
片上光电探测系统推动光智融合应用

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/33487.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！

片上光电探测系统推动光智融合应用。 导读

在当今数字化时代，光通信和人工视觉技术正以前所未有的速度发展，推动着从通信到医疗、从安全监控到自动驾驶等众多领域的变革。然而，传统偏振光检测技术的局限性，如体积庞大、制造复杂和成本高昂，严重制约了其进一步发展。

近日，中国科学院长春光机所李绍娟研究员、黎大兵研究员与合作者在此领域取得突破性进展，团队提出了一个超越材料各向异性约束的创新方法，成功开发了一种基于全二维材料的高性能片上偏振敏探测系统，在红外波段各向异性光电流比值超过60，达到现有的实际应用水平，并展示了其在光通信和人工视觉中的巨大应用潜力，为长期以来寻求的最小化、高性能、多功能光电系统的发展提供了一条极具潜力的途径。

相关结果以Versatile on-chip polarization-sensitive detection system for optical communication and artificial vision为题发表在Light: Science Applications，论文第一作者为中国科学院长春光机所博士研究生刘志林，通讯作者为长春光机所李绍娟研究员。

偏振作为光的重要属性，能够为光信号提供额外的信息维度，从而增强成像对比度和信息传递效率。因此，偏振敏感技术在光通信、光谱学、远程偏振成像和人工视觉等领域发挥着至关重要的作用。然而，传统的偏振光检测系统依赖于偏振光元件和传统光电探测器的组合（如图1a），这种组合方式不仅体积庞大，而且制造过程复杂，成本高昂，难以满足现代微型化、高性能光电系统的需求。

近年来，二维材料因其优异的光电和物理性能显示了解决上述限制的巨大潜力。特别是具有低对称晶体结构的二维材料，如BP、ReS₂、PdSe₂等，为片上偏振感光检测的发展开辟了新途径（如图1b(i-ii)）。然而，这些低对称二维材料的种类有限，且各向异性比（通常低于10）和响应率仍然无法满足实际应用需求。此外，大量具有优异光吸收的各项同性二维材料在偏振探测方面受到应用局限。等离激元纳米结构虽然能够通过局域场增强和共振吸收提升光-物质相互作用，但固定尺寸的纳米结构仅在特定波长产生共振，随着工作波长范围的扩大，加工金属纳米结构的难度逐渐增加（如图1b(iii)），从而限制了其应用发展。

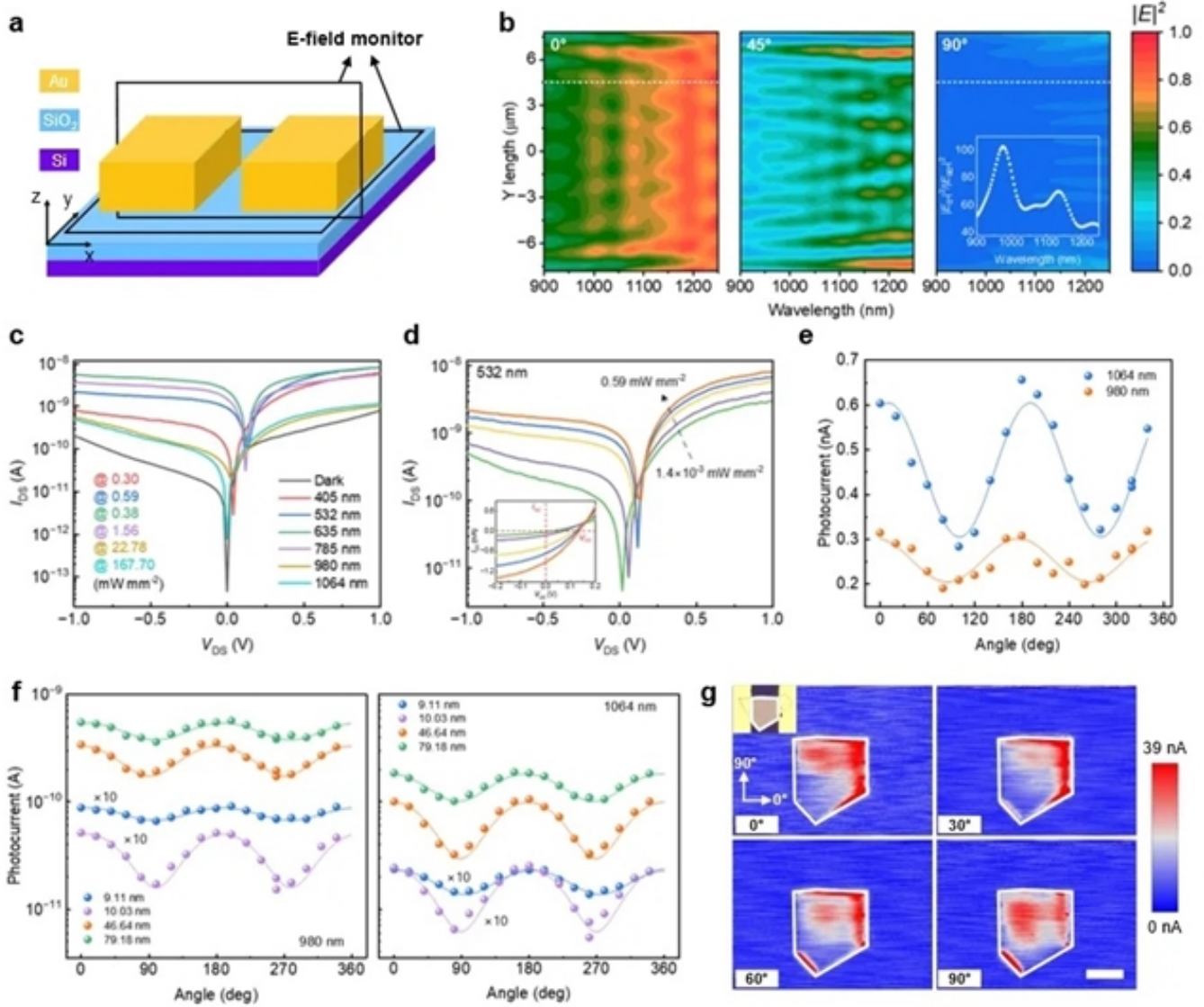


图2：基于WSe₂的偏振敏感光电探测器的设计与表征

因此，为了进一步提升器件性能，研究人员构建了一个片上集成的放大系统，将基于MoS₂的场效应晶体管与WSe₂偏振光电探测器集成。其中WSe₂肖特基探测器作为感光单元，MoS₂晶体管作为放大单元和输出端口，随着输入光状态的变化（开/关状态、不同偏振状态），导致晶体管栅极电压发生变化，从而使得晶体管在开/关状态之间切换，输出电流呈现数量级的变化（如图3a-c）。该系统在1064 nm的光照下，将WSe₂肖特基探测器的各向异性光电流比提升至超过60，远高于同体系材料的偏振光电探测器（如图3d-f）。并且系统也表现出较高的光敏度，在红外和可见波段的光开/关比分别为 4.4×10^3 和 5.7×10^5 。

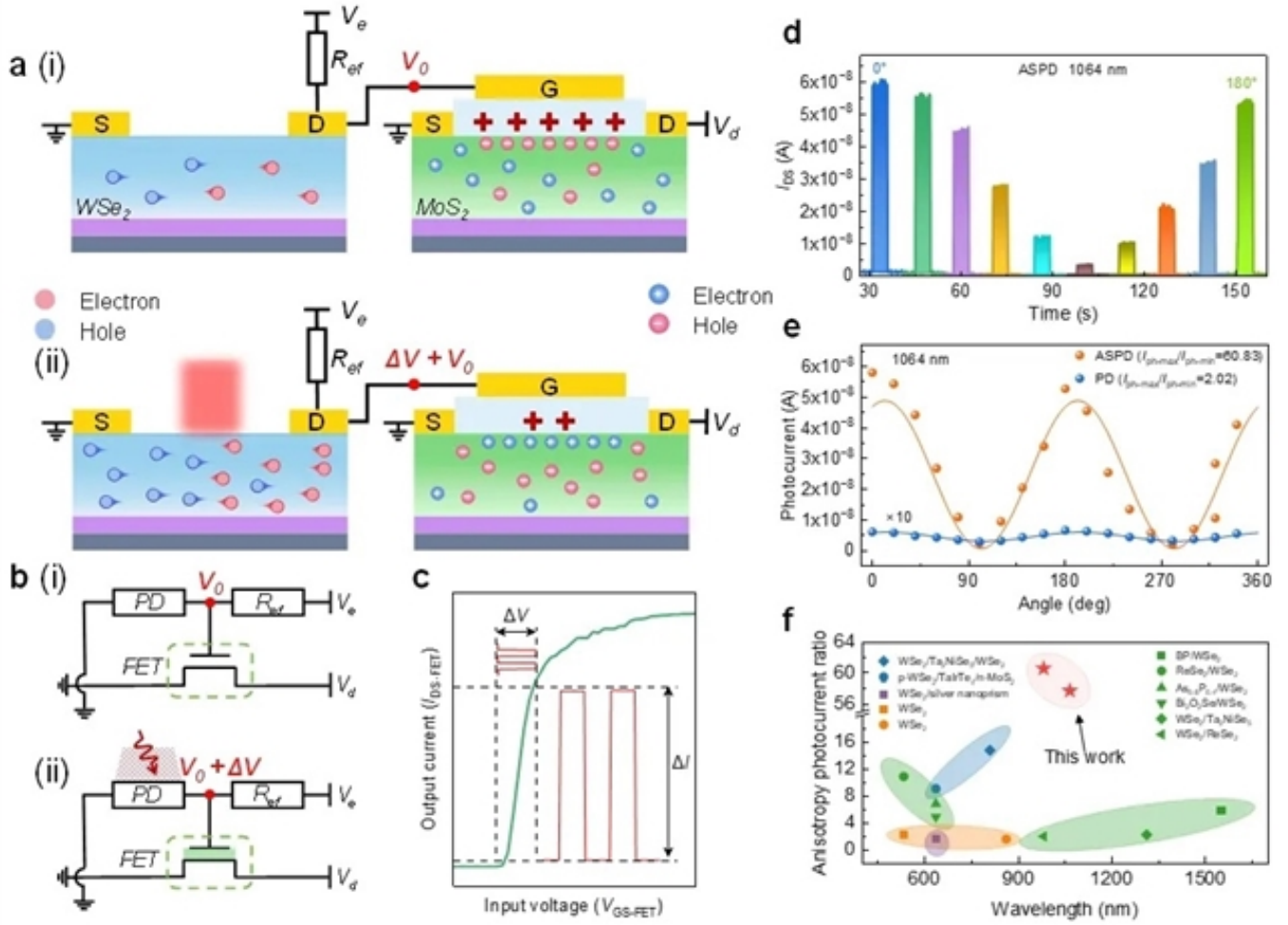


图3：集成系统的偏振探测性能

作为演示，图4a-b中展示了该系统在偏振调制光通信中的应用，实现了信号的完美再现。此外，器件作为单像素成像设备，有力地展示了该器件在线偏振光电探测领域的潜力，并通过人工神经网络实现了超过99%的图像识别精度（如图4c-g）。这些结果表明了该系统在安全光通信、高光谱成像和人工视觉等领域的巨大应用潜力。

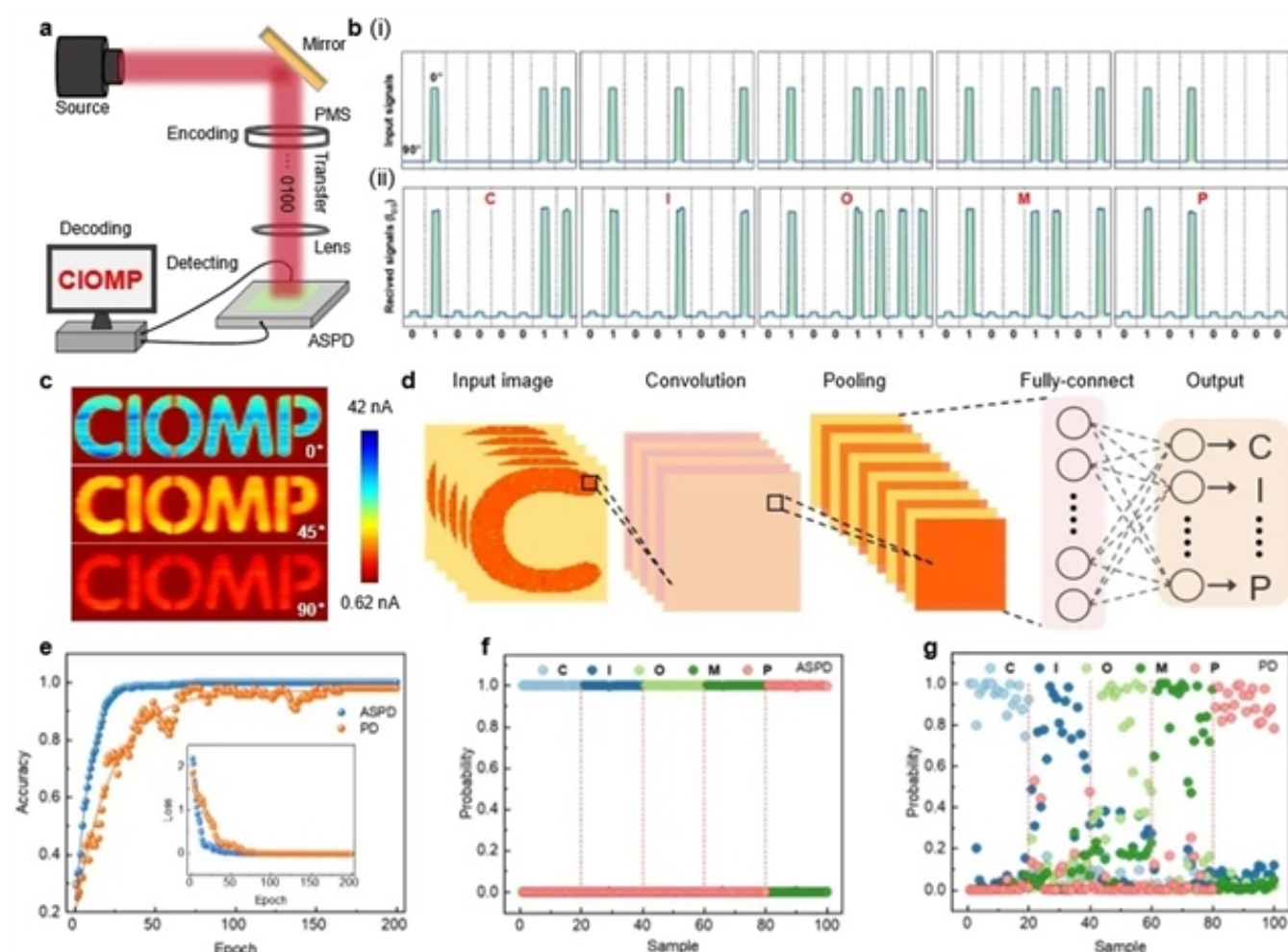


图4：基于偏振探测系统的红外偏振通信、偏振成像与识别的概念验证应用

总结与展望

这项研究成功开发了一种基于全二维材料的高性能片上偏振检测系统，实现了高各向异性比、高响应度和优异的光敏性。通过利用金属电极等离子共振诱导的热电子注入机制，研究团队突破了传统片上偏振探测器对材料固有各向异性的依赖，赋予了WSe₂肖特基光电探测器偏振敏感特性，实现了从无到有的转变。进一步地，通过集成MoS₂晶体管作为放大单元，系统性能实现了从低到高的跨越。值得指出的是，该集成方案简单且通用，适用于从各向同性到各向异性的多种材料，极大地拓展了其在不同应用场景中的适用性。此外，通过优化界面态和表面改性等手段，金属与二维材料之间形成的肖特基势垒可以进一步调制，从而提高热电子注入效率。同时，金属等离子共振的共振特性（包括强度和带宽）也可以通过选择不同的金属进行灵活调谐，进一步优化系统性能。

综上所述，该研究不仅为未来的偏振光电探测器提供了一个全新的设计范例，而且在芯片级光电应用领域展现出巨大的发展潜力。（来源：中国光学微信公众号）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41377-025-01744-x>

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事宜，请与我们联系。

作者：李绍娟等 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](https://www.iikx.com)转发