
深圳先进院发现超构表面慢光新原理

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/25666.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！

1月6日，中国科学院深圳先进技术研究院

深圳先进集成技术研究所李光元课题组，在《纳米快报》（*Nano*

Letters）上，发表了题为 *Ultrahigh-Q Metasurface Transparency Band Induced by Collective-Collective Coupling* 的研究成果，并被选为封面文章。

针对超构表面采用类电磁辐射透明（EIT）现象实现慢光效应所面临的高损耗问题，该研究提出了基于晶格共振与晶格共振发生耦合诱导产生的新型类EIT现象，抑制了其损耗，从而在100纳米高度的硅纳米柱阵列上实现了慢光效应（光速减慢了1万多倍）。同时，研究在实验上测得高达2750的超高品质因子，数倍于现有纪录（483）。进一步，研究发现了具有连续域束缚态（BIC）特性的集体型类EIT现象，其品质因子和慢光指数在理论上均按照反二次函数发散到无穷大。这一创新设计为实现超高性能的慢光光子芯片器件提供了新思路。

光速是宇宙中最快的速度，也是所有物质和信息传播的速度上限，被认为是无法超越的。真空中的光速 c 约为30万公里/秒，是一个物理常数。在狭义相对论中，光速 c 将时间与空间联系在一起，也将质量与能量通过质能等价方程 $E=mc^2$

联系在一起。根据狭义相对论，当我们的速度接近光速时，时间会变慢，这与古人说的“天上一日，地上一年”吻合。

光速不能被超越，但能被减慢。例如，光通过玻璃或水之类的介质时速度放缓。将光速减慢，有助于更好地操控光子，进而提升对光信息的获取、传输、处理与缓存的能力以及光传感、光通信、光路由、光调制和光存储等相关应用和器件的性能。以生化光子传感应用为例，当光速减慢后，光的能量密度将增大，从而有效提高传感灵敏度。因此，如何将光速减慢是研究的关键目标之一。

由于常规材料的折射率不高，光速减慢有限。为了减慢光速，科学家提出了电磁诱导透明（EIT）、玻色-爱因斯坦凝聚、光子晶体等多种技术来实现强慢光效应。其中，EIT技术是最早实现强慢光效应的方法，其原理是利用原子系统跃迁通道之间的量子相干效应来消除电磁波传播过程中介质的影响。基于EIT技术，1999年美国哈佛大学Hau等在450nK的超冷原子中实现了17m/s的极慢光速（相当于一位优秀运动员的自行车骑行速度）。然而，所有这些强慢光器件的核心限制因素在于：由损耗带来的缓存时间不足或光与物质相互作用长度不够的问题。

作为平面化的人工电磁材料，超构表面被认为是一个“自由操控光的平台和未来光电器件的颠覆者”。近年来，基于超构表面来模拟EIT现象，成为光子芯片在室温下产生强慢光效应的研究热点。然而，受制于超构表面所支持的局域共振的巨大损耗，其慢光性能并不理想。

李光元课题组致力于探索超构表面的损耗抑制机理，在基于表面晶格共振（SLR）的超高品质因子超构表面的理论设计和实验性能上取得了一系列进展。以此为基础，该团队基于硅纳米柱阵列结构所支持的米氏电偶极SLR分别与面内或面外电四偶极SLR之间的干涉耦合，提出了两种具有集体共振特性的新型类EIT现象，在室温下实现强慢光效应（光速被减慢1万倍以上，即30公里/秒以下）的同时，抑制了损耗，从而在实验上测得破纪录的品质因子。该原理不同于传统超构表面类EIT现象：后者基于局域共振之间的干涉耦合，因此需要将两个独立的纳米结构靠得足够近来实现，对纳米加工能力提出了挑战，同时，由于局域共振所受的散射损耗较高，导致类EIT现象的品质因子和慢光指数均有限。

研究显示，由面内电四偶极SLR与电偶极SLR干涉耦合产生的新型类EIT现象继承了前者的BIC特性，导致其品质因子与慢光指数在理论上均按照反二次函数发散到无穷大。此外，通过参数调节，研究还观测到由这两种类EIT现象形成的双频EIT带。

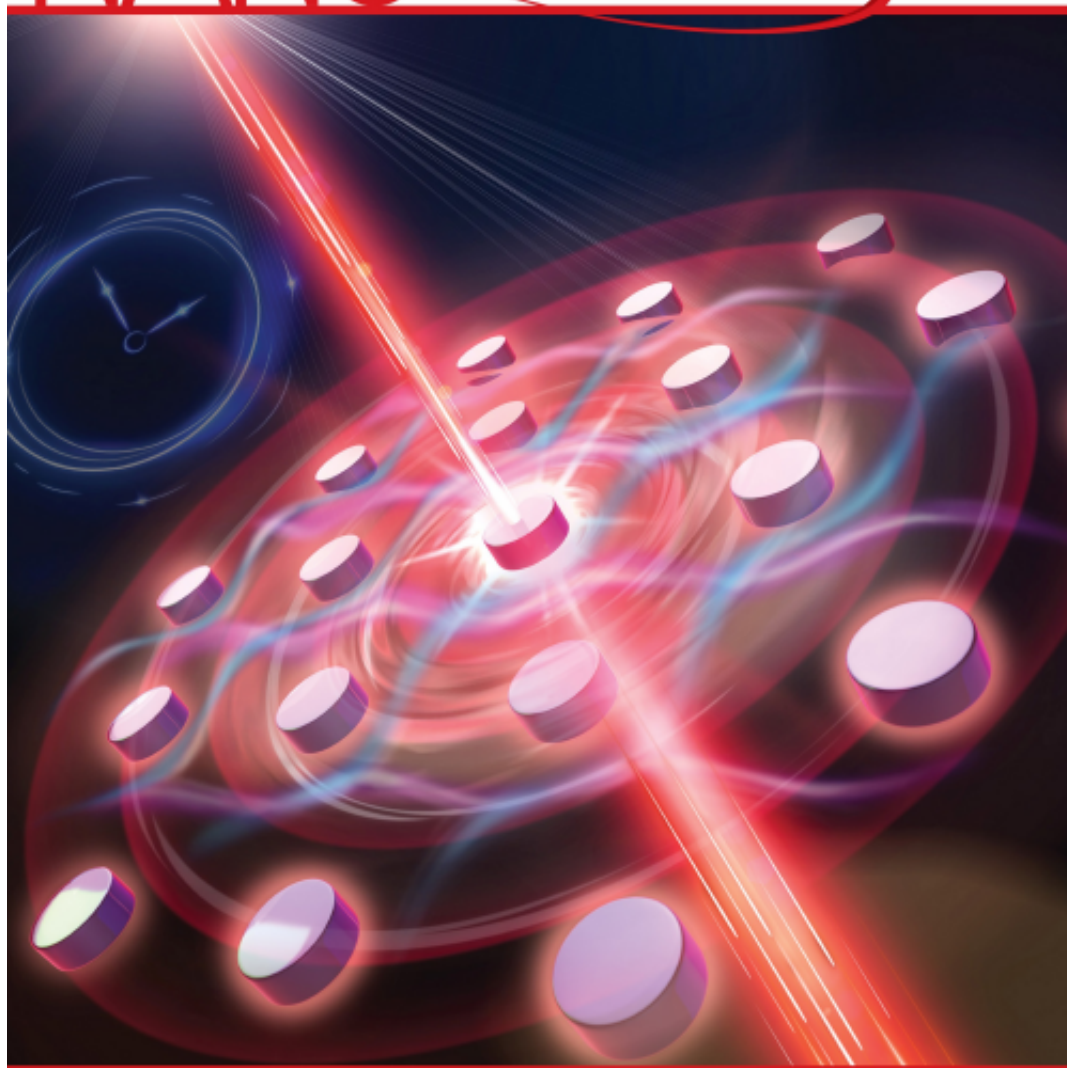
本研究利用晶格共振之间的干涉耦合，在超构表面上实现超高品质因子（即超低损耗）的强慢光效应，有望在光通信、光计算和光存储等领域光调制器和光缓存器，以及光传感领域的超高灵敏度传感器方面获得应用，并为慢光超构表面硅基光子芯片的设计和研究提供了新思路。

研究工作得到国家自然科学基金、广东省自然科学基金和深圳市科技计划的支持。

[论文链接](#)

NANO LETTERS

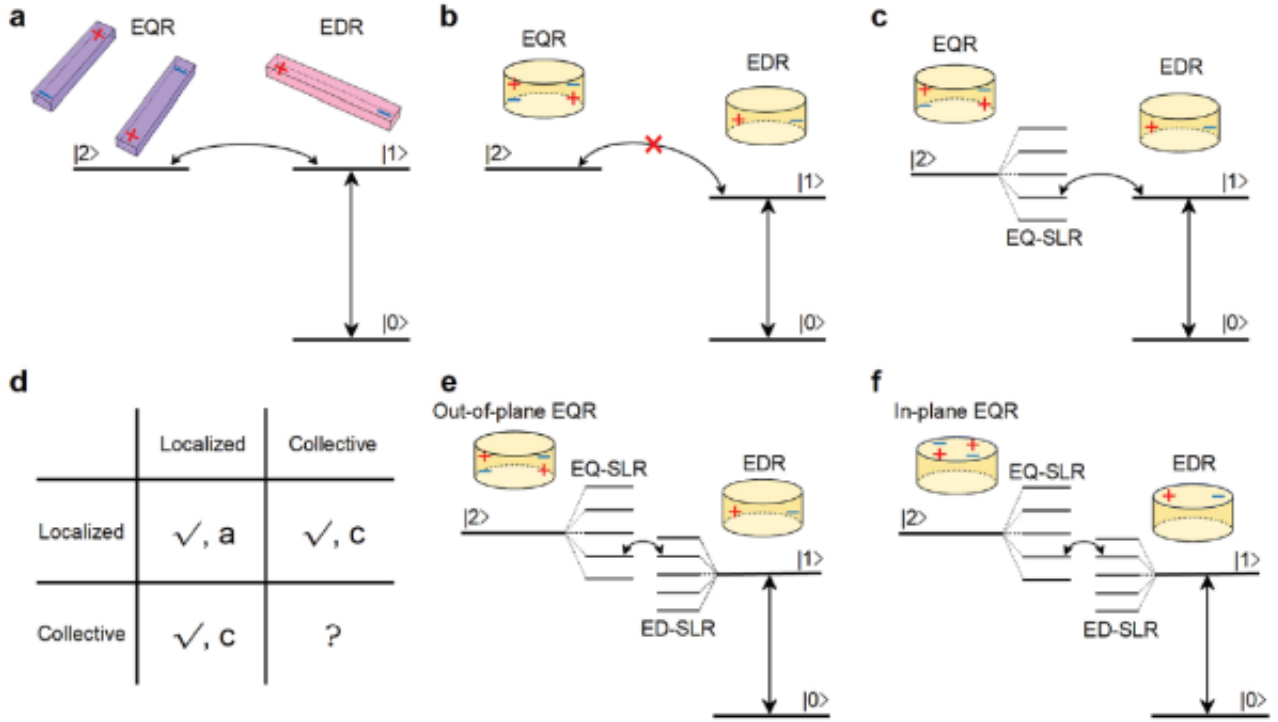
XXXXX XX, XXXX
Volume XX, Number XX
pubs.acs.org/NanoLett



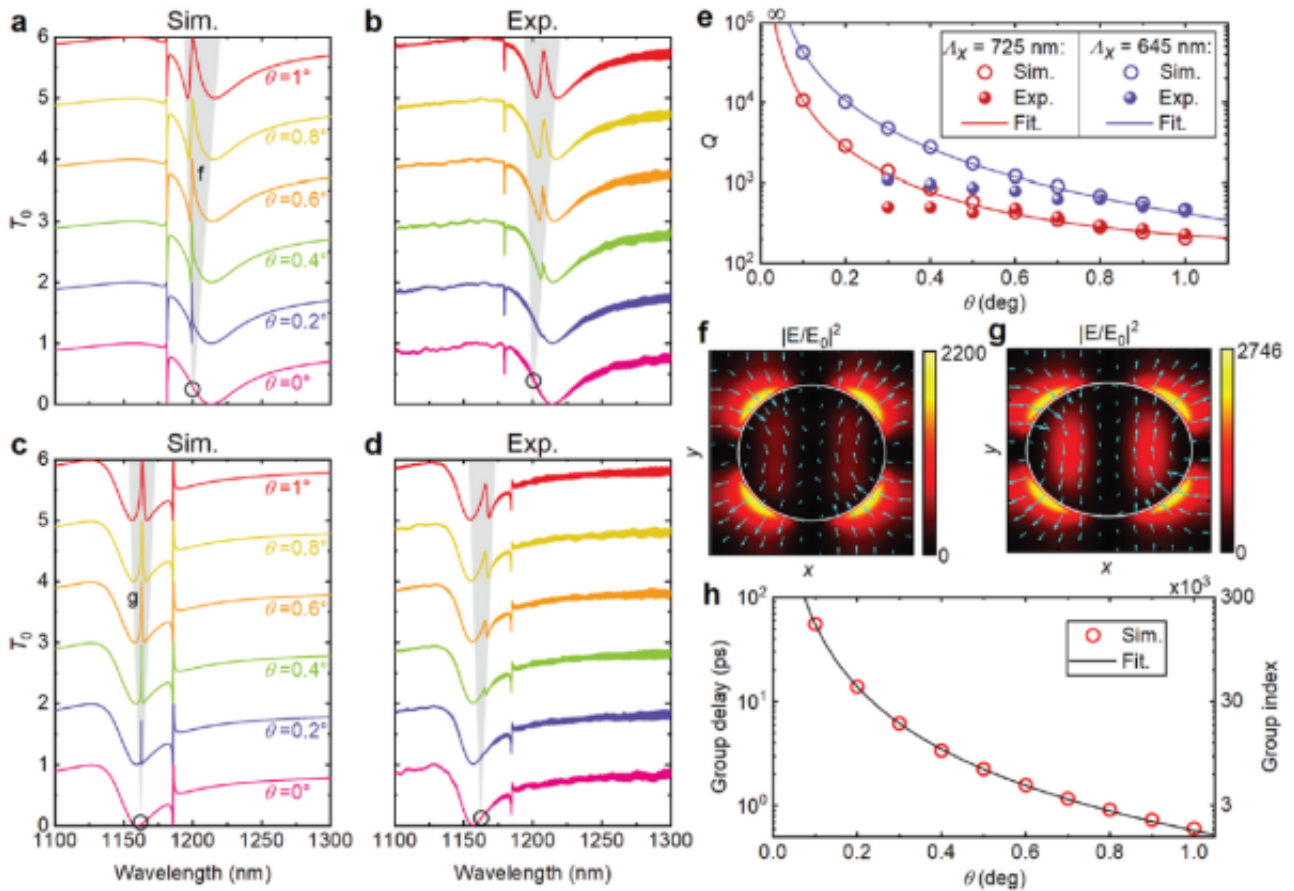
 **ACS Publications**
Most Trusted. Most Cited. Most Read.

www.acs.org

封面文章



传统超构表面的类EIT现象由局域共振-局域共振耦合或局域共振-晶格共振耦合诱导产生。本研究提出晶格共振-晶格共振耦合产生的新型类EIT现象。



由面内电四偶极晶格共振与电偶极晶格共振耦合产生的超构表面类EIT现象继承了前者的BIC特性，其品质因子和慢光指数均按照反二次函数发散到无穷大。

研究团队单位：深圳先进技术研究院

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