

## 上海微系统所在超导纳米线单光子探测器的性能调控及机理研究中获进展

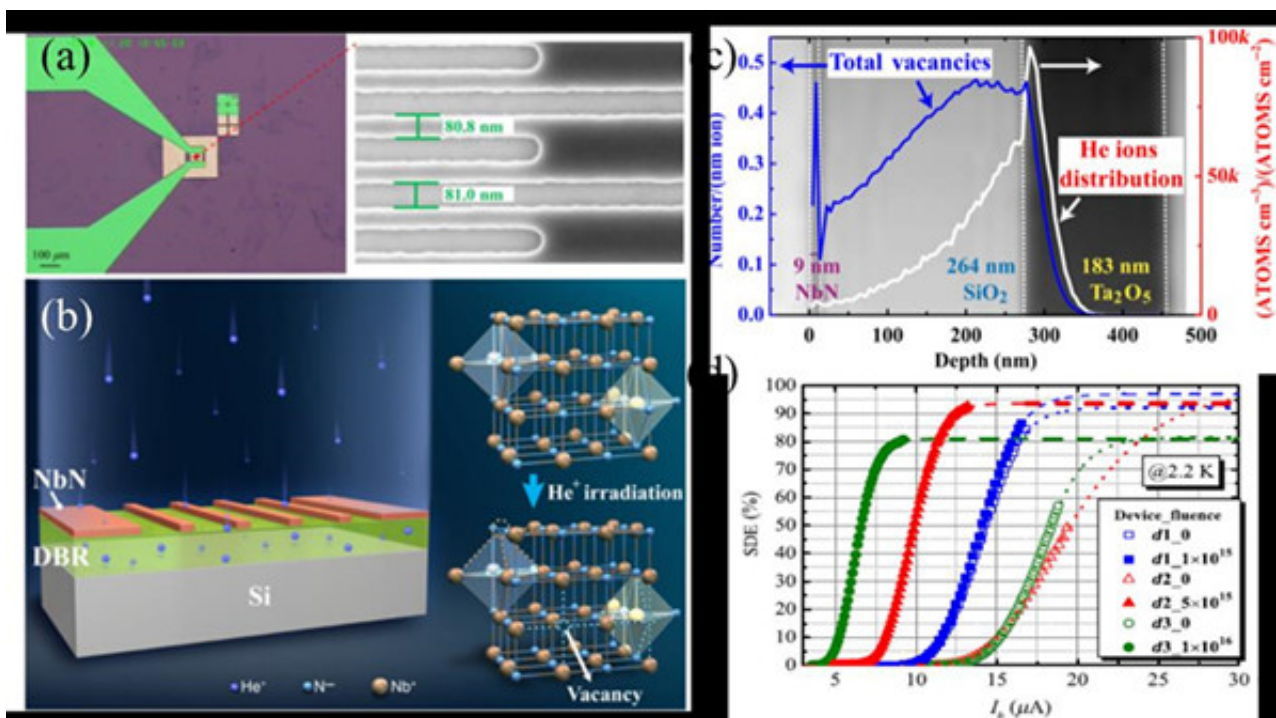
近日，中国科学院上海微系统与信息技术研究所尤立星团队与欧欣团队展开合作，将“万能离子刀”技术应用于超导纳米线单光子探测器（SNSPD）的性能调控和机理研究中。研究发现，使用氦离子（ $\text{He}^+$ ）辐照诱导的可控缺陷能够调控SNSPD的物理性能，进而实现对器件探测性能的增强。该技术还可以直接比较辐照引起的超导器件性能变化，有望成为研究超导器件物理的有力工具。相关研究成果于10月17日在线发表在国际学术期刊 Phys. Rev. Applied 杂志上。

SNSPD是2001年出现的一种新型的单光子探测器，凭借高探测效率、低暗计数、低时间抖动等性能指标，受到国内外学术界的广泛关注，在量子通信、量子计算、深空光通信、生物荧光成像等领域发挥着重要作用，有力地推动了量子信息技术和其他前沿科学的发展。

2017年，尤立星团队在国际上首次报道了基于小型闭合循环制冷机，2.1 K工作温度下，NbN-SNSPD系统探测效率（1550 nm工作波长）可以超过90%【Science China Physics, Mechanics & Astronomy 60(12): 120314. (2017)】。但是，目前尚没有报道能直接调控并比较调控前/后SNSPD性能的方法。在该论文中，器件性能的调控机制在于，NbN薄膜中，辐射诱导的空位缺陷会随着 $\text{He}^+$ 辐照通量的增加而增加；进而使NbN的超导能隙、费米能级的电子态密度连续降低；最终导致器件对光子的响应更加灵敏。在1550 nm光子波长， $5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ 的 $\text{He}^+$ 通量下，辐照后器件的SDE显著提高：在2.2 K工作温度下时，SDE从49%提高到92%；甚至在2.5 K时，SDE仍然能超过90%以上，使得器件可以工作在更高温度的制冷系统中。在超过1.5年的观察期内，辐照后的器件展示出良好的长期稳定性，验证了该方法的实用可行性。

该研究结果表明，“万能离子刀”技术有助于推动SNSPD的研发。特别的，它在放宽器件的膜厚和线宽的加工精度要求、拓展长波光子的饱和探测光谱、改善器件良率等方面具有重要的用途。而且， $\text{He}^+$ 辐照还可以应用于其它超导器件的制造中，比如约瑟夫逊结等的制备中。

该论文第一作者为副研究员张伟君，论文通信作者为研究员尤立星、欧欣。该工作获得国家重点研发计划项目“高性能单光子探测技术”（2017YFA0304000）、国家自然科学基金（No. 61971409, No. 11622545, No. U1732268, No.61874128, and No. 61851406）以及上海市科委（No. 16JC1400402 and No. 18511110202）等的资助。



(a) SNSPD器件局部放大光学照片、纳米线的扫描电镜照片；(b) 离子辐照SNSPD的原理示意图；(c) 氦离子、空位缺陷在器件截面内深度分布的模拟结果；(d) 不同辐照通量下，不同器件的辐照前/后的系统探测效率（SDE）vs偏置电流（ $I_b$ ）的对比结果

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/147048.html>