

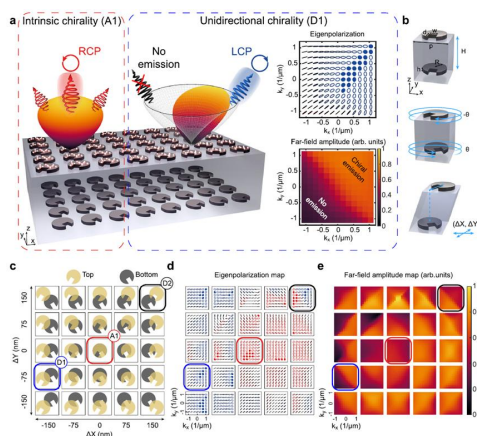
索引：

- 1 通过扭曲双层超表面实现单向手性发射
- 2 定向 Bi₂Te₃ 基薄膜实现了消除热点的高性能平面热电冷却装置
- 3 等离子体纳米腔和界面过程的皮米尺度光热调谐
- 4 受象鼻鱼启发的用于主动非接触式三维跟踪和传感的电子皮肤

1 通过扭曲双层超表面实现单向手性发射

量子发射器的准直和定向辐射对各种光学应用都构成了挑战，包括传感、光通信和量子光学。传统解决方案涉及透镜、分束器和镜子等笨重的光学元件，而紧凑型激光器和集成光子技术则需要能够放大发射和传导辐射的高效微型光学设备。具有单向谐振模式的介电超表面仅向一侧发射，为控制辐射方向提供了一种有希望的解决方案。然而，单向谐振极化特性对超表面另一侧的影响仍然是一个未探索的领域。同时，人们已经探索了在垂直入射光下具有强手性效应的各种谐振纳米结构。人们还努力在对称性破缺的平面超表面或折叠布里渊区合成谷的精确工程中实现斜入射光下的绝对手性。这些设计通常保留某些镜面对称性，从而产生对称的偏振和发射强度模式。虽然已经证明了单向和手性共振，但对单向手性的观察仍然不清楚。

近日，新加坡科技设计大学的 Zhaogang Dong 副教授、Lin Wu 教授以及新加坡国立大学的仇成伟教授团队合作，通过双重对准光刻（DAL）实现的多维控制（包括扭转角、层间距离和顶层与底层之间的横向位移）展示了对扭曲双层超表面单向手性发射的实验观察。首先，保持对准，超表面表现出共振本征光学手性，圆二色性接近 0.94，反射率差为 74%，其中大于 0.9 的高圆二色性在 -11 度到 11 度的宽角度范围内持续存在。其次，设计的横向位移会诱发单向手性共振，从而导致沉积在超表面上的量子点产生单向手性发射。该双层超表面为在宽角度范围内高效操控辐射提供了一个通用的紧凑平台，有望在微型激光器、光栅耦合器和手性纳米天线中实现潜在应用。相关工作发表在《Nature Communications》上。（刘帅）

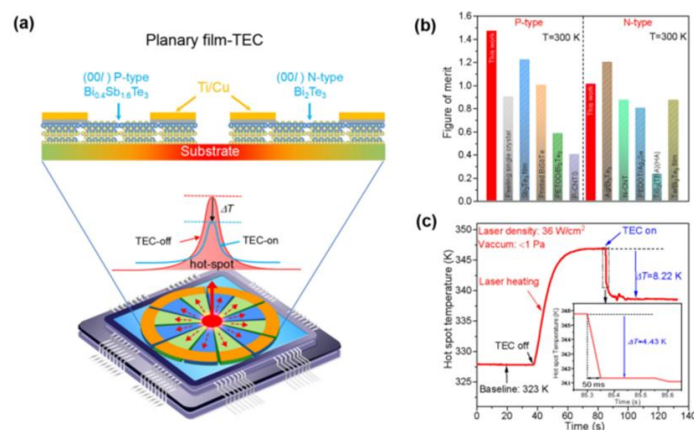


文章链接：<https://doi.org/10.1038/s41467-024-54262-6>

2 定向 Bi₂Te₃ 基薄膜实现了消除热点的高性能平面热电冷却装置

在当今科技发展进程中,随着集成电路芯片以及其他电子设备功率密度持续攀升,散热难题已然成为制约电子产品性能提升的关键瓶颈。在部分移动电子应用场景里,热通量能够超过 100,进而引发温度超 100 摄氏度的动态热点,这对用户电子产品的性能和使用寿命产生了极大的负面影响。薄膜热电冷却器(f-TEC)基于珀尔帖效应应运而生,它具备微型化、高可靠性以及与电路芯片动态操作相适配的高响应速度等显著优势,被视作解决芯片动态热点散热问题的极具潜力的方案之一。在过去数十年间,f-TEC 发展出了垂直和平面两种典型配置。垂直 f-TEC 虽能在跨平面方向将热量从热点直接泵送至封装散热器,冷却密度可高达 200,但其高功耗增加了后端散热器的局部散热负荷,导致其高冷却密度的优势常被反向热流抵消,对热点散热贡献有限。而平面 f-TEC 可将局部热点的热量扩散到更广阔的平面,尽管其冷却密度不及垂直类型,但能削减热点的瞬态峰值温度并增加向散热器的传热面积,为集成热管理解决方案提供了更多灵活性。f-TEC 的冷却能力在很大程度上取决于构成热电材料的品质因数 zT ,是当前构建各种垂直/平面 f-TEC 最常采用的材料,然而由于其典型的层状晶体结构,使得在平面薄膜器件中,因薄膜取向难以与热流方向保持一致,导致其面内功率因子和 zT 值远低于块体合金或单晶纳米片,平面薄膜器件始终无法实现强大的冷却能力,在去除热点方面的可行性也被低估。

近日,西安交通大学材料学院材料相变行为研究组武海军教授与中国科学院深圳先进技术刘睿恒研究院团队合作研究开发了一种富碲梯度沉积法用于制备高(001)取向的基厚膜。在制备过程中,额外碲的梯度增加促使小晶粒在接近碲熔点温度退火时沿平面生长,同时促使 Bi-Te 反位缺陷在晶格中演变为交错堆叠层错,最终得到与单晶相当的高(001)取向薄膜。得益于高(001)取向带来的高面内载流子迁移率以及面内交错堆叠层错导致的低晶格热导率,P 型薄膜 N 型 Bi₂Te₃ 薄膜面内 zT 值分别达到约 1.53 和 1.10。基于这种高性能热电薄膜,在 PI 基板上设计并制造了平面 f-TEC,在激光加热模拟的热点消除实验中,该平面 f-TEC 在几毫秒内可实现约 8.2K 的显著降温,验证了其用于芯片冷却的可行性。此外,溅射工艺与 CMOS 工艺高度兼容且成本低于制备超晶格薄膜的 MBE 和 MOCVD 技术,有望嵌入芯片集成或封装过程,为电子行业热管理设计的未来发展提供了新的思路 and 方向。研究成果发表在《Nature Communications》上。(张琰炯)

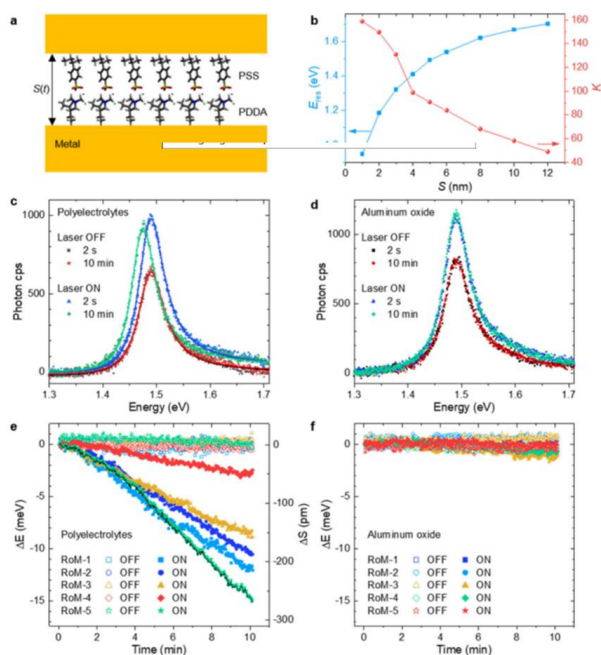


文章链接: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-54017-3>

3 等离子体纳米腔和界面过程的皮米尺度光热调谐

在纳米光子学和传感技术领域,精确调控等离子体共振对于推动相关技术发展极为关键。对于等离子体纳米腔而言,其金属表面间的电介质间距是决定耦合相互作用、电磁场空间限制与增强以及共振频率的关键尺寸。然而,通过传统的自上而下或自下而上制造方法来精确控制该间距面临诸多挑战,如在横向排列的金属纳米结构中,难以实现亚 10 nm 精度的间距控制,且需要复杂的多步制造程序。同时,纳米腔制造过程中的尺寸分布差异及界面行为变化会引发显著的光谱波动,这限制了等离子体共振在检测界面物理化学过程中的应用潜力。

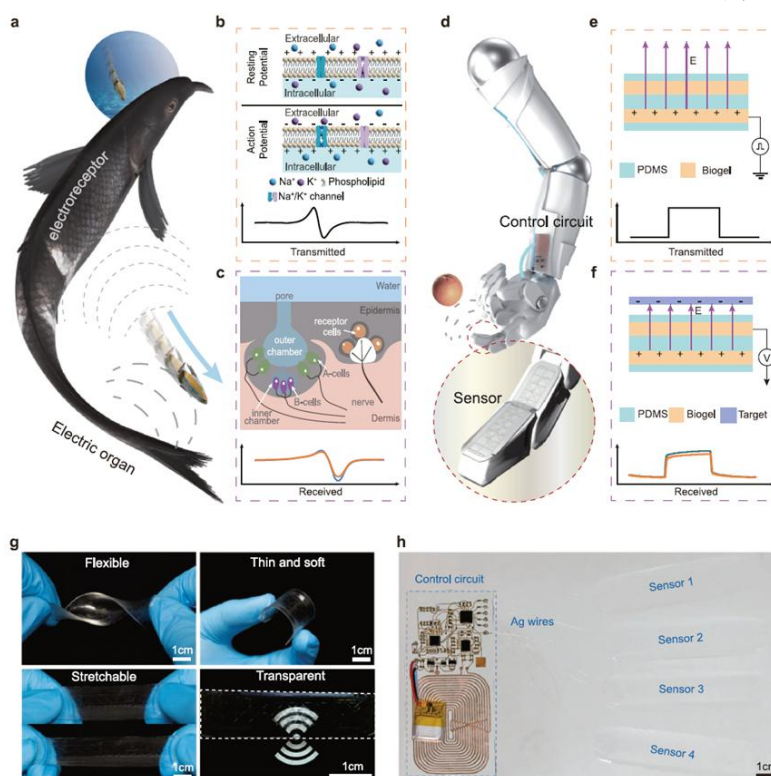
美国新墨西哥大学(University of New Mexico, UNM)的 Terefe G. Habteyes 教授课题组,利用等离子体激发的光热效应与聚电解质(Polyelectrolytes, PE)的热响应特性,以 PE 层作为电介质间隔层,在金纳米棒-镜(Gold Nanorod-on-Mirror, RoM)纳米腔中实现了等离子体共振的皮米级精确调控,克服了传统制造方法的局限性。研究发现,在连续激光照射下,PE 间隔层厚度会减小,从而导致等离子体共振显著红移,且该变化受激光功率和初始间隔层厚度影响,进而能够观察到多个关键的界面光物理过程。具体包括:依据 PDDA 和 PSS 的热行为,观察到纳米腔共振能量随照射时间变化曲线上的拐点,对应 PE 层的相变。此时层层组装的 PE 从亚稳态转变为更稳定的结构,伴随着分子重排和玻璃化转变,PE 层厚度收缩 49–68%;随着 PE 层厚度减小,部分纳米腔中出现了二阶和三阶等离子体共振,证实了 PE 层厚度变薄;在激光强度增加时,特定纳米腔中实现了激光等离子体失谐依赖的光机械增强拉曼散射信号;在某些纳米腔中还观察到了电子隧穿和分子组分扩散出纳米腔时向电荷转移等离子体共振的转变,同时也体现了等离子体纳米腔对周围环境的敏感性。这些成果为纳米尺度的光-物质相互作用研究和下一代等离子体器件的优化设计提供了新的可能性。研究成果发表在《Nano Letter》上,(张琰炯)。



文章链接: <https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.4c04114>

4 受象鼻鱼启发的用于主动非接触式三维跟踪和传感的电子皮肤

皮肤是大多数生物物种最大的器官之一，具有多种基本功能，如保护、感觉、温度调节、能量储存、营养合成和免疫。在自然界中，各种动物的皮肤都具有许多令人着迷的能力。象鼻鱼能够利用电场主动探测猎物。通过皮肤，它们可以感知周围环境，并对猎物进行三维定位，即使猎物隐藏在泥浆下。近年来，机器人技术和虚拟/增强现实的快速发展导致对轻便、便携式传感器的需求增加。柔性电子技术的进步使得电子皮肤能够以薄而软的形式开发出来，从而最大限度地与人体皮肤或机器人技术相适应，实现共形集成。这一重大进展不仅为电子皮肤实现触觉/反馈的人机界面开辟了新的可能性，还为持续健康监测开辟了新的可能性。具有主动感知能力的象鼻鱼皮肤可能为新型电子皮肤提供良好的启发，该电子皮肤能够实现非接触式、高集成度的精确三维空间定位，这是一个尚未探索的课题。近日，香港城市大学的于欣格教授团队提出了一种非接触式位置定位概念，该概念由具有三维传感能力的透明薄软电子皮肤实现。受象鼻鱼主动电感应的启发，这种电子皮肤可以以非接触方式主动确定目标物体的 3D 位置，并可以实时将相应位置无线传送到其他设备。因此，这种电子皮肤可以轻松实现与机器的交互，即在虚拟或实际的 3D 空间中操纵虚拟物体、控制机械臂和无人机。此外，它可以与机器人集成，为它们提供 3D 态势感知，以感知周围环境、避开障碍物或跟踪目标。相关工作发表在《Nature Communications》上。（刘帅）



文章链接: <https://doi.org/10.1038/s41467-024-54249-3>