



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112002775 B

(45) 授权公告日 2024. 11. 08

(21) 申请号 202010934149.2

H01L 31/0224 (2006.01)

(22) 申请日 2020.09.08

H01L 31/048 (2014.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

H01L 31/052 (2014.01)

申请公布号 CN 112002775 A

H02J 50/30 (2016.01)

(43) 申请公布日 2020.11.27

(56) 对比文件

(73) 专利权人 中国科学院力学研究所

CN 212485344 U, 2021.02.05

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

审查员 鲁文彬

(72) 发明人 吴臣武 常瑞廷

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理

事务所(普通合伙) 11390

专利代理师 焦海峰

(51) Int. Cl.

H01L 31/042 (2014.01)

H01L 31/0216 (2014.01)

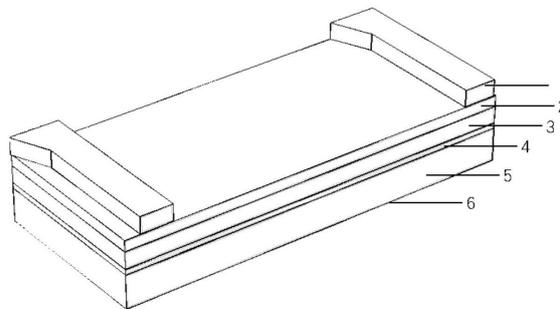
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

一种激光无线充电接收端

(57) 摘要

本发明公开了一种激光无线充电接收端,包括石墨烯封装的单晶硅光电池,所述石墨烯封装的单晶硅光电池设置为由电极和电池层组成的光电池,电极是由多层石墨烯构成透明电极,透明电极设置在电池层的顶端;电池层自上而下依次设置有上表面钝化层、发射区、空穴传输层、硅型衬底、银基板;发射区设置为单晶硅电池的n型掺杂区或p型掺杂区;空穴传输层是由单层石墨烯构成的,空穴传输层插设在单晶硅电池的n型掺杂区和p型掺杂区之间,通过空穴传输层将光电池的p-n结转化为p-i-n结,吸收光子并转化为载流子。本发明中接收端可以稳定在高能量密度激光辐照环境工作,并进行高效率的单色光光电转化,将显著提高激光无线充电系统效率和稳定性。



1. 一种激光无线充电接收端,其特征在于,包括石墨烯封装的单晶硅光电池,所述石墨烯封装的单晶硅光电池设置为由电极和电池层组成的光电池,所述电极是由多层石墨烯构成透明电极,透明电极设置在电池层的顶端;

所述电池层自上而下依次设置有上表面钝化层、发射区、空穴传输层、硅型衬底、银基板;

所述发射区设置为单晶硅电池的n型掺杂区或p型掺杂区;

所述空穴传输层是由单层石墨烯构成的,通过将空穴传输层插设在单晶硅电池的n型掺杂区和p型掺杂区之间,在石墨烯界面上形成了肖特基势垒,将光电池的p-n结转化为p-i-n结,吸收光子并转化为载流子,通过降低复合速率并阻断电子激发跃迁,提高空穴的传输速率。

2. 根据权利要求1所述一种激光无线充电接收端,其特征在于,所述透明电极的相邻两层石墨烯之间形成“魔角”,即两层单个原子厚度的石墨烯堆叠在一起,控制二者之间的扭转角度达到 1.1° 。

3. 根据权利要求1或2所述一种激光无线充电接收端,其特征在于,所述透明电极设置为光栅状结构,通过光栅状结构的透明电极同时激发F-P共振和波导共振,两者相互叠加,产生一系列不规则的共振吸收峰。

4. 根据权利要求1所述一种激光无线充电接收端,其特征在于,所述光电池表面光栅常数的确定步骤为:

根据激光辐照过程中激光波长 λ ,入射光线的入射角 θ_i ,衍射角 θ_m ,代入光栅方程 $d(\sin\theta_i + \sin\theta_m) = m\lambda$,确定光栅常数d。

5. 根据权利要求1所述一种激光无线充电接收端,其特征在于,所述光电池表面复合率S与电极分布密度D之间呈现负相关,即

$$S \propto \frac{1}{D}$$

通过提高电极分布密度,降低复合率,进而提高光电转化效率。

6. 根据权利要求1所述一种激光无线充电接收端,其特征在于,通过选择光电池材料对应带隙宽度的激光功率,当p-i-n结主体材料的带隙是d,则选择对应带隙宽度的激光波长 λ ,两者的关系是 $\lambda = 1242/d$,根据关系式选择适合的单色光激光发射器和相应波长的单色激光。

7. 根据权利要求1所述一种激光无线充电接收端,其特征在于,所述上表面钝化层是对光电池表面进行钝化,具体为通过化学沉积法,在光电池表面形成稳定的固态薄膜。

8. 根据权利要求1所述一种激光无线充电接收端,其特征在于,还设置有呈网格状的固定充能板和固定器,

通过固定充能板将多块单光电池块组装在一起,相邻单光电池块之间彼此预设空隙,通过该空隙安装电路导线和相变材料,通过电路导线收集光电池转化形成的电能;通过相变材料传递多余热量;

所述固定器设置为卡扣,通过卡扣将光电池和固定充能板牢固连接。

9. 一种激光无线充电系统,采用权利要求8所述一种激光无线充电接收端,其特征在

于,包括激光器,发射端通过激光器发射单色光激光,远距离传输光能,接收端通过激光无线充电接收端接收激光辐照,将光能转化为电能,实现能量转换。

10.根据权利要求9所述的一种激光无线充电系统,其特征在于,在电池接收端设立定位系统,在动态情况下,激光器根据电池位置发射捕捉光电池的激光,实现动态情况下的充电。

一种激光无线充电接收端

技术领域

[0001] 本发明属于无线充电设备技术领域,具体涉及一种激光无线充电接收端及系统。

背景技术

[0002] 激光无线充电技术是指利用激光束和光电池实现远距离、高功率无线充电技术,该技术的关键在于维持高功率激光辐照光电池的光电转化效率和稳定性。由于激光辐照光电池的过程中存在着热耗散过程,热耗散使电池材料升温又会引起改变电池材料带隙、缩短载流子寿命等机制,从而降低光电转化效率,使用过程中随着光电转化效率降低,造成更多光能耗散成热能,升温效应进一步加剧,这种耦合作用会导致光电池暂时或永久失效。

[0003] 在提高光电池实现光电转化过程中,透明电极作为光电池必不可少的组成部分,其性能直接影响太阳能电池的光利用率。

[0004] 现有的申请公布号为CN104696173A的发明专利公开了一种激光无线传输能量的储热发电装置。该储热发电装置通过高温相变储热盒来吸收热能,提高整个装置的工作稳定性。

[0005] 现有的申请公布号为CN105576130B的发明专利公布了一种有机光电池,该种有机光电池电极材料主要采用的是氧化铟锡(ITO),氟掺杂的氧化锡(FTO)和掺杂的氧化锌。其具有光学透明性,一方面光可以透过电极材料,另一方面光电转化形成的电流可通过电极流出。ITO是一种由约90%的 In_2O_3 和约10%的 SnO_2 组成的n型掺杂半导体材料。

[0006] 上述现有技术分别主要存在以下缺陷:1)相变材料储热性能良好但导热性能有限,高功率激光辐照时会造成电池局部温度较高,导致光电池局部失效。2)目前常用的商业化ITO随光透过率增加,面电阻值变大,为提高光电池的效率,一方面要提高透明电极的光透过率(有效波长范围),另一方面则应减小电极本身的电阻。而这两个指标要求存在矛盾关系。3)目前高功率聚光型光电池的散热技术主要集中在被动散热,一方面光电转化过程中很大一部分光能转化成了热能,造成了能量的浪费,光电转化效率较低;另一方面没有从光电转化过程中光电池自身进行改造,针对光电转化过程中能量变化没有较好的分析利用。

发明内容

[0007] 针对现有技术中存在的问题,本发明的目的在于提供一种激光无线充电接收端,是一种光电池的封装技术,其优势在于能够提高光电池的光电转化效率、降低损耗、并使热能快速扩散出去。

[0008] 本发明采取的技术方案为:

[0009] 一种石墨烯封装的单晶硅光电池,包括电极、电池层,所述电池层包括电池自身的各层材料和空穴传输层,所述电极是由多层石墨烯构成的透明电极,所述空穴传输层是耗尽层在原来的基础上进一步改进封装,在原耗尽层上增加单层石墨烯形成的,所述电池各层材料包括单晶硅电池的n型掺杂区、p型掺杂区、硅型衬底、底部铝制底板。

[0010] 一种激光无线充电接收端,包括石墨烯封装的单晶硅光电池,所述石墨烯封装的单晶硅光电池设置为由电极和电池层组成的光电池;

[0011] 所述电极是由多层石墨烯构成透明电极,透明电极设置在电池层的顶端,更为具体的是,两块透明电极分别设置在电池层的两侧顶端;

[0012] 所述电池层自上而下依次设置有上表面钝化层、发射区、空穴传输层、硅型衬底、银基板;

[0013] 所述发射区设置为单晶硅电池的n型掺杂区或p型掺杂区;

[0014] 所述空穴传输层是在原来耗尽层的基础所做的进一步改进封装,在原耗尽层上增加单层石墨烯,石墨烯由于具有较高的载流子迁移率,通过将空穴传输层插在单晶硅电池的n型掺杂区和p型掺杂区之间,在器件结构方面,在石墨烯界面上形成了肖特基势垒,通过降低复合速率并阻断电子激发跃迁,可以提高空穴的传输速率,将光电池的p-n结转化为p-i-n结,吸收光子并转化为载流子。

[0015] 通过上述技术方案,在光电转化过程形成的电流,在流经电极处损耗较低。在光电池光电转化过程中,通过调节空穴传输层的宽度,提高载流子的收集率,提高电池的热扩散率,防止由于激光辐照过程中光电池由于局部温度过高导致的光电池失效。

[0016] 通过上述技术方案,利用多层石墨烯构成光电池的电极,由于石墨烯具有高光透过率、低电阻的特点,激光辐照过程中有更多的光子透过电极,提高了光电转化效率,同时降低光电池电极阻值,减少电能传输过程中的电能损失。

[0017] 进一步的,所述透明电极的相邻两层石墨烯之间形成“魔角”,即两层单个原子厚度的石墨烯堆叠在一起,控制二者之间的扭转角度达到 1.1° ,在这种条件下保证电极材料导电性最强。

[0018] 进一步的,所述空穴传输层是在原来耗尽层的基础上所做的进一步改进封装,在原耗尽层上增加单层石墨烯,将光电池原本的p-n结转化为p-i-n结。p-n结由于势垒厚度较薄,光灵敏度度较小,p-i-n结由于势垒厚度较大,能够吸收大量光子,并转化为载流子,能够在一定程度上提高光电池光电转化效率。

[0019] 进一步的,所述透明电极设置为光栅状结构,通过光栅状结构的透明电极同时激发F-P共振和波导共振,两者相互叠加,产生一系列不规则的共振吸收峰,从而增强光学吸收率,因而光栅结构具有最佳的光学吸收特性。

[0020] 进一步的,所述光电池表面光栅常数的确定步骤为:

[0021] 根据激光辐照过程中激光波长 λ ,入射光线的入射角 θ_i ,衍射角 θ_m ,代入光栅方程 $d(\sin\theta_i + \sin\theta_m) = m\lambda$,确定光栅常数d。

[0022] 进一步的,制定石墨烯透明电极,缩小电极之间的距离,在具有高光吸收率的同时,也要考虑太阳电池的复合效应,通过时域有限差分方法(FDTD)对比计算可得,与平板型结构和减反射层结构相比,电极结构表面积增大,因而表面复合增大,表面复合的增加会抑制光学吸收增强所带来的增益,通过缩小电极之间的距离,载流子能更好地流入电极,从而提高光电转化效率,所述光电池表面复合率S与电极密度D之间呈现负相关,即

$$[0023] \quad S \propto \frac{1}{D}$$

[0024] 通过降低电极间距,提高电极分布密度,复合效应减少,复合率降低,在很大程度上

上提高了光电转化效率。

[0025] 进一步的,通过选择光电池材料对应带隙宽度的激光功率,当p-i-n结主体材料的带隙是d,则选择对应带隙宽度的激光波长 λ ,两者的关系是 $\lambda=1242/d$,根据关系式选择适合的单色光激光发射器和相应波长的单色激光。

[0026] 进一步的,由于晶体硅电池少数载流子的寿命很大程度上取决于硅片表面状态,为提高光电转化效率,减轻光电池表面复合作用,需要对光电池表面进行钝化。所述上表面钝化层是对光电池表面进行钝化,具体为通过化学沉积法,在光电池表面形成稳定的固态薄膜。

[0027] 为了减少入射光的透射损耗,采用银基底作为背反射层,既能反射到达背面的入射光,增强光学吸收,又能作为太阳能电池电极。

[0028] 一种激光无线充电接收端,采用所述一种石墨烯封装的单晶硅光电池,设置有呈网格状的固定充能板,通过固定充能板将多块单光电池块组装在一起,即每个单光电池块镶嵌在固定充能板的电池格中,在相邻电池格之间安装有相变材料,针对光电转化过程中产生的多余热量能量有效传递,避免电池由于局部温度过高造成失效。且相邻单光电池块之间彼此预设空隙,留给电路导线位置,通过该空隙安装电路导线,通过电路导线收集光电池转化形成的电能,使光电池转化形成的电能能够有效流出。

[0029] 进一步的,为保证光电池与电池板之间的连接足够紧密,在光电池表面还设置有固定器,固定器设置为卡扣,通过卡扣将光电池和固定充能板牢固连接,防止光电池由于连接不够牢固造成脱落。

[0030] 将单块电池有比较大的受光面积,增大单束激光的吸收率,提高光子被电池吸收的概率,增大光电转化效率。在固定充能板(电池板)上可镶嵌多块相同大小的光电池,光电池彼此之间有很大的空隙,表面主要由薄膜材料构成,增加散热效果。

[0031] 一种激光无线充电接收端,即为一种单色激光充能系统的接收端,其优势是具有较高的光电转化效率。

[0032] 在电池接收端设立定位系统,在动态情况下,激光器可根据电池位置发射捕捉光电池的激光,实现动态情况下的充电。

[0033] 一种激光无线充电系统,采用所述一种激光无线充电接收装置,包括激光器,发射端通过激光器发射单色光激光,远距离传输光能,接收端通过激光无线充电接收端接收激光辐照,将光能转化为电能,实现能量转换。

[0034] 在电池接收端设立定位系统,在动态情况下,激光器根据电池位置发射捕捉光电池的激光,实现动态情况下的充电。

[0035] 本发明的有益效果为:

[0036] 本发明提出了一种激光无线充电技术,并提出了一种高性能接收端封装原理和方法,使接收端可以稳定在高能量密度激光辐照环境工作,并高效率的单色光光电转化,激光动态捕捉电池位置,减少激光传输过程中的耗损,将显著提高激光无线充电系统效率和稳定性。

附图说明

[0037] 图1是实施例1中石墨烯封装的单晶硅光电池的结构示意图;

- [0038] 图2是实施例2中一种激光无线充电接收端的结构示意图；
- [0039] 图3是实施例2中一种激光无线充电接收端的正视图；
- [0040] 图4是实施例2中的激光器结构示意图；
- [0041] 图5是实施例3中一种激光无线充电系统的室外场景电池应用图；
- [0042] 图6是实施例3中一种激光无线充电系统的室内场景电池应用图；
- [0043] 附图标记：1、透明电极；2、上表面钝化层；3、发射区；4、空穴传输层；5、硅型衬底；6、银基板；7、单光电池块；8、固定充能板；9、固定器；10、激光器；11、搭载无线充电接收端的汽车；12、载无线充电接收端的红绿灯；13、信号发射器；14、载无线充电接收端的各种室内用电器。

具体实施方式

- [0044] 下面结合附图进一步说明本发明。
- [0045] 实施例1
- [0046] 如图1所示，一种激光无线充电接收端电池剖面图，即一种石墨烯封装的单晶硅光电池，包括单晶硅电池的主要结构和透明电极1。
- [0047] 所述电极是由多层石墨烯构成透明电极1，透明电极1设置在电池层的顶端；
- [0048] 所述电池层自上而下依次设置有上表面钝化层2、发射区3、空穴传输层4、硅型衬底5、银基板6；
- [0049] 所述发射区3设置为单晶硅电池的n型掺杂区或p型掺杂区；
- [0050] 所述空穴传输层4是由单层石墨烯构成的，空穴传输层4插设在单晶硅电池的n型掺杂区和p型掺杂区之间，通过空穴传输层4将光电池的p-n结转化为p-i-n结，吸收光子并转化为载流子。
- [0051] 如图1所示，单晶硅电池表面附着由多层石墨烯组成的透明电极1，对单色激光具有较好的透光性，能够吸收更多的光子，有利于电能的转化，另一方面由于多层电极具有较低的电阻率，能够有效提高光电池的光电转化过程中的电能损耗。
- [0052] 透明电极的相邻两层石墨烯之间形成“魔角”，即两层单个原子厚度的石墨烯堆叠在一起，控制二者之间的扭转角度达到 1.1° 。
- [0053] 如图1所示，从剖面图可知，光电池的光栅常数及光栅形状主要是由入射激光的波长、入射角、衍射角所决定的。
- [0054] 透明电极设置为光栅状结构，通过光栅状结构的透明电极同时激发F-P共振和波导共振，两者相互叠加，产生一系列不规则的共振吸收峰。
- [0055] 光电池表面光栅常数的确定步骤为：
- [0056] 根据激光辐照过程中激光波长 λ ，入射光线的入射角 θ_i ，衍射角 θ_m ，代入光栅方程 $d(\sin\theta_i + \sin\theta_m) = m\lambda$ ，确定光栅常数d。
- [0057] 光电池表面复合率S与电极距离D之间呈现负相关，即
- [0058]
$$S \propto \frac{1}{D}$$
- [0059] 通过提高电极间距，降低复合率，进而提高光电转化效率。
- [0060] 通过选择光电池材料对应带隙宽度的激光功率，当p-i-n结主体材料的带隙是d，

则选择对应带隙宽度的激光波长 λ ,两者的关系是 $\lambda=1242/d$,根据关系式选择适合的单色光激光发射器和相应波长的单色激光。

[0061] 上表面钝化层2是对光电池表面进行钝化,具体为通过化学沉积法,在光电池表面形成稳定的固态薄膜。

[0062] 如图1所示,从剖面图可知,光电池的主要结构由透明电极1、上表面钝化层2、发射区3、空穴传输层4、硅型衬底5、银基板6组成,其中底部银基板6的作用是加速散热,反射到达背面的入射光,增强光学吸收,并作为电极。

[0063] 电池左右两侧绝缘,在激光辐照条件下,导热系数等效结果由每一层的厚度和导热系数决定,根据热阻串并联原理,等效导热系数为

$$\begin{aligned} \frac{1}{\lambda_e} &= \frac{x_1}{\lambda_1(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5)} + \frac{x_2}{\lambda_2(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5)} \\ [0064] \quad &+ \frac{x_3}{\lambda_3(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5)} + \frac{x_4}{\lambda_4(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5)} \\ &+ \frac{x_5}{\lambda_5(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5)} \end{aligned}$$

[0065] 太阳能电池,由于前面和背面的电极和接触,以及材料本身具有一定的电阻率,基区和顶层都不可避免的要引入附加电阻。流经负载的电流,经过它们时,必然引起损耗。在等效电路中,可将它们的总效果用一个串联电阻 R_{cell} ,太阳电池的阻值可表示为

$$[0066] \quad R_{cell} = \sum_{i=1}^m \frac{\rho_i t_i}{S_i}$$

[0067] 其中,太阳电池共 m 层材料, ρ_i 为电池各层材料的电阻率, t_i 为各层材料的厚度, S_i 为各层材料的横截面积。

[0068] 光电转化过程形成的电流,在流经电极处损耗较低。在光电池光电转化过程中,通过调节空穴传输层的宽度,提高载流子的收集率,提高电池的热扩散率,防止由于激光辐照过程中光电池由于局部温度过高导致的光电池失效。

[0069] 通过上述电池结构,该种激光无线充电接收端能够较好地收集激光光能,减少光能损失,提高光电转化效率,避免由于局部过热造成的光电池失效,提高了光电池工作过程中的可靠性和稳定性。

[0070] 实施例2

[0071] 在实施例1的基础上,不同于实施例1,实施例2如图2、3、4所示,一种激光无线充电接收端,还设置有呈网格状的固定充能板8,通过固定充能板8将多块单光电池块7组装在一起,相邻单光电池块7之间彼此预设空隙,通过该空隙安装电路导线和相变材料。

[0072] 还设置有固定器9,固定器9设置为卡扣,通过卡扣将光电池和固定充能板8牢固连接。

[0073] 通过增加固定充能板8,实现多块电池同时接受光能,提高光的辐照面积,增加光子接收的效率。

[0074] 如图3所示,固定充能板8包括多个由金属或其他导热材料制成的小容纳壳(电池仓),小容纳壳(电池仓)之间设有卡扣,保证在移动充电过程中不会造成电池板脱落。

[0075] 在固定充能板8内相邻小容纳壳之间预设空隙,在该空隙内分别设置电路导线和相变材料,电路导线使得光电池通过光电转化形成的电能能够及时快速地传到出去,另一方面通过相变材料来吸收热量,使得电池的温度维持在稳定范围内。

[0076] 通过相变材料吸热,储存一部分能量,当激光暂时没有辐照到电池表面时,相变材料通过放热可以对电池进行保温,保证电池处在光电转化最适宜的温度范围内,在下一次激光辐照的过程中,可以减少电池到达最适宜温度范围的时间,提高光电池的光电转化效率。

[0077] 如图4所示,激光器10的结构设置主要分为两部分,分别是激光器控制系统和激光器发射系统。激光器控制系统主要作与分布式激光发射系统控制系统相连接,接收电器的发射的充电需求信号,根据用电器的位置、用电量等信息选择对应的激光发射器、发射单色光波长、功率、发射方位等信息。激光发射系统主要包含工作物质、泵浦系统、谐振腔、冷却系统、滤光系统构成。激光发射系统受控制系统控制,发射相应参数的激光。

[0078] 实施例3

[0079] 在实施例1和2的基础上,不同于实施例1和2,如图5、6所示,一种激光无线充电系统,采用所述一种激光无线充电接收端置,包括激光器,发射端通过激光器发射单色光激光,远距离传输光能,接收端通过激光无线充电接收端接收激光辐照,将光能转化为电能,实现能量转换。

[0080] 如图5所示,一种激光无线充电系统,为室外搭载激光无线充电接收端电池的激光充电系统示意图,主要包含三部分,分别是信号发射器、激光发射器、各种用电器,具体为:激光器10、搭载无线充电接收端的汽车11、载无线充电接收端的红绿灯12、信号发射器13。

[0081] 如图6所示,一种激光无线充电系统,为室内搭载激光无线充电接收端电池的激光充电系统示意图,主要包含三部分,分别是信号发射器、激光发射器、各种用电器,具体为:激光器10、信号发射器13、载无线充电接收端的各种室内用电器14。

[0082] 如图5、6所示,激光无线充能系统的工作原理是,用电器自身的电量低,用电器自身信号发射系统传输给信号发射器13自身电量、具体位置等信息,通过信号发射器13将信号传递给激光器10,确定激光器10单色光发射方向、发射功率等参数,激光辐照到用电器(搭载无线充电接收端的汽车11、载无线充电接收端的红绿灯12、载无线充电接收端的各种室内用电器14)的光电池上,完成充能过程,实现激光充能过程中信号反馈与负反馈。

[0083] 用电器搭载激光无线充电接收端电池,能够有效捕捉辐照的激光能量,通过电池内部p-i-n结将光能转化为电能,并减小光电转化过程中能量损耗,避免激光辐照过程中大功率的激光造成电池局部过热引发的失效。

[0084] 以上所述并非是对本发明的限制,应当指出:对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明实质范围的前提下,还可以做出若干变化、改型、添加或替换,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

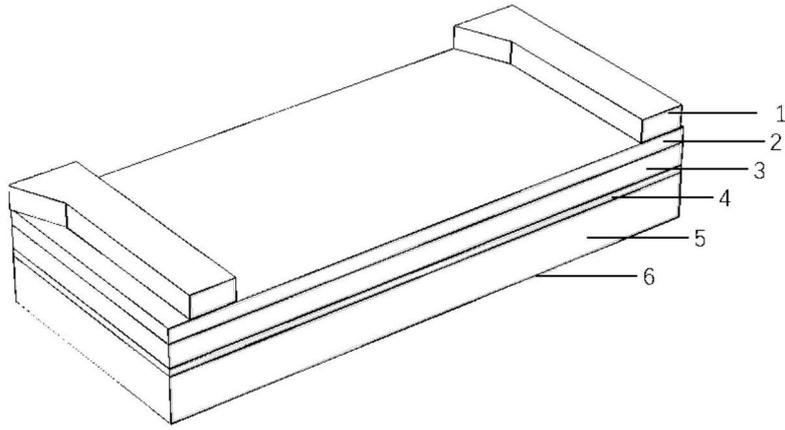


图1

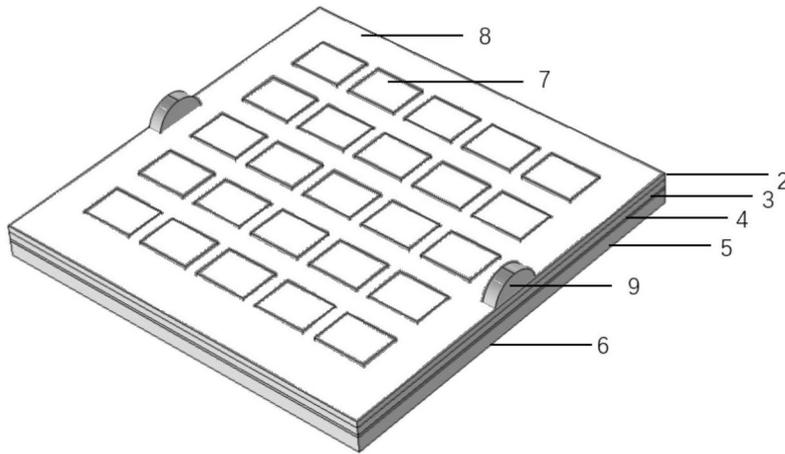


图2

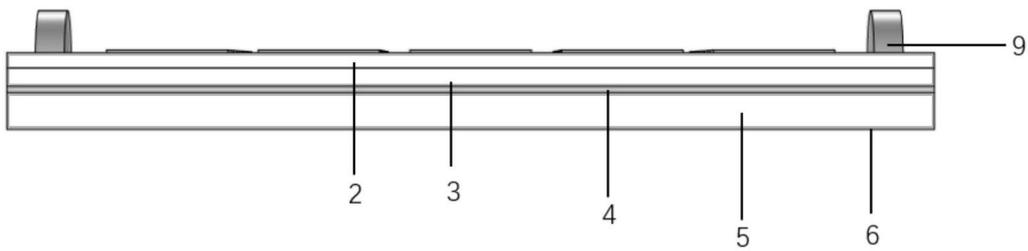


图3

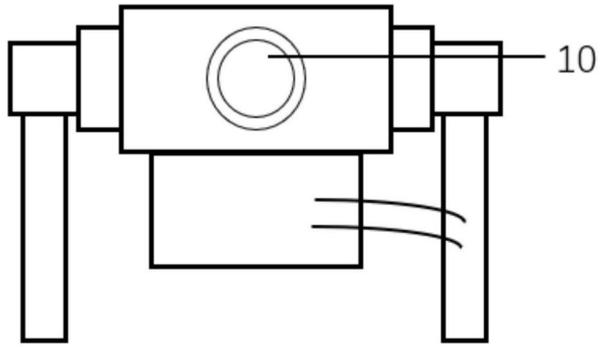


图4

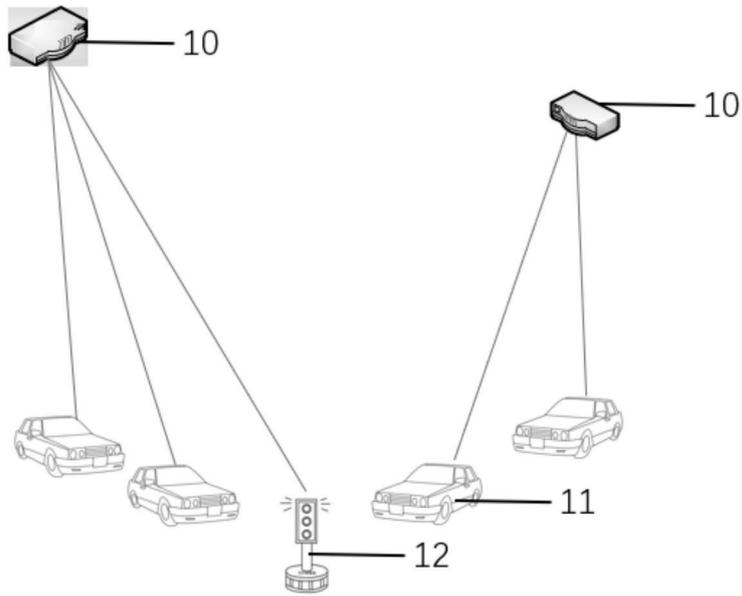


图5

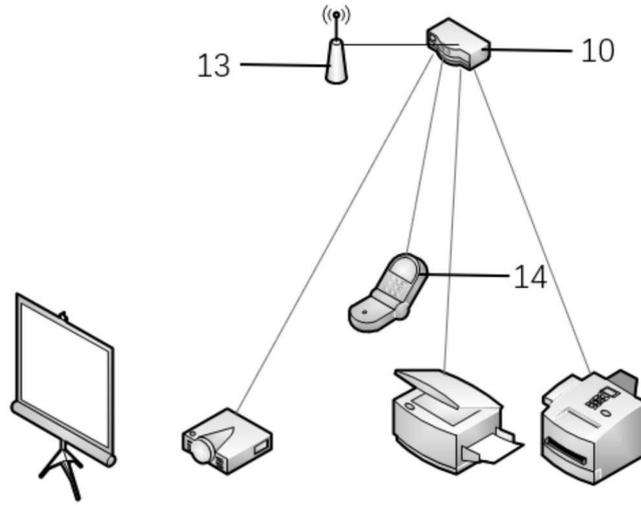


图6