



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113950569 B

(45) 授权公告日 2024.08.06

(21) 申请号 202080043270.4

(73) 专利权人 株式会社博迈立铖

(22) 申请日 2020.07.30

地址 日本国东京都

(65) 同一申请的已公布的文献号

(72) 发明人 小方智寿

申请公布号 CN 113950569 A

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任  
公司 11021

(43) 申请公布日 2022.01.18

专利代理人 陈平

(30) 优先权数据

(51) Int.CI.

2019-146535 2019.08.08 JP

F01N 3/022 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(56) 对比文件

2021.12.09

US 2014123611 A1, 2014.05.08

(86) PCT国际申请的申请数据

审查员 王策

PCT/JP2020/029227 2020.07.30

(87) PCT国际申请的公布数据

W02021/024902 JA 2021.02.11

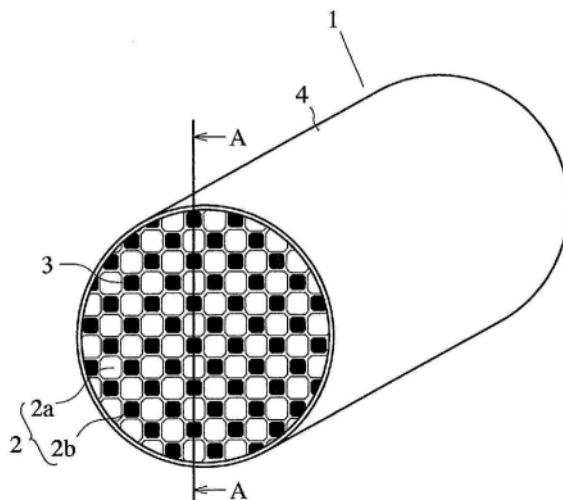
权利要求书1页 说明书11页 附图4页

(54) 发明名称

陶瓷蜂窝过滤器

(57) 摘要

陶瓷蜂窝过滤器包括被多孔分隔壁隔开的多个流路,从一端进入的流体从另一端流出,多个流路包括在一端侧上开口且在另一端侧上密封的流入流路和在一端侧上密封且在另一端侧上开口的流出流路;在与流路的纵向方向垂直的横截面中,(a)流入流路的横截面积大于流出流路的横截面积,(b)流入流路和流出流路分别具有通过从正方形切去四个角而获得的四重旋转对称的八边形横截面形状,(c)流入流路和流出流路在第一方向和与第一方向垂直的第二方向上交替布置,使得它们的相对边是平行的,(d)流入流路的开口率为45-60%,  
 (e)每 $\text{cm}^2$ 的流路的数量为30-60个,(f)在流入流路和与该流入流路相邻的流出流路之间的分隔壁厚度 $t_1$ 为0.150-0.260mm,并且(g)在相邻流入流路之间的分隔壁厚度 $t_2$ 满足 $1.175 < t_2/t_1 < 1.6$ 。



1. 一种陶瓷蜂窝过滤器,所述陶瓷蜂窝过滤器包括被多孔分隔壁隔开的多个流路,进入所述过滤器的一端并流过所述多孔分隔壁的流体从所述过滤器的另一端流出;

所述多个流路包括在所述一端侧上开口并且在所述另一端侧上密封的流入流路以及在所述一端侧上密封并且在所述另一端侧上开口的流出流路;并且

在与所述流路的纵向方向垂直的横截面中,

(a) 所述流入流路的横截面积大于所述流出流路的横截面积;

(b) 所述流入流路和所述流出流路分别具有通过从正方形切去四个角而获得的四重旋转对称的八边形横截面形状;

(c) 所述流入流路和所述流出流路在第一方向和与所述第一方向垂直的第二方向上交替地布置,使得它们的相对边隔着所述分隔壁是平行的;

(d) 所述流入流路的开口率为45-60%;

(e) 每 $\text{cm}^2$ 的所述流路的数量为30-60个;

(f) 在流入流路和与所述流入流路相邻的流出流路之间的分隔壁的厚度 $t_1$ 为0.150-0.260mm;并且

(g) 在相邻的流入流路之间的分隔壁的厚度 $t_2$ 满足 $1.175 < t_2/t_1 < 1.6$ 。

2. 根据权利要求1所述的陶瓷蜂窝过滤器,其中在与所述流路的纵向方向垂直的横截面中,所述流入流路的与相邻流入流路相对的边的长度 $\alpha_1$ 、所述流入流路的与相邻流出流路相对的边的长度 $\alpha_2$ 、所述流出流路的与相邻流出流路相对的边的长度 $\beta_1$ 以及所述流出流路的与相邻流入流路相对的边的长度 $\beta_2$ 满足

$0.2 < \alpha_1/\alpha_2 < 1.2$ ,

$0.3 < \beta_1/\beta_2 < 1.2$ ,以及

$0.3 < \beta_1/\alpha_1 < 1.5$ 。

3. 根据权利要求1或2所述的陶瓷蜂窝过滤器,其中所述多孔分隔壁具有45-60%的孔隙率和5-20 $\mu\text{m}$ 的中值孔径。

## 陶瓷蜂窝过滤器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及陶瓷蜂窝过滤器,其用于从由内燃机如柴油机等排出的排气中除去颗粒状物质(在下文中可以被称为PM)等,从而净化排气。

### 背景技术

[0002] 从内燃机如柴油机等排出的排气含有大量的PM,如碳基烟灰(煤烟,soot)等,其造成环境污染。因此,用于除去(捕获)PM的过滤器常规地已作为后处理装置布置在柴油机等的排气系统中。作为这样的过滤器,包括陶瓷蜂窝结构的陶瓷蜂窝过滤器被广泛使用。陶瓷蜂窝过滤器通常由包括多孔分隔壁(porous cell wall)的陶瓷蜂窝结构和在陶瓷蜂窝结构的两端处的封堵部(plug)构成,所述多孔分隔壁形成从排气流入的入口侧端面延伸到排气流出的出口侧端面的多个流路,所述封堵部密封每个流路的一端。

[0003] 当使用这样的陶瓷蜂窝过滤器从排气中除去PM时,排气通过入口侧端流入到陶瓷蜂窝过滤器的在出口侧端处密封的流路中。然后排气通过多孔分隔壁并进入在入口侧端处密封的流路中。在排气通过多孔分隔壁的同时,排气中的PM被分隔壁捕获,使得PM堆积在分隔壁上。从其中除去PM的排气从出口侧端流出。

[0004] 当陶瓷蜂窝过滤器连续地用作用于柴油机的后处理装置时,PM随着时间推移堆积在分隔壁上,从而堵塞流路,并且因此导致增加的过滤器的压力损失。因此,通过燃烧除去堆积的PM以进行再生。

[0005] 为了防止流路被堆积在分隔壁上的PM堵塞,近期例如由专利文献1-3提出了其中排气进入侧流路具有的横截面大于排气离开侧流路的横截面的蜂窝过滤器。

[0006] 专利文献1公开了一种柱形蜂窝结构,其包括隔着(经由, via)分隔壁纵向布置的大量贯通孔;该贯通孔由在该蜂窝结构的与纵向方向(轴向方向, longitudinal direction)垂直的横截面处具有相对较大总面积的一端处密封的大体积贯通孔和在该蜂窝结构的在该横截面处具有相对较小总面积的另一端处密封的小体积贯通孔构成;并且蜂窝结构在入口侧上的开口率 $\alpha$  (%)以及在将相邻的大体积贯通孔隔开的分隔壁与将相邻的大体积贯通孔和小体积贯通孔隔开的分隔壁之间的横截面厚度差 $\beta$  (mm)满足由式(1)  $0.0022\alpha+0.0329 \leq \beta \leq 0.0071\alpha+0.2553$  和式(2)  $36 \leq \alpha \leq 60$  表示的关系。专利文献1描述了,各个大体积贯通孔在与纵向方向垂直的横截面中理想地具有八边形形状,并且各个小体积贯通孔在上述横截面中理想地具有四边形形状。专利文献1描述了,在具有这样的构成的蜂窝结构中,当与在将大体积贯通孔和小体积贯通孔隔开的分隔壁上相比,在将相邻的大体积贯通孔隔开的分隔壁上负载更多催化剂时,可以在没有增加压力损失的情况下改善净化排气的性能等。

[0007] 与专利文献1类似,专利文献2公开了一种具有这样的结构的蜂窝过滤器,其中各个排气流入流路(第一隔室(cell))的横截面积大于各个排气流出流路(第二隔室)的横截面积,第一隔室的横截面具有八边形形状或带有圆形角(拐角或角落,corner)的四边形形状,第二隔室的横截面具有四边形形状,并且将相邻的第一隔室隔开的分隔壁比将相邻的

第一隔室和第二隔室隔开的分隔壁更厚。专利文献2描述了,利用这样的结构,流体可以容易地从流入流路流到流出流路,从而导致较低的在有烟灰下(或由烟灰造成)的压力损失以及提高的流体流速,即,蜂窝过滤器改善的捕获性能与提高的强度。

[0008] 与专利文献1类似,专利文献3公开了一种蜂窝过滤器,其具有封堵的蜂窝结构,其中各个排气流入流路(流入流路)的横截面积大于各个排气流出流路(流出流路)的横截面积,流出流路中的至少一个是在与流路方向垂直的横截面中在分隔壁相交的至少一个角中具有强化部分的强化流路,流入流路在与流路方向垂直的横截面中在分隔壁相交的至少一个角中设置有强化流入流路的部分,并且流入流路中的强化角的数量小于流出流路中的强化角的数量。专利文献3描述了,流入流路优选地具有八边形形状,并且流出流路优选地具有四边形形状。专利文献3描述了,利用这样的结构,封堵的蜂窝结构可以具有改善的耐久性和优异的强度,同时抑制压力损失的增加。

[0009] 然而,上述参考文献中描述的其中各个排气流入流路的横截面积大于各个排气流出流路的横截面积的蜂窝过滤器在有烟灰下的压力损失方面的改善不充分,所述压力损失是由于堆积在流入流路的分隔壁上的PM堵塞流入流路引起的,从而需要进一步改善。另外,对于这些由具有八边形横截面的流路和具有四边形横截面的流路构成的蜂窝过滤器需要进一步改善的强度。

[0010] 专利文献

[0011] 专利文献1:JP 2005-125209 A

[0012] 专利文献2:WO 2008/117559 A

[0013] 专利文献3:WO 2012/133847 A

## 发明内容

[0014] 发明目的

[0015] 因此,本发明的一个目的是提供一种包括横截面积大于排气流出流路的横截面积的排气流入流路的蜂窝过滤器,其具有改善的强度,同时通过防止堆积在流入流路的分隔壁上的PM闭塞流入流路来避免在有烟灰下的压力损失的增加而保持初始压力损失。

[0016] 发明概述

[0017] 作为鉴于上述目的的深入研究的结果,本发明人已经发现,通过优化流入流路和流出流路的横截面形状,并且设定在相邻的流入流路和流出流路之间的分隔壁的所需厚度范围以及在相邻的流入流路之间的分隔壁的所需厚度范围,可以提供具有改善的压力损失和强度的蜂窝过滤器。已经基于这样的发现完成了本发明。

[0018] 因此,本发明的陶瓷蜂窝过滤器包括被多孔分隔壁隔开的多个流路,进入过滤器的一端并流过多孔分隔壁的流体从过滤器的另一端流出;

[0019] 多个流路包括在所述一端侧上开口(打开,open)并且在所述另一端侧上密封的流入流路和在所述一端侧上密封并且在所述另一端侧上开口的流出流路;并且

[0020] 在与流路的纵向方向垂直的横截面中,

[0021] (a)流入流路的横截面积大于流出流路的横截面积;

[0022] (b)流入流路和流出流路分别具有通过从正方形切去四个角而获得的四重旋转对称的八边形横截面形状;

[0023] (c) 流入流路和流出流路在第一方向和与第一方向垂直的第二方向上交替地布置,使得它们的相对边隔着分隔壁是平行的;

[0024] (d) 流入流路的开口率为45-60%;

[0025] (e) 每 $\text{cm}^2$ 的流路的数量为30-60个;

[0026] (f) 在流入流路和与该流入流路相邻的流出流路之间的分隔壁的厚度 $t_1$ 为0.150-0.260mm;并且

[0027] (g) 在相邻流入流路之间的分隔壁的厚度 $t_2$ 满足 $1.175 < t_2/t_1 < 1.6$ 。

[0028] 在本发明的陶瓷蜂窝过滤器中,在与流路的纵向方向垂直的横截面中,流入流路的与相邻流入流路相对的边的长度 $\alpha_1$ 、流入流路的与相邻流出流路相对的边的长度 $\alpha_2$ 、流出流路的与相邻流出流路相对的边的长度 $\beta_1$ 以及流出流路的与相邻流入流路相对的边的长度 $\beta_2$ 满足

[0029]  $0.2 < \alpha_1/\alpha_2 < 1.2$ ,

[0030]  $0.3 < \beta_1/\beta_2 < 1.2$ ,以及

[0031]  $0.3 < \beta_1/\alpha_1 < 1.5$ 。

[0032] 在本发明的陶瓷蜂窝过滤器中,多孔分隔壁优选地具有45-60%的孔隙率和5-20 $\mu\text{m}$ 的中值孔径。

[0033] 发明效果

[0034] 本发明可以提供一种具有改善的强度的蜂窝过滤器,其中通过避免在有烟灰下的压力损失增加(其是由分隔壁上堆积的PM闭塞分隔壁引起的)而保持初始压力损失。

[0035] 附图简述

[0036] 图1是示意性示出了本发明的陶瓷蜂窝过滤器的一个示例的透视图。

[0037] 图2是示出了沿着图1中的线A-A截取的横截面的示意图。

[0038] 图3是示出了沿着图2中的线B-B截取的横截面的一部分的示意图。

[0039] 图4是详细示出了沿着图2中的线B-B截取的横截面的一部分的示意图。

[0040] 图5是用于说明本发明的陶瓷蜂窝过滤器中的流入流路的开口率的计算方法的示意图。

[0041] 图6是示意性示出了本发明的陶瓷蜂窝过滤器的另一个示例的透视图。

[0042] 图7是示出了比较例1和2的陶瓷蜂窝过滤器的与流路方向垂直的横截面的示意图。

## 具体实施方式

[0043] 以下将参考附图来说明本发明的实施方案。本发明不限于以下实施方案,而是可以在本发明的范围内进行改变或改进。

[0044] [1]陶瓷蜂窝过滤器

[0045] 图1是示意性示出了本发明的陶瓷蜂窝过滤器的一个示例的透视图。图2是沿着图1中的线A-A截取的横截面图。此外,图3和4是沿着图2中的线B-B截取的部分横截面图。本发明的陶瓷蜂窝过滤器1,其在与流路2的纵向方向垂直的平面中具有圆形或椭圆形横截面,包括限定用于流体的流路2的多孔分隔壁3,以及外周壁4,流路2由在与流路2的纵向方向垂直的平面中具有不同横截面积的两种类型流路(流入流路2a和流出流路2b)构成。

[0046] 在本发明的陶瓷蜂窝过滤器1中,如图2所示,进入过滤器1的一端(在该端部处流入流路2a是开口的)的流体作为透过流体通过多孔分隔壁3到达流出流路2b,并且从另一端(在该端部处流出流路2b是开口的)离开。因此,流路2由在一端处开口并且在另一端处被封堵部5a密封的流入流路2a和在一端处被封堵部5b密封并且在另一端处开口的流出流路2b构成。

[0047] 在沿着与流入流路2a和流出流路2b的纵向方向垂直的平面切取的横截面中,流入流路2a的横截面积大于流出流路2b的横截面积,并且流入流路2a和流出流路2b分别具有通过从正方形切去四个角获得的四重旋转对称的八边形横截面形状。顺带地,流路的横截面积意指在上述横截面中开口的流路的开口面积。在上述横截面中,如图3所示,流入流路2a和流出流路2b在第一方向X上和在与第一方向X垂直的第二方向Y上都交替地布置。流入流路2a和流出流路2b被布置为使得它们的轴中心0a、0b在第一方向X和第二方向Y上沿着相同的直线对齐。每个流入流路2a具有垂直于第一方向X且平行于第二方向Y的两条边212以及垂直于第二方向Y且平行于第一方向X的两条边212。同样,每个流出流路2b具有垂直于第一方向X且平行于第二方向Y的两条边222以及垂直于第二方向Y且平行于第一方向X的两条边222。

[0048] 此外,在上述横截面中,流入流路2a和流出流路2b被布置为使得它们的相对边隔着在它们之间的分隔壁3a是平行的。例如,在图4中,流入流路2a和流出流路2b隔着在它们之间的分隔壁3a相对的边是流入流路2a的边212和流出流路2b的边222。流入流路2a和流出流路2b被布置为使得这些边212和222是平行的。因此,相对的边(一个流入流路2a的边211和相邻流入流路2a的边211)隔着在它们之间的分隔壁3b也是平行的。

[0049] 每个流入流路2a隔着分隔壁3a与四个流出流路2b相邻,其中在流入流路2a的轴中心0a与四个流出流路2b的轴中心0b之间的距离相同。同样,每个流出流路2b隔着分隔壁3a与四个流入流路2a相邻,其中在流出流路2b的轴中心0b与四个流入流路2a的轴中心0a之间的距离相同。即,流入流路2a和流出流路2b被布置为使得它们的轴中心0a、0b位于正方形格的交叉点处。

[0050] 在流入流路2a和与该流入流路2a相邻的流出流路2b之间的分隔壁3a的厚度t1为0.150-0.260mm,在相邻流入流路2a、2a之间的分隔壁3b的厚度t2满足以下关系:1.175< t2/t1<1.6,并且流入流路2a的开口率为45-60%。流入流路2a的开口率意指在沿着与流路2的纵向方向垂直的平面切取的横截面中,流入流路2a的总横截面积(开口面积)与陶瓷蜂窝过滤器1的横截面积的比率。具体地,如图5所示,在具有分别连接流入流路2a的轴中心和相邻流出流路2b的轴中心的边的四边形单位横截面区域S中,流入流路的开口率通过将流入流路2a<sub>1</sub>、2a<sub>2</sub>的总横截面积除以单位横截面区域S的面积来确定。

[0051] 因为如上所述的,在本发明的陶瓷蜂窝过滤器中,流入流路2a的横截面积大于流出流路2b的横截面积,流入流路2a的开口率为45-60%,并且每cm<sup>2</sup>的流路的数量为30-60个,所以可以抑制由于在有烟灰下的压力损失增加,该压力损失增加是由当含有细粒子的排气流入陶瓷蜂窝过滤器1中时,在一端(在流体流入侧)处开口的流入流路2a的闭塞引起的。尽管由于流入流路2a的较大开口率(其导致流出流路2b的横截面积相对较小)可能出现初始压力损失增加,但是在流入流路2a和相邻流出流路2b之间的具有小至0.150-0.260mm的小厚度t1的分隔壁3a降低了排气从流入流路2a到流出流路2b通过分隔壁3a的阻力,从而

抑制了初始压力损失增加。

[0052] 因为流入流路2a和流出流路2b分别具有通过从正方形切去四个角而获得的四重旋转对称的八边形横截面形状,并且因为流入流路2a和流出流路2b在第一方向和与第一方向垂直的第二方向上交替地布置,使得它们的相对边隔着分隔壁3a是平行的,所以被两个相邻的流入流路2a和两个相邻的流出流路2b包围的分隔壁3b不与流入流路2a和流出流路2b的角相对,使得流入流路2a和流出流路2b的角不大可能充当分隔壁3b的破坏起点。此外,因为在流入流路2a和与该流入流路2a相邻的流出流路2b之间的分隔壁3a的厚度t1以及在相邻的流入流路2a、2a之间的分隔壁3b的厚度t2满足以下关系:1.175< t2/t1<1.6,所以与包括八边形流入流路和四边形流出流路的常规蜂窝过滤器相比,也可以获得改善的强度,即使在分隔壁厚度t1小至0.150-0.260mm时也如此。

[0053] 流入流路2a的开口率为45-60%。当上述开口率小于45%时,在含有细粒子的排气流过陶瓷蜂窝过滤器1时,流入流路被堆积在分隔壁上的PM闭塞,从而导致在有烟灰下的压力损失增加。另一方面,超过60%的开口率导致相对更小的流出流路的横截面积,从而导致增加的初始压力损失。流入流路2a的开口率优选为47%以上,并且更优选49%以上。此外,流入流路2a的开口率优选为58%以下,并且更优选56%以下。

[0054] 在流入流路2a和与该流入流路2a相邻的流出流路2b之间的分隔壁3a的厚度t1为0.150-0.260mm。小于0.150mm的厚度t1无法提供足够的改善强度的效果,并且大于0.260mm的厚度t1导致更高的初始压力损失。厚度t1优选为0.160mm以上,并且更优选0.170mm以上。此外,厚度t1优选为0.250mm以下,并且更优选0.240mm以下。

[0055] 在相邻流入流路2a、2a之间的分隔壁3b的厚度t2满足以下关系:1.175< t2/t1<1.6。在1.175< t2/t1的情况下,即当t2为大于t1的1.175倍大时,流体易于从流入流路2a流到流出流路2b,从而使得可以有效地捕获细粒子。然而,1.175以下的t2/t1使得流体难以从流入流路2a流到流出流路2b,从而无法有效地捕获细粒子。另一方面,1.6以上的t2/t1导致在t2与t1之间的过大差异,从而使得可能由于热冲击在分隔壁3a和3b的交叉点处引起破坏。t2/t1优选大于1.2,并且更优选大于1.3。此外,t2/t1优选小于1.58,并且更优选小于1.55。

[0056] 如上所述的,流入流路2a和流出流路2b分别具有通过从正方形切去四个角而获得的四重旋转对称的八边形横截面形状。每个流入流路2a的所有八条边都可以具有相同的长度,或者与相邻的流入流路2a相对的边211的长度 $\alpha_1$ 可以不同于与相邻的流出流路2b相对的边212的长度 $\alpha_2$ ,但每个流入流路2a具有有相同长度 $\alpha_1$ 的四条边211和有相同长度 $\alpha_2$ 的四条边212(参见图4)。 $\alpha_1$ 与 $\alpha_2$ 的比率( $\alpha_1/\alpha_2$ )优选为1.2以下。大于1.2的比率 $\alpha_1/\alpha_2$ 导致在相邻的流入流路2a、2a之间的分隔壁3b的厚度t2过大,从而造成大的初始压力损失。比率 $\alpha_1/\alpha_2$ 更优选为1.0以下,更优选为0.8以下,更优选为0.6以下,并且最优选为0.50以下。此外,比率 $\alpha_1/\alpha_2$ 优选为0.2以上。当比率 $\alpha_1/\alpha_2$ 小于0.2时,分隔壁3b的厚度t2太小,从而无法获得足够的改善强度的效果。比率 $\alpha_1/\alpha_2$ 更优选为0.3以上,并且更优选为0.35以上。

[0057] 同样,每个流出流路2b的所有八条边都可以具有相同的长度,或者与相邻的流出流路2b相对的边221的长度 $\beta_1$ 可以不同于与相邻的流入流路2a相对的边222的长度 $\beta_2$ ,但每个流出流路2b具有有相同长度 $\beta_1$ 的四条边221和有相同长度 $\beta_2$ 的四条边222(参见图4)。 $\beta_1$ 与 $\beta_2$ 的比率( $\beta_1/\beta_2$ )优选为1.2以下。大于1.2的比率 $\beta_1/\beta_2$ 导致在相邻的流出流路2b、2b之

间的分隔壁3b的厚度t3过大,从而造成初始压力损失增加。比率 $\beta_1/\beta_2$ 更优选为1.0以下,更优选为0.8以下,并且最优选为0.6以下。此外,比率 $\beta_1/\beta_2$ 优选为0.3以上。小于0.3的比率 $\beta_1/\beta_2$ 为在相邻的流出流路2b、2b之间的分隔壁3b提供充当破坏起点的角,从而无法获得足够的改善强度的效果。比率 $\beta_1/\beta_2$ 更优选为0.35以上,并且更优选为0.4以上。顺带地,八条边可以经由小的弯曲部R连接。

[0058] 每个流出流路2b的边221的长度 $\beta_1$ 与每个流入流路2a的边211的长度 $\alpha_1$ 的比率 $\beta_1/\alpha_1$ 优选为1.50以下。大于1.50的比率 $\beta_1/\alpha_1$ 导致在相邻的流出流路2b之间的分隔壁3b的厚度t3过大,从而导致增加的初始压力损失。比率 $\beta_1/\alpha_1$ 更优选为1.40以下,更优选为1.30以下,并且最优选为1.25以下。此外,比率 $\beta_1/\alpha_1$ 优选为0.30以上。小于0.30的比率 $\beta_1/\alpha_1$ 为在相邻的流出流路2b、2b之间的分隔壁3b提供充当破坏起点的角,从而无法获得足够的改善强度的效果。比率 $\beta_1/\alpha_1$ 更优选为0.40以上,并且更优选为0.45以上。

[0059] 在本发明的陶瓷蜂窝过滤器1中,每 $\text{cm}^2$ 的流路的数量为30-60个(流入流路中的15-30个,和流出流路中的15-30个)。因为上述单位横截面区域S(参见图5)含有一个流路(0.5个流入流路和0.5个流出流路),所以每 $\text{cm}^2$ 的30-60个流路的数量意指单位横截面区域S每 $1\text{cm}^2$ 含有30至60个流路。换言之,单位横截面区域S优选是每条边为0.183至0.129 $\text{cm}$ 的正方形。例如,每个具有0.183 $\text{cm}$ 的边的30个正方形提供 $0.183\text{cm} \times 0.183\text{cm} \times 30 = 1\text{cm}^2$ 的总面积,并且每个具有0.129 $\text{cm}$ 的边的60个正方形提供 $0.129\text{cm} \times 0.129\text{cm} \times 60 = 1\text{cm}^2$ 的总面积。每 $\text{cm}^2$ 少于30个流路无法提供足够的改善强度的效果,而每 $\text{cm}^2$ 超过60个流路的数量导致大的初始压力损失。每 $\text{cm}^2$ 的流路的数量优选为40个以上,并且更优选为45个以上。此外,每 $\text{cm}^2$ 的流路的数量优选为55个以下,并且更优选为50个以下。

[0060] 本发明的陶瓷蜂窝过滤器1的多孔分隔壁3的孔隙率优选为45-60%。小于45%的孔隙率导致当PM堆积时大的在有烟灰下的压力损失。孔隙率优选为48%以上,并且更优选为50%以上。另一方面,超过60%的孔隙率导致在再生后低的初始PM捕获率。孔隙率优选为59%以下,并且更优选为58%以下。顺带地,分隔壁的孔隙率通过以下描述的水银孔率法(压汞法)测量。

[0061] 本发明的陶瓷蜂窝过滤器1的多孔分隔壁3的中值孔径 $d_{50}$ 优选为5-20 $\mu\text{m}$ 。当中值孔径 $d_{50}$ 小于5 $\mu\text{m}$ 时,难以在再生后的使用的早期保持低的初始压力损失。中值孔径 $d_{50}$ 优选为7 $\mu\text{m}$ 以上,并且更优选为9 $\mu\text{m}$ 以上。另一方面,大于20 $\mu\text{m}$ 的中值孔径 $d_{50}$ 使PM捕获性能劣化。中值孔径 $d_{50}$ 优选为18 $\mu\text{m}$ 以下,并且进一步优选为16 $\mu\text{m}$ 以下。

[0062] 可以通过使用可得自Micromeritics的Autopore III 9410来进行通过水银孔率法的孔隙率和中值孔径的测量。这种测量通过以下方式进行:将从陶瓷蜂窝结构切出的测试件(10mm $\times$ 10mm $\times$ 10mm)置于测量池中,将该池抽真空,然后通过引入汞对该池进行加压以测量被压入到测试件中的孔隙中的汞的体积。因为汞在较高的压力下被引入到较细小的孔隙中,所以可以根据在压力与侵入到孔隙中的汞的体积之间的关系来确定在孔径与累积孔隙体积(在从最大孔径到特定孔径范围内的孔隙的累积体积)之间的关系。汞首先被引入到大孔隙中,然后被依次被引入到较小的孔隙中。由压力换算的孔径从较大孔径到较小孔径累积以获得累积孔隙体积(对应于汞的体积),将其相对于孔径作图,由此获得示出了在孔径与累积孔体积之间的关系的图。在本发明中,汞侵入压力为0.5psi( $0.35 \times 10^{-3}$ kg/mm $^2$ ),并且在1800psi(1.26kg/mm $^2$ ,对应于约0.1 $\mu\text{m}$ 的孔径)的汞压力下的累积孔隙体积被定

义为总孔隙体积。

[0063] 根据所测得的水银孔率法结果,计算孔隙率和中值孔径d50[在累积孔隙体积为总孔隙体积的50%时的孔径( $\mu\text{m}$ )]。孔隙率可以通过式 $[\rho \times V / (1 + \rho \times V)] \times 100 (\%)$ 由总孔隙体积V和分隔壁材料的真比重 $\rho$ 确定。例如,当使用堇青石作为陶瓷蜂窝过滤器的分隔壁材料时,利用堇青石的 $2.52\text{g/cm}^3$ 的真比重来计算孔隙率,或者当使用碳化硅作为陶瓷蜂窝过滤器的分隔壁材料时,利用碳化硅的 $3.21\text{g/cm}^3$ 的真实比重来计算孔隙率。

[0064] 因为本发明的陶瓷蜂窝过滤器用于从由内燃机如柴油机等排出的排气中除去PM等以净化排气,所以取决于内燃机的排气量,其优选的大小为125-400mm的外径和125-400mm的长度。

[0065] 从强度和耐热性的观点来看,用于陶瓷蜂窝过滤器1的分隔壁材料优选为选自由以下各项组成的组中的至少一种:碳化硅、堇青石、碳化硅/氧化物复合材料、硅/碳化硅复合材料、氮化硅、莫来石、氧化铝、二氧化硅、尖晶石、硅酸铝锂和钛酸铝。这些之中,堇青石由于小的热膨胀系数和优异的耐热冲击性而是优选的。碳化硅/氧化物复合材料由于较高的耐热性而是进一步优选的。碳化硅/氧化物复合材料由碳化硅聚集体和氧化物粘结剂组成,并且该氧化物优选地包括选自由以下各项组成的组中的至少一种:堇青石、莫来石、尖晶石、氧化铝、假蓝宝石和方石英。

[0066] 用于密封流路2的封堵材料可以选自用于陶瓷蜂窝过滤器1的分隔壁的那些,并且可以与分隔壁材料相同。封堵材料可以由与用于分隔壁材料的相同材料通过胶体氧化物如胶体二氧化硅、胶体氧化铝等结合的聚集体形成。

[0067] 本发明的陶瓷蜂窝过滤器可以设置有外周壁4。外周壁4可以在挤出陶瓷蜂窝结构的同时形成。备选地,可以通过机加工除去不具有外周壁的陶瓷蜂窝结构的外周部分,然后可以在陶瓷蜂窝结构的外周面上涂覆外周壁。用于外周壁的涂覆材料包括陶瓷粒子(其可以由堇青石、二氧化硅、氧化铝等制成)和水。粘结剂可以包括胶体氧化物,如胶体二氧化硅、胶体氧化铝等。

[0068] 流入流路2a和流出流路2b中的封堵部5a、5b优选地在流路方向上长度为2-15mm。当它们的长度小于2mm时,在分隔壁3和封堵部5之间存在的接触面积小,从而无法具有足够的强度,使得封堵部可能脱落。当它们的长度超过15mm时,分隔壁具有相对小的暴露面积,从而导致较高的压力损失,或者封堵部可能由于热冲击而破裂。

[0069] 如图6中所示,本发明的陶瓷蜂窝过滤器的另一个示例可以是一种蜂窝段组件,其中这些蜂窝段10经由结合层13一体地彼此面接合。如图6所示,这样的由接合的蜂窝段构成的陶瓷蜂窝过滤器是通过经由接合层13将蜂窝段10一体地接合而形成的蜂窝段组件,各个蜂窝段10满足以下所述的条件,在与流入流路2a和流出流路2b的纵向方向垂直的横截面中,

[0070] (a)流入流路2a的横截面积大于流出流路2b的横截面积;

[0071] (b)流入流路2a和流出流路2b分别具有通过从正方形切去四个角而获得的四重旋转对称的八边形横截面形状;

[0072] (c)流入流路2a和流出流路2b在第一方向和与第一方向垂直的第二方向上交替地布置,使得它们的相对边隔着分隔壁3a是平行的;

[0073] (d)流入流路2a的开口率为45-60%;

[0074] (e) 每 $\text{cm}^2$ 的流路的数量为30-60个；

[0075] (f) 在流入流路2a和与所述流入流路2a相邻的流出流路2a之间的分隔壁的厚度t1为0.150-0.260mm；并且

[0076] (g) 在相邻的流入流路2a、2a之间的分隔壁的厚度t2满足 $1.175 < t2/t1 < 1.6$ 。

[0077] 蜂窝段组件的外周面优选地涂覆有外周涂层14。

[0078] [2]陶瓷蜂窝过滤器的制造方法

[0079] 以下将说明本发明的陶瓷蜂窝过滤器的制造方法。首先，将陶瓷材料与有机粘结剂、成孔材料和水混合并混炼以形成塑化的可成型陶瓷材料。

[0080] 陶瓷材料优选为选自由以下各项组成的组中的至少一种：碳化硅、形成堇青石的材料、碳化硅/氧化物复合材料、硅/碳化硅复合材料、氮化硅、莫来石、氧化铝、二氧化硅、尖晶石、硅酸铝锂和钛酸铝。这些之中，因为堇青石具有小的热膨胀系数和优异的耐热冲击性，所以形成堇青石的材料是优选的。碳化硅/氧化物复合材料由于优异的耐热性而是进一步优选的。碳化硅/氧化物复合材料由碳化硅聚集体粒子和氧化物粘结剂组成，并且该氧化物优选地包括选自由以下各项组成的组中的至少一种：堇青石粒子、莫来石粒子、尖晶石粒子、氧化铝粒子、假蓝宝石粒子、方石英粒子以及用于形成堇青石、莫来石、尖晶石、氧化铝、假蓝宝石和方石英的原料粉末。

[0081] 有机粘结剂可以是甲基纤维素、羟丙基甲基纤维素、羟乙基纤维素、羧甲基纤维素、聚乙烯醇等。

[0082] 成孔材料可以是面粉、石墨、淀粉、实心或中空的树脂(聚甲基丙烯酸甲酯、聚甲基丙烯酸丁酯、聚丙烯酸酯、聚苯乙烯、聚乙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯、甲基丙烯酸甲酯-丙烯腈共聚物等)等。它们之中优选的是中空树脂粒子，特别是甲基丙烯酸甲酯-丙烯腈共聚物的中空树脂粒子。

[0083] 将所得的可成型陶瓷材料通过蜂窝挤出模具挤出，切割成预定长度以获得如图5中所示的具有横截面积相对较大的流路(流入流路2a)和横截面积相对较小的流路(流出流路2b)的陶瓷蜂窝坯体，并且在热风炉或热处理炉中或通过微波等进行干燥以获得干燥的陶瓷蜂窝体。在根据需要对其端面、外周面等进行机加工之后，对陶瓷蜂窝体进行烧结以制造陶瓷蜂窝结构。因为烧结条件根据所使用的陶瓷材料的类型而不同，所以可以根据所使用的陶瓷材料的类型来选择适当的烧结条件。例如，当使用形成堇青石的材料时，烧结温度优选为1350-1440°C，并且作为其中保持最高温度的时间段的烧结时间优选为3-10小时。当使用碳化硅或碳化硅/氧化物复合材料时，烧结温度优选为1200-1450°C，并且作为其中保持最高温度的时间段的烧结时间优选为3-10小时。

[0084] 在通过机加工从烧结的陶瓷蜂窝结构除去外周部分之后，形成封堵部5a、5b。封堵部5a形成在流入流路2a的流体离开端部中，而封堵部5b形成在流出流路2b的流体进入端部中。可以使用常规已知的方法来形成封堵部5a、5b。一个具体示例是将膜附接至陶瓷蜂窝结构的每个端面，在膜的要在流路中形成封堵部的位置处设置孔，并且将蜂窝结构的要附接膜的端部浸入或压入到包含形成封堵部的材料的封堵用浆料中，以通过膜的孔用封堵用浆料来填充流路的要密封的开口端部。在将填充的封堵用浆料干燥之后，根据需要，通过加热和烧结使其硬化以形成封堵部。

[0085] 将设置有封堵部的陶瓷蜂窝结构的外周面用外壁材料涂覆，然后干燥。外壁材料

可以是包含陶瓷粒子和胶体二氧化硅的涂料。陶瓷粒子可以是堇青石、二氧化硅、氧化铝、莫来石等。

[0086] 然后将说明上述包括接合的蜂窝段的陶瓷蜂窝过滤器(参见图6)的制造方法。由蜂窝段组件构成的陶瓷蜂窝过滤器通过以下方式制造:将上述可成型陶瓷材料通过蜂窝挤出模具挤出成图6中所示的四边形形状的蜂窝段10,将其切割成预定的长度以获得如图5所示的具有横截面积相对较大的流路(流入流路2a)和横截面积相对较小的流路(流出流路2b)的蜂窝段坯体,并且将蜂窝段坯体在热风炉或热处理炉中或通过微波等进行干燥以获得干燥的蜂窝段。在根据需要对其端面、外周面等进行机加工之后,将它们烧结以制造陶瓷蜂窝结构的蜂窝段10。因为烧结条件根据陶瓷材料的类型而不同,所以可以根据陶瓷材料的类型来选择适当的烧结条件。例如,当使用形成堇青石的材料时,烧结温度优选为1350-1440°C,并且作为其中保持最高温度的时间段的烧结时间优选为3-10小时。当使用碳化硅或碳化硅/氧化物复合材料时,烧结温度优选为1200-1450°C,并且作为其中保持最高温度的时间段的烧结时间优选为3-10小时。

[0087] 封堵部5a、5b形成在具有蜂窝结构的烧结陶瓷蜂窝段10的两个端部中。可以使用常规已知的方法来形成封堵部5a、5b。一个具体示例是将膜附接至陶瓷蜂窝段10的每个端面,在膜的要在流路中形成封堵部的位置处设置孔,并且将蜂窝段10的要附接膜的端部浸入或压入到包含形成封堵部的材料的封堵用浆料中,以通过膜的孔用封堵用浆料填充流路的要密封的开口端部。在将填充的封堵用浆料干燥之后,根据需要,通过加热和烧结使其硬化以形成封堵部。

[0088] 例如,如图6中所示,制备16个设置有封堵部的蜂窝段10,并且将它们的外周面用粘结剂彼此接合,干燥,然后烧结(如果需要的话)。粘结剂可以含有陶瓷粒子、无机纤维、无机粘结剂、有机粘结剂和其他添加剂(根据需要)。尽管接合的蜂窝段10的数量在图6中为16个,但是其是非限制性的。例如,可以使用四个具有调整尺寸的蜂窝段10。

[0089] 之后,将由接合的蜂窝段10构成的蜂窝段组件的外周面机加工成预定的外周形状,用涂层14涂覆,干燥,然后通过烧结进行硬化(根据需要),从而获得包括经由接合层13一体地彼此接合的蜂窝段10的蜂窝段组件。

[0090] 可以通过上述制造方法获得本发明的蜂窝过滤器。顺带地,可以通过以下方式形成封堵部:在烧结之前将封堵用浆料填充到干燥陶瓷蜂窝体中,然后同时烧结干燥陶瓷蜂窝体和封堵部。

[0091] 实施例

[0092] 将通过以下实施例更详细地说明本发明,而不打算将本发明限制于此。

[0093] 实施例1和2以及比较例1和2

[0094] 作为形成堇青石的材料,将高岭土粉末、滑石粉末、二氧化硅粉末和氧化铝粉末混合成按质量计包含50%的SiO<sub>2</sub>、36%的Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和14%的MgO的堇青石组合物,并且向其中加入作为成孔材料的中空树脂粒子以及作为有机粘结剂的甲基纤维素和羟丙基甲基纤维素。在干燥状态下充分混合之后,将所得混合物与水充分混炼以制备塑化的可成型陶瓷材料。将该可成型陶瓷材料通过挤出成型模具成型为蜂窝形状,并且切割成直径为280mm且长度为314.8mm的坯体。将该坯体通过微波干燥,在1410°C的最高温度保持25小时以进行烧结,然后机加工以除去其外周部分,由此获得如图1-4中所示的各自具有隔室结构的实施例1和2

的堇青石型陶瓷蜂窝结构,其中具有大横截面积的流路和具有小横截面积的流路交替地布置,每个流路都具有通过从正方形切去四个角而获得的四重旋转对称的八边形横截面形状,以及其中流路具有图7所示的横截面形状的各自具有隔室结构的比较例1和2的堇青石型陶瓷蜂窝结构。表1示出了它们的具体形状和结构。

[0095] 在通过机加工从各个陶瓷蜂窝结构除去外周部分以使得其直径为264.7mm之后,将形成堇青石的材料的封堵用浆料装入流路端部中以使得它们交替地被封堵部密封,干燥,并且在1400°C烧结。烧结的封堵部长度为7-10mm。将设置有封堵部的陶瓷蜂窝结构的外周面用包含无定形二氧化硅和胶体二氧化硅的外壁材料涂覆,然后干燥。在实施例1和2以及比较例1和2的每一个中,获得各自具有266.7mm的外径和304.8mm的长度的两种堇青石型陶瓷蜂窝过滤器。它们的隔室结构在表1中示出(参见图4),并且它们的孔隙率和中值孔径在表2中示出。

[0096] 通过水银孔率法测量实施例1和2以及比较例1和2中的各个陶瓷蜂窝过滤器的孔隙率和中值孔径,并且评价其A轴压缩强度,并且通过以下所述的方法评价另一个陶瓷蜂窝过滤器的初始压力损失和在有烟灰下的压力损失。这些结果在表2中示出。

[0097] (a) 孔隙率和中值孔径的测量

[0098] 根据水银孔率法,将从各个陶瓷蜂窝过滤器切出的测试件(10mm×10mm×10mm)置于可得自Micromeritics的Autopore III的测量池中,将该池抽真空,然后在压力下将汞引入到该池中以确定压力与被压入到测试件中的孔隙中的汞的体积之间的关系。从较小孔径到较大孔径累积由压力换算的孔径以获得累积孔隙体积(对应于汞的体积),将其相对于孔径作图,从而获得显示孔径与累积孔隙体积之间的关系的图。汞侵入压力为0.5psi(0.35×10<sup>-3</sup>kg/mm<sup>2</sup>),并且用于由压力计算孔径的常数为130°的接触角和484达因/cm的表面张力。在1800psi(1.26kg/mm<sup>2</sup>,对应于约0.1μm的孔径)的汞压力下的累积孔隙体积被视为总孔隙体积。由水银孔率法测量结果计算总孔隙体积、孔隙率和在累积孔隙体积为总孔隙体积的50%时的中值孔径。孔隙率通过式 $[\rho \times V / (1+\rho \times V)] \times 100 (\%)$ 由总孔隙体积V和作为分隔壁材料的堇青石的真比重 $\rho (= 2.52 \text{g/cm}^3)$ 计算。

[0099] (b) A轴压缩破坏强度

[0100] A轴压缩破坏强度根据日本汽车工程学会(the Society of Automotive Engineers of Japan)的M505-87,“用于汽车排气净化用催化剂的整体陶瓷载体的试验方法(Test Method of Monolithic Ceramic Carrier for Automobile Exhaust Gas Cleaning Catalyst)”进行测量,并且由假设比较例1的测量值为1.00的相对值表示。

[0101] (c) 初始压力损失

[0102] 初始压力损失在固定到压力损失测试架上的陶瓷蜂窝过滤器(向其中以10Nm<sup>3</sup>/min的流速供应空气)上测量,并且由在入口侧和出口侧之间的压差(压力损失)表示,并且由假设比较例1的测量值为1.00的相对值表示。顺带地,将陶瓷蜂窝过滤器固定为使得未被封堵部密封的具有较大横截面积的流入流路的开口端布置在空气接收侧上。

[0103] (d) 在有烟灰下的压力损失

[0104] 在有烟灰下的压力损失通过以下方式测量:向固定到压力损失测试架的陶瓷蜂窝过滤器中,以10Nm<sup>3</sup>/min的流速供应空气,以及以1.3g/h的速率供应平均粒度为0.11μm的燃烧烟灰,并且测量在附着到过滤器的烟灰量达到2g/一升过滤器时在入口侧和出口侧之间

的压差(压力损失)。在有烟灰下的压力损失由假设比较例1的测量值为1.00的相对值表示。顺带地,将陶瓷蜂窝过滤器固定为使得未被封堵部密封的具有较大横截面积的流入流路的开口端布置在空气接收侧上。

[0105] 表1

编号	实施例1	实施例2	比较例1	比较例2
流入流路的形状	八边形	八边形	八边形	八边形
流出流路的形状	八边形	八边形	四边形	四边形
流入流路的开口宽度 w1 (mm)	1.582	1.532	1.420	1.370
流出流路的开口宽度 w2 (mm)	0.996	0.946	1.100	1.050
流入流路的开口率(%)	54	51	48	45
分隔壁厚度 t1 (mm)	0.178	0.228	0.178	0.228
分隔壁厚度 t2 (mm)	0.260	0.310	0.181	0.252

t2/t1	1.46	1.36	1.02	1.11
$\alpha_1^{(1)}$ (mm)	0.424	0.403	0.156	0.156
$\alpha_2^{(2)}$ (mm)	0.982	0.962	1.200	1.150
$\alpha_1/\alpha_2$	0.43	0.42	0.13	0.14
$\beta_1^{(3)}$ (mm)	0.283	0.262	-	-
$\beta_2^{(4)}$ (mm)	0.596	0.576	1.100	1.050
$\beta_1/\beta_2$	0.47	0.45	-	-
每 $\text{cm}^2$ 的流路的数量	46	46	48	48

[0106] [0107] [0108] 注释: (1)  $\alpha_1$  表示在流入流路的边之中与相邻的流入流路相对的边211的长度。

[0109] (2)  $\alpha_2$  表示在流入流路的边之中与相邻的流出流路相对的边212的长度。

[0110] (3)  $\beta_1$  表示在流出流路的边之中与相邻的流出流路相对的边221的长度。

[0111] (4)  $\beta_2$  表示在流出流路的边之中与相邻的流入流路相对的边222的长度。

[0112] 表2

编号	实施例1	实施例2	比较例1	比较例2
孔隙率(%)	57.5	57.5	58.0	58.0
中值孔径 ( $\mu\text{m}$ )	11.5	11.5	12.0	12.0
初始压力损失	1.01	1.03	1.00	1.07
在有烟灰下的压力损失	0.90	0.92	1.00	1.05
A轴压缩强度	1.13	1.41	1.00	1.26

[0113] [0114] 根据表2清楚的是,在相保持初始压力损失的同时,对于比较例1,本发明中的实施例1和2的陶瓷蜂窝过滤器具有改善的在有烟灰下的压力损失以及A轴压缩强度。尽管比较例2的陶瓷蜂窝过滤器具有改善的A轴压缩强度,但是其具有差的初始压力损失和在有烟灰下的压力损失。

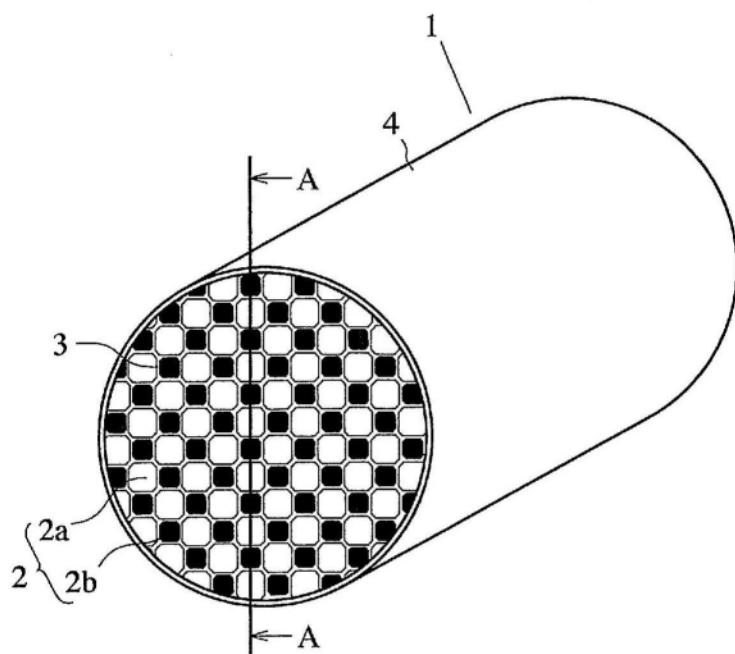


图1

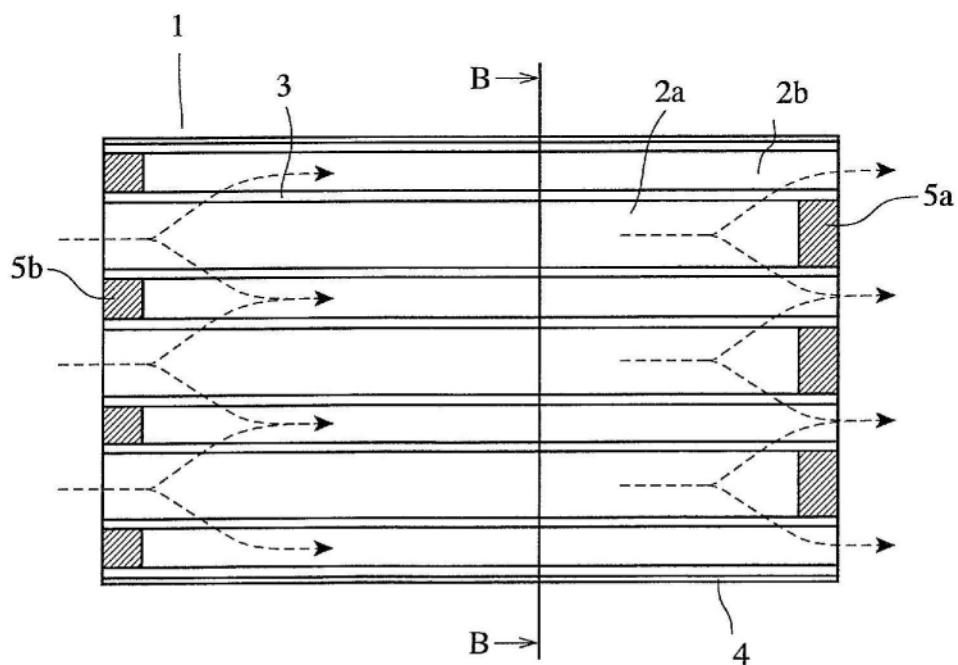


图2

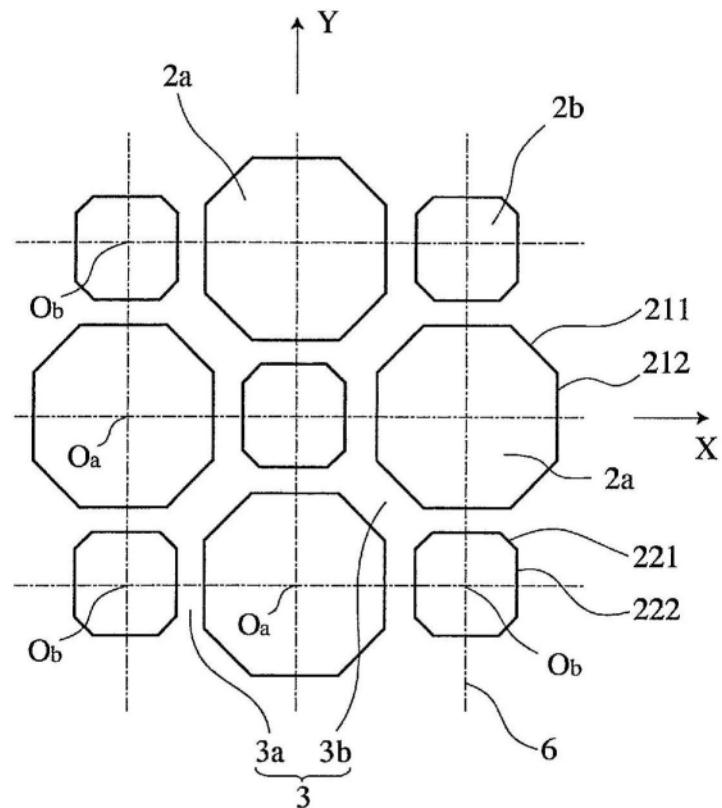


图3

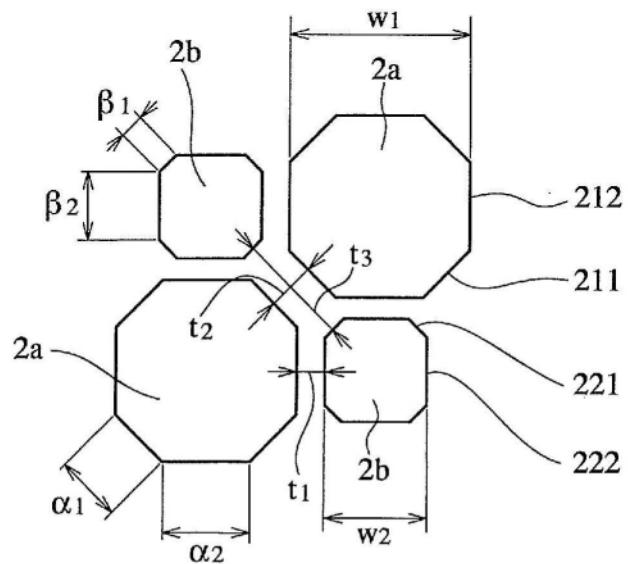


图4

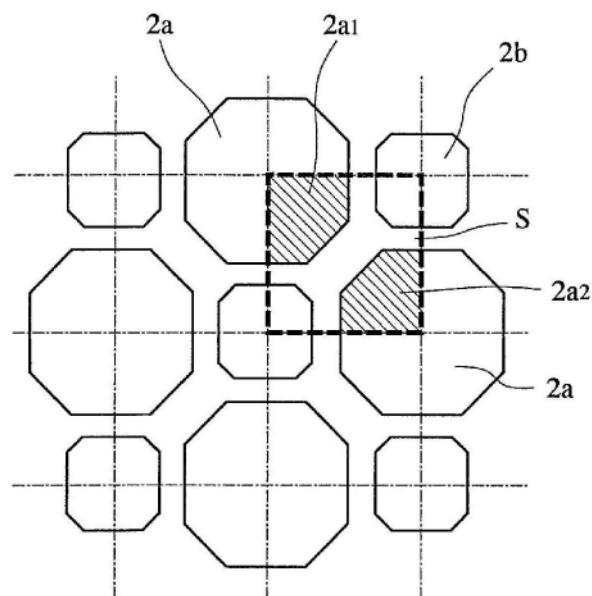


图5

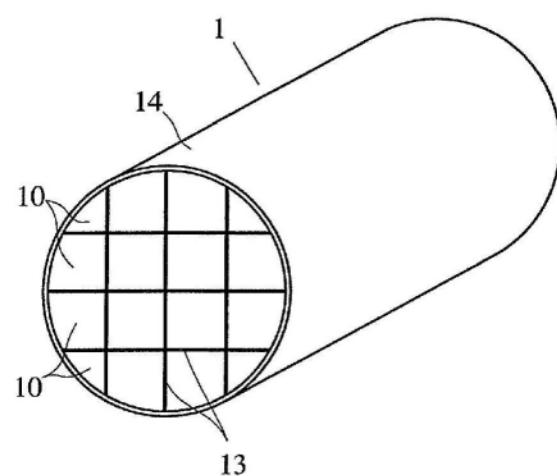


图6

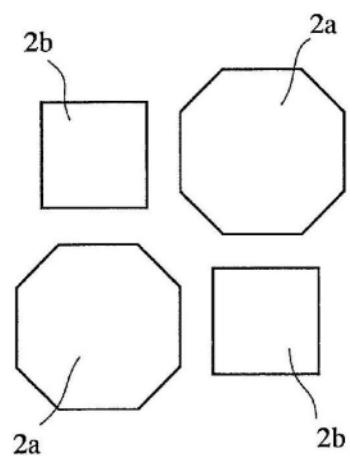


图7