

(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
2020年10月8日(08.10.2020)



(10) 国際公開番号

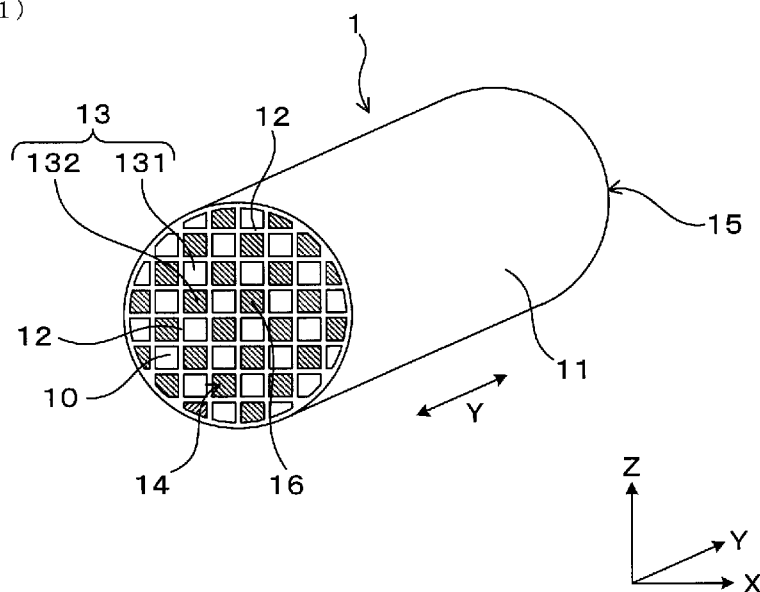
WO 2020/202851 A1

- (51) 国際特許分類:
B01D 39/20 (2006.01) *B01J 35/04* (2006.01)
B01D 46/00 (2006.01) *F01N 3/022* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/006216
- (22) 国際出願日: 2020年2月18日(18.02.2020)
- (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 2019-068771 2019年3月29日(29.03.2019) JP
- (71) 出願人: 株式会社デンソー (DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 小池 和彦 (KOIKE Kazuhiko); 〒4700111 愛知県日進市米野木町南山500番地20 株式会社SOKEN内 Aichi (JP). 水谷 圭祐(MIZUTANI Keisuke); 〒4700111 愛知県日進市米野木町南山500番地20 株式会社SOKEN内 Aichi (JP). 麻奥 香菜(ASAOKU Kana); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人あいち国際特許事務所(AICHI, TAKAHASHI, IWAKURA & ASSOCIATES); 〒4500002 愛知県名古屋市名村区名駅3丁目26番19号 名駅永田ビル Aichi (JP).

(54) Title: EXHAUST GAS PURIFICATION FILTER

(54) 発明の名称: 排ガス浄化フィルタ

(図1)



(57) Abstract: The present invention provides an exhaust gas purification filter comprising a honeycomb structure (10) and a sealing part (16). The honeycomb structure (10) has: porous partition walls (12); and a plurality of cells (13) partitioned by the partition walls (12), the cells (13) forming an exhaust gas channel. The sealing part (16) blocks, in a staggered manner, gas inflow-side end surfaces (14) or outflow-side surfaces (15) of the cells (13). The exhaust gas purification filter includes fine pores (124), in which the pore diameter of the honeycomb structure (10) measured by a mercury injection method is 10 μm or below, at 5% or higher of the total pore volume. The partition walls (12) have a plurality of through holes (122) communicating between cells (13).

[続葉有]



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

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

adjacent thereto, and have constricted-type through holes (125) in which the maximum diameter Φ_1 μm and the minimum diameter Φ_2 μm in the through holes (122) satisfy $\Phi_1 \geq 50$ and $100 \times \Phi_2 / \Phi_1 \leq 20$.

(57) 要約: 排ガス浄化フィルタはハニカム構造部(10)と、目封じ部(16)とを備える。ハニカム構造部(10)は、多孔質の隔壁(12)と、隔壁(12)によって区画され、排ガス流路を形成する複数のセル(13)とを有する。目封じ部(16)は、セル(13)におけるガスの流入側端面(14)又は流出側端面(15)を互い違いに閉塞する。排ガス浄化フィルタは、水銀圧入法によって測定されるハニカム構造部(10)の細孔径が10 μm 以下となる微細孔(124)を全細孔容積の5%以上含む。隔壁(12)は、これに隣接するセル(13)間を連通する複数の連通孔(122)を有し、連通孔(122)における最大径 Φ_1 μm と最小径 Φ_2 μm とが、 $\Phi_1 \geq 50$ 、 $100 \times \Phi_2 / \Phi_1 \leq 20$ となるくびれ型連通孔(125)を有する。

明 細 書

発明の名称：排ガス浄化フィルタ

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2019年3月29日に提出された日本出願番号2019-068771号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] 本開示は、内燃機関から排出される粒子状物質を捕集することができる排ガス浄化フィルタに関する。

背景技術

[0003] ディーゼルエンジン、ガソリンエンジン等の内燃機関、ボイラー等の熱機関から排出される排ガス中には、パティキュレートと呼ばれる粒子状物質が含まれる。パティキュレートのことを以下適宜「PM」という。排ガス中のPMを捕集するために排ガス浄化フィルタが用いられている。

[0004] 排ガス浄化フィルタは、一般に、多孔質の隔壁によって区画されて形成された複数のセルを有するハニカム構造部と、隣接するセルを互い違いに閉塞する目封じ部とを有する。排ガス浄化フィルタでは、排ガス中に含まれるPMが隔壁の細孔内に捕集され、PMの捕集率を高めつつ、圧力損失を低減することが求められている。なお、PMの捕集率を以下適宜「捕集率」といい、圧力損失のことを以下適宜「圧損」という。圧損を低下させるためには、隔壁の気孔率を高めることが有効であるが、気孔率を高めると捕集率が低下する傾向がある。

[0005] 特許文献1では、フィルタの細孔径分布において、細孔径10～50 μ mの細孔容積を75%以上とし、細孔径10 μ m以下及び細孔径50 μ m以上の細孔容積を少なくする技術が開示されている。特許文献1によれば、上記構成を採用することにより、ディーゼルエンジンの改良により小径化したPMを高効率に捕集できるとしている。

[0006] 特許文献2では、水銀圧入法により測定される平均細孔径（A） μ mと、

バブルポイント法により測定される平均細孔径（ B ） μm とが、 $\{(A - B) / B\} \times 100$ で表される平均細孔径差率を35（%）以下とし、平均細孔径（ B ）を15～30 μm とし、かつ、バブルポイント法で測定される最大細孔径を150 μm 以下とする技術が開示されている。特許文献2によれば、上記構成を採用することにより、ディーゼルエンジンの改良により小径化したPMを高効率に捕集できるとしている。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：特許第4094830号

特許文献2：特許第4473693号

発明の概要

[0008] 粒径が小さな微小PMはブラウン運動を起こしやすく、微小PMを多く含む排ガス中では、ブラウン運動するPMの割合が多い。その結果、細孔内へのPMの捕集は、ガス流れによるPMの細孔壁との慣性衝突よりも、ブラウン運動による細孔壁との衝突が支配的となる。したがって、特許文献1に開示された細孔径分布の調整によって、PMを高効率に捕集できると考えられる。

[0009] しかし、たとえばエンジンの始動時には、排ガスがSOF（ソルブル・オーガニック・フラクション）を多く含有するため、排ガス中のPMの粒径が大きくなる。粒径の大きな粗大PMは、ブラウン運動を起こしにくく、粗大PMの捕集では、ガス流れによる細孔壁との慣性衝突が支配的となる。更に、エンジン始動時は排気温が低くなることも、ブラウン運動するPMを少なくし、慣性衝突による捕集が支配的となる要因となる。

[0010] 特許文献1に記載の技術では、慣性衝突の確率が低くなるため、粗大PMの捕集効率が低下する。その結果、PMの捕集率が低くなる。また、特許文献2に記載の技術では、バブルポイント法で測定された最大細孔径は150 μm 以下であることから、連通孔の最も狭い部分が150 μm 以下となる。つまり、連通孔の最も狭い部分が例えば100 μm となる大きな連通孔が存

在することとなり、連通孔の形状次第ではこの大きな連通孔から粗大PMが容易に通過する。その結果、粗大PMの捕集率が低下してPM全体の捕集率も低くなる。また、隔壁の全細孔容積に対する微細孔の割合を増加させることにより、慣性衝突の確率が増えるため、粗大PMの捕集効率を向上できるものの、圧損が大幅に大きくなる。

[0011] 本開示は、捕集率が高く、圧損の低い排ガス浄化フィルタを提供しようとするものである。

[0012] 本開示の一態様は、多孔質の隔壁と、該隔壁によって区画され、排ガス流路を形成する複数のセルとを有するハニカム構造部と、

上記セルにおけるガスの流入側端面又は流出側端面を互い違いに閉塞する目封じ部と、を備える、排ガス浄化フィルタにおいて、

上記排ガス浄化フィルタは、水銀圧入法によって測定される上記ハニカム構造部の細孔径が $10\mu\text{m}$ 以下となる微細孔を全細孔容積の5%以上含み、

上記隔壁は、該隔壁に隣接する上記セル間を連通する複数の連通孔を有し、該連通孔における最大径 $\Phi_1\mu\text{m}$ と最小径 $\Phi_2\mu\text{m}$ とが、 $\Phi_1 \geq 50$ 、 $100 \times \Phi_2 / \Phi_1 \leq 20$ となるくびれ型連通孔を有する、排ガス浄化フィルタにある。

[0013] 上記排ガス浄化フィルタでは、細孔径が $10\mu\text{m}$ 以下となる微細孔が全細孔容積の5%以上である。つまり慣性衝突により粗大PMを捕集できる微細孔が多い。その結果、排ガス浄化フィルタでは、粗大PMを慣性衝突により捕集する確率が高くなり、微細孔内で粗大PMを十分に捕集することができる。

[0014] さらに、排ガス浄化フィルタは、くびれ型連通孔を有する。くびれ型連通孔は、最大径 $\Phi_1\mu\text{m}$ と最小径 $\Phi_2\mu\text{m}$ とが、 $\Phi_1 \geq 50$ 、 $100 \times \Phi_2 / \Phi_1 \leq 20$ となる連通孔である。最大径 Φ_1 が $50\mu\text{m}$ 以上となる連通孔には、排ガスの流入が集中し易く、通常は慣性衝突の確率が低くなるが、くびれ型連通孔では、 $100 \times \Phi_2 / \Phi_1 \leq 20$ となる最小径の部分（以下、適宜「くびれ部」という）を有するため、慣性衝突の確率が高くなる。その結果、くびれ

型連通孔では、粗大PMの捕集効率が高くなる。さらに、くびれ型連通孔では、排ガス流路が最小径 $\Phi_2 \mu\text{m}$ のくびれ部で絞られるため、最大径 $\Phi_1 50 \mu\text{m}$ 以上となる大きな径を有しながらも、くびれ型連通孔内への集中的な排ガスの流入が抑制され、よりPMに対する捕集効率の高い微細孔などのその他の細孔内へガス流れが分散される。その結果、PMの捕集効率が高くなり、PMの捕集率が高くなる。

[0015] 上記排ガス浄化フィルタにおいては、圧損を上昇させやすい微細孔を増加させるだけではなく、大細孔を利用してPMの捕集効率を向上させているため、圧損の上昇は抑制される。つまり、圧損の上昇を抑制しつつ、PMの捕集率が十分に高くなる。

[0016] 以上のごとく、上記態様によれば、捕集率が高く、圧損の低い排ガス浄化フィルタを提供することができる。

なお、特許請求の範囲に記載した括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものであり、本開示の技術的範囲を限定するものではない。

図面の簡単な説明

[0017] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、
[図1]図1は、実施形態1における、排ガス浄化フィルタの斜視図であり、
[図2]図2は、実施形態1における、排ガス浄化フィルタの軸方向における部分断面拡大図であり、
[図3]図3は、実施形態1における、排ガス浄化フィルタの隔壁の拡大断面模式図であり、
[図4]図4は、実施形態1における、簡略化したくびれ型連通孔の一例を示す隔壁の拡大断面模式図であり、
[図5]図5は、実施形態1における、簡略化した微細孔内での粗大PMの挙動を示す隔壁の拡大断面模式図であり、
[図6]図6は、実施形態1における、簡略化したくびれ型連通孔内での粗大P

Mの挙動の一例を示す隔壁の拡大断面模式図であり、

[図7]図7は、実施形態1における、簡略化したくびれ型連通孔内での粗大PMの挙動の他の例を示す隔壁の拡大断面模式図であり、

[図8]図8は、図4のVIII－VIII線矢視断面図であり、

[図9]図9は、実施形態1における、隔壁のCTスキャンに関する説明図であり、

[図10]図10(a)は、実施形態1における、排ガス浄化フィルタの径方向における測定サンプルの採取位置を示した図であり、図10(b)は、実施形態1における、排ガス浄化フィルタの軸方向及び径方向における測定サンプルの採取位置を示した図であり、

[図11]図11は、実施形態1における、3Dモデル化における二値化処理の閾値を示す図であり、

[図12]図12(a)は、実施形態1における、微細孔が形成される場合の気孔形成材料の配置の一例を示す図であり、図12(b)は、実施形態1における、微細孔が形成された隔壁の拡大断面模式図であり、

[図13]図13(a)は、実施形態1における、くびれ型連通孔が形成される場合の気孔形成材料の配置の一例を示す図であり、図13(b)は、実施形態1における、くびれ型連通孔が形成された隔壁の拡大断面模式図であり、

[図14]図14は、実施形態1における、触媒が担持された隔壁の拡大断面模式図であり、

[図15]図15は、実施形態2における、排ガス浄化システムの概略図であり、

[図16]図16は、実施形態2における、排気管内に配置された排ガス浄化フィルタの断面模式図であり、

[図17]図17は、比較形態1における、細孔径の大きな大細孔内における微小PMの挙動を示す隔壁の拡大断面模式図であり、

[図18]図18は、比較形態1における、細孔径の大きな大細孔内における粗大PMの挙動を示す隔壁の拡大断面模式図であり、

[図19]図 1 9 は、比較形態 1 における、微細孔内での粗大 P M の挙動を示す隔壁の拡大断面模式図であり、

[図20]図 2 0 は、実験例 1 における、微細孔の細孔容積割合と捕集率との関係を示す図であり、

[図21]図 2 1 は、実施形態 1 における、微細孔の細孔容積割合と圧力損失との関係を示す図であり、

[図22]図 2 2 は、実施形態 1 における、くびれ型連通孔の割合と捕集率との関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0018] (実施形態 1)

排ガス浄化フィルタに係る実施形態について、図 1 ～図 1 4 を参照して説明する。図 1 ～図 3 に例示されるように、排ガス浄化フィルタ 1 は、ハニカム構造部 1 0 と目封じ部 1 6 とを有する。ハニカム構造部 1 0 は、コーゼライトなどのセラミックスから形成され、例えば外皮 1 1 と、隔壁 1 2 と、セル 1 3 とを有する。

[0019] 外皮 1 1 は、例えば、円筒状のような筒状に形成される。本実施形態では、この筒状の外皮 1 1 の軸方向 Y を排ガス浄化フィルタ 1 の軸方向 Y として以下説明する。また、図 2 における矢印は、排ガス浄化フィルタ 1 を排気管などの排ガスの通り道に配置した際の排ガスの流れを示す。

[0020] 図 1 および図 2 に例示されるように、隔壁 1 2 は、外皮 1 1 の内側を多数のセルに区画する。隔壁 1 2 は、一般に、セル壁とも呼ばれる。隔壁 1 2 は、例えば、格子状に設けられる。排ガス浄化フィルタ 1 は多孔質体であり、図 3 に例示されるように、隔壁 1 2 には多数の細孔 1 2 1 が形成されている。したがって、排ガス浄化フィルタ 1 は、隔壁 1 2 の表面や細孔 1 2 1 内に排ガス中に含まれる P M 2 を堆積させて捕集することができる。細孔 1 2 1 は気孔と呼ばれることもある。P M 2 は、粒子状物質、パティキュレートマター、パティキュレートなどと呼ばれる微小粒子である。

[0021] 多孔質の隔壁 1 2 の平均細孔径を小さくするほど P M 2 の捕集率を向上で

きるが、圧損が高くなる。PM2、特に粗大PM2.2捕集率の向上と圧損の抑制を高次元で両立させるという観点から、隔壁12の平均細孔径は、例えば、15 μm 以上22 μm 以下の範囲に調整されることが好ましい。この効果をより高めるという観点から、平均細孔径は、16 μm 以上20 μm 以下であることがより好ましく、16 μm 以上18 μm 以下であることがさらに好ましい。

[0022] 隔壁12の気孔率を高くすると圧損は低く抑えられるが、フィルタ強度が低下する。逆に、気孔率を低くするとフィルタ強度は高くできるが、圧損が高くなる。気孔率が異なっても本開示の所望の効果が得られるが、圧損とフィルタ強度をより高次元で両立させるという観点から、隔壁12の気孔率は、例えば、60%以上70%以下の範囲に調整されることが好ましい。かかる効果をより高めるという観点から、気孔率は62%以上68%以下であることがより好ましく、64%以上67%以下であることがさらに好ましい。隔壁12の平均細孔径、気孔率は、水銀圧入法により測定され、詳細な測定方法は実験例にて示す。

[0023] 多孔質の隔壁12は、細孔径分布を有し、細孔径が10 μm 以下となる微細孔124を全細孔容積の5%以上含む。これにより、排ガス浄化フィルタ1は、PM2を高い捕集率で捕集することができる。細孔径分布、細孔径は、水銀圧入法により測定される。全細孔容積中に微細孔124の容積が占める割合のことを、適宜「微細孔の細孔容積割合」という。

[0024] 図1及び図2に例示されるように、排ガス浄化フィルタ1は、多数のセル13を有する。セル13は、隔壁12に囲まれ排ガス流路を形成する。セル13の伸長方向は、通常、軸方向Yと一致する。

[0025] 図1に例示されるように、軸方向Yと直交方向のフィルタ断面におけるセル形状は、例えば、四角形状であるが、これに限定されない。セル形状は、三角形状、四角形状、六角形状などの多角形や円形状などであってもよい。また、セル形状は、2種以上の異なる形状の組み合わせであってもよい。

[0026] 排ガス浄化フィルタ1は、例えば、円柱状等の柱状体であり、その寸法は

適宜変更可能である。排ガス浄化フィルタ 1 は、軸方向 Y の両端に流入側端面 1 4、流出側端面 1 5 を有する。流入側端面 1 4 は、排ガスが流入する側の端面であり、流出側端面 1 5 は、排ガスが流出する側の端面である。排気管内などの排ガスの流れに配置されていない状態では、流入側端面 1 4 及び流出側端面 1 5 は、相互に相対的な面を意味する。つまり、いずれか一方の端面が流入側端面 1 4 である場合に、他方が流出側端面 1 5 となる。例えば、流入側端面 1 4 を軸方向の第 1 端面、流出側端面 1 5 を軸方向の第 2 端面ということもできる。

[0027] セル 1 3 としては、第 1 セル 1 3 1 と第 2 セル 1 3 2 とを有することができる。図 2 に例示されるように、第 1 セル 1 3 1 は、流入側端面 1 4 に開口し、流出側端面 1 5 においては目封じ部 1 6 により閉塞されている。第 2 セル 1 3 2 は、流出側端面 1 5 に開口し、流入側端面 1 4 においては目封じ部 1 6 により閉塞されている。

[0028] 目封じ部 1 6 は、セルの流入側端面 1 4 又は流出側端面 1 5 を互い違いに閉塞する。目封じ部 1 6 は、例えば、コーゼライト等のセラミックスにより形成できるが、その他の材質であってもよい。図 2 では、プラグ状の目封じ部 1 6 が形成されているが、目封じ部 1 6 の形状は、流入側端面 1 4 又は流出側端面 1 5 を封止できれば特に限定されない。なお、構成の図示を省略するが、例えば流入側端面 1 4 又は流出側端面 1 5 において隔壁 1 2 の一部を変形させることにより、目封じ部 1 6 を形成することも可能である。この場合には、隔壁 1 2 の一部によって目封じ部 1 6 が形成されるため、隔壁 1 2 と目封じ部 1 6 とが一体的、連続的に形成される。

[0029] 第 1 セル 1 3 1 と第 2 セル 1 3 2 とは、軸方向 Y に直交する横方向においても、軸方向 Y および横方向の双方に直交する縦方向においても、例えば、互いに隣り合うよう、交互に並んで形成される。つまり、軸方向 Y から排ガス浄化フィルタ 1 の流入側端面 1 4 または流出側端面 1 5 を見たとき、第 1 セル 1 3 1 と第 2 セル 1 3 2 とが、例えば、チェック模様状に配される。

[0030] 隔壁 1 2 は、図 2 に例示されるように、互いに隣接する第 1 セル 1 3 1、

第2セル132を隔てている。隔壁12内には、図3に例示されるように、多数の細孔121が形成されている。隔壁12内の細孔121には、互いに隣接する第1セル131、第2セル132間を連通させる連通孔122が含まれる。図3においては連通孔122を二次元に簡略化して示してあるが、連通孔122は三次元に交差するものが大半を占めると考えられる。

[0031] 隔壁12はくびれ型連通孔125を有する。図4は、くびれ型連通孔125を簡略化して模式的に示す隔壁12の拡大断面図である。図4では、隔壁12の細孔（具体的には、くびれ型連通孔125）の一例を示しているが、実際の隔壁12には、様々な形状の細孔が多数存在しており、図6～図7についても同様である。図4に示されるように、くびれ型連通孔125は、最大径 $\Phi_1 \mu\text{m}$ と最小径 $\Phi_2 \mu\text{m}$ とが、 $\Phi_1 \geq 50$ 、 $100 \times \Phi_2 / \Phi_1 \leq 20$ の関係を満足する連通孔122である。最大径 Φ_1 が $50 \mu\text{m}$ 未満の連通孔122、最大径 Φ_1 と最小径 Φ_2 との関係 Φ_2 / Φ_1 が20を超える連通孔122はくびれ型連通孔125に該当しない。隔壁12は、くびれ型連通孔125以外の連通孔122や、隔壁12を連通しない非連通孔123を有していてもよい。

[0032] ハニカム構造部10が、隔壁12内にくびれ型連通孔125を有することにより、微細孔124を5%以上に増やしても圧損の増大を抑制しながら、PM2の捕集率を大幅に高めることができる。つまり、排ガス浄化フィルタ1は、高捕集率と低圧損とを高いレベルで両立できる。特に、粗大PM22に対して高い捕集率を示しながら、圧損を低く保つことができる。これは、以下の理由によるものと考えられる。

[0033] 粗大PM22は、ブラウン運動を起こし難く、細孔内への捕集は、細孔内での慣性衝突が支配的となる。しかし、粗大PM22は、後述の比較形態にて参照される図18に例示されるように、細孔径が例えば $50 \mu\text{m}$ を超えるような細孔径の大きな大細孔内では細孔壁との慣性衝突の確率が低くなる。したがって、粒径の大きな粗大PM22は、大細孔をすり抜けやすく、捕集されにくい。

[0034] これに対し、図5に例示されるように、細孔径が $10 \mu\text{m}$ 以下となる微細

孔 1 2 4 内では、粗大 P M 2 2 が、排ガスの流れによって細孔壁に衝突しやすい。つまり、慣性衝突の確率が高い。したがって、粒径の大きな粗大 P M 2 2 は、微細孔 1 2 4 に捕集されやすい。水銀圧入法による細孔径が $10\ \mu\text{m}$ 以下となる微細孔 1 2 4 を全細孔容積の 5 % 以上含む隔壁 1 2 では、粗大 P M 2 2 の慣性衝突が起こり易い細孔が多くなるため、粗大 P M 2 2 の捕集効率が高くなり、P M 2 の捕集率が高くなる。

[0035] また、くびれ型連通孔 1 2 5 を有する隔壁 1 2 では、粗大 P M 2 2 などの P M 2 が捕集されやすい。これは以下の理由によるものである。図 4、図 7、図 8 に例示されるように、くびれ型連通孔 1 2 5 は、例えば $50\ \mu\text{m}$ 以上の大径部 1 2 5 b を有しながらも、連通孔 1 2 2 内での径が大幅に小さくなるくびれ部 1 2 5 a を有している。このくびれ部 1 2 5 a の存在により、くびれ型連通孔 1 2 5 では、粗大 P M 2 2 が細孔壁に衝突しやすくなる。つまり、慣性衝突の確率が高くなる。その結果、くびれ型連通孔 1 2 5 では、粗大 P M の捕集効率が高くなり、粗大 P M 2 2 が捕集されやすい。また、 $100 \times \Phi_2 / \Phi_1 \leq 20$ となるくびれ部 1 2 5 a では、排ガスの流れが絞られる。そのため、排ガスは、くびれ型連通孔 1 2 5 に集中して流れにくくなり、くびれ型連通孔 1 2 5 の周囲に存在する細孔 1 2 1 内に分散される。その結果、くびれ部 1 2 5 a は存在しないが、もともと粗大 P M 2 2 等の P M 2 に対する捕集効率が低い、例えば微細孔 1 2 4 のような他の細孔内に、排ガスが流れやすくなる。つまり、隔壁 1 2 では、粗大 P M 2 2 等の P M 2 を捕集し易い微細孔 1 2 4 が増えるだけでなく、通常は粗大 P M 2 2 が捕集されにくいとされる細孔径の大きな大細孔が粗大 P M 2 2 を捕集しやすく改良されていると共に、大細孔への排ガスの流れが抑制されるように改良されている。その結果、全細孔で粗大 P M 2 2 などの P M 2 を捕集することができる。したがって、圧損の上昇を抑制しながら、P M 2 の捕集率を十分高めることができる。

[0036] くびれ型連通孔 1 2 5 は、隔壁 1 2 の X 線 C T 像の画像解析により調べることができる。図 4 及び図 8 に例示されるように、くびれ型連通孔 1 2 5 な

どの連通孔 1 2 2 の径の最大径 Φ_1 、最小径 Φ_2 は、隔壁 1 2 の厚み方向と直交方向における径の最大値、最小値である。連通孔 1 2 2 の径は、円相当径を意味し、隔壁 1 2 の厚み方向と直交方向の断面における連通孔 1 2 2 の面積 A と同面積の円の直径である。

[0037] 最大径 Φ_1 、最小径 Φ_2 は、次のようにして測定される。まず、X線CTスキャンにより隔壁 1 2 のX線CT像を得る。図 9 に例示されるように、CTスキャンにおけるスキャン方向 S は、例えば、隔壁 1 2 の厚み方向に沿う方向であって、上流側端面となる流入側端面 1 4 に開口する第 1 セル 1 3 1 側の隔壁 1 2 の面（以下、適宜、隔壁表面 1 2 a という。）から下流側端面となる流出側端面 1 5 に開口する第 2 セル 1 3 2 側の隔壁 1 2 の面（以下、適宜、隔壁裏面 1 2 b という。）に向かう方向とされる。図 9 では、軸方向 Y に沿う方向が Y 方向とされ、 Y 方向に垂直で、第 2 セル 1 3 2 を囲む 4 つの隔壁 1 2 うちの一つに沿う方向が X 方向とされ、 X 方向および Y 方向に垂直な方向が Z 方向とされている。図 9 における記号 M_s は、流入側端面 1 4 における目封じ部 1 6 を意味している。なお、スキャン方向 S は、隔壁裏面 1 2 b から隔壁表面 1 2 a に向かう方向とすることも可能である。X線CT装置としては、Xradia社製の「Versa XRM-500」を用いる。測定条件は、電圧：80 kV、ステップ：0.1°、分解能：0.6874787 μm である。

[0038] CTスキャンは、具体的には、以下のようにして行う。まず、排ガス浄化フィルタ 1 の隔壁 1 2 から測定サンプルを採取する。具体的には、図 10 (a)、図 10 (b) に示されるように、排ガス浄化フィルタ 1 における直径の中心部を通る軸方向 Y の、中央部分 1 a、流入側端面 1 4 側の目封じ部 1 6 の直ぐ内側部分 1 b、流出側端面 1 5 側の目封じ部 1 6 の直ぐ内側部分 1 c、排ガス浄化フィルタ 1 における半径の中心部を通る軸方向 Y の、中央部分 1 d、流入側端面 1 4 側の目封じ部 1 6 の直ぐ内側部分 1 e、および、流出側端面 1 5 側の目封じ部 1 6 の直ぐ内側部分 1 f の 6 か所から採取する。測定サンプルのサイズについては、軸方向 Y の長さが 500 μm 、壁厚方向

の厚みが壁厚、軸方向Yと壁厚方向に直交する方向の長さが $500\mu\text{m}$ である。

[0039] 次に、測定サンプルのX線CT像に基づいて、解析ソフト：Math2Market社製の「Geo Dict」により隔壁12内の細孔の3Dモデルを作成する。3Dモデルは、解析ソフトによるイメージ像である。具体的には、X線CTで得られたTIF形式の連続断層画像を、解析ソフトのimport Geo-Vol機能で最小単位 $0.6874787\mu\text{m}/\text{voxel}$ として取り込む。次いで、取り込んだ画像の細孔部分と実部分を分離するため、図11に示すようにグレー値（gray value）のグラフを二つの山に分離した時の交差部を閾値として3Dモデル化する。つまり、二値化処理により3Dモデルを作成する。実部分は、セラミックス部分、すなわち骨格部分であり、細孔部分は、セラミックスが存在しない部分である。隔壁12以外の部分（つまり、本来はセラミックスも細孔も存在しない何も無い部分）のノイズを除去するため、サンプル形状に合わせて不要部分を切り取る。

[0040] 次に、3Dモデルの各連通孔122の最大径 $\Phi_1\mu\text{m}$ 、最小径 $\Phi_2\mu\text{m}$ を解析ソフト「Geo Dict」により測定する。具体的には、解析ソフトにおける「Predict」の「Peruculation Path」の機能で、連通孔数と各連通孔122の最小径を求める。次いで、3Dモデルの隔壁12をその厚み方向に対して垂直な断面でスライスし、スライス面での各連通孔122の円相当径を求める。そして、各連通孔122の円相当径の最大値、最小値を求める。各連通孔122の最大値がその連通孔122の最大径 Φ_1 であり、各連通孔122の最小値がその連通孔122の最小径 Φ_2 である。各連通孔122の最大径 Φ_1 、最小径 Φ_2 は、隔壁12をその厚み方向でのvoxel毎にスライスして求められる。 $\Phi_1 \geq 50$ 、 $100 \times \Phi_2 / \Phi_1 \leq 20$ となる連通孔122がくびれ型連通孔125である。なお、最大径 Φ_1 、最小径 Φ_2 は、上述の6箇所から採取した測定サンプルについての値の算術平均値である。くびれ型連通孔の占める割合についても同様である。

[0041] また、全ての連通孔 1 2 2 のうちくびれ型連通孔 1 2 5 の占める割合は 20%以上であることが好ましい。この場合には、捕集率の上昇効果がより顕著になる。全ての連通孔 1 2 2 のうちくびれ型連通孔 1 2 5 の占める割合のことを、適宜「くびれ型連通孔の割合」という。くびれ型連通孔 1 2 5 の割合は、80%以下が好ましい。なお、くびれ型連通孔 1 2 5 の割合は、次のようにして測定される。まず、解析ソフト「Geo Dict」を用いて、全連通孔の数と、各連通孔 1 2 2 の円相当径を求める。次いで、各連通孔 1 2 2 の最大径 Φ_1 、最小径 Φ_2 が、 $\Phi_1 \geq 50$ 、 $100 \times \Phi_2 / \Phi_1 \leq 20$ となるくびれ型連通孔 1 2 5 の数と、全連通孔の数とから、 $100 \times$ くびれ型連通孔の数 / 全連通孔の数を算出する。その算出結果がくびれ型連通孔 1 2 5 の割合である。全連通孔の数、連通孔 1 2 2 の円相当径は、上述の通りの方法から求められる。

[0042] 本形態の排ガス浄化フィルタ 1 は、通常のカソリンエンジンから排出される排ガスの浄化に適用することもできるが、カソリンエンジンの停止、始動が頻繁に起こるハイブリッド車のエンジンから排出される排ガスの浄化に好適である。ハイブリッドエンジン車のように、停止、始動が頻繁に起こるエンジンからは、SOF を多く含む粗大 PM 2.2 が排出されるが、本形態の排ガス浄化フィルタ 1 は、隔壁 1 2 に微細孔 1 2.4 が多く、くびれ型連通孔 1 2.5 を有するため、圧損を抑制しつつ、粗大 PM 2.2 の慣性衝突の確率が高くなるため PM 2 の捕集率が高くなる。

[0043] また、粒径の小さな微小 PM の捕集においては、ブラウン運動による細孔壁との衝突が支配的となる。したがって、微小 PM 2.1 は、本形態の排ガス浄化フィルタ 1 のくびれ型連通孔 1 2.5 においても十分に捕集される。さらに、微小 PM 2.1 は、微細孔 1 2.4 などのくびれ型連通孔 1 2.5 以外の連通孔 1 2.2、細孔 1 2.1 においても十分に捕集される。

[0044] 排ガス浄化フィルタ 1 は、捕集率が 65%以上であり、圧損が 7 kPa 以下であることが好ましい。捕集率は、70%以上であることがより好ましく、圧損は、6 kPa 以下であることがより好ましい。

- [0045] 排ガス浄化フィルタ 1 は、例えば次のようにして製造される。まず、コーゼライト形成原料を含む坏土を作製する。坏土は、タルク、シリカ、水酸化アルミニウムなどをコーゼライト組成となるように調整し、さらにバインダ、潤滑剤、水を加えて混合することにより作製される。コーゼライト組成となるように、アルミナ、カオリンを配合してもよい。
- [0046] 次に、坏土を成形、乾燥、焼成する。これにより、ハニカム構造部 10 が形成される。目封じ部 16 は、ハニカム構造部 10 の焼成後に形成するか、又は焼成前に形成される。つまり、目封じ部形成用のスラリーを用いて、焼成後のハニカム構造部 10 あるいは焼成前のハニカム構造の成形体のセルの端面を交互に封止し、焼成することにより形成される。
- [0047] コーゼライト形成原料 128 のうち、気孔形成材料 129 の粒径や配合を調整することにより、ハニカム構造部 10 の細孔径分布を制御することができる（図 12（a）及び（b）、図 13（a）及び（b）参照）。これにより、微細孔 124 の細孔容積割合を例えば 5% 以上に増やしたり、くびれ型連通孔 125 を形成したり、くびれ型連通孔 125 の割合を例えば 20% 以上に増やしたりすることができる。気孔形成材料は、焼成時に熔融して細孔となる材料であり、シリカ、タルクなどの Si 源である。特に、シリカの割合を調整することにより、微細孔 124 の細孔容積割合やくびれ型連通孔 125 の割合を調整できる。
- [0048] 図 12（a）、図 12（b）、図 13（a）、図 13（b）に例示されるように、連通孔 122 は、多数の気孔形成材料 129 がコーゼライト形成原料 128 内で隣接することにより形成される。微細孔 124 の細孔容積割合、くびれ型連通孔 125 の割合は、気孔形成材料の粒径、配合割合を変えることにより調整される。具体的には、排ガス浄化フィルタ 1 の細孔分布に対応する粒径分布の気孔形成材料 129 b に加え、細孔径 $10\mu\text{m}$ 以下の細孔、および連通孔 122（具体的にはくびれ型連通孔 125）の最小径に対応する粒径の気孔形成材料 129 a を追加する。図 12（a）及び図 12（b）に例示されるように、追加した気孔形成材料（例えばタルク同土、シリ

カ同士、タルクとシリカ）が隣接した場合には、 $10\mu\text{m}$ 以下の細孔が形成される。図13（a）及び図13（b）に例示されるように、追加した気孔形成材料129aの粒子が、粒径の大きなもとの気孔形成材料129bの粒子と隣接した場合には、連通孔122の最小径が形成されてくびれ型連通孔125が形成される。このように、例えば追加する気孔形成材料の粒径および添加量を調整することにより、微細孔124の細孔容積割合、くびれ型連通孔125の割合を調整することができる。

[0049] 排ガス浄化フィルタ1には、Pt、Rh、Pdなどの貴金属からなる触媒171を担持することができる。触媒171は、アルミナ、助触媒などと共に担持される。助触媒としては、セリア、ジルコニア、セリアージルコニア固溶体などが例示される。具体的には、図14に例示されるように、隔壁12に、触媒171、アルミナ、助触媒などを含むコート層17を形成することができる。

[0050] 触媒を含むコート層17は、少なくとも細孔壁122aに担持されておればよく、隔壁12の表面（セルに面する隔壁12の面）にも担持されていてよい。細孔壁122aに触媒2を担持させる方法としては、例えば、吸引により触媒含有スラリーを隔壁12の連通孔122内に導入するインウォールコート法などを挙げることができる。

[0051] 排ガス浄化フィルタ1には、貴金属の触媒を例えば $0.1\sim 5.0\text{g/L}$ 、コート層を例えば $50\sim 120\text{g/L}$ 担持することができる。触媒が担持された隔壁12においても、細孔径が $10\mu\text{m}$ 以下となる微細孔124を5%以上含み、くびれ型連通孔125を有することが好ましい。さらに、触媒が担持された状態において、くびれ型連通孔125の割合が20%以上であることが好ましい。

[0052] 排ガス浄化フィルタ1は、触媒を含むコート層が担持された状態で使用されることが多く、コート層担持後も隔壁12のくびれ型連通孔125を保つことが好ましい。 50g/L 以上というコート層の量は、今後の排ガス規制を満たす上で好ましい担持量である。上記構成によれば、コート層が担持さ

れた状態でも、捕集率の向上と圧損の抑制を図ることができる。なお、触媒を含むコート層が担持された状態における連通孔 1 2 2 の最大径 $\Phi_1 \mu m$ と最小径 $\Phi_2 \mu m$ 、くびれ型連通孔 1 2 5 の割合は、上述した 3 D モデルに基づいた手法に準じて求められ、微細孔 1 2 4 の細孔容積割合は、水銀圧入法により測定される。

[0053] 以上のように、本形態によれば、圧損が低く、捕集率の高い排ガス浄化フィルタ 1 を提供することができる。

[0054] (実施形態 2)

次に、排ガス浄化フィルタを備える排ガス浄化システムの実施形態について説明する。なお、実施形態 2 以降において用いた符号のうち、既出の実施形態において用いた符号と同一のものは、特に示さない限り、既出の実施形態におけるものと同様の構成要素等を表す。

[0055] 図 1 5 に例示されるように、排ガス浄化システム 5 は、ハイブリッド駆動装置 3 と排気管 4 と排ガス浄化フィルタ 1 とを備える。ハイブリッド駆動装置 3 は、少なくともエンジン E を備える。エンジン E は例えばガソリンエンジンである。ハイブリッド駆動装置 3 は、さらに、モータ M、バッテリー B を備えることができる。

[0056] モータ M は、車両の加速時や発進時にエンジン E による駆動をアシストし、慣性走行時や制動時において回生発電する。バッテリー B は、充放電が可能であり、加速時や発進時に放電して電力を供給してモータ M を駆動し、慣性走行時や制動時にモータ M で回生発電した電力を充電する。

[0057] エンジン E には、排気管 4 が接続される。図 1 6 に例示されるように、排気管 4 内には P M 2 を含む排ガスが流れる。この排ガスを浄化するために、排気管 4 内には実施形態 1 の排ガス浄化フィルタ 1 が配置される。

[0058] P M 2 には、粒径が小さな微小 P M 2 1、粒径が大きな粗大 P M 2 2 がある。ハイブリッド駆動装置 3 では、エンジン E の停止、始動が頻繁に行われる結果、排気管 4 内には S O F を多く含有する排ガスが流れ易く、粗大 P M 2 2 が排出される頻度が高くなる。

[0059] 本実施形態では、粗大PM_{2.2}の捕集性能に優れた実施形態1と同様の構成の排ガス浄化フィルタ1が排気管4内に配置されている。したがって、ハイブリッド駆動装置3のエンジンEから排出される粗大PM_{2.2}を十分に捕集することができる。さらに、圧損も低く保つことができるため、燃費がさらに向上する。

[0060] (比較形態1)

本形態では、細孔径分布を細孔径が大きな大細孔側に調整した排ガス浄化フィルタ9について説明する。図17に例示されるように、ディーゼルエンジンの改良により小径化した微小PM_{2.1}は、大細孔127内でブラウン運動を起こしやすい。したがって、微小PM_{2.1}は、細孔壁122aと衝突確率が高くなり、隔壁12内に捕集されやすい。

[0061] 一方、SOFなどを含む粗大PM_{2.2}は、ブラウン運動を起こし難い。したがって、図18に例示されるように、粗大PM_{2.2}は、大細孔127内では細孔壁122aと衝突確率が低くなり、大細孔127の細孔壁122aに捕集されにくい。

[0062] 一方、図19に例示されるように、単に隔壁12の微細孔124を増やすと、粗大PM_{2.2}の細孔壁122aとの衝突確率が高くなって捕集率も高くなるが、圧損が高くなる。

[0063] (実験例1)

本例では、細孔径10 μ m以下の微細孔124の細孔容積割合、くびれ型連通孔125の割合、捕集率、及び圧損の関係を調べる。まず、微細孔124の細孔容積割合、くびれ型連通孔125の割合がそれぞれ異なる排ガス浄化フィルタ1を複数作製した。

[0064] 排ガス浄化フィルタ1は、以下のようにして作製した。具体的には、まず、タルク、シリカ、水酸化アルミニウムを焼成後にコーゼライト組成となるように調整し、これに、バインダ、潤滑剤、水を加え、混合することで坏土を作製した。この坏土を押出成形し成形体を得た。次いで、成形体を乾燥してハニカム構造の乾燥体を得た。この乾燥体の端面をチェック模様状にな

る様に、各端面においてセルを交互に目封じした。その後、焼成することで、排ガス浄化フィルタ 1 を得た。

[0065] 排ガス浄化フィルタ 1 は、直径が 118 mm で、軸方向の長さが 120 mm の円柱状である。セル壁厚は 8.5 mm、セル密度は 300 cpsi、軸方向と直交方向の断面でのセル形状は四角形である。

[0066] 本例では、コーゼライト化原料のシリカ、タルクの粒径比を調整することにより、くびれ型連通孔 125 を細孔容積の 20% 以上有し、細孔径 10 μ m 以下の微細孔 124 の細孔容積割合が異なる複数の排ガス浄化フィルタ 1 を作製した。また、微細孔 124 の細孔容積割合が 5% であり、くびれ型連通孔 125 の割合が異なる複数の排ガス浄化フィルタ 1 を作製した。

[0067] 各排ガス浄化フィルタ 1 は、平均細孔径が 15 ~ 22 μ m、気孔率が 60 ~ 70% に調整されている。気孔率、平均細孔径は、以下のようにして測定される。

[0068] (気孔率、平均細孔径)

各排ガス浄化フィルタ 1 の隔壁 12 における気孔率および平均細孔径を、水銀圧入法の原理を用いた水銀ポロシメータにより測定した。平均細孔径は、平均気孔径とも呼ばれる。水銀ポロシメータとしては、島津製作所社製のオートポア 1V9500 を用いた。測定条件は、以下の通りである。

[0069] まず、各試験体から測定用の試験片を切り出した。試験片は、軸方向 Y と直交方向の寸法が縦 15 mm $\times$ 横 15 mm であり、軸方向 Y の長さが 20 mm である直方体である。なお、試験片は、上述の CT スキャンの測定サンプルと同様の 6 箇所から採取し、これらの算術平均値を測定結果とする。次いで、水銀ポロシメータの測定セル内に試験片を収納し、測定セル内を減圧した。その後、測定セル内に水銀を導入して加圧し、加圧時の圧力と試験片の細孔内に導入された水銀の体積より、気孔径と気孔容積とを測定した。

[0070] 測定は、圧力 0.5 ~ 20000 psia の範囲で行った。なお、0.5 psia は、 $0.35 \times 10^{-3} \text{ kg/mm}^2$ に相当し、20000 psia は 1

4 kg/m²に相当する。この圧力範囲に相当する気孔径の範囲は0.01～420 μmである。圧力から気孔径を算出する際の常数として、接触角140° および表面張力480 dy n/cmを使用した。平均細孔径は、気孔容積の積算値50%での気孔径のことである。気孔率は、次の関係式より算出した。なお、コーゼライトの真比重は2.52である。

$$\text{気孔率 (\%)} = \text{総気孔容積} / (\text{総気孔容積} + 1 / \text{コーゼライトの真比重}) \times 100$$

[0071] 各排ガス浄化フィルタ1における微細孔124の細孔容積割合、つまり、細孔径10 μm以下の細孔容積割合を以下のようにして測定した。

[0072] (微細孔の細孔容積割合)

水銀圧入法により、各排ガス浄化フィルタ1の細孔径分布を測定した。水銀圧入法は、上述の気孔率、平均細孔径と同様の条件で行った。次いで、細孔径分布に基づいて、細孔径10 μm以下の細孔容積割合、つまり微細孔124の細孔容積割合を求めた。

[0073] 各排ガス浄化フィルタ1のくびれ型連通孔125の割合は、実施形態1に示すCTスキャンによる方法により測定した。各排ガス浄化フィルタ1のPM2の捕集率、圧損を以下のようにして測定した。

[0074] (PM捕集率)

排ガス浄化フィルタ1を2.0Lのガソリン直噴エンジンの排気管内に取り付け、吸入空気量(Ga)が20 g/sとなる状態(定常)にした。そして、排ガス浄化フィルタ1内にPM2を含む排ガスを流した。このとき、排ガス浄化フィルタ1に流入する前の排ガス中のPM濃度、排ガス浄化フィルタ1から流出する排ガス中のPM濃度を測定し、PM2の捕集率を算出した。

[0075] (圧力損失)

排ガス浄化フィルタ1を2.0Lのガソリン直噴エンジンの排気管内に取り付け、吸入空気量(Ga)が100 g/sとなる状態(定常)にした。そして、排ガス浄化フィルタ1内にPM2を含む排ガスを流した。このとき、

排ガス浄化フィルタ 1 の前後の圧力を測定し、その差分を圧損として計測した。

[0076] 各排ガス浄化フィルタ（具体的には、試験体 1 ～ 25）についての測定結果を表 1、表 2 に示す。また、各測定結果を図 20 ～ 図 22 のグラフに示す。

[0077] [表1]

(表1)

試験体	10 μ m 以下の 細孔容積割合 (%)	くびれ型連通孔 の割合 (%)	捕集率 (%)	圧損 (kPa)
試験体1	3	23	59	5.5
試験体2	4	21	62	5.5
試験体3	5	20	65	5.6
試験体4	9	21	67	5.8
試験体5	15	26	69	6.0
試験体6	21	24	70	6.5
試験体7	25	26	71	7.0
試験体8	27	25	71	7.6
試験体9	30	27	72	9.5
試験体10	3	7	54	4.0
試験体11	4	9	55	4.1
試験体12	5	7	56	4.2
試験体13	9	10	59	4.4
試験体14	15	8	61	4.7
試験体15	21	9	62	5.5
試験体16	25	12	63	6.5
試験体17	27	11	64	7.2
試験体18	30	13	65	9.0

[0078]

[表2]

(表2)

試験体	10 μ m以下の 細孔容積割合(%)	くびれ型連通孔 の割合(%)	捕集率 (%)
試験体19	5	3	56
試験体20	5	9	59
試験体21	5	15	63
試験体3	5	20	65
試験体22	5	29	66
試験体23	5	39	67
試験体24	5	48	67
試験体25	5	61	68

[0079] 図20には、くびれ型連通孔125の割合が20%以上又は20%未満の場合における、微細孔124の細孔容積割合と捕集率の関係を示す。図21には、くびれ型連通孔125の割合が20%以上又は20%未満の場合における、微細孔124の細孔容積割合と圧損の結果を示す。また、図22には、微細孔124の細孔容積が5%の場合におけるくびれ型連通孔125の割合と捕集率の関係を示す。

[0080] 図20、図21に示されるように、微細孔124の細孔容積割合が大きくなるほど、捕集率が高くなり、微細孔124の細孔容積割合が5%以上により、捕集率が十分に高くなる。さらに、図20及び図22より知られるように、くびれ型連通孔125を形成し、その割合を増やすことにより、捕集率の向上効果が増大する。くびれ型連通孔125の割合が20%以上の場合には、捕集率が大幅に増加する。くびれ型連通孔125の割合が20%以上の場合には、微細孔124の細孔容積が5%に到達するまでは、捕集率が急激に向上する。そして、微細孔の細孔容積割合が5%になると捕集率は65%に到達し、微細孔124の細孔容積割合が5%以上では捕集率は緩やかに向上する。一方、くびれ型連通孔125の割合が20%未満の場合には、捕集率65%に達するのは、微細孔の細孔容積が30%の場合となる。また、微細孔の細孔容積割合が大きくなるほど、圧損は高くなる傾向がある。したがって、圧損をより低くし、捕集率を向上できるという観点から、

くびれ型連通孔 125 の割合は 20% 以上であることが好ましい。なお、くびれ型連通孔の割合が 20% 未満であっても、圧損を低くしながら、捕集率が高くなる効果を生じうる。

[0081] くびれ型連通孔の割合が 20% 以上の場合には、微細孔の細孔容積割合が 25% に到達するまでは圧損が緩やかに上昇し、圧損は 7 kPa に到達する。さらに微細孔の細孔容積割合が大きくなると、圧損は急激に高くなる。これに対し、くびれ型連通孔の割合が 20% 未満の場合には、圧損は次第に大きくなり、微細孔の細孔容積割合が 27% で圧損は 7.2 kPa となり、7 kPa を越える。排ガス浄化フィルタの圧損をより低減させるという観点から、微細孔 124 の細孔容積割合は 25% 以下が好ましく、20% 以下がより好ましく、15% 以下がさらに好ましい。

[0082] 捕集率をさらに高めるという観点からは、くびれ型連通孔 125 の割合は 40% 以上がより好ましく、60% 以上がさらに好ましい。同様の観点から、微細孔 124 の細孔容積割合は、10% 以上がより好ましく、21% 以上がさらに好ましい。

[0083] 本開示は上記の各実施形態などに限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の実施形態に適用することが可能である。例えば、実施形態 2 では、ハイブリッド駆動装置 3 を有する排ガス浄化システム 5 に、実施形態 1 の排ガス浄化フィルタ 1 を適用した形態を示しているが、ハイブリッド駆動装置 3 の代わりに例えばディーゼルエンジン又はガソリンエンジンを備える排ガス浄化システムに適用することも可能である。排ガス浄化フィルタ 1 はディーゼルエンジン、ガソリンエンジン以外の内燃機関から排出される PM の捕集に利用することもできる。

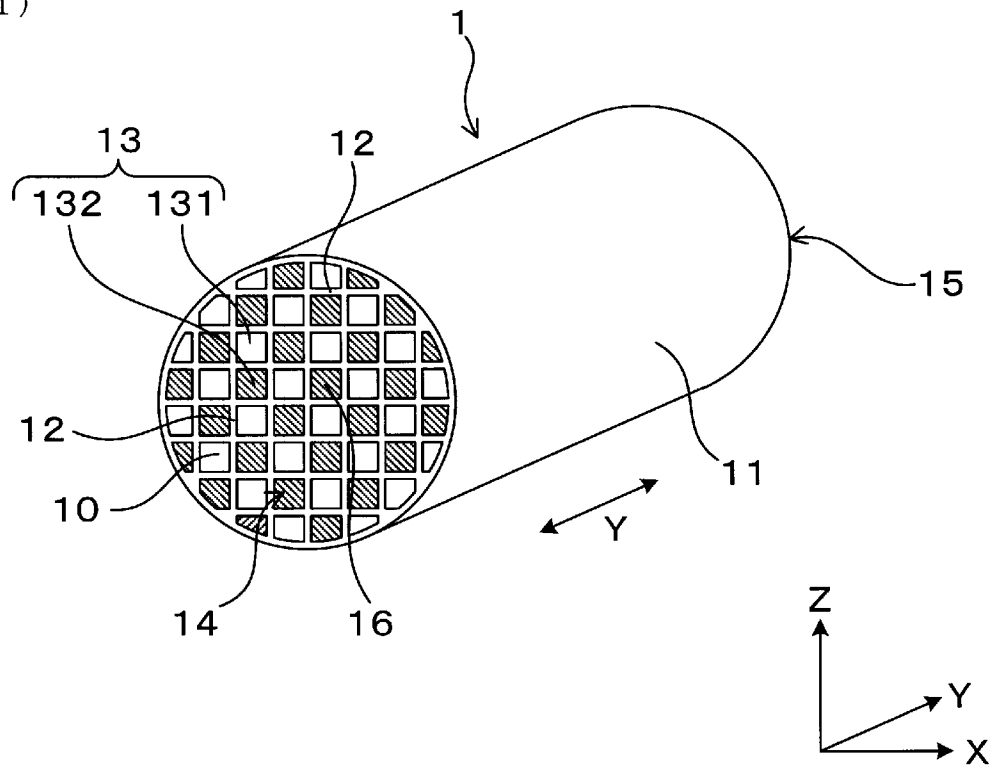
[0084] 本開示は、実施形態に準拠して記述されたが、本開示は当該実施形態や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

請求の範囲

- [請求項1] 多孔質の隔壁（12）と、該隔壁によって区画され、排ガス流路を形成する複数のセル（13）とを有するハニカム構造部（10）と、
 上記セルにおけるガスの流入側端面（14）又は流出側端面（15）を互い違いに閉塞する目封じ部（16）と、を備える、排ガス浄化フィルタ（1）において、
 上記排ガス浄化フィルタは、水銀圧入法によって測定される上記ハニカム構造部の細孔径が $10\mu\text{m}$ 以下となる微細孔（124）を全細孔容積の5%以上含み、
 上記隔壁は、該隔壁に隣接する上記セル間を連通する複数の連通孔（122）を有し、該連通孔における最大径 $\Phi_1\mu\text{m}$ と最小径 $\Phi_2\mu\text{m}$ とが、 $\Phi_1 \geq 50$ 、 $100 \times \Phi_2 / \Phi_1 \leq 20$ となるくびれ型連通孔（125）を有する、排ガス浄化フィルタ。
- [請求項2] 全ての上記連通孔のうち、上記くびれ型連通孔の占める割合が20%以上である、請求項1に記載の排ガス浄化フィルタ。
- [請求項3] 上記微細孔を全細孔容積の25%以下含む、請求項1又は2に記載の排ガス浄化フィルタ。

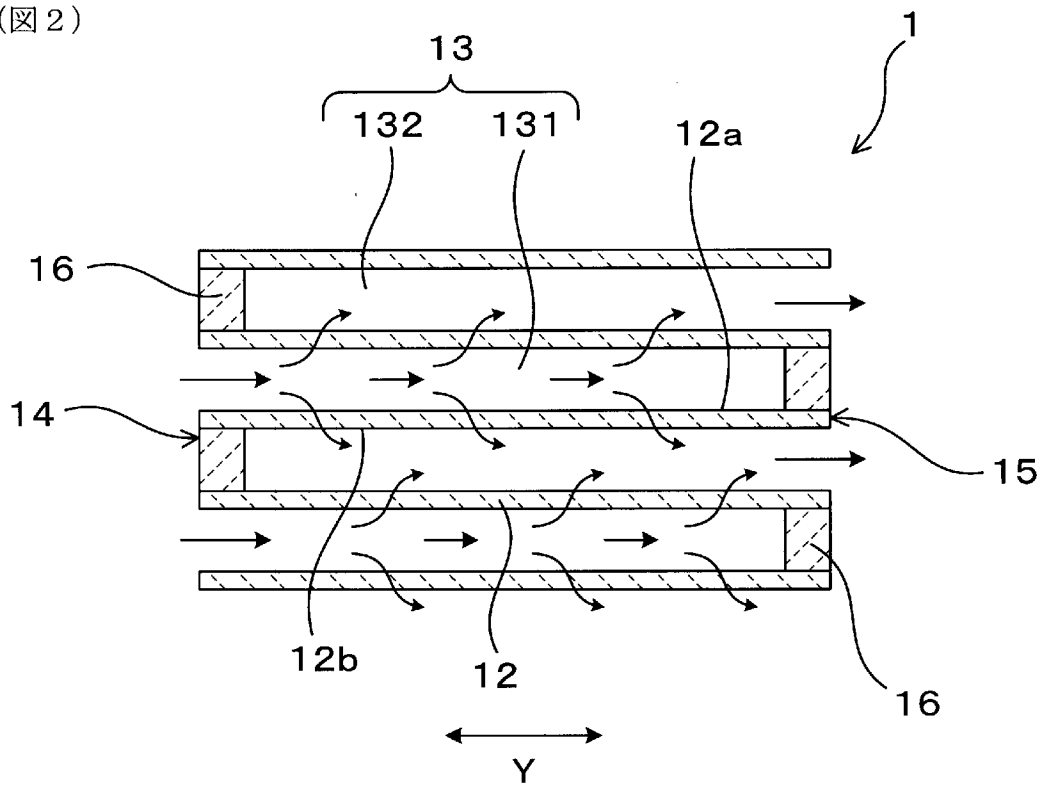
[図1]

(図 1)



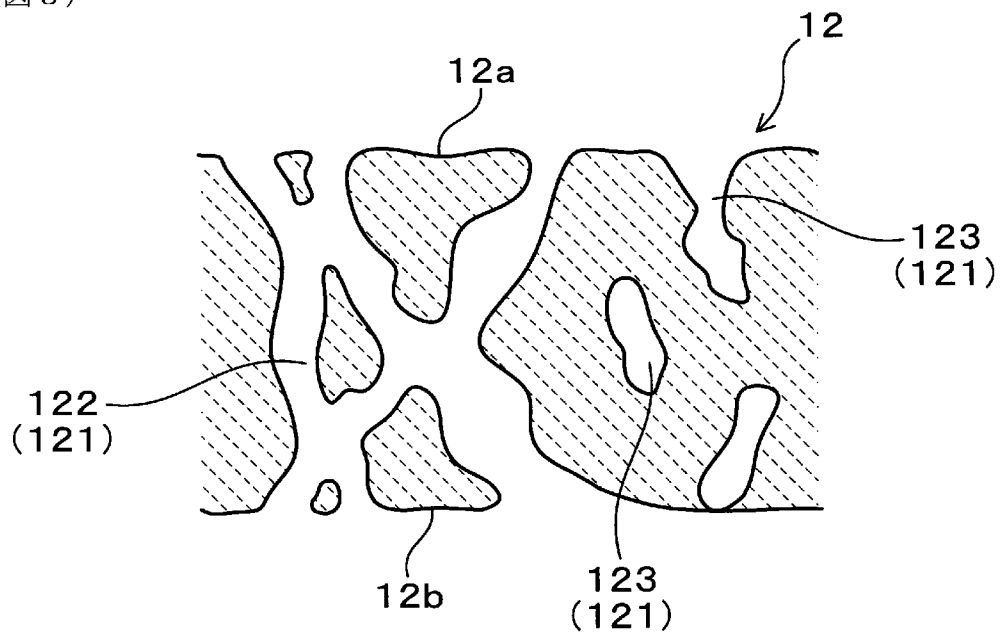
[図2]

(図 2)



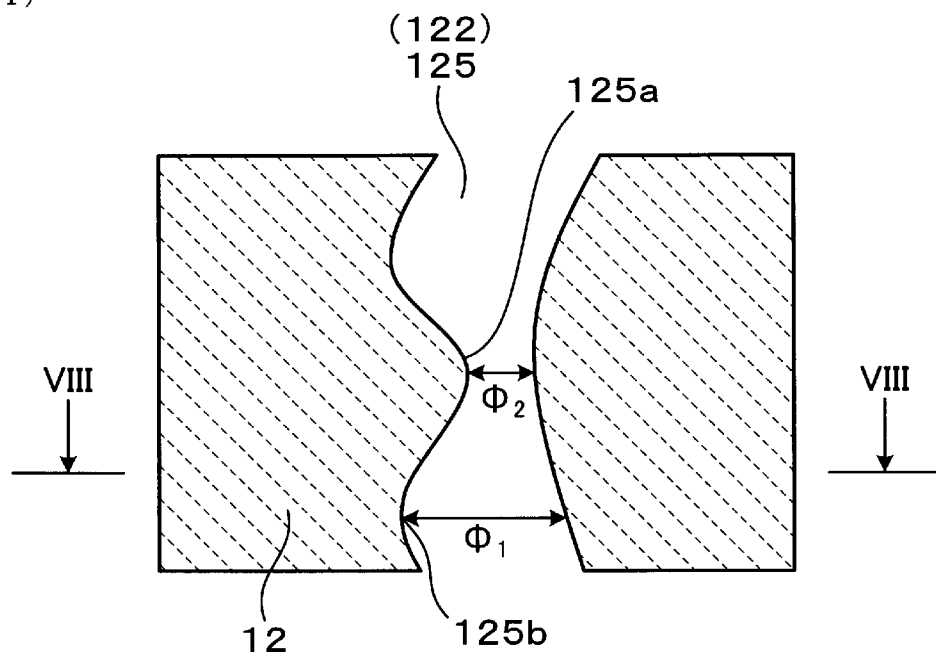
[図3]

(図 3)



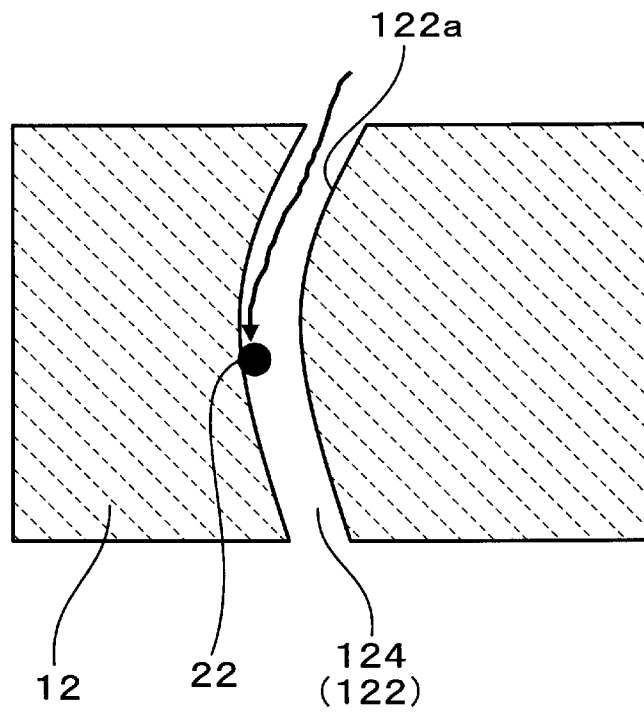
[図4]

(図 4)



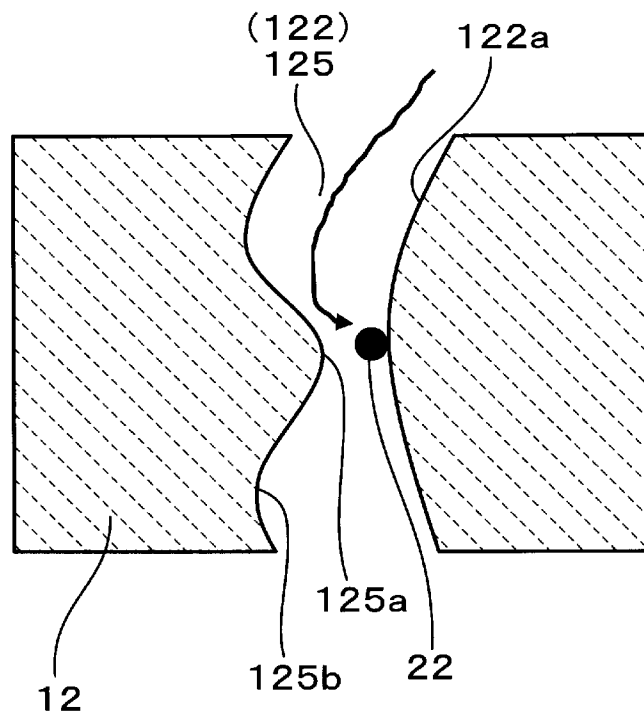
[図5]

(図 5)



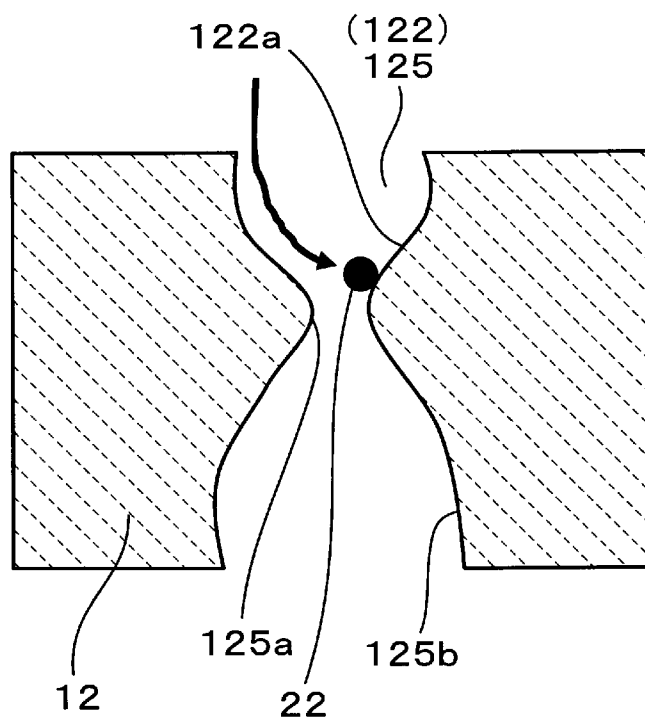
[図6]

(図 6)



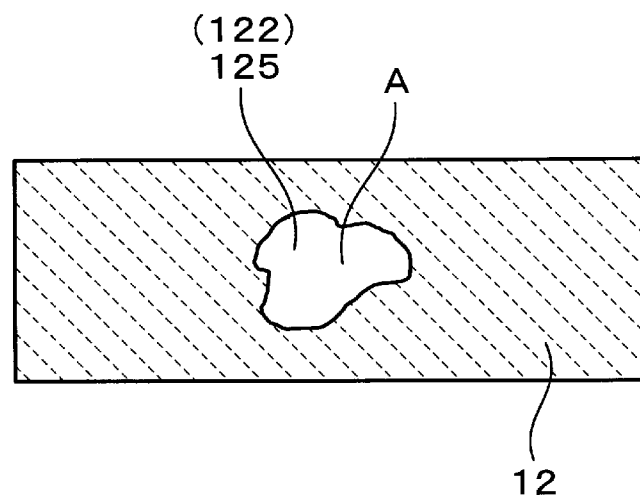
[図7]

(図 7)



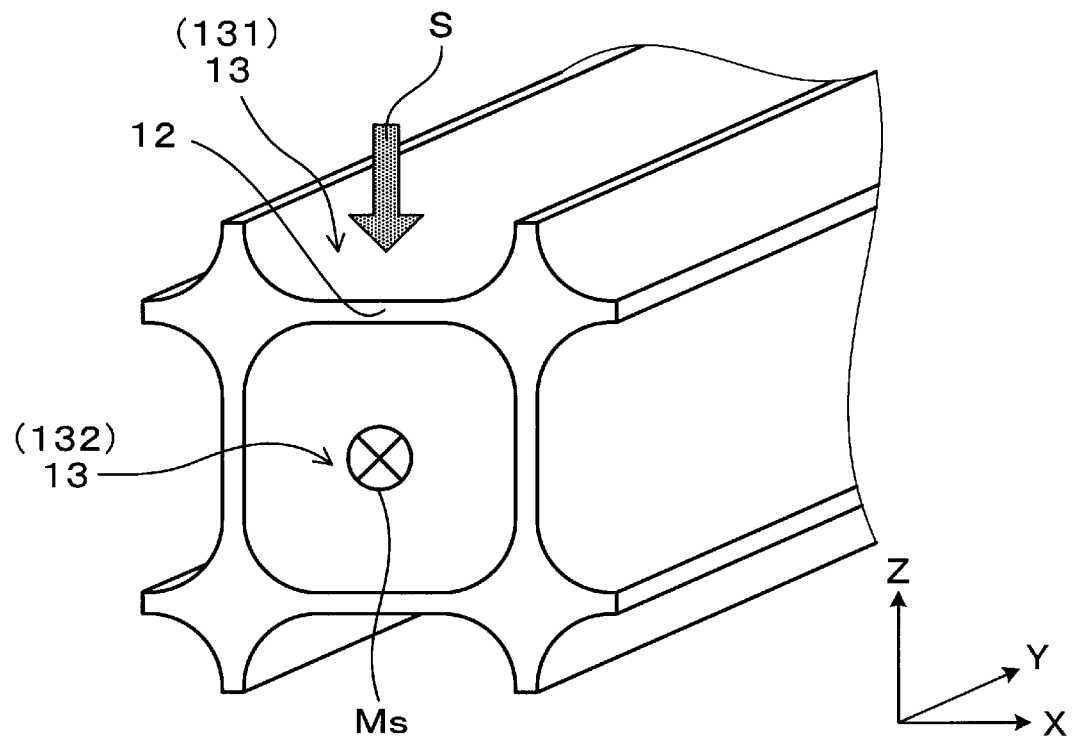
[図8]

(図 8)



[図9]

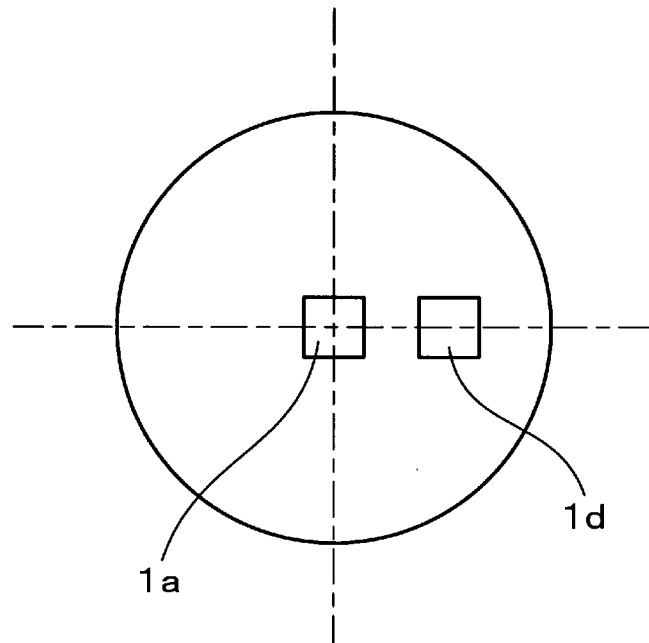
(図 9)



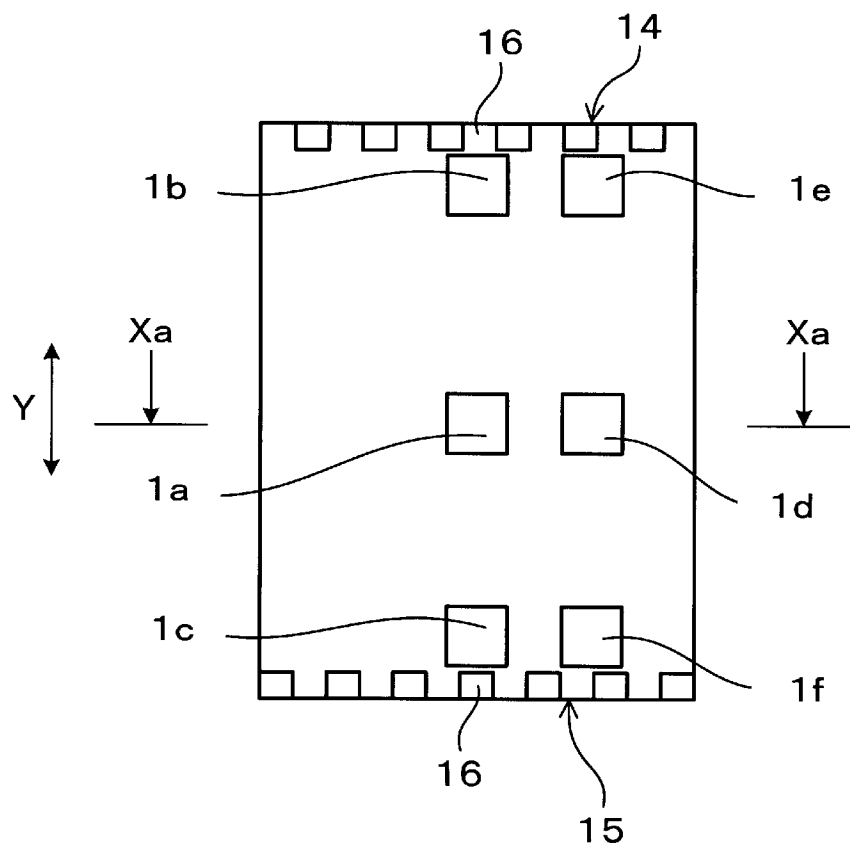
[図10]

(図 10)

(a)

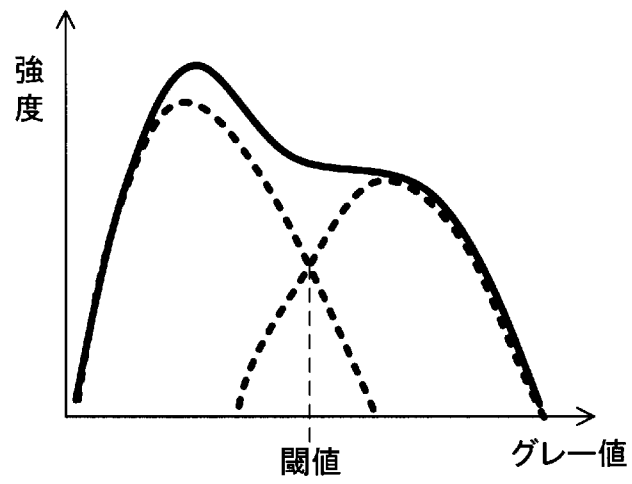


(b)



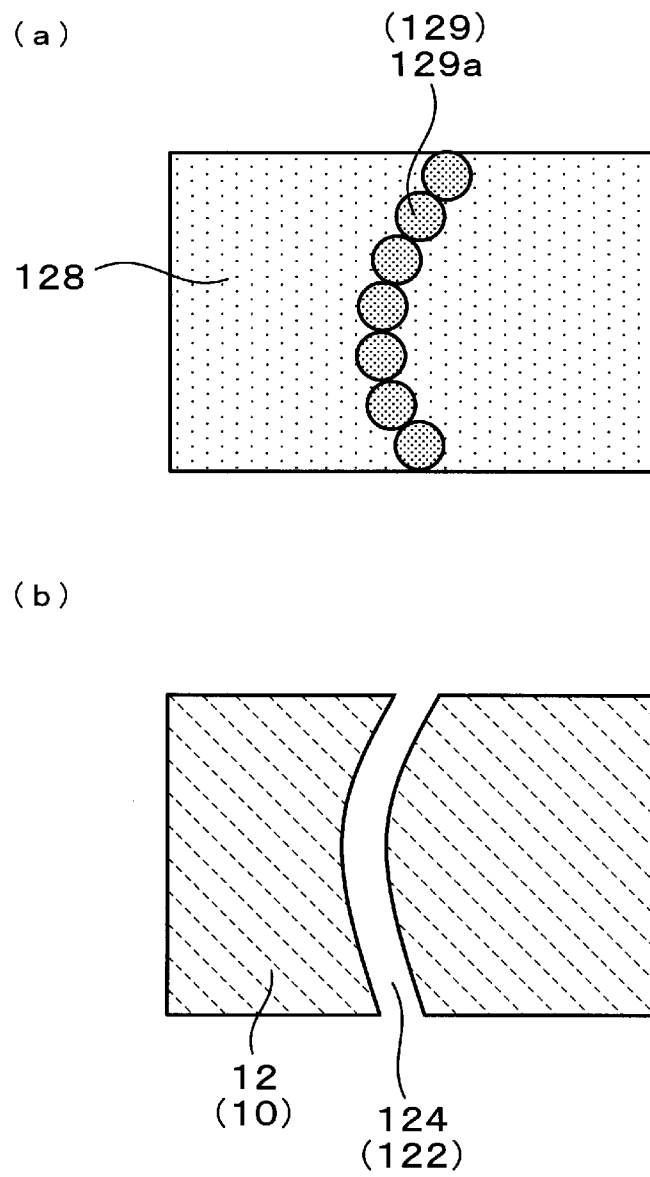
[図11]

(図 1 1)



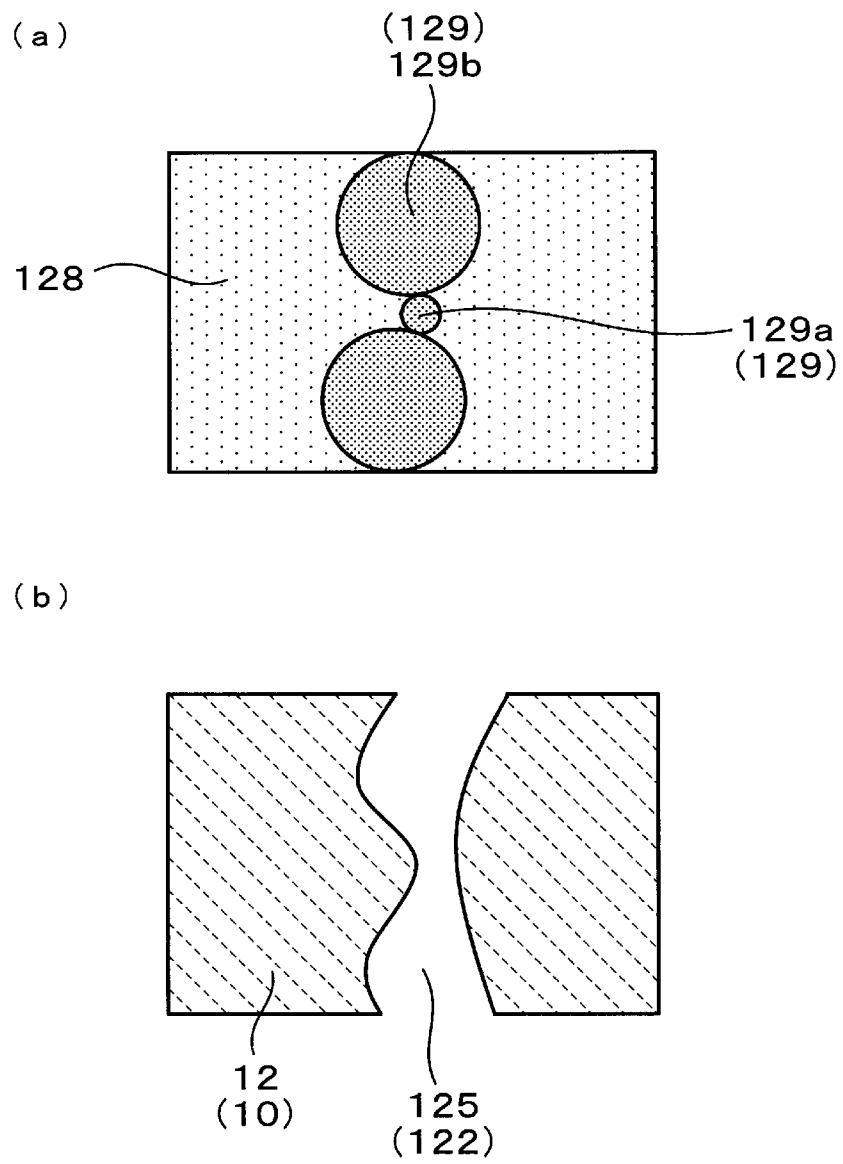
[図12]

(図 12)



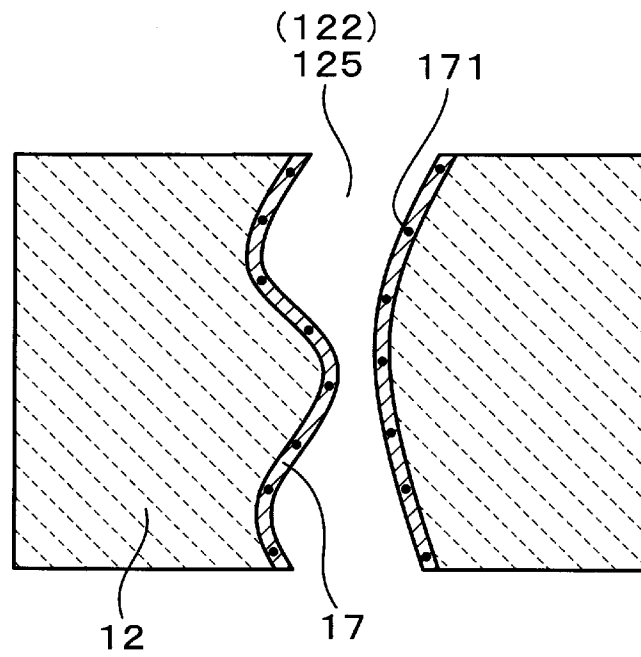
[図13]

(図 13)



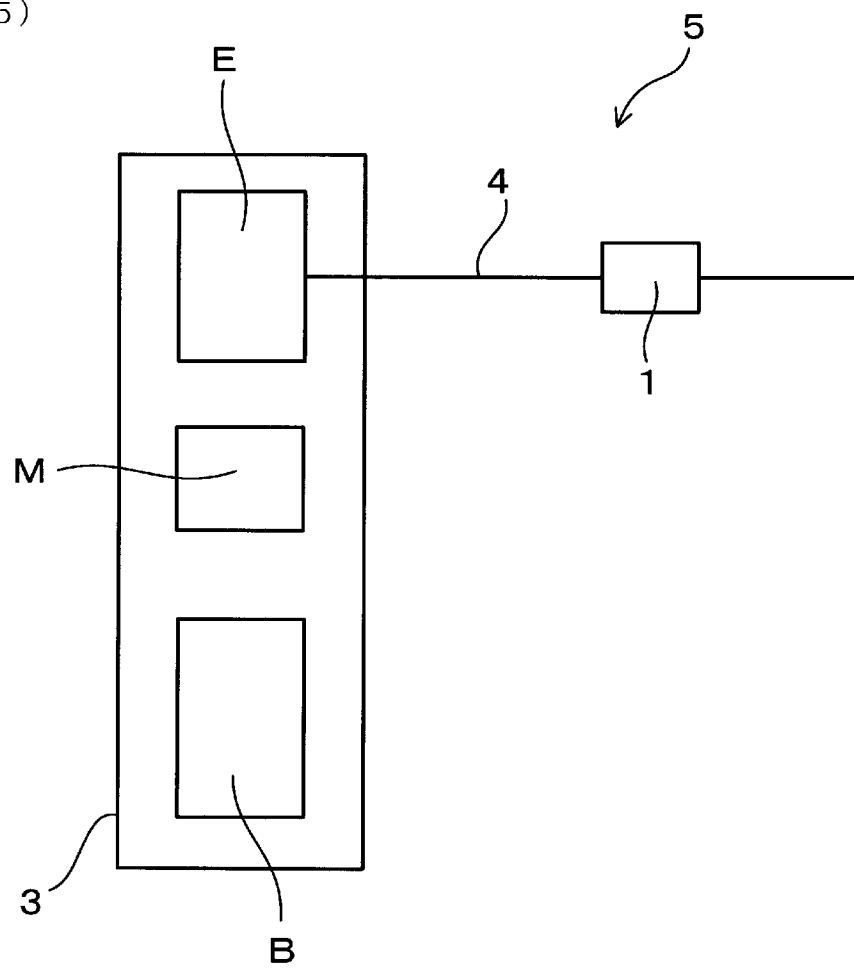
[図14]

(図14)



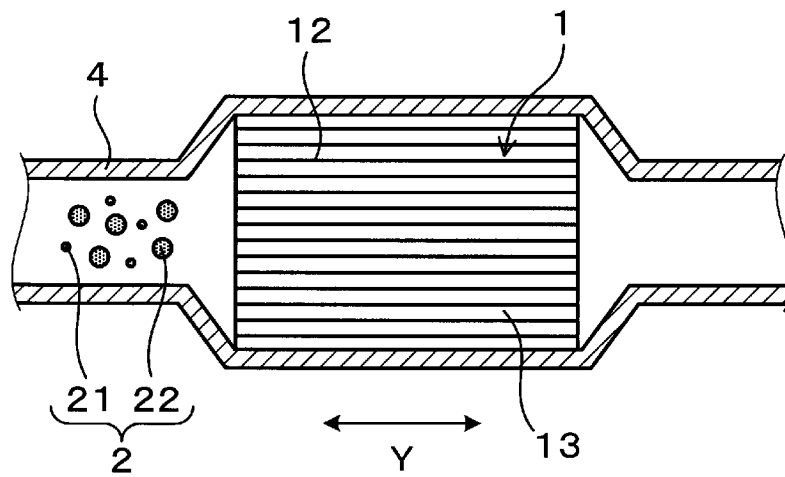
[図15]

(図15)



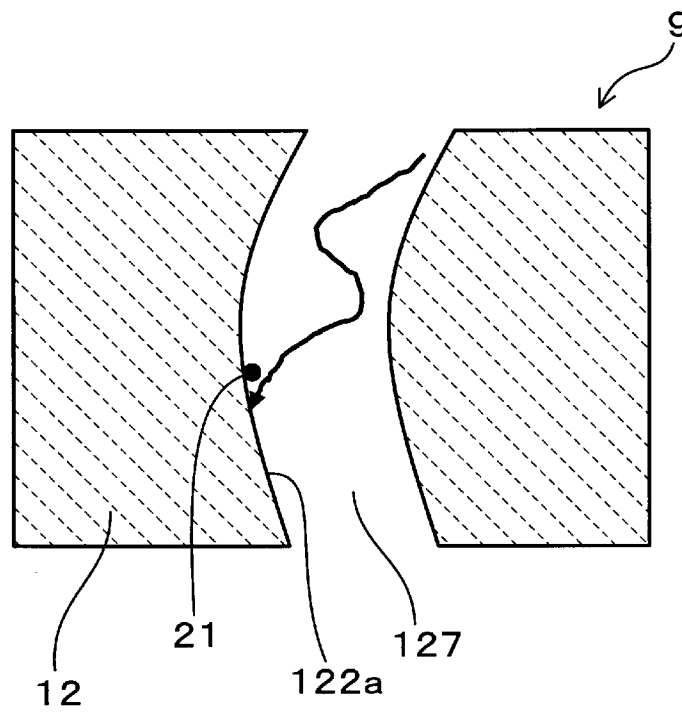
[図16]

(図16)



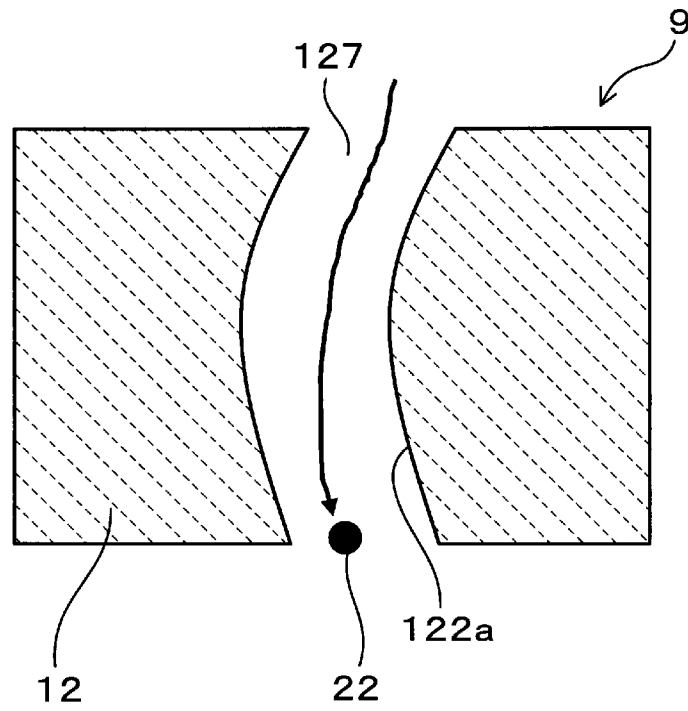
[図17]

(図17)



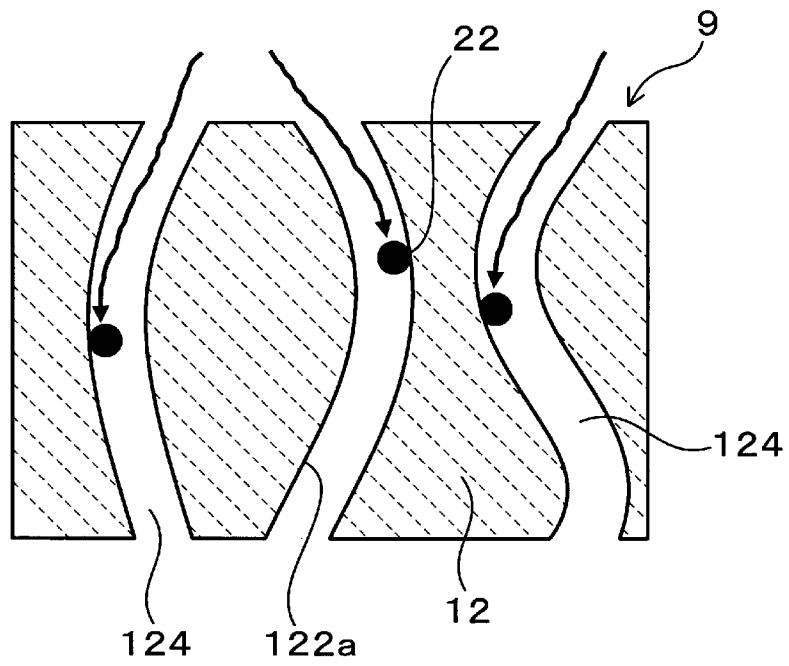
[図18]

(図18)



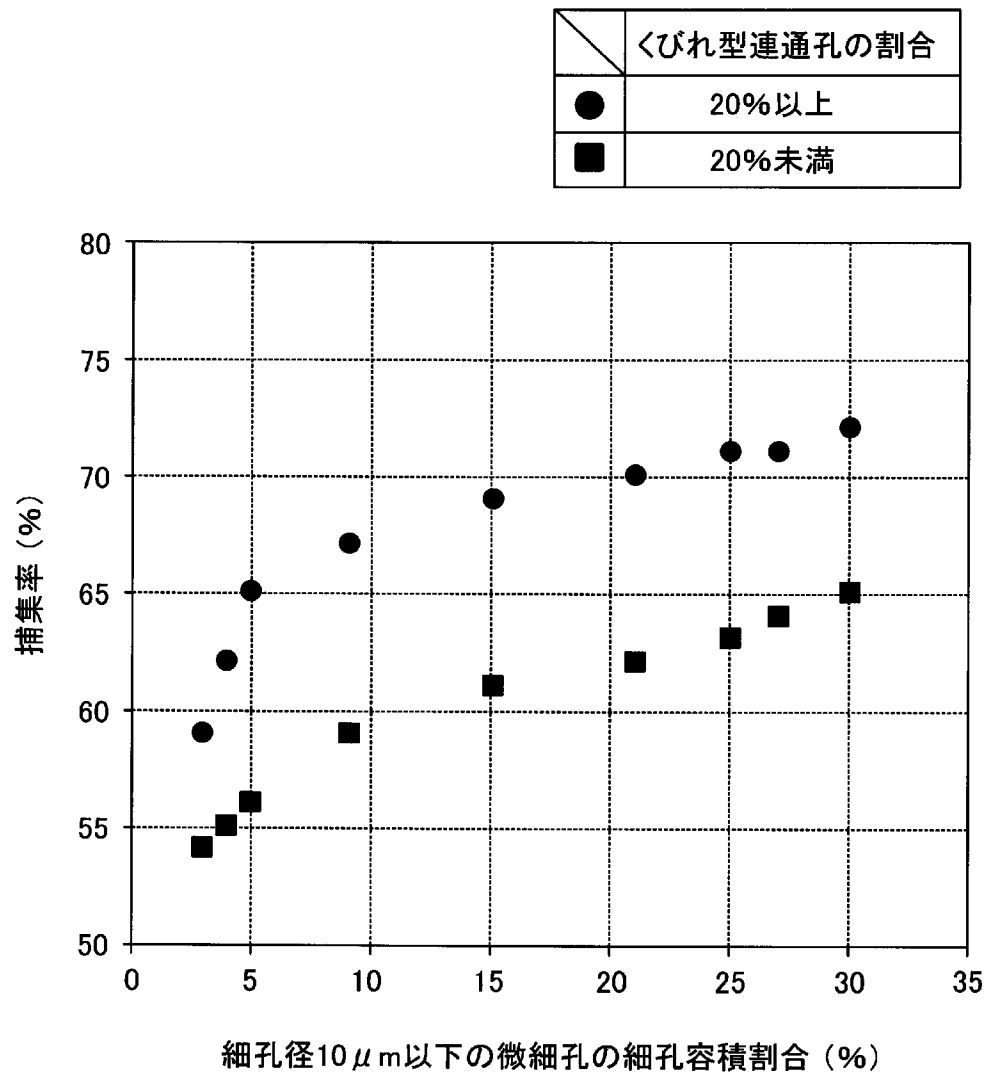
[図19]

(図19)



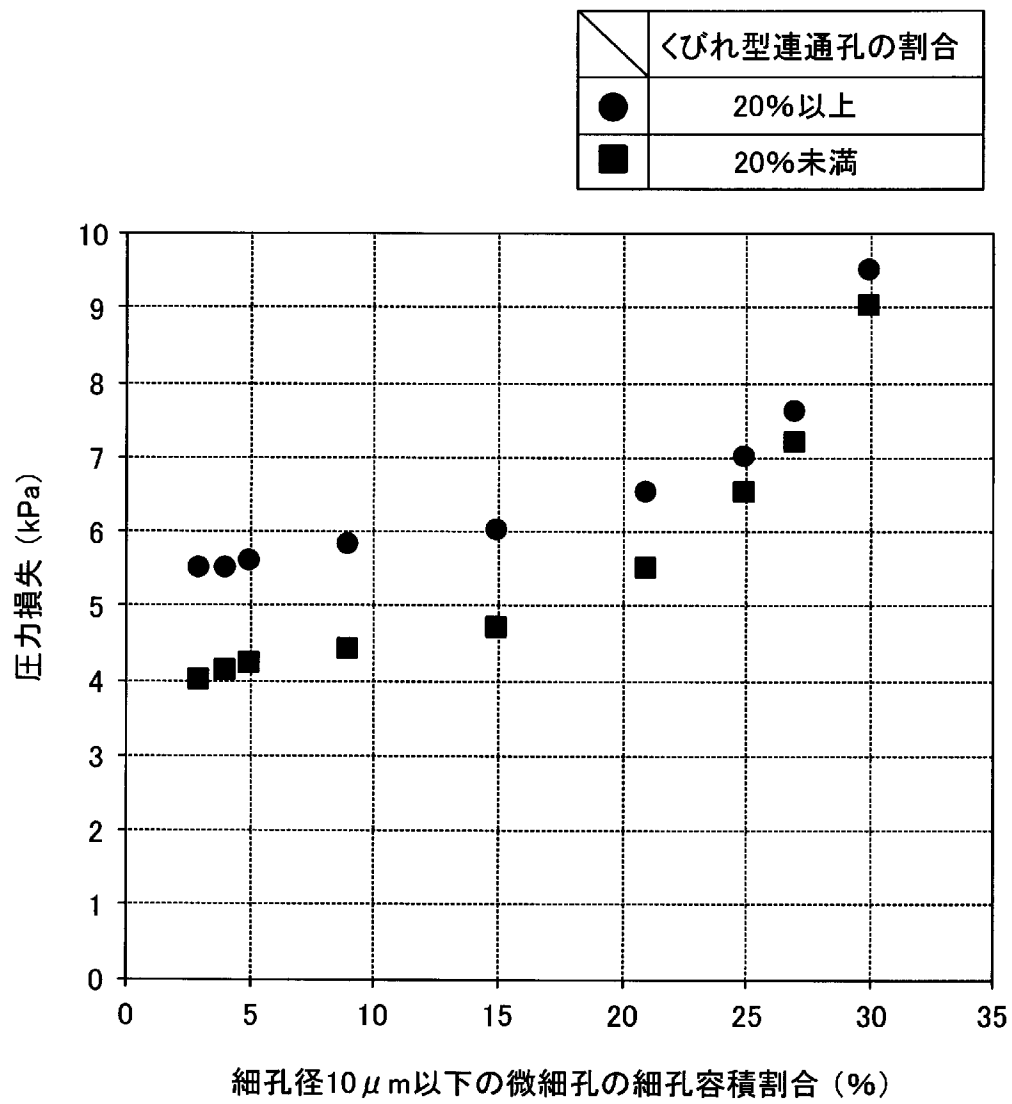
[図20]

(図 20)



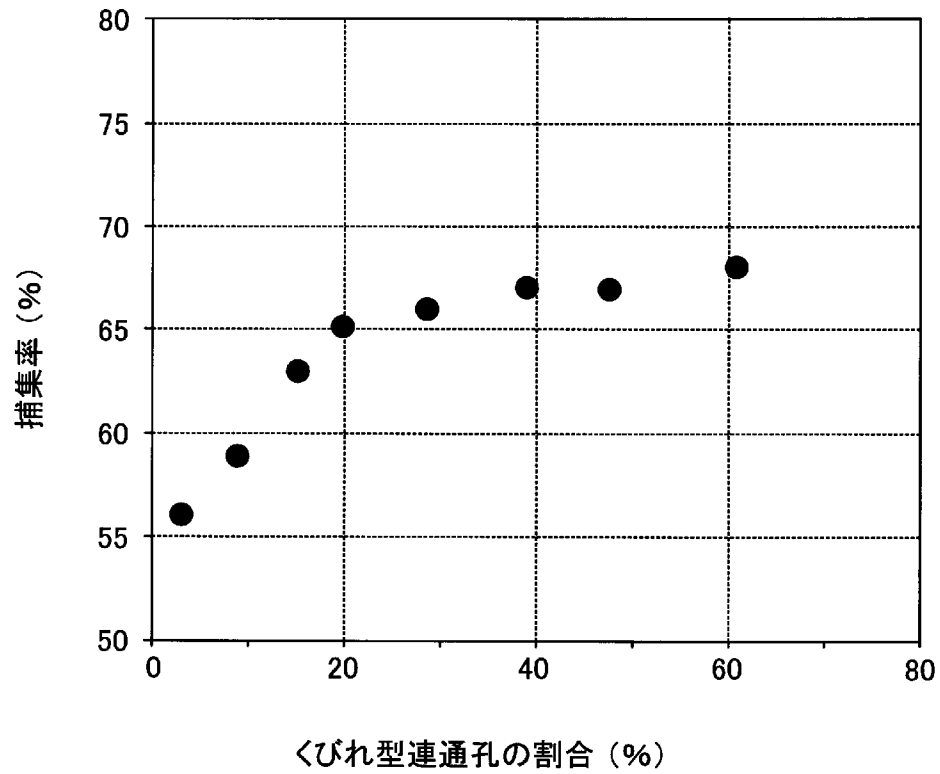
[図21]

(図 2 1)



[図22]

(図 2 2)

細孔径 $10\mu\text{m}$ 以下の微細孔の細孔容積割合は 5%

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/006216

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. B01D39/20 (2006.01) i, B01D46/00 (2006.01) i, B01J35/04 (2006.01) i, F01N3/022 (2006.01) i

FI: B01D39/20DZAB, B01D46/00302, B01J35/04301C, B01J35/04301E, B01J35/04301K, F01N3/022C

According to International Patent Classification (IPC) and to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. B01D39/20, B01D46/00, B01J35/04, F01N3/022

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2011/115181 A1 (SUMITOMO CHEMICAL CO., LTD.) 22.09.2011 (2011-09-22), claim 8, paragraphs [0017]-[0025], [0037]-[0048], fig. 1, 2	1-3
A	WO 2011/125797 A1 (HITACHI METALS LTD.) 13.10.2011 (2011-10-13)	1-3
A	JP 2008-545612 A (CORNING INC.) 18.12.2008 (2008-12-18)	1-3
A	US 2003/0054154 A1 (CHEN, H. C.) 20.03.2003 (2003-03-20)	1-3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.	☒ See patent family annex.
---	--

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 31.03.2020	Date of mailing of the international search report 07.04.2020
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/006216

WO 2011/115181 A1	22.09.2011	US 2013/0062275 A1 claim 8, paragraphs [0055]-[0077], [0106]-[0132], fig. 1, 2 EP 2548626 A1 BR 112012023560 A2 CN 102791351 A JP 2011-213585 A KR 10-2013-0006621 A
WO 2011/125797 A1	13.10.2011	US 2013/0019579 A1 EP 2554237 A1 CN 102834158 A JP 2015-071165 A KR 10-2013-0086935 A
JP 2008-545612 A	18.12.2008	US 2007/0006561 A1 CN 101213156 A EP 1890983 A2 WO 2006/130759 A2
US 2003/0054154 A1	20.03.2003	(Family: none)

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B01D 39/20(2006.01)i; B01D 46/00(2006.01)i; B01J 35/04(2006.01)i; F01N 3/022(2006.01)i FI: B01D39/20 D ZAB; B01D46/00 302; B01J35/04 301C; B01J35/04 301E; B01J35/04 301K; F01N3/022 C																			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） B01D39/20; B01D46/00; B01J35/04; F01N3/022 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020年</td> </tr> </table> 国際調査で使用了電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年									
日本国実用新案公報	1922 - 1996年																		
日本国公開実用新案公報	1971 - 2020年																		
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年																		
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020年																		
C. 関連すると認められる文献 <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>WO 2011/115181 A1（住友化学株式会社）22.09.2011（2011 - 09 - 22） 請求項8, 段落0017-0025, 段落0037-0048, 図1-2</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>WO 2011/125797 A1（日立金属株式会社）13.10.2011（2011 - 10 - 13）</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>JP 2008-545612 A（コーニング インコーポレイテッド）18.12.2008（2008 - 12 - 18）</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2003/0054154 A1（CHEN, Hancun）20.03.2003（2003 - 03 - 20）</td> <td>1-3</td> </tr> </tbody> </table> ☐ 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。 <table border="0"> <tr> <td> * 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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 </td> <td> “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抵触するものではなく、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 </td> </tr> </table>			引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	X	WO 2011/115181 A1（住友化学株式会社）22.09.2011（2011 - 09 - 22） 請求項8, 段落0017-0025, 段落0037-0048, 図1-2	1-3	A	WO 2011/125797 A1（日立金属株式会社）13.10.2011（2011 - 10 - 13）	1-3	A	JP 2008-545612 A（コーニング インコーポレイテッド）18.12.2008（2008 - 12 - 18）	1-3	A	US 2003/0054154 A1（CHEN, Hancun）20.03.2003（2003 - 03 - 20）	1-3	* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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抵触するものではなく、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
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号																	
X	WO 2011/115181 A1（住友化学株式会社）22.09.2011（2011 - 09 - 22） 請求項8, 段落0017-0025, 段落0037-0048, 図1-2	1-3																	
A	WO 2011/125797 A1（日立金属株式会社）13.10.2011（2011 - 10 - 13）	1-3																	
A	JP 2008-545612 A（コーニング インコーポレイテッド）18.12.2008（2008 - 12 - 18）	1-3																	
A	US 2003/0054154 A1（CHEN, Hancun）20.03.2003（2003 - 03 - 20）	1-3																	
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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抵触するものではなく、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 31.03.2020	国際調査報告の発送日 07.04.2020																		
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 目代 博茂 4Q 9630 電話番号 03-3581-1101 内線 3468																		

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/006216

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2011/115181	A1	22.09.2011	US	2013/0062275	A1	請求項8,段落0055-0077,段落0106-0132,図1-2
				EP	2548626	A1	
				BR	112012023560	A2	
				CN	102791351	A	
				JP	2011-213585	A	
				KR	10-2013-0006621	A	
WO	2011/125797	A1	13.10.2011	US	2013/0019579	A1	
				EP	2554237	A1	
				CN	102834158	A	
				JP	2015-071165	A	
				KR	10-2013-0086935	A	
JP	2008-545612	A	18.12.2008	US	2007/0006561	A1	
				CN	101213156	A	
				EP	1890983	A2	
				WO	2006/130759	A2	
US	2003/0054154	A1	20.03.2003	(ファミリーなし)			