



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104737306 B

(45)授权公告日 2017.07.11

(21)申请号 201380055429.4

(22)申请日 2013.09.16

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104737306 A

(43)申请公布日 2015.06.24

(30)优先权数据

1202454 2012.09.14 FR

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2015.04.23

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/FR2013/000240 2013.09.16

(87)PCT国际申请的公布数据

W02014/041260 FR 2014.03.20

(73)专利权人 原子能和代替能源委员会

地址 法国巴黎

(72)发明人 S.杜波伊斯 N.恩贾尔伯特

J-P.加兰德特 P.吉唐 F.塔奈

J.维曼

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 邱军

(51)Int.Cl.

H01L 31/18(2006.01)

(56)对比文件

CN 101405875 A, 2009.04.08,

CN 201450015 U, 2010.05.05,

US 2008/0035489 A1, 2008.02.14,

审查员 陈树华

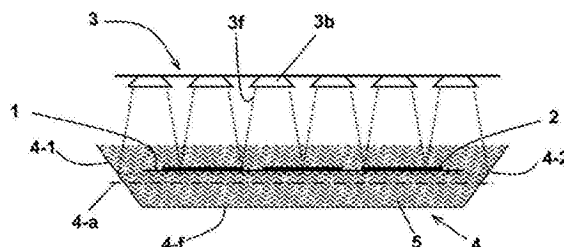
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

### (54)发明名称

修复硅基光伏太阳能电池的装置和方法

### (57)摘要

本发明涉及一种修复至少一个硅基光伏太阳能电池的装置,其包括电池(2)的支撑体(1)和在光伏太阳能电池(2)内产生电荷载流子的装置(3)。该装置还具有装满液体(5)的箱体(4),并且支撑体(1)配置为将光伏太阳能电池(2)设置于液体(5)中。



1. 一种至少一个硅基光伏太阳能电池的修复装置,所述修复装置设计为抵消所述至少一个硅基光伏太阳能电池在光照下效率的劣化,所述修复装置包括:

- 光伏太阳能电池 (2) 的支撑体 (1);
- 在所述光伏太阳能电池 (2) 内产生电荷载流子的装置 (3);

其特征在于,其包括箱体 (4),设计为装满液体 (5),所述支撑体 (1) 配置为将所述光伏太阳能电池 (2) 放置于液体 (5) 中。

2. 根据权利要求1所述的修复装置,其特征在于,所述箱体 (4) 包括所述液体 (5) 的温度的调节器 (6)。

3. 根据权利要求2所述的修复装置,其特征在于,所述液体 (5) 的温度的调节器 (6) 配置为将所述光伏太阳能电池 (2) 的温度调节至在50℃-230℃的温度范围内的目标温度值或温度范围。

4. 根据权利要求2所述的修复装置,其特征在于,所述液体 (5) 的温度的调节器 (6) 包括设置在箱体 (4) 的壁中的电阻加热器和/或热电装置。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的修复装置,其特征在于,所述箱体 (4) 包括在箱体 (4) 中的液体 (5) 的循环装置 (7)。

6. 根据权利要求1所述的修复装置,其特征在于,所述箱体 (4) 包括在箱体 (4) 中的液体 (5) 的机械搅拌电路 (8)。

7. 根据权利要求1-4中任一项所述的修复装置,其特征在于,其包括所述箱体 (4) 中的支撑体 (1) 的运动装置 (9),其配置为使光伏太阳能电池 (2) 以与箱体 (4) 中的液体 (5) 的表面平行的方向 (4-a) 移动。

8. 根据权利要求1-4中任一项所述的修复装置,其特征在于,所述支撑体 (1) 包括贯通孔 (10),使所述液体 (5) 与设置于支撑体 (1) 上的光伏太阳能电池 (2) 的表面接触。

9. 根据权利要求1-4中任一项所述的修复装置,其特征在于,所述支撑体 (1) 由具有比所述光伏太阳能电池 (2) 的热导率 ( $\lambda_c$ ) 更高的热导率 ( $\lambda_s$ ) 的材料制成。

10. 根据权利要求1-4中任一项所述的修复装置,其特征在于,所述电荷载流子产生装置 (3) 包括光源 (3b),设计为照射所述光伏太阳能电池 (2)。

11. 根据权利要求10所述的修复装置,其特征在于,  
所述光源 (3b) 包括激光源。

12. 根据权利要求10所述的修复装置,其特征在于,其包括光系统 (3b'),设置于所述光源 (3b) 和所述光伏太阳能电池 (2) 之间。

13. 根据权利要求11所述的修复装置,其特征在于,其包括光系统 (3b'),设置于所述光源 (3b) 和所述光伏太阳能电池 (2) 之间。

14. 根据权利要求1-4中任一项所述的修复装置,其特征在于,所述电荷载流子产生装置 (3) 包括向所述光伏太阳能电池 (2) 内注入电流的装置。

15. 一种至少一个硅基光伏太阳能电池的修复方法,通过在光伏太阳能电池 (2) 中产生电荷载流子以抵消在光照下效率的劣化,其特征在于,当在所述光伏太阳能电池 (2) 中产生电荷载流子时,将所述光伏太阳能电池 (2) 浸入在液体 (5) 中,以便通过所述液体 (5) 的温度的调节器 (6) 将所述光伏太阳能电池 (2) 的温度调节至在50℃-230℃的温度范围内的一个目标温度值或温度范围。

16. 根据权利要求15所述的修复方法,其特征在于,所述液体(5)的沸点温度高于100℃。

17. 根据权利要求15所述的修复方法,其特征在于,所述液体(5)包括乙二醇或甘油或可溶性切削油。

## 修复硅基光伏太阳能电池的装置和方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种设计为消除硅基光伏太阳能电池在光照下的效率劣化效应的装置和方法。

### 背景技术

[0002] 由非晶硅(a-Si)、单晶硅(SC-Si)或多晶硅(MC-Si)制成的基片制作的光伏太阳能电池,在光照下可经历效率的劣化效应。在光伏太阳能电池的第一次使用期间会出现此现象,并且通常被称为LID效应(LID代表光致衰减)。光伏太阳能电池在光照下的这种效率劣化效应的来源的物理机制仍然不完全为人所知。此外,一些科学研究表明,当光伏太阳能电池在光照下,存在于硅中的轻元素,尤其是氢(H),硼(B)和氧(O)原子,通常参与缺陷的形成和激活。

[0003] 可以通过向光伏太阳能电池中注入电荷载流子并同时加热所述电池来消除LID效应。国际专利申请W02007/107351公开了一种方法,旨在当光伏太阳能电池被照射时,实现光伏太阳能电池的效率的稳定。在该文献中,电池的修复方法包括通过照射或正向极化光伏太阳能电池的电荷载流子注入步骤,以及将基片加热到50℃-230℃之间的温度的加热步骤。这种修复方法使经处理的光伏太阳能电池在正常工作条件下能恢复稳定的性能。然而,这种类型的修复方法需要对温度的精确控制。修复效应实际上仅在光伏太阳能电池的温度不超过某一限定的温度时发生,该限定的温度通常约为200℃或者甚至更低的温度。实际上当某些硅基光伏太阳能电池的温度保持在超过150℃时,他们的性能可以被影响。

[0004] 此外,在上面的参考文献中描述的方法需要很长的处理时间以完全修复光伏太阳能电池。处理时间是指当在电池中产生电荷载流子时太阳能电池保持在某一温度的时间。处理时间可长达上百小时左右,这使得该方法与光伏太阳能电池的传统的工业制作方法是不相容的。

[0005] 实际上,通过该文献中的方法已经进行了处理,以修复太阳能电池的效率,其中该太阳能电池是由通过冶金提纯的硅制成的基片制作的。对于这种类型的太阳能电池,修复机制需要10至40小时的介于150-180℃之间的高温。

[0006] 此外,光伏太阳能电池的修复动力可以通过增加注入到经处理的光伏太阳能电池的电荷载流子的数量来加速。特别是可通过增加入射光照的功率或输入到电池的电流强度来实现这种增加。然而,增加入射光功率或输入电流会导致光伏太阳能电池的温度上升的非常高,从而限制甚至完全抵消光伏太阳能电池的修复效应。

[0007] 实用新型申请CN201450015描述了一种加热和照射硅基太阳能电池以修复他们的装置。该装置包括一个风扇系统,该风扇系统在进行处理时用来冷却光伏太阳能电池。然而,使用基于风扇的系统不能使太阳能电池得到好的质量。特别地,据观察这种类型的装置可产生机械应力的问题,由此在光伏太阳能电池中产生微裂纹。

### 发明内容

[0008] 存在一种需求,以提供一种有效的装置来修复硅基光伏太阳能电池,抵消光照下的效率的劣化,而同时保持处理过的电池的机械完整性和光电性能。

[0009] 倾向于通过提供一种至少一个硅基光伏太阳能电池的修复装置以满足该需求,所述装置包括光伏太阳能电池的支撑体,以及在光伏太阳能电池中产生电荷载流子的装置。该装置还包括箱体,该箱体装满液体,并且所述支撑体配置为将光伏太阳能电池放置在液体中的。

[0010] 还提供了一种修复至少一个硅基光伏太阳能电池的方法,该方法通过在电池中产生电荷载流子抵消光照下的效率劣化。该方法包括,当在光伏太阳能电池中产生电荷载流子时,所述光伏太阳能电池被浸入在液体中,以便将光伏太阳能电池的温度调节至一个在50℃-230℃的温度范围内的目标温度值或者温度范围。

## 附图说明

[0011] 下面对本发明给出的具体实施例的描述将使得其他优点和特征变得更加清楚明显,本发明给出的具体实施例仅为非限制性目的的示例,并在附图中示出,其中:

[0012] 图1至图4和图6为根据不同实施例的装置的横截面示意图;

[0013] 图5为图4所示装置的俯视图。

## 具体实施方式

[0014] 下面描述的修复硅基光伏太阳能电池的装置与现有技术不同点尤其在于,该装置提供一种元件,当实施修复方法时,该元件使所述光伏太阳能电池的温度能够调节以增加经处理的电池的修复动力。

[0015] 根据如图1所示的特定实施例,一个硅基光伏电池的修复装置包括至少一个光伏太阳能电池2的支撑体1。所述修复装置还包括在光伏太阳能电池2中产生电荷载流子的装置3,和优选地一个热源(未示出),其配置为加热光伏太阳能电池2。

[0016] 电荷载流子产生装置3例如可包括照射光伏太阳能电池2的光源,和/或向光伏太阳能电池2注入电流的装置。在图1中,电荷载流子产生装置3表示成一个光源3b,其通过一个光束3f照射光伏太阳能电池2。电荷载流子产生装置3还可构成所述修复装置的热源。例如,卤素灯即可以构成电荷载流子产生装置又可以构成热源。

[0017] 所述修复装置使光伏太阳能电池2被加热,同时向光伏太阳能电池2注入电荷载流子以修复在光照下受效率劣化影响的所述电池。

[0018] 为了增加修复效率并加速它的动力,所述装置包括箱体4,配置为装满液体5。支撑体1还配置为将光伏太阳能电池2放置在液体5中。特别地,电池完全浸在液体5中。箱体4包括底面4-f和侧壁。在特定的实施例中,所述侧壁包括布置在与箱体4的第一端齐平的第一侧壁4-1,以及布置与第二端齐平的第二侧壁4-2,第一端与第二端在太阳能电池2排列的纵向4-a上相对。

[0019] 当注入电荷载流子时,包含当注入大量的载流子时,具有箱体4修复装置有利地使光伏太阳能电池2的温度有效地和均匀地消散。载流子的大量注入能够加速修复动力,从而减少光伏电池的处理时间。由于液体5将光伏电池2淹没,由电荷载流子的注入量产生的温度上升被有效地消散,实现了光伏太阳能电池的温度调节,同时避免了热机械应力的问题。

因此修复装置能够进行快速有效地修复硅基光伏电池,同时保存所述电池的机械完整性。

[0020] 在上述实施例中,所述修复装置优选地包括一个热源,其配置为加热光伏太阳能电池。然而,热源是可选的;光伏太阳能电池也可以仅由液体5直接加热。

[0021] 如图2所示的特定实施例中,修复装置的箱体4包括液体5的温度的调节器6。调节器6可包括例如热电装置或电阻加热器,热电装置或电阻加热器设置在箱体4的壁中并由在图2中未示出的控制电路进行控制。

[0022] 调节器6使箱体4中液体5的温度能够被精确地控制并因此使光伏太阳能电池2的温度能够被精确地控制。从而当进行电荷载流子注入时,调节器6将光伏太阳能电池2的温度调节至一个目标温度值或温度范围。有利地,液体5的温度的调节器6配置为将光伏太阳能电池2的温度调节至一个特定的温度值(例如170℃),或在一个特定的温度范围内(例如在120℃~190℃)。无论调节是否涉及一个给定的温度值或温度范围,目标温度值或温度范围仍始终保持在50℃-230℃的温度范围内。对于硅基光伏电池,修复效果实际上仅在电池的温度位于这个温度范围内时才能够实现。因此50℃-230℃的温度范围使光伏电池能够实现快速有效地修复,消除在光照下的效率的劣化效应,同时保持经处理的电池的光电性能。

[0023] 为了精确地控制液体5和/或光伏太阳能电池2的温度,还可以在装置的整个度上装配热电偶。

[0024] 如图3所示的特定实施例中,箱体4包括循环装置7,使液体5在箱体4中循环流动。液体5的循环装置7包括第一导管7c-1和第二导管7c-2,第一导管7c-1和第二导管7c-2在它们的一个端部彼此连接。第一导管7c-1可通过形成在第一侧壁4-1的开口连接到箱体4。第二导管优选地通过形成在第二侧壁4-2的开口连接到箱体4。为了使液体5在箱体4中循环流动,例如第一导管7c-1可包括第一泵7p-1,配置为从箱体4吸入液体到第二导管7c-2,第二导管7c-2包括第二泵7p-2。第二泵7p-2配置为将液体5注入箱体4。第一导管7c-1和第二导管7c-2的配置使液体5在箱体4中沿着纵向轴线4-a流动。

[0025] 液体5在箱体4中的流动有利于使箱体4中液体5的温度更加均匀,从而能够更好地消散从光伏太阳能电池2散发到液体5的热量。在有利的方式中,循环装置7连接到液体5的温度调节器6。根据本实施例,配置温度调节器6以便于控制经由第二导管7c-2注入到箱体4内的液体5的温度。优选地,温度调节器6的控制电路还包括第一泵7p-1和第二泵7p-2。有利地,所述控制电路配置为限定光伏太阳能电池2的温度或者可授予太阳能电池的温度范围。

[0026] 在有利的方式中,箱体4可以包括在箱体4的液体5中的机械搅拌电路8。优选地,该搅拌电路8与箱体4的液体5的循环装置相结合。机械搅拌装置8可以包括设置在箱体4中的至少一个螺旋桨,例如设置在一个侧壁上。箱体4也可以进一步包括一个超声换能器。超声换能器优选地位于箱体中以便尽可能接近要被处理的光伏太阳能电池2。为了不干扰超声波传播到光伏太阳能电池2,换能器优选地设置以避免在所述超声换能器和所述电池之间的任何固体障碍物,例如支撑体1。有利地,超声换能器在液体5中产生对流运动,从而引起液体的搅拌并且使它的温度均匀。此外,换能器产生超声波,可增强缺陷和杂质复合物的扩散、调整方向和分解的效应,从而进一步加速修复动力。

[0027] 根据如图4和图5所示的实施例,修复装置包括运动装置9,配置为移动在箱体4中的支撑体。运动装置9配置为使光伏太阳能电池2以与箱体4中的液体5的表面平行的方向移动。支撑体1以这样的方式成形以确保光伏太阳能电池2以稳定的方式保持在它的表面。支

撑体1的运动装置9可以是传动带式的。优选地,运动装置9可以包括第一主辊9r-1和第二主辊9r-2,支撑体1卷绕在第一主辊9r-1和第二主辊9r-2上面形成闭环9b。运动装置9还包括副辊9s,当支撑体沿闭环9b的路径发生移动时副辊9s配置为更改支撑体1的平移的轴线。如图5所示,副辊9s仅与支撑体1的边缘接触。当支撑体1发生移动时,这样的设置防止副辊9s与光伏太阳能电池2之间的任何接触。此外,两个主辊9r-1和9r-2中的至少一个是驱动辊,其配置为使支撑体1跟随闭环9b的路径移动。

[0028] 由此,修复装置的这种构造使在滚动支撑体1上例如一个接着一个或并排式排列的几个光伏电池加速修复。因此修复装置可以容易地整合在大规模生产线中。

[0029] 有利地,第一主辊9r-1为惰辊,并且第二主辊9r-2为驱动辊。在优选的方式中,所述驱动辊配置为获得与箱体4中液体的移动方向相反的支撑体1的移动方向。支撑体1和液体5的这些相对移动则使热量从光伏太阳能电池2向液体5更好地消散,增强液体5的搅拌。

[0030] 根据如图5所示的实施例,支撑体1包括贯通孔10,使液体5与位于支撑体1上的光伏太阳能电池2的表面接触。当电池浸入在箱体4中时,支撑体1的这种构造增加了光伏太阳能电池2与液体5之间的接触表面。然后,液体5与光伏太阳能电池2之间的接触表面的增加有利于确保电池2和液体5之间更好的热交换。此外,有利地,采用具有比光伏太阳能电池的热导率 $\lambda_c$ 更高的热导率 $\lambda_s$ 的材料形成支撑体1。优选地,采用弹性不锈钢网形成支撑体1。

[0031] 有利地,所述修复装置包括通用控制电路(图中未示出),其配置为控制:

[0032] -箱体4中的液体5的温度调节器6;

[0033] -装置3,配置为产生注入到光伏太阳能电池2内的电荷载流子。

[0034] 通用控制电路配置为将光伏太阳能电池2的温度调节至一个稳定值或无温度,其在50°C-230°C的温度范围内,有利地,在120°C-210°C的温度范围内。优选地,通用控制电路还控制支撑体1在箱体4中的移动速度和搅拌装置的速度。

[0035] 如图1至图4所示,电荷载流子产生装置3包括光源3b,涉及为照射光伏太阳能电池2。光源3b可以包括产生波长介于300-1300nm的入射光束的单色灯。光源3b也可以包括卤素灯或氙灯以产生白光。优选地,光源3b配置为提供强烈的光照,使光伏电池接收大于 $0.05\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ 的光照。有利地,光源3b还可以包括一个激光源,产生强烈的光照。与其他光源相比,使用激光源有利于降低功耗。

[0036] 根据如图6所示的特定实施例,光源3b包括一个设置于光伏太阳能电池和光源3b之间的光系统3b'。例如,当光源3b为激光源时,有利地,使用发散透镜作为光系统3b'。因此,发散透镜使光伏太阳能电池的表面接收的光照增加。另一方面当光源由卤素灯或由单色灯形成时,有利地,使用一个会聚透镜作为光系统集中光束,并增加由光伏太阳能电池2接收的光照强度。

[0037] 根据图中未示出的实施例,电荷载流子产生装置3可以包括向光伏太阳能电池2内注入电流的装置。例如,修复装置包括连接到电位差源的尖探针。所述尖探针配置为与光伏太阳能电池2接触,以向光伏太阳能电池2注入电流。注入电流的装置可以包括移动尖探针的装置,其配置为使尖探针和支撑体1具有相同的运动。因此,尖探针可以认为成相对于运动中的光伏太阳能电池2是固定的元件。

[0038] 光伏太阳能电池的传统修复方法是通过在常规炉(或加热板)中加热电池同时在电池中产生一些电荷载流子。然而这种装置不能使由产生电荷载流子时输入的热量进行充

分有效的消散。电池的强烈照射,对于电池的快速修复是必不可少的,事实上确实势必引起光伏太阳能电池的温度的大量增加,这在传统的方法中是非常难以控制和调节至所需的温度。

[0039] 根据至少一个硅基光伏太阳能电池的修复方法的特定实施例,消除在光照下的效率劣化效应,减轻了在电池中产生电荷载流子的步骤的压力。

[0040] 优选地,该方法使用如图1至图6中所示的上述的一个修复装置。修复方法包括提供至少一个由硅基(非晶硅,单晶硅或多晶硅)基片或有源层制成的光伏太阳能电池2的步骤。修复方法在所述电池2中产生电荷载流子时将光伏太阳能电池2浸入在液体5中,以便将光伏太阳能电池2的温度调节至一个目标温度值或范围,其在50℃-230℃的温度范围内,有利地,在120℃-210℃的温度范围内。通过热源或电荷载流子产生装置3(例如通过卤素灯)可以加热光伏太阳能电池2。优选地,为了实施该方法,使用包括液体5的温度调节器6的修复装置。

[0041] 实际上,依照产生装置3的类型而定,通过输入光照或电流,液体5可透过发射的光束,也可以是电绝缘的。优选地,将电荷载流子注入到光伏太阳能电池2内的产生装置3包括光源3b,并且液体5可透过由所述光源3b发射的光束3f。

[0042] 液体5可以根据液体的物理化学性质选择,尤其是比热容、汽化潜热、导热性和粘度。

[0043] 有利地,液体5不存在任何毒性问题,并且不会影响硅基光伏太阳能电池的性能。此外,光伏太阳能电池2上液体5的润湿性标准也是一项应该考虑在内的标准。这个标准实际上可以在液体5和光伏太阳能2之间确保有效的热传递中发挥作用。有利地,液体5与电池2的润湿角小于90°,优选地约45°。为了实施修复方法,有利地,选择具有调节光伏太阳能电池温度的作用的液体5,以便在修复处理中不会蒸发。因此对所使用的液体的选择与上面设定的标准是密切相关的,而且与实施的修复方法所在的温度范围密切相关。如前面所述,优选地,修复方法在一个在50℃-230℃的温度范围内的目标温度值或温度范围实施。在有利的方式中,液体5的沸点温度完全高于100℃,优选地,温度高于或等于约230℃。

[0044] 例如,液体5可以从热传递液体族中选择。这种类型的液体通过在它的环境中调节温度的能力来区分。有利地,液体5是乙二醇或甘油。乙二醇是一种无毒的热传递液体,沸点温度为198℃。甘油是一种无毒的液体,沸点温度为290℃,然而它却在高于171℃的温度就开始分解。

[0045] 此外,液体5可以是可溶性切削油,其主要包括矿物油、乳化剂和水。切削油具有有趣的物理特性。实际上切削油通常是透明的并且具有与水接近的粘度。此外,这种液体具有有趣的冷却能力,并且它在温度超过100℃时保持在液体状态。

[0046] 有利地,修复方法能够缓解在电荷载流子产生步骤中的压力,以增加光伏电池的修复动力,弥补在光照下的效率劣化效应。因此,该方法能够增加电池中产生电荷载流子的强度,同时将温度调节至适合于获得稳定的复原的温度。

[0047] 例如,光伏太阳能电池修复装置是根据本发明制作的。电荷载流子产生装置由卤素灯形成,使光伏太阳能电池接收强度为 $3\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ 的光照。使用传统的修复装置,当光伏太阳能电池接收光照强度超过几个十分之一的 $\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ 时,光伏太阳能电池的温度不能保持在低于145℃的温度。

[0048] 对于所述修复方法,使用能够调节温度的乙二醇以将经处理的电池的温度调节至基本上等于145℃的温度。根据本发明的方法,使用一个光照强度( $3\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ )仅经过4分钟的处理后就能使电池修复。为了比较的目的,根据现有技术的修复方法,复原装置花费了10到40小时的处理时间。这些实验是在 $0.1\text{W}\cdot\text{cm}^{-2}$ 的光照下通过将电池加热到150℃-180℃的温度范围内进行的。

[0049] 此外,上述的修复装置和方法可以适配置为一个或多个光伏太阳能电池,光伏太阳能电池可以被放置在一个模块中或不在一个模块中。

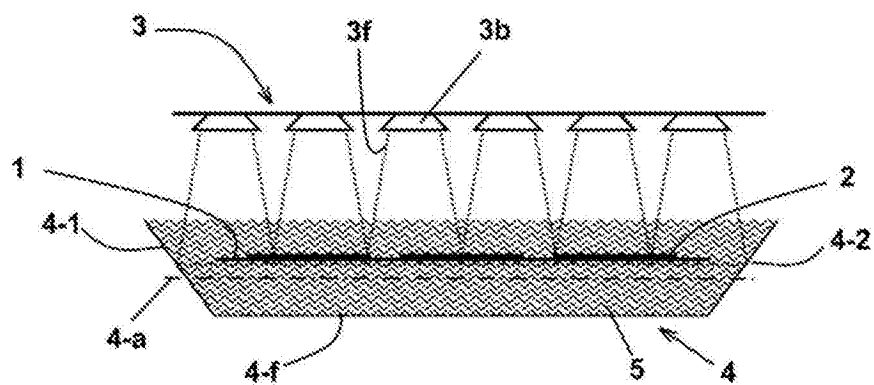


图1

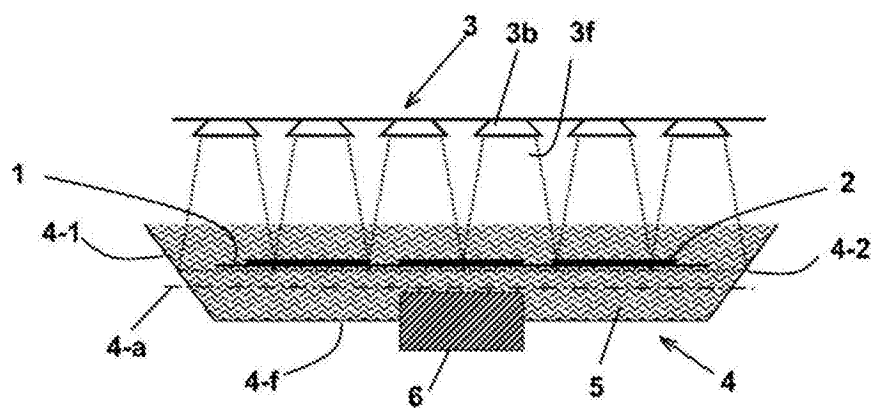


图2

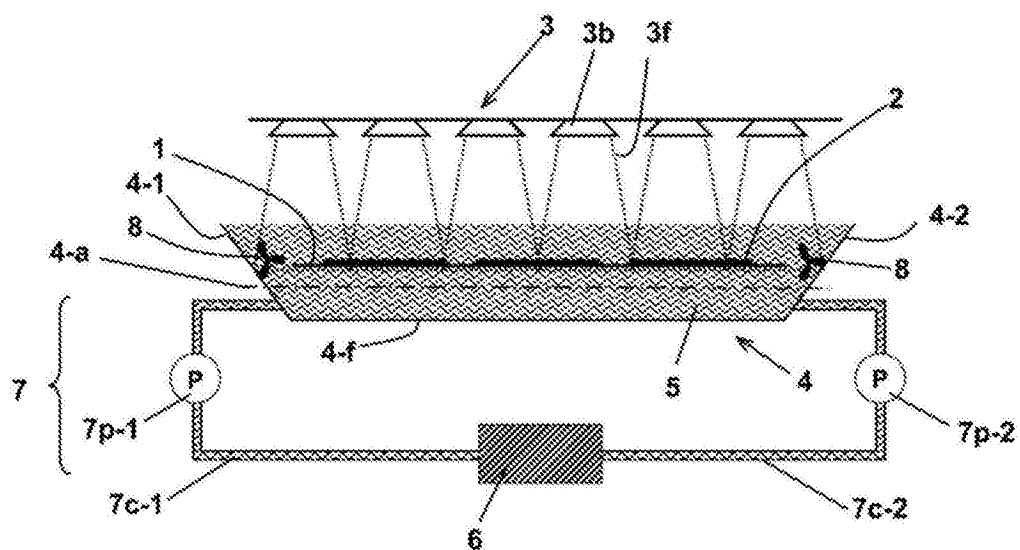


图3



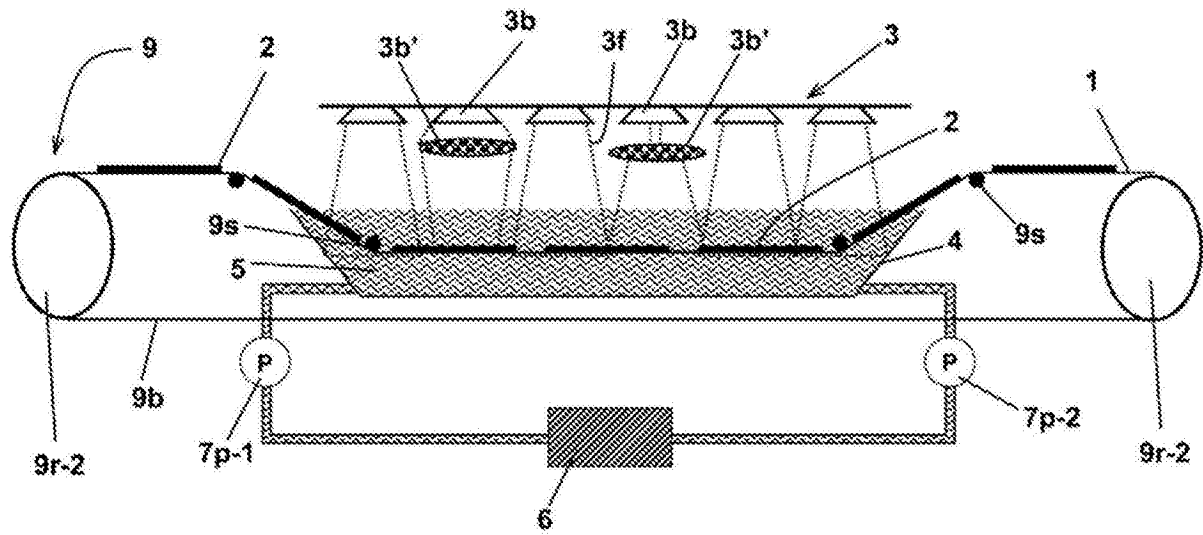


图6