

科技

“超振荡”光学尺，测距精度可达到纳米级



Science_北京

不惧过往，不畏将来！

昨天 11:37



科技工作者



编译 / 雷鑫宇 审稿 / 三水 责编 / 唐林芳

研究人员开发了基于“相位超振荡”的光学纳米尺，这对半导体、精密光学和电信行业均有重要价值。

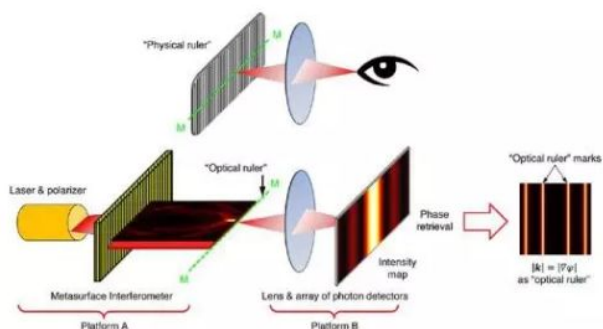


Fig. 1. Principle of the optical ruler displacement metrology. Conventional displacement metrology is based on the observation of a physical ruler moving along the MM line. The optical ruler metrology relies on observing the deeply subwavelength zones of a complex optical field with strong phase gradient $\mathbf{k} = \nabla\varphi$ along the MM line, which are used as marks of the optical ruler.

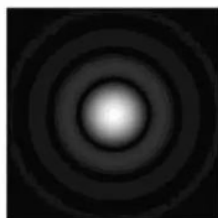
光学尺的测量原理示意图。

利用光来观察物体的设备（如显微镜）会受到物理学定律的限制：即分辨力的限制。光学设备能够可靠成像的最小距离等于所用光波长的一半，科学家称之为“衍射极限”。

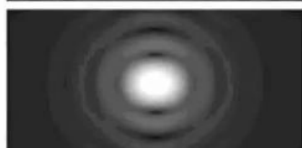
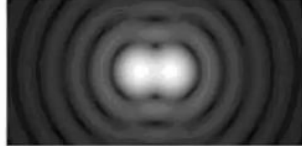
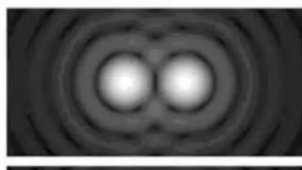
现有光学设备的衍射极限大约为400纳米左右，是红外光波长的一半。然而，研究人员感兴趣的很多微观物质（如病毒、纳米粒子等）的尺寸仅为10~100纳米，400纳米的光学分辨率是远远不够的。



墓碑上的公式



艾里斑



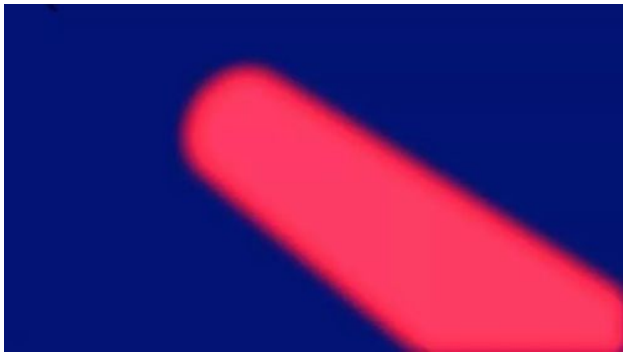
衍射极限降低分辨能力

衍射极限限制了显微镜的分辨能力。

目前，研究人员对纳米尺度的测量主要使用间接或非光学方法，如采用扫描电子显微镜观察。但这并不总是可行的：这类方法比较耗时，设备也很昂贵。

phys.org网站近日报道，新加坡南洋理工大学（下文简称NTU）的科学家们开发了一种光学测量纳米级距离的新方法。相关研究成果刊登于《科学》杂志。

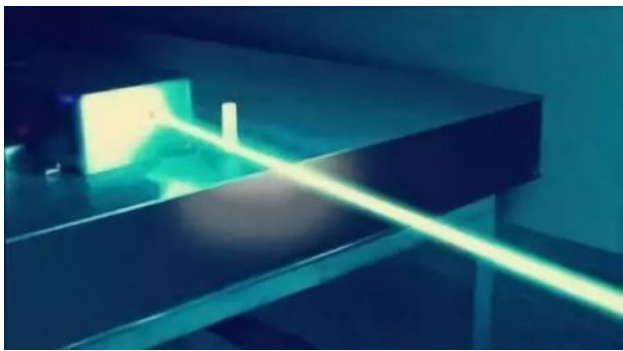
NTU物理与数学科学学院的Nikolay Zheludev教授和Guanghui Yuan博士的理论计算结果表明，利用基于近红外光的设备可以测量光波长1/4000左右的距离——与原子尺寸近似。



新方法基于近红外光进行测量。

研究人员表示，他们的研究成果主要涉及纳米级金薄膜的微狭缝激光衍射和“超振荡”光学现象。

超振荡概念最早出现于20世纪80年代，以色列物理学家Yakir Aharonov在从事量子物理学研究时发现了这一现象。随后，英国物理学家Michael Berry将其拓展到了光学等领域。当光波中的“亚波长”振荡速度超过光波本身的振荡速度时，就会产生超振荡现象。



“超振荡”被拓展到了光学等领域。

Yuan博士介绍说：“设备的原理其实并不复杂。让它发挥作用的关键是精确的狭缝排列模式。金薄膜上包含两种类型的狭缝，彼此构成直角。当偏振光照射到薄膜表面时，会产生包含微小特征的干涉图样。”

偏振光从装置散射后，会产生两束交叉偏振光：一束包含快速相位变化的超振荡“干涉图样”，另一束是用于检测超振荡场相位的参考波。研究人员根据相位可以计算出超振荡的梯度，它的宽度非常窄，甚至比衍射极限还窄400倍。因此，这可以用于高分辨率光学尺。

研究人员必须克服的一个障碍是，这些细微超振荡并不出现在光波振幅中，而是出现在相位中。为了绘制出光场相位图，Yuan等设计了一种特殊方法，可以比较不同偏振状态的激光的光强度。

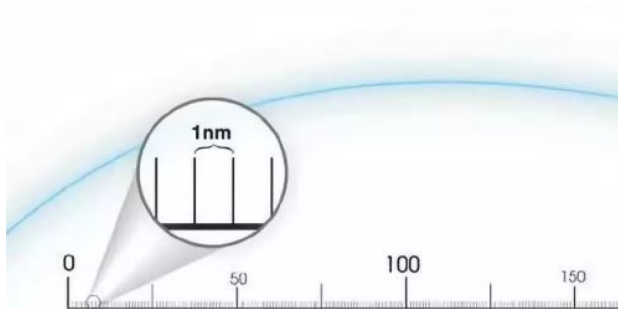


偏振光形成

的所谓“飞跃彩虹”。

Zheludev教授说：“这种相敏技术是对前期超振荡光学测量技术的重大改进。虽然我们与前人应用了同一类超振荡，但对于超短距离的测量而言，相位超振荡更加适合。”

Zheludev教授认为，他们的发现有望用于工业领域。他说：“这种光学测量方法在未来将大放异彩。在电子产品的制造、质量控制和纳米设备完整性监控中，高精度的光学测量不可或缺。”



接下来，Zheludev教授团队的计划是开发适用光纤的紧凑版本的光学尺，并探讨其商业可行性。

期刊来源：《科学》

期刊编号：0036-8075

原文链接：

<https://phys.org/news/2019-09-scientists-optical-ruler-nanoscale.html>

中文内容仅供参考，一切内容以英文原版为准。转载请注明来源。



转载本公号内容请联系授权

kjgzzzhongguo@126.com