超快准三维成像

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/26027.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！

1.文章导读

通过成像分析物体特性是科学研究与工程应用中的基本策略。二维成像能够在平面上呈现物体两个维度的信息，但无法包含真实的立体构造。为提升二维成像的立体特性，通过利用透视原理，将物体投影到画布或图像上，从而营造出三维立体感。但无论对图像进行任何处理，这种立体感是虚拟的，观察者无法在图像中感知物体的真实空间结构和内部细节。当观察的对象从稳态物体转变为超快过程时，现有二维成像方法更面临极大挑战。发生在超短时间尺度的如光束传播、化学反应、物理形变等过程具有鲜明的三维特性，即每个维度上的特征都在极短时间内发生变化。二维成像方法直接缺失一个维度，导致在描述超快三维过程的几何形态、空间关系及物质本征特性时失真。

鉴于此，北京理工大学姜澜院士团队在SCI期刊《极端制造》（International Journal of Extreme Manufacturing, IJEM）上发表《Ultrafast quasi-three-dimensional imaging》的文章，首次提出并实现了超快准三维成像。该方法在超快二维成像中引入第二个成像视角，重建了准三维图像。真实地还原了超快过程的空间各向异性形态、固有光学属性等在二维成像中无法体现的信息。并以激光诱导的等离子体为例，验证了超快准三维成像的解析能力，展示出广阔的应用前景。

关键词：

多视角成像；提取与重建；准三维

文章亮点：

• 提出了超快过程的多视角同时成像方法及准三维图像重构策略，观测能力从二维提升到准三维；

• 采用正交偏振的探测光分别用于反射-
透射视角成像，得到高信噪比的图像信号，解析了多层非热-热相变过程；

• 基于二值化图像轮廓提取结合欧拉角旋转相乘重建了准三维图像，从而能够观察到空间各向异性。

图1 超快准三维成像示意图。(a)顶端成像和(b)侧面成像组合在一起，实现如图(c)所示的多视角同时成像，底部为图像处理步骤，包括(d)识别、(e)提取、(f)旋转相乘和(g)取交集。

2.研究背景

激光激发产生的超快过程具有极端非线性、非平衡特性，包含复杂的物理化学过程，涉及激光与材料相互作用的诸多全新机理。捕获飞秒激光强场诱导的材料动态演化过程是揭示这些新机理中最关键和最具挑战的部分之一，能够推动基础物理、化学、光学新现象的发现及应用，从而促进激光在航空航天、信息电子、传感与检测、生物医学和新能源等多个领域的应用。在本文中，姜澜院士团队介绍了一种超快准三维成像方法，并以等离子体动力学为例探讨了该方法的应用。

3.最新进展

反射视角：在图2（a）中，90 J · cm-2的激光照射引起的反射性变化被详细描述。开始时，中央区域的反射率增加。随着时间推移，由于激光束内的能量分布变化，明亮区域扩展，边缘出现明暗区域。图2（b）展示了不同激励下的超快反射响应，其中蓝宝石在大约3 ps时表现出最快的晶格破裂。图2（c）按三个阶段划分了中心反射率，描述了材料的相变过程。但这些观察结果主要代表了反射视图的焦平面附近的投影，限制了等离子体性质的全面解析。

图2 不同激光通量激发后正面反射视角的等离子体动力学。(a) 在影响为45 J · cm-2和90 J · cm-2的辐照下，延迟时间为0.15 ps至1200 ps的瞬态反射率二维图。(b) 45 J · cm-2和90 J · cm-2焦点区域直径轴提取的空间反射率分布。(c) 从二维映射图提取的时间分辨中心反射率。

透射视角：图3从侧面展示了激光辐照过程中的超快等离子体演化动态。在两种不同通量下，研究者均观察到随时间向外扩展的亮和暗区域。亮区代表低密度等离子体，由库仑爆炸形成，暗区是相爆炸产生的液态。外层等离子体受空气阻力的影响，其径向扩展速度加快，促进了暗区之中

液态的膨胀。这些研究为深入理解等离子体动态及其相关物理现象提供了实验依据。

图3 不同激光通量辐照下侧面透射视角的等离子体动力学。(a)蓝宝石在45 J · cm-2和90 J · cm-2激发下的瞬态相对透射率演变ΔT/T。（b）蚀羽流前缘相对透射率随时间演化过程。(c)烧蚀边界处冲击波宽度随时间演化过程。

识别与提取：二值化实现两个视角轮廓的识别，信号区域内取值为1，区域外取值为0。并基于所识别的轮廓，构建后续重构所需的矩阵。

图4 对图像进行边界分割。二值化得到的(a)反射和(b)透射两个角度的边界分割图像，(c)和(d)分别为(a)和(b)对应的识别图像，蓝点表示识别轮廓。

图像重构：本图描述了通过欧拉角旋转相乘的方法，重建90 J · cm-2辐照下200 ps延迟图像中的准三维等离子体图像。首先，从顶部和侧面视图获取灰度图像，通过二值化和颜色反转生成两个矩阵Matrix-Top和Matrix-Side。为确保两矩阵尺寸一致，进行尺寸计算和调整。接着，通过逆转换技术创建旋转矩阵，并获取三维坐标点。最后，构建36个旋转矩阵，旋转3D图像，并生成一个完整的3D图形的图像。

图5 图像重建(a)包括从18个不同角度匹配和重建三维等高线图像。(b)
3D图的底部、顶部和侧面视图。

示例：从不同位置的横截面图像得出，等离子体的早期爆发不对称。进一步比较二维和准三维成像，准三维成像蕴含了更多的等离子体演化规律，尤其在空间不对称性和等离子体特性上。此外，与二维成像相比，准三维成像所具有空间特征不受到信息缺失的影响。

图6 从重构图像中提取截面图像。(a)垂直于x轴方向提取的横断面视图图像。横截面图像显示为三维形状。黄色代表低透光率，白色代表高透光率。垂直于(b) x轴和(c) y轴方向的横切面。横截面图像显示为二维图像。黑色代表低透过率，白色代表高透过率。(d)延迟100 ps和200
ps的部分横断面图像对比。

4.未来展望

利用超快成像方法观测微尺度物质演化和运动规律，是发现超快新现象、揭示超快新机制、推动超快新应用的根本。超快准三维成像能够突破平面二维成像的局限，使观测能力从超快二维提升至超快准三维。能够更好的满足前沿科学与工程应用领域的观测需求，也为超快技术创新和应用发展提供了新的思路。

相关论文信息

Lian Y L, Jiang L, Sun J Y, Zhou J D, Zhou Y. 2023. Ultrafast quasi-three-dimensional imaging. Int. J. Extrem. Manuf. 5 045601.

https://doi.org/10.1088/2631-7990/ace944

International Journal of Extreme Manufacturing (中文《极端制造》），简称IJEM。由中国工程物理研究院主管，中国工程物理研究院机械制造工艺研究所（第一主办单位）、大连理工大学、复旦大学等单位共同主办，入选2018年中国科技期刊国际影响力提升计划。期刊致力于发表极端制造领域相关的高质量最新研究成果。自2019年创刊至今，期刊陆续被SCIE、EI、Scopus等20余个国际数据库收录。2023年JCR最新影响因子14.7，位列工程/制造学科领域第一。中国科学院分区工程技术1区。

期刊网址：https://iopscience.iop.org/journal/2631-7990

联系我们：office@ijem.org

作者：姜澜等 来源：《极端制造（英文）》

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