



中国科大实现铜碘杂化团簇基暖白光LED性能新突破

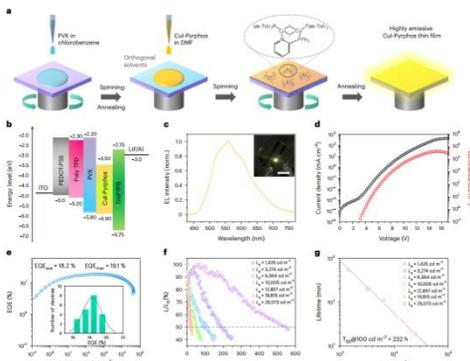


图1: 高效暖白光溶液法LED器件的构筑

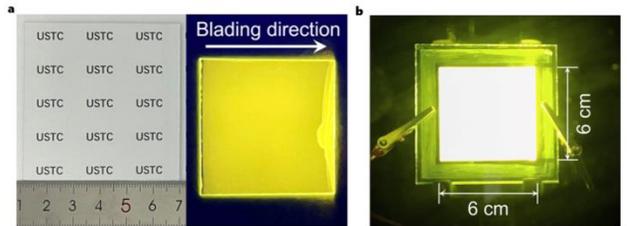


图2: 刮涂法制备大面积暖白光LED器件

近日, 中国科学技术大学姚宏斌课题组基于新型铜碘杂化团簇构筑了低成本、高效率、高亮度暖白光发光二极管(LED)器件。得益于所设计的铜碘杂化团簇具备的高构型熵、高发光效率和宽光谱发射等特性, 实现了高效暖白光LED器件无掺杂、低成本、大面积的溶液法涂布制备, 是非铅金属卤化物LED领域的新突破。相关研究成果以"High efficiency warm-white light-emitting diodes based on copper-iodide clusters"为题, 发表在《Nature Photonics》杂志上

如今LED照明技术和产业取得了长足的发展, 其中溶液法涂布制备的LED器件由于制造工艺简单和可操作性强, 被认为是实现下一代大面积固态照明的低成本技术路线。目前, 基于铅卤化物钙钛矿材料、有机半导体材料以及各种胶体核壳量子点材料的溶液法LED器件已经逐步实现了较高的电致发光性能。然而, 铅卤化物钙钛矿和CdSe量子点等含有重金属材料具备一定的生物毒性因而面临着严峻的环境问题; 基于低毒金属元素的有机发光分子, InP量子点以及ZnSe量子点等材料的溶液法LED器件由于材料合成制备工艺复杂, 生产成本较高, 使得其在大规模制造方面仍然面临较多的问题。因此, 制备和开发价格低廉、环境低毒且易规模化生产的高效发光材料并实现高效溶液法LED器件是发展低成本固态照明的关键挑战。

鉴于此, 课题组基于铜碘杂化团簇体系设计和制备了一类可用于溶液加工的宽光谱发射杂化团簇并成功构建了高性能暖白光LED器件(图1)。通过同时引入氮磷螯合配体和高自由度的含膦增溶配体对铜碘团簇进行修饰, 得到了兼具高发光效率和高溶解度的铜碘杂化团簇, 该团簇在LED器件制备所使用的交叉溶剂N,N-二甲基甲酰胺(DMF)中表现出超过200mg/mL的高溶解度和良好的结构稳定性。使用铜碘团簇/DMF溶液进行旋涂制备得到的发光薄膜具有0.22 nm的低表面粗糙度和超过70%的高发光量子产率, 将其直接作为发光层, 能够通过正交溶剂路线制备低成本的暖白光LED器件。所得器件最大外量子效率达到19.1%, 亮度超过40000 cd m⁻², 并且工作寿命超过232小时(T₅₀@100 cd m⁻²)。与此同时, 得益于团簇良好的溶液加工性能, 研究成员通过大规模刮涂技术, 构筑了工作面积为36 cm²的大尺寸溶液法LED器件, 该器件展现出亮度接近60000 cd m⁻²的暖白光发射(图2)。此外, 通过在氮磷螯合配体的氮杂环上修饰不同的供电子基团, 课题组展示了一系列发光颜色可调的溶液法LED器件。该研究工作实现了基于铜碘杂化团簇材料的高效、高亮度暖白光LED器件的构筑, 铜碘杂化团簇材料体系所具备的结构可拓展性以及光谱可调节性使其在低成本高性能LED面板等固态照明技术中展现出巨大的潜力。



研究进展

中国科大实现在酸性介质中 高效电解二氧化碳制甲酸

近日，中国科学技术大学高敏锐教授和唐凯斌教授课题组合作，研制了一种具有“储液池”结构的片状铋基催化剂。在酸性环境中，该结构一方面有效抑制钾离子和原位生成的氢氧根向体相电解液扩散，另一方面也限制了体相质子向催化剂表面的内扩散，从而在酸性环境中营造了局域强碱微环境，抑制了析氢副反应，促使二氧化碳向甲酸高效转化。相关成果近日以“Efficient and stable acidic CO₂ electrolysis to formic acid by a reservoir structure design”为题发表于《美国国家科学院院刊》上（Proc. Natl. Acad. Sci., 2023, 120, e2312876120）。

研究人员首先模拟催化剂表面物种分布和pH值情况，发现“储液池”结构能有效富集羟基和钾离子，使电极表面呈局域碱性。相反，颗粒状催化剂表面的羟基和钾离子浓度偏低，导致局域pH较低，不利于CO₂R。

电催化性能测试表明，在电位相对于标准氢电极为-1.7 V时，“储液池”催化剂的甲酸法拉第效率达到最大值95.5%，而氢气法拉第效率被抑制在3%以下；相比之下，颗粒状催化剂表现出较差的甲酸选择性。催化剂稳定性评估表明，在总电流密度为300 mA cm⁻²时，“储液池”结构催化剂能稳定法拉第效率不变，而铋纳米颗粒则快速失活。这些结果证明，“储液池”结构能抑制羟基向外扩散和质子向内扩散，在电极表面形成稳固的局域强碱性环境，从而抑制氢气生成，提高二氧化碳到甲酸的选择性。

通过线性扫描伏安曲线测试，研究人员发现不同pH电解液中“储液池”催化剂的质子极限扩散电流密度均小于颗粒催化剂，说明“储液池”结构能抑制质子扩散至电极表面。原位拉曼光谱和红外吸收光谱测试结果发现“储液池”催化剂表面的pH均高于铋纳米颗粒，且能在更低的电位形成νO-C-O（HCOOH中间体）吸收带。这些结果进一步说明“储液池”结构在电极表面营造了局域强碱性微环境，抑制了析氢竞争反应，实现了酸性介质中二氧化碳到甲酸的高效转化。

最后，研究人员在超薄流动电解槽中测试“储液池”催化剂的二氧化碳转化性能。在电流为1.25 A时，“储液池”催化剂的甲酸法拉第效率达到95.8%；在槽压为-2.96 V时，甲酸全电池能量效率达到~40%，单程转化效率可达79%。通过在0.5 A电流下稳定电解50小时，研究人员最终电合成了360 mL纯度为4.2重量%（0.91 M）的甲酸水溶液。



国家研究中心简讯

◆陆朝阳教授获2023年何梁何利基金科学与技术 技术创新奖

12月19日，何梁何利基金2023年度颁奖大会在北京举行。2023年度何梁何利基金科学与技术奖共授予56位杰出科技工作者，中心陆朝阳教授获2023年何梁何利基金科学与技术技术创新奖。

何梁何利基金由香港爱国金融家何善衡、梁銶琚、何添、利国伟于1994年创立，旨在奖励中国杰出科学家，服务于国家现代化建设。何梁何利基金遴选奖励的杰出科技工作者，已成为我国社会力量创建科技奖项的成功范例，为激发我国科技发展的活力、培养自主创新人才发挥了积极作用。

◆徐飞虎教授获2023年度中国科学院青年科学 家奖

近日，中国科学院在2024年度工作会议上颁发了2023年度中国科学院杰出科技成就奖、青年科学家奖等奖项。2023年中国科学院青年科学家奖共授予20位获奖人，中心徐飞虎教授荣获该奖项。

中国科学院青年科学家奖旨在表彰在科技创新活动中涌现出的先进典型和作出突出贡献的青年科技人才，每年评选一次。

◆中心成果入选2023年度国内十大科技新闻

2023年12月26日，由科技日报社主办、部分两院院士和媒体人士共同评选出的2023年国内、国际十大科技新闻揭晓。中心主导的研究成果“51个超导量子比特簇态制备刷新世界纪录”入选国内十大科技新闻。

◆中心成果入选《人民日报》2023年度重大科 技成就

2023年12月26日，人民日报发布《这一年，我们的重大科技成就》。

中心主导的研究成果“255个光子的量子计算原型机‘九章三号’刷新世界纪录”入选国内2023年度重大科技成就。