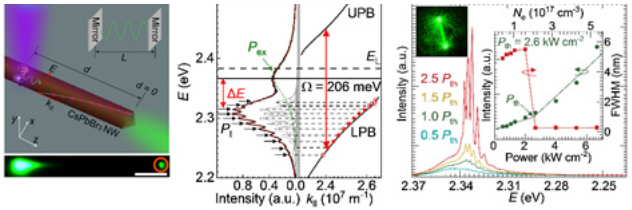
科研新闻

工学院张青课题组在钙钛矿半导体激子极化激元及连续光泵浦绿色微纳激光研究上取得进展

发布时间：2020-08-31

随着5G无线通信、片上光互联、消费电子等行业的迅速发展，对激光器的集成化、小型化、低功耗等的需求日益攀升。半导体微纳激光器成为了光电材料与信息器件领域重要的研究方向。但是在微纳尺度下，半导体材料存在表面缺陷浓度高、增益体积受限、发热严重等问题，实现其电泵浦激光非常困难。无需粒子数反转的激子极化激元激光为降低激光阈值、实现电泵浦微纳激光提供了解决方案。近年来，得益于其优异的光电性质，金属卤化物钙钛矿半导体材料在光电信息领域展现出巨大的应用潜力。而其室温下可稳定存在的激子、较大的激子结合能，为研究激子极化激元提供了良好的平台。

基于以上研究背景，北京大学工学院张青研究员课题组研究了一维$CsPbBr_3$钙钛矿纳米材料的激子极化激元特性，阐述了其对光传播行为的影响机制，发现了激子极化激元导致的慢光效应和光吸收增强效应，并实现了连续光泵浦绿色微纳激光。工作分别发表在Nano Lett.（2020, 20, 1023−103）和Nano Lett.（doi: 10.1021/acs.nanolett.0c02462）。



图a. 左图：低维$CsPbBr_3$纳米线中激子极化激元传播示意图；右图：由空间分辨荧光光谱技术测得的波导谱及相应的激子极化激元色散曲线。图b. $CsPbBr_3$纳米带-蓝宝石体系中连续光泵浦激光光谱

利用空间分辨荧光光谱技术，课题组首先研究了室温下$CsPbBr_3$纳米线中的激子极化激元对光传输及折射率的影响机制。结果表明，室温下光以激子极化激元形式传播，在激子共振能量附近，激子组分增加，从而导致群折射率和光吸收系数的显著增加。与此同时，与块体薄膜材料相比，纳米线的群折射率增加了3倍，光吸收系数增加了5倍（Nano Lett. 2020, 20, 1023−1032）。进一步，他们发现$CsPbBr_3$群折射率随着温度的降低而逐渐增加，在78 K时，可达到43.7。该效应将显著提高模式的限制因子，减少光学损耗，从而降低激光阈值。基于此，他们优化了$CsPbBr_3$的生长工艺，使用具有较高热导率的蓝宝石衬底和平均厚度低于120 nm的纳米带，实现了连续光泵浦的绿色微纳激光。该激光的阈值在7.8 K和78 K下低至0.13 kW cm-2和2.6 kW cm-2，当温度高于100 K时，阈值将提升至10 kW cm-2以上。此外，他们还分析了该体系获得电泵浦激光的可能性（Nano Lett. doi: 10.1021/acs.nanolett.0c02462）。这两项研究阐明了一维$CsPbBr_3$钙钛矿材料的光子-激子相互作用特性、激子极化激元传播行为以及其对低功耗激光的影响机制，为实现电泵浦钙钛矿微纳激光提供了思路。

该系列工作与国家纳米科学中心、北京大学物理学院、澳门大学、中科院半导体所、青岛科技大学等多个单位合作完成。研究得到国家自然科学基金、国家重点研发计划等项目的资助。

论文链接：

https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.nanolett.9b04175

https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.nanolett.0c02462

地址：中国·北京大学燕南园60号，100871
邮箱：office@coe.pku.edu.cn
电话：010-62751812
传真：010-62751812