基于量子点的单像素高光谱成像

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/28388.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！

基于量子点的单像素高光谱成像。 导读

近红外（NIR）高光谱成像是一种极具应用潜力的成像探测技术，它能够捕获近红外光谱范围内的三维（3D）光谱空间信息，使得基于光谱特征的材料和目标的识别和表征成为可能。这种技术广泛应用于化学分析、物料鉴定、农业生产、食品工业、质量控制、军事侦察等。然而，InGaAs焦平面阵列（FPA）的高成本限制了近红外高光谱成像的广泛采用。近日，山东大学孙宝清教授与高原教授领导的科研团队在《Light: Science Applications》期刊上发表了题为Quantum dot-enabled infrared hyperspectral imaging with single-pixel detection的研究成果，为这一难题提供了可能的解决方案。

在研究中，他们利用自组装胶体量子点（CQD）滤色片和数字微镜设备（DMD）对近红外光谱和空间信息进行编码，并采用单像素探测原理对光谱和图像信息进行协同重建。实验结果表明，这种方法能够得到高质量的近红外高光谱成像结果，其光谱和空间数据与参考仪器所测结果精确吻合，成功实现了基于CQD的红外高光谱单像素成像。

研究背景

为了获取目标场景中的光谱信息，科学家们采用了各种策略，包括色散光学，窄带滤波片和干涉结构等。然而，每种方法都有其局限性。色散光学元件可以通过增加光槽密度和焦距来提高光谱分辨率，但同时这种方法也增加了制造的复杂性和设备的整体尺寸。使用干涉法的光谱分辨技术依赖于以亚波长精度控制光程差。但是这种实验方法对振动很敏感，其光谱测量窗口受光路调制范围的限制。利用窄带滤波片的高光谱成像系统经常会遇到光谱分辨率和空间分辨率之间的折中问题。为了获得更高的光谱分辨率，系统通常需要更多的滤波片。

与此同时，红外阵列探测器涉及复杂的制造工艺，考虑到探测器对工艺变化的敏感性，批量制造大规模的InGaAs探测器阵列仍存在一定困难。相比可见光相机，红外高光谱成像系统的体积较大，价格也较为昂贵。因此，为推动红外高光谱成像技术在小型化和低成本方面的发展，寻找一种新的实验方法和算法至关重要。

创新研究

1、CQD滤波片

随着算法的进步和算力的提升，基于宽谱段光编码的计算光谱重构引起了越来越多的关注。CQ

D可以通过调控其大小和化学成分来连续地调制其吸收特性，波长范围涵盖紫外到中红外。因此，通过控制CQD表面特性和溶液蒸发速度，可以获得基于CQD自组装结构的近红外滤波片，从而提高CQD对红外光吸收的效率，并实现宽光谱编码。此外，CQD的透射特征谱线具有明显的激子吸收结构，相较于传统滤色片，具有更高的光谱编码随机性和编码效率。

所提出的用于光谱编码的CQD滤波片如图1所示。

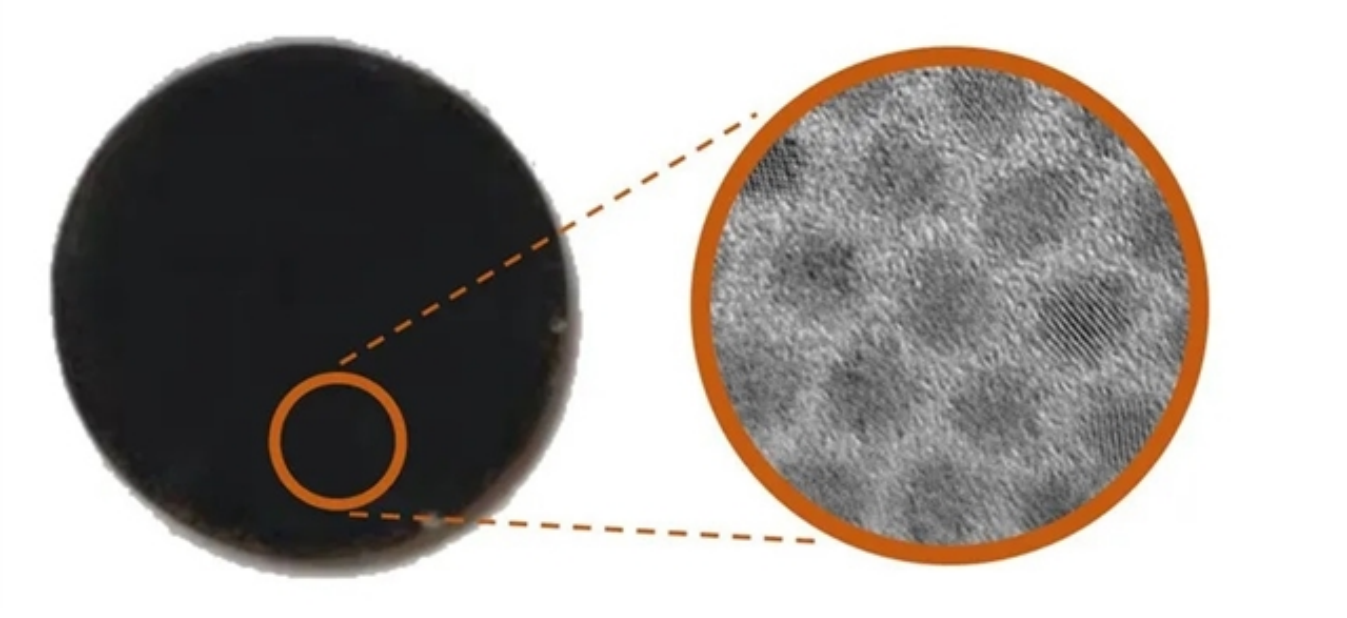


图1、胶体量子点滤波片实物图和透射电子显微镜图像

2、基于单像素探测的光谱和图像协同重建

在高光谱图像的处理和分析过程中，可以将图像表示为3D (x, y, λ) 数据立方体，其中x和y表示场景的两个空间维度，λ表示光谱维度。在传统高光谱成像方案中，该数据立方体通常是通过空间或光谱扫描获得的。为了避免昂贵的2D近红外传感器和复杂的波长选择组件，如图2所示，本研究利用CQDs和DMD对光谱和空间信息进行编码。通过利用单像素探测器和压缩感知算法，可以将CQD滤波片的透射光谱与DMD产生的投影图案相关联，从而得到高分辨率的近红外高光谱图像。每个像素都包含完整的光谱特征，实现了基于单像素探测原理的光谱和空间维度的协同重建。

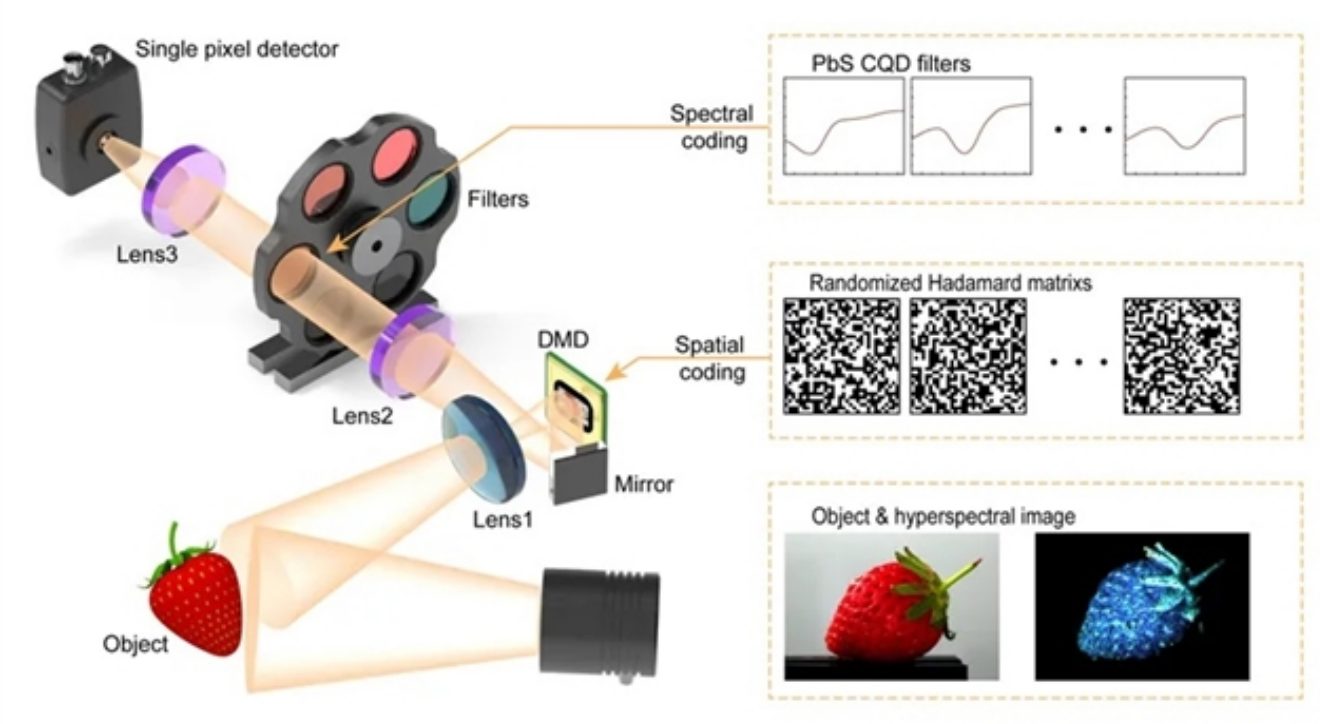


图2 近红外高光谱成像系统示意图

应用与展望

由于CQD器件具有工艺简单、灵活，成本低等优势，因此有望实现低成本、微型化的光谱编码芯片，可在高光谱成像系统中实现高效的宽光谱编码。通过将CQDs和单像素探测器相结合，能够有效降低系统的复杂性和成本，从而有望推动近红外高光谱成像技术在民用领域中更广泛的应用。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41377-024-01476-4

作者：孙宝清等 来源：《光：科学与应用》

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