

同行专家业内评价意见书编号： 20250856118

附件1

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院） 同行专家业内评价意见书

姓名： 张静

学号： 22260431

申报工程师职称专业类别（领域）： 材料与化工

浙江工程师学院（浙江大学工程师学院）制

2025年05月26日

填表说明

一、本报告中相关的技术或数据如涉及知识产权保护、军工项目保密等内容，请作脱密处理。

二、请用宋体小四字号撰写本报告，可另行附页或增加页数，A4纸双面打印。

三、表中所涉及的签名都必须用蓝、黑色墨水笔，亲笔签名或签字章，不可以打印代替。

四、同行专家业内评价意见书编号由工程师学院填写，编号规则为：年份4位+申报工程师职称专业类别(领域)4位+流水号3位，共11位。

一、个人申报

(一) 基本情况【围绕《浙江工程师学院(浙江大学工程师学院)工程类专业学位研究生工程师职称评审参考指标》，结合该专业类别(领域)工程师职称评审相关标准，举例说明】

1. 对本专业基础理论知识和专业技术知识掌握情况(不少于200字)

在本次专业实践过程中，我系统且深入地掌握了材料与化工领域的基础理论知识和专业技术知识。通过参与高性能碳基介孔钙钛矿太阳能电池的研发项目，我对化学反应原理、材料特性、光电转换原理等基础知识有了扎实的掌握，并学会了如何将这些理论知识应用于实际的太阳能电池制备中。例如，我运用化学原理选择合适的前驱体材料与溶剂，依据材料特性调整工艺参数，从而优化电池的性能。同时，我深入学习了钙钛矿材料的能带结构、缺陷态以及它们对器件性能的影响，通过大量的文献阅读和实验室讨论，加深了对钙钛矿材料在光电器件中应用的理解。此外，我还掌握了多种实验技能，如旋涂、热处理、结晶优化等制备工艺技术，并学会了如何通过调整工艺参数来优化钙钛矿材料的结晶质量和电池性能。这些知识的掌握不仅为我解决了实际实验中遇到的问题，也为我在后续实验中做出更精准的实验设计和操作提供了坚实的理论基础。

2. 工程实践的经历(不少于200字)

在江苏延长桑莱特新能源有限公司的实践期间，我积累了丰富且多样的工程实践经验。我参与了从实验室研究到中试生产的完整研发流程，深入了解了企业实际生产中的各个环节。在项目中，我负责钙钛矿太阳能电池关键材料的制备，包括前驱体溶液的配制、薄膜的制备、电池结构的构建等。为了提升电池的转换效率和稳定性，我学习并参与了多种制备工艺，如印刷、狭缝涂布和超声喷涂等技术，并通过调整工艺参数，优化了电池的结构与性能。同时，我还参与了电池性能测试与数据分析工作，对不同制备条件下电池的光电转换效率、稳定性等指标进行了系统的对比和研究。此外，我还与研发团队一起探讨了如何通过材料的优化和工艺的改进，进一步提升碳基介孔钙钛矿太阳能电池的转换效率和大面积制备工艺的可行性。这次实践让我对钙钛矿太阳能电池的整个研发流程有了全面的认识，也提升了我在新能源领域的实践能力和技术水平。

3. 在实际工作中综合运用所学知识解决复杂工程问题的案例(不少于1000字)

在钙钛矿太阳能电池项目中，我遇到了大面积制备过程中电池性能不达预期这一复杂工程问题。针对这一问题，我充分发挥自己的专业知识和实践经验，与团队成员展开深入研究。通过分析，我们发现结晶的均匀性和薄膜的稳定性是影响电池性能的关键因素。在优化结晶过程方面，我尝试了多种技术方案。首先，我引入了低溶解度晶种辅助结晶技术，通过在前驱体溶液中加入低溶解度晶种，促进钙钛矿晶体的均匀生长。同时，我还采用了热旋涂技术，在旋涂过程中施加热量，加速溶剂的挥发速率，降低晶种的溶解度，从而促进快速结晶。实验结果表明，这两种技术显著提高了钙钛矿层的结晶度和均匀性。此外，我还尝试了反溶剂技术，在钙钛矿薄膜的制备过程中加入反溶剂，加速晶体的成核和生长，进一步提高了薄膜的质量。

在解决碳基电极与钙钛矿层界面接触质量的问题时，我提出引入自组装单分子层修饰技术来优化界面。通过在碳基电极表面修饰自组装单分子层，改善了电极与钙钛矿层之间的界面接触，降低了界面处的电荷复合，从而提高了电池的转换效率和长期稳定性。在实验过程中，我通过大量的实验数据验证了这些技术方案的有效性。例如，在优化结晶条件后，电池的转换效率提高了约15%，稳定性测试结果显示，在高温高湿环境下，电池的性能衰减速度明显减缓。

同时，我还参与了对实验数据的收集与整理工作，并运用所学知识对数据进行深入分析。通

过数据分析，我为团队提供了精确的工艺调整方向，帮助团队不断优化制备工艺。我利用统计分析方法对不同工艺参数下的电池性能数据进行分析，确定了最佳的工艺参数范围。例如，通过分析旋涂速度与电池转换效率之间的关系，我们发现当旋涂速度控制在一定范围内时，电池的转换效率最高。基于此，我们对旋涂工艺进行了优化，显著提升了电池的性能。

此外，我还积极参与团队讨论和头脑风暴，与其他成员分享自己的见解和建议。在团队合作中，我充分发挥自己的专业优势，协助其他成员解决他们遇到的技术难题。例如，当团队成员在进行电池性能测试时遇到数据不稳定的问题，我利用自己掌握的测试技术和数据分析方法，帮助他们找到了问题的根源，并提出了相应的解决方案。通过这些努力，我们逐渐攻克了一个又一个技术难关，最终实现了钙钛矿太阳能电池性能的显著提升。

在这个过程中，我还深刻体会到了工程实践与理论研究的紧密结合的重要性。通过将所学的理论知识应用于实际工程问题的解决中，我不仅提升了自己的实践能力，还加深了对理论知识的理解。同时，我也认识到在实际工作中，需要不断学习和探索，紧跟行业发展的前沿，才能更好地应对各种复杂工程问题。这次经历让我更加坚定了在材料与化工领域深入研究和发展的决心，也为我未来的职业生涯积累了宝贵的经验。最终，通过一系列技术改进，我们在大面积钙钛矿太阳能电池制备中取得了显著进展，不仅提升了电池的转换效率和稳定性，还为其实现产业化应用奠定了基础。这一案例充分体现了我在实际工作中运用所学知识解决复杂工程问题的能力，也展示了我在工程实践中不断探索和创新的精神。

(二)取得的业绩(代表作)【限填3项,须提交证明原件(包括发表的论文、出版的著作、专利证书、获奖证书、科技项目立项文件或合同、企业证明等)供核实,并提供复印件一份】

1. 公开成果代表作【论文发表、专利成果、软件著作权、标准规范与行业工法制定、著作编写、科技成果获奖、学位论文等】

成果名称	成果类别 [含论文、授权专利（含发明专利申请）、软件著作权、标准、工法、著作、获奖、学位论文等]	发表时间/ 授权或申请时间等	刊物名称 /专利授权或申请号等	本人排名/ 总人数	备注
Templated-seeding renders tailored crystallization in perovskite photovoltaics: path towards future efficient modules.	TOP期刊	2024年01月16日	Journal of chemistry A	1/7	SCI期刊收录

2. 其他代表作【主持或参与的课题研究项目、科技成果应用转化推广、企业技术难题解决方案、自主研发设计的产品或样机、技术报告、设计图纸、软课题研究报告、可行性研究报告、规划设计方案、施工或调试报告、工程实验、技术培训教材、推动行业发展中发挥的作用及取得的经济社会效益等】

(三) 在校期间课程、专业实践训练及学位论文相关情况	
课程成绩情况	按课程学分核算的平均成绩： 85 分
专业实践训练时间及考核情况(具有三年及以上工作经历的不作要求)	累计时间： 1 年(要求1年及以上) 考核成绩： 85 分
本人承诺	
个人声明：本人上述所填资料均为真实有效，如有虚假，愿承担一切责任，特此声明！	
申报人签名：张静	

浙江大学研究生院
攻读硕士学位研究生成绩表

学号: 22260431		姓名: 张静		性别: 女		学院: 工程师学院				专业: 材料与化工				学制: 2.5年					
毕业时最低应获: 29.0学分				已获得: 31.0学分				入学年月: 2022-09				毕业年月:							
学位证书号:						毕业证书号:						授予学位:							
学习时间		课程名称			备注	学分	成绩	课程性质		学习时间		课程名称			备注	学分	成绩	课程性质	
2022~2023学年秋季学期		创新设计方法				2.0	通过	专业选修课		2022~2023学年春季学期		材料加工技术				2.0	78	专业学位课	
2022~2023学年秋季学期		工程技术创新前沿				1.5	94	专业学位课		2022~2023学年春季学期		新时代中国特色社会主义思想理论与实践				2.0	90	公共学位课	
2022~2023学年秋季学期		工程伦理				2.0	91	公共学位课		2022~2023学年春季学期		优化理论基础				2.0	67	专业选修课	
2022~2023学年冬季学期		膜技术与工程				2.0	82	专业学位课		2022~2023学年春季学期		研究生论文写作指导				1.0	89	专业学位课	
2022~2023学年冬季学期		智慧能源系统工程				2.0	91	专业学位课		2022~2023学年春季学期		研究生英语基础技能				1.0	71	公共学位课	
2022~2023学年冬季学期		产业技术发展前沿				1.5	91	专业学位课		2022~2023学年夏季学期		自然辩证法概论				1.0	87	公共学位课	
2022~2023学年冬季学期		聚合物加工原理与分析方法				2.0	88	专业选修课		2022~2023学年春夏学期		高阶工程认知实践				3.0	84	专业学位课	
2022~2023学年秋冬学期		研究生英语				2.0	93	公共学位课				硕士生读书报告				2.0	通过		
2022~2023学年春季学期		绿色化工与生物催化前沿				2.0	89	专业学位课											

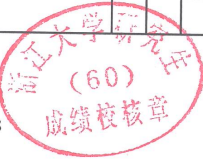
说明: 1. 研究生课程按三科方法统计, 专业学位课按两科方法统计。

说明: 1. 研究生课程按三种方法计分: 百分制, 两级制 (通过、不通过), 五级制 (优、良、中、及格、不及格)。
2. 备注中 “*” 表示重修课程。

学院成绩校核章:

成绩校核人: 张梦依

打印日期: 2025-06-03





Cite this: *J. Mater. Chem. A*, 2024, 12, 1407

Templated-seeding renders tailored crystallization in perovskite photovoltaics: path towards future efficient modules

Jing Zhang,^a Peng Mao,^b Weihui Bi,^c ^{*ae} Bing Wang,^d ^{ac} Yungui Li,^d Gaorong Han^{ae} and Yufei Zhong^e ^{*ab}

Perovskite solar cells (PSCs) are extensively studied due to their low cost and high power-conversion efficiency. However, the scalable fabrication of pinhole-free perovskite films with uniform coverage and large well-crystallized grains still remains a significant challenge to date. Currently, the seed-assisted growth technique is emerging as a useful approach for enhancing the device performance of PSCs by finely tuning the morphology of the perovskite film, affording heterogeneous nucleation sites that improve the quality of crystallization. In this perspective, we provide a concise overview of the seed-assisted crystallization strategy, encompassing the provision of heterogeneous nucleation sites, reduction of energy barriers, control over nucleation processes, and the necessity and benefits of implementing this approach in perovskite modules, all of which collectively lead to notable improvements in perovskite device performance. By highlighting the application of the above templated crystallization in a scalable process, we propose that the deliberate integration of consistently oriented and uniformly-sized seeds during large-area coating holds the potential to yield superior film crystallization uniformity and heightened efficiency in the module. We hope this perspective can screen the detailed information on crystal growth in PSC and shed light on both theoretical framework and experimental approach for future efficient perovskite solar modules.

Received 6th October 2023
Accepted 6th December 2023

DOI: 10.1039/d3ta06067e

rsc.li/materials-a

1. Introduction

Perovskite solar cells (PSCs) are gaining extensive attention in both photovoltaic academia and industry for their high efficiency and low-cost fabrication, making them a promising alternative to current silicon solar cells. The rapid efficiency improvements of PCEs from 3.85% to 26.1% in a decade is due to their photophysical properties, such as tunable bandgaps, low exaction binding energies, and long carrier diffusion lengths.^{1,2} Achieving a high-quality microstructure is essential for device performance, where pinhole-free and uniform films with large grains are desirable. To that end, several fabrication processes have been explored, encompassing the one-step^{3,4} and two-step solution methods⁵ and evaporation approaches.⁶

Spin-coating, as the most commonly used method, has demonstrated many successful examples of efficient devices at the lab-scale. Nevertheless, as required by future practical applications, scalable approaches other than spin-coating are needed to afford uniform and cost-efficient film formation for future PSC modules/panels.⁷ Various deposition methods have been developed, such as inkjet-printing,^{8,9} blade-coating,^{10,11} slot-die coating,¹² and vapor-deposition.¹³ However, the inhomogeneous morphology of perovskite films emerges as the key issue in the above scalable approach, particularly in large area modules, leading to a considerable decline in their efficiency and stability.¹⁴ Fig. 1A demonstrates the performance and deposition method utilized for PSCs, revealing a sharp decrease in PCE concomitant with an increase in device area. Despite many efforts in module fabrication, scaling the area of perovskite films remains a formidable challenge, necessitating solutions to address issues such as low device efficiency and suboptimal film quality observed in large-area configurations.^{15–17} Furthermore, the uncontrollable reproducibility of precursor solutions, characterized by the rapid nucleation and growth rates of perovskite crystals, further complicates the commercialization prospects of perovskite-based technologies.^{18,19}

To overcome above issues, optimizations such as composition engineering,^{20,21} interface modification,^{22,23} and additive

^aInstitute for Carbon Neutrality, Ningbo Innovation Centre, Zhejiang University, Ningbo, 315048, P. R. China. E-mail: biwh231@nit.zju.edu.cn; yufei.zhong@nit.zju.edu.cn

^bSchool of Materials Science and Engineering, NingboTech University, No. 1 Qianhu South Road, Ningbo, 315100, P. R. China

^cNational Laboratory of Solid State Microstructures, School of Physics, Nanjing University, 210093, P. R. China

^dMax Planck Institute for Polymer Research, Ackermannweg 10, 55128 Mainz, Germany

^eSchool of Material Science and Engineering, Zhejiang University, Zheda Road 38, Hangzhou, 310027, P. R. China

经检索《Web of Science》和《Journal Citation Reports (JCR)》数据库,《Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED)》收录论文及其期刊影响因子、分区情况如下。(检索时间:2024年8月14日)

第1条,共1条

标题:Templated-seeding renders tailored crystallization in perovskite photovoltaics: path towards future efficient modules
作者:Zhang, J(Zhang, Jing);Mao, P(Mao, Peng);Bi, WH(Bi, Weihui);Wang, B(Wang, Bing);Li, YG(Li, Yungui);Han, GR(Han, Gaorong);Zhong, YF(Zhong, Yufei);

来源出版物:JOURNAL OF MATERIALS CHEMISTRY A 卷:12 期:3 页:1407-1421 提前访问日期:DEC 2023

DOI:10.1039/d3ta06067e 出版年:JAN 16 2024

入藏号:WOS:001127189100001

文献类型:Article

地址:

[Zhang, Jing; Bi, Weihui; Wang, Bing; Han, Gaorong; Zhong, Yufei] Zhejiang Univ, Inst Carbon Neutral, Ningbo Innovat Ctr, Ningbo 315100, Peoples R China.

[Mao, Peng; Zhong, Yufei] Ningbotech Univ, Sch Mat Sci & Engr, 1 Qianhu South Rd, Ningbo 315100, Peoples R China.

[Wang, Bing] Nanjing Univ, Sch Phys, Natl Lab Solid State Microstruct, Nanjing 210093, Peoples R China.

[Li, Yungui] Max Planck Inst Polymer Res, Ackermannweg 10, D-55128 Mainz, Germany.

[Bi, Weihui; Han, Gaorong] Zhejiang Univ, Sch Mat Sci & Engr, 38 Zheda Rd, Hangzhou 310027, Peoples R China.

通讯作者地址:

Bi, WH; Zhong, YF (corresponding author), Zhejiang Univ, Inst Carbon Neutral, Ningbo Innovat Ctr, Ningbo 315100, Peoples R China.; Zhong, YF (corresponding author), Ningbotech Univ, Sch Mat Sci & Engr, 1 Qianhu South Rd, Ningbo 315100, Peoples R China.; Bi, WH (corresponding author), Zhejiang Univ, Sch Mat Sci & Engr, 38 Zheda Rd, Hangzhou 310027, Peoples R China.

电子邮件地址:biwh231@nit.zju.edu.cn; yufei.zhong@nit.zju.edu.cn

IDS号:EU2X8

ISSN:2050-7488

eISSN:2050-7496

期刊《Journal of Materials Chemistry A》2023年的影响因子为10.7,五年影响因子为10.8。

期刊《Journal of Materials Chemistry A》2023年的JCR分区情况为:

Edition	JCR® 类别	类别中的排序	JCR 分区
SCIE	CHEMISTRY, PHYSICAL	25/178	Q1
SCIE	ENERGY & FUELS	16/170	Q1
SCIE	MATERIALS SCIENCE, MULTIDISCIPLINARY	46/438	Q1

注:

1. 期刊影响因子及分区情况最新数据以 JCR 数据库最新数据为准。
2. 以上检索结果来自 CALIS 查收查引系统。
3. 以上检索结果均得到委托人及被检索作者的确认。

