
西安光机所光学成像研究取得进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/3998.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！

西安光机所光学成像研究取得进展。2月18日出版的美国光学学会旗下期刊Optics Express 同时刊登了中国科学院西安光学精密机械研究所瞬态光学与光子技术国家重点实验室姚保利研究组的三篇研究论文。

在第一篇题为Large-scale 3D imaging of insects with natural color 的文章中，研究人员实现了大尺寸昆虫自然色三维高分辨率定量成像。经过亿万年的进化，生物结构非常复杂与精巧，并承载了多样的功能和迷人的景象。生物结构在不同尺度、不同维度和不同部位的观察与形态分析，为科学研究结果提供最直接的证据，在众多学科领域扮演着不可或缺的角色。目前高分辨率三维成像技术已经在生物学领域有了广泛的应用，并推动着生物学研究不断取得新的进展。但是已有的技术与研究工具还存在一些不足，比如对大样品进行三维成像时数据量大且耗时，高分辨率与大成像视场难以同时满足，样品自然色彩难以获取等。因此，寻找一种能够对昆虫进行快速三维成像，并获得其高分辨形貌信息和色彩信息的设备，就成了昆虫分类学家和相关研究领域的迫切需要。

为了解决这些问题，课题组在前期工作的基础上，与中科院动物研究所合作，通过对彩色结构照明光学成像系统和相关算法进行改造升级，克服了已有三维成像方法的缺陷，大大提升了系统的光能利用率和照明均匀性，使得成像系统在高分辨率、大尺寸、三维、快速、全彩色和定量分析等六大成像要素上均得到有效提升。该研究对大尺寸昆虫的高分辨三维定量分析具有重要的参考意义，同时为昆虫结构色的研究提供了新的技术手段，在进化生物学、仿生学、分类学、功能形态学、古生物学和工程学等领域具有广泛的应用前景。

在第二篇题为Real-time optical manipulation of particles through turbid media 的文章中，研究人员主要实现了透过散射介质后对微粒的实时光学微操纵。2018年诺贝尔物理学奖的一半授予了光镊的发明人Arthur Ashkin，在那里激光捕获和操纵微粒是在透明和无散射介质中进行的。而当光学系统中有散射介质存在时，成像目标难以在像面清晰呈现，激光也难以聚焦成为一个焦点。目前有多种方法来克服散射的影响，其中最常用的方法是利用光场调控器件和相应的优化算法对经过散射介质后的光场进行调控。遗传算法具有收敛速度快、抗噪声能力强的优势已经被广泛应用于散射介质后的光场聚焦和成像，然而遗传算法在实际应用中依然存在问题，比如随着优化的进行，其收敛速度逐渐变慢，噪声对最终聚焦结果影响较大，优化结果受探测器动态范围限制等。近年来，随着相关技术的成熟，已有研究者将波前矫正技术和光学捕获结合，实现利用散射光场对微粒的捕获，但是此类技术在散射介质后产生的聚焦光场质量不高，而且无法实现在散射介质后特定目标点对微粒的捕获，也无法在散射介质后沿特定路径对粒子进行操控，灵活性以及应用场合受到限制。

为了实现对经过散射介质后光束的高质量聚焦并将其应用于实际，该文提出了一种相间分区域波

前校正方法，实现了入射光经过散射介质后单点和多点的重新聚焦。将该方法和光镊技术结合，可以对散射介质后单一粒子和多个粒子的同时捕获，并且可以实现在散射介质后某一平面内沿特定轨迹对微粒的操纵。与传统遗传算法相比，该方法具有收敛速度快、聚焦强度高、对探测器动态范围需求小的优点，大大提高了光经过散射介质后的聚焦效果，不仅可以应用于光学微操纵，而且可以应用于其它相关领域，为散射介质后的物体成像、深层样品荧光显微成像以及散射介质后的光场调控提供了有效手段。

在第三篇题为Three-dimensional space optimization for near-field ptychography的文章中，研究人员实现了近场叠层成像术的三维空间优化。叠层成像术(Ptychography)是一种无透镜的相干衍射成像技术，拥有大视场、高分辨和定量相位的优势。通过记录多幅交叠的衍射图像，利用交叠区域的数据冗余和先进的相位恢复算法，能恢复出物体的透射率函数分布、分解相干态以及校准系统误差。这一无透镜的成像方法已经成功应用于可见光、电子波段和X射线波段。然而，叠层成像术在实际应用过程中依然存在一些限制，比如在针对三维厚样品成像时，其厚度是未知的，传统成像方法是尽可能减小对样品每一层的成像厚度，这就增加了成像的层数，而且该方法只适用于连续样品，对于离散的有着非均匀空间分布的样品则可能会出现伪影，额外的空白层也会降低图像质量。

该文提出一种基于遗传算法的三维叠层成像算法(GA-3ePIE)，可同时优化层数与层距，并且适用于近场三维叠层成像术。相比于远场，它可以使用更少的图像重构相同大小的视场，而且对光源相干性以及探测器动态范围要求更低。通过分析发现，随着交叠率和采样率的提升，可恢复层数变多。该算法也能被推广到X射线及电子波段领域，同时也可以用于其它计算成像技术，如傅里叶叠层显微成像术。

姚保利团队多年来一直致力于新型光学成像及光学微操纵新方法、新技术和新仪器的研究和开发，已在PRL、PRA、OL、OE等国际期刊上发表200多篇研究论文，授权多项国家发明专利。2013年在国际上首次提出并实现了基于数字微镜器件(DMD)和LED照明的结构光照明显微成像技术，分辨率达到90nm，该成像设备已成功应用于多项生命科学研究之中。研究团队先后为国内外多所大学研制了多套激光光镊微操纵仪，设备性能稳定可靠，获得用户的普遍好评。

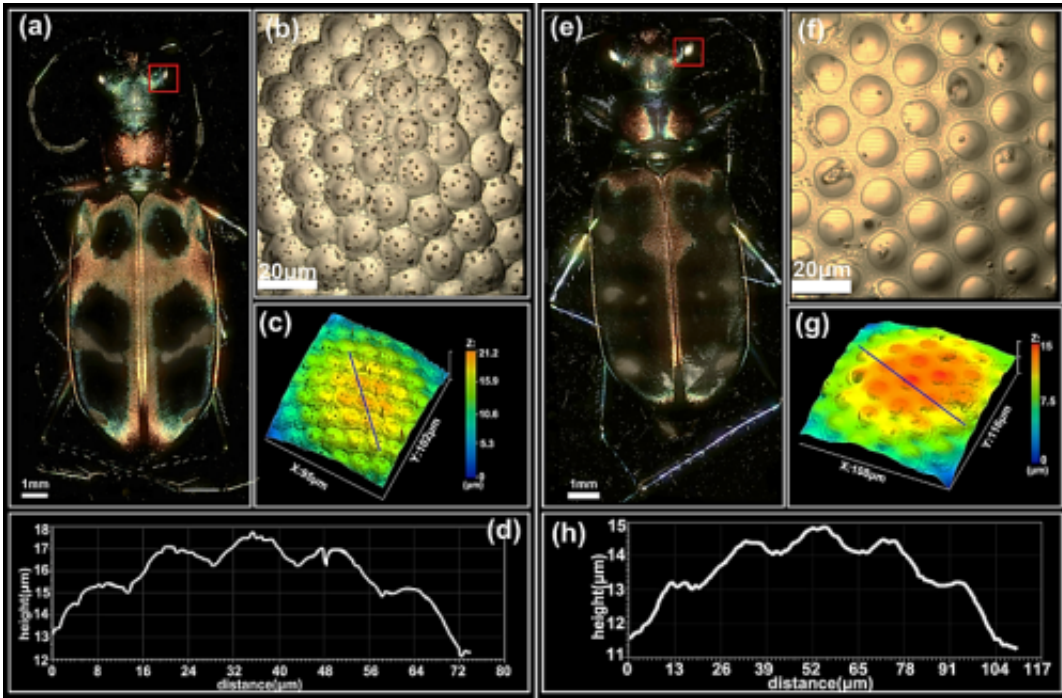


图1.两种中华虎甲的三维成像结果。(a)虎甲1的最大值投影图(4X, NA0.2), 其三维成像体积约为 $18.7 \times 9.4 \times 7.0 \text{ mm}^3$ 。(b)利用20X, NA0.45物镜对图(a)中红色方框内区域进行成像的最大值投影结果。(c)图(b)的三维形貌信息。(d)图(c)中蓝色曲线所经过的复眼的三维轮廓曲线。(e)虎甲2的最大值投影(4X, NA0.2), 其三维成像体积约为 $19.5 \times 8.3 \times 6.6 \text{ mm}^3$ 。(f)利用20X, NA0.45物镜对图(e)中红色方框内区域进行成像的最大值投影结果。(g)图(f)的三维形貌信息。(h)图(g)中蓝色曲线所经过的复眼的三维轮廓曲线。

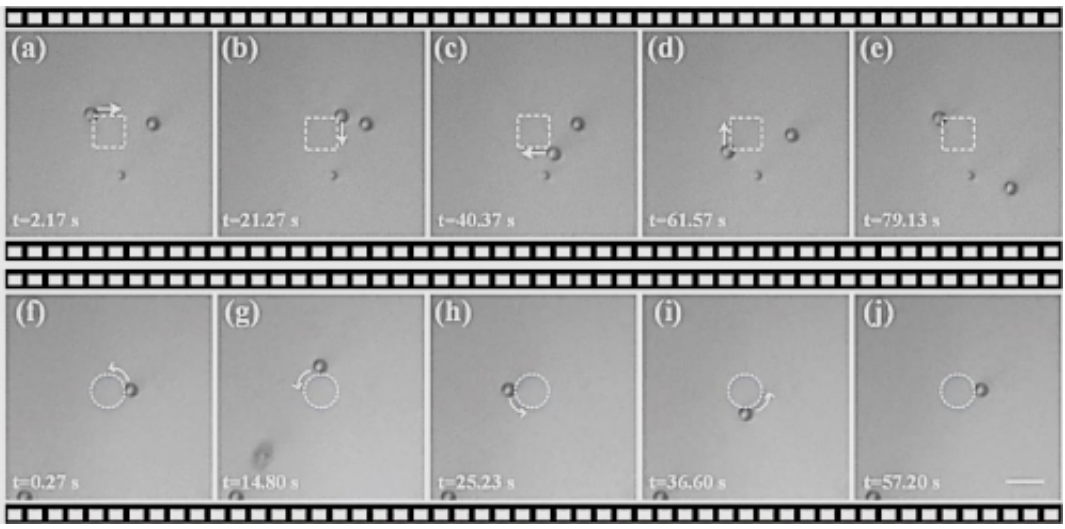


图2.激光透过散射介质后对微粒的捕获和操纵实验结果。(a)-(e)散射介质后操纵微粒沿矩形轨迹运动;(f)-(j)散射介质后操纵微粒沿圆形轨迹运动(标尺： $10 \mu\text{m}$)

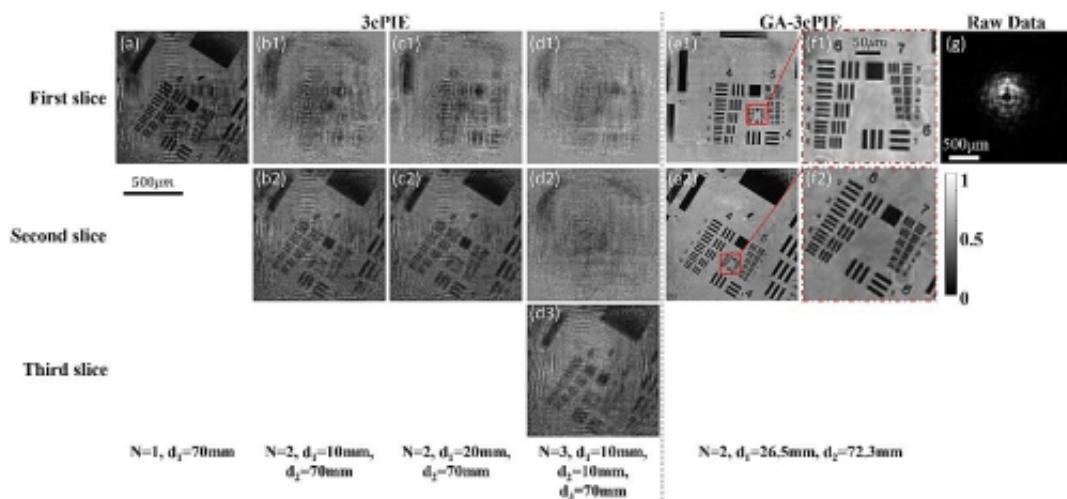


图3.不同参数下USAF分辨率板的强度恢复结果。(a)单层重构结果。(b1-b2)和(c1-c2)不同层距下两层重构结果。(d1-d3)三层重构结果，包含一层空白层。(e1-e2)和(f1-f2)使用GA-3ePIE算法下的重构结果及放大图。(g)一张典型的衍射图。

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](http://www.iikx.com)转发