

## 细菌形成光波导

(北京大学 王树峰 编译自 Michael Schirber. *Physics*, August 4, 2017)

当激光束通过含有海洋细菌的水时,它把这些微生物拖入光束之内,从而使光束发生了聚焦。

细菌存在于几乎任何湖海之中,它们散射光线,使水体深处漆黑一片。但是,如果你将一束强激光入射到水中,带有些细菌的水却比普通的水更容易透射。研究人员发现这一自聚焦效应不仅发生于海洋细菌中,也存在于其他细菌乃至血细胞中。操控这一效应可以开辟通往生物成像的新道路。

软物质物理学家希望用光来操纵研究对象的浓度,比如溶液中悬浮的纳米粒子或者微生物,这样就可以驱动诸如化学的或生物的反应。有一种称为自聚焦的现象会对这种尝试产生有利或不利的影响。自聚焦是一种非线性效应,通常发生在悬浮粒子的折射率高于周围液体的时候。当光束通过时,这些粒子被一种称为光梯度力的力拖向光强较高的光束中心,最终使高折射率的粒子在光束中心呈现出高浓度,从而产生像透镜一样的作用,导致光束“坍塌”至一个点。经过这个点后,光束向四周散射。但在

2013年,旧金山州立大学(SFSU)的 Zhigang Chen 和同事们发现在聚合物纳米粒子悬浮液中这种坍塌可以被阻止,并且可以利用这些粒子产生一个细光束,称为光针。

通常没人会想到生物细胞与自聚焦相关,这是由于它们的折射率与周围的水非常接近,光梯度力对于细菌来说没有对纳米粒子那么大。虽然可以通过增加光强来增大这种力,但很可能会将细胞“煮熟”。尽管看上去不那么可行,研究人员还是用一种在海洋中常见的,被称为聚球藻的蓝藻细菌来观察自聚焦。这种藻与许多具有向光性的微生物不同,它自身不会运动。

研究人员将多种浓度的细菌放入4 cm长的充满海水的管子里,然后让直径50  $\mu\text{m}$ 的绿色激光束通过管子。在没有细菌时,光束会由于衍射逐渐展宽,出射时达到了650  $\mu\text{m}$ 。加入细菌后,按照激光功率的不同会产生两种结果。在低光功率下(0.1 W),细胞会对光束产生散射,

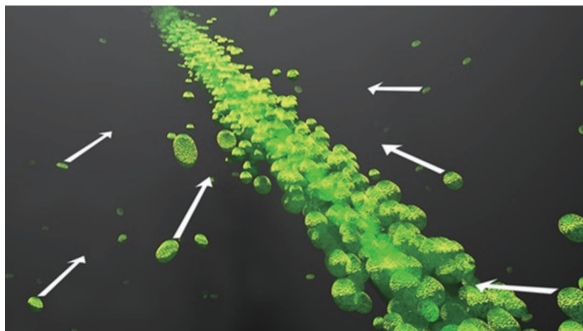
使光束出射时的宽度达到1.25 mm,是原来的两倍。但是在高功率下(3 W),光束形成一条宽度大约为200  $\mu\text{m}$ 的细丝。大约有10%的入射光束由此透射,这比他们在纳米粒子溶液中观察到的效果要好。

要解释这种现象,研究人员需要构建一个理论模型,其中不仅要包括光梯度力,还需要包含光辐射压(光压)。后一种力会沿着光束的前进方向推动物体。它对纳米粒子的作用很小,但细菌由于具有内部结构,于是会散射更多的光,感受到的光压也就更大。研究人员展示的模拟表明,前向推力和内向拉力的共同作用使得细菌集中成细细的一束,形成“光纤”,阻止了光束的发散。

关于这些细菌的健康,研究组惊讶地发现光照条件下的死亡率仅比对照组多0.1%。他们在大肠杆菌和人体血细胞溶液中发现了类似的光针。这说明自聚焦可以被用来在不透明的生物材料中传输能量或信息。例如,我们也许可以在能产生自聚焦的样品中用光束实现非侵入性的医学诊断。

来自国家研究委员会(CNR)的光学专家 Claudio Conti 说,“最重要的结果是细菌在这种与光的非线性作用中仍然存活”。尽管文中未曾提及,但这项研究提示了一些可能的现象,即细胞彼此通过相互作用,影响它们对光的响应。这篇论文展示的是里程碑性的研究,将激发这一新领域更多的工作,以及相关的现代非线性光学研究。

更多内容详见: Anna Bezryadina et al. *Phys. Rev. Lett.*, 2017, 119: 058101。



光致生物体光纤。细菌在光束的推动下向光束内部及沿光束方向运动,从而形成波导,降低了光束的发散