

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2016 年 9 月 29 日 (29.09.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/150168 A1

- (51) 国际专利分类号:
C25B 1/04 (2006.01) C25B 9/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/094099
- (22) 国际申请日: 2015 年 11 月 9 日 (09.11.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201510126438.9 2015 年 3 月 20 日 (20.03.2015) CN
- (71) 申请人: 国家电网公司 (STATE GRID CORPORATION OF CHINA) [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街 86 号, Beijing 100031 (CN)。 国网智能电网研究院 (STATE GRID SMART GRID RESEARCH INSTITUTE) [CN/CN]; 中国北京市昌平区小汤山镇大东流村顺沙路 270 号 (未来科技城), Beijing 102211 (CN)。
- (72) 发明人: 赵波 (ZHAO, Bo); 中国北京市昌平区小汤山镇大东流村顺沙路 270 号 (未来科技城), Beijing 102211 (CN)。 王乐 (WANG, Le); 中国北京市昌平

区小汤山镇大东流村顺沙路 270 号 (未来科技城), Beijing 102211 (CN)。 杨岑玉 (YANG, Cenyu); 中国北京市昌平区小汤山镇大东流村顺沙路 270 号 (未来科技城), Beijing 102211 (CN)。 肖宇 (XIAO, Yu); 中国北京市昌平区小汤山镇大东流村顺沙路 270 号 (未来科技城), Beijing 102211 (CN)。 赵鹏程 (ZHAO, Pengcheng); 中国北京市昌平区小汤山镇大东流村顺沙路 270 号 (未来科技城), Beijing 102211 (CN)。

(74) 代理人: 北京安博达知识产权代理有限公司 (AM-BOYNA INTELLECTUAL PROPERTY AGENT CO., LTD.); 中国北京市海淀区大钟寺 13 号院 1 号楼华杰大厦 B215, Beijing 100098 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA,

[见续页]

(54) Title: SOLAR OPTOTHERMAL COUPLED HIGH-TEMPERATURE WATER ELECTROLYSIS HYDROGEN PRODUCTION SYSTEM

(54) 发明名称: 一种耦合太阳能光热的高温电解水制氢系统

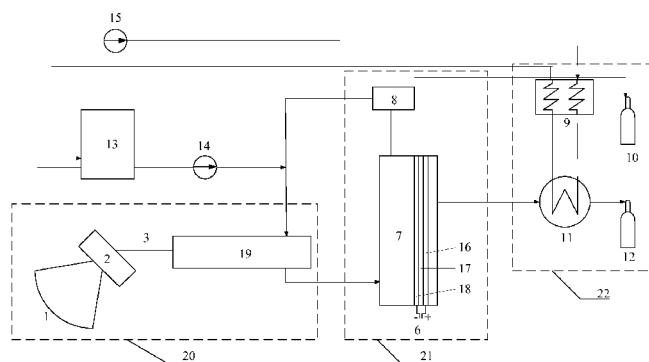


图 1

(57) Abstract: A solar optothermal coupled high-temperature water electrolysis hydrogen production system comprising a heat energy supply module (20), a hydrogen production and separation module (21) and a storage module (22) which are sequentially connected; the heat energy supply module (20) comprises a light concentrating device (1), a heat collection device (2), a heat storage high-temperature heat pipe heat exchanger (3) and a heat exchanger unit (19) which are sequentially connected, and hydrogen and oxygen are separated by electrolysis after a water and hydrogen mixture in the hydrogen production and separation module (21) is heated into a steam and hydrogen mixture above 800°C. Compared with the prior art, the hydrogen production system does not need to consume fossil energy, has a more green and environmentally friendly production process, and greatly reduces the power consumption; a stable heat source is provided by the system, the problem that a photo-thermal system is not stable due to changes in the weather is solved, the availability of the system is improved, and meanwhile the electrolytic efficiency of the system is improved.

(57) 摘要:

[见续页]



RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

(84) **指定国** (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种耦合太阳能光热的高温电解水制氢系统, 该系统包括依次连接的热能供给模块(20), 制氢及分离模块(21)和存储模块(22), 热能供给模块(20)包括依次连接的聚光装置(1)、集热装置(2)、储热高温热管换热器(3)和换热器单元(19), 并加热制氢及分离模块(21)中的水和氢气混合物至 800°C 以上的水蒸汽与氢气混合物后, 电解分离氢气和氧气。和现有技术相比, 该制氢系统, 无需耗费化石能源, 生产过程更为绿色环保, 并且大幅的减小了耗电量; 其提供稳定热源, 解决了光热系统随天气变化而不稳定的情况, 提高了系统的可用性, 同时提高了系统的电解效率。

一种耦合太阳能光热的高温电解水制氢系统

技术领域

本发明涉及太阳能和氢能综合利用领域，具体讲涉及一种耦合太阳能光热的高温电解水制氢系统。

背景技术

氢能是公认的清洁能源，作为低碳和零碳能源正在脱颖而出。它重量轻、热值高、燃烧性能好、无毒可回收再利用，是优质的二次能源。但是目前制约氢能大规模商业应用的重要因素就是还未找到一种廉价的制氢技术。而太阳能是最普遍一次能源，太阳能集热供热技术的运行成本很低，完全绿色零排放，将太阳能与氢能结合，开发一种更廉价的制氢技术是本发明所关注的。

现有的制氢技术中，电解水制氢中，电费占整个电解水制氢生产费用的 80% 左右。

而高温蒸汽电解制氢技术采用高温固体氧化物电解池(SOEC)电解水蒸汽，该技术具有电能消耗少、高效、成本较低等优点。为电解池提供 800℃ 以上的高品质热能，可以由可再生能源或核能实现，但燃烧化石能源获得热能被认为并不经济也不环保。

常规的太阳能光热聚光系统并不能提供稳定的热能，随着天气的变化或日落之后，系统就无法稳定、持续运行。

因此，如何提供一种具有稳定热源并且能够保证系统的持续稳定运行的制氢系统，是本领域人员亟待解决的问题。

发明内容

有鉴于此，本发明提供一种耦合太阳能光热的高温电解水制氢系统，该系统无需耗费化石能源，生产过程更为绿色环保，并且大幅的减小了耗电量；其提供稳定热源，解决了光热系统随天气变化而不稳定的情况，提高了系统的可用性和可靠性，同时提高了系统的电解效率。

一种耦合太阳能光热的高温电解水制氢系统，所述制氢系统包括依次连接的热能供给模块，制氢及分离模块和存储模块，所述制氢及分离模块上设有直流电源，所述制氢及分离模块和存储模块均与水箱连接；

所述热能供给模块包括依次连接的聚光装置、集热装置、储热高温热管换热器和换热器单元；

所述集热装置安装在所述聚光装置的焦点处，所述集热装置吸收所述聚光装置中的热能，使得所述集热装置的内部温度不低于 1000℃；

所述储热高温热管换热器将所述集热装置收集到的热能输送至所述换热器单元；

所述换热器单元将所述集热装置收集的热能传输给所述制氢及分离模块，加热所述制氢及分离模块中的水和氢气混合物至 800℃ 以上的水蒸汽与氢气混合物。

优选的，所述换热器单元为蒸汽换热器，所述蒸汽换热器通过所述储热高温热管换热器将所述集热装置存储的热能传输给所述制氢及分离模块。

优选的，所述换热器单元包括高温储热装置和与所述高温储热装置连接的放热高温热管换热器；

所述高温储热装置通过所述储热高温热管换热器存储所述集热装置中的热能，并保

持其内部温度高于 800 °C ；

所述放热高温热管换热器将所述高温储热装置存储的热能传输给所述制氢及分离模块。

优选的，所述制氢及分离模块包括高温固体氧化物电解池和氢气水蒸汽分离器；

所述高温固体氧化物电解池内设有阴极、电解质和阳极；

所述高温固体氧化物电解池上设有所述直流电源，所述高温固体氧化物电解池利用所述直流电源提供的电能将高温水蒸汽电解成为氢气与氧气；

所述氢气水蒸汽分离器与所述高温固体氧化物电解池的阴极侧的顶端连接以接收氢气与水蒸汽的混合物并分离出纯氢气。

优选的，所述存储模块包括氢气冷却器、氢气存储装置、氧气冷却器和氧气存储装置；

所述氢气水蒸汽分离器、氢气冷却器和氢气存储器依次连接；

所述高温固体氧化物电解池的阳极侧、氧气冷却器和氧气存储装置依次连接，所述氧气冷却器接收并冷却所述高温固体氧化物电解池的阳极侧的氧气；

所述氢气冷却器与所述氧气冷却器连接。

优选的，所述换热单元与所述高温固体氧化物电解池连接；

所述换热单元将热能传输至所述高温固体氧化物电解池，使所述高温固体氧化物电解池内温度不低于 800 °C 。

优选的，所述高温固体氧化物电解池与所述水箱之间连接有给水泵。

优选的，所述氢气冷却器和氧气冷却器均通过循环水泵与所述水箱连接。

优选的，所述聚光装置为蝶式聚光装置或塔式聚光装置。

优选的，所述高温储热装置采用高温陶瓷基复合相变储热材料或者高温陶瓷显热储热材料。

从上述的技术方案可以看出，本发明提供了一种耦合太阳能光热的高温电解水制氢系统，该系统包括依次连接的热能供给模块，制氢及分离模块和存储模块，热能供给模块包括依次连接的聚光装置、集热装置、储热高温热管换热器和换热器单元，并加热制氢及分离模块中的水和氢气混合物至 800 °C 以上的水蒸汽与氢气混合物后，电解分离氢气和氧气。和现有技术相比，本发明提供的制氢系统，无需耗费化石能源，生产过程更为绿色环保，并且大幅的减小了耗电量；其提供稳定热源，解决了光热系统随天气变化而不稳定的情况，提高了系统的可用性，同时提高了系统的电解效率。

与最接近的现有技术比，本发明提供的技术方案具有以下优异效果：

1、本发明提供的技术方案，通过聚光装置、集热装置、储热高温热管换热器和换热器单元的设置，使得该系统无需耗费化石能源，生产过程更为绿色环保，并且大幅的减小了耗电量；其提供稳定热源，解决了光热系统随天气变化而不稳定的情况，提高了系统的可用性和可靠性，同时提高了系统的电解效率。

2、本发明提供的技术方案，采用太阳能光热聚光系统为电解水系统提供高品质热能，无需耗费化石能源，生产过程更为绿色环保。

3、本发明提供的技术方案，高温储热装置容量根据制氢系统的热负荷需求来确定，满足一个要求全天候连续工作的系统需要配置 15 小时甚至大容量的储热系统。高温相变储热系统为固体氧化物电解水制氢系统提供稳定热源，解决了光热系统随天气变化而

不稳定的情况，提高了系统的可用性。

4、本发明提供的技术方案，耦合了太阳能光热系统为固体氧化物电解水制氢系统提供高温热能，相比于常规碱性电解水制氢，系统电解效率提高 20%以上。

5、本发明提供的技术方案，聚光器的形式和面积根据制氢系统的热负荷需求和储热装置容量来选择，分布式系统一般采用碟式聚光系统，可以提供 50-200kW 热功率；规模化系统采用塔式聚光系统，可以提供 30MW 左右的热功率，满足了不同形式系统的功率要求，适用性广泛。

6、本发明提供的技术方案，应用广泛，具有显著的社会效益和经济效益。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简要地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

图 1 是本发明的一种耦合太阳能光热的高温电解水制氢系统的连接示意图。

图 2 是本发明的制氢系统中的换热器单元为蒸汽换热器时的连接示意图。

图 3 是本发明的制氢系统的换热器单元包括高温储热装置和放热高温热管换热器时的连接示意图。

其中，1-聚光装置、2-集热装置、3-储热高温热管换热器、4-高温储热装置、5-放热高温热管换热器、6-直流电源、7-高温固体氧化物电解池、8-氢气水蒸汽分离器、9-氢气冷却器、10-氢气存储装置、11-氧气冷却器、12-氧气存储装置、13-水箱、14-给水泵、15-循环水泵、16-阳极、17-电解质、18-阴极、19-换热器单元、20-热能供给模块、21-制氢及分离模块、22-存储模块、23-蒸汽换热器。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

如图 1 所示，本发明提供的一种耦合太阳能光热的高温电解水制氢系统，系统包括依次连接的热能供给模块 20，制氢及分离模块 21 和存储模块 22，制氢及分离模块 21 上设有直流电源 6，制氢及分离模块 21 和存储模块 22 均与水箱 13 连接；

热能供给模块 20 包括依次连接的聚光装置 1、集热装置 2、储热高温热管换热器 3 和换热器单元 19；

集热装置 2 安装在聚光装置 1 的焦点处，集热装置 2 吸收聚光装置 1 中的热能，使得集热装置 2 的内部温度不低于 1000 °C；

储热高温热管换热器 3 将集热装置 2 收集到的热能输送至换热器单元 19；

换热器单元 19 将集热装置 2 收集的热能传输给制氢及分离模块 21，加热制氢及分离模块 21 中的水和氢气混合物至 800°C 以上的水蒸汽与氢气混合物。

如图 2 所示，换热器单元 19 为蒸汽换热器 23，蒸汽换热器 23 通过储热高温热管

换热器 3 将集热装置 2 存储的热能传输给制氢及分离模块 21。

如图 3 所示, 换热单元包括高温储热装置 4 和与高温储热装置 4 连接的放热高温热管换热器 5;

高温储热装置 4 通过储热高温热管换热器 3 存储集热装置 2 中的热能, 并保持其内部温度高于 800°C ; 采用高温热管技术将吸热器热能高效传导到高温储热装置, 仍采用高温热管换热技术将高温储热装置热能高效传输到换热器加热水蒸汽。

放热高温热管换热器 5 将高温储热装置 4 存储的热能传输给制氢及分离模块 21。

其中, 制氢及分离模块 21 包括高温固体氧化物电解池 7 和氢气水蒸汽分离器 8;

高温固体氧化物电解池 7 内设有阴极 18、电解质 17 和阳极 16; 氢气与水蒸汽混合物和氧气经过不同管道收集并送出;

高温固体氧化物电解池 7 上设有直流电源 6, 高温固体氧化物电解池 7 利用直流电源 6 提供的电能将高温水蒸汽电解成为氢气与氧气;

氢气水蒸汽分离器与高温固体氧化物电解池 7 的阴极 18 侧的顶端连接以接收氢气与水蒸汽的混合物并分离出纯氢气。

存储模块 22 包括氢气冷却器 9、氢气存储装置 10、氧气冷却器 11 和氧气存储装置 12;

氢气水蒸汽分离器 8、氢气冷却器 9 和氢气存储器依次连接;

高温固体氧化物电解池 7 的阳极 16 侧、氧气冷却器 11 和氧气存储装置 12 依次连接, 氧气冷却器 11 接收并冷却高温固体氧化物电解池 7 的阳极 16 侧的氧气;

氢气冷却器 9 与氧气冷却器 11 连接, 氢气冷却器 9 冷却氢气到常温, 并回收热量到水箱 13。氧气冷却器 11 冷却氧气到常温, 并回收热量到水箱 13。

换热器单元 19 与高温固体氧化物电解池 7 连接;

换热单元将热能传输至高温固体氧化物电解池 7, 使高温固体氧化物电解池 7 内温度不低于 800°C 。

其中, 水箱 13 一方面用于为电解池提供给水, 另一方面用于收集冷却高温氢气、氧气时所得到的热量, 使热量能够循环利用而不散失,

高温固体氧化物电解池 7 与水箱 13 之间连接有给水泵 14, 给水泵 14 用于将给水送入电解池中, 保持电解水系统的循环动力。

氢气冷却器 9 和氧气冷却器 11 均用循环水泵 15 与水箱 13 连接,, 循环水泵 15 用于将水箱 13 中的水送入氢气冷却器 9 和氧气冷却器 11, 并循环回到水箱 13。

聚光装置 1 为碟式聚光装置 1 或塔式聚光装置 1, 其中聚光装置 1 的形式和面积根据制氢系统的热负荷需求和储热装置容量来选择, 分布式系统一般采用碟式聚光系统, 可以提供 50-200kW 热功率; 规模化系统采用塔式聚光系统, 可以提供 30MW 左右的热功率。

高温储热装置 4 采用高温陶瓷基复合相变储热材料或者高温陶瓷显热储热材料。其中, 高温储热装置 4 容量根据制氢系统的热负荷需求来确定, 一个要求全天候连续工作的系统需要配置 15 小时甚至大容量的储热系统。高温储热系统采用无机盐/陶瓷基复合储热材料, 根据聚光集热系统的热功率和热负荷的功率需求设计储热、放热高温热管换热器 5。

本发明提供的一种耦合太阳能光热的高温电解水制氢系统的工作原理是由太阳能

光热-储热系统提供热能至高温固体氧化物电解池 7, 高温固体氧化物电解池 7 在电能和高温工艺热能的作用下, 高效地将水蒸气电解生成氢气和氧气。

太阳光经过聚光装置 1 聚集后, 集热装置 2 达到 1000 度左右。经过储热高温热管换热器 3 将热量传输给换热器单元 19, 换热器单元 19 将热量交换给制氢系统中, 将给水和氢气混合物加热到 800℃ 以上。

将水加热成为高温蒸汽, 混合物中的氢气保护电极不被氧化。高温状态的水蒸汽和氢气混合物进入到高温固体氧化物电解池 7 中分解为氢气和氧气。氢气与剩余水蒸汽进入氢气水蒸汽分离器 8 分离器, 大部分氢气被分离, 送入氢气冷却器 9 冷却至常温, 由氢气存储装置 10 储存。水蒸汽和剩余氢气与给水混合后进入换热器重新开始循环。

氧气由氧气冷却器 11 冷却至常温, 由氧气存储装置 12 储存, 冷却热量由循环水吸收后, 被送入水箱 13 回收利用。

以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非对其限制, 尽管参照上述实施例对本发明进行了详细的说明, 所属领域的普通技术人员依然可以对本发明的具体实施方式进行修改或者等同替换, 而这些未脱离本发明精神和范围的任何修改或者等同替换, 其均在申请待批的本发明的权利要求保护范围之内。

权 利 要 求

1、一种耦合太阳能光热的高温电解水制氢系统，所述制氢系统包括依次连接的热能供给模块，制氢及分离模块和存储模块，所述制氢及分离模块上设有直流电源，所述制氢及分离模块和存储模块均与水箱连接；其特征在于，

所述热能供给模块包括依次连接的聚光装置、集热装置、储热高温热管换热器和换热器单元；

所述集热装置安装在所述聚光装置的焦点处，所述集热装置吸收所述聚光装置中的热能，使得所述集热装置的内部温度不低于 1000 °C；

所述储热高温热管换热器将所述集热装置收集到的热能输送至所述换热器单元；

所述换热器单元将所述集热装置收集的热能传输给所述制氢及分离模块，加热所述制氢及分离模块中的水和氢气混合物至 800°C 以上的水蒸汽与氢气混合物。

2、如权利要求 1 所述的制氢系统，其特征在于，所述换热器单元为蒸汽换热器，所述蒸汽换热器通过所述储热高温热管换热器将所述集热装置存储的热能传输给所述制氢及分离模块。

3、如权利要求 1 所述的制氢系统，其特征在于，所述换热器单元包括高温储热装置和与所述高温储热装置连接的放热高温热管换热器；

所述高温储热装置通过所述储热高温热管换热器存储所述集热装置中的热能，并保持其内部温度高于 800 °C ；

所述放热高温热管换热器将所述高温储热装置存储的热能传输给所述制氢及分离模块。

4、如权利要求 1 或 3 所述的制氢系统，其特征在于，所述制氢及分离模块包括高温固体氧化物电解池和氢气水蒸汽分离器；

所述高温固体氧化物电解池内设有阴极、电解质和阳极；

所述高温固体氧化物电解池上设有所述直流电源，所述高温固体氧化物电解池利用所述直流电源提供的电能将高温水蒸汽电解成为氢气与氧气；

所述氢气水蒸汽分离器与所述高温固体氧化物电解池的阴极侧的顶端连接以接收氢气与水蒸汽的混合物并分离出纯氢气。

5、如权利要求 4 所述的制氢系统，其特征在于，所述存储模块包括氢气冷却器、氢气存储装置、氧气冷却器和氧气存储装置；

所述氢气水蒸汽分离器、氢气冷却器和氢气存储器依次连接；

所述高温固体氧化物电解池的阳极侧、氧气冷却器和氧气存储装置依次连接，所述氧气冷却器接收并冷却所述高温固体氧化物电解池的阳极侧的氧气；

所述氢气冷却器与所述氧气冷却器连接。

6、如权利要求 4 或 5 所述的制氢系统，其特征在于，所述换热单元与所述高温固体氧化物电解池连接；

所述换热单元将热能传输至所述高温固体氧化物电解池，使所述高温固体氧化物电解池内温度不低于 800 °C 。

7、如权利要求 4 至 6 任一项所述的制氢系统，其特征在于，所述高温固体氧化物电解池与所述水箱之间连接有给水泵。

8、如权利要求 5 所述的制氢系统，其特征在于，所述氢气冷却器和氧气冷却器均通过循环水泵与所述水箱连接。

9、如权利要求 1 所述的制氢系统，其特征在于，所述聚光装置为蝶式聚光装置或塔式聚光装置。

10、如权利要求 3 所述的制氢系统，其特征在于，所述高温储热装置采用高温陶瓷基复合相变储热材料或者高温陶瓷显热储热材料。

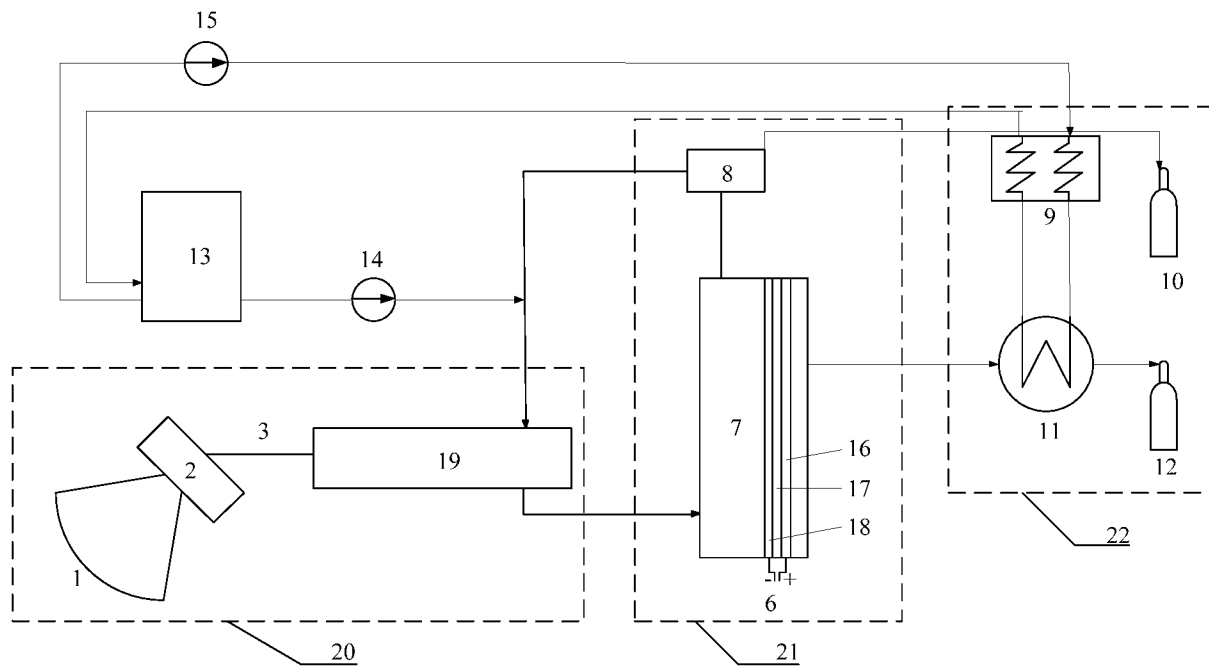


图 1

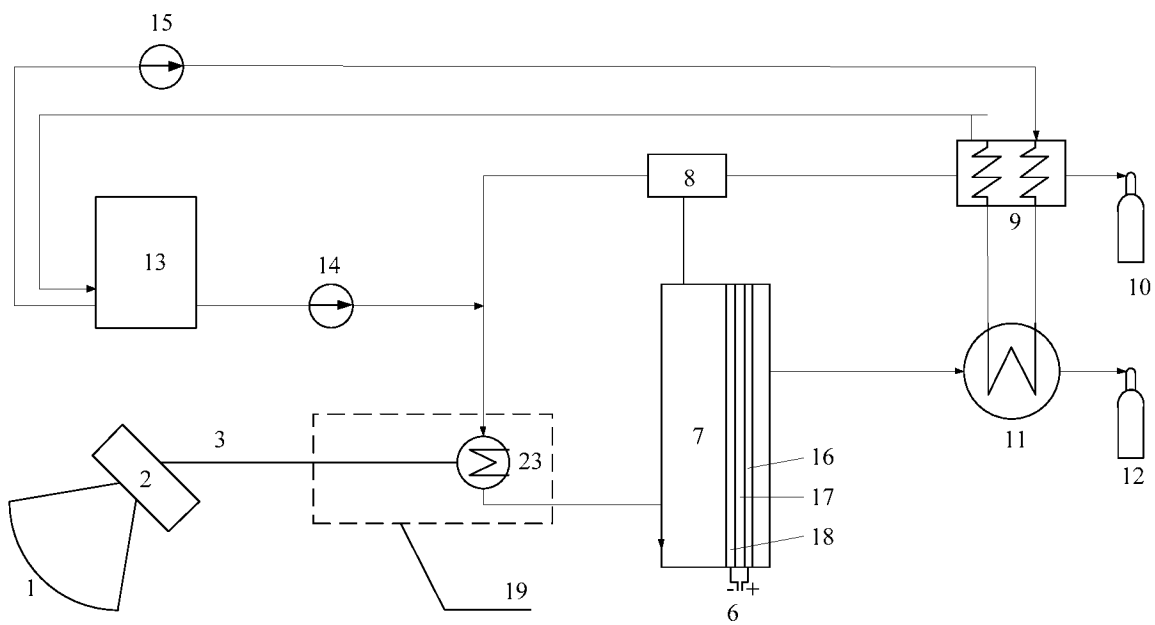


图 2

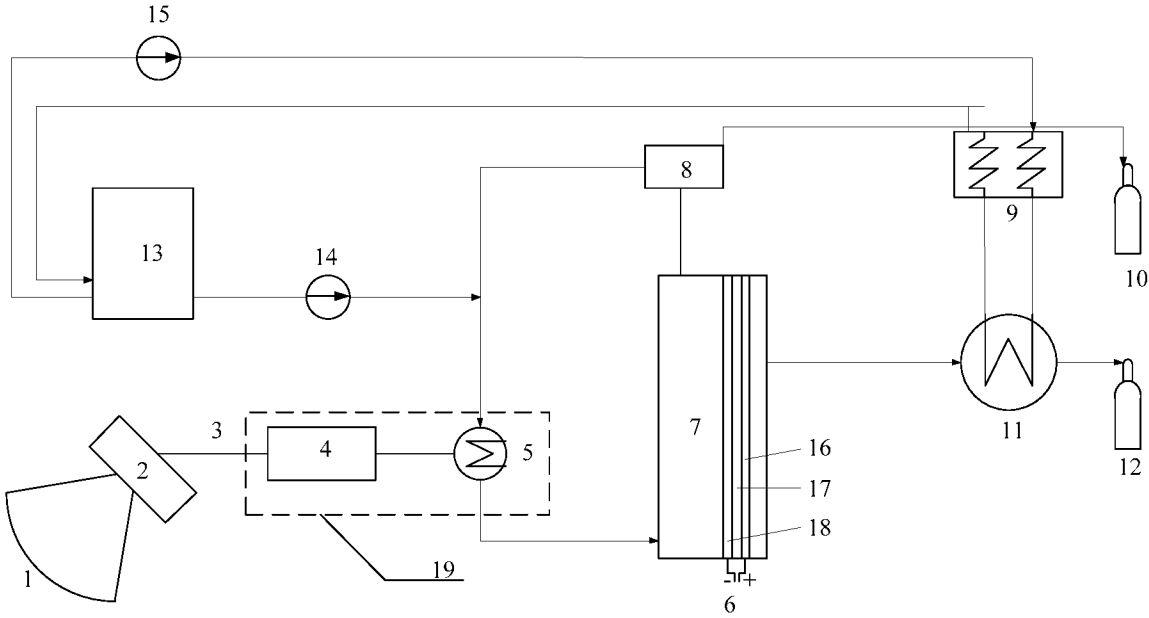


图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/094099

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C25B 1/04 (2006.01) i; C25B 9/00 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C25B 1/-, C25B 9/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNKI; CPRSABS; EPODOC; WPI; ISI: heat collection, heat storage high temperature heat pipe, heat pipe, heat exchanger; solar, high w temperature, electrolysis, electroly+, water, H2O, H2, hydrogen, heat, collect+, concentrat+, exchang+, pipe

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 104694950 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.), 10 June 2015 (10.06.2015), claims 1-10	1-10
PX	CN 204529991 U (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.), 05 August 2015 (05.08.2015), claims 1-9	1-8, 10
A	US 2010270170 A1 (HTE WATER CORP.), 28 October 2010 (28.10.2010), the whole document	1-10
A	HUANG, Zhigang et al., "Thermodynamic Analysis of Solar Hydrogen Production with High Temperature Steam Electrolysis", JOURNAL OF ENGINEERING THERMOPHYSICS, volume 30, number 9, 30 September 2009 (30.09.2009), page 1446, left column, lines 10-35, and figure 2	1-10
A	ZHANG, Wenqiang et al., "Hydrogen Production Through Solid Oxide Electrolysis at Elevated Temperatures", PROGRESS IN CHEMISTRY, volume 20, number 5, 31 May 2008 (31.05.2008), page 784, right column, line 21 to page 786, line 12	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 20 January 2016 (20.01.2016)	Date of mailing of the international search report 03 February 2016 (03.02.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer CAO, Dongfang Telephone No.: (86-10) 62084555

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/094099

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	SRASHI, H. et al., "Hydrogen Production from High-Temperature Steam Electrolysis Using Solar Energy", INT. J. HYDROGEN ENERGY, volume 16, number 9, 31 December 1991 (31.12.1991), page 605, right column, line 22 to page 607, left column, line 18 and page 608, left column, lines 25-27, and figure 7	1-10
A	PADIN, J. et al., "Hybrid Solar High-Temperature Hydrogen Production System", INT. J. HYDROGEN ENERGY, volume 25, 31 December 2000 (31.12.2000), page 296, left column, line 1 to page 297, left column, line 11, and figure 1	1-10

International application No.
PCT/CN2015/094099

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2009)

A. 主题的分类 C25B 1/04(2006.01)i; C25B 9/00(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) C25B 1/-, C25B 9/- 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNKI; CPRSABS; EPODOC; WPI; ISI: 太阳能, 高温, 电解, 水, 氢气, 集热, 储热高温热管, 热管, 换热器; solar, high w temperature, electrolysis, electroly+, water, H2O, H2, hydrogen, heat, collect+, concentrat +, exchang+, pipe		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 104694950 A (国家电网公司等) 2015年 6月 10日 (2015 - 06 - 10) 权利要求1-10	1-10
PX	CN 204529991 U (国家电网公司等) 2015年 8月 5日 (2015 - 08 - 05) 权利要求1-9	1-8, 10
A	US 2010270170 A1 (HTE WATER CORP) 2010年 10月 28日 (2010 - 10 - 28) 全文	1-10
A	黄志刚等. "太阳能高温电解水蒸气制氢系统热力学分析" 工程热物理学报, 第30卷, 第9期, 2009年 9月 30日 (2009 - 09 - 30), 第1446页左栏第10-35行, 图2	1-10
A	张文强等. "高温固体氧化物电解水制氢技术" 化学进展, 第20卷, 第5期, 2008年 5月 31日 (2008 - 05 - 31), 第784页右栏第21-第786页第12行	1-10
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 "T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2016年 1月 20日		国际检索报告邮寄日期 2016年 2月 3日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 曹东方 电话号码 (86-10)62084555

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	H. Srashi等. "Hydrogen production from high-temperature steam electrolysis using solar energy" Int. J. Hydrogen Energy, 第16卷, 第9期, 1991年 12月 31日 (1991 - 12 - 31), 第605页右栏第22行-607页左栏第18行, 第608页左栏第25-27行, 图7	1-10
A	J. Padin等. "Hybrid solar high-temperature hydrogen production system" Int. J. Hydrogen Energy, 第25卷, 2000年 12月 31日 (2000 - 12 - 31), 第296页左栏第1行-第297页左栏第11行, 图1	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/094099

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	104694950	A	2015年 6月 10日	无			
CN	204529991	U	2015年 8月 5日	无			
US	2010270170	A1	2010年 10月 28日	CA	2676576	A1	2009年 11月 16日
				CA	2666850	A1	2010年 10月 22日