



[12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 95108418.6

[51]Int.Cl⁶

F28F 3/02

[43]公开日 1996年8月7日

[22]申请日 95.7.14

[30]优先权

[32]94.8.5 [33]US[31]286,233

[71]申请人 普拉塞尔技术有限公司

地址 美国康涅狄格州

[72]发明人 V·施里尼瓦桑 M·J·洛凯特

J·H·齐默

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

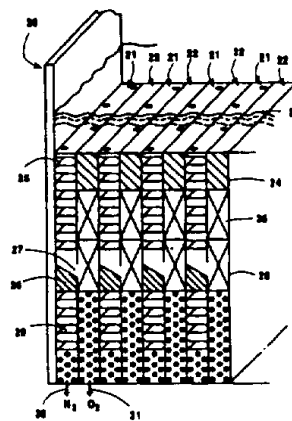
代理人 刘元金 吴大建

权利要求书 6 页 说明书 12 页 附图页数 6 页

[54]发明名称 低温精馏用下流、板翅式热交换器

[57]摘要

一种下流式热交换器，尤其适合用做双塔低温空分装置的主冷凝器/再沸器，其中，在液体通道的上方进行了旨在获得均匀流动的液体分布，经均匀分布的液体被送入液体通道，较好倾斜地流到过桥片上，随后再与相邻蒸汽通道内的蒸汽一起并流地向下流过液体通道。



权利要求书

1. 一种借助与蒸汽间接换热使液体蒸发的方法，包括：

(A) 提供具有按交替顺序排列的至少一个第一通道和至少一个第二通道的热交换器；

(B) 通过包括用于获得均匀分布液流手段的热交换器段把液体加入到所说第一通道并下流通过所说第一通道；

(C) 把出自所说第一通道的所说经均匀分布的液体以与水平成 $30 \sim 60^\circ$ 之间的角度送入所说第二通道内的过桥片而进入所说第二通道；

(D) 在所说均匀分布的液体从所说第一通道流出点的下方，向所说第一通道加入蒸汽；以及

(E) 让所说蒸汽和液体并流地分别流经所说第一和第二通道，并使所说第二通道内的所说液体借助在所说并流期间与所说第一通道内的所说蒸汽间接换热而蒸发。

2. 权利要求 1 的方法，其中所说液体是液氧。

3. 权利要求 1 的方法，其中所说蒸汽是气态氮。

4. 权利要求 1 的方法，其中用于获得均匀分布液流的分布强化手段是一级分布强化手段，它包括一段开孔阻挡片。

5. 权利要求 4 的方法，其中所说段下部中阻挡片的开孔面积超过所说段上部阻挡片的开孔面积。

6. 权利要求 5 的方法，其中阻挡片开孔面积在所说段内由上至下不断增加。

7. 权利要求 1 的方法，其中获得均匀分布液流的分布强化手段是两级分布强化手段，包括上段开孔阻挡片和下段开孔阻挡片，上、下段之间有一空隙，其中上段内阻挡片开孔面积介于所说上段内阻挡片面积的 20%~30%，下段内阻挡片开孔面积介于所说下段内阻挡片面积的 20%~30%。

8. 权利要求 1 的方法，其中蒸发后的液体均不从热交换器顶部流出热交换器。

9. 权利要求 1 的方法，其中，部分蒸发后的液体从热交换器顶部流出热交换器。

10. 一种热交换器，包括：

(A) 热交换器本体，它具有按交替顺序排列的至少一个第一通道和至少一个第二通道，所说第一通道具有一个段，包括用于获得均匀分布液流的分布强化手段；

(B) 从所说分布强化手段上方，向所说第一通道加入液体的手段；

(C) 在所说分布强化手段下方的送液手段，用于将出自所说第一通道的液体以与水平成 30°~60° 的角度导到位于所说第二通道内的过桥片上而进入所说第二通道；以及

(D) 从所说送液手段下方，向所说第一通道加入蒸汽的手段。

11. 权利要求 10 的热交换器，其中获得均匀分布液流的分布强化手段是包括一段开孔阻挡片的一级分布强化手段。

12. 权利要求 11 的热交换器，其中所说段的下部阻挡片的开孔面积超过所说段的上部阻挡片的开孔面积。

13. 权利要求12的热交换器，其中阻挡片的开孔面积在所说段内从上至下不断增加。

14. 权利要求10的热交换器，其中获得均匀分布液流的分布强化手段是两级分布强化手段，它包括上段开孔阻挡片和下段开孔阻挡片，上、下段之间有一空隙，其中上段内阻挡片开孔面积介于所说上段内阻挡片面积的2~15%，下段内阻挡片开孔面积介于所说下段内阻挡片面积的20~30%之间。

15. 权利要求10的方法，其中第二通道的顶部是封闭的，从而使第二通道产生的蒸汽不能从热交换器顶部出去。

16. 权利要求10的方法，其中第二通道的顶部是不封闭的，从而使二通道产生的蒸汽能从热交换器顶部出去。

17. 一种双塔系统，包括第一塔、第二塔和主热交换器，所说双塔系统包括：

(A) 主热交换器的热交换器本体，它具有按交替顺序排列的至少一个第一通道和至少一个第二通道，所说第一通道具有一个段，包括用于获得均匀分布液流的分布强化手段；

(B) 从所说分布强化手段上方将来自所说第二塔的液体加入到所说第一通道的手段；

(C) 在所说分布强化手段下方的送液手段，用于将出自所说第一通道的液体以与水平成30~60°的角度导到位于所说第二通道内的过桥片上而加入到所说第二通道，以及

(D) 从所说送液手段的下方将来自所说第一塔的蒸汽送入到所说第一通道的手段。

1 8 . 权利要求 1 7 的系统，其中获得均匀分布液流的分布强化手段是包括一段开孔阻挡片的一级分布强化手段。

1 9 . 权利要求 1 8 的系统，其中所说段下部内阻挡片的开孔面积超过所说段上部内阻挡片的开孔面积。

2 0 . 权利要求 1 9 的系统，其中阻挡片的开孔面积在所说段内从上至下不断增加。

2 1 . 权利要求 1 7 的系统，其中获得均匀分布液流的分布强化手段是两级分布强化手段，它包括上段开孔阻挡片和下段开孔阻挡片，上、下段之间有一空隙，其中上段内阻挡片的开孔面积介于所说上段内阻挡片面积的 2 ~ 1 5 %，该段下部内阻挡片的开孔面积介于所说下段内阻挡片面积的 2 0 ~ 3 0 % 之间。

2 2 . 权利要求 1 7 的系统，其中第二通道封闭于热交换器本体的上部，从而第二通道产生的蒸汽不能从热交换器的顶部出来进入第二塔。

2 3 . 权利要求 1 7 的系统，其中第二通道在热交换器本体的上部不封闭，从而第二通道产生的蒸汽能从热交换器的顶部出来进入第二塔。

2 4 . 借助与蒸汽间接换热使液体蒸发的方法，包括：

(A) 提供具有按交替顺序排列的至少一个第一通道和至少一个第二通道的热交换器；

(B) 通过包括用于均匀分布液流的一级分布强化手段的段把液体加入到所说第一通道，并下流通过所说第一通道；

(C) 把出自所说第一通道经均匀分布的液体送入所说第二通道；

(D) 在所说均匀分布的液体从所说第一通道流出点的下方，向所说第一通道加入蒸汽；以及

(E) 让所说蒸汽和液体并流地分别流经所说第一和第二通道，并使所说第二通道内的所说液体借助在所说并流期间与所说第一通道内的所说蒸汽间接换热而蒸发。

25. 权利要求24的方法，其中所说液体是液氧。

26. 权利要求24的方法，其中所说蒸汽是气氮。

27. 权利要求24的方法，其中一级分布强化手段包括开孔阻挡片。

28. 一种热交换器，包括：

(A) 热交换器本体，它具有按交替顺序排列的至少一个第一通道和至少一个第二通道，所说第一通道具有一个段，包括用于获得均匀分布液流的一级分布强化手段；

(B) 从所说一级分布强化手段上方，向所说第一通道加入液体的手段；

(C) 在所说一级分布强化手段下方的送液手段，用于将出自所说第一通道的液体送入到所说第二通道；以及

(D) 从所说送液手段下方，向所说第一通道加入蒸汽的手段。

29. 权利要求28的热交换器，其中获得均匀分布液流的一级分布强化手段包括一段开孔阻挡片。

30. 权利要求29的热交换器，其中所说阻挡片段的下部阻挡片开孔面积大于所说阻挡片段的上部阻挡片开孔面积。

31. 权利要求30的热交换器，其中阻挡片的开孔面积在所说阻挡片段内从上至下不断增加。

3 2 . 权利要求 2 8 的热交换器，其中第二通道的顶部是封闭的，从而使第二通道产生的蒸汽不能从热交换器顶部出去。

3 3 . 权利要求 2 8 的热交换器，其中第二通道的顶部是不封闭的，从而使二通道产生的蒸汽能从热交换器顶部出去。

说明书

低温精馏用下流、板翅式热交换器

本发明关于下流式热交换器，尤其适合用做双塔低温精馏系统的主再沸器。

迄今，双塔低温空分装置中的主冷凝器或再沸器一般为热虹吸式。用这种型式的热交换器，使来自高压塔的氮蒸汽冷凝，同时与低压塔的低压液态氧间接换热而使其蒸发。液氧靠热虹吸效应沿热交换器从下抽至上部，热交换是通过液氧与向下流的气态氮之间的逆流而进行。

传统热虹吸型式的一个问题是，为了推动循环需要一定的液氧压头，这样，热交换器底部的氧压就升高了。于是当液氧进入热交换器时就成为过冷的了。当该液体上升时其温度靠显热传热升高，同时压力逐渐下降，直到温度最终达到饱和温度随之便出现沸腾。此过程的净效果是，热虹吸再沸器的热效能下降，冷凝氮压力无法降到某一极限值以下。

从事此行业的专家们为解决这个问题采取了下流式热交换器，其中，在热交换过程中气态氮和液态氧按并流都朝下流。下流的型式降低了高压塔内氮气的压力，结果节省了动力。

重要的是，在下流式热交换器操作中，要保证沸腾液氧不沸腾到煮干的地步。让液氧沸腾至干会降低传热效率，还会提高烃类在换热器通道内局部地区浓度，以至使这些气袋中达到可燃浓度，增加着火

的危险。由此可见，在以下流式热交换器进行低温气空分离时，重要的是，液氧应沿诸液氧通道之间均匀地分配，同时顺着每条通道的全长也应均匀分布。这种完成均匀分配通常是在沸腾传热通道上方分两段完成的，即第一段粗分布段和隔一定间距随后的第二段细分布段。然后，均匀分配的液体才顺传热通道流过。第一段一般采用节流孔板、布配筛板或者分配（孔）管，而第二段一般采用阻挡片组件。存在的缺点之一是，第一段使用的部件比较贵，其实本可以较好地只使用造价较低的阻挡片就能达到液体的充分分布。另外，传统的第一段分配还要用精度较高的孔板或筛板来完成第一段分配。

鉴于上述，本发明的一个目的是提供一种下流式热交换器和换热方法，它能有效地用于低温空分当中，并能减少传统下流式热交换器的问题，譬如液体分布不均问题。

本发明的上述以及其他目的对于熟悉此项技术的人，在读过本公开之后将会很清楚，本发明的一个方面是：

一种借助与蒸汽间接换热使液体蒸发的方法，包括：

（A）提供具有按交替顺序排列的至少一个第一通道和至少一个第二通道的热交换器；

（B）通过包括用于获得均匀分布液流手段的热交换器段把液体加入到所说第一通道并下流通过所说第一通道；

（C）把出自所说第一通道的所说经均匀分布的液体以与水平成 $30 \sim 60^\circ$ 之间的角度送入所说第二通道内的过桥片而进入所说第二通道；

（D）在所说均匀分布的液体从所说第一通道流出点的下方，向所说第一通道加入蒸汽；以及

(E) 让所说蒸汽和液体并流地分别流经所说第一和第二通道，并使所说第二通道内的所说液体借助在所说并流期间与所说第一通道内的所说蒸汽间接换热而蒸发。

本发明的另一个方面是：

一种热交换器，包括：

(A) 热交换器本体，它具有按交替顺序排列的至少一个第一通道和至少一个第二通道，所说第一通道具有一个段，包括用于获得均匀分布液流的分布强化手段；

(B) 从所说分布强化手段上方，向所说第一通道加入液体的手段；

(C) 在所说分布强化手段下方的送液手段，用于将出自所说第一通道的液体以与水平成 $30 \sim 60^\circ$ 的角度导到位于所说第二通道内的过桥片上而进入所说第二通道；以及

(D) 从所说送液手段下方，向所说第一通道加入蒸汽的手段。

本发明进一步的方面是：

一种双塔系统，包括第一塔、第二塔和主热交换器，所说双塔系统包括：

(A) 主热交换器的热交换器本体，它具有按交替顺序排列的至少一个第一通道和至少一个第二通道，所说第一通道具有一个段，包括用于获得均匀分布液流的分布强化手段；

(B) 从所说分布强化手段上方将来自所说第二塔的液体加入到所说第一通道的手段；

(C) 在所说分布强化手段下方的送液手段，用于将出自所说第

一通道的液体以与水平成 $30 \sim 60^\circ$ 的角度导到位于所说第二通道内的过桥片上而加入到所说第二通道，以及

(D) 从所说送液手段的下方将来自所说第一塔的蒸汽送入到所说第一通道的手段。

本发明的又一个方面是：

一种借助与蒸汽间接换热使液体蒸发的方法，包括：

(A) 提供具有按交替顺序排列的至少一个第一通道和至少一个第二通道的热交换器；

(B) 通过包括用于获得均匀分布液流的一级分布强化手段的段把液体加入到所说第一通道，并下流通过所说第一通道；

(C) 把出自所说第一通道经均匀分布的液体送入所说第二通道；

(D) 在所说均匀分布的液体从所说第一通道流出点的下方，向所说第一通道加入蒸汽；以及

(E) 让所说蒸汽和液体并流地分别流经所说第一和第二通道，并使所说第二通道内的所说液体借助在所说并流期间与所说第一通道内的所说蒸汽间接换热而蒸发。

本发明的另一个方面是：

一种热交换器，包括：

(A) 热交换器本体，它具有按交替顺序排列的至少一个第一通道和至少一个第二通道，所说第一通道具有一个段，包括用于获得均匀分布液流的一级分布强化手段；

(B) 从所说一级分布强化手段上方，向所说第一通道加入液体的手段；

(C) 在所说一级分布强化手段下方的送液手段，用于将出自所说第一通道的液体送入到所说第二通道；以及

(D) 从所说送液手段下方向所说第一通道加入蒸汽的手段。

这里所用术语“液氧”意指氧含量至少为 90% (摩尔) 的液体。

这里所用的术语“气氮”意指氮含量至少为 90% (摩尔) 的蒸汽。

这里所用的术语“塔”意指蒸馏或分馏塔或区，即一个接触塔或区，其中液相和汽相逆流接触以实现流体混合物的分离，举例说，通过液相和汽相在塔内一系列沿竖向间隔安装的塔盘或塔板上，和/或在填料表面上接触以实现分离。有关蒸馏塔的进一步讨论，可参见《化学工程师手册·第五版》，R. H. Perry 和 C. H. Chilton 编，McGraw-Hill Book Company，纽约，第 13 节，“连续蒸馏过程”。术语“双塔”，在此指一个高压塔和一个低压塔，前者的上端同后者的下端处于热交换关系。有关双塔的进一步讨论，可参见 Ruheman 的《气体分离》，牛津大学出版社，1949 年，第 VII 章，“工业化空气分离”。

汽、液接触分离过程取决于组分间的蒸汽压差异。高蒸汽压（或易挥发、低沸点）组分倾向于浓集在汽相，而低蒸汽压（或难挥发、高沸点）组分倾向于浓集在液相。部分冷凝是一种分离过程，利用它，可以借蒸汽混合物冷却使易挥发组分浓集在汽相，同时将难挥发组分浓集在液相。精馏，或连续蒸馏，是这样一种分离过程，象汽、液相逆流处理时获得的那样，它结合了一连串的部分蒸发和部分冷凝。汽、液相的逆流接触一般是绝热的，但也可以是非绝热的，可以包括相间逐级接触，也可以是连续接触。利用精馏原理分离混合物的分离工艺

设备常常不加区分地被称做精馏塔、蒸馏塔或分馏塔。低温精馏是一种至少部分地在 150°K 以下进行的精馏过程。

这里所用的术语“间接换热”意指，让两股流体处于换热关系而流体间不发生物理接触或者相混。

这里所用术语“进料空气”指的是一种主要包含氮和氧的混合物，例如空气。

这里所用的术语“一级分布强化”意指借助象开孔阻挡片这样的单段分布手段达到的液体沿通道横截面的均匀分布。

这里所用术语“阻挡片”意指一种结构，其中，翅片或者波纹片垂直于流动方向从而对流体流动起了很大的阻挡作用。

在本文中，当涉及到本发明下流式热交换器提到术语“顶”、“底”、“上方”、“下方”、“上部”和“下部”时，所指热交换器均为竖向安装的。

图 1 是采用本发明下流式热交换器的双塔设备的简图。

图 2 是针对本发明下流式热交换器的一个较好实例的剖面详图，所说热交换器具有一级分布强化手段。

图 3 是针对本发明下流式热交换器另一个实例的剖面详图，具有两级分布强化手段。

图 4 是图 2 所示下流式热交换器实例液、汽通道细部的示意性断面图。

图 5 是本发明下流式热交换器另一实例的液、汽通道细节的示意性断面图，其中液体蒸发通道可以在顶部开孔。

图 6 是类似于图 2 所示实例的本发明（下流式）热交换器实例的剖面详图，但其中不采用使液体从第一通道流向第二通道的过桥片。

图 7 画的是可用于实施本发明的一个较好的、用于阻挡片的开孔布置。

本发明包括下流式热交换器和换热方法，尤其适合用做象低温空气精馏中普通采用的双塔系统中的主热交换器，其中，液体（例如液氧）在进入热交换器的热交换通道之前，在蒸汽（或冷凝）换热通道的上方先行均匀分布，随后，均匀分布的液体较好斜向流到液相（或蒸发）换热通道的过桥片上。这样，沸腾换热通道内因液体蒸发产生的蒸汽便不会干扰进入沸腾换热通道之前的液体均匀分布，从而减少或消除有可能造成换热效率下降甚至引起安全方面的忧患的根源。

下面，结合附图详细说明本发明。先看图 1，图中表示的是一个双塔系统的第一塔，塔 1，的上部和第二塔，塔 2，的下部，其中第一塔的操作压力比第二塔高。在典型的低温空分装置中，进料空气进入高压塔 1，在此，借低温精馏分离成氮增浓汽和氧增浓液，二者再被送入低压塔 2，借低温精馏分离成氮和氧产物。为了产生塔的回流液，高压塔产生的气态氮同蒸发的液氧换热而冷凝。气氮自塔 1 出来经管道 3 进入立式主热交换器 4。液氧从塔 2 沿管道 5 流入液泵 6，再顺管道 7 和阀门 8 进入液氧收集槽 9，然后流入主热交换器 4 的上部，其加入点位于气氮进入主热交换器 4 的加入点的上方。可以把流 7 的部分流 10 经阀 11 返回塔 2 用于流量控制的目的。而流 7 的另一部分 12 可做为产物液氧加以回收。

液氧和气氮沿主热交换器 4 并流而下，在此过程中，气氮隔壁与不断蒸发的液氧背靠背地冷凝。生成的凝结氮从主热交换器 4 经管道 13 流入高压塔 1 作为回流。从主热交换器出来的部分流 14 被送入

低压塔 2 做为回流，且还可将流 1 4 的一部分做为液氮回收。经主换热器 4 并流过程中仍未蒸发的液氧则沿图中箭头 1 5 所示方向流出主换热器。在主热交换器 4 内的上述换热过程中生成的气态氧沿箭头 1 6 从主热交换器流入第二塔，随即沿塔 2 上升作为精馏的上升蒸汽。可以从塔 2 把该气态氧的一部分经管道 1 7 抽出做为产物回收。作为替代的办法，可以取消液氧收集槽 9 并将液氧直接经管道 7 和阀 8 送入主热交换器 4 的上部。作为另一些替代办法，可以象图 1 所示那样，把离开低压塔内接触手段的液流 1 8 引入液氧收集槽 9，也可以将其直接导入塔 2 的底部，进入釜液同液体 1 5 混合，还可以将其直接加到主热交换器 4 的上部。

图 2 表示一个可作为主热交换器 4 的下流式热交换器的较好实施方案。热交换器 2 0 包括由一系列竖直、平行间隔排列的板构成的热交换器本体，这些板形成了由第一通道 2 1 和第二通道双交替地顺序排列的序列。液体（例如液氧）2 3 流入第一通道 2 1。由于有密封条 2 4，从热交换器 2 0 的上部来的液体无法进入第二通道 2 2。支撑片 3 5 撑着间隔板防止翘曲。

在第一通道 2 1 内，液体穿过包含有为获得均匀分布液流的分布强化手段的一段。图 2 表示一种尤其好的液流分布强化手段。在图 2 中表示的具体方案中，液体通过流经包括由开孔阻挡片 2 5 构成的一级分布强化手段的一段而实现单级分布分布，从主式阻挡片段的顶到底，阻挡片的开孔面积连续增加。譬如，在阻挡片段的顶部，阻挡片的开孔面积可小于阻挡片段顶阻挡片总面积的 5%，随后可连续增加到，在阻挡片段底部处，阻挡片总面积的 20% 以上，较好 25% 以上。

这种一级的开孔阻挡片段通过保证热交换器顶部的液体均匀地通过所有的第一通道，起到产生均匀分布液流的作用。这种单级式分布之所以优于传统的多级式分布是因为，它消除了往往出现液体不良分布的级间过渡区或部位。在通过阻挡片段之后，均匀分布的液体流到倾斜密封条 2 6 上，其坡度与水平方向成 $30 \sim 60^\circ$ 角。液体以此角度沿密封条 2 6 穿过缝隙 2 7 朝下流，在含有过桥片 2 8 的段处从第一通道 2 1 流入第二通道 2 2。过桥片较好用较薄规格材料做成光波纹片，其纵向与阻挡片成直角。过桥片起两重作用：（1）在开缝区为间隔板提供机械支撑，（2）在液体向第二通道 2 2 转移时，进一步分流并保持在第一通道 2 1 获得的良好液体分布。虽然采用此种过桥片是较好的，但并非总是需要此种过桥片，而且在图 6 中就给出了不带过桥片的一种布置。

蒸汽（例如气氮），在倾斜密封条 2 6 和均匀分布液体由第一通道流入第二通道的缝隙 2 7 的下方—2 9 处进入第一通道 2 1。汽和液随后便各自沿着第一和第二通道并流而下，此间，第一通道 2 1 内的蒸汽和第二通道 2 2 内的液体借间接换热而分别冷凝和蒸发。热交换器中流体并流流动的这一段是换热段，在此热交换器段内的通道较好带有沿通道长度方向的纵向翅片以促进传热。从第一和第二通道流出的液体和蒸汽分别用箭头 3 0 和 3 1 表示，因为是示意性的，仅标出一组通道并分别注明氮和氧。蒸发通道的顶部由密封条 2 4 封住了，所以所有蒸出的氧蒸汽都从热交换器的底部出去。

图 3 表示本发明下流式热交换器的另一实施方案，其中，不是在进第二通道并穿过换热段之前采用单级液体分布，而是采用了由第一

级和二级之间的空隙界定的两级分布。图 3 与图 2 中相对应的部件采用相同的数字代号，下面，对其操作情况将不再说明。

图 3 所示具体方案采用了两段阻挡片。在这个具体方案中，液体经过两级分布：上段的初步粗分布和下段的第二级细分布。上段 3 2 采用小开孔面积的阻挡片，其开孔面积一般在该段阻挡片总面积的 2 ~ 15 % 之间，而下段 3 3 采用了较大开孔面积的阻挡片，其开口面积一般在该段阻挡片总面积的 20 ~ 30 %。这两段阻挡片被空隙 3 4 分开。图 3 所画出的两级分布不如图 2 画出的单级分布好，但这种两级方案较容易制做或成本较低。

在实施本发明时，为达到液流的均匀分布还可以采用其他手段作为分布强化手段，以代替或者辅助开孔阻挡片。在此类手段中，可以举出锯齿形翅片或填料。

图 4 表示从不同角度观察得到的图 2 所示热交换器方案第一通道和第二通道剖面视图的典型式样。图 4 使用的数字代号与图 2 相对应。

图 5 是采用与图 4 相同的类型、能用于实施本发明的另一种布置的示意图，其中送入到第一通道的液体是从侧面而不是从顶部提供的。图 5 与图 2 的相同部分（件）采用对应的数字代号。在图 4 和图 5 中没有画出热交换段的翅片。在此方案中，集液槽 3 6 是围着第一和第二通道的，而不是位于它们的上方，液体是通过进液口 3 7 加入第一通道的。可以做成开孔并沿拦截主流动方向放置的分布片 3 9，被用来把液体从进液口 3 7 传送到阻挡片 2 5 的顶部。靠这种布置，蒸发通道可以在顶部开口，使换热产生的蒸汽（例如汽态氧）中一部分能通过下流式热交换器顶部（如箭头 3 8 所示）进入第二塔，而不是让所有的蒸汽都从热交换器的底部流出。采用了一种密封条 4 0 将通道

2 1 的顶部封住，还在通道 2 1 的分布翅片 3 9 和密封条 4 0 之间设置了支撑片 4 1。在通道 2 2 内过桥片 2 8 上方还设置了另外的支撑片 4 2。

图 7 画出了用于实施本发明阻挡片的较好开孔布置。这是一种三角形开孔排布。虽然其他布置，例如正方形布置，也可采用，但这是一种较好的布置。在图 7 中，与水平成倾角 θ 的实线是开口中心线。为做成翅片形式，将材料沿与虚线平行的直线折弯。阴影区域标出翅片元件放入通道 2 1 内时所占据的空间。

为保证液体沿整个翅片的均匀流动，开孔图形较好沿翅片长度方向按短间距重复。在图 7 中，此间距表示为 P 。为保证有一个规则的重复开孔图形，存在着一系列分立的 θ 值，它们是 $\theta = 30^\circ$ 、 60° 、 70.9° 、 76.1° 、 79.1° 、 81.1° 、 82.4° 、 83.4° 等等，其中， $\theta = \text{tg}^{-1} \left((2n + 1) / \sqrt{3} \right)$ ， n 取整数。间距 p 随 θ 角增加而增加。

另一项考虑是要保证，所有的翅片表面须包括至少一定数目的孔，否则就妨碍液流顺利通过该通道。在图 7 中，阴影部分必须包括至少一定数目的孔。随着 θ 减小，出现一条或多条翅片表面未开孔的几率就增加了。我们发现， θ 的最佳值为 70.9° 、 76.1° 和 79.1° ，而其中以 76.1° 为普遍看好。

阻挡片开孔面积的改变可以通过减少孔间节距达到。节距减少则孔就变密，开孔面积增加。就 2.5mm 直径的孔，按正三角形排列而言，达到 5% 阻挡片材料开孔面积的对应节径是 10.6mm，而达到 25% 开孔面积的节距则是 4.76mm。

这样，采用了本发明，就可以使下流式液体热交换器中进入换热之前的液体分布比迄今已有的下流热交换器有所改进。虽然已结合某些实施方案详细说明了本发明，但是熟悉此项技术的人会理解，尚有其他符合权利要求原则和范围的本发明具体方案。

说明书附图

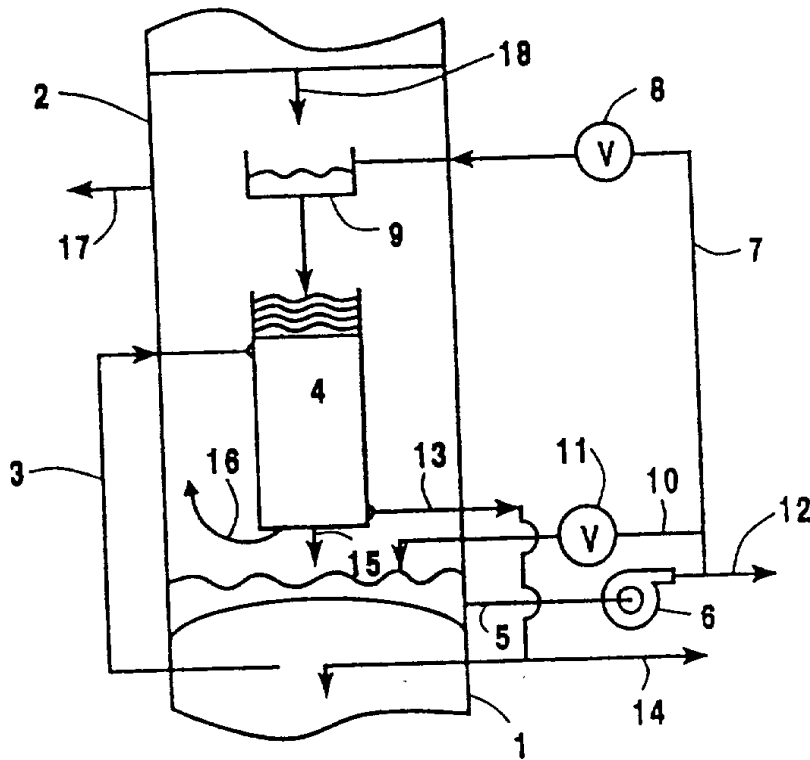


图 1

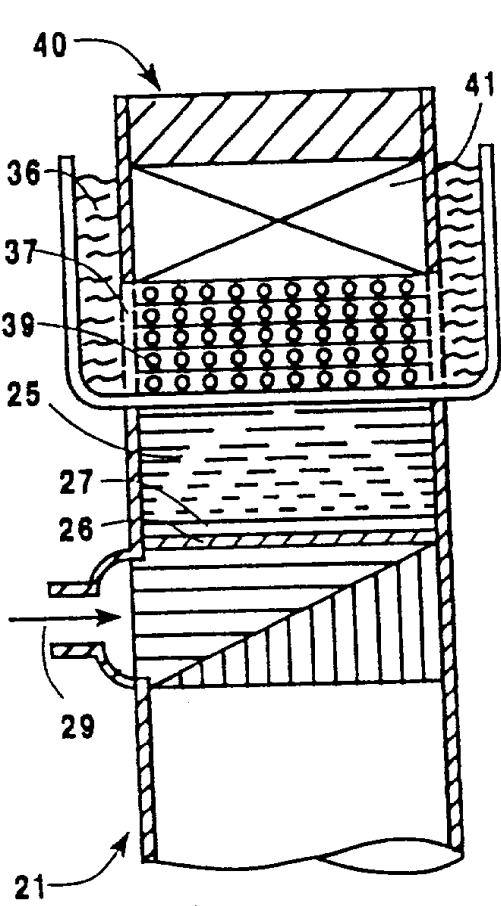


图 5A

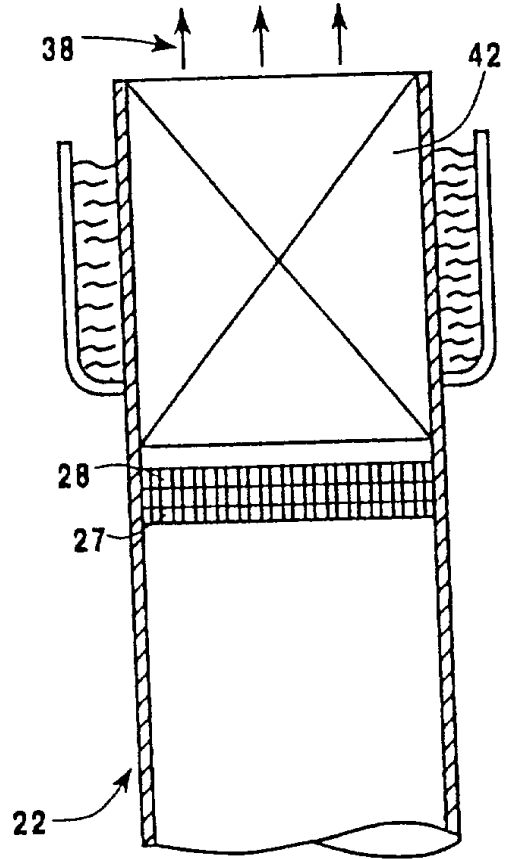


图 5B

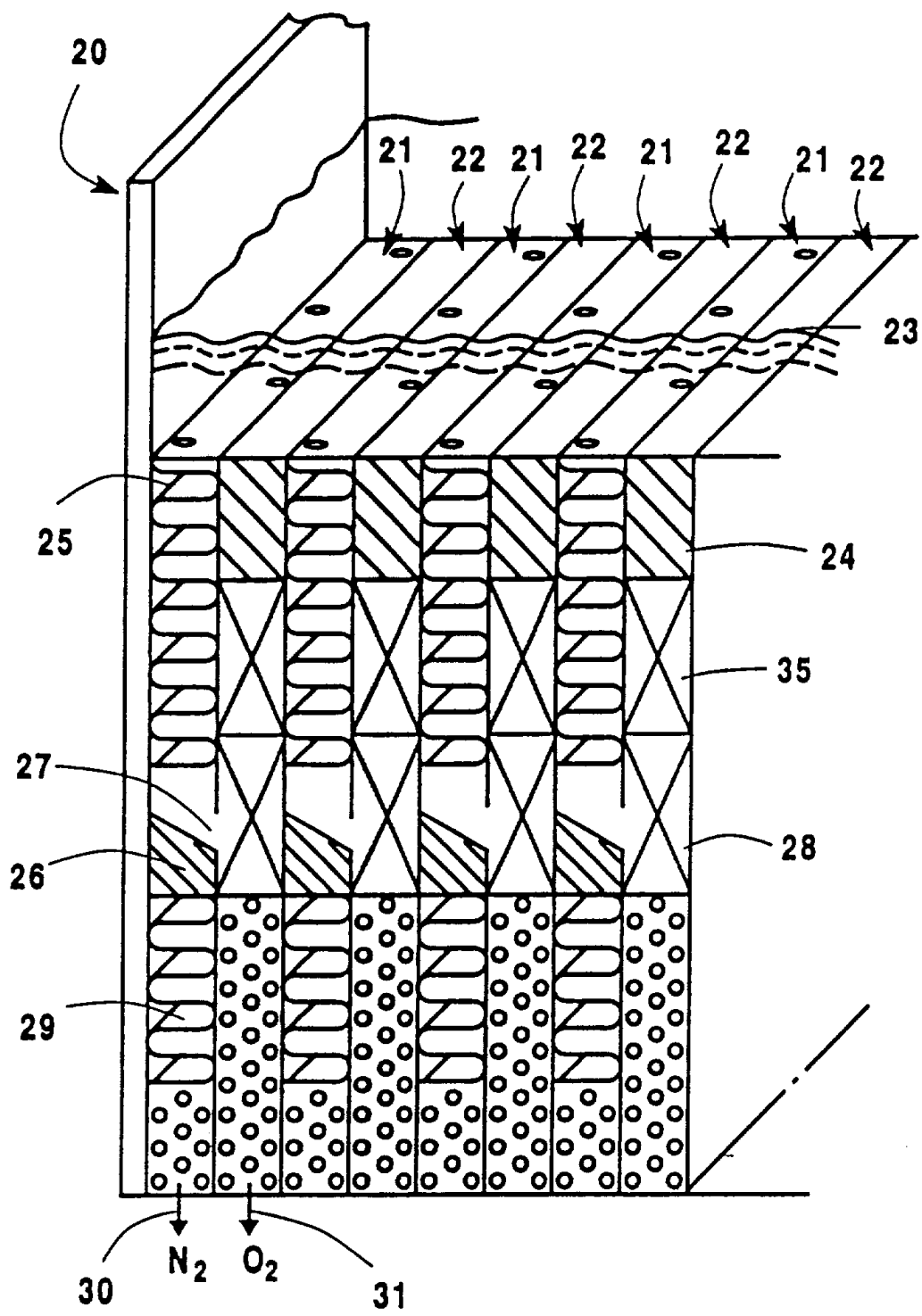


图 2

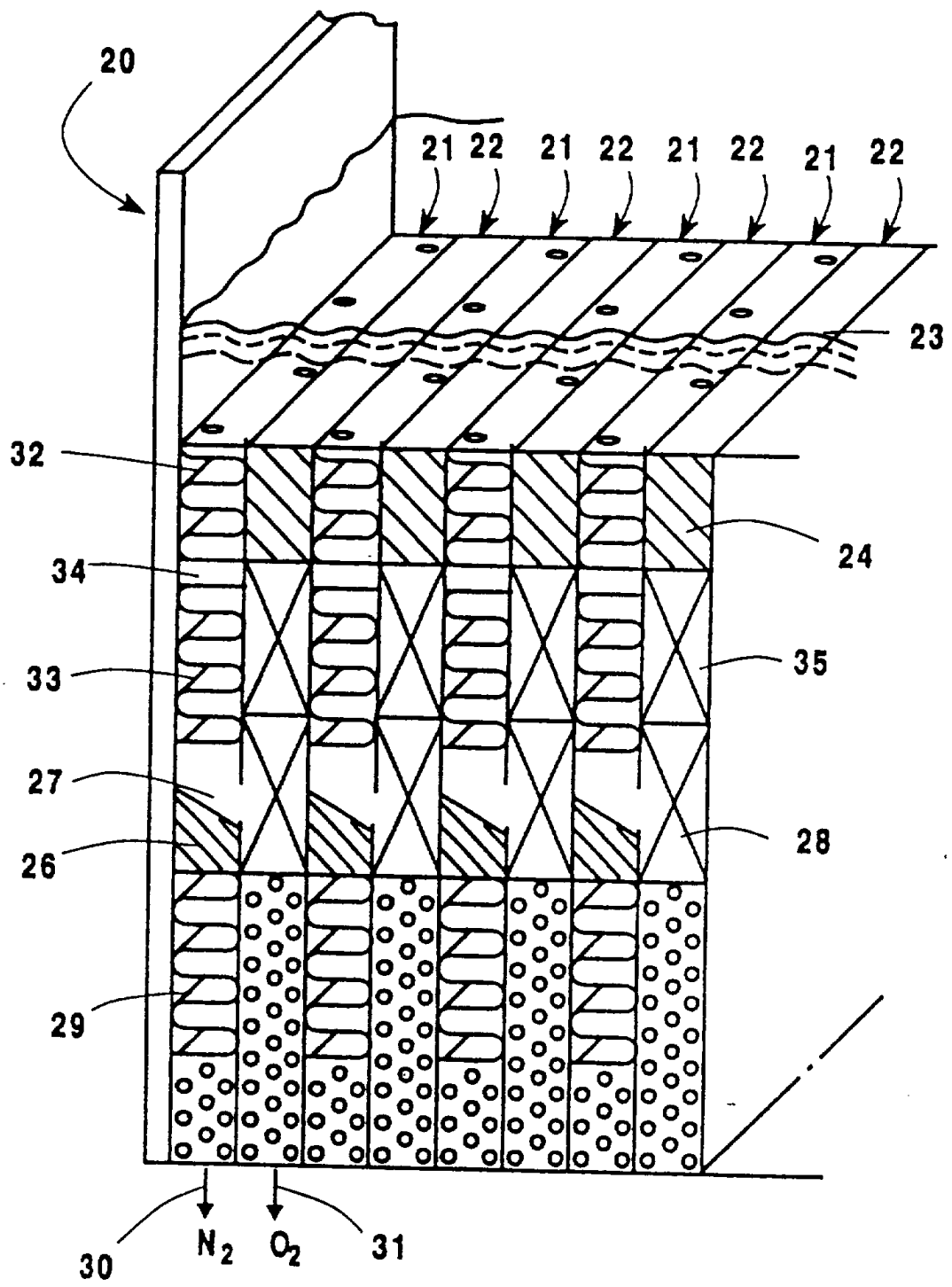


图 3

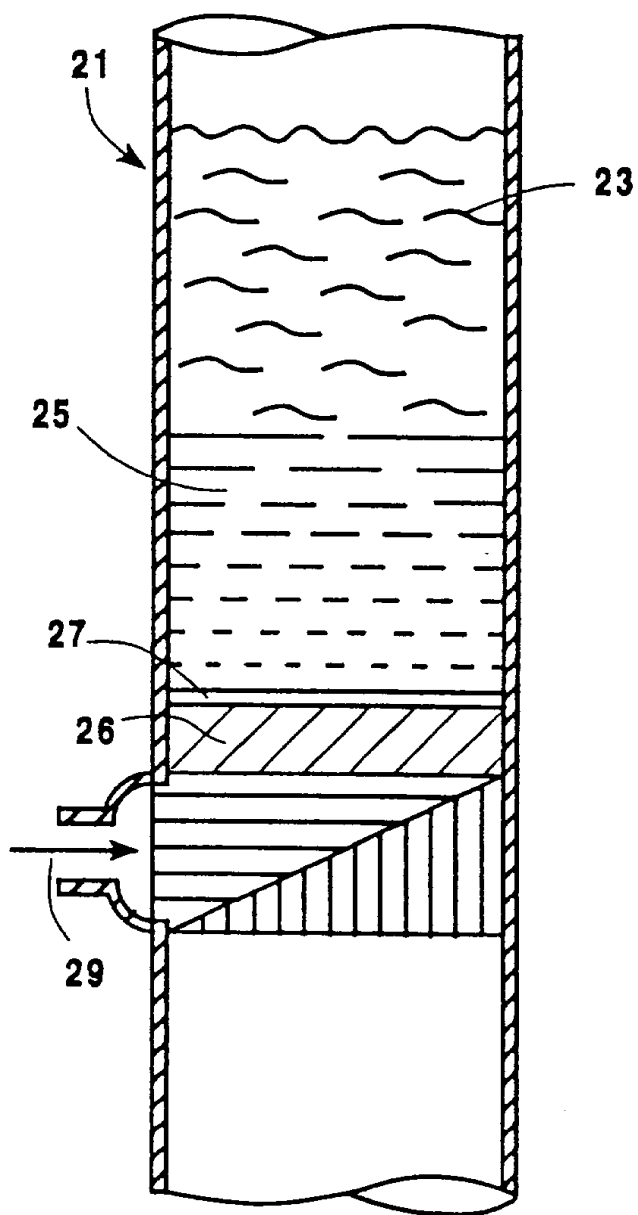


图 4A

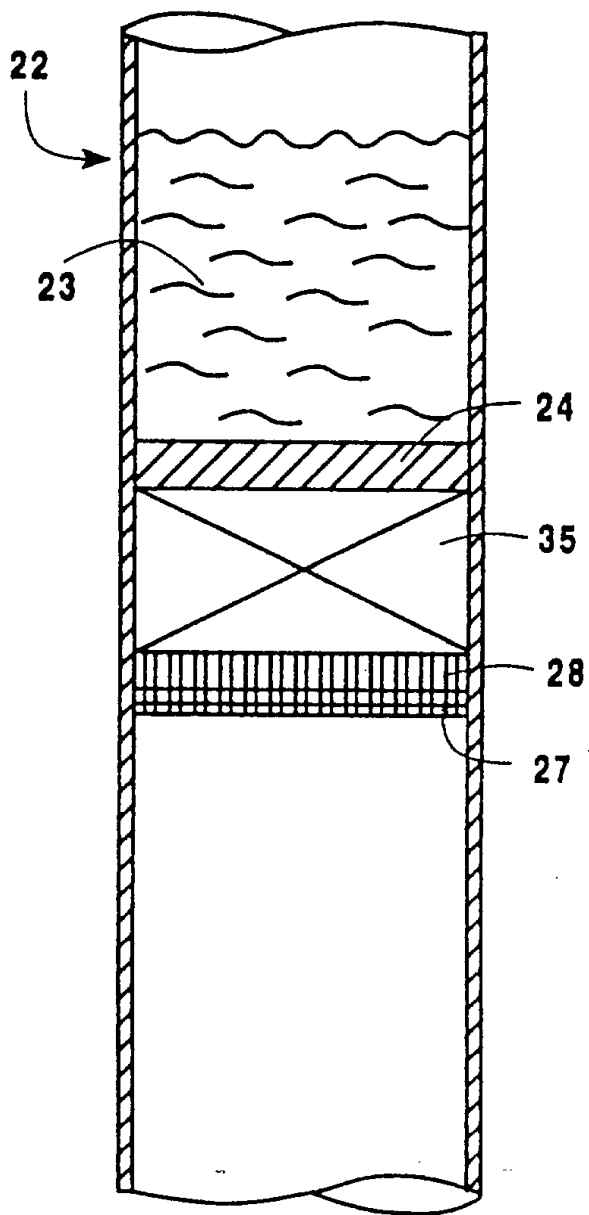


图 4B

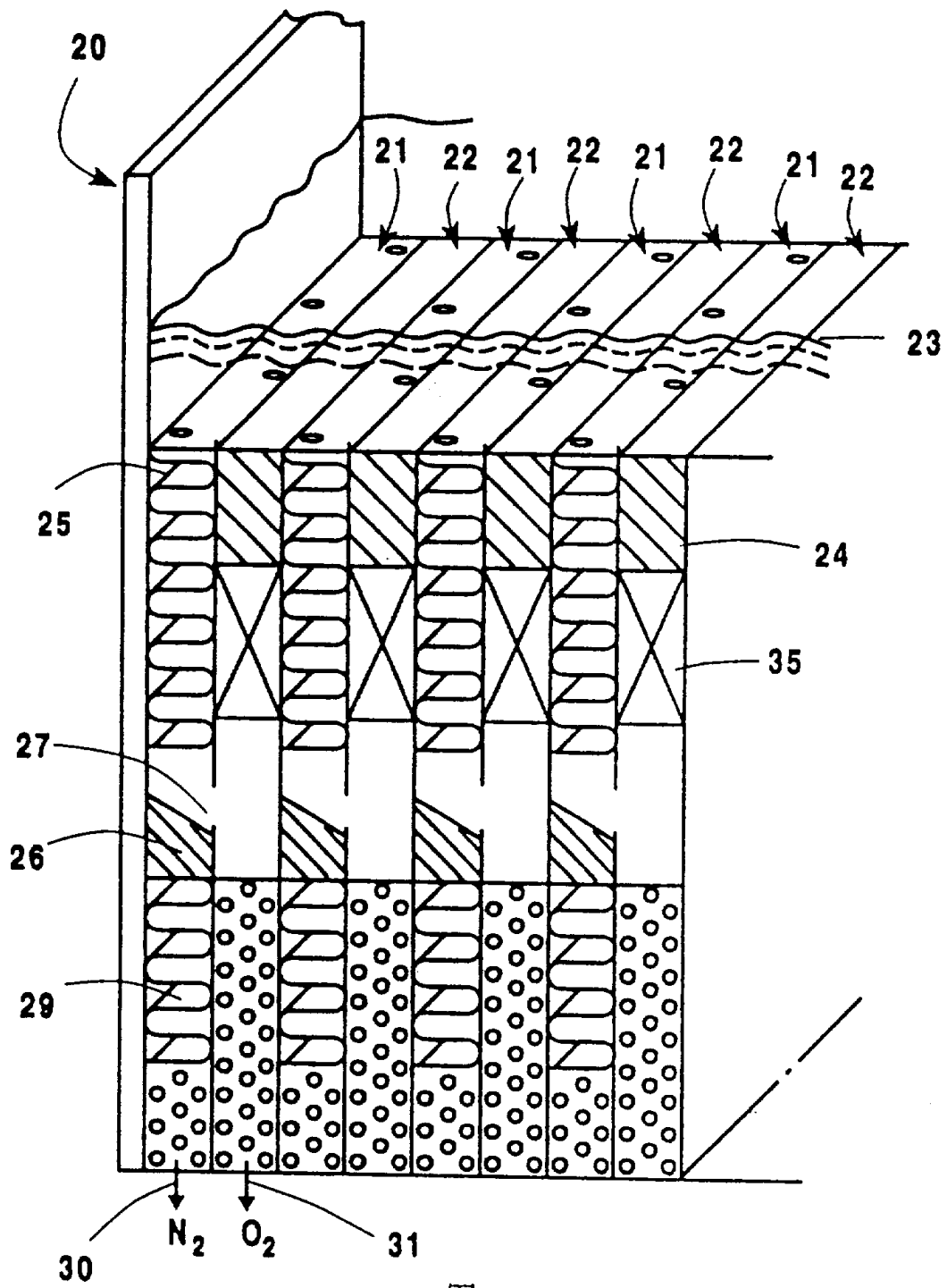


图 6

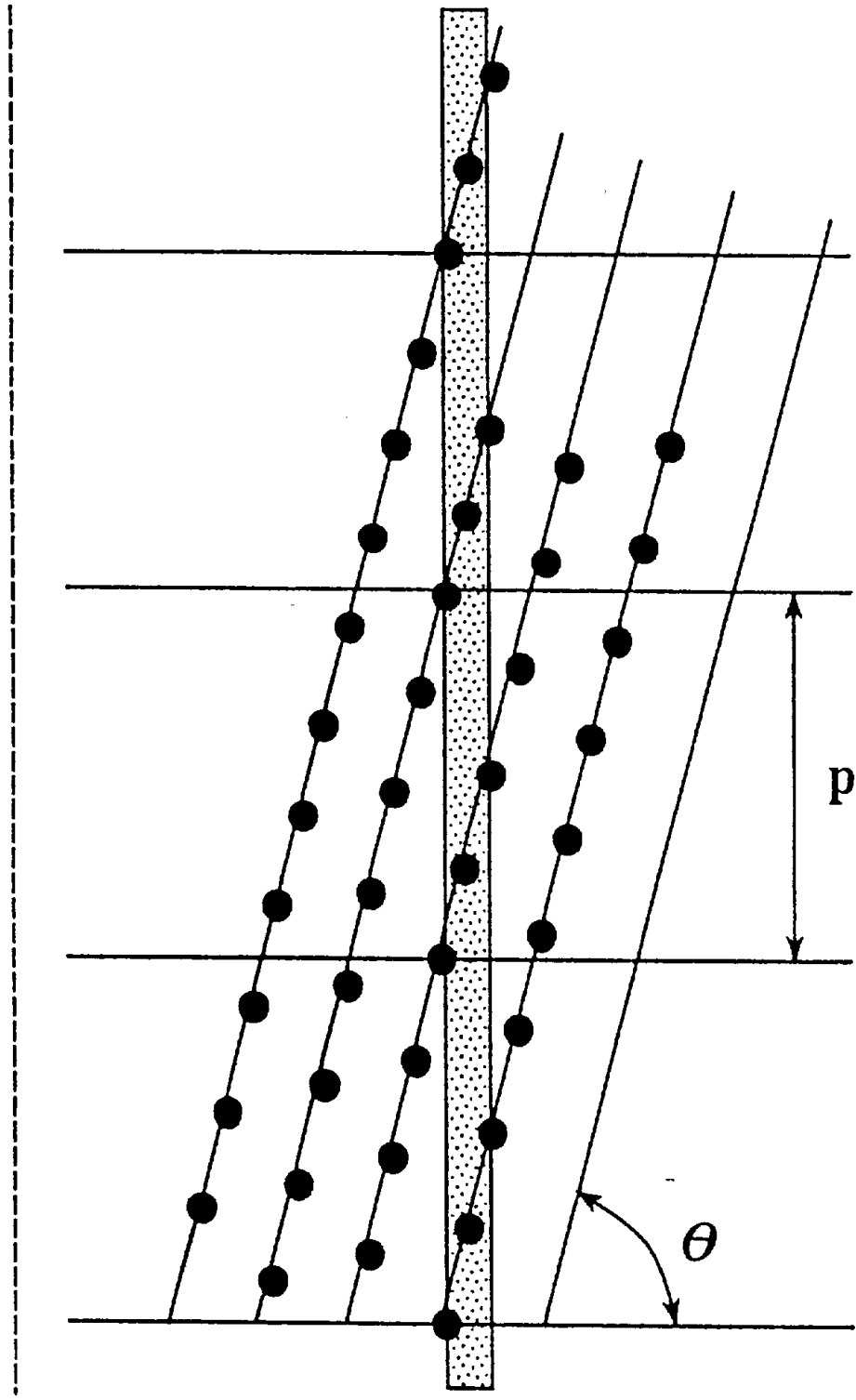


图 7