



世界首台高性能光操作系统问世 中美科学家联合设计 架起纳米光学和力学领域之间的桥梁

文章来源: 科学时报

发布时间: 2010-01-20

【字号: 小 中 大】

在业界享有盛名、年发行量达600万份以上的光电杂志PhotonicsSpectra和美国光学协会(SPIE)的新闻部,日前以专文专栏的方式对中国复旦大学表面物理实验室和美国杜克大学光学研究中心联合进行的一项重点研究成果进行了详细报道。这项受中国国家自然科学基金和美国国家科学基金资助的项目历时三年,是国际上首次在理论模拟的基础上,研究出的一种新型可行的光驱动纳米器械和光力纳米操作平台,它在系统的稳定性和可控性方面有着其他系统无可替代的优势。他们设计了这样一种新光源,它结合集成光子器件,可以像纳米机器一样操纵、挑选和选择复杂介质纳米粒子。

多年以来,科学家一直在试图利用恒星发出的微弱的光来驱动纳米机器,以达到最终给未来的星际旅行提供必要的能量的目的,并提出过很多方案,但是此前缺乏一种高度局域化的光源使得操纵半导体器件有更高的精度和准确度,并且能够满足操作中的各种不同的外界条件。

据报道,完成这项工作的是美国杜克大学博士生简宇川、哈尔滨工业大学深圳研究生院副教授肖君军和复旦大学物理系教授黄吉平,他们设计出了世界上第一台强大的运行在纳米量级的高性能光操作系统。在这个新设备里,强大的近场光强由被半导体光子晶体板所限制住的纳米微腔产生。这种强烈的局域化力场力量被证明可以用来操作、挑选和选择其附近的复杂介质纳米棒。

今天的光学镊子利用传统激光束本身的高梯度性质来捕获细胞。但是操作纳米级的物体要求更强的囚禁光强,这常常超出了正常的衍射极限。黄吉平及其合作者转向光子晶体结构,并构造了纳米腔。作为理想的下一代近场光学镊子,它的体积小而且制造工艺成熟。

文章的第一作者简宇川在美国杜克大学接受的采访中提到,这种设备可以很容易地操作细小的纳米结构,可以用来作为生物传感器以及细胞、DNA的提取,并且可以用在分子筛上面。他同时介绍说,实验将一只半导体介质的纳米棒放在高品质因子的光子晶体空腔上。在空腔附近,光偶极子的力场与纳米介质发生交互作用。同时,纳米介质会在光子晶体空腔中产生微小扰动,从而联合影响该系统的行为和稳定。施加在纳米棒上的光学力是否将其推或拉至平衡位置,归功于不断演变的吸引或者排斥的相互作用。

简宇川强调说,这种光学动力和光源是通过腔中的自发辐射激光产生的,因此输出和输入均可灵活地进行调节,并且它可以在当前先进的纳米技术条件下比较容易地制备出来。光源的调节性来源于晶体腔中的自发辐射。与传统的光学镊子不同,这种类型的近场光学捕获效应工作于通常的衍射极限以下。它具有强烈的电磁场控制的优势,从而可以构建非常小的激光器。在目前半导体制造工艺下,这是在共振腔中获得超高品质因子的最好方法。

肖君军多年从事纳米光学研究,并与海内外多个实验室建立了广泛的联系。肖君军告诉记者,此项工作的具体目的,是要阐明一种全光耦合系统的运作机制,它的威力主要体现在可以用来实现集成光学机械系统。他同时说明,该设备可以应用在目前的半导体纳米器件制造工艺上面。在此计算和实验的基础上,新的器件可以扩大人们在迅速发展的纳米光学机械系统领域的认识。器件产生的光力的变化和极性的改变在光阱和光操纵两个方面都很有意义,同时有助于系统的控制和局域的能量传递。它提供了一个建设全光可调的表面平台,对于生物传感与细胞、DNA提取,分子筛选和样品预富集等方面将有着特殊的用处。

在计算中,几位科学家使用了大型有限差分域的模拟手段。他们通过几何场和纹理图像技术来可视化地表达

和解释三维空间下的能量流动和能量耦合效应。这种技术可以非常有效地帮助人们直观地理解器件的工作机制。而在以往光子器件的研究中，这种方法还很少被应用过。在此基础上，许多精细微妙的物理机械机制和系统的奇异行为可以令人信服地被表现出来。比如科学家们发现，这种系统是一个聪明的自适应光学器械，它对于几何结构的敏感光学响应展示了这种新的空腔结构如何在一个复杂的纳米电机系统中去适应环境。

科学家们认为，这也是在国际上首次提出了利用显著局域化的纳米空腔结构作为一般光源来综合集成光机械系统。其展示出来的丰富动力学机制使其可以实现近场的光学镊子。光子晶体板构筑的空腔结构提供了一种非常易于集成化的、在纳米尺度容易实现的光学镊子模式，它在半导体设计和制造上拥有大量的优势。因此它将有希望作为下一代近场光学镊子的候选方案。

复旦大学和杜克大学的研究专家们认识到，目前仍有许多具体工作要做，主要目的是弥合在目前的基础研究和未来的工业应用之间的差距。“下一步计划是考察一系列光子晶体材料阵列，看是否可以用于并行和大规模的纳米器械操纵。”同时研究和学习如何操控各种不同的纳米材料，通过增加稳态场强度的方法来提高能量耦合效率，使其在未来的纳米马达上能达到更高的能量品质。

[打印本页](#)

[关闭本页](#)