

DOI:10.16652/j.issn.1004-373x.2020.18.030

纳米材料有机太阳能电池吸收层能量转换效率研究

刘红军

(三江学院, 江苏 南京 210012)

摘要: 针对有机太阳能电池吸收层能量转换效率低的情况,对纳米材料有机太阳能电池吸收层能量转换效率研究。首先准备实验材料与实验设备,并制备有机太阳能电池与纳米材料溶液,将制备好的纳米材料以 2 μm , 8 μm , 16 μm , 19 μm 的浓度分别添加到4个太阳能电池中,分别对比4个不同浓度的有机太阳能电池的能量转换效率。纳米材料有机太阳能电池能量转换效率分析结果表明,添加浓度为 16 μm 的有机太阳能电池吸收层的能量转换效率最高,具有一定的实际应用意义。

关键词: 纳米材料; 有机太阳能电池; 吸收层; 能量转换效率; 材料制备; 结果分析

中图分类号: TN245-34; TP873

文献标识码: A

文章编号: 1004-373X(2020)18-0118-03

Study on energy conversion efficiency of absorption layer of nanometer materials organic solar cell

LIU Hongjun

(Sanjiang University, Nanjing 210012, China)

Abstract: In allusion to the low energy conversion efficiency of the absorption layer of organic solar cells, the energy conversion efficiency of the absorption layer of nanometer materials organic solar cells is studied. The experimental material and experimental facilities are prepared, the organic solar cells and the solution of nanometer material are prepared. The prepared nanometer material with the concentration of 2 μm , 8 μm , 16 μm and 19 μm is added into the four solar cells respectively, and the energy conversion efficiency of four organic solar cells with different concentrations are compared. The analysis results of the energy conversion efficiency of the organic solar cells of nanometer materials show that the energy conversion efficiency of the absorption layer of the organic solar cells with 16 μm concentration is highest, which has a certain practical significance.

Keywords: nanometer material; organic solar cell; absorption layer; energy conversion efficiency; material preparation; result analysis

0 引言

化石能源日益消耗,迫切需要发展新能源,而太阳能具有资源丰富、无需运输、污染小的特点,已被广泛应用。

太阳能电池原理是通过光伏效应将太阳能转换成电能,只要满足一定的光照条件,就能够输出电压和在形成回路的情况下产生电流,是人类利用太阳能的重要途径。它具有质轻、工艺简单、绿色安全、清洁环保、材料来源广泛、可塑性强等优点,在工业生产上应用潜力较大。但是,目前有机太阳能电池的发展受到能量转换率低的制约,达不到产业化的要求,提高有机太阳能电池的能量转换效率已经成为目前研究的重点。为了提

高有机太阳能电池的能量转换效率,将纳米材料应用到有机太阳能电池中,对纳米材料有机太阳能电池吸收层能量转换效率进行研究。纳米材料的结构单元尺寸介于 1~100 nm 范围之内,尺寸相干长度与电子相干长度接近,其性质因为强相干所带来的自组织会使其性质发生很大变化。因此,对纳米材料有机太阳能电池吸收层能量转换效率研究具有重要意义。

以实验的方式对纳米材料有机太阳能电池吸收层能量转换效率进行了研究,通过实验证明了添加浓度为 16 μm 的有机太阳能电池吸收层的能量转换效率最高。因此,纳米材料表面等离子体共振效应能够提高太阳能电池的光的吸收,有效提高太阳能电池的转换效率。

1 实验方法

此次实验主要研究不同浓度的纳米材料对有机太

收稿日期:2020-01-09

修回日期:2020-03-11

基金项目:国家自然科学基金项目(61674097)

阳能电池吸收层能量转换效率的影响,对比不同浓度纳米材料的有机太阳能电池的能量转换效率,查看转换率最高时的纳米材料浓度为多少。

2 实验材料

纳米材料的制备材料主要包括:硝酸银^[1]、氯酸金^[2]、硼氢化钠^[3]、柠檬酸三钠。实验仪器设备包括:HQ-400KDE型高功率数控超声波清洗器^[4]、电热恒温鼓风干燥箱^[5]、精密电子天平、离心机、BOC EDWARDS QUTO500型有机镀膜机,以及UJKK公司生产的多室真空镀膜联动系统、真空加热箱^[6]、匀胶机和扫描电子显微镜等。

电池器件制备,具体配置如下:

1) 配置溶液,使用氯苯溶解MEH-PPV和PCBM,配置分数为0.5wt%和2wt%,持续搅拌,搅拌12 h以上,使其充分溶解。

2) ITO玻璃处理,在真空度为 4×10^{-10} Pa的条件下,将其切成正方形小块,温度设定为120 °C,时间为1 h。

3) 光敏层涂布^[7],光敏层为P3HT和PCBM按照1:0.5的比例配置邻二氯苯溶液,匀胶机转速设置为800 r/min,时间为12 s,活性厚度约为120 nm,然后将其放入培养皿中,在真空条件^[8]下干燥2 h。

4) 蒸镀AL电极,取1 g AL丝加入加热舟中,蒸镀后得到薄膜^[9],将其作为电池的阴极^[10]。

纳米材料溶液准备,准备过程如下所示:

1) 清洗玻璃器皿,采用氢氧化钠浸泡0.5 h,用去离子水将氢氧化钠溶液洗净,然后放在超声波清洗器中超声15 min,最后用去离子水冲洗2~3遍,放入烘干箱中使其充分干燥;

2) 将配置好的硝酸银溶液、柠檬酸三钠放置与25 mL去离子水中,剧烈搅拌10 min,在混合均匀的溶液中滴入硼氢化钠,剧烈搅拌,待其颜色从淡黄色变为深黄色,完成溶液配置;

3) 在溶液中加入硼氢化钠作为还原剂^[11],利用 H_2O_2 控制纳米材料的生长方向,当溶液从深黄色变为蓝色后,完成纳米种子溶液的制作。

4) 采用测试系统Keithley 485和Keithley 2400进行实验,并利用DIUGF软件检测对活性层内部的电场情况,实时提取局部场的分布结果,得到准确的实验结果。

3 实验步骤

分别测出太阳能电池吸收率的能量转换效率,由于太阳能电池吸收层的表面对照明光的入射角和波长选

择性较强,会对实验结果产生影响,光致电荷^[12]的转换过程能量级图如图1所示。

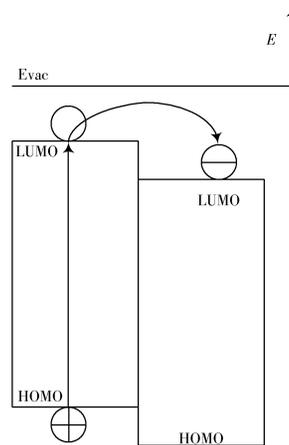


图1 光致电荷的转换过程能量级图

光电流大小与电极两端能收集到的电荷数量,采用式(1)减少该影响:

$$k_g + mk = \frac{\omega}{c} \sin \theta \quad (1)$$

式中: $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, n$; k_g 代表SP的损失; mk 为光栅的波矢; $\sin \theta$ 代表光波辐射角度。通过上述公式计算发现,有机太阳能电池能量的转换效率与光波的波长^[13]和入射角^[14]有一定的关系。电荷分离与传输示意图见图2。

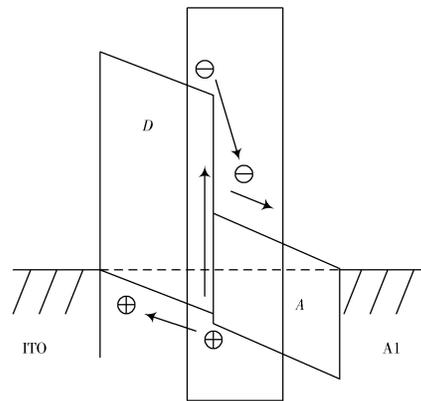


图2 电荷的分离与传输示意图

不同金属和不同介质的周期性、尺度大小和对称性等对太阳能电池能量的转换效率也有一定的影响,根据该原理,调整实验设备与实验环境。根据式(2)理解入射光与纳米材料的局域表面等离子体效应之间的相互作用机理^[15]:

$$\eta_{df} = \eta_k \cdot \eta_i \cdot \eta_q \quad (2)$$

式中: η_k 代表电子吸收的效率; η_i 代表激子分离效率; η_q 代表入射电磁场的角频率。根据方程能够推导出,当纳米材料浓度越高时,电磁场明显增强,消光系数越大,入射光吸收越多,根据所得到的原理为实验结果分析提供一定的基础。

4 纳米材料有机太阳能电池能量转换效率分析

在实验材料准备完成的基础上,结合纳米材料的特殊光学性质,将纳米材料以不同的浓度添加到有机太阳能电池的缓冲层中,研究不同浓度的纳米材料对电池吸收层能量转换效率的影响。添加浓度分别为 2 μm , 8 μm , 16 μm , 19 μm ,将不同浓度的纳米材料包覆在有机太阳能电池上。

将制作好的纳米材料包覆在 4 个有机太阳能电池的不同层中,查看有机太阳能电池对入射光的吸收情况。采用时域有限差分方法计算纳米材料溶液引入后的电池结构内部局域场的分布情况,同时为了方便实验结果的分析,设置周期性边界条件,将纳米材料溶液附近网格设置为 0.5 mm,以提取出局域场数据。制备好电池后,立即对电池测试,纳米材料有机太阳能电池能量转换效率如图 3 所示。

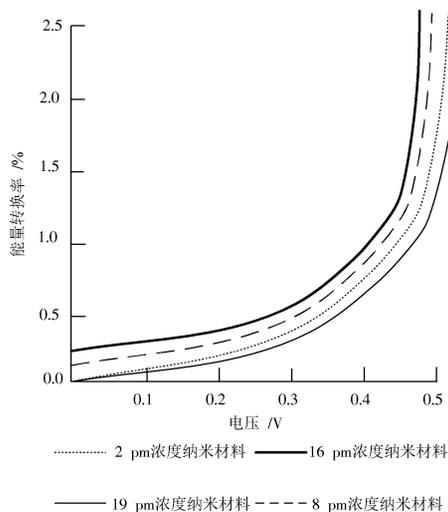


图3 实验对比结果

分析纳米材料有机太阳能电池能量转换效率曲线可知,加入 16 μm 浓度纳米材料的有机太阳能电池的能量转换效率最高,转换率达到最大,证明纳米材料的添加会使太阳能电池吸收层的能量转换效率发生改变。因为添加纳米 16 μm 浓度材料能够增强有机太阳能电池周围的电场,从而提高有机太阳能电池吸收层能量转换效率。

5 结 语

由于不同浓度的纳米材料对有机太阳能电池的转

换效率不同,而加入 16 μm 浓度纳米材料的有机太阳能电池的能量转换效率高,并且纳米材料制作简单,尺寸分布均匀,能够与太阳能电池器件较好的结合,是提高有机太阳能电池转换效率的重要手段,具有一定的实际应用意义。

参 考 文 献

- [1] 李雪,张然,袁新芳,等.基于金纳米棒@二氧化硅表面等离子体共振增强的有机太阳能电池[J].发光学报,2018,39(11):1579-1583.
- [2] 吕梦岚.叠层有机太阳能电池中间电极的研究进展[J].应用化工,2017,46(8):1586-1588.
- [3] 孙延娜,高欢欢,张雅敏,等.基于卟啉小分子给体与双组分富勒烯受体的高效三元有机太阳能电池[J].有机化学,2018,38(1):228-236.
- [4] 陈名,任静琨,张叶.纳米球和核壳纳米球对有机太阳能电池光吸收增强效果的研究[J].人工晶体学报,2017,46(3):501-506.
- [5] 王刚,杨定明,刘江.NiO层作为空穴传输层的钙钛矿太阳能电池的制备和性能研究[J].材料导报,2017,31(10):6-10.
- [6] 杨冰洋,何大伟,卓祖亮,等.二甲基亚砷添加剂对聚合物太阳能电池性能的影响[J].光谱学与光谱分析,2017,37(1):287-292.
- [7] 尹同同,冯晓东.纳米金属球增强有机太阳能电池光吸收的模拟[J].电源技术,2018,42(11):1654-1656.
- [8] 姚宏,欧阳萌,高敬媛,等.晶体硅材料太阳能电池的光吸收率仿真研究[J].电源技术,2017,41(10):1431-1432.
- [9] 邹金龙,罗玉峰,肖宗湖,等.空穴传输材料在高效钙钛矿太阳能电池中的发展演变[J].材料导报,2018,32(15):2542-2554.
- [10] 檀满林,周丹丹,符冬菊,等.基于BiFeO₃/ITO复合膜表面钝化的黑硅太阳能电池性能研究[J].物理学报,2017,66(16):267-276.
- [11] 张叶,陈名,任静琨,等.不同形状金属光栅增强PTB7:PC70BM有机太阳能电池光吸收效率的研究[J].人工晶体学报,2017,46(1):163-166.
- [12] 梁文跃,钟锦耀,徐海涛,等.利用叠层一维光子晶体调控半透明有机太阳能电池的性能[J].光子学报,2018,47(8):139-146.
- [13] 孙龙,任昊,冯大政,等.一种新的基于频域有限差分方法的小周期有机太阳能电池的光电特性[J].物理学报,2018,67(17):312-317.
- [14] 林珊,史永堂,王盈盈,等.利用石墨烯基空穴传输层提升有机太阳能电池性能[J].材料导报,2019,33(12):1945-1948.
- [15] 李春静,杨瑞霞,田汉民.钙钛矿/晶硅叠层太阳能电池的研究进展[J].物理,2018,47(6):367-375.

作者简介:刘红军(1983—),男,江苏如皋人,硕士,实验师,研究方向为电子信息工程。