

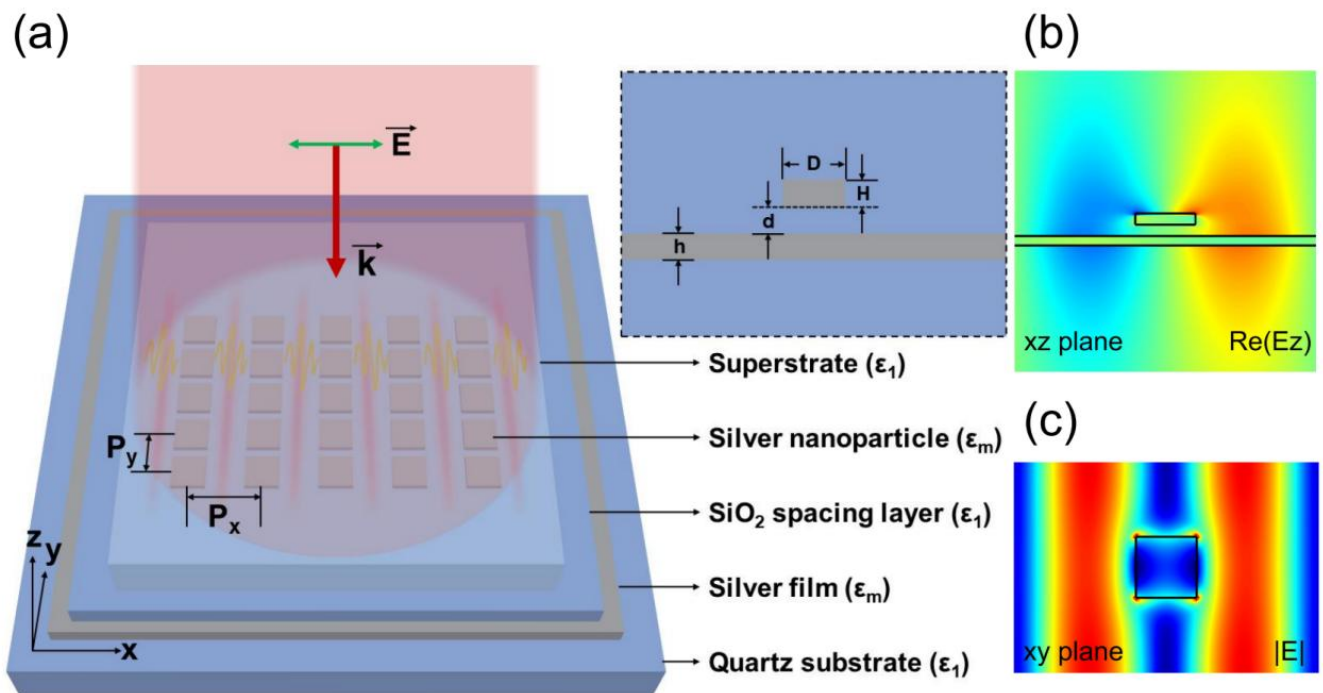
可见光波段高Q值等离激元导模共振研究获进展

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/40110.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！

可见光波段高Q值等离激元导模共振研究获进展。广东省科学院半导体研究所封装应用平台副研究员姚舜禹联合湖州学院副教授陈振世、张江实验室副研究员杨承坤等合作者，在可见光波段高Q值等离激元导模共振研究方面取得重要进展。相关成果近日发表于《光学快报》（Optics Express）。



(a) 薄膜耦合银纳米颗粒晶格整体结构剖面；(b) 超薄银膜双界面LRSP对称电场分布；(c) 纳米颗粒依托LRSPs实现横向长程耦合谐振。研究团队供图

表面增强拉曼散射（SERS）凭借金属等离激元局域电磁场增强特性，可实现痕量乃至单分子物质检测，是环境监测、生物传感和化学分析领域的核心技术。而高性能SERS的关键在于开发高Q值、窄线宽、高耦合效率的可见光等离激元谐振结构。可见光波段金属等离激元受电子带间跃迁影响，存在固本征吸收，长期面临核心矛盾：提高光耦合效率会导致谐振峰展宽、Q值下降；追求高Q窄线宽又会降低激发效率。传统等离激元超表面的两大主流机制瓶颈在于：表面晶格共振难以抑制金属欧姆损耗，可见光Q值上限仅约300，且耦合效率偏低；寻常表面等离激元导模共振传播损耗大，Q值通常仅为几十。因此，如何在可见光波段同时实现临界耦合、高Q值与高效光激发，是该领域亟待突破的关键问题。

为解决这一难题，研究团队采用超薄银膜激发低损耗长程表面等离激元极化激元（LRSPPs），以构建高Q值、高耦合效率的导模共振。25纳米超薄银膜可在上下双界面激发长程等离激元，相比常规厚膜单界面等离激元，能同时显著抑制欧姆损耗与辐射泄漏；通过二氧化硅间隔层构建金属-介质-金属结构，依靠LRSPPs建立纳米颗粒间的长程集体耦合，从结构本源上同时抑制两大损耗通道，实现临界耦合高Q谐振。

团队结合耦合偶极近似与耦合模理论剖析物理机制，明确了薄膜厚度、晶格周期对谐振特性的调控规律。针对特定厚度超薄银膜，通过调控晶格周期，使其在过耦合、临界耦合、欠耦合状态间灵活切换，实现Q值与耦合效率的合理折中。研究结果表明，在633纳米波长下，结构达到理想临界耦合，Q值达361，耦合效率高达99.8%；微调结构进入欠耦合状态后，Q值可提升至近600，耦合效率仍保持80%以上。谐振区间覆盖558-633纳米的可见光大部分波段，全波段Q值均大于100，相较传统结构性能提升3-7倍。得益于Q值与模体积的协同优化，光与物质相互作用的增强效果实现翻倍，具备极强的局域场调控能力。

该工作突破了可见光等离激元谐振效率与线宽互相制约的固有难题，证实了长程等离激元可同时抑制辐射泄漏与金属欧姆损耗，为高Q等离激元超表面设计提供了全新思路。相比于全介质高Q结构对纳米加工精度的严苛要求，本方案可采用成熟的金属多层薄膜工艺，制备简单且可量产性强。除适配SERS痕量检测外，该结构还可应用于非线性光学变频、珀塞尔增强发光、中红外上转换成像等场景，为可见光微纳光电器件及高精度光谱传感提供了高性能的新型平台。（来源：中国科学报 朱汉斌）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1364/OE.581048>

作者：姚舜禹等 来源：《光学快报》

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