

快速导航 (<https://www.pku.edu.cn>)

首页 (<https://www.phy.pku.edu.cn/yq20/index.htm>) 院内门户 (<http://portal.phy.pku.edu.cn/>) 旧网站 (<http://www2.phy.pku.edu.cn/>)

English (<http://english.phy.pku.edu.cn/>) |



科学研究

研究方向 ([../kxyj/yjfx.htm](https://www.phy.pku.edu.cn/yq20/kxyj/yjfx.htm))

+

重大项目 ([../kxyj/zdxm.htm](https://www.phy.pku.edu.cn/yq20/kxyj/zdxm.htm))

科研机构 ([../kxyj/kyjg1.htm](https://www.phy.pku.edu.cn/yq20/kxyj/kyjg1.htm))

科研成果 ([../kxyj/kycg.htm](https://www.phy.pku.edu.cn/yq20/kxyj/kycg.htm))

TOP

马仁敏课题组实现基于模式耦合光场局域化机制的魔角激光器

发布日期: 2021-08-17 浏览次数: 959

微纳激光器通过有效光学反馈机制将光场局域在波长量级或更小尺度,从而增强光与物质相互作用,提升激光器性能,可实现低能耗和高调制速率相干激射,在数据通信、光传感、片上光电互联等领域有着广泛应用前景。光场的局域化通常由材料光学性质的空间不连续性或无序化引起,比如不同折射率材料界面的全内反射可形成回音壁局域模式,光子晶体中的结构缺陷可形成光学禁带局域的缺陷模式,无序结构中的多重散射可形成安德森局域化模式,等等。

近日,北京大学物理学院、人工微结构和介观物理国家重点实验室、纳光电子前沿科学中心马仁敏研究员课题组在无缺陷的周期性结构中基于模式耦合光场局域化机制实现了魔角激光器(图1)。魔角激光器中的光场局域化来源于形成莫尔超晶格的两套光子晶体模式之间的耦合,无需形成光子晶体禁带,因而无需对结构参数进行精确调控;也就是说,只要简单地将两套光子晶体扭转一定角度并叠加,即可产生亚波长局域的高品质因子纳米光腔。该光场局域机制可应用于纳米激光器、纳米发光二极管、非线性光学和腔量子电动力学等研究。

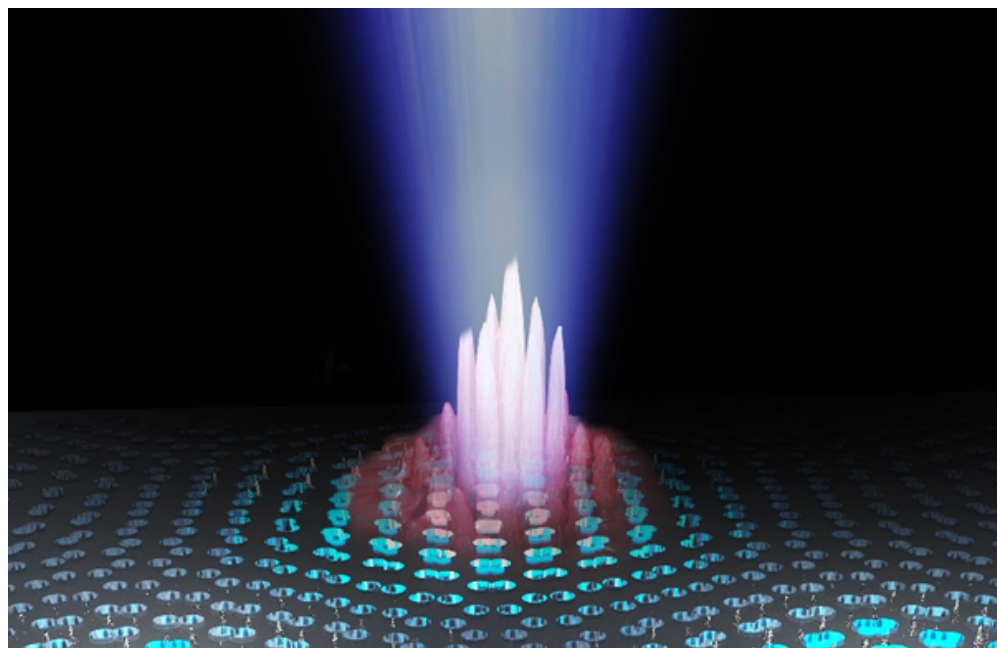


图1 魔角激光器示意图（其中的光场局域化来源于模式耦合，无需形成光子晶体禁带，即可实现亚波长局域的高品质因子纳米光腔）

不同于两层石墨烯扭转形成电子体系的魔角结构，课题组利用微纳加工技术，将两套扭转的光子晶体晶格做在同一层的半导体材料中（图2a, b），由此形成具有更大周期的莫尔超晶格，其对应的布里渊区内会因两套光子晶体模式之间的耦合而形成光子晶体能带的扁平化，对应的实空间波函数分布也会局域化。由于两套光子晶体中的布洛赫波函数在垂直于传播方向的维度完全重合，两者之间的耦合也随之增强，所以在较大的扭转角度下仍然可以得到光场的强局域化。课题组对两套光子晶体之间扭转角度为 2.65° 的魔角纳米光腔开展了详尽的理论和实验研究；三维模拟计算表明，该纳腔的模式体积仅约 $0.02 \times (\text{波长})^3$ ，品质因子高于 4×10^5 。该魔角纳腔在功率约为 6 kW/cm^2 激励下发生自发辐射到受激辐射的阈值转变，激射后辐射光谱线宽约 0.24 nm （图2c, d）。

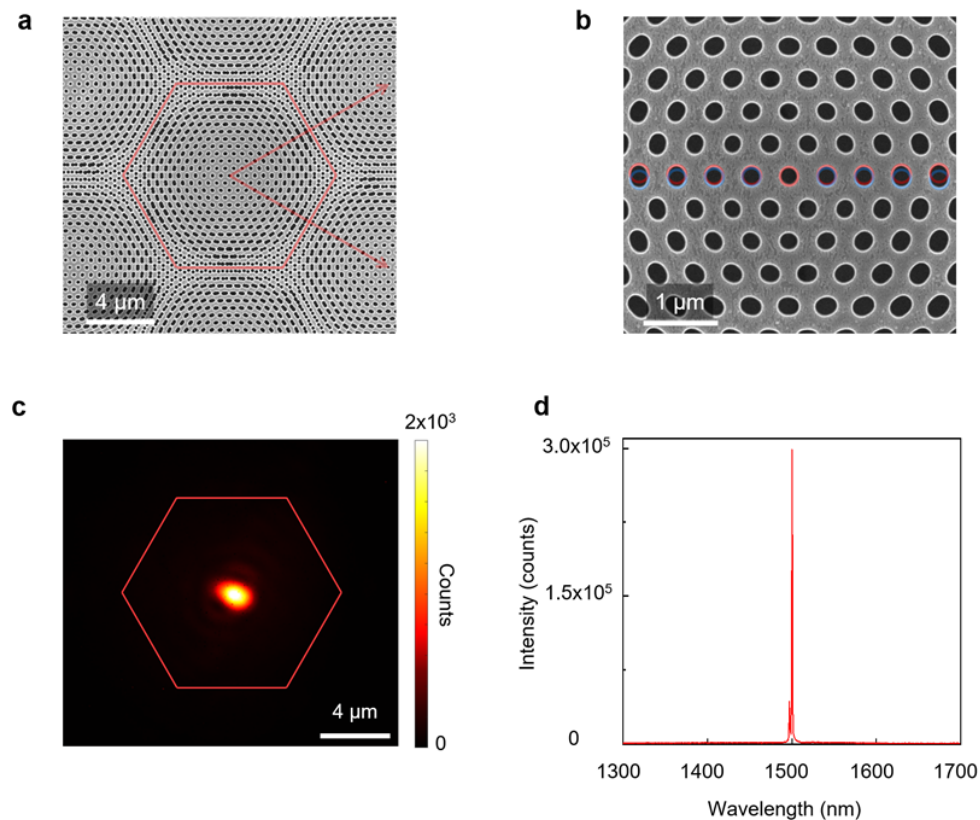


图2 魔角激光器电子显微镜照片和激射特性：（a）为魔角激光器电镜照片，（b）为其局部放大；（c）和（d）分别为魔角激光器激射近场光斑照片和激射光谱

此外，课题组还详细研究了转角为 4.41° 、 6.01° 和 9.43° 的魔角激光器的能带结构、模式局域特性和激射特性（图3），进一步阐释了该光场局域机制不依赖光子晶体禁带而实现光场局域的特性及其在不同转角下的适用性。

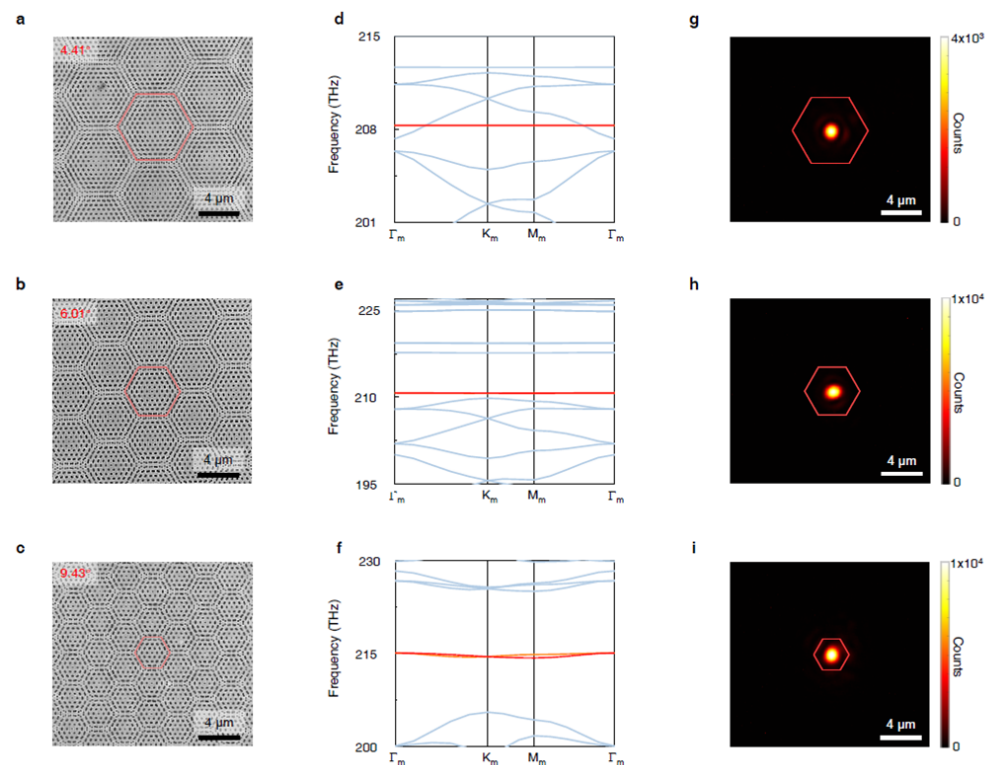


图3 不同转角 (4.41°、6.01°和9.43°) 下, 魔角激光器的电子显微镜照片 (a-c)、能带结构 (d-f) 和激射近场光斑照片 (g-i)

相关研究成果以“纳米结构莫尔超晶格中的魔角激光器” (Magic-angle lasers in nanostructured moiré superlattice) 为题, 2021年8月16日在线发表于《自然·纳米技术》 (Nature Nanotechnology); 物理学院2019级博士研究生冒芯蕊、邵增凯副研究员、2020级博士研究生栾弘义和王少雷为共同第一作者; 马仁敏为通讯作者。同期的“新闻与视角”栏目配发了雅典大学 (National and Kapodistrian University of Athens) Kosmas Tsakmakidis博士的评论文章, 认为纳米激光器是发展集成光电子和硅基光子器件的关键元件 (Nanolasers are key components under development for contemporary integrated optoelectronics and silicon photonics), 魔角激光器的设计概念具有高度创新性 (exceptionally innovative design concept) 并展现出优异性能 (exhibits exceptional performance)。

上述研究工作得到北京市自然科学基金、国家自然科学基金、国家重点研发计划, 及人工微结构和介观物理国家重点实验室、纳光子前沿科学中心、北京大学长三角光电科学研究院等支持。

论文原文链接: <https://www.nature.com/articles/s41565-021-00956-7> (<https://www.nature.com/articles/s41565-021-00956-7>)

同期评论: <https://www.nature.com/articles/s41565-021-00960-x> (<https://www.nature.com/articles/s41565-021-00960-x>)

