

# 太阳能电池的研究进展和发展趋势

## Research Progress and Development Trend of Solar Cells

李旋

Xuan Li

昭通学院 中国·云南 昭通 657000

Zhaotong University, Zhaotong, Yunnan, 657000, China

**摘要:** 太阳能资源非常丰富,但只有一小部分被人类利用。实际上,到达地球表面的阳光足够满足人类日益增长的能源需求。太阳能光伏技术能够将太阳光转换成电能,硅基太阳能电池是第一代太阳能电池,但在吸收入射光和提高太阳能电池效率方面还需进一步改进。为解决这个问题,薄膜太阳能电池和非晶硅太阳能电池有了进一步发展。论文主要研究了从第一代太阳能电池到染料敏化太阳能电池、量子点太阳能电池以及一些最新太阳能电池技术的进展。此外,论文还讨论了太阳能电池技术的未来发展趋势。

**Abstract:** Solar energy resources are very rich, but only a small part is used by human beings. In fact, the sunlight reaching the earth's surface is enough to meet mankind's growing energy demand. Solar photovoltaic technology can convert sunlight into electric energy. Silicon-based solar cells are the first generation of solar cells, but they need to be further improved in absorbing incident light and improving the efficiency of solar cells. In order to solve this problem, thin film solar cells and amorphous silicon solar cells have been further developed. This paper mainly studies the progress from the first generation solar cells to dye-sensitized solar cells, quantum dot solar cells and some latest solar cell technologies. In addition, the paper also discusses the future development trend of solar cell technology.

**关键词:** 光伏技术; 太阳能电池; 研究进展; 趋势

**Keywords:** photovoltaic technology; solar cell; research progress; trend

**DOI:** 10.12346/etr.v4i3.5834

## 1 引言

长期以来,人类长期使用传统能源诸如化石燃料、煤、天然气、农业秸秆等已经造成了对环境的危害,如水污染、空气污染,使得全球变暖,酸雨频发。这些传统能源的有限储量及其对环境的危害让我们不得不选择可持续的、清洁的能源,如潮汐能、风能、生物质能和太阳能等可重复获取的可持续能源。太阳能可在全球范围内利用,这使它成为化石燃料的理想替代品。

利用太阳能电池可以将太阳能转化为电能。太阳能电池实质上就是一个PN结,当太阳光照射在电池上,由于光伏

效应就会产生直流电。根据所用材料的不同,太阳能电池被分为不同的类别,如硅太阳能电池,薄膜太阳能电池,染料敏化太阳能电池,钙钛矿太阳能电池等。

## 2 不同类型的太阳能电池

### 2.1 第一代太阳能电池

第一代太阳能电池主要是单晶硅太阳能电池和多晶硅太阳能电池,主要是基于晶体硅晶片制造的,是世界上最成熟、使用最广和经济效益比最高的太阳能电池。光伏市场上单晶硅太阳能电池的市场份额占到了90%左右<sup>[1]</sup>。与单晶硅太阳能电池相比,多晶硅的效率要低一点。

【作者简介】李旋(1992-),男,中国云南弥勒人,硕士,助教,从事太阳能电池、纳米材料研究。

## 2.2 第二代太阳能电池（薄膜太阳能电池）

硅提纯使得第一代太阳能电池的成本偏高。如果能实现1微米厚的薄膜硅沉积技术，太阳能电池的成本将有所降低。相比于第一代太阳能电池，薄膜太阳能电池对硅的使用量大幅减少。R. Chittick 首次实现了非晶硅薄膜的沉积。

### 2.2.1 非晶硅太阳能电池

非晶硅的掺杂性能较差。在传统的PN结太阳能电池中，由于光吸收产生的少数载流子能扩散到整个结的P区和N区，扩散长度能达到约200微米。而非晶硅中少数载流子的扩散长度只有0.1微米左右，不容易收集少数载流子。正是这些原因使得非晶硅太阳能电池经常做成p-i-n结构。同质结，异质结和多结太阳能电池在制备过程中也都使用了薄膜技术。薄膜太阳能电池的优点明显，低材耗，能源回收周期短，大面积组件并且可低温制备。薄膜太阳能电池技术常被用于便携式计算器，也为家庭、建筑物和一些远程设施提供电源。

### 2.2.2 铜铟镓硒薄膜太阳能电池

铜铟镓硒薄膜太阳能电池（CIGS）的制备是通过沉积一层薄的铜、铟、镓和硒在玻璃或塑料衬底上，具有前后电极，用于收集电流。这种半导体复合材料具有很高的吸收系数，因此需要一层非常薄的材料。铜铟镓硒薄膜太阳能电池的转换效率能达到22.3%<sup>[2]</sup>，但CIGS所含的镓和锡具有一定的毒性，会污染环境。

### 2.2.3 碲化镉薄膜太阳能电池

碲化镉薄膜太阳能电池（CdTe）被认为是最有前景的一种光伏技术，CdTe的带隙1.45eV，能够吸收大部分入射光，是一种具有高吸收系数的直接带隙材料<sup>[3]</sup>。碲化镉薄膜太阳能电池的理论效率达到26%，然而NREL报道的实验效率为16.5%<sup>[4]</sup>。目前最高效率为First Solar公司的21%。

### 2.2.4 铜锌锡硫薄膜太阳能电池

铜锌锡硫（CZTS）是一种四元半导体化合物，广泛应用于薄膜太阳能电池技术。CZTS的带隙1.5eV，效率达到12.6%。为了商业化，铜锌锡硫薄膜太阳能电池更倾向使用价格低、资源丰富的材料，这些材料包括MY2和Cu<sub>2</sub>XSnY<sub>4</sub>（其中M=Fe, Cu, Sn; X=Fe, Mn, Ni, Ba, Co, Cd; Y=S和/或Se）<sup>[5]</sup>。

除以上几种，常见的还有III-V族化合物太阳能电池，如GaAs, InGaP太阳能电池。

## 2.3 第三代太阳能电池

第三代太阳能电池指的是能突破肖克利-奎伊瑟效率极限（31%~41%）的单结太阳能电池，包括染料敏化太阳能

电池，量子点太阳能电池，钙钛矿太阳能电池和有机太阳能电池。单结太阳能电池无法吸收更多光子从而提高效率，而多结太阳能电池能够解决这个问题。

### 2.3.1 多结太阳能电池

InGaP/GaAs 串联双结太阳能电池的效率能达到30%，NREL保持着双结太阳能电池的最高效率记录32.6%。三结太阳能电池能吸收更多入射光，如果在一个电池上堆积无数个节点，它的理论效率将高达86%。据文献报道，目前为止GaInP/GaInAs/Ge三结太阳能电池的最高效率达到39%。

### 2.3.2 染料敏化太阳能电池

染料敏化太阳能电池（DSSC）能够在较黑暗的环境工作，在黄昏或阴天也能保证效率，而且工艺简单、成本低廉，其用作染料敏化剂的染料甚至可以从自然界提取。DSSC主要由透明导电基片、光阳极、光敏化剂、电解质和对电极等五部分组成。目前，DSSC的最高效率超过13%，是当今较受关注的一类太阳能电池。

### 2.3.3 量子点太阳能电池

量子点太阳能电池（QDSC）利用量子点（尺寸为纳米级的半导体小颗粒）吸收太阳光产生光伏效应，它的吸光效率高、范围广、带隙可调、成本低廉。经过短短几年的发展，QDSCs的转化效率已超过11%<sup>[6]</sup>，其理论效率更是高达44%<sup>[7]</sup>，是目前最具研究潜力的太阳能电池之一。

### 2.3.4 钙钛矿太阳能电池

钙钛矿太阳能电池是最具发展前景的太阳能电池之一，由有机-无机混合卤化物组成，通常被定义为ABX<sub>3</sub>，其中A和B是阳离子，X代表阴离子。对于有机杂化钙钛矿，A为一价有机阳离子，B为Pb或Sn，X是卤素阴离子（如I<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>）<sup>[8]</sup>。CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbI<sub>3</sub>，CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbBr<sub>3</sub>和混合卤化物CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbI<sub>3-x</sub>Cl<sub>x</sub>或CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbI<sub>3-x</sub>Br<sub>x</sub>是钙钛矿太阳能电池中用得最多的材料。相比于其他光伏技术，钙钛矿太阳能电池的效率在很短的时间内得到了显著提高，目前已超过25%。但是，钙钛矿太阳能电池稳定性不高，并且所用材料含有铅元素，目前还无法投入使用中。

### 2.3.5 有机太阳能电池

有机太阳能电池主要通过有机导电聚合物或有机小分子吸收太阳光并利用光伏效应产生载流子。大多数有机太阳能电池是由共轭聚合物或有机半导体小分子组成的聚合物太阳能电池，光学吸收系数高，可制造于柔性基底，成本低。据报道，有机太阳能电池的实验室效率为11.1%，但组件效率较低。目前，研究方向主要是在光吸收层添加新材料如碳纳米管，钙钛矿等，或采用多结技术以提高效率。

### 3 太阳能电池技术的发展趋势

太阳能电池能为人类获取能源,但是电池板的安装与维护需要耗费大量财力物力,而且还会占用土地资源。尤其对中国而言,人均占地面积少,极易造成土地危机。因此,必须设计出更先进、更智能的太阳能电池来解决这个问题。

未来,太阳能电池将从以下几个方面发展。①双面电池。PERC 电池是一种具有更高效的双面太阳能电池技术,正面和背面都能接收太阳光;②水上光伏技术。大面积的电池板会占用土地资源,可以选择将电池板安装在水面上。③电池板集成。电池板集成安装在建筑物中将解决太阳能电池板阵列安装和维护的困难。④光伏农业。发展光伏农业,土地用来种植农作物的同时也可以用来安装太阳能电池板。

### 4 结语

气候变化已成为本世纪人类关注的重大问题。传统燃料造成的环境危害、能源危机、石油价格波动为全球能源转型奠定了基调。传统能源的去碳化可以通过清洁能源来实现,像太阳能和风能这样的混合能源系统可以用于电能的转化。薄膜太阳能电池、染料敏化太阳能电池、多结太阳能电池、钙钛矿太阳能电池等技术已经引起了太阳能电池产业的变革。世界人口不断增长引发的能源需求可以通过太阳能光伏技术得以满足。

### 参考文献

- [1] 李波,赵建红,赵鑫波,等.新型太阳能电池的研究进展及发展趋势[J].能源研究与信息,2021,37(1):8.
- [2] TDL A, AUE B. A review of thin film solar cell technologies and challenges [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews,2017(70):1286-1297.
- [3] 许庆岩,任元文,刘世民.太阳能电池研究进展[J].功能材料与器件学报,2020,26(4):23-28.
- [4] WU X. High-efficiency polycrystalline CdTe thin-film solar cells[J]. Solar Energy,2004,77(6):803-814.
- [5] KHERAJ V, PATEL K K, PATEL S J, et al. Synthesis and characterisation of Copper Zinc Tin Sulphide (CZTS) compound for absorber material in solar-cells [J]. Journal of Crystal Growth,2013,362(1):174-177.
- [6] Passivation Using Molecular Halides Increases Quantum Dot Solar Cell Performance [J]. Advanced Materials,2016,28(2):299-304.
- [7] Hanna M C, Nozik A J. Solar conversion efficiency of photovoltaic and photoelectrolysis cells with carrier multiplication absorbers [J]. Journal of Applied Physics,2006,100(7):510.
- [8] 潘雪楠,贺志勇,杨为佑,等.环境友好型无铅卤化物钙钛矿太阳能电池研究进展[J].化学通报,2020,(7):621-640.