

机器学习加速纳米级三维X射线成像

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/23824.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！

机器学习加速纳米级三维X射线成像。

导读

近日，麻省理工学院和阿贡国家实验室的研究人员开发了一种基于机器学习的方法(APT)，该方法可以使用同步加速器X射线加速纳米级3D物体的非侵入性成像。APT利用正则化先验和X射线传播原理，以较少的扫描角度产生准确的IC重建，在不影响质量的情况下，将数据采集和计算时间减少了近100倍。该技术在材料科学和生物学方面具有潜在的应用前景。

研究背景

三维X射线成像可以实现以纳米级分辨率无创地监测物体内部，集成电路由于其高度规则和多样性的几何特性，因此检查其制造完整性非常重要。X

射线的高穿透深度有助于在角度采样方案下恢复样本内部的信息。Iksung Kang等人提出的Ptychographic X-ray Computed Tomography (PXCT) 方案将这一特性与用于无透镜高空间分辨率的平移扫描相结合，以确定生物样本的体积内部的纳米级细节。利用这种技术，研究人员展示了在14.6纳米分辨率下对使用22纳米技术制造的集成电路的无损成像。PXCT提供了对制造样品的无损检查，消除了STEM由电子散射引起的深度访问受限的限制性需求，如去层等破坏性措施。这使得工厂可以连接到同步辐射X射线源，并进行质量保证，而无需采取破坏性措施。但是，这种技术的局限性在于需要两种类型的扫描：角度和平移，而且随着对象体积的增加而扩展不佳。一种名为Velociprobe的新型X射线显微镜采用飞行扫描ptychography显著缩短数据采集时间。然而，对于典型的 $100 \times 100 \times 5 \text{ mm}^3$ IC，总的数据采集和重建时间估计超过两个月。此项工作提出了一个机器学习框架，旨在减少X射线ptycho-tomography几何条件下的IC重建的数据获取和计算时间(图1)，从而为检查目的提供非侵入性和高效的解决方案。

研究创新

此项工作主要讨论了使用单个样本的黄金标准重建来训练APT的有效性。作者关注了两个问题：1)金标准的准确性如何保证，以及与物理样本之间的差距如何处理；2)APT是否过度训练于特定的样本。在这里，文章提出了一种机器学习框架，这种方法能够在采样角度密度 N_{29} 和总采样角度范围 $q \pm 17^\circ$ 的情况下提供可靠的集成电路重建，数量和总角度范围大幅降低，分别为 $\times 12$ 和 $\times 4.2$ 。对于测试体积($4.48 \times 93.2 \times 3.92 \text{ mm}^3$)中集成电路芯片的重建，基于此机器学习框架进行数据采集和重建只需要38分钟。与当前最新的迭代重建方法相比，这些改进相当于总体(采集加计算)时间减少了近 $\times 108$ 。这种方法可以应用于各种用数学能表示正向模型的物

理系统。此外，这种方法不限于特定的样品几何形状，并可扩展到其他类型的样品。

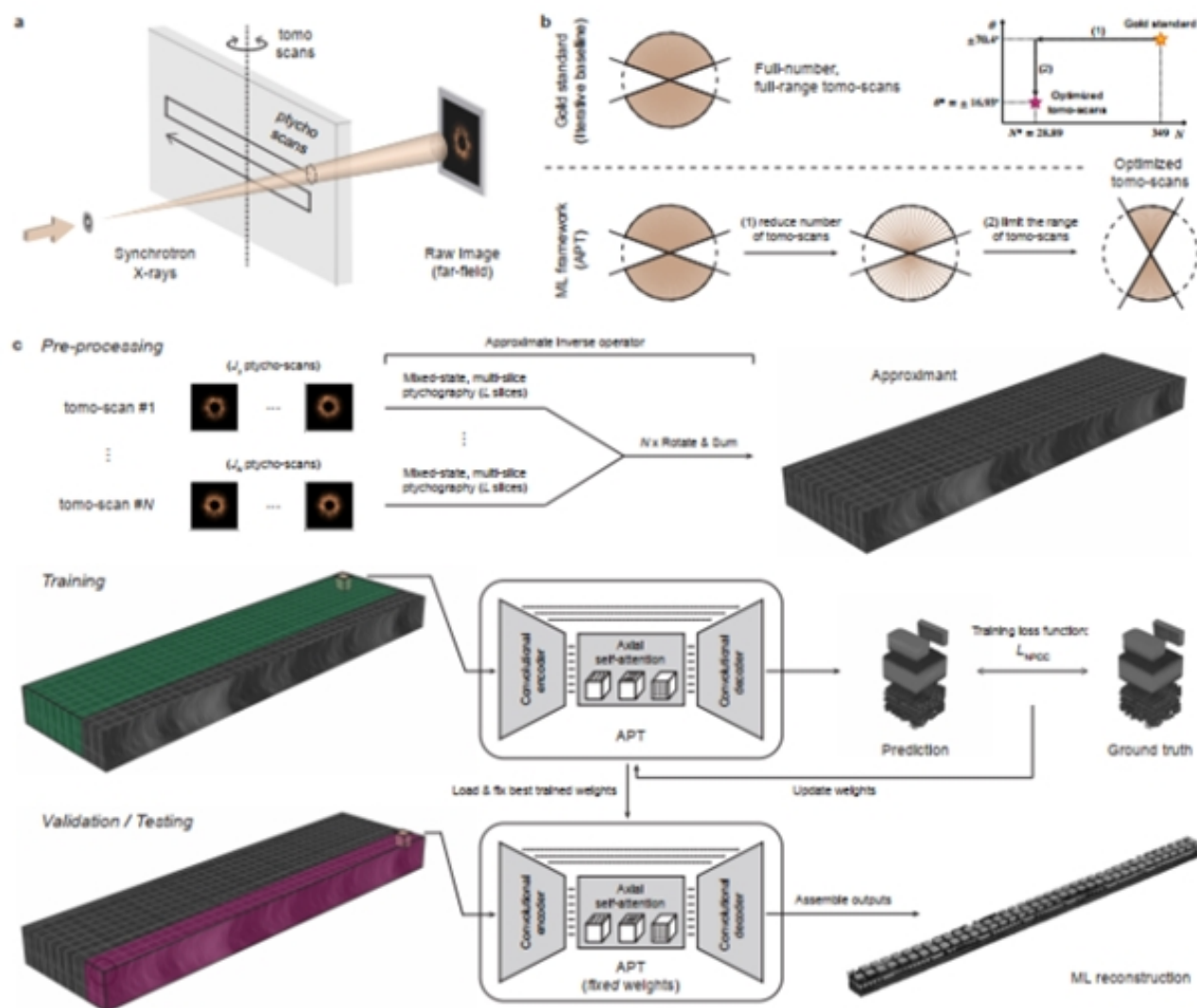


图1 X射线ptycho-tomography和APT的实现

该文章近日发表在国际顶尖学术期刊《Light: Science Applications》，题为Attentional Ptycho-Tomography (APT) for three-dimensional nanoscale X-ray imaging with minimal data acquisition and computation time, Iksung Kang为论文的第一作者，George Barbastathis教授为论文的通讯作者。(来源：LightScienceApplications微信公众号)

相关论文信息：<https://www.nature.com/articles/s41377-023-01181-8>

作者：George Barbastathis 来源：《光：科学与应用》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://iikx.com)转发