



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101849147 B

(45) 授权公告日 2013. 01. 09

(21) 申请号 200780101125. 1  
 (22) 申请日 2007. 10. 16  
 (85) PCT申请进入国家阶段日  
 2010. 04. 15  
 (86) PCT申请的申请数据  
 PCT/US2007/022121 2007. 10. 16  
 (87) PCT申请的公布数据  
 W02009/051583 EN 2009. 04. 23  
 (73) 专利权人 开利公司  
 地址 美国康涅狄格州  
 (72) 发明人 马子都 J·J·桑焦文尼  
 (74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司  
 72001  
 代理人 周春梅 杨楷

WO 9964147 A2, 1999. 12. 16,  
 WO 9916542 A1, 1999. 04. 08,  
 CN 1791773 A, 2006. 06. 21,  
 CN 1642628 A, 2005. 07. 20,  
 CN 1169885 A, 1998. 01. 14,  
 US 4936109 A, 1990. 06. 26,

审查员 张林颖

(51) Int. Cl.  
 F25B 17/06(2006. 01)  
 F25B 15/00(2006. 01)  
 F25B 23/00(2006. 01)

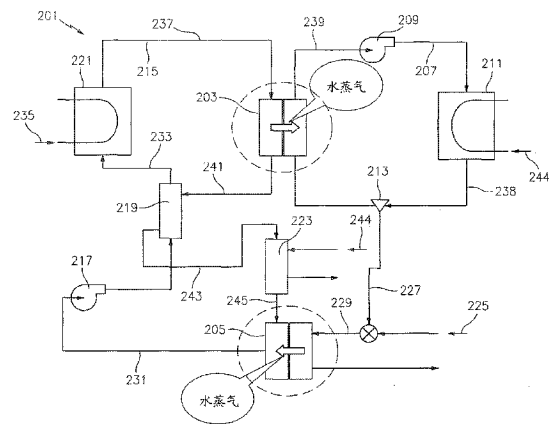
(56) 对比文件  
 US 5127234 A, 1992. 07. 07,

权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 4 页

(54) 发明名称  
 非真空吸收制冷

(57) 摘要

本发明公开了一种非真空制冷系统,其利用膜蒸馏在环境压力下操作以执行蒸发器、吸收器和沸腾器以及冷凝器的功能。不存在真空使得能使用低压、耐腐蚀的管道系统和容器,其排除了与易于腐蚀的容器和管道系统相关联的维护要求并减轻了总系统重量。



1. 一种非真空吸收制冷系统,其包括:

第一膜接触器,其用于冷却制冷剂流体和生成制冷剂蒸气,且携带吸收剂溶液用于吸收所述制冷剂蒸气以产生稀吸收剂溶液;以及

第二膜接触器,其用于从所述稀吸收剂溶液移除所述制冷剂以向所述第一膜接触器提供浓吸收剂溶液,

其中,所述第一膜接触器和第二膜接触器被设计和操作用于膜蒸馏;

其中,所述第一膜接触器和第二膜接触器包括具有疏水性内表面与疏水性外表面的多微孔膜;

其中,所述浓吸收剂溶液的蒸气压力小于所述制冷剂流体的蒸气压力,在所述第一膜接触器的循环所述制冷剂流体的一侧上从制冷剂流体溶液蒸发制冷剂,且在所述第一膜接触器的循环所述浓吸收剂溶液的另一侧上冷凝蒸发的制冷剂;并且

其中,所述稀吸收剂溶液的蒸气压力大于所述制冷剂的蒸气压力,在所述第二膜接触器的循环所述稀吸收剂溶液的一侧上从所述稀吸收剂溶液蒸发制冷剂,且在所述第二膜接触器的循环所述制冷剂的另一侧上冷凝所述蒸发的制冷剂。

2. 根据权利要求1所述的非真空吸收制冷系统,其中,使用耐腐蚀材料用于系统的管道系统和容器构造。

3. 根据权利要求2所述的非真空吸收制冷系统,其中,所述耐腐蚀材料是塑料。

4. 根据权利要求1所述的非真空吸收制冷系统,其中,所述膜蒸馏是直接接触膜蒸馏、空气间隙膜蒸馏、吹扫气膜蒸馏或真空膜蒸馏。

5. 根据权利要求1所述的非真空吸收制冷系统,其中,在所述内表面和外表面上的多微孔膜材料是选自由聚丙烯、聚偏氟乙烯(PVDF)、聚四氟乙烯(PTFE)或者表面能低于制冷剂的表面张力的任何其它材料组成的组。

6. 根据权利要求1所述的非真空吸收制冷系统,其中,所述多微孔膜具有大于50%的壁孔隙率。

7. 根据权利要求6所述的非真空吸收制冷系统,其中,所述多微孔膜具有在0.1微米至0.6微米范围内的孔隙大小。

8. 根据权利要求7所述的非真空吸收制冷系统,其中,所述孔隙大小和所述疏水性使得所述吸收剂溶液和所述制冷剂流体并不渗透所述多微孔膜的孔隙。

9. 根据权利要求8所述的非真空吸收制冷系统,其中,在所述第一膜接触器和第二膜接触器中的膜的表面能小于所述稀吸收剂溶液的表面张力或所述制冷剂流体的表面张力中的较小者。

10. 根据权利要求1所述的非真空吸收制冷系统,其还包括:

吸收剂溶液循环回路,其中,所述吸收剂溶液循环回路和制冷剂流体流动通过所述第一膜接触器;

制冷剂循环回路,其中,所述制冷剂循环回路和吸收剂溶液循环回路流动通过所述第二膜接触器;以及,

结合到另一制冷剂流体流以产生所述制冷剂流体的计量制冷剂流。

11. 根据权利要求10所述的非真空吸收制冷系统,其还包括:

稀吸收剂溶液加热器,其被配置成在稀吸收剂溶液进入到所述第二膜接触器之前将所

述稀吸收剂溶液加热到预定温度；

制冷剂冷却器，其被配置成在所述制冷剂进入到所述第二膜接触器之前将所述制冷剂冷却到预定温度；以及，

浓吸收剂溶液冷却器，其被配置成在所述浓吸收剂溶液进入所述第一膜接触器之前将所述浓吸收剂溶液冷却到预定温度。

12. 根据权利要求 11 所述的非真空吸收制冷系统，其中，所述稀吸收剂溶液预定温度决定稀吸收剂溶液蒸气压力，所述制冷剂预定温度决定制冷剂蒸气压力。

13. 根据权利要求 11 所述的非真空吸收制冷系统，其中，如果所述稀吸收剂溶液蒸气压力小于或等于所述制冷剂蒸气压力，所述稀吸收剂溶液加热器输出温度升高。

14. 根据权利要求 11 所述的非真空吸收制冷系统，其中，如果所述稀吸收剂溶液蒸气压力小于或等于所述制冷剂蒸气压力，所述制冷剂冷却器冷却温度降低。

15. 根据权利要求 11 所述的非真空吸收制冷系统，其中，所述浓吸收剂溶液预定温度决定浓吸收剂溶液蒸气压力，所述制冷剂流体预定温度决定制冷剂流体蒸气压力。

16. 根据权利要求 11 所述的非真空吸收制冷系统，其中，如果所述浓吸收剂溶液蒸气压力大于或等于所述制冷剂流体蒸气压力，所述浓吸收剂溶液冷却器冷却输出温度降低。

17. 根据权利要求 1 所述的非真空吸收制冷系统，其中，所述制冷剂是水。

18. 根据权利要求 1 所述的非真空吸收制冷系统，其中，所述吸收剂溶液是 LiBr 溶液。

19. 根据权利要求 10 所述的非真空吸收制冷系统，其中，从所述稀吸收剂溶液移除的制冷剂源自所述计量制冷剂流。

20. 根据权利要求 19 所述非真空吸收制冷系统，其中，从所述稀吸收剂溶液移除的所述制冷剂通过所述第二膜接触器返回到所述制冷剂循环回路。

21. 根据权利要求 1 所述的非真空吸收制冷系统，其中，所述第一膜接触器的热效率  $\eta_A$  大于 50%。

22. 一种非真空吸收制冷方法，其包括：

向制冷剂流体流添加制冷剂；

循环浓吸收剂溶液和所述制冷剂流体流通过第一膜接触器；

生成制冷剂蒸气并冷却所述第一膜接触器中的所述制冷剂流体流；

吸收所述制冷剂蒸气，产生稀吸收剂溶液；

循环所述稀吸收剂溶液和所述制冷剂通过第二膜接触器；

从所述第二膜接触器中的所述稀吸收剂溶液生成制冷剂蒸气；

将所述制冷剂蒸气吸收到所述制冷剂内；以及，

为所述第一膜接触器提供浓吸收剂溶液并冷却该溶液。

23. 根据权利要求 22 所述的方法，其中，所述第一膜接触器的热效率  $\eta_A$  大于 50%。

## 非真空吸收制冷

### 技术领域

[0001] 本发明总地涉及吸收制冷的领域。更具体地,本发明涉及一种吸收制冷系统,其无需真空且利用蒸馏膜来执行蒸发器、吸收器和浓缩器的功能。

### 背景技术

[0002] 基本吸收循环采用制冷剂 and 吸收剂。通常,水用作制冷剂且溴化锂 / 水溶液 (LiBr/H<sub>2</sub>O) 用作吸收剂。在吸收循环期间,这些流体被分开并再结合。

[0003] 在吸收循环中,制冷剂蒸气被吸收到吸收剂内,释放大热量。稀释的(稀)吸收剂溶液的浓度可为占重量的 55% 或更高。稀吸收剂溶液被泵送到高温沸腾器。添加热使稀吸收剂中的制冷剂从吸收剂解析并蒸发。蒸气流到冷凝器(在那里,热被排出)且冷凝成液体。液体被计量供给到蒸发器中的较低压力(在蒸发器中由于吸热而蒸发)且提供有用的冷却。在沸腾器中的其余液体吸收剂与从蒸发器返回的制冷剂蒸气再结合,从而可重复该循环。

[0004] 吸收过程在高真空下操作。举例而言,在蒸发器 / 吸收器部段中使用 6.35mmHg (0.85kPa) 的真空,其对应于在 41° F (5°C) 下水的饱和蒸气压力。在沸腾器和冷凝器部段中使用 76.2mmHg (10.2kPa) 的真空,其对应于在 115° F (46°C) 下水的饱和冷凝压力。必须使用这两种低于环境的压力来维持带有沸腾器 / 冷凝器和蒸发器 / 吸收器型设计的吸收循环。

[0005] 由于蒸发器 / 吸收器和沸腾器 / 冷凝器部段在真空中操作,它们需要高压气密设计。需要厚金属壁来承受容器部段上的外部压力。但是,吸收剂溶液对金属具有高度的腐蚀性。使用抑制剂化学品来控制腐蚀。需要对吸收剂溶液中的碱度和抑制剂化学品浓度进行周期性的化学分析来维持吸收式制冷机的正常操作。

### 发明内容

[0006] 本发明者发现具有一种无需真空操作的吸收制冷系统是合乎需要的,该系统利用膜蒸馏来执行蒸发器、吸收器和沸腾器与冷凝器的功能。不存在真空使得能使用低压廉价的耐腐蚀管道系统和容器,这排除了与易于腐蚀的容器与管道系统相关联的维护要求。使用诸如塑料这样的耐腐蚀材料也减轻了总系统重量。

[0007] 根据本发明的这个方面的非真空吸收制冷系统包括:膜接触器(蒸发器 / 吸收器),其用于冷却制冷剂流体和生成制冷剂蒸气,且携带吸收溶液用于吸收制冷剂蒸气来产生制冷剂吸收(稀)溶液;以及,膜接触器(浓缩器),其用于从稀溶液移除制冷剂以向膜接触器(蒸发器 / 吸收器)提供浓吸收溶液。

[0008] 非真空吸收制冷系统的另一方面在于使用耐腐蚀材料用于系统的管道系统和容器构造。

[0009] 非真空吸收制冷系统的另一方面在于膜接触器(蒸发器 / 吸收器)和膜接触器(浓缩器)被设计和操作用于膜蒸馏,包括直接接触膜蒸馏、空气间隙膜蒸馏、吹扫气膜蒸

馏以及真空膜蒸馏。

[0010] 非真空吸收制冷系统的另一方面在于膜接触器包括具有疏水性内表面和疏水性外表面的多微孔膜。

[0011] 非真空吸收制冷系统的另一方面在于孔隙大小和疏水性使得吸收剂溶液和制冷剂并不渗透膜孔隙。

[0012] 非真空吸收制冷系统的另一方面在于膜接触器（蒸发器 / 吸收器）的热效率  $\eta_A$  大于 50%。

[0013] 本发明的另一方面提供非真空吸收制冷方法。根据本发明的这个方面的方法始于向制冷剂流体流添加制冷剂；循环浓吸收剂溶液和制冷剂流体流通过膜接触器（蒸发器 / 吸收器）；生成制冷剂蒸气且在膜接触器（蒸发器 / 吸收器）中冷却该制冷剂流体；吸收该制冷剂蒸气，产生制冷剂 - 吸收剂（稀）溶液；循环该稀溶液和制冷剂通过膜接触器（浓缩器），在膜接触器（浓缩器）中生成制冷剂蒸气；将制冷剂蒸气吸收到制冷剂内，且为膜接触器（蒸发器 / 吸收器）提供浓吸收剂溶液并冷却该溶液。

[0014] 在附图和下文的描述中陈述了本发明的一或多个实施例的细节。通过该描述和附图以及权利要求书，本发明的其它特点、目的和优点将会变得显而易见。

#### 附图说明

[0015] 图 1 是示范性吸收制冷机器。

[0016] 图 2 是利用膜蒸馏的示范性非真空吸收制冷系统。

[0017] 图 3 是示范性多微孔膜接触器。

[0018] 图 4 是发生在多孔疏水性聚合膜壁中的蒸气交换的截面图。

[0019] 图 5 是在具有其它纤维的局部管壳式蒸发器 / 吸收器布置中的单个多微孔膜横截面的显微照片。

[0020] 图 6 是图 5 所示的类似多微孔膜壁的截面的显微照片。

#### 具体实施方式

[0021] 将参看附图来描述本发明的实施例，在所有附图中，相似的附图标记表示相似元件。在详细的解释本发明的实施例之前，应了解本发明在其应用方面并不限于下文的具体实施方式所陈述或附图所示的实例的细节。本发明能有其它实施例且能以多种应用和以各种方式来实践或实施。而且，应了解本文所用的措词和用语只是出于描述目的且不应被认为具有限制意义。在本文中使用“包括”、“包含”或“具有”和其变型意谓涵盖之后列出的条目和其等效物以及额外的条目。术语“安装”、“连接”和“联接”广义地使用且涵盖直接和间接安装、连接和联接。另外，“连接”和“联接”并不限于物理或机械连接或联接。

[0022] 作为背景，吸收制冷是与压缩制冷不同的过程，吸收过程使用热作为驱动力而不是电力或轴功率。

[0023] 图 1 示出简化的吸收制冷机器 101。该机器 101 包括蒸发器 103 和吸收部段 105。

[0024] 在此实例中，制冷剂 107 是水，其被计量供给到蒸发器部段 103 内。制冷剂循环泵 109 循环水通过喷头 111 以喷射到冷冻水管束 113 上，这会湿润管束 113，来自冷却水系统的循环水通过管束 113 传递。来自系统水 113 的热蒸发制冷剂 107 以形成在 115 示意性地

示出的水蒸气。水被不断地蒸发且必须被补足。

[0025] 在吸收部段 105, 吸收剂 (LiBr) 溶液 117 具有低于自蒸发器部段 103 蒸发的水压力的蒸气压力, 且易于将水蒸气 115 吸收到溶液 117 内。LiBr 溶液 117 经由 LiBr 溶液循环泵 119 通过喷头 121 再循环以给予溶液更多的表面积来吸引水蒸气 115。随着溶液 117 吸收水, 其变得被稀释。如果不移除水, 那么溶液 117 将变得被稀释使得其将不再具有任何吸引势且吸收过程将停止。另一泵 123 不断地移除一些溶液 117 且将其泵送到浓缩器 125。被泵送到浓缩器 125 的溶液被称作稀溶液, 因为其包含从蒸发器 105 吸收的水。

[0026] 浓缩器 (发生器) 125 包括沸腾器 127 和冷凝器 129。沸腾器 127 需要热源, 其可为蒸汽或热水 131。冷凝器 129 需要通常来自冷却塔系统 133 的冷水流。稀溶液被泵送到浓缩器 125 内, 在浓缩器 125 内, 其被煮沸。沸腾作用将水变成蒸气, 蒸气离开吸收剂溶液, 且水蒸气被吸引到冷凝器盘管 129。水被冷凝成液体, 液体在冷凝器盘管聚集且通过孔口 135 被计量供回到蒸发器部段 103。吸收剂溶液变成浓溶液 137 且通过管线 139 往回排到吸收部段 105 用于由吸收剂泵 119 循环。

[0027] 考虑到仅有的运动部件是泵电机和泵叶轮, 吸收过程 101 是简单的。吸收式制冷机可包括多于一级的级, 这得到比单级设计更有效的吸收机器。

[0028] 图 2 示出非真空吸收制冷系统 201, 其不在真空下操作, 因此可使用耐腐蚀材料用于管道系统和容器。系统 201 利用膜蒸馏来替换在浓缩器 125 中使用的沸腾器 127 和冷凝器 129, 以及蒸发器 103 和吸收器 105。膜蒸馏采用低温热来从膜接触器的一侧蒸发水且在膜接触器的另一侧上冷凝水蒸气。由于蒸发, 膜蒸馏可冷却水。系统 201 使用膜接触器 (浓缩器) 203 和膜接触器 (蒸发器 / 吸收器) 205。

[0029] 膜接触器是允许制冷剂蒸气在膜的两侧之间输送的装置, 这两侧与两种不同的液相接触但液相并不渗透穿过膜。

[0030] 制冷剂 207 循环回路由制冷剂循环泵 209、制冷剂热交换器 (制冷剂冷却器) 211、计量孔口 213 和膜接触器 (浓缩器) 203 管侧限定。吸收剂溶液 215 循环回路由吸收剂溶液循环泵 217、吸收剂溶液热交换器 (回流热交换器) 219 的第一侧、稀吸收剂溶液加热器 221、膜接触器 (浓缩器) 203 壳侧、吸收剂溶液热交换器 (回流热交换器) 219 的第二侧、另一吸收剂溶液热交换器 (溶液冷却器) 223 的第一侧和膜接触器 (蒸发器 / 吸收器) 205 壳侧限定。壳侧或管侧可无功能损失地切换。使用回流热交换器来利用稀释的冷吸收剂溶液 231 从热吸收剂溶液 241 回收热从而提高系统效率。在示范性实施例中所用的吸收剂溶液是 LiBr/H<sub>2</sub>O, 但也可使用其它吸收剂。在示范性实施例中所用制冷剂是水, 但也可使用其它制冷剂。

[0031] 另一制冷剂流 225 (用于冷却目的) 与计量制冷剂流 227 结合以产生待由膜接触器 (蒸发器 / 吸收器) 205 冷却的制冷剂流体 229。制冷剂流体 229 联接到膜接触器 (蒸发器 / 吸收器) 205 管侧。本发明利用膜蒸馏来冷却膜接触器 (蒸发器 / 吸收器) 205 中的制冷剂流体 229 且由膜接触器 (浓缩器) 203 来浓缩被加热的稀吸收剂溶液 237。

[0032] 通过从流经膜接触器 205 的管侧的流体 229 蒸发制冷剂 207 来从流经膜接触器 (蒸发器 / 吸收器) 205 的制冷剂流体 229 移除热。在膜接触器 (蒸发器 / 吸收器) 205 壳侧, 吸收剂溶液 215 具有小于膜管侧上制冷剂流体 229 的蒸气压力的蒸气压力。吸收剂溶液 215 吸收输送穿过膜孔隙的制冷剂流体 229 的蒸气。该吸收引起膜接触器内制冷剂流体

229 的更多蒸发。

[0033] 类似地,当稀释的吸收剂溶液被加热到一定温度使得来自浓缩器中壳侧的制冷剂蒸气压力高于在浓缩器中管侧上的制冷剂蒸气压力时,制冷剂蒸气将从吸收剂溶液侧输送到制冷剂侧。吸收剂溶液失去制冷剂且变浓。

[0034] 图 3 示出典型膜接触器 301 配置的剖视图,其可用于膜浓缩器(浓缩器)203 和膜接触器(蒸发器/吸收器)205。膜接触器 301 具有与管壳式换热器构造类似的构造,其中布置由疏水性多微孔膜构成的管,联接输入管侧端部 303 和输出管侧端部 305,一种流体在管侧端部流动,另一种流体通过壳输入端 307 和壳输出端 309 在管上流动。由于多微孔膜的表面是疏水性的,膜将不允许液态水或 LiBr/H<sub>2</sub>O 溶液穿过孔隙到膜的相对侧。接触器(浓缩器)和接触器(蒸发器/吸收器)二者中的多微孔膜可由聚丙烯、聚偏氟乙烯(PVDF)、聚四氟乙烯(PTFE)或者表面能小于纯水的表面张力的其它材料制成。或者,由一或多种材料制成的膜表面具有小于纯水或制冷剂的表面张力的表面能。

[0035] 图 4 示出在膜接触器(浓缩器)203 和膜接触器(蒸发器/吸收器)205 中的膜壁 401 的截面图。膜壁 401 包括膜 403 和多微孔表皮 405。膜表面 407 是疏水性的。孔隙 409 变成充满气体且形成两个界面,液体制冷剂与制冷剂蒸气界面 411 和液体吸收剂溶液与制冷剂蒸气界面 413。在膜接触器(蒸发器/吸收器)205 中,吸收剂溶液 245 在管上(壳侧)流动且制冷剂流体 229 在管内(管侧)流动。在膜接触器(浓缩器)203 中,热吸收剂溶液 237 在管上(壳侧)流动且冷制冷剂 207 在管内(管侧)流动。

[0036] 图 5 示出在膜接触器(蒸发器/吸收器)205 中的一个中空纤维管的示范性横截面。在膜接触器(蒸发器/吸收器)205 中,冷吸收剂溶液 245 被示出在壳侧中的中空纤维管上流动。制冷剂流体 229 被示出在每个中空纤维内流动。图 6 示出图 5 所示的中空纤维壁的放大图,其中从溶液蒸发到冷凝的过渡具有大于另一侧的水蒸气压力。

[0037] 多微孔膜的孔隙大小在大约 0.1 微米至 0.6 微米的范围内且孔隙率大于 50%。膜充当吸收剂溶液与制冷剂流体两相之间的屏障。膜的表面能充分地小于吸收剂溶液的表面张力或制冷剂流体的表面张力中较小者。膜结合过程参数从膜接触器(蒸发器/吸收器)205 中的制冷剂流体 229 和从膜接触器(浓缩器)203 中的稀吸收剂溶液 237 蒸发制冷剂。膜允许制冷剂蒸气转移穿过。驱动力是膜上的蒸气压差。

[0038] 在膜接触器(蒸发器/吸收器)205 管侧上,来自制冷剂流体 229 的制冷剂将从靠近膜孔隙口部形成的弯月面蒸发(参看图 4)。蒸气将输送穿过膜孔隙到壳侧。水蒸气由壳侧上靠近膜孔隙口部的吸收剂溶液弯月面吸收。

[0039] 由于制冷剂蒸气压差是膜蒸馏中的驱动力,可在无真空的情况下维持蒸发和吸收。使用中空纤维膜接触器来实现这种结合大接触面积的表面蒸发。制冷剂吸收可通过膜接触器(蒸发器/吸收器)205 壳侧中的浓吸收剂来维持以通过蒸发产生冷冻的制冷剂流体 229,并且制冷剂吸收可通过在膜接触器(浓缩器)203 中管侧上流动的较冷的水来维持以浓缩稀吸收剂溶液 237。

[0040] 冷的浓吸收剂溶液 245 可具有 56.8% 的重量百分比浓度,并且在吸收剂溶液侧上膜接触器 205 的入口处可具有例如 31.44° F(0.31°C) 下的 4.3mmHg(0.57kPa) 的对应制冷剂蒸气压力  $v_p$ <sub>蒸发/吸收剂</sub>。这个蒸气压力低于 7.1mmHg(0.95kPa),7.1mmHg(0.95kPa) 为膜接触器 205 的制冷剂出口处 45° F(7.22°C) 下制冷剂流体 229 的蒸气压力。在穿过膜接

触器 205 后,浓吸收剂溶液变得稀释到 56% 且温度升高至 46.9° F(8.27°C)。在膜接触器 205 的吸收剂溶液出口侧,制冷剂蒸气压力是 11.1mmHg(1.48kPa),仍小于膜接触器 205 的制冷剂侧入口处的来自制冷剂流体 229 的制冷剂蒸气压力,即 55° F(12.77°C) 下的 11.3mmHg(1.51kPa)。这个蒸气压差确保了由膜接触器 205 内的吸收剂溶液 245 从制冷剂流体 229 吸收制冷剂蒸气。

[0041] 在膜接触器 205 中的制冷剂流体 229 温度  $t^{\circ}_{\text{蒸发/制冷剂流体}}$  决定制冷剂蒸气压力  $vp_{\text{蒸发/制冷剂流体}}$ 。为了冷却制冷剂流体 229,制冷剂流体 229 的蒸气压力必须大于膜接触器(蒸发器/吸收器)205 中吸收剂溶液 245 的蒸气压力。

[0042]  $vp_{\text{蒸发/制冷剂流体}} > vp_{\text{蒸发/吸收剂}}$  (1)

[0043] 吸收剂溶液的百分比浓度是已知的,使用膜接触器(蒸发器/吸收器)205 中的百分比浓度和溶液温度  $t^{\circ}_{\text{蒸发/吸收剂}}$ ,可得到吸收剂溶液蒸气压力  $vp_{\text{蒸发/吸收剂}}$ 。可使用方程式或存储器查找表得到从温度和浓度到蒸气压力的转换。

[0044] 吸收剂溶液冷却器 223 被配置成以预定温度  $t^{\circ}_{\text{蒸发/吸收剂}}$  输出吸收剂溶液 245,对于给定容量的吸收制冷系统,该预定温度对应于预定的蒸气压力  $vp_{\text{蒸气/吸收剂}}$ ,确保膜接触器(蒸发器/吸收器)205 朝该容量起作用。如果发生系统扰动且不满足蒸气压力关系 (1),那么吸收剂溶液冷却器 223 例如可受到恒温控制使得吸收剂溶液温度  $t^{\circ}_{\text{蒸发/吸收剂}}$  将降低,进而降低吸收剂溶液蒸气压力  $vp_{\text{蒸发/吸收剂}}$ 。以此方式,在任何系统扰动下维持该关系 (1)。

[0045] 在吸收剂溶液 231 穿过膜接触器(蒸发器/吸收器)205 壳侧后,由于吸收剂溶液 245 从制冷剂流体 229 吸收制冷剂,吸收剂溶液 231 浓度低于吸收剂溶液 245,从而降低了其吸收能力。吸收剂溶液 245 变成吸收剂溶液 231,其被稀释且被称作稀吸收剂溶液。

[0046] 稀吸收剂溶液 231 被循环到吸收剂回流热交换器 219,其利用更热的浓吸收剂溶液 241 预热稀溶液 231。由回流热交换器 219 输出的预热稀溶液 233 在稀溶液加热器 221 中加热。使用热水或蒸汽源 235 将稀溶液加热器 221 加热到大约 203° F(95°C)。加热后的稀吸收剂溶液 237 被输入到膜接触器(浓缩器)203 壳侧。

[0047] 热的稀吸收剂溶液 237 可具有占重量 56% 的浓度和对应的蒸气压力  $vp_{\text{浓缩器/稀溶液}}$ ,例如 203° F(95°C) 下的 125mmHg(16.67kPa)。稀吸收剂溶液 237 的蒸气压力必须高于制冷剂 239 蒸气压力  $vp_{\text{浓缩器/制冷剂}}$ ,其在穿过制冷剂冷却器 211 后可为例如 96.8° F(36°C) 下的 99mmHg(13.20kPa)。

[0048] 蒸气压差驱动蒸气输送穿过膜孔隙。膜的稀吸收剂溶液侧的温度足够高以生成比膜的制冷剂侧上的制冷剂蒸气压力更高的蒸气压力。

[0049] 在膜接触器 203 中的制冷剂温度  $t^{\circ}_{\text{浓缩器/制冷剂}}$  决定制冷剂蒸气压力  $vp_{\text{浓缩器/制冷剂}}$ 。为了浓缩稀吸收剂溶液,稀吸收剂溶液的蒸气压力必须大于膜接触器 203 中制冷剂的蒸气压力。

[0050]  $vp_{\text{浓缩器/稀溶液}} > vp_{\text{浓缩器/制冷剂}}$  (2)

[0051] 已知稀吸收剂溶液 237 的百分比浓度重量,使用膜接触器 203 中的百分比浓度重量和稀溶液温度  $t^{\circ}_{\text{浓缩器/稀溶液}}$ ,可得到稀溶液蒸气压力  $vp_{\text{浓缩器/稀溶液}}$ 。可使用方程式或存储器查找表来得到从温度和浓度到蒸气压力的转换。

[0052] 稀溶液加热器 221 和制冷剂冷却器 211 被配置成输出在预定温度  $t^{\circ}_{\text{浓缩器/稀溶液}}$ 、 $t^{\circ}_{\text{浓缩器/制冷剂}}$  的稀溶液 237 和冷制冷剂 239,对于给定容量的吸收制冷系统, $t^{\circ}_{\text{浓缩器/稀溶液}}$ 、 $t^{\circ}_{\text{浓缩器/制冷剂}}$



$t^{\circ}$  浓缩器/制冷剂 对应于预定的蒸气压力  $v_p$  浓缩器/稀溶液、 $v_p$  浓缩器/制冷剂，确保膜接触器（浓缩器）203 朝该容量起作用。如果发生系统扰动且不满足蒸气压力关系 (1)，那么稀溶液加热器 221 例如可受到恒温控制使得稀吸收溶液温度  $t^{\circ}$  浓缩器/稀溶液 将升高，进而增加稀吸收剂溶液蒸气压力  $v_p$  浓缩器/稀溶液。相反，如果不满足关系 (1)，制冷剂冷却器 211 例如可受到恒温控制使得制冷剂温度  $t^{\circ}$  浓缩器/制冷剂 将降低，从而降低制冷剂蒸气压力  $v_p$  浓缩器/制冷剂。以此方式，在任何系统扰动下可维持关系 (1)。可提供控制稀溶液加热器 221 和制冷剂冷却器 211 的控制布置。

[0053] 稀吸收剂溶液在穿过膜接触器（浓缩器）203 后变成浓溶液 241，恢复其吸收能力。吸收剂溶液 241 由吸收剂溶液循环泵 217 循环通过吸收剂溶液回流热交换器 219，在吸收剂溶液回流热交换器 219 中其被预冷 243 然后通过吸收剂溶液冷却器 223，完成吸收剂溶液循环。

[0054] 制冷剂泵 209 循环制冷剂 239 通过冷却器 211，冷却器 211 由冷却塔水 244 冷却。冷却的制冷剂 238 的一部分被传递到膜接触器 203，而制冷剂的其余部分被发送到蒸发器/吸收器 205。

[0055] 可以看出，由吸收溶液 245 吸收到吸收溶液 231 循环回路内（通过膜接触器 205）的制冷剂流体 229 中的制冷剂往回返回到制冷剂 207 循环回路（通过膜接触器 203）。可使用高位水箱或贮槽（未图示）来补足可能发生的制冷剂 207 损失。

[0056] 膜接触器 203 可采用低温热来从壳侧中的稀吸收剂溶液 237 蒸发水且在循环制冷剂 207 的管侧中冷凝蒸气。由制冷剂冷却热交换器 211 使用冷却塔水 244 冷却被加热的制冷剂 239。

[0057] 使用本发明的膜接触器 201 的非真空吸收制冷系统可实现高性能系数 (COP)。系统的性能系数是冷量与供应驱动吸收循环的热量之比。

[0058] 非真空吸收制冷系统 201 使用在蒸发器/吸收器 205 和浓缩器 203 中的膜接触器。计算每个膜接触器 203、205 的热效率  $\eta$ 。

[0059] 膜接触器（浓缩器）203 的热效率被定义为：

$$[0060] \quad \eta_G = \frac{Q_{HV}}{Q_{HV} + Q_{CG}}, \quad (3)$$

[0061] 其中  $\eta_G$  是膜接触器（浓缩器）203 的热效率， $Q_{HV}$  是用于来自吸收剂溶液 237 的水的蒸发热，且  $Q_{CG}$  是通过从浓缩器 203 中的膜的吸收剂溶液侧到浓缩器 203 中的膜的制冷剂侧的传导损失的热。

[0062] 膜接触器（蒸发器/吸收器）205 的热效率被定义为：

$$[0063] \quad \eta_A = \frac{Q_{HV}}{Q_{HV} + Q_{CA}}, \quad (4)$$

[0064] 其中， $\eta_G$  是膜接触器（蒸发器/吸收器）205 的热效率， $Q_{HV}$  是来自制冷剂流体 229 的水的蒸发热，且  $Q_{CA}$  是从膜接触器 205 中的膜的吸收剂溶液侧到膜接触器 205 中的膜的制冷剂侧损失的热。

[0065] 需要传导热  $Q_{CA}$  尽可能小以具有高热效率。 $Q_{CG}$  也是这样。

[0066] 在蒸发器/吸收器 205 中，从制冷剂流体 229 蒸发制冷剂 207 提供冷却作用。但是，在膜的冷吸收剂溶液 245 侧上制冷剂 207 的冷凝在制冷剂稀释吸收剂溶液的同时加热

吸收剂溶液。为了隔热能力,必须对蒸发器/吸收器 205 膜材料进行选择。

[0067] 非真空吸收制冷系统 201 的性能系数 (COP) 可导出为:

$$[0068] \quad COP = \eta_c \frac{2\eta_A - 1}{\eta_A(1 - F)}, \quad (5)$$

[0069] 其中,  $\eta_A$  是膜接触器 (蒸发器/吸收器) 205 的热效率,  $\eta_c$  是膜接触器 (浓缩器) 203 的热效率, 且  $F$  是通过吸收剂溶液回流热交换器 219 从吸收剂溶液 241 到吸收剂溶液 233 的热能回收百分比。

[0070] 从 (5) 可以看出, 为了非真空吸收制冷系统 201 冷却制冷剂流体 229, 膜接触器 (蒸发器/吸收器) 205 的热效率  $\eta_A$  必须大于 50%。

$$[0071] \quad \eta_A > 50\% \quad (6)$$

[0072] 如果膜接触器 (蒸发器/吸收器) 205 的热效率  $\eta_A$  小于 50%, 那么膜接触器 (蒸发器/吸收器) 205 将加热制冷剂流体 229 而不是冷却它。在膜接触器 (蒸发器/吸收器) 205 中的膜材料必须满足 (6)。

[0073] 非真空吸收制冷机器的益处包括通过使用诸如塑料的耐腐蚀材料而取消了所有金属构件, 因此消除了由于吸收剂溶液的腐蚀性质造成的腐蚀, 这些耐腐蚀材料也显著地减轻了重量和减小了大小。膜蒸馏的利用通过将吸收剂溶液与制冷剂隔离而排除了遗留物问题。

[0074] 已描述了本发明的一或多个实施例, 但应了解在不偏离本发明的精神和范围的情况下可对本发明做出各种修改。因此, 其它实施例在所附权利要求的范围内。

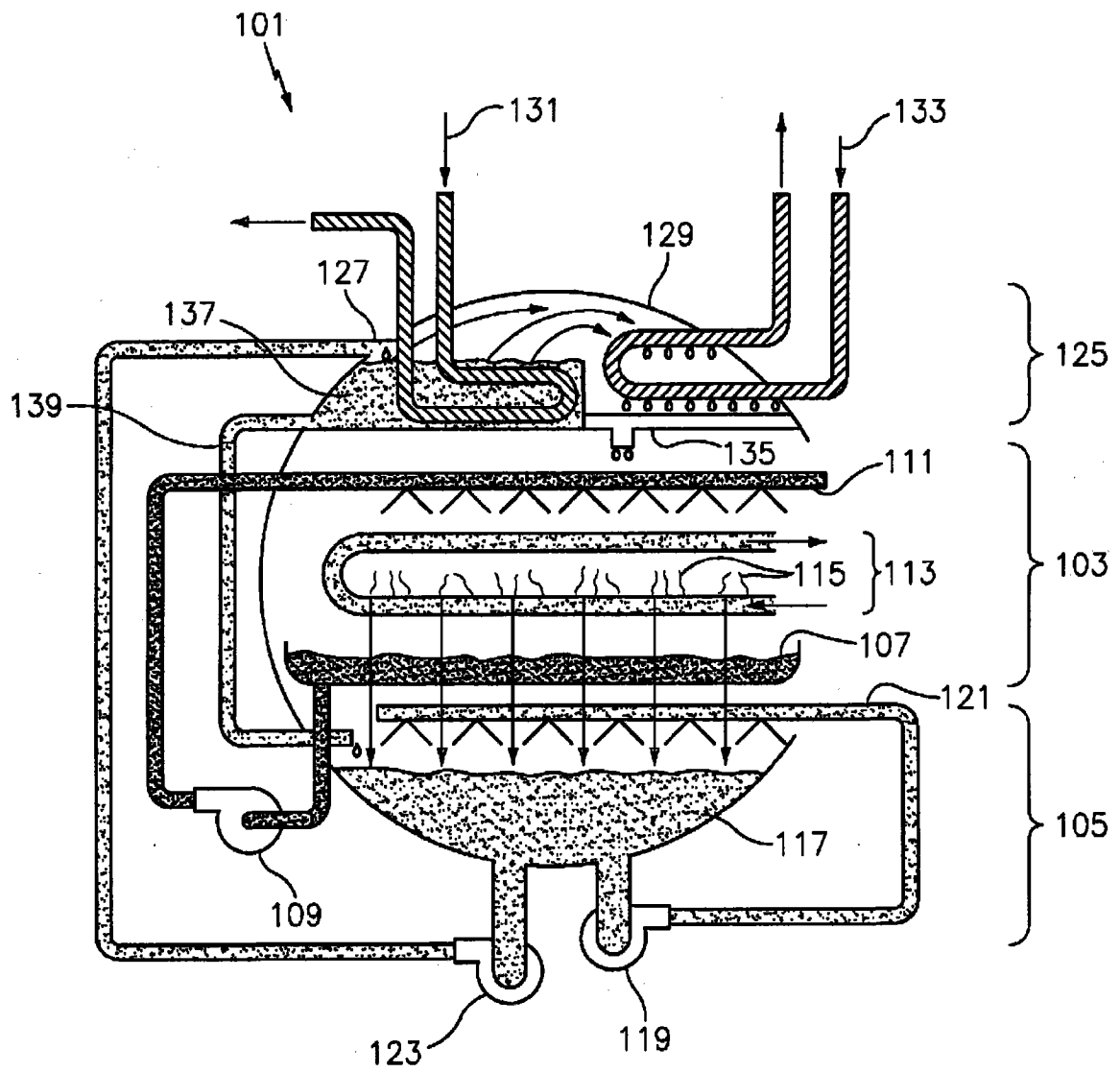


图 1

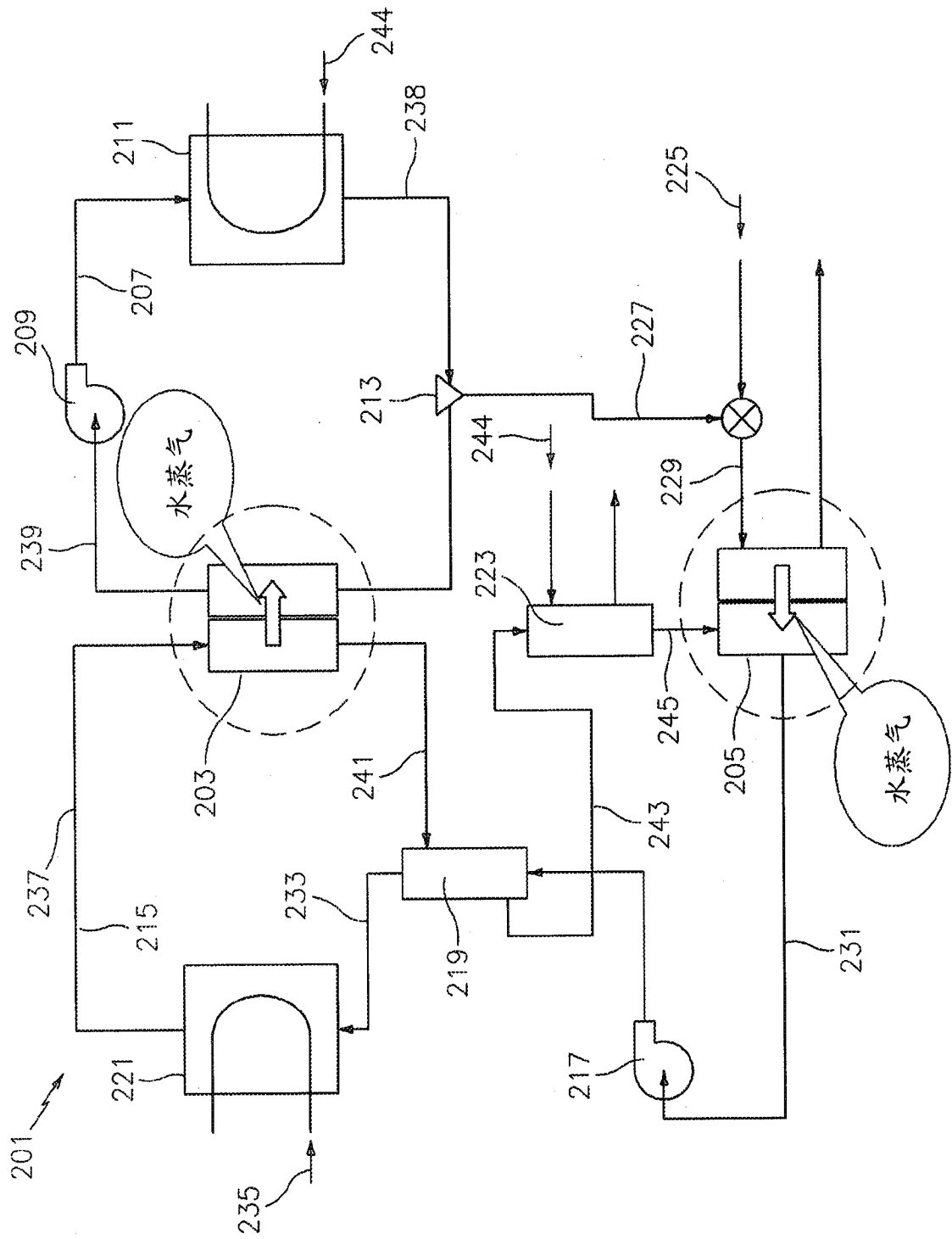


图 2

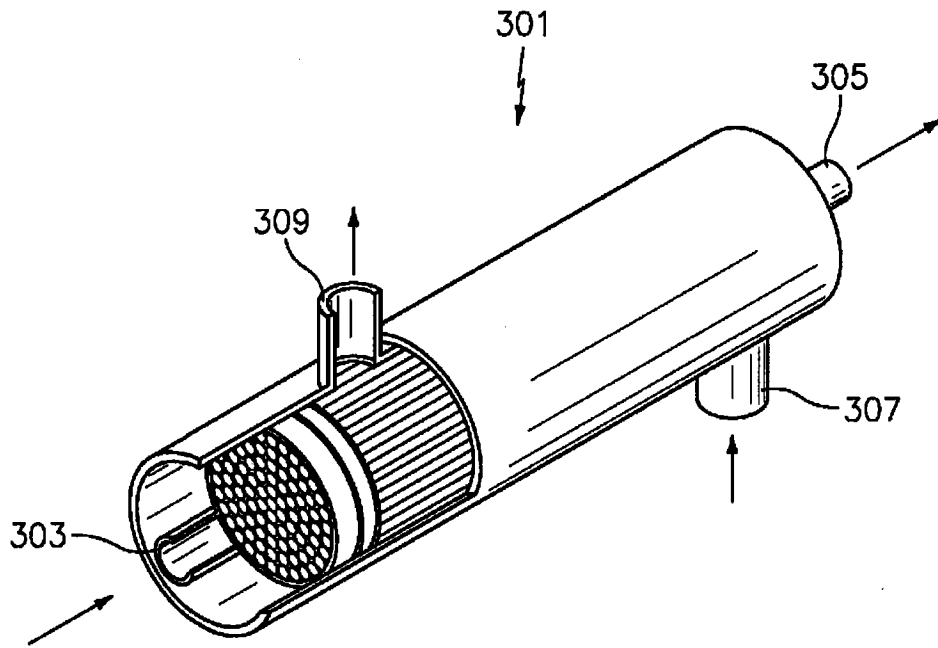


图 3

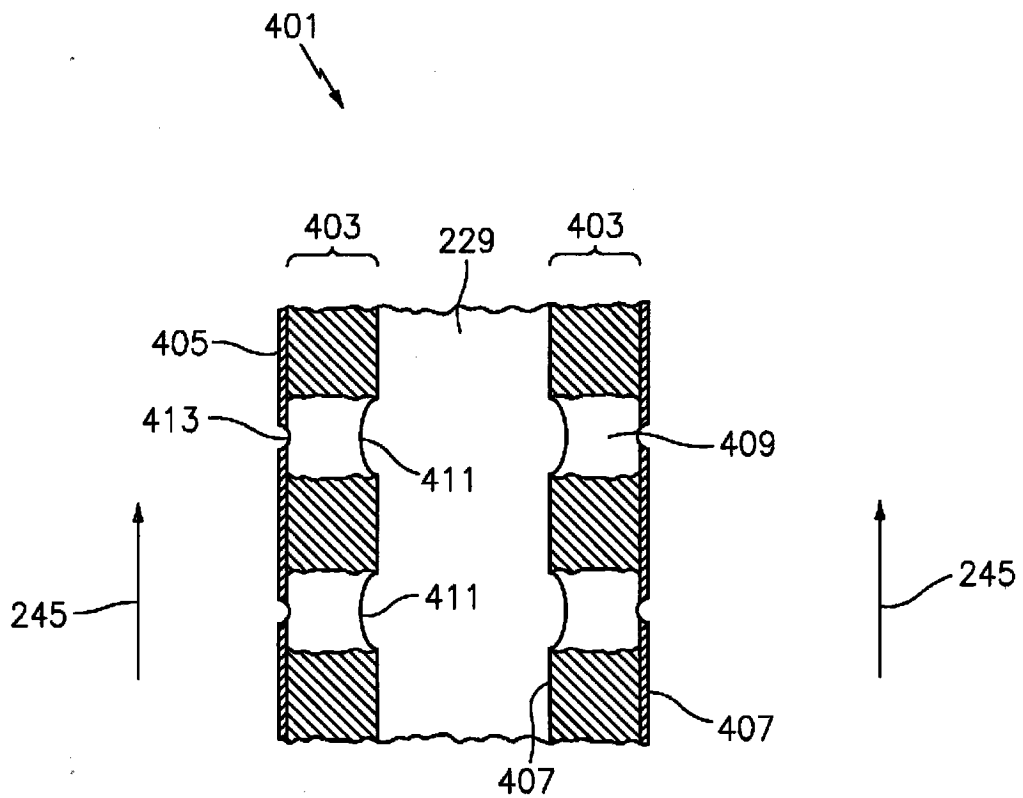


图 4

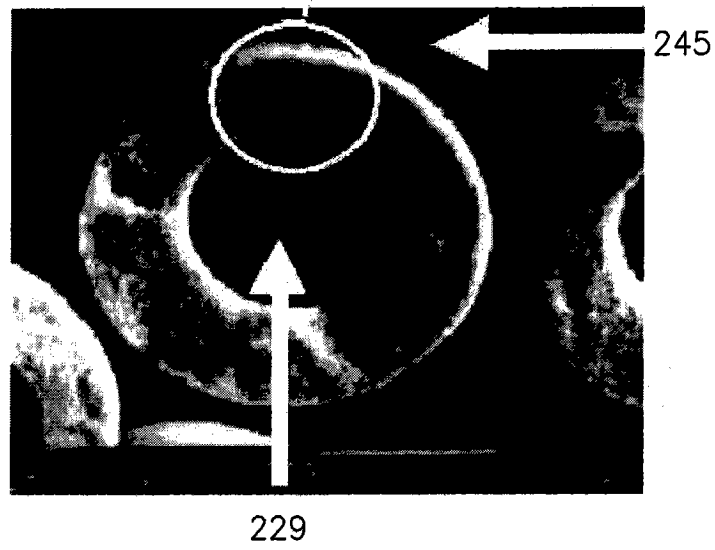


图 5

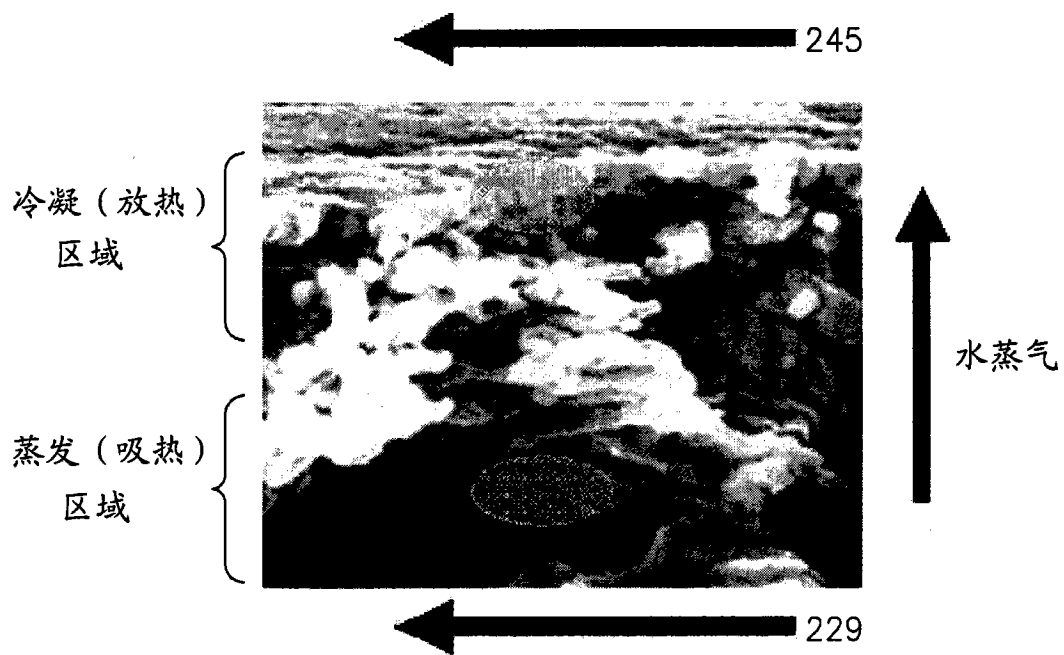


图 6