
综述：色转换显示技术

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/31893.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！

综述：色转换显示技术。 导读

显示技术在我们的日常生活中变得显著而普遍，广泛应用于增强现实（AR）/虚拟现实（VR）设备、智能手机、平板电脑、显示器、电视等。目前，液晶显示器（LCD）和有机发光二极管（OLED）是两大主流显示技术。其他新兴显示领域包括Micro-LED显示、量子点（QDs）/钙钛矿发光显示和3D显示等。在显示技术中，对高质量色彩呈现的需求与用户日益增长的视觉期望密切相关。显示中的色彩通常通过混合红、绿、蓝三基色来再现，主要有两种方式：RGB三色独立发光和色转换显示技术。其中，色彩转换显示技术通过利用高能蓝光生成红光和绿光实现显示的彩色化。色彩转换技术能够充分利用色转换材料的发光优势，具有高亮度、广色域、改善对比度和简化制造过程等优点，为各种显示技术注入了新的活力。

近日，来自深圳大学的李贵君教授、福州大学的陈恩果教授以及香港科技大学的郭海成教授以Color-Conversion Displays: Current Status and Future Outlook为题在Light: Science Applications发表综述论文，全面总结了色转换显示技术类型、色转换材料、图案化工艺，显示性能提升策略等，并探讨了色彩转换的未来前景及关键作用。该工作得到了国家自然科学基金、福建省自然科学基金杰青项目、深圳市科技计划项目、闽都实验室项目等的资助。

色转换显示类型

被动发光显示：色转换技术在传统LCD器件中的使用主要分为背光单元（Backlight Units）和彩色滤光片单元（CF Units）。色转换技术的应用提高色域和光学效率。

主动发光显示：在OLED显示器中，通过仅使用蓝色OLED像素可以实现简化的面板设计，从而克服大规模制造中的挑战。2022年，索尼和三星推出了量子点OLED（QD-OLED）技术。QD-OLED显示器展现了高达90% Rec.2020的广色域，相较于传统OLED显示器，色彩空间增加了1.5倍。Micro-LED作为新一代显示技术，正受到工业界和学术界的广泛关注。利用蓝光Micro-LED芯片结合红/绿色转换来实现全彩显示成为了十分有希望的策略，可以大幅简化制造工艺和生产速度，是解决驱动电路设计和色稳定性等难题的可行性方案。

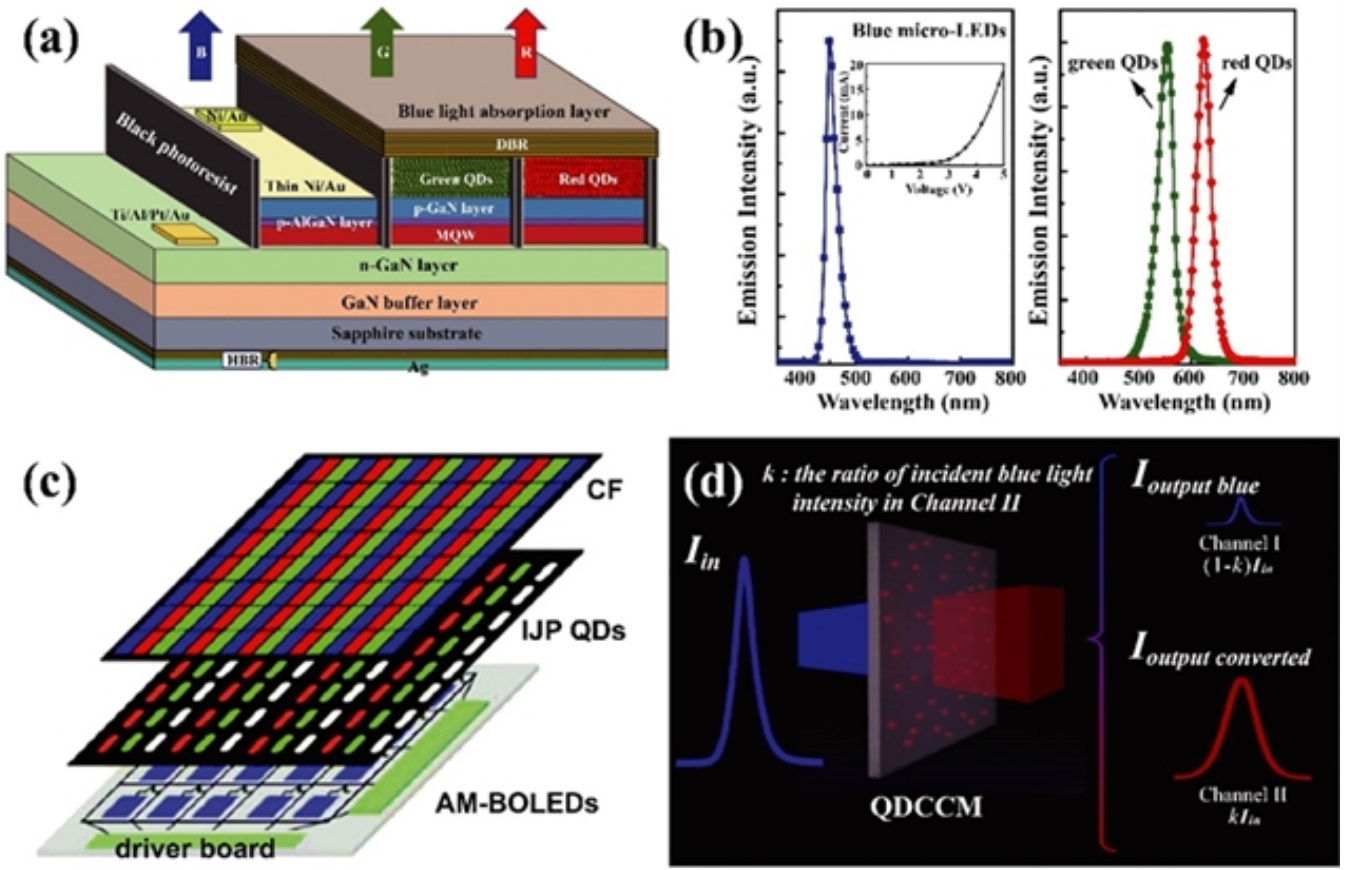


图1：色转换显示结构和光谱特性

色转换材料

目前可用的色转换材料包括有机荧光体、无机荧光粉、量子点（QDs）和金属卤化物钙钛矿（MHPs）。其中，量子点（QDs，2023年诺贝尔化学奖）正取代传统荧光粉，成为提升LCD、OLED和Micro-LED等各种显示器色彩性能的首选色转换材料。目前，群创、思坦、镭昱和赛富乐斯等公司都在使用量子点制造色转换Micro-LED显示器。金属卤化物钙钛矿（MHPs）作为一种有前景的候选材料出现，能够充分满足超高清显示器的Rec.2020色域要求。此外，MHPs可以通过简单且低成本的方式合成，已在光伏、LED和激光等领域找到许多应用。

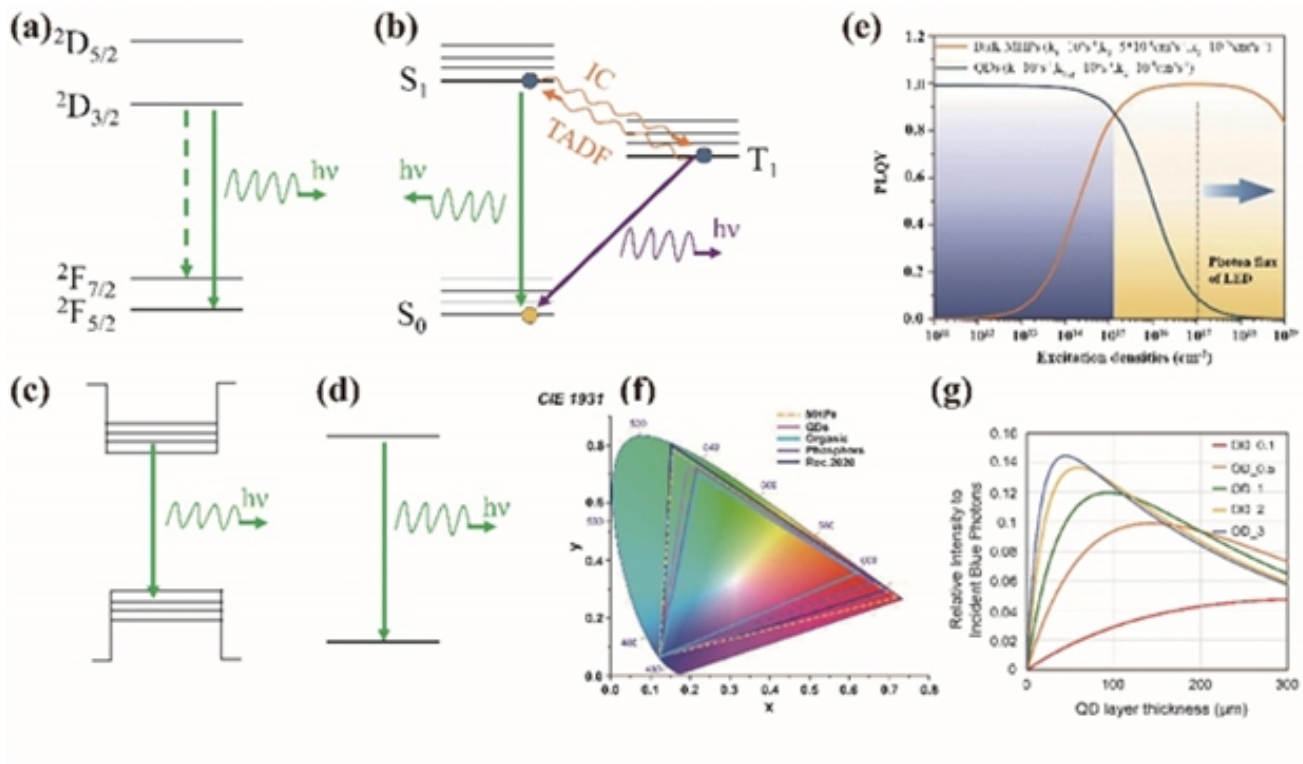


图2：色转换显示材料

图案化工艺

在全彩显示器中，子像素的尺寸可以从大面板显示的50~100 μm到微显示的3~5 μm。需要高效且低成本的工艺对红/绿/蓝色转换单元像素进行图案化。目前，有几种典型的图案化技术，其中，喷墨打印（IJP）与溶液处理的色转换材料兼容，适合于显示行业的大规模生产。但是喷墨打印的色转换墨水需要精心设计，以防止咖啡环效应和喷嘴堵塞。像素大小通常限制在几十微米级（>10微米），这对于增强现实（AR）、虚拟现实（VR）和扩展现实（XR）应用来说是不够的。电流体打印（EHD）可以显著减小像素尺寸，甚至达到亚微米级（>1微米），但在材料选择方面存在缺点，且大规模生产的效率和能力尚未得到验证。光刻技术成熟，操作简单，易于大规模工业化和商业化，但在光刻过程中使用的溶剂可能会损坏色转换材料，降低显示器的光学性能。

显示性能增强

光学微结构：在色转换层引入适当的微观结构或微图案可以增强其光学性能。通过增强的光学耦合可以实现更高的光致发光强度，起到节能增效的功能。在量子点色转换显示中，随着微观结构或微图案的引入，较低浓度的量子点就可以获得相同的光致发光强度，从而减少量子点的重吸收问题。

内置偏光器：将偏光器放置在液晶单元外部会引发多个挑战，例如去偏振、额外反射和视差效应。添加内置薄膜偏光器可以解决这些问题。内置偏光器被放置在液晶单元的基板玻璃之间。这可以有效地解耦液晶层和颜色滤光片（CF）的去偏振效应，显著减少光泄漏并增强显示器的对比度。LCD中的内置偏光器可以实现更高效、更薄的设计，并提高分辨率。

黑矩阵：黑矩阵用于隔离三基色量子点像素，从而防止色串扰，提高显示器的对比度。传统黑

矩阵吸收的光能的回收或再利用对LED显示器光转换效率的改进具有重要的现实意义。

分布式布拉格反射器：在色转换显示技术中，可能存在的一个问题是色转换单元对蓝光的吸收不足导致的蓝光泄露。为了减少蓝光的泄露和提高光利用率，分布式布拉格反射器（DBR）被引入到色转换显示中。DBR的应用带来了明显的光强改善和蓝光抑制效果。

总结与展望

色转换显示技术为各种显示技术注入了新的活力，成为当今显示行业的重要技术。目前，色转换LCD在市场上已达到成熟阶段。然而，在高分辨率、低成本和高可靠性方面仍需进一步发展。使用薄膜内置偏光器可以解决传统外置偏光器方法所带来的去偏振、额外反射和视差效应等问题。在色转换OLED方面，三星和索尼等公司已经实现了色转换OLED的商业化。目前，更广泛的研究集中在色转换Micro-LED显示上，因为这种方法被认为是Micro-LED显示商业化的可行途径，被越来越多的研究和应用。虽然色转换材料的光学性能改善为其在Micro-LED显示器中的应用提供了机会，色转换Micro-LED的制造过程和结构设计仍存在不确定性。此外，色彩转换材料的稳定性和保护方法需要改进，以满足商业显示的严格稳定性要求。因此，进一步研究与行业兼容的图案化工艺、封装技术对于推动该领域商业显示产品的发展至关重要。（来源：中国光学微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-024-01618-8>

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费事宜，请与我们联系。

作者：李贵君等 来源：《光：科学与应用》

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