

GaAs 薄膜电池光电转换特性研究

周思宏 潘庆辉 罗昭君 帅 永

(哈尔滨工业大学能源科学与工程学院, 哈尔滨 150001)

摘 要 微纳减反层结构及微纳金属等离激元结构能有效提高砷化镓 (GaAs) 薄膜光伏器件在可见到近红外波段的吸收效率。本文采用有限元法 (FEM) 分析了微纳减反层对 GaAs 光伏器件的光谱吸收率的影响, 并获得相应结构的光电转换特性。进一步探究了在器件内部布置金纳米线对相应结构的光电特性的影响。对应的计算结果显示, 微纳减反层结构及金属纳米线结构能有效增强器件的电学输出特性, 并提高器件光电转换能力到 19.6%。掌握微结构对光伏器件内部光电特性的影响规律可为器件设计和制备提供有益指导。

关键词 太阳能; 砷化镓; 有限元; 减反层; 微纳结构

中图分类号: TK124 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-231X(2021)09-2409-05

Photoelectric Conversion Characteristics of GaAs Thin Film Cells

ZHOU Si-Hong PAN Qing-Hui LUO Zhao-Jun SHUAI Yong

(The school of energy science and engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract The absorption efficiency of GaAs thin film photovoltaic devices from visible to near-infrared band can be effectively improved by micro-nano anti-reflection cover (ARC) and micro-nano metal structure. In this paper, finite element method (FEM) is used to analyze the influence of the micro-nano anti-reflection cover on the spectral absorption of devices, and the photoelectric conversion characteristics of the corresponding structures are obtained. The influence of the arrangement of gold nanowires on the photoelectric characteristics is further explored. The results show that the micro-nano structure can effectively improve the photoelectric conversion capability. Mastering the influence law on the internal photoelectric characteristics can provide useful guidance for the device design and preparation.

Key words solar energy; GaAs; FEM; ARC; micro-nano structure

0 引 言

目前, 具有广阔潜能的薄膜光伏器件厚度普遍小于本身穿透深度, 吸收转换太阳能效率较低。随着纳米科技的不断发展, 微纳结构为薄膜太阳能电池提供了增强光吸收及降低太阳能电池复合损失的能力^[1-5]。因此, 探究微纳结构对薄膜太阳能光伏器件光电特性的影响成为了该领域的重要研究方向之一。

一种添加微纳结构的方法是在前表面添加薄减反层 (ARC) 结构^[6,7]。中国科学院大学的 Wang 等^[7]通过在钙钛矿电池 ITO 层上加工倒三角结构, 降低器件的总反射率, 提高器件的转换效率。但有研究显示^[2], 过宽的粗糙表面会导致严重的表面缺陷和非共性沉积, 使得电池系统的转化效率降低。另一种方法是在器件的表面或内部添加微纳金属结

构^[8-11], 能够在器件的内部起到散射作用及近场耦合作用, 增强光子在器件内部的陷光效果。2019 年, 印度理工学院的 P Shamjid 等^[8]采用有限元方法验证了 MoO₃-Ag 壳核纳米颗粒结构对有机太阳能电池的转换效率的增强作用。但是, 若金属材料的共振峰在光伏器件有效吸收材料的吸收区域之外, 则可能产生很强烈的寄生损失。

本文结合微纳减反层及金属等离激元结构, 采用有限元法探究了不同减反层形态下的器件光学吸收特性及电学转换效率, 并结合计算结果对器件的减反层结构进行优化。添加 Au 微纳米线结构, 探究了不同纳米线布置方式及半径尺寸下光伏器件的光学吸收特性及电学转换效率, 实现了 GaAs 薄膜光伏器件的宽光谱高吸收及高转换效率。

收稿日期: 2020-04-29; 修订日期: 2021-08-17

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (No.51876049)

作者简介: 周思宏 (1997-), 男, 硕士研究生, 主要从事微纳尺度辐射换热研究。 通信作者: 帅 永, 教授, E-mail: shuaiyong@hit.edu.cn。