



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110317080 B

(45) 授权公告日 2022.12.27

(21) 申请号 201910195956.4

C04B 35/636 (2006.01)

(22) 申请日 2019.03.15

C04B 35/638 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

C04B 41/88 (2006.01)

申请公布号 CN 110317080 A

(56) 对比文件

(43) 申请公布日 2019.10.11

JP H0650135 A, 1994.02.22

(30) 优先权数据

US 2017260887 A1, 2017.09.14

2018-065700 2018.03.29 JP

US 2013036719 A1, 2013.02.14

(73) 专利权人 日本碍子株式会社

US 2017283931 A1, 2017.10.05

地址 日本国爱知县

US 2012003420 A1, 2012.01.05

(72) 发明人 生驹和 笠井义幸

US 2014291315 A1, 2014.10.02

(74) 专利代理机构 北京旭知行专利代理事务所
(普通合伙) 11432

US 2016243500 A1, 2016.08.25

专利代理人 王轶 陈东升

JP 2016193401 A, 2016.11.17

(51) Int.Cl.

US 5063029 A, 1991.11.05

C04B 38/06 (2006.01)

US 2012241439 A1, 2012.09.27

C04B 38/00 (2006.01)

JP H056120 U, 1993.01.29

C04B 35/565 (2006.01)

US 2012076699 A1, 2012.03.29

C04B 35/622 (2006.01)

JP H07185264 A, 1995.07.25

US 2015030510 A1, 2015.01.29

审查员 白姝琼

权利要求书2页 说明书17页 附图5页

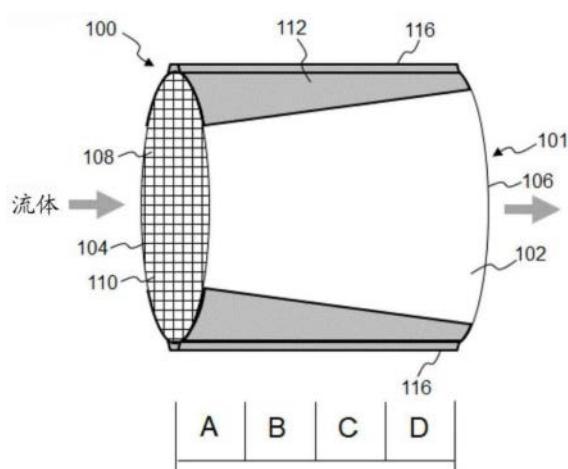
(54) 发明名称

导电性蜂窝结构体

(57) 摘要

本发明提供一种导电性蜂窝结构体，其改善了流体从导电性蜂窝结构体通过时的该结构体内部的温度分布的均匀性。一种导电性蜂窝结构体，当在隔室的流路方向上将蜂窝结构体四等分、并从靠近一侧底面的那侧开始划分为A、B、C以及D这四个区域时，在与隔室的流路方向垂直的截面中，在一对电极层间的距离最远的两点间对电阻进行测定，不过，当在该截面中不存在一对电极层时，在该截面中的距离最远的两点间对电阻进行测定，将测定所得的电阻在所述各区域中的平均值从靠近一侧底面的那侧开始设为 R_A 、 R_B 、 R_C 以及 R_D ，满足 $R_A \leq R_B \leq R_C \leq R_D$ （其中， $R_A = R_B = R_C = R_D$ 除外）的关系式。

CN 110317080 B



1. 一种导电性蜂窝结构体，其具备柱状的导电性蜂窝结构部，该导电性蜂窝结构部具有外周侧壁以及间隔壁，该间隔壁配置于外周侧壁的内侧、且区划形成多个隔室，这些隔室形成能够使得流体从一侧底面流入并从另一侧底面流出的贯通流路，

所述导电性蜂窝结构体的特征在于，

外周侧壁的外表面的一部分由沿着隔室的流路方向延伸设置的一对电极层构成，

所述一对电极层中的一个电极层相对于所述一对电极层中的另一个电极层配置为：隔着蜂窝结构部的中心轴而对置，

当在隔室的流路方向上将蜂窝结构体四等分、并从靠近一侧底面的那侧开始划分为A、B、C以及D这四个区域时，在与隔室的流路方向垂直的截面中，在一对电极层间的距离最远的两点间对电阻进行测定，不过，当在该截面中不存在一对电极层时，在该截面中的距离最远的两点间对电阻进行测定，将测定所得的电阻在所述各区域中的平均值从靠近一侧底面的那侧开始设为 R_A 、 R_B 、 R_C 以及 R_D ，满足 $R_A \leq R_B \leq R_C \leq R_D$ 的关系式，其中， $R_A = R_B = R_C = R_D$ 除外，

当在隔室的流路方向上将电极层四等分、并从靠近一侧底面的那侧开始划分为A、B、C以及D这四个区域时，将与隔室的流路方向垂直的截面中的、一对电极层间的距离最近的两点间的距离在所述各区域中的平均值从靠近一侧底面的那侧开始设为 D_A 、 D_B 、 D_C 以及 D_D ，满足 $D_A \leq D_B \leq D_C \leq D_D$ 的关系式，其中， $D_A = D_B = D_C = D_D$ 除外。

2. 根据权利要求1所述的导电性蜂窝结构体，其特征在于，

R_A 、 R_B 、 R_C 以及 R_D 满足 $R_A < R_B < R_C < R_D$ 的关系式。

3. 根据权利要求1所述的导电性蜂窝结构体，其特征在于，

D_A 、 D_B 、 D_C 以及 D_D 满足 $D_A < D_B < D_C < D_D$ 的关系式。

4. 根据权利要求1～3中任一项所述的导电性蜂窝结构体，其特征在于，

相对于从蜂窝结构部的一侧底面至另一侧底面的隔室的流路方向上的长度，各电极层的一端处于距一侧底面的距离为所述长度的0～5%的区域，各电极层的另一端处于距一侧底面的距离为所述长度的0～75%的区域，并且，各电极层沿隔室的流路方向从一端延伸设置至另一端。

5. 根据权利要求4所述的导电性蜂窝结构体，其特征在于，

相对于从蜂窝结构部的一侧底面至另一侧底面的隔室的流路方向上的长度，各电极层的一端处于距一侧底面的距离为所述长度的0～5%的区域，各电极层的另一端处于距一侧底面的距离为所述长度的0～50%的区域，并且，各电极层沿隔室的流路方向从一端延伸设置至另一端。

6. 根据权利要求1～3中任一项所述的导电性蜂窝结构体，其特征在于，

在与隔室的流路方向垂直的任意截面中观察，各电极层都形成为以各电极层的周向中心点彼此连结的直线为对称轴而线对称。

7. 根据权利要求1～3中任一项所述的导电性蜂窝结构体，其特征在于，

在蜂窝结构体上标示有流体流动的方向。

8. 根据权利要求1～3中任一项所述的导电性蜂窝结构体，其特征在于，

在隔室的流路方向上将除去电极层后的蜂窝结构体四等分，针对等分后的四个部分，分别对以下的(1)～(9)的电阻进行测定并求出各方向上的该四个部分的电阻的平均值，所述电阻为：

- (1) 一侧底面的重心与另一侧底面的重心之间的、隔室的流路方向上的电阻；
- (2) 一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向中的任一方向上的电阻；
- (3) 一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向上的电阻，且是与(2)中规定的方向相差90°的方向上的电阻；
- (4) 一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向上的电阻，且是与(2)中规定的方向相差180°的方向上的电阻；
- (5) 一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向上的电阻，且是与(2)中规定的方向相差270°的方向上的电阻；
- (6) 另一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向中的任一方向上的电阻；
- (7) 另一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向上的电阻，且是与(6)中规定的方向相差90°的方向上的电阻；
- (8) 另一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向上的电阻，且是与(6)中规定的方向相差180°的方向上的电阻；
- (9) 另一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向上的电阻，且是与(6)中规定的方向相差270°的方向上的电阻，

各部分的上述九个方向上的电阻相对于对应的方向上的电阻的平均值均收敛于±10%以内。

9. 根据权利要求1~3中任一项所述的导电性蜂窝结构体，其特征在于，

当在隔室的流路方向上将电极层四等分、并从靠近一侧底面的那侧开始划分为A、B、C以及D这四个区域时，将构成各区域中的电极层的材料的电阻率的平均值从靠近一侧底面的那侧开始设为 r_A 、 r_B 、 r_C 以及 r_D ，满足 $r_A \leq r_B \leq r_C \leq r_D$ 的关系式，其中， $r_A = r_B = r_C = r_D$ 除外。

10. 根据权利要求1~3中任一项所述的导电性蜂窝结构体，其特征在于，

外周侧壁的一部分具有沿隔室的流路方向延伸的电绝缘性的狭缝，所述狭缝形成在设置有一对电极层的外周侧壁的外表面之间。

导电性蜂窝结构体

技术领域

[0001] 本发明涉及导电性蜂窝结构体。特别涉及适合于担载废气净化用的催化剂并使其提前升温至催化剂的活化温度的用途的蜂窝结构体。

背景技术

[0002] 以往,为了对从汽车等的发动机排出的废气中含有的HC、CO、NO_x等有害物质进行净化处理,使用将催化剂担载于柱状的蜂窝结构体的结构,该蜂窝结构体具有区划形成多个隔室的多个间隔壁,这些隔室从一侧底面贯通至另一侧底面而形成流路。由此,在利用担载于蜂窝结构体的催化剂对废气进行处理的情况下,需要使催化剂升温至其活化温度,但是,在发动机启动时,催化剂并未达到活化温度,因此,存在废气未被充分净化的问题。特别是对于插电式混合动力车(PHEV)、混合动力车(HV)而言,其行驶中包括仅利用电机的行驶,因此,发动机启动频率较小,发动机启动时的催化温度较低,所以发动机刚启动后的废气净化性能容易变差。

[0003] 为了解决上述问题,提出有如下技术:在担载有催化剂的蜂窝结构体的上游侧设置具有蜂窝结构的加热器,由此使得废气升温(例:日本特许第2931362号公报)。另外,提出有如下电加热催化器(EHC):在由导电性陶瓷构成的柱状的蜂窝结构体的侧面配置一对电极部以及电极端子突起部(端子连接部),通过通电而使蜂窝结构体自身发热,由此使得催化器和加热器实现一体化(例:W02011/043434号)。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献1:日本特许第2931362号公报

[0007] 专利文献2:W02011/043434号

发明内容

[0008] 专利文献1所记载的技术中,在担载有催化剂的蜂窝结构体的上游侧设置加热器,因此,特别是在如发动机启动时那样废气的流量较少且来自加热器的热传导较少的情况下,越远离加热器,催化剂的升温越慢。即,由于在作为催化剂载体的蜂窝结构体的内部沿废气的流动方向产生温度分布,所以无法有效地使所有催化剂都发挥作用。

[0009] 专利文献2所记载的EHC被搭载于高电压HEV(搭载有400V左右的蓄电池的HEV),在发动机启动之前对EHC进行通电而用于对催化剂的加热的控制(预通电方式)中,均匀地对所有催化剂进行加热的性能优异,能够有助于提高废气净化性能。

[0010] 然而,近年来,欧洲主要盛行低电压HEV(搭载有48V蓄电池的HEV)的生产,对于EHC而要求在发动机启动的同时通过以通电为代表的方式对催化剂进行加热的控制(同时通电方式)的废气净化性能。根据本发明的发明人的研究结果可知:虽然专利文献2所记载的EHC在预通电方式中发挥出优异的性能,但是存在如下问题,即,同时通电方式时的蜂窝结构体内的温度分布的均匀性较低,无法有效地使所有催化剂都达到活化温度。

[0011] 本发明是鉴于上述情况而完成的，其课题之一在于，在同时通电方式中，改善流体从导电性蜂窝结构体通过时的该结构体内部的温度分布的均匀性。

[0012] 也包括专利文献2所记载的EHC在内，在以往的EHC中，当在无气流的状态下对EHC进行加热时使得EHC内部的温度分布实现均匀化的性能较高(参照图1(a))。然而，在同时通电方式中，在对EHC进行加热的同时而气体流入，因此，在发动机启动时，废气的入口侧的底面附近被较低温度的废气冷却，从而导致催化温度难以升高(参照图1(b))。因此，无法有效地使得担载于蜂窝结构体的所有催化剂都达到活化温度。

[0013] 本发明的发明人基于上述研究结果而认为：使靠近入口侧底面的那侧优先发热的方式较为有用。根据该结构，如果在无气流的状态下对EHC进行加热，则入口附近的温度升高得较快，因此，温度分布的均匀性较低(参照图1(c))。然而，在同时通电方式中，入口附近的温度难以升高，因此可知：通过采用该结构，能够显著改善发动机启动时的EHC内部的温度分布的均匀性(参照图1(d))。

[0014] 本发明是基于上述见解而完成的，一个方案是导电性蜂窝结构体，

[0015] 该导电性蜂窝结构体具备柱状的导电性蜂窝结构部，该导电性蜂窝结构部具有外周侧壁以及间隔壁，该间隔壁配置于外周侧壁的内侧、且区划形成多个隔室，这些隔室形成能够使得流体从一侧底面流入并从另一侧底面流出的贯通流路，其中，

[0016] 外周侧壁的外表面的一部分由沿着隔室的流路方向延伸设置的一对电极层构成，

[0017] 所述一对电极层中的一个电极层相对于所述一对电极层中的另一个电极层配置为：隔着蜂窝结构部的中心轴而对置，

[0018] 当在隔室的流路方向上将蜂窝结构体四等分、并从靠近一侧底面的那侧开始划分为A、B、C以及D这四个区域时，在与隔室的流路方向垂直的截面中，在一对电极层间的距离最远的两点间对电阻进行测定，不过，当在该截面中不存在一对电极层时，在该截面中的距离最远的两点间对电阻进行测定，将测定所得的电阻在所述各区域中的平均值从靠近一侧底面的那侧开始设为 R_A 、 R_B 、 R_C 以及 R_D ，满足 $R_A \leq R_B \leq R_C \leq R_D$ (其中， $R_A = R_B = R_C = R_D$ 除外)的关系式。

[0019] 在本发明所涉及的导电性蜂窝结构体的一个实施方式中， R_A 、 R_B 、 R_C 以及 R_D 满足 $R_A < R_B < R_C < R_D$ 的关系式。

[0020] 在本发明所涉及的导电性蜂窝结构体的另一个实施方式中，当在隔室的流路方向上将电极层四等分、并从靠近一侧底面的那侧开始划分为A、B、C以及D这四个区域时，将与隔室的流路方向垂直的截面中的、一对电极层间的距离最近的两点间的距离在所述各区域中的平均值从靠近一侧底面的那侧开始设为 D_A 、 D_B 、 D_C 以及 D_D ，满足 $D_A \leq D_B \leq D_C \leq D_D$ (其中， $D_A = D_B = D_C = D_D$ 除外)的关系式。

[0021] 在本发明所涉及的导电性蜂窝结构体的又一个实施方式中， D_A 、 D_B 、 D_C 以及 D_D 满足 $D_A < D_B < D_C < D_D$ 的关系式。

[0022] 在本发明所涉及的导电性蜂窝结构体的又一个实施方式中，相对于从蜂窝结构部的一侧底面至另一侧底面的隔室的流路方向上的长度，各电极层的一端处于距一侧底面的距离为所述长度的0~5%的区域，各电极层的另一端处于距一侧底面的距离为所述长度的0~75%的区域，并且，各电极层沿隔室的流路方向从一端延伸设置至另一端。

[0023] 在本发明所涉及的导电性蜂窝结构体的又一个实施方式中，相对于从蜂窝结构部

的一侧底面至另一侧底面的隔室的流路方向上的长度,各电极层的一端处于距一侧底面的距离为所述长度的0~5%的区域,各电极层的另一端处于距一侧底面的距离为所述长度的0~50%的区域,并且,各电极层沿隔室的流路方向从一端延伸设置至另一端。

[0024] 在本发明所涉及的导电性蜂窝结构体的又一个实施方式中,在与隔室的流路方向垂直的任意截面中观察,各电极层都形成为以各电极层的周向中心点彼此连结的直线为对称轴而线对称。

[0025] 在本发明所涉及的导电性蜂窝结构体的又一个实施方式中,在蜂窝结构体上对流体流动的方向进行标示。

[0026] 在本发明所涉及的导电性蜂窝结构体的又一个实施方式中,在隔室的流路方向上将除去电极层后的蜂窝结构体四等分,针对等分后的四个部分,分别对以下的(1)~(9)的电阻进行测定并求出各方向上的该四个部分的电阻的平均值,所述电阻为:

[0027] (1)一侧底面的重心与另一侧底面的重心之间的、隔室的流路方向上的电阻;

[0028] (2)一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向中的任一方向上的电阻;

[0029] (3)一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向上的电阻,且是与(2)中规定的方向相差90°的方向上的电阻;

[0030] (4)一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向上的电阻,且是与(2)中规定的方向相差180°的方向上的电阻;

[0031] (5)一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向上的电阻,且是与(2)中规定的方向相差270°的方向上的电阻;

[0032] (6)另一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向中的任一方向上的电阻;

[0033] (7)另一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向上的电阻,且是与(6)中规定的方向相差90°的方向上的电阻;

[0034] (8)另一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向上的电阻,且是与(6)中规定的方向相差180°的方向上的电阻;

[0035] (9)另一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向上的电阻,且是与(6)中规定的方向相差270°的方向上的电阻,

[0036] 各部分的上述九个方向上的电阻相对于对应的方向上的电阻的平均值均收敛于±10%以内。

[0037] 在本发明所涉及的导电性蜂窝结构体的又一个实施方式中,当在隔室的流路方向上将电极层四等分、并从靠近一侧底面的那侧开始划分为A、B、C以及D这四个区域时,将构成各区域中的电极层的材料的电阻率的平均值从靠近一侧底面的那侧开始设为 r_A 、 r_B 、 r_C 以及 r_D ,满足 $r_A \leq r_B \leq r_C \leq r_D$ (其中, $r_A = r_B = r_C = r_D$ 除外)的关系式。

[0038] 在本发明所涉及的导电性蜂窝结构体的又一个实施方式中,外周侧壁的一部分具有沿着隔室的流路方向延伸的电绝缘性的狭缝,所述狭缝形成在设置有一对电极层的外周侧壁的外表面之间。

[0039] 根据本发明,能够改善流体从导电性蜂窝结构体通过时的该结构体内部的温度分布的均匀性。例如,在将催化剂担载于本发明所涉及的导电性蜂窝结构体而想要对从该结

构体通过的低温废气进行净化的情况下,能够使得温度容易降低的入口部分更强烈地发热。因此,该结构体内部的温度分布的均匀性得到提高,能够期待入口部分的催化剂利用率的提高。本发明所涉及的导电性蜂窝结构体特别优选应用于在发动机启动的同时开始对导电性蜂窝结构体进行通电而将催化剂加热的同时通电控制的汽车废气净化系统,能够期待对净化性能的提高作出贡献。

附图说明

- [0040] 图1是用于对本发明的构思进行说明的示意图。
- [0041] 图2-1是本发明的一个实施方式所涉及的蜂窝结构体的立体示意图。
- [0042] 图2-2是在本发明的一个实施方式所涉及的蜂窝结构体设置有端子连接部的情形的立体示意图。
- [0043] 图3是在与隔室的流路方向垂直的截面中观察本发明的一个实施方式所涉及的蜂窝结构体时的示意图。
- [0044] 图4是示出本发明所涉及的蜂窝结构体的各种变形例的示意图。
- [0045] 图5是说明对导电性蜂窝结构体的各种电阻进行测定的试验步骤的图。
- [0046] 图6是比较例1以及实施例1的蜂窝结构体内部(Fr 、 Mid 、 Rr)的升温曲线。
- [0047] 图7是本发明的另一个实施方式所涉及的蜂窝结构体的立体示意图。
- [0048] 图8是在与隔室的流路方向垂直的截面中观察本发明的另一个实施方式所涉及的蜂窝结构体时的示意图。
- [0049] 附图标记说明
- [0050] 100…导电性蜂窝结构体、101…蜂窝结构部、102…外周侧壁、103…端子连接部、104…一侧底面、106…另一侧底面、108…隔室、109…外表面、110…间隔壁、112…电极层、116…突出部、118…狭缝。

具体实施方式

[0051] 以下,参照附图,对本发明的实施方式进行详细说明。本发明并不限定于以下实施方式,应当理解:在未脱离本发明的主旨的范围内,可以基于本领域技术人员的常识而适当地施加设计的变更、改良等。

[0052] <1. 导电性蜂窝结构体>

[0053] 参照图2-1,导电性蜂窝结构体100具备柱状的蜂窝结构部101,该蜂窝结构部101具有外周侧壁102和间隔壁110,该间隔壁110配置于外周侧壁102的内侧、且区划形成多个隔室108,这些隔室108形成使得流体能够从一侧底面104流入并从另一侧底面106流出的贯通流路。另外,导电性蜂窝结构体100的外周侧壁102具备沿着隔室的流路方向延伸设置的一对电极层112。一对电极层112中的一个电极层相对于一对电极层112中的另一个电极层配置为:隔着蜂窝结构部101的中心轴而对置。

[0054] 对于导电性蜂窝结构体100,如果使得各端子与一对电极层112连接并施加电压,则能够进行通电并利用焦耳热而发热。可以设置与将端子连接的一对电极层112的各电极层112分别接触的端子连接部103,以便容易将端子连接(图2-2)。蜂窝结构体100可以优先用作加热器。另外,通过将催化剂担载于蜂窝结构体100,还能够将蜂窝结构体100用作催化

器主体。能够使例如汽车废气等流体在多个隔室108的流路中流动。所施加的电压可以适当变更，并未特别限制，不过，可以设为12V～900V，在应用于低电压HEV下的同时通电控制的汽车废气净化系统的情况下，可以设为12V～100V，例如可以设为20V～60V。

[0055] 对于导电性蜂窝结构体100，为了防止混淆成为流体入口的一侧的底面104和成为流体出口的另一侧的底面106，可以在蜂窝结构体上对流体流动的方向进行标示。只要能够理解流体流动的方向即可，标示方法并未特别限制，能够举出利用墨水等在导电性蜂窝结构体100的外周侧壁102描画箭头的方法。

[0056] (1-1电极层)

[0057] 参照图3，导电性蜂窝结构体100的外周侧壁102具备隔着蜂窝结构部101的中心轴0、且沿隔室的流路方向延伸设置的一对电极层112。这种情况下，电极层112构成外周侧壁102的外表面的一部分。电极层112能够发挥出使得电流在周向以及隔室的流路方向上蔓延而提高均匀发热性的作用。根据提高蜂窝结构体100的周向上的均匀发热性的观点，优选地，电极层112形成为：在与隔室的流路方向垂直的任意截面中观察，都以电极层112的周向中心点彼此连结的中心线M为对称轴而线对称(图3)。

[0058] 在与隔室108的流路方向垂直的截面中，从一对电极层112各自的周向中心延伸至蜂窝结构部101的中心轴0的两条线段所成的角度 θ ($0^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$) 优选为 $150^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ ，更优选为 $160^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ ，进一步优选为 $170^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ ，最优选为 180° (图3)。

[0059] 在导电性蜂窝结构体100的外周侧壁102具备电极层112的情况下，为了提高蜂窝结构体100的温度分布的均匀性，优选两处部位以上的端子连接部103与各电极层112接触、且至少分别配置于一处部位，更优选配置在各电极层上的端子连接部103的个数相同。在典型的实施方式中，在电极层112的周向中心配置的一对端子连接部103配置为隔着蜂窝结构部101的中心轴而对置。

[0060] 导电性蜂窝结构体100的一个实施方式中，当在隔室的流路方向上将蜂窝结构体100四等分、并从靠近一侧底面(流体的入口)的那侧开始划分为A、B、C以及D这四个区域时，在与隔室的流路方向垂直的截面中，在一对电极层间的距离最远的两点间对电阻进行测定，不过，当在该截面中不存在一对电极层时，在该截面中的距离最远的两点间对电阻进行测定，将测定所得的电阻(图3中的P1与P2之间的电阻)在所述各区域中的平均值从靠近一侧底面的那侧开始设为 R_A 、 R_B 、 R_C 以及 R_D ，满足 $R_A \leq R_B \leq R_C \leq R_D$ (其中， $R_A = R_B = R_C = R_D$ 除外)的关系式。由此，通电电阻从蜂窝结构体100的流体出口趋向流体入口而阶梯式地减小，因此，能够获得越靠近入口则越容易发热的效果。本发明中，电极层112的上述电极层间的电阻设为通过四端子法在25℃的温度下测定所得的值。

[0061] 为了使蜂窝结构体100的入口附近能够优先发热，优选 R_A 、 R_B 、 R_C 以及 R_D 满足 $R_A \leq R_B \leq R_C \leq R_D$ (其中， $R_A = R_B = R_C = R_D$ 除外)的关系式，更优选满足 $R_A < R_B < R_C < R_D$ 的关系式，进一步优选满足 $R_A < 0.7R_B < 0.6R_C < 0.5R_D$ 的关系式。

[0062] 在与隔室的流路方向垂直的截面中的、一对电极层间的距离最远的点之间测定所得的电阻，可以通过改变例如以下(1)～(3)中的一个或两个以上的参数来调整，(1)是与隔室的流路方向垂直的截面中的、一对电极层间的距离最近的点彼此的距离，(2)是构成电极层的材料的电阻率，(3)是电极层的厚度。如果一对电极层间的距离最近的点之间的距离缩短，则上述电阻减小，反之，如果一对电极层间的距离最近的点之间的距离增大，则上述电

阻增大。如果构成电极层的材料的电阻率减小，则上述电阻减小，反之，如果构成电极层的材料的电阻率增大，则上述电阻增大。另外，如果增大电极层的厚度，则上述电阻减小，反之，如果减小电极层的厚度，则上述电阻增大。

[0063] 对于导电性蜂窝结构体100，在一个实施方式中，当在隔室的流路方向上将电极层112四等分、并从靠近一侧底面的那侧开始划分为A、B、C以及D这四个区域时，如果将与隔室的流路方向垂直的截面中的、一对电极层间的距离最近的两点间的距离(图3中的Q1与Q2之间的距离D)在所述各区域中的平均值从靠近一侧底面的那侧开始设为 D_A 、 D_B 、 D_C 以及 D_D ，则满足 $D_A \leq D_B \leq D_C \leq D_D$ (其中， $D_A = D_B = D_C = D_D$ 除外)的关系式。

[0064] 为了使蜂窝结构体100的入口附近能够更优先发热，优选 D_A 、 D_B 、 D_C 以及 D_D 满足 $D_A \leq D_B \leq D_C \leq D_D$ (其中， $D_A = D_B = D_C = D_D$ 除外)的关系式，更优选满足 $D_A < D_B < D_C < D_D$ 的关系式，进一步优选满足 $D_A < 0.83D_B < 0.73D_C < 0.68D_D$ 的关系式。

[0065] 关于处于上述四个区域中的任意区域的电极层112，根据使得电流在周向上蔓延而提高均匀发热性的观点，与隔室的流路方向垂直的截面中的、各电极层112的周向上的两个侧端与中心轴O连结的2条线段所成的中心角 α 优选为30°以上，更优选为40°以上，进一步优选为60°以上(图3)。不过，如果中心角 α 过大，则从蜂窝结构部101的内部通过的电流减小，从外周侧壁102附近通过的电流增大。因此，根据蜂窝结构部101的均匀发热性的观点，该中心角 α 优选为140°以下，更优选为130°以下，进一步优选为120°以下。

[0066] 为了使蜂窝结构体100的入口附近能够优先发热，相对于从蜂窝结构部101的一侧底面104至另一侧底面106的隔室的流路方向上的长度，优选各电极层112的一端处于距一侧底面104的距离为上述长度的0~5%的区域。另外，根据提高蜂窝结构体100的隔室的流路方向上的温度分布的均匀性的观点，相对于从蜂窝结构部101的一侧底面104至另一侧底面106的隔室的流路方向上的长度，优选各电极层112的另一端处于距一侧底面104的距离为上述长度的0~75%的区域，更优选另一端处于距一侧底面104的距离为上述长度的0~50%的区域。

[0067] 对于导电性蜂窝结构体100，一个实施方式中，当在隔室的流路方向上将电极层112四等分、并从靠近一侧底面的那侧开始划分为A、B、C以及D这四个区域时，如果将构成各区域中的电极层的材料的电阻率的平均值从靠近一侧底面的那侧开始设为 r_A 、 r_B 、 r_C 以及 r_D ，则满足 $r_A \leq r_B \leq r_C \leq r_D$ (其中， $r_A = r_B = r_C = r_D$ 除外)的关系式。

[0068] 为了使蜂窝结构体100的入口附近能够更优先发热，优选 r_A 、 r_B 、 r_C 以及 r_D 满足 $r_A \leq r_B \leq r_C \leq r_D$ (其中， $r_A = r_B = r_C = r_D$ 除外)的关系式，更优选满足 $r_A < r_B < r_C < r_D$ 的关系式，进一步优选满足 $r_A < 0.25r_B < 0.125r_C < 0.1r_D$ 的关系式。

[0069] 关于处于上述四个区域中的任意区域的电极层112，通过使其电阻率低于比电极层112更靠内侧的蜂窝结构部101的部分(比电极层更靠内侧的外周侧壁部分以及间隔壁)的电阻率，容易使得电流优先在电极层流动，并容易在通电时使得电流在隔室的流路方向以及周向上蔓延。电极层112的电阻率优选为蜂窝结构部101的电阻率的1/10以下，更优选为1/20以下，进一步优选为1/30以下。不过，如果二者的电阻率之差过大，则电流集中于对置的电极层的端部间而导致蜂窝结构部的发热不均，因此，电极层112的电阻率优选为蜂窝结构部101的电阻率的1/200以上，更优选为1/150以上，进一步优选为1/100以上。本发明中，电极层112的电阻率设为通过四端子法在25℃的温度下测定所得的值。

[0070] 对于导电性蜂窝结构体100,在一个实施方式中,当在隔室的流路方向上将电极层112四等分、并从靠近一侧底面的那侧开始划分为A、B、C以及D这四个区域时,如果将各区域中的电极层的厚度的平均值从靠近一侧底面的那侧开始设为 U_A 、 U_B 、 U_C 以及 U_D ,则满足 $U_A \geq U_B \geq U_C \geq U_D$ (其中, $U_A=U_B=U_C=U_D$ 除外)的关系式。

[0071] 为了使蜂窝结构体100的入口附近能够更优先发热,优选 U_A 、 U_B 、 U_C 以及 U_D 满足 $U_A \geq U_B \geq U_C \geq U_D$ (其中, $U_A=U_B=U_C=U_D$ 除外)的关系式,更优选满足 $U_A > U_B > U_C > U_D$ 的关系式,进一步优选满足 $U_A > 10U_D$ 的关系式。

[0072] 关于处于上述四个区域中的任意区域的电极层112,厚度优选为0.01mm~5mm,更优选为0.01mm~3mm。如果电极层112的厚度比0.01mm薄,则有时电阻升高而无法控制温度分布。如果电极层112的厚度比5mm厚,则有时在组装时会破损。电极层112的厚度定义为:当在与隔室的流路方向垂直的截面中观察想要测定厚度的电极层的部位时,电极层112的外表面在相对于该测定部位处的切线的法线方向上的厚度。

[0073] 图4中,包括上述说明的实施方式在内,针对本发明所涉及的导电性蜂窝结构体的各种变形例而示出了示意图。

[0074] 图4(a)所示的实施方式中,电极层112遍及隔室流路全长地延伸。另外,越趋向下游,电极层112在周向上的宽度越小,即, $D_A < D_B < D_C < D_D$ (定义如上所述)。

[0075] 图4(b)所示的实施方式中,电极层112遍及隔室流路全长地延伸。另外,以使得电阻率从入口侧开始阶梯式地升高的方式形成电极层112,即, $r_A < r_B < r_C < r_D$ (定义如上所述)。

[0076] 图4(c)所示的实施方式中,电极层112的一端处于距一侧底面104的距离相对于隔室流路的全长为0~5%的区域,另一端处于距一侧底面104的距离相对于隔室流路的全长为20%~50%的区域。

[0077] 图4(d)所示的实施方式中,电极层112的一端处于距一侧底面104的距离相对于隔室流路的全长为0~5%的区域,另一端处于距一侧底面104的距离相对于隔室流路的全长为20%~50%的区域。另外,越趋向下游,电极层112在周向上的宽度越小,即, $D_A < D_B < D_C < D_D$ (定义如上所述)。

[0078] 另外,作为比较例而示出了图4(e)。在图4(e)中,电极层112遍及隔室流路全长地延伸。另外,电极层在周向上的宽度恒定,即, $D_A = D_B = D_C = D_D$ (定义如上所述)。因此,并未精心设计使得入口附近优先发热的技术手段,在流入的气体的温度较低的情况下,蜂窝结构部的入口附近的温度容易降低。

[0079] 电极层112的材质可以使用金属以及导电性陶瓷。作为金属,例如能够举出Ag、Cu、Ni、Au、Pd、Cr、Fe、Co、Ni、Si或Ti的金属单质或者含有选自这些金属构成的组的至少一种金属的合金。作为导电性陶瓷,并未施加限定,能够举出碳化硅(SiC)、硅化钽(TaSi₂)以及硅化铬(CrSi₂)等金属硅化物等金属化合物,还能够举出由一种以上的上述导电性陶瓷和一种以上的上述金属组合而成的复合材料(金属陶瓷)。作为金属陶瓷的具体例,能够举出金属硅与碳化硅的复合材料、硅化钽、硅化铬等金属硅化物与金属硅以及碳化硅的复合材料,此外,根据减弱热膨胀的观点,还能举出在上述的一种或两种以上的金属中添加氧化铝、多铝红柱石、氧化锆、堇青石、氮化硅以及氮化铝等绝缘性陶瓷中的一种或两种以上而得到的复合材料。作为电极层112的材质,根据由于能够与蜂窝结构部同时烧成、所以有助于简化

制造工序的理由,在上述的各种金属以及导电性陶瓷中,优选采用硅化钽、硅化铬等金属硅化物与金属硅、碳化硅的复合材料的组合。

[0080] (1-2蜂窝结构部)

[0081] 如上述说明,对于导电性蜂窝结构体100的电极层的结构,精心设计为通电时使得蜂窝结构体100的入口附近能够优先发热。另一方面,关于比电极层更靠内侧的蜂窝结构部101的部分(比电极层更靠内侧的外周侧壁部分以及间隔壁),考虑通过挤出成型而实施工业生产,根据生产率、制造成本的观点,优选不使材质在隔室的流路方向上发生变化。

[0082] 因此,在一个实施方式中,在隔室的流路方向上将除去电极层112后的导电性蜂窝结构体100(参照图5(b))四等分(参照图5(c)),针对等分后的四个部分,分别对以下(1)~(9)的电阻进行了测定并求出了各方向上的该四个部分的电阻的平均值:

[0083] (1)一侧底面的重心与另一侧底面的重心之间的、隔室的流路方向上的电阻;

[0084] (2)一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向中的任一方向上的电阻;

[0085] (3)一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向上的电阻,且是与(2)中规定的方向相差90°的方向上的电阻;

[0086] (4)一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向上的电阻,且是与(2)中规定的方向相差180°的方向上的电阻;

[0087] (5)一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向上的电阻,且是与(2)中规定的方向相差270°的方向上的电阻;

[0088] (6)另一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向中的任一方向上的电阻;

[0089] (7)另一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向上的电阻,且是与(6)中规定的方向相差90°的方向上的电阻;

[0090] (8)另一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向上的电阻,且是与(6)中规定的方向相差180°的方向上的电阻;

[0091] (9)另一侧底面的重心与蜂窝结构部的外周缘之间的、该底面的面内方向上的电阻,且是与(6)中规定的方向相差270°的方向上的电阻,

[0092] 各部分的上述九个方向上的电阻相对于对应的方向上的电阻的平均值均收敛于±10%以内,优选收敛于±5%以内,更优选收敛于±2%以内。具有上述特性的蜂窝结构体可以作为一体成型品而提供。

[0093] 本发明中,上述电阻是在25℃的温度下通过四端子法测定所得的值。

[0094] 蜂窝结构部101的外形只要为柱状即可,并未特别限定,例如可以设为底面为圆形的柱状(圆柱形状)、底面为椭圆形的柱状、底面为多边形(四边形、五边形、六边形、七边形、八边形等)的柱状等形状。另外,对于蜂窝结构部101的大小,基于提高耐热性(防止在外周侧壁的周向上产生裂纹)的理由,底面的面积优选为 $2000\text{mm}^2 \sim 20000\text{mm}^2$,更优选为 $5000\text{mm}^2 \sim 15000\text{mm}^2$ 。

[0095] 参照图3,外周侧壁102可以具有隔着蜂窝结构部101的中心轴、且沿隔室的流路方向延伸设置的一对突出部116。当将端子与蜂窝结构体100连接时,优选与形成有突出部116的部位连接。具有一对突出部116的外周侧壁102的部分的厚度相对较大,因此,隔室的流路

方向(轴向)上的电阻降低,流入至端子连接部103的电流容易在隔室的流路方向上蔓延。由此,能够提高蜂窝结构部101的轴向上的温度分布的均匀性。

[0096] 蜂窝结构部101只要具有导电性即可,对材质并未特别限制,可以使用金属、陶瓷等。蜂窝结构体100只要能够通过通电并利用焦耳热而发热即可,对蜂窝结构部101的电阻率并未特别限制,优选为 $0.1\Omega\text{ cm}\sim200\Omega\text{ cm}$,更优选为 $0.2\Omega\text{ cm}\sim100\Omega\text{ cm}$ 。本发明中,蜂窝结构部101的电阻率为通过四端子法在25°C的温度下测定所得的值。

[0097] 在由陶瓷构成蜂窝结构部101的情况下,并未施加限定,根据兼顾耐热性和导电性的观点,蜂窝结构部101的材质优选以硅-碳化硅复合材料或碳化硅为主成分,更优选为硅-碳化硅复合材料或碳化硅。蜂窝结构部101的材质为以硅-碳化硅复合材料为主成分的材质时是指:蜂窝结构部101含有整体的90质量%以上的硅-碳化硅复合材料(合计质量)。此处,硅-碳化硅复合材料含有作为骨料的碳化硅粒子、以及作为用于使得碳化硅粒子结合的结合材料的硅,优选以使得碳化硅粒子间形成细孔的方式利用硅而使得多个碳化硅粒子结合。蜂窝结构部101的材质以碳化硅为主成分时是指:蜂窝结构部101含有整体的90质量%以上的碳化硅(合计质量)。

[0098] 在蜂窝结构部101的材质为硅-碳化硅复合材料的情况下,蜂窝结构部101中含有的“作为结合材料的硅的质量”相对于蜂窝结构部101中含有的“作为骨料的碳化硅粒子的质量”与蜂窝结构部101中含有的“作为结合材料的硅的质量”的合计质量的比率优选为10质量%~40质量%,更优选为15质量%~35质量%。如果上述比率低于10质量%,则有时蜂窝结构部101的强度会降低。如果上述比率高于40质量%,则有时在烧成时无法保持形状。

[0099] 对与隔室的流路方向垂直的截面中的隔室的形状并未施加限制,可以为四边形、六边形、八边形或者它们的组合。其中,优选为四边形以及六边形。通过使隔室形状形成为上述形状,废气在蜂窝结构体流动时的压力损失减小,催化剂的净化性能优异。根据容易兼顾结构强度以及蜂窝结构体内部的温度分布的均匀性的观点,特别优选长方形。

[0100] 区划形成隔室108的间隔壁110的厚度优选为 $0.1\text{mm}\sim0.3\text{mm}$,更优选为 $0.15\text{mm}\sim0.25\text{mm}$ 。通过将间隔壁110的厚度设为 0.1mm 以上,能够抑制蜂窝结构体的强度降低。通过将间隔壁110的厚度设为 0.3mm 以下,在将蜂窝结构体用作催化剂载体并担载有催化剂的情况下,能够抑制废气流动时的压力损失增大。本发明中,间隔壁110的厚度定义为:在与隔室108的流路方向垂直的截面中,相邻的隔室108的重心彼此连结的线段中的、从间隔壁110通过的部分的长度。

[0101] 对于蜂窝结构体100而言,在与隔室108的流路方向垂直的截面中,隔室密度优选为 $40\text{隔室}/\text{cm}^2\sim150\text{隔室}/\text{cm}^2$,更优选为 $70\text{隔室}/\text{cm}^2\sim100\text{隔室}/\text{cm}^2$ 。通过将隔室密度设为上述范围,能够在使得废气流动时的压力损失减小的状态下提高催化剂的净化性能。如果隔室密度低于 $40\text{隔室}/\text{cm}^2$,则催化剂担载面积有时会减小。如果隔室密度高于 $150\text{隔室}/\text{cm}^2$,则在将蜂窝结构体100用作催化剂载体并担载有催化剂的情况下,废气流动时的压力损失有时会增大。隔室密度是指:除了外侧壁102部分以外的蜂窝结构部101的一侧底面部分的面积除隔室数所得的值。

[0102] 根据确保蜂窝结构体100的结构强度、且防止在隔室108流动的流体从外周侧壁102泄漏的观点,设置蜂窝结构体100的外周侧壁102的方式较为有用。具体而言,外周侧壁102的厚度T优选为 0.1mm 以上,更优选为 0.15mm 以上,进一步优选为 0.2mm 以上。不过,如果

外周侧壁102过厚，则强度变得过高，相对于间隔壁110的强度平衡遭到破坏而导致耐热冲击性降低，因此，外周侧壁102的厚度T优选为1.0mm以下，更优选为0.7mm以下，进一步优选为0.5mm以下。此处，外周侧壁102的厚度T定义为：在与隔室的流路方向垂直的截面中观察想要测定厚度的外周侧壁102的部位时，该测定部位的相对于外周侧壁102的切线的法线方向上的厚度。图3中举例示出了外周侧壁102的厚度T的测定部位。

[0103] 间隔壁110可以设为多孔质的结构。间隔壁110的气孔率优选为35%～60%，更优选为35%～45%。如果气孔率低于35%，则烧成时的变形有时会增大。如果气孔率超过60%，则蜂窝结构体的强度有时会降低。气孔率是利用水银孔率计测定所得的值。

[0104] 蜂窝结构部101的间隔壁110的平均细孔径优选为 $2\mu\text{m}$ ～ $15\mu\text{m}$ ，更优选为 $4\mu\text{m}$ ～ $8\mu\text{m}$ 。如果平均细孔径小于 $2\mu\text{m}$ ，则电阻率有时会变得过大。如果平均细孔径大于 $15\mu\text{m}$ ，则电阻率有时会变得过小。平均细孔径是利用水银孔率计测定所得的值。

[0105] (1-3端子连接部)

[0106] 在端子连接部形成为与电极层接触的情况下，只要能够与端子连接即可，其形状并未特别限制，例如可以凸出设置于电极层112的外表面区域。这种情况下，例如利用夹式端子对端子连接部进行夹持、或者将凹型端子插入于被电极层覆盖的端子连接部，由此能够将端子连接部和端子连接。另外，端子连接部还可以凹陷设置于电极层112的外表面区域。这种情况下，例如将凸型端子插入于端子连接部而能够将端子连接部和端子连接。应予说明，可以由电极层112将端子连接部的至少一部分覆盖。

[0107] 为了使蜂窝结构体100的入口附近能够更优先发热，优选地，端子连接部103仅配置于相对于隔室的流路的全长而处于在隔室的流路方向上距一侧底面104为50%以内的长度处的外周侧壁102的外表面区域，更优选仅配置于处于30%以内的长度处的外周侧壁102的外表面区域，进一步优选仅配置于处于20%以内的长度处的外周侧壁102的外表面区域。不过，如果端子连接部103过度靠近入口侧，则与导电性蜂窝结构体100的上游侧连结的部件和端子连接部103发生干扰而难以连结，因此，优选地，端子连接部103不配置于相对于隔室的流路的全长而处于在隔室的流路方向上距一侧底面104为5%以内的长度处的外周侧壁102的外表面区域，更优选不配置于处于10%以内的长度处的外周侧壁102的外表面区域。

[0108] 由于端子连接部暴露于废气气氛中，因此，优选其具有耐腐蚀性。因此，例如端子连接部的材质可以设为含有选自Si、Cr、Fe、Co、Ni以及Ti构成的组的至少一种的合金或含有SiC的陶瓷。

[0109] 在蜂窝结构部的主成分为硅-碳化硅复合材料或碳化硅的情况下，端子连接部的主成分也优选为硅-碳化硅复合材料或碳化硅。这样，通过将端子连接部设为以硅-碳化硅复合材料或碳化硅为主成分而使得蜂窝结构部的成分和端子连接部的成分变为相同的(或相近的)成分。因此，蜂窝结构部和端子连接部的热膨胀系数变为相同的(或相近的)值。另外，由于蜂窝结构部的材质和端子连接部的材质相同(或相近)，所以蜂窝结构部与端子连接部的接合强度也得到提高。因此，即便对蜂窝结构部施加有热应力，也能够防止端子连接部从蜂窝结构部剥落、或者端子连接部与蜂窝结构部的接合部分发生破损。此处，以硅-碳化硅复合材料为主成分是指：端子连接部含有端子连接部整体的90质量%以上的硅-碳化硅复合材料(合计质量)。另外，端子连接部以碳化硅为主成分是指：端子连接部含有端子连

接部整体的90质量%以上的碳化硅(合计质量)。

[0110] (1-4狭缝)

[0111] 图7中示出了本发明的另一个实施方式所涉及的蜂窝结构体200的立体示意图。图8中示出了在与隔室的流路方向垂直的截面中观察导电性蜂窝结构体200时的示意图。由于与上述附图标记相同的附图标记表示同一构成要素,所以省略其说明。蜂窝结构体200与蜂窝结构体100的不同点在于:在外周侧壁102的一部分,具有一条以上的沿隔室的流路方向延伸的电绝缘性的狭缝118。所述狭缝118形成在设置有所述电极层112的外周侧壁的外表面上109之间。通过在外周侧壁102的一部分形成狭缝,能够提高蜂窝结构体的耐热冲击性。

[0112] 狹缝118在外周侧壁102的外表面上109上具有开口,并且,能够延伸至一侧底面104以及另一侧底面106中的一方或双方而使得这些底面具有开口。除了狹缝开口的情形(利用空气而实现绝缘)以外,电绝缘性的狹缝118还包括狹缝的内部空间的至少一部分被绝缘性的填充材料填充的情形。通过设为电绝缘性的狹缝118而能够阻碍在蜂窝结构体200的电极层112间的外周侧壁102流动的电流,因此,能够防止电极层112间的短路。通过将填充材料填充至狹缝118内而能够提高蜂窝结构体200的耐热冲击性以及等静压强度,并且,能够防止在隔室108的流路内流动的流体通过狹缝118而从蜂窝结构体200漏出。

[0113] 蜂窝结构体200中,狹缝118的深度优选为蜂窝结构部101在与隔室的流路方向垂直的截面中的半径(以下,有时称为“蜂窝结构部的半径”。)的1%~80%。并且,狹缝118的深度更优选为蜂窝结构部的半径的1%~60%,特别优选为1%~30%。如果狹缝118的深度小于蜂窝结构体200的半径的1%,则有时难以利用狹缝118而实现提高耐热冲击性的效果。如果狹缝118的深度大于蜂窝结构部101的半径的80%,则有时因狹缝118而大幅妨碍在一对电极层间流动的电流的流动,均匀的发热受到阻碍而产生不均匀的发热。各狹缝118的深度是:从狹缝118在外周侧壁102的外表面上109的开口部至狹缝118的最深位置的距离。当存在多条狹缝时,狹缝118的深度可以根据狹缝而有所不同,也可以全部都相同。

[0114] 蜂窝结构体200中,狹缝118的开口宽度优选为蜂窝结构部101在与隔室108的流路方向垂直的截面中的外周的长度(以下,有时称为“蜂窝结构部的外周长度”。)的0.1%~5%。并且,狹缝118的开口宽度更优选为蜂窝结构部的外周长度的0.1%~3%,特别优选为蜂窝结构部的外周长度的0.1%~1%。如果狹缝118的开口宽度小于蜂窝结构部的外周长度的0.1%,则降低蜂窝结构体200的耐热冲击性的效果有时会减弱。如果狹缝118的开口宽度大于蜂窝结构部的外周长度的5%,则蜂窝结构体200的机械强度有时会降低。狹缝118的开口宽度是指:蜂窝结构部的周向上的狹缝118的长度。蜂窝结构部的周向是指:蜂窝结构部101在与隔室108的流路方向垂直的截面中的、沿着外周的方向。当存在多条狹缝时,狹缝118的开口宽度可以根据狹缝而有所不同,也可以全部都相同。

[0115] 另外,当存在多条狹缝时,根据均质性的观点,优选设置为以中心线M为对称轴的线对称。

[0116] 蜂窝结构体200中,狹缝118的数量优选为1条~20条,更优选为1条~15条,特别优选为1条~10条。如果狹缝118的数量超过20条,则蜂窝结构体200的机械强度有时会降低。图7以及图8所示的蜂窝结构体200中,形成有6条狹缝。

[0117] 为了提高电极层112的耐热冲击性而防止裂纹,可以在各电极层112设置一条或多条狹缝118。

[0118] 填充材料可以含有骨料和掺合材料。“掺合材料”是指：进入骨料粒子之间而使得粒子彼此结合、实现固定化的材料。关于掺合材料的材质，并未特别限制。例如，掺合材料优选为含有选自氧化硅、金属氧化物以及金属化合物构成的组的至少一种材料。作为掺合材料的方案，能够举出如下例子。掺合材料可以含有氧化硅以及金属氧化物中的至少一种，掺合材料还可以由氧化硅以及金属氧化物中的至少一种构成。作为构成掺合材料的金属氧化物，例如能够举出氧化铝、氧化钛、氧化镁。

[0119] 填充材料优选含有2质量%～90质量%的掺合材料，更优选含有3质量%～50质量%的掺合材料，特别优选含有5质量%～25质量%的掺合材料。如果掺合材料低于2质量%，则填充材料的强度有时会降低。如果掺合材料超过90质量%，则填充材料的热膨胀系数 α_2 有时会升高。另外，如果掺合材料过量，则填充材料的强度有时会降低。

[0120] 另外，关于骨料的材质，也未特别限制，作为骨料中含有的优选成分，能够举出选自碳化硅、堇青石、氧化硅、钛酸铝、滑石、云母、以及钛酸锂铝、蒙脱石、滑石、勃姆石、镁橄榄石、高岭土、多铝红柱石构成的组的至少1种成分。骨料优选合计含有10质量%～100质量%的选自上述组的至少1种成分，更优选合计含有50质量%～97质量%的选自上述组的至少1种成分，特别优选合计含有75质量%～95质量%的选自上述组的至少1种成分。可以混合使用多种骨料。

[0121] <2. 导电性蜂窝结构体的制造方法>

[0122] 接下来，对制造本发明所涉及的导电性蜂窝结构体的方法进行举例说明。在本发明的蜂窝结构体的制造方法的一个实施方式中，包含如下工序：获得蜂窝成型体的工序A1；对蜂窝成型体进行烧成而获得烧成蜂窝结构部的工序A2；以及在烧成蜂窝结构部形成电极层的工序A3。

[0123] 工序A1是如下工序：制作作为蜂窝结构部的前驱体的蜂窝成型体，根据需要在蜂窝成型体的侧面形成端子连接部而获得未烧成蜂窝结构部。蜂窝结构部具有图2所示的、区划形成从一侧底面104延伸至另一侧底面106的多个隔室108的间隔壁110、以及位于最外周的外周侧壁102。

[0124] 能够基于公知的蜂窝结构体的制造方法中的蜂窝成型体的制作方法来进行蜂窝成型体的制作。例如，首先，在碳化硅粉末(碳化硅)中添加金属硅粉末(金属硅)、粘合剂、表面活性剂、造孔材料以及水等而制作成型原料。相对于碳化硅粉末的质量与金属硅的质量的合计质量，金属硅的质量优选设为10质量%～40质量%。碳化硅粉末中的碳化硅粒子的平均粒径优选为 $3\mu\text{m}$ ～ $50\mu\text{m}$ ，更优选为 $3\mu\text{m}$ ～ $40\mu\text{m}$ 。金属硅(金属硅粉末)的平均粒径优选为 $2\mu\text{m}$ ～ $35\mu\text{m}$ 。碳化硅粒子以及金属硅(金属硅粒子)的平均粒径是指：通过激光衍射法对粒度的频率分布进行测定时的、体积基准下的算术平均粒径。碳化硅粒子为构成碳化硅粉末的碳化硅的微粒，金属硅粒子为构成金属硅粉末的金属硅的微粒。另外，这是将蜂窝结构部的材质设为硅-碳化硅系复合材料时的成型原料的配合，在将蜂窝结构部的材质设为碳化硅的情况下，不添加金属硅。

[0125] 作为粘合剂，能够举出甲基纤维素、羟丙基甲基纤维素、羟丙氧基纤维素、羟乙基纤维素、羧甲基纤维素、聚乙烯醇等。其中，优选同时使用甲基纤维素和羟丙氧基纤维素。当碳化硅粉末与金属硅粉末的合计质量设为100质量份时，粘合剂的含量优选为2.0质量份～10.0质量份。

[0126] 当碳化硅粉末与金属硅粉末的合计质量设为100质量份时,水的含量优选为20质量份~60质量份。

[0127] 作为表面活性剂,可以使用乙二醇、糊精、脂肪酸皂、多元醇等。可以单独使用1种上述表面活性剂,也可以组合使用2种以上的上述表面活性剂。当碳化硅粉末与金属硅粉末的合计质量设为100质量份时,表面活性剂的含量优选为0.1质量份~2.0质量份。

[0128] 作为造孔材料,只要在烧成后形成为气孔即可,并未特别限定,例如能够举出石墨、淀粉、发泡树脂、吸水性树脂、硅胶等。当碳化硅粉末与金属硅粉末的合计质量设为100质量份时,造孔材料的含量优选为0.5质量份~10.0质量份。造孔材料的平均粒径优选为10 μm ~30 μm 。如果该平均粒径小于10 μm ,则有时无法充分形成气孔。如果该平均粒径大于30 μm ,则在成型时有时会将口模堵塞。造孔材料的平均粒径是指:通过激光衍射法对粒度的频率分布进行测定时的、体积基准下的算术平均粒径。在造孔材料为吸水性树脂的情况下,造孔材料的平均粒径为吸水后的平均粒径。

[0129] 接下来,对得到的成型原料进行混炼而形成坯料,然后对坯料进行挤出成型而制作蜂窝成型体。在挤出成型时,可以使用具有所需的整体形状、隔室形状、间隔壁厚度、隔室密度等的口模。接下来,优选对得到的蜂窝成型体实施干燥。在蜂窝成型体的中心轴向长度并非所需长度的情况下,可以将蜂窝成型体的两个底部切断而使其形成为所需的长度。将干燥后的蜂窝成型体称为蜂窝干燥体。可以根据需要而形成在蜂窝干燥体的侧面开口的一条以上的狭缝。可以使用铣床(リューター)等而形成狭缝。

[0130] 接下来,在形成凸状的端子连接部103的情况下,使得端子连接部形成用的坯料、例如使用了与蜂窝成型体相同的原料的坯料成型为所需的形状而制作一对端子连接部。将一对端子连接部103粘贴于隔着蜂窝干燥体的中心轴而对置的外周侧壁102的外表面。作为另一方法,还可以将隔着蜂窝干燥体的中心轴而对置的外周侧壁102掏空而贯穿设置凹状的端子连接部。这种情况下,凹状的端子连接部的材质与蜂窝结构部相同。还可以在凹状的端子连接部进一步涂敷端子连接部形成原料。

[0131] 在工序A2中,对未烧成蜂窝结构部进行烧成而获得烧成蜂窝结构部。可以在烧成之前进行脱脂以便除去粘合剂等。作为烧成条件,优选在氮、氩等惰性气氛中以1400℃~1500℃的温度进行1小时~20小时的加热。另外,优选地,在烧成之后,以1200℃~1350℃的温度进行1小时~10小时的氧化处理,以便提高耐久性。对于脱脂以及烧成的方法并未特别限定,可以使用电炉、煤气炉等进行烧成。

[0132] 在工序A3中,在烧成蜂窝结构部形成电极层112。至于调配电极层形成原料的方法、以及使得电极层形成原料附着于烧成蜂窝结构部的方法,可以基于公知的蜂窝结构体的制造方法来进行。为了使电极层的电阻率低于蜂窝结构部的电阻率、并且/或者利用电极层形成区域而降低电阻率,可以改变电极层的材料、或者提高金属硅的含有比率、或者减小金属硅粒子的粒径。在调配出电极层形成原料之后,以使得电极层112满足上述的与电阻以及电极层形成区域相关的条件的方式来确定电极层形成原料的组成、电极层厚度、电极层形成区域。根据电极层形成原料的不同,通过喷镀以及涂敷等适当的方法而能够使得电极层形成原料附着于蜂窝结构部的外周侧壁102。可以根据需要对电极层附着部进行烧成。按照上述步骤而形成隔着蜂窝结构部的中心轴、且以与外周侧壁的外表面接触的状态而设置的一对电极层。

[0133] 然后,可以根据需要使用注射器等而将填充材料用原料填充至狭缝。例如,可以对骨料、掺合材料、粘合剂、表面活性剂、造孔材料以及水等进行混合而获得混合物,并对由此获得的混合物进行混炼而获得填充材料用原料。填充材料用原料优选为浆状的材料。在将填充材料填充至狭缝之后,通过进行热处理而能够使得填充材料实现均匀化。热处理条件例如为在大气气氛下以50℃～100℃的温度进行2小时～12小时的热处理。

[0134] 实施例

[0135] 以下,为了更好地理解本发明及其优点而举例示出实施例,但是,本发明并不限定于实施例。

[0136] <实施例1>

[0137] (1.圆柱状的坯料的制作)

[0138] 以80:20的质量比例对碳化硅(SiC)粉末和金属硅(Si)粉末进行混合而调配出陶瓷原料。然后,在陶瓷原料中添加作为粘合剂的羟丙基甲基纤维素和作为造孔材料的吸水性树脂并添加水,由此制成成型原料。然后,利用真空练泥机对成型原料进行混炼而制作圆柱状的坯料。当碳化硅(SiC)粉末与金属硅(Si)粉末的合计质量设为100质量份时,粘合剂的含量设为7质量份。当碳化硅(SiC)粉末与金属硅(Si)粉末的合计质量设为100质量份时,造孔材料的含量设为3质量份。当碳化硅(SiC)粉末与金属硅(Si)粉末的合计质量设为100质量份时,水的含量设为42质量份。碳化硅粉末的平均粒径为20μm,金属硅粉末的平均粒径为6μm。另外,造孔材料的平均粒径为20μm。碳化硅粉末、金属硅粉末以及造孔材料的平均粒径是指:通过激光衍射法对粒度的频率分布进行测定时的、体积基准下的算术平均粒径。

[0139] (2.蜂窝干燥体的制作)

[0140] 利用具有棋盘格状的口模结构的挤出成型机对获得的圆柱状的坯料进行成型,由此获得与隔室的流路方向垂直的截面中的各隔室形状为正方形的圆柱状蜂窝成型体。在对该蜂窝成型体进行高频感应加热干燥之后,使用热风干燥机以120℃的温度进行2小时的干燥,并以规定量将两个底面切断而制作蜂窝干燥体。

[0141] (3.端子连接部的形成)

[0142] 接下来,使用与蜂窝成型体相同组成的坯料对一对圆柱状的端子连接部(底面的直径为12mm)进行成型。将一对圆柱状的端子连接部的底面粘贴于隔着蜂窝干燥体的中心轴而对置的外周侧壁的外表面,由此获得带有端子连接部的未烧成蜂窝结构部。此时,各端子连接部以如下方式配置于外周侧壁的外表面区域:端子连接部的底面的中心位于在隔室的流路方向上距蜂窝干燥体的一侧底面的距离为28.5mm的部位(相对于隔室的流路的全长100%而在隔室的流路方向上距一侧底面为25%的部位)。

[0143] (4.烧成)

[0144] 对获得的带有端子连接部的未烧成蜂窝结构部进行脱脂、烧成,进而进行氧化处理,由此获得带有端子连接部的烧成蜂窝结构部。脱脂条件为以550℃的温度进行3小时的脱脂。烧成条件为在氩气气氛下以1450℃的温度进行2小时的烧成。氧化处理的条件为以1300℃的温度进行1小时的氧化处理。

[0145] (5.电极层形成浆糊的涂敷)

[0146] 对于作为电极层形成浆糊的市售的银浆糊,以隔着中心轴而对置、且使得各端子连接部位于各涂敷部的周向中心的方式,以均匀的厚度而涂敷于上述烧成蜂窝结构部的外

周侧壁的外表面上的两处部位(图3中设为 $\theta=0^\circ$)。此时,由银浆糊将圆柱状的各端子连接部的侧面覆盖。另外,各涂敷部以随着从一侧底面接近另一侧底面而周向上的宽度减小的方式(与隔室的流路方向垂直的截面中的中心角 α 逐渐减小)形成为带状。接下来,以120℃的温度对涂敷银浆糊后的烧成蜂窝结构部进行干燥而获得作为产品的蜂窝结构体。

[0147] (6.蜂窝结构体的规格)

[0148] 按照上述步骤而获得的蜂窝结构体的底面为118mm的直径的圆形,高度(隔室的流路方向上的长度)为114mm。隔室密度为93隔室/cm²,间隔壁的厚度为101.6μm,间隔壁的气孔率为45%,间隔壁的平均细孔径为8.6μm。电极层的厚度为75μm。在与隔室的流路方向垂直的任意截面中观察,各电极层都形成为以各电极层的周向中心点彼此连结的直线为对称轴而线对称。利用与蜂窝结构部以及电极层相同材质的试验片并通过四端子法对25℃的温度下的电阻率进行了测定,结果分别为1.5Ω cm、0.007Ω cm。

[0149] 对于按照上述步骤而获得的蜂窝结构体的各电极层而言,相对于从蜂窝结构部的一侧底面至另一侧底面的隔室的流路方向上的长度(100%),一端处于距一侧底面的距离为上述长度的0%的部位,另一端处于距一侧底面的距离为上述长度的41%的部位,并且,沿着隔室的流路方向而从一端延伸设置至另一端。

[0150] 在隔室的流路方向上将按照上述步骤而获得的蜂窝结构体四等分、并从靠近一侧底面的那侧开始划分为A、B、C以及D这四个区域,在与隔室的流路方向垂直的截面中的、一对电极层间的距离最远的两点间(不过,当在该截面中不存在一对电极层时,在该截面中的距离最远的两点间)对电阻进行测定,并求出测定所得的电阻在所述各区域中的平均值(R_A 、 R_B 、 R_C 以及 R_D)。各区域中的该电阻的平均值设为:以等间隔对包括隔室的流路方向上的两端在内的5个部位进行测定时的平均值。其结果为 $R_A:R_B:R_C:R_D=1:1.6:2:2$ 。

[0151] 在隔室的流路方向上将按照上述步骤而获得的蜂窝结构体的电极层四等分、并从靠近一侧底面的那侧开始划分为A、B、C以及D这四个区域,通过几何学方法而求出与隔室的流路方向垂直的截面中的、一对电极层间的距离最近的两点间的距离在所述各区域中的平均值(D_A 、 D_B 、 D_C 以及 D_D)。其结果为 $D_A:D_B:D_C:D_D=1:1.15:1.38:1.50$ 。

[0152] 在隔室的流路方向上将按照上述步骤而获得的蜂窝结构体的电极层四等分、并从靠近一侧底面的那侧开始划分为A、B、C以及D这四个区域,当将构成各区域中的电极层的材料的电阻率的平均值从靠近一侧底面的那侧开始设为 r_A 、 r_B 、 r_C 以及 r_D 时,由于本实施例中的各区域使用相同的电极层形成浆糊,所以满足 $r_A=r_B=r_C=r_D$ 的关系式。

[0153] 在隔室的流路方向上将按照上述步骤而获得的蜂窝结构体的端子连接部以及电极层被切削除去后的蜂窝结构体四等分,针对等分获得的四个部分,分别对上述的(1)~(9)的九个方向上的电阻进行测定而求出各方向上的该四个部分的电阻的平均值。其结果,各部分的上述九个方向上的电阻相对于对应的方向上的电阻的平均值均收敛于±10%以内。

[0154] (7.同时通电试验的温度分布测定)

[0155] 利用夹具将一对线缆固定连接于按照上述步骤而获得的蜂窝结构体的一对端子连接部并施加2kW的电力,与此同时,以1Nm³/min的流速使室温下的空气向蜂窝结构体流动而开始通风。此时,利用热电偶测定温度,由此监测在隔室的流路方向上距一侧底面(入口侧)的距离为10mm、38mm、76mm以及104mm的部位的蜂窝结构体的中心轴的温度变化。图6(a)

中示出了其结果。图6(a)中,黑色实线表示10mm处的温度测定值、灰色实线表示38mm处的温度测定值,黑色虚线表示76mm处的温度测定值,灰色虚线表示104mm处的温度测定值。

[0156] <比较例1、实施例2~7>

[0157] 按照与实施例1同样的步骤而制作了带有端子连接部的烧成蜂窝结构部。然后,除了与试验编号相应地变更为表1中记载的电极层条件以外,按照与实施例1同样的步骤制造了蜂窝结构体。表1中,“设计类别”表示对应于图4所示的(a)~(e)中的哪个电极层的设计。表1中,“隔室的流路方向上的一端的位置”以及“隔室的流路方向上的另一端的位置”是指:电极层的一端以及另一端距一侧底面的距离相对于隔室的流路的全长(100%)的相对位置。关于端子连接部的位置,也同样地表示相对于同一端部的相对位置(%)。

[0158] 针对获得的各试验例的蜂窝结构体,在与实施例1同样的条件下进行了通电试验,并与实施例1同样地对距入口侧的距离为10mm、38mm、76mm以及104mm处的蜂窝结构体的中心轴的温度进行了监测。包括实施例1在内,针对实施例2~7以及比较例1,从通电开始1分钟后的四处温度测定部位的最高温度与最低温度之差小的部位开始按照从小到大的顺序排序为A、B、C、D,表1中示出了其结果。图6(b)中示出了比较例1的结果而用于参考。图6(b)中,黑色实线表示10mm处的温度测定值,灰色实线表示38mm处的温度测定值,黑色虚线表示76mm处的温度测定值,灰色虚线表示104mm处的温度测定值。

[0159] 表1

[0160]

试验编号	设计类别	电极层条件				端子连接部的位置		温度分布测定结果(均匀性)
		$R_A:R_B:R_C:R_D$	$D_A:D_B:D_C:D_D$	$r_A:r_B:r_C:r_D$	隔室的流路 一方向上的位置 (%)	隔室的流路 另一方向上的位置 (%)	隔室的流路 方向上的位置 (%)	
实施例1	d	1:1:6:2:2	1:1:15:1:38:1:5	1:1:1:1:1	0	41	25	A
实施例2	b	1:1:2:1:4:1:4	1:1:1:1	1:4:8:10	0	100	50	C
实施例3	b	1:1:4:1:6:1:9	1:1:1:1	1:1:0:20:50	0	100	50	B
实施例4	a	1:1:2:1:4:1:8	1:1:21:1:38:1:44	1:1:1:1	0	100	50	C
实施例5	d	1:1:2:1:6:2:1	1:1:21:1:37:1:46	1:1:1:1	0	75	50	B
实施例6	a	1:1:2:1:4:1:8	1:1:21:1:38:1:44	1:1:1:1	0	100	25	C
实施例7	d	1:1:2:1:6:2:1	1:1:21:1:37:1:46	1:1:1:1	0	75	25	B
比较例1	e	1:1:1:1	1:1:1:1	1:1:1:1	0	100	50	D

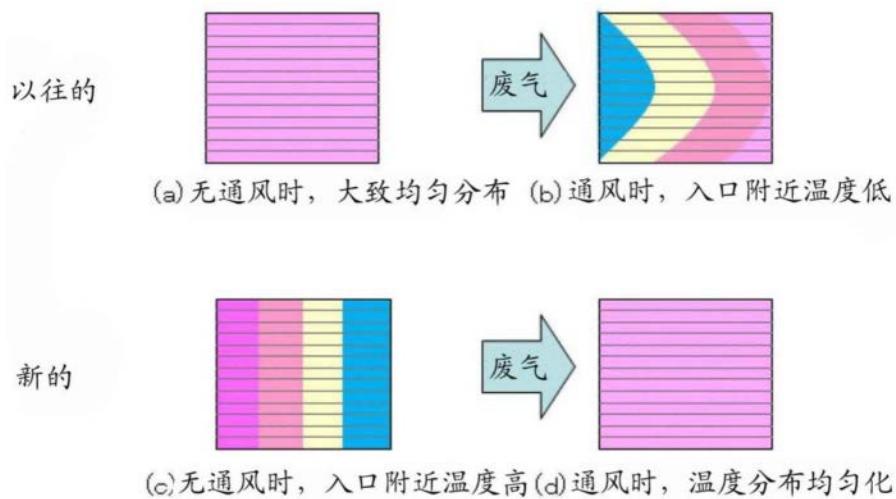


图1

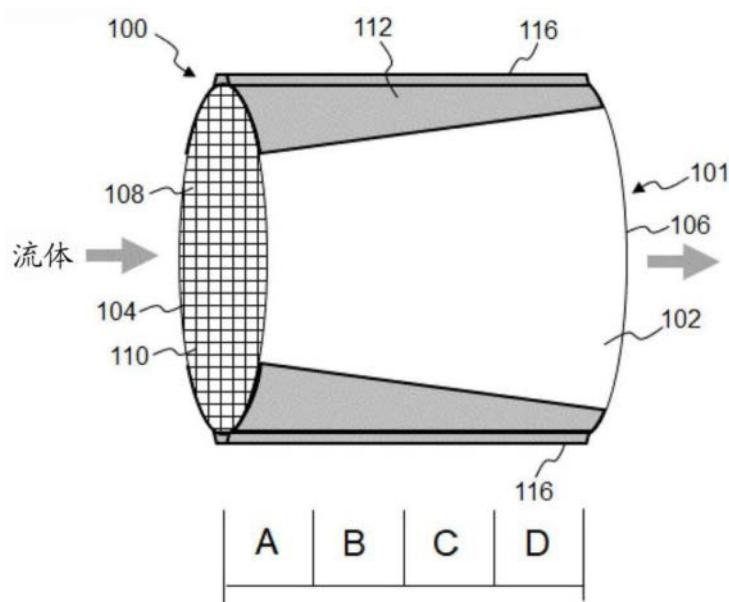


图2-1

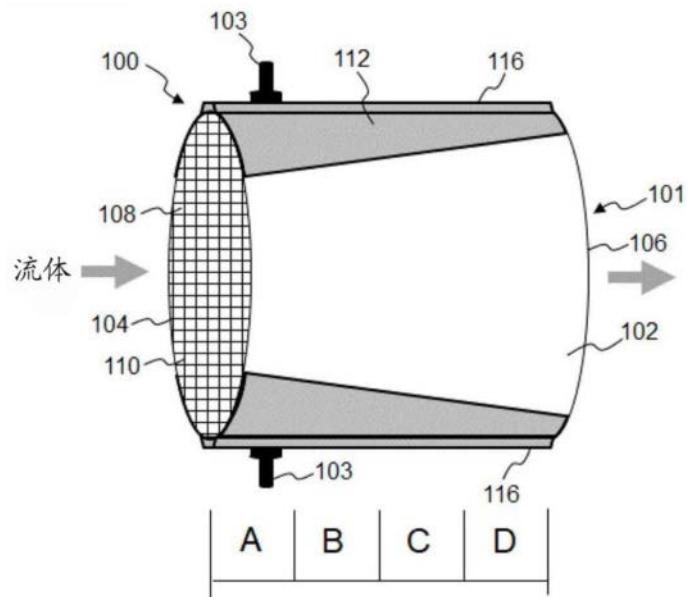


图2-2

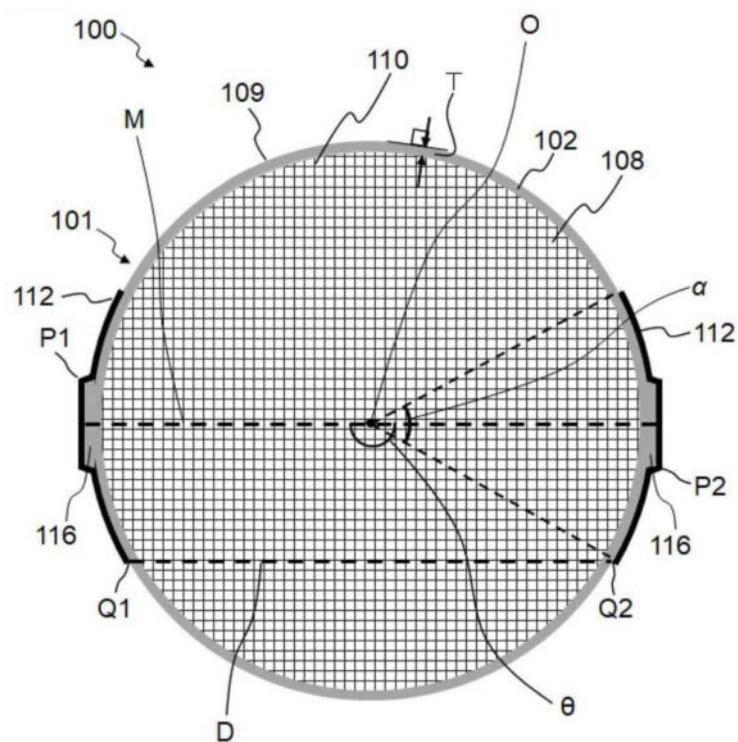


图3

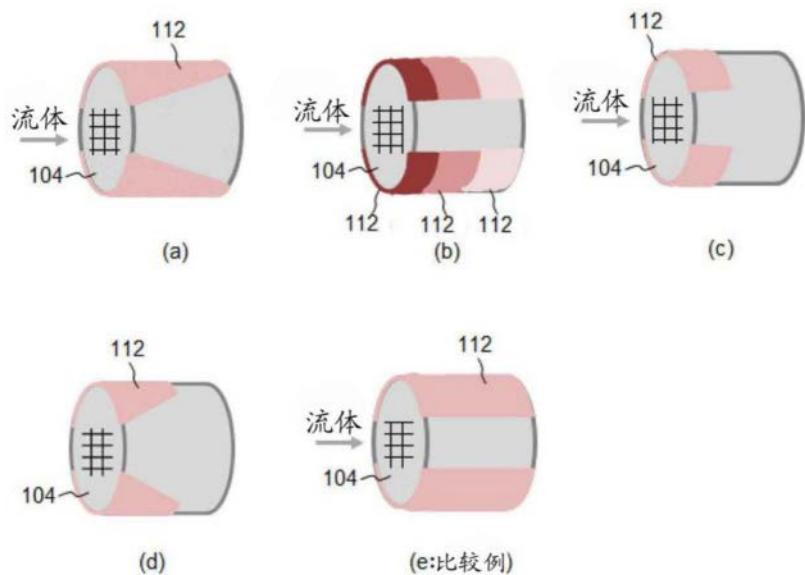


图4

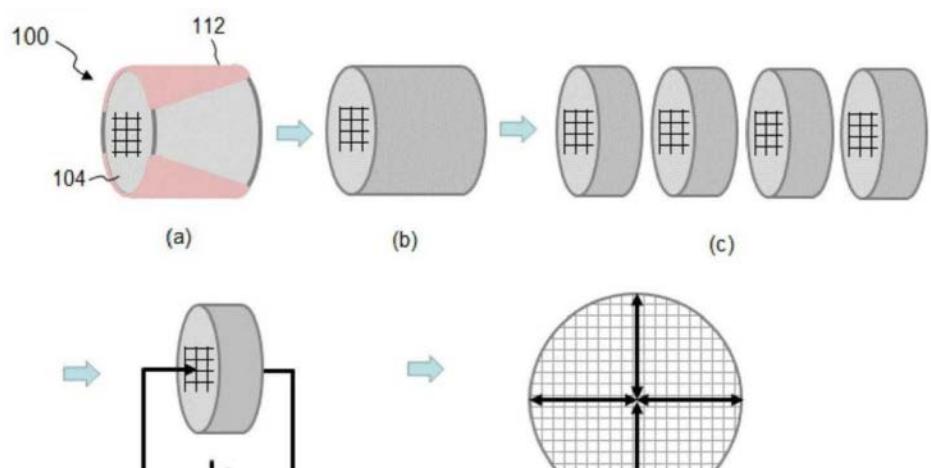


图5

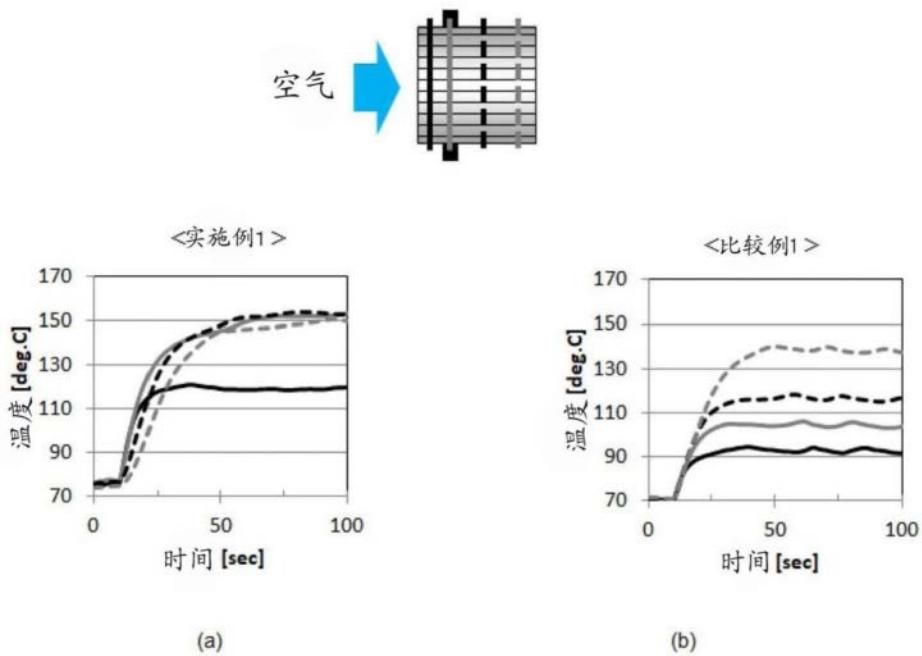


图6

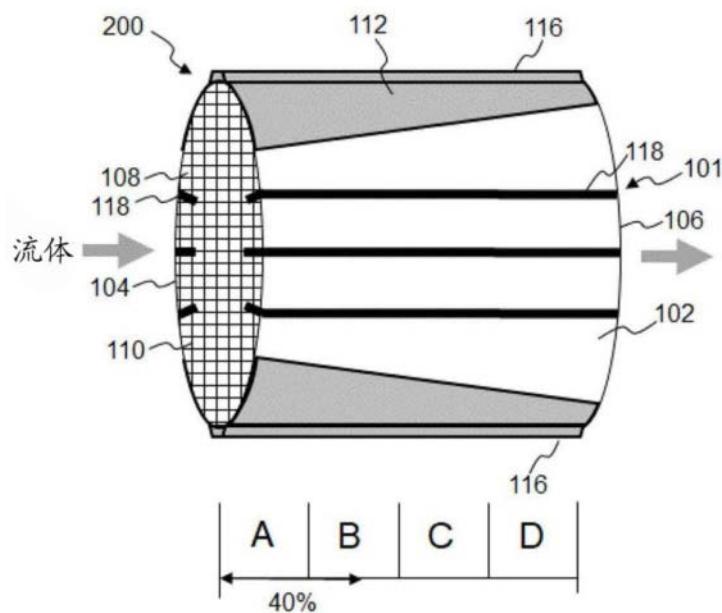


图7

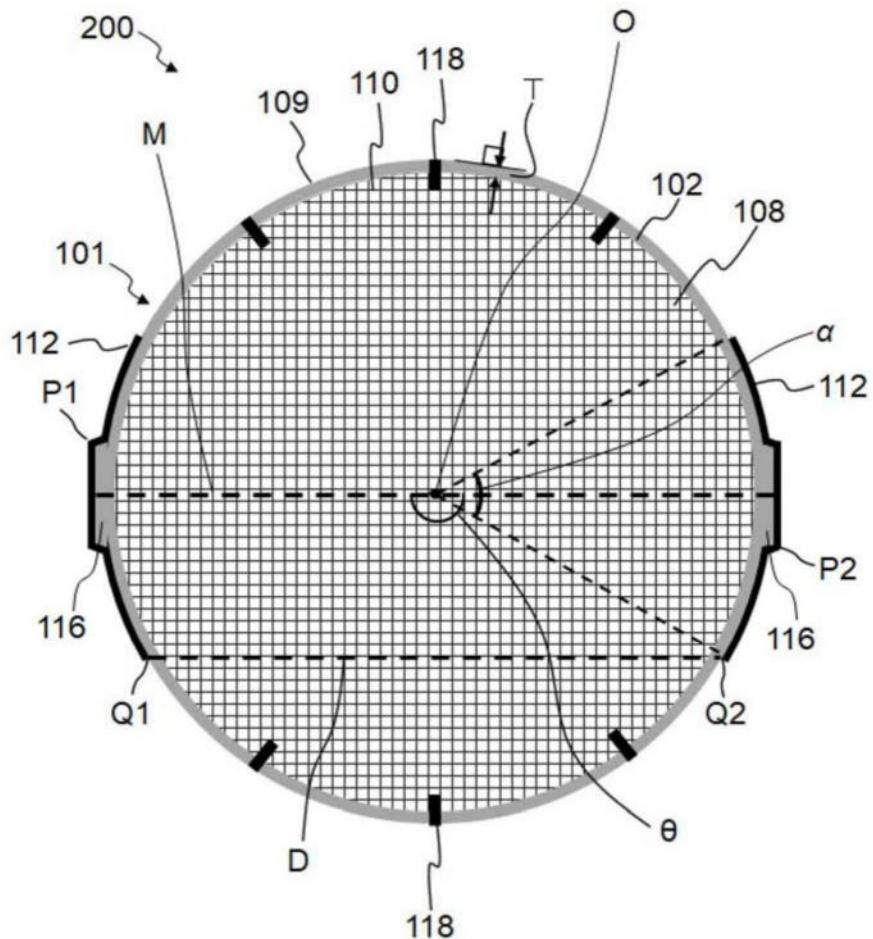


图8