“悬空”石墨烯，光电组“CP”

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/17755.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

“悬空”石墨烯，光电组“CP”。

高性能、小尺寸的高速光电子器件是信息时代的未来之星，其利用电运算、光传输，信息处理能力得到大幅提升。然而，微纳尺度的光电联手实现起来却没那么简单。

最近，国家纳米科学中心研究员戴庆团队采用新颖方法成功悬空石墨烯，通过获得高质量的纯净等离激元 为实现纳米级的光电互联提供了新的结构基础。3月18日，这项研究在《自然-通讯》在线发表。

等离激元放大招

当前，作为下一代光电子器件发展方向，微纳光电子器件由于光的衍射极限正面临着发展瓶颈。衍射极限是一种物理上的障碍，指的是一束光照射在物体上的焦点不可能无限小，始终具有一定直径。

因此，正是因为衍射极限的存在，微纳电子器件的晶体管尺寸足够小的情况下，光会变糊，这意味着，光信号难以与微纳电子器件互联。

论文通讯作者、国家纳米科学中心研究员戴庆告诉《中国科学报》，科学家提出一些新材料的等离激元效应来突破衍射极限。等离激元效应作为桥梁实现光电互联，可以大幅压缩器件尺寸，一旦实现可以使器件性能实现数量级提升。他说。

具体而言，等离激元是纳米光子学材料中存在的一种独特的物理现象。入射激光沿着材料的表面传播，光子可以和材料中的电子形成混合谐振的电磁模式，将入射光波进行纳米尺度的压缩，从而与光电器件实现片内互联。也就是说，等离激元好比在材料表面开辟一条通道，引导光子和电子组成CP并肩前行。

科学家认为，因具有高的波长压缩和强电场增强效应，等离激元在诸多微纳光电子器件中具有重要的作用，包括微型波导器件、高灵敏分子传感器和光电探测器等。

衬底巨坑

自2011年首次实验观测以来，由于优异的电学性质，单原子层结构的石墨烯支持的等离激元正在成为研究热点。论文第一作者、国家纳米科学中心副研究员胡海介绍，与传统的金属材料相比，石墨烯等离激元具有更高的压缩模式和独特的电学可调等优势。

实际操作中，单原子层的石墨烯还需要支撑基底才能进行实验。不过，衬底为石墨烯提供稳定性的同时，也是一个困扰研究者多年的巨坑。

在研究者看来，衬底带来的问题包括介电损耗、声子杂化和杂质散射等，从而损害石墨烯等离激元的传输性能，也限制其调控性能。就像试图把一张保鲜膜贴在案板上，总是找不到一块绝对平整的地方，要么有毛刺被扎破、要么有气泡鼓出来、要么保鲜膜皱了。

戴庆课题组前期通过栅极介电层和面内微纳结构设计系统研究了石墨烯等离激元的性能调控规律。利用原子级平整的氮化硼和无声子的氟化钙纳米薄膜对其性能进行了优化。相关研究于2016年和2019年分别发表在《先进材料》和《自然-通讯》上。

室温最高记录

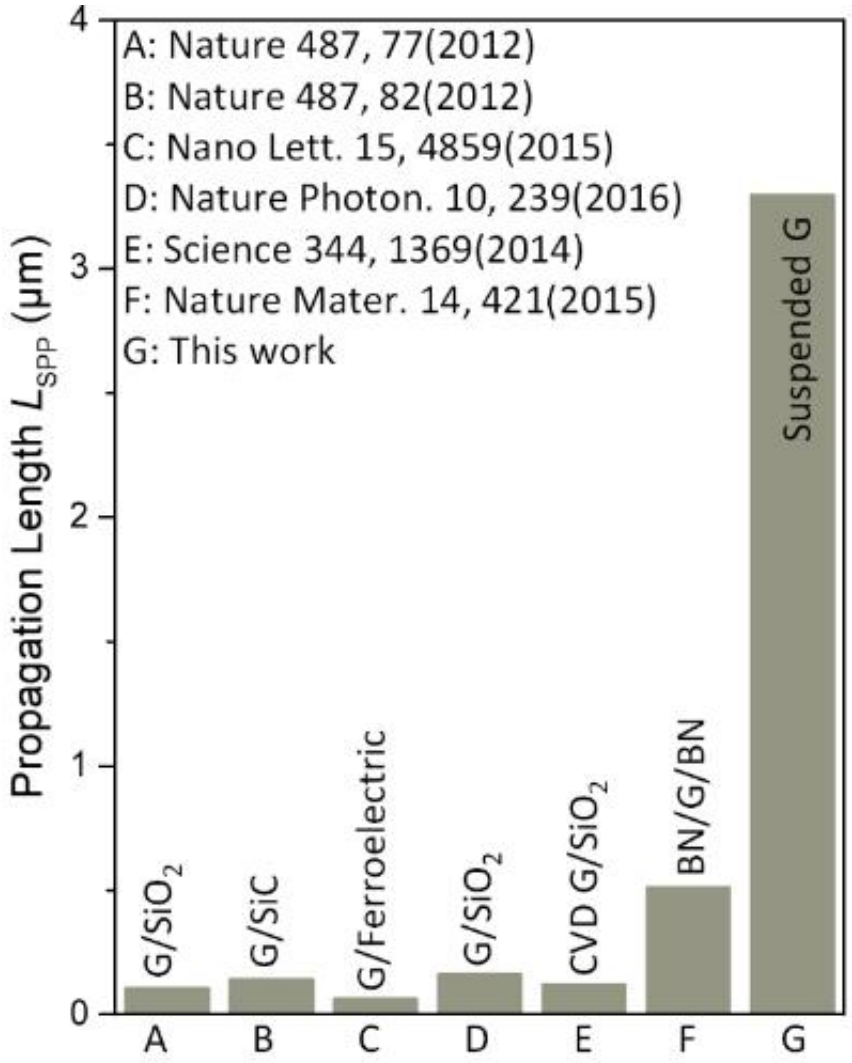
在上述研究的基础上，近期该团队与国内外多个研究小组合作，进一步成功在悬空石墨烯结构获得高质量的本征等离激元，彻底解决基底引入的额外损耗和限制调控等问题。

虽然通过悬空结构提高石墨烯等离激元的性能是理论预测的一项有效路径，但是想要真正实现悬空器件所面临的技术要求极高。不仅需要制备不同形状的单晶、高质量、大面积、悬空的单层石墨烯结构，而且需要对悬空石墨烯实现高效的载流子掺杂，最后还要解决大面积单层结构在测试过程中容易破损的问题。胡海说，一开始很难完整设计出一套装置和步骤。

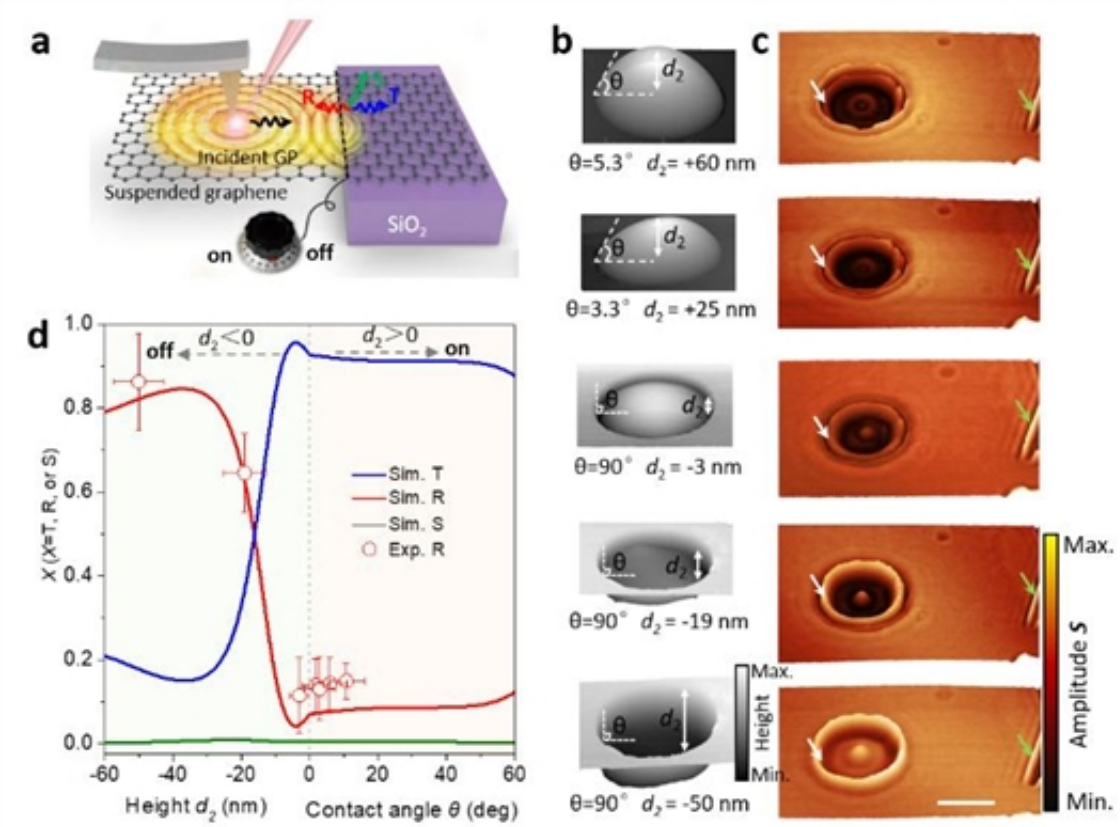
最新发表的这项研究中，研究人员在实验室经过多年探索，发展了机械剥离单层悬空石墨烯、气体分子电荷转移高效掺杂和气体鼓泡提高悬空结构稳定性的方法。

实验中，他们将氮气充在单层石墨烯下方，让气泡成为衬底，解决了保鲜膜平铺的种种问题。随后，将单层石墨烯放置于二氧化氮的氛围中，完成气体掺杂，解决了悬空结构难以进行高费米能掺杂的问题。最终，研究人员利用近场光学显微镜对悬空石墨烯结构上的高质量纯净等离激元模式实现了高分辨成像表征。

研究结果证实，悬空石墨烯提供了特殊的不受干扰的等离激元环境。两项代表等离激元性能的数据高品质因子和长传输距离分别达到33、大于3微米，是迄今为止室温下等离激元的最高记录，达到同等条件下氧化硅基底上石墨烯等离激元性能一个数量级以上的提升。



不同介质基底与本工作的悬空结构上石墨烯等离激元传输距离的对比 （研究团队供图）



悬空石墨烯等离激元能流开关器件的示意图。（b）不同气体压力下原位调控石墨烯的悬空高度。（c）不同悬空高度下等离激元的传输电场分布。（d）等离激元通过悬空界面的能流开关比。（研究团队供图）

此外，悬空高度还可以作为一种全新的等离激元调谐手段，研究团队利用这个新的调控优势，开发了一种新型等离激元开关器件。

审稿人认为，这项研究在基础科学层面证实了石墨烯等离激元的应用潜力，为基于等离激元的原理设计新型的光电子器件提供了有价值的指导。(来源：中国科学报甘晓)

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41467-022-28786-8

版权声明：凡本网注明来源：中国科学报、科学网、科学新闻杂志的所有作品，网站转载，请在正文上方注明来源和作者，且不得对内容作实质性改动；微信公众号、头条号等新媒体平台，转载请联系授权。邮箱：shouquan@stimes.cn。
作者：戴庆等 来源：《自然—通讯》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发