单发射体超分辨成像增强

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/26316.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！

单发射体超分辨成像增强。近日，法国巴黎文理大学Valentina Krachmalnicoff教授团队成功利用单分子荧光寿命成像显微术(smFLIM)观测到了介电GaP纳米天线二聚体中单发射体的自发辐射率增强。

荧光辐射率在超分辨率成像、提高生物传感灵敏度等诸多技术应用中具有关键意义。传统的金属纳米天线利用表面等离激元共振增强电场，提供谐振模式,类似普通的射频天线,与电磁波发生共振产生增强场。但这种机制受限于高损耗率与低效率。本文利用介电GaP材料设计纳米天线的几何形状和尺寸，利用米氏散射的特性可以最大程度地增强分子的辐射衰减率,而非辐射衰减率不变，在量子光学等领域具有广阔的应用前景。

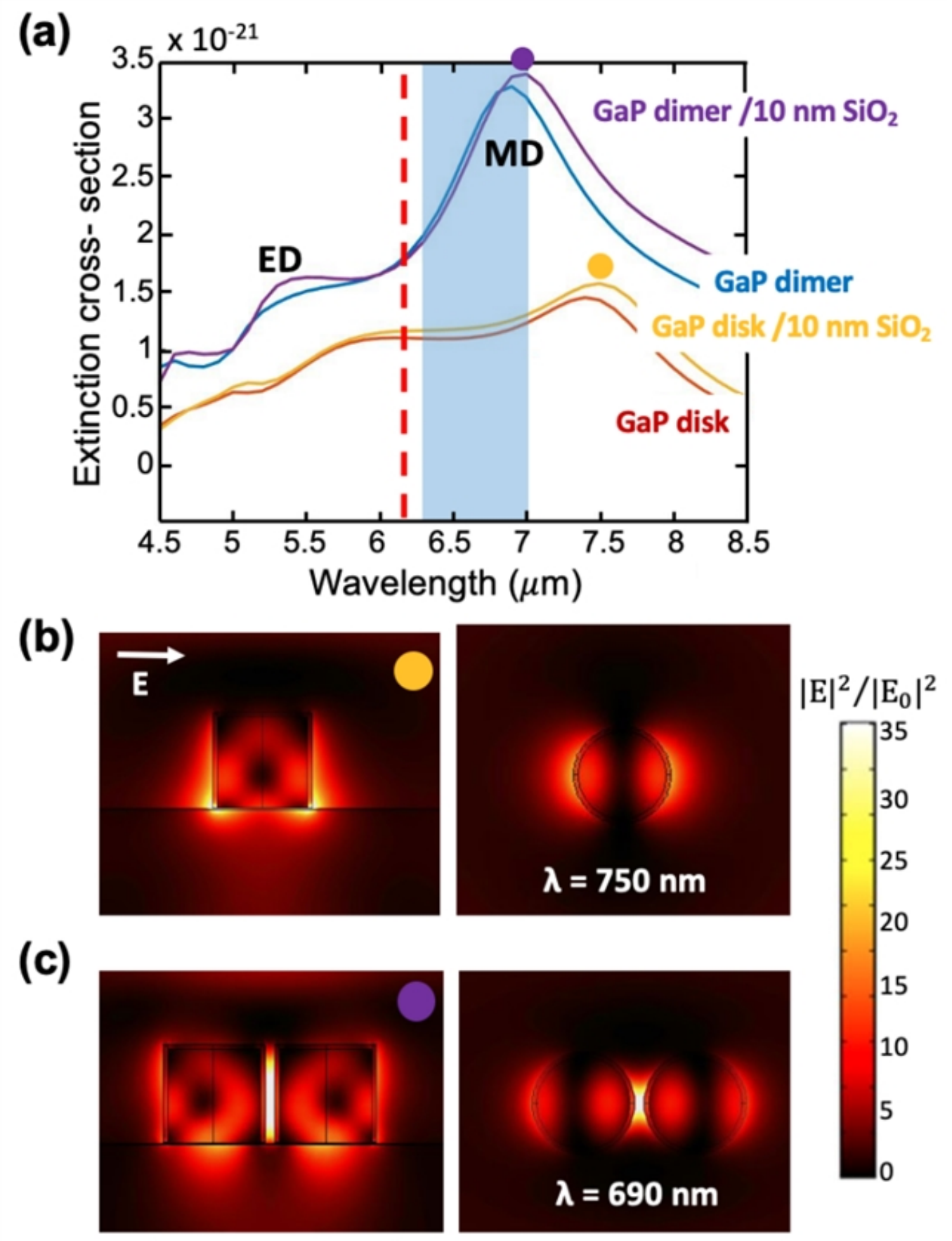
研究背景

纳米天线可以增强光与物质相互作用。传统的纳米天线一般由金属制成。金属纳米天线的优势在于可以产生局域的表面等离激元共振(Localized Surface Plasmon Resonance)，在局域产生非常强的电场，从而极大地增强发射体的自发辐射速率。但是金属纳米天线存在较大的吸收损耗。原因之一是金属本身会吸收光子能量转化为热能,称为内禀损耗。另外，表面等离激元共振会激发金属结构中的自由电子使其产生振荡并衰减。因此，增强局域光场的场强但同时不提高辐射损耗，是一个困难且亟待解决的问题。

创新研究

本文创新地利用GaP这一介电材料，通过其米氏散射的增强模式，成功产生了极强的局域电场，提高了辐射速率同时又没有增加非辐射衰减。

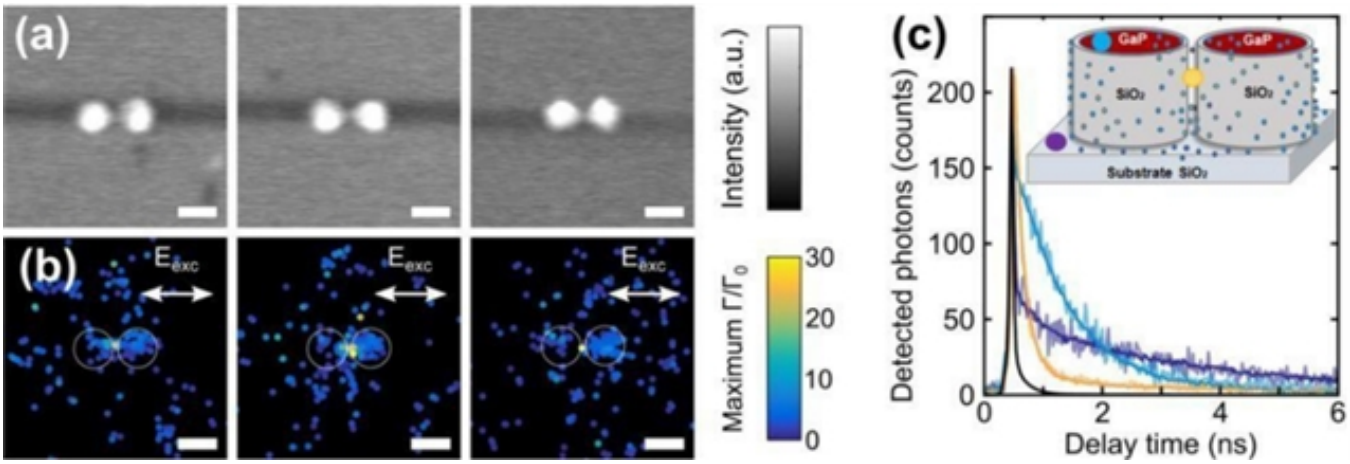
图1利用数值模拟计算了GaP二聚体的消光系数和场分布。发现消光谱段显示二聚体明显增强了单发射体的谐振峰。



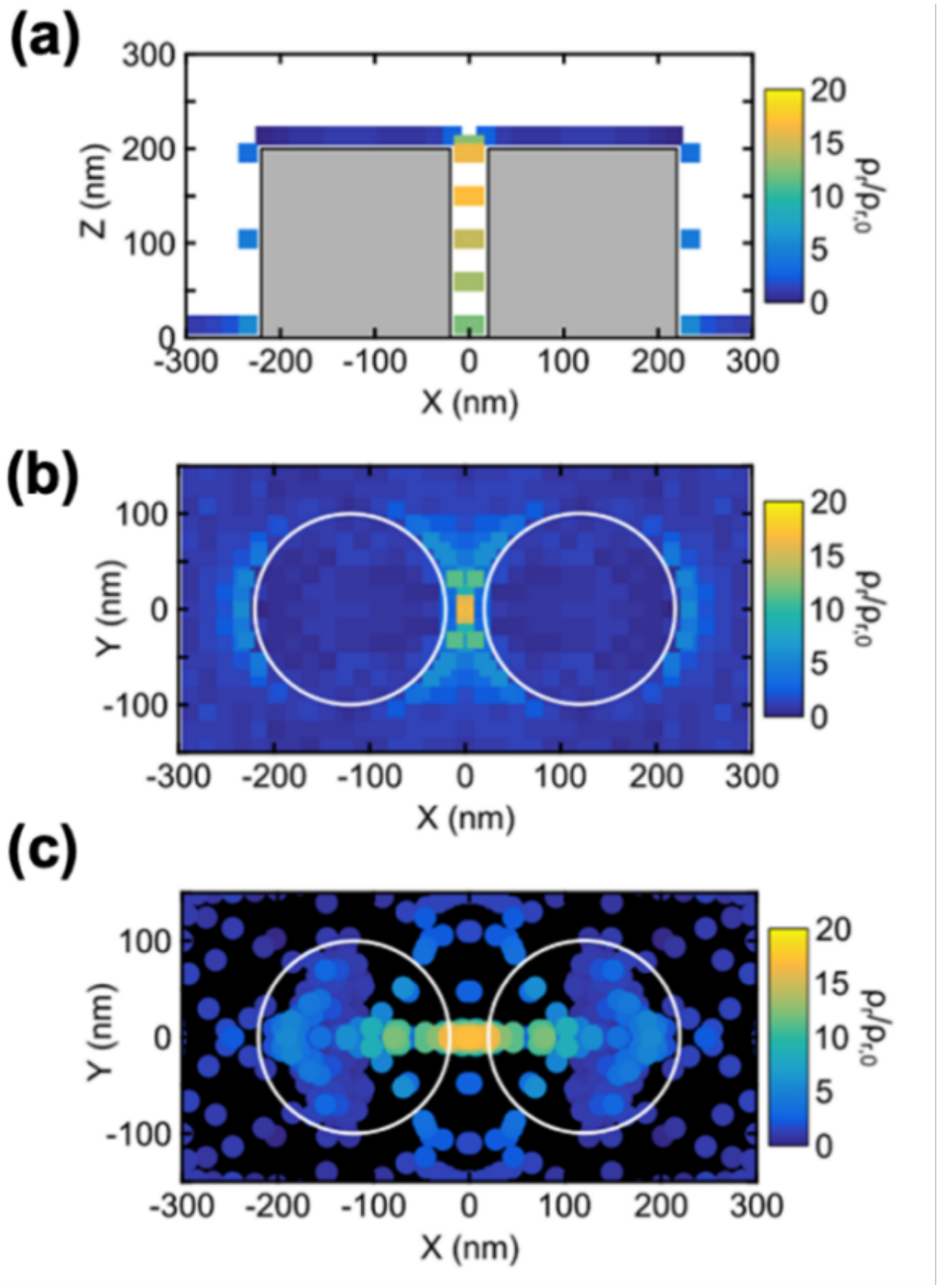
图一：介电GaP二聚体的模拟消光截面和电场模式。(a) 消光截面，红色虚线表示激光的发射波

长，蓝色阴影对应荧光分子的发射光谱。(b),(c)模拟GaP单聚体和二聚体的近场光强模拟。

此外，研究团队使用单分子荧光寿命成像显微镜（smFLIM）43 – 45来量化 GaP
纳米二聚体诱导的 LDOS
，通过放置在结构周围的单个发射体的衰减率改进来实现。在中值定位精度为 14 nm
的情况下，作者发现在 20 nm 的间隙中，天线诱导的衰减率几乎是玻璃基底上的 30 倍（见图2）
。数值模拟证明了衰减率增强的辐射来源。对点扩散函数（PSF）形状的研究以及与数值模拟的
比较表明，由于纳米结构的存在，间隙中的分子大多不会出现横向定位错误或海市蜃楼效应，间
隙内分子的位置误差很小（见图3）。这证实了衰变率增强最高的分子实际上位于间隙中。



图二：介电GaP二聚体诱导的自发辐射增强。(a)直径为200 nm,间隙为20、20和40
nm三个GaP二聚体的扫描电子显微镜图像。刻度线代表200
nm。(b)同一个二聚体测得的单发射体自发辐射增强。(c)不同位置单分子的典型荧光衰减曲线。



图三：二聚体周围模拟辐射的局域态密度(LDOS)增强图。(a) 二聚体沿Y轴的LDOS侧视图。灰色区域表示柱子的位置。（b）模拟偶极子诱导的LDOS的俯视图。(c)模拟LDOS的增强图。

该文章被发表在国际顶尖学术期刊《Light: Science Applications》上，题为Single-emitter super-resolved imaging of radiative dacay rate enhancement in dielectric gap nanoantennas，R. Margoth Córdova-Castro为本文的第一作者，Ignacio Izeddin和Valentina Krachmalnicoff为本文的共同通讯作者。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：https://www.nature.com/articles/s41377-023-01349-2

作者：Ignacio Izeddin 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转发