

## 神奇的光致微米金箔往复运动

(北京大学 朱星 编译自 Michael Schirber. *Physics*, January 23, 2017)

光的动量可以推动一个物体，然而，热作用力也可以使物体运动。浙江大学仇旻团队发展的一种新实验方法将两者结合，可以灵活地操纵一片金箔在锥形光纤上往复运动。光力(或称动量转移力，momentum transfer)和光热力(photophoretic force)作用方向不同，因而推动金箔前进或后退。这种器件可能用于光产生机械能，或者作为一种微传输系统，在片上实验室(lab-on-a-chip)调控微小的化学过程。

当光束从一个物体上反射或者散射时，物体会发生反弹。这种光力可以用于在光镊中捕获玻璃小球。光还可以通过热效应施加力，这是通过物体的一侧局部吸收光从而产生温差导致物体移动。在较热侧的空气分子被加热后，相比较冷端，与物体产生了更多的碰撞，因而产生运动，就如同在辐射计(radi-

ometer)中由于分子运动产生的叶片旋转。

多数情况下，当物体受到光照时同时受到光力和光热力作用。然而，仇旻认为，只有一种力起主导作用。比如，在水中光力为主导，这是由于液体影响局部热量积累。研究人员曾尝试设计物体同时受到两种力的实验，但是这两种力作用方向总是相同，或者运动距离短。仇旻及其同事发展了一种新方法，使得两种力同时作用于物体，因此能够使得一个物体往复运动较长的距离。

他们在大气条件下将光纤顶端拉成针尖形。当光受限于锥形光纤中，接近顶端的光会以隐失场(the evanescent field)形式泄露，越接近尖端泄露强度越大。这部分泄露光产生光力和光热力。他们选用了大小为 $10\ \mu\text{m}$ 的六角形金箔，厚 $30\ \text{nm}$ 。

将金箔以 $9^\circ$ 倾斜角放置在光纤的尖端附近，此时金箔受到中等的范德瓦尔斯吸引力，使其免于从光纤上跌落。

经过多次实验，团队用超连续宽谱光引入光纤时，观察到金箔向光纤上部滑动约 $20\ \mu\text{m}$ 。然后又滑动到起始位置，如此重复，最后停止在 $40\ \mu\text{m}$ 处。整个过程发生在3

秒钟以内。

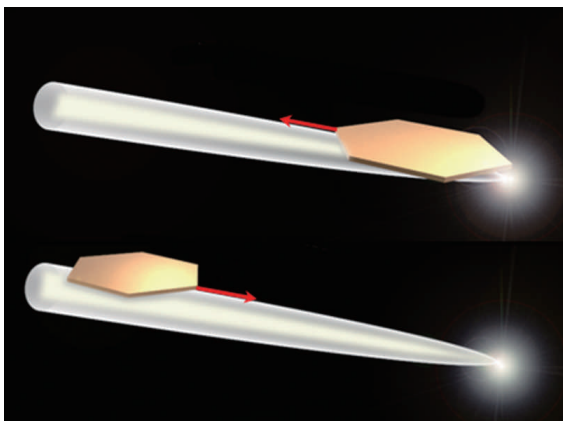
团队对这个金箔运动的理论计算表明，从顶端泄露的光对金箔接近针尖部分的加热较强，因此，在热端附近空气分子撞击金箔的动量较大，由此产生的光热力将金箔向上拉动使之远离针尖。

对光力来说，金箔散射并吸收向针尖传播的光，因此推动金箔向针尖移动。计算表明，这个力在光纤尖端部位远小于光热力，由此可以解释为什么金箔的初始运动是离开针尖。而当金箔位于针尖 $10\ \mu\text{m}$ 以外时，光力起到主导作用，使得金箔返回针尖。仇旻说，当金箔远离针尖时，由于光力小于摩擦力，使得这样的往复运动距离变短。

经过优化后，有可能使得这种振荡持续进行。团队目前尝试使用窄带光源实现这个目标。如果他们成功了，这可能成为一种光致线性马达。另外一种可能应用是，用金箔作为载体，在一个芯片实验室中传送微量的药物或者化学物质。

新加坡国立大学从事光-力调控研究的专家仇成伟说，尽管前人演示过光致往复运动，但是这个实验很独特。它展示了光热力与光力之间的竞争关系，类似于滑板或气垫船的效果。

更多内容详见：Jinsheng Lu et al. *Phys. Rev. Lett.*, 2017, 118: 043601。



放置在锥形光纤上的微小金箔片受到两个不同方向的力。光热力主要在光纤尖端起作用，将金箔从尖端向上推。而光力作用于距离尖端稍远的位置，将金箔推回尖端