

# 用于捕获钙钛矿太阳能电池中铅泄漏的材料和方法

## 能源和环境

节能/发电/管理/储存 (电池)

废物处理/管理

## 机遇

钙钛矿太阳能电池因其卓越的光电性能、溶液可加工性及与柔性基底的兼容性，已成为一种极具前景的光伏技术，其功率转换效率可与传统硅太阳能电池相媲美。然而，其广泛商业化的一个主要障碍是铅泄漏带来的潜在环境和健康危害。铅是高性能钙钛矿吸收层的关键组成部分。当钙钛矿太阳能电池因冰雹、风、火灾或温度波动等外部因素受损时，雨水可能渗入器件，溶解钙钛矿层中的铅，从而污染环境。现有的缓解策略，如开发无铅钙钛矿，会导致功率转换效率和稳定性显著降低，使其商业应用不切实际。因此，迫切需要开发有效的方法，在不影响性能的前提下，防止高效含铅钙钛矿太阳能电池的铅泄漏，从而实现其安全部署和市场准入。

## 技术

本专利发明通过引入一种集成到钙钛矿太阳能电池结构中的新型铅捕获层来解决铅泄漏问题。其核心创新是一个复合层，包含 (a) 一种酸性阳离子交换树脂和 (b) 一种封装树脂 (如环氧树脂、硅树脂、丙烯酸酯树脂)。酸性阳离子交换树脂含有如磺酸基 ( $\text{SO}_3\text{H}$ ) 等功能基团，这些基团对  $\text{Pb}^{2+}$  离子具有高亲和力。其作用机制基于阳离子交换原理：当  $\text{Pb}^{2+}$  离子从受损的钙钛矿层中浸出时，它们与捕获层接触。阳离子交换树脂中的功能基团 (最初与  $\text{Na}^+$  或  $\text{H}^+$  等离子结合) 释放这些替代离子并化学吸附  $\text{Pb}^{2+}$  离子，从而有效固定它们，防止其释放到环境中。该捕获层可以以多种配置应用于太阳能电池器件中：作为外部封装剂涂覆在器件的顶部、底部或周边；包裹在侧面；甚至如果使用导电配方，可以集成在功能层之间 (例如，在钙钛矿层和电荷传输层之间)。该方法涉及将阳离子交换树脂粉末与封装树脂混合形成胶体混合物，然后将其涂覆到器件上并固化，通常使用紫外线。这种方法提供了双重功能：它既作为标准的保护性封装屏障，同时在器件失效时能主动捕获有毒的铅离子。

## 优势

- 有效捕获并固定  $\text{Pb}^{2+}$  离子，防止受损钙钛矿太阳能电池造成的环境污染。
- 保持底层钙钛矿太阳能电池的高功率转换效率和稳定性，因为捕获层不影响光伏性能。
- 提供多种应用方法——可作为外部封装剂应用，或集成在器件结构内部。
- 与刚性 (如玻璃) 和柔性 (如PET) 基底兼容，也适用于小面积电池和大面积组件。
- 采用简单、便捷且经济的制造工艺，涉及树脂混合和涂覆。
- 帮助钙钛矿太阳能组件满足严格的监管有害废物浸出标准 (例如，RCRA的 TCLP测试，限值低于5 ppm)，促进商业化。

### 备注

IDF: 1234

### IP状态

已申请专利



技术成熟度等级 (TRL) ?

4

### 发明人

任广禹教授

朱宗龍教授

李稔博士

查询: [kto@cityu.edu.hk](mailto:kto@cityu.edu.hk)

Develop Concept

Proof Concept

Follow-on Funding

Build Value

- 通过提供额外的防潮防氧屏障，增强器件的长期环境稳定性。

## 应用

- 集成到商用钙钛矿太阳能板中，用于屋顶、建筑一体化光伏和大型太阳能农场。
- 用于轻质、柔性钙钛矿太阳能电池，适用于可穿戴电子设备、便携式充电器和物联网设备。
- 应用于钙钛矿-硅或其他基于钙钛矿的叠层太阳能电池，以确保整体组件的安全性。
- 作为安全特性应用于为消费电子和汽车集成太阳能车顶设计的钙钛矿太阳能组件中。
- 部署在对环境安全至关重要的离网和农业光伏应用中。

