



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108869210 A

(43)申请公布日 2018. 11. 23

(21)申请号 201810495681.1

弗洛里安·本霍尔德

(22)申请日 2011.09.16

克里斯托夫·希尔格特

(30)优先权数据

61/383,608 2010.09.16 US

61/383,631 2010.09.16 US

61/383,619 2010.09.16 US

61/383,598 2010.09.16 US

61/383,570 2010.09.16 US

61/383,561 2010.09.16 US

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 陈炜 马晓虹

(62)分案原申请数据

201180054722.X 2011.09.16

(51)Int.Cl.

F03G 6/06(2006.01)

F24S 20/20(2018.01)

F24S 23/79(2018.01)

F24S 10/80(2018.01)

F24S 70/12(2018.01)

F28D 19/04(2006.01)

(71)申请人 威尔逊太阳能公司

地址 美国马萨诸塞州

(72)发明人 威廉·迪安·特里斯

布鲁斯·安德森 丹·布朗

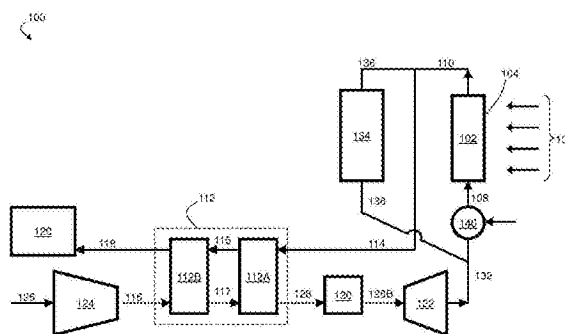
权利要求书1页 说明书52页 附图26页

(54)发明名称

使用太阳能接收器的集中式太阳能发电系统

(57)摘要

总体上描述了使用太阳能接收器的创造性集中式太阳能电力系统以及相关装置和方法。根据本发明的发电系统包括：太阳能接收器，被构造并安排成对一种处于小于或等于2个大气压的压力下的第一气体进行加热；热交换器，该热交换器流体连接至该太阳能接收器，该热交换器被构造并安排成同时含有第一气体和一种处于高于2个大气压的压力下的第二气体并且将热能从第一气体传递到第二气体；以及气体涡轮，该气体涡轮流体连接至该太阳能接收器，该气体涡轮被构造并安排成使用该第二气体发电。



1. 一种发电系统,包括:

一个太阳能接收器,该太阳能接收器被构造并安排成对一种处于小于或等于2个大气压的压力下的第一气体进行加热;

一个热交换器,该热交换器流体连接至该太阳能接收器,该热交换器被构造并安排成同时含有该第一气体和一种处于高于2个大气压的压力下的第二气体并且将热能从该第一气体传递到该第二气体;以及

一个气体涡轮,该气体涡轮流体连接至该太阳能接收器,该气体涡轮被构造并安排成使用该第二气体发电。

## 使用太阳能接收器的集中式太阳能发电系统

[0001] 本申请是申请日期为2011年9月16日、申请号为“201180054722.X”、发明名称为“使用太阳能接收器的集中式太阳能发电”的发明专利申请(为国际申请号为PCT/US2011/052051的PCT申请进入中国国家阶段之后的申请)的分案申请。

[0002] 相关申请

[0003] 本申请根据35U.S.C.§119(e)要求如下申请的优先权:2010年9月16日提交的名称为“使用低压力太阳能接收器的布雷顿循环集中式太阳能发电(Brayton Cycle Concentrated Solar Power Generation Using a Low Pressure Solar Receiver)”的第61/383,561号美国临时专利申请;2010年9月16日提交的名称为“集中式太阳能发电系统中的热回收(Heat Recovery in a Concentrated Solar Power Generation System)”的第61/383,570号美国临时专利申请;2010年9月16日提交的名称为“用于集中式太阳能发电的低压力太阳能接收器(Low Pressure Solar Receivers for Concentrated Solar Power Generation)”的第61/383,608号美国临时专利申请;2010年9月16日提交的名称为“用于集中式太阳能发电的辅助集中器(Secondary Concentrators for Concentrated Solar Power Generation)”的第61/383,619号美国临时专利申请;2010年9月16日提交的名称为“具有模块化部件的太阳能发电系统和方法(Solar Power Generation System and Method with Modularized Components)”的第61/383,631号美国临时专利申请;以及2010年9月16日提交的名称为“使用包括单晶镍的加压太阳能接收器的集中式太阳能发电(Concentrated Solar Power Generation Using Pressurized Solar Receivers Comprising Single Crystal Nickel)”的第61/383,598号美国临时专利申请,以上每一个申请出于所有目的以全文引用的方式并入本文。

### 技术领域

[0004] 在此,总体上描述与使用太阳能接收器的集中式太阳能发电相关的系统、装置和方法。

### 背景技术

[0005] 关于温室气体对全球气候的影响的关注不断增加,促进了关注于限制温室气体排放的研究。太阳能发电尤其具有吸引力,因为在发电源处基本上不产生温室气体。

[0006] 使用太阳能接收器的集中式太阳能电力(CSP)产生在本领域是已知的。简单来说,集中式太阳能电力系统使用透镜、镜面或其他元件将入射到相对大的区域上的日光聚焦到一个小区域上,该小区域称为太阳能接收器。经过集中的日光可以用来对太阳能接收器内的流体进行加热。在太阳能接收器内经过加热的流体可以用来驱动一个涡轮从而产生电力。

### 发明内容

[0007] 总体上描述使用太阳能接收器的发明性集中式太阳能电力系统以及相关装置和

方法。在一些实施例中，集中式太阳能电力系统包括一个低压力太阳能接收器。另外，总体上描述用于在使用太阳能接收器的集中式太阳能发电系统中使用的发明性热回收系统和方法。

[0008] 还总体上描述用于在集中式太阳能电力系统中使用的发明性太阳能接收器以及相关系统、装置和方法。在一些实施例中，提供低压力太阳能接收器，用以起作用来将太阳能辐射能量转换为工作流体的热能，该工作流体例如为发电或热储存系统的工作流体。在一些实施例中，与典型的当前可获得的太阳能接收器相比，低压力太阳能接收器具有较低的生产成本和明显更大的收集能力。

[0009] 还总体上描述用于在集中式太阳能电力系统中使用的发明性集中器以及相关系统、装置和方法。在一些实施例中，这些集中器包括集成冷却系统，以用于将集中器的部件维持在预定和/或期望的温度上。在其他实施例中，提供用于制作集中器的方法，该集中器具有用于将部件零件维持在预定和/或期望的温度上的集成冷却系统。

[0010] 还总体上描述与使用模块化部件的太阳能发电相关的发明性系统和方法。

[0011] 还总体上描述使用加压太阳能接收器的发明性集中式太阳能电力系统以及相关装置和方法。在一些实施例中，集中式太阳能电力系统包括一个太阳能接收器，该太阳能接收器包括单晶体镍。

[0012] 在一些情况下，本发明的主题涉及互相关联的产品、对特定问题的替代解决方案，和/或一个或多个系统和/或物品的多种不同用途。

[0013] 在本发明的一些实施例中，提供发电系统。在一些实施例中，这些发电系统包括：一个太阳能接收器，该太阳能接收器被构造并安排成对一种处于小于或等于2个大气压的压力下的第一气体进行加热；一个热交换器（例如，高温热交换器），该热交换器流体连接至该太阳能接收器上，该热交换器被构造并安排成同时容纳该第一气体和一种处于高于2个大气压的压力下的第二气体并且将热能从该第一气体传递到该第二气体；以及一个气体涡轮，该气体涡轮流体连接至该太阳能接收器，该气体涡轮被构造并安排成使用该第二气体发电。

[0014] 在本发明的又一些实施例中，提供了发电方法。在一些实施例中，这些方法包括：在一个太阳能接收器中对一种处于小于或等于2个大气压的压力下的第一气体进行加热；使用流体连接至该太阳能接收器并且被构形成同时容纳该第一气体和该第二气体的一个热交换器（例如，高温热交换器）将热能从该第一气体传递给一种处于高于2个大气压的压力下的第二气体；并且使用流体连接至该太阳能接收器的一个气体涡轮来从该第二气体发电。

[0015] 在上述系统或方法的一些实施例中，该热交换器（例如，高温热交换器）是陶瓷热交换器。在上述系统或方法的一些实施例中，该热交换器是金属的热交换器。在上述系统或方法的一些实施例中，该气体涡轮的一个排出流直接流体连接至该太阳能接收器。在上述系统或方法的一些实施例中，该太阳能接收器的一个排出流直接流体连接至该热交换器。

[0016] 在上述发电系统或发电方法的一些实施例中，该第一气体的压力小于或等于2个大气压、小于约1.5个大气压、小于约1.25个大气压或小于约1.1个大气压、在约0.9与约2个大气压之间、在约0.9与约1.5个大气压之间、在约0.9与约1.25个大气压之间，或在约0.9与约1.1个大气压之间。在上述系统和方法的一些实施例中，该第二气体的压力为高于2个大

气压、至少约2.1个大气压、至少约2.25个大气压、至少约2.5个大气压、至少约3个大气压、至少约4个大气压、至少约5个大气压、至少约10个大气压、至少约15个大气压,并且在一些实施例中,上至25个大气压或上至50个大气压。

[0017] 在上述发电系统或发电方法的一些实施例中,该第二气体在被该热交换器加热之后被输送到该气体涡轮。在上述系统或方法的一些实施例中,流体连接至该热交换器的一个压缩机被构造并安排成压缩一种气体以产生该第二气体。在上述系统或方法的一些实施例中,该压缩机的一个排出流直接流体连接至该热交换器。在上述系统或方法的一些实施例中,由该压缩机压缩的该气体包括环境空气。

[0018] 在一些实施例中,提供发电系统,该发电系统包括:一个太阳能接收器,该太阳能接收器被构造并安排成对一种第一气体进行加热;一个热交换系统,该热交换系统包括流体连接至该太阳能接收器的第一和第二热交换单元,该热交换系统被构造并安排成将热能从该第一气体传递到一种第二气体;以及一个气体涡轮,该气体涡轮流体连接至该太阳能接收器,该气体涡轮被构造并安排成使用该第二气体发电。

[0019] 在一些实施例中,提供了发电方法,包括:在一个太阳能接收器内对一种第一气体进行加热;在一个热交换系统内将热能从该第一气体传递到一种第二气体,该热交换系统包括流体连接至该太阳能接收器的第一和第二热交换单元;并且使用流体连接至该太阳能接收器的一个气体涡轮使用该第二气体发电。

[0020] 在上述发电系统或发电方法的一些实施例中,该热交换系统包括至少一个旋转式热交换器。在某些实施例中,该热交换系统包括至少一个陶瓷的旋转式热交换器。在某些实施例中,该热交换系统包括至少一个金属的热交换器。

[0021] 在上述发电系统或发电方法的一些实施例中,来自该太阳能接收器的该气体被输送到一个高温热交换器,并且随后被输送到一个低温热交换器。在上述系统或方法的一些实施例中,该气体涡轮的一个排出流直接流体连接至该太阳能接收器。

[0022] 在上述发电系统或发电方法的一些实施例中,该第一气体的压力小于或等于2个大气压、小于约1.5个大气压、小于约1.25个大气压或小于约1.1个大气压、在约0.9与约2个大气压之间、在约0.9与约1.5个大气压之间、在约0.9与约1.25个大气压之间,或在约0.9与约1.1个大气压之间。在上述系统或方法的一些实施例中,该第二气体的压力为高于2个大气压、至少约2.1个大气压、至少约2.25个大气压、至少约2.5个大气压、至少约3个大气压、至少约4个大气压、至少约5个大气压、至少约10个大气压、至少约15个大气压并且在一些实施例中上至25个大气压或上至50个大气压。

[0023] 在上述发电系统或发电方法的一些实施例中,该第二气体在被该热交换系统加热之后输送到该气体涡轮。在上述系统或方法的一些实施例中,流体连接至该热交换系统的一个压缩机被构造并安排成压缩一种气体以产生该第二气体。在上述系统或方法的一些实施例中,该压缩机的一个排出流直接流体连接至该热交换系统。在上述系统或方法的一些实施例中,由该压缩机压缩的该气体包括环境空气。

[0024] 在本发明的一些方面中,提供多个系统,包括:一个太阳能接收器,该太阳能接收器被构造并安排成对一种处于小于或等于2个大气压的压力下的气体进行加热;一个热储存系统,该热储存系统流体连接至该太阳能接收器;以及一个热交换系统,该热交换系统流体连接至该太阳能接收器。在一些实施例中,该热交换系统被构造并安排成将热能从由该

太阳能接收器加热的该气体传递到一种第二气体。在一些实施例中,该系统被构造并安排成使得由该太阳能接收器加热的该气体的第一部分可以被输送到该低压力热储存系统,并且由该太阳能接收器加热的该气体的一个第二部分可以被输送到该热交换系统。在一些实施例中,该热储存系统被构造并安排成在小于或等于2个大气压的压力下操作(例如,用流体加热)。

[0025] 在本发明的一些方面中,提供多种方法,包括:在一个太阳能接收器内对一种处于小于或等于2个大气压的压力下的气体进行加热;将该气体的一个第一部分从该太阳能接收器输送到流体连接至该太阳能接收器的一个热储存系统;并且将该气体的第二部分从该太阳能接收器输送到流体连接至该太阳能接收器的一个热交换系统。在一些实施例中,该热交换系统被构造并安排成将热能从由该太阳能接收器加热的该气体传递到一种第二气体。在一些实施例中,该热储存系统被构造并安排成在小于或等于2个大气压的压力下操作。

[0026] 在上述系统或方法的一些实施例中,在一个第一时间周期中,基本上所有来自太阳能接收器的该气体都被输送到该热储存系统,而在不与第一时间周期重叠的第二时间周期中基本上所有来自太阳能接收器的该气体都被输送到该热交换系统。

[0027] 在上述系统或方法的一些实施例中,在一个第一时间周期中来自太阳能接收器的该气体的第一部分被输送到热储存系统,而在该第一时间周期中来自太阳能接收器的气体的第二部分被输送到该热交换系统。

[0028] 在上述系统或方法的一些实施例中,该热储存系统被构造并安排成在小于或等于2个大气压、小于约1.5个大气压、小于约1.25个大气压或小于约1.1个大气压、在约0.9与约2个大气压之间、在约0.9与约1.5个大气压之间、在约0.9与约1.25个大气压之间或在约0.9与约1.1个大气压之间的压力下操作。

[0029] 在上述系统或方法的一些实施例中,该热储存系统包括至少一个热储存储箱。在上述系统或方法的一些实施例中,该热储存系统包括填充媒介。在某些实施例中,该填充媒介包括氧化铝、氧化铁、氧化硅和/或氧化镁或其他媒介。在某些实施例中,该填充媒介包括小球(例如,球体或下文更详细说明的其他构形)。在一些实施例中,至少约50%的这些小球具有小于约100cm的最大横截面直径。在一些实施例中,该热储存系统位于一个电力塔的塔结构内。

[0030] 在上述系统或方法的一些实施例中,该太阳能接收器内的气体的压力小于或等于2个大气压、小于约1.5个大气压、小于约1.25个大气压或小于约1.1个大气压、在约0.9与约2个大气压之间、在约0.9与约1.5个大气压之间、在约0.9与约1.25个大气压之间,或在约0.9与约1.1个大气压之间。

[0031] 在一些实施例中,上述系统或方法进一步包括一个气体涡轮,该气体涡轮被构造并安排成使用该第二气体发电,例如作为一个布雷顿循环的一部分。

[0032] 在本发明的一些实施例中,提供发电系统,包括:一个太阳能接收器,该太阳能接收器被构造并安排成对一种处于在小于或等于2个大气压的压力下的气体进行加热;一个气体涡轮,该气体涡轮流体连接至该太阳能接收器,这样使得由该太阳能接收器加热的该气体的全部或一部分包含该气体涡轮的排放;以及一个鼓风机,该鼓风机流体连接至该太阳能接收器,这样使得由该太阳能接收器加热的该气体的一部分包含该鼓风机的排放。

[0033] 在本发明的一些实施例中,提供了发电方法,包括:在一个气体涡轮内使用一种处于大于2个大气压的压力下的第一气体发电;将该气体涡轮的排出流的至少一部分输送到一个太阳能接收器;将一种第二气体从一个鼓风机输送到该太阳能接收器;并且在该太阳能接收器内加热该第一和第二气体。在某些实施例中,从该气体涡轮输送到该太阳能接收器的该气体具有小于或等于2个大气压的压力。

[0034] 在上述发电系统或发电方法的一些实施例中,该气体涡轮的排放在被输送到该太阳能接收器之前并未实质上进一步压缩。

[0035] 在上述发电系统或发电方法的一些实施例中,一个控制器被构造并安排成至少部分地基于从该气体涡轮输送到该太阳能接收器的该气体的条件而调整从该鼓风机输送到该太阳能接收器的该第二气体的流速。在一些实施例中,该条件是从该气体涡轮输送到该太阳能接收器的该气体的温度。在一些实施例中,该条件是从该气体涡轮输送到该太阳能接收器的该气体的压力。在一些实施例中,该条件是从该气体涡轮输送到该太阳能接收器的该气体的流速。

[0036] 在上述发电系统或发电方法的一些实施例中,该第一气体处于高于2个大气压、至少约2.1个大气压、至少约2.25个大气压、至少约2.5个大气压、至少约3个大气压、至少约4个大气压、至少约5个大气压、至少约10个大气压、至少约15个大气压并且在一些实施例中上至25个大气压或上至50个大气压的压力。

[0037] 在上述发电系统或发电方法的一些实施例中,从气体涡轮输送到太阳能接收器的气体具有小于或等于2个大气压、小于约1.5个大气压、小于约1.25个大气压或小于约1.1个大气压、在约0.9与约2个大气压之间、在约0.9与约1.5个大气压之间、在约0.9与约1.25个大气压之间,或在约0.9与约1.1个大气压之间的压力。在一些实施例中,该气体涡轮直接流体连接至该太阳能接收器。在一些实施例中,该鼓风机直接流体连接至该太阳能接收器。

[0038] 在本发明的一些实施例中,提供了热回收系统。在一些实施例中,这些系统包括:一个太阳能接收器,该太阳能接收器被构造并安排成对一种第一相对低压力流体进行加热;一个第一热交换器,该第一热交换器流体连接至该太阳能接收器,该第一热交换器被构造并安排成将能量从该相对低压力的第一流体传递到一种相对高压力的第二流体;以及一个第二热交换器,该第二热交换器流体连接至该第一热交换器,该第二热交换器被构造并安排成将能量从该相对低压力的第一流体传递到一种第三流体。

[0039] 在上述热回收系统的一些实施例中,该第一相对低压力流体处于小于或等于2个大气压、小于约1.5个大气压或小于约1.1个大气压的压力。在上述系统的一些实施例中,该第二相对高压力流体处于高于2个大气压、至少约3个大气压或至少约5个大气压的压力。

[0040] 在上述热回收系统的一些实施例中,该第三流体被用作一个兰金循环的一部分。在上述系统的一些实施例中,该第三流体用于对一个吸收冷冻器提供热。在上述系统的一些实施例中,该第三流体用于对一种液体提供热。在上述系统的一些实施例中,该加热的液体被用于空间加热目的。

[0041] 在上述热回收系统的一些实施例中,该第一热交换器流体连接至一个涡轮。在某些实施例中,该涡轮是可以例如用作一个布雷顿循环的一部分的一个气体涡轮。

[0042] 在本发明的一些实施例中,提供了太阳能接收器。在一些实施例中,太阳能接收器包括:一个低压力流体腔室,该低压力流体腔室包括一个流体入口、一个流体出口以及一个

用于接收集中的太阳能辐射的开口；一个太阳能吸收器，该太阳能吸收器容纳在该低压力流体腔室内；以及一个透明物体，该透明物体限定该低压力流体腔室的一个壁的至少一部分，其中通过该开口接收的集中的太阳能辐射通过该透明物体进入该低压力流体腔室并且照射在该太阳能吸收器上。

[0043] 在上述太阳能接收器的一些实施例中，该低压力流体腔室限定从该流体入口到该流体出口的一个流体流动路径。在某些实施例中，在该流体入口与该流体出口之间，该流体流动路径延伸经过该透明物体的至少一部分。在某些实施例中，该流体流动路径延伸通过该太阳能吸收器内的一个或多个通路。

[0044] 在上述太阳能接收器的一些实施例中，该透明物体具有一个抛物线形状。在某些实施例中，该抛物线形状的凹面指向该开口。在某些实施例中，该透明物体具有1英尺到50英尺的曲率半径。在某些实施例中，该透明物体具有1英尺到10英尺的曲率半径。在某些实施例中，该透明物体具有5英尺到20英尺的曲率半径。在某些实施例中，该透明物体具有大约15英尺的曲率半径。在一个实施例中，该透明物体具有1英尺到5英尺的曲率半径。在某些实施例中，该透明物体具有一个平面圆盘形状。在一些实施例中，该透明物体的直径在1米到5米、或2米到4米或1米到2米的范围内。在某些实施例中，该透明物体的厚度在0.5英寸到4英寸、或0.5英寸到1英寸或0.5英寸到2英寸的范围内。

[0045] 在上述太阳能接收器的一些实施例中，该低压力流体腔室的最大可允许工作压力等于或小于2个大气压、小于2个大气压、小于1.5个大气压或小于1.1个大气压。在上述太阳能接收器的一些实施例中，该低压力流体腔室的最大可允许工作压力上至其操作压力的2倍、3倍、4倍、5倍、10倍。

[0046] 在上述太阳能接收器的一些实施例中，该低压力流体腔室限定一个凹口，该透明物体的一个外部轮缘可膨胀地装配在该凹口内，该凹口邻近于该开口。在一些实施例中，太阳能接收器进一步包括一个密封元件，该密封元件定位于该透明物体的该外部轮缘与由该低压力流体腔室上的该凹口限定的一个界面之间。在某些实施例中，该密封元件是一种室温硫化 (RTV) 硅酮或陶瓷纤维绳。

[0047] 在上述太阳能接收器的一些实施例中，该透明物体是石英或硅石玻璃。在上述太阳能接收器的一些实施例中，其中该太阳能吸收器是从由以下各项组成的群组选定的一种材料：金属、不锈钢、陶瓷、耐热铸造合金、高温金属材料、耐火材料、氧化钽分散合金、石墨以及碳纤维加强的基于碳的材料。

[0048] 在上述太阳能接收器的一些实施例中，该太阳能吸收器是一种陶瓷。在某些实施例中，该陶瓷是一种玻璃陶瓷。在某些实施例中，该陶瓷是碳化硅或氮化硅。在一个实施例中，该陶瓷是氧化硅。

[0049] 在上述太阳能接收器的一些实施例中，该太阳能吸收器是一个丝网。在上述太阳能接收器的一些实施例中，该太阳能吸收器具有一种蜂巢构形。在上述太阳能接收器的一些实施例中，该太阳能吸收器包含一种陶瓷泡沫。在上述太阳能接收器的一些实施例中，该太阳能吸收器包含一层黑色表面涂层。在一些实施例中，该太阳能吸收器包括多个段。在一些实施例中，该太阳能吸收器包括多个饼形段。在某些实施例中，该多个段中的每一者都具有一种蜂巢构形。在一些特定实施例中，该太阳能吸收器的该多个段中的每一者包含一种陶瓷泡沫。在一些实施例中，该太阳能接收器具有指向该开口的一个凹面。在一些实施例



中,该太阳能接收器具有基本上平面的形状。

[0050] 在一些实施例中,上述太阳能接收器进一步包括一个辅助集中器,该辅助集中器在该开口处连接到该低压力流体腔室上。在一些实施例中,该辅助集中器包括多个反射面板,这些反射面板被安排成使得照射在这些反射面板上的入射太阳能辐射被朝向该透明物体反射。在某些实施例中,该多个反射面板被安排成形成一个抛物线形状。在某些实施例中,该多个反射面板被安排成形成多个锥形环,这些锥形环被安排成一个系列以使得该系列中的每一个相继的环具有越来越大的直径,最大直径的锥形环距该开口最远。在某些实施例中,该多个反射面板由四十八个互连的面板组成。在一个实施例中,每一个锥形环由十二个反射面板组成。在一些实施例中,每一个反射面板具有平面矩形形状。在某些实施例中,该多个反射面板由四个互连的反射面板组成。在一些实施例中,每一个反射面板都具有锥形环形状。在一些实施例中,每一个反射面板包括一个内部反射表面、一个外部表面和一个冷却流体通路。在某些实施例中,每一个反射面板被结合到一个壳体上,使得一个腔形成于该壳体与该外部表面之间,其中该腔是该冷却流体通路。在一些实施例中,该壳体与该反射面板的该外部表面上的多个凸起部分进行界面连接。在某些实施例中,该壳体通过一种金属到金属的结合而结合到该反射面板上。在某些实施例中,该金属到金属的结合是钎焊、电阻焊接或压缩焊接。在某些实施例中,这些凸起部分是硬节或凸起。

[0051] 在上述太阳能接收器的一些实施例中,该流体入口与一个气体涡轮排放出口流体连接。在上述太阳能接收器的一些实施例中,该流体出口与一个气体涡轮压缩机入口或一个热储存系统流体连接。在上述太阳能接收器的一些实施例中,该流体出口与一个再生器单元流体连接。在某些实施例中,该再生器单元是一个旋转式再生器单元。

[0052] 在本发明的一些方面中,提供了用于太阳能接收器的集中器。在一些实施例中,这些集中器包括:一个支撑结构,该支撑结构限定用于接收太阳能辐射的一个入口和用于排出集中的太阳能辐射的一个出口;以及多个反射面板,每一个反射面板包括一个或多个流体通路,其中该多个反射面板连接到该支撑结构上并且被安排成使得照射在这些反射面板上的入射太阳能辐射被朝向该出口反射。

[0053] 在集中器的一些实施例中,该多个反射面板被安排成形成一个抛物线、半圆形或半椭圆形形状。在集中器的一些实施例中,该多个反射面板被安排成形成以一个系列来安排的多个锥形环。在集中器的一些实施例中,该多个反射面板由2到72个反射面板组成。在集中器的一些实施例中,该多个反射面板由48个反射面板组成。在集中器的一些实施例中,每一个锥形环包括1到24个反射面板。在一个实施例中,每一个锥形环包括12个反射面板。

[0054] 在集中器的一些实施例中,每一个反射面板都具有平面形状。在某些实施例中,每一个反射面板都具有多面体形状或圆盘形状。在一些实施例中,该多个反射面板由四个反射面板组成,其中每一个反射面板具有锥形环形状。

[0055] 在集中器的一些实施例中,每一个反射面板被结合到一个壳体上,使得一个腔形成于该壳体与该反射面板的一个外部表面之间,其中该腔是一个冷却流体通路。在某些实施例中,该壳体与该反射面板的该外部表面上的一个或多个凸起部分进行界面连接。在某些实施例中,该壳体通过一种金属到金属的结合而结合到该反射面板上。在一些实施例中,该金属到金属的结合是钎焊、电阻焊接或压缩焊接。在某些实施例中,这些凸起部分是硬节或凸起。在一些实施例中,该壳体是铝的。在一些实施例中,该反射面板包括一种金属、一种

聚合物、一种玻璃或其组合。在一些实施例中，该反射面板包括铝、银或其组合。

[0056] 在本发明的一些方面中，提供了用于制作太阳能接收器的方法。在一些实施例中，这些方法包括：获得一个太阳能接收器，该太阳能接收器包括一个用于接收太阳能辐射的开口和一个用于吸收入射太阳能辐射并将热能传递到一种工作流体的太阳能吸收器；以及在该太阳能接收器上安装上述集中器中的任一者，使得该集中器的该出口可操作地定位于该太阳能接收器的该开口内或邻近于该开口。

[0057] 在本发明的一些方面中，提供了用于冷却太阳能接收器的集中器的系统。在一些实施例中，这些系统包括：一个储集器，该储集器包括一种工作流体；本文披露的任何适当的集中器；一个或多个导管，该一个或多个导管流体连接该储集器与该集中器的每一个反射面板的一个或多个冷却通路；以及一个泵，该泵被构形成用于使一种工作流体从该储集器循环通过该一个或多个导管。

[0058] 在一些实施例中，这些系统进一步包括在该集中器下游的一个热交换器，该热交换器被构形成用于从该工作流体移除热。在某些实施例中，该热交换器是一个冷却塔。在某些实施例中，该热交换器是一个壳管式热交换器或一个板型热交换器。在一些实施例中，该工作流体在离开该热交换器之后循环回到该储集器。在某些实施例中，该工作流体是一种防冻溶液。在某些实施例中，该工作流体是水与二醇的混合物。在一些实施例中，该工作流体是水与二醇的50:50混合物。在某些实施例中，该二醇是乙二醇或丙二醇。

[0059] 在本发明的另一些方面中，提供了用于修改集中器的反射面板的方法。在一些实施例中，这些方法包括：获得一个反射面板，该反射面板具有一个内部反射表面和一个外部表面；在该反射面板的该外部表面上产生一个或多个凸起部分；在该反射面板的该外部表面上覆盖一个壳体，使得该壳体接触该一个或多个凸起部分；并且将该壳体结合到该反射面板上以在该壳体与该反射面板的该外部表面之间产生一个腔。

[0060] 在本发明的另一些方面中，提供了用于制作集中器的方法。在一些实施例中，这些方法包括：获得多个反射面板，每一个反射面板具有一个内部反射表面和一个外部表面；获得一个支撑结构，该支撑结构限定用于接收太阳能辐射的一个入口和用于排放集中式太阳能辐射的一个出口；以及组装该多个反射面板，使得每一个反射面板连接到该支撑结构上并且被安排成使得照射在这些反射面板上的入射太阳能辐射被朝向该出口反射。在一些实施例中，这些方法进一步包括：在每一个反射面板的该外部表面上产生一个或多个凸起部分；在每一个反射面板的该外部表面上覆盖一个壳体，使得该壳体接触该一个或多个凸起部分；并且将该壳体结合到该反射面板上以在该壳体与该反射面板的该外部表面之间产生一个腔。在一些实施例中，这些方法进一步包括将一个或多个导管流体连接至每一个反射面板的该腔上。在一些实施例中，这些凸起部分是硬节或凸起。在一些实施例中，该壳体是一个金属片。在一些实施例中，该壳体是一个铝片。在一些实施例中，结合包括在该壳体与该反射面板之间产生一种金属到金属的结合。在一些实施例中，该金属到金属的结合是激光焊接、钎焊、电阻焊接或压缩焊接。

[0061] 还总体上描述使用太阳能接收器的发明性集中式太阳能电力系统以及相关装置和方法。在一些实施例中，该集中式太阳能电力系统或方法包括一个或多个模块化部件。举例来说，在一个实施例中，涡轮、集中器、同流换热器、接收器和/或其他部件可以集成到单个单元中。该单个单元可以在工厂或远离操作现场的其他位置组装，并且接着例如通过州

际公路系统上的卡车装运到操作现场。一旦处于操作现场,该单个单元便可以例如通过将该单元放置在一个塔上而加入到一个发电系统中。由于系统的许多部件可以在工厂或远离操作现场的其他类似设施中制造和组装在一起,并且接着在测试之后被装运到操作现场,因此组装成本和复杂性可以减少。

[0062] 在本发明的另一方面中,用于太阳能发电系统的接收器、集中器、能量储存箱、同流换热器和/或涡轮可以高出地平面,例如安装在一个塔的顶部。这种安排可以允许将同流换热器和/或涡轮定位得更靠近接收器,从而减少因使同流换热器和涡轮定位于距接收器较远距离所带来的热损失和/或其他成本。如所已知,在基于定日镜的太阳能发电系统中的接收器典型地安装在一个塔上或在高出安排有定日镜的地面的其他地方,使得定日镜可以更有效地操作来将日光引导到接收器。在现有太阳能产生系统中,从接收器接收加热的流体的同流换热器和涡轮位于地平面处,这通常是因为接收器、同流换热器和涡轮部件相对较重,以至太重而无法安全或有效地在一个塔上安装到一起。举例来说,现有接收器安排在相对高压下操作,例如4到14个大气压及更高,并且因此必须由厚重材料制成以承受压力。因此,接收器自身典型地需要一个相对大并且稳固的塔结构。在塔上包括同流换热器、涡轮和其他部件将要求将塔制作得如此强大以补偿在将这些部件定位得更靠近一起时可能实现的任何增益。在同流换热器和/或涡轮部件位于地面上的情况下,必须将来自接收器的加热的流体从塔顶部的接收器引导到同流换热器和涡轮所定位的地面。沿着塔上下输送流体进一步增加了系统的大小和重量,例如沿着塔上下传送高温/高压流体的管必须制作得足够厚或者以其他方式来安排成安全地操作并减少热损失。

[0063] 如下文描述,本发明的方面允许太阳能发电机(至少在接收器处)的相对低压力操作,这可以帮助减少系统部件的大小和/或重量。也就是说,减少的压力可能需要较少的材料来安全地容纳流体压力(例如,允许较薄的管、外壳和储箱壁厚度),从而减少各种系统部件的重量,尤其是接收器的重量。这种减少的重量可以准许在一个塔上除了接收器之外还包括其他系统部件,例如可以在一个塔上将涡轮、同流换热器、能量储存箱和其他部件安装到一起。这可能不仅减少系统在地面上的占据面积,而且帮助减少系统构造和组装成本。举例来说,较小大小和重量的部件可以组装在一起成为一个或多个单元,这些单元可以从工厂装运(例如,通过卡车或铁路车皮)并且接着在操作现场组装在塔上。在一个实施例中,用于太阳能发电系统的接收器、集中器、能量储存箱、同流换热器和涡轮全部可以安装到一个塔上。因此在一些实施例中,除了定日镜、功率发射部件和相关联的控制系统之外,发电系统可以完全包含在一个塔上。在其他实施例中,接收器、集中器、同流换热器和涡轮可以安装在一个塔上,其中一个或多个能量储存箱则位于地平面处或塔基底的内部。

[0064] 在另一实施例中,接收器和集中器可以制作为单个模块化单元,并且涡轮可以制作为单独的单个模块化单元。接收器/集中器单元和涡轮单元可以在一个塔上组装和安装到一起。作为离散的模块化单元的发电系统的构造部分还可以准许在将模块化单元从工厂装运到工作现场之前完全测试每一个模块以获得令人满意的操作。这可以减少工作现场的系统测试的数目或范围,这是因为可以在操作现场的组装之前确保每一个模块化单元的操作。

[0065] 在本发明的一些方面中,提供了太阳能电力系统。在一些实施例中,这些系统包括:一个第一太阳能接收器,该第一太阳能接收器被构造并安排成对一种处于小于或等于2

个大气压的压力下的气体进行加热,该第一太阳能接收器流体连接至一个热储存系统;以及一个第二太阳能接收器,该第二太阳能接收器被构造并安排成对一种处于高于2个大气压的压力下的气体进行加热,该第二太阳能接收器流体连接至该热储存系统。

[0066] 在本发明的一些方面中,提供了多种方法,包括:在流体连接至一个热储存单元的一个第一太阳能接收器内对一种处于小于或等于2个大气压的压力下的第一气体进行加热;并且在流体连接至该热储存单元的一个第二太阳能接收器内对一种处于高于2个大气压的压力下的第二气体进行加热。

[0067] 在系统或方法的一些实施例中,该第一太阳能接收器直接流体连接至该热储存系统。在系统或方法的一些实施例中,该第二太阳能接收器直接流体连接至该热储存系统。在系统或方法的一些实施例中,该热储存系统的一个第一部分被构造并安排成在高于2个大气压的压力下操作,并且该热储存系统的一个第二部分被构造并安排成在小于或等于2个大气压的压力下操作。在系统或方法的一些实施例中,该热储存系统流体连接至一个气体涡轮。

[0068] 在本发明的另一些方面中,提供了太阳能接收器。在一些实施例中,这些太阳能接收器包括:一个隔绝壳体,该隔绝壳体包括用于接收集中的太阳能辐射的一个开口;以及一个高压太阳能吸收器,该高压太阳能吸收器容纳在该隔绝壳体内。在一些实施例中,该高压太阳能吸收器包括一个流体入口、一个流体出口以及与该流体入口和该流体出口流体连接的一个热交换器。在一些实施例中,该高压太阳能吸收器具有的最大可允许工作压力超过2个大气压。在一些实施例中,该高压太阳能吸收器被设计并构形成在800°C到1500°C或800°C到2500°C的温度下操作。在一些实施例中,该高压太阳能吸收器被设计并构形成在等于或高于800°C的温度下操作。

[0069] 在一些实施例中,太阳能接收器进一步包括邻近于该开口定位的一个透明物体。在一些实施例中,该透明物体反射红外范围内的光。在一些实施例中,该透明物体在一个内表面上包括一层抗辐射反射涂层,该涂层限制再辐射对该接收器的热效率的影响。

[0070] 在太阳能接收器的一些实施例中,该高压太阳能吸收器至少部分地包括一种单晶体超合金。在一些实施例中,该单晶体超合金是基于镍的。在一些实施例中,该高压太阳能吸收器包括一层表面涂层。在一些实施例中,该表面涂层是使用化学气相沉积涂覆的。在一些实施例中,该表面涂层是一层黑色表面涂层。

[0071] 在太阳能接收器的一些实施例中,该热交换器包括一个管状盘管或一种壳管式安排。在某些实施例中,该热交换器包括具有在0.5英寸到5英寸的范围内的直径的一个或多个管。在某些实施例中,该热交换器包括具有2英寸的直径的一个或多个管。在某些实施例中,该热交换器包括具有在0.1英寸到0.5英寸的范围内的壁厚度的一个或多个管。在某些实施例中,该热交换器是一个板型热交换器。在某些实施例中,该热交换器至少部分地是通过一种熔模精密铸造方法来制作。在某些实施例中,该热交换器包括通过一种真空钎焊工艺形成的一个或多个金属到金属的结合。在某些实施例中,该真空钎焊工艺是受激扩散结合(ADB)或瞬态液相(TLP)。

[0072] 在一些实施例中,这些太阳能接收器进一步包括一个辅助集中器,该辅助集中器在该开口处连接到该隔绝壳体上。在一些实施例中,该辅助集中器包括多个互连的反射面板,这些反射面板被安排成使得照射在这些反射面板上的入射太阳能辐射被朝向该透明物

体反射。在一些实施例中,该多个互连的反射面板被安排成形成一个抛物线形状。在某些实施例中,每一个反射面板包括一个冷却流体通路。

[0073] 在一些实施例中,提供了发电系统,包括:一个太阳能接收器,该太阳能接收器被构造并安排成对一种处于小于或等于2个大气压的压力下的第一气体进行加热;一个旋转式热交换器,该旋转式热交换器流体连接至该太阳能接收器,该旋转式热交换器被构造并安排成将热能从该第一气体传递到一种处于高于2个大气压的压力下的第二气体;以及一个气体涡轮,该气体涡轮流体连接至该太阳能接收器,该气体涡轮被构造并安排成使用该第二气体发电。

[0074] 在一些实施例中,提供了发电方法,包括:在一个太阳能接收器中对一种处于小于或等于2个大气压的压力下的第一气体进行加热;使用一个流体连接至太阳能接收器的旋转式热交换器将热能从该第一气体传递到一种处于高于2个大气压的压力下的第二气体;并且使用流体连接至该太阳能接收器的一个气体涡轮从该第二气体发电。

[0075] 在结合附图考虑时从以下对本发明的多种不同非限制性实施例的详细说明中将了解到本发明的其他优点和新颖特征。在本说明书和以引用方式并入的文献包含冲突和/或不一致的披露内容的情况下,应以本说明书为准。如果以引用方式并入的两个或两个以上文献包含彼此冲突和/或不一致的披露内容,那么应以有效日期在后的文献为准。

## 附图说明

[0076] 将通过参考附图借助于实例来描述本发明的非限制性实施例,附图是示意性的且并不旨在按比例绘制。在图中,图解说明的每一个相同或近似相同的部件典型地是由一个单一数字表示。为了清楚,在无需进行图解说明就能让本领域的普通技术人员理解本发明的情况下,并未在每个图中标记每个部件,也不是对于本发明的每一个实施例都示出了每个部件。在图中:

[0077] 图1包括根据一组实施例的、包括一个低压力太阳能接收器的一个集中式太阳能发电系统的示意图;

[0078] 图2A到图2C包括根据一些实施例的可以与集中式太阳能发电系统一起使用的热回收构形的示例性示意图;

[0079] 图3A到图3C包括可以在一个热储存系统中使用的热储存单元的示例性示意图说明;

[0080] 图4A到图4B包括根据一组实施例的电力塔系统的示意性图解说明;

[0081] 图5包括一个集中式太阳能发电系统的示例性示意图,该系统包括一个高压力太阳能接收器;

[0082] 图6包括根据一些实施例的一个集中式太阳能发电系统的示意图,该系统包括多个太阳能接收器;

[0083] 图7A到图7E包括低压力太阳能接收器的示例性示意图解;

[0084] 图8A到图8C包括一个辅助集中器的示例性示意图解;

[0085] 图9A到图9C包括高压力太阳能接收器的示例性示意图解;并且

[0086] 图10A到图10F包括集中式太阳能发电系统的示例性示意图解。

## 具体实施方式

[0087] 总体上描述使用太阳能接收器的发明性集中式太阳能电力系统以及相关装置和方法。在一些实施例中,集中式太阳能电力系统包括太阳能接收器,以用来在相对低的压力下对流体进行加热。来自太阳能接收器加热的低压力流体的热可以被传递到相对高压力的流体,这种相对高压力的流体可以用于作为例如布雷顿循环的一部分而为气体涡轮提供动力。低压力流体与高压力流体之间的热交换可以通过使用热交换系统来实现。

[0088] 在一些实施例中,该气体涡轮的排放可以被输送到太阳能接收器并且用作这种低压力的加热的流体。任选地可以使用一个鼓风机来将额外的环境空气提供给低压力太阳能接收器,这可以对于例如调节通过系统的流体的流量是有用的。在一些实施例中,可以使用一个控制器来调节来自该鼓风机的气体的流速。该控制器可以被构造并安排成至少部分地基于从气体涡轮输送到太阳能接收器的气体的条件而调整从鼓风机输送到太阳能接收器的气体的流速。举例来说,该控制器可以被构造并安排成使得从鼓风机输送到太阳能接收器的气体的流速取决于从气体涡轮输送到太阳能接收器的气体的温度、压力和/或流速中的一者或多者。

[0089] 来自太阳能接收器的低压力流体除了在布雷顿循环内将热提供到高压工作流体之外,还可以用于将热提供一个热储存系统,该系统可以例如通过储存来自低压力流体的可感测的热来运行。该热储存系统可以对于在低日光的时期期间运行动力循环是有用的,例如通过除了由太阳能接收器提供的热之外或代替由太阳能接收器提供的热还将热提供到低压力流体。在一些实施例中,该热储存系统可以在涡轮的高压力下操作,例如通过将加压流体输送通过热储存单元从而在例如将该加压流体输送到涡轮之前对该加压流体进行加热。在一些实施例中,来自太阳能接收器的空气流可以在热储存系统与这个用于将热从低压力流体传递到高压布雷顿循环流体的热交换系统之间切换。在一些实施例中,鼓风机可以被连接成将来自热储存系统的加热的空气输送到太阳能接收器中。

[0090] 在一些情况下,通过回收来自从用于将热传递到高压流体的热交换系统出来的低压力流体的热量,可以改善该系统的总体效率。举例来说,在一些情况下,从热交换系统出来的低压力流体可以用于产生蒸汽以在兰金循环(Rankine cycle)中对蒸汽涡轮提供动力。在一些实例中,从热交换系统出来的低压力流体可以用于将热提供给一个吸收式冷冻器,该冷冻器可以例如用于为空气调节器产生冷冻水。来自热交换系统的低压力流体还可以用于为一般空间加热目的而提供热(例如,通过空气到液体热交换器)。

[0091] 本发明的一些实施例可以与太阳能电力塔系统(也称为中心塔太阳能发电站或定日镜太阳能发电站)协调使用。这类系统包括多个定日镜,这些定日镜被安排成将日光重定向到一个收集塔的顶部,该收集塔有时称为中心塔,上面安装有一个或多个太阳能接收器。在一些此类实施例中,气体涡轮和/或压缩机可以与太阳能接收器一起安装在太阳能塔的顶部。例如热储存系统等其他部件也可以安装在塔的顶部或者塔的其他部分内。

[0092] 在一些实施例中,提供的低压力太阳能接收器可以结合这里披露的发电系统来使用。这些太阳能接收器至少部分地起作用来将太阳能辐射能量转换为工作流体的热能,该工作流体例如为发电或热储存系统的工作流体。太阳能接收器典型地包括一个低压力流体腔室,该腔室至少部分地被设计并构造成提供一个隔绝壳体,这个隔绝壳体用以减少或消

除太阳能接收器的热损失,容纳低压力工作流体,和/或为太阳能吸收器提供一个支撑结构。这些低压力太阳能接收器还典型地包括一个透明物体(例如,窗),该物体邻近于接收器中的用于接收太阳能辐射的一个开口而定位。该透明物体至少部分地起作用以容纳该低压力工作流体,以便准许太阳能辐射传递到太阳能接收器中(在该处,辐射射中太阳能吸收器),并且消除或减少与来自太阳能吸收器的再辐射相关联的热损失。

[0093] 因为低压力接收器在低压力(例如,2个大气压以下)下操作,所以与经受较高压力的腔室所需要情况相比,该腔室可以典型地使用更少材料和更少设计约束来构造。而且,这种低压力设计使得能够使用相对大(例如,直径为1米到5米)的透明物体,这实现了高的太阳能收集能力。因此,根据一些方面,低压力太阳能接收器具有较低的生产成本,并且具有比当前可用的太阳能接收器显著更大的收集能力。

[0094] 在另外的实施例中,提供了一些高压接收器,这些高压接收器可以结合本文披露的发电系统而使用。这些高压太阳能接收器至少部分地起作用来将太阳能辐射能量转换为工作流体的热能,该工作流体例如为发电系统或热储存系统的工作流体。在一些实施例中,高压接收器包括一个隔绝壳体,该壳体罩住一个高压太阳能吸收器,该太阳能吸收器通过吸收入射的太阳能辐射而获取热能。进入接收器的高压流体(例如,在高于2个大气压到50个大气压的压力下的流体)穿过高压太阳能吸收器内的一条或多条流体通路,并且部分地通过与通路壁的接触而获取高压太阳能吸收器中的热能。高压太阳能吸收器经常具有一层黑色表面涂层,以用于促进对入射太阳能辐射的吸收并且典型地是从一种单晶超合金(例如,基于镍的单晶超合金)构造而成的。

[0095] 当前的高压接收器典型地使用的金属经常在它们能够起作用时所处的最大温度方面受到限制。举例来说,某些高压接收器对加压接收器部件采用不锈钢或其他合金,并且这些材料典型地将接收器出口温度限制在不足以(至少在高效率下)实现某些下游用途的水平上,所述用途例如为在一个布雷顿动力循环内的使用。这里提供的高压太阳能接收器对热交换器元件采用显著更高温的材料,例如高温单晶超合金,并且因此可以在显著更高的温度下操作。在一些实施例中,高压吸收器是由基于镍的高温超合金(例如,使用精密熔模铸造)制成,并且实现从接收器的相对高的最大出口温度(例如,上至约1150°C的温度)。因此,在一些实施例中,接收器可以在一个布雷顿循环系统内使用,从而实现高电力输出和高总体电效率。

[0096] 在某些实施例中,额外热传递特征被提供到热交换器元件的内部(例如,改进的横截面形状)以促进热传递效率。在一些实施例中,通过一种独特的真空钎焊工艺将铸造单晶管附接到由相似材料制成的头部和歧管上,该工艺称为(ADB)受激扩散结合或(TLP)瞬态液相。在一些实施例中,此结合技术让接头可以保持完全强度和温度能力。在一些实施例中,这些高压接收器还带有一个透明物体(例如,石英玻璃前窗)。在一些实施例中,该透明物体在内侧具有一层抗辐射反射涂层,以用来限制再辐射对热效率的影响。而且,在一些实施例中,高电阻绝缘物被应用于接收器以改善热效率。

[0097] 在一些实施例中,提供了辅助集中器。该辅助集中器至少部分地提供了一种用于从主集中器(例如,定日镜场)或其他源收集集中的太阳能辐射并且将该太阳能辐射定向到一个太阳能接收器的开口中的机构。该辅助集中器典型地改善了太阳能接收器的太阳能收集效率。在一些实施例中,该辅助集中器是用多个反射面板构造的,每一个反射面板典型地

具有一个反射表面和一种预定形状。该多个反射面板典型地安排成一种构形，该构形促进了入射太阳能辐射朝向接收器开口的反射。在某些实施例中，该辅助集中器包括多个冷却管，这些冷却管部分地用以将冷却流体递送到每一个反射面板内的冷却通路并且从每一个反射面板内的冷却通路递送冷却流体。

[0098] 这里描述的发明性系统和方法的某些实施例在某些应用中可以提供优于传统集中式太阳能电力技术的某些优点。举例来说，低压力部件（例如，太阳能接收器、储存容器等等）可能制造起来相对便宜并且操作起来相对安全。另外，与大的窗在高压下会破裂的加压系统相比，低操作压力允许在太阳能接收器内使用相对大的窗。这里描述的布雷顿循环系统相对于采用例如兰金循环的系统来说具有较高的热效率。在用于发电的热交换与低压力储存之间切换低压力流体流动的这种能力能够允许在夜间和其他低日光条件下进行操作。本文描述的热联合方法还可以改善总体系统性能。

[0099] 图1所示为一个系统100的示意性图解说明，该系统中使用集中式太阳能来产生电力。在图1中图解说明的这组实施例中的流体流可以总体上划分为包括相对高压流体的流（图1中图解说明为虚线）和包括相对低压力流体的流（图1中图解说明为实线）。应注意，这些图例只是用于图解说明的目的，并且无意指示所有相对低压力流中的压力均相同和/或所有相对高压流中的压力均相同。

[0100] 系统100包括一个太阳能接收器102，该太阳能接收器被构造并安排成使得该接收器的至少一部分（例如图1中的面104）暴露于入射太阳能辐射106。来自入射太阳能辐射的能量可以用来对太阳能接收器内的流体进行加热。在一些实施例中，该太阳能接收器可以被构造并安排成在相对低压力下操作。举例来说，该太阳能接收器内的流体的压力可以上至并包括约2个大气压、小于约1.5个大气压、小于约1.25个大气压、小于约1.1个大气压、在约0.9与约2个大气压之间、在约0.9与约1.5个大气压之间、在约0.9与约1.25个大气压之间，或在约0.9与约1.1个大气压之间。在一些情况下，该太阳能接收器可以被构造并安排成使得该接收器内的流体不会被实质上压缩，例外情况是由于流体在被输送到接收器之前的加热和/或输送而可能带来的意外压缩。举例来说，在一些情况下，输送到太阳能接收器的流体可以基本上等于周围环境的压力。接收器处的减小的压力可以允许接收器的“窗”（例如，接收器的一个透明部分，日光穿过该透明部分以对接收器中的流体进行加热）制作成比在其他相对高压接收器中显著更大。举例来说，现有接收器可能限于约60cm直径的窗口大小，而在本发明的一些实施例中的接收器可以具有上至约150cm或更大的尺寸。在一些实施例中，接收器具有4米或更大的窗口大小。

[0101] 流体可以通过一个入口，例如图1中的入口管线108，被输送到太阳能接收器。总体上，当可以利用太阳来提供能量以对流体进行加热时，流体被输送通过太阳能接收器。在一些情况下，被输送到太阳能接收器的相对低压力流体可以包括一个用于在系统内产生电力的涡轮的出口流。然而，除了涡轮的排出流之外或代替涡轮的排出流，相对低压力流体也可以发源自其他源。举例来说，在一些情况下，被输送到太阳能接收器的相对低压力流体可以发源自周围环境（例如，大气）。下文更详细描述与太阳能接收器的设计和操作相关的额外细节。

[0102] 一旦已经在太阳能接收器内对相对低压力流体进行加热，便可以例如通过图1中的流110将该流体输送出该接收器。流110内的流体的至少一部分可以通过流114输送到热



交换(或同流换热器)系统112。热交换系统112可以用于将热从相对低压力流体流(例如,来自太阳能接收器和/或来自热储存系统)传递到可以用于驱动一个气体涡轮的相对高压力流体流116,如下文更详细描述。

[0103] 在来自相对低压力流的热已经被输送给相对高压力流之后,相对低压力流体可以通过流118而输送出热交换系统112。在一些实施例中,流118可以含有残余热,这种残余热可以在热回收系统120内被回收以提高系统效率。下文更详细地描述用于从主热交换系统的排出流回收残余热的系统和方法。

[0104] 在系统100中图解说明的这组实施例中,主要使用布雷顿循环来发电。图1中图解说明的布雷顿循环包括气体涡轮122。虽然图1中图解说明了一个单独的涡轮,但是应了解,本发明不受此限制,并且在一些实施例中,可以采用多个涡轮。举例来说,在一些实施例中,发电系统包括至少2个、至少3个、至少4个、至少5个或者更多的涡轮。单个气体涡轮和/或多个气体涡轮的组合能够产生任意合适量的功率(例如,至少约100kW、至少约500kW、至少约1MW、至少约4MW)。本领域的普通技术人员将能够在给出期望的功率输出要求的情况下选择适当的气体涡轮和/或气体涡轮的组合。

[0105] 为了提高系统效率,供应到气体涡轮122的气体应当相对热并且相对较高地加压。为了实现此目的,可以使用压缩机124来压缩流126中的相对低压力气体(例如,环境空气)以产生相对高压力流116。如上文提到,可以通过热交换系统112将热从加热的低压力流114(例如,从太阳能接收器102和/或从热储存系统134)传递到流116来加热相对高压力流116,从而产生相对高压力、相对高温度的流128。在一些实施例中,可以使用压缩机来产生具有高于2个大气压、至少约3个大气压、至少约4个大气压、至少约5个大气压、至少约10个大气压或至少约15个大气压的压力的流体流(例如,气体流)。

[0106] 如图1中图解说明,主要热交换系统112包括两个热交换器(或同流换热器)112A和112B。应了解,虽然图中图解说明了使用两个热交换器,但本发明不限于使用包括两个热交换器的热交换系统,并且在一些实施例中,在热交换系统中可以使用一个单个的热交换器或两个以上的热交换器(例如,3、4、5个或更多热交换器)。在图1中,第一热交换器112A可以用于在相对高温下交换热,例如从高温流114移除热从而产生中间温度流115,同时将热传递到中间温度流117从而产生高温流128。第二热交换器112B可以用于在相对低温下交换热,例如从中间温度流115移除热从而产生低温流118,同时将热传递到低温度流116从而产生中间温度流117。高温热交换(例如,在约800°C与约1250°C之间的温度下)可能涉及使用非常昂贵的材料,例如特殊设计的陶瓷和/或高温超合金。代替单个较大的相对昂贵的热交换器而使用多个热交换器(例如,一个相对较小的便宜的热交换器和一个相对较小的昂贵的热交换器)可以允许实现有效的热交换,同时降低成本。虽然将图1中的热交换系统112图解说明为包括两个热交换器,但应当了解,在一些实施例中,可以采用一个单个的热交换器。另外,在一些情况下,在热交换系统112中可以采用两个以上的热交换器。

[0107] 在一些实施例中,热交换器系统中的至少一个热交换器可以被构形成使得这些热交换器同时含有第一低压力流体(例如,气体)和第二高压力流体(例如,气体),在某些实施例中,这可能涉及第一和第二流体同时流过热交换器。举例来说,在一些实施例中,热交换器系统中的至少一个热交换器包括第一入口和第二入口,相对低压力(例如,小于或等于2个大气压的压力)的气体通过第一入口被输送到热交换器中,在第一气体被输送到热交换

器中的同时,相对高压(例如,高于2个大气压)的气体通过第二入口被输送到热交换器中。通过以此方式构形一个或多个热交换器,相对于将第一和第二流体相继地输送通过热交换器的情形(例如,由于在流体流之间的时间期间从热交换器的热耗散)来说,可以增强从高温流体传递到低温流体的热的量。以此方式构形的热交换器可以被构形成在逆流或顺流模式(具有在相同或相反方向上的流)中操作。

[0108] 在一些实施例中,用于将热从相对低压流体传递到相对高压流体的这些热交换器中的一者或多者(例如,图1中的热交换器112A和/或112B)可以是旋转式热交换器(例如,陶瓷的旋转式热交换器)。用于在本文描述的系统中使用的合适的旋转式热交换器(例如,旋转式再生器)包括例如在以下美国专利中描述的那些旋转式热交换器:1995年3月25日提交的在2001年4月17日颁发的名称为“包括能够进行不连续移动的部件的热交换器(Heat Exchanger Containing a Component Capable of Discontinuous Movement)”的第RE37134号美国专利;2006年10月17日提交的在2007年4月26日公开的名称为“间歇性密封装置和方法(Intermittent Sealing Device and Method)”的第2007/0089283号美国公开案;2007年4月16日提交的在2008年10月16日公开的名称为“再生器轮设备(Regenerator Wheel Apparatus)”的第2008/0251234号美国公开案;2007年6月29日提交的在2009年1月1日公开的名称为“具有能量储存驱动系统的再生式热交换器(Regenerative Heat Exchanger with Energy-Storing Drive System)”的第2009/0000761号美国公开案;2007年6月29日提交的在2009年1月1日公开的名称为“用于再生式热交换器的刷式密封和矩阵及其调节方法(Brush-Seal and Matrix for Regenerative Heat Exchanger and Method of Adjusting Same)”的第2009/0000762号美国公开案;以及2004年12月16日提交的在2006年3月16日公开的名称为“可变面积质量或面积和质量物质传递装置和方法(Variable Area Mass or Area and Mass Species Transfer Device and Method)”的第2006/0054301号美国公开案。陶瓷的旋转式热交换器能够在相对高温(例如,上至约2100°F(1200°C))下操作,这可以允许将较高温度气体供应到气体涡轮,从而提高系统效率。当然,本发明不限于使用旋转式热交换器,并且在一些实施例中,这些热交换器中的一者或多者(例如,用于将热从相对低压流体传递到相对高压流体的热交换器,例如图1中的热交换器112A和/或112B)可以是多种多样的合适的热交换器构形中的任一种,包括但不限于板式热交换器、管式热交换器(例如,壳管式热交换器)等等。

[0109] 在一些实施例中,至少一个热交换器可以是金属的热交换器。第一和第二热交换器可以是不同类型的。举例来说,在一些实施例中,热交换系统内的一个热交换器可以是陶瓷热交换器(例如,陶瓷的旋转式热交换器、陶瓷板式热交换器、陶瓷管式热交换器等等),而第二个热交换器可以是金属的热交换器。举例来说,来自太阳能接收器的气体可以被输送到陶瓷热交换器(在该处可能观察到相对高的最大温度),并且随后被输送到金属的热交换器(在该处的最大温度可能低于在陶瓷热交换器中观察到的最大温度)。

[0110] 在一些实施例中,该系统可以包括被构形成在相对高的温度下操作的热交换器。举例来说,在一些实施例中,该系统可以包括可以在高于1500°F的温度下并且在一些实施例中在上至1800°F的温度下操作的一个或多个热交换器(例如,图1中的热交换器112A和/或112B)。在一些实施例中,该系统可以包括可以在上至2100°F或甚至上至2500°F的温度下操作的一个或多个热交换器。高温热交换器可以包括构形成承受高温操作的一种或多种材

料,包括例如一种或多种陶瓷(例如,氧化铝、氧化铁、氧化硅、氧化镁等等)。在一些实施例中,热交换器可以包括一种或多种金属(例如,例如包括镍、铬、钛、钨、钼、钽、铌等的超合金,包括本文在别处描述的任何一种超合金)。作为具体实例,高温热交换器的全部或一部分可以由哈氏合金国际(Haynes International)公司的Alloy **230®**、Alloy **214®**和/或Alloy **556®**形成。

[0111] 在一些实施例中,高压高温流128内的流体可以被直接输送到气体涡轮122,在该处该流体可以用于发电。该气体涡轮可以被构造并且安排成使用具有相对高压力的传入气体流来操作。在一些实施例中,被馈送到气体涡轮中的气体流具有高于2个大气压、至少约3个大气压、至少约4个大气压、至少约5个大气压、至少约10个大气压或至少约15个大气压的压力。在一些实例中,例如在启动期间或在流114中的流体的温度相对低(例如,在低日光的时期期间和/或当储存容器112(下文描述)未充分加热而无法供应高温流体时)的时期期间,可以采用一个任选的补充加热器130来将额外的热供应到流128中的流体,从而产生可以被输送到气体涡轮122的流128B。补充加热器130可以包括例如辅助燃烧器,有时候称为升压燃烧器,该燃烧器燃烧燃料来供应额外的热。本领域的普通技术人员将能够在给出给定系统的功率要求和操作条件的情况下选择适当装置来提供所需量的补充热。举例来说,加热器130可能包括一个诱导流燃烧器(induced flow combustor)。

[0112] 一旦流128(或128B)中的气体已经膨胀,便可以产生一个相对低压力、低温度涡轮排出流132。如上文提到,在一些实施例中,涡轮排出流132可以被馈送到太阳能接收器102,在该处该流可以再加热并且用于将热供应到热交换系统112。以此方式安排涡轮排放的路线可以是有益的,因为涡轮排放中可能含有残余热,倘若排放物直接排放到大气中,那么这些残余热就会损失掉。

[0113] 在一些实施例中,系统100可以包括任选的热储存系统134。在一些实施例中,这个热储存系统可以包括一个单个的热储存单元,而在其他实施例中,这个热储存系统可以包括多个热储存单元。这个热储存系统可以用于储存热(例如,可以感测到的热)以用于在相对低日光的时期期间和/或在系统的启动期间使用。在相对高日光的时期期间,从太阳能接收器出来(例如,通过流110)的流体的至少一部分可以被输送到热储存系统134(例如,通过流136),在该处可以将热保存以用于稍后使用。在低日光的时期期间,相对低温度流体可以通过流138被输送到热储存系统中。储存在热储存系统134内的热可以用于加热相对低温度流体以产生高温流体,该高温流体可以例如通过流136和114被输送到热交换系统112。在一些实施例中,供应到流138的流体可以包括涡轮122的排出流132。举例来说,在一些情况下,在低日光的时期期间,可能极少或没有流体会通过流108供应到太阳能接收器102,并且可以通过导管138将来自涡轮122的排出流132的低压力流体(以及任选地,来自环境大气的某些流体)重定向到热储存系统134。在一些实施例中,可以使用一个控制器和多个阀来调节低压力流体通过太阳能接收器102和热储存系统134的这种分配。

[0114] 在一些实施例中,可以将任选的鼓风机140加入到这个系统中。这个系统中可以包括任何合适类型的鼓风机,该鼓风机可以包括例如电驱动导流风扇。该鼓风机可以例如用来在相对高日光的时期期间将气体涡轮出口流(例如,图1中的流132)输送通过太阳能接收器。另外,鼓风机140可以用于在高日光的时期期间提供动力以使热空气循环通过热储存系统。在一些实施例中,鼓风机140可以用于将来自热储存系统134的加热的空气输送到太阳

能接收器102(例如,通过路径138)以将预加热的空气提供到太阳能接收器(例如,在相对低日光的时期期间)。在一些实施例中,当热储存系统可以为系统提供热时,鼓风机140可以在相对低日光的时期期间关闭。

[0115] 在一些情况下,除了从气体涡轮的排出气体之外,鼓风机还可以被安排成从另一个源接受环境空气或流体。以此方式,鼓风机可以用于控制相对低压力区段(即,来自气体涡轮的排放、通过热交换系统112和通过任选的热回收系统120)内的流体的总体流速。举例来说,当需要通过低压力区段的较高流速时,鼓风机可以从环境或另一个非涡轮排出源吸收相对大量的流体。当需要通过低压力区段的较低流速时,鼓风机可以从环境或另一个非涡轮排出源吸收相对少量的流体(或不吸收流体)。

[0116] 如上所述,来自热交换系统112的流118的残余热可以在任选的热回收系统120内交换。热回收系统120可以包括多种构形。举例来说,在一些情况下,可以采用兰金及底循环来回收残余热。图2A包括一个图解说明使用兰金循环从流118回收能量的示意图。在图2A中,源自热交换系统112的流118被馈送到热交换锅炉210。流118内的热可以被传递到含有水的另一个流体流(例如,图2A中的流211),这可能导致蒸汽或热水的产生。在此热交换期间产生的蒸汽可以通过流212而退出。锅炉210还可以产生溢流213,该流可以包括来自流118的冷却的的流体。流212可以被馈送到蒸汽涡轮214,在该处该流可以用于产生能量和排出流216。排出流216可以在任选的冷凝器218中冷凝为水,从而产生热(可以在过程的其他区域中使用)冷凝流。如图2A中所示,来自冷凝器的冷凝流被图解说明为用作热交换锅炉入口流211,该流可以被再加热以产生蒸汽。任选地,蒸汽涡轮排出流216可以用作热交换锅炉入口流211。

[0117] 在一些实例中,可以使用一个吸收式冷冻器从流118回收残余热。图2B包括一组此类实施例的示意性图解说明。在图2B中,将流118输送到吸收式冷冻器220,在该处来自流118的热被用于向吸收式冷冻器提供必需的能量来使流222(例如,环境空气)中的相对温暖的流体冷却以产生冷却的流体流224。除了产生冷却的流体流224之外,吸收式冷冻器还可以产生排出流226,该流含有来自已经冷却的流118的流体。冷却的流224可以例如用作一个空气调节系统的一部分。作为另一个实例,冷却的流224可能例如在极热气候(例如,100°F或更高的温度)中的操作期间用于冷却系统部件(例如,气体涡轮)。本领域的普通技术人员将能够基于传入流体流118的所需冷却负载、温度和流速以及其他设计参数来选择合适的吸收式冷冻器。

[0118] 在再其他情况下,流118内的残余热可以用于提供热(例如,在过程的其他区域内和/或提供到发电过程之外的区域)。图2C包括一组此类实施例的示例性示意图解说明。在图2C中,流118被输送到热交换器230,在该处该流用于使流232(例如,环境空气)中的相对冷的流体加热以产生加热的流体流234。另外,可以产生含有来自已经冷却的的流118的流体的排出流236。加热的流234可以例如用于产生热水或其他液体,以用于在活水系统、空间加热系统(例如,为了在建筑物内的一个或多个房间或其他合适结构内供热)或需要加热的流体的任何其他合适系统中使用。本领域的普通技术人员将能够基于传入流体流118的所需加热负载、温度和流速以及其他设计参数来选择合适的热交换器。

[0119] 包括热回收系统120就能带来总体系统效率的相对大的提高。大体上,总体系统效率是计算为由系统产生的功率(采用电力的形式和/或采用可以在另一系统中使用的加热

的或冷却的流的形式,例如图2B和图2C中的流224和234)除以入射在太阳能接收器上的太阳能的功率并乘以100%。在图2A中图解说明的采用兰金底循环的实施例中,总体效率可以接近约50%(例如,在约40%与约50%之间)。对于例如在图2B中图解说明的、包括吸收式冷冻器的系统,总体系统效率可以接近约60%(例如,在约40%与约60%之间)。采用热交换器来对发电系统和/或外部系统的其他部分提供热的发电系统的总体效率可以接近约80%(例如,在约40%与约80%之间)。

[0120] 如上所述,系统100中的热储存系统134可以包括一个或多个热储存单元。热储存单元可以实现一种实际并且有成本效益的方法,从而实现CSP能量的热储存,以用于在无日光或低日光的时间期间产生电力。在一些实施例中,热储存单元可以包括一个储箱,在该储箱中设置了具有供流体流过的多条通路的固体媒介,以便在相对高的温度(例如,至少约1800°F、至少约2000°F或更高)下储存热能。

[0121] 图3A到图3C中所示为合适的热储存单元的示例性图解说明。图3A包括储存单元310的横截面图,该储存单元包括管线312和314,每一条管线可以用作一个入口或一个出口。单元310还包括板316A,该板包括多条通路。用这种方式设计板316A,因此流体可以被输送通过该板,同时该板支撑了体积318内的热储存媒介,从而防止该热储存媒介进入管线314。另外,单元310可以包括板316B,该板也可以包括多条通路。通过用这种方式设计板316B,流体可以从体积318输送并且通过板316B,而不会在流体从管线312退出时挟带热储存媒介。通过避免热储存媒介被输送到热储存单元310之外,就可以减少对涡轮、鼓风机、太阳能接收器或其他系统部件的损坏(例如,腐蚀损坏),该损坏可能在媒介与这些部件接触时发生。

[0122] 热储存单元310可以使用多种材料来制造,包括例如金属(例如,不锈钢)。在一些实施例中,热储存单元310被构形成经认证的压力器皿(例如,ASME认证、EN13445认证,或满足类似一组认证标准的压力器皿)。另外,板316A和316B可以由任何合适材料制造,包括金属(例如,不锈钢、例如钨的难熔金属和类似物)、陶瓷和/或这些材料的组合。

[0123] 热储存单元310可以分多个区段制造,这样使得这些区段中的两者或多者可以用螺栓连接在一起而组装成一个具有所需体积容量的储存单元。分多个区段制造储存单元,可以便于工厂构建、运输和现场组装体积容量相对大的储存单元。在一些构形中,储存单元的多个区段的长度可以在8英尺到16英尺的范围内,并且直径可以在8英尺到16英尺的范围内。在一些构形中,储存单元的多个区段的长度可以为大约12英尺,并且直径可以为10英尺到12英尺。

[0124] 板316A和/或316B内的通路可以被构形成在体积318内赋予所期望流动轮廓。举例来说,板316A和/或316B内的路径的大小(例如,直径、长度)、横截面形状和/或流动角度可以被选择为实现期望的流动轮廓。板316A和/或316B的一侧或两侧上的流体通路的开口可以用任何合适图案来安排,包括例如蜂巢式图案。

[0125] 如上所述,管线312和314可以各自用作一个入口或一个出口。举例来说,在单元310内的热储存媒介是由传入流体加热(例如,在1800°F与1900°F之间的温度下)的一些实例中,管线312可以用作一个入口,而管线314可以用作一个出口。在这些情况下,板316A可以防止热储存媒介被挟带于加热流体中并且输送通过出口314。在单元310内的热储存媒介是用于加热传入流体(例如,在100°F与1200°F之间的传入温度下)的一些实例中,管线314

可以用作一个入口,而管线312可以用作一个出口。在这些情况下,板316B可以防止热储存媒介被挟带于加热的流体中并且输送通过出口312。单元310内的流体流动的方向可以自由改变,这取决于发电系统的操作模式。

[0126] 在一些情况下,由太阳能接收器加热的气体的第一部分可以被输送到热储存系统,并且由太阳能接收器加热的气体的第二部分可以被输送到热交换系统(即,来自太阳能接收器的空气流可以在热储存系统与用于将热从低压力流体传递到高压力布雷顿循环流体的热交换系统之间切换)。在一些情况下,在第一时间周期中来自太阳能接收器的基本上所有气体都被输送到热储存系统,而在不与第一时间周期重叠的第二时间周期中来自太阳能接收器的基本上所有气体都被输送到热交换系统。举例来说,在第一时间周期中来自太阳能接收器的基本上所有排出流都可能被输送到热储存系统,并且在一个稍后的时间,来自太阳能接收器的流可以被切换成使得基本上所有太阳能接收器排放都被输送到热交换系统。在其他情况下,在第一时间周期中来自太阳能接收器的气体的第一部分被输送到热储存系统,而在该第一时间周期中来自太阳能接收器的气体的第二部分被输送到热交换系统。换句话说,来自太阳能接收器的排出流可以被分成使得同时将太阳能接收器排放的第一部分输送到热储存系统并且将太阳能接收器排放的第二部分输送到热交换系统。

[0127] 在一些实施例中,热储存系统(包括热储存系统内的任何热储存单元)可以被构造并且安排成在系统100操作的时间周期的至少一部分期间在相对低的压力下操作。举例来说,例如在热储存系统的加热期间和/或在正输送通过热储存系统的流体的加热期间,热储存系统(包括热储存系统内的任何热储存单元)内的流体的压力可以上至并包括2个大气压、小于约1.5个大气压、小于约1.25个大气压、小于约1.1个大气压、在约0.9与约2个大气压之间、在约0.9与约1.5个大气压之间、在约0.9与约1.25个大气压之间,或在约0.9与约1.1个大气压之间。在一些情况下,热储存系统可以被构造并安排成使得该热储存系统内的流体不会被实质上压缩,例外情况是由于流体在被输送到热储存系统之前的加热和/或输送而可能带来的意外压缩。举例来说,在一些情况下,热储存系统内的流体可以基本上等于周围环境的压力。在一些实施例中,热储存系统134当由低压力流体(例如,来自太阳能接收器102的流136中的低压力流体)加热时是在相对低的压力下操作。在一些实施例中,热储存系统134当用于对将输送到涡轮122的流体进行预加热时是在相对低的压力下操作。

[0128] 应当了解,本发明不限于使用热储存系统134内的低压力流体,并且在一些实施例中,在系统100的操作期间可以使高压力流体输送通过热储存系统134。举例来说,在一些实施例中,相对高压力流体(例如,在高于2个大气压、至少约2.1个大气压、至少约2.25个大气压、至少约2.5个大气压、至少约3个大气压、至少约4个大气压、至少约5个大气压、至少约10个大气压或至少约15个大气压,并且在一些实施例中上至50个大气压的压力下)可以被输送通过热储存系统134并且被该系统加热(例如,在热储存系统134已经由流体加热之后,该流体例如为来自太阳能接收器102的低压力流体)。在一些实施例中,在高压力流体由热储存系统134加热之后,该流体可以被输送到涡轮122来发电。

[0129] 在许多先前的热储存系统中,采用了高压力,这可能增加构造系统所需的费用。其他先前的热储存系统使用经历相变的多种盐或其他材料,这些材料中的许多材料也是非常昂贵的。通过不加压并与低成本填充(热储存)媒介一起完全在工厂生产,这种方法显著降低了CSP热储存系统成本。以模块化形式使用CSP热储存箱作为CSP塔的一部分可以进一

步改善与系统相关联的资本成本。

[0130] 在一些情况下,热储存系统内的热储存单元可以是模块化的,这可以允许容易地对系统进行尺寸缩放,以便允许CSP系统操作以在并非低日光或无日光的情况下在给定时间中产生给定的功率。举例来说,图3B包括一种系统,其中使用一个单个的单元来储存热能。在图3C中,连接了两个热储存单元(例如,通过旋转盖320,使得管线312彼此面对)以使热储存容量加倍。当然,由热储存单元递送的能量的量可以用其他方式更改,例如通过媒介仅部分地填充一个或多个单元和/或限制一个单个单元的一个或多个区段加热的程度(这可能包括沿着一个或多个储存单元的纵轴线建立热梯度)。

[0131] 在一些实施例中,这些储箱的大小可以经过设定而实现相对容易的运输。举例来说,每一个热储存单元的直径可以在约2英尺与约12英尺之间,长度可以上至40英尺,从而能容易装运。可以在现场或者在递送到现场之前填充热储存单元,这可以允许有成本效益的生产并且减少现场构造成本和/或时间表延迟。

[0132] 在热储存系统中的热储存单元中可以使用多种填充媒介。填充媒介可以包括能够在高温下保持其结构的、具有高热容量的多种材料,例如陶瓷和其他耐火材料。示例性材料包括但不限于包括如下各项的材料:氧化铝、氧化铁、氧化硅和/或氧化镁,例如耐火砖、富铝红柱石、磁铁矿、PYRO GRAN 35/38、PYRO KOR 60NR、PYRO KOR 95NK和/或PYROFER 70。在一些实施例中,热储存媒介的热容量为至少约600J/kg K、至少约800J/kg K或至少约900J/kg K。在一些实施例中,可能有利的是使用具有相对低密度(例如,小于约5g/cm<sup>3</sup>、小于约3g/cm<sup>3</sup>或小于约2g/cm<sup>3</sup>)的材料。

[0133] 热储存单元内的热储存媒介可以具有任何合适的形状因数和大小。举例来说,在某个实例中,最大横截面直径是以mm、cm或更大长度尺度计的小球(例如,基本上球形小球或具有下文描述的任何形状的小球)可以用作热储存媒介。在一些实施例中,热储存媒介可以包括多个小球,并且这些小球中的至少约50%、至少约75%、至少约90%、至少约95%或至少约99%的最大横截面直径为小于约100cm、小于约10cm、小于约1cm、在约1mm与约100cm之间,或在约1cm与约100cm之间。合适的小球形状包括但不限于基本上为矩形棱柱(例如,砖、基本上立方体形状)、基本上三角形棱柱、基本上球体、蝴蝶结、蜂巢、马鞍和类似形状的形状。在一组实施例中,热储存媒介可以包括供加热的流体输送通过的多个细长的管。

[0134] 在一些实施例中,热储存单元的内部可以衬有一种热隔绝材料并且/或者热储存单元的外部可以覆盖有一种热隔绝材料,从而减少到大气的热损耗。举例来说,当储箱是由金属制成时,储箱就可以衬有和/或覆盖有一种耐火材料(例如,陶瓷,例如氧化铝、硅石、氧化镁和类似物)。在一些实施例中,该耐火材料可以被铸造在位和/或可以包括一种多层结构,其中密度和/或热容量可以在各层之间不同。在一些实施例中,单元内的热隔绝衬里的厚度可以在约5英寸与约15英寸之间(例如,对于直径上至12英尺并且长度上至40英尺的储箱来说)。在一些实施例中,热储存单元的外部上的热隔绝材料的厚度可以上至1英尺或上至2英尺厚。

[0135] 如上所述,CSP系统的部件可以定位于太阳能电力塔的各个部分中。图4A包括一组电力塔实施例的示意性图解说明。图4A中的系统400包括以流体方式连接到涡轮封装412上的太阳能接收器410,该涡轮封装可以包括一个气体涡轮和一个压缩机。在这个实施例中,涡轮封装412被制作为一个单个的模块化单元,该单元可以完全在工厂组装、装运到操作现

场(例如,通过卡车或铁路车皮)并且放置(例如,通过起重机)到塔结构414上。涡轮封装412不仅可以包括压缩机和气体涡轮,而且可以包括热交换器或同流换热器单元、发电机和相关电力电子元件、补充加热器和/或控制阀、以及用以控制发电系统的一个或多个部分的操作的其他部件。涡轮封装412可以作为具有接收器410(在此实施例中还包括辅助收集器)的一个单独的单元来制作和装运,或者封装412和接收器410可以作为多个单独的模块化单元来制作并且在操作现场一起被组装在塔结构414上。通过以模块化安排来制作涡轮和接收器区段,可以使模块化单元的制造更高效。也就是说,可以在工厂设施中制作涡轮封装412和接收器410,其中本领域的普通技术人员先建造并测试封装412和接收器410再运送到操作现场。可以在真实条件下,例如在从定日镜场接收日光的塔或其他结构上,或者在较人为的条件下,测试封装412和接收器410。举例来说,可以通过将加热的空气或其他流体供应给封装412来测试涡轮封装412,该加热的空气或其他流体是通过燃料燃烧器或其他合适安排来加热的。类似地,可以通过用并非源自定日镜场的人造光或其他辐射来照射接收器410而测试接收器410。以此方式,可以分别或者作为作用整体而在不同条件(例如,低光级、高光级、高和/或低环境温度条件、高和低功率输出条件等等)下测试封装412和接收器410。因此,可以采取多个步骤来帮助确保将完全起作用的涡轮封装412和/或接收器410单元装运到操作现场。

[0136] 在一些实施例中,可以加入一个或多个热储存单元来作为塔结构414的一部分,这可以例如允许相对容易的组装并且进一步减少CSP系统的总成本。举例来说,热储存媒介可以储存在塔结构414内,这种塔结构可以用作热储存单元。举例来说,在图4A中图解说明的这组实施例中,塔结构414可以填充有热储存媒介,并且为系统400提供热储存能力。在另一个实施例中,塔结构414可以被安排成容纳一个或多个类似于图3A到图3C中所示的热储存储箱。如果提供了两个或两个以上的储箱,那么这些储箱可以在塔结构414内堆叠。在塔结构414内安排多个储箱可以提供不同特征,例如减少发电单元的总占据面积,为储箱提供额外保温盖,和/或增强塔结构414的强度。举例来说,这些储箱可以加入到塔结构414中,以便不仅提供热储存,而且为塔结构414提供结构支撑。类似于接收器410和涡轮封装412,能量储存储箱和/或塔结构414可以制作为一个或多个模块化单元,这些单元被装运到操作现场并且组装在一起。

[0137] 图4B图解说明独立于塔结构414而包括热储存单元416的另一组实施例。也就是说,在这个实施例中,热储存储箱416与接收器410和涡轮封装412一起安装到塔结构414的顶部。接收器401、涡轮封装412和储箱416可以被制作为一个单独的模块化单元,该单元可以在工厂制造并且装运(例如,通过卡车或铁路车皮)到操作现场并放置于塔结构414的顶部上,或者接收器410、涡轮封装412和/或储箱416可以被制作为一个单独的模块化单元。模块化结构可以显著减少操作现场的组装成本,例如因为接收器410、涡轮封装412和储箱416可以通过起重机放置在塔结构414上并且准备好进行操作而在操作现场只需要做相对很少的组装工作。举例来说,如果被制作为一个单独单元,那么接收器410、涡轮封装412和储箱416的放置可能仅需要到塔414的电功率连结和连接以用于系统准备好进行能量产生。

[0138] 本发明的多个方面所提供的优点涉及例如包括图4A的接收器410和涡轮封装412的发电系统的总重量减小。在一组实施例中,接收器410和涡轮封装412的总重量可以是每MWe功率输出约50吨。举例来说,1MWe系统的接收器410和涡轮封装412的重量大约为100,



000磅(或50吨)。当然,部件的重量可以取决于多种因素而变化,并且因此每MWe功率输出的重量可以从约25吨/MWe变化到100吨/MWe或更高。设想根据本发明的一些方面的基于塔的太阳能发电系统可以被构造成用于从约100kWe到5MWe的范围的功率输出。当然,较小和较大输出系统是可能的,但可能在经济方面不可行(例如,小输出系统可能在经济上不保证合适的安装成本)或在技术方面不可行(例如,大输出系统的接收器和涡轮封装重量对于可感测的塔部署来说可能过大)。

[0139] 虽然图4A和图4B中所示的实施例所示为接收器410、涡轮封装412和/或储箱316以模块化形式安排,但发电系统的不同部件无需安排成模块化单元。相反,在一些实施例中,系统的各个部件(例如气体涡轮、压缩机、同流换热器、接收器、收集器等等)可以在塔上组装在位中。因此,本发明的多个方面不一定限于附接到塔结构414上的部件的模块化安排。

[0140] 如上文提到,在一些实施例中,代替在相对低压力下操作的太阳能接收器或除了在相对低压力下操作的太阳能接收器之外,发电系统还可以包括一个在相对高压(例如,高于2个大气压、至少约3个大气压、至少约4个大气压、至少约5个大气压、至少约10个大气压或至少约15个大气压)下操作的太阳能接收器。

[0141] 图5包括一个集中式太阳能发电系统500的示例性示意图,该系统包括一个高压太阳能接收器。在图5中,流体流526(例如,包括环境空气)被馈送到压缩机524,在该处该流体流被压缩到一个相对高的压力。来自压缩机524的高压力流516接着被馈送到热交换系统512,该热交换系统可以包括一个或多个热交换器。在图5中图解说明的一组实施例中,所示为两个热交换器(512A和512B),但在其他实施例中,可以使用一个单个热交换器或两个以上的热交换器。举例来说,在一些情况下,在热交换系统512中可以使用单个的旋转式热交换器(例如,陶瓷的旋转式热交换器、金属旋转式热交换器)。在其他情况下,在热交换系统512中可以使用两个或两个以上的旋转式热交换器(例如,陶瓷的旋转式热交换器、金属旋转式热交换器或两者的组合)。

[0142] 在图5中图解说明的一组实施例中,来自热交换系统512的加热的高压力流528被输送到高压太阳能接收器502,在该处该加热的高压力流通过穿过表面504的入射太阳能辐射506而进一步加热。高压、高温度的流510接着被输送到涡轮522(例如,可以是布雷顿循环的一部分的气体涡轮),在该处该流用于发电。来自气体涡轮522的排出流514可以被输送到热交换系统512,在该处该流中的残余热可以用于对压缩机排出流516进行预加热。在一些情况下,排出流518可以用于将能量提供到热回收系统520,该热回收系统可以包括上文关于热回收系统120描述的任何部件。图5中概述的高压力接收器系统可以在例如采用单晶体镍接收器的实施例中是有用的。

[0143] 图6包括一个发电系统600的示例性示意图,该系统中采用两个太阳能接收器。在图6中图解说明的这组实施例中,流体流626(例如,包括环境空气)被馈送到压缩机624,在该处该流体流被压缩到相对高的压力上。来自压缩机624的高压力流616接着被馈送到热交换系统612,该热交换系统可以包括一个或多个热交换器。在图6中图解说明的这组实施例中,所示为两个热交换器(612A和612B),但在其他实施例中,可以使用一个单个的热交换器或两个以上的热交换器。举例来说,在一些情况下,在热交换系统612中可以使用单个的热交换器(例如,旋转式热交换器,例如陶瓷的旋转式热交换器或金属的热交换器,或任一其他类型的高温热交换器)。在其他情况下,在热交换系统612中可以使用两个或两个以上的

热交换器(例如,两个或两个以上的旋转式热交换器,例如陶瓷的旋转式热交换器或金属的热交换器或两者的组合,或两个或两个以上的另一类型的高温热交换器)。

[0144] 在图6中,来自热交换系统612的加热的高压力流628的一部分被输送到高压太阳能接收器602,在该处该流通过穿过表面604的入射太阳能辐射606而进一步加热。在一些情况下,高压流628的一部分可以被输送到燃烧器630,在该处该流可以进一步加热。从高压太阳能接收器602出来的高压高温流610的一部分可以被输送到燃烧器630,在该处该流在必要的情况下可以进一步加热。

[0145] 在一些情况下,从高压太阳能接收器602出来的高压高温流610的至少一部分可以被输送到热储存系统634。在一些实施例中,流610可以用于将能量递送到热储存系统。在一些情况下,热储存系统634可以从退出低压太阳能接收器603的低压流吸收热,如下文更详细描述。在一些此类情况下,从热储存系统634退出的高压高温流635可以被输送到燃烧器630,在该处该流可以任选地进一步加热。输送到燃烧器630的流体流可以随后通过流637输送到气体涡轮622,在该处该流可以用于发电。

[0146] 涡轮排出流614可以被输送到热交换系统612,在该处残余热可以用于对压缩机排出流616进行预加热,之后压缩机排出流被输送到高压太阳能接收器602。在一些情况下,来自热交换系统612的排出流618的一部分(或全部)可以被输送到第二低压太阳能接收器603(在一些情况下,通过任选的鼓风机640)。低压太阳能接收器603内的流体可以通过透射穿过表面605的入射太阳能辐射607来加热。低压接收器排出流650可以被输送到热储存系统634,在该处该流可以用于供应热(可以例如用于对高压太阳能接收器排出流610的全部或部分进行加热)。在一些实施例中,从热储存系统634出来的低压流652可以在热回收区621内使用,该热回收区可以包括上文关于热回收系统120描述的任何部件。

[0147] 在一些情况下,热储存系统可以包括第一部分和第二部分,第一部分被构造并安排成在相对高压(例如,至少约3、至少约4、至少约5、至少约10或至少约15个大气压)下操作,并且第二部分被构造并安排成在相对低压(例如,等于或小于约2、小于约1.5、小于约1.25或小于约1.1个大气压、在约0.9与约2个大气压之间、在约0.9与约1.5个大气压之间、在约0.9与约1.25个大气压之间,或在约0.9与约1.1个大气压之间)下操作。举例来说,在图6中图解说明的这组实施例中,热储存系统634包括第一部分和第二部分,该第一部分被构造并安排成处置低压流650的流动,并且该第二部分被构造并安排成处置高压流610的流动。

[0148] 在一些实施例中,来自热交换系统612的排出流618的一部分可以被输送到热回收区620,该热回收区可以包括上文关于热回收系统120描述的任何部件。

[0149] 图中图解说明的许多部件是流体连接的。作为一个具体实例,图1中的接收器102和热交换系统112被图解说明为直接流体连接。另外,在图1中,热回收系统120和气体涡轮122被图解说明为流体连接(但不直接流体连接)。两个部件在被构造并安排成使得一种流体可以在它们之间流动时被称为是“流体连接的”。在一些情况下,两个部件可以“直接流体连接”,这用于指代这两个部件被构造并安排成使得一种流体可以在它们之间流动而不需要被传递通过一个被构造并安排成实质上改变流体的温度和/或压力的单元操作的情形。本领域的普通技术人员将能够在被构造并安排成实质上改变一种流体的温度和/或压力的单元操作(例如,压缩机、冷凝器、热交换器等等)与未被如此构造和安排的部件(例如,一个

输送管道,通过该输送管道可能发生无意中的热传递和/或压力积累)之间进行区分。应当注意,虽然在图中两个部件可能图解说明为直接流体连接,但其他实施例可以包括两个部件流体连接但不是直接流体连接的安排。

[0150] 在一些实施例中,例如图7A到图7D中所示的太阳能接收器被设计并构造成结合本文提供的发电系统而使用。图7A和图7B中的示例性太阳能接收器包括一个低压力流体腔室700,该腔室被设计并构造成提供一个隔绝壳体700用以减少或消除从太阳能接收器的热损失,并且容纳低压力工作流体。这些低压力太阳能接收器包括一个透明物体703,该物体定位于低压力流体腔室700的前方,邻近于用于接收太阳能辐射的开口708。

[0151] 在图7A和图7B中描绘的这些实施例中,在低压力流体腔室700内限定了一条流体路径,使得在接收器后方进入流体入口702的相对低温度的工作流体(例如,具有在300°C到800°C的范围内的温度的流体)在一个衬料的外围周围穿过接收器进入流体腔室700的前方区中并经过透明物体703(例如,一个窗)。通过传递经过透明物体703,相对低温度的工作流体部分地起作用以冷却透明物体703,该物体通过来自太阳能吸收器704的入射太阳能辐射和热辐射正在部分地加热。相对低温度的工作流体穿过太阳能吸收器704,其中该流体由太阳能吸收器704进一步加热。在太阳能吸收器内,相对低温度的工作流体被转换成相对高温度的工作流体(例如,具有在高于800°C到1200°C的范围内的温度的流体)。相对高温度的工作流体通过一个流体出口701退出低压力流体腔室700。在离开太阳能接收器之后,在一些实施例中,相对高温度的工作流体被引导到一个气体涡轮系统、一个热储存系统(例如,一个可感测的热储存系统)或其他热能系统,如本文在别处示例。

[0152] 典型地,例如图7A中描绘的太阳能吸收器是由一种材料构造的,该材料可以承受相对高的温度(例如,超过1000°C的温度)并且具有足够的热性质(例如,导热率、发射率)以从入射太阳能辐射吸收热能并且将热能传递到经过太阳能接收器内的工作流体。在一些情况下,太阳能吸收器是由一种材料构造的,例如金属(例如,高温合金、耐热铸造合金)、耐火材料(例如,陶瓷)或基于碳的材料。太阳能吸收器经常是由一种陶瓷材料构造,例如玻璃陶瓷、碳化硅、氮化硅或氧化硅。

[0153] 例如图7A中描绘的低压力接收器的太阳能吸收器704典型地具有大的表面积,用于促进将热能传递到在太阳能接收器内传递的工作流体。在一些实施例中,太阳能吸收器704被设计并构造成具有供工作流体通过的流体通路的网(例如,蜂巢网、壳管式网、泡沫网等等)。太阳能吸收器704在低压力腔室内不可移动,使得在低压力腔室700的流体流动路径内行进的相对低温度的工作流体被引导而进入太阳能吸收器704,穿过太阳能吸收器704的流体通路网,其中该工作流体从太阳能吸收器704获取热。

[0154] 虽然图7A和图7B中描绘的太阳能吸收器704具有角形的形状,但太阳能吸收器不受此限制,并且本文披露的太阳能接收器可以构造并使用其他合适的形状。举例来说,太阳能吸收器可以具有平面形状、椭圆形形状、抛物线形状、圆盘形状、多面体形状或其他合适形状。

[0155] 图7A中描绘的太阳能接收器的透明物体703定位于低压力流体腔室700的前方,邻近于用于接收太阳能辐射的开口708。透明物体703的外部轮缘配合在低压力流体腔室700的凹口705内。透明物体703和低压力腔室700典型地是由具有不同热膨胀系数的材料构造的。举例来说,透明物体703典型地是由玻璃材料(例如,硅石、石英等等)构造的,而低压力

腔室700典型地是由金属(例如,不锈钢、铝)构造的。当透明物体703和低压力腔室700经受例如在太阳能接收器的活动状态与不活动状态之间发生的那些热波动时,这两个部件经常存在不同的热膨胀和收缩。因此,透明物体703与低压力流体腔室700之间的连接必须典型地被设计并构造成适应这两个部件之间的不同移动。

[0156] 在一些实施例中,在低压力流体腔室700上的一个界面与透明物体703之间提供了一个柔性密封件。该界面可以在凹口705内,透明物体703定位和/或紧固于该凹口705内。凹口705的内径可以超过透明物体703的外径,从而允许透明物体703在凹口705内膨胀。该密封件经常经受相对高的温度(例如,超过500°C的温度),因此典型地是由可以承受相对高温度的材料制成。在一些实施例中,该密封件可以由金属、基于碳的材料或基于硅酮的材料制成。在一些实施例中,该密封件是由室温硫化(RTV)硅酮弹性体制成的。在一些实施例中,该密封件是金属垫圈。本领域的普通技术人员将清楚其他适当的密封材料。

[0157] 在某些实施例中,低压力流体腔室700被设计并构造成最大可允许工作压力为上至并包括2个大气压。如本文使用,术语“最大可允许工作压力”指代一个压力器皿可以维持的最大压力,例如一个经组装的太阳能接收器的最弱部件可以维持的最大压力。经常通过进行流体静压力测试来确定最大可允许工作压力。用于进行流体静压力测试的方法是本领域中众所周知的并且是本领域的普通技术人员将清楚的。在一个实施例中,太阳能接收器的最大可允许工作压力是通过如下操作确定:基本上完全组装太阳能接收器,盖住流体入口和流体出口,并且用惰性气体(例如,空气)对太阳能接收器的低压力腔室进行加压。在此实施例中,低压力腔室是用惰性气体在相对慢的速率(例如,1psi/秒到5psi/秒的范围内的速率)下进行加压,直到低压力腔室不再能维持压力为止。在测试期间维持的最高压力是太阳能接收器的最大可允许工作压力。在某些实施例中,例如图7A中描绘的太阳能接收器的太阳能接收器的最弱部件是透明物体与低压力腔室之间的密封件。

[0158] 如图7A和图7B图解说明,透明物体703可以具有多种形状。举例来说,透明物体703可以具有平面形状(如图7A中描绘),例如平面圆盘或具有例如矩形或正方形横截面等多边形横截面的平面物体。该透明物体可以具有向内朝向太阳能吸收器的相对轻度的曲率(如图7B中描绘)。该透明物体可以具有半圆形形状、抛物线形状、椭圆形形状等等。在一些实施例中,向内朝向太阳能吸收器的曲率用以使由于透明物体中的热膨胀所带来的拉应力最小化。因此,在某些实施例中,透明物体具有某一曲率半径。该透明物体的曲率半径例如可以是1英尺到50英尺、1英尺到10英尺、1英尺到5英尺或1英尺到2英尺。该透明物体的曲率半径可以上至1英尺、2英尺、3英尺、4英尺、5英尺、10英尺、25英尺、50英尺或更大。

[0159] 图7A到图7C中描绘的太阳能接收器在低压力下操作(例如,上至并包括2个大气压)。因为透明物体703在正常操作下经受相对小的流体静应力,所以该透明物体可以被构造具有相对大的直径和相对小的厚度。在一些实施例中,该透明物体的直径在0.5米到5米、2米到4米或0.5米到2米的范围内。在一些实施例中,该透明物体的直径为0.5米、1米、1.2米、1.4米、1.6米、1.8米、2米、3米、4米、5米或更大。在一些实施例中,一个透明物体(例如,具有某一曲率半径的透明物体)的直径是该透明物体的轮缘(例如,与低压力腔室700的凹口705配合的透明物体703的边缘)的直径。

[0160] 透明物体703的厚度可以影响透明物体703吸收太阳能辐射的程度,相对厚的透明物体吸收的太阳能辐射典型地比相对薄的透明物体多。因此,透明物体的厚度影响该透明

物体在太阳能接收器的操作期间经受热应力的程度。因此经常希望该透明物体具有相对小的厚度,以便使热应力最小化。在一些实施例中,该透明物体的厚度在0.25英寸到4英寸、0.5英寸到2英寸或0.5英寸到1英寸的范围内。在一些实施例中,该透明物体的厚度为0.25英寸、0.5英寸、1英寸、1.5英寸、2英寸、3英寸、4英寸或更大。然而,本发明不限于具有这些厚度的透明物体。在一些情况下其他厚度可能是合适的。

[0161] 太阳能吸收器典型地是由一种材料构造的,该材料可以承受相对高的温度,可以吸收入射辐射并且可以容易地将热能传递到与该吸收器接触的工作流体。举例来说,太阳能吸收器可以由金属、不锈钢、陶瓷、耐热铸造合金、高温金属材料、耐火材料、氧化钽分散合金、石墨或碳纤维加强的基于碳的材料构造而成。用于太阳能吸收器的适当的陶瓷包括例如玻璃陶瓷、碳化硅、氮化硅和氧化硅。太阳能吸收器可以具有多种形式中的任一种。典型地,太阳能吸收器被设计并构造成具有用于与工作流体接触的相对大的表面积。太阳能吸收器典型地包括可以供工作流体通过的多个通道或通路。在通过太阳能吸收器的流体通道或通路时,工作流体通过与吸收器的接触而获取热能。吸收器可以具有例如丝网、蜂巢或泡沫的构形。太阳能吸收器经常包括覆盖吸收器表面的至少一部分的一层黑色表面涂层,以用来促进对入射太阳能辐射的吸收。

[0162] 图7A到图7B中描绘的低压力太阳能接收器装配有一个辅助集中器706。该辅助集中器706用于从主集中器(例如,定日镜场)或其他源收集集中的太阳能辐射并且将该太阳能辐射引导到太阳能接收器的开口708中。在一些实施例中,该辅助集中器706改善了太阳能接收器的太阳能收集效率。该辅助集中器706经常是用多个反射面板707构造的,每一个反射面板典型地具有一个反射表面和一种预定形状。该多个反射面板707典型地安排成一种构形,该构形促进入射太阳能辐射朝向接收器开口708的反射。在一些实施例中,该多个反射面板被安排成使得辅助集中器具有总体上抛物线的形状,但其他形状也可能是合适的。举例来说,该辅助集中器可以具有椭圆形形状、半圆形形状、双曲线形状等等。

[0163] 辅助集中器的与接收器的开口平行的横截面也可以具有多种形状。举例来说,辅助集中器的与接收器的开口平行的横截面可以具有圆形形状、椭圆形形状、多边形形状、矩形形状等等。

[0164] 辅助集中器706的大小和形状(例如,辅助集中器的最外部分的直径、辅助集中器的深度等等)可以取决于多种因素而变化,这些因素包括例如所需的收集效率、主集中器的大小和安排、接收器的开口的大小、太阳能吸收器的热性质等等。在一些实施例中,辅助集中器的深度与接收器的开口的直径的比率是1、1.25、1.5、2、2.5、3、4、5或更大。在一些实施例中,辅助集中器的深度与接收器的开口的直径的比率是在1到1.5、1到2.5、1到3、1到4或1到5的范围内。在一些实施例中,辅助集中器的最外直径与接收器的开口的直径的比率是1.5、2、2.5、3、3.5、4、4.5、5.5、6或更大。在一些实施例中,辅助集中器的深度与接收器的开口的直径的比率是在1.5到2、1.5到3、1.5到4、1.5到5或1.5到6的范围内。

[0165] 图7C描绘一个示例性太阳能接收器,该太阳能接收器具有分别在一个低压力流体腔室的不同侧上进入和退出该太阳能接收器的流体入口701和流体出口702。在此实施例中,该太阳能接收器连接到具有一个矩形开口的辅助集中器706上。

[0166] 图7D描绘一个示例性太阳能接收器,该太阳能接收器具有包括一个或多个流体入口715<sub>1-2</sub>和一个流体出口714的一个低压力流体腔室716、一个太阳能吸收器712,以及容纳

一个旋转式再生器矩阵713的一个再生器结构717。在此实施例中,来自集中的太阳能辐射的热能至少部分地被辅助集中器718通过透明物体711引导并集中到低压力流体腔室716中,并且照射到太阳能吸收器712上,从而加热太阳能吸收器712。太阳能吸收器712将热能传递到在低压力流体腔室716内传递的相对低温度的工作流体,从而产生相对高温度的工作流体。离开低压力流体腔室的相对高温度的流体通过旋转式再生器矩阵713,并且将热能传递到旋转式再生器矩阵713。

[0167] 图7D中的旋转式再生器矩阵713在两个流体隔离的导管之间旋转。第一导管是用于从太阳能接收器的低压力流体腔室716退出的流体的流动路径,而第二导管是第二流体系统的流动路径。举例来说,旋转式再生器矩阵713可以将热能从离开低压力流体腔室716的相对高温度的流体传递到通过与该旋转式再生器矩阵流体连通的邻近于接收器的一根导管的第二流体。该第二流体可以是例如进入一个气体涡轮的压缩机的流体(例如,环境空气),或用于加热辅助热储存材料的流体。

[0168] 图7E描绘一个示例性太阳能接收器719的横截面图,该太阳能接收器将来自集中式太阳能辐射的热能传递到低压力工作流体。太阳能接收器719包括一个外部罩壳720,该罩壳限定一个第一流体导管721和一个流体入口722。外部罩壳720进一步限定一个孔口723,以用于在太阳能接收器719的前端处接收太阳能辐射。透明物体724通过孔口723处的一个凸缘组件725连接到外部罩壳720上。太阳能接收器719还包括一个内部罩壳726,该罩壳限定一个第二流体导管727和一个流体出口728。如下文进一步描述,第二流体导管727与第一流体导管721同轴。另外,太阳能吸收器732在接近于孔口723的一个位置处连接到内部罩壳726上。虽然入口导管和出口导管可以同轴,但应了解,在一些实施例中,入口导管和出口导管不同轴。

[0169] 在一个示例性实施例中,集中的太阳能辐射被引导到孔口723,通过透明物体724,并且在通过透明物体724之后照射到太阳能吸收器732上,从而加热太阳能吸收器732。太阳能接收器719限定一个流体路径,该路径从流体入口722开始,穿过第一流体导管721朝向孔口723前进。流体穿过透明物体724的内侧,通过太阳能吸收器732中的多个通路,通过第二流体导管727,并且通过流体出口728退出太阳能接收器719。

[0170] 在某些实施例中,一个流体入口722处于相对接近于透明物体724的位置处,使得流体相对接近于透明物体724而进入接收器。当流体以此方式进入接收器时,该流体可以在一些构形中较容易地通过太阳能吸收器,例如当接收器具有相对大的直径时。

[0171] 流体入口722可以与一个气体涡轮排放出口或其他工作流体供应导管流体连接,使得相对低温度的(例如,大约1100°F)流体进入太阳能接收器719。在相对低温度的流体行进通过太阳能吸收器732中的多个通路时,太阳能吸收器732将热能传递到相对低温度的流体,从而将该流体加热到相对高的温度(例如,大约1800°F)。流体出口728可以与一个气体涡轮压缩机入口、一个热储存单元或使用相对高温流体的其他下游部件流体连接。

[0172] 太阳能接收器719包括一个凸缘组件725,以用于在孔口723处连接透明物体724。凸缘组件725包括一个连接到内部凸缘730上的外部凸缘729。凸缘组件725大体上包括能够经受相对高温下的操作(例如,能够在1700°F到2000°F的范围内的温度下操作)的材料。耐高温材料的使用确保了在集中的太阳能辐射(例如,从定日镜场引导到接收器的辐射)未被适当引导而使得过量太阳能辐射照射在凸缘组件725上的情况下凸缘组件725不会发生

故障(例如,熔化或降级)。而且,在某些实施例中,凸缘组件725包括具有与透明物体724的热性质相类似的热性质的材料,以使得由于部件的不同热膨胀引起的凸缘组件725或透明物体724损坏的风险最小化。举例来说,如果透明物体724由石英组成,那么为凸缘组件725选择具有与石英类似的热膨胀系数的材料可能是有利的。用于凸缘组件725的示例性材料包括例如陶瓷和本文披露或现有技术中另外已知的其他耐高温材料。在图解说明的实施例中,外部凸缘729和内部凸缘730是通过定位于凸缘组件725周围的多个螺栓而连接的。凸缘组件725还用螺栓连接到外部罩壳720上。在一些构形中,连接外部凸缘729与内部凸缘730的螺栓用以将整个凸缘组件725结合到外部罩壳720上。在其他构形中,多个单独螺栓将凸缘组件725结合到外部罩壳720上。用于将凸缘组件725结合到外部罩壳720上的螺栓的孔可以成形为径向狭槽,以准许凸缘组件725和外部罩壳720的不同热膨胀,并且允许螺栓在这些狭槽内移动。

[0173] 透明物体724借助于凸缘组件725连接到孔口723上。多个柔性密封件731<sub>1-3</sub>定位于凸缘组件725内的密封腔中,并且在透明物体724的前、后和圆周表面处提供凸缘组件725与透明物体724之间的接触。柔性密封件731<sub>1-3</sub>允许在轴向方向(前向和后向膨胀)和径向方向(圆周膨胀)上凸缘组件725与透明物体724之间的不同热膨胀(热生长)。柔性密封件731<sub>1-3</sub>通过提供具有相对低接触应力的密封表面而防止透明物体724与凸缘组件725之间的直接接触(硬点)。柔性密封件731<sub>1-3</sub>在操作和装运期间为透明物体724提供支撑,并且分散密封接触负载以增进部件寿命。柔性密封件731<sub>1-3</sub>可由适合于高温操作并且符合凸缘组件725中的密封腔的尺寸的陶瓷纤维绳或等效密封材料制成。

[0174] 太阳能接收器719包括由石英硅石玻璃组成的透明物体724(可以称为窗)。透明物体724可以具有弯曲形状以包含并且分配内部压力,并且耐受因暴露于不同温度引起的热应力。透明物体724的弯曲形状还限制了破坏性高拉应力的形成。透明物体724可以被设计成适应于在其中心部分处引起相对高的温度并且在接近凸缘的部分处引起相对较低的温度的实施例。因此,透明物体724在某些实施例中可以用作一个热铰链,以用于适应热生长而不会形成破坏性高拉应力。在图解说明的实施例中透明物体724的弯曲(或碗形状)还促进并在某一程度上引导相对低温度流体朝向并通过太阳能吸收器732。该相对低温度流体还可以用在经过透明物体724的内表面时冷却透明物体724。

[0175] 在一些实施例中,该透明物体是单件式构造,例如单个的固体石英硅石玻璃窗。然而在其他实施例中,该透明物体由装配在一起、结合在一起或对接在一起的若干段来构造。在一些实施例中,具有在2米到4米或更大的范围内的直径的透明物体是由多个段(例如,2、3、4或更多段)构造的。

[0176] 太阳能接收器719被构形并安排有同轴的(共环形)第一和第二流体导管,其中第一流体导管721为相对低温度的流体提供通路并且第二流体导管727为从太阳能吸收器732获取热能的相对高温度的流体提供通路。在某些实施例中,太阳能接收器719以最小的隔绝和最小的热损失来容纳通过第一流体导管721的相对低温度的流体(例如,大约1100°F)和通过第二流体导管727的相对高温度的流体(例如,大约1800°F)。举例来说,来自第二流体导管727的热损失被传递到第一流体导管721中,并且因此在总体热循环中不会损失。

[0177] 而且,太阳能接收器719的低压力操作(例如,在上至1.1大气压下的操作)可以允许限定了第一和第二流体导管721、727的这些罩壳由轻重量和低成本材料来构造,并且实

现工厂制造和容易的现场安装。在某些构形中,外部罩壳720由适合于在1000°F到1200°F的范围内的温度(例如,大约1100°F)下操作的材料构造。举例来说,外部罩壳720可以由不锈钢或其他类似材料构造。外部罩壳720可以具有外部隔绝物,以用于保存热能并且提供安全的工作环境。在典型构形中,内部罩壳726由适合于在1700°F到2000°F的范围内的温度(例如,大约1800°F)下操作的材料构造。举例来说,内部罩壳726可以由基于镍的超合金或其他类似材料来构造。内部罩壳726可以具有隔绝物,以用于使热能传递回到第一流体导管721中的低温度流体的程度最小化。由于接收器的低压力操作条件,在一些实施例中,外部罩壳720和/或内部罩壳726具有在0.001到0.1英寸的范围内的厚度(例如,大约0.05英寸)。

[0178] 波纹管733连接在外部罩壳720与内部罩壳726之间,并且允许这两个罩壳之间的不同热膨胀。波纹管733典型地由耐高温材料构造,例如基于镍的超合金或其他合适材料。波纹管733可以通过钎焊或焊接或其他合适的方法连接到外部和内部罩壳720、726上。应当了解,太阳能接收器719可以构形有任何合适的部件来控制这两个罩壳的轴向和径向定中心并且允许这两个罩壳之间的不同热膨胀。在这些罩壳之间例如可以包括垂直支撑和滑动接头。

[0179] 太阳能吸收器732可以由一种多孔材料构造,该材料限定穿过吸收器的多个通路。太阳能吸收器732可以例如具有蜂巢或泡沫结构。太阳能吸收器732在某些实施例中由碳化硅材料构造。在其他实施例中,太阳能吸收器732可以由其他合适的材料构造,从而包括本文针对太阳能吸收器披露的材料中的任一种。太阳能吸收器732定位于由内部罩壳726所限定的一个凹口735中。内部罩壳726通过多个螺栓734<sub>1-2</sub>在凹口735的位置处固定到外部罩壳720上,这些螺栓在其末端处包括多个固定销,这些固定销进入到太阳能吸收器732中的孔中以便定位太阳能吸收器732。

[0180] 太阳能吸收器732的总体形状可以是弯曲的。举例来说,太阳能吸收器732可以具有与透明物体724的曲率半径相类似的曲率半径。太阳能吸收器732的总体形状替代地可以是基本上平面的。太阳能吸收器732可以是单个的固体物体,或者可以被安排为一组分段的部件。太阳能吸收器732可以例如被安排为装配在太阳能接收器719内的碗状构形的一组饼形段。这种分段设计允许不同段的不同热膨胀,并且因此适应太阳能吸收器上的不均匀温度分布。在一些构形中,可以至少在某种程度上通过在太阳能吸收器的前端处包括一个孔板(例如,陶瓷孔板)来控制太阳能吸收器732上的温度分布。该孔板可以包括一系列的孔,这些孔被构形并安排成促进流体经过整个吸收器流体入口722面传递到太阳能吸收器732中的基本上均匀的分布。该孔板可以在其外部轮缘周围保持于接收器中,以便控制轴向和径向移动。

[0181] 应当了解,太阳能接收器719可以在上至1.1个大气压、上至1.2个大气压、上至1.3个大气压、上至1.4个大气压、上至1.5个大气压或上至2个大气压的压力下操作。在特定实施例中,该接收器被构形并安排成用于在高于1个大气压到1.5个大气压的范围内的压力下操作。在其他实施例中,该接收器被构形并安排成用于在高于1个大气压到1.2个大气压的范围内的压力下操作。而且,在一些实施例中,太阳能吸收器732具有在50到250英寸的范围内的曲率半径(A)。在一些实施例中,太阳能吸收器732具有在150到200英寸的范围内的曲率半径(A)。在一些实施例中,太阳能吸收器732具有170到190英寸的曲率半径(A)。替代地,太阳能吸收器可以为基本上平面的。在一些实施例中,透明物体724具有在50到250英寸的



范围内的曲率半径(B)。在一些实施例中,透明物体724具有在150到200英寸的范围内的曲率半径(B)。在一些实施例中,透明物体724具有170到190英寸的曲率半径(B)。在一些实施例中,内部罩壳726的至少一部分具有在10到50英寸的范围内的内径(C)。在一些实施例中,内部罩壳726的至少一部分具有在20到40英寸的范围内的内径(C)。在一些实施例中,内部罩壳726的至少一部分具有在30到35英寸的范围内的内径(C)。在一些实施例中,外部罩壳720的至少一部分具有在25到65英寸的范围内的内径(D)。在一些实施例中,外部罩壳720的至少一部分具有在35到55英寸的范围内的内径(D)。在一些实施例中,外部罩壳720的至少一部分具有在40到50英寸的范围内的内径(D)。在一些实施例中,该透明物体的厚度(E)在约0.5英寸到约3英寸的范围内。在一些实施例中,该透明物体的厚度(E)在约1英寸到约2.5英寸的范围内。在一些实施例中,该透明物体的厚度(E)在约1.5英寸到约2英寸的范围内。在一些实施例中,凸缘组件限定了具有在46英寸到86英寸的范围内的直径(F)的一个开口。在一些实施例中,凸缘组件限定了具有在56英寸到76英寸的范围内的直径(F)的一个开口。在一些实施例中,凸缘组件限定了具有在60英寸到70英寸的范围内的直径(F)的一个开口。在一些实施例中,透明物体724的内部面与太阳能吸收器732的外部面之间的距离(G)在2到12英寸的范围内。在一些实施例中,透明物体724的内部面与太阳能吸收器732的外部面之间的距离(G)在5到8英寸的范围内。然而,在一些构形中其他大小可能是合适的。

[0182] 图8A到图8C图解说明具有一个集成流体冷却系统的辅助集中器800。图8A中描绘的辅助集中器800包括多个连接的反射面板801。该多个反射面板801中的每一者都具有多边形横截面的平面形状。每一个反射面板具有一个内部反射表面和一个外部表面,该内部反射表面被定位成面对辅助集中器800的内侧。反射面板801被安排成使得辅助集中器800将集中的太阳能辐射偏转到该辅助集中器800所连接到的接收器的开口。在一些实施例中,例如图8A中描绘的反射面板具有在0.1英寸到1英寸或0.1英寸到0.5英寸的范围内的厚度。

[0183] 在图8A中描绘的辅助集中器800中,这些反射面板被安排来形成三个锥形环。这种具有多个锥形环的安排使得具有最小直径的锥形环被定位到辅助集中器800的后方,并且具有最大直径的锥形环被定位到辅助集中器800的前方。在图8A中,辅助集中器800包括两个相对大直径的冷却管802、803,这两个冷却管部分地用以将冷却流体递送到每一个反射面板内的一个冷却通路和从该冷却通路递送冷却流体,并且还还为将反射面板801安排并固定到预定形状中提供支撑,该预定形状促进传入的太阳能辐射的集中和传入的集中的太阳能辐射到一个低压力接收器的开口的反射。

[0184] 图8B描绘辅助集中器800的替代视图,示出了供应导管802、出口管803、与供应导管802流体连通的较小直径的管804,以及反射面板的冷却通路806。805处的插入物描绘了一个反射面板的冷却通路806的一个入口。

[0185] 图8C提供图8B中的插入物805的放大图。如图示,供应导管802与反射面板801的冷却通路806流体连通。一系列开口狭槽810限定了多个通路,通过这些通路冷却流体从供应导管802流动到反射面板801内的冷却通路806。还图示了反射面板806的壳体808和内部反射表面807。在一些实施例中,该壳体808是一个金属片,具有在0.01英寸到0.5英寸或0.1英寸到0.5英寸的范围内的厚度。

[0186] 可以使用任何适当冷却流体来冷却例如图8A到图8C中描绘的具有冷却系统的反射面板。在一些实施例中,冷却流体是水与致冷剂(例如,乙二醇)的混合物。在一些实施例

中,冷却流体是水与致冷剂(例如,乙二醇)的50:50混合物。

[0187] 辅助集中器的反射面板可以包括多种材料中的任一种。典型地使用金属、聚合物、玻璃或其组合。反射面板可以包括金属,例如铝、银或其组合。反射面板可以包括具有一层反射涂层的非反射材料,该反射涂层例如为反射银或反射铝涂层。反射面板可以包括玻璃衬底、用于反射太阳能的反射层以及任选地包括一层干涉层(例如,在玻璃与反射层之间的由例如二氧化钛组成的层)。典型地,该反射面板具有至少一个用于反射太阳能辐射的表面。

[0188] 图9A到图9C描绘了可以结合本文披露的发电系统使用的示例性高压接收器。在这些实施例中,高压接收器包括一个隔绝壳体900,该隔绝壳体具有一个工作流体入口901、一个工作流体出口902以及连接到辅助集中器906的后部部分上的一个开口904。在例如图9B到图9C中描绘的一些实施例中,高压接收器包括邻近于用于接收太阳能辐射的开口904的一个透明物体905,例如窗。如同在低压接收器的情形中,辅助集中器906用于从主集中器(例如,定日镜场)或其他源收集集中的太阳能辐射并且将该太阳能辐射引导到太阳能接收器的开口904中。

[0189] 通过接收器的高压流体(例如,在高于2个大气压到50个大气压的压力下的流体)被保持在高压太阳能吸收器903内。如图9A到图9C中示例出的高压吸收器903典型地包括一个通路网(例如,管网),以用于容纳高压流体并且将高压流体的流动引导进入高压太阳能吸收器903和从其出来。

[0190] 高压工作流体进入高压太阳能吸收器903,通过该通路网,并且部分地通过与通路壁的接触而获取其中的热能。高压太阳能吸收器903经常具有一层黑色表面涂层,以用于促进对入射太阳能辐射的吸收。可以使用本领域中众所周知的方法来涂覆该表面涂层,例如通过化学气相沉积(例如,扩散渗碳工艺、气相涂覆工艺等等)。而且,高压吸收器典型地由可以承受极高温度的材料来构造,该极高温包括例如超过1000°C的温度。

[0191] 高压太阳能吸收器903可以用多种形式中的任一种来设计并构造。如图9A和图9B中示例,该管状网可以是管状盘管网。如图9C中示例,该管网可以具有壳管型形式。还设想其他的构形,例如像板型热交换器。在一些实施例中,高压太阳能吸收器包括一个管网,其中该网的多个管的直径在0.5英寸到5英寸直径的范围内,并且在一些实施例中壁厚度在0.1英寸到1英寸的范围内。在一些实施例中,高压太阳能吸收器包括一个管网,其中该网的多个管的直径在1英寸到3英寸直径的范围内,并且在一些实施例中壁厚度在0.1英寸到0.5英寸的范围内。

[0192] 在一些实施例中,高压太阳能吸收器由单晶体超合金构造。该超合金经常含有镍基、足够用于耐氧化的含量(例如,约10%的含量)的铬、用于形成加强伽马相的铝和/或钛(例如,约2.5%到5%的含量),以及作为固体溶液加强剂的例如钨、钼、钽和铌等难熔金属(例如,约2.5%到5%的含量)。典型地,镍基超合金还含有钴(例如,约10%的含量)和碳(例如,约0.1%的含量),该碳用作晶界加强剂并形成使合金加强的碳化物。还经常少量添加硼和锆作为晶界加强剂。

[0193] 在高压太阳能吸收器的构造中可以使用的示例性单晶体超合金在以下美国专利中披露,涉及单晶体超合金的这些美国专利的内容以全文引用的方式并入本文:US 4,371,404、US 4,222,794、US 4,514,360、US 4,643,782、US 4,765,850、US 4,923,525、US

5,047,091、US 5,077,004、US 5,100,484、US 5,154,884、US 5,366,695、US 5,399,313、US 5,540,790和US 6,074,602。

[0194] 高压力太阳能吸收器的部件(例如,管、板壁等等)可以通过任何适当技术来制造,例如挤压或铸造。此外,高压力太阳能吸收器的部件可以使用本领域中已知的多种方法中的任一种而结合在一起,包括例如激光焊接、电子束焊接、激活扩散结合等等。

[0195] 透明物体905提供了用于减少再辐射损失的屏障,进而透明物体905允许将在非红外范围(例如,可见光范围)内的集中的太阳能辐射发射到太阳能接收器中,但不允许发射红外范围内的辐射。因此,主要在红外范围内从加热的高压力太阳能吸收器发出的热再辐射会被透明物体905反射回到接收器中。

[0196] 接收器的壳体900被设计并构造成隔绝高压力吸收器903并为其提供结构支撑并且安装辅助集中器906。在图9A到图9C中描绘的示例性高压力接收器中,壳体900基本上在环境压力下操作。因此,在这些实施例中,透明物体不经受实质性的流体静压力引起的应力。因此,透明物体可以被设计并构造成相对大的尺寸(例如,超过5米的大小,例如5米到10米)而没有流体静压力引起的应力的问题。在一些实施例中,透明物体被构造为多个透明物体的组合(例如,重叠的透明物体的组合)以获得用以防止再辐射损失的透明窗。

[0197] 除非另外指出,否则本文描述的所有压力都指代绝对压力。

[0198] 以下专利和专利申请出于所有目的以全文引用的方式并入本文:2002年2月1日提交的在2002年9月12日公开的标题为“低成本高效率汽车涡轮(Low Cost High Efficiency Automotive Turbines)”的第2002/0124991号美国专利公开案;2002年2月1日提交的在2004年1月27日颁发的标题为“低成本高效率汽车涡轮(Low Cost High Efficiency Automotive Turbines)”的第6,681,557号美国专利;1990年11月5日提交的在1993年11月9日颁发的标题为“含有能够进行不连续移动的部件的热交换器(Heat Exchanger Containing a Component Capable of Discontinuous Movement)”的第5,259,444号美国专利;1995年3月25日提交的在2001年4月17日颁发的标题为“含有能够进行不连续移动的部件的热交换器(Heat Exchanger Containing a Component Capable of Discontinuous Movement)”的第RE37134号美国专利;2006年10月17日提交的在2007年4月26日公开的标题为“间歇性密封装置和方法(Intermittent Sealing Device and Method)”的第2007/0089283号美国公开案;2007年4月16日提交的在2008年10月16日公开的标题为“再生器轮设备(Regenerator Wheel Apparatus)”的第2008/0251234号美国公开案;2007年6月29日提交的在2009年1月1日公开的标题为“具有能量储存驱动系统的再生式热交换器(Regenerative Heat Exchanger with Energy-Storing Drive System)”的第2009/0000761号美国公开案;2007年6月29日提交的在2009年1月1日公开的标题为“用于再生式热交换器的刷式密封和矩阵及其调节方法(Brush-Seal and Matrix for Regenerative Heat Exchanger and Method of Adjusting Same)”的第2009/0000762号美国公开案;以及2004年12月16日提交的在2006年3月16日公开的标题为“可变面积质量或面积和质量物质传递装置和方法(Variable Area Mass or Area and Mass Species Transfer Device and Method)”的第2006/0054301号美国公开案。

[0199] 以下实施例意在说明本发明的某些实例,但不示例本发明的完整范围。

[0200] 实例1

[0201] 此实例描述一种集中式太阳能发电系统,其中使用了一个加压太阳能接收器。图10A包括此系统的示意图。在此实例中,将来自压缩机的压缩空气馈送到太阳能接收器,并且在加压的同时加热。随后使来自太阳能接收器的加热的排放物膨胀通过气体涡轮而发电。使用来自气体涡轮的排放对来自压缩机的加压气体进行预加热,之后将该气体输送到太阳能接收器。

#### [0202] 实例2

[0203] 此实例描述一种集中式太阳能发电系统,其中加入了一个热储存系统。图10B包括该示例性系统的示意图。在此系统中使用空气作为流体。在图中指示工艺流的温度。在此实例中,将处于59°F的环境空气供应到压缩机,在压缩机处空气被压缩并在一个热交换系统中加热到1700°F的温度,该热交换系统包括一个、两个或两个以上的同流换热器热交换器。使该1700°F空气通过一个涡轮以发电,这产生处于1100°F的排出流。将涡轮的排放以及热交换系统排放的一部分输送到太阳能接收器,在该处这些气体被加热到1800°F。可以将太阳能接收器加热的空气的一部分输送到热储存系统(类似于考巴氏热风炉)进行储存。将太阳能接收器加热的空气的余量传递到两级热交换器,在该处这些余量用于对上游压缩空气进行加热。应当注意,在此实例中也可以包括其他部件,例如启动燃烧器和/或热回收单元。

#### [0204] 实例3

[0205] 此实例描述一种集中式太阳能发电系统,其中不包括热储存。图10C包括该示例性系统的示意图。在此系统中使用空气作为流体,并且在图中指示了工艺流的温度。类似于实例1中描述的系统,将处于59°F的环境空气供应到压缩机,在压缩机处空气被压缩并在一个热交换系统中加热到1700°F的温度,该热交换系统包括一个、两个或两个以上的同流换热器热交换器。使该1700°F空气通过一个涡轮以发电,这产生处于1100°F的排出流。将涡轮的排放(以及任选地,热交换系统排放的一部分)输送到太阳能接收器,在该处这些气体被加热到1800°F。接着将太阳能接收器加热的空气传递到两级热交换器,在该处这些气体用于对上游压缩空气进行加热。

#### [0206] 实例4

[0207] 此实例描述一种集中式太阳能发电系统,其中在该系统内使用一个、两个或两个以上的热储存单元以及一个、两个或两个以上的旋转式热交换器。图10D包括该示例性系统的示意图。在此实例中,并未使用两级热交换器来对来自压缩机的压缩空气进行加热,而是使用了一个单个旋转式热交换器。在图的左上角示出了该旋转式热交换器的横截面图。

[0208] 图10D还包括两个热储存单元。这些单元可以被构形成使得这些单元中没有、有一者或两者能够接受来自太阳能接收器的加热的空气和/或将加热的空气提供到旋转式再生器以用于对到涡轮的压缩空气流进行加热。

#### [0209] 实例5

[0210] 此实例描述一种集中式太阳能发电系统,其中使用了两个或两个以上的压缩机和两个或两个以上的涡轮来产生能量。图10E包括该示例性系统的示意图。与先前实例中一样,在图中提供了流温度。

#### [0211] 实例6

[0212] 此实例描述一种集中式太阳能发电系统,其中在单个系统中使用了一个高压力太阳能接收器和一个低压力太阳能接收器。图10F包括该示例性系统的示意图。与先前实例中

一样,在图中提供了流温度。在此实例中的部件的布局类似于结合图10E描述的布局。

[0213] 虽然本文已经描述并图解说明了本发明的若干实施例,但本领域的普通技术人员将容易地设想多种其他装置和/或结构来执行功能和/或获得结果和/或本文描述的一个或多个优点,并且这些变化和/或修改中的每一者都被视为在本发明的范围内。更一般地,本领域的普通技术人员将容易了解,本文描述的所有参数、尺寸、材料和构形都意在作为示例,并且实际的参数、尺寸、材料和/或构形将取决于使用本发明的教示的特定应用。本领域的普通技术人员将认识到或能够仅使用例行实验来确定本文描述的本发明的具体实施例的许多等效物。因此,应了解,前述实施例仅是借助于实例来呈现的,并且在所附权利要求书及其等效物的范围内,可以用与具体描述和要求的方式不同的方式来实践本发明。本发明是针对本文描述的每一个独立特征、系统、物品、材料和/或方法。另外,如果这些特征、系统、物品、材料和/或方法并非互相不一致,那么两个或两个以上这些特征、系统、物品、材料和/或方法的任何组合包括在本发明的范围内。

[0214] 如本文在说明书和权利要求书中使用,不定冠词“一”和“一个”除非明确作出相反指示,否则应当理解为意味着“至少一个”。

[0215] 如本文在说明书和权利要求书中使用的,短语“和/或”应当理解为意味着元素中的“任一者或两者”如此联合,即,多个元素在一些情况下联合地存在并且在其他情况下分离地存在。除了通过“和/或”项具体指明的元素之外可以任选地存在其他元素,而无论与具体指明的那些元素相关或无关,除非明确作出相反指示。因此,作为非限制性实例,当结合例如“包括”等开放式语言使用时,在一个实施例中“对A和/或B”的参考可以指代有A无B(任选地包括除了B之外的元件),在另一实施例中可以指代有B无A(任选地包括除了A之外的元件),在又一实施例中可以指代A和B两者(任选地包括其他元件)等等。

[0216] 如本文在说明书和权利要求书中使用的,“或”应当理解为具有与如上文定义的“和/或”相同的意义。举例来说,当在一个列表中划分多个项目时,“或”或“和/或”应当解释为包括性的,即包括若干元素或元素列表中的至少一个元素,但也包括一个以上的元素,并且任选地包括额外未列出的项目。只有清楚地作出相反指示的术语,例如“仅一个”或“确切一个”或当在权利要求书中使用时,“由…组成”将指代包括若干元素或元素列表中的确切一个元件。总体上,如本文使用的术语“或”在前面带有例如“任一”、“一个”、“仅一个”或“确切一个”等排他性术语时应当仅解释为指示排他性替代例(即,“一个或另一个但并非两者”)。“基本上由…组成”当在权利要求书中使用时将具有与在专利法领域中使用的意义相同的普通意义。

[0217] 如本文在说明书和权利要求书中使用的,参考一个或多个元素的列表的短语“至少一个”应当理解为意味着选自该元素列表中的任意一个或多个元素中的至少一个元素,但不一定包括该元素列表内具体列出的每个元素中的至少一个,并且不排除该元素列表中的元素的任何组合。此定义还允许除了该元素列表内具体指明的元素之外可以任选地存在短语“至少一个”所指代的元素,而无论与具体指明的那些元素相关还是无关。因此,作为非限制性实例,“A和B中的至少一者”(或等效地,“A或B中的至少一者”或等效地,“A和/或B中的至少一者”)在一个实施例中可以指代至少一个A,任选地包括一个以上A,而B不存在(并且任选地包括除了B之外的元素);在另一实施例中可以指代至少一个B,任选地包括一个以上B,而A不存在(并且任选地包括除了A之外的元素);在又一实施例中可以指代至少一个A,

任选地包括一个以上A,以及至少一个B,任选地包括一个以上B(并且任选地包括其他元素)等等。

[0218] 在权利要求书中,以及在以上说明书中,例如“包含”、“包括”、“带有”、“具有”、“含有”、“涉及”、“保持”等所有过渡短语都应理解为开放性的,即意味着包括但不限于。仅过渡短语“由…组成”和“基本上由…组成”分别应当为封闭性或半封闭性过渡短语,如美国专利局专利审查程序手册2111.03节中所陈述。

[0219] 根据包括以上各实施例的实施方式,还公开下述方案:

[0220] 1.一种发电系统,包括:

[0221] 一个太阳能接收器,该太阳能接收器被构造并安排成对一种处于小于或等于2个大气压的压力下的第一气体进行加热;

[0222] 一个热交换器,该热交换器流体连接至该太阳能接收器,该热交换器被构造并安排成同时含有该第一气体和一种处于高于2个大气压的压力下的第二气体并且将热能从该第一气体传递到该第二气体;以及

[0223] 一个气体涡轮,该气体涡轮流体连接至该太阳能接收器,该气体涡轮被构造并安排成使用该第二气体发电。

[0224] 2.一种发电方法,包括:

[0225] 在一个太阳能接收器中对一种处于小于或等于2个大气压的压力下的第一气体进行加热;

[0226] 使用一个热交换器将热能从该第一气体传递到一种处于高于2个大气压的压力下的第二气体,该热交换器流体连接至该太阳能接收器并且被构形成同时含有该第一气体和该第二气体;并且

[0227] 使用流体连接至该太阳能接收器的一个气体涡轮从该第二气体发电。

[0228] 3.如方案1到2中任一方案所述的系统或方法,其中该热交换器能够在上至1800°F的温度下操作。

[0229] 4.如方案1到3中任一方案所述的系统或方法,其中该热交换器包括一个旋转式热交换器。

[0230] 5.如方案1到4中任一方案所述的系统或方法,其中该热交换器包括一个板式热交换器。

[0231] 6.如方案1到5中任一方案所述的系统或方法,其中该热交换器包括一个管式热交换器。

[0232] 7.如方案1到6中任一方案所述的系统或方法,其中该热交换器包括一种陶瓷。

[0233] 8.如方案1到7中任一方案所述的系统或方法,其中该气体涡轮的一个排出流直接流体连接至该太阳能接收器。

[0234] 9.如方案1到8中任一方案所述的系统或方法,其中该太阳能接收器的一个排出流直接流体连接至该热交换器。

[0235] 10.如方案1到9中任一方案所述的系统或方法,其中该第一气体的压力小于约1.5个大气压。

[0236] 11.如方案1到10中任一方案所述的系统或方法,其中该第一气体的压力小于约1.25个大气压。

- [0237] 12. 如方案1到11中任一方案所述的系统或方法,其中该第一气体的压力小于约1.1个大气压。
- [0238] 13. 如方案1到12中任一方案所述的系统或方法,其中该第二气体的压力为至少约2.1个大气压。
- [0239] 14. 如方案1到13中任一方案所述的系统或方法,其中该第二气体的压力为至少约2.25个大气压。
- [0240] 15. 如方案1到14中任一方案所述的系统或方法,其中该第二气体的压力为至少约2.5个大气压。
- [0241] 16. 如方案1到15中任一方案所述的系统或方法,其中该第二气体的压力为至少约3个大气压。
- [0242] 17. 如方案1到14中任一方案所述的系统或方法,其中该第二气体的压力为至少约4个大气压。
- [0243] 18. 如方案1到17中任一方案所述的系统或方法,其中该第二气体的压力为至少约5个大气压。
- [0244] 19. 如方案1到18中任一方案所述的系统或方法,其中该第二气体的压力为至少约10个大气压。
- [0245] 20. 如方案1到19中任一方案所述的系统或方法,其中该第二气体在被该热交换器加热之后被输送到该气体涡轮。
- [0246] 21. 如方案1到20中任一方案所述的系统或方法,其中流体连接至该热交换器的一个压缩机被构造并安排成压缩一种气体以产生该第二气体。
- [0247] 22. 如方案21所述的系统或方法,其中该压缩机的一个排出流直接流体连接至该热交换器。
- [0248] 23. 如方案21所述的系统或方法,其中由该压缩机压缩的该气体包括环境空气。
- [0249] 24. 如方案21所述的系统或方法,其中在该气体由该压缩机压缩之前,一个冷却单元对该气体进行冷却。
- [0250] 25. 一种发电系统,包括:
- [0251] 一个太阳能接收器,该太阳能接收器被构造并安排成对一种第一气体进行加热;
- [0252] 一个热交换系统,该热交换系统包括流体连接至该太阳能接收器的第一和第二热交换单元,该热交换系统被构造并安排成将热能从该第一气体传递到一种第二气体;以及
- [0253] 一个气体涡轮,该气体涡轮流体连接至该太阳能接收器,该气体涡轮被构造并安排成使用该第二气体发电。
- [0254] 26. 一种发电方法,包括:
- [0255] 在一个太阳能接收器内对一种第一气体进行加热;
- [0256] 在一个热交换系统内将热能从该第一气体传递到一种第二气体,该热交换系统包括流体连接至该太阳能接收器的第一和第二热交换单元;并且
- [0257] 使用流体连接至该太阳能接收器的一个气体涡轮来使用该第二气体发电。
- [0258] 27. 如方案25到26中任一方案所述的系统或方法,其中该热交换系统包括一个第三热交换器。
- [0259] 28. 如方案25到27中任一方案所述的系统或方法,其中该热交换系统包括至少一

个旋转式热交换器。

[0260] 29. 如方案25到28中任一方案所述的系统或方法, 其中该热交换系统包括至少一个陶瓷的旋转式热交换器。

[0261] 30. 如方案25到29中任一方案所述的系统或方法, 其中该热交换系统包括至少一个金属的热交换器。

[0262] 31. 如方案25到30中任一方案所述的系统或方法, 其中来自该太阳能接收器的该气体被输送到一个陶瓷的旋转式热交换器、并且随后被输送到一个金属的热交换器。

[0263] 32. 如方案25到31中任一方案所述的系统或方法, 其中该气体涡轮的一个排出流直接流体连接至该太阳能接收器。

[0264] 33. 如方案25到32中任一方案所述的系统或方法, 其中该第一气体的压力小于或等于2个大气压。

[0265] 34. 如方案25到33中任一方案所述的系统或方法, 其中该第一气体的压力小于约1.5个大气压。

[0266] 35. 如方案25到34中任一方案所述的系统或方法, 其中该第一气体的压力小于约1.25个大气压。

[0267] 36. 如方案25到35中任一方案所述的系统或方法, 其中该第一气体的压力小于约1.1个大气压。

[0268] 37. 如方案25到36中任一方案所述的系统或方法, 其中该第二气体的压力大于约2个大气压。

[0269] 38. 如方案25到37中任一方案所述的系统或方法, 其中该第二气体的压力为至少约2.1个大气压。

[0270] 39. 如方案25到38中任一方案所述的系统或方法, 其中该第二气体的压力为至少约2.25个大气压。

[0271] 40. 如方案25到39中任一方案所述的系统或方法, 其中该第二气体的压力为至少约2.5个大气压。

[0272] 41. 如方案25到40中任一方案所述的系统或方法, 其中该第二气体的压力为至少约3个大气压。

[0273] 42. 如方案25到41中任一方案所述的系统或方法, 其中该第二气体的压力为至少约4个大气压。

[0274] 43. 如方案25到42中任一方案所述的系统或方法, 其中该第二气体的压力为至少约5个大气压。

[0275] 44. 如方案25到43中任一方案所述的系统或方法, 其中该第二气体的压力为至少约10个大气压。

[0276] 45. 如方案25到44中任一方案所述的系统或方法, 其中该第二气体在被该热交换系统加热之后输送到该气体涡轮。

[0277] 46. 如方案25到45中任一方案所述的系统或方法, 其中流体连接至该热交换系统的一个压缩机被构造并安排成压缩一种气体以产生该第二气体。

[0278] 47. 如方案46所述的系统或方法, 其中该压缩机的一个排出流直接流体连接至该热交换系统。



- [0279] 48.如方案47所述的系统或方法,其中由该压缩机压缩的该气体包括环境空气。
- [0280] 49.一种系统,包括:
- [0281] 一个太阳能接收器,该太阳能接收器被构造并安排成对一种处于小于或等于2个大气压的压力下的气体进行加热;
- [0282] 一个热储存系统,该热储存系统流体连接至该太阳能接收器;以及
- [0283] 一个热交换系统,该热交换系统流体连接至该太阳能接收器,该热交换系统被构造并安排成将热能从由该太阳能接收器加热的该气体传递到一种第二气体,
- [0284] 其中该系统被构造并安排成使得由该太阳能接收器加热的该气体的一个第一部分可以被输送到该热储存单元,并且由该太阳能接收器加热的该气体的一个第二部分可以被输送到该热交换系统。
- [0285] 50.一种方法,包括:
- [0286] 在一个太阳能接收器内对一种处于小于或等于2个大气压的压力下的气体进行加热;
- [0287] 将该气体的一个第一部分从该太阳能接收器输送到被流体连接至该太阳能接收器的一个热储存系统;并且
- [0288] 将该气体的一个第二部分从该太阳能接收器输送到被流体连接至该太阳能接收器的一个热交换系统,其中该热交换系统被构造并安排成将热能从由该太阳能接收器加热的该气体传递到一种第二气体。
- [0289] 51.如方案49到50中任一方案所述的系统或方法,其中:
- [0290] 在一个第一时间周期中,基本上所有来自该太阳能接收器的该气体都被输送到低压力热储存单元,并且
- [0291] 在不与该第一时间周期重叠的一个第二时间周期中,基本上所有来自该太阳能接收器的该气体都被输送到该热交换系统。
- [0292] 52.如方案49到50中任一方案所述的系统或方法,其中:
- [0293] 在一个第一时间周期中,来自该太阳能接收器的该气体的一个第一部分被输送到该低压力热储存单元,并且
- [0294] 在该第一时间周期中,来自该太阳能接收器的该气体的一个第二部分被输送到该热交换系统。
- [0295] 53.如方案49到52中任一方案所述的系统或方法,其中该热储存单元被构造并安排成在小于或等于2个大气压的压力下操作。
- [0296] 54.如方案49到53中任一方案所述的系统或方法,其中该热储存系统被构造并安排成在小于约1.5个大气压的压力下操作。
- [0297] 55.如方案49到54中任一方案所述的系统或方法,其中该热储存系统被构造并安排成在小于约1.25个大气压的压力下操作。
- [0298] 56.如方案49到55中任一方案所述的系统或方法,其中该热储存系统被构造并安排成在小于约1.1个大气压的压力下操作。
- [0299] 57.如方案49到56中任一方案所述的系统或方法,其中该热储存系统包括至少一个热储存储箱。
- [0300] 58.如方案49到57中任一方案所述的系统或方法,其中该热储存系统包括填充媒

介。

[0301] 59. 如方案58所述的系统或方法, 其中该填充媒介包括氧化铝、氧化铁、氧化硅和/或氧化镁。

[0302] 60. 如方案58到59中任一方案所述的系统或方法, 其中该填充媒介包括小球。

[0303] 61. 如方案60所述的系统或方法, 其中这些小球中的至少一部分具有基本上矩形棱柱、基本上三角形棱柱、基本上球体、蝴蝶结、马鞍和/或蜂巢的形状。

[0304] 62. 如方案61所述的系统或方法, 其中至少约50%的这些小球具有小于约100cm的最大横截面直径。

[0305] 63. 如方案49到62中任一方案所述的系统或方法, 其中该热储存系统位于一个电力塔的塔结构内。

[0306] 64. 如方案49到63中任一方案所述的系统或方法, 其中该太阳能接收器内的该气体的压力小于约1.5个大气压。

[0307] 65. 如方案49到64中任一方案所述的系统或方法, 其中该太阳能接收器内的该气体的压力小于约1.25个大气压。

[0308] 66. 如方案49到65中任一方案所述的系统或方法, 其中该太阳能接收器内的该气体的压力小于约1.1个大气压。

[0309] 67. 如方案49到66中任一方案所述的系统或方法, 进一步包括一个气体涡轮, 该气体涡轮被构造并安排成使用该第二气体发电。

[0310] 68. 一种发电系统, 包括:

[0311] 一个太阳能接收器, 该太阳能接收器被构造并安排成对一种处于小于或等于2个大气压的压力下的气体进行加热;

[0312] 一个气体涡轮, 该气体涡轮流体连接至该太阳能接收器, 这样使得由该太阳能接收器加热的该气体的一部分包含该气体涡轮的排出物; 以及

[0313] 一个鼓风机, 该鼓风机流体连接至该太阳能接收器, 这样使得由该太阳能接收器加热的该气体的一部分包含该鼓风机的排出物。

[0314] 69. 一种发电方法, 包括:

[0315] 在一个气体涡轮内使用处于大于2个大气压的压力下的一种第一气体发电;

[0316] 将该气体涡轮的排出流的至少一部分输送到一个太阳能接收器, 其中从该气体涡轮输送到该太阳能接收器的该气体具有小于或等于2个大气压的压力;

[0317] 将一种第二气体从一个鼓风机输送到该太阳能接收器; 并且

[0318] 在该太阳能接收器内加热该第一和第二气体。

[0319] 70. 如方案68到69中任一方案所述的系统或方法, 其中该气体涡轮的排出物在被输送到该太阳能接收器之前并未实质上被进一步压缩。

[0320] 71. 如方案68到70中任一方案所述的系统或方法, 其中一个控制器被构造并安排成至少部分地基于从该气体涡轮输送到该太阳能接收器的该气体的条件而调整从该鼓风机输送到该太阳能接收器的该第二气体的流速。

[0321] 72. 如方案71所述的系统或方法, 其中该条件是从该气体涡轮输送到该太阳能接收器的该气体的温度。

[0322] 73. 如方案71所述的系统或方法, 其中该条件是从该气体涡轮输送到该太阳能接

收器的该气体的压力。

[0323] 74.如方案71所述的系统或方法,其中该条件是从该气体涡轮输送到该太阳能接收器的该气体的流速。

[0324] 75.如方案68到74中任一方案所述的系统或方法,其中该第一气体处于至少约2.1个大气压的压力下。

[0325] 76.如方案68到75中任一方案所述的系统或方法,其中该第一气体处于至少约2.25个大气压的压力下。

[0326] 77.如方案68到76中任一方案所述的系统或方法,其中该第一气体处于至少约2.5个大气压的压力下。

[0327] 78.如方案68到77中任一方案所述的系统或方法,其中该第一气体处于至少约3个大气压的压力下。

[0328] 79.如方案68到78中任一方案所述的系统或方法,其中该第一气体处于至少约4个大气压的压力下。

[0329] 80.如方案68到79中任一方案所述的系统或方法,其中该第一气体处于至少约5个大气压的压力下。

[0330] 81.如方案68到80中任一方案所述的系统或方法,其中该第二气体的压力为至少约10个大气压。

[0331] 82.如方案68到81中任一方案所述的系统或方法,其中从该气体涡轮输送到该太阳能接收器的该气体具有小于约1.5个大气压的压力。

[0332] 83.如方案68到82中任一方案所述的系统或方法,其中从该气体涡轮输送到该太阳能接收器的该气体具有小于约1.25个大气压的压力。

[0333] 84.如方案68到83中任一方案所述的系统或方法,其中从该气体涡轮输送到该太阳能接收器的该气体具有小于约1.1个大气压的压力。

[0334] 85.如方案68到84中任一方案所述的系统或方法,其中该气体涡轮直接流体连接至该太阳能接收器。

[0335] 86.如方案68到85中任一方案所述的系统或方法,其中该鼓风机直接流体连接至该太阳能接收器。

[0336] 87.一种系统,包括:

[0337] 一个太阳能接收器,该太阳能接收器被构造并安排成对一种相对低压力的第一流体进行加热;

[0338] 一个第一热交换器,该第一热交换器流体连接至该太阳能接收器,该第一热交换器被构造并安排成将能量从该相对低压力的第一流体传递到一种相对高压力的第二流体;以及

[0339] 一个第二热交换器,该第二热交换器流体连接至该第一热交换器,该第二热交换器被构造并安排成将能量从该相对低压力的第一流体传递到一种第三流体。

[0340] 88.如方案87所述的系统,其中该相对低压力的第一流体处于小于或等于2个大气压的压力下。

[0341] 89.如方案87所述的系统,其中该相对低压力的第一流体处于小于约1.5个大气压的压力下。

- [0342] 90. 如方案87所述的系统,其中该相对低压力的第一流体处于小于约1.1个大气压的压力下。
- [0343] 91. 如方案87所述的系统,其中该相对高压力的第二流体处于高于2个大气压的压力下。
- [0344] 92. 如方案87所述的系统,其中该相对高压力的第二流体处于至少约3个大气压的压力下。
- [0345] 93. 如方案87所述的系统,其中该相对高压力的第二流体处于至少约5个大气压的压力下。
- [0346] 94. 如方案87所述的系统,其中该第三流体被用作一个兰金循环的一部分。
- [0347] 95. 如方案87所述的系统,其中该第三流体用于对一个吸收冷冻器提供热。
- [0348] 96. 如方案87所述的系统,其中该第三流体用于对一种液体提供热。
- [0349] 97. 如方案96所述的系统,其中该经加热的液体被用于空间加热目的。
- [0350] 98. 如方案87所述的系统,其中该第一热交换器被流体连接至一个涡轮。
- [0351] 99. 如方案98所述的系统,其中该涡轮是一个气体涡轮。
- [0352] 100. 一种太阳能接收器,包括:
- [0353] 一个低压力流体腔室,该低压力流体腔室包括一个流体入口、一个流体出口以及一个用于接收集中的太阳能辐射的开口;
- [0354] 一个太阳能吸收器,该太阳能吸收器容纳在该低压力流体腔室内;以及
- [0355] 一个透明物体,该透明物体限定了该低压力流体腔室的一个壁的至少一部分;
- [0356] 其中通过该开口接收的集中的太阳能辐射穿透该透明物体而进入该低压力流体腔室并且照射在该太阳能吸收器上。
- [0357] 101. 如方案100所述的太阳能接收器,其中该低压力流体腔室限定了从该流体入口到该流体出口的一个流体流动路径,
- [0358] 其中在该流体入口与该流体出口之间,该流体流动路径延伸经过该透明物体的至少一部分并且穿过该太阳能吸收器内的一个或多个通路。
- [0359] 102. 如方案100或101所述的太阳能接收器,其中该透明物体具有抛物线形状。
- [0360] 103. 如方案102所述的太阳能接收器,其中该抛物线形状的凹面指向该开口。
- [0361] 104. 如方案100到102中任一方案所述的太阳能接收器,其中该透明物体具有1英尺到50英尺的曲率半径。
- [0362] 105. 如方案100到104中任一方案所述的太阳能接收器,其中该透明物体具有5英尺到20英尺的曲率半径。
- [0363] 106. 如方案100到105中任一方案所述的太阳能接收器,其中该透明物体具有大约15英尺的曲率半径。
- [0364] 107. 如方案105所述的太阳能接收器,其中该透明物体具有平面的圆盘形状。
- [0365] 108. 如方案100到107所述的太阳能接收器,其中该透明物体具有在1米到5米的范围内的直径。
- [0366] 109. 如方案100到108中任一方案所述的太阳能接收器,其中该透明物体具有在1米到2米的范围内的直径。
- [0367] 110. 如方案100到109中任一方案所述的太阳能接收器,其中该透明物体具有在

0.5英寸到4英寸的范围内的厚度。

[0368] 111. 如方案100到110中任一方案所述的太阳能接收器,其中该透明物体具有在0.5英寸到2英寸的范围内的厚度。

[0369] 112. 如方案100到111中任一方案所述的太阳能接收器,其中该低压力流体腔室的最大可允许工作压力等于或小于2个大气压。

[0370] 113. 如方案100到112中任一方案所述的太阳能接收器,其中该低压力流体腔室的最大工作压力小于2个大气压。

[0371] 114. 如方案100到113中任一方案所述的太阳能接收器,其中该低压力流体腔室的最大工作压力上至1.5个大气压。

[0372] 115. 如方案100到114中任一方案所述的太阳能接收器,其中该低压力流体腔室的最大工作压力为1.1个大气压。

[0373] 116. 如方案100到115中任一方案所述的太阳能接收器,其中该低压力流体腔室限定了一个凹口,该透明物体的一个外部轮缘可膨胀地装配在该凹口内,该凹口邻近于该开口。

[0374] 117. 如方案116所述的太阳能接收器,进一步包括一个密封元件,该密封元件定位于该透明物体的该外部轮缘与由该低压力流体腔室上的该凹口限定的一个界面之间。

[0375] 118. 如方案100到116中任一方案所述的太阳能接收器,其中该密封元件是一种室温硫化RTV硅酮或陶瓷纤维绳。

[0376] 119. 如方案100到118中任一方案所述的太阳能接收器,其中该透明物体是石英或硅石玻璃。

[0377] 120. 如方案100到118中任一方案所述的太阳能接收器,其中该太阳能吸收器是从由以下各项组成的群组中选定的材料:金属、不锈钢、陶瓷、耐热铸造合金、高温金属材料、耐火材料、氧化钽分散合金、石墨以及碳纤维加强的基于碳的材料。

[0378] 121. 如方案100到120中任一方案所述的太阳能接收器,其中该太阳能吸收器是一个丝网。

[0379] 122. 如方案100到120中任一方案所述的太阳能接收器,其中该太阳能吸收器是一种陶瓷。

[0380] 123. 如方案122所述的太阳能接收器,其中该陶瓷是一种玻璃陶瓷。

[0381] 124. 如方案122所述的太阳能接收器,其中该陶瓷是碳化硅或氮化硅。

[0382] 125. 如方案122所述的太阳能接收器,其中该陶瓷是氧化硅。

[0383] 126. 如方案100到125中任一方案所述的太阳能接收器,其中该太阳能吸收器具有一种蜂巢构形。

[0384] 127. 如方案100到126中任一方案所述的太阳能接收器,其中该太阳能吸收器包括一层黑色表面涂层。

[0385] 128. 如方案100到127中任一方案所述的太阳能接收器,其中该太阳能吸收器包括多个段。

[0386] 129. 如方案100到127中任一方案所述的太阳能接收器,其中该太阳能吸收器包括多个饼形段。

[0387] 130. 如方案128或129所述的太阳能接收器,其中该多个段中的每一者都具有一种

蜂巢构形。

[0388] 131. 如方案100到127中任一方案所述的太阳能接收器,其中该太阳能接收器具有指向该开口的一个凹面。

[0389] 132. 如方案100到127中任一方案所述的太阳能接收器,其中该太阳能接收器具有基本上平面的形状。

[0390] 133. 如方案100到132中任一方案所述的太阳能接收器,进一步包括一个辅助集中器,该辅助集中器在该开口处连接到该低压力流体腔室上。

[0391] 134. 如方案124所述的太阳能接收器,其中该辅助集中器包括多个反射面板,这些反射面板被安排成使得照射在这些反射面板上的入射太阳能辐射被朝向该透明物体反射。

[0392] 135. 如方案124所述的太阳能接收器,其中该多个反射面板被安排成形成一个抛物线形状。

[0393] 136. 如方案124所述的太阳能接收器,其中该多个反射面板被安排成形成多个锥形环,这些锥形环被安排成一个系列以使得该系列中的每一个相继的环具有越来越大的直径,最大直径的锥形环距该开口最远。

[0394] 137. 如方案134到136中任一方案所述的太阳能接收器,其中该多个反射面板由四十八个互连的面板组成。

[0395] 138. 如方案136或137所述的太阳能接收器,其中每一个锥形环由十二个反射面板组成。

[0396] 139. 如方案134到138中任一方案所述的太阳能接收器,其中每一个反射面板具有平面的矩形形状。

[0397] 140. 如方案134所述的太阳能接收器,其中该多个反射面板由四个互连的反射面板组成。

[0398] 141. 如方案140所述的太阳能接收器,其中每一个反射面板都具有锥形环形状。

[0399] 142. 如方案125到135中任一方案所述的太阳能接收器,其中每一个反射面板包括一个内部反射表面、一个外部表面和一个冷却流体通路。

[0400] 143. 如方案136所述的太阳能接收器,其中每一个反射面板被结合到一个壳体上,使得一个腔形成于该壳体与该外部表面之间,其中该腔是该冷却流体通路。

[0401] 144. 如方案143所述的太阳能接收器,其中该壳体与该反射面板的该外部表面上的多个凸起部分进行界面连接。

[0402] 145. 如方案144所述的太阳能接收器,其中该壳体通过一种金属到金属的结合而结合到该反射面板上。

[0403] 146. 如方案144所述的太阳能接收器,其中该金属到金属的结合是钎焊、电阻焊接或压缩焊接。

[0404] 147. 如方案144所述的太阳能接收器,其中这些凸起部分是硬节或凸起。

[0405] 148. 如方案100到147中任一方案所述的太阳能接收器,其中该流体入口与一个气体涡轮排放出口是流体连接的。

[0406] 149. 如方案100到147中任一方案所述的太阳能接收器,其中该流体出口与一个气体涡轮压缩机入口或一个热储存系统是流体连接的。

[0407] 150. 如方案100到149中任一方案所述的太阳能接收器,其中该流体出口与一个再

生器单元是流体连接的。

[0408] 151. 如方案150所述的太阳能接收器, 其中该再生器单元是一个旋转式再生器单元。

[0409] 152. 一种用于太阳能接收器的集中器, 该集中器包括:

[0410] 一个支撑结构, 该支撑结构限定了用于接收太阳能辐射的一个入口和用于排出集中的太阳能辐射的一个出口; 以及

[0411] 多个反射面板, 每一个反射面板包括一个或多个流体通路, 其中该多个反射面板连接到该支撑结构上并且被安排成使得照射在这些反射面板上的入射太阳能辐射被朝向该出口反射。

[0412] 153. 如方案152所述的集中器, 其中该多个反射面板被安排成形成一种抛物线、半圆形或半椭圆形形状。

[0413] 154. 如方案152或153所述的集中器, 其中该多个反射面板被安排成形成以一个系列来安排的多个锥形环。

[0414] 155. 如方案152到154中任一方案所述的集中器, 其中该多个反射面板由2到72个反射面板组成。

[0415] 156. 如方案152到155中任一方案所述的集中器, 其中该多个反射面板由48个反射面板组成。

[0416] 157. 如方案154所述的集中器, 其中每一个锥形环包括1到24个反射面板。

[0417] 158. 如方案154所述的集中器, 其中每一个锥形环包括12个反射面板。

[0418] 159. 如方案152到158中任一方案所述的集中器, 其中每一个反射面板都具有平面形状。

[0419] 160. 如方案152到159中任一方案所述的集中器, 其中每一个反射面板都具有多面体形状或圆盘形状。

[0420] 161. 如方案152到154中任一方案所述的集中器, 其中该多个反射面板由四个反射面板组成, 其中每一个反射面板具有锥形环形状。

[0421] 162. 如方案152到161中任一方案所述的集中器, 其中每一个反射面板被结合到一个壳体上, 使得一个腔形成于该壳体与该反射面板的一个外部表面之间, 其中该腔是一个冷却流体通路。

[0422] 163. 如方案162所述的集中器, 其中该壳体与该反射面板的该外部表面上的一个或多个凸起部分进行界面连接。

[0423] 164. 如方案162或163所述的集中器, 其中该壳体通过一种金属到金属的结合而结合到该反射面板上。

[0424] 165. 如方案164所述的集中器, 其中该金属到金属的结合是钎焊、电阻焊接或压缩焊接。

[0425] 166. 如方案163到165中任一方案所述的集中器, 其中这些凸起部分是硬节或凸起。

[0426] 167. 如方案162到166中任一方案所述的集中器, 其中该壳体是铝。

[0427] 168. 如方案152到167中任一方案所述的集中器, 其中该反射面板包括一种金属、一种聚合物、一种玻璃或其组合。

- [0428] 169. 如方案152到168中任一方案所述的集中器,其中该反射面板包括铝、银或其组合。
- [0429] 170. 一种用于制作太阳能接收器的方法,该方法包括:
- [0430] 获得一个太阳能接收器,该太阳能接收器包括一个用于接收太阳能辐射的开口和一个用于吸收入射的太阳能辐射并将热能传递到一种工作流体的太阳能吸收器;以及
- [0431] 在该太阳能接收器上安装一个如方案1到16中任一方案所述的集中器,使得该集中器的该出口可操作地定位于该太阳能接收器的该开口内或邻近于该开口。
- [0432] 171. 一种用于对太阳能接收器的集中器进行冷却的系统,该系统包括:
- [0433] 一个储集器,该储集器包括一种工作流体;
- [0434] 如方案1到17中任一方案所述的一个集中器;
- [0435] 一个或多个导管,该一个或多个导管流体连接该储集器与该集中器的每一个反射面板的该一个或多个冷却通路;以及
- [0436] 一个泵,该泵被构形成用于使一种工作流体从该储集器循环通过该一个或多个导管。
- [0437] 172. 如方案171所述的系统,进一步包括在该集中器下游的一个热交换器,该热交换器被构形成用于从该工作流体中移除热。
- [0438] 173. 如方案172所述的系统,其中该热交换器是一个冷却塔。
- [0439] 174. 如方案173所述的系统,其中该热交换器是一个壳管式热交换器或一个板型热交换器。
- [0440] 175. 如方案172到174中任一方案所述的系统,其中该工作流体在离开该热交换器之后循环回到该储集器。
- [0441] 176. 如方案171到174中任一方案所述的系统,其中该工作流体是一种防冻溶液。
- [0442] 177. 如方案171到176中任一方案所述的系统,其中该工作流体是水与二醇的混合物。
- [0443] 178. 如方案171到177中任一方案所述的系统,其中该工作流体是水与二醇的50:50混合物。
- [0444] 179. 如方案177或178所述的系统,其中该二醇是乙二醇或丙二醇。
- [0445] 180. 一种用于修改集中器的反射面板的方法,该方法包括:
- [0446] 获得一个反射面板,该反射面板具有一个内部反射表面和一个外部表面;
- [0447] 在该反射面板的该外部表面上产生一个或多个凸起部分;
- [0448] 在该反射面板的该外部表面上覆盖一个壳体,使得该壳体接触该一个或多个凸起部分;并且
- [0449] 将该壳体结合到该反射面板上以便在该壳体与该反射面板的该外部表面之间产生一个腔。
- [0450] 181. 一种用于制作集中器的方法,该方法包括:
- [0451] 获得多个反射面板,每一个反射面板具有一个内部反射表面和一个外部表面;
- [0452] 获得一个支撑结构,该支撑结构限定了用于接收太阳能辐射的一个入口和用于排出集中的太阳能辐射的一个出口;并且
- [0453] 组装该多个反射面板,使得每一个反射面板被连接到该支撑结构上并且被安排成



使得照射在这些反射面板上的入射太阳能辐射被朝向该出口反射。

[0454] 182. 如方案181所述的方法, 进一步包括:

[0455] 在每一个反射面板的该外部表面上产生一个或多个凸起部分;

[0456] 在每一个反射面板的该外部表面上覆盖一个壳体, 使得该壳体接触该一个或多个凸起部分; 并且

[0457] 将该壳体结合到该反射面板上以便在该壳体与该反射面板的该外部表面之间产生一个腔。

[0458] 183. 如方案180到182中任一方案所述的方法, 进一步包括将一个或多个导管流体地连接至每一个反射面板的该腔。

[0459] 184. 如方案180到182中任一方案所述的方法, 其中这些凸起部分是硬节或凸起。

[0460] 185. 如方案180到184中任一方案所述的方法, 其中该壳体是一个金属片。

[0461] 186. 如方案180到185中任一方案所述的方法, 其中该壳体是一个铝片。

[0462] 187. 如方案183到186中任一方案所述的方法, 其中结合包括在该壳体与该反射面板之间产生一种金属到金属的结合。

[0463] 188. 如方案187所述的方法, 其中该金属到金属的结合是激光焊接、钎焊、电阻焊接或压缩焊接。

[0464] 189. 一种发电系统, 包括:

[0465] 一个或多个模块化单元, 该一个或多个模块化单元被安排成用于放置在大致地平面处或高于地平面在一个塔上, 并用于充当一个至少部分地采用布雷顿循环的发电系统的一部分, 该一个或多个模块化单元包括一个接收器、一个收集器、一个涡轮、一个压缩机和一个同流换热器中的至少一者。

[0466] 190. 如方案189所述的系统, 其中至少一个模块化单元包括一个接收器、一个收集器、一个能量储存箱、一个涡轮、一个压缩机和一个同流换热器中的至少两者。

[0467] 191. 如方案189所述的系统, 其中至少一个模块化单元包括一个接收器、一个收集器、一个涡轮、一个压缩机和一个同流换热器中的至少三者。

[0468] 192. 如方案189所述的系统, 其中至少一个模块化单元包括一个接收器、一个收集器、一个涡轮、一个压缩机和一个同流换热器中的所有。

[0469] 193. 如方案189所述的系统, 其中至少一个模块化单元包括一个气体涡轮和一个压缩机, 该气体涡轮被安排成接收经加热的压缩空气, 该压缩机被安排成对提供到该气体涡轮的空气进行压缩。

[0470] 194. 如方案193所述的系统, 其中至少一个模块化单元包括一个同流换热器, 该同流换热器被安排成从该压缩机接收压缩空气、对该压缩空气进行加热、并且将该经加热的压缩空气提供到该气体涡轮。

[0471] 195. 如方案192到194中任一方案所述的系统, 其中至少一个模块化单元包括一个发电机。

[0472] 196. 如方案189到195中任一方案所述的系统, 其中该一个或多个模块化单元被安排成用于通过州际公路系统上的卡车或铁路车皮来装运。

[0473] 197. 如方案189到196中任一方案所述的系统, 其中至少一个模块化单元被安排成用于放置在该塔上、位于地面上方至少20到50英尺。

[0474] 198.如方案189到197中任一方案所述的系统,其中该一个或多个模块化单元的重量大约为5到50吨。

[0475] 199.如方案189到198中任一方案所述的系统,其中该一个或多个模块化单元的重量大约为50到200吨。

[0476] 200.如方案189到199中任一方案所述的系统,其中该一个或多个模块化单元被安排成在一个发电系统中操作,该发电系统被构形成具有约100kWe到5MWe的功率输出或上至并包含100kWe的功率输出。

[0477] 201.如方案189到200中任一方案所述的系统,其中至少一个模块化单元被安排成用于通过一个起重机来放置在该塔上。

[0478] 202.一种发电系统,包括:

[0479] 一个塔结构,该塔结构具有紧固到地面上的一个基底和在该基底上方的一个上部部分;

[0480] 一个接收器,该接收器附接到该塔结构的该上部部分上或在大致地平面处,该接收器被安排成从一个定日镜场接收照射并且使用该照射来加热一种流体;以及

[0481] 一个气体涡轮,该气体涡轮附接到该塔结构的该上部部分上或在大致地平面处,该气体涡轮被安排成接收由该接收器直接或间接加热的流体以便操作一个发电机。

[0482] 203.如方案202所述的系统,其中该气体涡轮是至少部分地采用布雷顿循环的一个发电系统的一部分。

[0483] 204.如方案202所述的系统,进一步包括:

[0484] 一个或多个热能储存储箱,该一个或多个热能储存储箱处于大致地平面处或附接到该塔结构的该上部部分上,该能量储存储箱被安排成用于储存从该接收器接收的热能;

[0485] 一个压缩机,该压缩机处于大致地平面处或附接到该塔结构的该上部部分上,该压缩机被安排成对被提供到该气体涡轮的空气进行压缩,和/或

[0486] 一个同流换热器,该同流换热器处于大致地平面处或附接到该塔结构的该上部部分上,该同流换热器被安排成接收压缩空气并且将该经加热的压缩空气提供到该气体涡轮。

[0487] 205.如方案202到204中任一方案所述的系统,包括一个或多个模块化单元,该一个或多个模块化单元包括该接收器、一个收集器、该气体涡轮、一个压缩机和一个同流换热器中的至少一者,任选地,其中至少一个模块化单元附接到该塔结构的该上部部分上。

[0488] 206.如方案205所述的系统,其中至少一个模块化单元包括该接收器、该收集器、该气体涡轮、该压缩机和该同流换热器中的至少两者。

[0489] 207.如方案205所述的系统,其中至少一个模块化单元包括该接收器、该收集器、该气体涡轮、该压缩机和该同流换热器中的至少三者。

[0490] 208.如方案205所述的系统,其中至少一个模块化单元包括该接收器、该收集器、该气体涡轮、该压缩机和该同流换热器中的所有。

[0491] 209.如方案205所述的系统,其中至少一个模块化单元包括该气体涡轮和该压缩机,该气体涡轮被安排成接收经加热的压缩空气,该压缩机被安排成对提供到该气体涡轮的空气进行压缩,任选地其中,包括该气体涡轮的该至少一个模块化单元放置在大致地平面处。

[0492] 210. 如方案209所述的系统,其中至少一个模块化单元包括一个同流换热器,该同流换热器被安排成从该压缩机接收压缩空气、对该压缩空气进行加热、并且将该经加热的压缩空气提供到该气体涡轮。

[0493] 211. 如方案208到210中任一方案所述的系统,其中至少一个模块化单元包括一个发电机。

[0494] 212. 如方案205到211中任一方案所述的系统,其中该一个或多个模块化单元被安排成用于通过州际公路系统上的卡车或铁路车皮来装运。

[0495] 213. 如方案202到212中任一方案所述的系统,其中该塔结构的该上部部分位于地面上方至少20到50英尺。

[0496] 214. 如方案202到213中任一方案所述的系统,其中附接到该塔结构的该上部部分上的多个部件的重量大约为5到50吨。

[0497] 215. 如方案202到213中任一方案所述的系统,其中附接到该塔结构的该上部部分上的多个部件的重量大约为50到200吨。

[0498] 216. 如方案202到215中任一方案所述的系统,其中该发电系统被安排成具有约100kWe到5MWe的功率输出或上至并包含100kWe的功率输出。

[0499] 217. 如方案202到216中任一方案所述的系统,其中该流体是空气。

[0500] 218. 一种用于操作发电系统的方法,包括:

[0501] 提供一个塔结构,该塔结构具有紧固到地面上的一个基底和在该基底上方的一个上部部分;

[0502] 将一个接收器附接到该塔结构的该上部部分上,该接收器被安排成从一个定日镜场接收照射并且使用该照射来加热一种流体;并且

[0503] 将一个气体涡轮放置在大致地平面处或将该气体涡轮附接到该塔结构的该上部部分上,该气体涡轮被安排成接收由该接收器直接或间接加热的流体以操作一个发电机。

[0504] 219. 如方案218所述的方法,其中该气体涡轮是至少部分地采用布雷顿循环的一个发电系统的一部分。

[0505] 220. 如方案218所述的方法,进一步包括:

[0506] 在大致地平面处提供一个能量储存储箱或将一个能量储存储箱附接到该塔结构的该上部部分上,该能量储存储箱被安排成储存从该接收器接收的热能;

[0507] 在大致地平面处提供一个压缩机或将一个压缩机附接到该塔结构的该上部部分上,该压缩机被安排成对提供到该气体涡轮的空气进行压缩,和/或

[0508] 在大致地平面处提供一个同流换热器或将一个同流换热器附接到该塔结构的该上部部分上,该同流换热器被安排成接收压缩空气并且将该经加热的压缩空气提供到该气体涡轮。

[0509] 221. 如方案218到220中任一方案所述的方法,包括:

[0510] 将一个或多个模块化单元附接到该塔结构的该上部部分上,至少一个模块化单元包括该接收器、一个收集器、该气体涡轮、一个压缩机和一个同流换热器中的至少一者。

[0511] 222. 如方案221所述的方法,其中至少一个模块化单元包括该接收器、该收集器、该气体涡轮、该压缩机和该同流换热器中的至少两者。

[0512] 223. 如方案221所述的方法,其中至少一个模块化单元包括该接收器、该收集器、

该气体涡轮、该压缩机和该同流换热器中的至少三者。

[0513] 224. 如方案221所述的方法, 其中至少一个模块化单元包括该接收器、该收集器、该气体涡轮、该压缩机和该同流换热器中的所有。

[0514] 225. 如方案221所述的方法, 其中至少一个模块化单元包括该气体涡轮和该压缩机, 该气体涡轮被安排成接收经加热的压缩空气, 该压缩机被安排成对被提供到该气体涡轮的空气进行压缩。

[0515] 226. 如方案225所述的方法, 其中至少一个模块化单元包括一个同流换热器, 该同流换热器被安排成从该压缩机接收压缩空气、对该压缩空气进行加热、并且将该经加热的压缩空气提供到该气体涡轮。

[0516] 227. 如方案224到226中任一方案所述的方法, 其中至少一个模块化单元包括一个发电机。

[0517] 228. 如方案221到227中任一方案所述的方法, 进一步包括:

[0518] 通过州际公路系统上的卡车或铁路车皮来装运一个或多个模块化单元。

[0519] 229. 如方案218到228中任一方案所述的方法, 其中该塔结构的该上部部分位于地面上方至少20到50英尺。

[0520] 230. 如方案218到229中任一方案所述的方法, 其中附接到该塔结构的该上部部分上的多个部件的重量大约为5到50吨。

[0521] 231. 如方案229到215中任一方案所述的方法, 包括:

[0522] 操作该发电系统以产生约100kWe到5MWe的功率输出。

[0523] 232. 如方案218到231中任一方案所述的方法, 其中该流体是空气。

[0524] 233. 如前述方案中任一方案所述的系统或方法, 其中该接收器具有在约2800平方厘米到约18000平方厘米之间的窗口大小。

[0525] 234. 如方案189所述的系统, 其中

[0526] 至少一个模块化单元包括一个接收器并且被安排成用于在该塔上放置在地平面上方, 并且

[0527] 至少一个模块化单元包括一个涡轮、一个压缩机和一个同流换热器中的一者或更多者并且被安排成用于放置在大致地平面处。

[0528] 235. 一种系统, 包括:

[0529] 一个第一太阳能接收器, 该第一太阳能接收器被构造并安排成对一种处于小于或等于2个大气压的压力下的气体进行加热, 该第一太阳能接收器被流体连接至一个热储存单元; 以及

[0530] 一个第二太阳能接收器, 该第二太阳能接收器被构造并安排成对一种处于高于2个大气压的压力下的气体进行加热, 该第二太阳能接收器被流体连接至该热储存单元。

[0531] 236. 一种方法, 包括:

[0532] 在流体连接至一个热储存单元的一个第一太阳能接收器内对一种处于小于或等于2个大气压的压力下的第一气体进行加热; 并且

[0533] 在流体连接至该热储存单元的一个第二太阳能接收器内对一种处于高于2个大气压的压力下的第二气体进行加热。

[0534] 237. 如方案235到236中任一方案所述的系统或方法, 其中该第一太阳能接收器直

接流体连接至该热储存单元。

[0535] 238. 如方案235到237中任一方案所述的系统或方法, 其中该第二太阳能接收器直接流体连接至该热储存单元。

[0536] 239. 如方案235到238中任一方案所述的系统或方法, 其中该热储存单元的一个第一部分被构造并安排成在高于2个大气压的压力下操作, 并且该热储存单元的一个第二部分被构造并安排成在小于或等于2个大气压的压力下操作。

[0537] 240. 如方案235到239中任一方案所述的系统或方法, 其中该热储存单元被流体连接至一个气体涡轮。

[0538] 241. 一种太阳能接收器, 包括:

[0539] 一个隔绝壳体, 该隔绝壳体包括用于接收集中的太阳能辐射的一个开口; 以及

[0540] 一个高压太阳能吸收器, 该高压太阳能吸收器容纳在该隔绝壳体内, 该高压太阳能吸收器包括一个流体入口、一个流体出口以及与该流体入口和该流体出口进行流体连接的一个热交换器,

[0541] 其中该高压太阳能吸收器至少部分地包括一种单晶体超合金。

[0542] 242. 如方案241所述的太阳能接收器, 其中该高压太阳能吸收器具有的最大可允许工作压力超过2个大气压。

[0543] 243. 如方案242所述的太阳能接收器, 其中该高压太阳能吸收器被设计并构形成在高于800°C到1500°C的温度下操作。

[0544] 244. 如方案241所述的太阳能接收器, 进一步包括邻近于该开口定位的一个透明物体。

[0545] 245. 如方案244所述的太阳能接收器, 其中该透明物体反射红外范围内的光。

[0546] 246. 如方案245所述的太阳能接收器, 其中该透明物体在一个内表面上包括一层抗辐射反射涂层, 该涂层限制了再辐射对该接收器的热效率的影响。

[0547] 247. 如方案241到244所述的太阳能接收器, 其中该单晶体超合金是基于镍的。

[0548] 248. 如方案241到247中任一方案所述的太阳能接收器, 其中该高压太阳能吸收器包括一层表面涂层。

[0549] 249. 如方案248所述的太阳能接收器, 其中该表面涂层是使用化学气相沉积而涂覆的。

[0550] 250. 如方案248或249所述的太阳能接收器, 其中该表面涂层是一层黑色表面涂层。

[0551] 251. 如方案241到249中任一方案所述的太阳能接收器, 其中该热交换器包括一个管状盘管或一种壳管式安排。

[0552] 252. 如方案251所述的太阳能接收器, 其中该热交换器包括具有在0.5英寸到5英寸的范围内的直径的一个或多个管。

[0553] 253. 如方案251所述的太阳能接收器, 其中该热交换器包括具有2英寸的直径的一个或多个管。

[0554] 254. 如方案251所述的太阳能接收器, 其中该热交换器包括具有在0.1英寸到0.5英寸的范围内的壁厚度的一个或多个管。

[0555] 255. 如方案241到251中任一方案所述的太阳能接收器, 其中该热交换器是一个板

型热交换器。

[0556] 256. 如方案241到251中任一方案所述的太阳能接收器,其中该热交换器至少部分地是通过一种熔模精密铸造方法来制作的。

[0557] 257. 如方案241到256中任一方案所述的太阳能接收器,其中该热交换器包括通过一种真空钎焊工艺形成的一个或多个金属到金属的结合。

[0558] 258. 如方案257所述的太阳能接收器,其中该真空钎焊工艺是受激扩散结合(ADB)或瞬态液相(TLP)。

[0559] 259. 如方案241到258中任一方案所述的太阳能接收器,进一步包括一个辅助集中器,该辅助集中器在该开口处连接到该隔绝壳体上。

[0560] 260. 如方案259所述的太阳能接收器,其中该辅助集中器包括多个互连的反射面板,这些反射面板被安排成使得照射在这些反射面板上的入射太阳能辐射被朝向该透明物体反射。

[0561] 261. 如方案259所述的太阳能接收器,其中该多个互连的反射面板被安排成形成一个抛物线形状。

[0562] 262. 如方案260所述的太阳能接收器,其中每一个反射面板包括一个冷却流体通路。

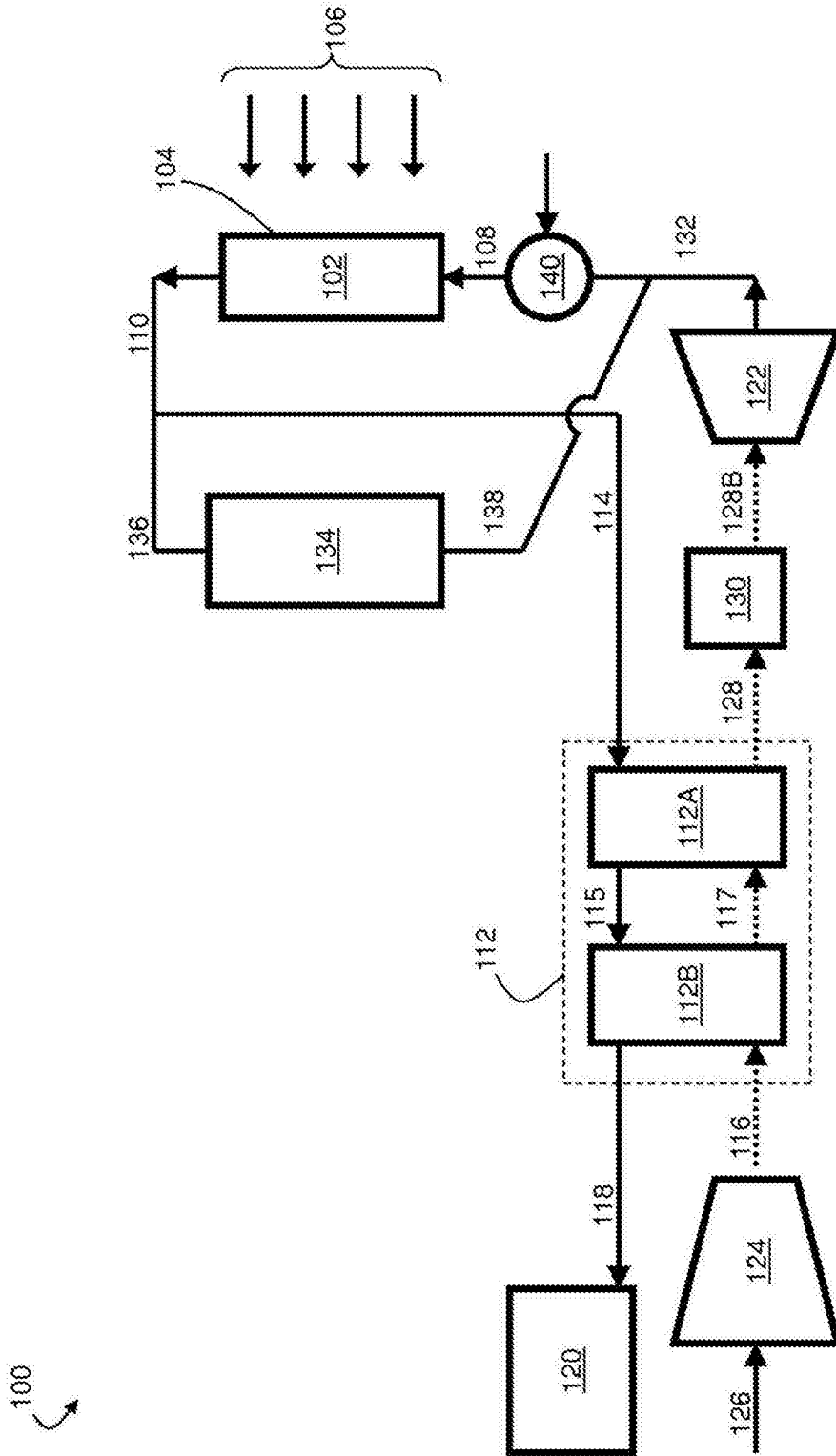


图1

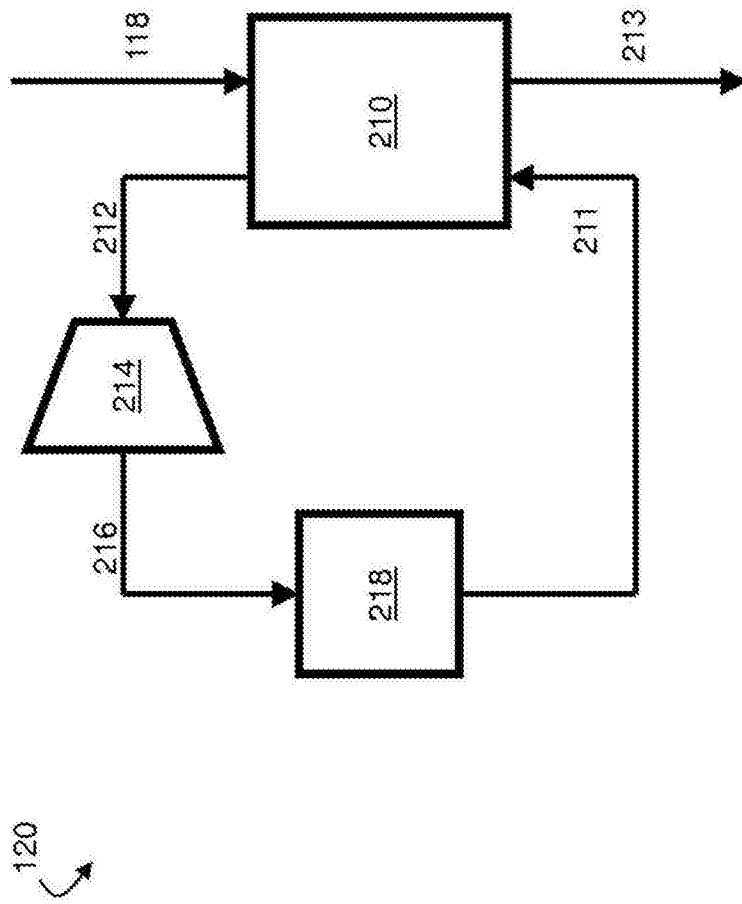


图2A



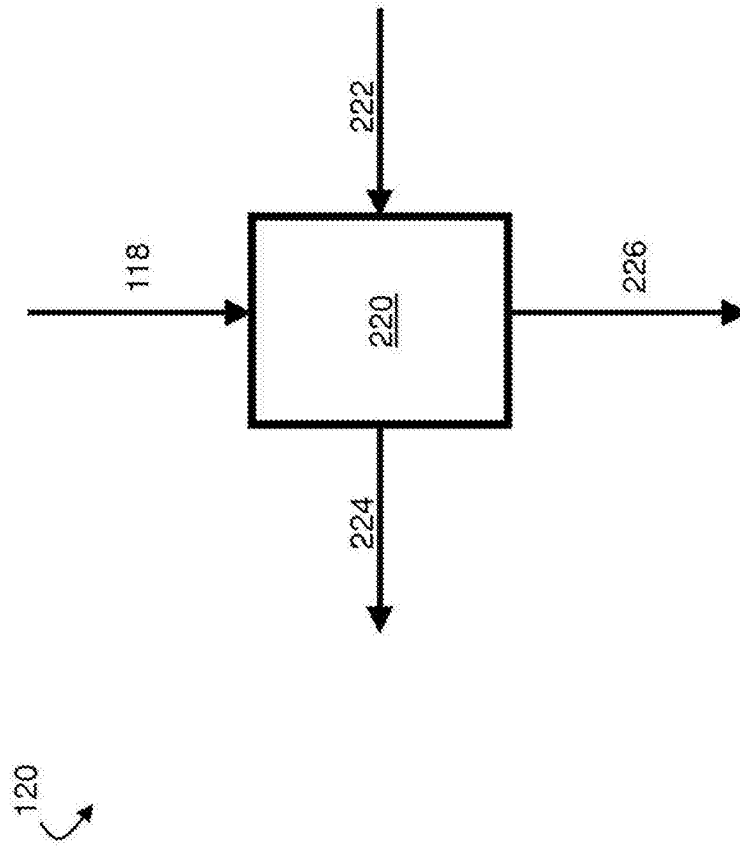


图2B

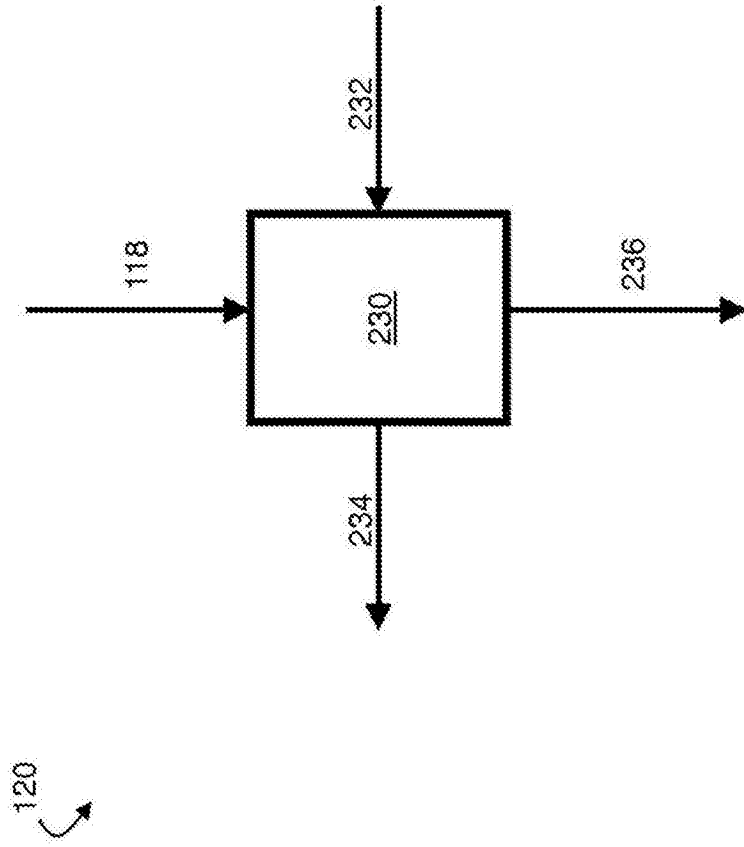


图2C

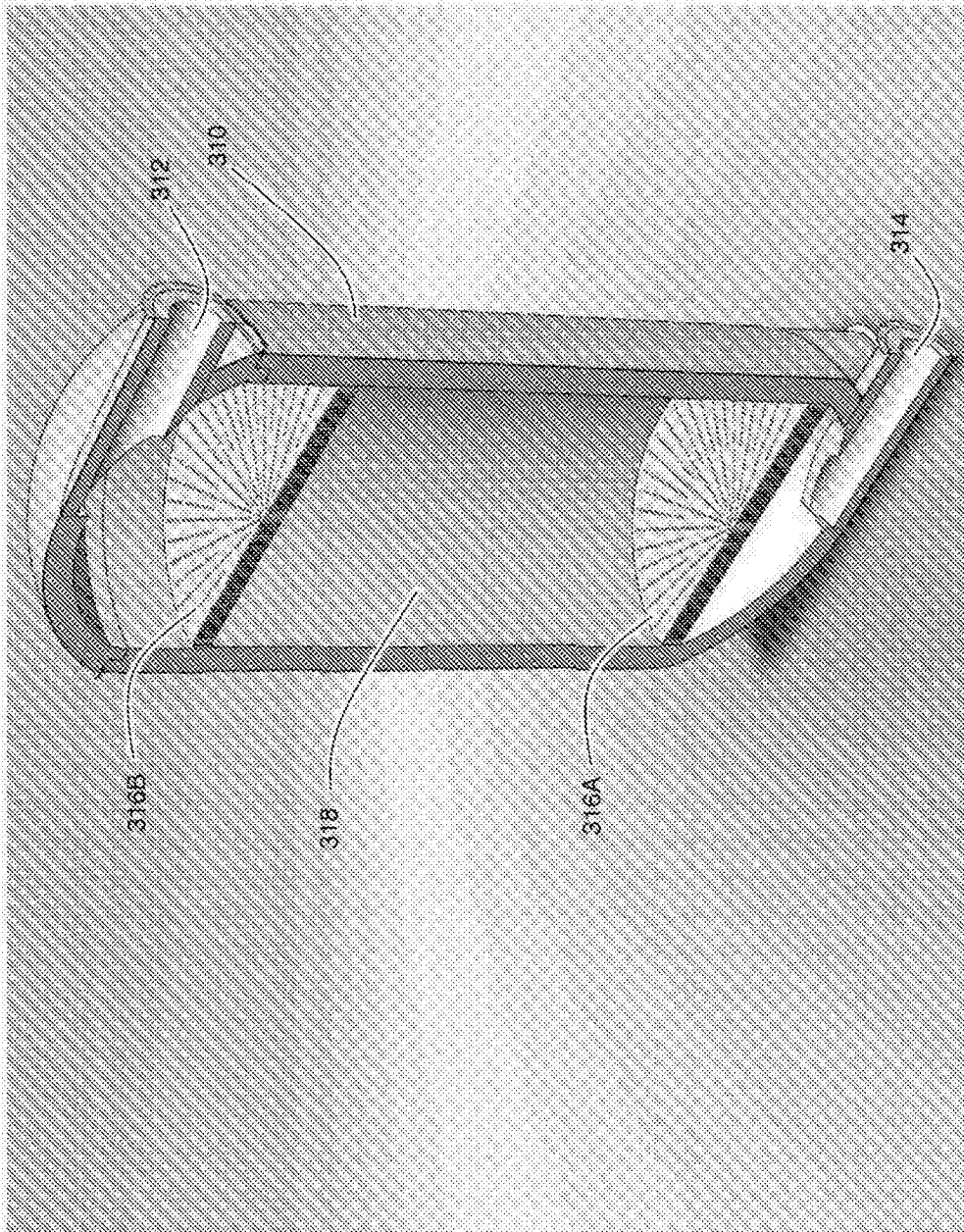


图3A

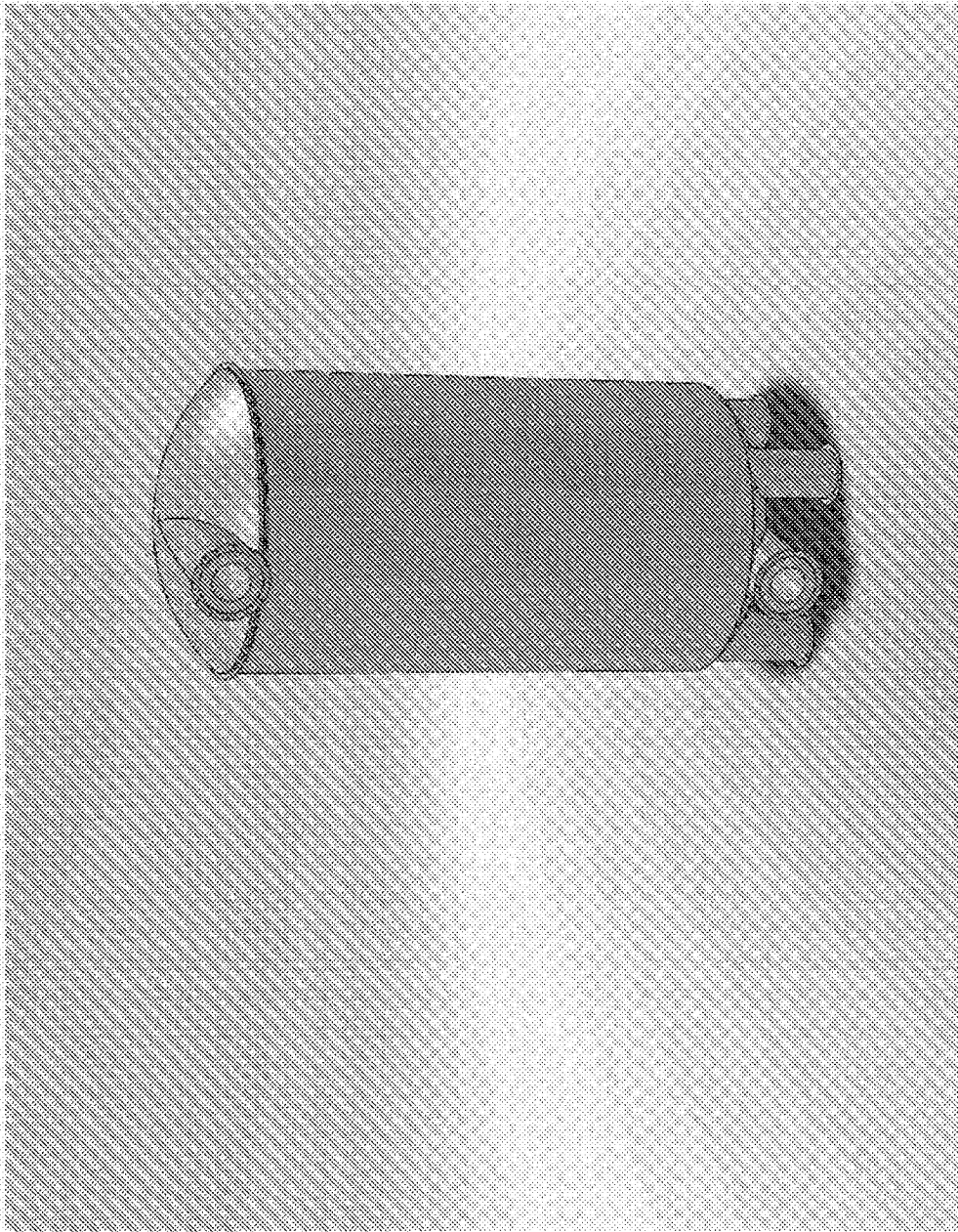


图3B

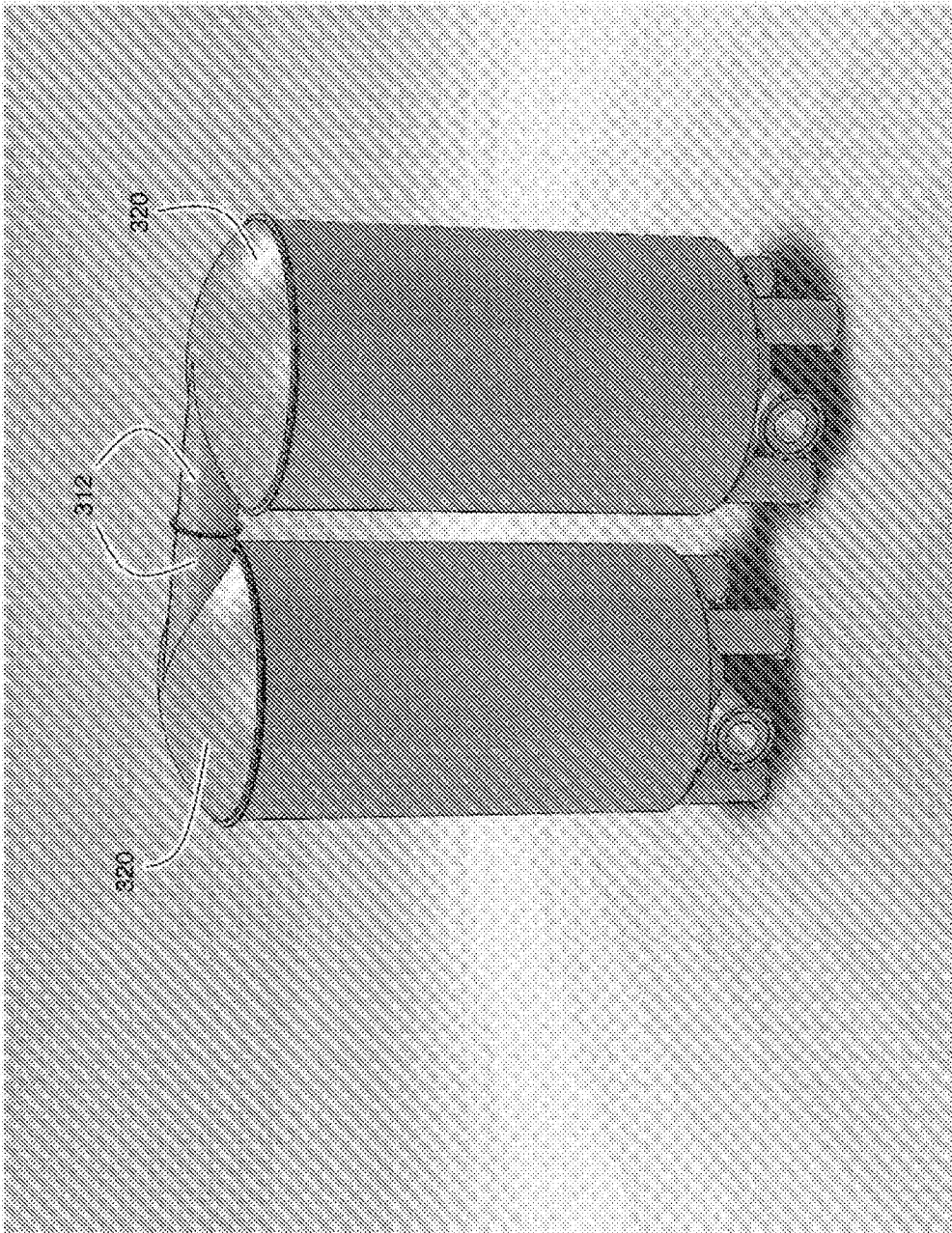


图3C

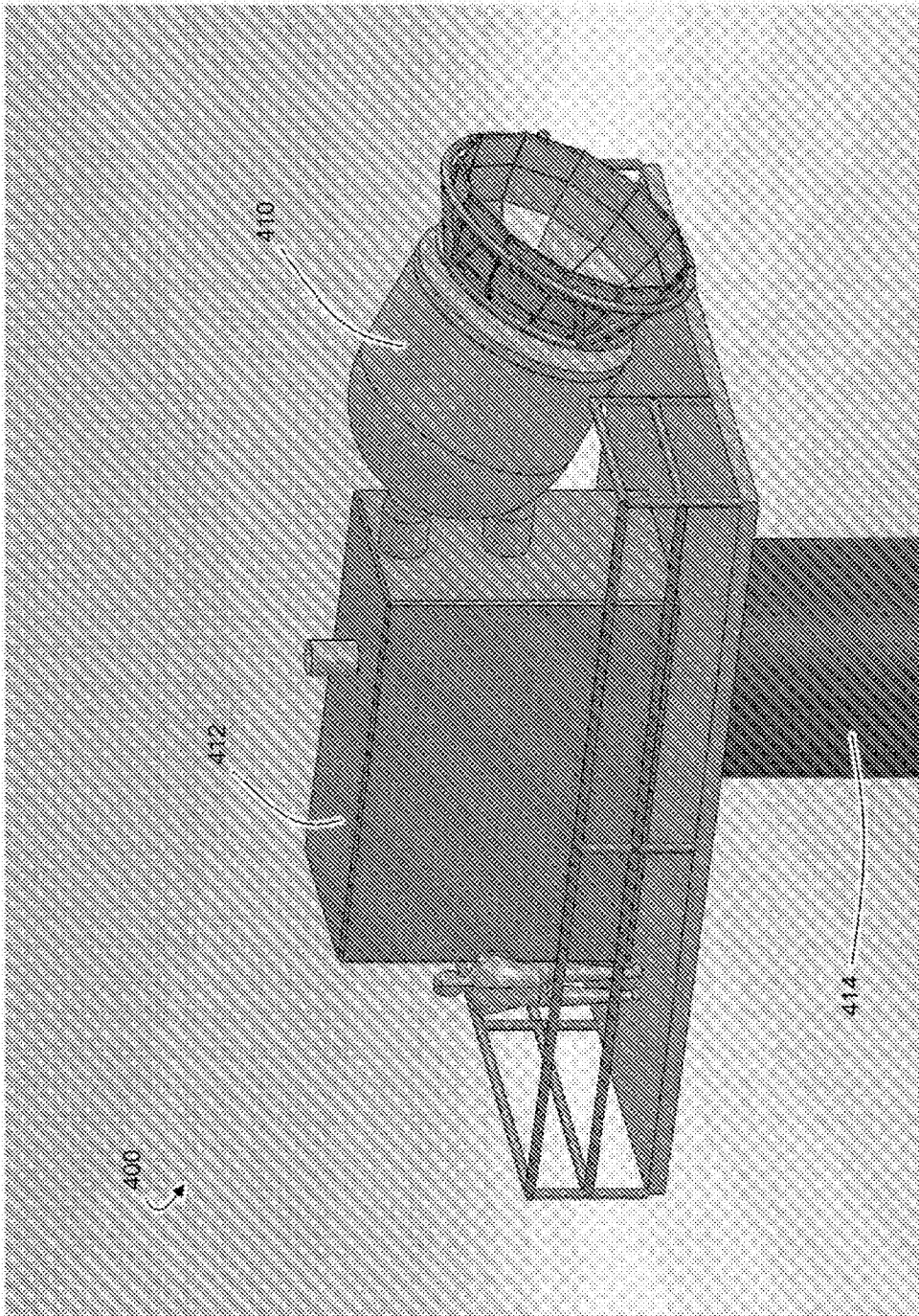


图4A



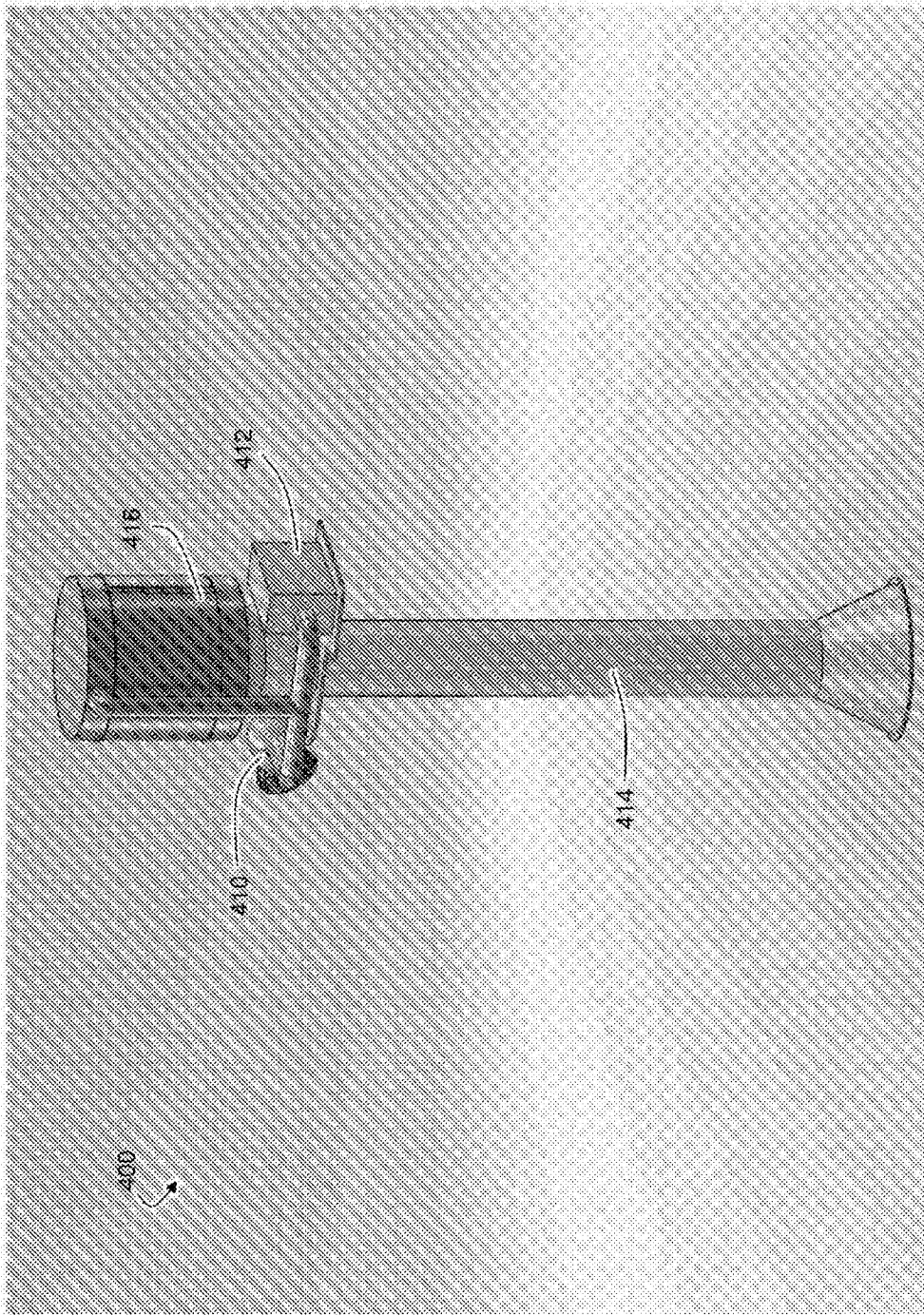


图4B

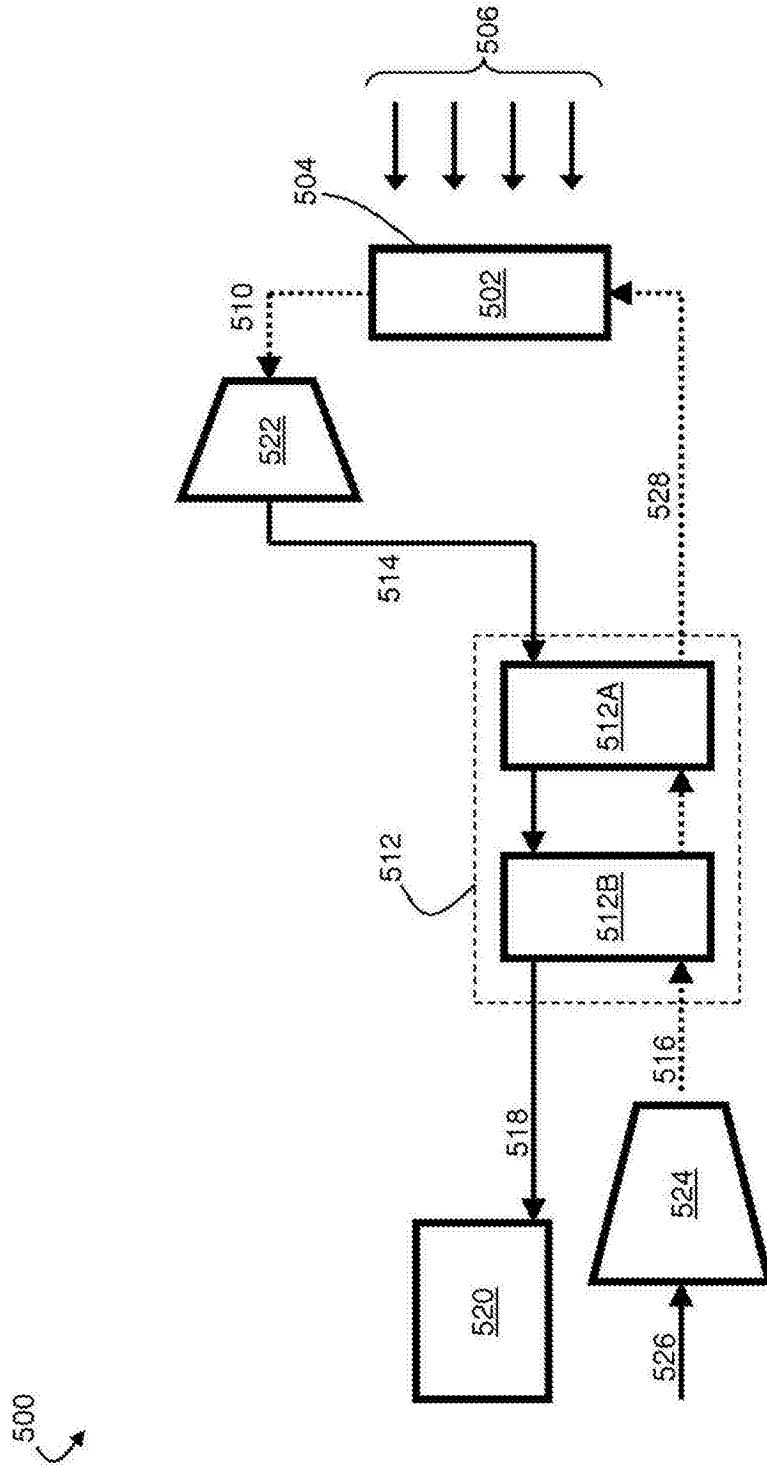


图5



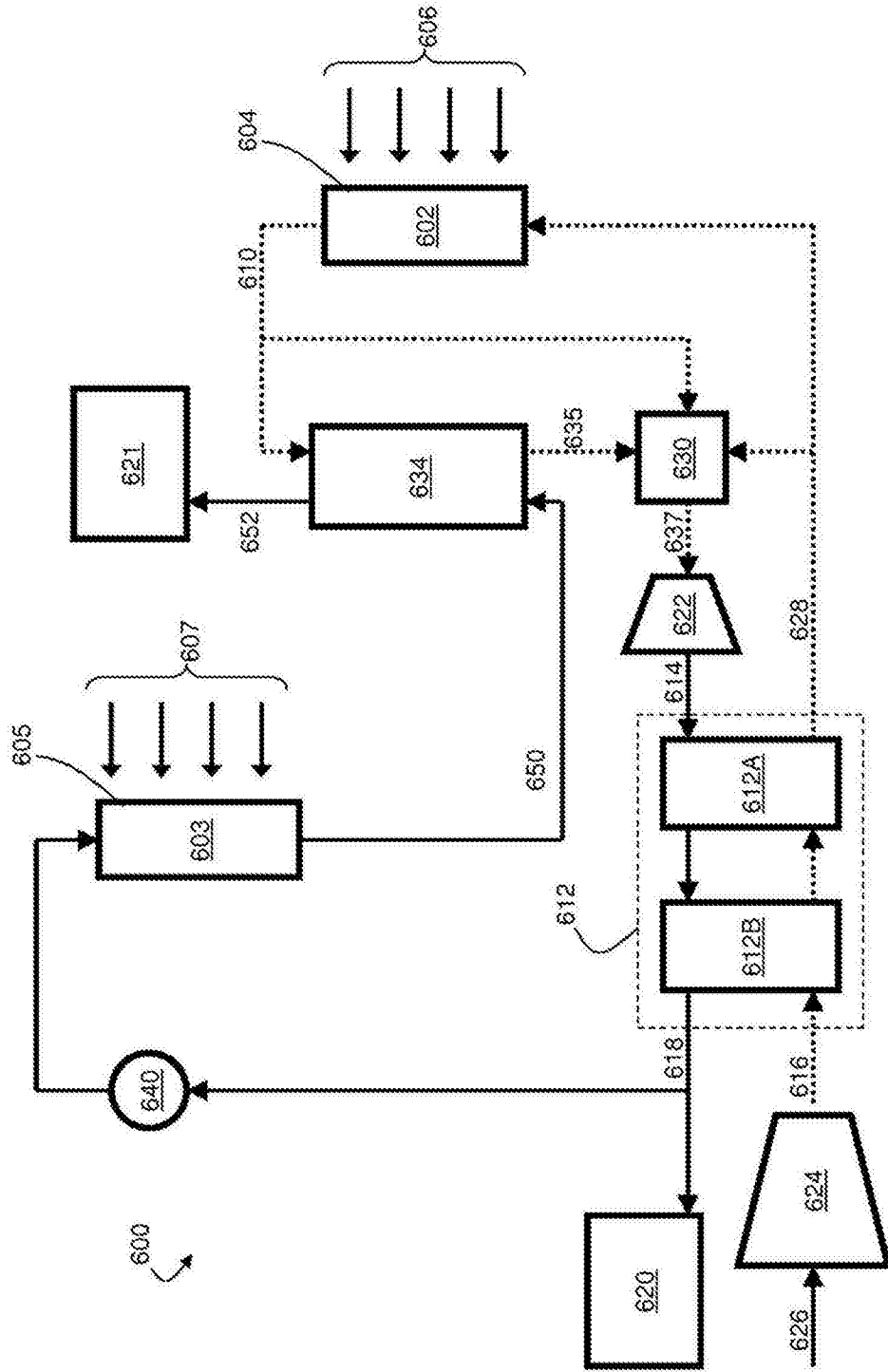


图6

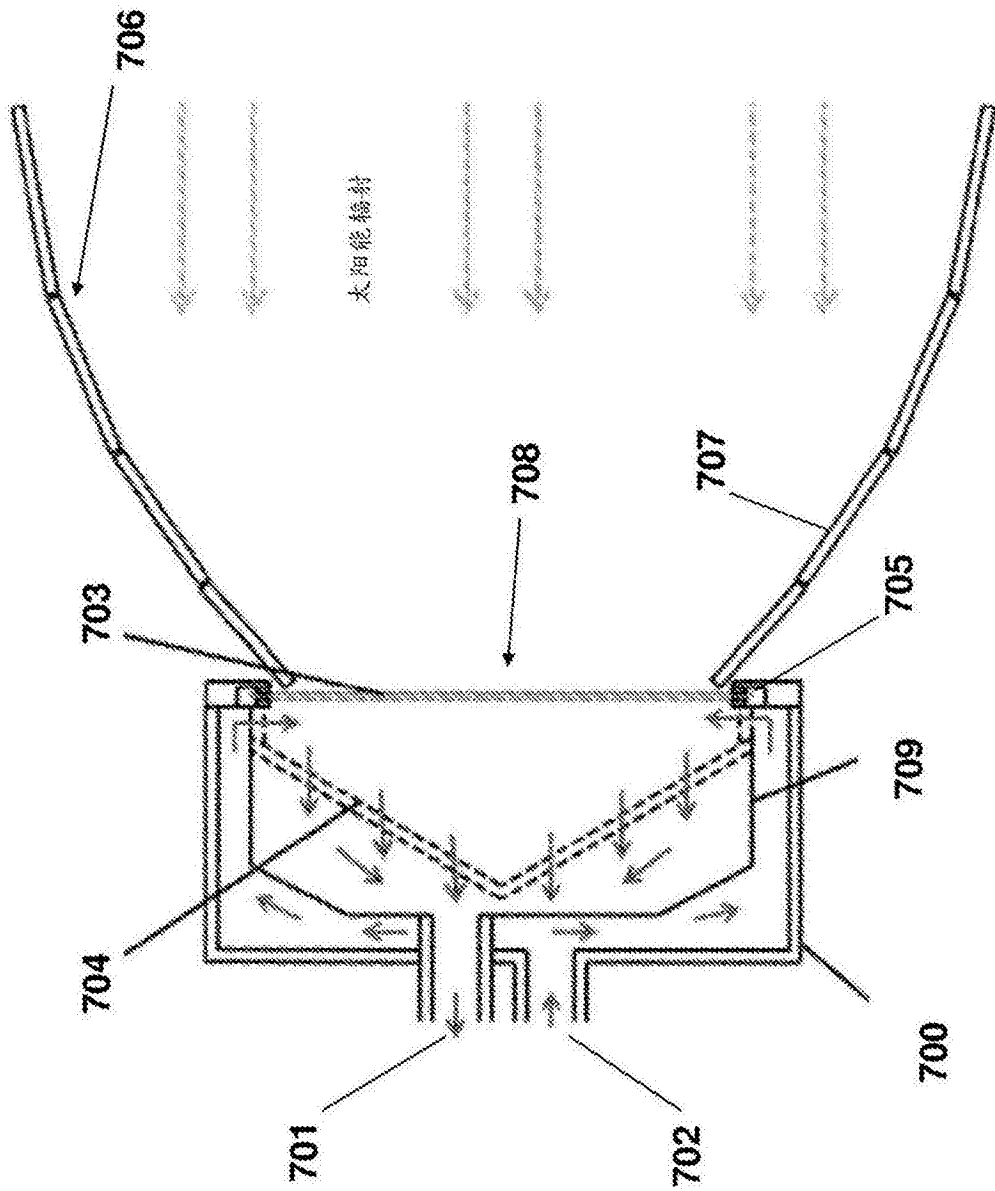


图7A

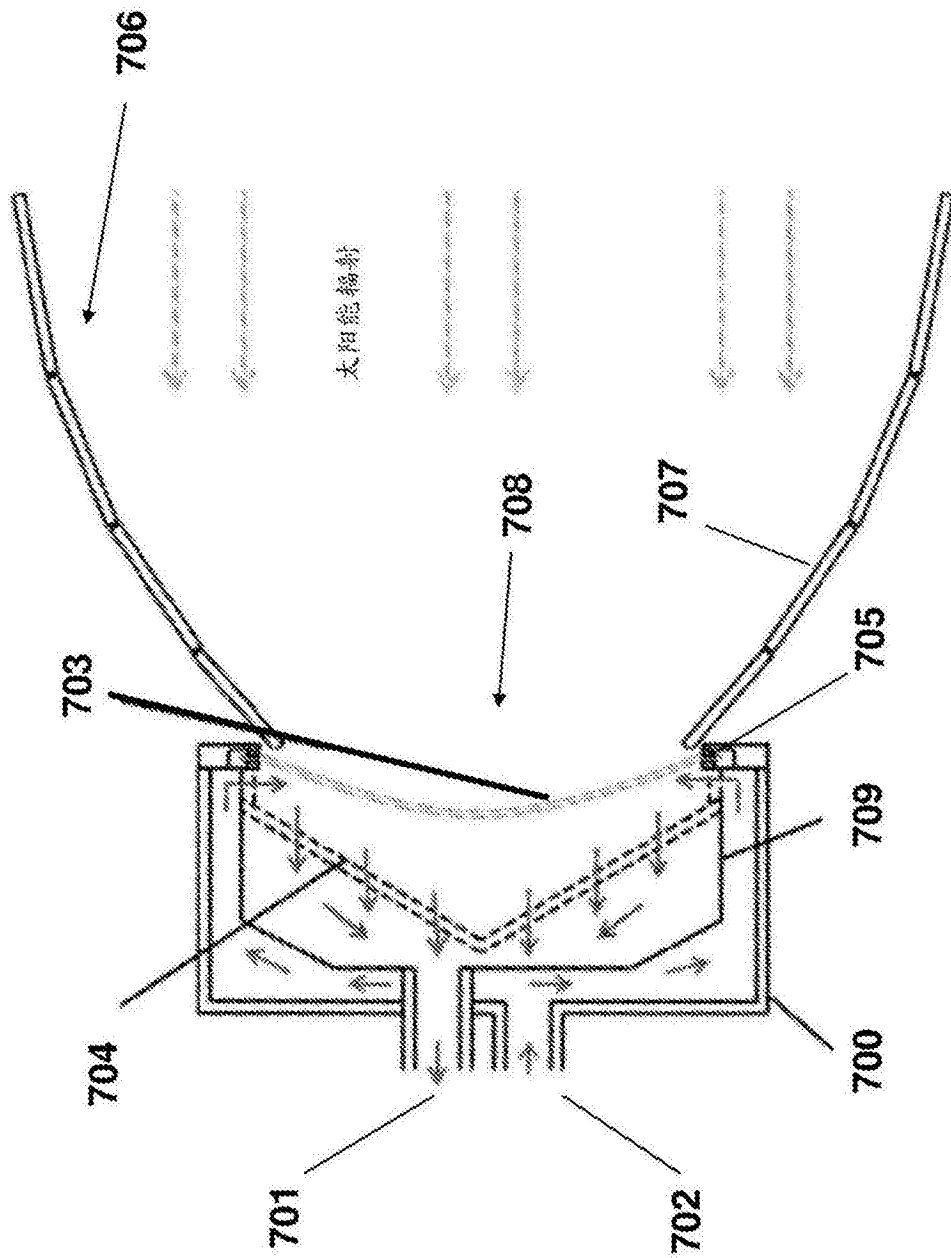


图7B

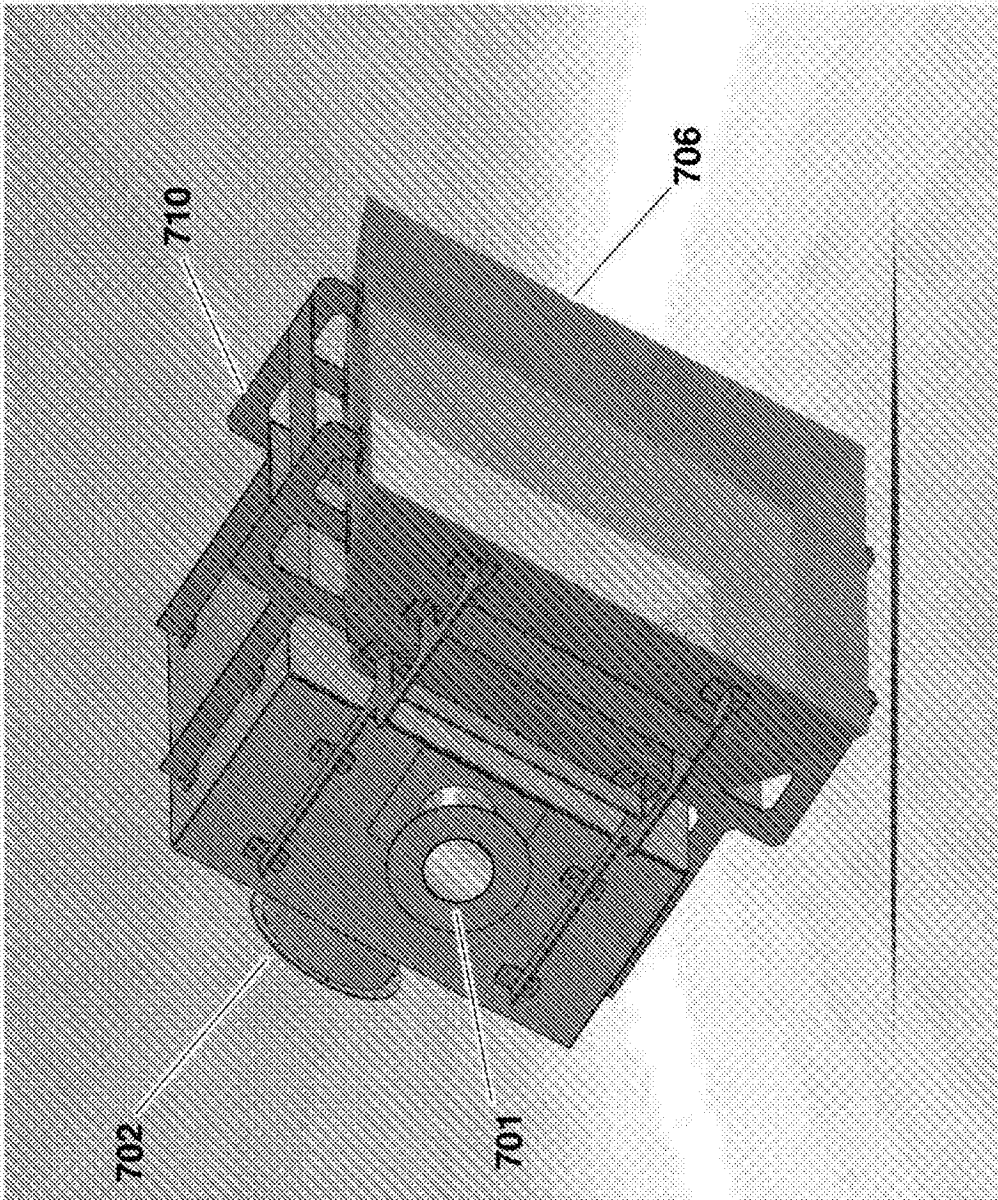


图7C

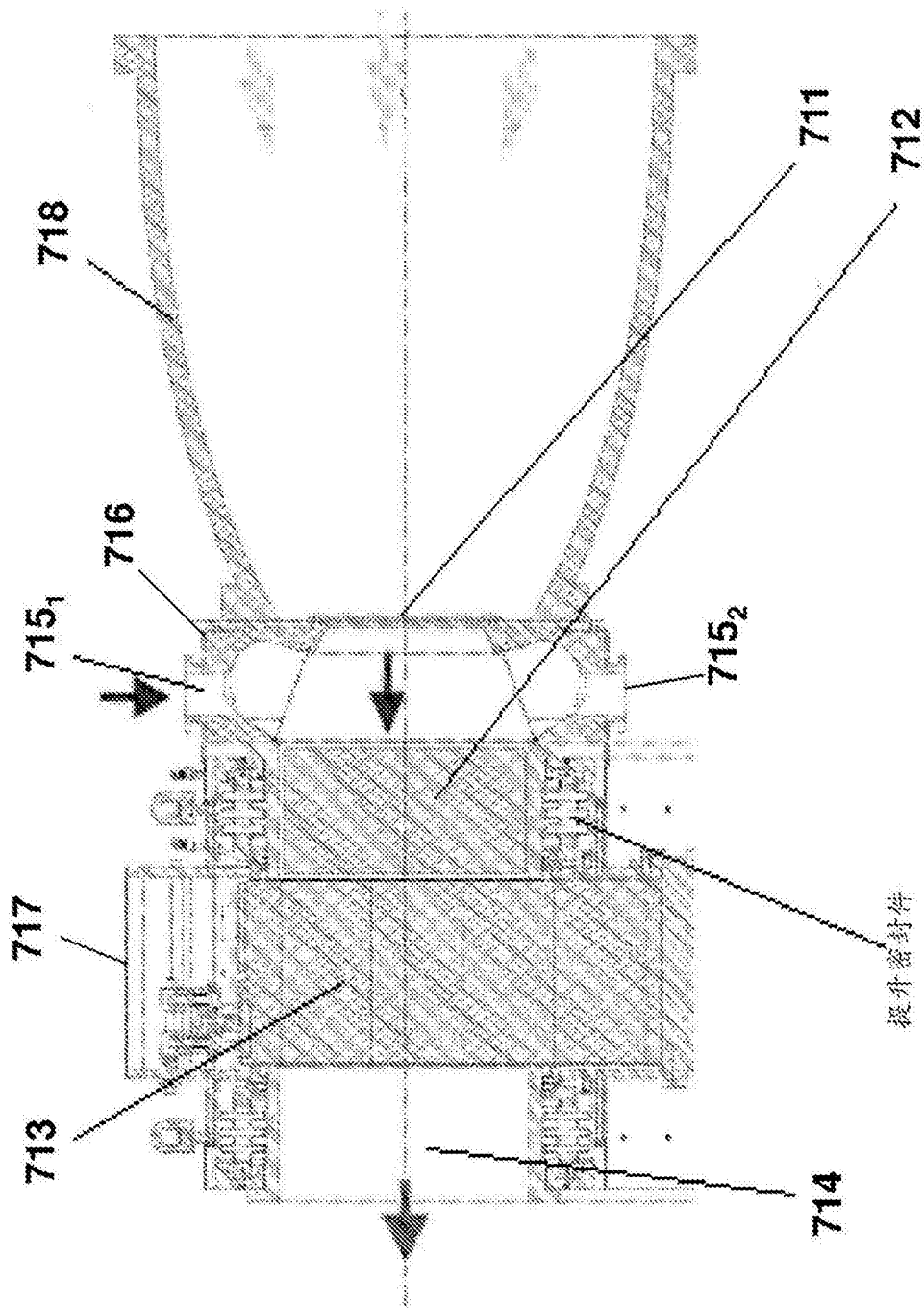


图7D

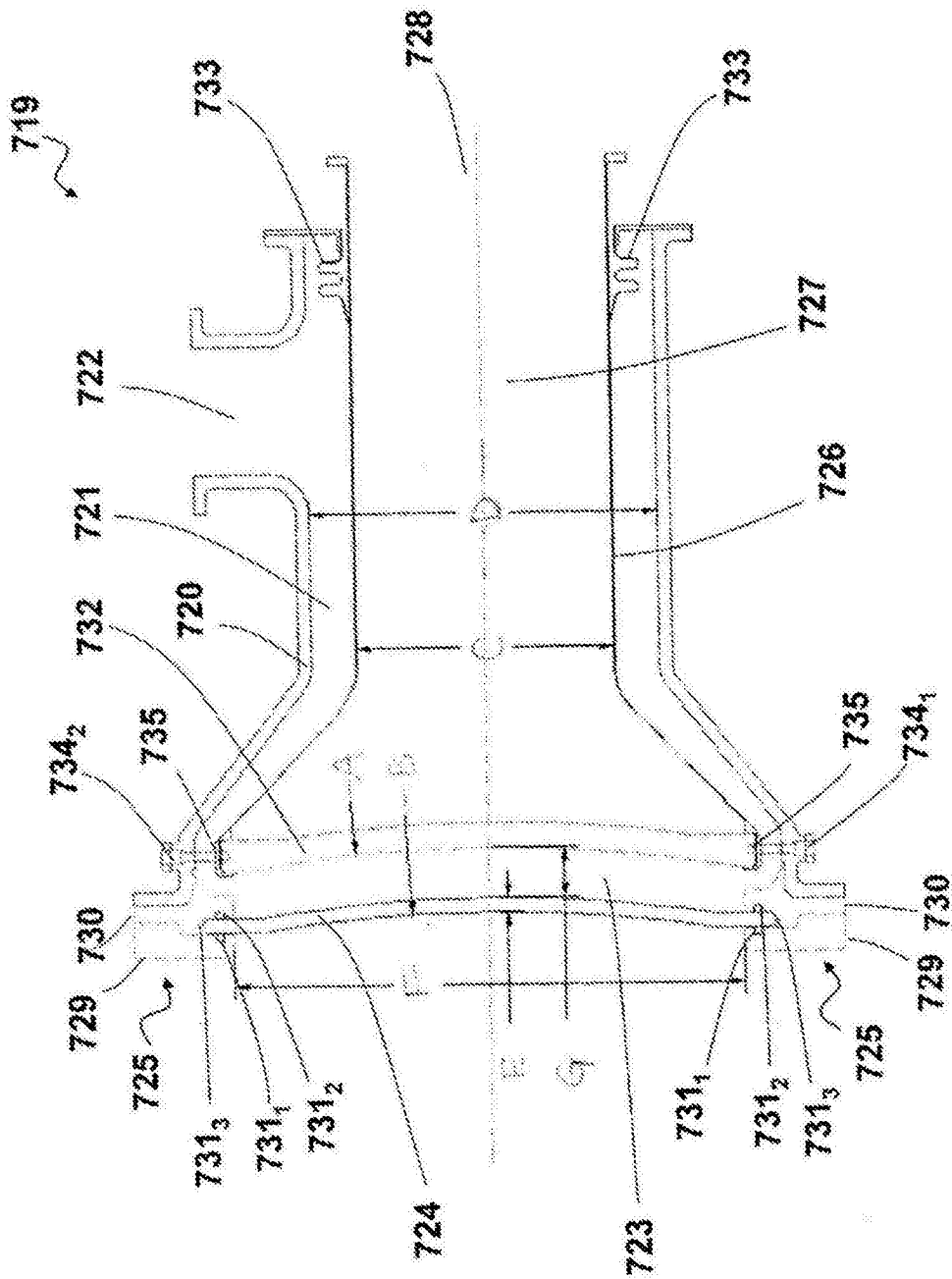


图7E

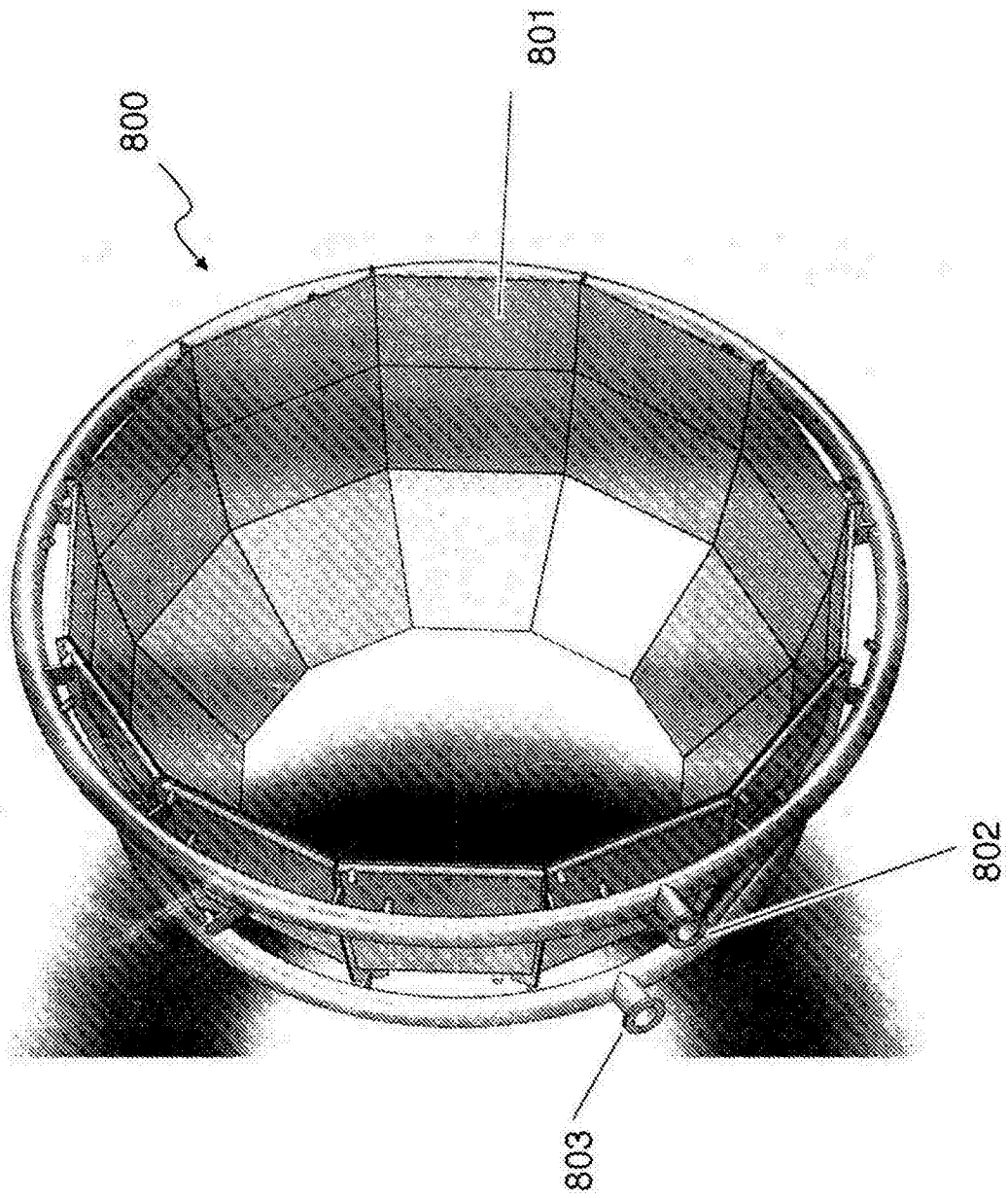


图8A

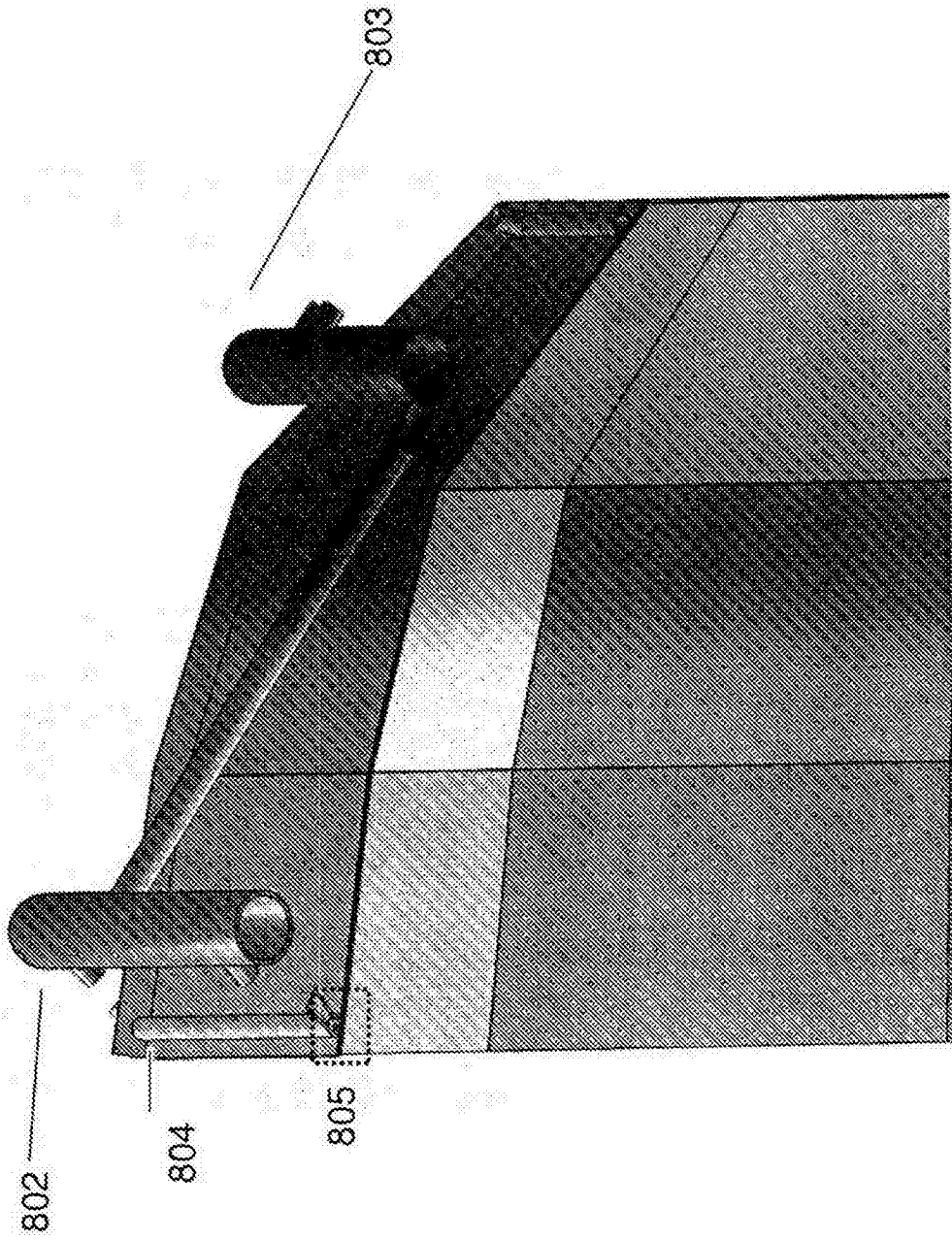


图8B



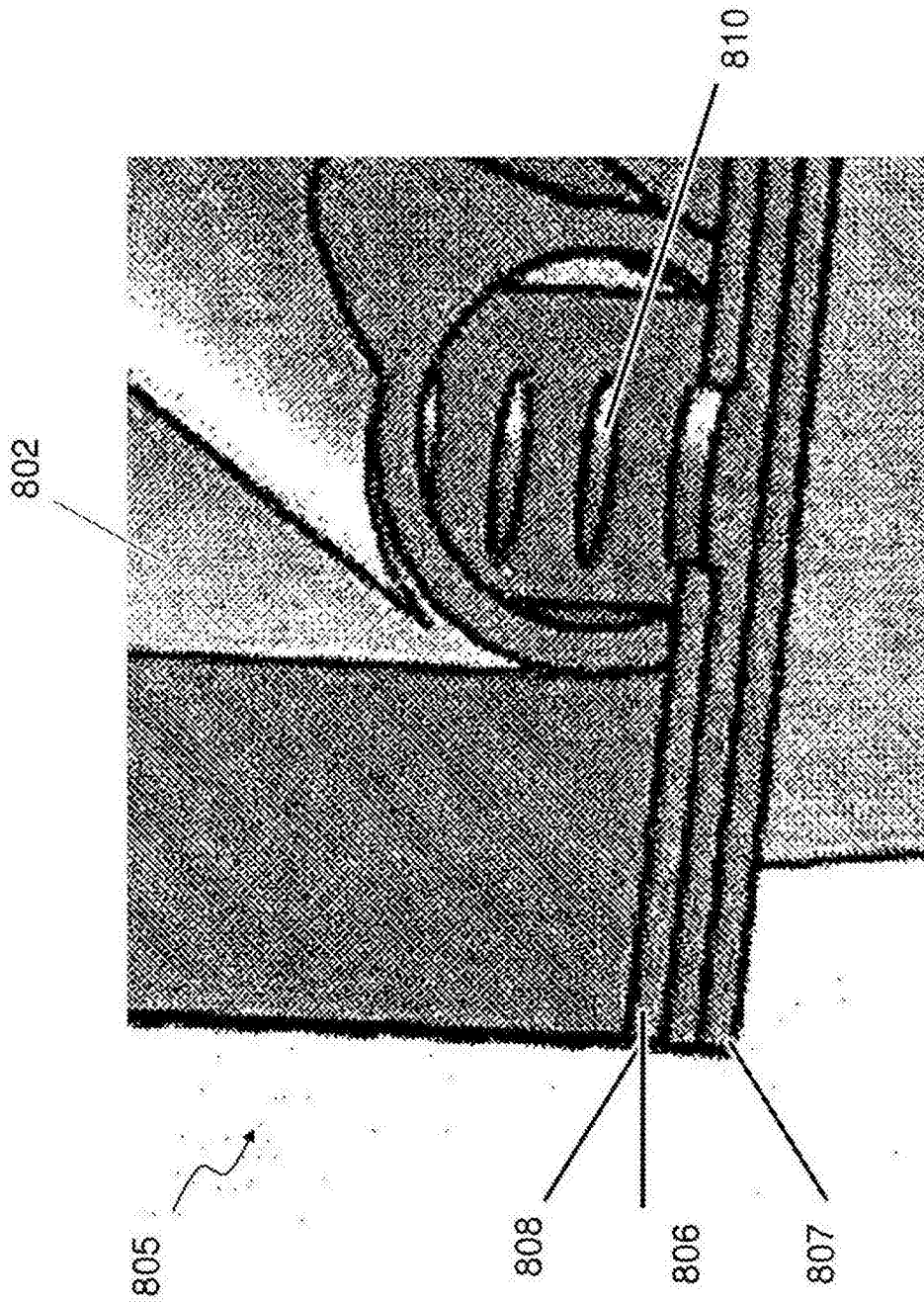


图8C

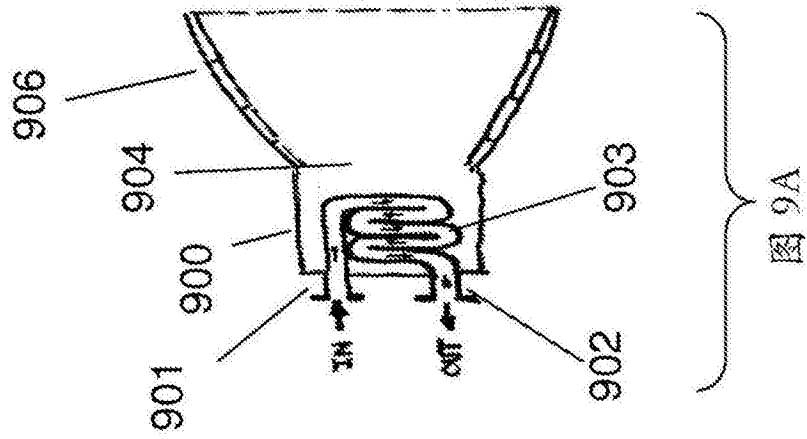


图9A

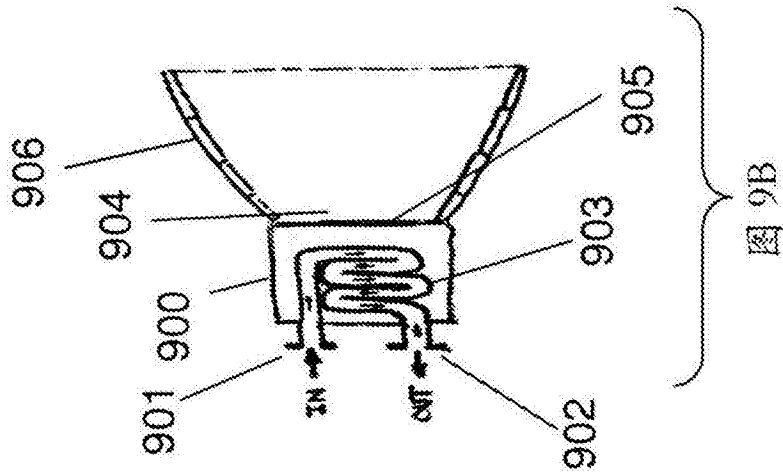


图9B

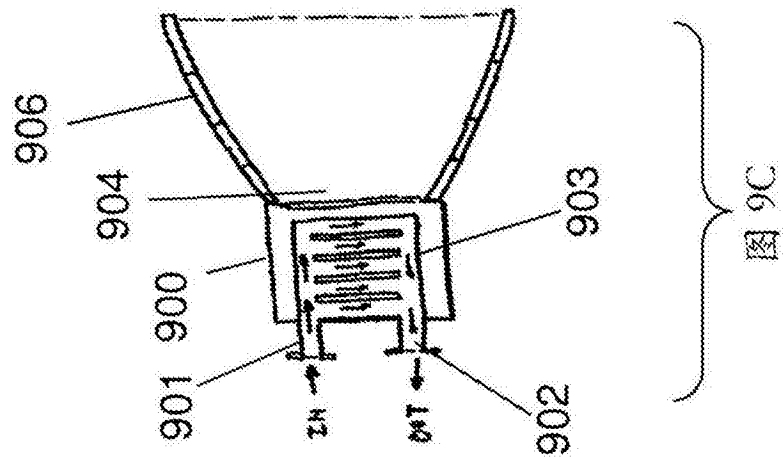


图9C

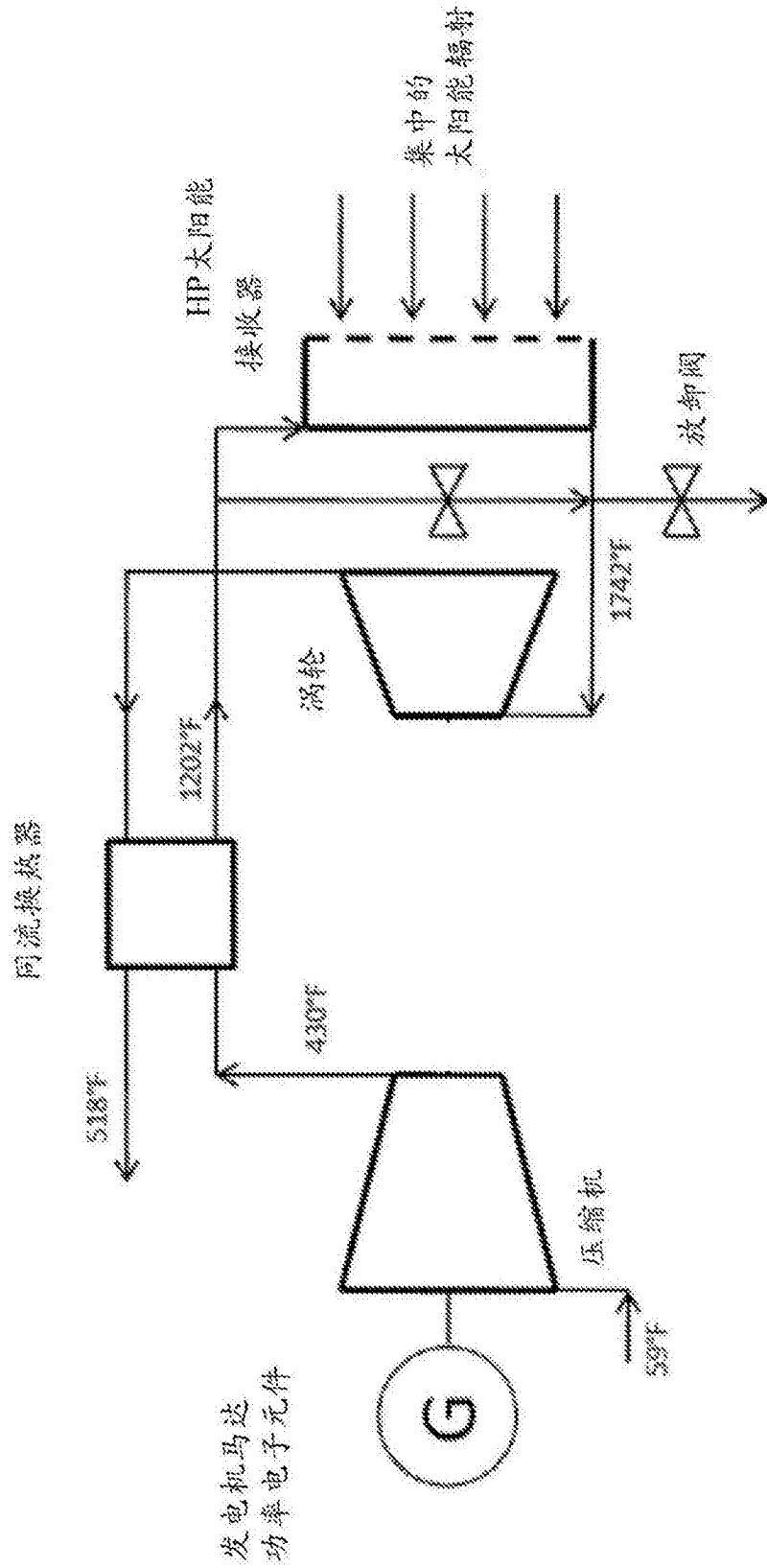
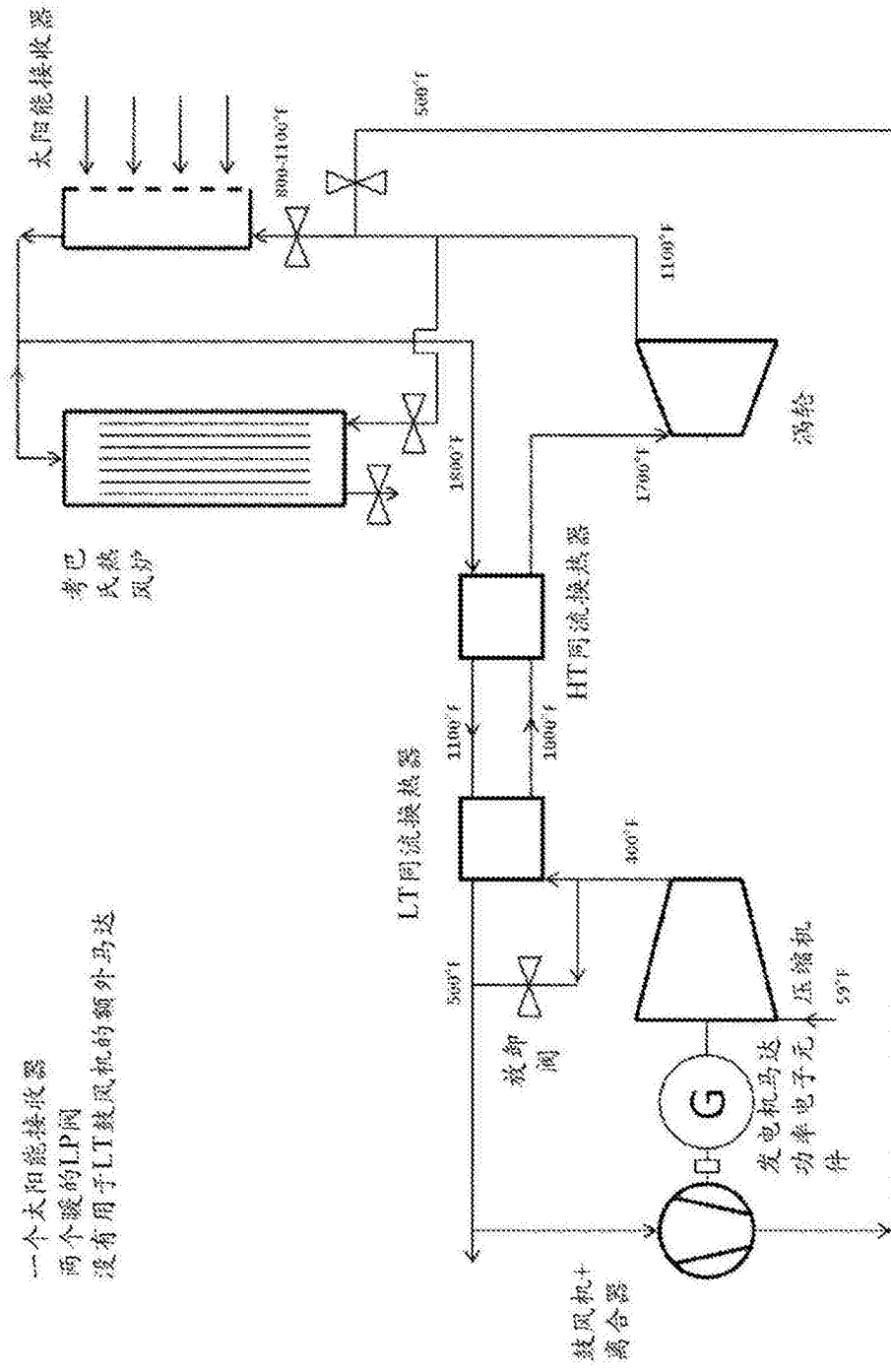


图10A



一个太阳能接收器  
两个暖的LP网  
没有用于LT鼓风机的额外马达

用于太阳能气体涡轮操作和炉充入物（同时）的经预热的空气

图10B

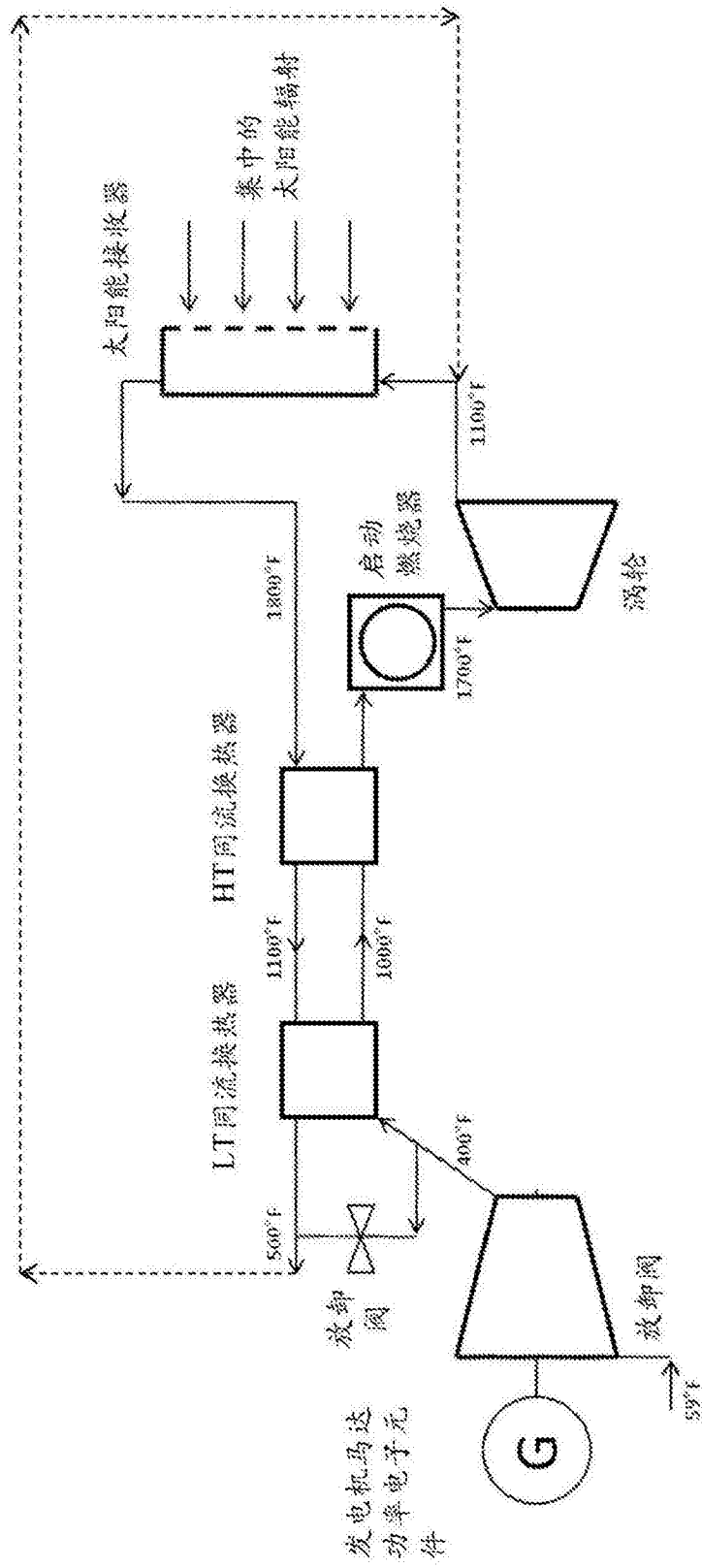


图10C

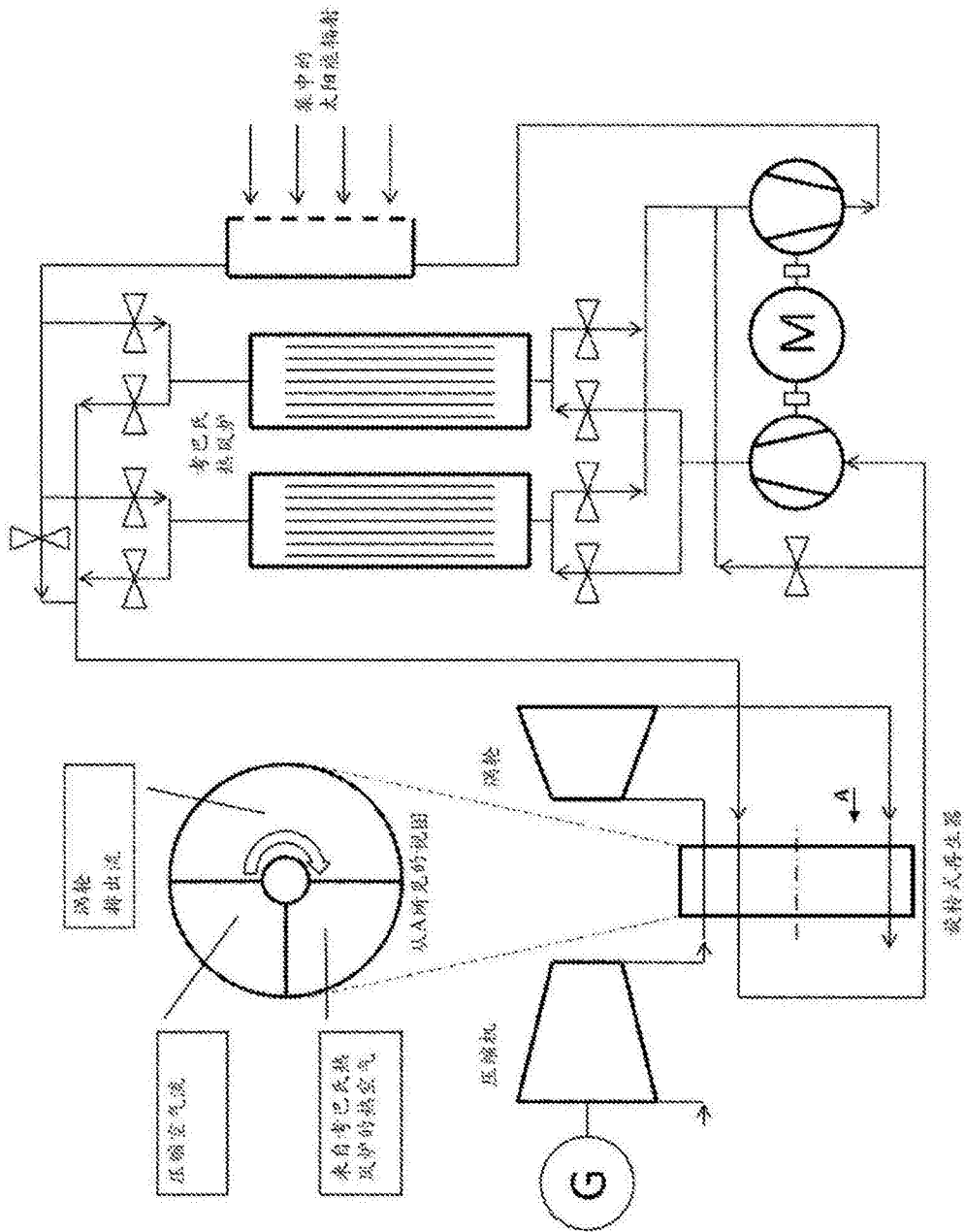


图10D



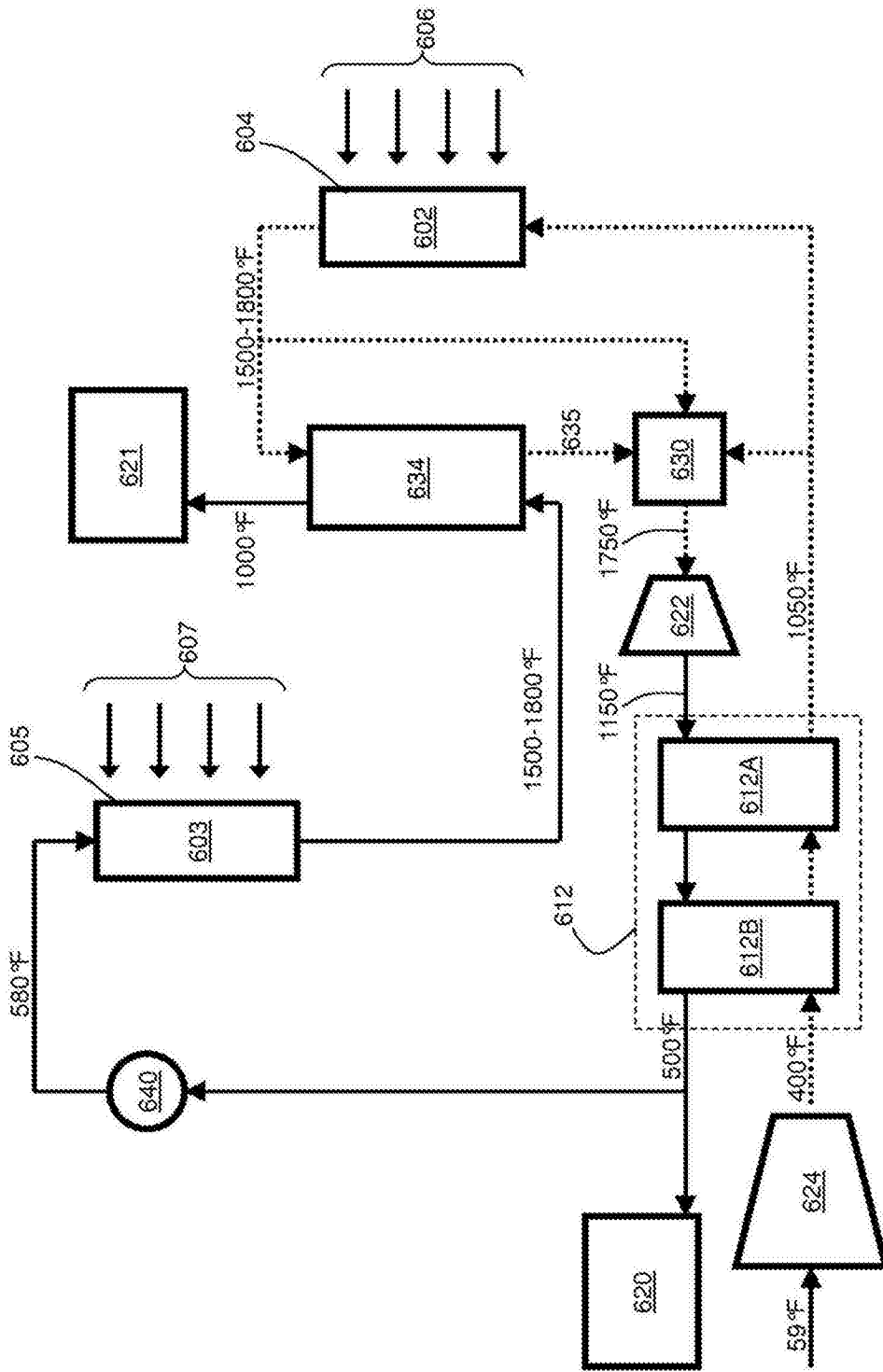


图10F