

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6729356号
(P6729356)

(45) 発行日 令和2年7月22日 (2020.7.22)

(24) 登録日 令和2年7月6日 (2020.7.6)

(51) Int.Cl.

F I

B O 1 D 46/00 (2006.01)
B O 1 D 39/20 (2006.01)
C O 4 B 38/00 (2006.01)
C O 4 B 35/195 (2006.01)

B O 1 D 46/00 3 O 2
 B O 1 D 39/20 D
 C O 4 B 38/00 3 O 3 Z
 C O 4 B 35/195

請求項の数 23 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2016-253334 (P2016-253334)
 (22) 出願日 平成28年12月27日 (2016.12.27)
 (65) 公開番号 特開2018-103121 (P2018-103121A)
 (43) 公開日 平成30年7月5日 (2018.7.5)
 審査請求日 平成30年11月15日 (2018.11.15)

(73) 特許権者 000004260
 株式会社デンソー
 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地
 (74) 代理人 110000648
 特許業務法人あいち国際特許事務所
 (72) 発明者 ▲高▼山 泰史
 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
 社デンソー内
 (72) 発明者 山村 周作
 愛知県刈谷市昭和町 1 丁目 1 番地 株式会
 社デンソー内

審査官 青木 太一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 多孔質ハニカムフィルタ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

排ガスを透過させる多孔質の第 1 セル壁 (21) と、
 上記第 1 セル壁 (21) よりも上記排ガスを透過しにくい第 2 セル壁 (22) と、
 上記第 1 セル壁及び上記第 2 セル壁に囲まれて伸びるガス流路を形成するセル (3) と
 、を有する多孔質ハニカムフィルタ (1) であって、
 上記第 2 セル壁は、上記第 1 セル壁よりも気孔率が小さく、
 さらに、上記多孔質ハニカムフィルタの外周に筒状外皮 (10) を有し、上記筒状外皮
 の内側が上記第 1 セル壁及び上記第 2 セル壁によって複数の上記セルに区画されており、
 上記第 1 セル壁は、上記筒状外皮の軸方向 (Z) に対して傾斜して伸びる傾斜壁 (21
 1) からなり、上記第 2 セル壁は、上記軸方向に対して平行に伸びる平行壁 (221) より
 なる、多孔質ハニカムフィルタ。

【請求項 2】

上記軸方向と直交方向における上記多孔質ハニカムフィルタの断面において、上記第 1
 セル壁が占める断面積 S_a 及び上記第 2 セル壁が占める断面積 S_b が $S_a > S_b$ の関係を満足
 する、請求項 1 に記載の多孔質ハニカムフィルタ。

【請求項 3】

上記第 2 セル壁の数が上記第 1 セル壁の数よりも少ない、請求項 2 に記載の多孔質ハニ
 カムフィルタ。

【請求項 4】

10

20

上記第 1 セル壁の厚み T_1 と、上記第 2 セル壁の厚み T_2 とが、 $T_1 < T_2$ の関係を満足する、請求項 2 又は 3 に記載の多孔質ハニカムフィルタ。

【請求項 5】

上記第 1 セル壁は、対向する少なくとも一対の上記傾斜壁を有し、上記一対の傾斜壁の傾斜方向 (D_s) は上記軸方向に対して対称である、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の多孔質ハニカムフィルタ。

【請求項 6】

上記多孔質ハニカムフィルタは、上記軸方向 (Z) の両端に、排ガス (G) が流入する流入端面 (11) と、上記排ガスが流出する流出端面 (12) とをそれぞれ有し、上記セルは、上記流入端面から上記流出端面に向けてセル内のガス流路断面積 (S) が小さくなる縮小セル (32) と、上記流入端面から上記流出端面に向けて上記セル内の上記ガス流路断面積が大きくなる拡大セル (33) とを有し、上記縮小セルと上記拡大セルは、1 つの上記傾斜壁を共有して相互に隣り合って配置されている、請求項 5 に記載の多孔質ハニカムフィルタ。

10

【請求項 7】

上記縮小セル同士及び上記拡大セル同士がそれぞれ上記平行壁を介して隣接する、請求項 6 に記載の多孔質ハニカムフィルタ。

【請求項 8】

上記縮小セルを構成する上記一対の傾斜壁は、直接又は連結部材 (23) を介して接続した流出側接続部 (213) を有し、上記拡大セルを構成する上記一対の傾斜壁は、直接又は上記連結部材 (23) を介して接続した流入側接続部 (214) を有する、請求項 6 又は 7 に記載の多孔質ハニカムフィルタ。

20

【請求項 9】

上記連結部材が上記傾斜壁と同じ構成部材からなる、請求項 8 に記載の多孔質ハニカムフィルタ。

【請求項 10】

上記流出側接続部が上記軸方向における上記流出端面に形成され、上記流入側接続部が上記軸方向における上記流入端面に形成された、請求項 8 又は 9 に記載の多孔質ハニカムフィルタ。

【請求項 11】

上記流出側接続部が上記流出端面よりも上記軸方向の内側に形成され、上記流入側接続部が上記流入端面よりも上記軸方向における内側に形成された、請求項 8 又は 9 に記載の多孔質ハニカムフィルタ。

30

【請求項 12】

上記流入側接続部と上記流出側接続部との間において、上記傾斜壁は直線的に傾斜する、請求項 8 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の多孔質ハニカムフィルタ。

【請求項 13】

上記軸方向に伸びる上記傾斜壁は、上記流入端面側にに向けて曲線的に傾斜する流入側曲線傾斜領域 (A_{cf}) と、上記流出端面側に曲線的に傾斜する流出側曲線傾斜領域 (A_{cr}) とを有し、上記縮小セルにおいては、上記一対の傾斜壁が上記流出側曲線傾斜領域において接続して上記流出側接続部が形成されており、上記拡大セルにおいては、上記一対の傾斜壁が上記流入側曲線傾斜領域において接続して上記流入側接続部が形成されている、請求項 8 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の多孔質ハニカムフィルタ。

40

【請求項 14】

上記流出側接続部及び上記流入側接続部においては、曲線状に傾斜する上記一対の傾斜壁の傾斜方向が上記軸方向に対して対称である、請求項 13 に記載の多孔質ハニカムフィルタ。

【請求項 15】

上記第 2 セル壁の上記軸方向の端部 (222) が、上記多孔質ハニカムフィルタの上記流入端面及び上記流出端面よりも上記軸方向の内側に形成された、請求項 6 ~ 14 のい

50

れか 1 項に記載の多孔質ハニカムフィルタ。

【請求項 16】

排ガスを透過させる多孔質の第 1 セル壁 (21) と、

上記第 1 セル壁 (21) よりも上記排ガスを透過しにくい第 2 セル壁 (22) と、

上記第 1 セル壁及び上記第 2 セル壁に囲まれて伸びるガス流路を形成するセル (3) と、
を有する多孔質ハニカムフィルタ (1) であって、

上記第 2 セル壁は、上記第 1 セル壁よりも気孔率が小さく、

さらに、上記多孔質ハニカムフィルタの外周に筒状外皮 (10) を有し、上記筒状外皮の内側が上記第 1 セル壁及び上記第 2 セル壁によって複数の上記セルに区画されており、

上記筒状外皮の軸方向 (Z) と直交方向における上記多孔質ハニカムフィルタの断面において、上記第 1 セル壁が占める断面積 S_a 及び上記第 2 セル壁が占める断面積 S_b が $S_a > S_b$ の関係を満足し、

上記第 2 セル壁の数が上記第 1 セル壁の数よりも少ない、多孔質ハニカムフィルタ。

【請求項 17】

上記第 1 セル壁の厚み T_1 と、上記第 2 セル壁の厚み T_2 とが、 $T_1 < T_2$ の関係を満足する、請求項 16 に記載の多孔質ハニカムフィルタ。

【請求項 18】

排ガスを透過させる多孔質の第 1 セル壁 (21) と、

上記第 1 セル壁 (21) よりも上記排ガスを透過しにくい第 2 セル壁 (22) と、

上記第 1 セル壁及び上記第 2 セル壁に囲まれて伸びるガス流路を形成するセル (3) と、
を有する多孔質ハニカムフィルタ (1) であって、

上記第 2 セル壁は、上記第 1 セル壁よりも気孔率が小さく、

さらに、上記多孔質ハニカムフィルタの外周に筒状外皮 (10) を有し、上記筒状外皮の内側が上記第 1 セル壁及び上記第 2 セル壁によって複数の上記セルに区画されており、

上記筒状外皮の軸方向 (Z) と直交方向における上記多孔質ハニカムフィルタの断面において、上記第 1 セル壁が占める断面積 S_a 及び上記第 2 セル壁が占める断面積 S_b が $S_a > S_b$ の関係を満足し、

上記第 1 セル壁の厚み T_1 と、上記第 2 セル壁の厚み T_2 とが、 $T_1 < T_2$ の関係を満足する、多孔質ハニカムフィルタ。

【請求項 19】

上記第 1 セル壁を介して隣り合う上記セル同士は、上記筒状外皮の軸方向 (Z) の任意の位置におけるガス流路断面積が相互に異なる、請求項 1 ~ 18 のいずれか 1 項に記載の多孔質ハニカムフィルタ。

【請求項 20】

上記第 2 セル壁を介して隣り合う上記セル同士は、上記筒状外皮の軸方向 (Z) の任意の位置におけるガス流路断面積が同じである、請求項 1 ~ 19 のいずれか 1 項に記載の多孔質ハニカムフィルタ。

【請求項 21】

上記第 2 セル壁は、上記第 1 セル壁よりも単位厚み当たりの強度が高い材質によって形成されている、請求項 1 ~ 20 のいずれか 1 項に記載の多孔質ハニカムフィルタ。

【請求項 22】

上記第 1 セル壁及び上記第 2 セル壁が、コージェライト結晶相を主成分とするセラミックスからなる、請求項 1 ~ 21 のいずれか 1 項に記載の多孔質ハニカムフィルタ。

【請求項 23】

さらに、上記第 1 セル壁及び上記第 2 セル壁に担持された排ガス浄化触媒 (4) を有し、上記第 1 セル壁においては上記排ガス浄化触媒が内部に担持されており、上記第 2 セル壁においては上記排ガス浄化触媒が上記ガス流路に面する表面 (228) に担持されている、請求項 1 ~ 22 のいずれか 1 項に記載の多孔質ハニカムフィルタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、排ガスを透過させる第 1 セル壁と排ガスを透過しにくい第 2 セル壁とを有する多孔質ハニカムフィルタに関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

内燃機関の排気管には、排ガスに含まれる粒子状物質 (P a r t i c u l a t e M a t t e r : P M) を捕集する排ガス浄化装置が設けられている。この排ガス浄化装置は、排ガスに含まれる P M を捕集するための多孔質ハニカムフィルタを備えている。

【 0 0 0 3 】

多孔質ハニカムフィルタは、多孔質のセル壁に囲まれて軸方向に伸びるガス流路を形成するセルを有する。多数のセルのうちの一部のセルは流入端面において栓部によって閉塞され、残りのセルは流出端面において栓部によって閉塞される。このような構成の多孔質ハニカムフィルタにおいては、排ガスは、流入端面が開口したセルから流入し、流入セルと流出セル間の内圧差を駆動力としてセル壁内を通過した後に、流出端面が開口したセルから排出される。排ガス中の P M は、セル壁を通過する際に捕集される。

【 0 0 0 4 】

ところが、上記多孔質ハニカムフィルタにおいては、流入端面における通路面積が栓部によって半減するため、圧力損失が増大しやすい。また、セル壁を透過するガス量は、軸方向における部位ごとに大きく異なるため、ガス透過が集中する箇所が発生することにより、圧力損失が増大する。そこで、例えば特許文献 1 には、格子状で各々の端面に続く内側の対向する 2 側面が奥側ほど狭くなる三角形状で、それぞれ反対側端面近傍まで伸びる複数の通路を有する排ガス浄化装置が提案されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 5 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 2 - 3 1 7 6 1 8 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 6 】

しかしながら、三角形状に伸びる通路を有する上述の排ガス浄化装置においては、圧力損失を小さくすることができるが、フィルタ全体が均一な材質、気孔率となるため、捕集率を高めるためにセル壁の気孔率を高めると強度が低下する。そのため、キャニング時や振動により破損が起こるおそれがある。一方、強度を高めるために気孔率を小さくすると、捕集率が低下したり、圧力損失が増大したりするおそれがある。

【 0 0 0 7 】

本発明は、かかる課題に鑑みてなされたものであり、実用に耐えうる十分な強度を有し、低い圧力損失と高い捕集率を兼ね備えることが可能な多孔質ハニカムフィルタを提供しようとするものである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本発明の一態様は、排ガスを透過させる多孔質の第 1 セル壁 (2 1) と、
上記第 1 セル壁 (2 1) よりも上記排ガスを透過しにくい第 2 セル壁 (2 2) と、
上記第 1 セル壁及び上記第 2 セル壁に囲まれて伸びるガス流路を形成するセル (3) と、
を有する多孔質ハニカムフィルタ (1) であって、
上記第 2 セル壁は、上記第 1 セル壁よりも気孔率が小さく、
さらに、上記多孔質ハニカムフィルタの外周に筒状外皮 (1 0) を有し、上記筒状外皮の内側が上記第 1 セル壁及び上記第 2 セル壁によって複数の上記セルに区画されており、
上記第 1 セル壁は、上記筒状外皮の軸方向 (Z) に対して傾斜して伸びる傾斜壁 (2 1 1) からなり、上記第 2 セル壁は、上記軸方向に対して平行に伸びる平行壁 (2 2 1) よりなる、多孔質ハニカムフィルタにある。

本発明の他の態様は、排ガスを透過させる多孔質の第1セル壁(21)と、
上記第1セル壁(21)よりも上記排ガスを透過しにくい第2セル壁(22)と、
上記第1セル壁及び上記第2セル壁に囲まれて伸びるガス流路を形成するセル(3)と
、を有する多孔質ハニカムフィルタ(1)であって、
上記第2セル壁は、上記第1セル壁よりも気孔率が小さく、
さらに、上記多孔質ハニカムフィルタの外周に筒状外皮(10)を有し、上記筒状外皮
の内側が上記第1セル壁及び上記第2セル壁によって複数の上記セルに区画されており、
上記筒状外皮の軸方向(Z)と直交方向における上記多孔質ハニカムフィルタの断面に
おいて、上記第1セル壁が占める断面積 S_a 及び上記第2セル壁が占める断面積 S_b が S_a
> S_b の関係を満足し、
上記第2セル壁の数が上記第1セル壁の数よりも少ない、多孔質ハニカムフィルタにあ
る。

10

本発明のさらに他の態様は、排ガスを透過させる多孔質の第1セル壁(21)と、
上記第1セル壁(21)よりも上記排ガスを透過しにくい第2セル壁(22)と、
上記第1セル壁及び上記第2セル壁に囲まれて伸びるガス流路を形成するセル(3)と
、を有する多孔質ハニカムフィルタ(1)であって、
上記第2セル壁は、上記第1セル壁よりも気孔率が小さく、
さらに、上記多孔質ハニカムフィルタの外周に筒状外皮(10)を有し、上記筒状外皮
の内側が上記第1セル壁及び上記第2セル壁によって複数の上記セルに区画されており、
上記筒状外皮の軸方向(Z)と直交方向における上記多孔質ハニカムフィルタの断面に
おいて、上記第1セル壁が占める断面積 S_a 及び上記第2セル壁が占める断面積 S_b が S_a
> S_b の関係を満足し、
上記第1セル壁の厚み T_1 と、上記第2セル壁の厚み T_2 とが、 $T_1 < T_2$ の関係を満足す
る、多孔質ハニカムフィルタにある。

20

【発明の効果】

【0009】

上記多孔質ハニカムフィルタは、第1セル壁と第2セル壁とを有する。第1セル壁には
排ガスが透過して、排ガス中のPMを捕集することができる。第1セル壁の気孔率を適宜
調整することにより、捕集率を高めたり、圧損の増大を防止したりすることができる。以
下、多孔質ハニカムフィルタのことを適宜「フィルタ」といい、「圧力損失」のことを適宜
「圧損」という。

30

【0010】

一方、第2セル壁は、排ガスを透過させる必要がなく、第1セル壁よりも気孔率が小さ
い。そのため、気孔率の小さくした第2セル壁によってフィルタの強度を実用上十分な程
度まで高めることが可能になる。

【0011】

このように、上記フィルタにおいては、第1セル壁及び第2セル壁にそれぞれ異なる機
能を持たせることができる。すなわち、第1セル壁においては圧損の増大を抑制しながら
、PMを捕集させ、第2セル壁においては実用上十分な強度を持たせることができる。

【0012】

以上のごとく、上記態様によれば、実用に耐えうる十分な強度を有し、低い圧損と高い
捕集率を兼ね備えることが可能な提供することができる。なお、特許請求の範囲及び課題
を解決する手段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、本発明の技術的範囲を限定するものではない。

40

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】実施形態1の多孔質ハニカムフィルタの斜視図。

【図2】実施形態1の多孔質ハニカムフィルタのYZ断面の部分拡大図。

【図3】実施形態1の多孔質ハニカムフィルタのXZ断面の部分拡大図。

【図4】実施形態1の多孔質ハニカムフィルタの流入端面の部分拡大図。

50

【図 5】実施形態 1 の多孔質ハニカムフィルタの流入端面寄りの位置における X Y 断面の部分拡大図。

【図 6】実施形態 1 の多孔質ハニカムフィルタの軸方向の中央位置における X Y 断面の部分拡大図。

【図 7】実施形態 1 の多孔質ハニカムフィルタの流出端面寄りの位置における X Y 断面の部分拡大図。

【図 8】実施形態 1 の多孔質ハニカムフィルタの流出端面の部分拡大図。

【図 9】実施形態 1 における傾斜壁の接続部の部分断面拡大図。

【図 10】実施形態 1 における傾斜壁の拡大断面図。

【図 11】実施形態 1 における平行壁の拡大断面図。

【図 12】実施形態 1 における傾斜構造体の斜視図。

【図 13】実施形態 1 における傾斜構造体の Y Z 平面断面図。

【図 14】実施形態 1 における、(a) 傾斜壁間の空間内に平行壁形成材料を充填した傾斜構造体の部分斜視図、(b) 傾斜壁間の空間内に充填された平行壁形成材料を部分的に硬化させて平行壁を形成した傾斜構造体の部分斜視図。

【図 15】実施形態 1 における、平行壁形成材料を硬化してなる平行壁を複数形成した傾斜構造体の部分斜視図。

【図 16】変形例 1 における、(a) 傾斜構造体の斜視図、(b) 傾斜構造体片の斜視図。

【図 17】変形例 1 における、(a) 傾斜構造体片と平行部形成用のグリーンシートとの積層する工程を示す説明図、(b) 傾斜構造体片とグリーンシートとの積層体からなるハニカム成形体の X Y 平面の部分拡大図。

【図 18】実施形態 2 の多孔質ハニカムフィルタの Y Z 平面断面図。

【図 19】実施形態 2 における曲線状に傾斜する傾斜壁の接続部の部分断面拡大図。

【図 20】実施形態 3 の多孔質ハニカムフィルタの Y Z 平面断面図。

【図 21】実施形態 4 の多孔質ハニカムフィルタの Y Z 平面断面図。

【図 22】実施形態 4 における傾斜壁の接続部の部分断面拡大図。

【図 23】実施形態 5 の多孔質ハニカムフィルタにおける端面の拡大図。

【図 24】実施形態 5 の多孔質ハニカムフィルタにおける、(a) Y Z 平面断面図、(b) X Z 平面断面図。

【図 25】実施形態 6 の多孔質ハニカムフィルタの端面における正面図。

【図 26】比較形態 1 の多孔質ハニカムフィルタの斜視図。

【図 27】比較形態 1 の多孔質ハニカムフィルタの軸方向と平行な面での断面図。

【図 28】実験例における、試料 E 2 の多孔質ハニカムフィルタにおける傾斜壁の断面を示す説明図。

【図 29】実験例における、各多孔質ハニカムフィルタの流入端面から軸方向における距離と壁透過流速との関係を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0014】

(実施形態 1)

多孔質ハニカムフィルタの実施形態について、図 1 ~ 図 15 を参照して説明する。図 1 に例示されるように、フィルタ 1 は、第 1 セル壁 2 1 と第 2 セル壁 2 2 とセル 3 とを有する。本明細書においては、第 1 セル壁 2 1 及び第 2 セル壁 2 2 のように、ガス流路となるセル 3 を囲む壁のことを、適宜セル壁という。

【0015】

第 1 セル壁 2 1 は、排ガスを透過させる多孔質のセル壁である。「第 1 セル壁」のことを以下適宜「透過セル壁」という。フィルタ 1 は、フィルタ 1 内に流入した排ガス G が透過セル壁 2 1 に透過されるように構成されている。排ガス G が透過セル壁 2 1 に透過されれば透過セル壁 2 1 の形成パターンは特に限定されるわけではない。

【0016】

10

20

30

40

50

非透過セル壁 2 2 は、透過セル壁 2 1 よりも排ガス G を透過しにくいセル壁である。「第 2 セル壁」のことを以下適宜「非透過セル壁」という。フィルタ 1 は、フィルタ 1 内に流入した排ガス G が非透過セル壁 2 2 に透過され難い、或いは実質的に透過されないように構成されている。排ガス G が非透過セル壁 2 2 に透過されなければ非透過セル壁 2 2 の形成パターンは特に限定されるわけではない。非透過セル壁 2 2 は、透過セル壁 2 1 よりも気孔率が小さい。非透過セル壁 2 2 は、多孔質であってもよいが、多孔質である必要はなく、非多孔体、すなわち緻密体であってもよい。

【 0 0 1 7 】

透過セル壁 2 1 及び非透過セル壁 2 2 の排ガスの透過性は、例えば次のようにして測定、比較することができる。まず、フィルタ 1 の透過セル壁 2 1、非透過セル壁 2 2 から板状の試験片をそれぞれ切り出す。次いで、各試験片によって隔てられた空間の一方を真空に保つ。この空間が低圧側である。また、各試験片によって隔てられた空間のもう一方に試験気体を導入する。この空間が高圧側である。高圧側空間への試験気体の導入後、低圧側空間の圧力増大の度合を測定することにより、試験片の気体透過度を測定することができる。その結果、透過セル壁 2 1 及び非透過セル壁 2 2 の透過性を測定、比較することができる。

【 0 0 1 8 】

図 1 に例示されるように、フィルタ 1 は、例えば円柱状であるが、楕円柱状、三角柱状、四角柱状などの他の柱状体であってもよい。フィルタ 1 は、例えば円筒状のような両端開口の筒状外皮 1 0 と、この筒状外皮 1 0 の内側を区画するセル壁 2 とを有する。筒状外皮 1 0 の軸方向がフィルタ 1 の軸方向 Z である。この軸方向 Z は、通常、ガス流路を形成するセル 3 の伸長方向、フィルタ 1 内に流入する排ガス G の流れ方向、フィルタ 1 から外部に流出する排ガス G の流れ方向、セル 3 内を流れる排ガス G の流れ方向等と一致する。

【 0 0 1 9 】

透過セル壁 2 1 を介して隣り合うセル 3 同士は、軸方向 Z の任意位置におけるガス流路断面積 S が相互に異なることが好ましい(図 5 ~ 図 7 参照)。これにより、透過セル壁 2 1 を挟んで隣接するセル 3 間に内圧差を発生させることができる。その結果、排ガス G が多孔質の透過セル壁 2 1 を透過し、透過セル壁 2 1 に P M が捕集される。具体的には後述するが、例えば軸方向 Z に対して傾斜する傾斜壁 2 1 1 を介して縮小セル 3 2 と拡大セル 3 3 とが相互に隣り合う配置構成にすることができる。図 5 ~ 図 7 に例示される断面において、密度の濃いドットハッチング領域と密度の薄いドットハッチング領域が透過セル壁 2 1 を介して隣り合っており、これらのハッチング領域の面積 S_1 、 S_2 が異なっている。この面積の相違が、透過セル壁 2 1 を介して隣り合うセル 3 同士のガス流路断面積 S が相互に異なることを意味する。

【 0 0 2 0 】

一方、非透過セル壁 2 2 を介して隣り合うセル 3 同士については、軸方向 Z の任意の位置におけるガス流路断面積 S を同じにすることができる。これにより、非透過セル壁 2 2 を挟んで隣接するセル 3 間に内圧差が発生しなくなる。その結果、排ガス G が非透過セル 2 2 を透過し難くなるか、あるいは実質的に非透過セル 2 2 を透過しなくなる。具体的には後述するが、例えば軸方向 Z に対して平行に伸びる平行壁 2 2 1 を介して縮小セル 3 2 同士、拡大セル 3 3 同士をそれぞれ隣接させる配置構成にすることができる。図 5 ~ 図 7 に例示される断面において、密度の濃いドットハッチング領域同士が非透過セル壁 2 2 を介して隣り合う各セル 3 のガス流路断面積の関係に相当する。密度の薄いドットハッチングの領域同士についても同様である。

【 0 0 2 1 】

図 1、図 2、図 4 ~ 図 9 に例示されるように、透過セル壁 2 1 は、例えば傾斜壁 2 1 1 によって形成することができる。傾斜壁 2 1 1 はセル 3 内の排ガス G の流れ方向に対して傾斜する。なお、図 1 は、フィルタの斜視図を示し、フィルタ内部のセル壁は本来図示されないが、説明の便宜のため一部の傾斜壁 2 1 1 の形成パターンを点線にて示してある。

【 0 0 2 2 】

一方、非透過セル壁 2 2 は、例えば図 3、図 4 ~ 図 8 に例示されるように、排ガス G の流れ方向に平行に伸びる平行壁 2 2 1 により形成することができる。

【 0 0 2 3 】

非透過セル壁 2 2 の気孔率を小さくすると、フィルタ 1 の強度を高めることができる。この場合には、軸方向 Z に直交する例えば Y 軸方向の強度保障ができればよく、非透過セル壁 2 2 によって形成される構造体がガス流の抵抗にならないように、できるだけその構造体の体積は小さいことが望ましい。そのため、非透過セル壁 2 2 を上述のように平行壁 2 2 1 によって形成し、平行壁 2 2 1 は軸方向 Z に対して平行であり、傾斜壁 2 1 に対して直行していることが好ましい。しかし、フィルタ 1 の要求仕様を満たす範囲であれば、非透過セル壁 2 2 は必ずしも軸方向 Z に平行でなくともよく、微小な傾斜や成形時や焼結時に形成されうる波状の部分を含んでいてもよい。

10

【 0 0 2 4 】

フィルタ 1 の軸方向 Z における両端面 1 1、1 2 におけるセル 3 の外縁形状は、三角形、正方形、長方形、六角形、八角形等の多角形にすることができる。セル 3 の形状は、円形、楕円形にすることも可能である。軸方向 Z に直交する断面におけるセル 3 の外縁形状も同様である。

【 0 0 2 5 】

セル 3 の外縁形状が多角形の場合には、各セル 3 を囲む複数のセル壁 2 のうち少なくとも 1 つのセル壁 2 を傾斜させて傾斜壁 2 1 1 とすることができる。セル 3 の外縁形状は、対向する二辺を有する多角形状が好ましい。そして、セル 3 を囲む対向する 2 つのセル壁 2 を傾斜させることにより一对の傾斜壁 2 1 1 を形成する好ましい。この場合には、傾斜壁 2 1 1 を通過する排ガス G の流速のばらつきを小さくして圧損をより小さくすることができる。同様の観点から、セル 3 の外縁形状は、図 1 に例示されるように四角形がより好ましく、対向する一对の傾斜壁 2 1 1 は、両者の壁面距離が両端面 1 1、1 2 のいずれか一方に向かうにつれて近づくように傾斜することがより好ましい。

20

【 0 0 2 6 】

以下、傾斜壁 2 1 1 よりなる透過セル壁 2 1 と、平行壁 2 2 1 よりなる非透過セル壁 2 2 を有するフィルタ 1 について、詳細に説明する。「平行壁」のことを、以下適宜「支持壁」という。なお、以下の説明において、Z 軸方向と直交し、かつ支持壁 2 2 1 の壁面と平行な方向を Y 軸方向とし、Z 軸方向及び Y 軸方向のいずれにも直交する方向を X 軸方向とする。また、X 軸と Y 軸とを有する平面でのフィルタ断面を X Y 断面、Y 軸と Z 軸とを有する平面でのフィルタ断面を Y Z 断面、X 軸と Z 軸とを有する平面でのフィルタ断面を X Z 断面とする。

30

【 0 0 2 7 】

図 2 は、排ガス G の流れ方向に対して平行な Y Z 平面、具体的には、フィルタ 1 の軸方向 Z、及び支持壁 2 2 1 の壁面と平行な Y 軸方向を含む平面でのフィルタ 1 の断面を示す。図 2 に例示されるように、透過セル壁 2 1 は、軸方向 Z に対して傾斜して伸びる傾斜壁 2 1 1 を有する。傾斜壁 2 1 1 は、軸方向 Z に対して傾斜しているため、軸方向 Z と傾斜壁 2 1 1 の傾斜方向 D s 1、D s 2 とは交わる。図 2 において、傾斜方向 D s 1、D s 2 は傾斜壁 2 1 1 の斜面方向である。各傾斜壁 2 1 1 は、その Y 座標位置が軸方向 Z に対して例えば連続的に変化する。対向する一对の傾斜壁 2 1 1 は、例えば両者の Y 座標位置が両端面 1 1、1 2 のいずれか一方に向かってそれぞれ近づくように連続的に傾斜する。

40

【 0 0 2 8 】

傾斜壁 2 1 1 は、図 2 に例示されるようにセル壁 2 の伸長方向全体に形成されていてもよいが、後述の実施形態 3 に示すように、部分的に形成されていてもよい。傾斜壁 2 1 1 は、軸方向 Z に対して外観上傾斜していればよく、傾斜壁 2 1 1 の軸方向 Z に対する傾斜角度は、特に限定されるわけではないが例えば 0 . 9 ° 以上が好ましい (図 9 参照)。傾斜角度の上限は、例えば 3 0 ° 未満である。傾斜角度はフィルタ 1 の寸法、所望の圧損や捕集率等に応じて適宜調整可能である。各傾斜壁 2 1 1 の傾斜角度は、本実施形態のように一定にしてもよいが変化させてもよい。

50

【 0 0 2 9 】

図 2 に例示されるように、透過セル壁 2 1 として、連続的かつ直線的に傾斜する傾斜壁 2 1 1 を形成することができる。図示を省略するが、傾斜が断続的であったり、傾斜角度が段階的に変化したりする傾斜壁を形成することもできる。

【 0 0 3 0 】

図 2 に例示されるように、透過セル壁 2 1 は、対向する少なくとも一对の傾斜壁 2 1 1 を有することが好ましい。また、これら一对の傾斜壁 2 1 1 の傾斜方向 $Ds1$ 、 $Ds2$ は、軸方向 Z に対して対称であることが好ましい。この場合は、軸方向 Z の所定位置において、一对の傾斜壁 2 1 1 をそれぞれ通過する排ガス G の流速のばらつきを小さくすることができる。そのため、圧損をより小さくすることができる。また、一对の傾斜壁 2 1 1 にそれぞれ捕集される PM 量のばらつきが小さくなる。そのため、フィルタ 1 の加熱時における温度のばらつきを小さくすることができる。傾斜方向 $Ds1$ 、 $Ds2$ は、軸方向 Z に対して非対称にすることも可能である。

10

【 0 0 3 1 】

また、図 2 に例示されるように、傾斜壁 2 1 1 の軸方向 Z に対する傾斜方向 $Ds1$ 、 $Ds2$ は例えば交互に逆である。傾斜方向 $Ds1$ 、 $Ds2$ が交互に逆とは、図 2 に例示されるように対向する一对の傾斜壁 2 1 1 の傾斜方向 $Ds1$ 、 $Ds2$ の交点 P_1 、 P_2 が、交互に Z 軸方向における反対側に位置することを意味する。

【 0 0 3 2 】

図 3 は、排ガス G の流れ方向に平行な XZ 平面、具体的には、支持壁 2 2 1 の壁面と直交する平面でのフィルタ 1 の断面を示し、支持壁 2 2 1 よりなる非透過セル壁 2 2 の断面が示されている。図 3 に例示されるように、非透過セル壁 2 2 は、例えば軸方向 Z に対して平行に伸びる支持壁 2 2 1 よりなる。各支持壁 2 2 1 は、その X 座標位置が軸方向 Z に対して変化せず、例えば一定である。支持壁 2 2 1 も、上述の傾斜壁 2 1 1 と同様に、対向する一对のセル壁 2 に形成することができる。軸方向 Z に対して平行に伸びる支持壁 2 2 は、その全体が外観上軸方向 Z に対して平行であればよく、微小な傾斜や成形時や焼結時に形成されうる波状の部分を含んでいてもよい。

20

【 0 0 3 3 】

図 1、図 4 ~ 図 8 に例示されるように、フィルタ 1 の端面 1 1、1 2 や XY 断面において、支持壁 2 2 1 は、傾斜壁 2 1 1 と直交することが好ましい。この場合には、フィルタの強度をより向上させることができる。なお、図 5 は、軸方向 Z における中央と流入端面 1 1 との中間位置におけるフィルタ 1 の XY 断面を流入端面 1 1 側から示す図である。図 5 の XY 断面の軸方向 Z における位置及び向きは、図 2 における $V-V$ 線及び矢印でそれぞれ示される。図 6 は、軸方向 Z の中央位置におけるフィルタ 1 の XY 断面を流入端面 1 1 側から示す図である。図 6 の XY 断面の軸方向 Z における位置及び向きは、図 2 における $VI-VI$ 線及び矢印でそれぞれ示される。図 7 は、軸方向 Z における中央と流出端面 1 2 との中間位置におけるフィルタ 1 の XY 断面を流入端面 1 1 側から示す図である。図 7 の XY 断面の軸方向 Z における位置及び向きは、図 2 における $VII-VII$ 線及び矢印でそれぞれ示される。

30

【 0 0 3 4 】

図 4 ~ 図 8 に例示されるように、フィルタ 1 は、軸方向 Z の両端に排ガス G の流入端面 1 1 と流出端面 1 2 とを有する。そして、セル 3 は、流入端面 1 1 から流出端面 1 2 に向けてセル 3 内のガス流路断面積 S が小さくなる縮小セル 3 2 と、流入端面 1 1 から流出端面 1 2 に向けてセル 3 内のガス流路断面積 S が大きくなる拡大セル 3 3 とを有する。縮小セル 3 2 と拡大セル 3 3 とは、1 つの傾斜壁 2 1 1 を共有して相互に隣り合って配置されていることが好ましい。この場合には、排ガス G が縮小セル 3 2 に流入し、共有の傾斜壁 2 1 1 を通過して隣接の拡大セル 3 3 から排出され易くなり、 PM 捕集率を向上させ、捕集率のばらつきを小さくすることができる。なお、図 4 ~ 図 8 においては、縮小セル 3 2 のガス流路断面積を S_1 とし、拡大セル 3 3 のガス流路断面積を S_2 とする。ガス流路断面積 S_1 は、軸方向 Z と直交する断面における縮小セル 3 2 の面積であり、ガス流路断面積

40

50

S_2 は、軸方向Zと直交する断面における拡大セル33の面積である。

【0035】

縮小セル32は、ガス流路断面積 S_1 が一定の領域と、ガス流路断面積 S_1 が小さくなる領域とを含んで、ガス流路断面積 S_1 が段階的に小さくなっていてもよい。同様に、拡大セル33においては、ガス流路断面積 S_2 が段階的に大きくなっていてもよい。

【0036】

図2、図4～図8に例示されるように、縮小セル32と拡大セル33とは、XY平面におけるY軸方向に交互に形成されており、Y軸方向において互いに隣り合っている。一方、XY平面におけるX軸方向においては、縮小セル32同士、又は拡大セル33同士が隣りあっている。このような縮小セル32と拡大セル33の配置構成を採用することにより、対向する傾斜壁211が軸方向Zの端面11、12で交差、一体化される。各傾斜壁211がそれぞれ端面11、12で接続されることにより、傾斜壁211のみで一体の構造体を形成することができる。そのため、後述のように例えば押出成形を用いたフィルタの製造が可能になり、フィルタ1の量産性の向上が可能になる。

【0037】

また、図2、図4～図8に例示されるように、縮小セル32と拡大セル33は、1つの傾斜壁211を共有して相互に隣り合って配置されている。これにより、図5～図7に例示されるように、傾斜壁211を介して隣り合う縮小セル32と拡大セル33は、これらのガス流路断面積 S_1 、 S_2 が相互に異なる領域を有することとなる。この場合には、傾斜壁211を介して隣接する縮小セル32と拡大セル33との間に内圧差が発生し、傾斜壁211に排ガスGを透過させることができる。

【0038】

さらに、図3、図5～図7に例示されるように、縮小セル32同士及び拡大セル33同士は支持壁221を介して隣接させることができる。これにより、図5～図7に例示されるように、軸方向Zの任意の位置において、支持壁221を介して隣り合う縮小セル32同士のガス流路断面積 S_1 が互いに同じになり、支持壁221を介して隣り合う拡大セル33同士のガス流路断面積 S_2 も同じになる。この場合には、縮小セル32と拡大セル33との間には内圧差が発生せず、支持壁221には排ガスGが透過し難くなるか、或いは実質的に透過しなくなる。

【0039】

図2、図4に例示されるように、流入端面11においては、縮小セル32のガス流路断面積 S_1 が最大になり、縮小セル32は、流入端面11において開口していることが好ましい。一方、拡大セル33のガス流路断面積 S_2 は、流入端面11において最小になり、拡大セル33の対向する2つの傾斜壁211は、流入端面11において直接接続して流入側接続部214が形成されていることが好ましい。この場合には、拡大セル33は流入端面11で閉塞しており、ガス流路断面積 S_2 は流入端面11の流入側接続部214において0となる。そのため、流入端面11において、排ガスGが流入する流入セルとなる縮小セル32の開口面積が大きくなり、圧損をより小さくすることができる。

【0040】

図2、図8に例示されるように、流出端面12においては、縮小セル32のガス流路断面積 S_1 が最小になり、縮小セル32は、対向する2つの傾斜壁211は、流出端面12において直接接続して流出側接続部213が形成されていることが好ましい。この場合には、縮小セル32は流出側接続部213により閉塞し、ガス流路断面積 S_1 は流出端面12の流出側接続部213において0とすることができる。一方、拡大セル33のガス流路断面積 S_2 は、流出端面12において最大になり、流出端面12において拡大セル33を開口させることができる。

【0041】

対向する一対の傾斜壁211の傾斜角度を適宜調整することにより、上述のように、流出端面11又は流入端面12のいずれかにおいて傾斜方向を交わらせことができる。この場合には、傾斜方向が交わる流出端面11又は流入端面12において、一対の傾斜壁2

10

20

30

40

50

11を直接接続させることができる。

【0042】

各セル壁2及び両端面11、12に囲まれる各セル3の形状は、X軸方向が高さ方向となる三角柱となる。縮小セル32と拡大セル33とはY軸方向、すなわち、支持壁221の壁面と平行方向で、軸方向Zと直交する方向に隣り合い、交互に配置されている。隣り合う縮小セル32と拡大セル33は、1つの傾斜壁211を共有する。

【0043】

フィルタ1は、コーゼライト、SiC、チタン酸アルミ、セリア-ジルコニア固溶体、アルミナ、ムライト等のセラミックス材料により形成される。熱膨張係数が小さく、耐熱衝撃性に優れるという観点から、コーゼライトが好ましい。

10

【0044】

傾斜壁211よりなる透過セル壁21と、支持壁221よりなる非透過セル壁22は、同じ材料から形成されていてもよいが、異なる材料により形成することもできる。例えば、透過セル壁21をコーゼライトのようなセラミックスにより形成し、非透過セル壁22を金属により形成することも可能である。好ましくは、透過セル壁21及び非透過セル壁22の両方がコーゼライト結晶相を主成分とするセラミックスよりなることが好ましい。この場合には、透過セル壁21と非透過セル壁22との熱膨張差を小さくすることができるため、クラック等の不具合の発生を防止できる。

【0045】

透過セル壁21及び非透過セル壁22の気孔率は、これらの原料組成や各原料粉末の粒径などを調整することにより変更可能である。気孔率は、水銀圧入法による水銀ポロシメータを用いて比較、測定することができる。水銀ポロシメータには、例えば島津製作所製のオートポアIV9500を用いることができる。

20

【0046】

非透過セル壁22は、透過セル壁21よりも単位厚み当たりの強度が高い材質によって形成されることが好ましい。この場合には、非透過セル壁22による強度向上効果がより増大する。単位厚み当たりの強度は、例えば、JIS R1601:2008「ファインセラミックスの曲げ強さ試験方法」に則り、支点2点と荷重点1点の3点曲げ強さ評価により測定し、比較することができる。

【0047】

図10及び図11に例示されるように、透過セル壁21及び非透過セル壁22には、排ガス浄化触媒4を担持することができる。触媒4としては、例えば貴金属を含有する三元触媒がある。触媒性能に優れるという観点から、貴金属としては、Pt、Rh、及びPdのうちの少なくとも1種が好ましい。

30

【0048】

図10に例示されるように、透過セル壁21においては、触媒4が内部に担持されている。透過セル壁21は、気孔率が高いため、触媒4は透過セル壁21の表面だけでなく内部にも担持される。具体的には、透過セル壁21は、大きな細孔219を多数有するため、透過セル壁21内における細孔219に面する壁面にも触媒4が担持される。細孔219は、透過セル壁を通過する排ガスの流路となる。PMの捕集率の向上、及び圧損の低減という観点から、透過セル壁の気孔率は、例えば40～70%の範囲にすることができる。

40

【0049】

一方、図11に例示されるように、気孔率の低い支持壁221よりなる非透過セル壁22においては、触媒4は、内部には担持されず、ガス流路に面する表面228に担持される。非透過セル壁22は、排ガスが透過しないセル壁であるため、支持壁221の内部にまで触媒4を担持させる必要もない。透過セル壁21においては、内部まで触媒が担持される程度まで気孔率を高め、非透過セル壁22においては、表面228に触媒が担持される程度まで気孔率を低下させることができる。フィルタ1の強度をより向上させるという観点から、非透過セル壁の気孔率は、45%以下であることが好ましく、30%以下であ

50

ることがより好ましい。非透過セル壁は、緻密体であってもよく、非透過セル壁の気孔率は0であってもよい。

【0050】

触媒の担持は、公知の方法によって行うことができる。例えば排ガス浄化触媒又はその前駆体を含む液体中にフィルタを浸漬し、その後フィルタに触媒を焼き付ける方法がある。

【0051】

傾斜壁211と支持壁221とを有するフィルタ1は、例えば次のようにして製造される。まず、シリカ、水酸化アルミニウム、タルク等の原料粉末を、コーゼライト組成となるように配合したコーゼライト化原料を準備する。コーゼライト化原料としては、
10
その他にもカオリン、アルミナ等を用いることもできる。コーゼライト化原料は、焼成後の最終的な組成が、例えば SiO_2 : 47~53質量%、 Al_2O_3 : 32~38質量%、 MgO : 12~16質量%となるように、原料粉末の組成を調整することができる。

【0052】

次に、粉末状のコーゼライト化原料に、水、メチルセルロースを加えて混練し、粘土状の坏土を得る。坏土には、増粘剤、分散剤、有機バインダ、造孔材、界面活性剤等を添加することもできる。この坏土を傾斜壁形成用坏土という。

【0053】

次に、傾斜壁形成用坏土を押出成形して、図12及び図13に例示されるように、蛇腹状の傾斜構造体200を得る。押出方向は、軸方向Zの直交方向である。具体的には、図
20
13に例示される傾斜構造体200のYZ平面体を、X軸方向に押し出す。YZ平面体は、蛇腹断面状平面体、波状平面体、連結V字状平面体等ということもできる。X軸方向は、図13における紙面と直交方向であり、焼成後に形成される傾斜壁211の接続部213、214の伸長方向である。このように、YZ平面体をX軸方向に押し出すことにより、押出成形によって傾斜構造体200を得ることができる。その結果、傾斜構造体200の量産性が向上し、多孔質ハニカムフィルタの生産性が高まる。

【0054】

図12及び図13に例示されるように、傾斜構造体200は、後述の焼成後に傾斜壁を構成する多数の傾斜部201を有する。隣り合う一対の傾斜部201は、接続部213、214に向けて相互に近づくように傾斜する。隣り合う傾斜部201は、傾斜方向Ds1
30
、Ds2が相互に異なる。本形態において、一対の傾斜部201の傾斜方向は、軸方向Zに対して対称であり、傾斜角も対称である。傾斜構造体200においては、傾斜部201が軸方向Zの端部においてそれぞれ接続して接続部213、214を形成している。接続部213、214は、押出方向であるX軸方向に伸びる。

【0055】

したがって、隣り合う2つの傾斜部201は、互いに対向し、各接続部213、214において軸方向Zを軸として対称構造になる。その結果、図13に例示されるように、傾斜構造体200のYZ断面は、V字が連続的に横に連なった連続V字形状となっている。傾斜構造体の軸方向Zの長さは、焼成後の収縮などを考慮しなければ、多孔質ハニカムフィルタの軸方向の長さとも一致する。
40

【0056】

次いで、マイクロ波乾燥によって、傾斜構造体200を乾燥、収縮させる。その後、図示を省略するが、所望の円柱形状のフィルタ1の直径よりも大きな長さになるように傾斜構造体200を切断する。

【0057】

次に、傾斜構造体200に対して平行壁形成材料を一体的に成形する。これにより、傾斜構造体200に平行部202を形成し、ハニカム成形体を得る。具体的には、粉末状のコーゼライト化原料と、粉末状の光硬化性樹脂とを混合することにより、平行壁形成材料を得る。光硬化性樹脂の量は、後述のレーザ照射により平行壁形成材料の硬化が可能であれば、できるだけ少ないことが好ましい。この場合には、支持壁の緻密性を高めること
50

ができる。

【 0 0 5 8 】

次に、図 1 4 (a) に例示されるように、傾斜構造体 2 0 0 の押出方向を鉛直方向に配置する。押出方向は、上述のとおり X 軸方向であり、接続部 2 1 3、2 1 4 の伸長方向でもある。このとき、傾斜構造体 2 0 0 の Y 軸方向及び Z 軸方向は水平方向となる。

【 0 0 5 9 】

次いで、傾斜構造体 2 0 0 の傾斜壁 2 1 1 間の空間 S p 内に、鉛直方向における所定高さまで平行壁形成材料 2 2 0 を充填する。そして、空間 S p 内の平行壁形成材料 2 2 0 にレーザ光 L S を例えば鉛直方向に照射する。照射は、例えば鉛直方向の上から下に向けて行うことができる。この照射により、図 1 4 (b) に例示されるように、平行壁形成材料 2 2 0 を照射面から所定の厚みまで硬化させ、平行部 2 0 2 を形成することができる。硬化させる厚みは、所望の支持壁 2 2 1 の厚みに応じて適宜調整することができる。

10

【 0 0 6 0 】

次いで、図 1 5 に例示されるように、平行部 2 0 2 の上に、鉛直方向における所定高さまで平行壁形成材料 2 2 0 をさらに充填する。次いで、この平行壁形成材料 2 2 0 に鉛直方向にレーザ光 L S を照射し、平行壁形成材料 2 2 0 を硬化させて平行部 2 0 2 をさらに形成する。このように、平行壁形成材料 2 2 0 の充填とレーザ光 L S の照射による硬化とを繰り返し行うことにより、所定の間隔を空けて平行部 2 0 2 を形成することができる。

【 0 0 6 1 】

次いで、傾斜壁 2 1 1 間の空間 S p 内に残留する未硬化の平行壁形成材料 2 2 0 を空間 S p 内から排出させて除去する。未硬化の平行壁形成材料の除去は、全ての平行部 2 0 2 の形成後に行っても、各平行部 2 0 2 の形成後に行ってもよい。このようにして、傾斜構造体 2 0 0 における各傾斜部 2 0 1 間に、傾斜部 2 0 1 に直交する平行部 2 0 2 を一体的に形成し、ハニカム成形体を得る。平行壁形成材料 2 2 0 は、例えばハニカム成形体を傾けることにより、端面 1 1、1 2 におけるセル 3 の開口部から容易に除去させることができる。さらに、エアブロー等を併用して除去してもよい。

20

【 0 0 6 2 】

平行部 2 0 2 の形成にあたっては、例えば 3 D プリンタを利用することができる。3 D プリンタの利用においては、本形態のように、光硬化性樹脂を含有する平行壁形成材料 2 2 0 を用いてもよいが、光硬化性樹脂を含有しない平行壁形成材料 2 2 0 を用いることも可能である。この場合には、レーザ光 L S の光源として、例えばコージェライトが吸収可能な短波長の高エネルギーなものを選択することができる。そして、レーザ光 L S の照射によりコージェライト化原料が発熱し、コージェライト原料を少なくとも部分的に焼結させることにより硬化させることができる。短波長のレーザ光の照射には、例えばフェムト秒レーザを用いることができる。

30

【 0 0 6 3 】

次いで、図示を省略するが、ハニカム成形体を円柱形状にくり抜いた後、セメンティングにより外周に円筒状の外皮を形成する。これにより、円柱状のハニカム成形体を得ることができる。この円柱状のハニカム成形体を焼成することにより、図 1 に例示されるフィルタ 1 を得ることができる。焼成により、傾斜部 2 0 1 は傾斜壁 2 1 1 になり、平行部 2 0 2 は支持壁 2 2 1 になる。

40

【 0 0 6 4 】

フィルタ形状、セル形状などは、適宜変更可能である。また、セルピッチ、セル壁の厚み、傾斜壁の傾斜角度、フィルタの長さ、幅などの寸法も適宜変更可能である。

【 0 0 6 5 】

本実施形態のフィルタ 1 は、図 1 ~ 図 9 に例示されるように、セル壁 2 として透過セル壁 2 1 と非透過セル壁 2 2 とを有する。透過セル壁 2 1 は排ガス G を透過し、排ガス G 中の P M を捕集することができる。透過セル壁 2 1 は、例えば傾斜壁 2 1 1 のようにセル壁を軸方向 Z に対して傾斜させることにより形成できる。透過セル壁 2 1 の気孔率を適宜調整することにより、捕集率を高めたり、圧損の増大を防止したりすることができる。

50

【0066】

一方、非透過セル壁22は、排ガスGを透過させる必要がなく、透過セル壁21よりも気孔率が小さい。そのため、透過セル壁21に対して相対的に非透過セル壁22の数を減らしても、気孔率の小さな非透過セル22によってフィルタの強度を実用上十分な程度まで高めることができる。非透過セル壁22は、傾斜壁よりも気孔率が小さく緻密であり、例えば軸方向Zに対して平行に伸びる支持壁221により形成することができる。

【0067】

このように、フィルタ1においては、透過セル壁21及び非透過セル壁22にそれぞれ異なる機能を持たせることができる。透過セル壁21においては圧損の増大を抑制しながら、PMを捕集させ、非透過セル壁22においては実用上十分な強度を持たせることができる。

10

【0068】

フィルタ1においては、その効果を損ねない範囲内において、種々の変形が可能である。例えば、本形態のフィルタ1において、各セル3を構成する一対の傾斜壁211は、接続部213、214を通る軸方向Zに関して対称であるが、非対称であってもよい。傾斜壁211の軸方向Zに対する傾斜角は、本形態のように傾斜の向きを交互に変えて一定であってもよいが、不定であってもよい。

【0069】

また、本形態のフィルタ1においては、対向する傾斜壁211は、両端面11、12のいずれか一方において接続しているが、端面11、12において傾斜壁211が接続せず、セル3が端面11、12において開口していてもよい。この場合においても、各セル3が傾斜壁211を有するため、縮小セル32の流入端面11のセルの開口面積は、流出端面12よりも大きくなり、拡大セルの流入端面11のセルの開口面積は、流出端面12よりも小さくなる。捕集率を高めるという観点から、対向する傾斜壁211は、軸方向の任意の箇所において直接接続されるか、あるいは後述のように連結部材により連結され、各セル32、33は閉塞していることが好ましい。

20

【0070】

また、フィルタ1の製造に用いられる傾斜構造体200は、生産性の観点からは、本形態のように押出成形による作製が好ましいが、例えば射出成形、3Dプリンタなどによる成形も可能である。成形体全体を3Dプリンタ等により製造することも可能である。

30

【0071】

(変形例1)

本例においては、製造方法の変形例について説明する。実施形態1においては、傾斜構造体の作製後、平行壁形成材料の充填及びレーザ照射により支持壁を形成する例について説明した。本例においてはグリーンシートを用いて支持壁を形成する例について説明する。なお、本例以降において用いられる符号のうち、既出の実施形態等において用いた符号と同一のものは、特に示さない限り、既出の実施形態等におけるものと同様の構成要素等を表す。

【0072】

図16(a)に例示されるように、まず、実施形態1と同様に、傾斜構造体200を作製する。次いで、傾斜構造体200をX軸方向と直交する断面、すなわちYZ断面で切断する。切断は、所望の支持壁221の形成ピッチと例えば同じ幅で行うことができる。このようにして、図16(b)に例示される傾斜構造体片209を複数切り出す。傾斜構造体片209の形状は、X軸方向の幅が小さい点を除いて傾斜構造体200と同じである。

40

【0073】

次いで、コージェライト化原料と、有機溶媒と、ブチラル系バインダとを混合することにより、スラリー状の平行壁形成材料を作製する。この平行壁形成材料をドクターブレード法にて所定厚みのシート状に成形することにより、未焼成のシート状成形体を得る。シート状成形体を、以下グリーンシートという。グリーンシートの厚みは、焼成後に所望の厚みの支持壁221が形成されるように適宜調整することができる。

50

【 0 0 7 4 】

次に、図 1 6 (b) 及び図 1 7 (a) に例示されるように、傾斜構造体片 2 0 9 の切断面 2 0 3 とグリーンシート 2 2 5 のシート面 2 2 6 とが当接するように交互に積層する。傾斜構造体片 2 0 9 の切断面 2 0 3 は、図 1 6 (b) における Y Z 面であり、蛇腹断面状の面である。このグリーンシート 2 2 5 が実施形態 1 における平行部 2 0 2 に相当し、焼成後に支持壁 2 2 1 となる。

【 0 0 7 5 】

積層時には、傾斜構造体片 2 0 9 とグリーンシート 2 2 5 との当接面に、例えば有機溶剤を塗布しておくことが好ましい。この場合には、傾斜構造体片 2 0 9 とグリーンシート 2 2 5 との接着性が向上し、焼成時や焼成後にクラックが発生したり、セル壁が部分的に変形したりすることを防止することができる。

10

【 0 0 7 6 】

接着性をより向上させるという観点からは、有機溶剤としては、グリーンシート 2 2 5 の作製時に用いたものと同様又は類似のものを用いることが好ましい。有機溶剤の塗布は、例えばスプレーにより行うことができる。また、有機溶剤の塗布は、傾斜構造体片 2 0 9 の切断面 2 0 3 に対して行うことができる。また、傾斜構造体片 2 0 9 とグリーンシート 2 2 5 とを熱圧着により接合させてもよい。この場合にも、クラックの発生や変形を防止することができる。

【 0 0 7 7 】

このように、多数の傾斜構造体片 2 0 9 と多数のグリーンシート 2 2 5 とをそれぞれ交互に積層する。これにより、図 1 7 (b) に例示されるように傾斜構造体片 2 0 9 とグリーンシート 2 2 5 との積層体からなるハニカム成形体を得ることができる。その後は、実施形態 1 と同様の操作を行うことにより、実施形態 1 と同様のフィルタ 1 を得ることができる。

20

【 0 0 7 8 】

(実施形態 2)

次に、傾斜壁が軸方向の両末端側に曲線的に傾斜する多孔質ハニカムフィルタの実施形態について説明する。図 1 8 及び図 1 9 に例示されるように、本形態のフィルタ 1 は、透過セル壁 2 1 となる傾斜壁 2 1 1 が軸方向 Z の流入端面 1 1 側又は流出端面 1 2 側にそれぞれ湾曲している。

30

【 0 0 7 9 】

本形態のフィルタ 1 は、実施形態 1 と同様に X Y 断面の外縁形状が四角形のセル 3 を有する。対向する一对のセル壁 2 が傾斜壁 2 1 1 によって形成されており、対向する残りの一对のセル壁 2 が支持壁 2 2 1 によって形成されている (図 1 参照) 。図 1 8 に例示されるように対向する 2 つの傾斜壁 2 1 1 は、軸方向 Z の中央部分においては直線的に傾斜しているが、図 1 8 及び図 1 9 に例示されるように、流入端面 1 1 側、流出端面 1 2 側に向けて曲線的に傾斜する。

【 0 0 8 0 】

より具体的には、軸方向 Z に伸びる傾斜壁 2 1 1 は、流入端面 1 1 側に向けて曲線的に傾斜する流入側曲線傾斜領域 A c f と、流出端面 1 2 側に向けて曲線的に傾斜する流出側曲線傾斜領域 A c r とを有する。縮小セル 3 2 においては、一对の傾斜壁 2 1 1 が流出側曲線傾斜領域 A c r において接続して流出側接続部 2 1 3 が形成されている。一方、拡大セル 3 3 においては、一对の傾斜壁 2 1 1 が流入側曲線傾斜領域 A c f において接続して流入側接続部 2 1 4 が形成されている。その結果、流入側接続部 2 1 4 及び流出側接続部 2 1 3 は湾曲構造になっている。流入側曲線傾斜領域 A c f と流出側曲線傾斜領域 A c r との間の傾斜壁 2 1 1 は、直線的に傾斜する。

40

【 0 0 8 1 】

上記のように傾斜壁 2 1 1 が両端面 1 1 、 1 2 側に湾曲しているため、傾斜壁 2 1 1 の接平面 P と軸方向 Z とのなす角 θ が軸方向の両端面 1 1 、 1 2 に向かって大きくなる。具体的には、図 1 8 に例示されるように、軸方向 Z のより端面 1 1 、 1 2 側における接平面

50

P_2 と軸方向 Z とのなす角 θ_2 と、接平面 P_2 よりも軸方向 Z の内部における接平面 P_1 と軸方向 Z とのなす角 θ_1 とが $\theta_1 < \theta_2$ の関係を満足する。

【0082】

本形態のように、傾斜壁211は、曲面を有していてもよく、図18及び図19に例示されるように YZ 断面において傾斜壁211が曲線状に傾斜して湾曲している場合には、傾斜壁211を通過する排ガスの流速のバラツキをより小さくすることができる。後述の実験例で示すように、実施形態1及び後述の実施形態3のフィルタ1に比べて、最もばらつきが小さくなる。そのため、圧損を十分に低下させつつ、優れた捕集率を示すことができる。

【0083】

また、図18に例示されるように、曲線状に傾斜する一対の傾斜壁211は、傾斜方向が軸方向 Z に対して対称であり、流入端面11で接続する。その結果、流入側曲線傾斜領域 A_{cf} においては、セル3のガス流路断面積が流入端面11側に向かうにつれて増大し、その増大量も流入端面11側に向かうにつれて大きくなる。流出側曲線傾斜領域 A_{cr} 側についても同様である。したがって、流入端面11及び流出端面12におけるセル3の開口面積がより大きくなり、その結果圧損をより小さくできると考えられる。なお、曲線状に傾斜する傾斜壁の傾斜方向は、接線方向のことを意味する。したがって、傾斜方向が軸方向に対して対称であることは、曲線状の傾斜壁上における各接線が対称であることを意味するが、厳密に全ての接線が対称でなくとも外観上実質的に対称であればよい。

【0084】

また、図18においては、流入側曲線傾斜領域 A_{cf} と流出側曲線傾斜領域 A_{cr} との間が直線状に傾斜する傾斜壁の例を示したが、直線状に傾斜する領域は必ずしも必要なわけではない。図示を省略するが、フィルタの YZ 断面において、例えば傾斜壁における軸方向の中央に変曲点を設けることにより、傾斜方向が軸方向に対して互いに対称な流入側曲線傾斜領域 A_{cf} と流出側曲線傾斜領域 A_{cr} とが変曲点において連結された傾斜壁を形成することも可能である。その他の構成及び作用効果は、実施形態1と同様である。

【0085】

(実施形態3)

次に、傾斜壁が流入端面及び流出端面よりも軸方向の内側において接続して閉塞した多孔質ハニカムフィルタの実施形態について説明する。上述の実施形態においては、透過セル壁21となる傾斜壁211が軸方向 Z の両端面11、12において接続してセル3が閉塞していたが、本形態においては、図20に例示されるように、対向する一対の傾斜壁211が軸方向 Z における両端面11、12よりも内側において接続してセル3が閉塞したフィルタ1について説明する。

【0086】

本形態のフィルタ1は、実施形態1と同様に、 XY 断面の外縁形状が四角形のセル3を有する。対向する一対のセル壁2が軸方向 Z に対して傾斜する傾斜壁211を有し、対向する残りの一対のセル壁2が軸方向 Z に対して平行に伸びる支持壁221によって形成されている(図1参照)。図20に例示されるように、軸方向 Z に伸びる一対の傾斜壁211は、流入端面11又は流出端面12よりも軸方向 Z の内側において接続して接続部213、214が形成されている。

【0087】

図20に例示される本形態のフィルタ1について、傾斜壁211を含み軸方向 Z の両端面11、12まで伸びる一続きのセル壁2に着目して説明する。このセル壁2は、軸方向 Z の中央において流入側接続部214と流出側接続部214との間に形成された傾斜壁211を有する。さらに、上述の一続きのセル壁2は、傾斜壁211の流入側に連なると共に軸方向 Z に対して平行に伸びる流入側平行壁215と、傾斜壁211の流出側に連なると共に軸方向 Z に対して平行に伸びる流出側平行壁216とを有する。傾斜壁211、流入側平行壁215、及び流出側平行壁216は、組成や気孔率などがそれぞれ異なる構成部材によって形成することができる。実施形態1又は変形例1と同様に押出成形により生

10

20

30

40

50

産性良く傾斜構造体を製造するためには、傾斜壁 2 1 1、流入側平行壁 2 1 5、及び流出側平行壁 2 1 6 は、同じ構成部材からなることが好ましい。

【 0 0 8 8 】

また、縮小セル 3 2 及び拡大セル 3 3 を囲むセル壁の観点から本形態のフィルタ 1 を説明する。流入端面 1 1 から排ガス G が流入する縮小セル 3 2 は、対向する一対の傾斜壁 2 1 1 と、各傾斜壁 2 1 1 の流入側に連なると共に軸方向 Z に対して平行に伸びる一対の流入側平行壁 2 1 5 とを有する。縮小セル 3 2 における一対の傾斜壁 2 1 1 は、流出端面 1 2 側に向けて互いに近づくように傾斜し、流出端面 1 2 よりも軸方向 Z の内側において接続する。図 2 0 に例示されるように一対の傾斜壁 2 1 1 が例えば直接接続することにより流出側接続部 2 1 3 が形成され、縮小セル 3 2 が閉塞している。流出側接続部 2 1 3 は例えば軸方向 Z における流出端面 1 2 寄りに形成することができる。流出側接続部 2 1 3 よりも流出端面 1 2 側には、接続した傾斜壁 2 1 1 が 1 つのセル壁となって軸方向 Z に平行に伸びる流出側平行壁 2 1 6 が形成されている。

10

【 0 0 8 9 】

流出端面 1 2 から排ガス G が排出する拡大セル 3 3 は、対向する一対の傾斜壁 2 1 1 と、各傾斜壁 2 1 1 の流出側に連なると共に軸方向 Z に対して平行に伸びる一対の流出側平行壁 2 1 6 とを有する。拡大セル 3 3 における一対の傾斜壁 2 1 1 は、流入端面 1 1 側に向けて互いに近づくように傾斜し、流入端面 1 1 よりも軸方向 Z の内側において接続する。図 2 0 に例示されるように、一対の傾斜壁 2 1 1 が例えば直接接続することにより流入側接続部 2 1 4 が形成され、拡大セル 3 3 が閉塞している。流入側接続部 2 1 4 は例えば軸方向 Z における流入端面 1 1 寄りに形成することができる。流入側接続部 2 1 4 よりも流入端面 1 1 側には、接続した傾斜壁 2 1 1 が 1 つのセル壁となって軸方向 Z に平行に伸びる流入側平行壁 2 1 5 が形成されている。

20

【 0 0 9 0 】

縮小セル 3 2 及び拡大セル 3 3 において、対向する一対の傾斜壁 2 1 1 の傾斜方向は、軸方向 Z について例えば互いに対称にすることができる。縮小セル 3 2 及び拡大セル 3 3 は、両者の間に共通の傾斜壁 2 1 1 を有して隣り合っており、例えば Y 軸方向に交互に形成される。

【 0 0 9 1 】

図 2 0 に例示されるように、フィルタ 1 は、傾斜壁 2 1 1 を介して例えば Y 軸方向に縮小セル 3 2 と拡大セル 3 3 とが隣り合う連通領域 A c と、隣り合わない非連通領域 A n c とを有する。連通領域 A c は、排ガス G が傾斜壁 2 1 1 を通過す領域であり、縮小セル 3 2 内に流入した排ガス G が連通領域 A c において傾斜壁 2 1 1 を通過して拡大セル 3 3 から排出される。一方、非連通領域 A n c においては、縮小セル 3 2 同士が流入側平行壁 2 1 5 を介して隣り合い、拡大セル 3 3 同士が流出側平行壁 2 1 6 を介して隣り合っている。したがって、非連通領域 A n c は、排ガス G が平行セル壁 2 1 5、2 1 6 等のセル壁を実質的に通過しない領域となる。連通領域 A c は、軸方向 Z の中央に形成されており、非連通領域 A n c は、軸方向 Z の両端面 1 1、1 2 から所定領域にそれぞれ形成される。

30

【 0 0 9 2 】

流入側平行壁 2 1 5 と流出側平行壁 2 1 6 とは例えば同じ長さであり、流入端面 1 1 側及び流出端面 1 2 側の非連通領域 A n c も例えば同じ長さにすることができる。流入側平行壁 2 1 5 の長さ及び流出側平行壁 2 1 6 の長さは、適宜変更することが可能であり、両者の長さは同じであっても異なってもよい。

40

【 0 0 9 3 】

同じ形状、大きさのフィルタ 1 において同じセルピッチでセル壁 2 を形成する場合においては、実施形態 1 のように傾斜壁 2 1 1 の接続部 2 1 3、2 1 4 を流出端面 1 2、流入端面 1 1 にそれぞれ形成した場合に比べて（図 2 参照）、本例のように接続部 2 1 3、2 1 4 を流出端面 1 2、流入端面 1 1 よりもそれぞれ軸方向 Z の内側に形成した場合には（図 2 3 参照）、流入端面 1 1、流出端面 1 2 でのセル壁 2 に対するガス透過が発生しない助走区間を設けることができる。この助走区間の存在により、流入端面 1 1 でのセル壁 2

50

への衝突によるガス乱流の影響によって起こるセル 3 への流入口スやガス集中が抑制される。これにより、圧損を低下させることができる。

【 0 0 9 4 】

後述の実験例において示すように、本形態のように、直線的に伸びる傾斜壁 2 1 1 が両端面 1 1、1 2 よりも内側で接続している場合には、実施形態 1 のように両端面 1 1、1 2 において接続している場合程ではないものの、傾斜壁 2 1 1 を通過する排ガス G の流速のバラツキを小さくすることができる。そのため、圧損を低下させつつ、優れた捕集率を示すことが可能になる。

【 0 0 9 5 】

(実施形態 4)

次に、傾斜壁が連結部材によって接続された多孔質ハニカムフィルタの実施形態について説明する。上述の実施形態においては、軸方向 Z に伸びる対向する一対の傾斜壁 2 1 1 同士が接続部 2 1 3、2 1 4 において直接接続していた。本形態においては、図 2 1 及び図 2 2 に例示されるように、例えば端面 1 1、1 2 と平行な連結部材 2 3 を介して傾斜壁 2 1 1 が連結されたフィルタ 1 について説明する。

【 0 0 9 6 】

本形態のフィルタ 1 は、実施形態 1 と同様に X Y 断面の外縁形状が四角形のセル 3 を有する。対向する一対のセル壁 2 が軸方向 Z に対して傾斜する傾斜壁 2 1 1 によって形成されており、対向する残りの一対のセル壁 2 が軸方向 Z に対して平行に伸びる支持壁 2 2 1 によって形成されている（図 1 参照）。図 2 1 及び図 2 2 に例示されるように、軸方向 Z に伸びる一対の傾斜壁 2 1 1 は、直接交わって接続しておらず、連結部材 2 3 を介して連結されている。

【 0 0 9 7 】

縮小セル 3 2 は、流出端面 1 2 に設けられた流出側連結部材 2 3 1 により閉塞されており、流出側連結部材 2 3 1 により流出側接続部 2 1 3 が形成されている。一方、拡大セル 3 3 は、流入端面 1 1 に設けられた流入側連結部材 2 3 2 により閉塞されており、流入側連結部材 2 3 2 により流入側接続部 2 1 4 が形成されている。

【 0 0 9 8 】

各傾斜壁 2 1 1 は、流入端面 1 1 から流出端面 1 2 に向かって連続的にかつ直線的に傾斜している。同じ形状、大きさのフィルタ 1 において同じセルピッチで傾斜壁 2 1 1 を形成する場合においては、実施形態 1 のように傾斜壁 2 1 1 が両端面 1 1、1 2 において交わって接続する場合に比べて（図 2 参照）、本形態のように傾斜壁 2 1 1 が両端面 1 1、1 2 において連結部材 2 3 を介して連結される場合には、傾斜壁 2 1 1 の傾斜角度が小さくなる。

【 0 0 9 9 】

連結部材 2 3 は、例えば軸方向 Z と直交する面を有する。連結部材は、上述のごとく、流入端面 1 1、1 2 と平行に設けることができるが、一対の傾斜壁 2 1 1 を連結することができれば傾斜していてもよい。連結部材 2 3 の材質は、適宜選択可能である。特に限定されるわけではないが、例えば傾斜壁 2 1 1 や支持壁 2 2 1 などのセル壁 2 と同様にコーゼライトによって形成することができる。連結部材 2 3 は、セル 3 内のガス流路を外観上閉塞するものであり、連結部材 2 3 自体は、ガスを透過させても透過させなくてもよい。

【 0 1 0 0 】

好ましくは、連結部材 2 3 は、傾斜壁 2 1 1 と同じ構成部材よりなることがよい。この場合には、多数の傾斜壁 2 1 1 が連結部材 2 3 で連結された傾斜構造体 2 0 0 を、実施形態 1 及び変形例 1 のように押出成形により製造することができる。つまり、傾斜構造体 2 0 0 として、傾斜壁 2 1 1 及び連結部材 2 3 で一体の構造体を形成することができるため、押出成形による製造が可能になる。そのため、生産性よく、フィルタ 1 を製造することができる。

【 0 1 0 1 】

本形態のように、軸方向 Z に対して直線的に傾斜して伸びる傾斜壁 2 1 1 を両端面 1 1、1 2 において連結部材 2 3 により連結させても、傾斜壁 2 1 1 により透過セル壁 2 1 を形成させることができる。上述のごとく、傾斜角度を小さくすることが可能になるため、排ガス G の傾斜壁 2 1 1 内の通過距離が大きくなる。そのため、P M の捕集率の向上が可能になる。また、この場合には、傾斜壁 2 1 1 の内圧差が大きくなり、透過セル壁 2 1 に排ガスがより透過し易くなる。

【0102】

また、連結部材 2 3 の気孔率を調整することにより、端面 1 1、1 2 の連結部材 2 3 においても、排ガス G 中の P M の捕集を行うことが可能になる。傾斜壁 2 1 1 を有するため、各セル 3 の端面 1 1、1 2 における連結部材 2 3 の形成面積は、例えば後述の比較形態 1 のように、傾斜壁 2 1 1 を有しておらず軸方向 Z に平行に伸びるセル壁を有するフィルタにおける連結部材 2 3 の形成面積に比べて小さくなる。そのため、圧損の低減も可能になる。連結部材 2 3 の形成面積は、フィルタ 1 の端面 1 1、1 2 における連結部材 2 3 の面積である。その他の構成及び作用効果は、実施形態 1 と同様である。

【0103】

(実施形態 5)

次に、非透過セル壁の軸方向の端部が軸方向の端面よりも内側に形成された多孔質ハニカムフィルタの実施形態について説明する。上述の実施形態においては、支持壁 2 2 1 よりなる非透過セル壁 2 2 は、軸方向 Z における両端面 1 1、1 2 まで形成されていた。本形態においては、図 2 3、図 2 4 (a) 及び図 2 4 (b) に例示されるように、非透過セル壁 2 2 は、軸方向 Z の両端面 1 1、1 2 には到達せず、非透過セル壁 2 2 の端部 2 2 2 は、端面 1 1、1 2 よりも軸方向 Z の内側にある。

【0104】

本形態のフィルタ 1 は、実施形態 1 と同様に X Y 断面の外縁形状が四角形のセル 3 を有する。対向する一対のセル壁 2 が軸方向 Z に対して傾斜して伸びる傾斜壁 2 1 1 によって形成されており、この傾斜壁 2 1 1 が透過セル壁 2 1 となる。一対の傾斜壁 2 1 1 は、流入端面 1 1 又は流出端面 1 2 まで形成されている。

【0105】

一方、対向する残りの 2 つのセル壁 2 が軸方向 Z に対して平行に伸びる支持壁 2 2 1 によって形成されており、この支持壁 2 2 1 が非透過セル壁 2 2 となる。図 2 3、図 2 4 (a)、図 2 4 (b) に例示されるように、一対の非透過セル壁 2 2 は、流入端面 1 1 又は流出端面 1 2 まで到達しておらず、非透過セル壁 2 2 の端部 2 2 2 は、端面 1 1、1 2 よりもそれぞれ軸方向 Z の内側にある。

【0106】

図 2 4 (a) 及び図 2 4 (b) に例示されるように、非透過セル壁 2 2 は、フィルタ 1 の軸方向 Z の内部における所定の範囲 A t に形成されている。非透過セル壁 2 2 の形成領域 A t は、両端面 1 1、1 2 よりも内側にある。フィルタ 1 の両端面 1 1、1 2 から内側の所定領域には、非透過セル壁 2 2 の非形成領域 A n t が形成されている。非形成領域 A n t には、非透過セル壁が形成されていない。

【0107】

その結果、各セル 3 は、上述の形成領域 A t においては一対の透過セル壁 2 2 と一対の非透過セル壁 2 2 とに囲まれるが、上述の非形成領域 A n t においては一対の非透過セル壁 2 2 によって挟まれることなく一対の透過セル壁 2 2 によって挟まれて区画される。そして、フィルタ 1 の両端面 1 1、1 2 には、一対の透過セル壁 2 1 に挟められるとともに非透過セル 2 2 がない拡大セル開口部 3 5 が形成される。

【0108】

上記のように、フィルタ 1 の端面 1 1、1 2 に拡大セル開口部 3 5 を有する場合には、圧損をより低減させることができる。特に、拡大セル開口部 3 5 が、流入端面 1 1 に形成されている場合には、排ガスが流入する流入端面 1 1 における開口面積がより大きくなるため、圧損の低減効果がより顕著になる。

【0109】

非透過セル壁22の形成領域 A_t 、非形成領域 A_{nt} の軸方向Zにおける長さは、適宜変更可能である。支持壁221よりなる非透過セル壁22は、上述のようにフィルタ強度を向上させることができ、この強度向上効果を十分に得るためには、非透過セル壁22の形成領域 A_t の長さは、フィルタの軸方向Zにおける全長の80%以上であることが好ましく、90%以上であることがより好ましく、95%以上がさらに好ましい。

【0110】

上述の拡大セル開口部35による圧損の低減効果をより十分に得るためには、非形成領域 A_{nt} の軸方向Zにおける長さは、フィルタの軸方向Zにおける全長の1%以上であることが好ましく、3%以上であることがより好ましく、5%以上であることがさらに好ましい。非形成領域 A_{nt} が軸方向Zにおける両端に形成されている場合には、非形成領域 A_{nt} の軸方向Zにおける長さは、それぞれの長さのことである。

10

【0111】

非透過セル壁22の非形成領域 A_{nt} や、これによって形成される拡大セル開口部35は、軸方向Zの両端面11、12に形成されていてもよいが、一方の端面に形成されていてもよい。上述のように流入端面11の圧損をより低減できるという観点から、非透過セル壁22の非形成領域 A_{nt} や拡大セル開口部35は、少なくとも流入端面11に形成されていることが好ましい。その他の構成及び作用効果は、実施形態1と同様である。

【0112】

(実施形態6)

20

次に、軸方向と直交方向におけるフィルタの断面において、透過セル壁が占める断面積よりも非透過セル壁が占める断面積が小さいフィルタについて説明する。まず、図4～図8を参照して説明する。

【0113】

図4～図8に例示されるように、フィルタ1の軸方向と直交方向の断面においては、透過セル壁21の断面によって形成される領域の面積 S_a と、非透過セル壁22の断面によって形成される領域の面積 S_b が存在する。例えば図5～図7に示す各断面図において、透過セル壁21の断面は、X軸方向と平行に伸びる領域であり、細かい斜線ハッチングにて示された領域である。この領域が透過セル壁21の断面積 S_a である。すなわち、フィルタ1の軸方向と直交方向の任意断面において、透過セル壁21の断面積の合計が S_a である。

30

【0114】

一方、非透過セル壁22の断面は、Y軸方向と平行に伸びる領域であり、粗い斜線ハッチングにて示された領域である。この領域が非透過セル壁22の断面積 S_b である。すなわち、フィルタ1の軸方向と直交方向の任意断面において、非透過セル壁22の断面積の合計が S_b である。

【0115】

軸方向の任意位置における軸方向と直交方向のフィルタ1の断面において、 $S_a > S_b$ の関係を満足することが好ましい。この場合には、フィルタ1内における非透過セル壁22の占有体積を小さくすることができる。そのため、ガスを透過し難い非透過セル壁22によるガス流れの妨げを緩和することができる。これにより、圧損の更なる低減が可能になる。また、排ガスG中のPMは、透過セル壁21に捕集されるため、上記のように非透過セル壁22の占有面積を相対的に減らしても捕集率の低下を防止できる。すなわち、捕集率の低下を防止しつつ、圧損を低下させることができる。

40

【0116】

$S_a > S_b$ の関係を満足するために、例えば透過セル壁の数よりも非透過セル壁の数を少なくすることができる。その例を図25に示す。図25は、フィルタ1の端面11、12の正面図を示す。図25において、X軸と平行に伸びる線のうち、太線は、紙面と直交方向における手前にある接続部214、213を示し、細線は、紙面と直交方向における奥にある接続部213、214を示す。流入端面11と流出端面12とでは、X軸方向に平

50

行に伸びる太線と細線の位置が半ピッチずれるが、実質的に等価な図となる。

【 0 1 1 7 】

図 2 5 に例示されるフィルタ 1 は、実施形態 1 と同様に X Y 断面の外縁形状が四角形のセル 3 を有する。対向する一对のセル壁 2 が軸方向 Z に対して傾斜して伸びる傾斜壁 2 1 1 によって形成されており、この傾斜壁 2 1 1 が透過セル壁 2 1 となる。一方、対向する残りの 2 つのセル壁 2 が軸方向 Z に対して平行に伸びる支持壁 2 2 1 によって形成されており、この支持壁 2 2 1 が非透過セル壁 2 2 となる。

【 0 1 1 8 】

図 2 5 に例示されるように、透過セル壁 2 1 と非透過セル壁 2 2 とは例えば直交する。これらの透過セル壁 2 1 及び非透過セル壁 2 2 に囲まれるセル 3 は、端面 1 1、1 2 における外縁形状が四角形となる。本形態のフィルタ 1 は、端面 1 1、1 2 において筒状外皮 1 0 の内側を直線的に区画する非透過セル壁 2 2 の数が透過セル壁 2 1 の数よりも少ない。その結果、流入端面 1 1、流出端面 1 2 におけるセル 3 の開口部の形状は、図 2 5 に例示されるように長方形になる。

【 0 1 1 9 】

上述のように非透過セル壁 2 2 の数を減らすことにより、 $S_a > S_b$ の関係を満足させることができる。そのため、フィルタ 1 内における非透過セル壁 2 2 の占有体積を小さくすることができ、非透過セル壁 2 2 によるガス流れの妨げを緩和することができる。そのため、圧損の低下が可能になる。また、この場合には、例えば流入端面 1 1 におけるセル 3 の開口面積を大きくすることができる。かかる観点からも、圧損の更なる低減が可能になる。また、非透過セル壁 2 2 の数は、所望の強度を維持できる範囲内において調整することができる。

【 0 1 2 0 】

また、 $S_a > S_b$ の関係を満足するための他の構成として、例えば軸方向 Z と直交方向におけるフィルタ 1 の断面において、非透過セル壁 2 2 の厚み T_2 を透過セル壁 2 1 の厚み T_1 よりも小さくすることができる。つまり、 $T_1 < T_2$ の関係を満足させればよい。この場合にも、フィルタ 1 内における非透過セル壁 2 2 の占有体積を小さくすることができる。その結果、圧損の更なる低下が可能になる。

【 0 1 2 1 】

本形態のように $S_a > S_b$ の関係を満足する場合には、非透過セル壁 2 2 を、透過セル壁 2 1 よりも単位厚み当たりの強度が高い材質によって形成することが特に好ましい。この場合には、非透過セル壁 2 2 自体の強度が向上するため、非透過セル壁 2 2 の数を少なくしても強度低下はより一層防止される。したがって、強度低下をより一層防止しつつ圧損の向上が可能になる。その他の構成及び作用効果は、実施形態 1 と同様である。

【 0 1 2 2 】

(比較形態 1)

次に、各実施形態との比較用の多孔質ハニカムフィルタの例について説明する。図 2 6 及び図 2 7 に例示されるように、本形態のフィルタ 9 は、軸方向 Z に傾斜して伸びる傾斜壁を有していない。フィルタ 9 は、円筒状の外皮 9 0 と、外皮内を区画するセル壁 9 1 と、セル壁 9 1 に囲まれて円筒状の外皮の軸方向 Z に伸びるガス流路を形成するセル 9 2 とを有する。各セル 9 2 は、4 つのセル壁 9 1 に囲まれており、対向するセル壁 9 1 を 2 組有し、各セル壁 9 1 は直交している。軸方向 Z と直交する断面でのセル 9 2 の形状は、四角形、より具体的には正方形である。

【 0 1 2 3 】

各セル 9 2 における軸方向 Z における両端面 9 3、9 4 のうちのいずれか一方は、ガスを透過しない閉塞部材 9 5 によって閉塞している。閉塞部材 9 5 が流出端面 9 4 に設けられたセル 9 2 は、流入端面 9 3 には開口しており、排ガスが流入する流入セル 9 2 1 となる。一方、閉塞部材 9 5 が流入端面 9 3 に設けられたセル 9 2 は、流出端面 9 4 には開口しており、排ガスが流出する流出セル 9 2 2 となる。

【 0 1 2 4 】

流入セル 9 2 1 と流出セル 9 2 2 とは、交互に近接する。近接する 2 つの流入セル 9 2 1 と流出セル 9 2 2 とは、1 つのセル壁 9 1 を共有している。流入セル 9 2 1 に流入した排ガスは、この流入セル 9 2 1 と共有するセル壁 9 1 を通過し流出セル 9 2 2 に至る。そして、排ガス G は、流出セル 9 2 2 を通って流出端面 9 4 から排出される。本形態のフィルタ 9 には、上述の実施形態において示す非透過セル壁が実質的になく、各セル 9 2 を形成する全てのセル壁 9 1 は、排ガスを透過する。

【0125】

本形態のフィルタ 9 は、セル壁 9 1 が軸方向 Z に平行に伸び、セル壁 9 1 に囲まれたセル 9 2 は、上述のように両端面 9 3、9 4 において交互に閉塞している。したがって、流入端面 9 3 においては、すべてのセル 9 2 のうちの半分が開口するものの、残りの半分は閉塞部材 9 5 によって閉塞している。そのため、上述の実施形態に比べて流入端面 9 3 における圧損が大きくなる。流出端面 9 4 においても、セル 9 2 の半分が開口し、残りの半分が閉塞する。

【0126】

図 27 においては、セル壁 9 1 を通過する排ガス G の流速の大きさを、セル壁 9 1 を横切る矢印の長さによって表している。以下、セル壁 9 1 を通過する排ガス G の流速のことを壁透過流速という。同図に例示されるように、閉塞部材 9 5 が設けられた流入端面 9 3 及び流出端面 9 4 に近づくにつれて、壁透過速度が大きくなり、フィルタ 9 の軸方向 Z の中央においては、壁透過流速が小さくなる。その結果、壁透過流速のバラツキが大きくなり、圧損が増大する。

【0127】

(実験例)

本例においては、実施形態 1 ~ 実施形態 3 と同様のパターンで形成された傾斜壁を有する 3 種類の多孔質ハニカムフィルタの壁透過流速をシミュレーションにより計測し、比較形態 1 の多孔質ハニカムフィルタと比較する。

【0128】

試料 E 1 は、実施形態 1 のフィルタに相当し、傾斜壁 2 1 1 が流入端面 1 1 から流出端面 1 2 まで直線的かつ連続的に傾斜し、対向する傾斜壁 2 1 1 同士が両端面 1 1、1 2 のうち一方において直接接続するフィルタ 1 である(図 1 ~ 図 9 参照)。本例において壁透過流速の計測に用いた試料 E 1 の実際の形状、寸法は、次の通りである。

【0129】

試料 E 1 のフィルタ 1 は、円柱形状であり、直径 ϕ は 118.4 mm、軸方向 Z の長さは 118.4 mm である。セル壁 2 の厚み、すなわち、傾斜壁 2 1 1 の厚み T_1 及び支持壁 2 2 1 の厚み T_2 は、いずれも 0.203 mm である(図 9、図 3 参照)。傾斜壁 2 1 1 の接続部 2 1 3、2 1 4 における Y 軸方向の厚み T_3 は 0.444 mm であり、接続部 2 1 3、2 1 4 の軸方向 Z の幅 W_1 は 0.200 mm である(図 9 参照)。傾斜壁 2 1 1 の傾斜角度 θ 、すなわち、傾斜壁 2 1 1 と軸方向 Z とがなす角度 θ は 0.97° である(図 9 参照)。端面 1 1、1 2 におけるセル 3 の外縁形状は正方形であり、外縁の一辺の長さ L_1 は 1.576 mm である(図 4 参照)。

【0130】

試料 E 2 は、実施形態 2 のフィルタに相当し、傾斜壁 2 1 1 が軸方向 Z の両端面 1 1、1 2 に曲線的に傾斜し、湾曲構造の接続部 2 1 3、2 1 4 を有するフィルタ 1 である。壁透過流速の計測に用いた試料 E 2 における傾斜壁 2 1 1 の実際の形成パターンを図 28 に示す。図 28 において、横軸は流入端面 1 1 から流出端面 1 2 までのフィルタの軸方向 Z の長さを示す。縦軸は、径方向の幅であり、より具体的には、例えば中央に位置する任意の流入側接続部 2 1 4 からの Y 軸方向の距離を示す。図 28 において、接続部 2 1 3、2 1 4 の厚みが小さくなっているが、接続部 2 1 3、2 1 4 の厚みは任意に変更可能である。その他の形状及び寸法は、試料 E 1 と同様である。

【0131】

試料 E 3 は、実施形態 3 のフィルタに相当し、傾斜壁 2 1 1 が端面 1 1、1 2 よりも軸

10

20

30

40

50

方向の内側において接続して閉塞したフィルタ 1 である（図 20 参照）。壁透過流速の計測に用いた試料 E 3 における各寸法は、次の通りである。流入側接続部 2 1 4 と流出側接続部 2 1 3 との間の軸方向 Z における距離、すなわち、傾斜壁 2 1 1 が形成された領域の軸方向の長さは 1 0 8 . 4 mm であり、流入側平行壁 2 1 5 の長さ及び流出側平行壁 2 1 6 の長さはいずれも 5 . 0 mm である。傾斜壁 2 1 1 と軸方向 Z とのなす角、すなわち傾斜角度は 1 . 0 6 ° である。また、試料 E 3 においては、非連通領域 $A_{nc} = 5 . 0 \text{ mm}$ 、連通領域 $A_c = 1 0 8 . 4 \text{ mm}$ である（図 20 参照）。その他の形状及び寸法は、試料 E 1 と同様である。

【0132】

試料 C 1 は、比較形態 1 のフィルタに相当し、全てのセル壁が軸方向に平行に伸び、両末端において各セルが交互に閉塞部材によって閉塞したフィルタ 9 である（図 26 及び図 27 参照）。壁透過流速の計測に用いた試料 C 1 における各寸法は、傾斜壁がない点を除いて、試料 E 1 と同様である。

【0133】

試料 E 1 ~ E 3 の各寸法は代表例であり、フィルタ 1 の寸法はこれらに限定されるものではなく、適宜変更可能である。各試料のフィルタにおける流入端面からの軸方向の距離と、壁透過流速との関係をシミュレーションにより求めた。シミュレーションの測定条件は、以下の通りである。ガス流量： $32 \text{ m}^3 / \text{min}$ 、温度：900、上流圧力：60 kPa。その結果を図 29 に示す。

【0134】

試料 C 1 のように、傾斜壁を有しておらず、全てのセル壁 9 1 が軸方向 Z に対して平行に伸び、各セル 9 2 が端面 9 3、9 4 のいずれか一方に設けられた閉塞部材 9 5 により閉塞したフィルタ 9 においては、図 29 に示されるように壁透過流速のばらつきが大きくなる（図 26 及び図 27 参照）。具体的には、流入端面 9 3 及び流出端面 9 4 に近づくにつれて壁透過流速が大きくなり、各端面 9 3、9 4 において最大になる。一方、軸方向 Z の中央において最小になる。壁透過流速の最小値と最大値の幅が大きく、壁透過流速のばらつきが大きい。そのため、圧損が大きくなる。

【0135】

一方、試料 E 1 ~ 試料 E 3 のように、傾斜壁 2 1 1 よりなる透過セル壁 2 1 と、支持壁 2 2 1 よりなる非透過セル壁 2 2 とを有するフィルタ 1 においては、上述の試料 C 1 に比べて壁透過流速のばらつきが小さく、圧損が小さくなる。図 29 より知られるように、試料 E 1 ~ E 3 を比較すると、壁透過流速のばらつきは、試料 E 3、試料 E 1、試料 E 2 の順で小さくなる。

【0136】

図 20 に例示されるように、傾斜壁 2 1 1 が端面 1 1、1 2 よりも軸方向 Z の内側において接続して閉塞した試料 E 3 のフィルタ 1 は、傾斜壁 2 1 1 が端面 1 1、1 2 において閉塞する試料 E 1 のフィルタ 1 に比べて、上述のように流入端面 1 1 の開口面積が大きくなる。そのため、図 29 に示されるとおり、流入端面 1 1 側における壁透過流速は試料 E 3 の方が小さくなる。一方、試料 E 3 における傾斜壁 2 1 1 の傾斜角度は、試料 E 1 に比べて大きくなるため、軸方向 Z の中央における壁透過流速は試料 E 3 の方が大きくなる。その結果、壁透過流速のバラツキは、試料 E 1 の方が試料 E 3 に比べて小さくなる。

【0137】

また、試料 E 2 においては、壁透過流速が一定となり、実質的にばらつきがない。その結果、試料 E 1 ~ E 3 の中では圧損を最も低下させることが可能になる。

【0138】

本発明は上記各実施形態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。また、上述の実施形態 1 ~ 6 の構成は適宜組み合わせることができる。例えば、実施形態 2 と実施形態 3 とを組み合わせ、曲線状に傾斜する傾斜壁の接続部 2 1 4、2 1 3 を軸方向における内側に形成することも可能である。また、実施形態 2 と実施形態 4 とを組み合わせ、曲線状に傾斜する一対の傾斜壁

を、接続部において連結部材を介して接続させることができる。

【符号の説明】

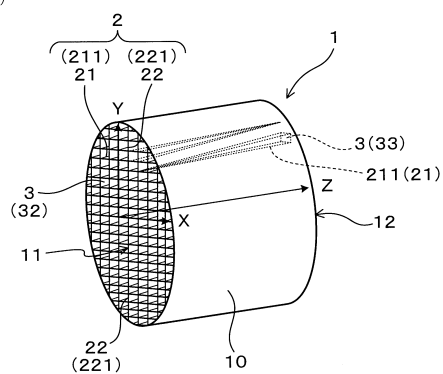
【 0 1 3 9 】

- 1 多孔質ハニカムフィルタ
- 1 1 流入端面
- 1 2 流出端面
- 2 セル壁
- 2 1 透過セル壁
- 2 1 1 傾斜壁
- 2 2 非透過セル壁
- 2 2 1 支持壁
- 3 セル

10

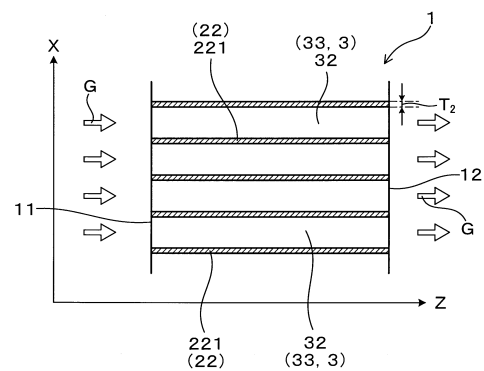
【 図 1 】

(圖 1)



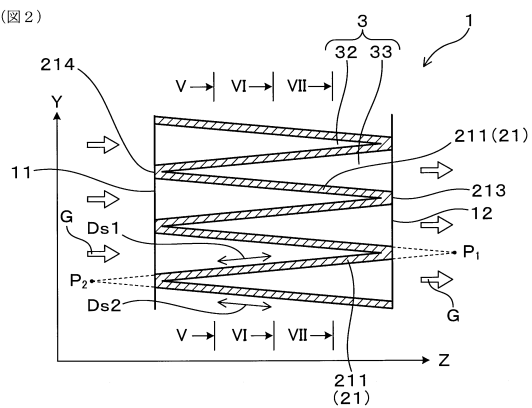
【 図 3 】

(圖 3)



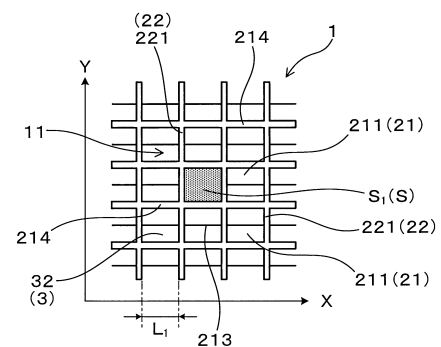
【圖 2】

(圖 2)



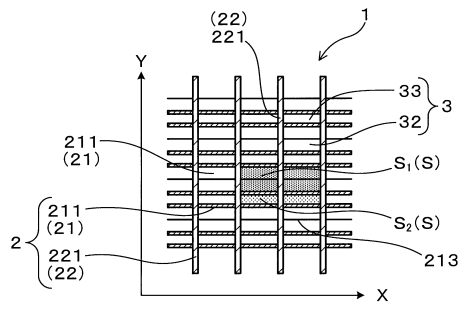
【図 4】

(圖 4)



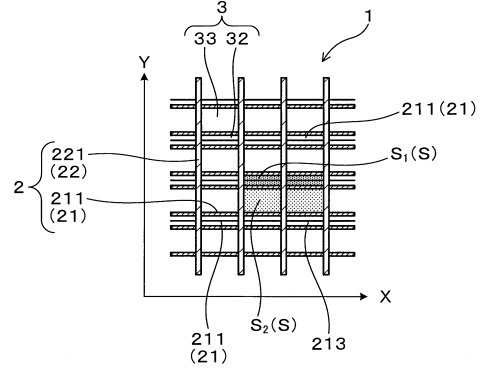
【図 5】

(図 5)



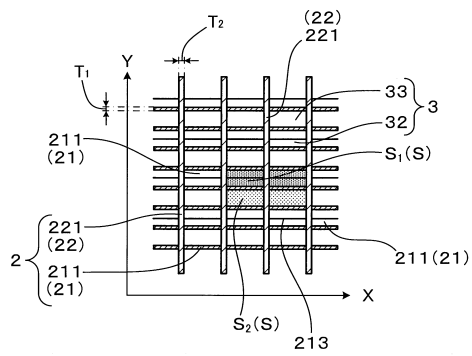
【図 7】

(図 7)



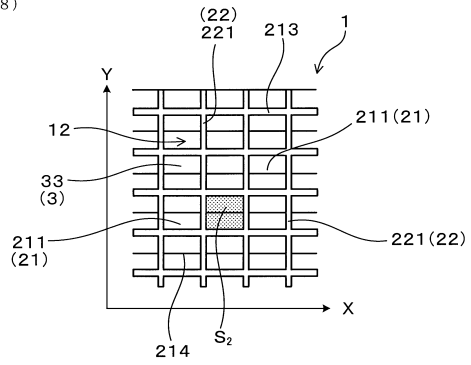
【図 6】

(図 6)



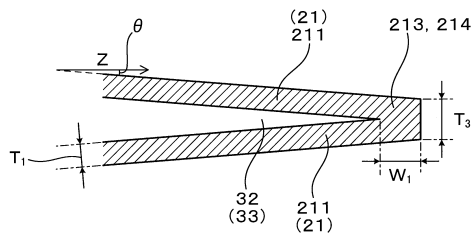
【図 8】

(図 8)



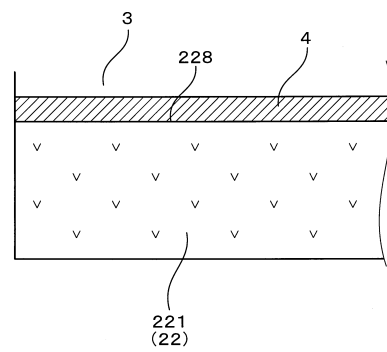
【図 9】

(図 9)



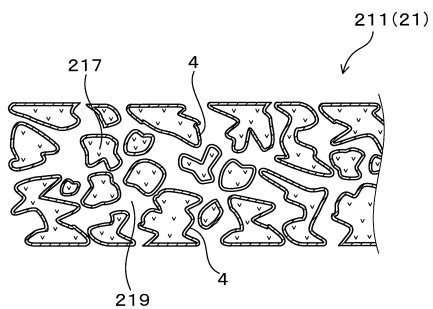
【図 11】

(図 11)



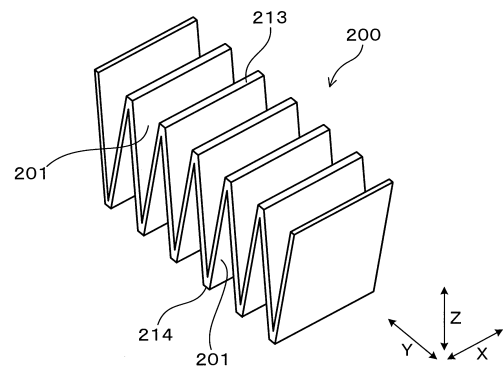
【図 10】

(図 10)



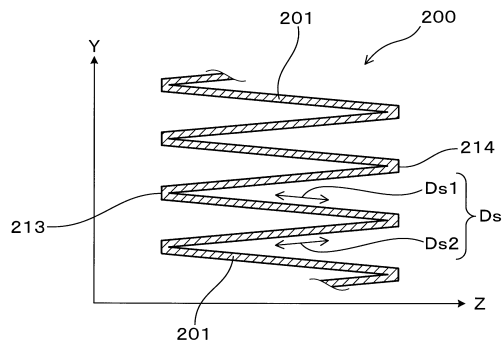
【図 12】

(図 12)



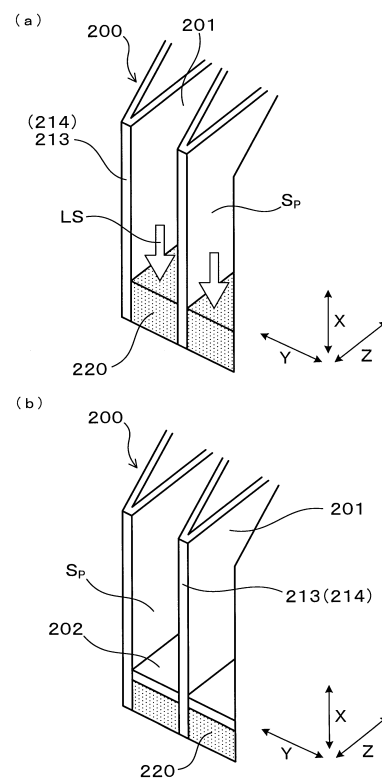
【図 13】

(図 13)



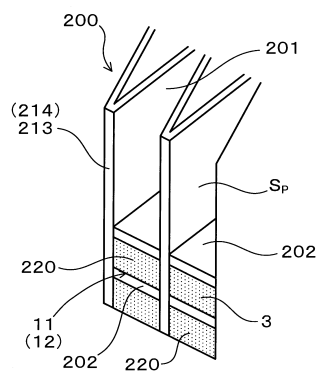
【図 14】

(図 14)



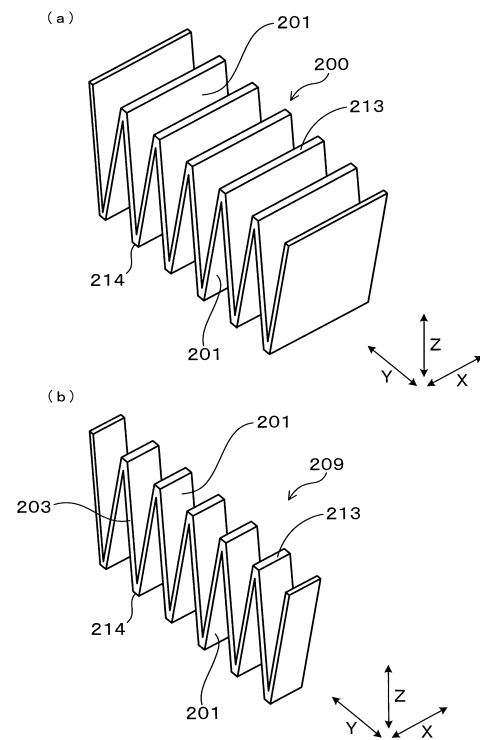
【図 15】

(図 15)



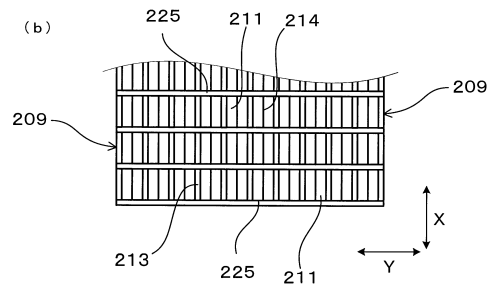
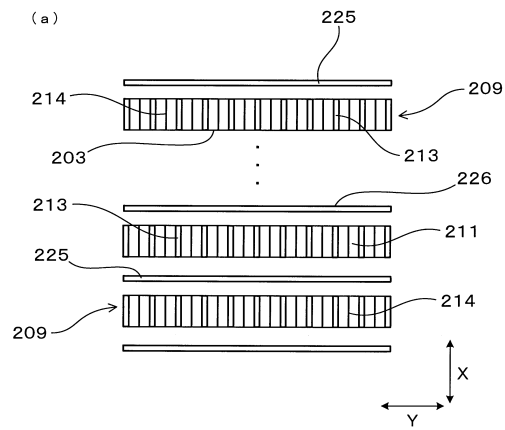
【図 16】

(図 16)



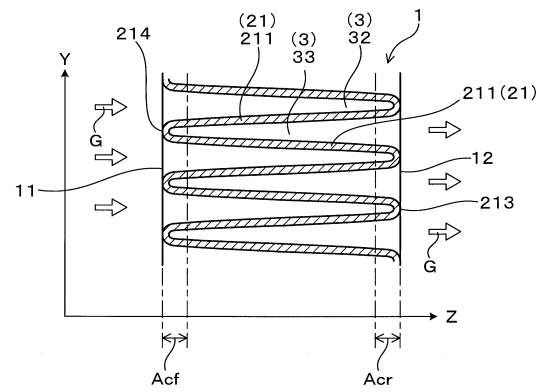
【図 17】

(図 17)



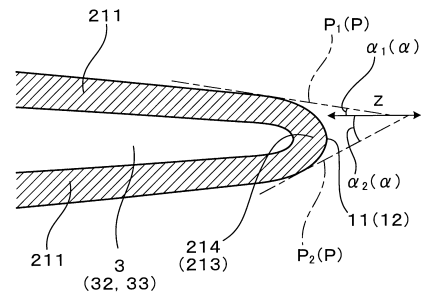
【図 18】

(図 18)



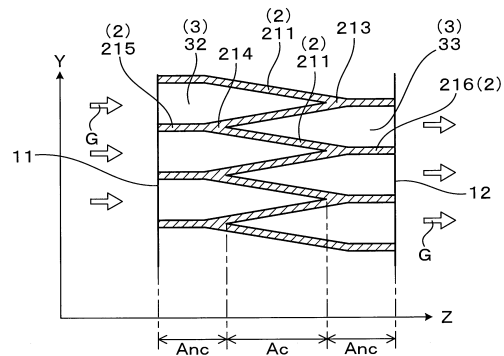
【図 19】

(図 19)



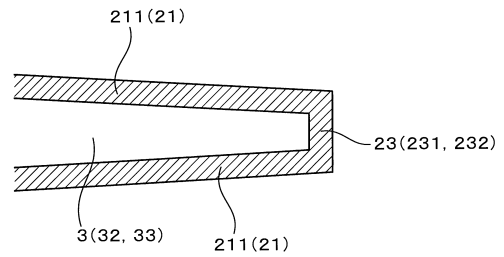
【図 20】

(図 20)



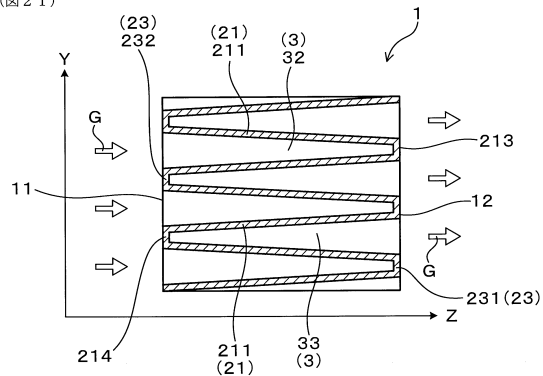
【図 22】

(図 22)



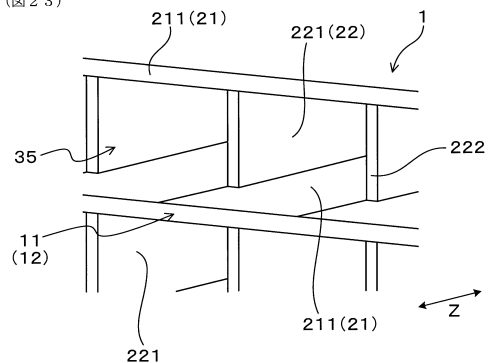
【図 21】

(図 21)



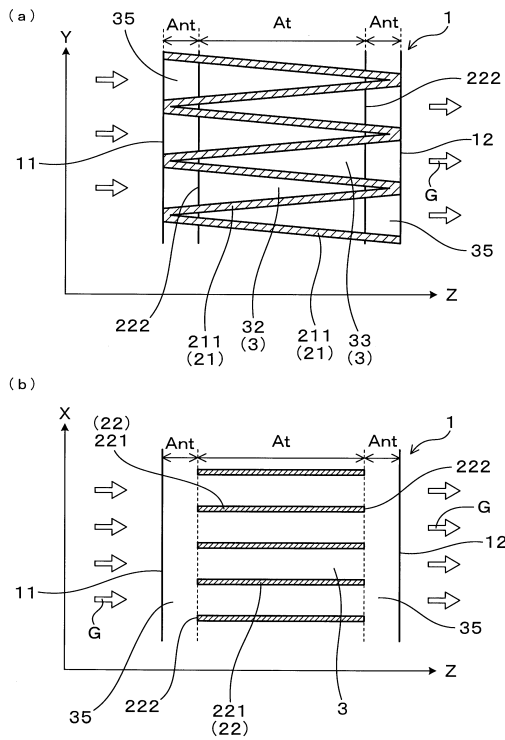
【図 23】

(図 23)



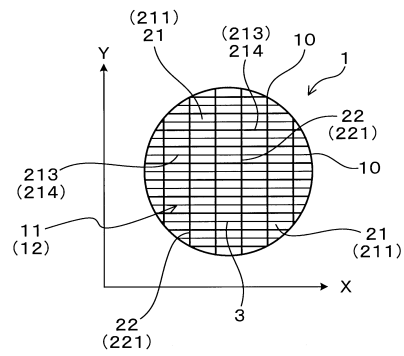
【図 24】

(図 24)



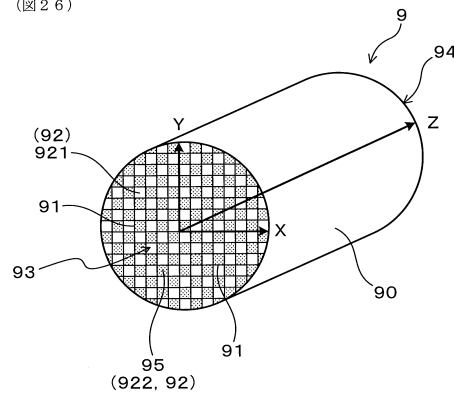
【図 25】

(図 25)



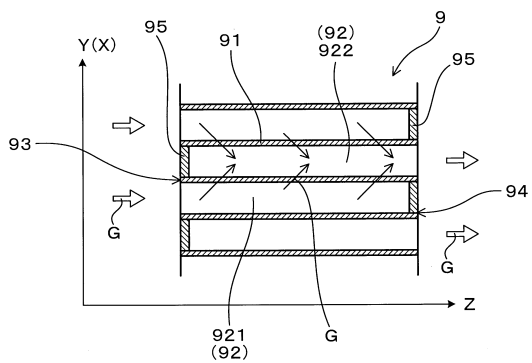
【図 26】

(図 26)



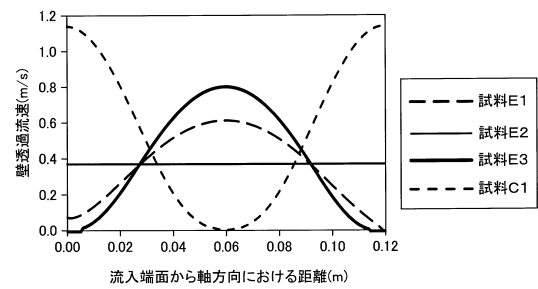
【図 27】

(図 27)



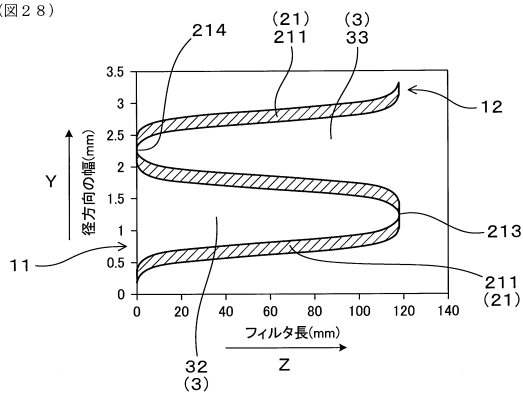
【図 29】

(図 29)



【図 28】

(図 28)



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-224884(JP,A)
特開2011-194320(JP,A)
特開2011-177704(JP,A)
特開2002-317618(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

B01D	39/00 - 41/04
B01D	46/00 - 46/54
B01D	53/02 - 53/12
B01D	53/34 - 53/85
B01D	53/92
B01D	53/96
B28B	3/00 - 5/12
C04B	38/00