



2014年度浙江大学学术进展

高性能、低成本的量子点发光二极管

★★★★★ (入选年度十大学术进展)

浙江大学新材料化学中心彭笑刚研究组与金一政研究组紧密合作，在高性能量子点发光二极管(QLED)方向取得重大进展，实证了QLED的实用性。这进而预示着，QLED有望在照明与显示产业中扮演重要角色。

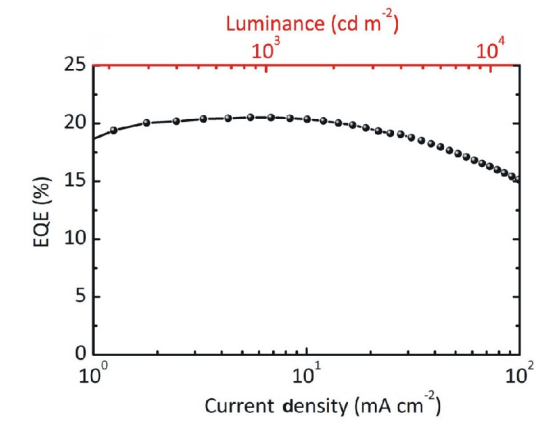
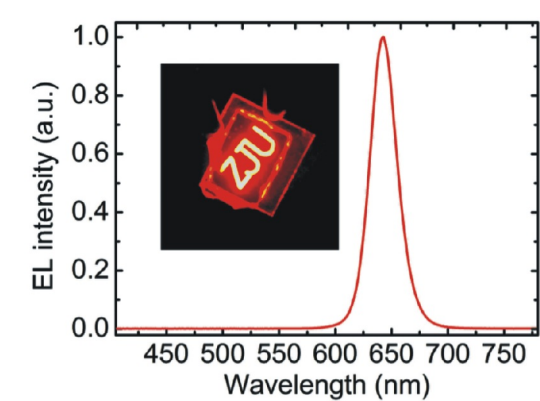
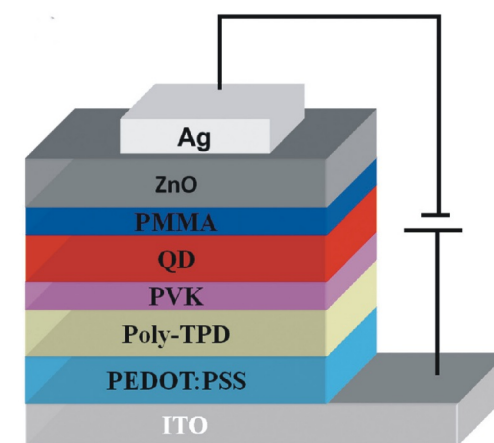
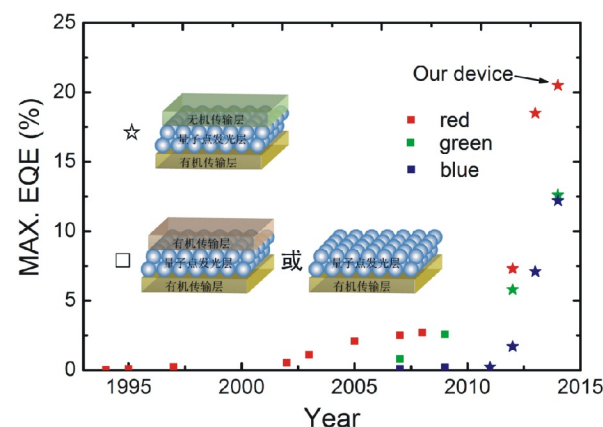
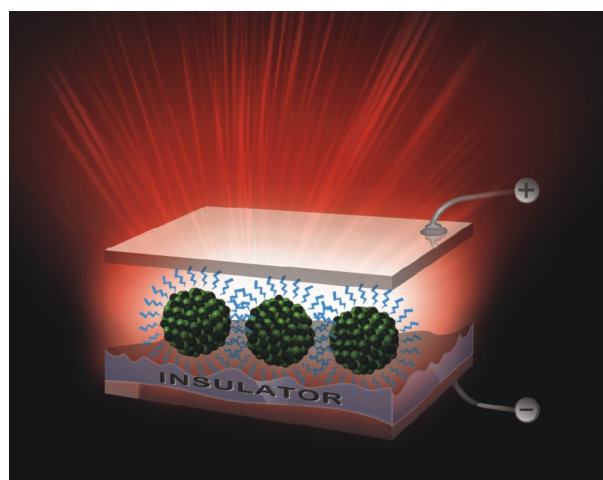
项目负责人：彭笑刚 金一政

发光二极管(LED)将电能直接转换为光，是现代照明与显示两大产业的核心器件。LED作为典型大面积器件，追求高性能、低成本。

目前市场上主流产品是GaN外延生长量子阱LED器件，但是其制备需要超高真空、超高纯度原料、超高密度电能消耗。而且目前的技术路线蓝光LED配合下转换稀土荧光粉存在光质量偏低、色域不能完全满足要求等缺点。

有机LED的发光中心为有机分子，可以用要求较低的真空条件制备。但其热稳定性和化学稳定性一直是一个棘手的问题，其直接表现为对封装要求严苛、器件寿命不能达到预期等。

通过溶液加工制备光电器件因其低成本、可大规模制备而备受关注。在过去二十年中，利用共轭聚合物或量子点作为发射中心通过溶液工艺制备LED引起广泛兴趣。然而总体来看溶液制程LED整体性能，包括其效率、在高电流密度下的效率下降(droop)、开启电压、使用寿命等都低于目前真空沉积有机LED的最好水平。



2014年11月,浙江大学新材料化学中心彭笑刚研究组与金一政研究组联合报道一种新型量子点发光二极管(QLED)。首先基于彭笑刚课题组在量子点合成化学的深厚积累和最新进展,为QLED“量身定制”量子点。第二步,创新设计器件结构,实现载流子的高效、平衡注入,解决了多年困扰QLED领域的难题。一方面制备了三层、具有阶梯式能级结构的空穴传输层,大幅提高了空穴注入效率;另一方面在量子点层与ZnO电子传输层间插入超薄绝缘层,延缓电子注入、实现载流子平衡注入的同时抑制量子点/ZnO界面的自发电子转移,保留量子点优越的发光性能。

需要强调的是,该新型器件所需的多层膜结构(除顶电极外)是通过全溶液工艺制备的,是建立在充分理解并调控对各功能层材料的加工性/溶解性的基础之上。

这样低成本路线的QLED具有非常优异的性能和重复性,展现出高色纯度深红色光发射、1.7伏的亚带隙开启电压、高达20.5%的外量子效率、改善的效率滚降性能、在100Cd·m⁻²工况下超过10万小时的工作寿命等性能。这是迄今通过溶液制备的性能最好的红光LED,综合性能可与目前真空沉积制备性能最好的OLED相媲美,验证了QLED应用于照明和显示产业的实用性。

这个突破性进展发表于Nature (2014, 515, 96), 入选了2014中国十大科学进展。美国材料学会 MRS Bulletin (2015, 40, 8) 撰文专题报道,文中评论:“由浙江大学金一政和彭笑刚领导的中国九人小组最近在发展溶液工艺LED的道路上向前迈出了重要的一步”。

该成果已经引起了产业界的强烈兴趣。目前量子点产业龙头企业杭州纳晶科技公司已投入一千万元,以成立纳晶-浙大联合实验室的方式共同推进QLED的产业化。