



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102427872 B

(45) 授权公告日 2014. 10. 29

(21) 申请号 201080021668. 4

B01D 69/10(2006. 01)

(22) 申请日 2010. 05. 18

B01D 71/02(2006. 01)

(30) 优先权数据

2009-120050 2009. 05. 18 JP

2010-081486 2010. 03. 31 JP

(56) 对比文件

US 4781831 A, 1988. 11. 01, 说明书第 3 栏第 5 行至第 5 栏第 18 行, 附图 1-8.

JP 平 3-500386 A, 1991. 01. 31, 具体实施方式, 附图 1-5.

US 4417908 A, 1983. 11. 29, 说明书第 3 栏第 34 行至第 4 栏第 37 行, 附图 1-18.

CN 1597072 A, 2005. 03. 23, 具体实施方式, 附图 5.

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2011. 11. 17

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2010/058339 2010. 05. 18

(87) PCT国际申请的公布数据

W02010/134514 JA 2010. 11. 25

审查员 史芸

(73) 专利权人 日本碍子株式会社

地址 日本国爱知县名古屋市瑞穗区须田町  
2 番 56 号

(72) 发明人 寺西慎 铃木秀之 坂下俊

矶村学

(74) 专利代理机构 上海市华诚律师事务所

31210

代理人 徐申民 李晓

(51) Int. Cl.

B01D 69/04(2006. 01)

B01D 61/36(2006. 01)

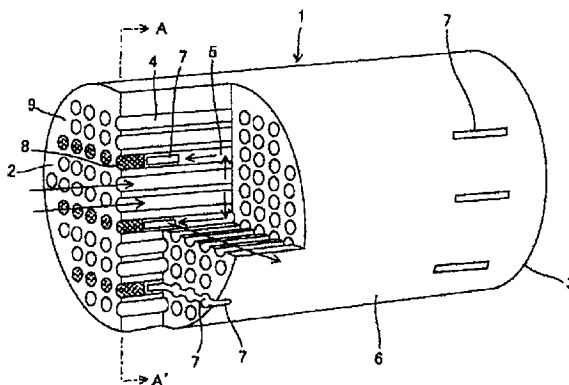
权利要求书2页 说明书20页 附图7页

(54) 发明名称

陶瓷渗透汽化膜以及陶瓷蒸汽渗透膜

(57) 摘要

提供一种水透过速度大、分离系数也高的陶瓷渗透汽化膜以及陶瓷蒸汽渗透膜, 其中, 相对于过滤元件的长度, 与集水元件流路方向相平行的排出流路的开口长度总和所占比例在 10% 以上, 过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  为  $1 \sim 4$ 。



1. 一种陶瓷渗透汽化膜,具备多孔体和分离膜;  
所述多孔体具有两个端面和外周面,设有贯穿一个端面至另一个端面排成列的多个过滤元件,贯穿一个端面至另一个端面排成列的同时两个端面的开口被封闭的多个集水元件,以及使该集水元件与外部空间连通而设置的排出流路,  
所述分离膜配置于所述多孔体的过滤元件的内壁面,  
过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  为  $1 \sim 4$ 。
2. 如权利要求 1 记载的陶瓷渗透汽化膜,2 列所述集水元件之间的所述过滤元件的列数在 3 以下。
3. 如权利要求 1 或 2 记载的陶瓷渗透汽化膜,2 列所述集水元件之间的所述过滤元件的列数为 2,过滤元件与集水元件总是保持邻接。
4. 如权利要求 1 或 2 记载的陶瓷渗透汽化膜,所述过滤元件的长度为 300mm 以上、1500mm 以下。
5. 如权利要求 1 或 2 记载的陶瓷渗透汽化膜,所述过滤元件的截面形状为圆形。
6. 如权利要求 1 或 2 记载的陶瓷渗透汽化膜,相对于所述过滤元件的长度,与所述集水元件流路方向相平行的所述排出流路的开口长度总和所占比例在 10% 以上。
7. 如权利要求 1 或 2 记载的陶瓷渗透汽化膜,相对于所述过滤元件的长度,与所述集水元件流路方向相平行的所述排出流路的开口长度总和所占比例在 20% 以上。
8. 如权利要求 1 或 2 记载的陶瓷渗透汽化膜,形成多个所述排出流路,  
相对于所述过滤元件的长度,所述集水元件的流路方向相邻的多个所述排出流路之间的最长间隔所占比例在 45% 以下。
9. 一种脱水方法,使用权利要求 1~5 任意一项记载的陶瓷渗透汽化膜,从水溶液或水与有机溶剂的混相液中以蒸汽形态除去水分。
10. 一种陶瓷蒸汽渗透膜,具备多孔体和分离膜;  
所述多孔体具有两个端面和外周面,设有贯穿一个端面至另一个端面排成列的多个过滤元件,贯穿一个端面至另一个端面排成列的同时两个端面的开口被封闭的多个集水元件,以及使该集水元件与外部空间连通而设置的排出流路,  
所述分离膜配置于所述多孔体的过滤元件的内壁面,  
过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  为  $1 \sim 4$ 。
11. 如权利要求 10 记载的陶瓷蒸汽渗透膜,2 列所述集水元件之间的所述过滤元件的列数在 3 以下。
12. 如权利要求 10 或 11 记载的陶瓷蒸汽渗透膜,2 列所述集水元件之间的所述过滤元件的列数为 2,过滤元件与集水元件总是保持邻接。
13. 如权利要求 10 或 11 记载的陶瓷蒸汽渗透膜,所述过滤元件的长度为 300mm 以上、1500mm 以下。
14. 如权利要求 10 或 11 记载的陶瓷蒸汽渗透膜,所述过滤元件的截面形状为圆形。
15. 如权利要求 10 或 11 记载的陶瓷蒸汽渗透膜,相对于所述过滤元件的长度,与所述集水元件流路方向相平行的所述排出流路的开口长度总和所占比例在 10% 以上。
16. 如权利要求 10 或 11 记载的陶瓷蒸汽渗透膜,相对于所述过滤元件的长度,与所述集水元件流路方向相平行的所述排出流路的开口长度总和所占比例在 20% 以上。

17. 如权利要求 10 或 11 记载的陶瓷蒸汽渗透膜,形成多个所述排出流路,相对于所述过滤元件的长度,所述集水元件的流路方向相邻的多个所述排出流路之间的最长间隔所占比例在 45% 以下。
18. 一种脱水方法,使用权利要求 10 ~ 14 任意一项记载的陶瓷蒸汽渗透膜,从水与有机溶剂的混合气体中以蒸汽形态除去水分。

## 陶瓷渗透汽化膜以及陶瓷蒸汽渗透膜

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种陶瓷制整体型渗透汽化膜以及蒸汽渗透膜。

### 背景技术

[0002] 近年来,为了从多种成分的混合物(混合流体)中仅选择性地回收特定成分,使用的是陶瓷制过滤器。较之于有机高分子制过滤器,陶瓷制过滤器的机械强度、耐久性、耐腐蚀性等优异,因此,在水处理、排气处理、以及医药和食品领域等广泛的领域中,用于除去液体或气体中的悬浊物质、细菌、粉尘等,甚为理想。

[0003] 此种陶瓷制过滤器(称为陶瓷过滤器)中,为了确保分离性能的同时提高水透过性能,必须增大膜面积(分离膜的面积),为此,整体型(或蜂窝型)的出现受到期待。较之于管道型,整体型过滤器具有不易折断、成本低等优势。整体型过滤器,在多数情况下,外形为圆柱形,具备多孔支撑体,其内部有形成于轴方向的多个平行流路(称为元件),进一步,在形成元件的内壁面上形成孔径小于该多孔支撑体的分离膜。

[0004] 作为已公开传统的整体型(或蜂窝型)陶瓷过滤器的现有文献,可列举如专利文献1~5。

[0005] 专利文献1公开的陶瓷蜂窝过滤器,通过多孔支撑体(多孔基材)较长方向设置裂缝状间隙部,可增加从多孔支撑体中心旁边元件的透过量。该陶瓷蜂窝过滤器,若将整体型过滤器大型化,从多孔支撑体中心部旁边元件所透过的透过流体,往多孔支撑体外部流出时,受到很大流动抵抗力,与实际所形成的过滤膜的面积相比,分离能力(过滤处理能力)低下,因此,该陶瓷蜂窝过滤器提议的目的是为了提高该分离能力。

[0006] 专利文献2公开的陶瓷蜂窝过滤器,是在形成于筒状多孔体较长方向的多个平行通道的内壁面上,形成孔径小于多孔体孔径的过滤膜的同时,为了增加从多孔体中心附近元件的通水量,在多孔体的较长方向设置了排出流路,且与排出流路连通的集水元件的边缘端部用密封材料密封。

[0007] 专利文献3公开的陶瓷蜂窝过滤器,为了不形成液体滞留,仅在规定的空间内配置孔密封材料(孔堵塞部件)。若使用该陶瓷蜂窝过滤器,可以有效防止透过流体(过滤流体)在内部滞留,因此可以供给洗净度较高的透过流体。

[0008] 专利文献4公开的横流型的过滤装置,在集水元件之间的过滤元件设置多个(3通道以上)过滤元件构造体(陶瓷过滤器),其压力损失小,是适用于微滤、超滤、反渗透、气体分离、渗透汽化等各种用途的过滤装置。

[0009] 专利文献5公开的陶瓷过滤器,呈现出过滤元件与集水元件的一边始终邻接的构造,是一种在超滤、微滤用途中,水的透过量大、反洗效率高的过滤器。

[0010] 现有技术

[0011] 专利文献

[0012] 专利文献1:日本专利特开平6-99039号公报

[0013] 专利文献2:日本专利特开2000-153117号公报

- [0014] 专利文献 3 :日本专利第 3868391 号说明书  
[0015] 专利文献 4 :日本专利特公平 6-016819 号公报  
[0016] 专利文献 5 :日本专利实公平 4-892 号公报

## 发明内容

[0017] 但是,上述现有文献涉及的技术,均存在如下所述的各种问题。

[0018] 专利文献 1 的陶瓷蜂窝过滤器,由于其构造,可能会引起烧结时或安装于外壳时的破损、从而引起密封不良。另外,专利文献 2 公开的陶瓷蜂窝过滤器,尽管用于微滤法分离方法时,具有优异的分离能力,但在透过分离成分为气体,透过速度快于为液体时,因为压力损失增大,单位时间的透过流量减少,所以作为渗透汽化(Pervaporation)或蒸汽渗透(Vapor permeation)的用途时,不能称为非常适宜。

[0019] 专利文献 3 公开的陶瓷蜂窝过滤器,透过分离成分为液体时具有特别优良的分离能力,但透过分离成分为气体,因为透过速度快于液体时,导致压力损失增大,单位时间的透过流量减少。此外,专利文献 4 公开的过滤装置,尽管用作微滤法的分离方法时,具有优异的分离能力,但若用于渗透汽化法的分离方法,存在压力损失增大、透过速度下降的问题,分离系数也小。即,专利文献 3、4 公开的这些技术,作为渗透汽化或蒸汽渗透的用途,不能称为很适宜。此外,专利文献 5 的陶瓷过滤器,没有作为渗透汽化用途所使用,其作为渗透汽化法的分离方法使用时的分离能力未知。

[0020] 本发明鉴于此种情况,其目的是提供一种透过速度快、分离系数也高的渗透汽化膜和蒸汽渗透膜。经不断研究后结果发现,提出一种具有过滤元件和集水元件的整体型的,相对于其过滤元件和集水元件的长度,排出流路开口长度的总和所占比例在 10% 以上的陶瓷过滤器,或者,与过滤元件和集水元件邻接形态的陶瓷过滤器,据此,该课题被解决,从而完成了本发明。

[0021] 即,首先,通过本发明,可提供一种陶瓷渗透汽化膜,其具备多孔体和分离膜,多孔体有两个端面和外周面,设有贯穿一个端面至另一个端面排成列的多个过滤元件,贯穿一个端面至另一个端面排成列的同时两个端面的开口被封闭的多个集水元件,以及该集水元件连通于外部空间而设置的排出流路,分离膜配置于多孔体过滤元件的内壁面上,相对于过滤元件的长度,与集水元件的流路方向相平行的排出流路的开口长度总和所占比例在 10% 以上。(称为本发明涉及的第 1 陶瓷渗透汽化膜)。

[0022] 本发明涉及的第 1 陶瓷渗透汽化膜中,相对于过滤元件的长度,与集水元件流路方向平行的排出流路的开口长度总和所占比例优选在 15% 以上,特别优选在 20% 以上。

[0023] 本发明涉及的第 1 陶瓷渗透汽化膜中,形成多个所述排出流路,相对于过滤元件的长度,集水元件的流路方向邻接的多个排出流路之间的最长间隔所占比例优选 80% 以下。该排出流路之间的最长间隔所占比例优选 45% 以下,更优选 40% 以下,特别优选 30% 以下。

[0024] 本发明涉及的第 1 陶瓷渗透汽化膜中,基于陶瓷渗透汽化膜的机械强度方面考虑,所述排出流路的开口长度总和的比例上限为 40%。另外,相对于过滤元件的长度,1 个排出流路的开口长度所占比例,同样基于陶瓷渗透汽化膜的机械强度方面考虑,优选 10% 以下。

[0025] 本发明涉及的第 1 陶瓷渗透汽化膜中,过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  优选为  $1 \sim 4$ 。本发明涉及的第 1 陶瓷渗透汽化膜的优选形态兼具后述的本发明涉及的第 2 陶瓷渗透汽化膜的特征。

[0026] 本发明涉及的第 1 陶瓷渗透汽化膜中,2 列集水元件之间的过滤元件的列数优选为 3 以下。这也是与后述的本发明涉及的第 2 陶瓷渗透汽化膜的特征的兼备之处。

[0027] 本发明涉及的第 1 陶瓷渗透汽化膜中,2 列所述集水元件之间的过滤元件的列数为 2,优选过滤元件与集水元件总是保持邻接。这也是与后述的本发明涉及的第 2 陶瓷渗透汽化膜的特征的兼备之处。

[0028] 其次,根据本发明,可提供一种陶瓷渗透汽化膜,其具备多孔体和分离膜。多孔体具有两个端面和外周面,设有贯穿一个端面至另一个端面排成列的多个过滤元件,贯穿一个端面至另一个端面排成列的同时两个端面的开口被封闭的多个集水元件,以及集水元件与外部空间相连通而设的排出流路。分离膜设置于多孔体的过滤元件的内壁面上。过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  为  $1 \sim 4$  (称为本发明涉及的第 2 陶瓷渗透汽化膜)。

[0029] 本发明涉及的第 2 陶瓷渗透汽化膜中,2 列集水元件之间过滤元件的列数优选 3 以下。

[0030] 本发明涉及的第 2 陶瓷渗透汽化膜中,2 列所述集水元件之间的过滤元件的列数为 2,优选过滤元件与集水元件始终邻接。

[0031] 本发明涉及的第 2 陶瓷渗透汽化膜中,过滤元件的长度优选 300mm 以上、1500mm 以下。更优选过滤元件的长度为 500mm 以上、1500mm 以下。特别优选过滤元件的长度为 500mm 以上、1000mm 以下。

[0032] 本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜中,作为集水元件以及过滤元件的截面形状,可采用圆形、四角形、六角形、八角形等任意形状。本发明涉及的第 2 陶瓷渗透汽化膜中,过滤元件的截面形状优选为圆形。(过滤或集水)元件的截面形状是指,具有两个端面和外周面的多孔体中,与连接两个端面的方向(也称为元件的长度方向)相垂直的截面所显示的(过滤或集水)元件形状。

[0033] 本发明涉及的第 2 陶瓷渗透汽化膜中,相对于过滤元件的长度,与集水元件的流路方向平行的排出流路的开口长度的总和所占比例优选为 10% 以上。本发明涉及的第 2 陶瓷渗透汽化膜的优选形态兼具已述的本发明涉及的第 1 陶瓷渗透汽化膜的特征。即,第 2 陶瓷渗透汽化膜的优选形态等同于第 1 陶瓷渗透汽化膜的优选形态。

[0034] 本发明涉及的第 2 陶瓷渗透汽化膜中,相对于过滤元件的长度,与集水元件流路方向平行的排出流路的开口长度总和所占比例优选在 20% 以上。它也兼具已述的本发明涉及的第 1 陶瓷渗透汽化膜的特征。

[0035] 本发明涉及的第 2 陶瓷渗透汽化膜中,形成多个排出流路,相对于过滤元件的长度,集水元件流路方向相邻的多个排出流路之间的最长间隔所占比例优选在 80% 以下。该排出流路之间的最长间隔所占比例更优选在 45% 以下,进一步优选在 40% 以下,特别优选在 30% 以下。这也是与已述的本发明涉及的第 1 陶瓷渗透汽化膜的特征的兼备之处。

[0036] 其次,根据本发明,可提供一种脱水方法,使用上述任意一个本发明涉及的第 2 陶瓷渗透汽化膜,从水溶液、或水与有机溶剂的混相液中,以蒸汽形态除去水分(称为本发明

涉及的第 1 脱水方法)。可举例如,以(质量比)水浓度 1% ~ 99% 的水溶液、或水与有机溶剂的混相液为脱水对象。本发明涉及的第 1 脱水方法的具体例子是,从甲醇水溶液、乙醇水溶液等醇的水溶液、或醋酸等羧酸、丙酮等的酮类、乙胺等胺类中,通过渗透汽化法除去水(水分)的,水溶液的脱水方法。

[0037] 其次,根据本发明,可提供一种陶瓷蒸汽渗透膜,其具备多孔体和分离膜,多孔体具有两个端面和外周面,设有贯穿一个端面至另一个端面排成列的多个过滤元件,贯穿一个端面至另一个端面排成列的同时两个端面的开口被封闭的多个集水元件,以及该集水元件与外部空间连通而设置的排出流路,分离膜配置于多孔体的过滤元件的内壁面上,相对于过滤元件的长度,与集水元件流路方向相平行的排出流路的开口长度总和所占比例在 10% 以上(称为本发明涉及的第 1 陶瓷蒸汽渗透膜)。

[0038] 本发明涉及的第 1 陶瓷蒸汽渗透膜中,相对于过滤元件的长度,与集水元件流路方向相平行的排出流路的开口长度总和所占比例优选在 15% 以上,特别优选在 20% 以上。

[0039] 本发明涉及的第 1 陶瓷蒸汽渗透膜中,所述形成多个排出流路,相对于过滤元件的长度,集水元件流路方向相邻的多个排出流路之间的最长间隔所占比例优选在 80% 以下。该排出流路之间的最长间隔所占比例更优选在 45% 以下,进一步优选在 40% 以下,特别优选在 30% 以下。

[0040] 本发明涉及的第 1 陶瓷蒸汽渗透膜中,从陶瓷蒸汽渗透膜的机械强度方面考虑,所述排出流路的开口长度的总和所占比例上限为 40%。此外,相对于过滤元件的长度,1 个排出流路的开口长度所占比例,同样从陶瓷蒸汽渗透膜的机械强度方面考虑,优选在 10% 以下。

[0041] 本发明涉及的第 1 陶瓷蒸汽渗透膜中,过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  优选为 1 ~ 4。本发明涉及的第 1 陶瓷蒸汽渗透膜的优选形态兼具后述的本发明涉及的第 2 陶瓷蒸汽渗透膜的特征。

[0042] 本发明涉及的第 1 陶瓷蒸汽渗透膜中,2 列集水元件之间的过滤元件的列数优选在 3 以下。这也是与后述的本发明涉及的第 2 陶瓷蒸汽渗透膜的特征的兼备之处。

[0043] 本发明涉及的第 1 陶瓷蒸汽渗透膜中,优选 2 列所述集水元件之间的过滤元件的列数为 2,过滤元件与集水元件总是保持邻接。这也是与后述的本发明涉及的第 2 陶瓷蒸汽渗透膜的特征的兼备之处。

[0044] 其次,根据本发明,可提供一种陶瓷蒸汽渗透膜,其具备多孔体和分离膜,多孔体具有两个端面和外周面,设有贯穿一个端面至另一个端面排成列的多个过滤元件,贯穿一个端面至另一个端面排成列的同时两个端面的开口被封闭的多个集水元件,以及该集水元件与外部空间连通而设置的排出流路,分离膜配置于多孔体的过滤元件的内壁面上,过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  为 1 ~ 4 (称为本发明涉及的第 2 陶瓷蒸汽渗透膜)。

[0045] 本发明涉及的第 2 陶瓷蒸汽渗透膜中,2 列集水元件之间的过滤元件的列数优选在 3 以下。

[0046] 本发明涉及的第 2 陶瓷蒸汽渗透膜中,优选 2 列所述集水元件之间的过滤元件的列数为 2,过滤元件与集水元件总是保持邻接。

[0047] 本发明涉及的第 2 陶瓷蒸汽渗透膜中,过滤元件的长度优选为 300mm 以上、1500mm

以下。更优选过滤元件的长度为 500mm 以上、1500mm 以下。特别优选过滤元件的长度为 500mm 以上、1000mm 以下。

[0048] 本发明涉及的陶瓷蒸汽渗透膜中,作为集水元件以及过滤元件的截面形状,可采用圆形、四角形、六角形、八角形等任意形状。本发明涉及的第 2 陶瓷蒸汽渗透膜中,过滤元件的截面形状优选圆形。(过滤或集水)元件的截面形状是指,具有两个端面和外周面的多孔体中,与连接两个端面的方向(也称为元件的长度方向)相垂直的截面所显示的(过滤或集水)元件的形状。

[0049] 本发明涉及的第 2 陶瓷蒸汽渗透膜中,相对于过滤元件的长度,与集水元件流路方向相平行的排出流路的开口长度总和所占比例优选在 10% 以上。本发明涉及的第 2 陶瓷蒸汽渗透膜的优选形态兼具已述的本发明涉及的第 1 陶瓷蒸汽渗透膜的特征。即,第 2 陶瓷蒸汽渗透膜的优选形态等同于第 1 陶瓷蒸汽渗透膜的优选形态。

[0050] 本发明涉及的第 2 陶瓷蒸汽渗透膜中,相对于过滤元件的长度,与集水元件流路方向相平行的排出流路的开口长度总和所占比例优选在 20% 以上。这也是与已述的本发明涉及的第 1 陶瓷蒸汽渗透膜的特征的兼备之处。

[0051] 本发明涉及的第 2 陶瓷蒸汽渗透膜中,形成多个排出流路,相对于过滤元件的长度,集水元件流路方向相邻的多个排出流路之间的最长间隔所占比例优选在 80% 以下。该排出流路之间的最长间隔所占比例更优选在 45% 以下,进一步优选在 40% 以下,特别优选在 30% 以下。这也是与已述的本发明涉及的第 1 陶瓷蒸汽渗透膜的特征的兼备之处。

[0052] 其次,根据本发明,可提供一种脱水方法,使用上述任意一个本发明涉及的第 2 陶瓷蒸汽渗透膜,从水与有机溶剂的混合气体中以蒸汽形态除去水分(称为本发明涉及的第 2 脱水方法)。可举例如,以(质量比)水浓度 1% ~ 99% 的水与有机溶剂的混合气体为脱水对象。本发明涉及的第 2 脱水方法的具体例子是,从含有甲醇、乙醇等醇、或醋酸等羧酸、或丙酮等酮类、或乙胺等胺类,与水(水蒸汽)的混合气体中,通过蒸汽渗透法除去水(水分)的,混合气体的脱水方法。

[0053] 本说明书中,本发明涉及的第 1 陶瓷渗透汽化膜与本发明涉及的第 2 陶瓷渗透汽化膜合并简称为本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜。本发明涉及的第 1 陶瓷蒸汽渗透膜与本发明涉及的第 2 陶瓷蒸汽渗透膜一并简称为本发明涉及的陶瓷蒸汽渗透膜。本发明涉及的第 1 脱水方法与本发明涉及的第 2 脱水方法一并简称为本发明涉及的脱水方法。此外,本说明书中,有时将过滤元件和集水元件两者并称为元件。

[0054] 本发明涉及的(第 1 和第 2)陶瓷渗透汽化膜和本发明涉及的(第 1 和第 2)陶瓷蒸汽渗透膜中,多孔体的外形呈现为近柱状体,形成有贯穿一个端面至另一端面的过滤元件和集水元件,因此,实质上过滤元件和集水元件的长度等于多孔体的长度(轴长)。即,集水元件的长度等于过滤元件的长度。本发明涉及的第 1 陶瓷渗透汽化膜和本发明涉及的第 1 陶瓷蒸汽渗透膜中,相对于集水元件的长度,与过滤元件流路方向相平行的排出流路的开口长度总和所占比例也在 10% 以上。如上所述,由于集水元件的两个端面的开口被封闭,所以集水元件的长度中也包含了该封闭部分(孔密封部件)。

[0055] 本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜和本发明涉及的陶瓷蒸汽渗透膜中,排出流路使集水元件与外部空间连通。排出流路(集水缝隙)使排成列的多个集水元件相连通,并且通过多孔体外周面开口,使多个集水元件与外部空间连通。相对于过滤元件的长度,与过滤元件

流路方向相平行的排出流路的开口长度的总和所占比例在 10% 以上,因此该排出流路成为薄(细)的空间,成为裂缝状的缝隙。位于多孔体外周面的开口,其实就是裂缝。本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜和本发明涉及的陶瓷蒸汽渗透膜中,形成多个排出流路意思是,将相连接的多个集水元件作为 1 个空间时,每个该空间内形成多个排出流路。换言之,排出流路的数量是各个连通的多个集水元件所设置的排出流路的数量。本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜和本发明涉及的陶瓷蒸汽渗透膜的优选形态中,排出流路使排成列的多个集水元件之间相连接,而与其它列的集水元件不连接。因此,存在形成多列的多个集水元件时,每列形成有多个排出流路。排出流路的数目,对于所有(集水元件的)列,优选数目均相同。另一方面,存在多个排出流路时,各个开口长度可以全部为相同的长度,各排出流路的开口长度也可以不同。

[0056] 本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜,称为渗透汽化膜,是用于渗透汽化用途的陶瓷过滤器。此外,本发明涉及的陶瓷蒸汽渗透膜,称为蒸汽渗透膜,是用于蒸汽渗透用途的陶瓷过滤器。本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜和本发明涉及的陶瓷蒸汽渗透膜中,具有两个端面和外周面的多孔体,外形呈近柱状体。其外形从易于套管的角度考虑优选圆柱形,但也可以为四角柱形等。此种外形的多孔体内,具备贯穿一个端面至另一个端面的排成列的多个过滤元件和多个集水元件。此外,多孔体的过滤元件的内壁面上配置有分离膜。即,本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜和本发明涉及的陶瓷蒸汽渗透膜,均可称为整体型的过滤器。配置有分离膜的过滤元件的内壁面是指,形成过滤元件的多孔体的(内部的)表面、隔壁(隔着元件的壁(多孔体本身))的表面。

[0057] 本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜和本发明涉及的陶瓷蒸汽渗透膜中,例如,过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  为 1 时,过滤元件列与集水元件列可以交互配置。例如,过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  为 2 时,相对 2 列过滤元件有 1 列集水元件,这种情况下,2 列集水元件间可配置 2 列过滤元件。此种  $m/n$  为 1 或 2 时,过滤元件与集水元件可始终相互邻接配置。所以,例如,过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  为 3 时,对于 3 列过滤元件有 1 列集水元件,换言之,集水元件的列间可配置 3 列过滤元件。

[0058] 本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜和本发明涉及的陶瓷蒸汽渗透膜中,所有过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  为 1 ~ 4 时,2 列集水元件之间的(集水元件列之间的)过滤元件的列数可部分超过 4。优选的形态是 2 列集水元件之间过滤元件的列数全为 1 ~ 4,更优选的形态是 2 列集水元件之间的过滤元件的列数全为 1 ~ 3。

[0059] 原本,过滤元件位于外周面一侧、会发生部分不位于 2 列集水元件之间的情况。本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜和本发明涉及的陶瓷蒸汽渗透膜中,所以过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  为 1 ~ 4 时,该部分中集水元件与外周面之间的过滤元件的列数也可超过 4,但这部分中,集水元件与外周面之间的过滤元件的列数优选为 1 ~ 4。

[0060] 另外,如上所述,由于过滤元件位于外周面一侧、会发生部分不位于 2 列集水元件之间的情况,所有过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$ 、与 2 列集水元件之间的过滤元件的列数之间不一定总存在一定关系。例如,如上所述,集水元件列之间设置 3 列过滤元件时,以集水元件,过滤元件,过滤元件,过滤元件为组合时,所有过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  为 3,但考虑过滤元件下一个的集水元件时, $m/n$  有可能不到 3,

若考虑在集水元件另一侧设置过滤元件时,  $m/n$  可能会超过 3。本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜和本发明涉及的陶瓷蒸汽渗透膜的形态可有多种考虑, 但本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜和本发明涉及的陶瓷蒸汽渗透膜需要所有过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  为 1 ~ 4, 其优选形态是 2 列集水元件之间的过滤元件的列数均为 1 ~ 4, 更优选形态是 2 列集水元件之间的过滤元件的列数均为 1 ~ 3。

[0061] 本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜和本发明涉及的陶瓷蒸汽渗透膜中, 过滤元件与集水元件的直径优选在 5mm 以下, 特别优选 1 ~ 3mm。直径不到 1mm 时, 因变形可能会造成元件封闭。另一方面, 超过 5mm 时, 分离膜的膜面积会变小。元件的直径意思是相当于元件的截面形状的圆的面积的直径。

[0062] 本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜和本发明涉及的陶瓷蒸汽渗透膜中, 元件间的壁厚优选在 1.5mm 以下, 特别优选 0.2 ~ 1.5mm。壁厚不足 0.2mm 时, 制备时的热处理(烧结)可能会引起大的变形而使通道封闭。另一方面, 超过 1.5mm 时, 由于压力损失的增大而水透过速度变慢, 每 1 根陶瓷渗透汽化膜(或本发明涉及的陶瓷蒸汽渗透膜)的分离性能下降。元件间的壁厚指的是, 元件与元件之间壁(多孔体)的厚度, 是元件与元件之间的最短距离。

[0063] 其次, 就本发明的效果, 以陶瓷渗透汽化膜为例进行说明。渗透汽化膜与蒸汽渗透法(Vapor permeation)的差异在于供给的被分离混合流体(混合物)为液体(渗透汽化法)还是气体(蒸汽渗透法), 透过分离成分为气体这一点是共通的, 两者的分离机理也可以说相同。因此, 以下所示的本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜的效果, 对于本发明涉及的陶瓷蒸汽渗透膜也可同样能得到。

[0064] 本发明涉及的第 1 陶瓷渗透汽化膜, 相对于过滤元件的长度, 与集水元件流路方向相平行的排出流路的开口长度总和所占比例在 10% 以上, 优选在 20% 以上, 因此即使透过分离成分为气体, 也可以抑制单位时间的透过流量减少。即, 可高效进行分离, 因此经济性优异。排出流路的开口长度总和所占比例不到 10% 时, 压力损失的降低并不充分, 会减少透过分离成分的单位时间透过流量。

[0065] 本发明涉及的第 1 陶瓷渗透汽化膜, 在其优选形态中, 形成多个排出流路, 相对于过滤元件的长度, 集水元件流路方向相邻的多个排出流路之间的最长间隔所占比例在 45% 以下, 所以特别容易得到上述效果。即, 即使透过分离成分为气体, 也可以减少压力损失, 可进一步抑制单位时间透过流量的降低。

[0066] 本发明涉及的第 1 陶瓷渗透汽化膜(本发明涉及的第 1 陶瓷渗透汽化膜的优选形态、以及本发明涉及的第 2 陶瓷渗透汽化膜), 过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  为 1 ~ 4, 优选 2 列集水元件之间的过滤元件的列数在 3 以下, 更优选 2 列集水元件之间的过滤元件的列数为 2、过滤元件与集水元件总是保持邻接, 因此在渗透汽化(Pervaporation)用途中, 水的透过速度快, 分离系数也高。即, 是一种优异的渗透汽化膜。

[0067] 得到这些效果有以下理由。即, 过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  为 1 ~ 4 时, 较之于  $m/n$  超过 4, 过滤元件与集水元件更接近。2 列集水元件之间的过滤元件的列数为 2、过滤元件与集水元件总是保持邻接时, 较之于  $m/n$  超过 4, 过滤元件与集水元件更加接近。此种本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜, 较之于现有的( $m/n$  超过 4)渗透汽化膜, 单位膜面积的水透过速度变快, 结果每 1 根陶瓷渗透汽化膜的水透过流量也变大。

[0068] 本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜, 较之于现有的过滤器, 用作渗透汽化用途优异, 因

为渗透汽化法的情况下,较之于微滤法、超滤法、气体分离法、反渗透法,受到过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  的影响更大。

[0069] 此外,  $m/n$  影响大的一个原因是,渗透汽化法中,以供给液的蒸汽压与透过侧的压力之间的差压为驱动力而引起透过,因此,较之于微滤等,可以较小(膜间的)差压进行运转。(1)式是求成分  $i$  (例如水)的透过速度的膜透过基本式。如该(1)式所示,透过速度由膜的入口压力与出口压力之差(差压)而决定,因此,较之于微滤等,在相对差压小的渗透汽化法中,差压的下降对于透过速度影响很大。如果使过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  为  $1 \sim 4$ , 优选 2 列集水元件之间的过滤元件的列数在 3 以下,更优选 2 列集水元件之间的过滤元件的列数为 2、过滤元件与集水元件总是保持邻接时,可抑制差压的减少。

[0070] [数 1]

$$[0071] \quad J_i = P_i \times (X_{i1} \cdot \gamma_i \cdot p_i^0 - X_{i2} \cdot p_1)$$

$$[0072] \quad = P_i \times (p_{i1} - p_{i2}) \quad \dots (1)$$

$$[0073] \quad J_i : \text{成分 } i \text{ 的透过速度} \quad (\text{kg/m}^2 \cdot \text{h})$$

$$[0074] \quad P_{eri} : \text{成分 } i \text{ 的透过系数} \quad (\text{kg/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa})$$

$$[0075] \quad X_{i1} : \text{成分 } i \text{ 的供给侧的摩尔分率} \quad (-)$$

$$[0076] \quad X_{i2} : \text{成分 } i \text{ 的透过侧的摩尔分率} \quad (-)$$

$$[0077] \quad \gamma_i : \text{成分 } i \text{ 的活度系数} \quad (-)$$

$$[0078] \quad p_i^0 : \text{成分 } i \text{ 的饱和蒸汽压} \quad (\text{Pa})$$

$$[0079] \quad p_1 : \text{透过侧压力} \quad (\text{Pa})$$

$$[0080] \quad p_{i1} : \text{成分 } i \text{ 的膜的入口压力} \quad (\text{Pa})$$

$$[0081] \quad p_{i2} : \text{成分 } i \text{ 的膜的出口压力} \quad (\text{Pa})$$

[0082] 第 2 个原因是,渗透汽化法下,透过流体为气体,通过在透过侧减压进行分离,但通过减压,透过流体的体积流速增加,由于其增加,处理时(透过陶瓷渗透汽化膜)的压力损失较之于微滤法等变大。(2)式是成分为水时求透过速度的膜透过基本式,(3)式是成分为乙醇时求透过速度的膜透过基本式。(4)式是通过(入口的)设定压力  $p_{\text{设定}}$  与膜的(入口出口的)压力损失  $\Delta P$  求出膜的出口压力  $p_2$  的计算式,(5)式是基于达西定律的显示差压变化的计算式,(6)式是基于利于理想气体的状态方程式求体积流速的计算式。如这些计算式推导,透过流体(例如水和乙醇)在减压下根据(6)式而膨胀、体积流速增大,根据(5)式,膜的压力损失增大。此外,由于该压力损失增大,膜透过的基本式中膜的有效差压((2)式和(3)式中的括弧项)减少,透过速度下降。

[0083] [数 2]

$$[0084] \quad J_{\text{水}} = P_{er \text{ 水}} \times (p_{\text{水}1} - X_{\text{水}} p_2) \quad \dots (2)$$

[0085] [数 3]

$$[0086] \quad J_{\text{乙醇}} = P_{er \text{ 乙醇}} \times (p_{\text{乙醇}1} - X_{\text{乙醇}} p_2) \quad \dots (3)$$

[0087] [数 4]

$$[0088] \quad p_2 = p_{\text{设定}} + \Delta P \quad \dots (4)$$

[0089] [数 5]

$$[0090] \quad \Delta P = \beta u_s + \alpha u_s^2 \quad \dots (5)$$

[0091]  $\alpha$  :透过抵抗二次补正项 ( $\text{Pa} \cdot \text{s}^2/\text{m}^2$ )

[0092]  $\beta$  :多孔体的透过抵抗 ( $\text{Pa} \cdot \text{s}/\text{m}$ )

[0093] [数 6]

[0094]  $u_s = (J_{\text{水}} + J_{\text{乙醇}})RT/Mp2 \quad \dots (6)$

[0095]  $u_s$  :体积流速 ( $\text{m}/\text{S}$ )

[0096] 例如,本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜,当 2 列集水元件之间的过滤元件的列数为 2、过滤元件与集水元件总是保持邻接时,较之于集水元件列间设置 5 列过滤元件,渗透汽化处理中,水透过速度可提升至 2 倍左右。此外,2 列集水元件之间的过滤元件列数为 3 时,较之于 2 列集水元件列间设置 5 列过滤元件,渗透汽化处理中,水透过速度可提升至 1.67 倍。

[0097] 与此相对,如表 1 所示,例如使用专利文献 4 记载的细孔径为数 100nm 左右的微滤膜,对水施加 1atm 的压力,令液体水透过时,当 2 列集水元件间的过滤元件列数为 2、过滤元件和集水元件一直邻接时,较之于 2 列集水元件列间设置 5 列过滤元件,仅能提升 30% 左右。此外,2 列集水元件间的过滤元件的列数为 3 时,较之于 2 列集水元件列间设置 5 列过滤元件,仅能提升 15% 左右。即,渗透汽化处理中的透过速度,较之于微滤处理中的水透过速度,由于受到过滤元件与集水元件的配置影响很大,因此本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜中,过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  为 1 ~ 4,优选 2 列集水元件间的过滤元件列数为 2、过滤元件和集水元件始终邻接的方式起到了效果。

[0098] [表 1]

[0099]

	过滤元件的列数 $m$ 与集水元件的列数 $n$ 之比 $m/n$	2 列集水元件之间的过滤元件的列数	水透过量	水透过速度
			$\text{m}/\text{day} \cdot \text{atm}$	$\text{m}^3/\text{day} \cdot \text{atm}$
参考例 1	5.6	5	35	521
参考例 2	3.2	3	40	540
参考例 3	2.1	2	45	536

[0100] 本发明涉及的第 2 陶瓷渗透汽化膜,其优选形态中,过滤元件的长度在 300mm 以上、1500mm 以下,因此每 1 根的水透过量  $[\text{kg}/\text{h}]$  大。存在水透过量  $[\text{kg}/\text{h}] = \text{水透过速度} [\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}] \times \text{过滤膜的面积} [\text{m}^2]$  的关系。透过速度也称为通量、透过通量。过滤元件的长度不足 300mm 时,膜面积减少,每 1 根的水透过量  $[\text{kg}/\text{h}]$  也减少。过滤元件的长度超过 1500mm 时,由于渗透汽化处理中蒸发的透过液的汽化热而温度下降、水透过速度下降,相对于长度比例,每 1 根的水过量不会变大(快)。

[0101] 本发明涉及的第 2 陶瓷渗透汽化膜,其优选形态中,由于过滤元件的截面形状为圆形,因此难以产生微细的裂纹,分离系数高。过滤元件的截面形状为多角形时,较之于圆形,角的部分容易产生裂纹,分离系数可能下降。

[0102] 本发明涉及的第 1 脱水方法,是使用单位膜面积的水透过速度快、分离系数高的本发明涉及的第 2 陶瓷渗透汽化膜,从水溶液、或水与有机溶剂的混相液中以蒸汽形态除

去水分,因此可实现通过较少根数(膜面积)的陶瓷渗透汽化膜有效除去大量水分(水量)。

#### 附图说明

[0103] [图 1A] 图 1A 是显示本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜的一个实施方式的图,是部分切割的侧视图。

[0104] [图 1B] 图 1B 是显示图 1A 中 A-A' 截面的截面图。

[0105] [图 1C] 图 1C 是放大了图 1B 中过滤元件周边的放大截面图。

[0106] [图 2] 图 2 是本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜的另一实施方式的显示图,是与图 1B 对应的截面图。

[0107] [图 3] 图 3 是本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜的又一实施方式的显示图,是与图 1B 和图 2 对应的截面图。

[0108] [图 4] 图 4 是本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜的又一实施方式的显示图,是放大显示端面的图。

[0109] [图 5] 图 5 是本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜的又一实施方式的显示图,是放大显示端面的图。

[0110] [图 6A] 图 6A 是显示本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜的陶瓷过滤器的一例的图,是显示了其端面的图。

[0111] [图 6B] 图 6B 是进一步放大显示图 6A 中 2 列集水元件之间的图。

[0112] [图 7] 图 7 是显示本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜制备过程中设置分离膜的工序中,流入前躯体溶液状态的一例的图。

[0113] [图 8] 图 8 是显示渗透汽化试验(实施例)中使用的分离装置构成的图。

[0114] [图 9] 图 9 是显示实施例中,分离系数为 1 ~ 13 的透过气体中求出水浓度,该透过气体中的水浓度与分离系数关系的图表。

[0115] 符号说明

[0116] 1, 11, 21, 41 :陶瓷渗透汽化膜

[0117] 2 : (一个) 端面

[0118] 3 : (另一) 端面

[0119] 4, 104, 204, 304 : 过滤元件

[0120] 5, 105, 205, 305 : 集水元件

[0121] 6 : 外周面

[0122] 7 : 排出流路

[0123] 8 : 孔密封部件

[0124] 9 : 多孔体

[0125] 31 : 分离膜

[0126] 32 : 中间层

[0127] 33 : 中间层

[0128] 34 : 中间层

[0129] 35 : 支撑体

[0130] 42 : 罐体

- [0131] 43 :乙醇水溶液
- [0132] 44 :冷却阱装置
- [0133] 45 :真空泵
- [0134] 70 :前躯体溶液
- [0135] 71 :胶带
- [0136] L :过滤元件的长度(集水元件的长度、多孔体的轴长)
- [0137] d1 :排出流路的开口长度
- [0138] d2 ~ d7 :过滤元件流路方向相邻的多个排出流路之间的间隔

### 具体实施方式

[0139] 以下适当参考附图对本发明涉及的实施方式进行了说明,但本发明并不限于此,在不脱离本发明涉及的范围内,可根据本领域技术人员知识,进行各种变更、修正和改良。例如,附图显示的虽然是适合的本发明涉及的实施方式,但本发明并不限于附图所表示的方式或附图所示的信息。在实施本发明或验证的基础上,也可适用与本说明书中记述的相同的方法或相当的方法,适合的方法如下所述。例如,以下举例陶瓷渗透汽化膜进行说明,除了分离的混合流体(混合物)的供给并非是液体(渗透汽化法)而是气体(蒸汽渗透法)这点之外,以下的实施方式也相当于陶瓷蒸汽渗透膜的实施方式,这样理应被理解。

[0140] 首先,对于本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜的实施方式之一,针对其构造、形状进行说明。

[0141] 图 1A ~图 1C 所示的陶瓷渗透汽化膜 1,具备多孔体 9,多孔体 9 含有两个端面 2、3 以及外周面 6 的。多孔体 9 的外形为圆柱形,设有贯穿一个端面 2 至另一端面 3 (图 1A 中大致横向)排成列的多个过滤元件 4,和贯穿于一个端面 2 至另一端面 3 (图 1A 中大致横向)排成列的多个集水元件 5。陶瓷渗透汽化膜 1 中,过滤元件 4 与集水元件 5 的截面形状为圆形。此外,过滤元件 4 的两个端面的开口是开放的(保持开口),但集水元件 5 的两个端面的开口被孔密封部件 8 封闭,为连通集水元件 5 与外部空间而设有排出流路 7。此外,截面形状为圆形的过滤元件 4 的内壁面上配置有分离膜 31。

[0142] 陶瓷渗透汽化膜 1 中,排出流路 7,位于两个端面 2、3 附近,每连通着的多个集水元件 5,各形成 1 个。陶瓷渗透汽化膜 1 中,集水元件有 3 列,排出流路 7 在每列中使多个集水元件 5 相连通,并且开口于多孔体 9 的外周面 6。如前所述,因为排出流路 7 的数量为每个连通的多个集水元件 5 所设置的排出流路 7 的数量,所以陶瓷渗透汽化膜 1 中的排出流路 7 的数量不是 6,而是 2。

[0143] 陶瓷渗透汽化膜 1 中,相对于集水元件 5 的长度 L,与集水元件 5 的流路方向相平行的排出流路 7 的开口长度总和  $2 \times d1$  所占比例在 10% 以上。另一方面,相对于集水元件 5 的长度 L,集水元件 5 流路方向相邻的 2 个排出流路 7 之间的最宽间隔 d2 所占比例未到 45% 以下。

[0144] 陶瓷渗透汽化膜 1 中,2 列集水元件 5 之间的过滤元件 4 的列数为 2,过滤元件 4 与集水元件 5 总是保持邻接。陶瓷渗透汽化膜 1 中,过滤元件 4 的列数 m 为 7,集水元件 5 的列数 n 为 3,两项比 m/n 为 2.3。另外,陶瓷渗透汽化膜 1 中的过滤元件 4 的长度 L(参照图 1B)在 300 ~ 1500mm 范围内。此外,本说明书中,相同符号 L 为相同长度,表示集水元件

的长度和过滤元件的长度。

[0145] 多孔体 9 由  $10\ \mu\text{m}$  等级的颗粒构成的支撑体 35、和  $1\ \mu\text{m}$  等级的平均气孔直径的第 1 中间层 34、 $0.1\ \mu\text{m}$  等级的平均气孔直径的第 2 中间层 33、和  $0.01\ \mu\text{m}$  等级的平均气孔直径的第 3 中间层 32 构成。此外，在中间层 32 的表面(即，这是过滤元件 4 的内壁面)配置有分离膜 31 (参照图 1C)。另外，本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜，中间层至少有 1 层即可，但位于分离膜下层的中间层的平均气孔直径优选为  $0.005\sim 1\ \mu\text{m}$ 。小于  $0.005\ \mu\text{m}$  时，压力损失变大，水透过速度降低，超过  $1\ \mu\text{m}$  时强度变小，作为陶瓷渗透汽化膜其长期可靠性下降。

[0146] 多孔体 9 的平均气孔直径优选为  $5\sim 25\ \mu\text{m}$ ，更优选  $6\sim 20\ \mu\text{m}$ ，特别优选  $8\sim 16\ \mu\text{m}$ 。多孔体的平均气孔直径不足  $5\ \mu\text{m}$  时，以分离膜分离的透过分离成分的多孔体的透过速度显著变慢，有时单位时间的透过流量会减少。另一方面，超过  $25\ \mu\text{m}$  时，分离膜不能均匀成膜，有时分离性能差。平均气孔直径可通过水银压入法测定。

[0147] 分离膜 31 优选气体分离膜。作为气体分离膜并无特别限定，可根据分离的气体种类适当选择公知的一氧化碳分离膜、氮分离膜、氢分离膜、碳膜、DDR 型沸石膜、二氧化硅膜等。作为分离膜，可列举如日本专利第 4006107 号公报记载的一氧化碳分离膜、日本专利第 3953833 号公报记载的氮分离膜、日本专利第 3933907 号公报记载的氢分离膜、日本特开 2003-286018 号公报记载的碳膜、日本特开 2004-66188 号公报记载的 DDR 型沸石膜、国际公开第 2008/050812 号手册记载的二氧化硅膜等。

[0148] 孔密封部件 8 优选含有骨料颗粒、无机结合材料、粘结剂、增粘剂以及保水剂。孔密封部件 8 可以由与多孔体 9 相同的材料形成。孔密封部件 8 的粗细以可排出形成多孔体 9 与分离膜 31 之间的中间层 32~34 时使用的，中间层用浆料所含的水分的程度为宜。具体的，孔密封部件 8 的气孔率优选为  $25\sim 50\%$ 。孔密封部件 8 的气孔率超过  $50\%$  时，形成中间层所使用的中间层用浆料所含的固体成份会通过孔密封部件 8。另一方面，孔密封部件 8 的气孔率不到  $20\%$  时，中间层成膜所使用的中间膜用浆料所含的水分难以排出。孔密封部件 8 的长度为从端面至排出流路 7 为止的长度，通常为  $10\sim 20\text{mm}$  左右。

[0149] 虽然没有图示，但本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜中，含有透过分离成分的混合流体从陶瓷渗透汽化膜端面的多孔体部分直接流入，为了防止未被形成于规定的过滤元件内壁面的分离膜分离而流出，优选进一步设置可覆盖陶瓷渗透汽化膜的混合流体流入端面侧的多孔体的密封部。密封部可在混合流体流入一侧的端面涂布釉料后烧结而成。

[0150] 接着，对于本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜的其他实施方式，就与上述实施方式相异之处进行说明。

[0151] 图 2 所示的陶瓷渗透汽化膜 11 中，排出流路 7 的数量为(并非 9)3，排出流路 7 的开口长度的总和为  $3\times d_1$ 。(从陶瓷渗透汽化膜 1)所加的排出流路 7 的位置在圆柱形陶瓷渗透汽化膜(多孔体)中轴方向的中央附近。陶瓷渗透汽化膜 11 中，相对于集水元件 5 的长度 L，集水元件 5 流路方向相邻的多个排出流路 7 之间的最长间隔  $d_3$  或  $d_4$  均在  $45\%$  以下。

[0152] 图 3 所示的陶瓷渗透汽化膜 21 中，排出流路 7 的数量为(并非 12)4，排出流路 7 的开口长度的总和为  $4\times d_1$ 。陶瓷渗透汽化膜 21 中，相对于集水元件 5 的长度 L，集水元件 5 流路方向相邻的多个排出流路 7 之间的最长间隔  $d_5\sim d_7$  均在  $45\%$  以下。(从陶瓷渗透汽化膜 1)所加的 2 个排出流路 7 的位置在圆柱形陶瓷渗透汽化膜(多孔体)中轴方向的间隔大致相等的位置。 $d_6$  稍长，大致为  $d_6>d_5=d_7$ 。

[0153] 如上所述,陶瓷渗透汽化膜 1 中,2 列集水元件 5 之间的过滤元件 4 的列数为 2,但图 5 所示的实施方式中,2 列集水元件 305 之间的过滤元件 304 的列数为 3。这样,集水元件和过滤元件的列(列数),通过观察陶瓷渗透汽化膜的端面(或截面),较容易理解。另外,图 6A 和图 6B 所示的实施方式中,2 列集水元件 205 之间的过滤元件 204 的列数均为 5。此时,存在许多不与集水元件 205 邻接的过滤元件 204,这种方式不包含于本发明涉及的第 2 陶瓷渗透汽化膜中。

[0154] 如上所述,陶瓷渗透汽化膜 1 中,过滤元件 4 与集水元件 5 的截面形状为圆形,但图 4 所示的实施方式中,过滤元件 104 的截面形状为七角形,集水元件 105 的截面形状为八角形(或四角呈圆弧的四角形)。图 5 所示的实施方式中,过滤元件 304 的截面形状为圆形,集水元件 305 的截面形状为八角形(或四角呈圆弧的四角形)。图 6 所示的实施方式中,过滤元件 204 的截面形状为六角形或七角形,集水元件 205 的截面形状为八角形(或四角呈圆弧的四角形)。

[0155] 接着,对于本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜的使用方法,以使用图 1A ~ 图 1C 所示的陶瓷渗透汽化膜 1,从乙醇水溶液中分离水(水蒸汽)为例进行说明。

[0156] 此时,一边对外部空间进行减压,一边使乙醇水溶液(混合流体)从过滤元件 4 的一个端面 2 的开口流入。流入的乙醇水溶液中,非透过分离成分(非透过流体)的乙醇直接通过过滤元件 4,从另一端面 3 的开口部分流出。另一方面,透过分离成分(透过流体)的水(水蒸汽)则从设置于过滤元件 4 内壁面的分离膜 31 过滤(透过)至多孔体 9 的内部后,或从外周面 6 流出,或流入集水元件 5,经由排出流路 7 流出(图 1A 中,箭头表示透过分离成分的水蒸汽的流向)。

[0157] 本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜,通过此种方法分离时,优选满足下式(7)的关系。

$$[0158] \quad \Delta P / (P_1 - P_2) \leq 0.5 \quad \dots (7)$$

[0159] ((7)式中, $\Delta P$ 表示未设置分离膜的集水元件和排出流路的压力损失的合计值, $P_1$ 表示混合流体(例如,乙醇水溶液)的压力, $P_2$ 表示外部空间的压力。)

[0160] 满足(7)式的关系时,本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜,即使透过分离成分为气体,也可以抑制单位时间的透过流量的减少。为了进一步抑制单位时间透过流量的减少,更优选 $\Delta P / (P_1 - P_2)$ 在 0.3 以下,特别优选在 0.2 以下。

[0161] 此处,未设置分离膜的过滤元件的压力损失、以及排出流路的压力损失,可以通过计算算出。进一步, $P_1 - P_2$ (即,运转膜间差压),可通过外部空间的减压程度进行调整。此外,压力损失的影响,通常在混合流体的单位时间的透过流量在  $1.0 \text{ kg/m}^2\text{h}$  以上时变得更大。因此,使用本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜时,在混合流体的单位时间透过流量在  $5 \text{ kg/m}^2\text{h}$  以上时可发挥特别优异的效果。

[0162] 接着,说明本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜的制备方法。首先,将多孔体的原料,使用例如真空挤压成型机挤压成型,得到具有过滤元件和集水元件的整体型的未烧结支撑体。作为多孔体的原料,可列举如,在骨料颗粒和无机结合材料中,加入甲基纤维素等有机粘结剂、分散材料和水,混炼配制出的粘土。作为骨料颗粒,具体适合使用的是从氧化铝、莫来石、陶瓷粉碎物(Scherben)、以及堇青石构成的群组中选出的至少一种陶瓷材料。此外,作为无机结合材料,具体适合使用的是从氧化铝、二氧化硅、氧化锆、玻璃熔块、长石、以及堇青石构成的群组中选出的至少一种材料。

[0163] 此外,在得到的未烧结支撑体上,形成从外周面的一个部位贯穿集水元件,连通至其他部位的排出流路,得到带有排出流路的未烧结支撑体。排出流路可通过以下方法形成,例如,未烧结支撑体形成时,在应该形成排出流路的外周面施加沟槽,用砥石等划破,然后通过锐角的器具穿透集水元件而形成。作为将最终成品的陶瓷渗透汽化膜设置于净水设备等时,用于在端部设置隔离透过分离成分与混合流体的密封部的部位时,排出流路优选保持在 25mm 左右。

[0164] 接着,在得到的带有排出流路的未烧结支撑体中,从形成了排出流路的集水元件的两个端面,到达排出流路为止的空间内,填充入浆料状态的孔密封材料,得到孔密封材料填充未烧结支撑体。具体的,在带有排出流路的未烧结支撑体的两个端面附上聚酯等的膜(屏蔽),在对应特定过滤元件的部分钻孔。然后,在添附了带有排出流路的未烧结支撑体的膜的端面,塞入装满孔密封材料(浆料)的容器内,进一步,通过气缸等,例如以 200kg 加压填充,可得到填充了孔密封材料的未烧结支撑体。此外,将得到的填充了孔密封材料的未烧结支撑体通过例如 900 ~ 1400℃ 烧结,得到孔密封材料填充支撑体。

[0165] 然后,在孔密封材料填充支撑体的过滤元件的内壁面上,优选形成作为分离膜基底的多个中间层。为了形成中间层(成膜),首先需配制中间层用浆料。中间层用浆料可如下配制,在与未烧结支撑体相同材质的、期望粒径的(例如,平均粒径 3.2  $\mu\text{m}$  的)氧化铝、莫来石、二氧化钛、堇青石等的陶瓷原料 100 质量份中,加入 400 质量份的水配制而成。此外,中间层浆料中也可添加用于提高烧结后的膜强度的膜用无机结合剂。膜用无机结合剂可使用粘土、高岭土、二氧化钛溶胶、二氧化硅溶胶、玻璃熔块等。膜用无机结合剂的添加量,基于膜强度方面考虑,优选 5 ~ 20 质量份。令中间层用浆料(例如使用日本特开昭 61-238315 号公报公开的装置)附着在过滤元件的内壁面,干燥后,例如以 900 ~ 1050℃ 烧结,可使中间层成膜。中间层也可使用改变了平均粒径的多种浆料,分多层成膜,这样,如陶瓷渗透汽化膜 1,可形成具有例如第 1 ~ 第 3 的中间层。通过在中间层上设置分离膜,可通过中间膜减少多孔体表面凹凸的影响。其结果是,即使分离膜作为薄膜,也可减少作为陶瓷渗透汽化膜的缺陷。即,可以得到设置有高通量、低成本、具有高分离能力的分离膜的陶瓷渗透汽化膜。

[0166] 在中间层上,设置如二氧化硅膜(分离膜)时,在此之前,将异丙醇钛在硝酸存在下水解,得到二氧化钛溶胶液,用水稀释配制中间层用浆料,将配制的中间层用浆料,流经被密封的平均细孔径为 0.1 ~ 0.5  $\mu\text{m}$  的孔密封材料填充支撑体的规定的通道的内壁面,然后进行 500℃ 的热处理,从而使中间层成膜,较为理想。二氧化硅膜的前驱体溶液(二氧化硅溶胶液),可将四乙氧基硅烷在硝酸存在下加水分解成溶胶液,通过乙醇稀释配制而成。另外,也可用水稀释来替代用乙醇稀释。另外,例如,如图 7 所示,将形成有中间层的多孔体 9 的外周面 6,用胶带 71 密封,在未图示的宽口漏斗下端固定多孔体 9,从多孔体 9 的上方流入二氧化硅膜的前驱体溶液 70(二氧化硅溶胶液),使其通过过滤元件 4,或通过一般的浸渍,使前驱体溶液 70 附着在过滤元件的内壁面。然后,以 100℃ / 小时升温,500℃ 保持 1 小时后,以 100℃ / 小时降温。如此流入、干燥、升温、降温重复操作 3 ~ 5 次,可以配置成二氧化硅膜。通过上述方法,可得到分离膜为二氧化硅膜的陶瓷渗透汽化膜。

[0167] 在中间层上设置的不是二氧化硅膜,而是例如碳膜(分离膜)时,可通过浸渍、旋涂、喷涂等方法,使碳膜的前驱体溶液与孔密封材料填充支撑体表面接触成膜。将酚醛树

脂、三聚氰胺树脂、尿素树脂、呋喃树脂、聚酰亚胺树脂、环氧树脂等热固化性树脂、或聚乙烯等热塑性树脂、或纤维素系树脂等、或者这些树脂的前驱体物质与甲醇、丙酮、四氢呋喃、NMP、甲苯等有机溶剂或水等混合、溶解,可以得到前驱体溶液。将前驱体溶液成膜时,可根据其所含的树脂种类,进行适当的热处理。

#### [0168] 实施例

[0169] 以下根据实施例对本发明进行具体说明,但本发明并不限于这些实施例。

[0170] (实施例1)外形为圆柱形,其外径为180mm、长度为1000mm(过滤元件和集水元件的长度也各自为1000mm)、截面形状为圆形的过滤元件的直径为2.5mm、截面形状为(四角呈圆弧的)四角形的集水元件中其四角形为2.5mm(长边)×2mm(短边)、过滤元件与集水元件之间的壁厚为0.95mm、过滤元件与过滤元件之间的壁厚为0.95mm的氧化铝制(骨料颗粒为氧化铝)整体型的陶瓷渗透汽化膜被使用。与集水元件流路方向相平行的排出流路开口长度为每个50mm、排出流路的数量为2、集水元件流路方向相邻的多个排水流路之间的最长间隔为840mm。因为排出流路的开口长度的总和为100mm(=2×50mm),所以相对于1000mm的过滤元件的长度为10%。因为排出流路之间的最长间隔为840mm,所以对于1000mm的过滤元件的长度为84%。另外,排出流路的开口与端面的距离为单侧30mm、合计(两侧)60mm(100mm+840mm+60mm=1000mm)。该陶瓷渗透汽化膜中,中间层为2层、支撑体一侧的中间层的平均气孔直径为0.5μm、分离膜一侧的平均气孔直径为0.1μm。设置于中间层上的分离膜为酰亚胺系碳膜。过滤元件,集水元件均排成列,2列集水元件之间的过滤元件的列数为5,该数量固定。此外,整体的过滤元件的列数m与集水元件的列数n之比m/n为5.6。

[0171] [渗透汽化(Pervaporation)试验]将1根上述的陶瓷渗透汽化膜(陶瓷渗透汽化膜41)安装在图8所示的分离装置内,用此进行试验。陶瓷渗透汽化膜41装入罐体42,陶瓷渗透汽化膜41的入口一侧(设置有分离膜的过滤元件一侧)的浓度为50质量%,流入温度为50℃的乙醇水溶液43,并重复上述操作。在此期间,在陶瓷渗透汽化膜41的出口一侧(集水元件一侧),用未图示的真空泵45减压至10Torr。透过的蒸汽通过冷阱装置44,冷却后回收,测定其质量和浓度,同时,测定分离处理所要的时间。然后,求出每1根的水透过量、单位膜面积的水透过速度。其结果与过滤元件的列数m与集水元件的列数n之比m/n、2列集水元件之间的过滤元件的列数、过滤元件的长度、过滤元件的截面形状、分离膜的种类、排出流路的数量、排出流路的截面形状(显示图)、(相对于过滤元件长度、与集水元件流路方向相平行的)排出流路的开口长度的总和所占比例、(相对于过滤元件的长度、集水元件流路方向相邻的多个)排出流路之间的最长间隔所占比例均如表2所示。

[0172] [每1根的水透过量]透过的蒸汽质量除以所需时间的值。

[0173] [单位膜面积的水透过速度]根据陶瓷渗透汽化膜的上述形状、尺寸,通过计算,求出分离膜的面积,再将每1根的水透过量除以分离膜的面积的值。

[0174]

[0110][表 2]

	过滤元件的 列数 m 与集水 元件的列数 n 之比 m/n		2 列集水元件 之间的过滤元 件的列数	过滤元件 的长度		过滤元 件的截 面形状	分离膜 的种类	排出流 路数量	排出流 路的截 面形状	排出流路的 开口长度总 和所占比例 %	排出流路之 间 的最长的间隔 所占比例 %	每一根 水透过量 kg/h	单位膜面 积的水透 过速度 kg/m <sup>2</sup> h
	mm	mm											
实施例 1	5.6	5	5	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	2	图 1B	10	84	11	0.8	
实施例 2	5.6	5	5	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	2	图 1B	16	78	15	1.0	
实施例 3	5.6	5	5	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	2	图 1B	20	74	16	1.1	
实施例 4	5.6	5	5	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	3	图 2	15	40	18	1.2	
实施例 5	5.6	5	5	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	4	图 3	20	27	20	1.3	
实施例 6	5.6	5	5	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	2	图 1B	25	69	17	1.1	
实施例 7	5.6	5	5	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	2	图 1B	30	64	17	1.2	
实施例 8	5.6	5	5	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	2	图 1B	40	54	18	1.2	
比较例 1	5.6	5	5	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	2	图 1B	9	85	9	0.6	
实施例 9	2.1	2	2	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	2	图 1B	10	84	22	1.9	
实施例 10	2.1	2	2	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	2	图 1B	16	78	25	2.1	
实施例 11	2.1	2	2	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	2	图 1B	20	74	26	2.2	
实施例 12	2.1	2	2	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	3	图 2	15	40	28	2.3	
实施例 13	2.1	2	2	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	4	图 3	20	27	29	2.4	
实施例 14	2.1	2	2	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	2	图 1B	25	69	27	2.2	
实施例 15	2.1	2	2	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	2	图 1B	30	64	27	2.3	
实施例 16	2.1	2	2	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	2	图 1B	40	54	28	2.3	
比较例 2	2.1	2	2	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	2	图 1B	9	85	21	1.8	
实施例 17	3.2	3	3	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	2	图 1B	10	84	17	1.3	
实施例 18	3.2	3	3	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	2	图 1B	16	78	21	1.5	
实施例 19	3.2	3	3	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	2	图 1B	20	74	22	1.6	
实施例 20	3.2	3	3	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	3	图 2	15	40	24	1.8	
实施例 21	3.2	3	3	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	4	图 3	20	27	25	1.9	
实施例 22	3.2	3	3	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	2	图 1B	25	69	22	1.7	
实施例 23	3.2	3	3	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	2	图 1B	30	64	23	1.7	
实施例 24	3.2	3	3	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	2	图 1B	40	54	24	1.8	
比较例 3	3.2	3	3	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	2	图 1B	9	85	15	1.1	

[0175] (实施例 2 ~ 8、比较例 1) 排出流路的数量、排出流路的截面形状、(与集水元件流路方向相平行的) 排出流路的开口长度、(相对于过滤元件的长度、集水元件流路方向相邻

的多个) 排出流路之间的最长间隔所占比例中的任意 1 项以上有所改变的陶瓷渗透汽化膜被使用。除此之外, 与实施例 1 同样地进行渗透汽化试验, 求出每 1 根的水透过量、单位膜面积的水透过速度。其结果与过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$ 、2 列集水元件之间的过滤元件的列数、过滤元件的长度、过滤元件的截面形状、分离膜的种类、排出流路的数量、排出流路的截面形状(显示图)、(相对于过滤元件长度、与集水元件流路方向相平行的) 排出流路的开口长度总和所占比例、(相对于过滤元件的长度、集水元件流路方向相邻的多个) 排出流路之间的最长间隔所占比例均如表 2 所示。

[0176] (实施例 9 ~ 16、比较例 2) 使用 2 列集水元件之间的过滤元件的列数为 2 (一定)、整体的过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  为 2.1 的陶瓷渗透汽化膜, 与实施例 1 ~ 8、比较例 1 同样地进行渗透汽化试验, 求出每 1 根的水透过量、单位膜面积的水透过速度。其结果与过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$ 、2 列集水元件之间的过滤元件的列数、过滤元件的长度、过滤元件的截面形状、分离膜的种类、排出流路的数量、排出流路的截面形状(显示图)、(相对于过滤元件长度、与集水元件流路方向相平行的) 排出流路的开口长度总和所占比例、(相对于过滤元件的长度、集水元件流路方向相邻的多个) 排出流路之间的最长间隔所占比例均如表 2 所示。

[0177] (实施例 17 ~ 24、比较例 3) 使用 2 列集水元件之间的过滤元件的列数为 3 (一定)、整体的过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  为 3.2 的陶瓷渗透汽化膜, 与实施例 1 ~ 8、比较例 1 同样地进行渗透汽化试验, 求出每 1 根的水透过量、单位膜面积的水透过速度。其结果与过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$ 、2 列集水元件之间的过滤元件的列数、过滤元件的长度、过滤元件的截面形状、分离膜的种类、排出流路的数量、排出流路的截面形状(显示图)、(相对于过滤元件长度、与集水元件流路方向相平行的) 排出流路的开口长度总和所占比例、(相对于过滤元件的长度、集水元件流路方向相邻的多个) 排出流路之间的最长间隔所占比例均如表 2 所示。

[0178] [考察] 根据表 2 所示的结果可知, 相对于过滤元件的长度, 与集水元件流路方向相平行的排出流路的开口长度总和所占比例在 10% 以上时, 单位膜面积的水透过速度变大。此外, 相对于过滤元件的长度, 集水元件流路方向相邻的多个排出流路之间的最长间隔所占比例在 78% 以下时, 单位膜面积的水透过速度变大, 在 43% 以下时单位膜面积的水透过速度更大(参照实施例 2、4), 在 27% 以下时单位膜面积的水透过速度特别大(参照实施例 3、5)。

[0179] (实施例 25) 使用外形为圆柱形, 外径为 180mm、长度为 1000mm (过滤元件和集水元件的长度各自为 1000mm) 的过滤元件的直径为 2.5mm, 截面形状为(四角呈圆弧的) 四角形的集水元件中的四角形为 2.5mm (长边) × 2mm (短边), 过滤元件与集水元件之间的壁厚为 0.65mm, 过滤元件与过滤元件之间的壁厚为 0.65mm 的氧化铝制(骨料颗粒为氧化铝)整体型的陶瓷渗透汽化膜。与集水元件流路方向相平行的排出流路开口长度为每个 50mm, 排出流路的数量为 4, 集水元件流路方向相邻的多个排水流路之间的最长间隔为 430mm。由于排出流路的开口长度的总和为 200mm (=4 × 50mm), 因此对于 1000mm 的过滤元件的长度为 20%。由于排出流路之间的最长间隔为 430mm, 因此对于 1000mm 的过滤元件的长度为 43%。该陶瓷渗透汽化膜中, 中间层为 2 层, 支撑体一侧的中间层的平均气孔直径为 0.5 μm, 分离膜一侧的中间层的平均气孔直径为 0.1 μm。设置于中间层上的分离膜为酰亚胺系碳膜。过滤

元件,集水元件均成列排列,2列集水元件之间的过滤元件的列数为3,该数量是一定的。此外,整体的过滤元件的列数 $m$ 与集水元件的列数 $n$ 之比 $m/n$ 为3.2。

[0180] [渗透汽化(Pervaporation)试验] 将1根上述的陶瓷渗透汽化膜(陶瓷渗透汽化膜41)安装在图8所示的分离装置内,用此进行试验。陶瓷渗透汽化膜41装入罐体42,陶瓷渗透汽化膜41的入口一侧(设置有分离膜的过滤元件一侧)的浓度为50质量%,流入温度为50℃的乙醇水溶液43,并重复上述操作。在此期间,在陶瓷渗透汽化膜41的出口一侧(集水元件一侧),用未图示的真空泵45减压至50Torr。透过的蒸汽通过冷阱装置44,冷却后回收,测定其质量和浓度,同时,测定分离处理所要的时间。此外,求出每1根的水透过量、单位膜面积的水透过速度、分离系数。过滤元件的列数 $m$ 与集水元件的列数 $n$ 之比 $m/n$ 、2列集水元件之间的过滤元件的列数、过滤元件的长度、过滤元件的截面形状、分离膜的种类、排出流路的数量、排出流路的截面形状(显示图)、(相对于过滤元件长度、与集水元件流路方向相平行的)排出流路的开口长度总和所占比例、(相对于过滤元件的长度、集水元件流路方向相邻的多个)排出流路之间的最长间隔所占比例的结果均如表3所示。

[0181] [分离系数] 以下式(8)求得的价值。

[0182] 分离系数 = ((透过气体中水的浓度) / (透过气体中乙醇的浓度)) / ((供给液中水的浓度) / (供给液中乙醇的浓度)) ... (8)

[0183]

[0118]表 3]

	过滤元件的列数 m 与集水元件的列数 n 之比 m/n	2 列集水元件之间的过滤元件的列数	过滤元件的长度 mm	过滤元件的截面形状	分离膜的种类	排出流量	排出流路的截面形态	排出流路的开口长度总和所占比例		排出流路之间的最长间隔所占比例	每一根的水透过量 kg/h	单位膜面积的水透速度 kg/m <sup>2</sup> h	分离系数
								%	%				
比较例 4	5.6	5	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	4	图 3	20	43	43	13	0.9	4
实施例 25	3.2	3	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	4	图 3	20	43	43	20	1.5	6
实施例 26	2.1	2	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	4	图 3	20	43	43	22	1.8	13
实施例 27	2.1	2	1000	圆形	苯酚系碳膜	4	图 3	20	43	43	23	1.9	8
实施例 28	2.1	2	1000	圆形	二氧化硅膜	4	图 3	20	43	43	21	1.8	11
实施例 29	1	1	1000	圆形	酰亚胺系碳膜	4	图 3	20	43	43	20	2.0	8
实施例 30	2.1	2	300	圆形	酰亚胺系碳膜	4	图 3	20	43	43	8	2.1	15
实施例 31	2.1	2	500	圆形	酰亚胺系碳膜	4	图 3	20	43	43	12	2.0	14
实施例 32	2.1	2	1500	圆形	酰亚胺系碳膜	4	图 3	20	43	43	29	1.6	12
实施例 33	2.1	2	1800	圆形	酰亚胺系碳膜	4	图 3	20	43	43	30	1.4	10
实施例 34	2.1	2	1000	六角形	酰亚胺系碳膜	4	图 3	20	43	43	20	1.5	3

[0184] (实施例 26 ~ 34、比较例 4)过滤元件的列数 m 与集水元件的列数 n 之比 m/n、2 列集水元件之间的过滤元件的列数、过滤元件的长度、过滤元件的截面形状、以及分类膜的种

类中的任意 1 项以上有所改变的陶瓷渗透汽化膜被使用。除此以外,与实施例 25 同样地进行渗透汽化试验,求出每 1 根的水透过量、单位膜面积的水透过速度、分离系数。其结果与过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$ 、2 列集水元件之间的过滤元件的列数、过滤元件的长度、过滤元件的截面形状、分离膜的种类均如表 2 所示。

[0185] [考察] 根据表 3 所示的结果可知,过滤元件的列数  $m$  与集水元件的列数  $n$  之比  $m/n$  为 1 ~ 4 时(2 列集水元件之间的过滤元件列数为 1 ~ 3 时),单位膜面积的水透过速度变大。

[0186] 另外,根据表 3 所示的结果可知,过滤元件的长度即使超过 1500mm,较之于 1500mm 的情况,因为每 1 根的水透过量不会有太大变化,因此可知限制过滤元件的长度将更为理想。

[0187] 上述实施例 25 ~ 34 的条件中,求出分离系数为 1 ~ 13 时的透过气体中水的浓度,其透过气体中水的浓度与分离系数的关系如图 9 所示。根据图 9 可知,要提高透过气体中水的浓度(大于 80 质量%),需要使分离系数在 4 以上,分离系数不足 3 时,透过气体中水的浓度会急速下降。因此,分离系数优选在 4 以上(高),这样,根据表 3 所示的结果,可知过滤元件的截面形状为圆形将更为理想。

[0188] 产业上的可利用性

[0189] 本发明涉及的陶瓷渗透汽化膜,适用于通过渗透汽化法从混合流体(混合物)中分离出部分成分的分方法。

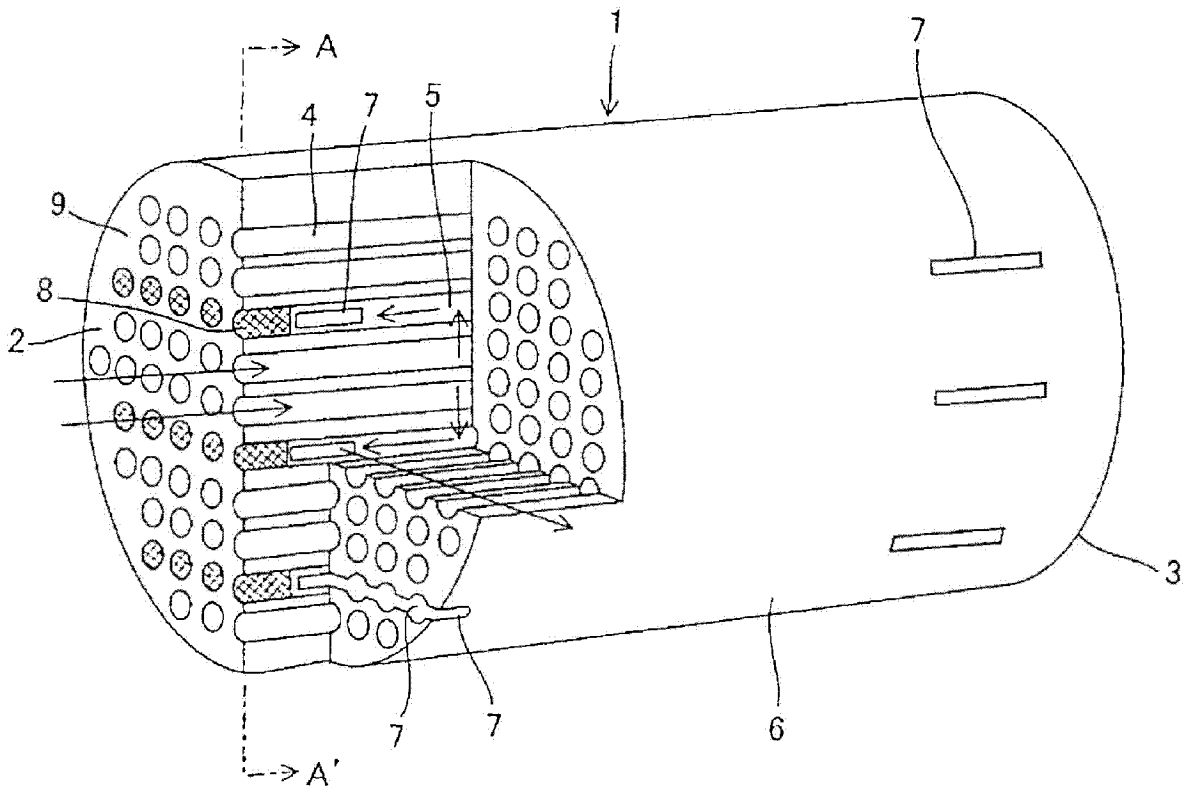


图 1A

1

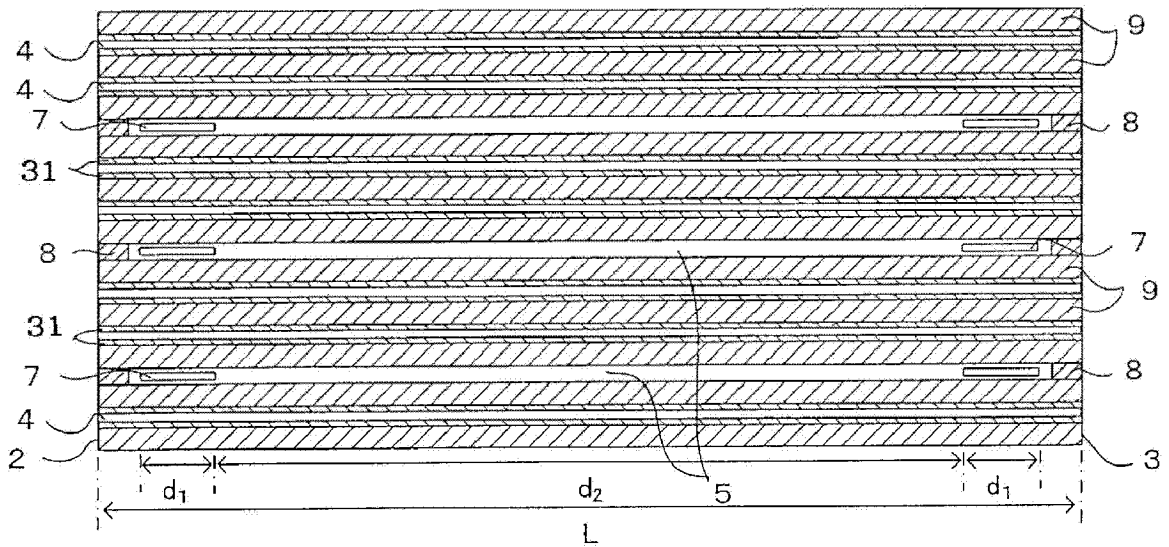


图 1B

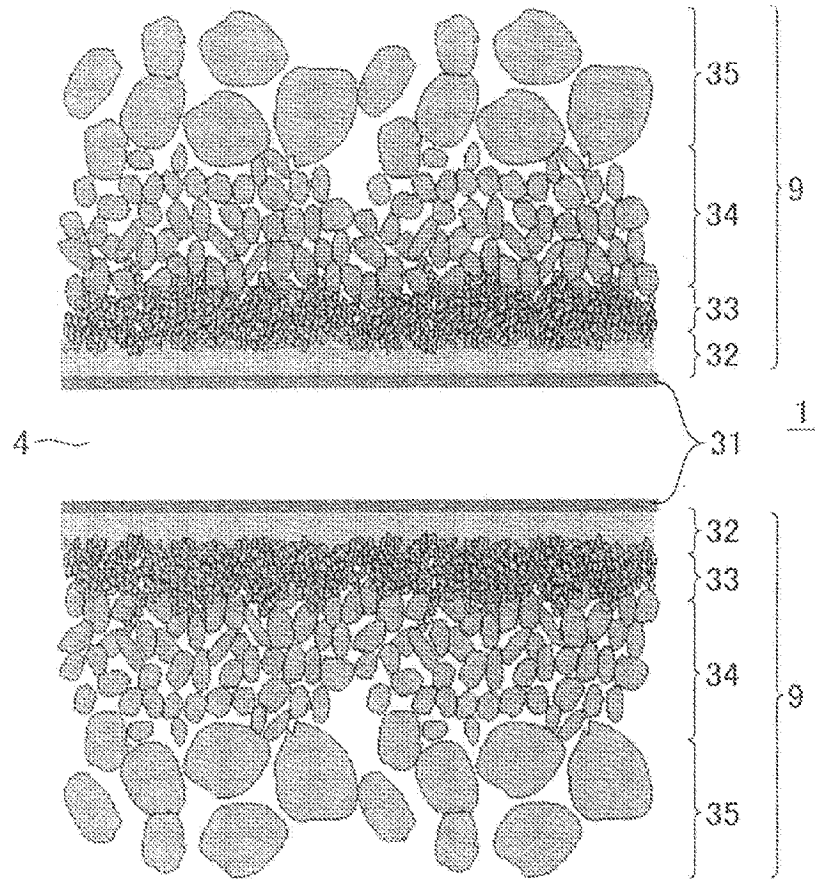


图 1C

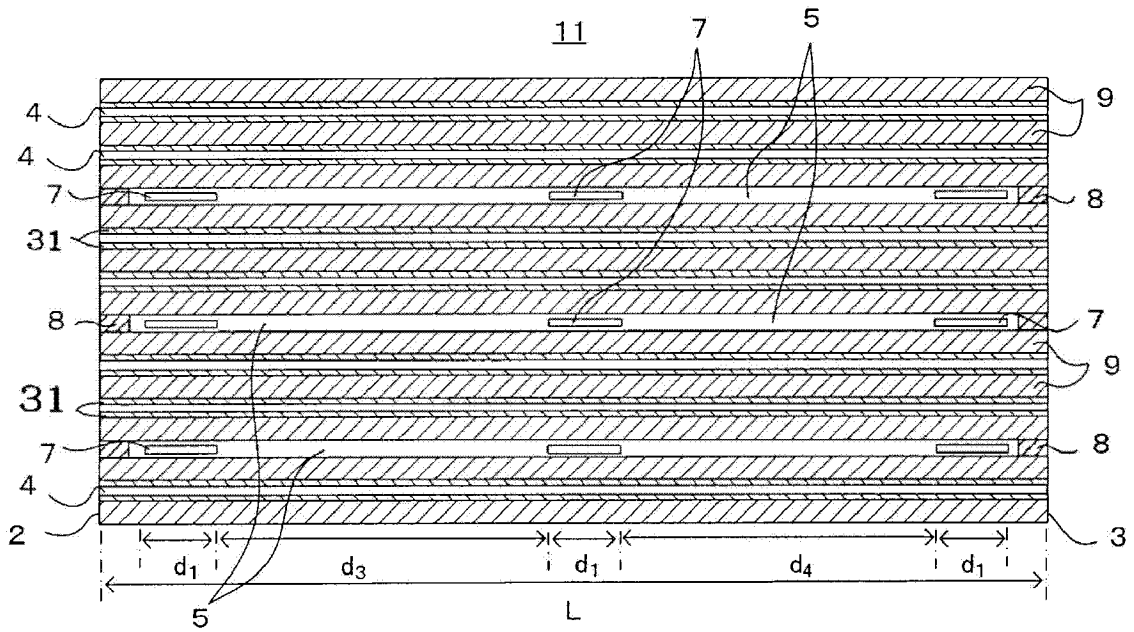


图 2

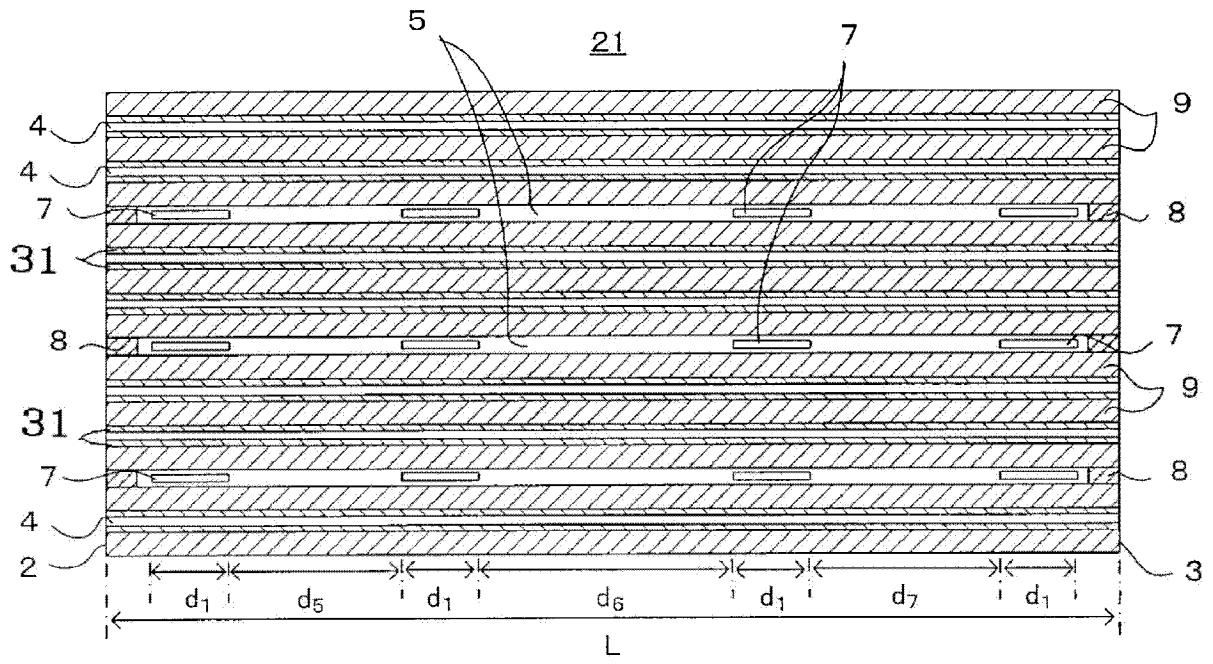


图 3

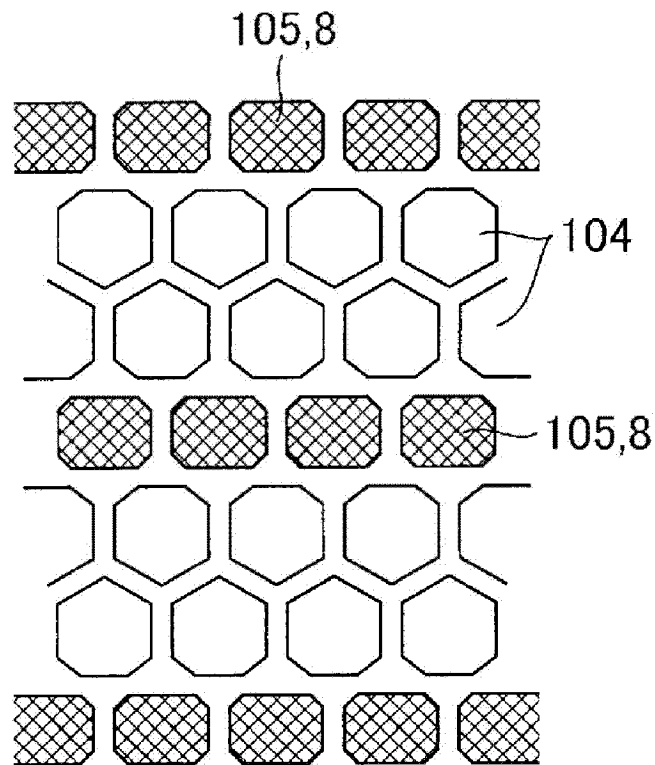


图 4

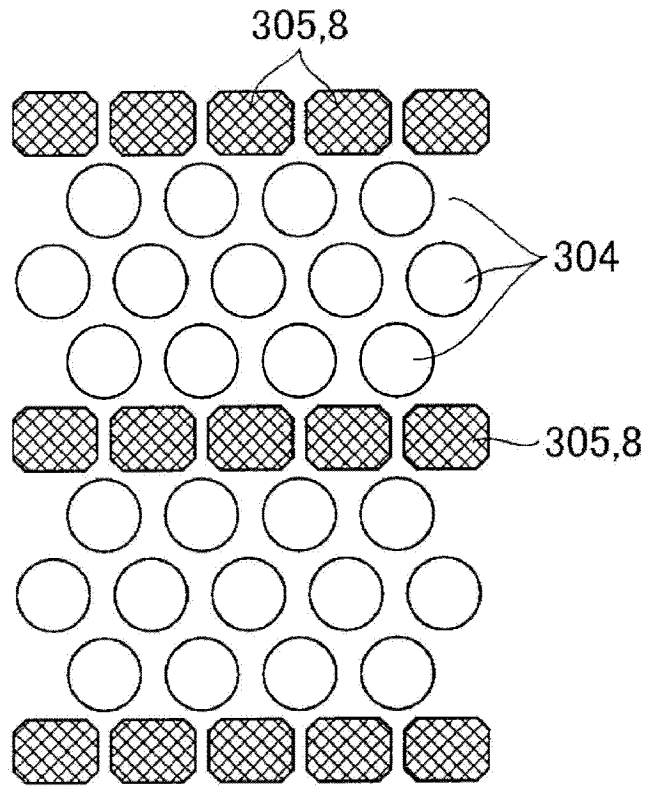


图 5

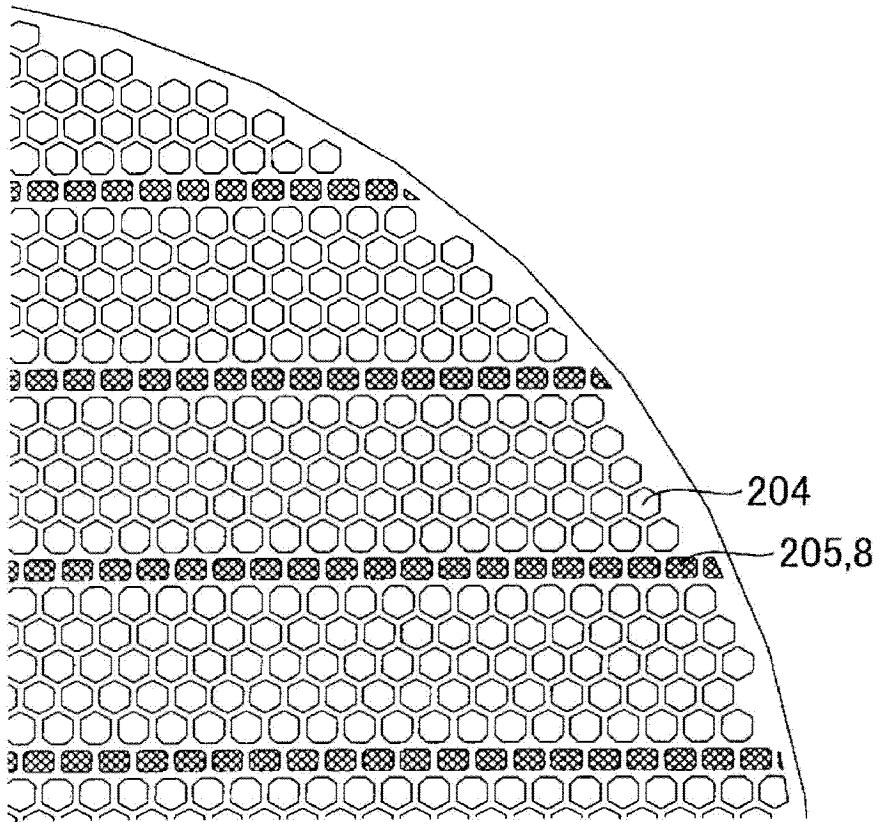


图 6A

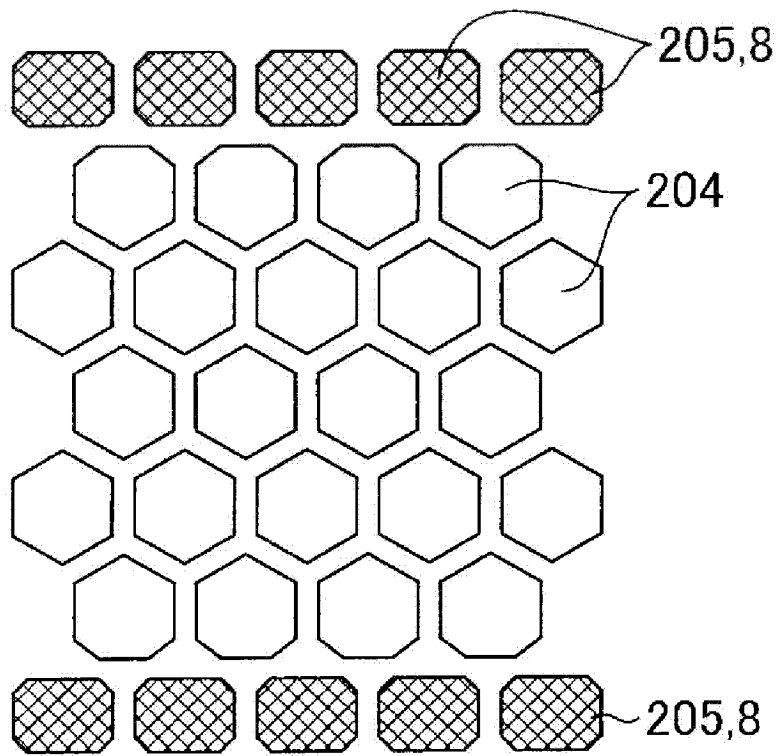


图 6B

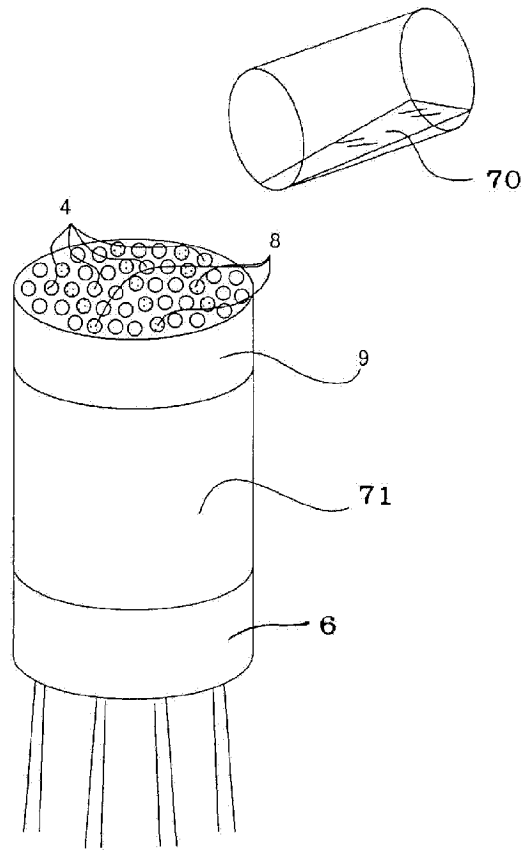


图 7

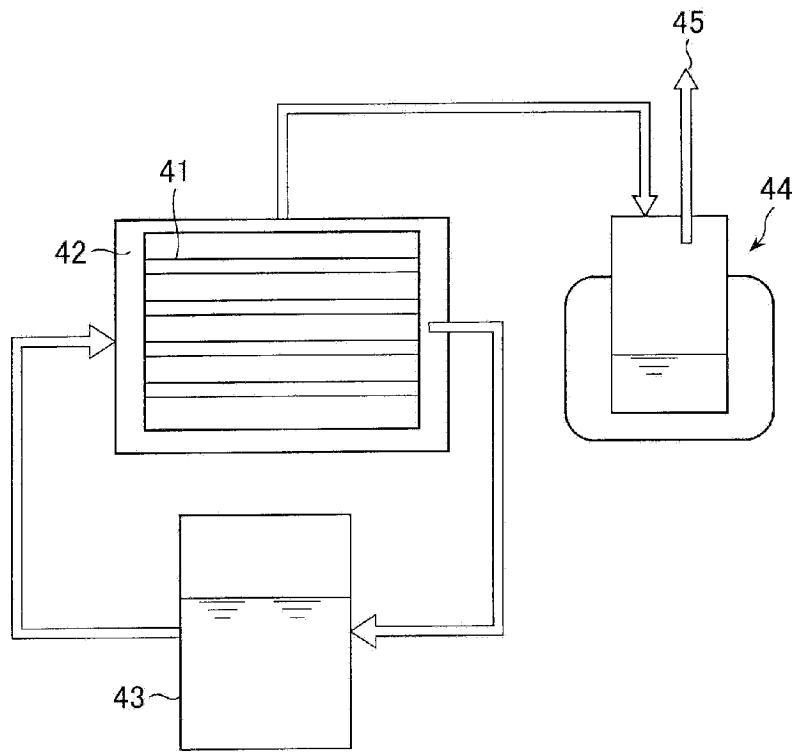


图 8

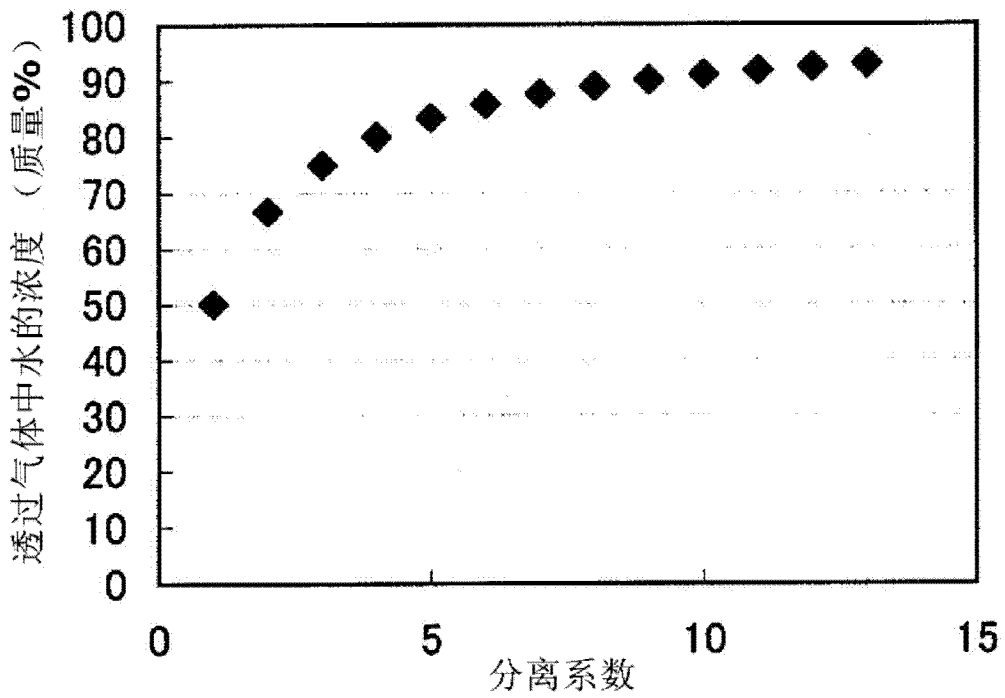


图 9