



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113451424 A

(43) 申请公布日 2021.09.28

(21) 申请号 202110556323.9

(22) 申请日 2021.05.21

(71) 申请人 青岛亿恩方能源环保科技有限公司

地址 266000 山东省青岛市黄岛区前湾港  
路579号山东科技大学科技园研发1号  
楼304室

(72) 发明人 潘荣雄 唐群委

(74) 专利代理机构 青岛合创知识产权代理事务

所(普通合伙) 37264

代理人 王晓晓

(51) Int. Cl.

H01L 31/0216 (2014.01)

H02N 1/04 (2006.01)

H02S 10/10 (2014.01)

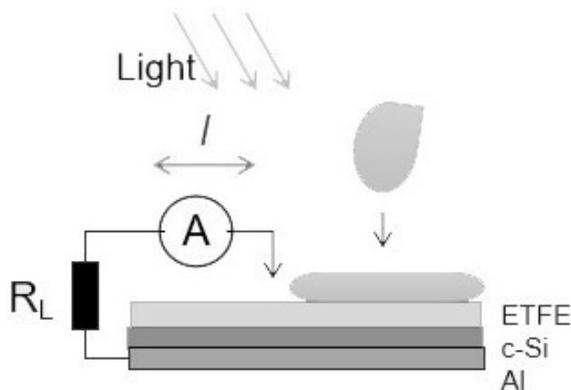
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件及其制备方法和应用

(57) 摘要

本发明提出了一种大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件及其制备方法和应用。所述制备方法通过在硅太阳能电池片上热压表面微图案化处理的高透光率和电负性的ETFE薄膜，再物理沉积阵列式的透明顶电极并与硅太阳能电池片的前电极连接，构建大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池。ETFE薄膜能够与雨滴摩擦产生静电荷，透明顶电极和硅太阳能电池的背电极感应产生感应电荷，能够产生电学输出。并且摩擦纳米发电机顶电极产生的静电场对硅太阳能电池产生的光生内建电场具有增强效应，大幅提高了电池的光电转换效率。本发明制备方法成本低，产品稳定性好、光电转换效率高以及可以高效转换太阳能和雨滴水动能，具有重要的发展前景和应用价值。



1. 一种大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件的制备方法,其特征在于:所述制备方法包括以下步骤:

(1) 将硅太阳能电池片进行清洗;

(2) 制备ETFE薄膜并清洗;

(3) 采用热压技术,用覆盖具有微纳图案的硅模板将所述步骤(2)处理后的ETFE薄膜热压在硅太阳能电池片的上表面;

(4) 在ETFE薄膜表面蒸镀阵列式的透明顶电极,并将透明顶电极与硅太阳能电池片的电极相连接,组装成混合能量采集硅太阳能电池;

(5) 将背板叠置在步骤(4)获得的混合能量采集硅太阳能电池的底部,并对四周封装构建所述大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件。

2. 根据权利要求1所述的大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件的制备方法,其特征在于,所述步骤(2)的ETFE薄膜制备方法为:将乙烯-四氟乙烯共聚物材料加热熔融,并采用流延技术制备大面积ETFE薄膜。

3. 根据权利要求1所述的大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件的制备方法,其特征在于,所述步骤(1)中硅太阳能电池片为单晶硅太阳能电池、多晶硅太阳能电池或非晶硅太阳能电池中的一种。

4. 根据权利要求1所述的大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件的制备方法,其特征在于,所述步骤(1)中硅太阳能电池片的基本结构为Al/p<sup>+</sup>-Si/Si/n<sup>+</sup>-Si/SiN/Cu。

5. 根据权利要求1所述的大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件的制备方法,其特征在于,所述步骤(2)中ETFE薄膜的厚度为0.025 mm~0.2mm。

6. 根据权利要求1所述的大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件的制备方法,其特征在于,所述步骤(3)中加热温度为250~280℃,热压时间为10~15分钟。

7. 根据权利要求1所述的大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件的制备方法,其特征在于,所述步骤(3)中热压的压力为15~50牛。

8. 根据权利要求1所述的大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件的制备方法,其特征在于,所述步骤(4)中透明顶电极的阵列与所述硅太阳能电池片的银栅电极的主栅线平行排列。

9. 权利要求1~8任一项所述制备方法制得的大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件。

10. 权利要求9所述大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件在用于制备混合能量采集或自清洁的硅太阳能电池的应用。

## 一种大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件及其制备方法 和应用

### 技术领域

[0001] 本发明属于新材料技术以及新能源技术领域,具体涉及一种大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件及其制备方法和应用。

### 背景技术

[0002] 太阳能是地球上几乎所有能源的源泉,通过设计低成本、高效率的太阳能电池将太阳能转换为电能是人类利用太阳能最直接有效的方式。商用硅基太阳能电池在过去几十年里已取得了巨大成就,但太阳能电池对天气的依赖特性和间歇性是困扰其发电量进一步提升的技术瓶颈。虽然通过完善传统结构的硅基太阳能电池可在一定范围内提高光电转换效率,但理论上太阳能电池在降雨等暗光条件下发电量很低甚至不能正常发电。因此,开发可在多种环境应用的混合能量采集太阳能电池具有重要的现实意义和使用价值。

[0003] 摩擦纳米发电机是一种可以将自然界中微小的、离散的机械能(如风能、水能、机械振动能等)转化为电能的新型微纳能源转换器件。它的工作原理是通过接触起电和摩擦起电效应使两种具有电负性差异的材料分别带上等量的异种电荷,再通过静电感应原理使背面的感应电极产生感应电荷,并在电势的驱动下使感应电极上的电荷输出至外电路,从而将机械能转化为电能。然而单个器件输出能力有限制约的摩擦纳米发电机在实际生产中的应用。因此开发能同时收集多种形式能源的复合器件是摩擦纳米发电机发展的重要方向。在实际应用中,制备混合能量采集太阳能电池通常采用的旋涂法、热固化法等不适合大面积太阳能电池的制备;同时,摩擦层材料电负性较低,需要使用复杂的表面改性加工技术,电池器件的输出电压和短路电流较低;此外,常规结构的混合能量采集太阳能电池中的摩擦纳米发电机顶电极与硅太阳能电池为物理叠层,相互之间没有相互作用,因此,硅太阳能电池的光电转换未能得到提升。

### 发明内容

[0004] 针对上述技术问题,本发明提供一种大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件及其制备方法和应用;旨在获得成本低、稳定性好、光电转换效率高以及可以高效转换雨滴水动能的混合能量采集硅太阳能电池。

[0005] 为实现上述发明目的,本发明的技术方案如下:

本发明提供了一种大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件的制备方法,所述制备方法包括以下步骤:

- (1) 将硅太阳能电池片进行清洗;
- (2) 制备ETFE薄膜并清洗;
- (3) 采用热压技术,用覆盖具有微纳图案的硅模板将所述步骤(2)处理后的ETFE薄膜热压在硅太阳能电池片的上表面;
- (4) 在ETFE薄膜表面蒸镀阵列式的透明顶电极,并将透明顶电极与硅太阳能电池

片的电极相连接,组装成混合能量采集硅太阳能电池;

(5)将背板叠置在步骤(4)获得的混合能量采集硅太阳能电池的底部,并对四周封装构建所述大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件。

[0006] 进一步的,所述步骤(2)的ETFE薄膜制备方法为:将乙烯-四氟乙烯共聚物(ETFE)材料加热熔融,并采用流延技术制备大面积ETFE薄膜。

[0007] 进一步的,所述步骤(1)中硅太阳能电池片为单晶硅太阳能电池、多晶硅太阳能电池或非晶硅太阳能电池中的一种。

[0008] 进一步的,所述步骤(1)中硅太阳能电池片为PERC单晶硅太阳能电池。

[0009] 进一步的,所述步骤(1)中硅太阳能电池片的基本结构为Al/p<sup>+</sup>-Si/Si/n<sup>+</sup>-Si/SiN/Cu。

[0010] 进一步的,所述步骤(1)使用等离子清洗3~5分钟。

[0011] 进一步的,所述步骤(2)中ETFE薄膜的厚度为0.025 mm~0.2mm。

[0012] 进一步的,所述步骤(2)中超声清洗机中分别使用去离子水、异丙醇、无水乙醇溶剂清洗10~20分钟。

[0013] 进一步的,所述步骤(3)中加热温度为250~280℃,热压时间为10~15分钟。

[0014] 进一步的,所述步骤(3)中热压的压力为15~50牛。

[0015] 进一步的,所述步骤(3)中硅模板的微纳图案为激光干法刻蚀制备的金字塔、倒金字塔、圆孔、方孔、三角栅形周期性微结构阵列;所述微结构的边长为3~5微米,周期为3~5微米。

[0016] 进一步的,所述步骤(4)中透明顶电极与硅太阳能电池片的银栅电极相连接。

[0017] 进一步的,所述步骤(4)中透明顶电极的阵列与所述硅太阳能电池片的银栅电极的主栅线平行排列。

[0018] 进一步的,所述步骤(4)中透明顶电极为透明的金属电极。

[0019] 本发明还提供了所述制备方法制得的大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件。

[0020] 本发明还提供了所述大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件在用于制备混合能量采集或自清洁的硅太阳能电池的应用。

[0021] 进一步的,所述混合能量采集硅太阳能电池组件在标准太阳光照(AM1.5,100mW/cm<sup>2</sup>)下输出的开路电压为0.5~0.7 V、短路电流密度为35~45mA/cm<sup>2</sup>、填充因子为0.7~0.85、光电转换效率为18%~24%;转换雨滴水动能输出的开路电压为60~100V/滴、短路电流为8~20 μA/滴;表面接触角为120~160度。

[0022] 与现有技术相比,本发明的优点和有益效果是:

1、本发明将具有高透光性的摩擦纳米发电机与太阳能电池集成,当太阳能电池暴露在降雨环境中时,摩擦纳米发电机既可以收集雨滴水动能,ETFE薄膜表面的高疏水性也使组件具备自清洁作用,也能起到太阳能电池保护层的作用。

[0023] 2、本发明通过在硅太阳能电池片表面热压一层ETFE薄膜并在其表面沉积透明顶电极阵列,可使硅太阳能电池同时转换太阳能和雨滴水动能,延长太阳能电池的发电时间并提高发电功率,实现了太阳能电池的应用环境多元化。由于雨滴在下落过程中与空气摩擦带正电荷,ETFE材料本身具有高电负性,当雨滴与ETFE表面摩擦,使ETFE表面带有负电

荷,进而诱导硅太阳能电池的铝背电极和透明顶部电极上产生相应的感应电荷,当雨滴与透明顶电极接触时形成闭合回路,从而将雨滴的水动能转换成电能。

[0024] 3、本发明基于ETFE薄膜的摩擦纳米发电机顶电极产生的静电场对硅太阳能电池片底电极产生的光生内建电场具有增强效应,极大提高了硅太阳能电池组件在降雨等暗光环境对光生载流子的提取效率和光电转换效率,使单晶硅太阳能电池组件的光电转换效率保持在18%~24%,提升了25%以上,提高了对太阳光的利用效率。

[0025] 4、ETFE是一种高电负性材料,在介电薄膜表面沉积透明顶电极可显著提高雨滴水动能的电学输出,获得了60~100V/滴的开路电压和8~20 $\mu$ A/滴的短路电流。

[0026] 5、本发明以大面积ETFE薄膜作为摩擦纳米发电机顶电极的摩擦层,通过一步热压法使ETFE薄膜与硅太阳能电池紧密结合并实现ETFE薄膜的表面微图案化,制备方法简单,便于制备大面积太阳能电池组件。

[0027] 6、本发明开发的双电极摩擦纳米发电机顶电极相较单电极摩擦纳米发电机具有更高的静电荷密度和电学输出以及静电场强度,从而对硅太阳能电池内部的光生内建电场的增强效应更佳显著。

[0028] 7、本发明的制备方法简单、成本低廉,太阳能电池组件稳定性好,可以与现有商用硅太阳能电池生产工艺兼容并进行大面积制备,具有重要的发展前景和应用价值。

## 附图说明

[0029] 图1为大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池的工作原理示意图;

图2为本发明所制备的大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件在雨滴刺激下产生的开路电压;

图3为本发明所制备的大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件在雨滴刺激下产生的短路电流;

图4为本发明所制备的大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件在雨滴刺激下不同高度条件下产生的开路电压;

图5为本发明所制备的大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件在雨滴刺激下不同高度条件下产生的短路电流。

## 具体实施方式

[0030] 下述实施方式更好地说明本发明内容。但本发明不限于下述实施例。

[0031] 实施例1:大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件的制备

本发明制得的大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件结构如图1所示,在硅太阳能电池片上表面热压一层透光率和电负性都较高的ETFE薄膜,再对介电薄膜上表面微图案化处理并物理沉积阵列式的透明的金属电极,最终构建能够同时转换太阳能和雨滴水动能的双电极模式混合能量采集硅太阳能电池,通过背板封装后组成混合能量采集硅太阳能电池组件;具体操作步骤如下:

1、ETFE薄膜制备:将乙烯-四氟乙烯共聚物(ETFE)材料加热熔融,并采用流延技术制备大面积ETFE薄膜,所述ETFE薄膜厚度为0.1 mm。

[0032] 2、大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件的制备

(1)将硅太阳能电池片进行等离子清洗3~5分钟;本实施例中采用的硅太阳能电池片的基本结构为Al/p<sup>+</sup>-Si/Si/n<sup>+</sup>-Si/SiN/Cu;所述硅太阳能电池片可以是PERC单晶硅太阳能电池。

[0033] (2)用超声清洗机清洗制得的ETFE薄膜,超声清洗机中分别使用去离子水、异丙醇、无水乙醇溶剂清洗10~20分钟,然后将清洗后的ETFE薄膜放入烘箱中烘干。

[0034] (3)采用热压技术,用覆盖具有微纳图案的硅模板将所述步骤(2)处理后的ETFE薄膜热压在硅太阳能电池片的上表面。

[0035] 具体操作为:将ETFE薄膜放置在硅太阳能电池片的上表面,然后覆盖具有微纳图案的硅模板,经过加热、保温、冷却过程,使得微图案化ETFE薄膜与硅太阳能电池片紧密结合;加热温度为250~280℃,热压时间为10~15分钟,热压的压力为15~50牛。所述硅模板的微纳图案为激光干法刻蚀制备的金字塔、倒金字塔、圆孔、方孔、三角栅形周期性微结构阵列;微结构的边长为3~5微米,周期为3~5微米。

[0036] (4)在ETFE薄膜表面蒸镀栅线状阵列式的透明顶电极,并将所述透明顶电极与硅太阳能电池片的银栅电极相连接,组装成混合能量采集硅太阳能电池。

[0037] 所述透明顶电极的阵列与所述硅太阳能电池片的银栅电极的主栅线平行排列;所述透明顶电极和硅太阳能电池片的铝背电极构成了混合能量采集硅太阳能电池的双电极。

[0038] (5)将背板叠置在步骤(4)获得的混合能量采集硅太阳能电池的底部,并对四周封装构建所述大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件。

[0039] 本发明的大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件包括基于微纳图案化ETFE薄膜的摩擦纳米发电机顶电池、硅太阳能电池底电池和背板三部分,所述摩擦纳米发电机顶电池为通过表面具有阵列式透明电极的ETFE薄膜,摩擦纳米发电机顶电池的电极同时连接硅太阳能电池的背电极,ETFE薄膜热压在硅太阳能电池表面,通过所述背板将硅太阳能电池组装成所述大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件。

[0040] 其工作原理如图1所示,硅太阳能电池片表面的ETFE薄膜具有高电负性,雨滴在下落过程中与空气摩擦带正电荷,ETFE薄膜通过与雨滴摩擦产生静电荷,使ETFE薄膜上表面的透明顶电极和硅太阳能电池片底部的背电极感应产生感应电荷,当雨滴流动并与透明顶电极接触时形成闭合回路,产生电学输出。ETFE薄膜经过热压紧密粘合在太阳能电池的前表面上并与硅太阳能电池底电池之间在电荷传输和提取过程中产生相互作用。同时,ETFE薄膜具有高透光性,还可以保护电池不被腐蚀、污染。

[0041] 实施例2:混合能量采集的性能测试

实施例1制得的大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件在标准太阳光照(AM1.5,100mW/cm<sup>2</sup>)下,开路电压为0.5~0.7 V、短路电流密度为35~45 mA/cm<sup>2</sup>、填充因子为0.7~0.85、光电转换效率为18~24%。

[0042] 所述混合能量采集太阳能电池组件转换水滴水动能的开路电压及短路电流如图2~3所示。

[0043] 根据图4和5所示,分别为大面积自清洁混合能量采集硅太阳能电池组件在不同高度条件下的开路电压及短路电流。其中图4和5从左到右分别显示雨滴下落的高度为10cm、20 cm、30 cm、40 cm、50 cm、60 cm条件下的开路电压/短路电流。

[0044] 本发明所述混合能量采集太阳能电池组件转换雨滴水动能输出的开路电压为

80V/滴、短路电流为17 $\mu$ A/滴；表面接触角为140度。

[0045] 因此,本发明基于ETFE薄膜的摩擦纳米发电机顶电池产生的静电场对硅太阳能电池片底电池产生的光生内建电场具有增强效应,从而极大提高了硅太阳能电池组件在降雨环境对光生载流子的提取效率和光电转换效率。同时,由于ETFE薄膜折射率介于空气折射率(1.0)和氮化硅(1.4)之间,对光线折射较小、透光率高,在晴天摩擦纳米发电机不影响太阳能电池光电转换效率,采用模板热压制备的图案化ETFE薄膜具有陷光效应,极大提高了对光子的收集效率;使混合能量采集硅太阳能电池组件的光电转换效率保持在18%~24%。

[0046] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其进行限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,对于本领域的普通技术人员来说,依然可以对前述实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明所要求保护的技术方案的精神和范围。

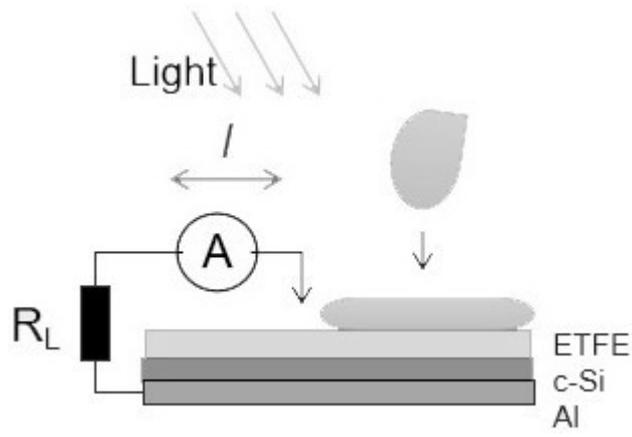


图1

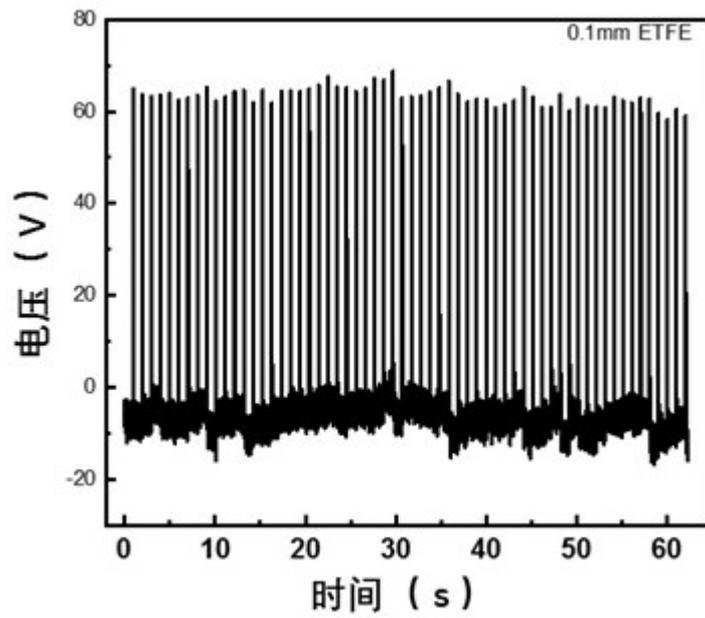


图2

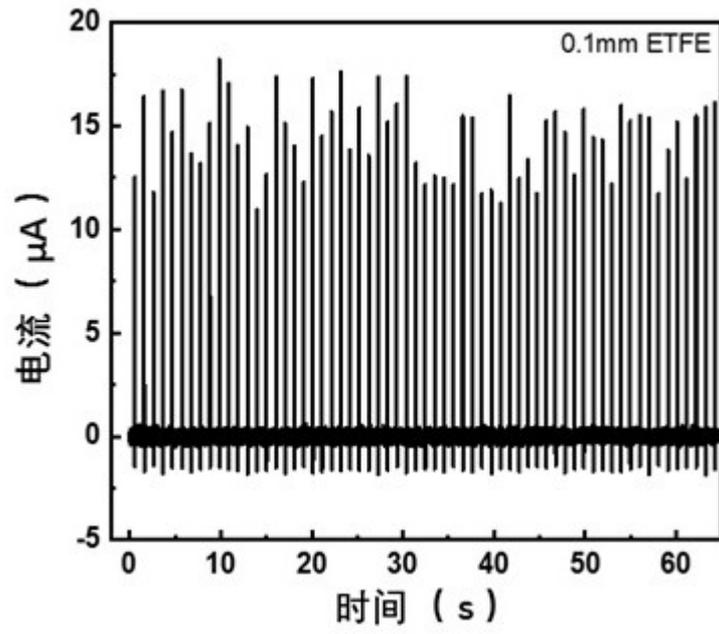


图3

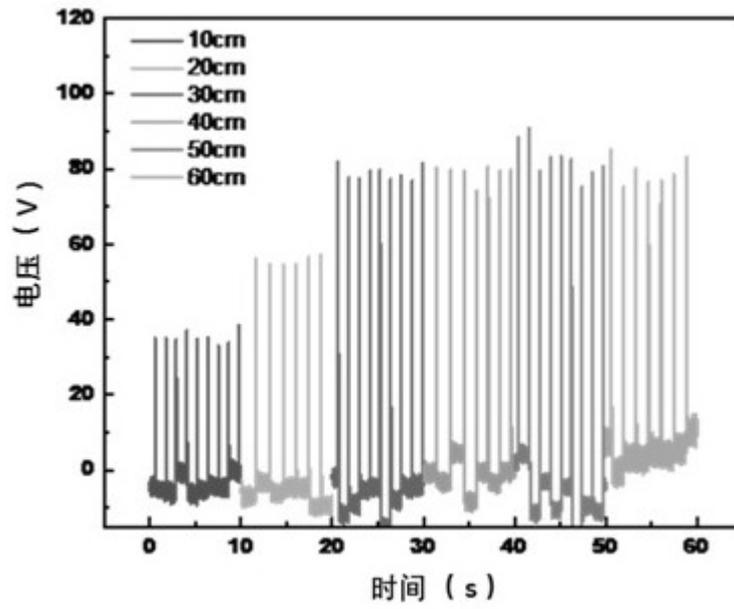


图4

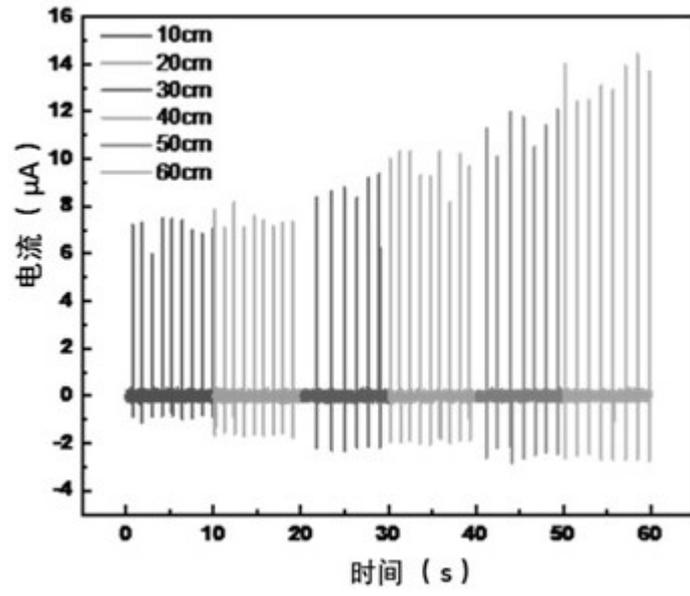


图5