长春光机所在表面等离激元模式耦合研究中取得进展

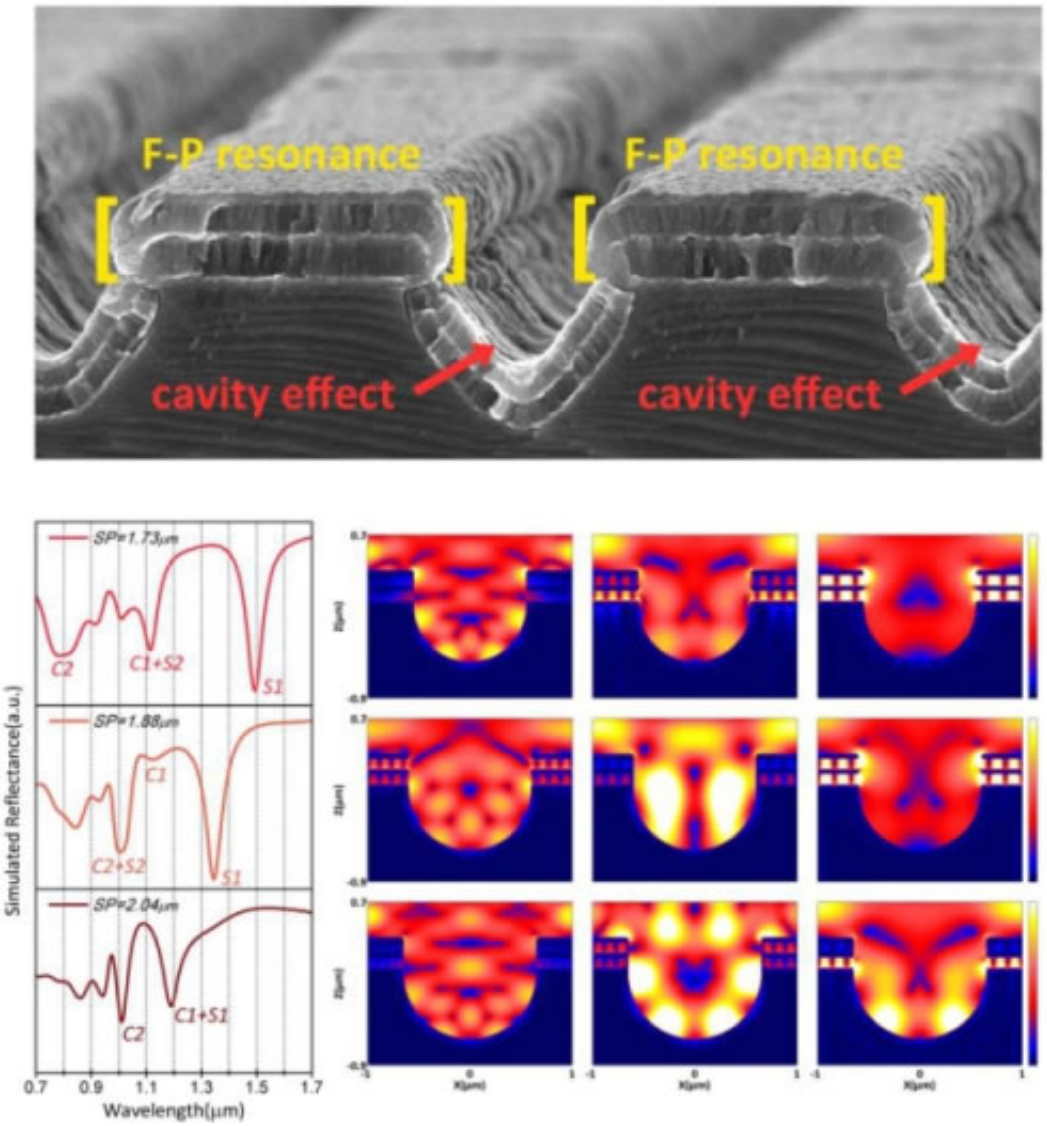

图1.复合光栅的制备过程、形貌以及近红外反射谱。

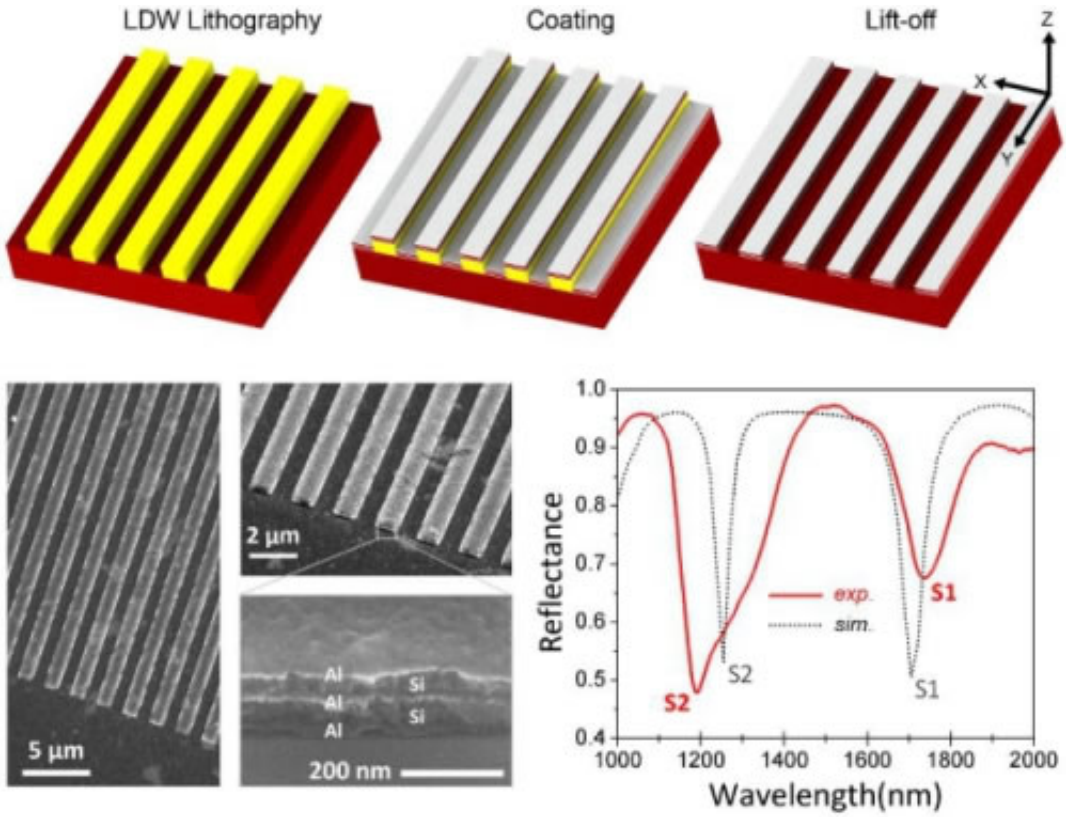

图2.复合槽形光栅的形貌、不同光栅条带宽度对应的反射谱，以及不同模式下的电场分布。

近日，中国科学院长春光学精密机械与物理研究所光学技术中心光学与功能薄膜研究组，基于等离激元杂化模式，提出了一种在保证低欧姆损耗的同时，能对光场产生强烈束缚作用的复合光栅纳米结构。研究成果发表在Advanced Optical Materials上。该工作获得了国家自然科学基金重点项目和面上项目的支持。

通过等离激元纳米结构实现光与物质的相互作用，可以带来强的光场束缚效果，这意味着能量可被有效控制并压缩在微米或纳米尺度上。小的光模式体积对于器件设计具有重要意义，在诸如构造超表面材料，突破衍射极限，实现高集成度光学元件等方面有广泛的应用前景。由于等离激元结构中金属部分的存在，较大的欧姆损耗是不可避免的。损耗会直接降低器件的效率，对于热光系数大的材料（诸如常见的半导体硅等），热损耗导致材料特性发生改变，造成器件工作状态的不稳定。因此，如何利用模式耦合等方法，在保证小的光模式体积的前提下降低结构的损耗，是当前研究的热点之一。

科研人员利用激光直写等手段，制备了两种多层硅-铝复合光栅结构。在第一种结构中，利用交替排列的五层硅-铝薄膜构成了对称的金属—介质—金属波导，激发的表面等离激元会在介质层波导中形成F-P谐振，使反射谱具有明显的频率选择特性和线性可调谐特性。谐振峰波长可以通过对称波导理论严格求解，所得结果与时域有限差分仿真结果高度吻合。在第二种结构中，复合光栅由光栅条带和深槽结构两部分组成。除了F-P谐振以外，深槽结构会激发腔效应产生，引入其他的谐振模式。在倾斜光入射条件下可以观察到新模式的产生，这些模式在特定的波长会耦合在一起，形成C-S杂化模式。此外，通过改变光栅波导的宽度，F-P谐振模式与腔效应谐振模式会有规律地耦合产生杂化模式。该现象已经通过实验得到了准确验证。

研究人员分别计算了两种结构的品质因数来评估其欧姆损耗高低。品质因数越高，结构的损耗也就越低。通过计算可以发现，相对于第一种结构，第二种复合深槽形光栅结构的品质因数提高了两个量级，达到了313.81。这说明复合深槽光栅通过杂化模式的激发，实现了强光场束缚作用和低欧姆损耗效果的并存，为今后设计高品质的等离激元器件提供了支持。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/114715.html