

2025 年度山东省自然科学奖提名公示信息

项目名称	高效碳量子点材料的精准构建与光电性能调控机制
提名单位	山东省教育厅
提名意见	我单位认真审阅了提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，并按照规定在各完成单位进行公示。 碳量子点材料具有表面易功能化、光谱可调谐、量子产率高和稳定性好等优点，在光电器件、显示、催化和生物传感等领域展现出巨大的研究价值。然而碳量子点结构复杂，至今缺乏对其光电特性与结构依赖关系的深入研究，导致难以精准设计并宏量制备具有特定光电性能的碳量子点材料体系。该项目围绕上述科学问题，以“碳量子点结构精准调控—光电性能优化—器件集成”为研究主线，通过高晶化碳核与功能化表面基团的协同设计，系统性突破碳量子点的精准结构可控制备，阐明了碳量子点微观结构与光电性能之间的构效关系，突破了高效光电转换器件的应用瓶颈。项目执行期间共发表相关高水平论文 100 篇，获授权发明专利 5 项。5 篇代表性高水平论文发表在 Energy Environ. Sci. (2 篇)、Small Methods、Nano Energy 和 J. Mater. Chem. B 等国际重要科技期刊上，其中 2 篇以封面卷首进行报道，2 篇入选 ESI 高被引论文，受到国内外同行专家的广泛关注和认可，正面他引 380 次。1 人获得山东自然科学省杰青项目资助，1 人为山东省重大科技创新工程项目首席科学家，1 人入选山东省青年科技人才托举工程。 基于本项目主要成果的优秀创新性和学术水平，推荐提名该项目申报 2025 年度山东省自然科学奖二等奖。
项目简介	该项目属于材料科学和纳米科学交叉领域。碳量子点材料具有表面易功能化、光谱可调谐、量子产率高和稳定性好等优点，在光电器件、显示、催化和生物传感等领域展现出巨大的研究价值。然而碳量子点结构复杂，至今缺乏对其光电特性与结构依赖关系的深入研究，导致难以精准设计并宏量制备具有特定光电性能的碳量子点材料体系。该项目围绕上述科学问题，以“碳量子点结构精准调控—光电性能优化—器件集成”为研究主线，通过高晶化碳核与功能化表面基团的协同设计，系统性突破碳量子点的精准结构可控制备，阐明了碳量子点微观结构与光电性能之间的构效关系，突破了高效光电转换器件的应用瓶颈。项目执行期间共发表高水平论文 100 余篇，获授权专利 5 项。科学创新发现如下： 1.高晶化碳核/金属离子修饰羰基化基团的碳量子点优异光学性能的结构依赖性机制与高效荧光聚光器。提出“高晶化碳核-金属离子修饰羰基化表面基团”的协同设计策略，利用钙离子和钡离子实现了碳核晶化度与表面基团分布的精准调控；通过超快光谱技术首次揭示高晶化碳核-表面功能基团主导的中间态能级结构，阐明大斯托克斯位移源于碳核-表面基团电子耦合效应，解决了重吸收损耗难题，突破了碳量子点基荧光聚光器的光学效率，为构建高效率、环境友好和价格低廉的荧光聚光器提供了科学指导和技术手段。 2.碳量子点杂化纳米纤维催化体系的构建与高效电催化制氢。通过设计制备“碳量子点-碳纳米纤维”杂化载体，增强金属-载体相互作用锚定铂团簇，解决了金属团簇团聚的科学难题；调控铂团簇电催化析氢活性位点的电子结构，阐明了高晶化碳量子点杂化提升金属修饰碳纳米纤维电催化活性的内在机制，解决了现有纤维基催化体系的电-氢气转化效率提升难题。耦合科学发现 1 的荧光聚光器，构建太阳光自驱动电解水装置，为分布式制氢提供新范式。

		3.羟基功能化碳量子点/二氧化钛结构锚定和能级匹配机制与高效光电化学制氢。揭示了高晶化碳核/羟基功能基团结构碳量子点对其带隙和能带结构的影响机制。通过精准调控碳量子点表面基团结构，利用羟基间氢键作用，实现了碳量子点与二氧化钛体系的有效键合、宽光吸收和能级匹配，构筑了高效、高稳定性碳量子点基光电化学器件，为构建生态友好型光电化学制氢器件提供了新的思路和方法。 4.双荧光峰碳量子点的自校准温度传感机制与单细胞温度精准测量。通过精准调控碳量子点碳核和表面功能基团结构，构建了双荧光峰的碳量子点，明晰了带隙发射和表面发射的协同作用机制，实现了单细胞内温度的高灵敏度、自校准的比率式检测，克服了现有检测技术依赖校准的缺陷，为高灵敏热传感器光电子器件的研发提供了科学指导。 该项目 5 篇代表性高质量论文发表在 Energy Environ. Sci.（2 篇）、Small Methods、Nano Energy 和 J. Mater. Chem. B 等国际重要科技期刊上，其中 2 篇以封面卷首进行报道，2 篇入选 ESI 高被引论文，SCI 正面他引 380 次。1 人获得山东自然科学省杰青项目资助，1 人为山东省重大科技创新工程项目首席科学家，1 人入选山东省青年科技人才托举工程。							
主要完成人 (完成单位)		赵海光（青岛大学），王晓涵（青岛大学），韩怡（青岛大学），龚晓（武汉理工大学）							
代表性论文（专著）目录									
序号	论文（专著）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	他引总次数	检索数据库	论文署名单位是否包含国外单位
1	Gram-scale synthesis of carbon quantum dots with a large Stokes shift for the fabrication of eco-friendly and high-efficiency luminescent solar concentrators/ Energy&Environmental Science/ Haiguang Zhao, Guiju Liu, Shujie You, Franco V. A. Camargo, Margherita Zavelani-Rossi, Xiaohan Wang, Changchun Sun, Bing Liu, Yuanming Zhang, Guangting Han, Alberto Vomiero, Xiao Gong	2021, 14, 396-406.	2020 年 9 月 4 日	Haiguang Zhao, Alberto Vomiero, Xiao Gong	Haiguang Zhao	Haiguang Zhao, Guiju Liu, Xiaohan Wang, Changchun Sun, Bing Liu, Yuanming Zhang, Guangting Han, Xiao Gong	137	Web of Science	是
2	Highly efficient tandem luminescent solar concentrators based on eco-friendly copper iodide based hybrid nanoparticles and carbon dots/ Energy&Environmental Science/ Jiancang Chen, Haiguang Zhao, Zhilin Li, Xiujian Zhao, Xiao Gong	2022, 15, 799-805.	2021 年 12 月 24 日	Xiao Gong	Jiancang Chen, Haiguang Zhao	Jiancang Chen, Haiguang Zhao, Zhilin Li, Xiujian Zhao, Xiao Gong	64	Web of Science	否

3	Platinum Cluster/Carbon Quantum Dots Derived Graphene Heterostructured Carbon Nanofibers for Efficient and Durable Solar-Driven Electrochemical Hydrogen Evolution/ Small Methods/ Xiaohan Wang, Yuanming Zhang, Junzhi Li, Guiju Liu, Mingzhen Gao, Shihuan Ren, Bingxu Liu, Lixue Zhang, Guangting Han, Jianyong Yu, Haiguang Zhao, Federico Rosei	2020, 6, 2101470.	2020 年 2 月 25 日	Guangting Han, Jianyong Yu, Haiguang Zhao, Federico Rosei	Xiaohan Wang	Xiaohan Wang, Yuanming Zhang, Junzhi Li, Guiju Liu, Mingzhen Gao, Shihuan Ren, Bingxu Liu, Lixue Zhang, Guangting Han, Jianyong Yu, Haiguang Zhao	87	Web of Science	是
4	Colloidal carbon quantum dots as light absorber for efficient and stable ecofriendly photoelectrochemical hydrogen generation/ Nano Energy/ Xiaohan Wang, Maorong Wang, Guiju Liu, Yuanming Zhang, Guangting Han, Alberto Vomiero, Haiguang Zhao	2021, 86, 106122.	2021 年 5 月 10 日	Guangting Han, Alberto Vomiero, Haiguang Zhao	Xiaohan Wang	Xiaohan Wang, Maorong Wang, Guiju Liu, Yuanming Zhang, Guangting Han, Haiguang Zhao	62	Web of Science	是
5	Highly efficient ratiometric nanothermometers based on colloidal carbon quantum dots/ Journal of Materials Chemistry B/ Yi Han, Yanran Liu, Haiguang Zhao, Alberto Vomiero, Ronggui Li	2021, 9, 4111-4119.	2021 年 3 月 27 日	Haiguang Zhao, Alberto Vomiero, Ronggui Li	Yi Han	Yi Han, Yanran Liu, Haiguang Zhao, Ronggui Li	30	Web of Science	是