

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

F25J 3/02

F25J 3/04



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 99126942.X

[45] 授权公告日 2004 年 8 月 25 日

[11] 授权公告号 CN 1163717C

[22] 申请日 1999. 12. 28 [21] 申请号 99126942.X

[30] 优先权

[32] 1998. 12. 28 [33] JP [31] 372181/1998

[71] 专利权人 日本酸素株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 林田茂 水原均 川上浩

审查员 王 森

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

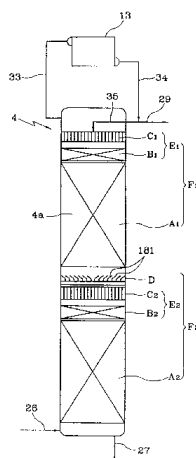
代理人 李晓舒

权利要求书 2 页 说明书 21 页 附图 22 页

[54] 发明名称 汽液接触器和低温气体分离装置以及气体分离方法

[57] 摘要

在用于沿着填充物的表面下落液体并使得该液体与上升的蒸气接触的汽液接触器(4a)中,所述填充物为非增强流体分配型结构填充物(A₁和A₂),其中确定上述液体或蒸气流动方向的各种薄片或管在垂直方向被层压和布置,所述接触器包括至少一个由大致分配液体的粗分配部分(C₁、C₂)和精确并等量地分配液体的精分配部分(B₁、B₂)形成的液体分配单元(E₁、E₂)。



1. 一种汽液接触器，其中液体在塔中沿着填充物的表面向下流，与上升蒸气接触，， 其包括：
- 5 a) “非增强流体分配型”结构填充物，其中引导所述液体和蒸气垂直流动的各种薄片或管被布置成与垂直到流动方向一致；
- b) 至少一个液体分配器，其包括粗分配部以大致分配液体，以及精分配部，用于精密和等量地分配液体。
2. 如权利要求 1 所述的汽液接触器，其特征在于，所述“非增强流体分配型”结构填充物具有大于等于 $350\text{m}^2/\text{m}^3$ 的表面积系数。
- 10 3. 如权利要求 1 所述的汽液接触器，其特征在于，所述精分配部带有“自增强流体分配型”结构填充物。
4. 如权利要求 1 所述的汽液接触器，其特征在于，所述精分配部由至少一种“自增强流体分配型”结构填充物和至少一个平行的平面片组组成，
- 15 它们在塔中垂直堆放。
5. 如权利要求 1 所述的汽液接触器，其特征在于，所述“非增强流体分配型”结构填充物包括金属薄片或金属管。
6. 如权利要求 1 所述的汽液接触器，其特征在于，所述“非增强流体分配型”结构填充物的流动通道横截面是带角的。
- 20 7. 如权利要求 1 所述的汽液接触器，其特征在于，所述“非增强流体分配型”结构填充物具有三角形流动通道截面。
8. 如权利要求 1 所述的汽液接触器，其特征在于，所述“非增强流体分配型”结构填充物具有方形、矩形、梯形、菱形等四边形流动通道截面形状。
- 25 9. 如权利要求 1 所述的汽液接触器，其特征在于，所述“非增强流体分配型”结构填充物为六边形流动通道截面形状。
10. 如权利要求 1 所述的汽液接触器，其特征在于，所述“非增强流体分配型”结构填充物包括具有弯曲表面的波浪形薄片。
11. 如权利要求 1 所述的汽液接触器，其特征在于，所述“非增强流体分配型”结构填充物具有从三角形、四边形和六边形中选出的至少两种的截面形状。
- 30

12. 如权利要求 1 所述的汽液接触器, 其特征在于, 所述“非增强流体分配型”结构填充物包括多个薄片, 所述薄片作为垫片。

13. 如权利要求 5 所述的汽液接触器, 其特征在于, 所述薄片具有从槽、孔、弯折和交替的峰和谷中选出的至少一种形状。

5 14. 如权利要求 1 所述的汽液接触器, 其特征在于, 至少一个蒸气分配器设置在所述“非增强流体分配型”结构填充物的底部。

15. 如权利要求 14 所述的汽液接触器, 其特征在于, 所述蒸气分配器带有“自增强流体分配型”结构填充物。

10 16. 一种低温空气分离单元, 其特征在于, 使用根据权利要求 1 所述的汽液接触器。

17. 一种气体分离方法, 该方法使用在塔中的汽液接触器从至少两种组分的蒸气混和物中分离组分, 其特征在于, 所述汽液接触器包括:

a) “非增强流体分配型”结构填充物, 其由引导所述混合物垂直接触的各种薄片或管形成;

15 b) 所述“非增强流体分配型”结构填充物具有大于等于 $350\text{m}^2/\text{m}^3$ 的面积系数;

c) 在 0.08-0.4MPa 的压力下, 密度修正空塔速度(superficial F factor) 大于等于 $1.8\text{m/s}(\text{kg}/\text{m}^3)^{1/2}$ 时的蒸气和液体负载的情况下, 在所述填充物的表面, 所述蒸气和液体反向流动并接触。

20 18. 一种气体分离方法, 该方法使用在一塔中的汽液接触器从至少两种气体组分构成的蒸气混和物中分离组分, 其特征在于, 所述汽液接触器包括:

a) “非增强流体分配型”结构填充物, 其由引导所述混合物垂直接触的各种薄片或管组成;

25 b) 所述“非增强流体分配型”结构填充物具有大于等于 $350\text{m}^2/\text{m}^3$ 的面积系数;

c) 在 0.4-2.0MPa 的压力下, 密度修正空塔速度(superficial F factor) 大于等于 $1.0\text{m/s}(\text{kg}/\text{m}^3)^{1/2}$ 时的蒸气和液体的负载情况下, 在所述填充物的表面所述蒸气和液体反向流动并接触。

30 19. 如权利要求 12 所述的汽液接触器, 其特征在于, 所述垫片具有从槽、孔、弯折和交替的峰和谷中选出的至少一种形状。

汽液接触器和低温气体分离装置 以及气体分离方法

5

技术领域

本发明涉及汽液接触器，用于进行汽液接触，从而在低温蒸馏下分离气体混和物，特别涉及用于低温气体分离装置的汽液接触器，低温气体分离装置用于进行氮气、氧气、氩气从空气中低温分离，特别涉及使用汽液接触器的低温气体分离装置，涉及使用汽液接触器的气体分离方法。

10

背景技术

在低温气体分离装置等中使用的蒸馏塔包括填充塔、筛盘塔等。其中，填充塔与筛盘塔相比具有压力损失低(压降小)和操作成本低的优点。另外，填充塔还具有其他优点，即因为压力损失低，通过设定较小的工作压力，可使得空气的每个成分之间的相对挥发性增加；塔的长度可延长；因此制成的产品较纯，特别是较高纯度的氩气。

15

通常，填充塔之中包括由填充物形成的汽液接触部分、液体分配器等。这样的材料结构在本说明书中称为汽液接触器。

自增强流体分配型结构填充物广泛地用作上述汽液接触器中使用的填充物。

20

自增强流体分配型结构填充物这样形成：对铝等制成的金属片进行适当的弯曲加工，在至少其一部分与垂直轴倾斜的条件下对金属片层压和布置，以便使得液体在与垂直轴成一角度的填充物表面流动来分配该液体。另外，通过在金属片的表面上形成波纹和/或凹凸和/或孔，可增强液体的分配。

25

自增强流体分配型结构填充物的具体例子可包括自增强流体分配型结构填充物 71、81，如图 6 和 7 所示。图 6 为日本特许公开昭 57-36009 公开的例子，图 7 为日本特许公开昭 54-16761。另外，自增强流体分配型结构填充物公开在日本特许公开平 7-113514。

日本公开专利昭 50-11001 中公开的填充物属于上述自增强流体分配型结构填充物的范围。这样的填充物示于图 8 至图 10。该填充物由多个薄片网

30

格 a、b、c...制成;每个网格 a、b、c...被弯成大致的 Z 字形,并由薄片 13' -17' 形成,其相对网格段 A、B、C...倾斜;这些薄片 13' -17' 与一弯曲 18' 形成一体,该网格的平面横截面形成于其上。

5 29' 相连的平行条 30'。此处,与邻近的条 30' 相连的切出的线部 31' 有同样的长度,并且只有一半长度相对于邻近的切出线部 31' 偏离。此后,条 31' 可分开。

但是,与具有相同的液体和气体负载的筛盘塔型汽液接触器相比,上述填充塔型汽液接触器的缺点是需要较高的塔,装置的生产和建构成本高。因此需要开发一种能增加负载的汽液接触器,提高液体和气体负载的上限而不发生满溢。另外也希望开发一种可在较大的范围内改变生产率的汽液接触器。

发明内容

15 本发明的目的是消除上述现有技术的问题,提供一种能增加负载的汽液接触器。

20 本发明人使用与空气成分中的低温材料例如氮、氧、氩的粘性相似的氟利昂进行了广泛的实验。结果,本发明人发现上述的低温空气成分的低粘度液体容易散布在填充物的表面,这样可获得高效率的汽液接触装置。当使用具有自增强流体分配型结构填充物的汽液接触器,很难使得液体在填充物的倾斜部分的向下表面(向后表面)上流动,从而汽液的接触效率降低。本发明基于上述发现。

25 在本发明中,汽液接触器的特征在于,使用非增强流体分配型结构填充物,其中用于决定液体或流体的流动方向的各种薄片或管被层压和布置成与垂直方向一致,包括至少一个流体分配单元,其包括一粗分配部以大致分配液体,以及一精分配部,用于精密和等量地分配液体。

另外,本发明的特征还在于所述非增强流体分配型结构填充物具有大于 $350\text{m}^2/\text{m}^3$ 的表面积系数。

30 另外,本发明的特征还在于精密和等量分配液体的精分配部带有自增强流体分配型结构填充物。

另外本发明的特征还在于精密和等量分配液体的精分配部可由在塔的

轴向层压至少一种非增强流体分配型结构填充物和平行的平面片组，平行平面片组可以是金属。

另外，本发明的特征还在于所述非增强流体分配型结构填充物带有薄金属片组或金属管组。该薄金属片包括铝、铝合金、铜、铜合金、各种不锈钢等，其中金属片网有至少 10 个网眼。

另外，本发明的特征还在于所述非增强流体分配型结构填充物带有各种塑料基薄片组或管组。

另外，本发明的特征还在于所述非增强流体分配型结构填充物具有成角度的流动通道截面形式的形状。成角度的形状包括各种形状的多边形、锯齿形等。

另外，本发明的特征还在于所述非增强流体分配型结构填充物具有三角形流动通道截面形式。

另外，本发明的特征还在于所述非增强流体分配型结构填充物具有四边形流动通道截面形式的形状，例如方形、矩形、梯形、菱形。

另外，本发明的特征还在于所述非增强流体分配型结构填充物为六边形流动通道截面形式。

另外，本发明的特征还在于所述非增强流体分配型结构填充物包括由弯曲表面形成的波浪形薄片。

另外，本发明的特征还在于所述非增强流体分配型结构填充物具有从三角形、四边形和六边形中选出的多于两个的截面形式。

另外，本发明的特征还在于所述非增强流体分配型结构填充物包括多个薄片，这些薄片作为垫片。

另外，本发明的特征还在于所述薄片或垫片具有波浪形、槽、弯折、交替的峰谷和/或孔中的至少一种形状。

另外，本发明的特征还在于至少一个分配气体的蒸气分配器设置在所述非增强流体分配型结构填充物的底部。

另外，本发明的特征还在于所述蒸气分配器带有自增强流体分配型结构填充物。

另外，本发明的特征还在于所述低温空气分离单元使用所述汽液接触器。

根据本发明，提供一种气体分离方法，该方法包括使用汽液接触器从至

少两种气体组分混和物中分离蒸气混和物组分的步骤。其特征在于所述汽液接触器具有非增强流体分配型结构填充物，其由各种薄片或管沿垂直于所述混和物的流动方向布置，垂直地引导所述混合物的流动；所述非增强流体分配型结构填充物具有大于 $350\text{m}^2/\text{m}^3$ 的表面积系数；所述蒸气混和物和其低温材料在 $0.08\text{--}0.4\text{MPa}$ 的压力下相对于填充物的表面逆向流动，进行汽液接触；蒸气和液体的负载这样确定，密度补正空塔速度 (superficial F factor) 大于 $1.8\text{m/s (kg/m}^3)^{1/2}$ 。

另外，根据本发明，提供另一种气体分离方法，该方法包括使用汽液接触器从至少两种气体组分混和物中分离蒸气混和物组分的步骤。其特征在于所述汽液接触器具有非增强流体分配型结构填充物，其由各种薄片或管沿垂直于所述混和物的流动方向布置，垂直地引导所述混合物的流动；所述非增强流体分配型结构填充物具有大于 $350\text{m}^2/\text{m}^3$ 的表面积系数；所述蒸气混和物和其低温材料在 $0.4\text{--}2.0\text{MPa}$ 的压力下相对于填充物的表面逆向流动，进行汽液接触；蒸气和液体的负载这样确定，密度补正空塔速度 (superficial F factor) 大于 $1.0\text{m/s (kg/m}^3)^{1/2}$ 。

本发明的效果

如上所述，根据本发明的汽液接触器使用非增强流体分配型结构填充物作为填充物，薄片或管被沿着垂直方向层压或布置，其中在薄片或管的垂直方向形成各种决定所述液体流和蒸气流的方向的形状。汽液接触器包括至少一个由大致分配液体的粗分配部分和精确且等量地分配液体的精分配部分构成的液体分配器。因此，在该液体分配器中，下落液体在塔的整体截面均匀分布。而后，在非增强流体分配型结构填充物中，在流动的垂直方向形成的薄片或管被沿着垂直方向层压或布置，通过进行汽液接触可保证足够的上升蒸气流通道，在整个区段保持下落液体在填充物表面平滑均匀地流动。填充物的整个表面被有效利用。为此，由于上升蒸气的流动阻力增加而造成的压力损失增加可减小，可防止满溢，可保证足够的汽液接触区，可进行有效的蒸馏。因此，液体和蒸气的负载可设定为较高。

另外，塔高可降低，生产和设备的成本可降低。另外，产品的生产率可在大范围内增加和降低。

附图说明

下面参照附图描述本发明的优选实施例。其中，

图 1 是使用根据本发明的优选实施例汽液接触器的低温空气分离单元的示意图；

5 图 2 是图 1 所示的低温气体分离单元中使用的汽液接触器的一个例子的示意图；

图 3 是图 2 所示的汽液接触器中使用的粗分配器部分的一个例子的透视图；

图 4 是图 2 所示的汽液接触器中使用的粗分配器部分的另一个例子的透视图；

10 图 5 是图 2 所示的汽液接触器中使用的粗分配器部分的另一个例子的透视图；

图 6 是作为图 2 所示的汽液接触器中的精分配器部分的自增强流体分配型结构填充物的一个例子的透视图；

15 图 7 是作为图 2 所示的汽液接触器中的精分配器部分的自增强流体分配型结构填充物的另一个例子的透视图；

图 8 是作为图 2 所示的汽液接触器中的精分配器部分的自增强流体分配型结构填充物的又一个例子的前视图；

图 9 是图 8 所示的自增强流体分配型结构填充物的横截面视图；

图 10 是制备图 8 所示的自增强流体分配型结构填充物的方法的细节图；

20 图 11 是图 8 所示的汽液接触器中的非增强流体分配型结构填充物的一个例子的透视图；

图 12 是图 11 所示的非增强流体分配型结构填充物的一个例子的横截面视图；

图 13 是图 11 所示的非增强流体分配型结构填充物的薄片的透视图；

25 图 14 是图 2 所示的汽液接触器中使用的非增强流体分配型结构填充物的另一例子的横截面视图；

图 15 是图 2 所示的汽液接触器中使用的非增强流体分配型结构填充物的又一例子的横截面视图；

30 图 16 是图 2 所示的汽液接触器中使用的非增强流体分配型结构填充物的另一例子的横截面视图；

图 17 是图 2 所示的汽液接触器中使用的非增强流体分配型结构填充物

的另一例子的横截面视图;

图 18 是图 2 所示的汽液接触器中使用的非增强流体分配型结构填充物的另一例子的横截面视图;

图 19 是图 2 所示的汽液接触器中使用的非增强流体分配型结构填充物的另一例子的横截面视图;

图 20 是图 2 所示的汽液接触器中使用的非增强流体分配型结构填充物的另一例子的横截面视图;

图 21 是图 2 所示的汽液接触器中使用的非增强流体分配型结构填充物的另一例子的横截面视图;

图 22 是图 2 所示的汽液接触器中使用的非增强流体分配型结构填充物的另一例子的横截面视图;

图 23 是图 11 至图 13 所示的非增强流体分配型结构填充物的改进例子的透视图;

图 24 是图 15 所示的非增强流体分配型结构填充物的改进例子的透视图;

图 25 是根据本发明的汽液接触器中使用的平行平面片组的一个例子的透视图;

图 26 是根据本发明的汽液接触器中使用的平行平面片组的另一个例子的透视图;

图 27 是图 2 所示的汽液接触器的一个例子和蒸馏操作的模拟结果;

图 28 是根据本发明的汽液接触器的一个例子的内部结构;

图 29 是一实验结果图,其中水平轴是密度补正空塔速度(superficial F factor),垂直轴是单位高度压力损失;

图 30 是当使用根据本发明的汽液接触器的一个例子时,流体从填充物的下边缘滴落的相片;

图 31 是当使用对比例的汽液接触器的一个例子时,流体从填充物的下边缘滴落的相片。

图中,标号分别代表:

2...高压塔, 2a、3a、4a...汽液接触器,

3...低压塔, 4...氩塔,

41、51、61...液体分配器,

91、101、111、121、131、141、151、161...非增强流体分配型结构填充物,

92、102、132、152...薄片,

96、106、116、126、166a、166b...流动通道, 162...管子,

5 A_1 、 A_2 、 A_3 ...非增强流体分配型结构填充物,

B_1 、 B_2 、 B_3 ...精分配器,

C_1 、 C_2 、 C_3 ...粗分配器,

E_1 、 E_2 ...液体分配器, 85、86...平行平面片组。

10 具体实施方式

图 1 和 2 表示使用根据本发明的汽液接触器的低温空气分离单元。这里所示的低温空气分离单元包括高压塔 2、低压塔 3 和原氩塔 4。高压塔 2 由汽液接触器 2a 组成。低压塔 3 由汽液接触器 3a 形成。汽液接触器 3a 从塔 3 下部到上部分为接触区 6-10。原氩塔 4 由汽液接触器 4a 形成。另外, 一冷
15 凝器 12 安装在低压塔 3 的下部附近, 原氩塔冷凝器安装在原氩塔 4 的上部。

以下, 详细描述构成原氩塔 4 的汽液接触器 4a 的实施例。

如图 2 所示, 汽液接触器 4a 放在形成塔的圆柱形容器中, 从塔顶到塔底包括: 一液体分配器 E_1 , 其中在粗分配器 C_1 下面安装有一精分配器 B_1 ; 一非增强流体分配型结构填充物 A_1 ; 一液体收集器 D; 一液体分配器 E_2 , 其中
20 在粗分配器 C_2 下面安装有一精分配器 B_2 ; 以及一非增强流体分配型结构填充物 A_2 。

以下, 液体分配器 E_1 和非增强流体分配型结构填充物 A_1 称为液体分配和汽液接触部分 F_1 。液体收集器 D、一液体分配器 E_2 和非增强流体分配型结构填充物 A_2 称为液体收集、分配和汽液接触部分 F_2 。

25 粗分配器 C_1 和 C_2 用于大致分配下落的液体, 以便在塔的下落液体截面上保持均匀。在粗分配器 C_1 和 C_2 中, 最好使用图 3 至 5 所示的液体分配器。

图 3 所示的液体分配器 41 称为通道型。因此, 分配器 41 包括: 长方体的第一分配盒 42, 沿塔的径向安装; 多个第二分配盒 43, 在分配盒 42 的下面沿分配盒 42 的长度方向间隔安装。

30 第一分配盒 42 为上开口的箱形材料, 其两端接近塔的内壁, 暂时在其里面储存下落的液体。分配分配盒 42 中的液体到第二分配盒 43 的分配孔(未

示出)设置在分配盒 42 的底部附近。

第二分配盒 43 是沿垂直方向布置的箱形材料, 其两端靠近塔的内壁, 使从设在分配盒 42 的底部的分配孔流出的液体均匀地在整个截面下落。

图 4 所示的液体分配器 51 称为蒸气管型, 包括: 液体接收盘部 52, 与
5 水平面一致; 多个烟囱状管 53, 安装在盘 52 的上部; 多个支管部 54, 安装在液体接收盘部分 52 的下部。

盘部 52 的周边延伸至塔的内壁。盘部 52 在整个截面上带有多个分配孔
52a, 其中下落液体暂时容纳在液体接收盘部 52 中, 然后通过分配孔 52a 和
支管部 54(上下端开口)在塔的整体横截面均匀分配地下落。烟囱状部 53 的
10 上下端开口, 塔内上升的蒸气通过烟囱 53 的内部经过液体分配器 51 的上部。

图 5 所示的液体分配器 61 称为喷洒式, 包括: 主管部 62, 其中塔的下
落液体流入; 多个支管部 63, 沿主管部 62 的纵向间隔安装。

主管部 62 和支管部 63 的两端都接近塔的内壁。主管部 62 与一液体接
收部(未示出)连接, 其中塔的下落液体被引导到主管部 62, 下落液体可被引
15 导到主管部 62 的内部。

支管部 63 的内部空间与主管部 62 的内部空间相通, 主管部 62 的液体
可流入到支管部 63 中。支管部 63 沿整个纵向带有多个分配孔 63a 间隔布置,
通过分配孔支管部 63 中的液体可在整个塔的整体横截面上均匀分配下落。

汽液接触器 4a 的精分配器 B_1 和 B_2 用于使得由粗分配器 C_1 和 C_2 大致分配
20 下落液体进一步精确和均匀地在塔的整体横截面分配。精分配器 B_1 和 B_2 的结
构如下所述。

作为精分配器 B_1 和 B_2 , 最好使用自增强流体分配型结构填充物。自增强
流体分配型结构填充物是具有这样的形式和结构的填充物, 其使得下落的液
体流和上升的蒸气流在所述结构填充物的表面进行汽液接触, 蒸气流沿着塔
25 的轴向相对于主流沿着相反的方向流动, 在主流的垂直方向产生液体流和蒸
气流量的矢量, 从而增强两者的混和并进行汽液接触。自增强流体分配型结构
填充物也称为结构填充物, 其中铝、铝合金、铜、铜合金、不锈钢、各种塑
料等制成的薄片形成各种结构形式, 以形成层压结构的块状。另外, 本发明
包括所述薄片为大于 10 个网眼的片状金属网的情况。结构填充物也称为规
30 则填充物。

图 6 至 10 示出了自增强流体分配型结构填充物的具体例子。

图 6 所示的自增强流体分配型结构填充物 71 公开在日本专利公开昭 57-36009, 其中由铝等形成的波浪形的多个薄片 72 平行于塔的轴线布置, 被层压而相互接触而形成块状。因此, 每个薄片 72 的波浪形槽 73 相对于塔的轴线倾斜, 相邻的波浪形薄片 72 的设置使得形成波浪形槽 73 的方向交叉。

5 另外, 参考标号 72a 表示设在薄片 72 上的孔。

图 7 示出一薄片 82, 其形成自增强流体分配型结构填充物 81 的结构单元, 其公开在日本专利未审查公开昭 54-16761。该薄片 82 的特征在于其形成波浪形, 从而形成波浪形槽 83, 薄片 82 还带有细小的波浪形槽 84, 其相对于波浪形槽 83 以一给定的角度形成。另外, 参考标号 82a 表示由薄片 82 形成的孔。

图 8 和 9 示出了自增强流体分配型结构填充物的另一例子, 其公开在日本专利未审查公开昭 58-11001。这里公开的自增强流体分配型结构填充物的目的是用于液体分配, 以获得尽可能大的质量交换和热交换的液体表面。因此, 该结构填充物由多个薄片网格 a、b、c... 构成; 每个网格 a、b、c... 弯曲成 Z 字形, 由薄条 13' -17' 形成, 其与每个网格区段 A、B、C 倾斜; 这些薄条 13' -17' 由弯曲区 18' 结合, 是形成网格平的截面区的填充物; 沿流动方向延伸的薄条 13' -17' 是交叉区 18'; 沿交叉区 18' 向下流动穿过薄条 13' -17' 的液相 23' 通过至少部分交叉区 18' 被传送到薄条区 18'。

对于交叉区 18', 凹槽 20', 21' 形成在薄条 13' -17' 的外侧。

20 凹槽 20', 21' 沿着 Z 字形延伸的薄条 13' -17' 的方向形成, 其比薄条 13' -17' 的宽度 s 长, 其相对于薄条 13' -17' 的垂直方向的深度比宽度 s 的一半深。另外, 薄条 13' -17' 直接层压彼此交叠。

另外, 薄条 13' -17' 的交叉区 18' 可形成孔和/或侧向凹槽。依次 Z 字形连接的每个薄条 13' -17' 可交替形成孔和/或侧向凹槽。

25 如图 10 所示, 通过在薄金属带 28' 中引入切口网, 填充物形成多个平行条 30', 与多个区段 29' 相连; 斜纹式孔 32' 形成在切口部 31' 中, 金属带 28' 沿方向 31' 延伸, 该方向垂直于条 30'; 所得的具有菱形网格形式的多个薄片网格被层压制成块状。

30 该填充物的优点在于, 尽管材料成本低, 可获得较大的填充物表面。这样的优点是显而易见的, 就薄条的结构而言, 薄条与材料成本相比具有较大的表面。

下面详细描述非增强流体分配型结构填充物 A_1 和 A_2 的结构。

非增强流体分配型结构填充物是这样的填充物，沿塔向下流的液体流和沿塔向上的蒸气流相对于其表面反方向流动，其形状和结构可进行汽液接触，而不增强垂直于塔轴线的横截面方向上液体流和蒸汽流的混和。决定所述液体和蒸汽流动方向的多个薄片、管等平行于主流方向(塔轴向)布置。

所述薄片和管的材料可包括铝、铜、铝和铜合金、不锈钢、各种塑料等。其中，最好使用可塑性高的材料。

另外，主流代表沿着塔的轴向向下的液体流和沿着塔的轴向向上的另一蒸气流。主流也代表相对于材料传递流的轴向的流动，其产生在填充物表面的液体流和蒸汽流的表面(即表面层)上。

非增强流体分配型结构填充物 A_1 和 A_2 的具体例子示于图 11 至 24。

在图 11 至 13 所示的非增强流体分配型结构填充物 91 中，薄片 92 以多层被层压，通过滑动带 95 层压层彼此固定。

薄片 92 经过由所述金属、塑料等构成的薄片的弯曲加工，间隔形成多个平行槽 93。

槽 93 的宽度沿深度方向逐渐变窄。槽 93 包括相对于底部 94 的倾斜部 93a，和相对于底部 94 平行的平行底部 93b。

在薄片 92 中，底部 94 和槽 93 沿相反的方向被层压。在非增强流体分配型结构填充物 91 中，薄片 92 的间隔，即由两个相对槽 93 或相对的两个底部 94 形成的空腔截面为六边形。该空间是蒸馏操作时上升的蒸汽和下降的液体的通道 96。

非增强流体分配型结构填充物 91 设置在塔的内部，薄片 92 平行于塔轴(垂直方向)设置，该方向为主流方向。

在图 14 所示的非增强流体分配型结构填充物 101 中，通过将由所述金属、塑料等构成的薄片弯曲加工，然后成型为三角波浪形而形成的多个三角弯曲片 102 通过金属、塑料等形成的片状垫片 103 被层压，通过滑动带 95 彼此固定。

在图示的非增强流体分配型结构填充物 101 中，三角弯曲片 102 的位置这样确定，即三角弯曲片 102 的顶端 102a 靠近相邻的三角弯曲片 102 底部 102b。在该非增强流体分配型结构填充物 101 中，具有三角波浪形的三角弯曲片 102 通过片状垫片 103 被层压。因此，三角弯曲片 102 和垫片 103 之间

的空间形成多个具有三角形截面的流动通道 106, 通过三角形弯曲片 102 和垫片 103 形成空腔。

三角形弯曲片 102 可形成规则三角形的流动通道 106 的横截面。例如, 其可形成等边三角形和不等边三角形。

- 5 在图 15 所示的非增强流体分配型结构填充物 111 中, 三角形弯曲片 102 的位置这样确定, 即三角形弯曲片 102 的顶端 102a 与相邻的三角形弯曲片 102 的底端 102b 彼此分开。在这方面非增强流体分配型结构填充物 111 与非增强流体分配型结构填充物 101 不同。

10 在所述非增强流体分配型结构填充物 111 中, 三角形弯曲片 102 和垫片 103 之间的间隔形成多个横截面为三角形的流动通道 116, 其形成由三角形弯曲片 102 和垫片 103 形成的空腔。

在图 16 所示的非增强流体分配型结构填充物 121 中, 三角形弯曲片 102 被层压, 在图 14 所示的非增强流体分配型结构填充物 101 中, 中间没有垫片 103。

- 15 在非增强流体分配型结构填充物 121 中, 三角形弯曲片 102 的位置这样确定, 即三角形弯曲片 102 的顶端 102a 与相邻的三角形弯曲片 102 的底端 102b 邻近, 与填充物 101 的布置相同。因此在三角形弯曲片 102 中间的空间形成方形截面的流动通道 126, 其形状为三角形截面流动通道 106 的组合。

20 在这种情况下, 三角形弯曲片 102 可使得流动通道 126 的截面形成各种形状, 例如方形、矩形、梯形、菱形等。

在图 17 所示的非增强流体分配型结构填充物 121' 中, 三角形弯曲片 102 的位置这样确定, 即三角形弯曲片 102 的顶端 102a 与相邻的三角形弯曲片 102 的底端 102b 彼此分开。在三角形弯曲片 102 之间沿塔的轴向间隔插入多个垫片(未示出)。

- 25 在图 18 所示的非增强流体分配型结构填充物 131 中, 所述金属、塑料等形成的薄片经过弯曲加工, 形成具有弯曲曲面的波浪形的多个波浪片 132 被层压, 通过滑动带 95 彼此固定。波浪片 132 形成交替的峰和谷, 截面为弯曲的形状。

30 在图 18 所示的非增强流体分配型结构填充物 131 中, 波浪形的峰和谷在每个顶端被倒圆角。波浪片 132 的位置这样确定, 即波浪片 132 的顶端 132a 靠近波浪片 132 的底端 132b。

图 19 所示的非增强流体分配型结构填充物 141 是在所述非增强流体分配型结构填充物 131 中的波浪片 132 之间插入垫片 103 而形成。

在图 20 所示的非增强流体分配型结构填充物 151 中，波浪片 152 形成具有平片部 152a 和相对于垫片 10 大致垂直的弯曲部 152b 的波浪形。在这方面，该非增强流体分配型结构填充物 151 不同于非增强流体分配型结构填充物 141。

在图 21 所示的非增强流体分配型结构填充物 161 中，由所述金属、塑料等形成的圆柱管 162 汇集起来，通过滑动带 95 彼此固定。

在该非增强流体分配型结构填充物 161 中，管子 162 的内部形成圆筒形横截面的流动通道 166a。另外，管子 162 的周边形成的空腔部形成流动通道 166b。

另外，管子 162 的形状可包括多边形，例如椭圆形、三角形、方形等，但是不限于此。图 22 所示的非增强流体分配型结构填充物 171 是图 11-13 的非增强流体分配型结构填充物 91 和图 15 所示的非增强流体分配型结构填充物 111 的组合。填充物 171 包括六边形横截面的流动通道 96 和三角形横截面的流动通道 116。

这些非增强流体分配型结构填充物 91、101、121、121'、131、141、151、161、171 设置在塔的内部，形成填充物的薄片 92、102、132、152 的所有弯曲形状沿垂直方向，垫片 103 和管子 162 沿塔轴(垂直方向)平行设置，其为主流方向。

在图 14、15、19、20、22 所示的填充物中，如果垫片 103 由薄片的相对位置确定，可以不与填充物块的纵向截面从顶部到底部的方向对齐，其可用作部分插入薄片之间的垫片。垫片 103 的厚度可为 0.2-0.5mm。

构成非增强流体分配型结构填充物的薄片和垫片可包括波浪、槽和/或孔中的至少一种，以便增加汽液接触效率。具体的例子示于图 23 和 24。

图 23A 示出与非增强流体分配型结构填充物 91 中相同的方式在薄片 92 中设有孔 92a 的结构。

图 23B 示出薄片 92 中带有锯齿形 92b 的波浪的结构。

图 23C 示出薄片 92 中带有槽形 92c 的波浪的结构。

图 24A 示出与非增强流体分配型结构填充物 111 中相同的方式在垫片 103 中设有孔 103a 的结构。

图 24B 示出垫片 103 中带有锯齿形波浪 103b 的结构。

图 24C 示出垫片 103 中带有槽形波浪 103c 的结构。

另外，薄片和垫片可以是锯齿形、槽形波浪和孔的任何组合。

非增强流体分配型结构填充物的表面积系数大于 $350\text{m}^2/\text{m}^3$ ，最好大于
5 $500\text{m}^2/\text{m}^3$ 。当表面积系数小于 $350\text{m}^2/\text{m}^3$ 时，汽液接触效率、蒸馏效率和产品纯度降低。另外，考虑到结构强度，所述薄片和管子的厚度最好在 0.1 至 2.0mm。

见图 2，由于汽液接触单元 4a 的液体收集器 D 收集塔中下落的液体，它包括多个倾斜的片 181，以收集下落的液体。

10 构成高压塔 2 的汽液接触器 2a 和构成低压塔的汽液接触器 3a 可与所述汽液接触器 4a 结构相同。

另外，汽液接触器 2a、3a、4a 不限于此，它们可包括液体分配器 E_1 和结构填充物 A_1 形成的液体分配和汽液接触部分 F_1 。

另外，汽液接触器 2a、3a、4a 可在液体分配和汽液接触部分 F_1 的下部
15 带有多个液体收集器 D、液体分配器 E_2 、和结构填充物 A 形成的液体收集和分配汽液接触部分 F_1 。

另外，汽液接触器 3a 的每个区段 6-9 可包括一个或多个所述液体收集和分配汽液接触部分 F_2 。靠近塔顶的区段 10 不需要带有所述液体收集器 D。即最靠近塔顶的区段 10 可包括由液体分配器 E_1 和结构填充物 A_1 形成的液体
20 分配和汽液接触部分 F。另外，考虑到上升蒸气的分配，除了所述结构，每个塔的底部可带有精分配部分 B_1 、 B_2 。精分配部分 B_1 、 B_2 可包括上面提到的自增强流体分配型结构填充物。例如，通过提供图 8-10 所示的带有一层或多层的填充物形式可进行精确的液体分配。这种填充物的具体的结构、特点和效果公开在日本专利未审查公开昭 58-11001。这种填充物可适用于液体分
25 配器和精分配部分，但是它也可用于传统的汽液接触器中。

下面描述根据本发明的气体分离方法的一个优选实施例。该实施例包括：为气化混合物的原空气中的每个成分(包括氮、氧、氩)利用图 1 和 2 所示的低温空气分离单元通过低温空气分离与其它成分分开。在本实施例中，一
30 汽液接触器 2a、3a 可包括一液体分配和汽液接触部分 F_1 和一液体收集和分配汽液接触部分 F_2 ，与汽液接触器 4a 的方式相同。

另外，非增强流体分配型结构填充物 A_1 、 A_2 可包括非增强流体分配型结

构填充物 91。精分配器 B_1 、 B_2 可包括自增强流体分配型结构填充物 71。粗分配器 C_1 、 C_2 可包括液体分配器 41。

首先，原空气①通过管通道 1 送入高压塔 2 的底部。原空气通常加压到大约 0.6MPa，例如水和二氧化碳的杂质通过预处理装置使用吸收剂例如硅土、铝土凝胶和分子筛等被除去，通过主热交换器冷却到预定的温度，然后送入高压塔 2。

送入高压塔 2 的原空气在高压塔 2 内部作为上升蒸气而上升。汽液接触器 2a 与下面描述的下降液体接触进行蒸馏。这样，原空气被分离成在塔顶的氮气(低沸点成分)、在塔底部的富氧液态空气(高沸点成分)。例如当所述非增强液态分配型结构填充物 A1、A2 具有表面积系数为 $500\text{m}^2/\text{m}^3$ ，高压塔的内压可在 0.4-2.0MPa。这时，密度补正空塔速度(superficial F factor)可确定为大于 $1.0\text{m/s (kg/m}^3)^{1/2}$ ，优选 $1.0-1.6\text{m/s (kg/m}^3)^{1/2}$ 。

被分离在高压塔 2 的顶部的氮气通过管通道 12a 被排出高压塔 2，并被引入主冷凝器 12，然后进行冷却和液化。然后，其一部分通过管通道 12b、12c 返回高压塔 2，形成下落的液体(注入液体)，在高压塔 2 内部下落，而其剩余的部分通过管通道 23 排出到外面。

下面描述在高压塔 2 内部通过下落液体和上升蒸气的接触进行蒸馏的工艺。

首先，下落液体储存在粗分配部分 C_1 的第一分配盒 42 中，通过分配孔被传送到第二分配盒 43，存储在所述分配盒 43 中，然后通过设在底部的分配孔在塔的整个截面上以均匀的分配方式(粗略的分配状态)从粗分配部分 C_1 下落。

然后，下落液体传送到精分配部分 B_1 ，在自增强流体分配型结构填充物的薄片 72 的表面散布，然后以更精确和均匀的分配方式从自增强流体分配型结构填充物下落。这时，在塔中下落液体与上升蒸气接触，在蒸气和液体之间进行质量传递，进行蒸馏。

然后，下落液体传送到非增强流体分配型结构填充物 A1(填充物 91)，然后在薄片 92 的表面下落。这时下落液体沿薄片 92 从薄片 92 的表面下落。在该过程中，下落液体与上升蒸气在塔中接触。

在图示的汽液接触器 2a 中，填充物 91 的薄片 92 设置得与上面描述的向上的主流(垂直方向)一致，因此填充物 A1 中的所有下落液体与该方向一

致流动。因此，下落液体的流动不是分散的，液体流在垫片和薄片 92 的整个区段均匀流畅。

因此，可以防止由于下落液体的分散而造成上升蒸气的流动通道变窄，保证上升蒸气的足够的流动面积，限制由于上升蒸气流动阻力增加产生的压力损失的增加，从而进行蒸馏，而不发生满溢。另外，在薄片的表面流动的下落液体容易在整个薄片上扩展，保证扩大的汽液接触面积；从而可进行有效的蒸馏。

作为对比，在仅使用自增强流体分配型结构填充物的汽液接触器中，至少一部分薄片相对于主流方向(垂直方向)是倾斜的，因此，在大负载时容易发生满溢，下落液体很难在倾斜部分的背侧流动，汽液接触区不充分，蒸馏效率低下。

通过非增强流体分配型结构填充物 A1 的下落液体收集在液体收集器 D 中，引入粗分配部分 C2，其中可产生均匀的流动，然后通过自增强流体分配型结构填充物 B2 和非增强流体分配型填充物 A2 向下流动，到达塔的底部。

在非增强流体分配型结构填充物 A2 中，下落液体平滑而均匀地在薄片 92 的表面流动；因此，蒸馏在高压塔 2 中进行，而不发生满溢现象。另外，可保持高的蒸馏效率。

液体氮的一部分通过管通道 23 排出到塔 2 的外面，通过阀 24 和管通道 25 引入到低压塔 3 中，作为注入液态氮②，形成在低压塔 3 中的下落液体。其余部分作为液态氮(LN2③)通过管通道 22 排出到系统之外。

分离出来位于高压塔 2 的底部的富氧液气通过管通道 15 被排出到高压塔 2 之外，其中一部分通过管通道 16 引入原氩塔冷凝器 13 中，其中冷凝器 13 中的蒸气或液体经过热交换，被加热的部分被蒸发，然后通过管通道 31 被引入低压塔 3 的中部(塔顶和塔底部之间的中间部分)，在低压塔 3 中形成下落液体或上升蒸气。

从高压塔 2 排出的另一部分富氧液态空气通过管通道 17、阀 18 和管通道 19 被引入低压塔 3 的中部，形成低压塔 3 中的下落液体或上升蒸气。

引入低压塔 3 的下落液体和上升蒸气在汽液接触器 3a 的每个区段 6-10 中互相接触，氧气和液态氧被分离出来靠近塔底部，并在塔顶部分离出氮气。

当低压塔 3 中的非增强流体分配型结构填充物 A1 和 A2 具有例如 $500\text{m}^2/\text{m}^3$ 表面积系数时，低压塔 3 的内压可在 0.08-2.0MPa，最好

0.08-0.4MPa。这时，密度补正空塔速度(superficial F factor)可以设定为大于 $1.8\text{m/s}(\text{kg/m}^3)^{1/2}$ ，最好 $1.8-2.5\text{m/s}(\text{kg/m}^3)^{1/2}$ 。

在低压塔 3 的汽液接触器 3a 的每个区段 6-10 中，下落液体在填充物 A1 和 A2 的薄片表面平滑而均匀地流动；因此，在低压塔 3 中，进行蒸馏而不发生满溢。另外，可保持高的蒸馏效率。

在低压塔 3 的顶部分离出的氮气通过管通道 21 被排出系统，作为氮气产品(GN2④)。另外，在低压塔 3 的底部分离出的氧气通过管通道 32 排出系统，成为氧气产品(GO2⑤)。另外，在低压塔 3 的顶部分离出的气体通过管通道 20 排出系统，成为废氮气(WG⑥)。

10 在低压塔 3 中比所述管通道 31 与低压塔 3 相连的位置稍低的地方，低压塔 3 中的蒸汽通过管通道 26 被送到原氩塔 4 下部，送入原氩塔 4 的气体在构成原氩塔 4 的汽液接触器 4a 中蒸馏，原氩气体在塔顶被分离出。这样的原氩气通过一管通道 33 从原氩塔 4 顶部排出，被引入冷凝器 13，与通过所述管通道 16 引入冷凝器 13 的富氧低温空气进行热交换，被冷却和液化，
15 然后通过管通道 34、35 作为注入物返回原氩塔 4 的上部。

通过管通道 34 从冷凝器 13 排出的一部分低温原氩气通过管通道 29 排出系统，成为低温原氩气(LAr⑦)。在原氩塔 5 的顶部分离出的液体通过管通道 27、28 返回低压塔 3。另外，当基本上建立了相应的理论塔板时，一泵 14 可设置在管通道 27、28 中，使得塔的低液体返回低压塔 3。

20 在原氩塔 4 中的汽液接触器 4a 中，下落液体平滑而均匀地在填充物 A1 和 A2 的薄片表面上流动；因此，在原氩塔 4 中进行蒸馏而无满溢。另外，可保持高的蒸馏效率。另外，原氩塔 4 设定在与现有技术大致相同的理论塔板数。因此，最近认为通过提供一除氧塔可去除原氩中的氧气。这时，除氧塔设置在图 2 所示的结构中，可达到上述的效果。

25 在所述的汽液接触器 2a、3a、4a 中，构成非增强流体分配型结构填充物 A1 和 A2 的各种薄片这样设置，即其沿主流方向设置(垂直方向)，这样可保证足够的上升蒸气流通道，在薄片(或管)92 的表面的下落液体沿薄片的整个截面平滑而均匀地流动。

为此，可避免发生满溢，这会防止由于上升蒸气的流动阻力的增加而造成压力损失的增加。与使用具有倾斜部分的自增强流体分配型结构填充物的汽液接触区相比，建立了足够的汽液接触区，可进行有效的蒸馏。因此，液
30

体负载和蒸气负载可设定为较大，而不会发生满溢。

例如，在传统的使用具有 $500 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 的表面积系数的填充物(自增强流体分配型结构填充物)的汽液接触器中，密度补正空塔速度(superficial F factor)确定为小于 $1.6 \text{ m/s (kg/m}^3)^{1/2}$ (当塔的内压在 $0.08\text{--}0.4 \text{ MPa}$ 时)，或小于 $1.0 \text{ m/s (kg/m}^3)^{1/2}$ (当塔的内压大于 0.4 MPa 时)。作为对比，在所述汽液接触器 2a、3a、4a 中，每个密度补正空塔速度(superficial F factor)可确定为大于 $1.8 \text{ m/s (kg/m}^3)^{1/2}$ (当塔的内压在 $0.08\text{--}0.4 \text{ MPa}$ 时)，或大于 $1.0 \text{ m/s (kg/m}^3)^{1/2}$ (当塔的内压为 $0.4\text{--}2.0 \text{ MPa}$ 时)。

通过使用汽液接触器 2a、3a、4a，塔的高度的设定为较低，生产成本和设备成本可降低。另外，因为负载的上限高，产品的产率可显著增加或降低。

但是，在填充物塔中，当塔的内压增加时塔的内压通常容易发生满溢。填充物很难应用到具有多个蒸馏塔的低温空气分离单元的高压塔中。作为对比，在上述的汽液接触器 2a 中，即使在高压下负载也可设定在较高，因此可应用于高压塔。

因此，所述汽液接触器 2a 应用于高压塔 2 的低温空气分离单元在功率消耗和产品纯度方面与将筛盘塔应用于高压塔中的装置相比具有许多优点。

另外，为了进一步提高精分配部分 B1 和 B2 的功能，可以采用这样的结构作为精分配部分 B1 和 B2，即其中至少一个所述增强流体分配型结构填充物和一平行平面片组沿塔的轴向被层压。

图 25 和 26 显示所述平行平面片组的一个例子。图 25 所示的平行平面片组 85 由多个平面片 85a 形成，它们彼此平行间隔布置。平面片 85a 沿塔的轴向设置。每个平面片 85a 的垂直于塔轴线的边缘延伸到塔的内壁附近。每个平面片 85a 之间插入垫片(未示出)而彼此固定，垫片的厚度与平面片间的间隙相等。

考虑到结构强度，平面片 85a 的厚度最好在 $0.5\text{--}5 \text{ mm}$ 。另外，考虑到液体分配密度，每个平面片 85a 的间隙最好为 $3\text{--}10 \text{ mm}$ 。平面片 85a 最好由金属制成，但是也可由塑料制成。垫片的形式和材料不特别限定，但是，例如，其尺寸中水平长度或塔轴长度在保持结构强度的范围内最好较小，使得平面片状液体膜的流动不会被显著阻止。

当提供所述平面片组作为精分配部分 B1 和 B2，设置在自增强流体分配

型结构填充物下面时，在自增强流体分配型结构填充物中精确分配的液体被送入安装在下面的平面片组上，在每个平面片表面形成具有均匀厚度的液体膜，并向下落；因此，液体流速在平行于每个平面片和垂直于塔轴的方向变得均匀，这样，进一步精确分配的液体被送入非增强流体分配型结构填充物

5 A1 和 A2。

另外，为了更明显地增强非增强流体分配型结构填充物 A1 和 A2 的液体分配密度，可在每个构成平面片组的平面片的下边缘部分，在平面片的整个宽度方向形成多个突出部分。另外，宽度方向代表平行于平面片而垂直于塔轴的方向。

10 图 26 显示形成该突出部分的平面片组 86。在构成平面片组 86 的平面片 86a 的下边缘部，多个 V 字形突出部分在整个宽度方向形成。该突出部分 86c 的间隔最好为 3-10mm。

15 如图 26 所示，当多个突出部分 86c 形成在构成平面片组的平面片的下边缘部 86b 上时，下落到靠近突出部分 86c 的液体在所述突出部分 86c 的边缘被收集，然后从其边缘下落。

在这方面，从平面片 86a 的表面向下流的液体传送到下边缘部，然后防止沿下边缘部 86b 流动，并防止液体向平面片的宽度方向倾斜流动。因此，可获得更精确的液体分配。

20 通常非增强流体分配型结构填充物没有良好地分配蒸气的功能。因此，为了最大限度增强蒸馏工作，考虑到蒸气流体的蒸馏，至少一个在设备中分配上升蒸气的蒸气分配器设置在非增强流体分配型结构填充物的下面。

25 例如最好使用图 6 和 7 所示的自增强流体分配型结构填充物作为蒸气分配器。当自增强流体分配型结构填充物用作蒸气分配器，在所述填充物的底部形成雾(小液滴)，雾落在所述填充物的薄片表面上，落入液体流中。因此可防止起雾沫。

另外，在根据本发明的汽液接触器中，由于非增强流体分配型结构填充物在蒸气和液体及高负载下使用，在精分配部分等中使用的自增强流体分配型结构填充物的表面积系数最好等于或小于非增强流体分配型结构填充物的表面积系数，以便防止满溢。

30 以下参考举例会使得本发明的效果更清楚。

例 1

对使用如图 1 所示的低温空气分离单元的蒸馏操作进行计算机模拟。如图 2 所示,从塔顶到底部,高压塔 2 和原氦塔 4 中的汽液接触器 2a、4a 假定具有液体分配器 E1,非增强流体分配型结构填充物 A1、液体收集器 D、液体分配器 E2 和非增强流体分配型结构填充物 A2。

- 5 另外,在汽液接触器 3a 的每个区段 6-9 中使用液体收集器和汽液接触器 F2,在区段 10 中使用液体收集器和汽液接触器 F1。

结构填充物 91 作为非增强流体分配型结构填充物 A1 和 A2。结构填充物 71 作为自增强流体分配型结构填充物 B1 和 B2。液体分配器 41 作为粗分配部分 C1 和 C2。

- 10 在原氦塔 4 的汽液接触器 4a 中使用的非增强流体分配型结构填充物 A1 和 A2 设定具有 $500 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 的表面积系数。塔的内压设定为大约 0.1MPa,送入的氦气中的氧气浓度设定为大约 90%。模拟的结果,即填充物高度与蒸气相氧的浓度之间的关系以实线示于图 27 中。另外,图中塔高 0m 表示塔底部。

对比例 1

- 15 在汽液接触器 4a 中,蒸馏操作与例 1 一样进行,使用图 1 所示的同样的设备,只是同样区域的自增强流体分配型结构填充物代替了非增强流体分配型结构填充物 A1 和 A2。结果示于图 27 的虚线。

- 20 在图 27 所示的汽液接触器 4a 中,通过使用非增强流体分配型结构填充物 A1 和 A2,与使用自增强流体分配型结构填充物的情形相比,所需的填充物高度为 60%。

另外,为了比较使用非增强流体分配型结构填充物与使用自增强流体分配型结构填充物时的压力损失,进行以下的实验。

例 2

- 25 使用图 28 所示的汽液接触器的蒸馏塔进行下面的实验。该蒸馏塔(内直径为 208mm,由透明氯乙烯制成)从塔顶到底部包括粗分配部分 C3、精分配部分 B3 和非增强流体分配型结构填充物 A3。

- 30 使用与图 4 相同的部分作为粗分配部分 C3。精分配部分 B3 使用从上到下依次排列的自增强流体分配型结构填充物 2(由标号 87 代表,表面积系数为 $500 \text{ m}^2/\text{m}^3$,高度为 100mm)、平行的平面片组 85(如图 26 所示,高度 50mm)、以及平行平面片组 86(如图 27 所示,高度 50mm)。

这时,两个平行平面片组 85、86 的平行平面片组 85a、86a 这样设置,

即构成每个组的一平行平面片在垂直方向交叉。

使用图 15 所示的具有表面积系数 $375 \text{ m}^2/\text{m}^3$ 、高度为 600mm 的填充物作为非增强流体分配型结构填充物 A3。精分配部分 B3 和非增强流体分配型结构填充物 A3 的整体高度为 900mm。

- 5 粗分配部分 C3、精分配部分 B3 和非增强流体分配型结构填充物 A3 的总压力损失这样确定，即使用与空气的粘度相同的流体氟利昂、在完全注入的条件和 130kPa 条件下改变密度补正空塔速度(superficial F factor)。

对比例 2

- 10 作为对比，使用安装有自增强流体分配型结构填充物 5 ($500 \text{ m}^2/\text{m}^3$ ，高度 207mm，总填充物高度为 1035mm) 的蒸馏塔进行实验，在蒸馏塔的下面使用自增强流体分配型结构填充物作为填充物，即粗分配部分 C3。

- 15 使用与图 28 所示的精分配部分 B3 中使用的同样的填充物作为自增强流体分配型结构填充物。与例 2 的方式相同，各种条件下的压力损失这样确定，即使用与空气的粘度相同的流体氟利昂、在完全注入的条件下改变密度补正空塔速度(superficial F factor)。

图 29 给出了相对于密度补正空塔速度(superficial F factor)单位高度压力损失的图。如图 29 所示，当非增强流体分配型结构填充物作为填充物(例 2)时压力损失明显比自增强流体分配型结构填充物作为填充物(对比例 2)时低。

- 20 从上面的实验结果可看出，与对比例 2 使用的蒸馏塔相比，例 2 使用的蒸馏塔可设计为较小的塔身直径，减小生产成本和设备建造成本。

下面进行在蒸馏塔中安装精分配部分和不安装精分配部分时的液体蒸馏比较。

例 3

- 25 作为在蒸馏塔中安装精分配部分的例子，通过使用图 28 所示的例 2 的蒸馏塔和使用与空气的粘度相同的氟利昂作为流体，观察液体在各种条件下的分配程度。另外，通过录像获得在塔中液体的流动和液体的分配方式的情况。

对比例 3

- 30 作为在蒸馏塔中不安装精分配部分的例子，以与例 3 相同的方式进行使用，使用与例 3 相同的蒸馏塔，只是没有安装精分配部分。

图 30 和 31 是在压力为 130kPa，液体负载 $2\text{m/s} (\text{kg/m}^3)^{1/2}$ 的条件下，从例 3 和对比例 3 的蒸馏塔的非增强流体分配型结构填充物的下边缘下落的流体形式的照片。

从图 30 可证实，当填充物具有精分配部分(例 3)时，液滴沿直线方向
5 从每个流动通道流出和下落，这些液滴在整个塔内均匀分布。

作为对比，可看出当不安装精分配部分(对比例 3)时，如图 31 所示，液滴不均匀分布。

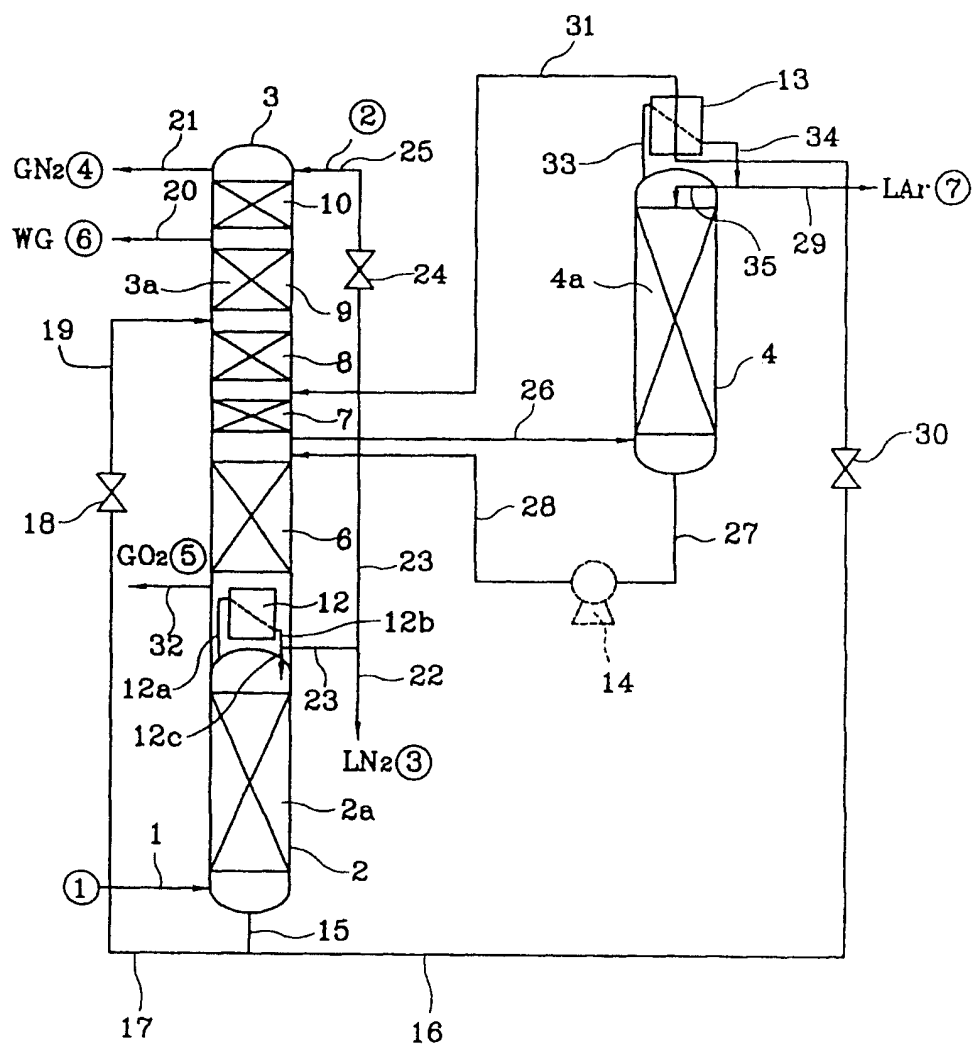


图 1

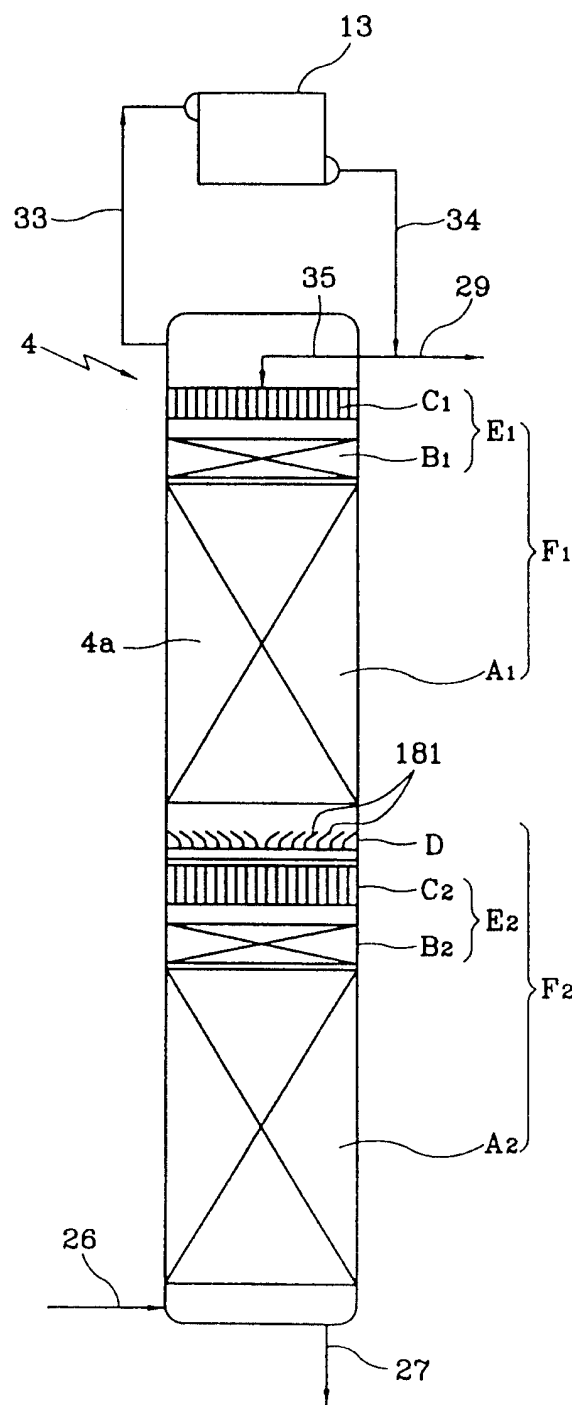


图 2

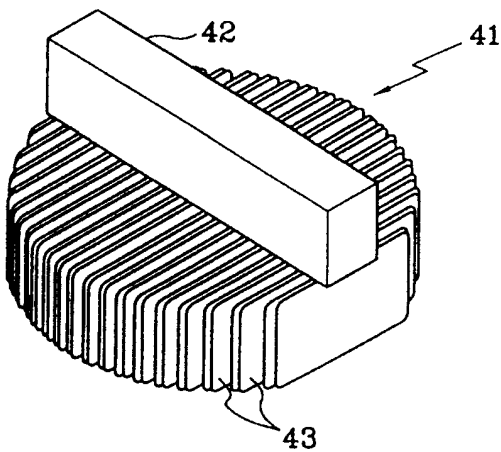


图 3

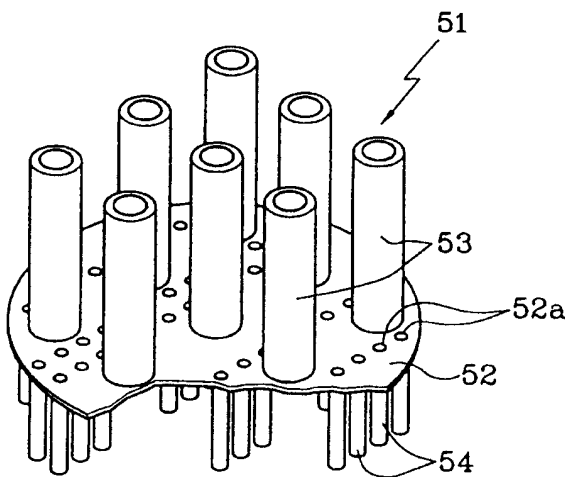


图 4

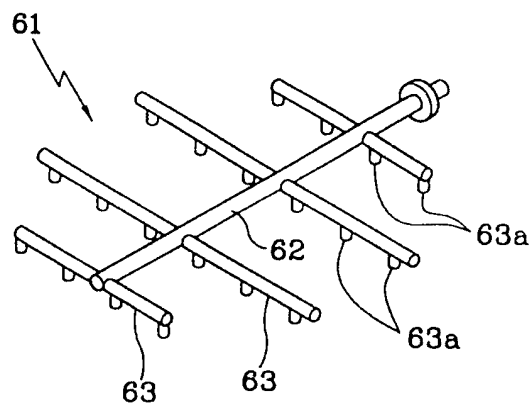


图 5

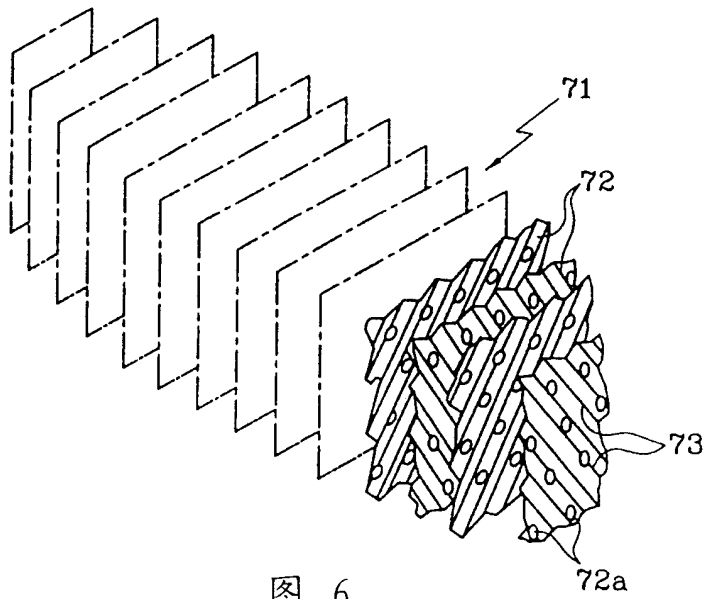


图 6

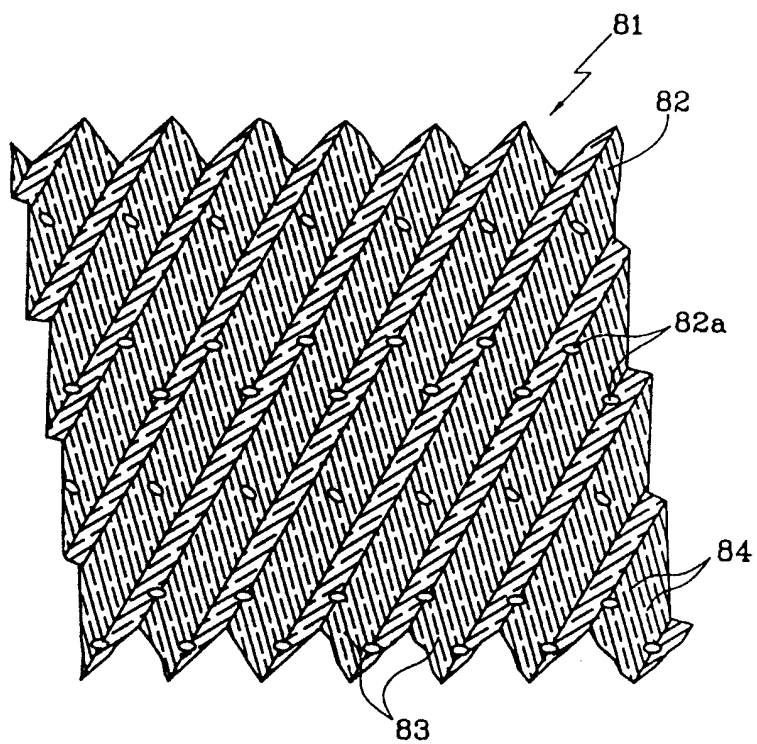


图 7

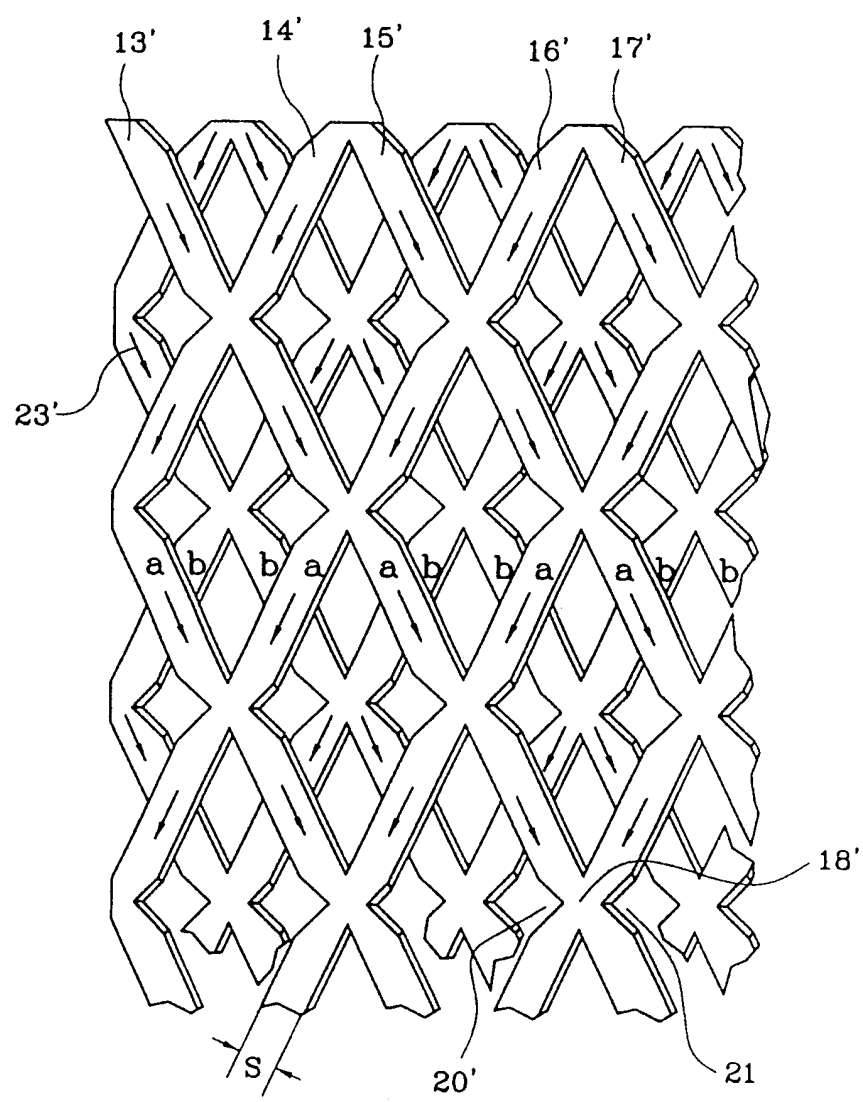


图 8

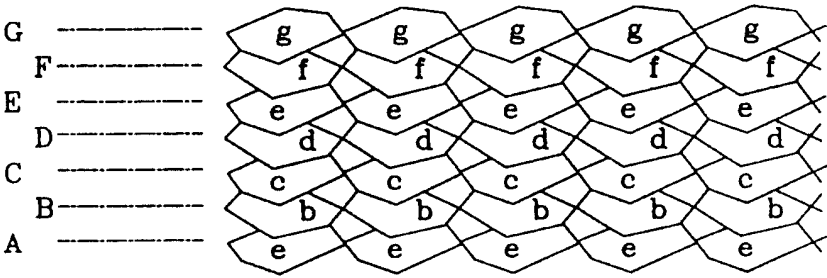


图 9

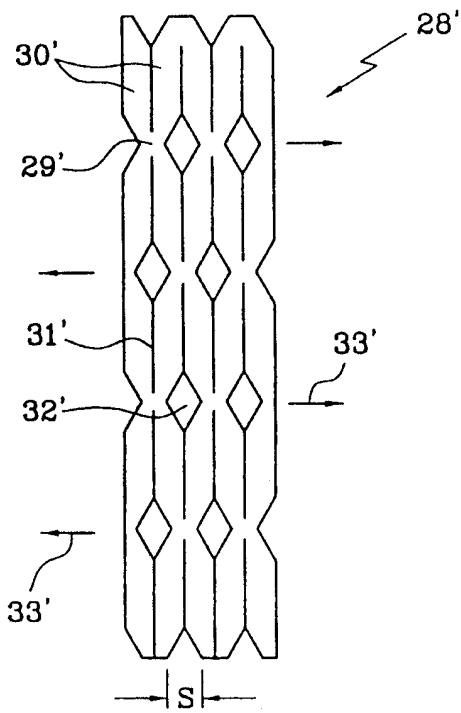


图 10

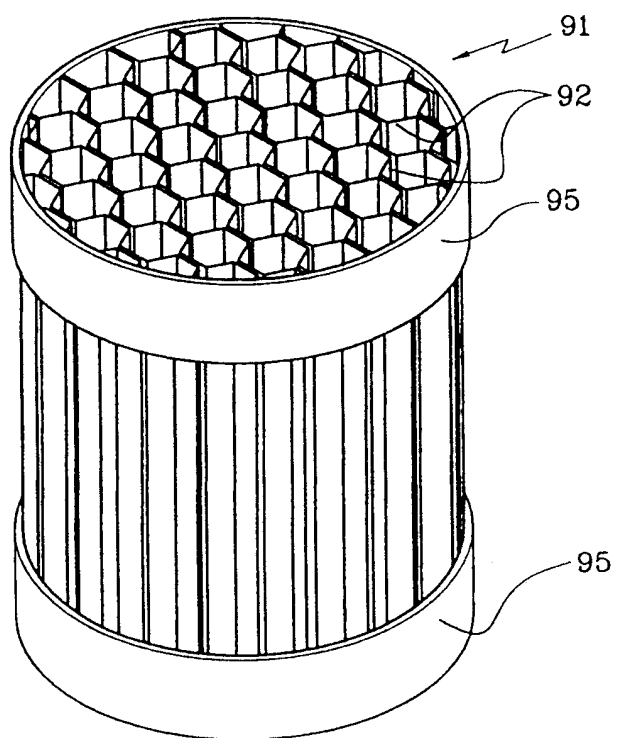


图 11

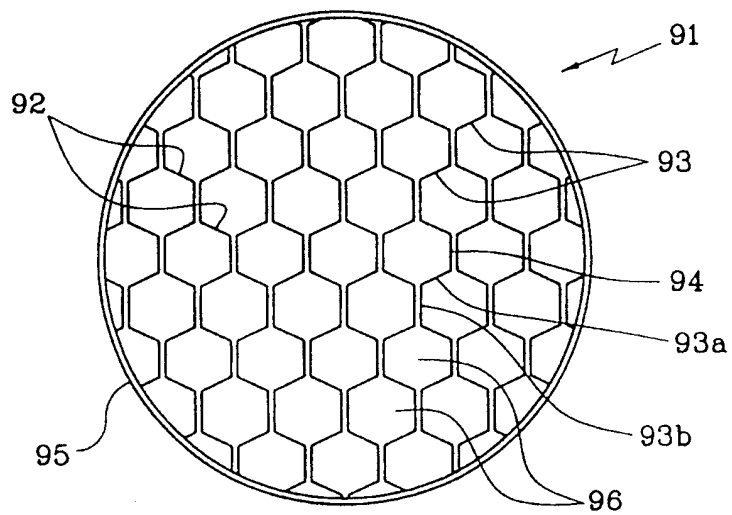


图 12

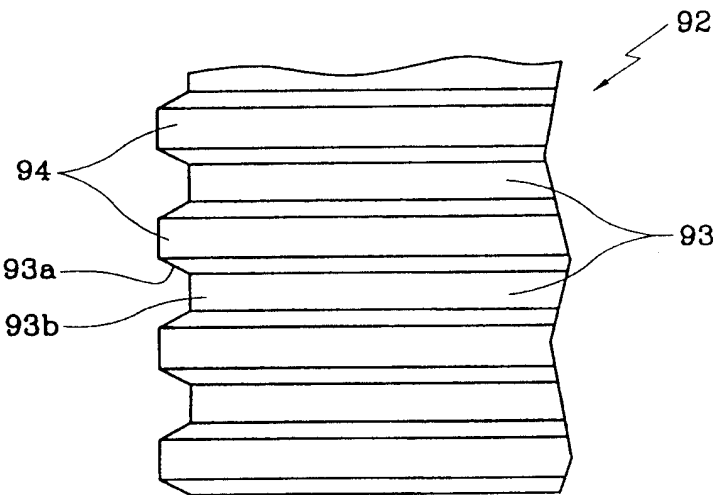


图 13

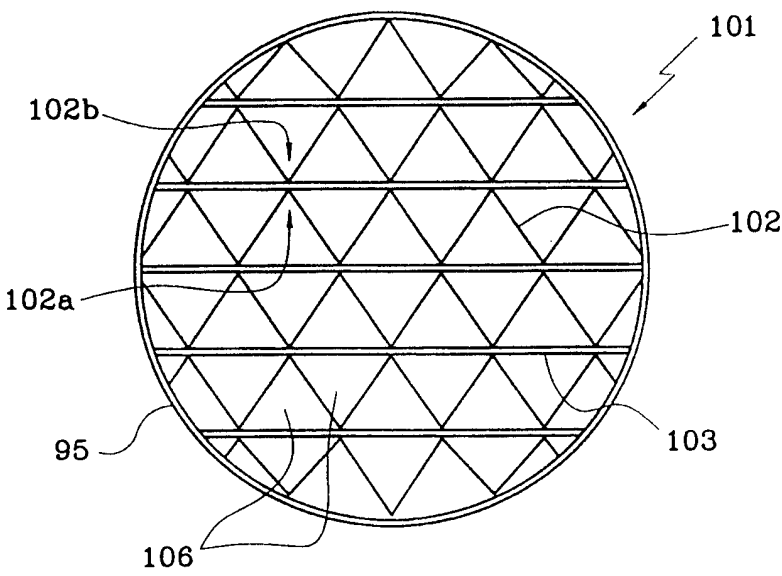


图 14

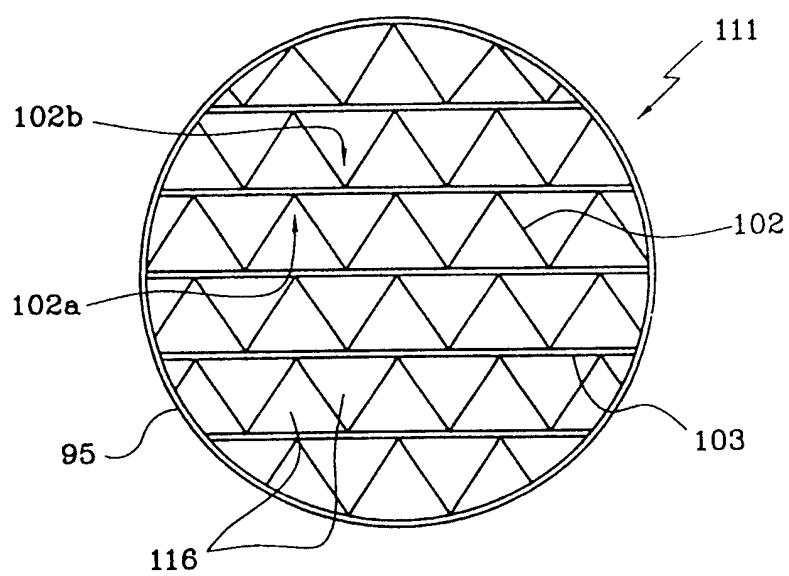


图 15

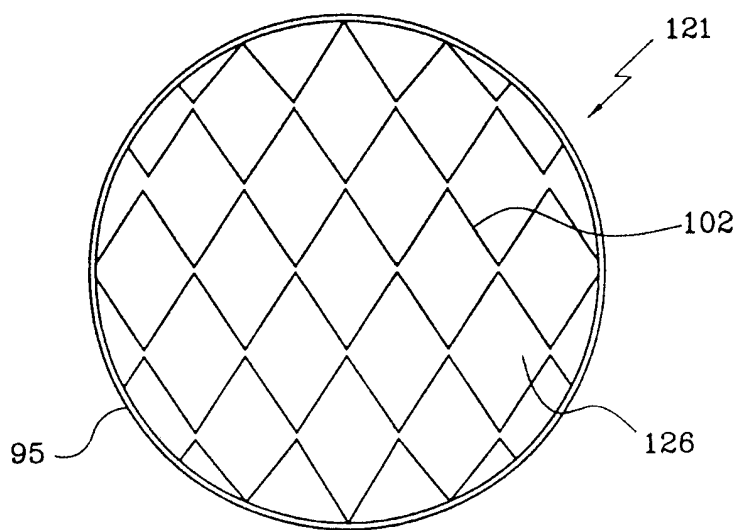


图 16

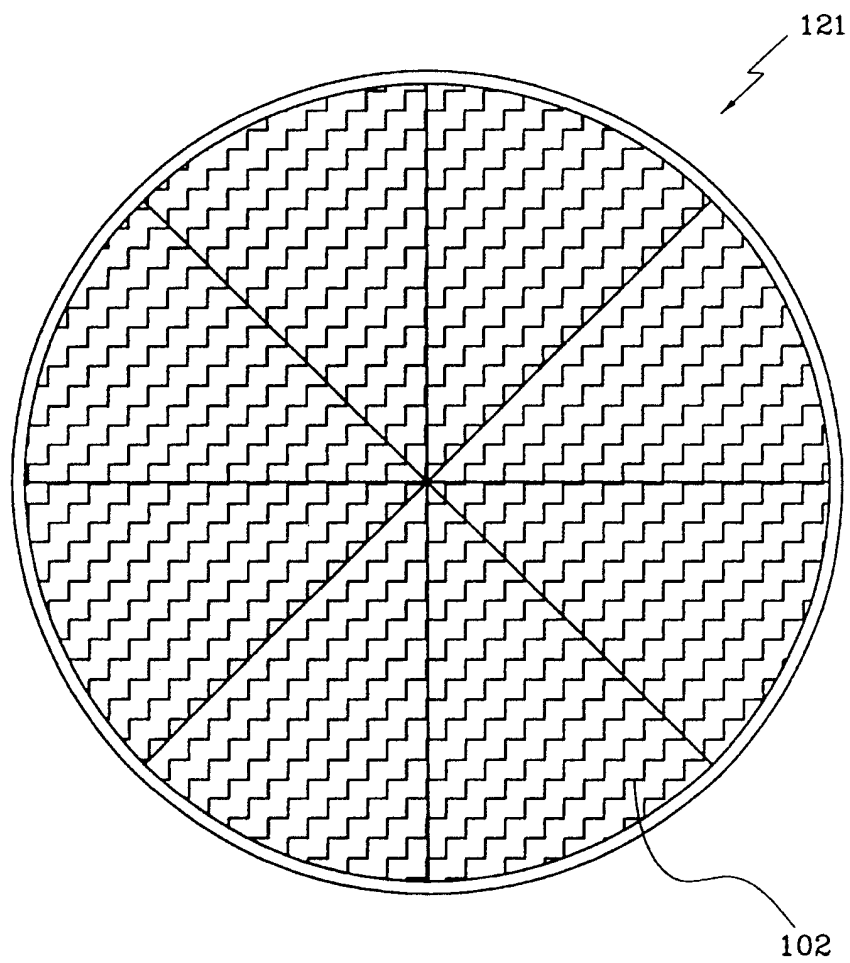


图 17

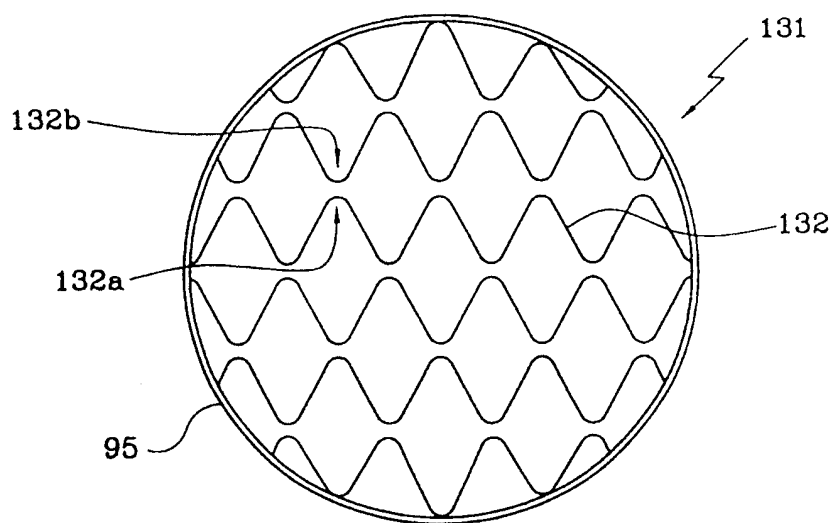


图 18

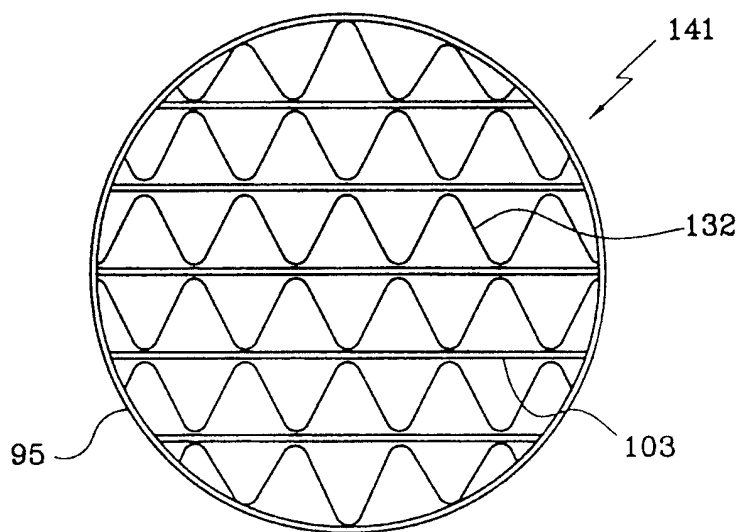


图 19

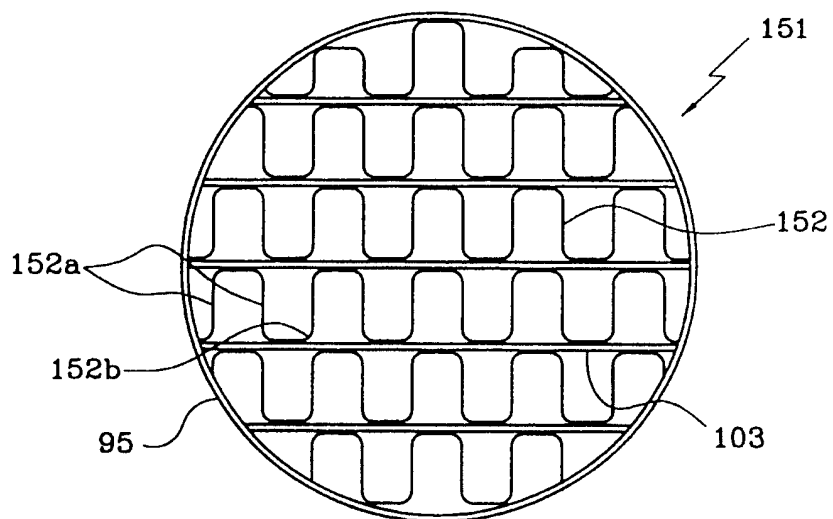


图 20

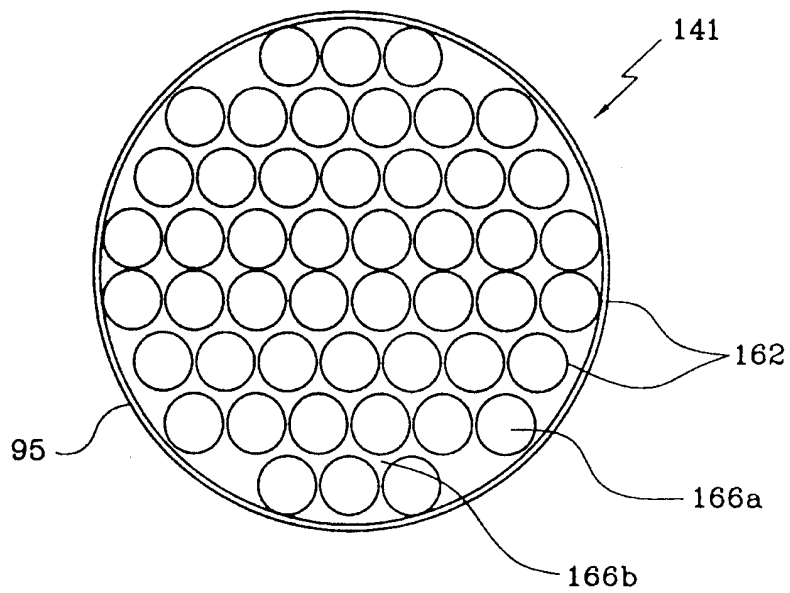


图 21

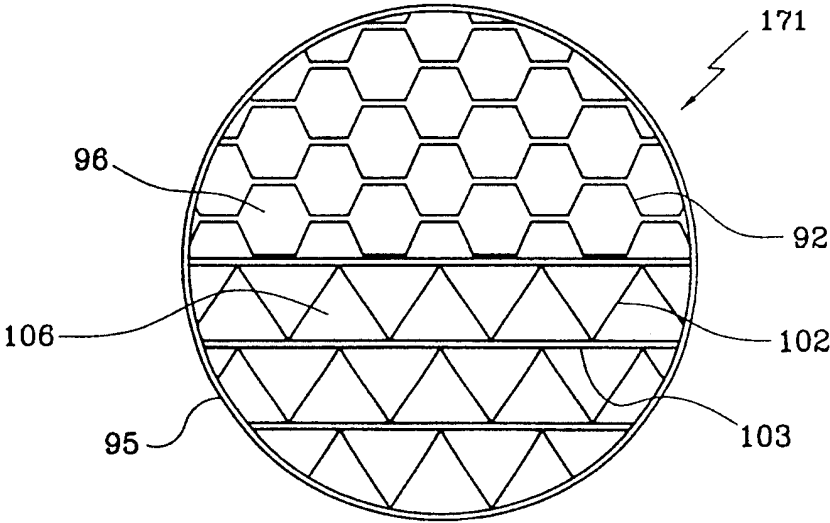


图 22

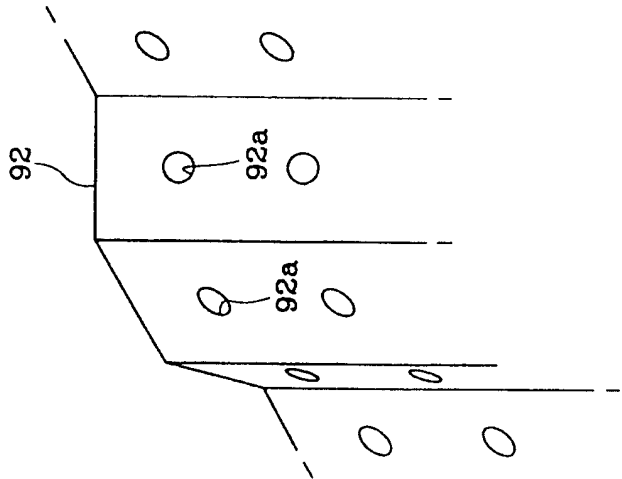


图 23A

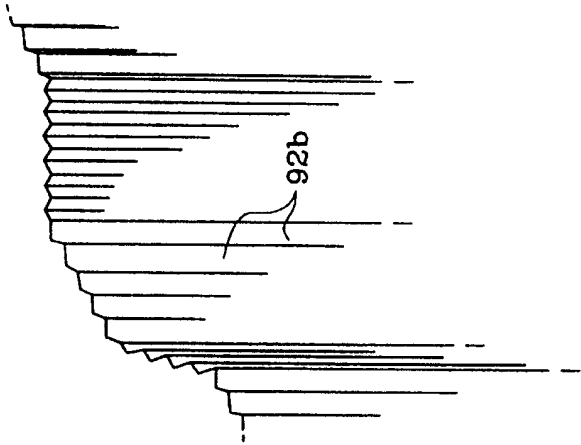


图 23B

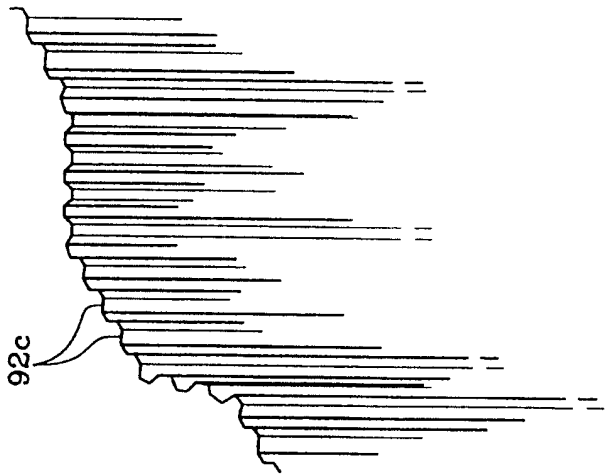


图 23C

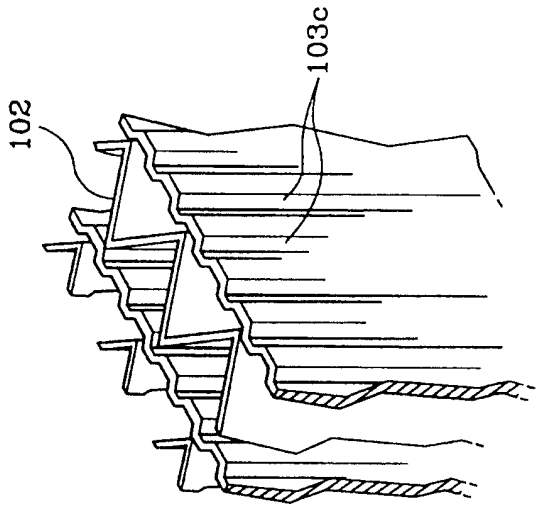


图 24A

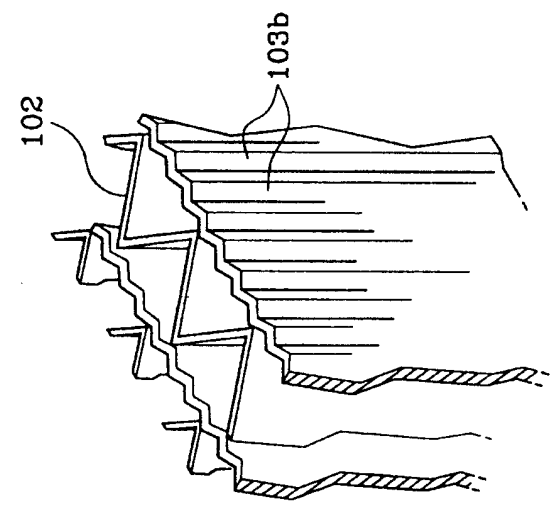


图 24B

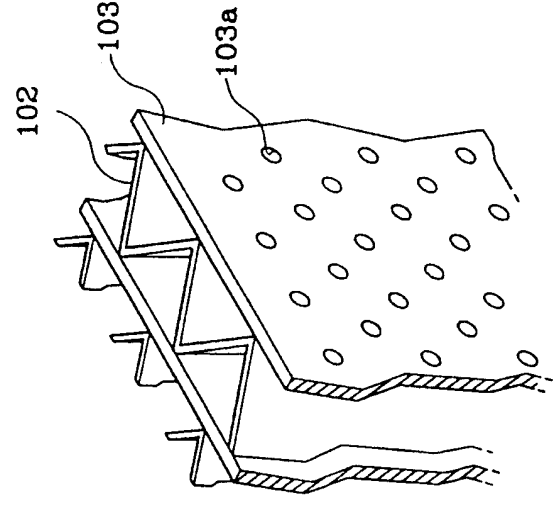


图 24C

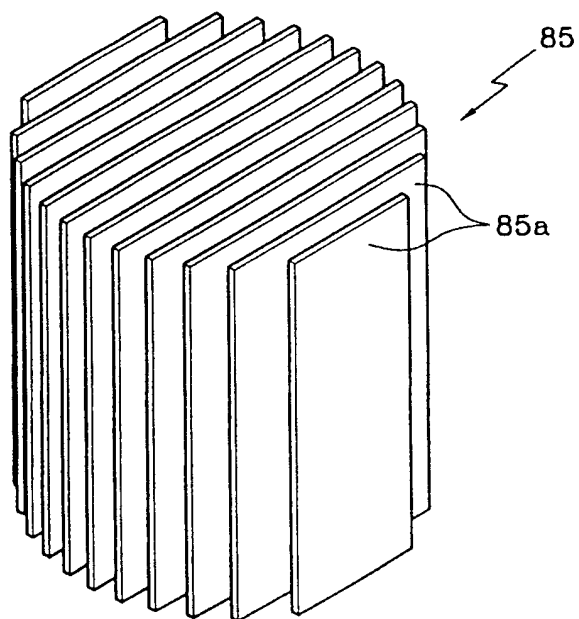


图 25

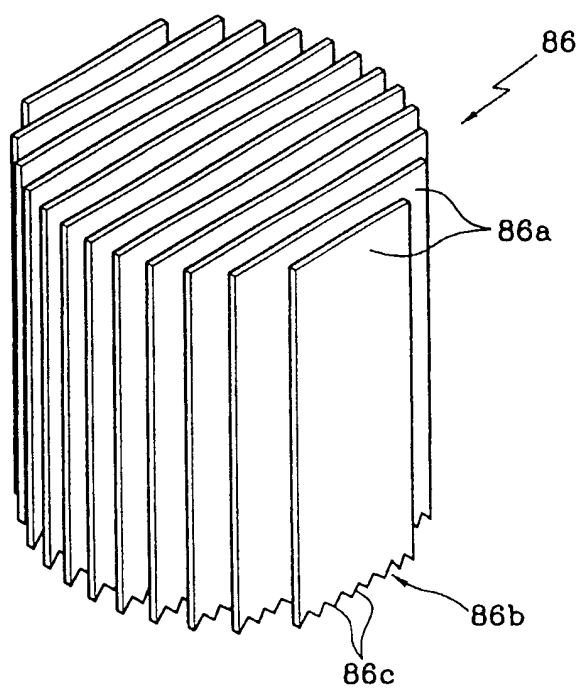


图 26

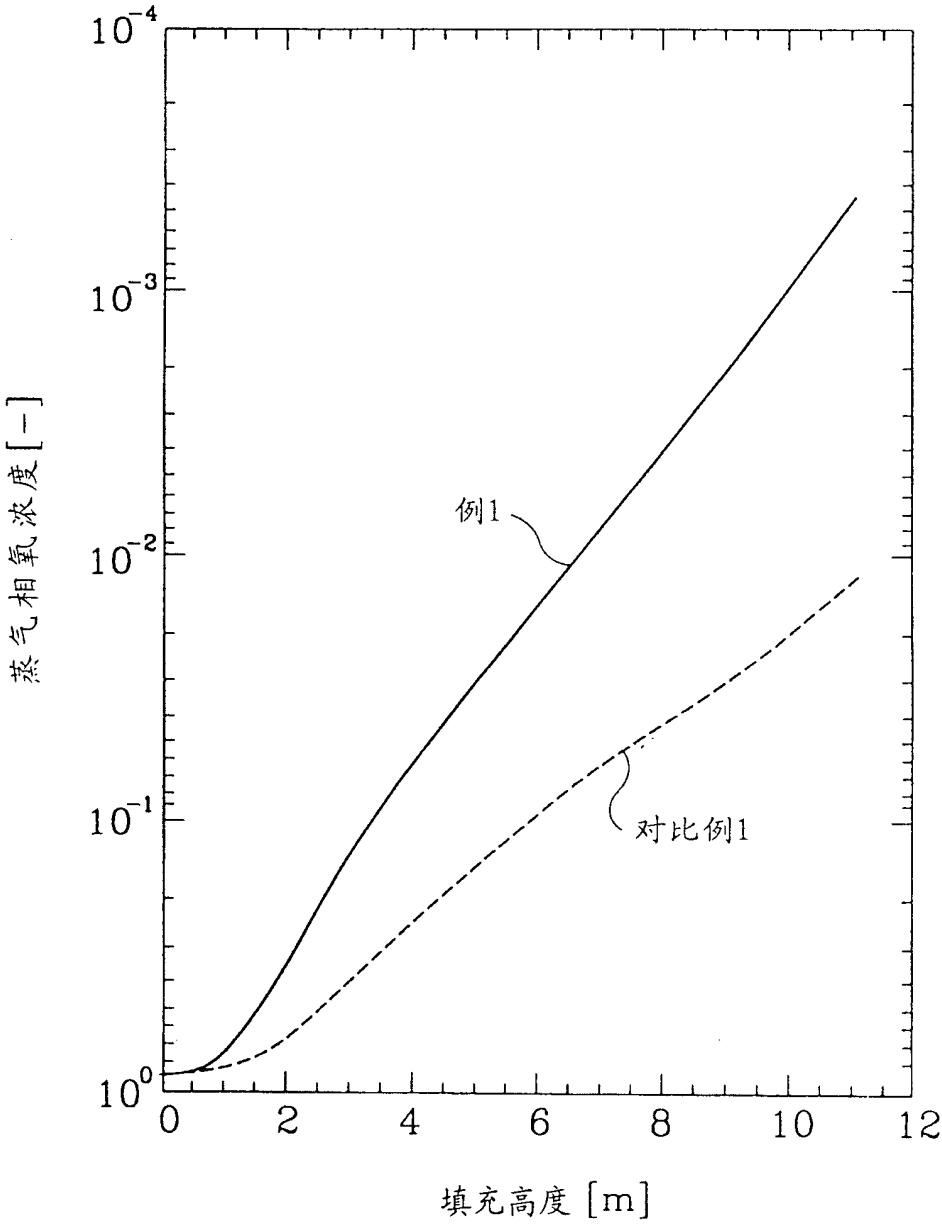


图 27

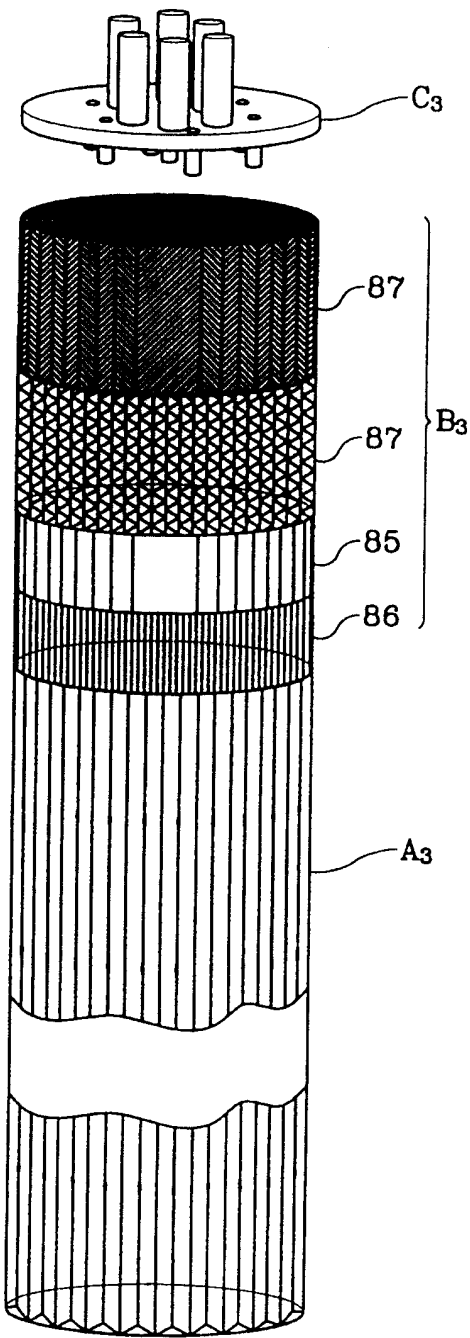


图 28

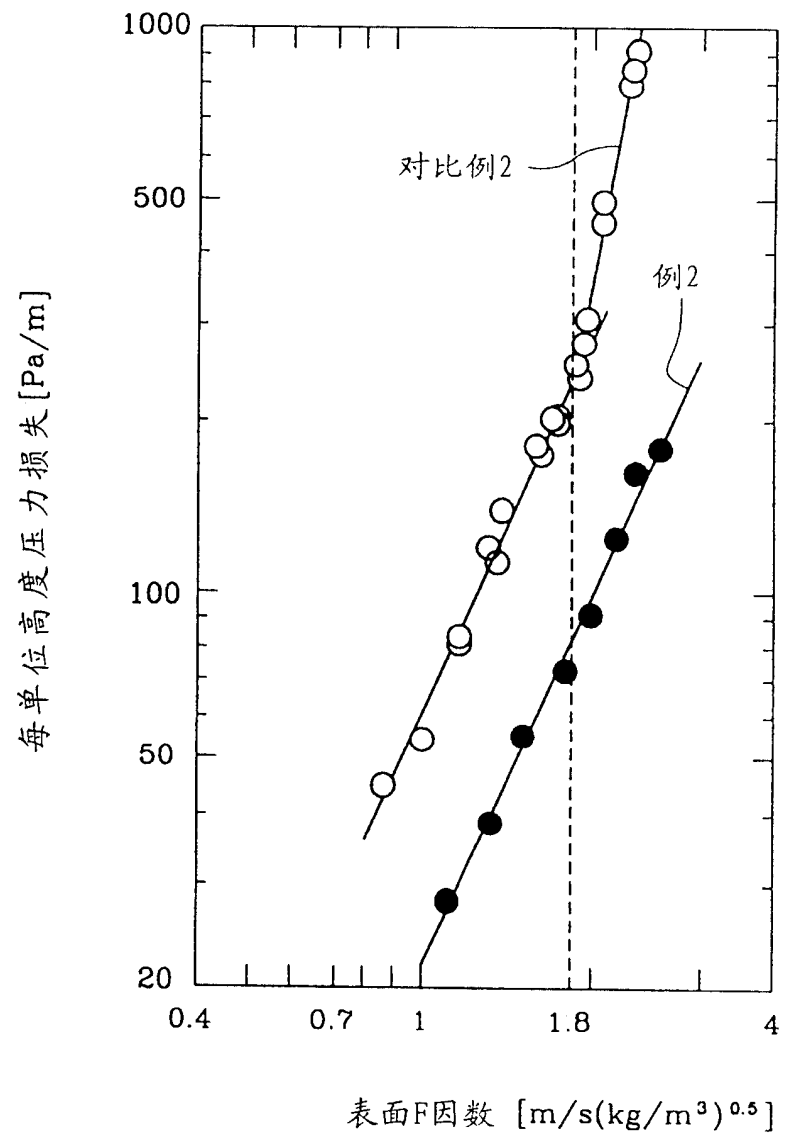


图 29

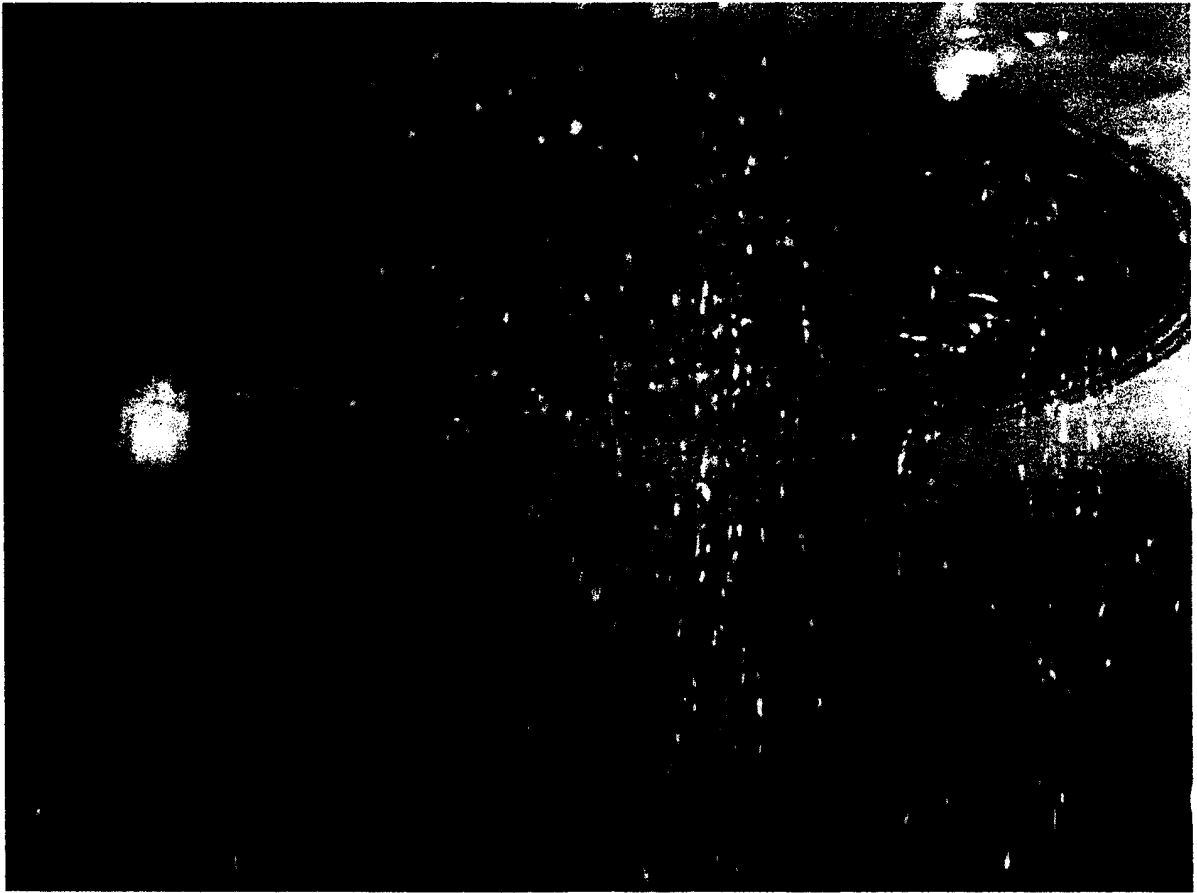


图 30

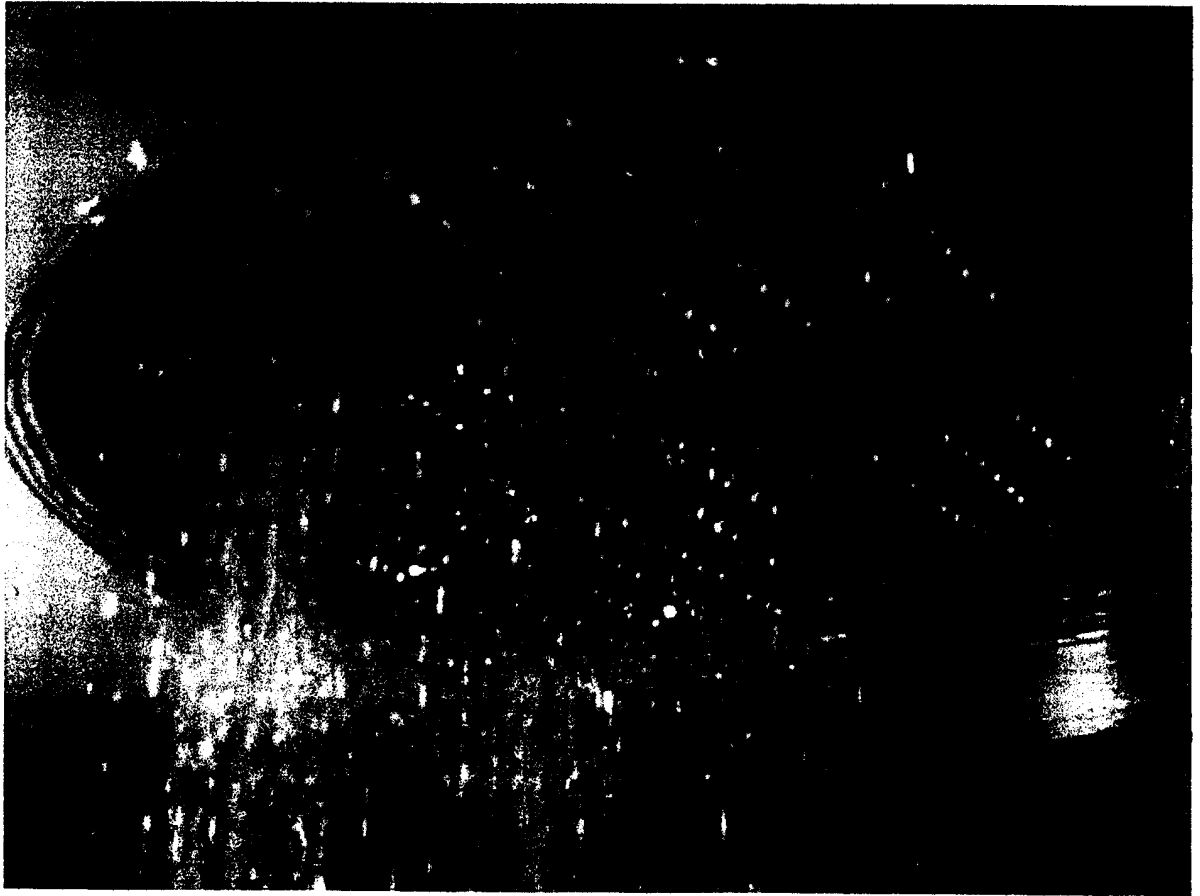


图 31