



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117716196 A

(43) 申请公布日 2024.03.15

(21) 申请号 202280052268.2

(22) 申请日 2022.08.04

(30) 优先权数据

21190201.0 2021.08.06 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.01.25

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2022/071888 2022.08.04

(87) PCT国际申请的公布数据

W02023/012250 EN 2023.02.09

(71) 申请人 国际壳牌研究有限公司

地址 荷兰海牙

(72) 发明人 A·A·克鲁耶尔

G·L·M·M·韦尔比斯特

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038

专利代理师 王长青

(51) Int.Cl.

F28D 20/00 (2006.01)

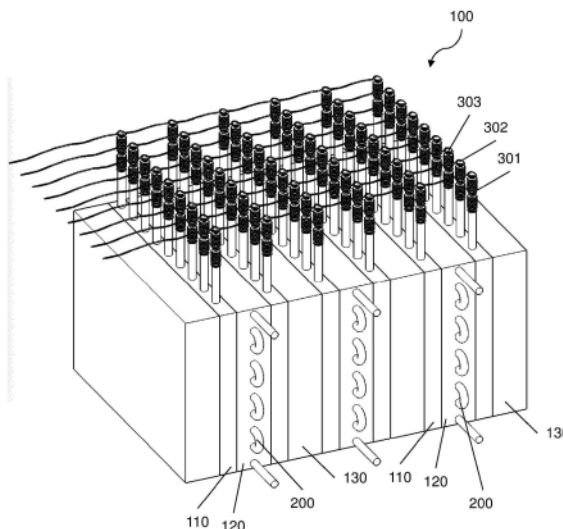
权利要求书2页 说明书8页 附图8页

(54) 发明名称

储能装置和加热传热流体的方法

(57) 摘要

本发明提供了一种热能储存装置(100),该热能储存装置包括粉末床(110)、至少两个电极(301、302、303)和至少一个传热管(200)。该粉末床(110)的电阻率在 $500\ \Omega\text{m}$ 到 $50000\ \Omega\text{m}$ 的范围内。该至少两个电极(301、302、303)嵌入该粉末床(110)中并且被布置成通过在该电极(301、302、303)之间提供电压来加热该粉末床(110)。该至少一个传热管(200)被布置成容纳传热流体并且具有能够连接到热能消耗装置(30)的入口(210)和出口(220)。该传热管(200)和该粉末床(110)通过电绝缘材料热耦合。



1. 一种热能储存装置,所述热能储存装置包括:
 - 粉末床,所述粉末床的电阻率在 $500\ \Omega\text{m}$ 到 $50000\ \Omega\text{m}$ 之间的范围内;
 - 至少两个电极,所述至少两个电极嵌入所述粉末床中并且被布置成通过在所述至少两个电极之间提供电流来加热所述粉末床;和
 - 至少一个传热管,所述至少一个传热管被布置成容纳传热流体,所述传热管具有能够连接到热能消耗装置的入口和出口,其中所述传热管和所述粉末床通过电绝缘材料热耦合。
2. 根据权利要求1所述的热能储存装置,其中所述粉末床包含半导体材料。
3. 根据权利要求2所述的热能储存装置,其中所述半导体材料包括未掺杂或掺杂有氮、磷、铍、硼、铝或镓的碳化硅基质。
4. 根据权利要求1或2所述的热能储存装置,其中所述电极与所述粉末床直接接触。
5. 根据权利要求1至4中任一项所述的热能储存装置,其中所述电极包含石墨或烧结碳化硅。
6. 根据权利要求1至5中任一项所述的热能储存装置,其中所述电绝缘材料是诸如碳化硅、砂、石英或铁矿石的散粒材料的电绝缘层,所述传热管嵌入所述散粒材料中。
7. 根据权利要求1至6中任一项所述的热能储存装置,包括多个热耦合模块,每个模块包括:
 - 发热层,所述发热层包括所述粉末床和所述至少两个电极;以及
 - 放热层,所述放热层包括所述传热管和所述电绝缘材料。
8. 根据权利要求1至7中任一项所述的热能储存装置,还包括缓冲层,所述缓冲层热耦合到所述粉末床并且至少通过所述粉末床与所述传热管隔开。
9. 根据权利要求8所述的热能储存装置,其中所述缓冲层包含相变材料。
10. 根据权利要求8或9所述的热能储存装置,包括多个热耦合模块,每个模块包括:
 - 第一发热层,所述第一发热层包括所述粉末床和所述至少两个电极;
 - 放热层,所述放热层包括所述传热管和所述电绝缘材料;
 - 第二发热层,所述第二发热层包括所述粉末床和所述至少两个电极;和
 - 所述缓冲层。
11. 根据权利要求1至10中任一项所述的热能储存装置,还包括至少支撑所述粉末床、所述传热管和所述电绝缘材料的底部隔热层。
12. 根据权利要求11所述的热能储存装置,还包括嵌入所述底部隔热层中的冷却管,所述冷却管能够连接到所述传热管。
13. 根据权利要求1至12中任一项所述的热能储存装置,其中所述至少两个电极直接连接至高电压源,所述高电压源的电压超过1000伏。
14. 一种加热传热流体的方法,包括:
 - 提供根据前述权利要求中的任一项所述的热能储存装置,所述热能储存装置包括粉末床、至少两个电极、至少一个传热管,所述至少一个传热管通过电绝缘材料热耦合到所述粉末床;
 - 使电流在所述至少两个电极之间通过,由此在所述粉末床中产生热量并加热所述电绝缘材料;

-使所述传热流体通过所述至少一个传热管,由此利用来自所述电绝缘材料的热量来加热所述传热流体。

15. 根据权利要求14所述的方法,其中所述电流随时间波动。

储能装置和加热传热流体的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种热能储存装置。

背景技术

[0002] 近几十年来,环境因素和减少人为CO₂的期望已促进了用于通过诸如风力和太阳能等可再生能源发电的技术的发展。与使用此类可再生能源相关联的一个问题在于它们的可用性是间歇性的并且有时是不可预测的。风速全天有所变化,并且在较长的时间段内可能非常低。尽管太阳相对于太阳能电池板的位置可以是高度可预测的,但当地天气变化导致所捕获并转换成电能的太阳能的巨大变化。

[0003] 不仅能量产生,而且能量需求也随时间变化。由于能量产生和能量需求的变化不一致,因此需要技术方案以在能量大量可用时储存能量并且允许消耗装置在需要时提取所储存的能量。随着越来越多地使用可再生能源来发电,目前正在开发各种新的能量储存解决方案。对于不同的使用场景,需要不同的解决方案。在决定如何临时储存可用能量以供后续使用时,考虑到储存容量、空间限制、便携性、成本、充电速度、耐久性和许多其他相关因素。

[0004] 对于大规模工业应用,可使用热能储存来平衡随时间推移的能量需求。在热能储存的情况下,当存在可用的过剩电能时,一些介质被电加热。当供不应求时,所储存的热量可用于产生蒸汽,蒸汽本身可用作动力源或使用蒸汽涡轮发电机转换为电能。用于储存热能的材料优选是廉价并且安全的。价格最低、最常用的选择之一是水箱,但诸如熔盐、砂或金属之类的材料可以被加热到更高温度并且因此提供更高的储存容量或更高的有用能量水平。

[0005] 许多当前可用的热能储存系统的共同缺点是需要某种形式的系统来将例如由风力涡轮机或太阳能电池板所产生的电能转换成储存在储能介质中的热能。例如,国际专利申请WO 2020/254001 A1描述了使用电加热装置来加热储热介质。储能介质是具有介于10⁻⁴ Ωm和1 Ωm之间的低电阻率的导电介质。根据一个实施方案,电加热装置使用感应线圈来以热量的形式存储电能。在另一个实施方案中,电加热装置使用接触电极在材料内产生电流,从而加热热能储存介质。即使在通过与接触电极直接接触来加热储热介质的情况下,WO 2020/254001 A1的加热装置仍然需要大型且昂贵的变压器,以便首先将由来自可再生能源的电力供电的配电网的高电压转换为可用于加热具有低电阻率的导电介质的低得多的电压。

[0006] 本发明的一个目的在于克服已知热能储存系统的至少一些缺点。

发明内容

[0007] 根据本发明的一个方面,提供了一种热能储存装置,其包括:

[0008] -粉末床,所述粉末床的电阻率在500 Ωm到50000 Ωm之间的范围内;

[0009] -至少两个电极,所述至少两个电极嵌入所述粉末床中并且被布置成通过在所述

至少两个电极之间提供电流来加热所述粉末床；

[0010] -至少一个传热管,所述至少一个传热管被布置成容纳传热流体,所述传热管具有能够连接到热能消耗装置的入口和出口,其中所述传热管和所述粉末床通过电绝缘材料热耦合。

[0011] 根据本发明的另一个方面,提供了一种加热传热流体的方法,该方法包括:

[0012] -提供上述的热能储存装置,所述热能储存装置至少包括粉末床、至少两个电极、和电绝缘材料以及至少一个传热管,所述至少一个传热管通过所述电绝缘材料热耦合到所述粉末床;

[0013] -使电流在所述至少两个电极之间通过,由此在所述粉末床中产生热量,并从而加热所述电绝缘材料;

[0014] -使所述传热流体通过所述至少一个传热管,由此利用来自所述电绝缘材料的热量来加热所述传热流体。

附图说明

[0015] 图1示意性给出了风力发电场、太阳能发电场和热能储存装置;

[0016] 图2示意性给出了图1的热能储存装置的一个实施方案的透视图;

[0017] 图3示意性给出用于图2的热能储存装置中的传热管的示例;

[0018] 图4示意性给出了隔热性能增加的图2的热能储存装置;

[0019] 图5示意性给出了图1的热能储存装置的不同实施方案的透视图;

[0020] 图6示意性给出了隔热性能进一步增加的图5的热能储存装置;

[0021] 图7示意性给出了图1的热能储存装置的另选实施方案的透视图;

[0022] 图8示意性给出了图7的热能储存装置的一部分的特写,其中其外部隔热层被移除。

[0023] 这些附图仅以示例而非限制的方式描绘了根据本教导内容的一个或多个具体实施。在附图中,类似的附图标记表示相同或相似的元件。

具体实施方式

[0024] 本文描述了一种热能储存装置,其包括粉末床、至少两个电极和至少一个传热管。粉末床的电阻率在 $500\ \Omega\text{m}$ 和 $50000\ \Omega\text{m}$ 之间的范围内。至少两个电极嵌入粉末床中并且被布置成通过在该电极之间提供电流来加热粉末床。至少一个传热管被布置成容纳传热流体并且具有能够连接到热能消耗装置的入口和出口。该传热管和该粉末床通过电绝缘材料热耦合。

[0025] 可以有利地选择粉末床的电阻率,使得热能储存装置可以直接连接到电能供应源,而无需使用任何变压器来首先将电能供应源的高电压转换成可用于加热电极之间的导电介质的低得多的电压。这种与电能源的直接连接允许粉末床同时实现能量转换和能量储存的功能。这不仅可以显著降低成本,而且还可以更好地控制局部峰值温度,从而增加系统的耐久性和使用寿命。

[0026] 电极的加热功率与粉末床的电阻和电流的平方成正比。根据欧姆定律,这也可以表示为与电压的平方除以电阻成正比。由粉末床提供的电阻与粉末床材料的电阻率和电极

间距成正比。对于上述在 $500\ \Omega\text{m}$ 到 $50000\ \Omega\text{m}$ 之间范围内的优选电阻率,可使用例如50cm到200cm的实际电极间距来实现合适的加热功率并且将粉末床加热至合适的温度。

[0027] 优选地,将半导体颗粒用于粉末床。使用粉末形式的半导体材料允许电极和粉末床在加热过程中自由热膨胀。当电极在冷却时收缩的情况下,粉末床可以在其自身重量的影响下自愈合。因此,确保了电极与半导体材料之间良好接触以供多次重复的能量储存和释放循环。

[0028] 在本发明的示例性实施方案中,粉末床的半导体材料包括碳化硅基质。碳化硅基质可以是未掺杂的或掺杂的。优选地,碳化硅基质可以掺杂有氮、磷、铍、硼、铝或镓或它们的组合。使用碳化硅颗粒的一个优点在于它是一种容易获得的散粒材料,其可以以粉末形式使用而无需任何如烧结之类的后处理步骤。掺杂的碳化硅可以例如具有约 $1000\ \Omega\text{m}$ 的非常合适的电阻率。需注意,粉末床的电阻率不仅取决于所使用颗粒的材料,还取决于例如颗粒尺寸、颗粒形状和颗粒之间的间距。

[0029] 优选地,电极与粉末床直接接触以确保高效且有效的热传递。

[0030] 在示例性实施方案中,电极包含石墨或烧结碳化硅,它们提供良好的导电性和使用寿命。

[0031] 电绝缘材料的电阻率高于粉末床的电阻率。在优选的实施方案中,电绝缘材料是散粒材料的电绝缘层。合适的散粒材料包括选定等级的碳化硅(优选未掺杂的)、砂、石英和铁矿石。传热管可以嵌入散粒材料中。除了容易获得并且相对廉价之外,这种散粒材料还带来下述优点:其允许传热管在其温度变化时自由地膨胀和收缩,而不使绝缘材料失去其与传热管的直接接触。因此,确保了电绝缘层与传热管之间的高效且有效的热传递以供重复长期使用。虽然优选使用颗粒状散粒材料,但也可以使用另选的固体(可能是多孔的)材料作为替代方案。例如,就成本、电绝缘性和热传导性而言,混凝土可以是合适的材料。

[0032] 在示例性实施方案中,热能储存装置包括多个热耦合模块,每个模块包括:

[0033] -包括粉末床和至少两个电极的发热层,和

[0034] -包括传热管和电绝缘材料的放热层。

[0035] 上述一些示例性热能储存装置中的一些可进一步包括缓冲层,该缓冲层热耦合到粉末床并且通过至少粉末床与传热管隔开。这种缓冲层可以进一步增加热能储存装置的总储存容量并且可以有助于控制发热粉末床的最高温度。缓冲层可包含以显热形式、或以潜热形式、或以两者组合的形式储存能量的材料。

[0036] 例如,热能储存装置可包括多个热耦合模块,每个模块包括:

[0037] -包括粉末床和至少两个电极的第一发热层,

[0038] -包括传热管和电绝缘材料的放热层,

[0039] -包括粉末床和至少两个电极的第二发热层,和

[0040] -缓冲层。

[0041] 也可以预知其他布置,诸如每个模块仅具有一个发热层的热耦合模块。

[0042] 优选的热能储存装置可进一步包括底部隔热层,该底部隔热层至少支撑粉末床、传热管和电绝缘材料。底部隔热层有助于防止热量流失到热能储存装置置于其上的土壤。类似地,可增加顶部隔热层以防止热量流失到热能储存装置上方的空气中。可以在热能储存装置的一个或多个侧面处设置附加的隔热层。所有隔热层可由任何合适的隔热材料制

成。优选地,使用廉价散粒材料矿物棉,例如上文已论述过的散粒材料之一。可能的材料包括但不限于矿物棉、陶瓷泡沫、真空板或颗粒状隔热材料床,诸如砂、石英、浮石或火山灰。

[0043] 在优选的实施方案中,顶部隔热层和/或底部隔热层可以进一步包括嵌入底部隔热层中的冷却管。冷却管可以填充有冷却流体,诸如水,以吸收一些热量,这些热量原本将使热能储存装置下方的土壤升温。冷却管可连接到泵,以用于提供冷的冷却流体的连续供应。冷却管可进一步连接到传热管的入口,以便其可用于预热传热流体。

[0044] 上文所述的热能储存装置可用于加热传热流体的方法中,其中使电流在至少两个电极之间通过,由此在粉末床中产生热量,从而加热所述电绝缘材料,并且使传热流体通过至少一个传热管,由此利用来自电绝缘材料的热量来加热传热流体。电流可能随时间波动,诸如当电流来源于可再生能源(诸如太阳能和/或风力能源)时,经常出现这种情况。电绝缘材料和任选的缓冲层充当热缓冲,该热缓冲在没有电力或电力不足以用于补充从装置提取的热量时的电流中断期间继续加热传热流体一段时间。

[0045] 图1示意性给出了风力发电场10、太阳能发电场20和热能储存装置100。下文将更详细地描述热能储存装置100的一个或多个详细示例。当存在适量的风力时,风力发电场10中的风力涡轮机11的旋转转子叶片驱动发电机,从而产生电力。类似地,在白天期间,太阳能发电场20中的太阳能电池板21吸收来自太阳50的光并且也产生电力。风力发电场10和太阳能发电场20均与热能储存装置100电连接。热能储存装置100的目的是通过加热储存介质来储存由风力发电场10和太阳能发电场20所产生的电能。储存的能量在需要时通过加热传热流体而释放。被加热的传热流体(通常为蒸汽形式的水)然后通过一个或多个管道35被引导至热能消耗装置,在此由工厂30表示。例如,消耗装置可以在一些工业过程中直接使用蒸汽,或者使用蒸汽涡轮发电机来在将蒸汽供应到工业过程或者蒸汽冷凝器之前,首先将蒸汽转换成电力。传热流体的返回流(其至少一部分)可循环回到热能储存装置100以供进一步从其提取热量。

[0046] 图2给出了热能储存装置100的一个实施方案的透视图。热能储存装置100由一系列具有不同功能、材料和其他特征的交替层110、120、130组成。这些层可以垂直延伸和/或形成列。在更详细地描述可在不同层中使用的一些材料和特征之前,我们将首先简要说明可如何使用储热装置来储存和释放能量。

[0047] 通过电极层110的电流被转换成热能,使得该层110中的材料升温至例如可能超过800°C的温度。在相邻的放热层120中,提供管体结构200,传热液体(例如水)可以被引导通过该管体结构以接收一些储存的能量并且变成例如蒸汽形式的加热流体。尽管单个电极层110和单个放热层120的组合足以获得可行的热能装置100,但通过以交替模式提供多个这样的层可以获得更大的储存容量和对局部峰值温度以及能量储存和释放过程的更好控制。可以增加任选的缓冲层130以用于进一步增加热能储存装置100的总储存容量并且控制该热能储存装置中的最高温度和释放负荷变化。

[0048] 在该实施方案中,电极层110包括半导体材料的粉末床,该半导体材料为粉末床提供500 Ωm 到50000 Ωm 范围内的电阻率。至少两个电极被嵌入粉末床中并且被布置成通过在该两者之间提供电压来加热粉末床。半导体材料可以例如包括碳化硅(SiC),任选地掺杂有适量的氮、磷、铍、硼、铝或镓以获得期望的电阻率。掺杂的碳化硅具有用于热能储存装置100的电极层110中的优异的电气性能和热性能(就导热性和储存容量而言)。这种掺杂的碳

化硅可以例如具有约 $1000\ \Omega\text{m}$ 的电阻率,以用于中间输电网供电电压。由于碳化硅的批量生产中存在杂质,因此未掺杂的碳化硅也可适合用作粉末床的主要成分。例如,电阻率高达 $50000\ \Omega\text{m}$ 的未掺杂碳化硅可用于高输电网供电电压。

[0049] 粉末床的电阻率不仅取决于所使用粉末床颗粒的材料,还取决于例如颗粒尺寸、颗粒形状和颗粒之间的间距。可以优选地以这样的方式来选择粉末床的电阻率,即热能储存装置100可以直接连接到电能供应源,诸如风力发电场10或太阳能发电场20,而无需使用任何变压器来首先将电能供应源的高电压转换成可用于加热电极之间的导电介质的低得多的电压。这种与电能源的直接连接允许所选择的半导体材料同时实现能量转换和能量储存的功能。这就显著降低了成本。

[0050] 使用碳化硅的另一个优点在于它是一种容易获得的散粒材料,其可以以粉末形式使用而无需任何如烧结之类的后处理步骤。使用粉末形式的半导体材料还允许电极在加热过程中的自由热膨胀。当电极在冷却时收缩的情况下,粉末床可以在其自身重量的影响下自愈合。因此,确保了电极与半导体材料之间的良好接触以供多次重复的能量储存和释放循环。通过控制发热层中的峰值温度,例如通过将峰值温度限制到约 800°C ,可以最小化由于长时间暴露在高温下而导致的碳化硅的电气性能随时间推移的劣化。限制粉末床材料降解的其他方式包括选择颗粒尺寸和周期性注入保护性吹扫气体(例如,氮气、氩气或二氧化碳)。

[0051] 电极301、302、303的优选材料是石墨或烧结碳化硅。石墨和烧结碳化硅电极均具有良好的导电性和使用寿命。如上所述,电极301、302、303可以直接连接到高压电源。这种高压电源的电压可能超过 1kV (1000伏)、 5kV 或 10kV 。例如,风力发电场10和/或太阳能发电场20可以采用三相交流电提供 33kV 电压。在该示例中,第一行互连的第一电极301可连接到第一相,第二行互连的第二电极302可连接到第二相,并且第三行互连的第三电极303可连接到第三相。该图案可以重复用于第四行、第五行、第六行以及后续行的互连电极。在其他实施方案中,可施加较低或较高电压(例如, 6kV 、 11kV 、 22kV 、 66kV)、两相交流电或甚至直流电。

[0052] 向电极301、302、303施加电压使得电流流过半导体材料并且在两个相邻的、未直接连接的电极之间流动。由于半导体材料的电阻率,电极层110将由于其欧姆电阻而升温。预期在电极301、302、303附近发生最高加热(因此温度可能高达 800°C 以上)。半导体材料的导电性能和导热性能以及储热能力将决定所产生的热量通过电极层110的进一步分布。

[0053] 放热层120设置在电极层110附近,并且与该电极层直接接触或者与中间缓冲层接触,该中间缓冲层可以包含与电极层110和放热层120不同的材料。用于该放热层的材料的导热性能和储热性能使得在电极层110中产生的热量有效地传递到传热管200。放热层120的一个功能是抑制可再生能源供应的每日或每小时间歇性,以便向消耗装置提供可接受的供热变化。对于热能储存装置100的功能,重要的是传热管200保持与放热层120紧密接触,以便该传热管能够高效地与之交换热量。如果传热管200由在温度变化的影响下收缩和膨胀的材料制成,则优选用于放热层120的材料能够适应这些变化。因此,对于电极层110,优选使用由松散颗粒(诸如粉末)组成的散粒材料。

[0054] 可用于放热层120的合适材料包括散粒材料,诸如(非导电)碳化硅、砂、石英或铁矿石。如果传热管200由导电材料(诸如金属)制成,则用于放热层120的材料优选地不导电,

以便使传热管200电绝缘并且避免非期望电流流过该传热管。另选地,放热层120可以包含与用于电极层110相同的半导体材料,或者另一种导电或半导电材料。在这种情况下,可以向传热管200施加绝缘层,以避免非期望电流流过该传热管。然而,重要的是,这种电绝缘层将不显著地阻碍热能储存装置100与流过管体200的传热流体之间的热交换。在其他实施方案中,可将电绝缘层设置在电极层110和放热层120之间,从而创造了将导电材料用于放热层120的机会。

[0055] 任选地,设置附加的缓冲层130以进一步增加热能储存装置100的总储存容量并控制最高温度。为此,基于例如成本、导热性和储热能力来选择材料。用于该缓冲层的合适材料包括散粒材料,诸如(非导电)碳化硅、砂、石英、铁矿石,或能够储存潜热(可能与显热相结合)的材料,诸如溶混间隙合金(MGA)、太阳盐或低熔点金属,可想象地与非熔融多孔或散粒固体混合。如图2所示,缓冲层130可以夹置在两个电极层110之间,但省去一个或两个相邻电极层110或者增加更多电绝缘层的替代布置也是可能的。

[0056] 可以例如使用氮气、氩气或二氧化碳周期性地或连续地吹扫所有层,以防止期望性能的劣化或在各层中和/或在电极301、302、303或传热管200周围的水分积聚。

[0057] 图3给出用于图2的热能储存装置中的传热管200的示例。传热管200包括多个基本上平行的直区段230,这些直区段通过互连区段240彼此连接。互连区段240可以例如是弯曲的、带凸缘的、或实现为交叉配件。在使用中,例如水(W)在入口210处进入传热管200,沿着管体200流动,同时从热交换层130(见图1)吸收热量,并且最终在出口220处作为蒸汽(S)离开管体200。尽管优选使用水,但可使用另选的传热流体。可以设置泵(未示出)以将水泵送到入口210中。在离开出口220之后,蒸汽通常处于约350°C的温度,其可被引导至一个或多个消耗装置。例如,消耗装置可以在一些工业过程中直接使用蒸汽,或者使用蒸汽涡轮发电机首先将蒸汽转转成电力。任选地,传热管200和消耗装置形成闭合回路,其中使用过的蒸汽被冷凝成水并被泵送回传热管200的入口210。

[0058] 在具有多于一个传热管200的热能储存装置100中,每个入口210可连接到其自身的传热流体供应源,并且传热流体在每个入口210处可具有类似的温度。另选地,两个或更多个传热管200可以互连,使得第一传热管200的出口220连接到第二传热管200的入口210,并且传热流体通过两个或更多个传热管,然后其离开储热装置100并且被发送到消耗装置。

[0059] 传热管200可以由金属制成,例如不锈钢。用于传热管200的材料的一个重要性能在于其允许在其外侧的放热层120和其内侧的传热流体之间进行高效的热交换。传热管200和放热层120之间的永久接触可通过使用相对于管体自由膨胀或收缩的颗粒状材料来促进。如上所述,如果管体材料是导电的,则设置某种形式的电绝缘以使传热管200与电极301、302、303绝缘是很重要的。此外,也可以设置传热管的接地和接合。

[0060] 优选地,传热管200的一个或多个互连区段240可以很容易地从直区段230拆卸和重新安装到这些直区段。如在图2的实施方案中,当互连区段240从热能储存装置100的主体突出时,拆卸互连区段240允许接近传热管200的水平放置的直区段230的维护和检查。

[0061] 图4给出了隔热性能增加的图2的热能储存装置100。底部隔热层410有助于防止热量流失到热能储存装置100置于其上的土壤。底部隔热层410可由任何合适的隔热材料制成。优选地,使用具有良好隔热和承重性能的廉价散粒材料。可能的材料包括但不限于砂、石英、浮石或火山灰。底部隔热层410可以包括冷却管412,该冷却管可以填充有冷却流体,

诸如水,以吸收一些热量,这些热量原本将使热能储存装置100下方的土壤升温。冷却管412可由与传热管200类似的材料制成。优选地,冷却管412连接到泵,以用于提供冷的冷却流体的连续供应。冷却管412可连接到传热管200的入口210,以便其可用于预热传热流体。

[0062] 类似的顶部隔热层420可设置在热能储存装置100的顶部上,以便防止过多的热量流失到直接环境中。顶部隔热层420可包括与底部隔热层410相同或类似的材料。

[0063] 图5给出了热能储存装置100的不同实施方案的透视图。与图4中所示的热能储存装置100的主要区别在于其不包括任何缓冲层130,而是包括交替的电极层110和放热层120的重复图案。

[0064] 图6给出了隔热性能进一步增加的图5的热能储存装置100。将隔热套管500施加于热能储存装置100的所有侧壁。许多容易获得的隔热材料可用于该隔热套管500。例如,可使用珍珠岩,因为其适用于高温。增加这种隔热套管500的可能性不限于图5的实施方案,在其他实施方案(诸如图2和图4的实施方案)中也可以是有益的。热能储存装置100的侧面可以具有竖直壁,或者可以是无壁的,遵循散粒材料的自然休止角。

[0065] 图7给出了热能储存装置100的另选实施方案的透视图。图8给出了图7的热能储存装置100的一部分的特写,其中其外部隔热层410、420、430被移除。该实施方案的许多特征与上文相对于图2至图6描述的实施方案中的对应特征类似并且执行相同的功能。因此,相同的附图标记用于这种对应的特征。

[0066] 如在图8中可以清楚观察到的,与前述实施方案的一个重要区别在于不同的层110、120、130、140具有基本上水平的取向。需注意,出于性能和/或易于构造的原因,使用这种分层构型可能是有利的,但本发明不限于这种构型。另外,当使用各层时,它们的取向可以不同于附图中所示的基本上垂直或水平的取向。类似地,这些层可以具有不同的厚度和不同的形状。例如,可以设置圆柱形热能储存装置,其中不同的层被设置为同心环。

[0067] 在图7和图8的实施方案中,第一电极、第二电极和第三电极301、302、303在基本上水平的电极层110中平行对准,该电极层夹置在两个基本上水平的电绝缘层140之间,该电绝缘层填充有例如上述电绝缘散粒材料中的一种。这些电绝缘层140的一个重要功能是它们允许将导电材料用于后续的缓冲层130和放热层120。缓冲层130和/或放热层120可以由相同或不同的材料制成。上文针对图2至图6中描述的实施方案中的相应层120、130所述的所有材料也可用于该实施方案中。

[0068] 为了减小热能储存装置的占有面积,期望每立方米有更大的热通量。在典型的非限制性示例中,发热电极层110中昼夜之间的最大温度波动为约100°C(例如,在700°C与800°C之间循环)。放热层120的主要功能是抑制输出到消耗装置的负荷的昼夜变化。这可以通过减小发热电极层110中的温度波动来实现。

[0069] 为了进一步减小该输出负荷摆幅,或者为了进一步将发热电极层110中昼夜之间的最大温度波动增大到例如400°C,层120、130中的一层或两层可以包含能够以潜热的形式储存能量的相变材料。如果层成分使得它的一部分发生相变,例如通过在加热循环期间熔化并且在产生的可再生能量减少并且层冷却时凝固,则获得更恒温的缓冲。这有助于防止蒸汽管在消耗装置需求较低的时间段内过热。

[0070] 当使用相变材料时,其在处于熔融状态时在层120内保持静止是很重要的。这可以例如通过将低熔点颗粒与非熔融散粒材料(即,具有足够高的熔融温度以避免在热能储存

装置100的正常使用期间熔化的散粒材料)混合来实现。可能的组合是镁(在650°C下相变)和铁(在1538°C下相变)或者锌(在420°C下相变)和石墨(在3600°C下相变)的50%-50%混合物,或铝镁共晶合金与纯的砂、碳化硅、铁矿石或石墨或它们的混合物。当实现由非熔融组分的完全包封时,或者当非熔融颗粒在可熔材料的整个熔化和凝固阶段保持彼此承载接触并且低熔点相所有侧被防渗透层包围时,防止了泄漏到其他层。在包含金属的相变材料是导电的情况下,设置电绝缘层140以用于电极层110与蒸汽管200之间的电绝缘。

[0071] 本领域技术人员将很容易理解,虽然已参考一个或多个实施方案给出了本发明的具体实施方式,每个实施方案都具有特征和措施的特定组合,但这些特征和措施中的许多可以同样地或类似地独立应用于其他实施方案或组合中。此外,本领域技术人员将理解,在不脱离所附权利要求的范围的情况下,本发明及其教导内容可以以许多不同的方式来执行。

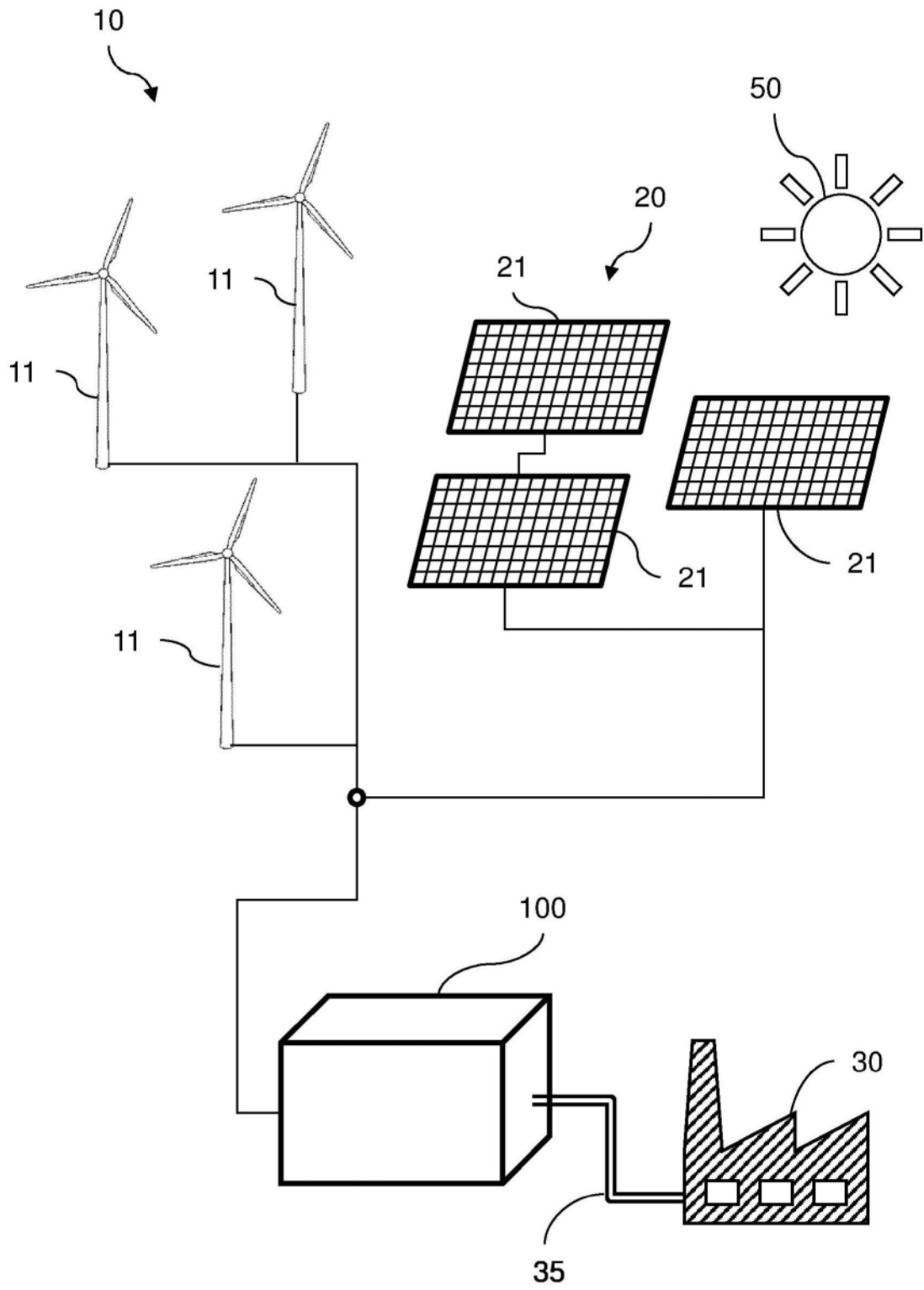


图1

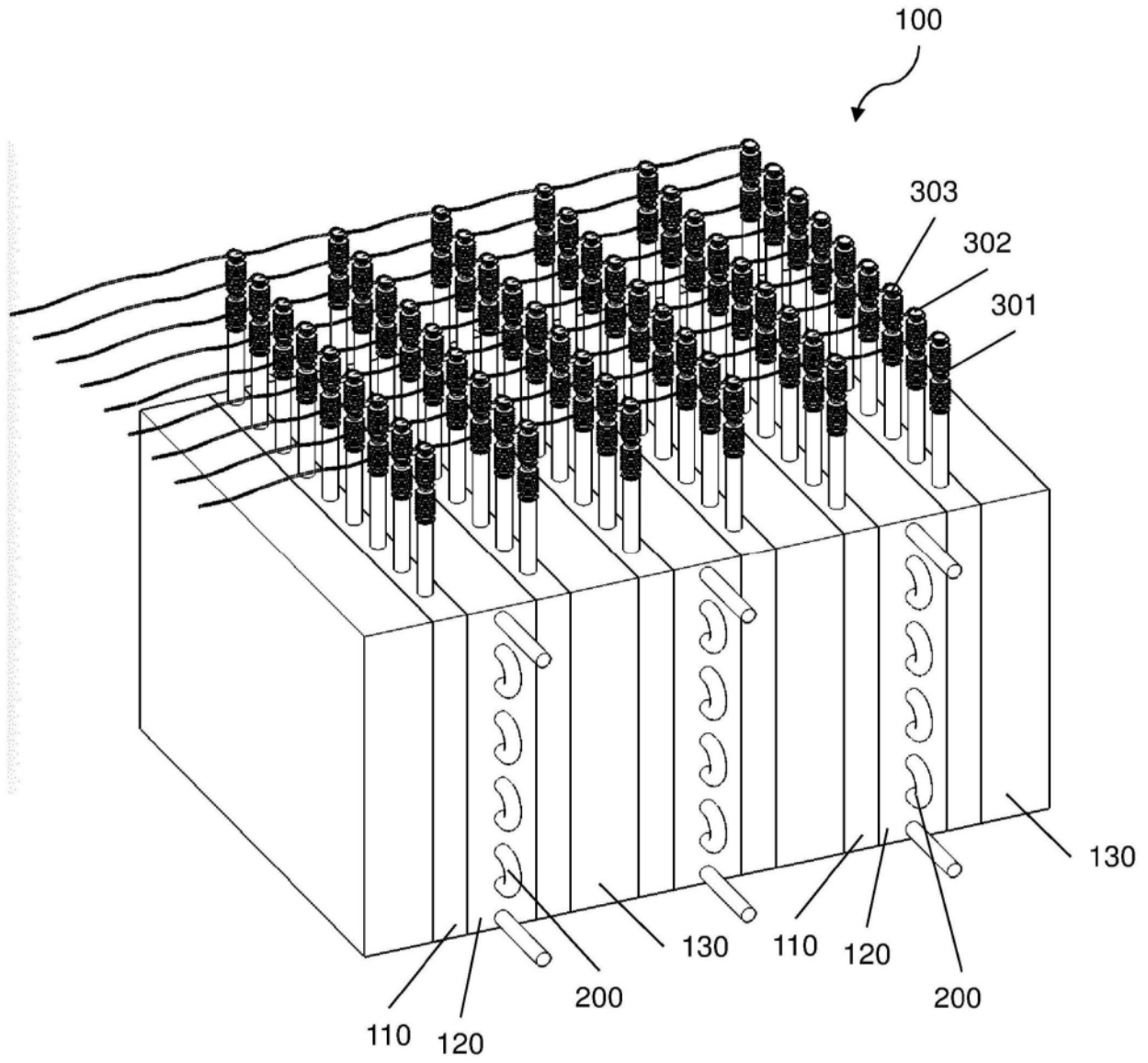


图2

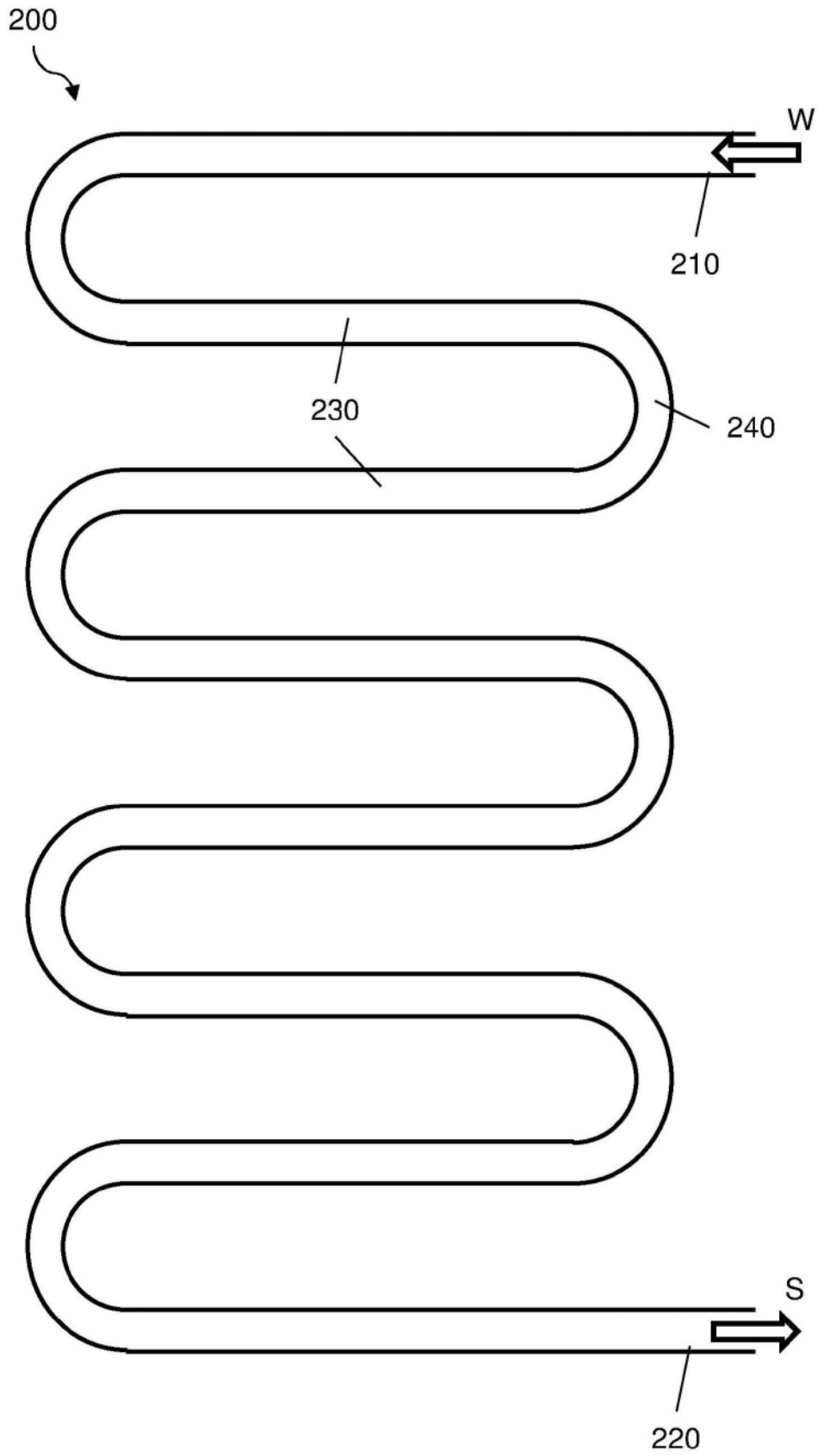


图3

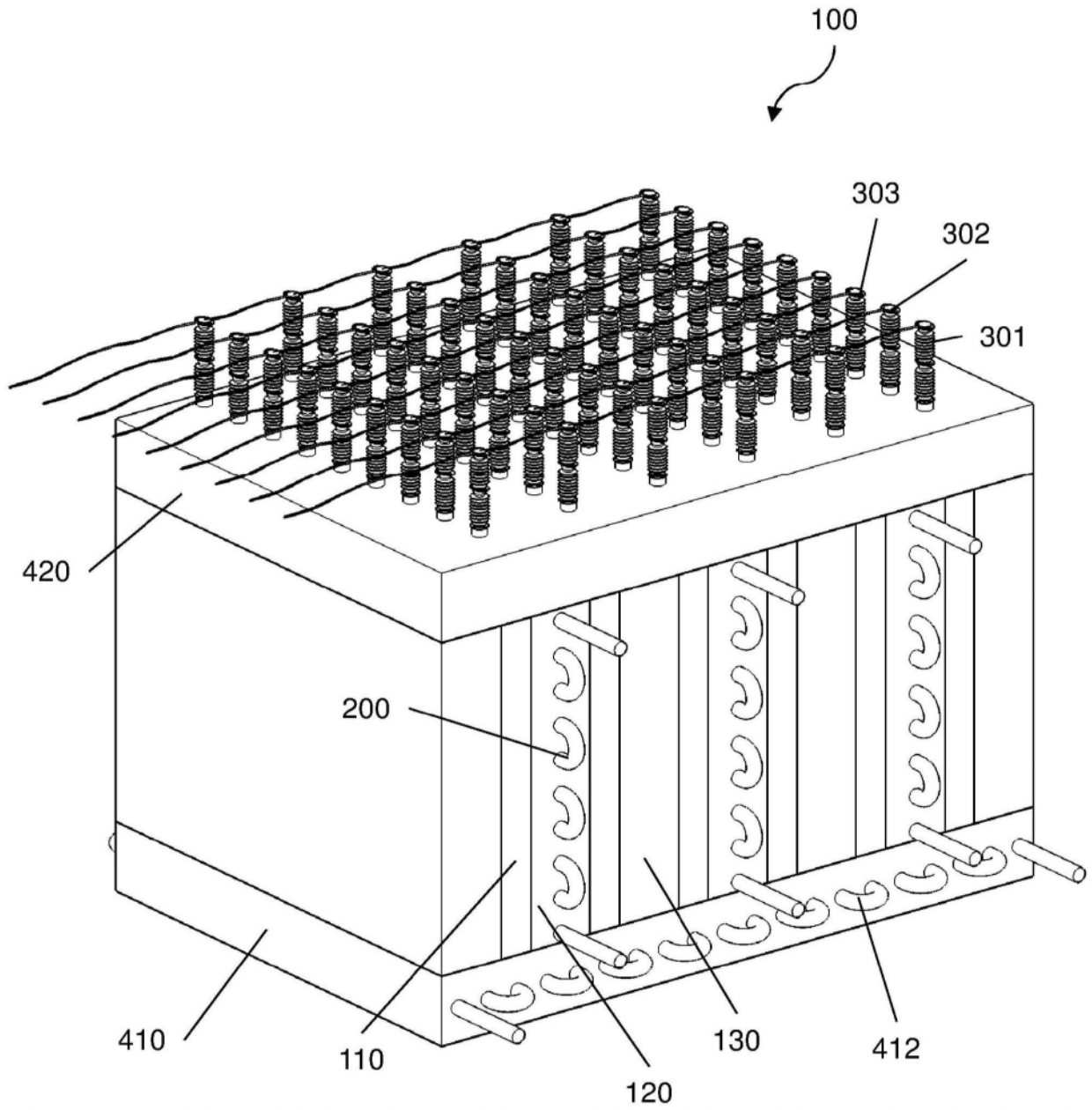


图4

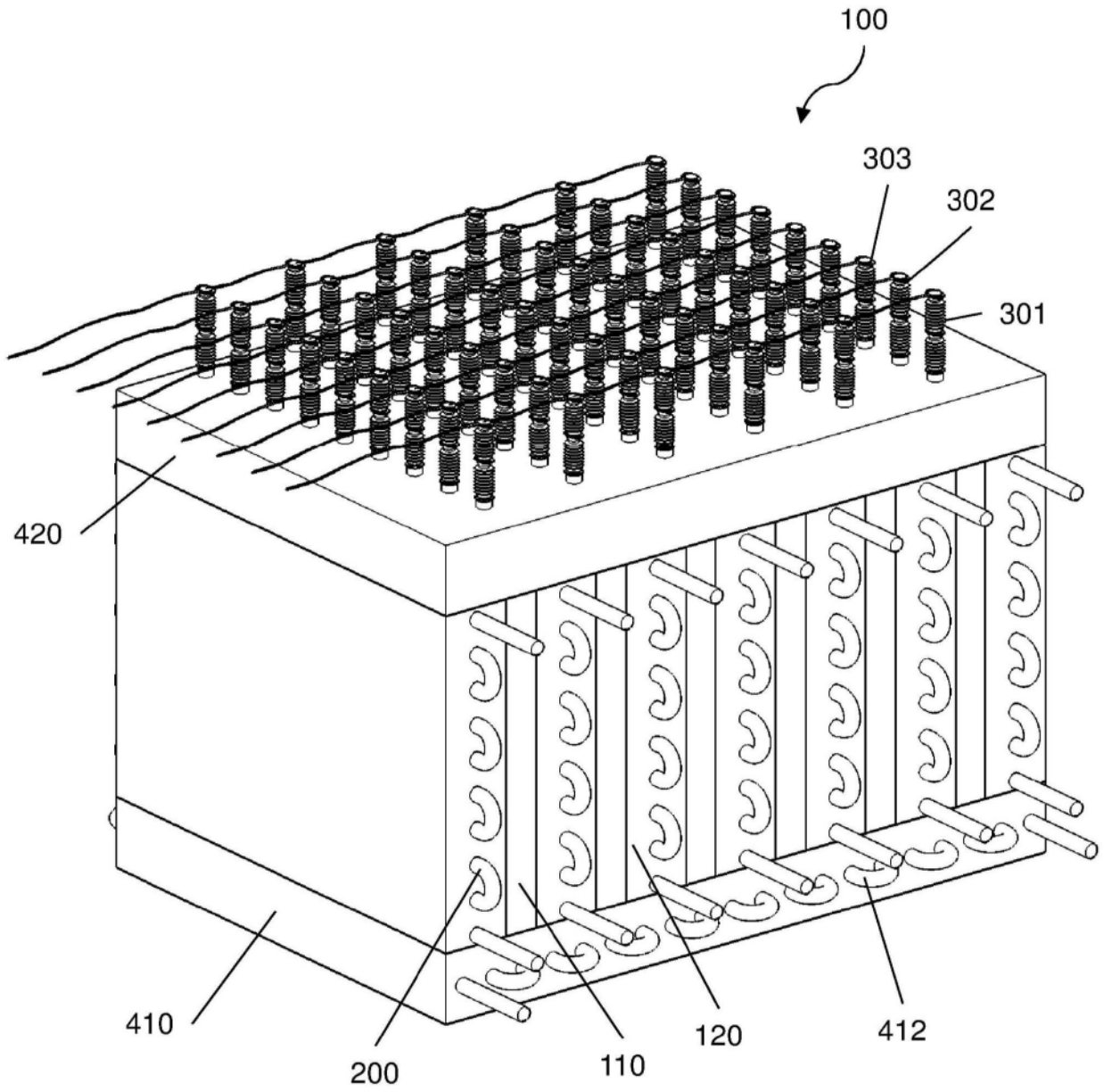


图5

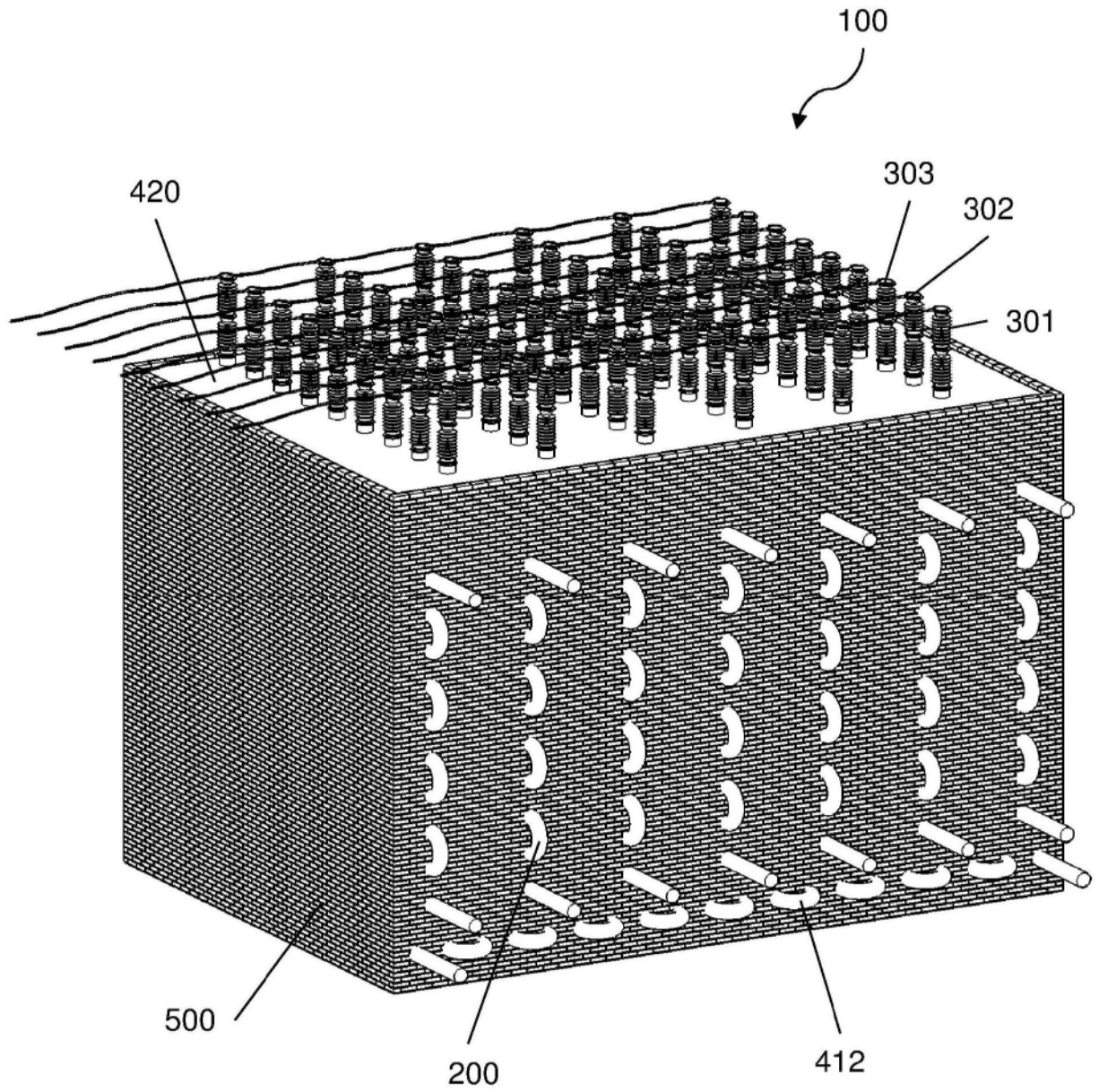


图6

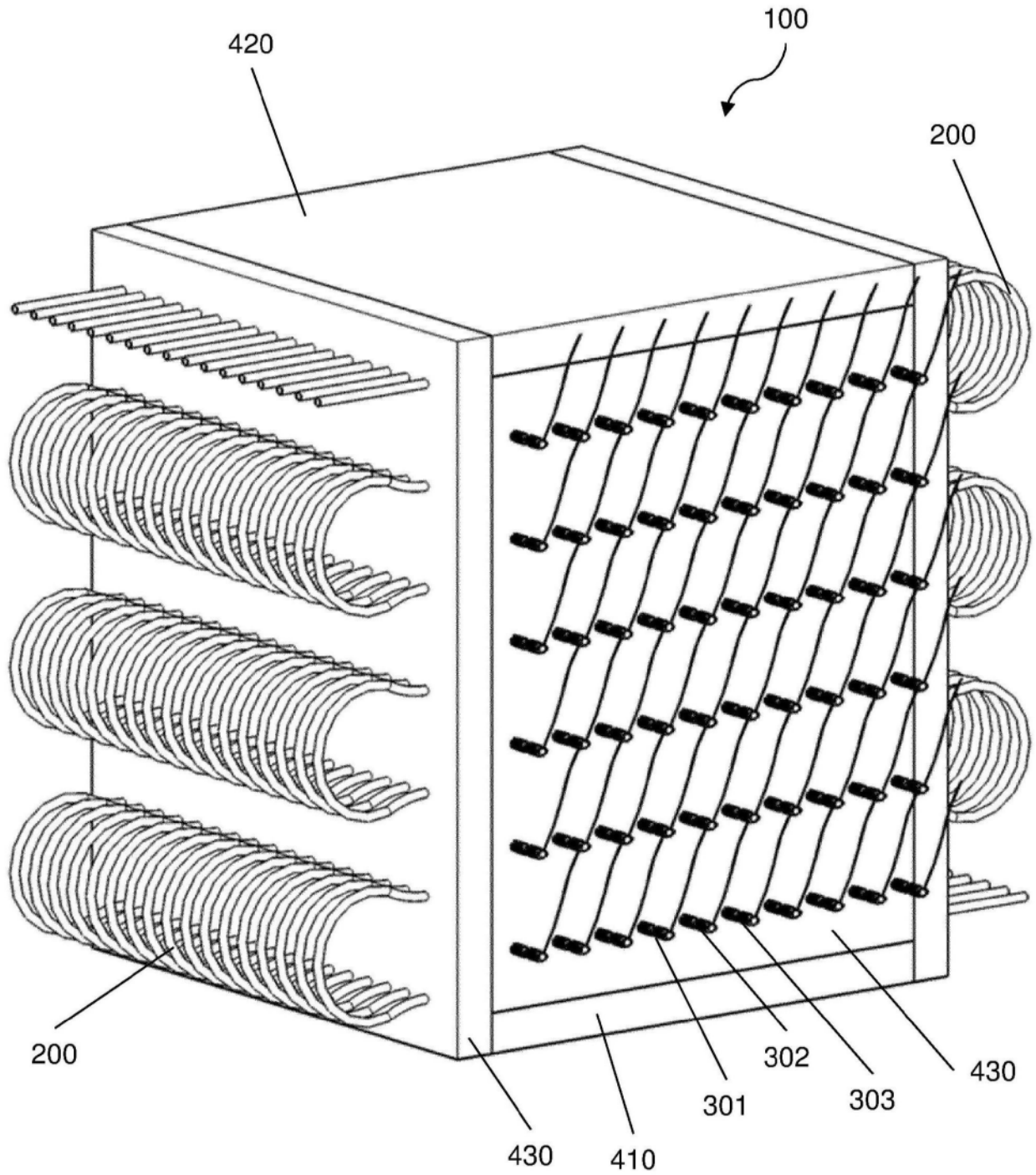


图7

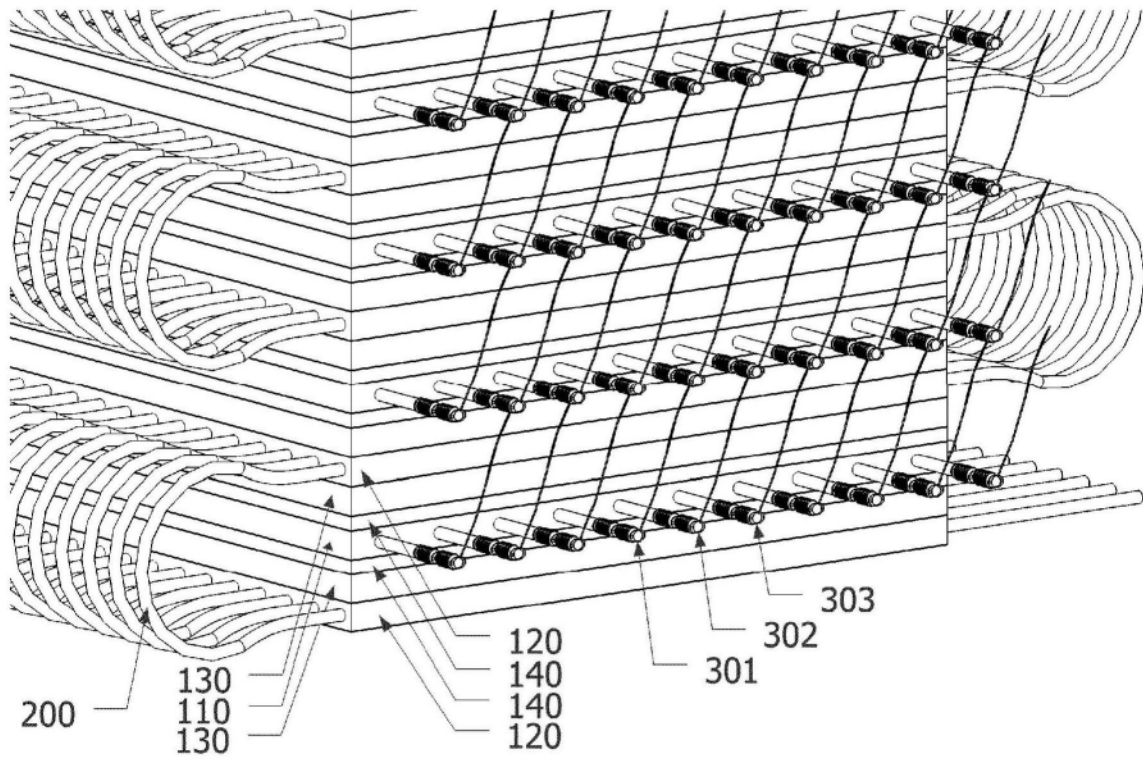


图8