

---

# 等离激元纳米光子器件品质因子获新纪录

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/24689.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！*

等离激元纳米光子器件品质因子获新纪录。等离激元是光与金属中自由电子相互作用形成的一种电磁模式，能使光突破光学衍射极限的限制，从而实现纳米光子芯片器件的大规模集成。

然而，由于焦耳热引起的光学损耗在可见光波段尤为严重，严重降低了等离激元纳米光子器件的性能，等离激元纳米光子器件的损耗问题是该领域长期以来面临的重要挑战。

因此，除了等离激元增强拉曼光谱（SERS）传感和等离激元共振（SPR）传感等极少数应用在生物医学、气体检测以及环境和食品污染物痕量检测等领域实现了商用化外，绝大多数等离激元相关的应用离商用化仍然十分遥远。

10月18日，中国科学院深圳先进技术研究院（以下简称深圳先进院）集成所副研究员李光元团队的最新研究成果作为后封面文章发表于《先进光学材料》。研究团队发现，通过利用两种表面晶格共振模式（SLR）的转换，可以使得其损耗降低一个数量级，相应地，评价损耗的品质因子提高了一个数量级（即十倍以上），在可见光波段实验测得了高达790的超高品质因子，是现有纪录（330）的2.4倍。

该研究将有望提高可见光波段基于等离激元超构表面的上/下转换荧光增强、纳米激光、白光LED、高性能生化传感、非线性光频转换等应用的性能。

刷新现有品质因子纪录值

此前，科研人员主要通过优化贵金属（如金、银）的制备工艺以降低其吸收和散射损耗。近年来，尽管科学家们探索了碱金属（如金属钠）和透明导电氧化物（ITO、AZO）、全介电材料（如硅、氮化硅、二氧化钛）等材料来克服贵金属的损耗问题，但贵金属因其在场束缚、稳定性等方面的独特优势，许多纳米光子器件仍然优先采用贵金属来实现。

因此，如何在给定贵金属材料及其制备工艺的条件下，通过探索新型的结构物理来有效抑制等离激元纳米光子器件的损耗，是一个非常具有挑战性的难题。

对于贵金属纳米光子结构，人们已经探索了多种新的物理机制来抑制其吸收损耗和散射损耗。其中，由局域等离激元共振和面内衍射光相干耦合形成的SLR，由于具有窄线宽、高品质因子、大范围内的电场极大增强等独特性质，兼具等离激元的场增强和衍射光场的低损耗的优势，在诸多等离激元纳米光子器件的性能提升中展现出巨大的潜力。

---

SLR又可以分为面外SLR和面内SLR。面外SLR具有比面内SLR更高的品质因子。

2011年，面外SLR被科学家测得了高达150的品质因子，打破了当时的纪录后，便一直难以提升，因为科学家们认为支持面外SLR的金属纳米柱必须达到90 纳米以上。

在该研究中，研究团队采用贵金属中的金和银，及其常规的纳米加工工艺，深入探讨了金属纳米柱阵列的参数对SLR品质因子的影响机制。

实验结果表明，将纳米金柱的高度从100 纳米降低到50纳米，或者将入射角从15度增加到35度时，仿真和实验获得的可见光面外SLR的品质因子均提高了一个数量级，即高达约1100（仿真值）和540（实验值）。

此外，研究人员也将纳米金柱阵列拓展到纳米银柱阵列，实验结果表明，通过将纳米银柱的高度从100 纳米减小一半到50 纳米，仿真得到的品质因子也可以提高一个数量级。

例如，采用常规工艺加工出50 纳米高度的纳米银柱阵列，获得面外SLR的品质因子仿真值可高达约1500，实验测量值高达790，是现有实验世界纪录值的2.4倍。论文通讯作者李光元表示。

推动等离子激元相关器件研发及商用化

等离子激元是实现光电芯片纳米化的一种重要途径，从1998年至今已研究了25年，然而，等离子激元相关器件损耗问题一直难以解决，极大阻碍了相关器件的商用化。李光元分析道。

一直以来，李光元团队长期从事等离子激元光栅、纳米激光和非线性光学器件方面的研究，多年来致力于探寻SLR损耗抑制的新机理，旨在通过精妙的结构设计和探索新奇的物理效应来追求其理论极限。

此前，研究团队针对绝大多数SLR研究所采用的均匀介电环境、纳米圆柱形状、以及偶极共振等限制因素，分别提出了偏好非均匀介电环境的、基于纳米金属半球阵列的、基于金属-电介质-金属光栅和四偶极的超高品质因子SLR，以及基于SLR干涉相消的超高品质因子准连续域束缚态，相关工作成果分别发表在美国光学协会会刊《光学特快》、《光学快报》、《应用物理学杂志》、《纳米研究》和《纳米光子学》等国际学术期刊。

基于前期研究，研究团队历时四年，解决了从仿真算出到实验测出，最后到理论预测出超高品质因子等一系列关键问题，进一步打破传统对面外SLR所必需的金属纳米柱高度限制，突破了可见光波段SLR的品质因子纪录。

我们的研究证明，采用常规的贵金属材料及其微纳加工工艺，通过打破现有的思维定势和进行合理的结构设计，也可以极大地抑制等离子激元的损耗，获得超高的品质因子。李光元表示。（来源：中国科学报 刁雯蕙）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1002/adom.202301205>

作者：李光元等 来源：《先进光学材料》

---

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](http://www.iikx.com)转发