

2023 年度中国光学学会科技创新奖简介

项目名称：表面等离子激元超材料调控及其器件研究

获奖类别：自然科学奖

获奖等级：二等奖

主要完成单位：华中科技大学

主要完成人：王涛，肖书源，严若秦

学科分类：光学

推荐单位：华中科技大学

项目简介：

表面等离子激元超材料是一种由亚波长结构金属单元构建的人工结构，光器件中的调控，生物传感器，探测器和太阳能吸收器等均与它有关。其研究与应用越来越获得关注。但表面等离子激元超材料结构单元一旦形成，调节缺乏灵活性，存在共振模式难以调控、调控响应时间限制问题。阻碍了表面等离子激元光学元器件的发展。有待解决的关键科学问题是表面等离子激元超材料模式耦合与共振调控机理。

该项目发现并提出并验证表面等离子激元超材料模式调控的中和效应物理机理，进行 EIT 主动调控以及器件特性研究：将单层石墨烯集成到金属裂口环太赫兹共振器中，如图 1 所示。基于表面等离子激元超材料调制器发现并提出了中和效应这一物理机理，通过外部激励动态调节超材料共振响应，完善、提高了表面等离子激元超材料的主要性能。成果被评价为“提出了的电磁诱导透明调制器件的理论”，“实现了类 EIT 响应谐振强度的完全调制，其物理机制在于导电石墨烯的中和效应对暗模谐振器阻尼率的调谐”。

该项目进行表面等离子激元超材料 Fano 共振主动调控,并诠释、验证中和效应这一物理机理概念:研究不同不对称度的情形下单层石墨烯对太赫兹共振模式的影响,并揭示其背后的物理机理:石墨烯和 Fano 暗模式之间存在强烈的相互作用。增强了光与材料相互作用和光的探测能力。为超快太赫兹光调控的广泛应用进一步奠定了基础,也拥有相当大的传感能力,如图 2 所示。成果被评价为利用中和效应物理机理,“其传输性能有了明显的改善;在扩展工作频段非常理想地实现了高 Q 响应”。

该项目表面等离子激元超材料生物传感的验证,表面等离子激元超材料元器件色散、模式调控、光电器件研究:利用超材料模式耦合科学问题研究获得的成果,制备了纳米棒双曲超材料阵列结构表面等离子激元生物传感器,如图 3 所示。折射率灵敏度 $41600\text{nm}/\text{RIU}$,是目前表面等离子激元双曲超材料生物传感器灵敏度世界最高水平。国际权威人士给与高度评价,指出:“双曲超材料已被用于研制生化传感器,并取得了一些突破性的性能”。

该项目研究不仅在科学研究方面取得重要进展,在人才培养方面也具有突出贡献。培养的项目完成人之一连续四年入选斯坦福大学全球前 2% 顶尖科学家榜单(World' s Top 2% Scientists)。培养的研究生之一已经主持国家自然科学基金项目 3 项,国家科技部重点研发计划项目子课题 2 项,国家重大仪器专项项目子课题 1 项,基金委重点项目子课题 1 项,省重点研发项目 1 项,省自然科学基金面上项目 2 项等。获得省自然科学二等奖,中国光学学会科技二等奖和市科学技术二等奖。

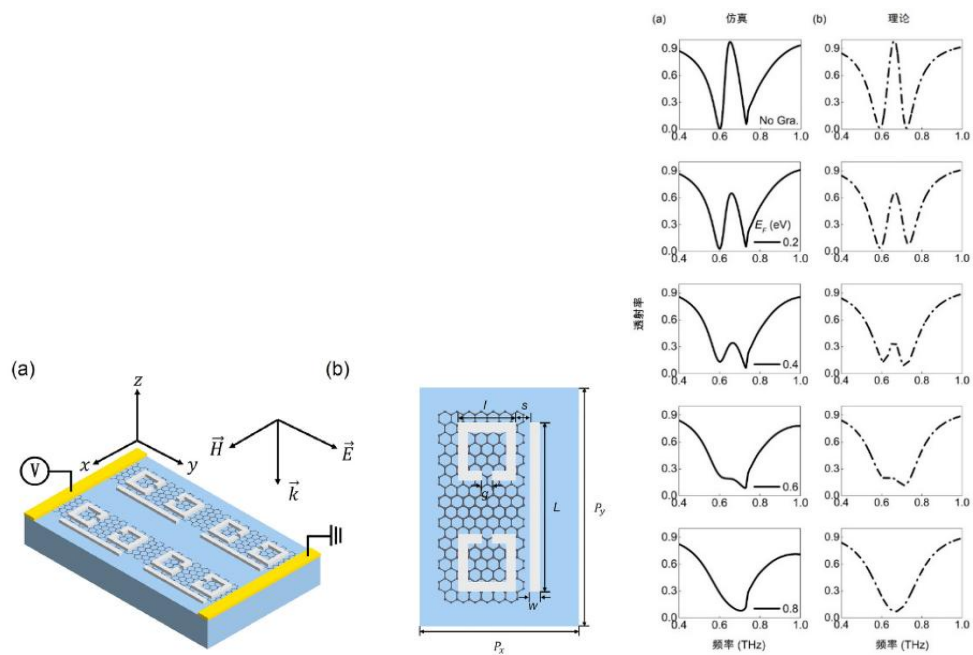


图 1 金属-石墨烯复合表面等离激元 EIT 超材料的结构调制器及工作机理

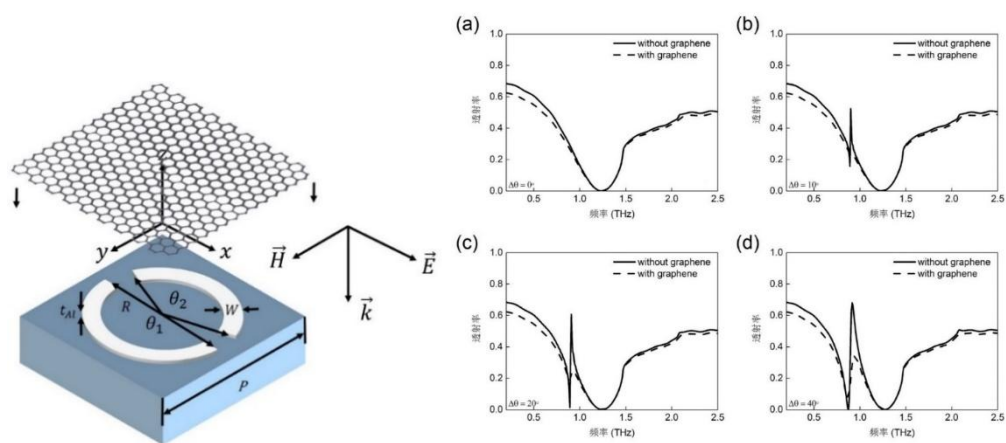


图 2 金属-石墨烯复合表面等离激元超材料 Fano 调控器及工作机理

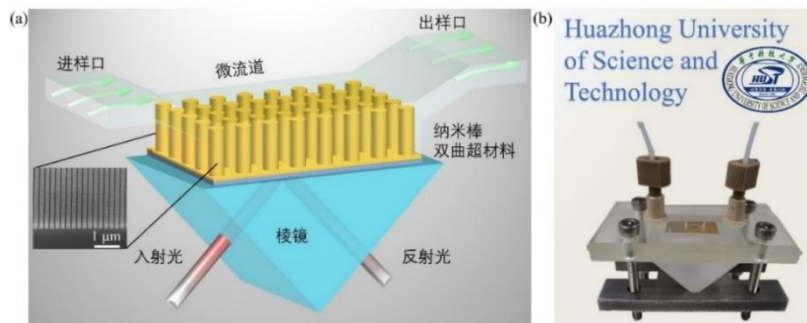


图 3 微流体集成的纳米棒双曲超材料传感器图片。(a)示意图; (b)实物图