



沈青
Qing SHEN

研究课题

创制与评估提高光功能发现效率的半导体纳米材料、应用于低成本·高效率的下一代太阳能电池

关键词

光能源转换、高速过渡应答评价、太阳能电池、半导体纳米结晶、量子点、半导体纳米构造、光激励动态传送、光电转换效率、金属纳米粒子、光触媒

所属专业	研究生院信息理工研究科 先进理工学专攻
研究成员	沈青 副教授
所属学会	应用物理学会, 日本化学会, 电气化学会, 光化学协会, 日本热物理性学会, 日本分光学会, 日本分析化学会, 纳米学会
研究设备	光声光谱测量装置(光吸收评价、热物性评价), 过渡衍射格子分光装置, 过渡吸收分光装置, 钛蓝宝石超短脉冲激光(脉宽幅度: 150 飞秒、40 飞秒), 参量发振器·增幅器, YAG 短脉冲激光(脉宽: 4 纳秒), 氮镭激光器, 太阳能模拟器, 荧光光谱光度计, 比表面积评价装置, 电气化学交流阻抗评价装置, 可变波长纳秒脉冲激光, 过渡电流法, 过流电压法

研究概要

创制·评估下一代高效增感型太阳能电池

伴随震灾的核电站事故, 石化燃料干涸、温室效应气体使地球温暖化等问题, 于对下一代能源资源寄予了非常高的期待。以清洁无污染利用无尽太阳光的太阳能电池是下一代最受关注的能源之一。可是, 由于既存的硅系太阳能电池制造工艺复杂, 发电成本高, 不能说每个成本转换效率如此之高。

本研究室针对被期待的低成本、高效率的下一代太阳能电池的后补之一, 实施半导体量子点增感型太阳能电池的基础研究与评估。

半导体量子点增感型太阳能电池构造与发电方式

所谓半导体量子点增感型太阳能电池, 是对吸光材料的增感剂使用代替原来的色素 nm(纳米)大小的半导体粒子。太阳光照射面的光电极, 它使用的是纳米结构的二氧化钛电极吸附化学半导体量子点, 穿过所述对电极之间的电解质结构。

发电方式, 受光与在量子点内被激发的电子向二氧化钛移动, 通过二氧化钛层移动到外部获取电流。然后, 电子通过负载并返回到电极再回到电解液, 并返回到量子点。通过重复来循环发电。

半导体量子点优点

列举几个使用半导体电子的太阳能电池的优点。再加上光吸收系数大的电荷分离速度快, 根据量子点的大小有着不同光谱光吸收的特性。例如, CdSe(硒化镉)大小 3nm 时吸收黄色光的波长, 随着慢慢变大, 吸收橙色、红色、深红色的波长而变化。假如运用该特性, 就可以利用从太阳光的紫外线到红外线的光了。甚者可以说半导体量子点能够形成多重激子。使用现有的散装半导体材料的半导体太阳能电池, 1 个光子只生成一个的空穴电子对(激子)。另一方面, 由于吸收半导体量子点带隙(禁带)的 2.3 倍以上的能源具有 1 个光子(光子), 能够形成多数的激子。这种现象可称为多重激子形成。

目前, 半导体量子点制作方法因为是利用简单化的化学手法, 制作成本也是可以降低至 100 分之 1。现有的硅型太阳能电池的制作是必须在真空的特殊环境下制作的, 与制作成本相比可以说这是非常大优点。

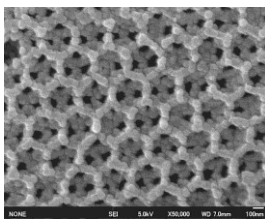


图 1 CdSe 量子点吸附二氧化钛反蛋白石电极

优势

创制半导体量子点增感型太阳能电池的实验

在本研究室为了创制半导体量子点增感型太阳能电池实施了各种各样的实验。作为具体的例子, 首先如前面所述, 我们重点放在光电极的氧化钛层的表面形态, 再加上原来的纳米粒子结构, 针对具有纳米管及三维规则的蜂窝反蛋白石结构的光电极进行研究。这种反蛋白石结构电极被应用于半导体量子点增感型太阳能电池, 根据从二氧化钛规则的结构, 量子点均匀吸着及平稳的电子移动等, 提高太阳能电池的转换效率息息相关。



图 2 激光光谱装置

在本研究室半导体量子点是使用 CdSe(硒化镉)、CdS(硫化镉)、PbS(硫化铅)的数种半导体材料。近几年的研究将 CdS 与 CdSe 复合成的量子点使用其吸附, 与利用单 1 种的量子点对比能源转换效率成功得到提高。

如此一来, 本研究室制作各式的纳米材料的同时进行各种(光吸收、光激励动态传送、光电转换等)特性评价。从光电极基板到量子点、再到太阳能电池元器件, 全部都可以在研究室进行制作·评价, 这是一大优势。

各种特性评价

具体的根据光声光谱法, 吸光光谱的评价及在太阳能电池表现光电流效率的光电转换量子效率评价, 能够同时评价各纳米界面(例如, 量子点和电解液界面)的交流阻抗成分的交流阻抗测量, 甚至使用从飞秒到秒的宽时域的激光光谱法(过渡衍射格子法和过渡吸收法)的光激励(电子·空穴)的动态评价等, 综合评价半导体量子点增感型太阳能电池的基础研究所需的评价·分析。

最新的测量装置、技巧、反馈

能够实现这些就是可以活用最先进的测量装置与之积累的技巧。例如, 从量子点非常快速向二氧化钛注入电子, 从飞秒在皮秒的时间带产生, 纳米结构的二氧化钛中的电子移动时间是毫秒区域, 扩散到电解液中是在 100 毫秒区域进行。因为每个界面电子的移动时间不同, 本研究室有可变波长的飞秒激光和纳秒激光, 能够对所有应用用途的过程评价。由此时间分解力与波长分解力这两方面的分析, 都可以准确找出哪个界面控制变换效率原因。



图 3 测量太阳能电池的光电转换特性

此外, 使用模拟太阳光的太阳能模拟装置, 也可以进行评估转换效率以及决定各种参数(开放电压和短路电流及曲线因数)。因此, 进行综合评价反馈太阳能电池的原理说明及试料的制作。

在太阳能电池研究里的最大课题就是提高能源转换效率。为此, 剖析实际的光激励电子的运动及提高转换效率的原理是非常重要的。也就是正确地评估、进行分析、反馈这些结果, 制作更高转换效率的太阳能电池与我们的构想、每日积累的钻研是息息相关的。

未来展望

随多重激子形成的太阳能电池的原理说明、低成本·高效率的太阳能电池实用化

伴随多重激子形成的太阳能电池还在开发阶段。有关多重激子形成的现象虽然可证明, 但是提高太阳能电池的转换效率还未达到可以实用化。因此, 现在实施的方法是在电极基板上能明确是哪种条件获取电子, 正想找出多重激子形成时的太阳能电池原理, 如果能够找出该原理离实现低成本·高效率的太阳能电池又近一步了。

半导体量子点与金属纳米粒子的结合技术

不管其他方法也好, 在这里使用活用手法的光触媒的研究及金属纳米粒子的表面等离子效果也是可以应用于太阳能电池, 所以, 也在考虑半导体量子点与金属纳米粒子的结合技术。