

# X射线波段的鬼成像

(北京大学 朱星 编译自 Dilano Saldin. *Physics*, September 7, 2016)

用两个探测器采集光信息而成像的技术——鬼成像已经在X射线波段实现。

对一个物体的常规成像方法是用多像素探测器记录一束光与物体相互作用后的强度与颜色而成像。而鬼成像(ghost imaging)的方法则不同。它根据来自两束光强度的相关性成像，即光与样品相互作用后的物体光束(物光)及未作用的参考光束。严格地说，这种成像方法中，样品不必受到高辐照剂量。然而，迄今为止，鬼成像仅仅用在可见与红外光波段。

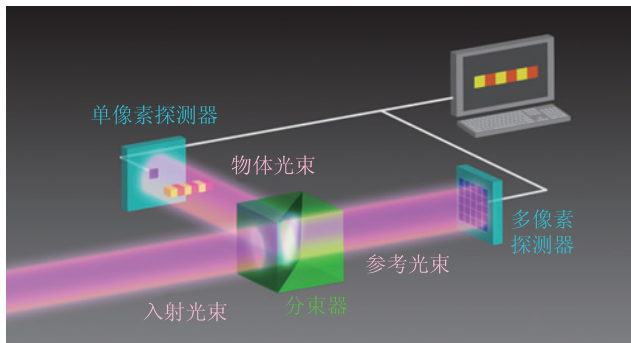
来自澳大利亚皇家墨尔本理工大学(RMIT)和中国科学院的两个团队最新的研究将这种成像扩展到X射线波段。这个波长范围在医学影像中得到广泛应用，因此这一进展可能为减少辐照损伤铺平道路。

天文学家 Robert H. Brown 和 Richard Twiss 于 1950 年首次使用强度相关法，而不是振幅相关法来测量遥远星体的表观直径。他们展示了使用相距给定距离的两个探测器探测来自同一光源的星光强度的相关性，其中包含进入每个探测器中星光的相位差信息。正是通过这个相位差可以测定星体直径。这种效应在许多其他领域得到应用，如光学及X射线成像与光谱。比如，在X射线光子相关光谱中采用强度相关的测量，可以测定原子运动的时间尺度上物质空间分布。强度相关性运用的另一个例子是X线自由电子激光(XFEL)。测量XFEL不同光束的强度相关性可以得到单个随机取向粒子的结构，如在大集体中的生物分子信息。然而，这一用计

算方法获得结构的技术对于数据缺失很敏感。这些数据往往与探测器单元间的缝隙有关，或者对过强束流损伤探测器的保护有关。

与传统成像相比，鬼成像具有两个优势。首先，在参考光很强的条件下，可以在弱物体光束下(仅仅几个光子)工作。对这两个光束的强度相关测量可以得到被测物体高质量成像，而传统的低剂量成像法会产生很高的背景噪声。其二，这一技术不受大气湍流干扰。这项技术正在应用于卫星的地面观测，需要透过大气干扰和云层进行遥测。大气湍流对光产生随机散射，使得传统方法测量的影像模糊。而鬼成像表现出优越性，因为在测量过程中随机散射信号被平均掉，仅仅留下来来自于物体光束和参考光束的强度相关信号。

两个研究组将鬼成像技术应用与X光波段的技术路线相似。他们用计算机算法分析来自物体光束(直接进入单像素探测器)与参考光束(由多像素探测器记录)的强度相关性(见图)。他们的区别是，中国科学院采用傅里叶空间数据收集成像法，而澳洲组测定实空间的信号。除了可能应用于医学影像外，这个



鬼成像方法：用计算机对来自两束光强度的相关性分析合成对一个物体成像，一束光与物体作用后进入单像素探测器 (“bucket”)，而参考光则被多像素探测器直接收集

方法或许可以试用于X射线衍射中的相位问题。在常规方法中，来自物体对X射线的衍射信号中无法探测相位信号。而鬼成像或许能够通过计算方法获得相位信息。

人们期望借鉴从全息技术或者本文提到的新方法中得到的启示，直接测量X射线衍射中的相位信息，特别是采用中国科学院的方法。在全息技术中，物体光束与参考光束的干涉花样中同时含有振幅与相位信息，尽管用来记录干涉花样的探测器仅仅对振幅敏感。而副产品是会产生物体的孪生像(twin image)，其后可以消除。如果这个想法可以用于仅对振幅敏感的探测器，则很有可能解决结构分析中的相位难题。我们将继续关注这项前沿进展。

更多内容详见：Daniele Pelliccia et al. *Phys. Rev. Lett.*, 2016, 117: 113902; Hong Yu et al. *Phys. Rev. Lett.*, 2016, 117: 113901。