
表面钝化确定性提升量子点的共振荧光

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/34980.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！

表面钝化确定性提升量子点的共振荧光。 导读

近日，中国科学技术大学潘建伟、霍永恒、陆朝阳等在量子点表面钝化方面取得重要进展。研究人员提出了一种钝化技术，成功减少了表面态影响，实现了近表面量子点共振荧光品质的提升。该工作创新工艺过程、器件结构和表征手段，有望为确定性量子光源的进一步发展提供有力的技术支撑。

该成果以Deterministic resonance fluorescence improvement of single quantum dots by optimized surface passivation为题发表在《Light: Science Applications》。论文通讯作者为中国科学技术大学霍永恒教授、何玉明教授，中国科学技术大学博士研究生赵军一为论文第一作者。

正文

固态半导体量子点作为确定性量子光源的理想载体，凭借其优异的光学性能已成为光量子信息技术领域的重要器件。随着器件集成度的不断提升，整体结构更加紧凑，在降低传输损耗、增强耦合效率的同时，也使得量子点与表面的相互作用显著增强。具体表现为：半导体晶格中断导致的本征表面态以及表面氧化、微纳加工过程引入的额外表面态等，都会影响器件的光学、电学等性能。例如，耦合光子晶体微腔或靶眼腔的量子点与表面距离在50 nm左右，在这样的距离下，量子点的荧光品质会受到表面态影响而恶化，出现线宽展宽、亮度降低甚至荧光消失等现象。

针对这一瓶颈，研究者们为量子点穿上了一层原子级防护服，即引入表面钝化技术来保护量子点并提升其荧光品质。

通过化学溶液处理和原子层沉积（ALD）等各类湿法、干法钝化技术，多项国内外相关研究已经实现了近表面量子点系综的非共振荧光的显著提升。然而，考虑到在量子信息实际应用中，需要通过共振激发操纵单个量子点，全面研究单个量子点的共振荧光性能提升更具实际意义。为此，必须对近表面量子点的表面钝化技术进行深入研究。

针对上述需求，本文提出了两步原位钝化技术（wet-S+ALD passivation）：如图1 (a) 所示，在充满惰性气体的手套箱中对量子点器件进行硫化铵溶液钝化，再原位转移到原子层沉积系统中镀膜，进一步保持钝化效果。为了证明该技术的优点，本文还将其与ODT溶液钝化（ODT-passivation）、ALD镀膜（ALD-passivation）等技术进行了对比，X射线光电子能谱和拉曼光谱测试结果证实了本文采用的钝化方案具有更优的表面钝化效果（图1 (b)-(d)）。

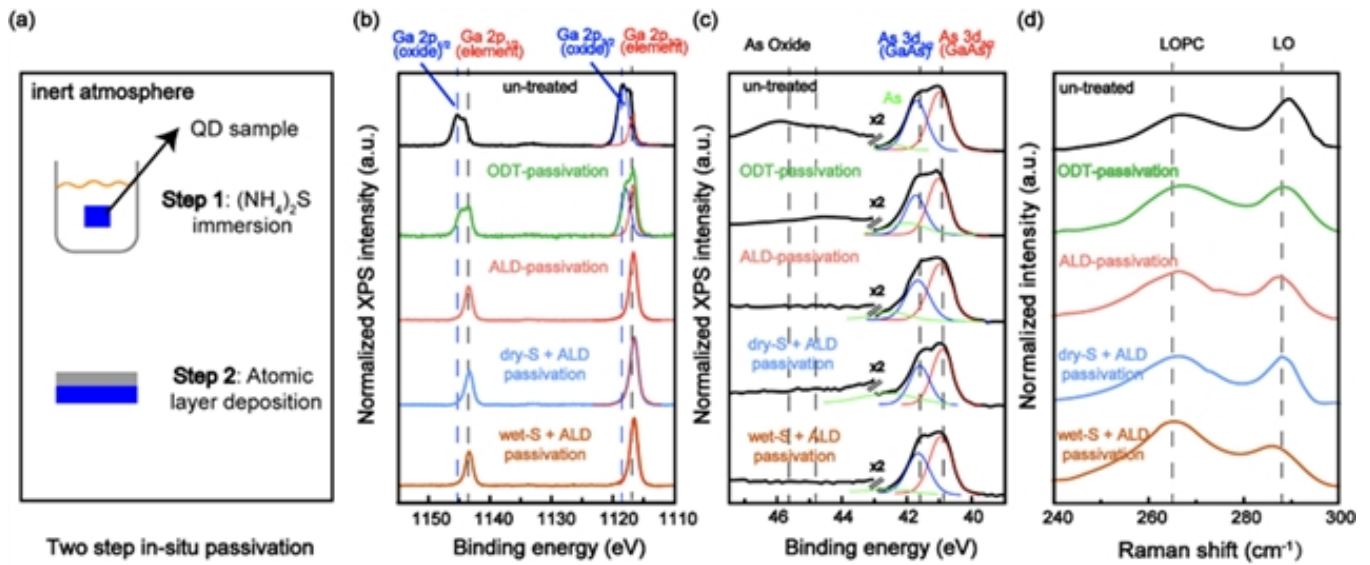


图1. (a) 两步原位钝化技术过程示意图；(b)-(d)分别对应四种钝化工艺处理后GaAs表面 (b) Ga 2p的X射线光电子能谱图；(c) As 3d的X射线光电子能谱图；(d) 拉曼光谱图。

本文采用点对点方法，测量了单个量子点共振荧光在钝化前后的变化，结果显示，共振荧光在钝化后呈现从无到有、从有到优的明显提升。本文首先对钝化前已有共振荧光信号的8个量子点进行了研究。如图2 (a) 所示，钝化前量子点的共振荧光线宽为 14.23 ± 2.34 GHz，钝化后变窄至 7.84 ± 0.48 GHz，且信号相对于背景的对比度也明显提升。从图2 (b) 可以看到，钝化后大多数量子点的共振荧光线宽普遍变窄。同时，本文也测量了5个钝化前没有共振荧光的量子点，结果发现，钝化后有2个量子点复活，本来无法测量到的共振荧光得以恢复，且能观察到2 的拉比振荡。本文还对提升机制进行了理论分析，结果与实验趋势相吻合。

图2. 表面钝化对单个量子点共振荧光的提升。(a) 单个量子点的共振荧光线宽在钝化后变窄；(b) 本来存在的共振荧光线宽在钝化后普遍变窄；(c) 本来消失的共振荧光在钝化后得以恢复；(d) 恢复后的共振荧光强度随光强的平方根变化呈现振荡。

综上，本文采用的钝化技术相比于其他已报道的实验结果，展现了更优的钝化效果，近表面量子点的共振荧光实现了从无到有、从有到优的性能提升。这种钝化技术和实验思路有望应用在各种固态量子器件中，并为集成量子芯片的进一步发展提供有力的技术支撑。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-025-01838-6>

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：霍永恒等 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