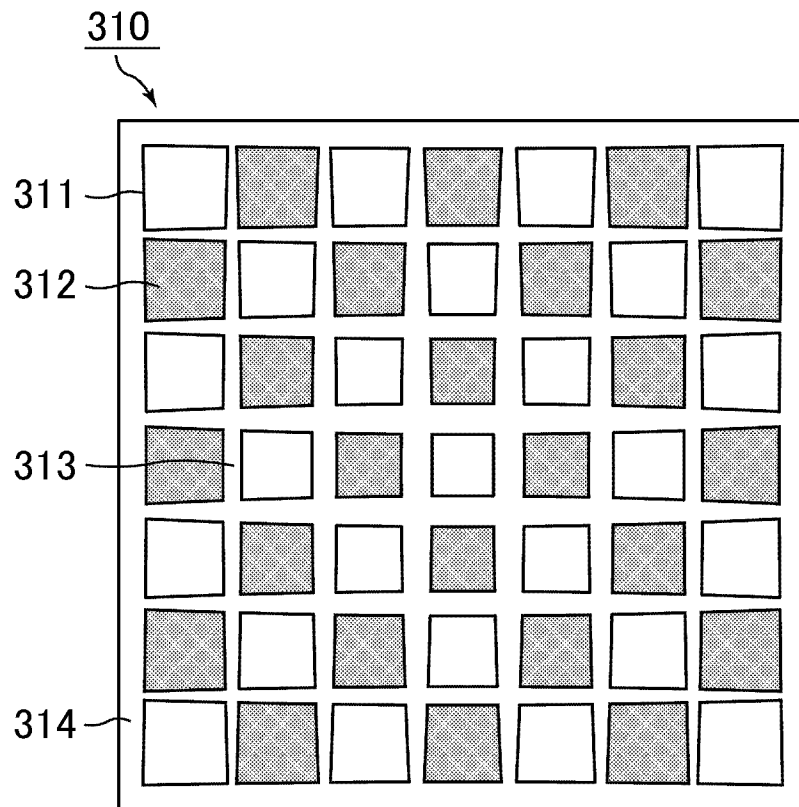
[図7]



[図8]

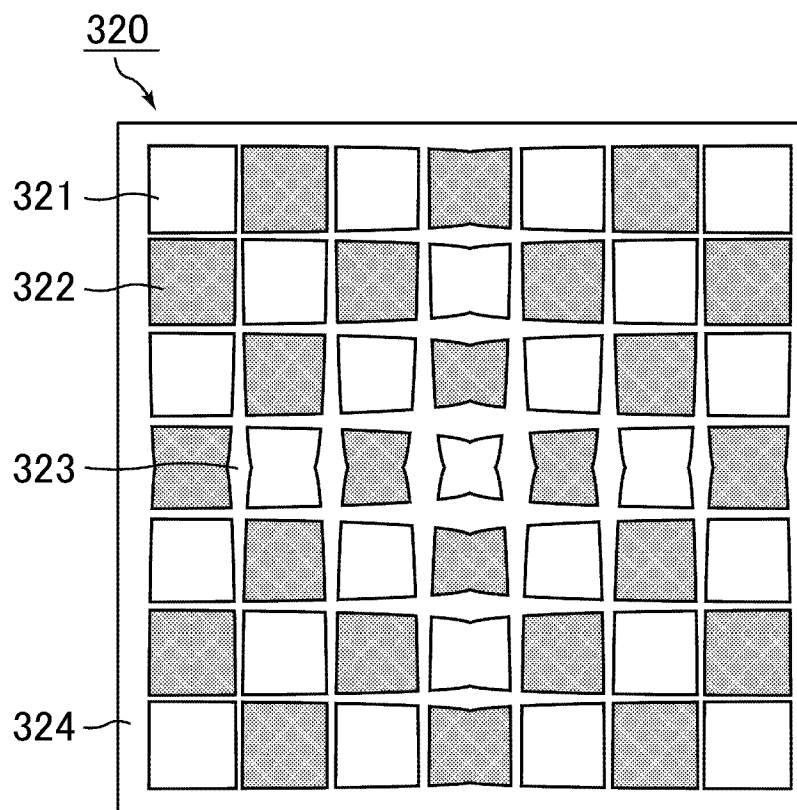


[図9]

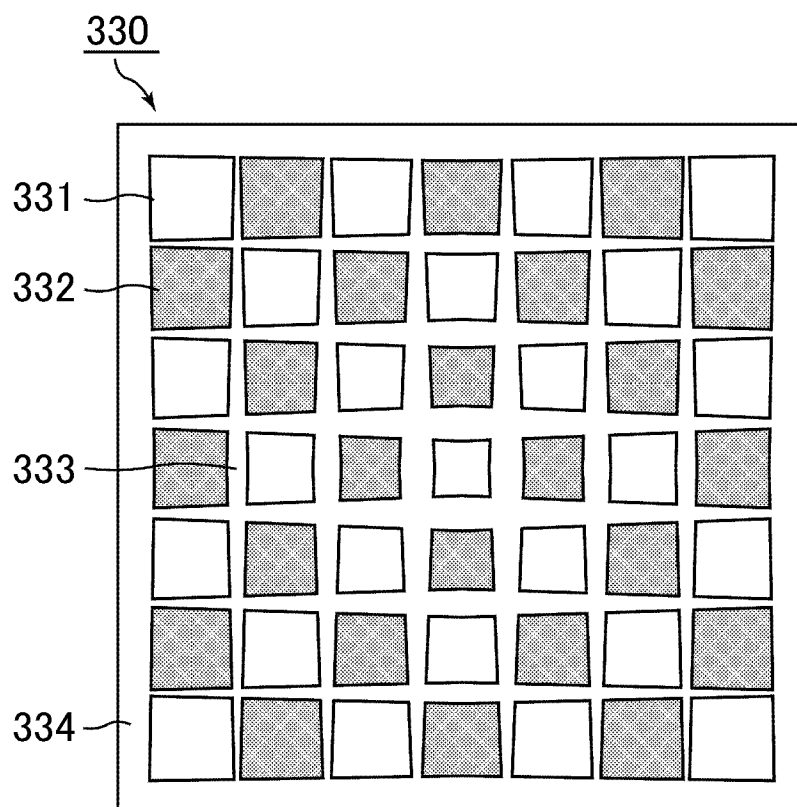


[図10]

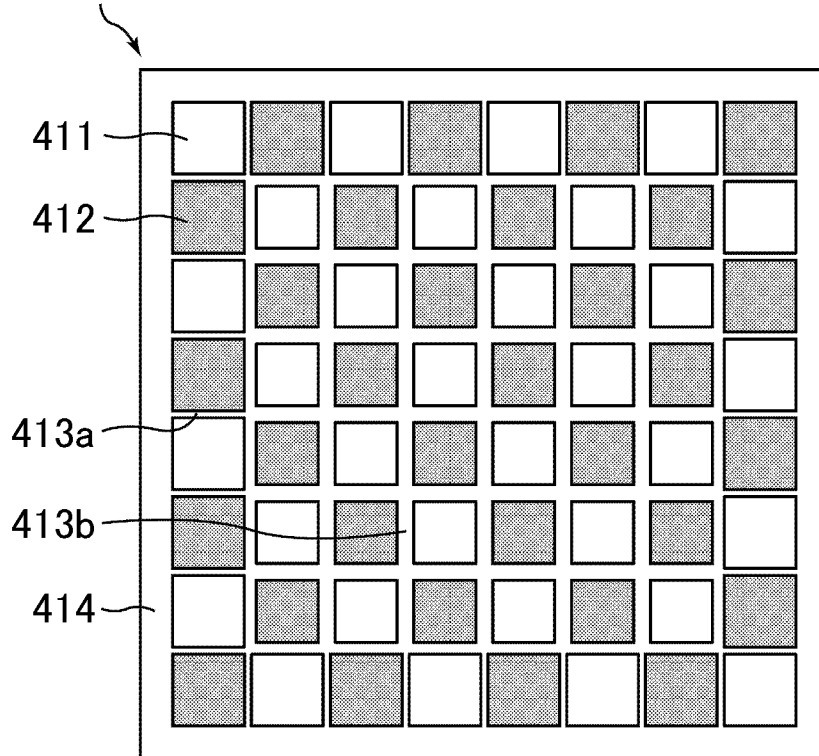
(a)



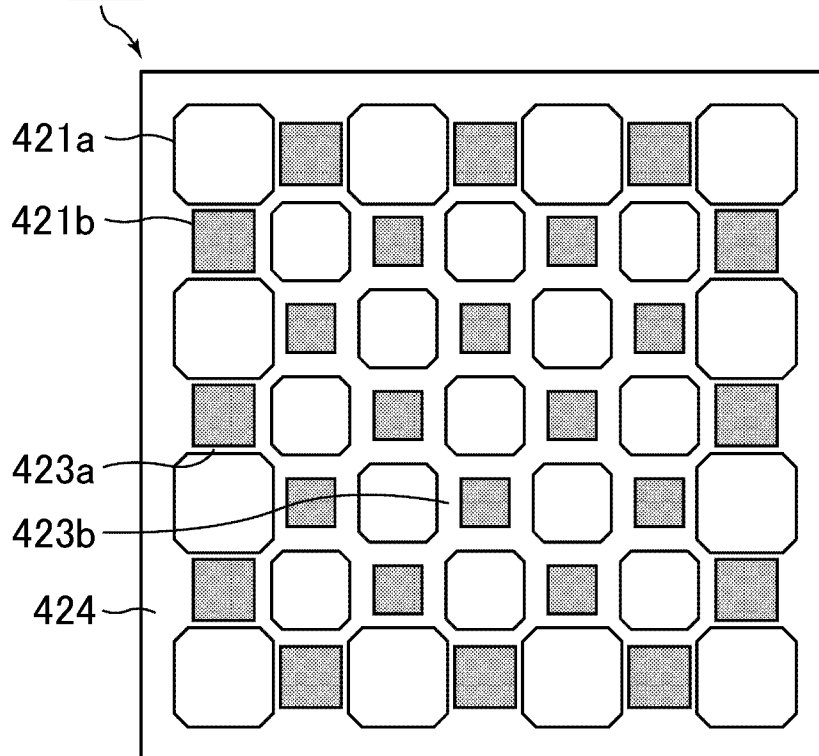
(b)



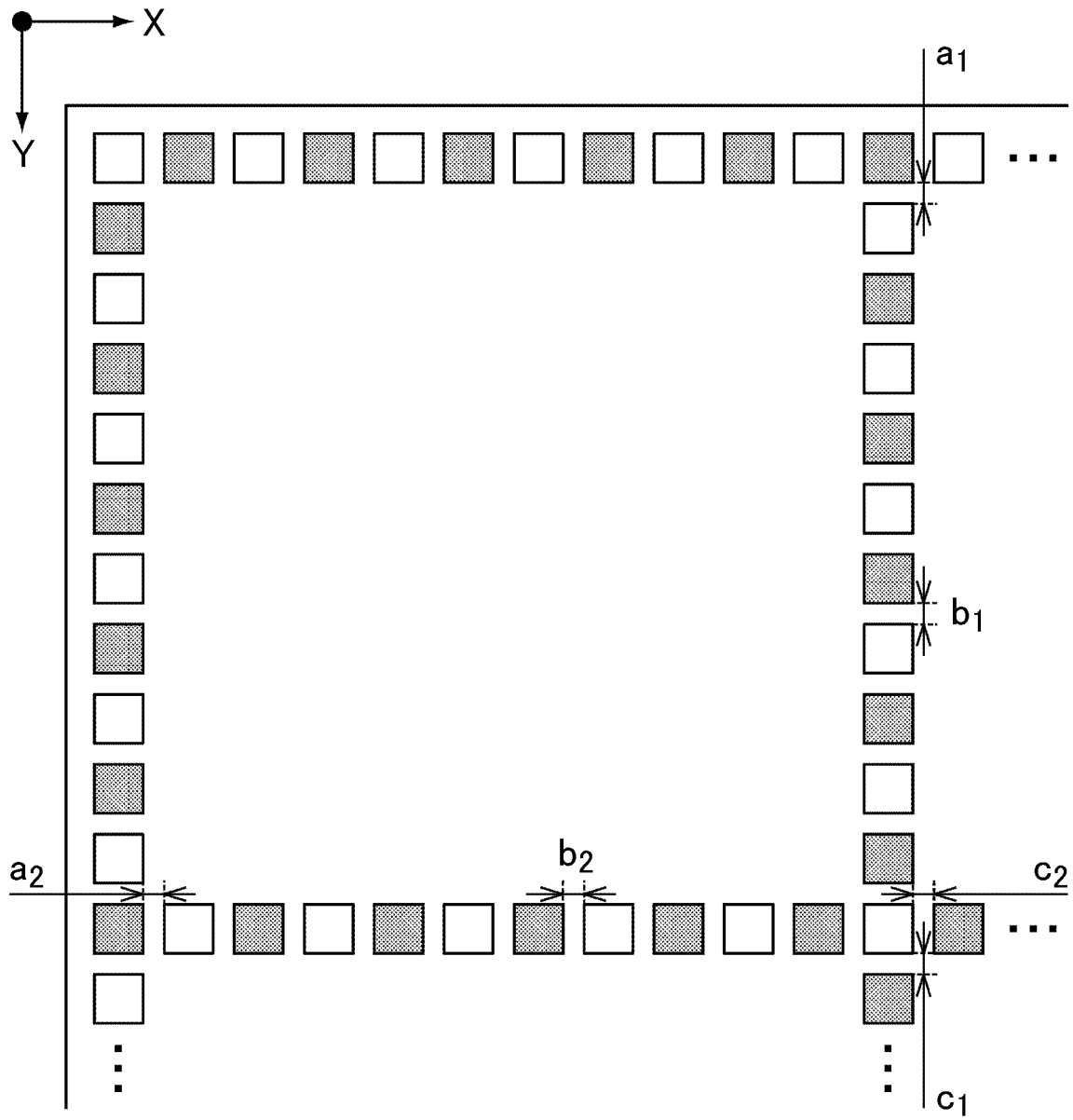
[図11]

410

[図12]

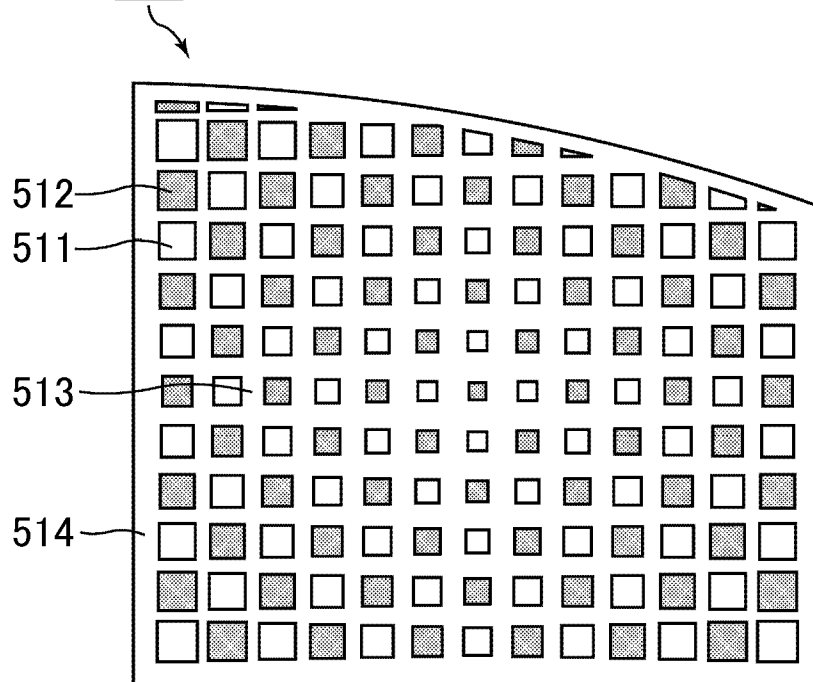
420

[図13]

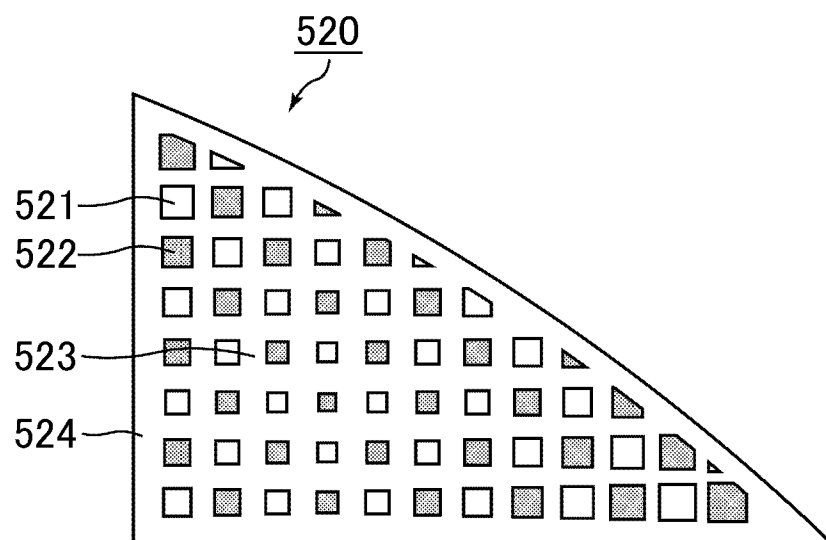


[図14]

(a) 510

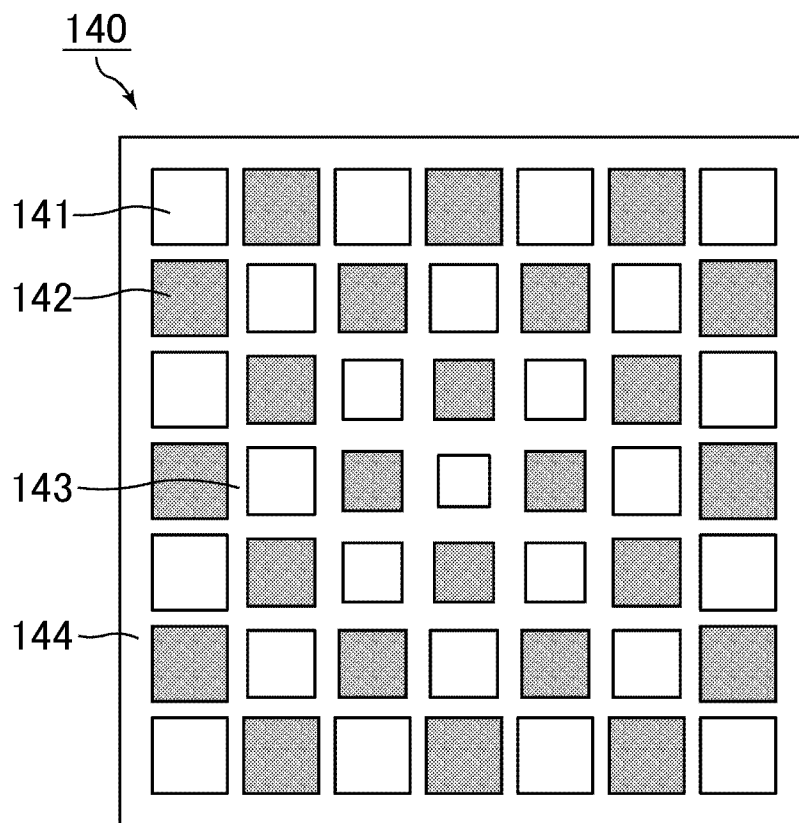


(b)

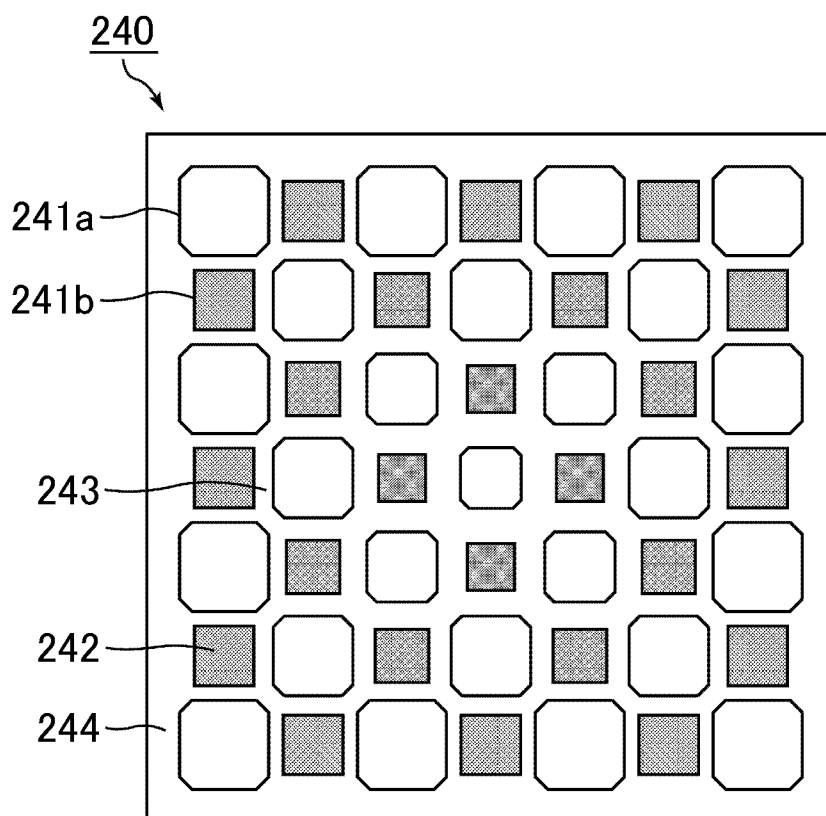


[図15]

(a)

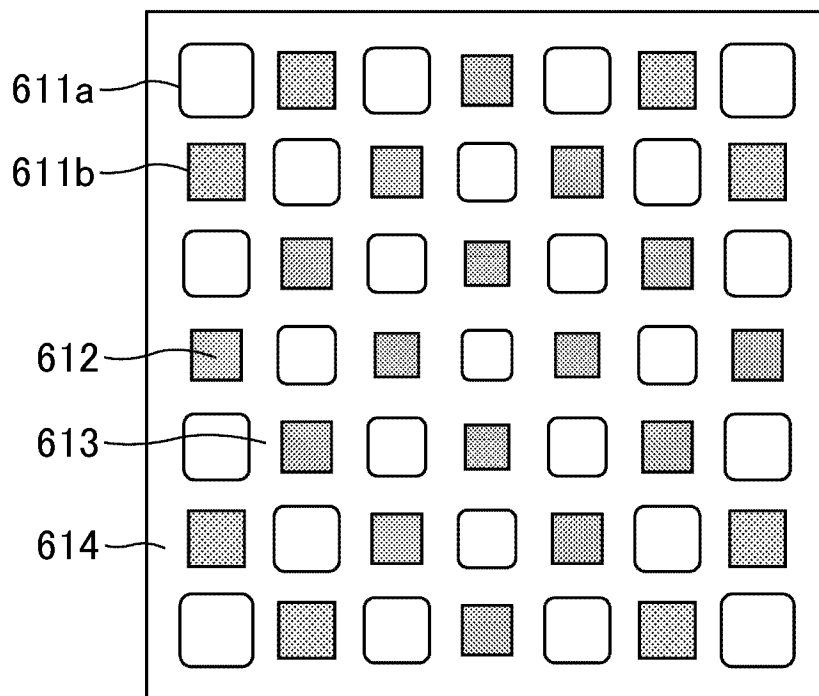


(b)

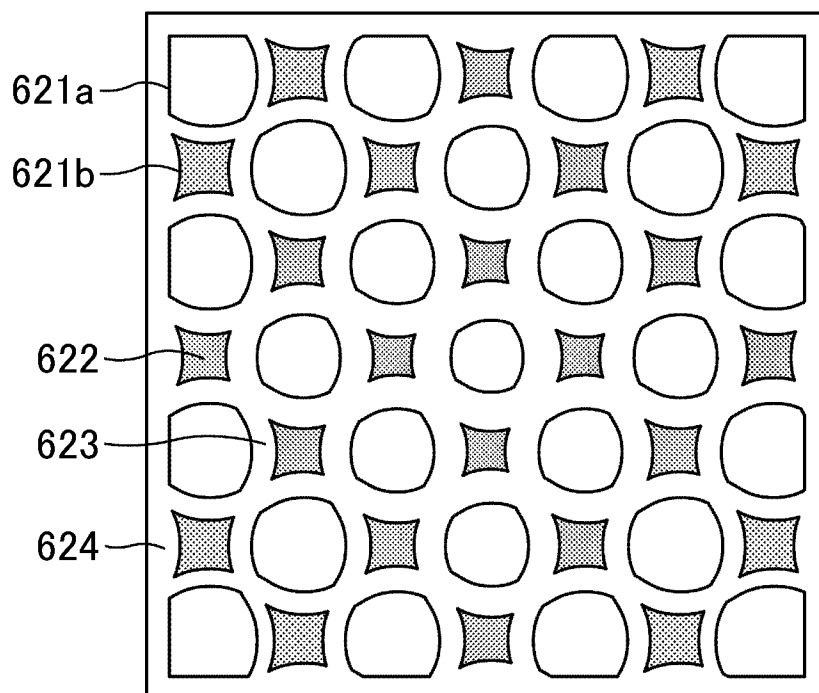


[図16]

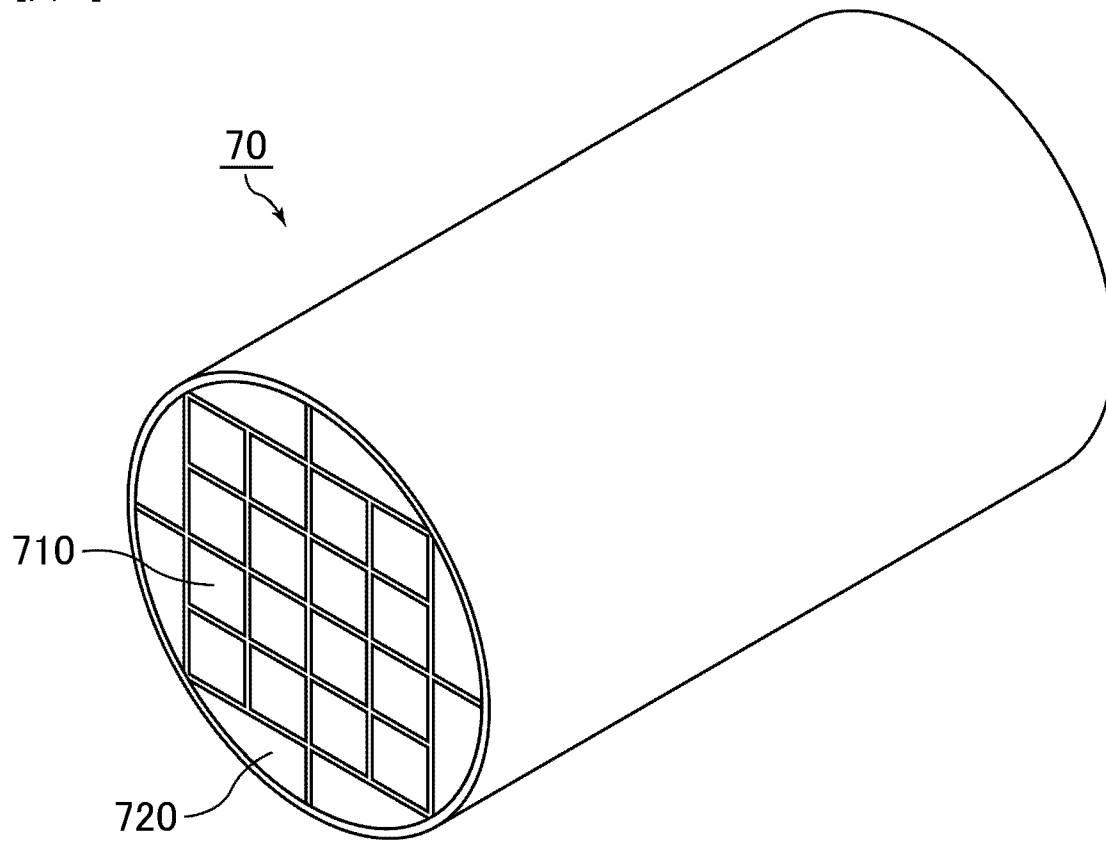
(a)

610

(b)

620

[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/058334

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B01D39/20 (2006.01) i, B01J35/04 (2006.01) i, F01N3/02 (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)

B01D39/20, B01J35/04, F01N3/02

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 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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	JP 2003-254034 A (NGK Insulators, Ltd.), 10 September 2003 (10.09.2003), paragraphs [0005], [0006], [0019] to [0022], [0032] & US 2004/0258582 A1 & EP 1484483 A1	1-15
Y	WO 2008/126335 A1 (Ibiden Co., Ltd.), 23 October 2008 (23.10.2008), paragraph [0076] & US 2008/0236394 A1 & EP 1977810 A1	1-15
Y	JP 2008-168279 A (Ibiden Co., Ltd.), 24 July 2008 (24.07.2008), claim 1; paragraphs [0010], [0064], [0070] to [0075], [0124]; fig. 3, 4 (Family: none)	8-12

☒ 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
21 June, 2011 (21.06.11)Date of mailing of the international search report
28 June, 2011 (28.06.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/058334

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-115634 A (NGK Insulators, Ltd.), 27 May 2010 (27.05.2010), entire text; all drawings & US 2010/0093528 A1 & EP 2177253 A1	1-15
A	JP 2003-275521 A (NGK Insulators, Ltd.), 30 September 2003 (30.09.2003), entire text; all drawings & US 2005/0126140 A1 & EP 1486243 A1	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B01D39/20(2006.01)i, B01J35/04(2006.01)i, F01N3/02(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. B01D39/20, B01J35/04, F01N3/02

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 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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	JP 2003-254034 A（日本碍子株式会社）2003.09.10, 【0005】、 【0006】、【0019】～【0022】、【0032】 & US 2004/0258582 A1 & EP 1484483 A1	1～15
Y	WO 2008/126335 A1（イビデン株式会社）2008.10.23, 【0076】 & US 2008/0236394 A1 & EP 1977810 A1	1～15

☒ 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 1 . 0 6 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 8 . 0 6 . 2 0 1 1

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）

菊谷 純

4 Q

4 1 5 7

電話番号 03-3581-1101 内線 3468

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 2008-168279 A (イビデン株式会社) 2008. 07. 24, 【請求項 1】、 【0010】、【0064】、【0070】～【0075】、【0124】、 図3及び図4 (ファミリーなし)	8 ～ 12
A	JP 2010-115634 A (日本碍子株式会社) 2010. 05. 27, 全文、全図 & US 2010/0093528 A1 & EP 2177253 A1	1 ～ 15
A	JP 2003-275521 A (日本碍子株式会社) 2003. 09. 30, 全文、全図 & US 2005/0126140 A1 & EP 1486243 A1	1 ～ 15