

长春应化所等揭示准二维钙钛矿的激子行为

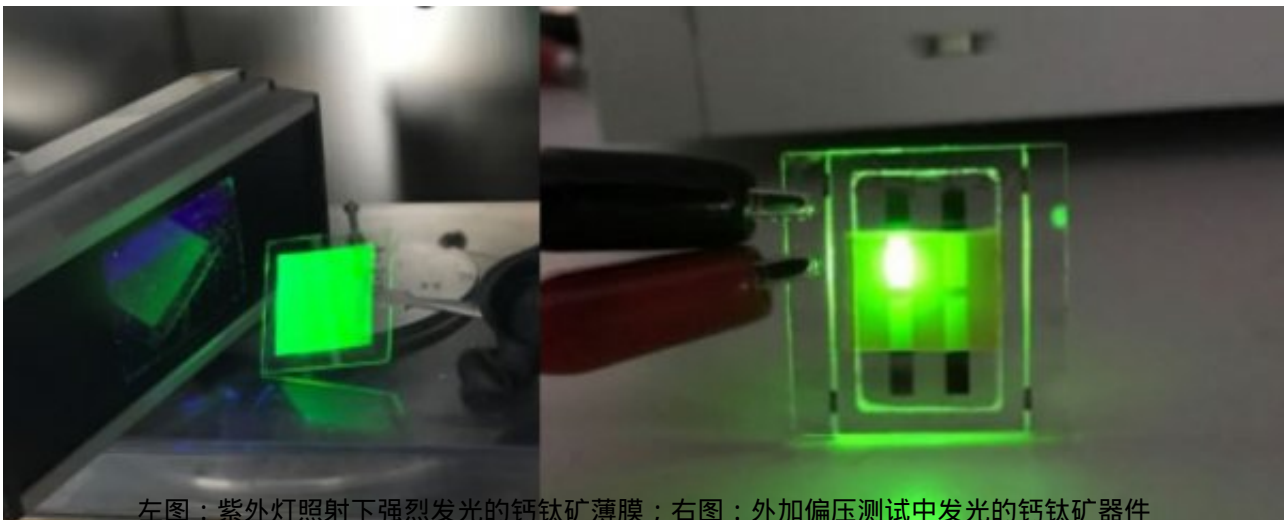
中国科学院长春应用化学研究所研究员秦川江和日本九州大学教授安达千波矢领导的国际研究团队揭示了导致一类准二维钙钛矿发光效率低的机理，进而提出了解决方案，开发出基于该类材料的高效率绿光发光二极管。相关成果11月12日在线发表于《自然-光子学》(Nature Photonics (2019))。

有机无机杂化钙钛矿因成本低、容易加工以及光电特性优异，受到了光电子研究领域的广泛关注，基于该类材料的发光二极管也极具潜力成为下一代照明和显示元件。其中，三维钙钛矿是由有机和无机组分在三维空间交替结合而成，二维钙钛矿是由两种组分交替形成的片层结构，而准二维钙钛矿则是两类钙钛矿的混合结构，即由大尺寸有机壳层包裹着不同尺寸的三维钙钛矿。由于准二维钙钛矿存在天然形成的量子阱结构，与传统的三维钙钛矿相比具有更大的激子结合能，从而更有利于发光。尽管一些准二维钙钛矿发光二极管已达到较高电光转换效率，但当采用不同有机组分时，一些绿光器件的效率很低的原因仍然未知。在该研究工作中，研究者通过国际合作获得的大量相关实验数据对该问题做出了回答。论文第一作者兼共同通讯联系人秦川江说：“目前多数研究者认为这类钙钛矿表现出更多传统无机半导体的特性，然而我们证明了准二维钙钛矿具有很多有机半导体的属性，因此需要考虑到具有不同能量的激子行为。”

与典型的无机半导体不同，有机半导体在电致发光过程中首先形成激子态而后弛豫发光。由于电子的自旋特性，将会形成单线态和三线态两种不同性质的激子。尽管调控单线态和三线态激子是设计和开发高效有机发光二极管的基础，但在钙钛矿发光二极管的研究中却仍未被考虑。在该研究中，研究者比较了两类具有相似晶体性质，但含有不同有机组分的钙钛矿发光材料，发现其中一类钙钛矿材料中的三线态激子消失了。通过分析，这类钙钛矿中采用了具有低三线态能级的有机组分，其发光性能差的原因应是三线态激子转移至能量较低的有机部分，造成非辐射能量损失。而当采用具有高三线态能级的有机组分时，三线态激子会保留在钙钛矿发光主体中，从而获得高的发光效率。此外，研究者进一步发现在特定的准二维钙钛矿中，暗态三线态激子也能够上转换为辐射发光的单线态激子，使得在准二维钙钛矿器件中实现全部激子利用成为可能。

基于上述发现，研究团队通过选择合适的有机组分，制备了能够高效俘获三线态激子的准二维钙钛矿发光二极管，获得了12.4%的电光转换效率。“我们不仅解释了之前观察到的实验现象，一些新发现也为开发高效钙钛矿光电器件，如发光二极管、激光和太阳能电池等提供了指引。”领导该研究的安达千波矢说。

以上研究工作得到长春应化所海外引进人才启动经费的支持。



左图：紫外灯照射下强烈发光的钙钛矿薄膜；右图：外加偏压测试中发光的钙钛矿器件

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/148280.html>