

# 湖南省自然科学奖公示信息

(2022 年度)

## 一、项目基本情况

提名单位（专家）	中南大学
项目名称	钙钛矿太阳能电池界面及形貌调控机制与方法
主要完成人	阳军亮，丁黎明，刘标，左传天，熊健，李恒月
主要完成单位	中南大学，国家纳米科学中心

## 二、提名意见

提名单位	中南大学		
通讯地址	长沙市岳麓区麓山南路 932	邮政编码	410083
联系人	阮丽君	联系电话	88876073
电子邮箱	ruanlijun@csu.edu.cn	传 真	0731-88836032
提名意见： 钙钛矿太阳能电池界面及形貌调控机制与方法是钙钛矿太阳能电池领域的核心研究课题。项目组在国家自然科学基金面上项目资助下，聚焦钙钛矿太阳能电池界面及形貌调控机制与方法开展深入研究，提出了钙钛矿太阳能电池电子传输层界面调控新方法，发展了钙钛矿太阳能电池空穴传输层制备新策略，建立了钙钛矿薄膜界面载流子传输特性理论机制模型，开发了钙钛矿薄膜形貌控制新技术。该项目设计合理、思路清晰目标明确、方法先进，具有优秀的科学性和创新性。项目组在 <i>Adv. Energy Mater.</i> (IF=25.25)、 <i>Nano Energy</i> (IF=16.60) 等国际刊物和 <i>Nanoscale</i> (IF=6.7) 国内期刊上发表的 5 篇代表性论文，被 <i>Nat. Energy</i> 、 <i>Nat. Rev. Mater.</i> 、 <i>Chem. Rev.</i> 、 <i>Nat. Commun.</i> 、 <i>Adv. Mater.</i> 、 <i>Energy Environ. Sci.</i> 等期刊 SCI 他引 923 次，单篇最高 SCI 他引 367 次，ESI 高被引用论文 2 篇；获得授权发明专利 2 项，其中 1 项实现技术转让。该项目研究成果获得本领域国内外同行的正面引用和高度评价，包括王中林教授、Michael Graetzel 教授、Takao Someya 教授、Sang Il Seok 教授等全球著名科学家。该原创性研究成果对于钙钛矿太阳能电池的发展和应用具有重要的学术影响和科学价值。经审阅，该项目申报材料内容属实，相关栏目符合填写要求，经公示，无异议。  提名该项目为湖南省自然科学奖 二 等奖。			

### 三、项目简介

钙钛矿太阳能电池自 2009 年报道以来受到科学界和产业界研究人员的广泛关注。获得高质量器件界面及钙钛矿薄膜，是制备高性能钙钛矿太阳能电池及推进其产业化应用的关键科学问题和核心技术难题。本项目聚焦于钙钛矿太阳能电池界面及形貌调控开展深入研究，取得的创新性科学发现体现在以下四个方面：

**（一）提出钙钛矿太阳能电池电子传输层界面调控新方法及揭示其调控机制：**针对柔性钙钛矿太阳能电池效率低的核心问题，提出了优化前驱体溶液浓度精准调控电子传输层  $\text{SnO}_2$  薄膜形貌及覆盖度的方法，揭示了电子传输层界面对钙钛矿薄膜及器件性能的影响机制及柔性器件效率落后刚性器件的本质原因，实现了当时全球最高的单结柔性器件效率 19.51%；揭示了倒置结构平面异质结钙钛矿太阳能电池性能界面降解的新机制，阐明了钙钛矿与阴极电极之间的界面衰减是导致电池降解的主要原因，提出并发明了一种  $\text{TiO}_2$  纳米晶合成及该电子传输层界面薄膜低温制备的新方法，显著提高了钙钛矿太阳能电池器件稳定性。**研究成果得到顶级期刊 Nature Energy、Nat. Rev. Mater.、Adv. Mater.、ACS Energy Lett.等发表工作的正面引用和积极评价。**

**（二）发展钙钛矿太阳能电池空穴传输层制备新策略及阐明其工作机理：**开发了一种新型低温溶液法制备氧化亚铜和氧化铜薄膜的新策略，首次将空气中原位生成的氧化铜薄膜用作钙钛矿太阳能电池空穴传输层，有效调控钙钛矿界面载流子传输、能级匹配、界面缺陷等性能，揭示了氧化铜空穴传输层对载流子提取和复合动力学影响的内在机理及其对钙钛矿太阳能电池器件稳定性影响的作用机制。研究结果对深入理解空穴传输层对钙钛矿太阳能电池性能影响机制具有重要的科学意义，有利于指导和推动钙钛矿太阳能电池快速发展及产业应用。**研究成果入选 ESI 高被引用论文，得到顶级期刊 Chem. Rev.、Energy Environ. Sci.、Adv. Mater.、Adv. Energy Mater.等发表工作的正面引用和积极评价。**

**（三）构建钙钛矿太阳能电池 2D/3D 界面新模型及阐述载流子传输特性：**设计并构建了 2D/3D 钙钛矿异质结新模型，研究了界面能级转变、光学特性与电荷传输机制，发现了 2D/3D 异质结界面处电荷复合中心与 3D 钙钛矿接触面之间的关联机制，阐明了 2D 和 3D 钙钛矿的功函数差是界面能级转变和界面电荷转移的本质内因，研究结果对探索钙钛矿界面物理特性具有重要科学意义，对钙钛矿太阳能电池等光电器件构建与实际应用具有重要指导意义。**研究成果得到顶级期刊 Energy Environ. Sci.、Adv. Mater.、Nano Lett.、Adv. Energy Mater.等大量正面引用和积极评价。**

**（四）开发钙钛矿太阳能电池活性层薄膜形貌调控新技术及解释其调控机理：**开发一种无需反溶剂的氯化铵添加剂工艺调控钙钛矿薄膜结晶和形貌的新方法，揭示了氯化铵添加剂对薄膜结晶和形貌的影响机制，实现了当时报道的最高填充因子（80.11%）的钙钛矿太阳能电池器件。**研究成果发表于国内顶级期刊 Nanoscale，并入选 ESI 高被引用论文，得到了顶级期刊 Nat. Rev. Mater.、Nat. Commun.、Joule、Adv. Mater.等大量正面引用和积极评价。**

本项目研究获得的系列创新性研究成果在国际学术界产生重要影响，发表的 5 篇代表性论文被他引 923 次，单篇最高 SCI 他引 367 次，其中 ESI 高被引用论文 2 篇；获得授权发明专利 2 项，其中 1 项实现技术转让。该原创性研究成果对于制备高性能钙钛矿太阳能电池器件和推进钙钛矿太阳能电池产业化应用具有重要的学术影响和科学价值。第 1 完成人入选国家万人计划青年拔尖人才、湖南省科技创新领军人才及获得湖南省杰青资助。

#### 四、代表作（含论文、专著）目录（不超过5篇）

序号	代表作名称/刊名/作者	年卷页码	发表时间（年月日）	通讯作者（含共同）	第一作者（含共同）	国内作者（排序）	他引总次数	检索数据库	知识产权是否归国内所有
1	High-Performance Flexible Perovskite Solar Cells via Precise Control of Electron Transport Layer/Advanced Energy Materials/Keqing Huang, Yongyi Peng, Yaxin Gao, Jiao Shi, Hengyue Li, Xindi Mo, Han Huang, Yongli Gao, Liming Ding, Junliang Yang	2019, 9, 190141-9.	2019年11月01日	阳军亮、丁黎明	黄可卿、彭勇宜	黄可卿, 彭勇宜, 郜雅馨, 史姣, 李恒月, 莫新娣, 黄寒, 高永立, 丁黎明, 阳军亮	118	Web of Science	是
2	Solution-Processed Cu <sub>2</sub> O and CuO as Hole Transport Materials for Efficient Perovskite Solar Cells/Small/ Chuantian Zuo, Liming Ding	2015, 11, 5528-5532	2015年11月04日	丁黎明	左传天	左传天, 丁黎明	367	Web of Science	是
3	Interfacial Charge Behavior Modulation in 2D/3D Perovskite Heterostructure for High-Performance Solar Cells/Nano Energy/Biao Liu, Mengqiu Long, Mengqiu Cai, Liming Ding, Junliang Yang	2019, 59, 715-720	2019年05月01日	阳军亮、丁黎明	刘标	刘标, 龙孟秋, 蔡孟秋, 丁黎明, 阳军亮	71	Web of Science	是
4	Interface Degradation of Perovskite Solar Cells and its Modification using an Annealing-free TiO <sub>2</sub> NPs Layer/Organic Electronics/Jian Xiong, Bingchu Yang, Chenghao Cao, Runsheng Wu, Yulan Huang, Jia Sun, Jian Zhang, Chengbin Liu,	2016, 30, 30-35.	2016年03月01日	阳军亮, 杨兵初	熊建	熊建, 杨兵初, 曹程浩, 吴闰生, 黄玉兰, 孙佳, 张坚, 刘承兵, 陶少华, 高永立, 阳军亮	52	Web of Science	是

	Shaohua Tao, Yongli Gao, Junliang Yang								
5	An 80.11% FF Record Achieved for Perovskite Solar Cells by using the NH <sub>4</sub> Cl Additive/Nanoscale/Chuan tian Zuo, Liming Ding	2014, 6, 9935-9 938	2014年 07月 01日	丁黎明	左传 天	左传天, 丁黎明	315	Web of Science	是
合 计							923	Web of Science	是

## 五、主要完成人情况表

姓 名	阳军亮	性别	男	排 名	1	国 籍	中国
出生年月	1979年09月18日		出 生 地	湖南衡南	民 族	汉族	
身份证号	430422197909185812		归国人员	否	归国时间		
技术职称	教授		最高学历	研究生	最高学位	博士	
毕业学校	中国科学院长春应用化学研究所		毕业时间	2008年6月	所学专业	高分子物理	
电子邮箱	junliang.yang@csu.edu.cn		办公电话	15873184931	移动电话	15873184931	
通讯地址	湖南省长沙市岳麓区中南大学物理学院				邮政编码	410083	
工作单位	中南大学				行政职务	副院长	
二级单位	物理学院				党 派	中国共产党	
主要完成单位	中南大学				所 在 地	湖南	
					单位性质	事业单位	
参加本项目的起止时间	2014年1月1日至2019年11月1日						
<p>对本项目重要科学发现的贡献：</p> <p>本项目的学术带头人，提出了本项目的核心学术思想和研究思路，制定了研究方案，参与了项目主体研究工作，撰写了3篇代表性论文，是论文1、3、4三篇论文的通讯作者。</p>							
<p>曾获科技奖励情况：</p> <p>无</p>							

护照姓名	Liming Ding	性别	男	排 名	2	国 籍	美国
中 文 名	丁黎明		出生年月	1966 年 11 月	出 生 地	陕西咸阳	
护 照 号	567006374						
职 称	研究员		最高学历	博士	最高学位	博士	
毕业学校	中国科学技术大学		毕业时间	1996 年 6 月 6 日	所学专业	高分子化学	
电子邮箱	ding@nanocr.cn		办公电话	010-82545625	移动电话	18001181108	
通讯地址	北京市海淀区中关村北一条 11 号						
工作单位	国家纳米科学中心				行政职务	无	
主要完成单位	国家纳米科学中心				所 在 地	北京市	
					单位性质	研究所	
国内任职起止时间	2010 年 6 月 至今						
参加本项目的起止时间	2014 年 1 月 1 日 至 2019 年 11 月 1 日						
<p>对本项目重要科学发现的贡献：</p> <p>本人是四项科学发现的主要贡献者，科学发现 1 中参与柔性钙钛矿太阳能电池界面性能优化与表征，科学发现 2 中提出开发铜氧化物空穴传输材料改善钙钛矿太阳能电池性能及指导电池制备与性能优化，科学发现 3 中参与 2D/3D 钙钛矿界面构建与讨论，科学发现 4 中提出氯化铵添加剂调控钙钛矿薄膜结晶和形貌的策略及指导薄膜制备和电池性能研究；是代表性论文 2、5 的通讯作者，代表性论文 1、2 的共同通讯作者。</p>							
<p>曾获中国国家及省部级以上科学技术奖情况：</p> <p>无</p>							

承担中国国家及省部级以上科研计划等情况：

- (1) 科技部国家重点研发计划，高性能低成本柔性光伏电池关键材料与模组研究及应用(2022YFB3803300)，2022-11 至 2025-10, 1500 万元，在研，主持。
- (2) 科技部国家重点研发计划，高效稳定大面积有机太阳能电池关键材料和制备技术(2017YFA0206600)，2017-07 至 2022-06, 2782 万元，结题，主持。
- (3) 国家自然科学基金委员会国际(地区)合作与交流项目，高效稳定聚合物太阳能电池研究：聚焦新材料，器件内建场和界面修饰(21961160720)，2020-01 至 2023-12, 100 万元，在研，主持。
- (4) 国家自然科学基金委员会面上项目，高效稳定钙钛矿/体异质结集成太阳能电池的研制(51773045)，2018-01 至 2021-12, 58 万元，结题，主持。
- (5) 国家自然科学基金委员会面上项目，基于新型稠环受体单元的高性能聚合物光伏材料的研究(21374025)，2014-01 至 2017-12，82 万元，结题，主持
- (6) 中国科学院百人计划，全塑太阳能电池的研究，2010-01 至 2012-12，200 万元，结题，主持。

工作经历：

- 1996.01-1998.01 长春应化所，博士后，导师：董绍俊院士 汪尔康院士
- 1998.03-1999.06 瑞典 Linköping 大学物理系，博士后，导师： Olle Inganäs 院士
- 2000.05-2004.12 美国麻省大学 Amherst 分校高分子系，研究助理，导师： Frank Karasz 院士
- 2005.01-2005.06 美国 Wright-Patterson 空军基地实验室，访问科学家，
- 2005.07-2007.12 美国麻省大学 Amherst 分校高分子系，研究助理，导师： Tom Russell 院士
- 2008.01-2008.08 美国 Argonne 国家实验室访问科学家
- 2008.09-2009.08 美国 Konarka 技术公司资深科学家
- 2010.06-至今 国家纳米科学中心，研究员



姓 名	刘标	性别	男	排 名	3	国 籍	中国
出生年月	1990 年 1 月			出 生 地	湖南湘潭	民 族	汉族
身份证号	430321199001027459			归国人员	否	归国时间	
技术职称	讲师			最高学历	研究生	最高学位	博士
毕业学校	湖南大学			毕业时间	2017 年 7 月	所学专业	物理学
电子邮箱	bliu612@csu.edu.cn			办公电话	18373197945	移动电话	18373197945
通讯地址	湖南省长沙市岳麓区中南大学南校区第二教学楼					邮政编码	410083
工作单位	中南大学					行政职务	无
二级单位	物理学院					党 派	中国共产党
主要完成 单位	中南大学					所 在 地	湖南长沙
						单位性质	事业单位
参加本项目的起止时间	2017 年 1 月 1 日 至 2019 年 11 月 1 日						
<p>对本项目重要科学发现的贡献：</p> <p>本人是一项科学发现的主要贡献者。科学发现 3 中通过第一性原理计算模拟方法构建了 2D/3D 钙钛矿界面模型，研究了该模型的光学性质和界面处电荷传输特性，为提高了钙钛矿材料界面光电性质提供重要理论指导；是代表性论文 3 的第一作者。</p>							
<p>曾获科技奖励情况：</p> <p>无</p>							

姓名	左传天	性别	男	排名	4	国籍	中国
出生年月	1990年6月			出生地	河南开封	民族	汉族
身份证号	410224199006050017			归国人员	是	归国时间	2020
技术职称	副研究员			最高学历	研究生	最高学位	博士
毕业学校	中国科学院大学			毕业时间	2018	所学专业	物理化学
电子邮箱	zuocht@nanoctr.cn			办公电话	01082545625	移动电话	18301289550
通讯地址	北京市海淀区中关村北一条11号					邮政编码	100190
工作单位	国家纳米科学中心					行政职务	
二级单位	纳米系统与多级次制造实验室					党派	中国共产党
主要完成单位	国家纳米科学中心					所在地	北京
						单位性质	研究所
参加本项目的起止时间	2014年1月1日至2019年11月1日						
<p>对本项目重要科学发现的贡献：</p> <p>本人是两项科学发现的主要贡献者。科学发现2中开展原位化学反应方法制备氧化亚铜和氧化铜薄膜及开展氧化亚铜和氧化铜薄膜作为空穴传输材料制备钙钛矿太阳电池研究，科学发现4中发现氯化铵添加剂对改善钙钛矿薄膜结晶和形貌的重要作用及制备出高填充因子钙钛矿太阳电池；是代表性论文2、5的第一作者。</p>							
<p>曾获科技奖励情况：</p> <p>无</p>							

姓 名	熊健	性别	男	排 名	5	国 籍	中国
出生年月	1984年9月			出 生 地	湖南常德	民 族	土家族
身份证号	430726198409215217			归国人员	是	归国时间	2021.01.26
技术职称	副研究员			最高学历	研究生	最高学位	博士
毕业学校	中南大学			毕业时间	2015.06.02	所学专业	物理学
电子邮箱	xiongjiankyxx@163.com			办公电话	07732316372	移动电话	13471275449
通讯地址	广西桂林市七星区金鸡路1号桂林电子科技大学花江校区材料学院					邮政编码	541004
工作单位	桂林电子科技大学					行政职务	无
二级单位	材料科学与工程学院					党 派	无
主要完成 单位	中南大学					所 在 地	广西桂林
						单位性质	事业单位
参加本项目的起止时间	2014年1月1日至2016年3月1日						
<p>对本项目重要科学发现的贡献：</p> <p>本人是一项科学发现的主要贡献者。科学发现1中通过原位实验揭示了基于倒置结构平面异质结钙钛矿太阳能电池界面降解过程和机制，发现钙钛矿薄膜与阴极之间界面衰减是导致电池降解的主要原因，插入TiO<sub>2</sub>界面修饰层有效抑制界面退化，大大提高电池的稳定性；是代表性论文4的第一作者。</p>							
<p>曾获科技奖励情况：</p> <p>无</p>							

姓名	李恒月	性别	女	排名	6	国籍	中国
出生年月	1993年1月			出生地	湖南邵东	民族	汉
身份证号	430521199301026627			归国人员	否	归国时间	
技术职称	助理研究员			最高学历	博士	最高学位	博士研究生
毕业学校	中南大学			毕业时间	2021年12月	所学专业	物理学
电子邮箱	hengyueli@csu.edu.cn			办公电话	18774995130	移动电话	18774995130
通讯地址	湖南省长沙市岳麓区中南大学南校区第二教学楼					邮政编码	410083
工作单位	中南大学					行政职务	无
二级单位	物理学院					党派	中国共产党
主要完成单位	中南大学					所在地	湖南长沙
						单位性质	事业单位
参加本项目的起止时间		2016年1月1日至2019年11月1日					
<p>对本项目重要科学发现的贡献：</p> <p>本人是一项科学发现的主要贡献者。在科学发现1中，参与制备柔性钙钛矿太阳电池及探索钙钛矿太阳电池柔性器件效率低的本质原因；是代表性论文1的作者。</p>							
<p>曾获科技奖励情况：</p> <p>无</p>							

## 六、主要完成单位情况表

单位名称	中南大学				
排 名	1	法定代表人	李建成	所 在 地	湖南
单位性质	事业单位	传 真	0731-88836032	邮政编码	410083
通讯地址	湖南省长沙市岳麓区麓山南路 932 号中南大学				
联 系 人	陈雅忱	单位电话	0731-88836851	移动电话	13607316966
电子邮箱	kjccgb@csu.edu.cn				
对本项目科学发现的贡献：（限 600 字）					
<p>中南大学是本项目代表论文 1、3 和 4 的第一完成单位，是项目候选人阳军亮、刘标和李恒月的工作单位，全面负责该项目的实施。该项目聚焦钙钛矿太阳能电池界面及形貌调控机制与方法开展深入研究，提出了钙钛矿太阳能电池电子传输层界面调控新方法及揭示其调控机制，构建了钙钛矿太阳能电池 2D/3D 界面新模型及阐述载流子传输特性。研究成果被国内外同行大量引用和积极评价，提出钙钛矿薄膜和界面调控机制理论、界面载流子传输机制及器件构建新方法等，被该领域多个课题组跟踪研究。</p> <p>本单位研究成果在 <i>Adv. Energy Mater.</i> (IF=25.25)、<i>Nano Energy</i> (IF=16.60)、<i>Org. Electron.</i> (IF=3.2) 刊物上发表的 3 篇代表性论文被 <i>Nat. Energy</i>、<i>Nat. Rev. Mater.</i>、<i>Chem. Soc. Rev.</i>、<i>Nat. Commun.</i>、<i>Energy Environ. Sci.</i> 等期刊 SCI 他引 241 次。该项目研究成果获得本领域国内外同行的正面引用和高度评价。</p>					

单位名称	国家纳米科学中心				
排 名	2	法定代表人	赵宇亮	所 在 地	北京
单位性质	事业单位	传 真		邮政编码	100190
通讯地址	北京市海淀区中关村北一条 11 号				
联 系 人	张利平	单位电话	01082545553	移动电话	13426351892
电子邮箱	zhanglp@nanoctr.cn				
对本项目科学发现的贡献：					
<p>国家纳米科学中心是本项目代表作 2 和 5 的第一完成单位，是项目候选人丁黎明和左传天的工作单位，发展了钙钛矿太阳能电池空穴传输层制备新策略及阐明其工作机理，开发了钙钛矿太阳能电池活性层薄膜形貌调控新技术及解释其调控机理；同时，也是本项目代表作 1 和 4 的参与单位，为研究开展提供了人员支持。</p> <p>本单位在 <i>Small</i> (IF=13.30)、<i>Nanoscale</i> (IF=6.70) 刊物上发表的 2 篇代表性论文被 <i>Nat. Rev. Mater.</i>、<i>Chem. Rev.</i>、<i>Nat. Commun.</i>、<i>Energy Environ. Sci.</i> 等期刊 SCI 他引 682 次，单篇最高 SCI 他引 367 次，均为 ESI 高被引用论文。该项目研究成果获得本领域国内外同行的正面引用和高度评价。</p>					

## 七、主要完成人合作关系说明

第一完成人阳军亮教授是该项目的总体学术负责人，提出了整个项目的总体理论框架和主要学术思想，制定了研究方案，参与了项目中的绝大部分研究工作，是3篇论文中的作者。第一完成人阳军亮教授与第二完成人丁黎明教授自2014年1月到2019年11月合作开展钙钛矿太阳能电池界面及形貌调控机制与方法等研究工作，共同合著5篇代表性论文中的2篇论文(Adv. Energy Mater. 2019, 9, 1901419; Nano Energy 2019, 59, 715)。第一完成人阳军亮教授与第三完成人刘标博士同属中南大学物理学院超微结构和超快过程湖南省重点实验室成员，且为同一研究小组，自2017年1月到2019年11月合作开展工作，共同合著5篇代表性论文中的1篇论文(Nano Energy 2019, 59, 715)，第三完成人刘标博士负责完成构建2D/3D钙钛矿界面模型及光学性质和界面处电荷传输特性研究。第一完成人阳军亮教授与第五完成人熊健副研究员同属中南大学物理学院超微结构和超快过程湖南省重点实验室成员，自2014年1月到2016年3月合作开展工作，共同合著5篇代表性论文中的1篇论文(Org. Electron. 2016, 30, 30)，第五完成人熊健副研究员负责完成倒置结构平面异质结钙钛矿太阳能电池界面降解机制及TiO<sub>2</sub>界面修饰层有效抑制界面退化、提高器件稳定性研究。第一完成人阳军亮教授与第六完成人李恒月博士同属中南大学物理学院超微结构和超快过程湖南省重点实验室成员，且为同一研究小组，自2016年1月到2019年11月合作开展，共同合著5篇代表性论文中的1篇论文(Adv. Energy Mater. 2019, 9, 1901419)，第六完成人李恒月博士参与完成了制备柔性钙钛矿太阳能电池及探索钙钛矿太阳能电池柔性器件效率低的本质原因研究。第二完成人丁黎明教授与第四完成人左传天副研究员同属国家纳米科学中心纳米系统与多级次制造实验室成员，且为同一研究小组，从2014年1月到2019年11月合作开展工作，共同合著5篇代表性论文中的2篇论文(Small 2015, 11, 5528; Nanoscale 2014, 6, 9935)，第四完成人左传天副研究员负责开展原位化学反应制备氧化亚铜和氧化铜薄膜、氯化铵添加剂调控钙钛矿薄膜结晶和形貌及钙钛矿太阳能电池制备研究。

主要完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/排名	合作时间	合作成果	证明材料	备注
1	论文合著	阳军亮/1 丁黎明/2 李恒月/5	2014.01 ~ 2019.11	High-Performance Flexible Perovskite Solar Cells via Precise Control of Electron Transport Layer	代表性论文 1	
2	论文合著	阳军亮/1 丁黎明/2 刘标/3	2017.01 ~ 2019.11	Interfacial Charge Behavior Modulation in 2D/3D Perovskite Heterostructure for Potential High-Performance Solar Cells	代表性论文 3	
3	论文合著	阳军亮/1 熊建/4	2014.01 ~ 2016.11	Interface Degradation of Perovskite Solar Cells and its Modification using an Annealing-free TiO <sub>2</sub> NPs Layer	代表性论文 4	
4	论文合著	丁黎明/2 左传天/4	2014.01 ~ 2019.11	Solution-Processed Cu <sub>2</sub> O and CuO as Hole Transport Materials for Efficient Perovskite Solar Cells	代表性论文 2	
5	论文合著	丁黎明/2 左传天/4	2014.01 ~ 2019.11	An 80.11% FF Record Achieved for Perovskite Solar Cells by using the NH <sub>4</sub> Cl Additive	代表性论文 5	