
北京工业大学孙再成团队——面向有机合成的单原子位点光催化剂：将金属活性位点与光敏单元整合于同一体系 MDPI Nanomaterials

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/39809.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

北京工业大学孙再成团队——面向有机合成的单原子位点光催化剂：将金属活性位点与光敏单元整合于同一体系 MDPI Nanomaterials。期刊名：Nanomaterials

期刊主页：<https://www.mdpi.com/journal/nanomaterials>

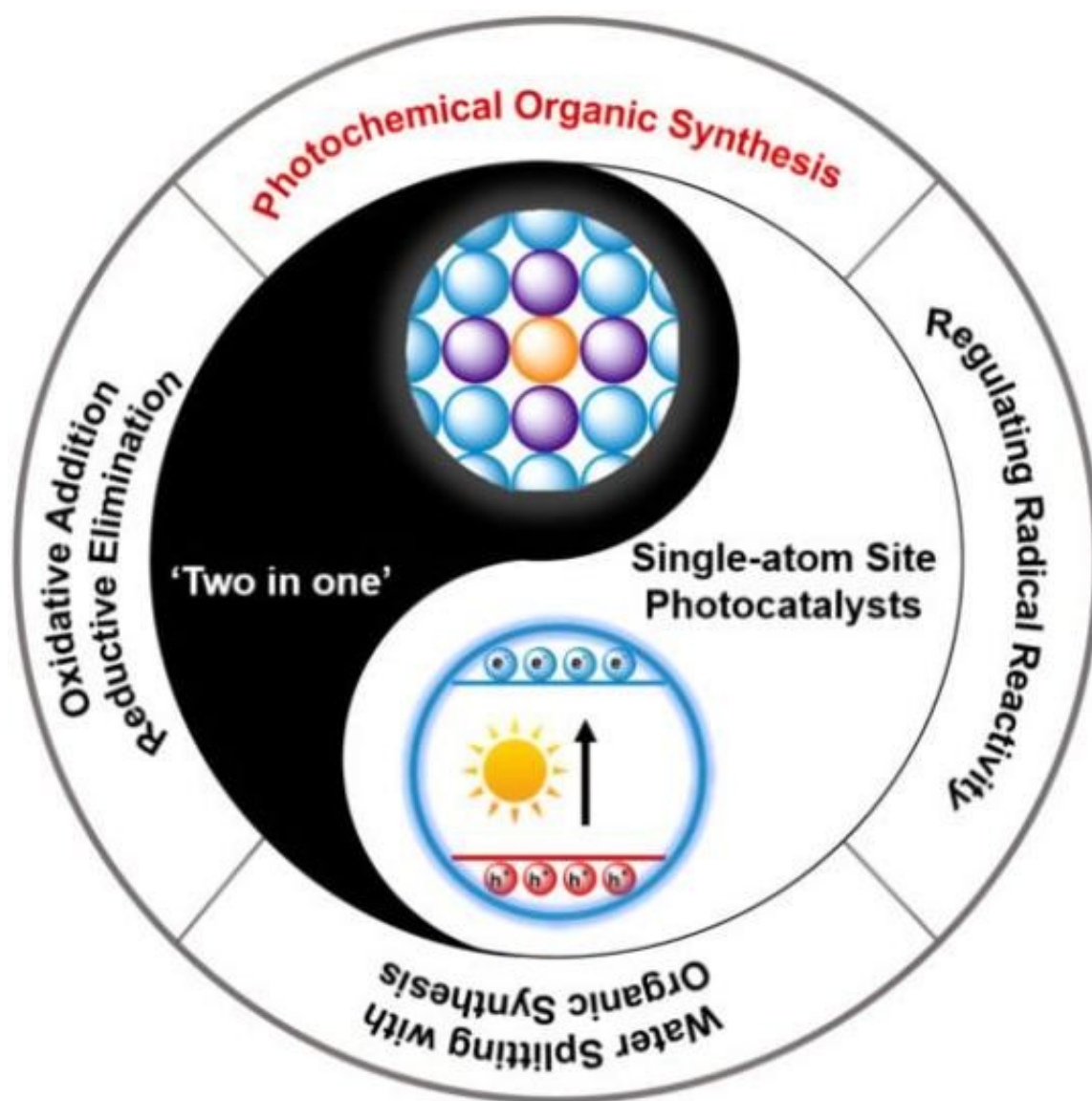
论文标题：Single-Atom Site Photocatalysts Boosting Organic Synthesis: The Integration of a Metal Active Site and Photosensitive Unit

原文链接：<https://www.mdpi.com/2079-4991/16/2/129>

文章导读

金属/光氧化还原催化（Metallaphotoredox catalysis）融合了过渡金属催化多样化的成键能力与光激发态下独特的电子转移或能量转移机制，为有机合成带来了全新的催化体系。然而，由于大多数过渡金属催化剂不能直接被可见光激发，当前研究通常需要使用双催化剂系统，即在反应体系中同时加入过渡金属催化剂与光敏剂。但反应过程中，电子需要在两种低浓度催化物种之间传递，这一过程制约了光催化效率。

单原子位点光催化剂(Single-atom site photocatalysts)为解决该挑战提供了可行方案。在此类催化剂中，过渡金属催化位点可被锚定于半导体光催化剂表面，使光敏单元与金属催化位点整合于同一催化体系中，可将电子转移路径由分子间传递转变为分子内传递，从而显著提升光催化效率。同时，此类异相催化剂还具备易分离和可重复使用的优势。基于此，北京工业大学孙再成、刘弈畅、刘延畅团队受邀在Nanomaterials上发表综述文章，系统总结了单原子位点光催化剂在有机合成领域的研究进展，并以单原子位点的构效关系为主线展开重点论述。



综述内容

全文内容按照单原子位点的构效关系分为三类：1) 催化氧化加成/还原消除基元反应；2) 将水分解反应与有机合成结合；3) 调控自由基反应活性。

根据过往的文献研究，Ni、Pd单原子位点具备催化氧化加成与还原消除基元反应的能力。利用Ni基单原子催化剂可实现芳基卤化物与醇、胺及叠氮化钠参与的C–O、C–N偶联反应。而Pd基单原子催化剂则可用于Suzuki–Miyaura反应。同时，研究者还通过联吡啶等均相配体修饰金属位点，进一步优化单原子位点的配位环境，从而拓展交叉偶联反应的种类并提升催化活性与稳定性。

第二部分，本文总结了析氧反应耦合还原偶联以及析氢反应耦合氧化偶联。利用光生空穴可实现水氧化析氧反应，光生电子可转移至Pd单原子位点，催化芳基卤代物的自偶联或还原羰基化反应。另一方面，Pt或Ni单原子位点可促进析氢或还原二氧化碳，空穴则可实现氧化脱氢交叉偶联反应。本文还总结了以水为氢源的烯烃加氢、炔烃选择性半加氢以及亚胺还原等反应。

在自由基反应调控方面，文章列举了Cu和Mn单原子体系的两个典型案例:铜单原子位点可催化不饱和烃的氢膦酰化反应，通过形成Cu(II) – C物种稳定碳自由基并提升反应效率；锰单原子位点则可稳定氯自由基，实现烯烃的双氯代反应。

Table 1. Some recent reported single-atom site photocatalysts in organic synthesis.

Single-Atom Sites	Support	Reactions	Refs.
Ni-N _x	C ₃ N ₄	C-O cross-couplings between ArX and alcohols	[17,18]
Ni-N _x	C ₃ N ₄	C-N cross-couplings between ArX and amines	[19,20]
Ni-N _x	C ₃ N ₄	C-N cross-couplings between ArX and NaN ₃	[21]
Ni-(bpy)N ₂	C ₃ N ₄	C-P/C-N/C-O/C-S cross-couplings	[22]
Pd-N _x	C ₃ N ₄	Suzuki–Miyaura reaction	[23]
Pd-N _x	C ₃ N ₄	Reductive coupling of aryl halides with OER	[26]
Pd-N ₄	C ₃ N ₄	Reductive carbonylation with OER	[27]
Pt-N ₃	C ₃ N ₄	CDC reactions with HER	[28]
Ni-O ₄	CdS/SiO ₂	Minisci reactions with CO ₂ reduction and HER	[29]
Pd ₂ -N _x	C ₃ N ₄	Hydrogenation of alkenes	[30]
Ni-N ₄	C ₃ N ₄	Semi-hydrogenation of alkynes	[31]
Ru-S _x	CdS	Synthesis of amino acids from lactic acid	[32]
Cu-N ₄	C ₃ N ₄	Hydrophosphonylation reactions	[33]
Mn-N ₆	<i>f</i> -C ₃ N ₄	Dichlorination of alkenes	[34]

研究总结及展望

本文系统总结了近年来单原子光催化剂在有机合成领域中的应用案例，并梳理了其单原子位点的构效关系。这类催化剂兼具高效光响应能力与金属活性中心优势，为提升光催化效率、推动绿色合成提供了新思路。展望未来，精准调控单原子配位环境以满足多样化有机合成需求仍是关键，而实现不对称催化和对映选择性控制仍较为困难。进一步提升催化剂稳定性、实现反应体系放大，并最终推动其工业化应用，将是该领域重要研究发展方向。

作者简介



孙再成，北京工业大学化学与生命科学学院教授，博士生导师，曾入选吉林省创新创业人才计划，北京市高层次人才引进计划，2016年加入北京工业大学。2010年获得美国RD 100奖；2015年获得中国科学院优秀博士生导师；2019年全国光学工程学会优秀博士论文导师；2020年获得吉林省科技进步二等奖。2024年获得北京市自然科学二等奖。相关成果发表在J. Am. Chem. Soc., Angew. Chem. Int. Ed., Adv. Mater.等国际主流期刊上。发表SCI论文170余篇，论文被引用16000余次，21篇论文入选高被引论文，受邀在国内外学术会议上做邀请报告50余次。入选科睿唯安高被引科学家及全球前 2% 顶尖科学家榜单，主要研究方向: (1) 具有可见光响应的光催化剂的研究包括光、电催化水分解制氢、固氮，光辅助环境治理、杀菌；(2) 高效荧光碳点的调控及其在催化，光电器件与纳米药物等领域的应用。



刘弈畅，博士，北京工业大学化学与生命科学学院讲师，2017年于武汉大学化学院获学士学位，2022年于武汉大学高等研究院获博士学位（导师：雷爱文教授、陈宜鸿研究员）。2022年8月加入北京工业大学孙再成教授团队。主要从事异相光催化有机合成与反应机制研究。至今共发表SCI论文20余篇，其中以第一作者（含共一）及通讯作者发表J. Am. Chem. Soc., Nat. Commun., ACS Catal., Chem. Eng. J.等12篇。主持国家自然科学基金青年基金项目（2023）、中国博士后基金面上项目（2023），以子课题负责人身份参与北京市交叉融合重点基金（2025）。



刘延畅，北京工业大学氢能研究院（大兴）副院长，技术转移中心、国家大学科技园副主任（兼）。主要从事氢能关键材料方向基础研究和新能源、新材料领域科技成果转化与校企科技合作平台建设。全方位参与全国高校区域技术转移转化中心（北京）、北京市氢燃料电池车辆关键系统概念验证平台等省部级及以上科研平台申建，推动建立光催化联合研发中心、氢电耦合联合实验室等多个校企科技合作平台，负责或作为核心成员参与氢能关键材料碳纸应用验证等科研项目10余项，发表论文10余篇。

Nanomaterials 期刊介绍

主编：Eugenia Valsami-Jones, University of Birmingham, UK

期刊聚焦纳米材料科学领域的研究，旨在发表纳米材料制备、表征和应用各个方面的研究。目前期刊已被Scopus、SCIE (Web of Science)、PubMed、PMC、Embase、CAPlus / SciFinder、Inspec等数据库收录。

2024 Impact Factor: 4.3

2024 CiteScore: 9.2

Time to First Decision: 14 Days

Acceptance to Publication: 2.5 Days

来源：Nanomaterials

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发