面向未来高分辨率成像传感器的高效率、宽光谱、亚微米厚InGaAs光电二极管

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/31992.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！

面向未来高分辨率成像传感器的高效率、宽光谱、亚微米厚InGaAs光电二极管。 导读

在当今科技迅猛发展的时代，高分辨率成像技术已成为推动工业、科学和安全领域进步的关键因素。近期，一项由韩国科学技术院（KAIST）的研究人员引领的突破性研究，为我们带来了一种新颖的光电二极管。

研究团队通过采用一种新颖的导模共振结构，显著提升了InGaAs材料在短波红外区域的量子效率，同时将吸收层的厚度降至亚微米级别。这一创新不仅解决了传统设计中因吸收层过厚导致的分辨率低下和串扰问题，还为实现更薄、更高效的成像传感器提供了可能。

这项研究的成果预示着成像技术的未来发展方向，即向着更高分辨率、更宽光谱范围和更低噪声的成像系统迈进。随着技术的不断进步和应用领域的拓展，这些创新的光电二极管将在生物医学成像、工业检测、安全监控以及自动驾驶汽车的多光谱成像等领域发挥重要作用，为科学研究和工业应用带来革命性的变化。

该文章近日发表在国际顶尖学术期刊《Light: Science Applications》，题为Highly-efficient (>70%) and Wide-spectral (400 – 1700 nm) sub-micron-thick InGaAs photodiodes for future high-resolution image sensors，Dae-Myeong Geum和Jinha Lim为论文的共同第一作者，SangHyeon Kim教授为论文的通讯作者。

研究背景

在现代光电技术领域，高分辨率成像传感器对于多种应用至关重要，包括但不限于夜视系统、工业检测、生物医学成像以及安全监控。短波红外区域的成像因其在这些领域的潜在应用而备受关注。然而，传统的短波红外图像传感器在实现高分辨率和宽光谱探测方面面临重大挑战。特别是在提高量子效率的同时，如何避免因吸收层过厚而引发的光学和电学串扰问题，一直是该领域的关键技术难题。

随着对短波红外图像传感器需求的不断增长，研究者们一直在探索新的方法来扩展探测器的光谱响应范围，并提高其在可见光到短波红外区域的探测效率。其中，铟镓砷（InGaAs）材料因其在短波红外区域的优越吸收特性和高载流子迁移率而被广泛研究。但是，为了在短波红外区域实现高量子效率，InGaAs光电二极管通常需要一个很厚的吸收层，这不仅增加了光学串扰的风险，也

限制了成像速度和分辨率。

创新研究

为了解决高分辨率成像传感器领域的这些挑战，团队成功开发了一种超薄但具有高量子效率的InGaAs光电二极管。通过引入一种创新的导模共振结构，这项技术显著提高了光电二极管在短波红外区域的量子效率，同时将吸收层厚度降至亚微米级别，解决了传统设计中因吸收层过厚导致的分辨率低下和串扰问题。

在设计过程中，团队特别关注了如何通过减少吸收层厚度来补偿长波长范围内的吸光能力。如图1(a)所示，提出了一种新颖的方法，通过优化光学结构来增强导模共振效应，从而实现在薄吸收层条件下的多重共振吸光。这种设计不仅提高了量子效率，还加快了载流子的传输速度，对于实现高帧率成像至关重要。

即使在具有挑战性的条件下，团队的InGaAs光电二极管也能保持高量子效率和快速响应。此外，团队成功地将导模共振结构与InGaAs光电二极管集成，并通过一系列制造工艺，证明了这种集成方案的可靠性和兼容性（如图2）。

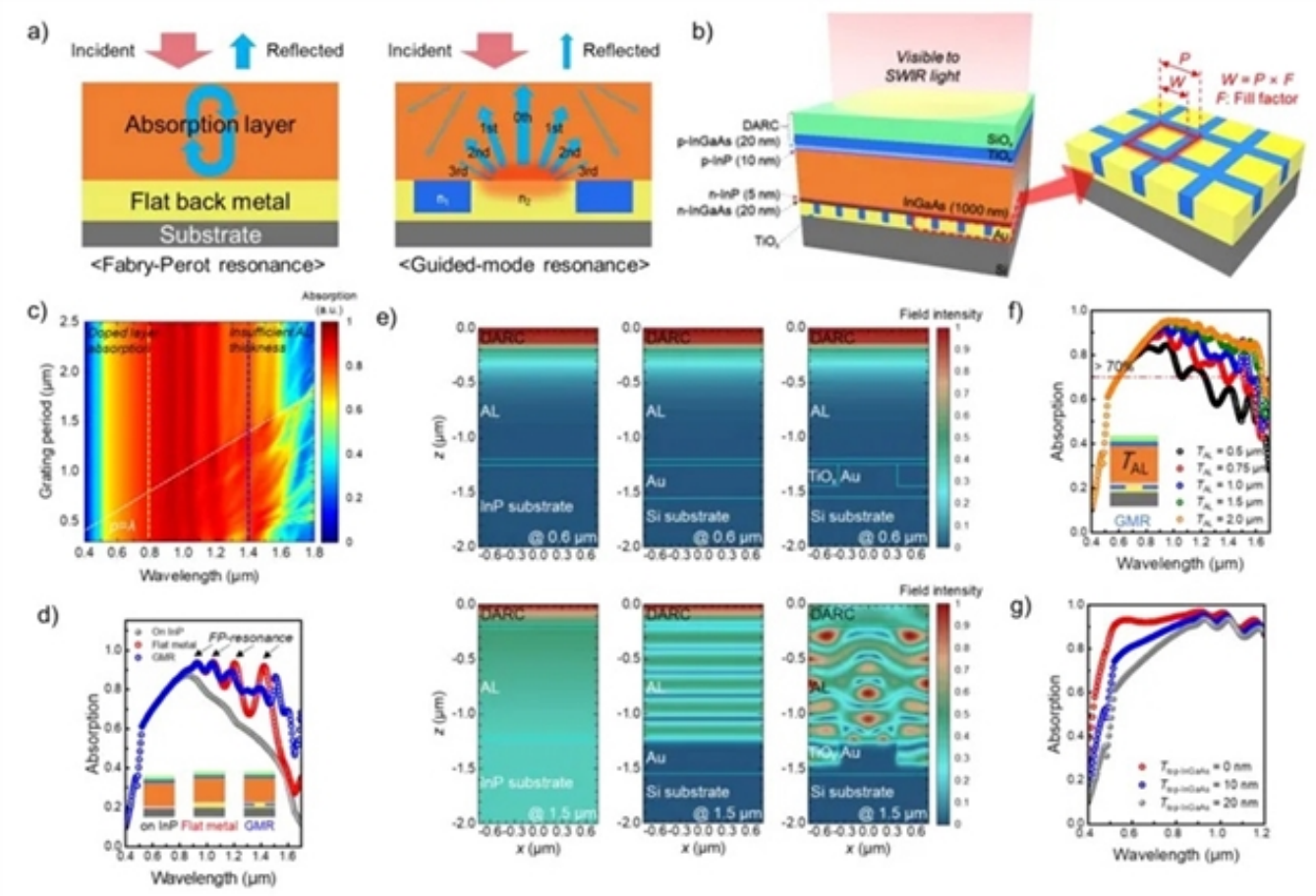


图1. 宽带光谱范围内光吸收结构的方案和原理

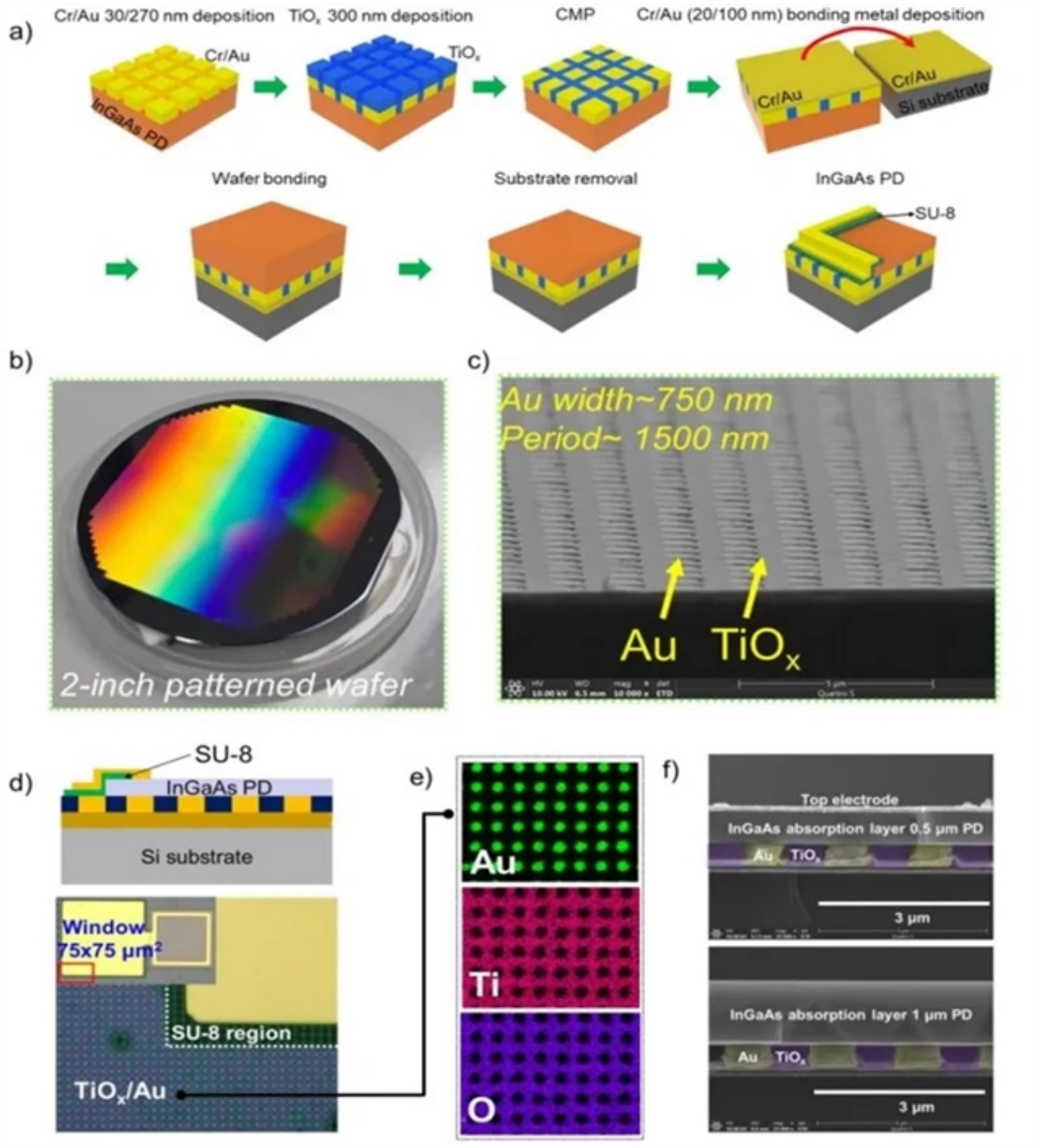


图2. 利用基于晶圆键合的薄膜转移方法集成导模共振的InGaAs 光电二极管的示意图

进一步的电学和光学特性评估，证实了团队设计的光电二极管在不同条件下均展现出优异的性能（如图3）。团队展示了不同吸收层厚度的光电二极管的外部量子效率光谱，证明了即使在极薄的吸收层条件下，也能实现与传统较厚吸收层相当的外部量子效率值（如图4），展示了该设计在提高短波红外图像传感器的分辨率和降低串扰方面的巨大潜力。

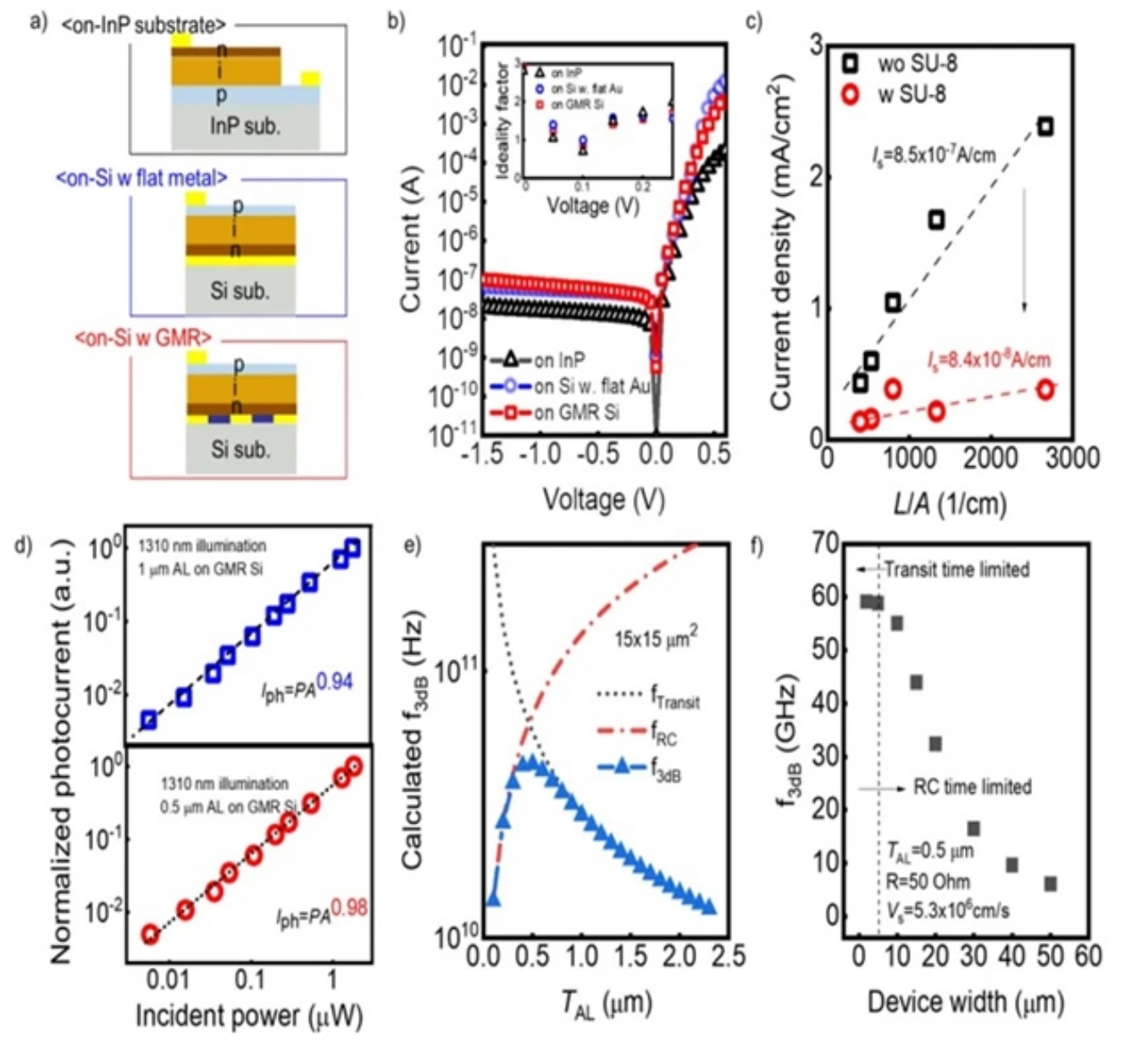


图3. 不同底部结构的设备结构示意图和性能

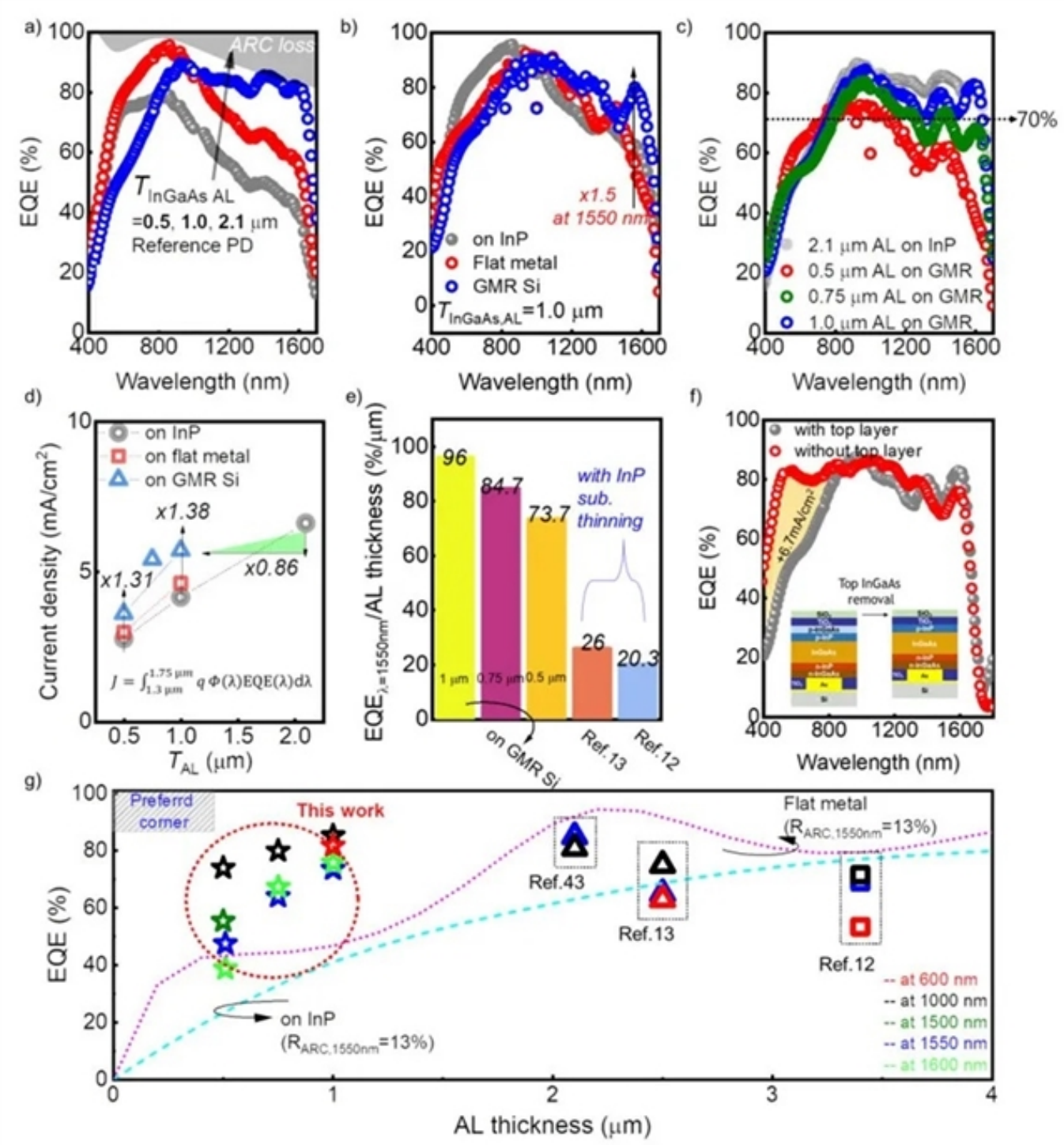


图4. 不同AL层厚度在InP基底上制造的光电二极管的外部量子效率光谱

这项工作不仅为高分辨率成像传感器的发展提供了新的策略，而且为未来在更广泛的应用领域，如生物医学成像、工业检测和安全监控等，提供了强大的技术支持。随着技术的不断进步，期待这些创新的光电二极管能够推动成像技术进入一个新的时代。

总结展望

在本研究中，团队人员成功展示了一种新型的亚微米厚度InGaAs光电二极管，这种光电二极管通过采用导模共振结构，在短波红外区域实现了超过70%的高量子效率，并且具有超宽的光谱响应范围，从可见光到1700纳米。这项技术显著减少了吸收层的厚度，同时保持了高量子效率，解决了传统设计中因吸收层过厚导致的分辨率低下和串扰问题。

团队的研究为高分辨率、宽带和低串扰成像传感器的发展提供了新的方向。这些超薄、高效的InGaAs光电二极管有望在生物医学成像、工业检测、安全监控以及自动驾驶汽车的多光谱成像等领域得到广泛应用。这项研究不仅在理论上取得了重大进展，更在实际应用中展现出了巨大的潜力，为未来高分辨率成像传感器的发展铺平了道路。此外，研究还为未来在更广泛的应用领域，如空间探索、环境监测和军事侦察等，提供了强大的技术支持。随着对导模共振结构和InGaAs材料性能更深入的理解，研究人员相信将能够实现更多突破性的成果，进一步拓展InGaAs光电二极管在科学研究和工业应用中的潜力。（来源：LightScienceApplications微信公众号）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41377-024-01652-6

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费等事宜，请与我们接洽。
作者：SangHyeon Kim 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