

中国科大合作研究首次实现基于新型二维材料非线性的量子光源

中国科学技术大学郭光灿院士团队教授任希锋等人与新加坡国立大学教授仇成伟、博士郭强兵等合作，在二维材料非线性量子光源研究中取得重要突破。研究成果1月4日发表在《自然》杂志上。

小型化、集成化是解决空间光学量子系统稳定性差、不可扩展等问题的理想方案，也是光学量子计算、量子通讯等走向大规模和实用化的必经之路。量子光源作为量子光学系统必不可缺的部分，其小型化一直是人们研究的重点。任希锋前期与南京大学等单位合作，将超构表面引入到量子信息领域，集成超构透镜阵列与非线性光学晶体，实现了10⁰路径参量下转换，制备了超高维量子纠缠态和多光子源。

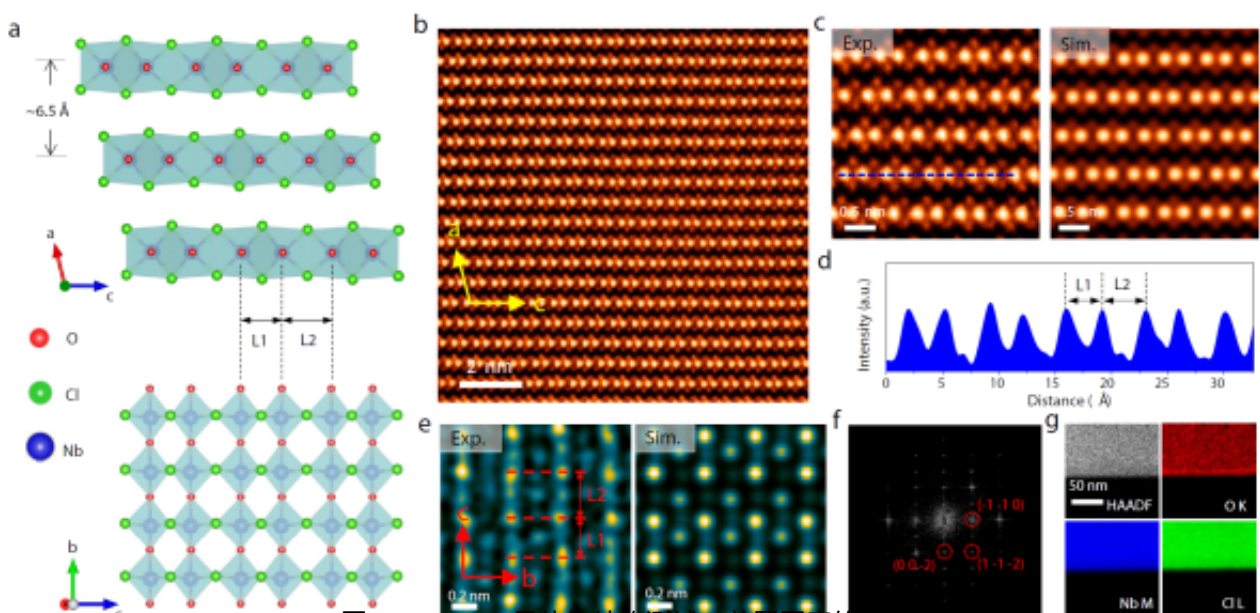
为了进一步提高量子光源的集成化程度，任希锋与新加坡国立大学等单位的合作者一起，首次利用新型二维材料NbOCl₂的非线性过程实现了超薄的量子光源，厚度可低至46nm。

二维材料的层内晶体结构稳定，而原子层间的相互作用力要弱很多。基于这种特性，单层二维材料可以在保持原子尺度厚度的同时也保持物理性质的稳定，使得二维材料可以稳定且灵活地与各种微纳尺度光学器件直接耦合，因此被广泛应用在集成光子芯片的各个重要组成部分之中。常见的二维材料（WS₂、WSe₂等）虽然具有很大的二阶非线性系数，但是单层厚度太薄（<1nm），从而导致整体产生的非线性信号强度很低。如果增加材料的层数，又会由于多层堆叠造成的空间对称性使得二阶非线性过程减弱甚至消失。

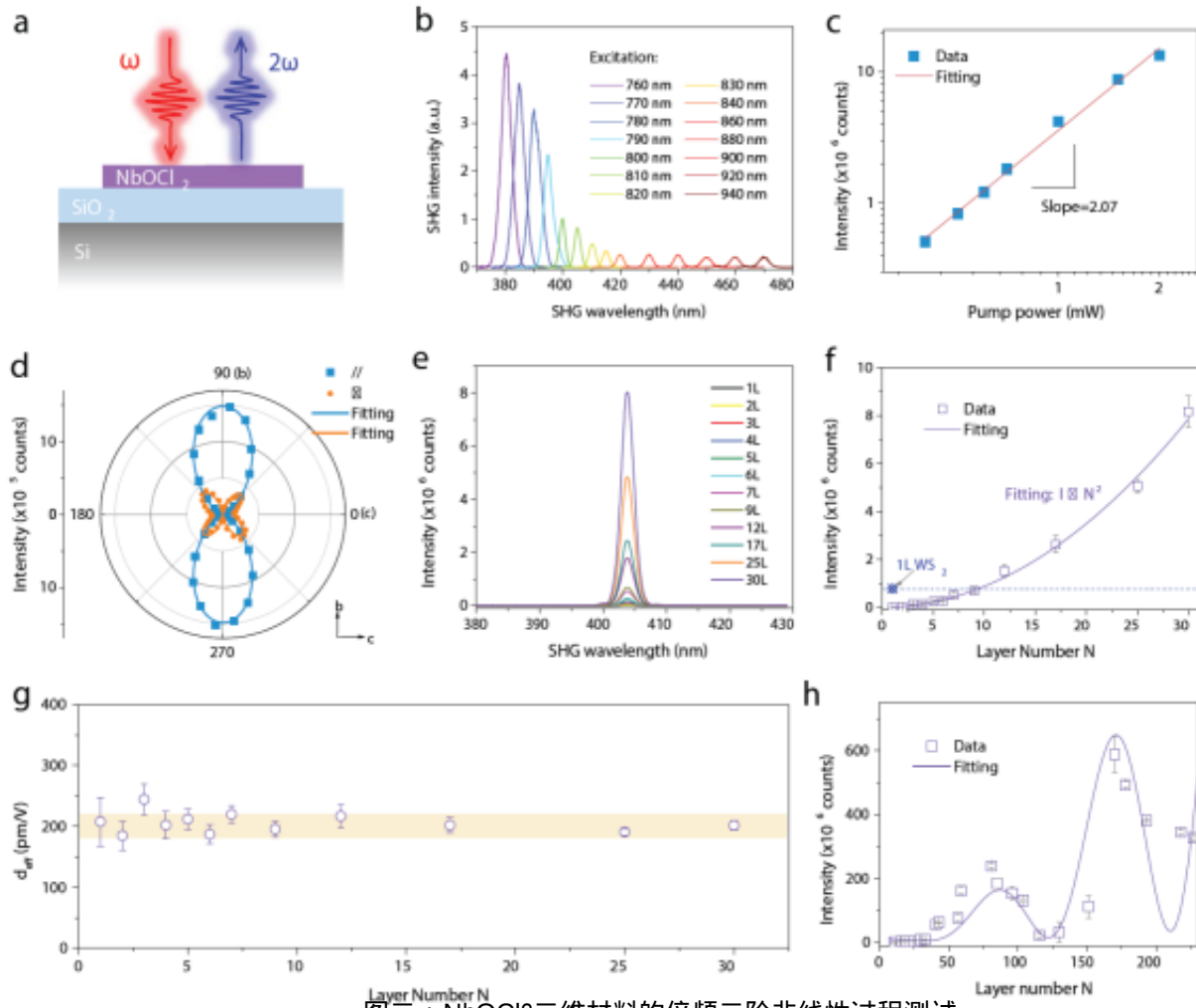
在本研究中，合作者们采用了一种新型NbOCl₂材料，它不仅具有常见单层二维材料所特有的高二阶非线性系数，更重要的是它的层间电子耦合弱并且空间结构非对称。这种特性使得它的二阶非线性信号强度会随着二维材料的层数的增加而增加，可超过单层二维材料WS₂倍频强度两个数量级以上。

合作者们进一步测试了多层NbOCl₂二维材料的自发参量下转换过程。实验中采用404 nm波长的连续激光器（最大泵浦功率59 mW）泵浦二维材料，收集下转换过程所产生的808 nm附近波长参量光。二阶关联函数 $g(2)$ 测试结果远远超过2，证明该过程产生了非经典关联的光子对。合作者们也对参量光信号强度随二维材料厚度的变化关系进行了测量，实验结果和理论预期完全吻合。值得注意的是，实验中证实厚度低至46 nm的该材料也能制备量子光源，这是目前国际报道的最薄的非线性量子光源。这项研究不仅为光学量子信息研究提供了一种可集成的量子光源，也为二维材料的非线性研究开辟了一个新的方向。

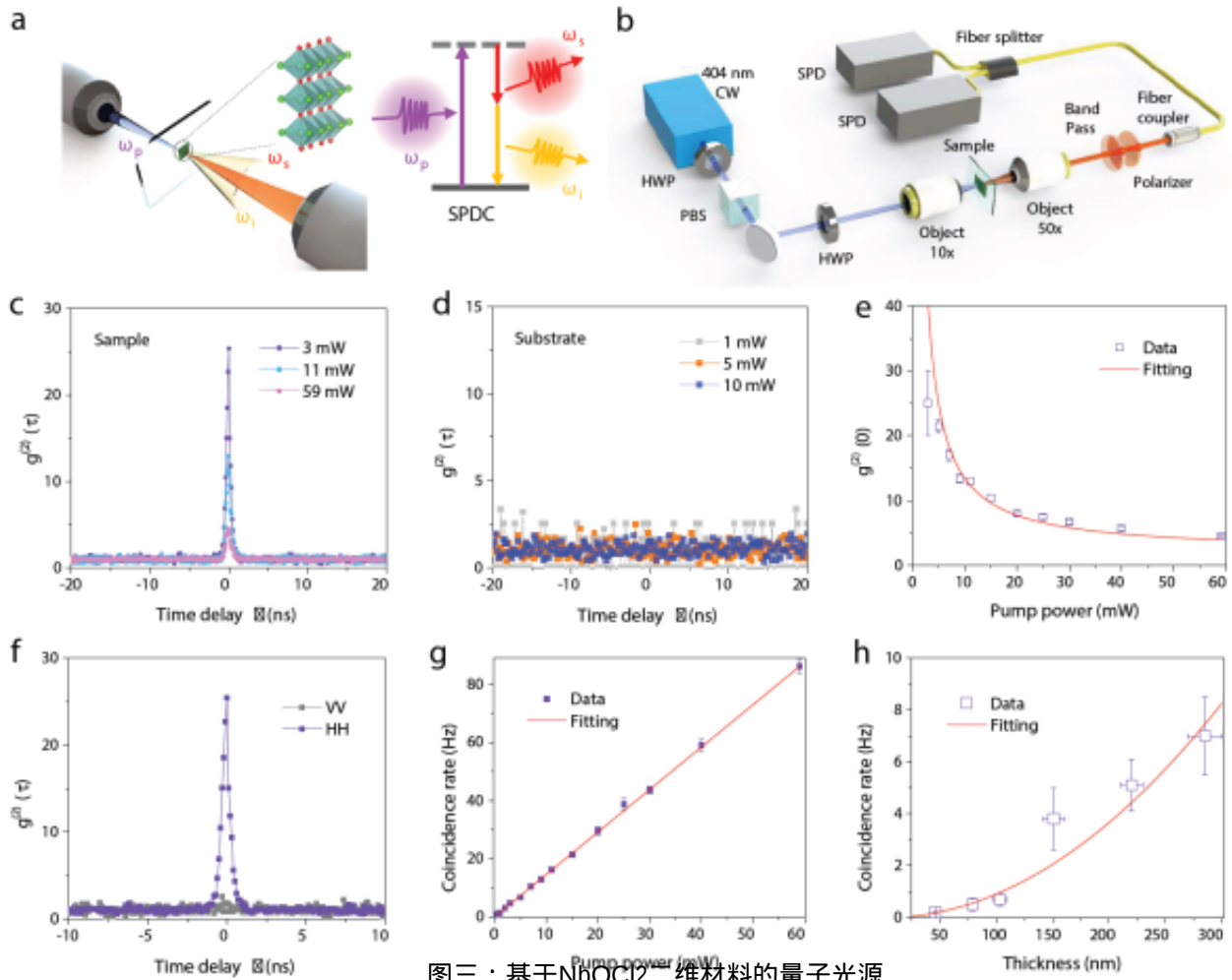
该工作得到科技部、国家自然科学基金委、中科院、安徽省以及中国科大的资助。



图一：NbOCl₂晶体的结构测试，单层厚度约0.65nm



图二：NbOCl₂二维材料的倍频二阶非线性过程测试



图三：基于NbOCl₂二维材料的量子光源

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/190616.html>