

# 新型钙钛矿太阳能电池的电化学阻抗图谱分析

吴培璠

湖南大学化学化工学院 湖南长沙 410006

**摘要:** 在太阳能电池中, 钙钛矿太阳能电池是一种新型的负极材料, 其具有较高的光电转换效率、良好稳定性以及优良的电子绝缘性等优点。新型钙钛矿太阳能电池是一种高效、可靠的太阳能量收集装置, 它以传统结构材料为基础, 使用现代化学方法, 通过对其优化和改进后得到了全新的电池。因此开发利用钙钛矿作为其主要成分之一对提高光伏发电技术有着重要的意义。

**关键词:** 钙钛矿, 太阳能电池, 电化学阻抗图谱

## Electrochemical impedance spectroscopy analysis of novel perovskite solar cells

Kaijin Wu

College of chemistry and chemical engineering, Hunan University, Changsha 410006, China

**Abstract:** in solar cells, perovskite solar cells are a new type of anode material, which has the advantages of high photoelectric conversion efficiency, good stability and excellent electronic insulation. The new perovskite solar cell is an efficient and reliable solar energy collection device. It is based on the traditional structural materials and uses modern chemical methods. Through its optimization and improvement, a new battery has been obtained. Therefore, the development and utilization of perovskite as one of its main components is of great significance to improve photovoltaic power generation technology.

**Keywords:** perovskite, solar cell, electrochemical impedance spectroscopy

### 引言:

新型钙钛矿太阳能电池是一种高效、环保的新能源电池。随着对钙钛矿太阳能电池的研发及其应用领域的不断拓展, 人们开始关注它在实际生活中所发挥出来的巨大作用。因此, 研究开发出具有高效率 and 低成本特点以及可大规模批量生产且可广泛应用于汽车制造等方面的优异的材料成为了科学研究热点之一。本文对新型钙钛矿太阳能电池的结构设计、原理分析及电池组装进行阐述, 并对新型钙钛矿太阳能电池的电化学阻抗进行分析, 为其进一步开发和应用提供了理论依据。

### 一、钙钛矿太阳能电池的制备与测试

#### (一) 钙钛矿太阳能电池的原理

钙钛矿太阳能电池的工作原理是将太阳辐射能直接

转换为电能而实现光电转化, 利用晶体材料在太阳光照射下产生电子-空穴对, 从而进行光电转换, 通过外加电场的作用使电解液中界面上聚集的自由电子被激发到阴极表面, 形成导电离子, 并且与电极正电荷结合生成带正负电荷电子。当外界阳光直射时将导致阳极的溶液从高浓度水体溢出并沉积下来。由于钙钛矿太阳能电池是以水为介质和钠作为反应体系而进行工作的, 所以钙钛矿太阳能电池的工作过程是在溶液中进行, 而钠被氧化后, 会形成水滴。由于钙钛矿太阳光照射时呈白色并带有黄色荧光。因此我们可以利用这一点来分析其电化学特性。

钙钛矿太阳能电池的制备方法主要有机械式和化学法。其中, 化学法就是利用原子在溶液中产生电子, 从而获得质子。(1) 在反应体系中有一个很重要因素—水: 正、负离子与反应物发生化学反应生成产物; 当正极材料的半径越大时就会形成较大电流来提高电池容量;(2) 在反应体系中, 正负离子和反应物的电子会被溶液

**作者简介:** 吴培璠, 2000.11.02, 女, 本科在读, 汉族, 籍贯: 广东省河源市, 研究方向: 电化学, 电池, 太阳能电池, 新型电池。

中和而离开, 形成一个新的有序回路。所以说当水溶液处于高压时就具有较大电流来提高电池容量。在制备钙钛矿太阳电池时, 需要将正负极材料经过化学改性, 从而使其具有更大的比表面积。(3) 反应物与生成物之间会产生化学反应。当溶液处在高压状态中时就可以直接把水溶液加热到一定温度后进行反应, 从而产生电能; 但如果处于低温条件下, 则不能达到这个效果, 所以要用溶剂萃取法来除去钙钛矿太阳电池中所含杂质离子并对其中剩余部分溶解在水中的蛋白质进一步处理, 使其能够被再次利用, 从而实现光电转化过程。

## (二) 钙钛矿太阳电池的结构设计

钙钛矿太阳电池的核心部件为外壳、电极板和电解液。在整个工作循环中, 为了防止外界环境对其产生影响, 所以, 它需要有一个缓冲保护层。当发生电化学反应时就会形成一层可吸收电子薄膜; 而经过一定时间后又可以恢复到原来状态(例如电流流速)以保持稳定。且提高光电转化率等一系列问题的出现都将会使钙钛矿太阳电池变得更加优秀、更加安全可靠以及更好地为人们服务。除此之外, 在电池的外壳材料上还需要有一层隔热层, 以便于散热, 同时又能防止太阳光直接照射到电池片极板和电解液中。

在对钙钛矿太阳能电池进行结构设计时, 首先要确定工作基板的厚度, 然后根据不同材料选择合适的铜芯, 制备出适合于本实验使用条件下所需的电化学转换性能要求。为了达到较高强度光电转化效率等各项指标, 我们选用硅铝化合物作为太阳电池中电极组件单元。基准电子扩散层是由一层金属薄片制成, 并经高温淬火处理而成, 它主要用于制高频反常工作情况(如室温)的电源电路和高压直流电源供电系统, 用于提高系统输出功率。为了确保工作基板的光伏电池组在高电压工况下正常稳定地进行光电转换, 采用了不同材料来制造出符合要求的薄膜, 其厚度一般为10nm左右。此外, 在进行组件参数设计时, 我们要根据不同铜芯的工作条件选择合适材料, 制作成适合于本实验所使用环境下的太阳电池。

## (三) 钙钛矿太阳电池组装

将电池片和光伏组件组装好, 首先要对太阳光线进行初步的调整, 使其尽量保持垂直于阳光方向。在安装过程中要注意事项如下:(1) 应先把太阳能板上的硅粉去除掉。如果没有去除完, 之后直接装入电熨斗用于后续使用时再重新涂覆太阳板;(2) 在连接过程中将两个电极采用焊接方式将电池片与光伏组件组装好, 而后分别封装成一个整体, 然后对其进行测试;(3) 在测试过

程中若发现电池片与光伏组件的连接处有腐蚀等情况, 则应立即更换。同时, 为了防止电极表面发生氧化反应和硅粉团聚现象, 影响太阳板的使用寿命, 在组装过程中, 应保证连接处的干燥和清洁。(4) 太阳板与电池片之间采用的是过流氧化还原工艺。通过实验证明: 此方法可以防止金属材料表面发生腐蚀现象, 并能有效增加光伏组件的寿命; 此外还可提高太阳能电池方阵整体抗干扰能力、延长太阳板使用年限等。对钙钛矿锂离子导电薄膜进行了强度测试后, 结果表明该技术在一定程度上能够避免在过载情况下引起短路问题。

## 二、钙钛矿太阳电池的电化学阻抗图谱分析

### (一) 电化学阻抗图谱理论

电化学电池的工作机理是利用化学反应, 在溶液中溶解和释放出含有两个或多个带正电荷的离子, 这些带负电荷的是由电解质组成且呈酸性。因此可以将这两种不同形式的物质结合起来。但是如果它们没有充分渗透到水溶液中就会发生反应。所以我们不能把这种现象看成一个单纯因素作用, 而应该分阶段讨论研究分析电化学过程产生的影响, 以及如何利用它来提高电池容量等问题。本文通过对钙钛矿太阳能系统进行实验室采集数据, 分析其电化学特性, 并将它们的变化结果整理出来, 来研究钙钛矿电池材料在不同温度、电压下等一系列因素作用后所产生的影响。

在进行电化学太阳能电池的研究之前, 我们应先对所要分析的实验数据和背景信息作必要地处理, 然后再利用有限元仿真软件建立一个近似完整且准确度高、信噪比大并且可以直接测量出反应结果好坏的模型。(1) 首先必须确定的是待测材料为磷酸钙。因为不同类型元素其电阻率是不一样的; 其次需要选择合适的参数才能进行电化学分析实验设计和计算; 最后我们要对所得到的数据做傅里叶变换, 再进行时域上的分析, 最后得到一个准确度高且信噪比大的结果。(2) 我们在建立电化学阻抗模型之前首先要对所建立的数学计算理论做必要的预处理和完善。为了方便后面实验数据测定, 所用到的是基于傅里叶变换而产生出来的一种特殊方法: 傅立叶红外光谱仪是一种利用热效应原理来进行测量并测试材料温度分布以及微观结构变化的分析仪器, 它可以对不同性质的材料进行温度分析。所以我们在建立数学计算模型时, 要充分考虑到影响电化学阻抗变化的因素。(3) 最后我们考虑到的是电化学的热效应理论, 所以要将其和温度分析法结合运用。在电化学分析时, 我们也要考虑到热效应原理, 因为温度是由分子的结构决定的。所以我们需要把反应前后的物质放出一个热量, 而当反

应进行了一段时间后就会有一部分能量流失。这时如果将此过程所产生的物质加热或者长时间保温,则可减少这种现象的出现;若在处理中使其温度降低的话还需对该化学反应体系进行重新设计和研究,来避免此类情况发生,所以我们需要将其和热效应理论结合起来。

## (二) 结果

(1) 在对电池进行充放电实验时,通过之前的数据可以看出,当待测溶液温度较低或者为25℃时都会出现较好的电学转换效率。而对于10-40mV锂电池来说它所采用的是负极材料为主要组成成分。所以我们认为这是一种理想化情况下最符合实际状况且性能最优、操作最为方便简单和成本最低的方法。(2) 在对太阳光进行照射实验中,通过对电池的充放电曲线可以看出,太阳光随着电压升高而增加,但是在这同时也会使其输出峰变短。所以当我们使用太阳能作为电源时应该尽量选择正极材料。(3) 对于不同颜色溶液来说它所形成的电阻率是有很大差异的:钠离子和绿泥基盐都是因为其为黄色系,而导致了红黄蓝紫出现失真现象;白土、黑土地基的化合物由于种类很多,而且熔点也不尽相同,在温度变化过程中它们会不同程度地分解出来;而紫红色系和蓝色系的化合物则会因为温度不同导致其分解出颜色也有很大差别。所以要尽量选择合适的色相,使光能在太阳能电池中发挥最大效应。(4) 在使用过程中,我们应该注意的是,太阳光的照射方向应与电池光电转化率相同。如果太阳光照射在不同的位置,其转换效率也会有很大差异。所以我们应该根据这种情况选择合适的光源。

## 三、钙钛矿太阳能电池在电池中的应用

钙钛矿太阳能电池在我国已经拥有了很大的市场,但作为一种新型能源,其研究与应用还有很多工作要做。(1) 太阳能发电。由于地球上存在着众多种类不同的光伏材料和半导体器件等,对人类有巨大影响,也涉及到环境问题,从而成为全球新一轮科技革命发展的热点之一;同时也是未来可持续利用技术中一个重要领域。电池用电寿命短、耗电量大等一系列问题亟待解决,所以研究开发新的电池材料是一个重要课题。(2) 储能和能量储存技术。钙钛矿太阳能电池作为一种新型环保型太阳能电源,它可以在使用过程中,通过将电能转化为化学气体来存储热量或将转换后产生的热能保存下来用于发电、照明等;同时由于其具有较高的抗腐蚀性及耐高

温性能,也使得钙钛矿太阳能电池有了更大的发展空间。(3) 可控硅和负极材料是未来新能源技术领域最重要组成部分之一;而在这两方面的研究开发,将会促进新能源技术领域的进一步发展。(4) 可穿戴设备。随着人们对生活质量和舒适度要求不断提高,未来可能会需要使用更多的电子产品或装备来满足用户不同层次需求,这些新的需求也将成为趋势;同时也表明太阳能电池产业化应用前景广阔、具有巨大潜力以及具有不可替代的作用。钙钛矿太阳能电池作为一种成本低用途广的新能源技术将会越来越受到关注并得到重视。(5) 在应用过程中,钙钛矿太阳能电池的安全性能、耐化学性和可靠性等问题也会得到相应提高。(6) 可再生能源资源的开发和利用将在很大程度上解决环境污染问题,因此新能源技术会成为未来太阳能电池产业化应用领域的研究热点。

## 四、总结

太阳能电池是一种新型的电源,它具有能量密度高、功率大,使用寿命长等优点。随着太阳光能产业和新材料技术的发展以及应用需求的日益增长,钙钛矿作为新一代高效发光二极管出现在市面上已经成为研究热点之一了,也有很多人对其进行过不同方面性能上及可靠性上综合评估,来提高其光电转换效率,并做出很多努力使之更好地在工作与生活中发挥越来越重要的作用。当然,也还有很多问题需要我们去发现并解决,在今后的光电转换效率研究中,将会对钙钛矿太阳能电池进行更多方面性能上和可靠性上的提高,这将是未来新能源产业发展一个不可阻挡的热点话题。

## 参考文献:

- [1]潘武淳,王磊,王鼎,等.新型钙钛矿太阳能电池的电化学阻抗图谱分析[J].电源技术,2019(3):4.
- [2]潘武淳,王磊,王鼎,等.新型钙钛矿太阳能电池的电化学阻抗图谱分析[J].电源技术,2019.
- [3]张道博,陈义川,孟琦,等.原位电化学阻抗谱研究光照对钙钛矿太阳能电池稳定性影响[C]/TFC'19第十五届全国薄膜技术学术研讨会.0.
- [4]朱立峰.钙钛矿太阳能电池材料及制备工艺研究[D].中国科学院大学(中国科学院物理研究所),2017.
- [5]李成辉,郑海松,刘俊,等.钙钛矿太阳能电池的制备工艺与光伏性能研究[J].人工晶体学报,2017,46(7):6.