

中国材料大会 2024
暨第二届世界材料大会
CMC 2024 & WMC 2024

July 8-11, 2024
Guangzhou, China

D27-二维材料与器件
D27-Two-dimensional Materials and
Devices

Organized by

Chinese Materials Research Society

Website: <https://cmc2024.scimeeting.cn>

D27. 二维材料与器件

分会主席：何军、廖董、张凯、王振兴

最终交流类型：邀请报告

二维铋基材料的制备与表界面调控

彭海琳*

北京大学

后摩尔时代，传统硅基半导体材料在芯片尺寸微缩极限下遇到短沟道效应等关键挑战，功耗上升和算力不足等瓶颈问题日益突出，亟需芯片关键新材料、先进架构及三维异质集成技术的创新。本报告将介绍课题组创制的高迁移率铋基二维半导体、高 k （介电常数）原生氧化物栅介质以及外延界面异质集成方面的研究进展。新型二维铋基半导体 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ 不仅具有超高迁移率、合适带隙、环境稳定，可与高 k 自然氧化物 Bi_2SeO_5 栅介质形成高质量异质界面等独特材料优势，含铋重元素二维体系还具有很强的自旋轨道耦合和 $6s^2$ 孤对电子效应，能产生铁电、自旋极化和新奇量子态，有望构筑下一代高速低功耗电子及自旋器件。我们率先开发了超高迁移率二维半导体 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ 和高 k 栅介电层 Bi_2SeO_5 ，实现了晶圆级二维半导体单晶制备和表界面调控，构筑了高性能场效应晶体管、逻辑门器件、光电器件、量子霍尔器件及首例外延高 k 栅介质集成型二维鳍式晶体管，为未来高性能芯片的发展提供了一种可能的材料选择。

参考文献：

- [1] Tan, C.W.; Peng H.L., et al. Nature 2023, 616, 66.
- [2] Zhang, C.C.; Peng H.L., et al. Nature Mater. 2023, 22, 832.
- [3] Zhang Y.C.; Peng H.L., et al. Nature Electron. 2022, 5, 643.
- [4] Li, T.R.; Peng H.L., et al. Nature Electron. 2020, 3, 473.
- [5] Wu, J.X.; Peng, H.L., et al. Nature Nanotech. 2017, 12, 530.
- [6] Tian, H.; Li, Q.J.; Peng, H.L.; Liu, B.B. et al. J. Am. Chem. Soc. 2024, 146, 7324.
- [7] Yu, M.S.; Peng, H.L., et al. Nature Commun. 2024, 15, 3622.
- [8] Zhou, X. H.; Peng, H.L., et al. Adv. Mater. 2022, 34, 2202754.
- [9] Tan, C.W.; Peng, H.L., et al. Nano Lett. 2022, 22, 3770.
- [10] Liang, Y.; Peng, H.L., et al. Adv. Mater. 2019, 31, 1901964.
- [11] Tan, C.W.; Peng, H.L., et al. Nano Lett. 2019, 19, 2148.
- [12] Li, T.R.; Peng, H.L. et al. Acc. Mater. Res. 2021, 2, 842.

最终交流类型：邀请报告

二维反铁磁半导体 CrSBr 多自由度耦合的光电子器件

叶培*

Peking University

在信息传感传输器件中多参数控制的集成代表了光电领域的重大飞跃。然而，受到材料物性与复杂器件结构的限制，在单一材料中同时实现多自由度耦合，多参数调控的光电子器件仍然存在困难。范德华反铁磁半导体 CrSBr ，由于其层状结构和独特的磁性、光学特性，为此类创新提供给了一个有前景的平台。在这个报告中，我们将介绍与光学微腔耦合的范德华反铁磁半导体 CrSBr 中的磁修饰的激子极化激元。并提出了一种使用范德华反铁磁 CrSBr 进行光电检测的变革性方法，展示了前所未有的多参数控制。基于 CrSBr 的光电探测器中的光电流对入射光偏正（包括线偏和圆偏）、光波长和外部磁场表现出敏锐的响应。这些控制参数不是独立的，而是表现出丰富的相互作用，增强了器件的多功能性。这些结果不仅增进了对范德华反铁磁体光电子器件的基本理解，而且还为具有精细可调检测方式的下一代光电器件奠定了基础。

最终交流类型：邀请报告

基于超表面的光学成像探测技术

孙倩¹、薛芳¹、王漱明²

1.北京空间机电研究所, 北京, 100094

2.南京大学, 物理学院, 210008

超表面是一种厚度小于波长的人工层状材料, 通过微观结构的精密设计可以对光学性质进行精细调控, 从而实现对电磁波的人工调控, 打破了传统材料在光学成像领域中的限制, 从而实现对传统光学成像技术的革新。本文面向未来光谱成像探测系统轻小型、智能化需求, 仿真设计适用于红外宽谱段的多层超表面单元, 构建了透过率非相关滤波器, 结合红外探测器与智能解算技术, 形成了集成化、轻小型、智能光谱成像探测系统。

最终交流类型: 口头报告

碳纳米复合材料应变传感器

郑庆彬*

香港中文大学(深圳) The Chinese University of Hong Kong, Shenzhen

柔性传感器在人体健康监测、人工皮肤、人机界面等方面具有广阔的应用前景, 近年来引起了人们的广泛关注。但是传统的单轴应变传感器缺乏检测多方向应变的能力, 限制了其在复杂人机界面、动态人体运动实时监测等非传统传感技术领域的应用。由于碳纳米材料具有优异的电导率、独特的光学特性、优异的机械强度, 并且质量轻, 价格相对低廉, 其在柔性电子领域有着极为广阔的应用前景, 尤其各向异性结构碳材料因具有出色的方向性导电特性而备受关注。我们探索了包括碳纳米纤维, 碳纳米管和石墨烯在内的碳纳米结构传感器, 实现了能够检测三维力的仿人体皮肤传感, 在运动监测、人造皮肤、生物医学器件、柔性机器人等领域有广泛的应用前景, 为下一代柔性电子产品的发展带来新的曙光。

最终交流类型: 口头报告

二维层状化合物中由氢键导致的金属-绝缘体转变

应天平*

中国科学院物理研究所

氢键对分子和材料的基本化学、物理和生物特性有深远的影响。由于氢键的相对较弱的相互作用, 与其他化学键相比, 氢键本身通常不足以引起电性能的显著变化, 从而在相关设备的应用上带来了严重限制。这里我们报道了一种由氢键控制的金属-绝缘体转变, 适用于一种新型有机-无机(1,3-DAP)0.5SnSe₂ 超晶格二维材料, 并展示了高达 10^7 的电阻开关比。诱发转变的关键在于动态氢键到静态氢键的转变, 该转变是一个二级相变, 可以通过 Shannon 动力学熵理论描述。在动态状态下, 热激活的自由旋转会不断打破和形成与相邻 Se 阴离子的瞬态氢键。在静态状态下, 氨基形成了三个固定角度的位置, 每个位置相隔 120°。我们的发现有助于理解氢键对于电输运的影响, 有望用于设计未来基于分子的新型电子材料。

参考文献: Nat. Chem. accepted (2024)

最终交流类型: 口头报告

超薄铁系材料的可控合成与物性研究

周琳*、靳智通、张星星、成沫、戴久翔、蔡星汉

上海交通大学

铁性材料具有可调控的电荷、自旋等自由度。其中的二维铁电和铁磁材料具有自发电荷极化和自旋极化, 通过电场或磁场能调控其极化方向, 可将该场调控特性应用于功能器件。开发超薄、稳定的二维铁电和铁磁材料体系及其可控批量合成方法, 对于推动高密度、低功耗电子器件的发展尤为重要。然而, 由于临界尺寸效应, 超薄铁电材料并不多见。我们发现了一种新型超薄铁电材料钼酸镁(Mg₂Mo₃O₈), 并通过化学气相沉积法合成了高质量的超薄 Mg₂Mo₃O₈ 晶体¹。超薄 Mg₂Mo₃O₈ 具有宽带隙(约 4.4 eV)和非线性光学响应。不同厚度的 Mg₂Mo₃O₈ 晶体在室温下均表现出面外铁

电特性,即使厚度低至 2 nm 时仍能保持铁电性。超薄 $\text{Mg}_2\text{Mo}_3\text{O}_8$ 表现出相对大的剩余极化,通过改变厚度可以调节剩余极化强度。值得注意的是,不同厚度的 $\text{Mg}_2\text{Mo}_3\text{O}_8$ 均具有较高的居里温度 ($>980^\circ\text{C}$)。合成的 $\text{Mg}_2\text{Mo}_3\text{O}_8$ 晶体在恶劣环境下也表现出卓越的稳定性。该工作将铁矾矿型晶体引入了超薄铁电材料。在二维铁磁材料方面,我们通过化学气相沉积合成了厚度可控且稳定的二维铁磁体 (Cr_5Te_8),并获得了横向尺寸达数十微米的单个重复单元厚度的薄片²。我们也观察到非范德华 Cr_5Te_8 晶体形成中的逐层生长模式。不同厚度的 Cr_5Te_8 均表现出垂直于面的长程铁磁序,且其居里温度随厚度没有明显变化。此外,我们还通过原位生长构建了多种二维非范德华/范德华垂直异质结构 ($\text{Cr}_5\text{Te}_8/\text{石墨烯}$ 、 $\text{Cr}_5\text{Te}_8/\text{h-BN}$ 、 $\text{Cr}_5\text{Te}_8/\text{MoS}_2$),并观察到异质结构中由于晶格失配形成了均匀的莫尔超晶格。我们的工作发展了超薄、稳定的铁性材料 $\text{Mg}_2\text{Mo}_3\text{O}_8$ 和 Cr_5Te_8 的可控合成方法,并研究其铁电和磁学性质,拓展了二维铁性材料的范围,有望促进二维铁性材料的应用。

参考文献

- [1] Zhang, X.; Cheng, M.; Dai, J.; Yang, Q.; Zhang, Y.; Dong, B.; Tao, X.; Zou, J.; Jin, Z.; Liu, F.; Wu, Z.; Hu, X.; Zheng, Z.; Shi, Z.; Jiang, S.; Zhang, L.; Yang, T.; Zhang, X.; Zhou, L., Scalable Synthesis of High-quality Ultrathin Ferroelectric Magnesium Molybdenum Oxide. *Adv. Mater.* 2024, 36, 2308550.
- [2] Jin, Z.; Ji, Z.; Zhong, Y.; Jin, Y.; Hu, X.; Zhang, X.; Zhu, L.; Huang, X.; Li, T.; Cai, X.; Zhou, L., Controlled Synthesis of a Two-Dimensional Non-van der Waals Ferromagnet toward a Magnetic Moiré Superlattice. *ACS Nano* 2022, 16, 7572-7579.

最终交流类型: 邀请报告

范德瓦尔斯结《超导/铁磁/超导》约瑟夫森隧穿的奇异长程趋肤效应

向斌*

中国科学技术大学

铁磁性和超导性是两个相互抑制的宏观有序物性,以至于当单重态超导电流进入铁磁体会引发库伯对迅速退相干。但是近年来,人们在理论和实验上发现在超导体/铁磁体界面近邻诱导出的自旋三重态超导电流能够在铁磁体中无耗散输运很长距离,因此在新型无耗散量子器件的构建上更可取。早期实验工作集中在构建耦合体为体相铁磁体的超导约瑟夫森结,实现对自旋三重态电流的观察以及自旋和电荷自由度的控制,但是基于二维范德瓦尔斯材料的异质结观察自旋三重态超导电流以及相关的界面性质研究却鲜有报道。

针对以上问题,研究团队利用范德瓦尔斯铁磁金属 Fe_3GeTe_2 桥接两个单重态范德华超导体 NbSe_2 ,构筑了一个平面范德华约瑟夫森结 S/F/S 器件。通过对不同通道长度的 S/F/S 器件低温电学测试,观察到器件显现出零电阻态以及长程约瑟夫森超导电流($\sim 300\text{ nm}$)。随着通道长度的增加,零温度超导临界电流大小呈现衰减趋势,并且在通道长度为 450 nm 的 S/F/S 中完全消失。

更有趣的实验结果是,该长程超导临界电流对垂直于超导电流通道的外加磁场的响应,呈现出类似双缝干涉的周期性震荡图案,而非传统的夫朗赫费周期性震荡条纹。这个结果证实 S/F/S 中存在于不同于传统体相通道的约瑟夫森超导电流,而是具有长程趋肤效应的约瑟夫森超导电流。

该平面异质结构的 S/F/S 设计,为探索铁磁性与超导性的相互作用,提供了一个新的研究视角。该异质结构呈现的新奇物性,为二维超导自旋电子学的新型量子功能器件的潜在应用以及实现拓扑超导提供了一个新的平台。

Reference

- 【1】Guojing Hu, Changlong Wang, Shasha Wang, Ying Zhang, Yan Feng, Zhi Wang*, Qian Niu, Zhenyu Zhang, Bin Xiang*, Long-range skin Josephson supercurrent across a van der Waals ferromagnet, *Nature Communications* 14, 1779 (2023).

最终交流类型: 邀请报告

二维材料/二维电子气异质结新奇物理特性研究

姜昱丞*

苏州科技大学

迄今为止,大部分范德华异质结都由 N 型或 P 型二维层状材料构成。然而,另一种有着丰富物

理性质的二维体系尚未被应用到范德华异质结的研究中，即二维电子气。基于以上考虑，报告人及团队采用首创的离子束辅助轰击方法来实现二维材料和二维电子气之间的异质结构建。此次报告，主要介绍基于上述异质结体系所发现的两个新效应。第一个工作是制备了二硒化钨/二维电子气异质结，在该器件中发现了全新的光电现象，即可充式光电导效应（Chargeable photoconductivity）。首次在单一范德华异质结中同时实现光电的转化和存储。第二个工作是在该体系中同时施加光照和磁场，首次发现了巨大的双极单向光磁电阻效应。在相同的器件体系中实现了 4,900,000% 的正磁电阻和 -99.8% 的负磁电阻，两者都达到了当前领域内的最高水平。报告人的这两个工作开启了二维材料/二维电子气异质结的研究方向，发现了新颖的物理现象，然而这个领域才刚刚起步，需要更多的关注和后续工作的持续开展。

最终交流类型：邀请报告

前驱体调控制备高质量 BiOCl 转角同质结

冯丽萍*

西北工业大学材料学院，西安，710072

*邮箱：lpfeng@nwpu.edu.cn

具有相近或相同晶格参数的二维材料通过转角堆叠后形成的莫尔超晶格体系是许多新奇物理现象的研究平台，例如非常规超导、莫特绝缘态、反常量子霍尔效应等。然而，目前通过机械转移法堆叠制备的二维材料转角体系存在因制备过程污染导致的界面耦合作用较弱的问题，导致二维材料转角堆叠体系无法形成理想的莫尔周期势，从而大大限制了二维材料转角体系的相关研究。因此，通过原位生长的策略制备具有有效界面耦合作用的二维转角同质结对于进一步探索莫尔超晶格相关科学问题具有重要意义。在本工作中，我们利用 BiOCl 不同晶面对水分子和氧气分子的吸附能差异。通过交替通入两种前驱体源的化学气相沉积策略制备了高质量 BiOCl 转角同质结，获得了具有不同转角和厚度的 BiOCl 同质结。第一性原理计算表明在二次成核阶段，极性水分子的吸附降低了 BiOCl 转角晶核的形成能，从而导致不依赖于螺位错形核机理的 BiOCl 二次转角生长。拉曼和低温光致发光谱表明原位生长的 BiOCl 转角同质结能够形成有效的莫尔周期势。

关键词：莫尔超晶格，层间耦合，二次成核

参考文献：

- [1] F. Zhang, C. N. Lau* et al, Nature 2022, 602 (7895), 41-50.
- [2] L. Liu, X. Cui* et al, Nature Communications 2019, 10 (1), 4472.
- [3] D. Huang, X. Li* et al, Nature Nanotechnology 2022, 17 (3), 227-238.
- [4] J. Peng, H. Liu* et al, ACS Nano 2022, 16 (12), 21600-21608.
- [5] K. Tran, F. Wu* et al, Nature 2019, 567 (7746), 71-75.
- [6] B. Wu, Y. Liu* et al, Light: Science & Applications 2022, 11 (1), 166
- [7] H. Zhang, Y. Liu* et al, Advanced Materials 2023, 35 (16), 2210909.
- [8] L. Sun, H. Peng* et al, Nature Communications 2021, 12 (1), 2391.
- [9] C. Liu, K. Liu* et al, Nature Materials 2022, 21 (11), 1263-1268.

最终交流类型：邀请报告

二维材料基光电化学型光电探测器

祁祥*

湘潭大学

二维材料拥有较高的载流子迁移率、合适的带隙、良好的光响应特性，在光电探测领域展现出巨大的应用潜力。光电化学型（PEC）光电探测器是一种基于光电池构型的新兴光电探测器，其工作原理巧妙的将半导体物理过程和电化学过程相结合，具有自供能、成本低、环境适应性强和制备工艺简单等特点。我们的工作主要围绕基于二维材料的光电化学型光电探测器的构筑及其性能增强策略与调控手段等方面开展研究。二维材料大规模、高质量的可控制备是实现其应用开发的基础和前提。我们采用分别采用液相剥离法和气相沉积技术实现多种少层二维材料的高质量制备，并将其用于构建工作电极。同时，我们从器件构筑和材料性质两个角度发展了异质结构筑、电解质优化、外场增强等多种性能调控手段。1) 我们通过碱性电解质环境有效改善了二维黑磷基光电探测器的

稳定性；通过添加 ATP 和 NADPH，将电解质环境设计成仿生物光合作用的场景，抑制光生电子的复合，构建了多种高性能的光电化学型光电探测器。2) 基于二维材料表面极易负载形成范德瓦尔斯异质结的特点，构筑了多种能带排列为 Type-II 型的范德瓦尔斯异质结，有效地改善了光生载流子的分离能力，实现器件光响应性能提升。3) 利用外加电场、磁场等对二维材料的自发极化或电子自旋态进行调制，实现了光响应性能的显著提升。此外，基于二维材料的 PEC 光电探测器的光生电荷和光生电势特征，我们还积极开发其在生物方面的应用前景，探索了葡萄糖检测中的电辅助氧化还原和葡萄糖催化过程，为检测葡萄糖提供了一种非酶基电化学生物传感器平台；发现 PEC 器件的光生电荷能够有效促进在小鼠创口的愈合能力。我们发展了多种准固态电解质，构筑柔性可穿戴光电探测原型器件；通过 PVA 凝胶网络包裹二维材料制备导电凝胶，构筑了可拉伸、可自愈的光电探测原型器件。

最终交流类型：口头报告

低维金属铋基化合物中的谷电子学

梁佳*

复旦大学

谷电子器件由于具有处理速度快、存储密度高、能耗低、非易失性等优点，在下一代电子器件的信息存储和传递中具有重大发展前景。半金属铋的体相材料制备相对容易，被认为是一类有望发展的谷电子材料，然而由于这些谷的简并度较高，谷极化的载流子在这种情况下难以调控与探测。为了解决以上问题，我们提出在半金属铋基化合物 Cs₃Bi₂I₉ 中实现谷自由度的调控。这是一种全新的谷材料体系，避免了半金属铋简并度较高问题的同时，突破了传统二维金属硫族化合物仅在单层薄膜中存在谷载流子的束缚，实现了可以在较高温度下对谷载流子进行调控与探测的目的，为推动谷电子学的应用奠定构筑材料和调控机制的重要基础。此外，为了进一步提高半金属铋基化合物 Cs₃Bi₂I₉ 的谷极化性能，我们利用构建异质结的方式，大幅提升载流子的寿命，有望进一步提升半金属铋基化合物 Cs₃Bi₂I₉ 在谷电子学中的应用。

最终交流类型：口头报告

热力学与动力学控制二维材料生长

逢金波^{*1}、周伟家¹、刘宏^{1,2}

1. 济南大学前沿交叉科学研究院

2. 山东大学晶体材料国家重点实验室

刚性硅基材料与技术在高集成度芯片、柔性电子等应用遇到瓶颈。二维材料的可控生长变得至关重要。新兴的石墨烯、二硒化钨、二硫化铂、MXene 等二维材料基晶体管及光电探测器作为电子功能元件，可用于制造数字逻辑电路等信息器件。因此，二维材料可控生长是产业链条中的关键上游技术。本文利用热力学与动力学方法对二维材料的可控生长进行了系统的研究，取得了系列进展。(1) 石墨烯在绝缘基底上的直接生长对于无需转移步骤的器件制造具有吸引力。应用热力学和动力学控制，通过化学气相沉积在绝缘基底上实现严格的单层石墨烯生长。(2) 提出了预晶种层策略实现成核的热力学控制，解决了成膜不连续的问题，合成了亚厘米尺寸的严格单层二硒化钨。(3) 通过调控衬底与二维材料相互作用中的对称匹配，利用第一性原理计算预测了 Pt-S 与硫的温度和分压的相图，提高了大面积均匀性，合成了晶圆级硫化铂薄膜。本项目以（共同）第一作者或通讯作者的身份在 ACS Nano、Adv Energy Lett、InfoMat (4) 和 Nano-Micro Lett (2) 等期刊上发表了 46 篇论文。或为二维材料生长提供参考，推动我国新型半导体材料及器件的发展。

[1] Pang J. et al., ACS Nano 2017, 11: 1946-1956.

[2] Pang J.* et al., InfoMat 2021, 3: 1455-1469.

[3] Pang J.* et al., InfoMat 2020, 2: 656-697.

[4] Pang J.* et al., Nano-Micro Lett. 2021, 13: 143.

[5] Pang J.* et al., Nano-Micro Lett. 2021, 13: 191.

最终交流类型：口头报告

量子点超晶格中激子传输的复合电动力学机制

苑荣峰¹、Naomi S. Ginsberg^{*2}

1. 香港科技大学（广州）

2. University of California, Berkeley

量子点固体的光电材料应用前景广阔，但其器件性能的进一步提升有赖于对激子传输机制的深入理解。现有的近场 Förster 共振能量转移 (FRET) 理论常常低估量子点固体中的激子跳跃速率，而其原因尚无定论。为此，我们采用时间分辨超快受激发射损耗 (TRUSTED) 显微镜，时空分辨 CdSe/CdS 量子点超晶格中的激子扩散。同时，我们测量了激子在超晶格内传输过程中的平均能量衰减以及量子点发射光谱的异质性。该多模态测量对激子传输的可能机理提供了强约束。将上述实验结果与蒙特卡罗模拟联系起来，我们阐明了一种复合的激子传输机制，该机制包含近场 FRET 和远场发射/再吸收过程，为表征量子点固体的传输特性和指导器件设计提供了统一框架。

最终交流类型：口头报告

石墨烯纳米带的可控制备及光电性能研究

孙海斌*

信阳师范大学 物理电子工程学院

(1) 利用限域生长策略，通过化学气相沉积法获得单晶石墨烯的形貌从六边形—洋葱状—螺旋状的生长工程，使用蒙特卡罗模拟阐明其生长机理；这种非范德华层状堆积结构，有望为研究二维材料的非常规超导、滑移铁电性、新型量子物态等提供新的研究思路和技术路线。(2) 利用超高真空化学气相沉积法，实现石墨烯的生长机理从气-固-固转变为气-液-固，获得 P 型掺杂的石墨烯纳米带，并展现出良好的场效应晶体管性能，有望为研究费米能级可调的石墨烯基场效应晶体管提供新型器件原型。(3) 通过气相团簇束流沉积法，原位形成金属团簇与石墨烯的异质结薄膜，发现其表面存在显著的界面电荷转移效应，产生巨大的表面增强拉曼散射效应，有望为研究等离激元共振效应在光电转换器、纳米激光器、亚波长成像等领域的应用提供独特优势。

最终交流类型：口头报告

晶圆级二维超导材料异质结的可控制备

徐洁*

安徽大学

二维超导材料的范德华异质结的可控制备是构建二维超导约瑟夫森结、探索马约拉纳费米子和超导量子元件应用的重要前提。但目前二维超导材料对环境十分敏感，很难将二维超导材料完整地堆叠成晶圆级的范德华异质结，极大地限制了此类量子器件的应用和发展。我们基于“由高到低”的生长策略，即优先生长稳定温度较高的二维材料为底层材料，再在其上生长稳定温度较低的二维材料，制备了高质量晶圆尺寸超导材料异质结样品，并测量了超导近邻效应和超导约瑟夫森效应等。其中在堆垛生长的 NbSe₂/MoSe₂/NbSe₂ 超导异质结中，观测到了典型的约瑟夫森耦合效应，且一年后性能依然基本保持，表明制备的二维超导材料稳定性极为优异。约瑟夫森结的临界电流与平行磁场之间出现了明显的调制关系，有望应用探测微弱磁场。利用此生长策略制备的晶圆级二维超导异质结材料，不仅克服了常见的二维材料稳定性不良的缺点，且具有与硅基工艺集成的巨大潜力。

最终交流类型：邀请报告

二维自插层 Cr-基硫化物磁性材料的组分可控制备和物性探索

张艳锋*

Peking University, China

近年来，二维 Cr-基硫族化合物 (CrX_n, X = S, Se, Te; 0 < n ≤ 2) 由于其多样化的组分/结构、新奇的物理化学性质以及良好的环境稳定性受到了广泛关注。CrX_n 是一类典型的金属原子自插层材料，其电学和磁性性质与其层间插层 Cr 原子的比例以及堆垛顺序/结构密切相关，有望成为探究电子和自旋电子学相关基本科学问题的候选材料。然而，二维 CrX_n 材料的组分可控制备仍然面临巨大挑战：首先，由于 CrX_n 化合物的层内和层间均通过共价键键合，难以获得二维超薄样品；其次，由于不同 CrX_n 化合物之间的化学计量比差别很小，难以实现对其组分的精细调控。

通过金属前驱体的独特设计和生长温度的精确调控,我们实现了层厚可调二维 Cr₂S₃ 材料的可控制备,揭示了其厚度依赖的导电类型转变特征和磁学性能 [1];通过缓慢供给金属前驱体和一步 CVD 制备策略,实现了二维 Cr₂S₃ 同质结的制备;在单个 Cr₂S₃ 同质结中实现了多种导电极性的集成,发现同质接触可显著提升场效应晶体管的电学性能 [2];通过设计氢辅助和非氢辅助 CVD 路径,实现了 Cr₂Se₃ 和 Cr₃Se₄ 的可控制备,证明了二维 Cr₂Se₃ 的金属性,以及 Cr₃Se₄ 从 p 型半导体到金属性的转变,揭示了这两种材料在二维状态下的磁学性质。总之,我们发展了二维 Cr(Fe, Co)-基硫属化合物的可控制备新方法 [4,5],并探索了其层厚/组分调控的电学/磁学性质,相关研究为二维磁性材料的可控合成和应用提供了新思路。

参考文献:

1. Cui F F#, and Zhang Y F* et al., Controlled Growth and Thickness-Dependent Conduction-Type Transition of 2D Ferrimagnetic Cr₂S₃ Semiconductors, *Advanced Materials* 2020, 32, 1905896.
2. Cui F F, and Zhang Y F* et al., Epitaxial Growth of Step-Like Cr₂S₃ Lateral Homo Junctions Towards Versatile Conduction Polarities and Enhanced Transistor Performances, *Small* 2022, 18, 2105744.
3. Cui F F, and Zhang Y F* et al., Stoichiometry-Tunable Synthesis and Property Investigation of Two-dimensional Chromium Selenide, *ACS Nano* 2024, 18, 6276.
4. Huan Y F, and Zhang Y F* et al., Composition-Controllable Syntheses and Property Modulations from 2D Ferromagnetic Fe₅Se₈ to Metallic Fe₃Se₄ Nanosheets, *Adv. Mater.* 2023, 35, 2207276.
5. Quan W Z, and Zhang Y F* et al., Spontaneous Line Defect-Induced Co₄Te₇ Superlattices on SrTiO₃(001) Featuring Flat Bands, *Adv. Funct. Mater.* 2024, 2315831.

最终交流类型: 邀请报告

二维材料的生长与性质调控

张鹏¹, 王兴国¹, 江华宁¹, 何倩倩¹, 宫勇吉^{1*}

材料科学与工程学院, 北京航空航天大学, 北京 100191

*Email: yongjigong@buaa.edu.cn

二维材料在下一代的电子器件、量子器件及电化学器件中都有非常广阔的应用前景。但是,其可控合成与精准性质调控仍然是限制其应用的关键。首先针对二维材料制备动力学过程复杂,多组分、复杂结构二维材料合成困难的问题,提出了熔体辅助合成二维材料的普适性新方法,突破了二维材料合成过程中动力学条件苛刻的瓶颈难题,实现了复杂组分和复杂结构二维材料的稳定合成,得到了 100 余种高质量二维材料,并通过对材料的高通量筛选,获得了性质优异的二维磁性材料;其次,在二维材料的性质调控策略方面也完成了一系列的工作,鉴于二维材料层与层之间为较弱的范德华力,申请人提出将过渡金属原子引入到少层二维材料的层间来调控二维材料性质,可实现材料电学、磁学、电化学性质的有效调控,如实现了由异质界面构筑调控的磁学性质,由范德华间隙插层带来的铁磁性质等。

关键词: 二维材料; 熔体辅助合成; 插层; 二维磁性材料

参考文献

- [1] *Nat. Synth.*, 2022, 1, 864.
- [2] *Nat. Commun.*, 2022, 13, 6863
- [3] *Nat. Commun.*, 2021, 12, 809.
- [4] *Nat. Nanotech.* 2018, 13, 294.
- [5] *Nano Lett.* 2023, 23, 5475

最终交流类型: 邀请报告

基于二维半导体的异质界面结构原位表征和光电器件应用

孙颖慧、王荣明*

北京科技大学

以二维过渡金属硫族化合物为代表的二维半导体,由于具有原子级光滑表面、纳米级厚度、特殊的能带结构,以及独特的电学、光学、磁学和力学特性,成为实现更高集成度、更低功耗的下一

代信息器件的候选材料之一。在基于二维半导体及其异质结的电子器件和光电器件中，界面的设计制备和原子级表征是研究的关键。其中二维半导体与金属和栅极介电层的界面原子构型、界面相互作用，对器件性能有决定性的影响。我们的研究聚焦在金属/二维半导体、介电氧化物/二维半导体异质界面的设计构筑、原位结构演化和光电性能优化方面，在原子尺度揭示界面结构、界面相互作用与材料性质和器件性能的关联和物理机制，为基于二维半导体异质结构的器件研制及其在光电领域的应用提供实验基础。

最终交流类型：邀请报告

如何利用二维材料缺陷探索生物分子

雷钰*

清华大学深圳国际研究生院

二维半导体的层状结构及层间较弱的范德华力，使其具有显著的表面效应、边缘效应和量子限域效应，相比于体相材料，原子级缺陷对二维材料能带及基面化学活性的调控更为显著。在此基础上，如何利用缺陷这把双刃剑，设计和调控催化性能是材料科学领域面临的一个重要挑战，厘清原子尺度的缺陷结构和宏观性能的构效关系也是缺陷工程的基础问题，开发可规模化的缺陷可控制备技术也是拓展二维半导体应用的前提保障。本报告将首先介绍一种液态金属辅助的剥离技术实现多种二维材料的无损剥离；进一步利用冷冻球磨技术实现缺陷高密度引入，通过缺陷工程调控和改性二维半导体材料的催化活性；最后介绍基于二维半导体材料的边缘质子吸附催化特性，并利用催化边缘实现 DNA 的特定位点识别和剪切，以期拓展其在基因剪切领域的应用。

最终交流类型：口头报告

用于二维电子器件的单胞厚度高介电常数铬酸钙晶体

李辉、任文才*

中国科学院金属研究所

基于硅基半导体的场效应晶体管器件随着摩尔定律的发展而不断缩小并已经接近了其理论极限。因此需要新型的半导体材料来延续摩尔定律。二维半导体具有原子级厚度，高载流子迁移率和优异的栅极控制性能，是构筑下一代沟道宽度小于 10 纳米晶体管的理想材料。然而，这也要求介电层材料的等效氧化物厚度在 1 纳米以下^[1]。而当传统的氧化物介电层降低到几纳米时就会出现极大的栅极漏电流，严重影响器件性能。因此，制备高介电常数超薄绝缘体材料是目前二维电子器件领域的重大课题。最近，高介电常数 Bi_2SeO_5 和 CaF_2 材料的成功制备激发了研究者对于二维介电层材料的极大兴趣^[2,3]。然而，受困于较长的制备周期和严苛的生长方法，二维介电层材料依旧面临着很多问题和挑战。

在这篇工作中，我们发展了一种双金属缓释化学气相沉积法制备得到了高质量的超薄铬酸钙晶体。通过双金属源的间接释放来控制生长速度，最终得到的晶体尺寸达到 20 微米的同时厚度保持在单胞厚度（1.2 纳米）。单胞厚度的铬酸钙晶体具有规则的形状和极其平滑的表面。通过导电原子力和电容-电压测试，铬酸钙材料在保持单胞厚度的同时具有极好的绝缘性能和极高的介电常数（87.34）。通过换算可得，材料的等效氧化物厚度远小于 1 纳米。后续以铬酸钙材料为介电层的二硫化钼二维晶体管也表现出了良好的器件性能。此外，铬酸钙晶体还具有高的断裂强度（39 GPa）和良好的环境稳定性。这种双金属缓释的策略具有良好的普适性。通过这种策略得到的 FeNb_2O_6 晶体也表现出了良好的介电性能。综上所述，这篇工作阐述了一种制备高性能二维介电材料的新方法，对于二维介电材料范围的拓宽和二维电子器件的发展都有重要意义。

参考文献

- [1] H. Wong, H. Iwai, *Microelectron. Eng.* **2015**, 138, 57.
- [2] Y. Y. Illarionov, A. G. Banshchikov, et al. *Nat. Electron.* **2019**, 2, 230.
- [3] C. Zhang, T. Tu, et al. *Nat. Mater.* **2023**, 22, 832.

最终交流类型：口头报告

二维半导体材料的光生电荷转移机制及其光电特性研究

乔辉、祁祥*

湘潭大学

二维半导体材料因独特的层状结构、优异的光电特性和可调的能带结构，在光电器件领域展现出卓越的优势，成为实现高效能量转换和光信号处理的核心要素。本次报告将聚焦于二维半导体材料的光生电荷转移机制及其对光电特性的影响，旨在深入理解并优化这些材料在光电器件中的应用。二维半导体，如过渡金属硫化物、黑磷等，由于其独特的层状结构、可调谐的层间耦合效应及光电性能，在光电子领域展现出巨大潜力。研究通过理论计算与实验验证相结合的方法，探讨了光辐照下二维半导体内部的电荷载流子如何生成、扩散及在不同层间有效转移过程。特别地，我们关注光生电荷的分离效率，这是决定光电转换效率的关键因素之一。通过构建异质结结构和层间离子插层等方法，调控二维材料层间耦合效应及能带排列关系，实现了光生电荷的快速收集与长距离传输，减少了载流子复合损失，提高了光电响应性能和响应速度，为构筑高性能光电探测器和光伏器件的设计提供了理论基础和实验依据。

最终交流类型：口头报告

二维新型层状材料的制备及其物理特性驱动的光电性能调控

罗斯玮¹、祁祥*¹、钟建新²

1. 湘潭大学

2. 上海大学

二维层状材料（2DLM）因其独特的物理化学性质，在光电、催化和储能等领域展现出巨大的应用潜力。采用气相沉积法，成功实现了大面积、单层、褶皱状和转角二维层状材料的可控制备，并通过精确调控生长条件，获得了高质量的样品。最近，新兴的铁电层状材料 NbOCl₂，其因在二维极限下表现出稳定的铁电性、可调自发极化和相对较弱的界面相互作用而备受关注。NbOCl₂ 具有面内铁电性、层数解耦带隙、强非线性光学效应和高载流子迁移率等优异特性。我们以 NbOCl₂ 薄片为研究对象，通过拉曼光谱分析和相变特征研究，深入探讨了其物理特性。进一步地，基于 NbOCl₂ 薄片构建了光电探测器器件，并分析了其光响应性能。我们利用铁电极化调控机制优化了器件性能，研究结果表明，NbOCl₂ 在光电探测器领域具有巨大的应用潜力，有望推动低功耗、高性能光电器件的发展。

参考文献：

1. Huangmu Yang, Chen Wei, Siwei Luo*, Zongyu Huang, Ziyu Wang, Xiang Qi*. Raman scattering evolution in temperature-induced ferroelectric phase transition of few-layer NbOCl₂[J]. Applied Physics Letters, 2024, 124(11).

2. Muiyang Huang, Siwei Luo*, Hui Qiao, Bowen Yao, Zongyu Huang, Ziyu Wang, Qiaoliang Bao*, Xiang Qi*. Ferroelectric polarization enhanced photodetector based on layered NbOCl₂, Small Science, 2024, 4(3): 2300246.

swluo@xtu.edu.cn; xqi@xtu.edu.cn; jxzhong@xtu.edu.cn.

最终交流类型：邀请报告

窄带隙二维材料与器件

张凯*

中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所

III-V/II-VI等窄带隙半导体材料及其超晶格的出现推动了红外、太赫兹技术的发展，在国防安全、生物医药、环境、通信等领域发挥着重要的作用。如今，伴随着器件小型化、低功耗、CMOS 兼容集成的发展趋势以及宽光谱、室温工作等性能突破的需要，传统红外和太赫兹器件的技术瓶颈越来越突出，主要体现在器件的复杂结构、外延成本、与硅工艺的兼容性等局限。二维材料的兴起，尤其是窄带隙二维材料，因其原子层厚度、范德华集成、高载流子迁移率、可调带隙等优异的物理特

性,为红外、太赫兹光电子器件的发展带来了新契机。基于此,我们从新型窄带隙二维材料的生长、能带工程和电输运性质调节等方面着手,探究了以窄带隙半导体黑磷为代表的新型二维材料在红外和太赫兹光电子器件(探测器、激光器等)中的应用。

参考文献:

- 【1】 K. Zhang*, et al., Nature Commun. 9, 4573 (2018)
- 【2】 K. Zhang*, et al., Nature Commun. 11, 1330 (2020)
- 【3】 K. Zhang*, et al., Adv. Mater. 34, 2207796 (2022)
- 【4】 K. Zhang*, et al, Nature Mater. 22, 717–724 (2023)
- 【5】 K. Zhang*, et al., ACS Photonics 6, 1581 (2019)
- 【6】 K. Zhang*, et al., InfoMat. 5: e12403 (2023)
- 【7】 K. Zhang*, et al., ACS Nano, 17, 8743 (2023)
- 【8】 K. Zhang*, et al., IEEE Electron Device Letters, 44,686 (2023)
- 【9】 K. Zhang*, et al., Adv. Opt. Mater. 2300278 (2023)
- 【10】 K. Zhang*, et al., Light-Sci. Appl. 13, 81 (2024)

最终交流类型: 邀请报告

Bose-Einstein condensation and lasing of low-dimensional semiconductor materials

Zheng Sun^{*1}, Xingzhou Chen¹, Qiaochu Wan², Yuanjun Guan¹, Chengye Ding¹, Yuening Fan¹, Min Zhang¹, Di Sun¹, David Snoke², Jian Wu¹

1. East China Normal University

2. University of Pittsburgh

Exciton-polaritons are unique quasiparticles formed by the interaction of excitons and optical modes, offering promising applications in coherent light sources and optical control devices. Our presentation focuses on the observation of Bose-Einstein condensation of upper polariton branch in a WS₂ monolayer microcavity. As the condensation threshold is reached, we note a nonlinear increase in upper polariton intensity, reduced linewidth, and enhanced temporal coherence, characteristic of the condensation phenomenon. Through simulations, we determine the specific particle density range necessary for this condensation based on excitonic properties and pumping conditions. This discovery opens avenues for exploring condensate competition and its practical use in polaritonic lasers. Additionally, we explore the potential of Van der Waals homostructures consisting of stacked WS₂ layers for enhancing optical properties. Our experiments demonstrate ultra-low threshold laser emission from triple WS₂ layers separated by hBN, indicating efficient laser operation possibilities with such structures.

最终交流类型: 邀请报告

室温磁性二维材料的制备及其洛伦兹电镜原位研究

姜泽¹, 张军伟¹, 张晨辉²

1. 兰州大学, 材料与能源学院、电镜中心和物理科学与技术学院, 兰州, 730000

2. 新加坡国立大学, 电子与计算机工程系, 新加坡, 117576

Zhangjunwei@lzu.edu.cn, c.zhang@nus.edu.sg

磁性斯格明子, 是一种新兴的拓扑保护自旋磁结构, 以其极小的磁畴尺寸、稳定性和可调性, 成为自旋电子存储器件的潜在关键元素。自磁斯格明子在实验中被观测到以来, 研究人员发现了多种能调控其产生的材料, 包括铁磁合金、磁性多层膜以及二维磁性材料。由于这些材料的磁性能主要与其成分和微观结构决定, 因此深入探索材料结构与磁性之间的关联, 对于开发高性能、可调控的磁斯格明子材料至关重要。同时, 为了将磁斯格明子应用于如赛道存储等新型磁性存储技术中, 我们需要深入理解如何控制其成核与湮灭, 并提高其密度以满足存储密度的不断增长。本论文主要围绕三元铁基碲化物 Fe_{3-x}GeTe₂ 和 Fe_{3-x}GaTe₂ 这两种磁性二维晶体展开研究, 通过原位透射电镜技术和球差校正透射电子显微镜解析了材料的成分与磁结构, 进而探讨了磁性二维材料体系的结构模型。我们从提升居里温度和稳定形成磁斯格明子拓扑结构的角度出发, 成功制备了室温下能形成磁斯格明子的 Fe_{3-x}GeTe₂ 材料, 解决了磁斯格明子密度低及与条纹畴共存的问题, 并通过实验和计算

揭示了 $\text{Fe}_{3-x}\text{GaTe}_2$ 中 DM 相互作用的来源。

最终交流类型：口头报告

基于反式 Janus 结构的二维 Rashba 体系设计与调控

秦真真*

郑州大学 物理学院

Rashba 效应可以在不依赖外磁场的情况下,利用空间对称性破缺即可实现自旋劈裂,极大推动了自旋电子学领域的发展。通常情况下, Rashba 常数 α_R 和较强的外电场响应将利于自旋场效应晶体管的应用。基于第一性原理计算,我们针对二维材料 X_2Z_2 ($\text{X} = \text{Si, Ge, Sn; Z} = \text{P, As, Sb, Bi}$) 设计了一种反式 Janus 结构— XYZ_2 ($\text{X, Y} = \text{Si, Ge, Sn; X} \neq \text{Y}$), 研究了其结构稳定性、电子结构和 Rashba 效应,并探讨了其 Rashba 效应在外电场和应变作用下的调控规律。其中,反式 Janus SiSnSb_2 和 GeSnSb_2 单层首次被预测为二维 Rashba 半导体,且其 Rashba 效应能更有效地受到外电场的调控 (GeSnSb_2 表现出 1.34 eÅ^2 的强电场响应率)。由于功函数和电势能不适用于评估反式 Janus SiSnSb_2 和 GeSnSb_2 结构中的内建电场 (E_{in}),该工作提出了一种有效的方法,即通过基本的电荷转移来表征 E_{in} ,从而近似量化 α_R 及其在外部电场下的变化。该研究不仅提出了 GeSnSb_2 单层可作为一种有潜力应用于自旋场效应晶体管和 Rashba 类热电器件的多功能材料,而且还启发了人们通过反式 Janus 结构设计在二维材料中引入 Rashba 自旋劈裂的研究思路。

最终交流类型：口头报告

二维材料新型量子态驱动的室温高灵敏太赫兹探测器

董卓、张凯*

中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所

太赫兹波(定义频率为 0.1-10 THz)位于微波与红外波之间,具备分子指纹谱特征、高透射、高带宽等诸多优势,在生物医学、国家安全和大容量高速通信等领域具有广阔的应用前景,是各国竞相开发利用的重要频谱资源。太赫兹探测作为太赫兹核心技术之一,对于推动太赫兹系统的变革性发展与多场景应用具有重要意义。伴随着人工智能、智慧城市等领域对信息探测和智能感知的强烈需求,在以战略高性能及普适化应用为特点的 SWaP3(尺寸、质量、性能、功耗、成本)能力提升上凸显瓶颈。二维(2D)材料凭借其原子厚度、丰富的电子能带结构、超高的载流子迁移率以及易于调节和集成的优势,成为太赫兹光电子的理想材料。其中,2D 材料中的新型量子态(如拓扑量子态、激子态等)具有低能量电子输运、非线性光学响应、宽光谱吸收范围等特点,为突破片上太赫兹探测关键技术与室温高性能探测难题提供了新的契机。在本报告中我们从材料设计和输运性质等方面着手,开发了基于新型激子绝缘体和狄拉克半金属的太赫兹探测器件并探究了其高分辨透射成像应用,获得的进展包括(1)激子绝缘体相变增强的室温灵敏太赫兹探测器;(2)晶圆级无损太赫兹阵列探测器及成像应用。

最终交流类型：口头报告

二维黑磷基复合材料的柔性多功能传感应用研究

张煜浦*

西北工业大学

二维黑磷(BP)因其独特的结构和性能优势,包括:各向异性、可调谐带隙、高载流子迁移率、高电流开关比和出色的电子供体能力等,在多种柔性传感器件中应用前景广阔。本文研究了几种 BP 基复合薄膜结构在声学、光电和压力传感等的性能优化与传感机理分析,包括:1)通过湿法球磨制备的 BP/CNT@PVDF 复合薄膜,能够在高压范围 0-3.3GPa 下展示出高压传感性能,可有效应用于高低温($-180^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$)和极端压力条件下的压力传感需求;2)通过采用分层真空抽滤法,制备了单位面积热容量低、层间距大、导电性好、具有三维周期有序结构的 BP/MXene 复合薄膜,并成功将其集成在阳极氧化铝、聚酰亚胺和振动线圈上制备出多种具有优异性能的声学器件;3)通过逐层组装法制备了具有类指橙的片状-球形结构的 BP/ZnO 复合薄膜,以 MXene 为柔性电极制备的 MXene-BP/ZnO 光电传感器对 UVA 具有高达 $7 \text{ mA} \cdot \text{W}^{-1}$ 的特异性响应,并展现出优秀的机械稳定性,

在 100 次连续弯曲循环后仍能保持 98.46 % 的光响应，用于人体皮肤健康防护。这些工作将为下一代二维黑磷基柔性多功能传感器件的开发与应用研究提供了新的思路。

最终交流类型：邀请报告

碳纳米管限域合成一维磁性原子链

康黎星^{1*}

1 中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所，苏州，215123

*Email:lxkang2013@sinano.ac.cn

低维磁性材料由于其特殊的磁学性质，在基础理论发展和自旋电子器件应用均有重要研究价值，因而引起了研究人员的广泛兴趣。二维磁性材料在过去的十多年里取得了长足的进展，然而一维磁性原子链的研究却鲜有报道。近期，我们开发了一种碘辅助真空化学气相传输方法，利用具有一维空腔的单壁碳纳米管（SWCNTs）作为模板，实现了高质量和高效率的一维 MCl_x（M = Cr, Fe, Co, Ni）原子链的合成。利用低压球差透射显微镜（AC-TEM），我们详细解析了 MCl_x 原子链在 SWCNTs 封闭空间中的结构，并通过光谱表征研究了一维 MCl_x 原子链与 SWCNTs 之间的电荷转移。对该系列原子链进行直流和交流磁行为的全面研究表明，一维 MCl_x 原子链表现出完全不同于体相的反铁磁体性质，在低温下表现出自旋玻璃态（CrCl₃@SWCNT），超顺磁体（CoCl₂@SWCNT, NiCl₂@SWCNT）以及铁磁有序态（FeCl₂@SWCNT）。这系列工作为控制合成一维磁性原子链提供了一个有效的策略，其丰富的磁学性质提供了物质基础充分研究其内在物理机制，也为未来开发基于一维磁性的自旋电子器件提供了基础。

关键词：内嵌碳纳米管；限域合成；一维磁性链；异质结

参考文献

[1] Li, Y.; Li, A.; Li, J.; Tian, H.; Zhang, Z.; Zhu, S.; Zhang, R.; Liu, S.; Cao, K.;* Kang, L.;* Li, Q.* ACS Nano 2023, 17: 20112.

最终交流类型：邀请报告

基于二维材料光电突触器件在神经形态计算中的应用研究

接文静*

四川师范大学

光电神经突触具有高带宽、低串扰、低功耗和无延迟等特性，同时兼具模拟视觉神经行为的优势，随着图像识别、自动驾驶、智慧医疗等新型应用场景的不断发展，在高性能计算、人工智能领域拥有广阔的应用前景，为突破后摩尔时代传统微电子计算极限提供了极具竞争力的解决方案。二维材料因具有独特的光电性能在神经形态计算和人工视觉神经等领域得到了越来越多的广泛关注。近年来，我们研究了很多基于二维层状材料的突触器件。如，利用二维材料黑磷（BP）较高的载流子迁移率以及铁电材料 P(VDF-TrFE) 在调控器件沟道电流的能力，实现了 BP/PVDF 基的铁电场效应晶体管[1]，利用 PVDF 非易失性铁电极化，晶体管显示出 $900 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 的高迁移率值和 10^3 的开/关电流比，并且其功耗可以低至飞焦耳水平（~40 fJ）。进一步测试显示该突触晶体管可以实现可靠且可编程的突触行为，包括成对脉冲促进，长时程抑制和增强。生物记忆巩固过程是通过铁电栅极敏感的神经形态行为来模拟的。最近，我们研究发现，通过水热法制备的二维层状 BiOI 纳米薄片可以实现优异的阻变性能[2]。该忆阻器具有超低的开关电压（0.05 V）、高的开关比（ 10^5 ）、良好的保持和循环特性。基于该忆阻器构筑的突触器件，不仅可以实现诸如长时程增强、长时程抑制和成对脉冲促进等电突触功能，还能够在光刺激下实现短期记忆向长期记忆的转换，实现模拟人脑的“学习-遗忘-再学习”行为。其次，我们还研究了基于铁电 $\alpha\text{-In}_2\text{Se}_3/\text{GaSe}$ 范德华异质结的新型多功能突触器件模拟生物视觉系统[3]。类似视网膜的光波长选择性和巴甫洛夫狗实验证明了该器件处理复杂电和光输入的能力。除了光电突触行为之外，该器件还集成了类似于大脑视觉皮层中的记忆和逻辑功能。这些研究表明，基于二维材料具有合理设计结构的多功能光电突触器件在未来神经形态计算中的潜在应用。

参考文献

[1] Nano Letters, 2023, 23, 14, 6752–6759

[2] Advanced Functional Materials, 2022, 32, 2201276

[3] Advanced Functional Materials, 2022, 32, 2108014

最终交流类型：邀请报告

基于大分子修饰氮化硼墨水的可穿戴呼吸传感器

宋秀菊*

浙江大学， 机械工程学院， 流体动力基础件与机电系统全国重点实验室， 310027

二维材料由于其独特的化学和物理特性，高比表面积和体积比以及对环境的超高表面敏感性，显示出在传感应用中的巨大前景[1,2]。石墨烯氧化物（GO）和还原石墨烯（rGO）由于其丰富的含氧官能团而被广泛用于湿度传感，这些官能团使其表面高度亲水，从而通过监测电阻变化实现湿度感应。然而，基于电阻的GO和rGO湿度传感器存在较大的滞后效应，并且只能在较小的温度范围内工作，因为材料的热稳定性有限。此外，电阻读数还容易受到强烈的交叉敏感性影响，例如湿度、应变、温度等变化都会导致电阻的改变。

在众多二维材料中，六方氮化硼（h-BN）以其优异的化学和热稳定性而闻名。我们在水基 h-BN 墨水[3]的基础上开发了阻抗传感器元件，通过记录电阻和电容的变化来作为相对湿度（RH）的函数。在 20°C 下，我们在 5% 至 100% RH 范围内获得了 1.8×10^{10} 欧姆/%RH 的电阻灵敏度，并在 50% 至 100% RH 范围内获得了 0.75 pF/%RH 的最大电容灵敏度。在此基础上，我们成功制造了一款无线呼吸传感器设备，能够实时记录不同个体在日常活动中（例如观看电视、阅读、跑步、深呼吸和吞咽）的信号。该呼吸传感器可实时监测流感等常见症状，包括咳嗽、发烧、流鼻涕、鼻塞、气促或呼吸困难等。因此，我们展示了 h-BN 在传感应用中的潜力，并为实现更高性能和更广泛应用的传感器技术奠定了基础。

参考文献

[1] Song, X.; Gao, T.; Nie, Y.; Zhuang, J.; Sun, J.; Ma, D.; Shi, J.; Lin, Y.; Ding, F.; Zhang, Y.*; Liu, Z*. *Nano Lett.* 2016, 16, 6109-6116.

[2] Song, X.; Wang, Y.; Zhao, F.; Li, Q.; Ta, H. Q.; Rümmele, M. H.; Tully, C. G.; Li, Z.; Yin, W. J.; Yang, L.; Lee, K.-B.; Yang, J.; Bozkurt, I.; Liu, S.; Zhang, W.; Chhowalla, M.* Plasmon free surface enhanced Raman spectroscopy using metallic 2D materials. *ACS Nano* 2019, 13, 8312-8319.

[3] Chen, L., Hu, K., Lu, M., Chen, Z., Chen, X., Zhou, T., Liu, X., Yin, W., Casiraghi, C., Song, X.*, *Adv. Mater.*, 2024, 2312621.

最终交流类型：邀请报告

面向高能效计算和感知的二维信息器件

王峰

国家纳米科学中心

随着大数据和智能时代的到来，传统“存算分离”的冯氏计算架构和“感算分离”的成像架构面临巨大的能效挑战，亟待通过多学科交叉融合的方式寻求新的突破。二维层状材料由于具有极限厚度下的优异输运性能以及异质集成和硅基兼容的优势，展现出广阔的应用前景。在此背景下，报告人在基于二维层状材料的“存算一体”计算和“感存算一体”探测器件及系统架构上开展了系列工作。结合材料铁电性和器件结构设计，实现了全二维铁电负电容晶体管器件和数字型“存算一体”计算功能；设计了具有共面结构的栅注入模式浮栅存储器，并发展了反极性双脉冲编辑方法，从而实现了具有 8-bit、可区分、高稳定的非挥发存储状态，并基于此实现了硬件上的神经形态计算功能。基于二维铁电材料和范德华异质结的外场非挥发编辑能力，开发了二维“感存算一体”探测器件和成像系统，实现了仿人类视觉的图像自适应、三维集成感算一体卷积、动态信息捕捉等高能效智能成像功能。

最终交流类型：口头报告

Devices based on quasi two-dimensional Te and its Van der Waals heterostructures

Wei Gan, Yafei Yan, Liang Li, Minxin Li, Liang Li, Dun Wu, Hui Li*

Anhui University

Quasi two-dimensional elementary tellurium (Te) has attracted intensive attention due to its potential applications in short-wave infrared (SWIR) photodetectors due to its narrow bandgap of 0.35 eV and high

hole mobilities of about 700 cm²/Vs. Here, Te-based photodetector exhibits a peak responsivity of 51.85 A W⁻¹ at a 1550 nm wavelength, attributed to the efficient absorption of the phonons of 2D Te nanoflakes. Besides, the rising and decay time of the Te photodetector is calculated to be ~19 μs and ~21 μs, thanks to the rapid diffusion of charge carriers. However, the performance of photoconductive photodetectors based on 2D semiconductors is hampered by large dark current. Then, a van der Waals heterostructure (vdWH) composed of rhenium disulfide (ReS₂) and tellurium (Te) is fabricated. The Te/ReS₂ vdWH photodetector achieves a high specific detectivity of 10E11 Jones and a fast photoresponse speed of 11.9 μs. The fast response of the Te/ReS₂ vdWH based photodetectors most likely originate from several possible scenarios, including the highly crystalline nature and relatively large thickness of Te and ReS₂, and the formation of built-in potential and van der Waals force at the heterostructure interfaces, which facilitates the suppression of interactive scattering and enhancement of carrier mobility in the Te/ReS₂ vdWH.

最终交流类型：邀请报告

二维非层状铬基硫化物控制生长与物性研究

周喻^{1, 2}

1. 中南大学物理学院

2. 粉末冶金国家重点实验室

二维铬基硫化物具有独特的磁结构与光电性质，引起广泛的研究兴趣。然而，因其非层状晶体结构的三维各向同性及同质多晶现象，在二维纳米结构及相态控制方面上存在较大的挑战。

本报告主要内容聚焦于从生长基元步骤出发，通过热力学与动力学设计调控非层状二维铬基硫化物的形核、取向及相态调控及掺杂过程等，实现了垂直/水平二维纳米片选择生长与大面积三方相薄膜制备，并研究了不同相态的自旋玻璃态及非线性光学性质等物理性质。

参考文献：

1. Yu Zhou et.al, Phase-controlled synthesis of large-area trigonal 2D Cr₂S₃ thin films via ultralow gas-flow governed dynamic transport, *Advanced Functional Materials* 2024, 2404750.

2. Yu Zhou et.al, Synthesis of high resistive two-dimensional nonlayered Cr₂S₃ nanoflakes with stable phosphorus dopants by chemical vapor deposition, *Applied Physics Letters* 2023, 122, 222101.

3. Yu Zhou et.al, “Role of the Spatial Distribution of Gas Flow for Tuning the Vertical/Planar Growth of Nonlayered Two-Dimensional Nanoplates”, *Crystal Growth & Design* 2022, 22, 1, 763–771.

4. Yu Zhou et.al, “Spin Glass State in Chemical Vapor-Deposited Crystalline Cr₂Se₃ Nanosheets”, *Chemistry of Materials*, 2021, 33, 10, 3851–3858.

最终交流类型：邀请报告

基于胶体纳米晶的二维表面合成化学

孙轶凡*

上海交通大学

二维纳米材料因独特的原子结构和显著的量子限域效应而表现出与块体材料截然不同的物理化学性质，在光学、磁学、能源和催化等领域受到广泛关注。基于胶体纳米晶的表界面合成化学，为阐明异质界面化学键的形成规律、揭示结构与性质之间的构效关系提供了新的机会。报告人利用胶体纳米材料表界面化学键的合理设计，实现了非层状材料二维纳米结构的精准构筑，并揭示了其在原子尺度下的调控机制。报告将主要介绍两部分的研究工作：（1）突破维度限制，利用界面效应诱导非层状贵金属在二维过渡金属硫族化合物表面的二维限域生长，制备具有混合维度的二维范德瓦耳斯异质结构；（2）基于界面原子捕获方法，在二氧化铈三维纳米颗粒表面构筑二维过渡金属氧化物原子层，提升其原子级表面利用率并改善催化性能。

参考文献：

[1] Sun, Y.; Crespi, V.H.; Terrones, M.; Schaak, R.E. et al. *Nat. Chem.* **2020**, 12, 284.

[2] Sun, Y.; Liu, J.; Dai, S. et al. *ACS Cent. Sci.* **2022**, 8, 1081.

[3] Sun, Y.; Dai, S. et al. *Adv. Sci.* **2022**, 9, 2104749.

最终交流类型：邀请报告

二维半导体薄膜制备与电调控光电效应研究

王泽高*

四川大学

摘要：二维半导体薄膜具有诸多优异的物理、化学性质，特别是其低载流子浓度的特征极易被调制的电子结构在光电探测领域展现出诱人前景。项目组围绕二维半导体薄膜的可控制备、表面界面调控开展研究：1) 实现了 n 型 MoS₂ 半导体薄膜的大尺寸制备；2) 实现 p 型铂基化合物的多晶薄膜制备与单晶形核生长研究；3) 发展了高电学接触性能的器件制备工艺，实现了器件高效构筑；4) 开展了基于多种二维半导体薄膜、异质结薄膜的光电调控研究，在光强度探测、偏振探测中取得进展。在本报告中，报告人将着重探讨项目组近年来在薄膜高质量生长及栅压调控光电效应研究中的进展。

报告人王泽高，教授、博士生导师，入选国家级青年人才计划。聚焦低维半导体薄膜生长、新原理、新器件关键技术，发展了半导体薄膜材料性质与器件性能原位研究技术、取得室温可见-近红外宽波段光电探测研制等多项核心技术的突破与创新。迄今发表高水平学术论文 200 余篇，包括一作/通讯作者论文 *Advanced Materials*、*Advanced Functional Materials*、*Advanced Science*、*ACS Nano* 等 70 余篇，H 因子 50。担任 IEEE 3M-NANO 国际会议大会主席 1 次，分会主席 5 次。承担国家某专项重点项目课题 1 项，国家自然科学基金 3 项。

最终交流类型：邀请报告

Coexistence of ferroelectricity and antiferroelectricity in 2D van der Waals multiferroic

Bo Peng*

University of Electronic Science and Technology of China

Multiferroic materials with a coexistence of ferroelectric and magnetic order have been intensively pursued to achieve the mutual control of electric and magnetic properties toward energy-efficient memory and logic devices. The breakthrough progress of 2D van der Waals magnet and ferroelectric encourages the exploration of low dimensional multiferroics, which holds the promise to understand inscrutable magnetoelectric coupling and invent advanced spintronic devices. However, confirming ferroelectricity with optical techniques is challenging on 2D materials, particularly in conjunction with antiferromagnetic orders in a single-layer multiferroic. The prerequisite of ferroelectric is the electrically switchable spontaneous electric polarizations, which must be proven through reliable and direct electrical measurements. Here we report the discovery of 2D vdW multiferroic with out-of-plane ferroelectric polarization in trilayer NiI₂ device, as revealed by scanning reflective magnetic circular dichroism microscopy and ferroelectric hysteresis loop. The evolutions of between ferroelectric and antiferroelectric phase have been unambiguously observed. Moreover, the magnetoelectric interaction is directly probed by external electromagnetic field control of the multiferroic domains switching. This work opens up opportunities for exploring new multiferroic orders and multiferroic physics at the limit of single or few atomic layers, and for creating advanced magnetoelectronic devices.

最终交流类型：口头报告

基于 DNA 超晶格和范德华材料的二维软硬物质界面量子器件

赵凯¹、董宝娟^{1,6}、王琦²、刘福团⁴、魏钟鸣⁵、张靖^{1,6}、姜硕星²、韩拯^{*1,3,6}

1. 山西大学

2. 南京大学

3. 辽宁材料实验室

4. 中国医科大学附属第一医院

5. 中国科学院半导体研究所

6. 合肥国家实验室

DNA 是一种常见的软物质，可通过遗传信息加密的方式促进其片段自组装而形成 DNA 折纸结构。DNA 折纸结构被认为是在生物学以外创建纳米结构非常有潜力的一种基础模块，特别是在

纳米电子学领域。然而，与硬物质不同的是，DNA 纳米电子学迄今为止在很大程度上仅限于零维 (0D) 和一维 (1D)。而探索其与更高维度的硬物质（如二维范德华材料）组成的功能器件领域一直具有挑战性。我们的研究表明，横向尺寸超过 10 μm 的 DNA 折纸结构薄膜可以作为足够坚硬的基底（杨氏模量约为 4 GPa）。我们进一步展示了由 DNA 折纸结构和二维范德华材料构成的二维软硬物质界面 (2D-SHIM)，其中范德华层以二维方式融合到 DNA 折纸结构中。在这种 2D-SHIM 中，DNA 薄膜由于其自组装周期小于 100 nm，可以充当超晶格，从而强烈调控系统的电子态。我们的研究结果使用软物质作为超结构来调控硬物质的电子特性开辟了新的可能性，有望应用于下一代纳米电子学中。

最终交流类型：口头报告

基于优化设计的有机小分子半导体薄膜突触忆阻器的研究

王德慧、尹金香、接文静*

四川师范大学

随着大数据和人工智能时代的到来，模拟神经形态突触功能的非易失性和存算一体忆阻器件在神经形态计算方面显示了巨大的发展潜力。我们通过调节共轭结构及其上取代基，自主设计并合成具有不同阻变功能的新型有机小分子半导体，通过物理气相沉积的方法在 Si/SiO₂ 衬底上沉积超薄薄膜，构筑忆阻器件，系统研究器件的阻变性能和突触功能。首先，设计并合成，具有供电子-吸电子结构的有机小分子，其中呋喃基作为给电子基团，而三氟甲基作为吸电子基团。具有给电子-吸电子体系的 3-苯基-4-(4-(三氟甲基)苯基)-2H-萘并[1,8-bc]呋喃(TPNF)能够实现数字阻变，器件高低阻态具有长达 10⁴ s 的保持特性。其次，通过改变取代基，将 D-A 结构中的吸电子基团三氟甲基换成具有给电子效应的烷氧基，我们探索了共轭有机小分子 4-(4-甲氧基苯)-3-苯基-2H-萘并[1,8-bc]呋喃(MPNF)薄膜材料阻变性能，器件实现了模拟阻变行为，这是由于分子缺少电子受体单元，因此不能构成给吸电子体系，电子不易传输，有利于电阻逐渐变化，并且实现了具有高线性度的长时程增强(LTP)、长时程抑制(LTD)，基于此，可进一步实现十进制加、减、乘、除运算。进一步，基于柔性衬底制备的 Pt/MPNF/ITO/PET 的器件通过不同弯曲次数和不同半径柔性测试表现出稳定的忆阻性能和突触可塑性，表明该材料在柔性可穿戴电子产品中应用潜力。本研究通过调节共轭结构的取代基实现不同的阻变行为，为进一步实现面向神经形态计算的高性能忆阻器提供新的方案和途径。

最终交流类型：口头报告

通过 γ -InSe 的硒化实现 In₂Se₃ 的相调控

刘倍托、葛瑞、越方禹、郑钰凡、隋峰锐、于逸伦、黄荣、齐瑞娟*、段纯刚

华东师范大学

The polymorphic nature of In₂Se₃ leads to excellent phase-dependent physical properties including ferroelectricity, photoelectricity, and especially the intriguing phase change ability, making the precise phase modulation of In₂Se₃ of fundamental importance but very challenging. Here, the growth of In₂Se₃ with desired-phase is realized by temperature-controlled selenization of van der Waals layered bulk γ -InSe. Detailed results of Raman spectroscopy, scanning electron microscopy and state-of-the-art spherical aberration-corrected transmission electron microscopy clearly and consistently show that β -In₂Se₃, 3R α -In₂Se₃ and 2H α -In₂Se₃ can be perfectly obtained at $\sim 270^\circ\text{C}$, $\sim 300^\circ\text{C}$ and $\sim 600^\circ\text{C}$, respectively. Further comprehensive atomic imaging analyses confirm that the seeding material, InSe, plays a critical role in the low-temperature epitaxial growth of vdW-layered In₂Se₃, and, more interestingly, β -In₂Se₃ acts as an intermediate phase between 3R and 2H α -In₂Se₃ transitions. Our investigation not only provides a simple but versatile strategy for the phase modulation of In₂Se₃, but also sheds light on the temperature-dependent phase evolution in In₂Se₃.

最终交流类型：口头报告

AgCrX₂ (X=S, Se)中巨大的电致应变、负压电性和负热膨胀

王雨桐、吴梦昊*

华中科技大学

由于键的非谐性，大多数材料的压电系数和热膨胀系数一般为正。对于将电信号转化为宏观形变的逆压电效应，目前流行的陶瓷类材料所获得的电致应变仅约 1% 左右。我们提出，金属阳离子的配位相转变可能会引起范式的转变。通过第一性原理计算，在超离子导体 AgCrX_2 ($\text{X}=\text{S}, \text{Se}$) 中，我们预测了银离子具有不同配位的一系列新相，包括具有不同层间距的铁电相和非极性相。银离子的迁移特性可归因于其复杂的配位化学性质，可以促进不同配位相之间的转变。这些相转变简单易行且势垒极低，可通过施加压力、电场或温度变化来驱动，从而产生多种奇异效应，包括电致应变、负压电效应和负热膨胀，且均具有前所未有的巨大系数。这些效应与以往报道的弱线性效应不同，其产生的机制是源于配位转变。

最终交流类型：口头报告

在水气界面通过离子特异性偏好生长毫米级二维金属碘化物

仲净贤*

东南大学

传统的液相法在合成和加工具有毫米级尺寸和原子级厚度的材料时缺乏精确的控制。水界面在包括催化等许多化学反应中具有普遍而独特的作用。然而，利用水界面制备二维材料的研究工作几乎空白。本文报道了在水气界面上生长毫米级二维 PbI_2 单晶的方法策略。通过原位观察实验和分子动力学模拟，发现了生长机理是离子的特异性偏好，即碘离子和铅离子分别倾向于留在水气界面和水体内部聚集，实现了二维 PbI_2 以及其他金属碘化物 (SnI_2 、 GeI_2 和 CdI_2) 的结晶。特别是， PbI_2 晶体可以定制成任意厚度，并进一步转化为毫米级单层至少层的钙钛矿 (PEA_2PbI_4 、 NMA_2PbI_4 、 MAPbI_3 和 FAPbI_3)。此外，基于此制备方法的系列水基工艺技术，包括水浸泡、旋涂、水刻蚀和水流辅助转移等，用以回收、减薄、图案和定位转移 PbI_2 和相应的钙钛矿，制备了环境友好、高集成度、高性能的金属碘化物材料和器件。水气界面介导的制备加工方法对于未来功能材料及其集成器件应用具有重要发展意义。

最终交流类型：邀请报告

Inorganic 2D material liquid crystals for deep UV light modulation

Bilu Liu*

Tsinghua Shenzhen International Graduate School

Liquid crystal (LC) is one of fundamental optical materials with their birefringence controllable by external magnetic/electric stimulus. Modulators based on organic LCs have shown desired modulation capability with an annual global market of >100 billion US\$, but with challenges of weak sensitivity, material stability, toxicity, and limited light modulation range mainly in the visible to infrared regime. In this talk, I will discuss our recent results of using inorganic 2D materials as LCs. Such inorganic 2D material LCs possess extremely sensitive response to external magnetic or electric field, good stability, and capability to tune deep UV light down to 260 nm which is not possible previously. In addition, such inorganic 2D material LCs can be produced in large quantities with a low cost when start with natural layered minerals.

最终交流类型：邀请报告

晶圆级单晶二维材料的生长机理

张磊宁*

北京理工大学

二维材料凭借其独特的物理和化学性质而被广泛应用于电子、光电子等领域，推动其产业化应用的先决条件则在于实现高质量、层数可控、晶圆级单晶二维材料的制备。受限于实际反应体系的复杂性以及原位、高分辨表征方法的应用范畴，理论研究在揭示生长机理、预测实验关键参数、促成二维材料可控生长方面不可或缺。报告人聚焦于晶圆级单晶二维材料外延生长的理论研究，取得了如下原创性成果：

(1) 建立了利用低对称性单晶衬底实现二维晶畴单一取向的理论模型，合作实验实现了晶圆级的六方氮化硼薄膜的制备；

(2) 揭示了孪晶衬底上外延生长晶圆级单晶二维材料的相关原理, 打破了单晶材料仅能在单晶衬底上生长的传统外延理论认知;

(3) 提出了多层二维材料同步生长的物理模型, 指导实验获得了层数可控的晶圆级六方氮化硼薄膜。

最终交流类型: 邀请报告

序调控策略制备高强韧性非晶合金薄膜

柯海波*

松山湖材料实验室

不同的原子序构对结构金属材料的强度和延展性起着关键作用。然而, 如何有效地操纵原子序构来克服长期存在的强度-延性权衡仍然面临着挑战。原子制造是一种自下而上变革性的方法, 可创制具有颠覆性能的全新材料, 有望克服这一挑战。我们采用脉冲激光沉积技术作为原子制造技术, 在典型的 $\text{Zr}_{50}\text{Cu}_{40}\text{Al}_{10}$ 非晶合金中制备出不同有序度的纳米结构, 发现与已有的锆基合金相比, 能够实现更广泛的序调控结构且呈现出更优越的力学性能。值得注意的是, 我们获得一种全新的 spinodal 玻璃结构, 其呈现出 3.89 GPa 的超高屈服强度和 75% 以上的延展性, 实现了强度和延展性之间的权衡。本工作表明序调控在探索具有优异综合性能和极限性能非晶合金薄膜材料方面的巨大潜力。

最终交流类型: 口头报告

二维 GeSe 的 Janus 极化态

关赵、郑贇哲、童文旖、钟妮*、段纯刚

East China Normal University

在当今科技快速发展的时代, 二维 (2D) 极化材料由于具备独特的电子输运特性而备受关注和期待, 特别是在满足设备小型化的需求上显示出巨大的潜力。然而, 如何在二维体系有效诱导、调控铁电极化仍充满挑战。尽管近年来对本征和滑移机制的研究日益增多, 采用创新机制诱导 2D 极化的策略依然相对较少。与此同时, 作为 2D 材料的一个重要分支, 2D Janus 材料由于其独特的非对称结构破坏了反演对称并展现出意想不到的物理和化学特性, 成为近年来研究的热点。因此, 将 2D Janus 与 2D 极化结合, 极有可能使其具备更多新颖的、吸引人的重要物理性质。

该报告介绍了第四主族单硫化物 GeSe 材料的 2D Janus 状态, 展示了利用机械力调控极化的新策略。首次利用纳米探针在单层 GeSe 中引入了一种通过调制翘曲结构产生的新型 2D Janus 状态。通过扫描探针显微镜、高分辨透射电子显微镜和密度泛函理论计算等方法, 实现并观察到了力诱导的原子级不对称翘曲畸变引起的面外、面内极性。这种 Janus 状态在去除外部力学干扰后仍能稳定保持, 通过调节滑动方向可以实现切换, 为配置新型 2D 极化材料提供新颖的视角, 具有巨大的应用前景。

最终交流类型: 口头报告

二维非晶碳的无序度调控与构效关系

田慧丰、刘磊*

北京大学

结构决定性质, 这一底层认知逻辑和研究范式已被多次验证和使用, 广泛应用于新物理现象的理解和预测、新材料的设计等。非晶态材料中原子的排布无长程序、内部原子无法被直接观测而导致其三维原子结构依然成谜, 原子尺度上的构效关系仍不清楚。直到现在来看, 探索和表征非晶结构中的无序度依然是材料科学和凝聚态非晶物理最具挑战性的科学问题之一。针对这一关键科学问题, 报告人团队利用了“二维材料的原子都暴露在表面, 其位置可以被精准解析”这一特性, 来解决非晶材料原子结构解析的难题。

该工作利用一种环状芳香分子作为前驱体, 选用化学气相沉积方法, 将金属衬底的温度作为主

要调控参数,精确调控分子源热裂解程度及样品的成核生长,得到了具有不同结构无序度的单层非晶碳(AMC)样品。进一步,利用电子衍射和扫描透射电子显微技术揭示了 AMC 的原子结构,系统分析了 AMC 中程序差异和原子结构的温度依赖特性。同时在电学性质的测量中,AMC 材料的导电性也展现出了高度温度依赖特性:25 °C 的温度变化即可实现 AMC 材料从绝缘体到半导体的转变,使其导电性在 9 个数量级中连续可调。

在上述实验的基础上,利用密度泛函理论计算和蒙特卡洛计算成功关联了二维非晶碳的原子结构和电学性质,揭示了 AMC 导电性差异的微观机理,引入一个全新的序参量——跳跃岛密度,并成功绘制了“微观结构-宏观导电性能”相图,首次在一个非晶材料实例中构建了精准的构效关系。

最终交流类型:口头报告

新型二维相变材料的制备与器件应用

郝巧燕*

深圳大学,深圳,518060

*邮箱: hqy@szu.edu.cn

报告摘要: 二维相变材料具备丰富的晶体结构和物理化学特性,近些年成为开发电子、光电子、信息与能源存储等功能型器件的潜在候选者。不同于 2H 型过渡金属硫族化合物,二硒化钼具有独特的由五角晶格构成的晶体结构,以及强烈层数依赖的电子结构及高迁移率等特点。同时,它还表现出丰富的相变行为。目前,对二维二硒化钼相变调控及器件应用的研究主要依赖胶带剥离和化学气相沉积等制备技术。报告人将重点介绍在发展对该新型二维相变材料的高效制备及器件应用方面的研究进展,包括二硒化钼纳米片的电化学剥离制备以及建立在可控相变基础上的器件应用探索。

关键词: 二硒化钼, 相变, 电化学剥离

参考文献:

- [1] Q. Hao, J. Huang, and W. Zhang* et al, Adv. Funct. Mater. 2024, Doi: 10.1002/adfm.202316733.
- [2] Q. Hao, P. Li, and W. Zhang* et al, J. Materiomics 2023, 9, 527.
- [3] P. Li, Q. Hao*, and W. Zhang* et al, Adv. Funct. Mater. 2022, 32, 2108261.
- [4] Q. Hao, J. Liu, and W. Zhang* et al, ACS Nano 2020, 14, 11373.
- [5] A. D. Oyedele, S. Z. Yang, and K. Xiao* et al, J. Am. Chem. Soc. 2017, 139, 14090.

最终交流类型:口头报告

新型二维插层化合物的构筑及物性研究

王平、周家东*

北京理工大学

新型二维插层化合物由于其具有丰富的物理性质,为构建多功能微纳器件提供了材料基础。然而,目前很难实现大尺寸、高质量的二维插层化合物的制备,严重制约了对二维插层化合物结构、性质和应用的研究。因此,设计和制备新型二维插层化合物将有助于实现多元的材料体系和新奇的物理性质,为二维多功能器件的应用奠定基础。我们采用化学气相沉积法实现了多种二维插层化合物的构筑,通过调控化学反应,实现了二维插层化合物 V_3S_5 、 $CuCrSe_2$ 纳米片的制备,并深入研究了新型二维插层化合物的物理性质,为其在低维电子器件领域中的应用提供了可能。

最终交流类型:口头报告

三元过渡金属磷硫族化合物的制备与性质研究

杨阳*

北京理工大学

摘要:

二维三元过渡金属磷硫族化合物(TMPCs)由于其广泛可调的带隙、丰富的电子性质、固有的磁性和铁电性而引起了广泛的研究兴趣。然而,通过化学气相沉积法(CVD)控制多种前驱体之间的反应,仍然具有挑战性。基于此,本报告提出了一种减元生长机制,以实现 TMPCs 的可控合成。具体内容包括:(1)实现了 $FePS_3$ 、 $FePSe_3$ 、 $MnPS_3$ 、 $MnPSe_3$ 、 $CdPS_3$ 、 $CdPSe_3$ 、 $In_2P_3S_9$ 和 $SnPS_3$ 的制

备, 并通过拉曼光谱、二次谐波(SHG)和高角度环形暗场扫描透射电子显微镜(STEM)进一步探究了以上 TMPCs 的基础性质。(2) 典型的 TMPCs-SnPS₃ 在 1064 nm 激光下表现出强的 SHG 信号, 其有效非线性磁化率 $\chi^{(2)}$ 为 $8.41 \times 10^{-11} \text{ m V}^{-1}$, 约为 MoS₂ 的 8 倍。(3) 基于 CdPSe₃ 的光电探测器具有良好的探测性能, 响应度为 582 mA W^{-1} , 探测率为 $3.19 \times 10^{11} \text{ Jones}$, 上升时间为 611 μs , 优于以往报道的大多数基于 TMPCs 的光电探测器。这些结果证明了二维 TMPCs 高的结晶质量, 促进了二维 TMPCs 光学特性的探索, 并为其在光电子学中的应用奠定了基础。

最终交流类型: 邀请报告

面向智能视觉系统的二维电子材料和器件

王振兴*

国家纳米科学中心, 北京, 100190

*邮箱: wangzx@nanoctr.cn

传统成像技术主要通过分辨率、帧频、动态范围等性能的提升, 获得高质量的图像或视频信息, 服务“给人看”。人类社会正逐步进入智能时代, 成像技术服务的主体正从“给人看”向“给机器看”转变, 要求机器能够对图像进行精准的识别、分类和处理。而传统成像技术其“传感”和“计算”单元分离的架构, 使其存在数据高冗余、高功耗、长延时等难题, 难以满足高性能智能成像的需求。因此具有“感算一体架构”的成像新技术成为当前的研究前沿。报告人将重点介绍课题组在面向智能成像器件的研究进展, 其中包括二维半导体材料制备和“感算一体化”成像器件构筑。

关键词: 铁电半导体, 神经形态器件, 感存算一体, 忆阻器

参考文献:

- [1] Y. Wang, F. Wang*, and Z. Wang* et al, Nano Lett. 2024, 24, 5862.
- [2] Y. Wang, F. Wang*, and Z. Wang* et al, Nano Lett. 2023, 23, 4524
- [3] L. Yin, R. Cheng*, Z. Wang*, and J. He* et al, Adv. Mater. 2023, 35, 2306850
- [4] Y. Cai, Z. Wang* et al, Adv. Funct. Mater. 2023, 33, 2212917.
- [5] J. Jiang, J. He* and Z. Wang*, et al, Adv. Mater. 2023, 35, 2211701.
- [6] Y. Wang, Z. Wang* and J. Shi*, et al, Adv. Mater. 2023, 35, 2209465.
- [7] S. Li and Z. Wang* et al, Adv. Mater. 2023, 2301472.
- [8] Z. Wu, F. Wang* and Z. Wang* et al, Nano Lett. 2022, 22, 7094.
- [9] J. Yang, F. Wang*, Z. Cheng, Z*. Wang* et al, Adv. Funct. Mater. 2022, 2205468.
- [10] L. Yin, Z. Wang*, and J. He* et al, Nano Lett. 2020, 20, 4144-4152.
- [11] F. Wang*, Z. Wang*, and X. Sun* et al, Angew. Chem. Int. Ed. 2024, e20242033.

最终交流类型: 邀请报告

Structural manipulation of active van der waals materials for on-chip optical communication

Yaqing Bie*

Sun Yat-sen University

Layered materials include graphene, molybdenum ditelluride, etc. has emerged as a promising near-infrared material with notable optical activity, making it ideal for hybrid integration with silicon photonics in optical communications. The polymorphic nature of van der Waals materials, suggests that its optoelectronic properties can be finely adjusted through phase transitions and controlled stacking, presenting a rich set of properties alongside challenges in robustness. Understanding the distinct phases and lattice structure manipulation mechanisms is therefore essential.

Our studies explore two methods of lattice structure manipulation. In the first approach, we detail the transition of monolayer MoTe₂ from the 2H to the 1T' phase, achieved using field-enhanced terahertz pulses rather than visible light. This method limits structural damage by high energy photons thanks to the lower energy of terahertz photons. In the second approach, we utilized the twist&stacking method and prepared a series of MoTe₂ homobilayers, twisted multilayer graphene with accurate controlled twist angles, focusing on small-twist regions. We characterized these twist-stacked materials with low-temperature photoluminescence, photothermal emission and absorption spectroscopy to optimize their optical response near the infrared II region and to track exciton emission evolution with increasing twist angles. We also fabricated gate tunable devices based on twisted MoTe₂ bilayers and twisted bilayer graphene, offering insights into excitonic behaviors as a function of stacking orders. Our findings contribute vital experimental understanding of phase transitions and excitonic dynamics in atomically thin

semiconductors, paving the way for advanced on-chip optoelectronic applications.

References

- [1] Nature Communications 14 (1), 5905, 2023
- [2] Advanced Optical Materials 11 (17), 2300424, 2023
- [3] Advanced Optical Materials 12 (5), 2301747, 2024
- [4] Nature Nanotechnology 12, 1124–1129, 2017

最终交流类型：邀请报告

MXene 在电池与热化学电池器件的应用研究

黄扬*

香港科技大学（广州）

二维过渡族金属碳/碳氮化物（MXene）与其他二维材料（如石墨烯）类似，具有高柔性、大比表面积、高机械强度、可调层间距等优势，在能源存储、废水处理、生物医药等领域有良好的应用前景。在 MXene 的合成过程中，裸露在最外层原子会自发地粘附大量含氧官能团（如-O 和-OH），使 MXene 具有较强的氧化还原活性和优异的亲水性；而 MXene 的内部原子保持着与前驱体 MAX 材料一致的晶体结构，含有大量自由电子，因此 MXene 具有出色的金属导电性。本次报告将从 MXene 家族的结构优势和面临的挑战出发，结合报告人已取得的研究成果，详细介绍 MXene 的活泼类氧化物表面以及稳定金属性芯部相结合的异质特性，在构筑高容量、高倍率、长循环电池，微型电池以及高功率热化学电池的巨大应用潜力。报告人期望本次报告可以为从事二维材料能源存储与转换器件研究的老师和同学带来一些启发。

最终交流类型：邀请报告

基于二维原子晶体材料的主被动调制超快激光技术研究

张晗*

深圳大学

光纤激光器作为第三代激光技术代表，具有高效率、高光束质量、结构紧凑、高稳定性等优势，已成为精密加工、国防军事、医疗等领域的重要光源，对国家安全、国民经济可持续发展具有重要战略意义。脉冲激光技术是指在激光器中实现高能量、短脉冲输出的有效技术手段，主要通过被动/主动调制两种途径实现，其关键在于调制器件。以半导体可饱和吸收镜（SESAM）为代表的被动调制器件，面临国外垄断及卡脖子现状（比如工作波长有限、响应速度慢、工艺复杂等）；以铌酸锂为代表的主动调制器件，受限于损耗高、电光/声光调制带宽窄、工作波段窄等难题。基于此，围绕上述难题：1）揭示石墨烯、磷烯等二维原子晶体超快非线性光学特性及其调控规律，基于其可控可调光学饱和吸收效应，突破调制深度、工作波段等局限，研制出宽波段高性能可饱和吸收器件，应用于覆盖从可见光到中红外波段超短脉冲产生，填补了中红外被动调制光纤激光器技术空白；2）基于其独特非线性光学吸收、克尔、电光等效效应，解决主动调制器工作带宽、响应波段、能耗等难题，研制出国际上最大带宽 100G 石墨烯电光调制器件，开发基于全光、电光非线性效应的脉冲光纤激光新技术，突破中红外主动调制激光技术壁垒。

最终交流类型：邀请报告

石墨烯在柔性光电器件中应用的研究进展

杜金红*

中国科学院金属研究所

石墨烯凭借光电性能优异、柔韧性好、稳定性高的特点在柔性光电器件领域展现出巨大的应用潜力。化学气相沉积（CVD）法制备的高质量石墨烯薄膜已经实现大面积生产，为石墨烯在光电器件领域中应用提供了材料保障。但是，功函数不匹配、表面疏水、粗糙度大、石墨烯像素电极间很容易被随后沉积的半导体层水平连通而发生短路等难题制约了其应用。针对上述问题，我们发展了 CVD 生长石墨烯的清洁无损转移、聚合物电解质掺杂调控石墨烯功函数和表面特性等方法，在柔性基体上获得了高透明导电性、表面平整且功函数可调的石墨烯薄膜。开发了绝缘高分子材料“限域载

流子传输”的方法，解决了像素电极间易短路的难题。在上述工作基础上，开展了石墨烯基柔性有机发光二极管(OLED)显示器件的研制工作，获得了多种发光颜色的 OLED 器件(Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 2020, 117: 25991-25998; Nanoscale 2016, 8: 10714-10723)、国际上首个发光面积为 4 英寸的石墨烯基 OLED 器件(Nat. Commun. 2017, 8:14560)、高性能的两侧均可发光的透明 OLED 器件(Nat. Commun. 2022, 13: 4987)和首个碳纳米管薄膜晶体管驱动的石墨烯基有源矩阵 OLED 显示器件(Small 2023, 2302920)。同时，研制出高性能、大面积的石墨烯基柔性有机太阳能电池(Carbon 2021, 171: 350-358; Solar RRL. 2019, 3: 1900042; ACS Nano 2019, 13: 5513-5522; Nanoscale 2017, 9: 251-257)。此外，我们利用石墨烯高的防渗透特性和较好的弹性，开发了一种石墨烯与聚合物的夹层结构柔性封装膜，实现了对钙钛矿太阳能电池等光电器件的封装，具有极好的水汽、氧气阻隔特性。

最终交流类型：口头报告

晶体管器件可靠性问题微观机理研究框架

刘岳阳、解梦彤*

中国科学院半导体研究所

晶体管的发展一直在采用两个主要的策略，一个是通过缩小晶体管的尺寸来提升芯片的集成度；另一个是通过创新晶体管的结构，使单个晶体管的性能提升。这两种策略，一方面是非常有效的，但是另一方面也正在引入一些负面的效应，比如这个晶体管里面的电场强度越来越大，然后里面的缺陷密度也在增加，包括量子效应也在增强等等，从而导致这个器件中的可靠性问题会越来越显著。这些可靠性问题有很多种类，它们在宏观上表现出了不同的效果。比如说偏压温度不稳定性会导致这个阈值电压漂移等等，最终就会导致这个芯片性能的提升远远达不到人们预期的那种高度。所以现在半导体和微电子领域都对器件可靠性非常的关注。通过研究发现，晶体管界面缺陷中漏端 Si-H 键的断裂，并不是电子单因素破坏的，而是氢气钝化的逆过程。如果要解决热载流子退化问题，需要去掉吸附的亚稳态氢原子，这一过程有待进一步的研究。

最终交流类型：口头报告

阳离子和空位迁移重构驱动的二维 α -In₂Se₃ 原子级别相变观测

郑钰凡、隋锋锐、刘倍托、葛瑞、齐瑞娟*、越方禹、黄荣

华东师范大学

As a room temperature two-dimensional (2D) van-der-Waals (vdW) ferroelectric semiconductor, In₂Se₃ maintains stable ferroelectricity at ultra-thin scales, exhibiting having the intriguing potential to the next-generation of non-volatile ferroelectric memory. The ferroelectricity of 2D In₂Se₃ is inextricably linked to its phases. So far, paraelectric (β), ferroelectric (α) and antiferroelectric (β') phases have been found in 2D quintuple layers, therefore understanding the phase transition mechanism of In₂Se₃ multiple phases is the key to precisely tuning its properties at the nanoscale. In this study, In-situ irradiation of 2H α -In₂Se₃ using an electron probe with a probe current of 68 pA reveals microscopic processes of interlayer migration of In cations, furthermore, large-scale phase transition of 2H α -In₂Se₃ is studied by using atomic-scale in-situ heating transmission electron microscopy and in-situ Raman techniques, which indicates the 2H α -In₂Se₃ first undergoes phase change to uncovered 6H-phase in a layer-by-layer manner at around 260 °C, with some β phase layers present at the phase boundary, and finally a new phase appears with the holding time prolonged and still can stabilize after cooling down to the room temperature. We find that the cation and vacancy migration and has a crucial role in the phase transition of In₂Se₃. Our results provide detailed microscopic insights on the α -2H In₂Se₃ phase transition kinetics and shows useful guideline for defined phase control of In₂Se₃ for unique properties modulation.

最终交流类型：口头报告

氧化锌微米棒回音壁模式中的激子极化激元激射

孙迪、张敏、吴健、孙政*

华东师范大学

我们报告了在室温下对一维氧化锌微米棒微腔中回音壁模式 (WGM) 极化激元激射的实验观测。在非共振光脉冲泵浦下, 我们测量了发光强度随泵浦功率的变化情况, 并确定了 WG 模式具有相当低的激射阈值。我们还通过色散模拟测量了激射阈值与光子-激子失谐能量的关系。这些实验结果表明, 当光学模式与激子能量之间的失谐达到最佳状态时, 具有较高 Q 因子的 WGM 可以发生激射。下一步的工作将是在室温下通过可控周期激发光模式激发氧化锌微米棒产生一维凝聚链。

最终交流类型: 口头报告

多色窄带发射激子极化激元 OLED

管媛君¹、袁世焱²、丁承烨¹、陈星州¹、张敏¹、孙迪¹、付红兵²、廖清²、吴健¹、孙政^{*1}

1. 华东师范大学
2. 首都师范大学

多色窄带发射 OLED 在全彩和超高清显示中体现了潜在的应用前景。但发射光颜色的范围和色纯度的提高仍然是一个挑战。在这项工作中, 我们展示了一种将有机材料体系激子极化激元作为载体, 实现了激子极化激元高效电致发光的 OLED 器件。这些器件具有低导通电压 (~2 V), 六色窄带发射(从蓝光到红光), 并且能够承受高达 118 A/cm² 的电流密度的特性, 在应用层面展现了巨大潜能。

最终交流类型: 口头报告

二维半导体 MoSi₂N₄ 的反常高热导研究

何承俭^{1,2}、徐川^{1,2}、陈晨^{1,2}、成会明^{1,2,3}、任文才^{*1,2}

1. 中国科学院金属研究所
2. 中国科学技术大学 材料科学与工程学院
3. 中国科学院深圳先进技术研究院

摘要: 后摩尔时代的来临引发了器件小型化的热潮, 而随着沟道尺寸的缩小和晶体管数量的增加, 芯片的散热问题日趋严峻。因此, 兼具高热导率和高载流子迁移率的二维半导体在下一代电子/光电子器件中具有重要的研究和应用价值。然而, 根据 Slack 准则, 目前所报道的二维半导体 (如 MoS₂、WS₂、MoSe₂、WSe₂ 和黑磷等) 受困于晶体结构复杂、平均原子质量大、化学键相对较弱等因素, 其热导率均远低于商用半导体材料硅 (~142 W·m⁻¹·K⁻¹)。2020 年, 我们团队报道了一种全新的二维层状半导体单层 MoSi₂N₄, 其为复杂的七层原子结构, 但理论预测表明其兼具高热导率和高载流子迁移率。最近, 我们发现单层 MoSi₂N₄ 具有显著的光热拉曼响应, 进而通过非接触式光热拉曼技术, 以外层 Si-N 键的拉曼振动峰 SN₁ 为“温度计”, 首次从实验上测量了化学气相沉积法生长的悬浮单层 MoSi₂N₄ 室温下的热导率, 高达 ~173 W·m⁻¹·K⁻¹, 高于硅和已知的层状二维半导体, 偏离了经典的 Slack 准则, 属于“反常”现象。我们进一步通过第一性原理计算, 发现 MoSi₂N₄ 的反常高热导率得益于其高的德拜温度和小的格律奈森系数, 而这两者均强烈依赖于最外侧 Si-N 层赋予的高杨氏模量, 这是其高导热的根源。

(备注: 目前本报告研究成果已被国际期刊 *Nature Communications* (《自然—通讯》) 正式接收发表。论文作者及标题详细信息为: **Chengjian He**[†], Chuan Xu[†], Chen Chen[†], Jinmeng Tong, Tianya Zhou, Su Sun, Zhibo Liu, Hui-Ming Cheng, Wencai Ren*. Unusually high thermal conductivity in suspended monolayer MoSi₂N₄. *Nature Communications* accepted.)

最终交流类型: 口头报告

Density functional theory study on adsorption of L-cysteine by Y, Zr, Nb, Mo-doped graphenes

Huijuan Luo^{1,2,3}, Lu Zhang², Zhijun Gong², Wenfei Wu², Shuang Xu², Kai Zhang^{*2}, Hejun Li³

1. Suzhou University
2. Inner Mongolia University of Science and Technology
3. Northwestern Polytechnical University

The adsorption properties of l-cysteine (L-cys) on [Kr] 4d₁₋₄(Y-Mo) doped graphenes with single and double vacancies are studied using density functional theory calculations with dispersion correction. The results showed that Y, Zr, Nb and Mo doped single-vacancy and double-vacancy graphenes show chemical adsorption characteristics towards L-cys. For the respective S, O and N-end adsorption, the binding strengths of L-cys on XSVs decrease from Y to Nb, and then increase. The binding strengths of L-cys on XDV have no regular trend. Nb-doped graphene exhibits the most stable adsorption characteristics in the [Kr] 4d₁₋₄ element series, which is independent of the vacancy type. Zr-doped single and double vacancy graphene sensors have higher sensitivity than Y, Nb, Mo.

最终交流类型：口头报告

亚毫米级二维铁磁材料的制备及性能研究

姜琦涛、薛武红、许小红*

山西师范大学

以电子自旋为主要信息载体的自旋电子器件具有体积小、速度快、功耗低等优势，是后摩尔时代信息存储器件的有力竞争者。特别是，二维磁性材料的发现为构建新功能的磁电子器件提供了材料基础。二维磁性材料在原子层厚度依然保持长程磁序，具有表面无悬挂键、弱层间耦合、可进行“原子乐高”功能异质集成、易于调控等优势，在高密度磁信息存储和自旋电子学领域具有重要应用前景，成为国际上的前沿热点。然而，二维磁性材料目前存在居里温度较低、环境不稳定、难以大尺寸可控制备等困难，极大地限制了其应用和发展。因此，探索稳定性更好的新型二维磁性材料，并用简便、经济可控的方法实现其大尺寸超薄制备，对于推动二维磁性材料的应用具有重要的意义与价值。此外，磁性二维材料的磁畴及其演变能够为相关器件的性能优化提供重要参考。

本工作开发了一种简单、经济、可扩展、氢修饰的化学气相沉积方法，可控合成了亚毫米级超薄高质量 Cr₅Te₈ 磁性纳米片，值得一提的是，纳米片横向尺寸最大可达 450 μm、空气稳定性好且居里温度较高。此外，通过对 Cr₅Te₈ 纳米片的磁畴演化的直接观察，揭示了畴壁成核在控制磁化逆转过程中的主导作用。有趣的是，Cr₅Te₈ 纳米片表现出非单调磁电阻特性。该工作在 CVD 法制备大尺寸二维磁性材料领域实现了重要突破，为在二维尺度理解和调控磁相关性质提供了理想平台。有望推动二维磁性材料在自旋电子学器件中的应用和发展。

最终交流类型：口头报告

石墨烯纳米孔传感器随机离子输运中的低频闪烁噪声

宋瑞洋、王路达*

北京大学

二维材料固态纳米孔作为纳流体基础研究和应用探索的先进平台受到了广泛的关注。原子级薄二维材料可在生物分子传感领域展现出超高的空间分辨率，可应用于单碱基检测。为了实现这些功能，通过二维材料纳米孔准确检测离子电流是必不可少的前提。但离子电流中广泛存在的低频闪烁噪声限制了纳米孔传感器的电读数和信噪比。迄今为止，低频闪烁噪声的物理机制仍存在争议，且二维材料纳米孔传感中实现闪烁噪声的控制仍然具有挑战性。在这里，我们报道了石墨烯纳米孔中多价阳离子控制的低频噪声行为，并证明低频噪声起源于离子在表面可逆的吸附与解吸附引起的表面电荷波动。利用石墨烯本征纳米孔作为离子通路，我们观察到由电化学势驱动的离子电流表现出带有低频闪烁噪声的随机波动现象。通过添加微量的多价阳离子(至少占比混合溶液浓度的 0.1%)，低频噪声的振幅可以被显著控制到约 3 个数量级。我们提出了基于离子动力学分析的纳米孔状态转换模型，并将闪烁噪声归因于多价阳离子的吸附-解吸附引起的纳米孔表面电荷波动。此外，通过在电解质溶液中加入高介电常数的有机溶剂甲酰胺，低频噪声可以被抑制约 2 个数量级。我们的发现将有助于理解纳流体中的低频噪声的机理，并促进超灵敏的纳流体纳米孔传感器的设计。

最终交流类型：口头报告

二维层状半导体 InSe 铁电性及其极化翻转动力学研究

隋峰锐¹、齐瑞娟^{1,2}、越方禹^{*1,3}

1. 华东师范大学

2. 中国科学院上海微系统与信息技术研究所

3. 上海类脑智能材料与器件研究中心

Intriguing “slidetronics” has been reported in van der Waals (vdW) layered non-centrosymmetric materials and newly-emerging artificially-tuned twisted moiré superlattices, but correlative experiments that spatially track the interlayer sliding dynamics at atomic-level remain elusive. Here, we address the decisive challenge to in-situ trace the atomic-level interlayer sliding and the induced polarization reversal in vdW-layered yttrium-doped γ -InSe, step by step and atom by atom. We directly observe the real-time interlayer sliding by a $1/3$ -unit cell along the armchair direction, corresponding to vertical polarization reversal. The sliding driven only by low energetic electron-beam illumination suggests rather low switching barriers. Additionally, we propose a new sliding mechanism that supports the observed reversal pathway, i.e., two bilayer units slide towards each other simultaneously. Our insights into the polarization reversal via the atomic-scale interlayer sliding provide a momentous initial progress for the ongoing and future research on sliding ferroelectrics towards non-volatile storages or ferroelectric field-effect transistors.

最终交流类型：口头报告

氧空位对 MXene 薄膜热电性能的影响

万志亮^{1,2}、蒋丰兴^{*1,2}

1. 江西科技师范大学

2. 柔性电子江西省重点实验室

氧空位 (OVs) 被认为是调节电子结构、电导率、带隙和催化性能的有效手段。少数研究报道了化学掺杂、氢气热处理可诱导 OVs 的产生。然而，通过电化学调控获得富 OVs 的 n 型热电材料尚未见报道，并且它们对热电性能的内在机制尚未探索。在这里，我们开发了一种简便的方法来合成富含 OVs 的 n 型 $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ (OVs- $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$)。OVs- $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ 在保证良好热电性能的基础上，兼具优异的稳定性。基于单壁碳纳米管 (SWCNTs) 和 OVs- $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ ，构建了一个由 4 对 p-n 腿组成的热电发生器，在 90K 的温度梯度下获得了 8 mV 的输出电压以及 46 nW 的峰值输出功率。这项工作为通过表面基团修饰优化 n 型 MXene 热电性能提供了新思路。此外，这种通过电化学调控的通用路线可以成为表面改性的平台，拓展到其他层状材料中，从而发现新的、高效的热电材料。各种电解质的无限选择可以进一步使成分多样化，以提供优化热电性能的策略。

最终交流类型：口头报告

二维铁电 CuInP₂S₆ 纳米材料阻变性能及神经突触功能的研究

李梦蝶、接文静*

四川师范大学

近年来，二维铁电材料 CuInP₂S₆(CIPS)因其晶格 Cu^+ 位移诱导的室温铁电性和离子电导率变化引起了研究人员的广泛关注。在这项工作中，我们研究了本征的 CIPS 以及含 Cu 量较少的 $\text{Cu}_{0.2}\text{InP}_2\text{S}_6$ (CIPS^{*})的阻变性能，以证明 Cu^+ 对 CIPS 阻变性能的影响。通过传统的光刻工艺，制备得到 Pt/CIPS/Pt 以及 Pt/CIPS^{*}/Pt 垂直结构的忆阻器。其中，Pt/CIPS/Pt 忆阻器在小电压作用下， Cu^+ 在晶格内上下移动表现出极化电流，然而随着电压的增加， Cu^+ 又会迁移出晶格形成铜导电细丝并使器件在不同的限制电流下表现出优异的阈值切换性能 ($\text{ICC} = 10^{-6} \text{ A}$) 和非易失性双极阻变 ($\text{ICC} = 10^{-4} \text{ A}$)；此外，Pt/CIPS^{*}/Pt 忆阻器在大电压的驱动下由于 Cu^+ 的迁移发生相变 (InP_2S_6)，器件表现出非易失性阻变特性，具有高开/关比、出色的保留时间和多级电阻状态，而在小电压范围内，较小的电压不足以驱使 Cu^+ 迁移发生相变，此时器件表现出单极性的模拟阻变行为，基于此成功模拟了成对脉冲促进 (PPF)，长期增强 (LTP) 和长期抑制 (LTD) 等生物突触行为。具有模拟阻变的 Pt/CIPS^{*}/Pt 设备还可以构造人工神经网络进行图像识别，识别率高达 91%。这些结果表明，CIPS 是一个构建数据存储和神经形态计算设备的有前途的候选者。

最终交流类型：口头报告

基于界面电荷耦合的 BiOCl/MoS₂ 的偏振敏感光电探测器研究

吴海娟*
四川大学

偏振敏感光电探测器探测可以获得更多的介质物理参数, 对提高目标探测能力具有重要意义。 MoS_2 作为二维半导体表现出光强度宽带光探测, 但其各向同性的光学特性限制了其在偏振光探测以及其他多维光探测中的应用。本研究结合具有低光学各向异性的 BiOCl 薄片成功构筑了 $\text{BiOCl}/\text{MoS}_2$ 范德华异质结。通过拉曼光谱、二次谐波等表征手段, 观察到 MoS_2 和 BiOCl 之间存在强烈的界面耦合, 这会使 MoS_2 产生明显的各向异性光学性质。研究了 $\text{BiOCl}/\text{MoS}_2$ 范德华异质结光电晶体管的电学和光电特性。在 460 nm 光照下最高的响应度和比探测率分别为 188 A/W 和 5×10^{13} Jones。此外, $\text{BiOCl}/\text{MoS}_2$ 光电晶体管的光电流在 633 nm 处表现出典型的偏振敏感光探测, 偏振比为 1.10。该研究为基于 MoS_2 的室温多维光电探测器的开发铺平了道路。

最终交流类型: 口头报告

基于 MoS_2 晶体管的可调生物标志物气体传感器

赵旻旻、王泽高*
四川大学

目前常见的气体传感器普遍存在高功耗、稳定性差、选择性弱等缺点, 而 MoS_2 作为结构稳定的二维半导体材料, 具有比表面积大、电子结构可调等物理特性, 在气体传感领域具有巨大的应用潜力。通过金属纳米颗粒修饰对 MoS_2 进行表面改性, 增强其对目标气体的传感性能, 实现 NH_3 、 NO_2 等有害气体的定量检测。将 MoS_2 晶体管为基础的检测芯片置于幽门螺旋杆菌培养基中, 成功检测出不同生长梯度的幽门螺旋杆菌产氨情况, 实现对其菌落生长情况的快速简便分析, 为疾病的预防和治疗提供了高效的检测和评估手段。

最终交流类型: 口头报告

Gd₂C 单层中铁性相变的氧调控

杨鑫雨、董帅*
东南大学

铁性相变的调控为材料功能性的实现提供了很大的机会, 尤其对于二维材料更为重要。具有 4f 电子的 Gd_2C 单层被预测具有大磁矩的铁磁金属性, 这一特点与其块材的性质是一致的。基于第一性原理计算, 我们提出通过氧化调控的策略可以有效地调节其铁性相变, 即在铁磁相, 反铁磁-非极性相和反铁磁-铁电相中实现三态切换。同时, 伴随着这些铁性相变, 也发生了金属-绝缘体相变。此外, 我们还进行了光学探测手段的理论设计, 计算结果显示了磁光克尔效应和二次谐波产生是监测这些铁性相变的有效方法。这为二维材料中铁性相变的实现开辟了一条新途径。

最终交流类型: 口头报告

基于光致去极化具有长期稳定光保持特性的多电平非易失性光存储器

刘万财*
西安电子科技大学

铁电存储器有望实现新兴的信息技术, 包括数字存储和模拟计算。二维(2D)铁电材料在单层极限下保持了强大的室温铁电特性, 超过了传统的铁电材料。这一特点使设备小型化进一步发展, 以满足日益增长的需求。本文中, 我们使用二维铁电材料($\alpha\text{-In}_2\text{Se}_3$)制造了一种金属绝缘体铁电半导体场效应晶体管(mifset), 其具有非易失性。基于铁电半导体的光致去极化机制, MIFSFET 器件可以用作光存储器, 能够以最小的信息损失存储长达 1000 s 的光学图像, 并且可以实现光脉冲诱导的多态光响应。此外, 它还可以作为铁电存储器, 具有超过 10^6 的开/关比, 3000 次以上的续航时间和稳定的保持。所提出的 mifset 具有优异的光学图像感知和记忆功能, 为未来开发高效的视觉系统提供了一条可行的途径。

最终交流类型：口头报告

针对单层二硫化钼器件迁移率影响因素的理论模型构建与分析

母亚魁*

上海交通大学

二维半导体，特别是过渡金属二硫化物（TMDs），具有原子级厚度、抗短沟道效应、相对较高的载流子迁移率和低功耗等多个优点，是后硅电子时代非常具有竞争力的沟道材料。然而，在将其应用于二维半导体器件时，由于制备工艺引入的材料损伤以及低界面质量产生的高库伦杂质散射和界面陷阱，导致器件迁移率明显低于本征迁移率。为了找到限制迁移率的潜在瓶颈并指导实验方案的改进，形成反馈式的闭环。在本研究中，我们以典型的 TMDs 材料，单层二硫化钼（MoS₂）为例，通过我们开发的理论模型定量研究了文献中器件结构（顶栅或背栅）、栅介质介电常数、沟道质量、界面环境等因素对单层 MoS₂ 器件迁移率的影响。结果表明，理论模型在这些器件中运行良好，拟合结果与实验数据高度一致。结果发现：（1）相较于背栅结构，顶栅结构的库伦杂质和电荷陷阱浓度更高，这可能是因为栅介质沉积过程不可避免地引入了库伦杂质和电荷陷阱；（2）栅介质的介电常数越高，对体系的库伦杂质散射的屏蔽作用越强；（3）差的沟道材料质量导致体系的电荷陷阱浓度很高，从而导致器件的电荷输运在低温时受到电荷陷阱的严重制约，改善沟道材料质量可以将体系的制约机制从电荷陷阱主导转变为库伦杂质散射主导；（4）传统氧化物/MoS₂ 界面通常具有高的库伦杂质浓度，通过对传统氧化物表面进行改性（例如，自组装分子层、二维绝缘体）可以明显降低库伦杂质浓度，从而使体系的制约机制从库伦杂质散射主导转变为本征声子散射主导。

最终交流类型：口头报告

Van der Waals Epitaxy of Pure Phase β -Ga₂O₃ Films on Polycrystalline Diamond Substrates Enabled by Graphene Interlayer

Zhichun Yang, Jing Ning*, Jincheng Zhang, Yue Hao
Xidian University

The self-heating effect in high-power devices has made epitaxial β -Ga₂O₃ films on high thermal conductivity polycrystalline diamond substrates a primary focus for addressing the thermal management challenges in next-generation semiconductor high-power devices. However, the significant lattice mismatch between the polycrystalline substrate and the epitaxial layer results in nucleation difficulties, posing a technical bottleneck in conventional heteroepitaxy. In this work, a monolayer graphene interlayer was innovatively introduced, whose hexagonal honeycomb structure corresponds to the hexagonal crystal system of β -Ga₂O₃. Using the mist chemical vapor deposition (Mist-CVD) method, we successfully achieved van der Waals epitaxy of pure β -phase Ga₂O₃ films on polycrystalline diamond with a full width at half maximum (FWHM) as low as 0.18° and an RMS of 6.71 nm. The XRD pattern reveals that β -Ga₂O₃ preferentially grows along the (-201) plane, with an asymmetric hexagonal distribution of oxygen atoms. This confirms the facilitative role of the graphene interlayer and van der Waals forces in promoting film nucleation.

最终交流类型：口头报告

Oxygen-Modulated Crystal Phase Transitions in ϵ -Ga₂O₃ Films: Insights into α - ϵ Mixed Phase to ϵ Single Phase Evolution

Yufei Chen, Jing Ning*, Maoyang Xia, Jincheng Zhang, Yue Hao
Xidian University

The ϵ -Ga₂O₃, an orthorhombic phase of Ga₂O₃ with spontaneous polarization, high lattice symmetry, and peculiar ferroelectricity, has recently received much attention in the fields of storage devices and power devices. However, due to the lack of high-quality hetero-epitaxial film for research, the conditions of crystal phase transition still need to be addressed. Currently, ϵ -Ga₂O₃ thin films grown on c-sapphire tend to be mixed-phase. However, the presence of mixed phases in these films leads to numerous defects and poor quality, resulting in degraded device performance. In this paper, we propose the oxygen partial pressure regulation to control the crystal phase transition, successfully achieving the transition from α - ϵ mixed phase to single ϵ -phase. ϵ -Ga₂O₃ hetero-epitaxial film was grown using Mist-CVD, and the RMS and FWHM of XRD were 0.75 nm and 0.073 degrees, respectively, better than the international targets of

9.023 nm and 0.2 degrees. Furthermore, we investigated how temperature regulates phase competition, as well as the evolution process from nucleation to merging of ϵ -Ga₂O₃ thin films. This proposed regulation principle of Ga₂O₃ phase transition provides a new route to heterogeneous integration in the Post-Moore era. Embracing the high-quality hetero-epitaxial films of ϵ -Ga₂O₃ represents a significant leap forward in flexible electronics and filter applications, paving the way for high-power and deep-ultraviolet optoelectronic devices.

最终交流类型: 口头报告

Unraveling Dominant Surface Terminations on BaSnO₃ (001) Surface: A First-Principles Study

Yuling Li*, Yaqin Wang, Yuxi Huang
Xihua University

BaSnO₃ thin films have attracted significant attention due to their exceptional properties for optoelectronic applications, specifically the high electron mobility at room temperature. However, the dominant surface terminations of these films, particularly their dependence on growth conditions and water leaching, remain elusive. Here we studied the impacts of growth conditions and water leaching on the dominant surface terminations of BaSnO₃ thin films by modelling oxygen vacancies and water adsorption using first-principles calculations. Our calculations show that, in the BaSnO₃ model without oxygen vacancies (corresponding to an oxygen-rich condition), the required cleavage energy to remove surface SnO₂ (BaO·H₂O) layer is lower than that required to remove BaO (SnO₂·H₂O) layer. This implies that BaSnO₃ thin films subjected to O₂ annealing display a Ba-excess surface without H₂O leaching, whereas they have a Sn-excess surface with H₂O leaching. In contrast, the calculated results for BaSnO₃ model with oxygen vacancies (corresponding to an oxygen-deficient condition) show that the required cleavage energy to remove surface SnO₂ (SnO₂·H₂O) layer is less than that required to remove BaO (BaO·H₂O) layer, suggesting that BaSnO₃ thin films prepared under oxygen-deficient conditions should exhibit Ba-excess surfaces regardless of H₂O leaching. This study offers useful insights for achieving precise control over the surface properties of BaSnO₃ films.

最终交流类型: 口头报告

二维室温磁性异质结的生长及性能研究

王皓*
武汉大学物理科学与技术学院

自长程有序的磁矩在二维 CrI₃, Cr₂Ge₂Te₆ 以及 Fe₃GeTe₂ 等材料中报道以来, 二维磁性材料由于其超薄的厚度、独特的物理特性以及在自旋电子学领域的潜在应用受到了广泛的关注与研究。本研究通过化学气相沉积的方法在层状云母衬底上合成了多种磁性二维二元-三元过渡金属硫族化合物异质结。研究发现, CuCr₂X₄ (X=S, Se, Te) 纳米片及 CuCr₂X₄/Cr₁+mX₂ 异质结显示出了强的室温铁磁性, 纳米片还表现出厚度依赖的居里温度及磁各向异性。通过拉曼光谱仪、透射电子显微镜及选区电子衍射等方式研究了异质结的结构, 异质结具有锐利的界面。在 CuCr₂Te₄/Cr₂Te₃ 异质结中发现了增强的铁磁性, 其居里温度最高达到了 340K, 理论计算表明, 在 CuCr₂Te₄/Cr₂Te₃ 异质结中出现的升高的居里温度可能来自于从 Cr₂Te₃ 到 CuCr₂Te₄ 的电荷转移, 从而增强了 CuCr₂Te₄ 层的铁磁交换能。在 CuCr₂Se₄/Cr₁+mSe₂ 异质结中观察到了增强的光学二次谐波产生, 以及随温度与磁场方向变化的磁阻。这项工作为研究二维二元-三元磁性异质结中有趣的物理特性、制备相应的自旋电子器件提供了一个良好平台。

最终交流类型: 墙报

D27-P01

二维本征磁性拓扑材料 MnSb₂Te₄ 的反位缺陷和磁性调控

胡昕萌、郭志林、邬家臻*
南方科技大学

二维材料 Mn(Sb/Bi)_{2n+2}Te_{3n+4} 因其本征磁性和拓扑能带结构广受关注。通过调控 Mn(Sb/Bi)_{2n+2}Te_{3n+4} 磁性可诱导丰富的量子现象, 如量子反常霍尔效应和轴子绝缘体, 在探索新型低

能量耗散电子器件方面具有重要的科学意义和潜在的应用前景。一种可行的调控策略^[1, 2]是通过在反铁磁性 $\text{Mn}(\text{Sb/Bi})_2\text{Te}_4$ 层范德华间隙内嵌入非磁性 $(\text{Sb/Bi})_2\text{Te}_3$ 层, 增大 $\text{Mn}(\text{Sb/Bi})_2\text{Te}_4$ 层间距, 削弱反铁磁层间耦合, 最终获得铁磁性 $\text{Mn}(\text{Sb/Bi})_{2n+2}\text{Te}_{3n+4}$ 。在 $\text{Mn}(\text{Sb/Bi})_{2n+2}\text{Te}_{3n+4}$ 中, Mn-Sb/Bi 磁性反位缺陷对磁性和拓扑能带结构有着不可忽视的影响。但此类缺陷的形成机制尚不明晰, 控制它们在材料内部的分布进而调控材料的磁性仍然具有挑战性。

基于此, 我们以 MnSb_2Te_4 为代表, 通过精准控制晶体生长的关键条件, 包括生长温度及冷却速率, 成功实现了对 MnSb 反位缺陷浓度的精准调节和材料磁性的调控[3]。对 MnSb_2Te_4 的化学成分和磁性测试结果表明: 较高的生长温度可获得亚铁磁性 MnSb_2Te_4 , 而延长生长冷却时间会导致材料 Mn 含量增加、磁性转变温度提高以及饱和磁矩增大。进一步分析发现, 控制冷却速率可调控原 Mn 位置的 Mn_{Mn} 含量, 而控制生长温度可调节 Mn_{Sb} 反位缺陷浓度。通过调控 Mn_{Mn} 和 Mn_{Sb} 浓度, 观察到 MnSb_2Te_4 层间存在与 Mn 位点有关的铁磁和反铁磁两种磁性相互作用的竞争, 进一步明确了体相磁型基于 Mn 磁性位点的转变机制, 从而构建基于 Mn_{Mn} 和 Mn_{Sb} 浓度的 MnSb_2Te_4 磁相图。此外, 通过第一性原理计算阐明了 MnSb 反位缺陷的形成机理与混合熵和生长动力学有关。以上研究提供了调控 $\text{Mn}(\text{Sb/Bi})_{2n+2}\text{Te}_{3n+4}$ 体系磁性的新手段, 有助于理解 $\text{Mn}(\text{Sb/Bi})_{2n+2}\text{Te}_{3n+4}$ 及其他二维材料基于磁性位点的构效关系, 为定向设计二维磁性材料提供新的视角。

参考文献:

[1] Wu, J. et al. Natural van der Waals heterostructural single crystals with both magnetic and topological properties. *Science Advances* 5, eaax9989 (2019).

[2] Wu, J. et al. Toward 2D magnets in the $(\text{MnBi}_2\text{Te}_4)(\text{Bi}_2\text{Te}_3)_n$ bulk crystal. *Advanced Materials* 32, 2001815 (2020).

[3] Hu, X., He, X., Guo, Z., Kamiya, T. & Wu, J. Antisite-Defects Control of Magnetic Properties in MnSb_2Te_4 . *ACS Nano* 18, 738-749 (2023).

最终交流类型: 墙报

D27-P04

用于多功能纳米电子学的可重构范德华铁离子电阻器

丁家辉、程瑞清、何军*

武汉大学物理科学与技术学院

Two-dimensional (2D) materials are of interest in recent years due to their unique properties and enormous potential in various fields. In particular, 2D ferroionics with both ferroelectricity and ionic conductivity shed light on new possibilities for van der Waals nanoelectronics. Here, supported by theoretical calculations and electrical characterizations, we report the reconfigurable van der Waals ferroionic barristor that can be used in multifunctional electronics including resistive devices and steep-slope transistors. Large modulation on the device properties is achieved by electrically driven migration and redistribution of mobile ions. The memory device shows an unprecedented long-term stability with a switching ratio of $\sim 10^{10}$. Utilizing this ferroionic nature, 2D transistors able to beat the Boltzmann tyranny, with different gate configurations, were designed. The subthreshold swing exhibits sub-60 mV per decade values over five decades of the drain current with a minimum of 12.1 mV per decade. This work paves the way for investigating the symbiotic relationship of ferroelectricity and ionic activities in van der Waals ferroionics and highlights their applications in advanced nanoelectronics.

最终交流类型: 墙报

D27-P05

垂直生长具有高 κ 天然氧化物的二维 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$

朱玉珊、何军*

武汉大学物理科学与技术学院

随着硅基晶体管接近其物理极限, 漏电流增加和短沟道效应等挑战也随之出现, 对新型高性能半导体材料的需求日益增长。采用高介电常数(κ)的介电材料是未来二维电子器件发展的理想材料。然而, 目前的介电材料面临着介电常数不够大和难转移等挑战。本研究通过化学气相沉积法成功合

成高质量 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ 单晶，并通过氧化的方法将其氧化为具有高介电常数(>20)的介电材料 Bi_2SeO_5 。垂直生长的 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ 可以通过无聚合物的机械压制很容易地转移到其他衬底上，且 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}/\text{Bi}_2\text{SeO}_5$ 异质结构具有原子级尖锐的界面。我们的研究表明， $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}/\text{Bi}_2\text{SeO}_5$ 异质结构有望改善二维电子器件的性能。

最终交流类型：墙报

D27-P06

太空生长的二维 InSe 铁电晶体管

金融*

华东师范大学

通过制备铁电场效应晶体管(FET)来表征太空生长的 InSe 进行电学输运测试。在与地面上的本征 InSe 和掺杂 InSe 的对比中发现，太空 InSe 的性能比较特殊，在其作为单一沟道的情况下就表现出高迁移率和大的电滞回窗口。因而对材料进行电镜表征和光学表征来解释其背后的原因。

最终交流类型：墙报

D27-P07

基于 Mn_3Sn 多铁性隧道结中的自旋相关输运和多重电阻态

张晓琳、何军*

武汉大学

多铁性隧道结 (MFTJs) 由磁性电极和极薄的铁电隧道势垒组成，是非易失性存储器应用的有力竞争者。具有时间反演对称性破坏的非共线反铁磁 Mn_3Sn 和铁电 $\alpha\text{-In}_2\text{Se}_3$ 可能为构建室温下的 MFTJs 开辟了新的可能性。在本研究中，我们使用第一性原理计算，探讨了具有 $\text{Mn}_3\text{Sn}/\text{BN}/\alpha\text{-In}_2\text{Se}_3/\text{Mn}_3\text{Sn}$ 结构的 MFTJs 中的自旋相关输运。通过调整 Mn_3Sn 的 Néel 矢量和 $\alpha\text{-In}_2\text{Se}_3$ 层的电极化方向，可以控制该结构的电阻，从而实现多种隧道阻态。我们预测，通过切换 Mn_3Sn 的磁取向 Néel 矢量，可以获得高达 6650% 的巨大隧道磁阻，而通过控制 $\alpha\text{-In}_2\text{Se}_3$ 的铁电结构，可以获得超过 8000% 的隧道电阻。我们的工作强调了 Mn_3Sn 在多铁性非易失性存储器中的潜在应用，并为利用反铁磁体制备超快、高效的自旋电子器件奠定了基础。

最终交流类型：墙报

D27-P08

晶圆级窄带隙 PbS 的外延生长

朱昊、何军*

武汉大学

本研究针对红外光电探测器性能提升、扫描阵列集成以及工作温度提升的需求，成功开发出一种基于 PbS 材料的化学气相沉积方法，用于外延生长晶圆级单晶 PbS 红外材料。PbS 以其从紫外到中红外的广谱响应特性，在热成像、遥感及环境监测等领域展现出广泛的应用潜力。其直接窄带隙 (0.4 eV) 特性使得 PbS 的制备过程更为简便且稳定性高。通过化学沉积方法，在 1 英寸区域内成功制备出半峰宽在 0.11 范围内的晶圆级单晶 PbS 红外材料。利用背向散射电子绕射技术和电子衍射倒易空间测试技术，验证了该材料与衬底之间的外延关系以及材料的优良单晶性。通过标准光刻工艺和合适的电极材料选择，成功实现了室温下的红外响应。大面积单晶生长技术与现有 CMOS 工艺高度兼容，为构建大规模电子阵列提供了可靠的材料基础。本研究的成果不仅提供了一种简便低成本窄带隙晶圆级红外材料合成手段，还为红外光电探测器的进一步发展奠定了坚实基础。

最终交流类型：墙报

D27-P09

二维铁电材料对过渡金属双卤化物单分子层光致发光调控

张兰奇、何军*

武汉大学物理学院

铁电范德瓦尔斯异质结构结合了二维材料的多样性和铁电体的非易失性性质。铁电材料中的极化束缚电荷产生的非易失性场效应是影响器件性能的关键因素，当铁电体极化反转时会带来不同的电荷注入，会导致单层 TMD 连续、全局和巨大的电子调制这对调节 TMD 光致发光特性有着重要影响，这项作为 vdW 铁电-半导体异质结中的静电相互作用提供了直接的微观见解，这对铁电场效应的应用具有广泛的意义。

最终交流类型：墙报

D27-P10

二维半导体谷极化材料 GeSe 的无损光学表征

于逸伦、李红凯、隋峰锐、郑钰凡、刘倍托、葛瑞、金融、越方禹*、齐瑞娟

华东师范大学

二维材料中的低对称性结构因其卓越的物理和化学性质，在光电器件、能量存储和催化等领域表现出巨大的应用潜力。这些结构特性激发了材料在电、光、热和机械性质方面的各向异性，从而为调控这些性质提供了全新的研究方向。GeSe，作为第四主族元素与硫族元素形成的典型单硫族化合物（MX 型，其中 M 代表 Ge 或 Sn，X 代表 S 或 Se），拥有丰富的元素资源、较低的毒性、良好的环境适应性以及优异的化学稳定性。GeSe 不仅与黑磷（BP）一样属于具有低对称性的正交晶系，而且其双原子结构进一步削弱了系统的对称性，诱发出更多引人入胜的物理性质。GeSe 单晶所特有的晶体结构赋予了其独特的各向异性光学特性，这些特性能够通过线性偏振光进行区分。在室温下，GeSe 展现出了 A_g^1 (82cm^{-1})、 A_g^3 (188cm^{-1}) 和 B_{3g} (151cm^{-1}) 三种拉曼振动模式，并且在角分辨偏振拉曼光谱中呈现出不同的演变特性。利用 GeSe 对不同线偏振光的吸收选择性，实现了对不同谷极化方向能谷（ V_x 和 V_y ）间的载流子跃迁的选择性探测。偏振透射光谱的分析结果表明，这两个能谷对应着不同的光学带隙值，它们之间的能量差大约为 100meV （例如，一个典型的值为 1.22eV 与 1.34eV ），而且这些带隙值及其能量差与材料的厚度有关。

最终交流类型：墙报

D27-P11

富缺陷氮掺杂碳纳米管上负载的 Ru 团簇催化剂及其析氢性能研究

李志铭^{1,2}、李心驭²、马海清¹、叶陈良³、俞宏安¹、聂龙¹、郑猛¹、王进*^{1,2}

1. 深圳大学

2. 安徽师范大学

3. 华北电力大学

铂(Pt)是目前在电解水的催化剂中使用最为广泛的金属之一。在制备电解水产氢催化剂时，降低贵金属的用量和提高其催化活性与稳定性是实现电解水产氢产业化重要的研究方向。本工作中，我们采用热冲击法在富缺陷氮掺杂碳纳米管(d-N-CNT)上锚定 Ru 团簇(1.9nm)，得到 Ru/d-N-CNT；同时在商业氮掺杂碳纳米管和商业碳纳米管上负载 Ru 作为对比样品。通过研究该系列负载在不同表面特性的基底上的 Ru 催化剂对 HER 反应活性与稳定性的影响、同时对稳定性测试前后的 Ru 的分布状态、并结合接触角测试和气泡逸出过程观测来揭示富缺陷基底在 HER 反应中起到的重要作用。在碱性体系中，Ru/d-N-CNT 催化剂仅需要 12mV 和 116mV 的过电位就能分别达到 10mA/cm^2 和 200mA/cm^2 的电流密度，能在 1000mA/cm^2 电流密度下稳定析氢 100 小时；富缺陷基底所具有卓越的亲水性优化了产氢过程中的气泡逸出；富缺陷基底对 Ru 团簇有较强的锚定能力，进一步优化了 Ru 团簇大电流下的稳定性。本工作为 Ru 基析氢催化剂碳基底的选用提供了新思路。

最终交流类型：墙报

D27-P12

Nonreciprocal and Nonvolatile Electric-Field Switching of Magnetism in van der Waals Heterostructure Multiferroics

Yangliu Wu*

University of Electronic Science and Technology of China

Multiferroic materials provide robust and efficient routes for the control of magnetism by electric fields, which has been diligently sought after for a long time. The two-dimensional (2D) vdW multiferroics is a more exciting endeavour. To date, the nonvolatile manipulation of magnetism through ferroelectric polarization still remains challenging in a 2D vdW heterostructure multiferroic. Here, we report a van der Waals (vdW) heterostructure multiferroic comprising atomically thin layered antiferromagnet (AFM) CrI₃ and ferroelectric (FE) α -In₂Se₃. We demonstrate anomalously nonreciprocal and nonvolatile electric-field control of magnetization by the ferroelectric polarization. The nonreciprocal electric control originates from an intriguing antisymmetric enhancement of interlayer ferromagnetic coupling in the opposite ferroelectric polarization configurations of α -In₂Se₃. Our work provides numerous possibilities for creating diverse heterostructure multiferroics at the limit of few atomic layers for multi-stage magnetic memories and brain inspired in-memory computing.

最终交流类型: 墙报

D27-P13

Controllable preparation of two-dimensional NiI₂ with environmental stability

Shengdong You*

University of Electronic Science and Technology of China

With the discovery of long-range ferromagnetic order in two-dimensional (2D) van der Waals (vdW) magnetic materials, with its novel magnetic, electrical, optical properties displayed at atomic thickness, it has attracted great attention in spintronics and materials science, and has broad development prospects in the field of magnetic memory and magneto-optical sensor. The monolayer NiI₂ crystal is one of the candidate materials for multiferroic materials. The 2D NiI₂ vdW materials are mainly obtained through mechanical exfoliation and chemical vapor deposition (CVD). However, the bare NiI₂ undergoes degradation within minutes, and the poor environmental stability severely limits the application of NiI₂. Here, we report the growth of 2D NiI₂ crystals by physical vapor deposition (PVD), followed by the deposition of a layer of inorganic molecular crystal Sb₂O₃ as a protective layer under atmospheric pressure to encapsulate the 2D NiI₂ crystals. The results show that the environmental stability of 2D NiI₂ crystals can be significantly improved by the deposition of Sb₂O₃ encapsulation layer by atmospheric PVD method, and the encapsulated NiI₂ remains stable even after being exposed to air for more than 15 days. Moreover, Raman spectroscopy shows that the 2D NiI₂ crystal structure remains stable even after annealing at 300°C. This encapsulation method provides an effective way to improve the environmental stability of 2D magnetic materials.

最终交流类型: 墙报

D27-P14

基于液体金属印刷大面积氧化物薄膜

刘子嘉*

武汉大学

二维半导体以其优异的电子、光学和磁性特性备受广泛应用青睐。然而,传统的机械剥离和外延生长方法无法满足对大面积、高质量原子级薄膜的需求。因此,我们提出了一种基于液态金属氧化反应的剥离策略,能够高效地制备具有非晶、原子级薄厚度和平滑表面的二维金属氧化物半导体,并可在多种基底上实现大面积覆盖。

最终交流类型: 墙报

D27-P15

基于边缘重构的 MoS₂ 形貌演化

王璇、张磊宁*

北京理工大学

过渡金属硫族化合物 (TMDCs) 在电子器件和光电器件方面具有巨大的应用潜力, 其中二硫化钼 (MoS₂) 是最具代表性的半导体材料, 理解其生长机理对于大面积高质量单晶 TMDCs 的制备非常重要。由于 MoS₂ 的形貌由其边缘结构决定, 本文基于计算的 MoS₂ 各种边缘的形成能, 对在真空中和 Au 衬底上的不同化学环境下 MoS₂ 的生长进行了探究。

MoS₂ 的 D3h 对称性导致了其沿高对称晶体学方向存在三种类型的边, S 端之字形(ZZ-S)、Mo 端之字形(ZZ-Mo)和扶手椅(AC)边, 这些高度对称的边缘决定了晶体的平衡形状, 因为它们的能量比其他边缘低。为了探究 MoS₂ 的生长机制, 我们分别构建若干种 ZZ-S 边、ZZ-Mo 边、AC 边的重构结构, 并计算了其随 S 的化学势变化的形成能。在真空中, 随着生长条件从富 S 到富 Mo 环境的转变, MoS₂ 晶畴从一个由 25% S 钝化的 Mo-VII 边缘包围的截断三角形区域, 转变为一个由 100% S 钝化的 Mo 边缘(Mo-III 边缘)和有 75% S 的 S-III 边缘包围的六边形, 最后转变为全部由 100% S 钝化的 Mo 边缘(Mo-III 边缘)包围的截断三角形。而在 Au 衬底上, 由于 S 与 Au 的较强的相互作用力, MoS₂ 晶畴从由 75% S 的 S-III 和 Mo-X 包围的六边形转变为由原始 S 边包围的三角形区域, 体现了 MoS₂ 在 Au 衬底上不同于真空中的生长模式。

本研究说明了化学环境对 MoS₂ 形貌的影响, 这为未来通过改变化学环境调控 TMDCs 的形貌提供了可能, 并加深了我们对生长机理的认识, 有利于其他 TMDCs 的可控合成。

最终交流类型: 墙报

D27-P16

分子自组装阵列 MXene 在锂硫电池中实现多硫化物“吸附-扩散”平衡

杨文豪*

昆明理工大学

Adsorption-diffusion equilibrium of polysulfide is the key to stabilize the performance of lithium-sulfur battery. MXene has a strong sulfur fixation ability, but its diffusion and sulfur fixation ability are reduced because of its layered structure thermodynamically inclined to stack. In this work, a sodium alginate bridging agent is introduced to enhance the stacking symmetry of MXene nanosheets and control the growth of ice crystals, so as to design a controllable array of SA/MXene (SM) materials. Experiments and DFT theoretical calculations show that this strategy can realize the structural control of MXene nanosheets, stabilize high-activity interfaces, enhance ion/electron delocalization to reduce related energy barriers, and establish a smooth path for ion diffusion. On the surface of the array, the highly exposed polar surface of MXene induces polysulfide aggregation/transformation, which optimizes the adsorption and activation process of polysulfide in the electrode. Therefore, SM electrode eliminates the aging behavior caused by the imbalance between the strong adsorption and weak diffusion of polysulfide, and realizes continuous and efficient sulfur redox cycle, showing high reversible capacity (1359.72 mAh g⁻¹ at 0.1C) and cycle stability (0.0586%/Cycle at 0.5C).

最终交流类型: 墙报

D27-P17

化学气相沉积法制备六方氮化硼的取向调控机制

裴浩楠、王璇、张磊宁*

北京理工大学

近些年来, 因二维 (2D) 材料一系列独特的物理、化学性质和电子性质与传统的三维材料明显的不同, 所以关于其的研究呈现指数型上升的趋势。六方氮化硼 (hBN) 因其具有高导热性、化学惰性和宽带隙的特点, 有助于帮助开发新型器件和作为其他二维材料生长的理想支撑基板而受到关注。目前, 通过选取低对称性的高指数晶面为衬底已成功实现了大面积、高质量 hBN 单晶的外延生长, 这一过程中, 台阶被认为调控 hBN 晶畴取向的决定性因素。然而, 已有很多实验观察到 hBN 的取向并不受台阶方向的影响。因此, 关于 hBN 在低对称性衬底上的外延生长机理还有待深入探究。本文通过密度泛函理论 (DFT) 进行计算, 选取实验中常用的 Ni/Cu 金属分别作为强相互作用/弱相互作用衬底的代表, 来探究 hBN 在不同衬底上的生长情况与取向机理。当 hBN 晶畴尺寸较小时, hBN 晶畴边缘原子与衬底台阶间的耦合作用占据主导地位, 随着 hBN 晶畴的不断生长, 范德华力迅速增长并成为主导作用力, 这意味着即使衬底上台阶弯曲或分布不均匀时, hBN 晶畴仍能保持统

一的稳定取向，这与目前的实验报道相一致。另外，我们对不同生长环境（富硼和富氮）下 hBN 晶畴的取向变化进行了对比，当考虑台阶形核时，在富硼的环境下，hBN 晶畴会产生两个反转平行的优势构型；而富氮环境下则可以打破晶畴取向的反转简并性，来获得单一取向的晶畴。因此，富氮环境更利于长大过程中相邻晶畴间的无缝拼接，从而合成高质量的晶圆级单晶 hBN 薄膜。

最终交流类型：墙报

D27-P18

Memristive Synapses Based on ZnO Optoelectronic Memristors for Artificial Vision Systems

Haoyu Wang¹, Jian Chai¹, Xiaochen Wang¹, Jiabao Sun², Yang Xu^{*1}

1. College of Integrated Circuits Zhejiang University

2. Micro-Nano Fabrication Center, Zhejiang University

Because of the complexity of traditional image recognition and memory units, how to recognize, store and process optical signals efficiently has always been a major difficulty in artificial vision systems. It is a promising research direction to simplify the circuit structure and improve the performance of artificial vision system by optoelectronic memristor. In this work, an oxide thin film optoelectronic memristor with ITO/ZnO/Pt two-terminal structure is prepared. Through photoelectric testing, the device shows great analog switching characteristics, strong response to 375 nm near-ultraviolet light, and can realize the recognition and memory of optical signals, indicating potential application in the field of artificial vision systems. The physical conduction mechanism of the device is analyzed. Finally, due to the simple preparation process and compatibility with traditional CMOS readout circuit, the device can be easily integrated with traditional CMOS readout circuit, which provides a reference for the integration and simplification of artificial vision system in the future.

最终交流类型：墙报

D27-P19

Robust electric-field control of colossal exchange bias in CrI3 homotrilayer

Yuting Niu*

University of Electronic Science and Technology of China

Controlling exchange bias (EB) with electric fields is crucial for next-generation magnetic random access memories and spintronics with ultralow energy consumption and ultrahigh speed. Multiferroic heterostructures have been traditionally used to electrically control EB and interfacial ferromagnetism via weak/indirect coupling between ferromagnetic and ferroelectric films. However, challenges including lattice mismatch, interface defects, and weak coupling limit the EB field to just a few tens of milli-tesla. In this study, we achieve a purely electric-field control of colossal and tunable EB effect in CrI3 homotrilayer. This CrI3 homotrilayer flake is directly exfoliated from CrI3 bulk crystals on a ferroelectric Y-doped HfO2 (HYO) substrate in a nitrogen glovebox. To study the electric-field control of transitions of magnetic orders, reflectance magnetic circular dichroism (RMCD) system was coupled with low temperature confocal Raman system and a 7 T superconducting magnet together. We report a robust electric-field control recipe to dynamically tailor the EB effect in a pure CrI3 homotrilayer, and demonstrate a colossal and tunable EB field (HE) ranging from -0.15 to +0.33 T, resulting in an EB modulation of 0.48 T. The charge doping from ferroelectric HYO film divides a homo-configuration of CrI3 homotrilayer into one antiferromagnetic (AFM) bilayer CrI3 and one ferromagnetic (FM) monolayer CrI3, favoring direct exchange coupling. The electric field induces a magnetism transition from AFM to FM phase in bilayer CrI3, which is also supported by first-principles calculations, leading to the robust electric control of colossal EB effect. Our results therefore open up numerous opportunities for exploring 2D spintronic and memory devices.

最终交流类型：墙报

D27-P20

二维多铁材料的磁电耦合效应

曾辉、文耀*

武汉大学物理学院

二维多铁材料表现出不止一种的铁性，例如铁磁性、铁电性、铁弹性、铁环性等，在多铁材料

中，多种铁性的有序组合可以导致它们之间的相互作用，从而可以使得一种性质被另一种性质的共轭场调控，特别是铁磁性和铁电性之间的相互作用，即磁电耦合效应。在这里，我们给出了原子尺度设计与逐层生长相结合的二维多铁材料制备以及开发磁电耦合的新机制，为高密度、低功耗存储器件提供了一条新路径。

最终交流类型：墙报

D27-P21

High-entropy van der Waals materials formed from mixed metal dichalcogenides, halides and phosphorus trisulfides

Tianping Ying^{*1}, Changhua Li²

1. Institute of Physics Chinese Academy of Sciences

2. ShanghaiTech University

The charge, spin, and composition degrees of freedom in high-entropy alloy endow it with tunable valence and spin states, infinite combinations and excellent mechanical performance. Meanwhile, the stacking, interlayer, and angle degrees of freedom in van der Waals material bring it with exceptional features and technological applications. Integration of these two distinct material categories while keeping their merits would be tempting. Based on this heuristic thinking, we design and explore a new range of materials, which are coined as high-entropy van der Waals materials due to their multiple metallic constitutions and intrinsic layered structure, with X representing S₂, Se₂, Te₂, Cl₂, I₂ or anion complexes like PS₃, etc. The millimeter scale single crystals with homogeneous element distribution can be efficiently acquired and easily exfoliated or intercalated. Multifarious physical properties like superconductivity, magnetic ordering, metal-insulator transition and corrosion resistance have been exploited. Further research based on the concept of high-entropy van der Waals will enrich the high-throughput design of new materials with intriguing properties and practical applications.

最终交流类型：墙报

D27-P22

二维 MoTe₂ 材料的可控制备

陈要辉*

广西大学-北京纳米能源与系统研究所

The preparation of large area and high quality two-dimensional molybdenum telluride thin film materials is the primary task to explore its optical and electrical properties. Driven by the current development of science and technology, the preparation methods and characterization techniques of two-dimensional (2D) materials are constantly emerging and updating. We control the oxidation degree of precursor Mo film by controlling its natural oxidation time. Telluride growth of precursors with different oxidation times can be effectively controlled. Through a series of experiments, we confirmed the best experimental conditions, the growth temperature of 680 °C, heating rate of 42 °C/min, holding time of 60 min, gas flow rate of 25 sccm growth conditions, the growth of high uniformity, large area of MoTe₂ film.

最终交流类型：墙报

D27-P24

Epitaxial Growth of Full-vdW α -In₂Se₃/MoS₂ heterostructures for All-in-one Sensing and Memory-Computing Artificial Visual System

Zheng Zhang, Xiaohong xu*, Wuhong Xue

Shanxi Normal University

Van der Waals (vdW) ferroelectric-semiconductor heterojunction provides reconfigurable band alignment based on optical/electrical-assisted polarization switching, which shows great potential to construct artificial visual neural systems. However, the mechanical exfoliation fabrication scheme for proof-of-concept demonstrations and fundamental studies is cumbersome and not scalable for practical application. Here, we present a synthetic strategy for the large-scale and high crystallinity growth of planar/vertical α -In₂Se₃/MoS₂ heterojunctions by dynamically tuning the growth temperature.

Furthermore, based on the α -In₂Se₃/MoS₂ heterostructures, photo-synapse devices are designed and fabricated to simulate visual neural systems functions, including multistate storage, optical logic operation, potentiation and depression, paired-pulse facilitation (PPF), short-term memory (STM), long-term memory (LTM), and Learning-Forgetting-Relearning. By coupling the spatiotemporally relevant optical and electric information, the device can mimic the superior biological visual system's light adaptation and Pavlovian conditioning. This work provides a strategy for dynamically tuning the orientation of ferroelectric-semiconductor heterojunction stacks and will give impetus to applying all-in-one sensing and memory-computing artificial vision systems.

最终交流类型：墙报

D27-P25

具有优异红外隐身及热管理的轻质柔性多功能 MXene/SWCNTs 复合薄膜

庞楠*

山东大学

由于红外探测技术的快速发展，许多新型红外隐身材料的研究越来越引起人们的广泛关注。Ti₃C₂T_x MXene 具有优异的本征红外低发射率特性，但构建具有轻质、柔性和低 MXene 含量的多功能的隐身材料仍然是一个巨大的挑战。在此，本文通过简单的真空辅助抽滤法制备了 MXene/SWCNTs 复合薄膜，以 MXene 作为基体，探索在极力保留其本征低发射率的前提下，通过复合碳纳米管提升薄膜的力学性能、面内导热性及其多功能性。在目标物体为较低温度时，MSC-3 薄膜表面辐射温度与环境的近乎一致。在较高温度，如 300 °C 时，也可将目标的表面的辐射温度降低约 200 °C，展示出具有作为优异高温红外隐身性能材料的潜力。同时，薄膜优异的导电性赋予其优异的 EMI 屏蔽性能，MSC-3 薄膜的屏蔽效果均可以达到 63.3 dB。此外，碳纳米管的掺杂使其拉伸强度提升了 143%。值得注意的是复合薄膜在输入仅 2V 的低电压时，MSC-3 薄膜的表面温度可在 5s 内迅速达到 162.1 °C，可用于户外冰雪天气除冰等场景。因此，该研究为设计具有轻质柔性的多功能的 MXene 基薄膜提供了重要见解，在柔性电子、红外隐身、航空航天、高性能电加热和电磁屏蔽兼容领域具有巨大的应用前景。

最终交流类型：墙报

D27-P26

稀土金属钇掺杂 MoS₂ 单层的气敏性研究

谈荣日、殷建涛、陈以鹏、寻大毛、宗文军、邱环环*

江西科技师范大学

二硫化钼 (MoS₂) 在气敏传感器方面有广泛的应用前景。然而，纯 MoS₂ 导电能力差、对气体吸附能力较弱、在高温下容易被氧化、检测气体的种类有限且灵敏度较低。因此，对 MoS₂ 进行掺杂改性，以提高其导电性能和结构的稳定性、增强其对气体的识别和吸附能力，实现其快速响应与恢复性能，是当前研究 MoS₂ 气敏传感器的重点和难点。本工作基于第一性原理研究稀土金属钇掺杂 MoS₂ 单层的气敏性。掺杂后的 Y-MoS₂ 单层与目标分子（氨、甲醛和苯）形成的吸附体系经过结构优化后，分析其吸附构型、能带结构、态密度、总电子密度和微分电荷密度，发现吸附的 Y 原子显著改善了 MoS₂ 的电子特性，提高了对气体分子的吸附能力。研究结果还表明，Y-MoS₂ 单层对室内有害气体的吸附能力顺序如下：甲醛>苯>氨。通过对吸附体系的恢复性能分析，对于氨来说 Y-MoS₂ 单层可能是一种潜在的传感材料，对于甲醛和苯，Y-MoS₂ 单层不适合用作气体传感器，但它可以作为一种气体清洗材料使用。本研究有助于理解 MoS₂ 材料的气体传感机制，也为室内有害气体的检测提供了理论参考。

最终交流类型：墙报

D27-P27

PdSe₂ 缺陷工程调控光电性能研究

张家玮*

南昌大学

二维材料的发展促使它们在光电器件中的广泛应用。研究人员越来越关注寻找高效且经济的方法，以增强它们对入射光的光响应性。 PdSe_2 是一种新兴的二维过渡金属二硫属化物，在从体块到单层的过渡过程中，其带隙可调范围为 0 到 1.3 eV，使其适合检测广谱的入射光波长。本研究利用选择性氧等离子体处理 PdSe_2 ，并在其表面进行电极沉积，以改善接触并增强器件对不同波长入射光的光响应性。对比部分处理和原始器件，发现氧等离子体处理的光电探测器在光电流、光响应性和电性能方面显著提升。通过 AFM、KPFM、XRD、EDS 和拉曼光谱等表征技术，研究了等离子体对 PdSe_2 的影响。因此，这项研究通过在实际应用中有意引入缺陷，为改善二维材料的电学和光电性能提供了新的视角。

最终交流类型：墙报

D27-P29

基于 $\text{WSe}_2/\text{WTe}_2$ 范德华异质结构的自驱动光电探测器

张琦、周杨波*

南昌大学

二维（2D）自供电光电探测器无需外部电源即可实现光电探测，具有体积小，能耗低的优势，可以满足在集成、小尺寸和复杂环境下的实际应用。本工作研究了基于 $\text{WSe}_2/\text{WTe}_2$ 范德瓦尔斯异质结构的自驱动光电探测器的性能。该光电探测器具有栅极可调的光电性能，以及独特的整流性能和显著的光伏行为，且可受门电压调控。该自驱动 $\text{WSe}_2/\text{WTe}_2$ 光电探测器具有 786 mA/W 的响应度，并显示出 1×10^{-9} A 的短路电流 (I_{sc}) 和 0.2 V 的开路电压 (V_{oc})。本工作使用外尔半金属与光敏材料形成范德华异质结，可以很大程度上克服传统金属沉积方法在电极界面处的缺陷和费米能级钉扎的局限性，从而获得优异的动态响应。本文为开发结构简单、性能优良的自驱动光电器件提供了一条可行的途径。

最终交流类型：墙报

D27-P02

Growth of uniformly doped black phosphorus films through versatile atomic substitution

Kai Zhang*, Siyuan Wang, Cheng Chen, Junyong Wang

Suzhou Institute of Nano-Tech and Nano-Bionics (SINANO), Chinese Academy of Sciences

For the emerging excellent two-dimensional semiconductor black phosphorus (BP), doping has been proven as an effective way to tune its intrinsic properties. For the further development and expansion of BP-based research and application, the direct growth of doped BP films is highly desirable but still remains a challenge. In this work, the direct growth of uniformly doped-BP films on silicon substrates is achieved by a simple one-step vapor growth. The proposed decoupled feeding strategy significantly improves the effectiveness of doping and enables uniform dopant distribution in the grown films. The substitutional doping nature and high crystal quality of the grown doped films are confirmed by microscopy and crystal structural determination. Electrical transport measurement results reveal that Se and Te dopants perform mild electron doping effect and enable improve the electron mobility relative to pristine BP, while As dopant performs mild hole doping effect. It is believed that the direct growth of doped BP films in this work will facilitate the research development of BP in electronics and optoelectronics.

最终交流类型：墙报

D23-P03

基于多层干涉效应的二维材料发光器件出光效率研究

王晓冉^{1,2}、艾立昊²、王琰明²、王俊勇^{*2}

1. 中国科学技术大学

2. 中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所

二维材料因其独特的物理和化学性质，如高电子迁移率、可调谐的能带结构和强光物质相互作用，在构建高性能发光器件方面显示出巨大潜力。基于多个二维材料堆叠形成的多层异质结构器件，已成为研究二维发光器件的重要方向。这些多层器件通过将不同材料的优势相结合，能够显著提高

器件的整体性能。然而，在这些器件中，如何确保每一层原子级薄材料在器件发光波段内的光学透明度，仍然是一个关键的技术挑战。在本研究中，我们采用传递矩阵方法，系统地研究了多层二维材料体系的反射率、透射率和吸收率的厚度依赖性。通过数值模拟和实验工作，我们探讨了二维材料 WS₂、WSe₂、MoS₂、BP、hBN 在不同衬底上的光学对比特征，并基于光学对比度的可视化和厚度识别，优化了多层器件的非接触式、快速的厚度估计方法。我们进一步通过多层干涉效应分析，优化了基于 BP 的不对称二维发光器件基底的材料种类和厚度，以提高二维发光器件的输出耦合效率。这些研究不仅为理解多层二维材料的光学行为提供了新的见解，而且为设计高性能光电器件提供了理论基础和技术支持。我们的结果表明，合理设计的多层结构可以显著增强光电器件的性能，促进其在实际应用中的可扩展性和效率提升。