

DOI:10.12405/j.issn.2097-1486.2023.04.003

编者按:

人们一直在寻找人工可控的超晶格制备方法,来实现对其上方复合的二维电子气的能带调控工程。截至目前这些人工晶格所能发挥的调控作用仍然受限于样品加工精度等影响,并缺乏原位可调性。近期,山西大学韩拯教授、北京大学叶培教授、上海科技大学刘健鹏教授等人提出一种脱离固态晶格材料莫尔斑纹的限制,从库伦作用角度构建“量子超晶格”的方法,通过电子晶体长程序对置于上方的二维电子气能带产生有效调控。韩拯教授等人为读者在这篇综述文章里简要梳理了相关研究背景和前沿进展。“量子超晶格”这一技术有望对基于量子效应的新原理电子器件起到积极推动作用,同时也因其刚刚起步还有若干科学问题亟需解决。

量子超晶格:堆叠相互作用的协同效应

韩拯^{1,2,6}, 叶培^{3,4,6*}, 刘健鹏^{5,6*}

- 山西大学光电研究所量子光学与量子光学器件国家重点实验室,光电研究所,山西太原 030006
- 山西大学极限光学协同创新中心,山西太原 030006
- 量子物质协同创新中心,北京 100871
- 北京大学物理学院人工微结构与介观物理国家重点实验室,北京 100871
- 上海科技大学,上海 200000
- 辽宁材料实验室,辽宁沈阳 110000

摘要:电子间库伦相互作用在凝聚态物理中起着至关重要的作用。当电子之间相互作用占据主导时,例如磁性、关联绝缘体等物态相变将会发生。二维电子气,尤其是莫尔(moiré)超晶格二维异质系统的电子关联效应近年来受到广泛关注,出现了一系列新颖的实验和理论结果。本文主要围绕一个比较特殊的物理模型:双层关联二维电子气之间的相互作用与协同效应,介绍其近期的实验与理论进展。

关键词:库伦相互作用;电子关联;二维异质结;莫尔超晶格;协同效应

中图分类号:TQ127.11

文献标志码:A

文章编号:2097-1486(2023)04-0360-07

Quantum superlattice: synergistic effects of interactions in stacked 2D materials

HAN Zheng^{1,2,6}, YE Yu^{3,4,6*}, LIU Jianpeng^{5,6*}

- State Key Laboratory of Quantum Optics and Quantum Optics Devices, Institute of Opto-Electronics, Shanxi University, Taiyuan 030006, China
- Collaborative Innovation Center of Extreme Optics, Shanxi University, Taiyuan 030006, China
- Collaborative Innovation Center of Quantum Matter, Beijing 100871, China
- State Key Lab for Mesoscopic Physics and Frontiers Science Center for Nano-Optoelectronics, School of Physics, Peking University, Beijing 100871, China
- ShanghaiTech University, Shanghai 200000, China
- Liaoning Academy of Materials, Shenyang 110000, China

* 通信作者

基金项目:国家重点研发计划项目(2022YFA1203903;2023YFF1500600;2019YFA0307800);国家自然科学基金资助项目(NSFC)(92265203;12250007);山西省高等教育“1331工程”重点学科建设项目和量子科技创新计划(2021ZD0302003)

收稿日期:2023-10-17;**修回日期:**2023-11-10

Abstract: e-e Coulomb interaction plays an essential role in condensed matter physics. When interaction energy between electrons is dominating over kinetic energy, interesting quantum phases such as magnetism and correlated insulator can emerge. Recently, such e-e correlation effects in two-dimensional (2D) electronic systems, especially their twisted moiré superlattices, have been a cutting-edge topic. This paper introduces briefly the latest theoretical and experimental progresses based on a particular model: synergetic interplay between two layers of 2D interacting electronic system, and the emerging phenomena.

Key words: Coulomb interaction; strongly correlated system; two-dimensional heterostructures; moiré superlattice; synergetic interplay

1 前传:莫尔超晶格 vs 量子超晶格

二十年前石墨烯(以及后来更多二维原子晶体材料)的问世,将曾经高大上的二维电子气研究带入了寻常百姓家^[1]。相比传统外延异质结量子阱,二维材料简单易获取;其表面开放而稳定、界面耦合形式多样且无需外延。一时间,丰富的物理现象不断被发现,世界各地实验楼的灯火,争相为二维材料点亮^[2-3]。

二维电子气体(通常指具有高载流子迁移率的二维界面或材料系统),是一件“很表面、很肤浅”的事物。以至于附着在它表面的杂质缺陷、它所依存的介电环境等等,都会影响到电子在这个二维材料中的输运行为。例如,杂质散射可能导致电子的局域化。虽说局域也是一种美,但是这往往会破坏掉一些漂亮而脆弱的量子效应。

以石墨烯为例,如果是短程散射的缺陷,这难不倒实验物理学者,做到极致就是。于是,高质量单晶二维材料的氮化硼封装技术应运而生^[4],风靡二维纳米电子领域至今。在特别洁净的样品中,可在数十微米以上的尺度达到弹道输运。长程散射的缺陷,例如杂质电荷(impurity charge),想要避免就需要下一番功夫。人们采用的方法之一,是将石墨烯悬空在两个电极之间,使其二维本体处于真空之中,远离衬底数十乃至数百纳米。意外的是,此时除载流子迁移率得到极大提升之外^[5],还有一个关联效应开始显现:由于介电屏蔽达到最小值,电子-电子相互作用得到显著增强,单层悬浮石墨烯中费米速度增强的能带重构^[6]以及双层悬浮石墨烯中自发对称破缺的能隙打开^[7]在实验上分别被观测到。这些先驱性的实验启发了二维体系中库伦作用相关的诸多实验与理论研究。

很快,人们迅速找到了一种玩转库伦相互作用的新方法,当两片石墨烯以一个转角堆叠在一起时,存在一系列角度的奇点[例如1.1度,又称魔角(magic angle)],可以让该体系中狄拉克点附近的非

相互作用费米速度降为零,并形成超平的能带(flat band)^[8]。电子在这条平带里几乎没有色散,有效质量得到极大增强,因而产生前所未见的关联效应。

这四两拨千斤搬的轻轻一扭,可谓换了凝聚态的新天。要知道,这个神奇体系不仅仅是有魔角平带,更重要的是这个平带发生在费米面附近,最重要的是,这个超晶格的超胞在满填充时需要的载流子浓度正适合固态电子器件的栅极掺杂范围(每个超胞填充4个电子时,对应的实际载流子浓度约为 10^{12} cm^{-2} 量级,见图1)——一切都是那么刚刚好。从最初的关联绝缘态^[9],到扭转角度精度提升之后的魔角超导被发现^[10]开始,转角石墨烯平带电子关

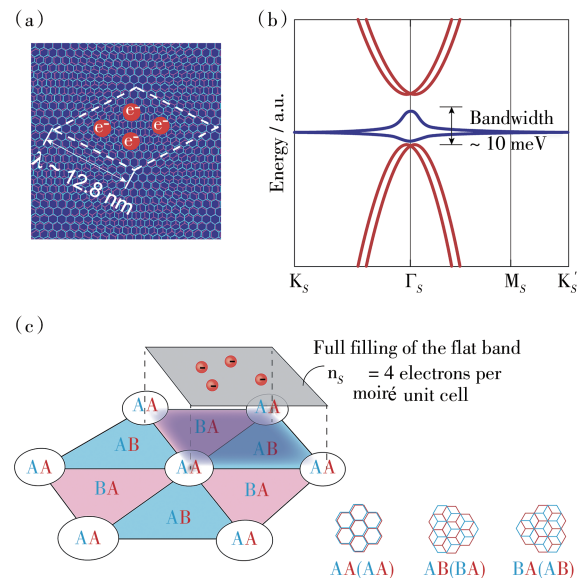


图1 两层石墨烯转角后形成的莫尔超晶格

(a) 1.1度转角(魔角)左右的莫尔超晶格;(b)魔角石墨烯的平带示意图;(c)电子在莫尔超胞中的填充示意图^[3]。

Figure 1 Graphene double-layer lattice-mismatched superlattice (a) Illustration of 1.1°-twisted graphene; (b) schematic of the flat-band (blue curve) in the vicinity of Fermi level; (c) Illustration of the filling of electrons in the moiré unit cell and the three typical stacking orders between the top and bottom layer of graphene^[3].

联的实验报道纷至沓来。

仅仅电子关联还不够,非平庸能带拓扑性将莫尔超晶格中的关联物理进一步丰富化。

如果双层魔角石墨烯再与氮化硼对齐,则会打破 C_{2z} 对称性,形成拓扑非平庸的能带,因此产生轨道磁性^[11-12]、量子反常霍尔态^[13]。非平庸拓扑性与强库伦关联效应使得二维莫尔超晶格关联电子材料的新奇物理特性更加闪耀夺目。近年来,MoSe₂/WSe₂转角^[14]、MoTe₂转角^[15]、五层菱方石墨烯与氮化硼对齐^[16]等体系纷纷展示出整数甚至分数量子化的反常量子霍尔效应,向未来拓扑量子计算的可能实现迈进了一大步。

转角二维材料莫尔超晶格固然很美,毕竟仍然有它的局限性。例如,每个样品只有一个固定转角,存在一定误差和随机性,制备起来并不是那么容易,更无法原位调控。相比而言,人们一直在寻找人工可控的超晶格制备方法,来实现对其上方复合的二维电子气的能带调控工程。例如,自组装的纳米球^[17]、微纳加工的纳米级沟道或孔洞阵列^[18]等等,见图2a-c示意图。但截至目前,这些人工超晶格受限于微加工尺寸精度等影响,所能发挥的能带调控作用较为有限。

基于上述背景,我们提出以下基本问题:

到底有没有一种方法,能够脱离固态材料莫尔斑纹的限制,从库伦相互作用角度构成一个关联强度可原位调控的“量子超晶格”,并进一步借此实现更加多元、丰富的物理现象?显然,电荷密度波(Charge density wave)或维格纳晶体(Wigner crystal,图2d)在空间上排列成的周期格子波长可在纳米到数十纳米范围,似乎可以成为直觉上的备选。

2 新传:鲁棒性的量子霍尔物理

近期研究发现,单层石墨烯与一氯一氧化铬(CrOCl)垂直复合系统中(图3),的确可能存在一种界面准二维电子态(暂且认为时一种量子超晶格)。该界面态主要存在于Cr原子层,也即石墨烯下方0.7 nm处(图3c)。理论上,该界面电子可以通过自身的关联作用发生晶格平移对称性的自发破缺,并趋于形成波长在数纳米至数十纳米范围内的长程电荷序。这种长程序超周期能够进一步加强石墨烯电子自身的电子关联,使得电中性点附近的狄拉克电子费米速度大幅增加并且打开带隙(图3b)。在垂直电场下,界面态与石墨烯的费米面一旦对齐,就会吸纳(通过隧穿的方式完成电荷转移至界面态)一部

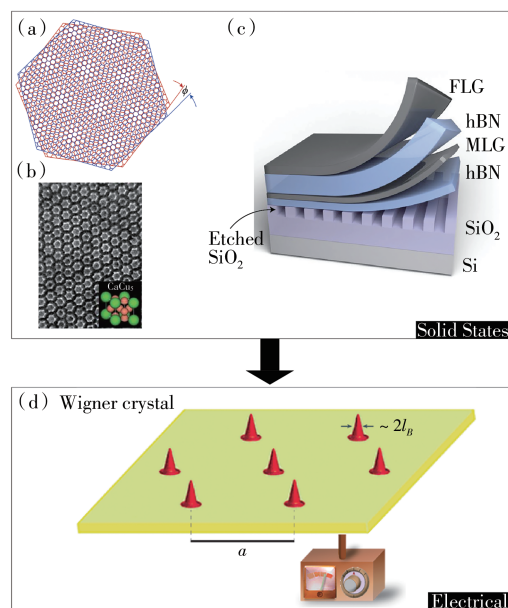


图2 实现二维超晶格的几种方法

(a)转角双层石墨烯;(b)自组装纳米球^[17];(c)等离子刻蚀形成的微加工人工超晶格^[18];(d)以Wigner电子晶体为例^[19]可用电场原位调控的量子二维超晶格。

Figure 2 Ways to create 2D superlattice

(a) Twisted graphene; (b) Self-assembled nanoparticles^[17]; (c) Plasma-etched grooves with a 47 nm pitch^[18]; (d) Electronic superlattice emerged due to correlation effect, which can further tune flat-band in 2D materials atop it. The illustration depicts a Wigner crystal of tunable lattice parameter a in presence of a magnetic field with magnetic length l_B ^[19].

分本该填充至石墨烯的载流子,这部分载流子一旦进入CrOCl的界面态,便完成Wigner晶格化,成为一套由长程有序电子构成的本身绝缘的超晶格^[20,23]。上述机制下,磁场中样品的双栅调控朗道图案会在一定的相区内发生较大扭曲,如图3d所示。

特别值得一提的是,在这个界面耦合量子霍尔相中,横向电导量子化可以在很小的磁场下发生,并且该行为可维持到液氮温度以上,具有极强的鲁棒性。例如,77 K温度下,本体系实现±2填充系数的横向电导量子化平台所需要的磁场可低至0.35 T(该磁场强度由一般永磁体提供即可),为目前最低记录^[20];而传统石墨烯的量子化电导在77 K则需要10 T以上磁场才能获得。这使量子化电导边界态在诸如拓扑超导、量子霍尔法珀干涉等未来电子学应用方面从液氦温区向液氮温区迈出了关键一步。

上述研究表明,电荷转移这种传统的界面现象在量子电子态调控中可以发挥出超乎寻常的重要作用。迄今为止,以石墨烯为代表的开放界面二维电子气能

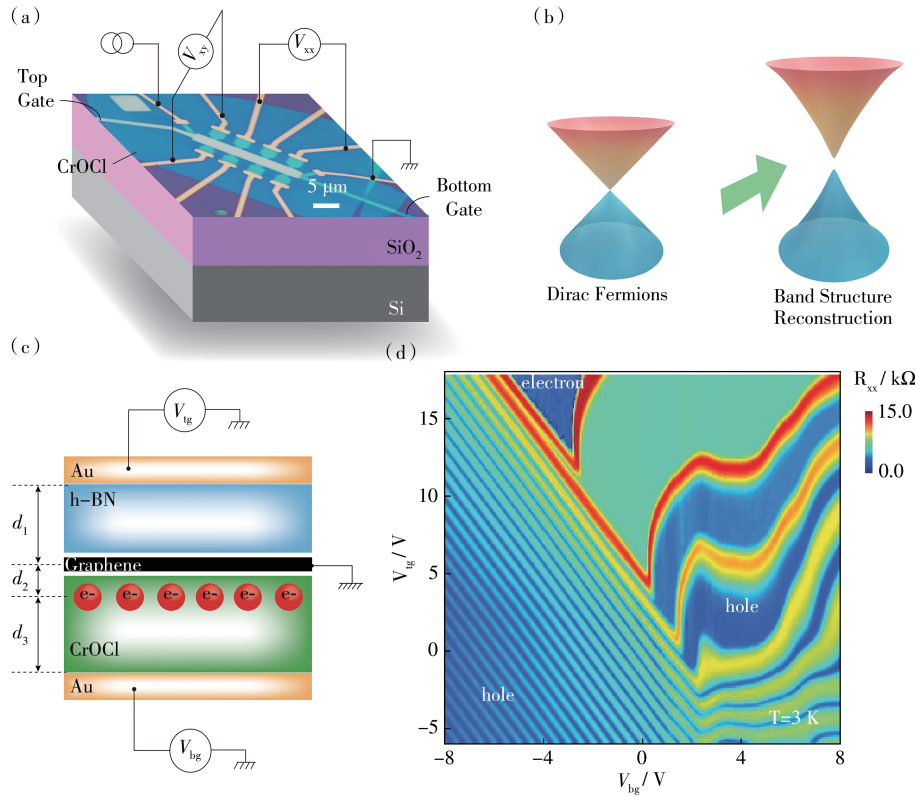


图 3 界面电荷序导致的石墨烯能带重构

(a)典型器件的光学照片;(b)相互作用引起的狄拉克锥重构^[22];(c)器件的等效电容模型;(d)相互作用引起的新相中,朗道能级谱线在双栅电压坐标参数空间里发生扭曲变形^[20]。

Figure 3 Interfacial charge induced band reconstruction in graphene

(a) Optical micrograph of a typical device; (b) Due to the Coulomb interaction between the interfacial charge order in CrOCl and graphene, band reconstruction is seen; (c) schematic of the charge order at interface; (d) Landau quantizations are greatly shifted in the interaction-driven phase^[20].

够通过高压、近邻效应、晶格对称操作等耦合方式进行能带的调控,而界面电荷序对石墨烯能带及其磁场下量子霍尔相的特殊调控,是首次被实验证实^[20]。

理论上,该界面电荷序是一种“量子超晶格”,对置于上方的二维电子的协同耦合量子调控,可以由一种普适的双层关联电子模型描述,有望在其他垂直异质结体系中发现更多有趣的物理现象^[23]。

3 又传:更上一层楼

将上述实验系统中的单层石墨烯替换为双层(Bilayer graphene, BLG),这种具有双栅的Bernal堆叠的BLG与少层CrOCl垂直异质结处于低温基态(1.5 K温度)时,在垂直电场调控下,BLG呈现出极为反常的双栅调控关系,中性点(charge neutrality point, CNP)发生巨大弯曲(图4),并且在弯曲后的中性区域中呈现出一种异常绝缘的新奇绝缘态,电阻可达10 GΩ。这与传统BN夹持的BLG表现出了

巨大的反差。后者虽然也会因垂直电场打开能隙,但只有CNP附近非常窄的掺杂区域内才有相对较为绝缘态,并且电阻随垂直电场单调增加,最大通常为几十至几百MΩ量级。

针对该体系的理论计算发现,前面所介绍的波长在数纳米至数十纳米范围内的电荷序的唯象理论仍然可以完美解释观测到的新奇绝缘相。这种长程序扮演了超周期库伦势的角色,进一步加强上方双层石墨烯自身的电子关联,使得电中性点处的电子-空穴激子配对增强因而在临界温度以下打开关联带隙,体现为输运上可被面内电场、垂直电场、温度、载流子浓度等参数调控的量子绝缘体,临界温度高达40 K^[21]。该激子增强的绝缘相,表现出不同于一般带隙半导体的IV曲线,绝缘相可被几百kV/m的面内电场破坏,系统直接进入金属态,行为整体较符合激子配对被打破的理论图像^[22]。

显然,仅仅通过CrOCl的界面耦合,便可以在低

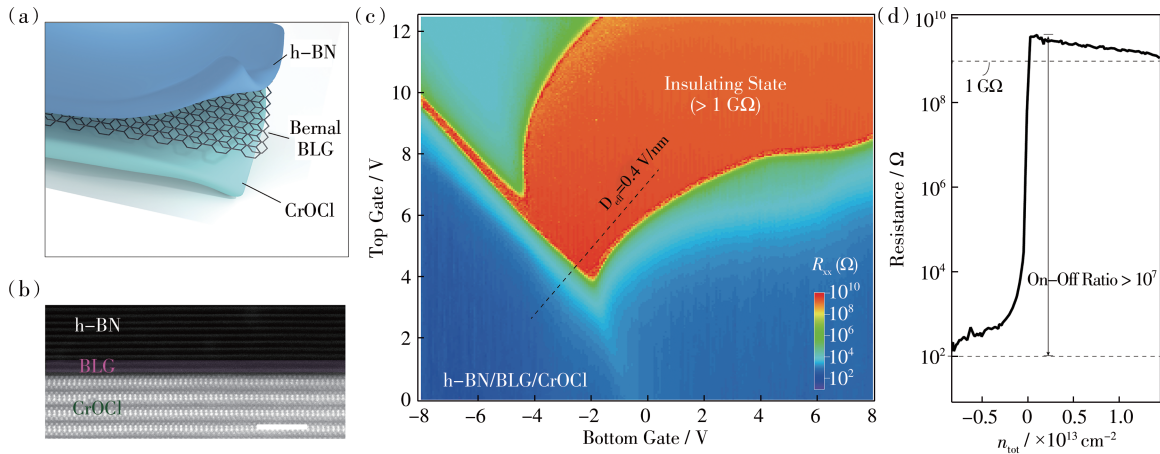


图4 关联作用引起的量子绝缘体

(a)氮化硼与CrOCl包覆的双层石墨烯示意图;(b)典型异质结的透射电镜照片;可以在很大的掺杂区域内出现电阻大于1 GΩ的绝缘态,使得沿(c)图虚线的场效应曲线表现出超大开关比的晶体管曲线,如(d)图所示^[21]。

Figure 4 Correlation driven quantum insulator in bilayer graphene

(a) Schematic picture of Bernal bilayer graphene encapsulated by h-BN and CrOCl; (b) TEM cross-section of a typical device; (c) A correlation-driven, gate tunable ‘super’-insulating phase with above 1 GΩ resistance obtained in interfacial-coupling bilayer graphene^[21]; (d) Line profile along the dashed black line in (c).

温、低面内偏压的量子基态获得一种新的带隙,使得BLG晶体管可以呈现出前所未有,且非常可观的开关比,以及相当大的开关栅压范围。这也是石墨烯首次具备了类似低温高迁移率晶体管(high electron mobility transistors, HEMT)的初步特征(如图4d所示)。

与其他硅基半导体、二维半导体本征带隙和掺杂原理不同,关联绝缘态路线打破了现有的常规方法,从界面耦合来构建界面长程电荷序,再利用界面态影响石墨烯中的电子关联。进一步可以通过简单的器件连接,演示出基于该量子效应的半导体逻辑器件原型(反相等简单逻辑电路)^[21]。

4 后传:何处惹关联

上述实验,目前较为自洽地指向量子超晶格(Wigner电子晶体)对其上方界面耦合的二维电子气的能带调控,因此该理论进一步的直接实验证据显得十分重要。电子关联的强度是否可原位被垂直电场调控、这种长程电荷序构成量子超晶格究竟具有多大的实空间周期和什么样的对称性,都是亟需在实空间谱学手段上解决的关键问题。

此外,理论更是指出,如果量子超晶格还可以拥有各向异性,打破对称,那么将有可能给体系带来非平庸拓扑态^[23]。

换句话说,量子超晶格能否给置于上方的二维电子气带来更丰富和新奇的量子电子物态? 例如,

如果这种两层关联电子的协同耦合能仅通过电场的调控,就能产拓扑平带(如图5所示),将会是一种颠覆性的材料平台。因为它不需要特定角度的转角对齐,还能连续在相互作用强度的参数空间里获得不同的量子电子态。这无疑可以极大解放人们因样品制备困难而受到的桎梏。同时,其与超导、磁性等物态的耦合和交互作用也十分值得期待。

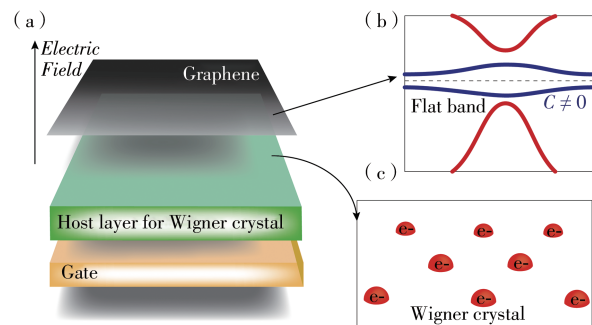


图5 用量子超晶格构筑拓扑平带示意图

(a)Wigner crystal与石墨烯协同耦合调控示意图;(b)拓扑平带示意图;(c)界面态中产生的Wigner电子晶体量子超晶格示意图。

Figure 5 Inducing flat-bands using quantum superlattices

(a) Illustration of an interfacial Wigner crystal induced by an electrical field, with a graphene layer placed atop; (b) Schematic picture of a flatband induced in graphene due to band reconstruction with specific symmetry breaking, while the underneath interfacial state is a correlation-driven Wigner crystal superlattice, as shown in (c).

5 结语

本文主要介绍了近期实验和理论发展出的一个特殊的物理模型:双层关联二维电子气之间的相互作用与协同效应。用“量子超晶格”来构筑全新关联量子物态的概念在本文被首次提出,它如何影响置于上方的电子气的能带、在实空间具有如何的量子超晶格排布、是否可以原位操控并产生酷炫的拓扑?这些故事还刚刚开始。

不过,我们可以确信的是,不同二维材料界面的电荷转移,可以在特定条件下成就两层各自相互作用、又层间相互作用的电子物态。他们之间各有各的悲欢离合,无论相爱相杀,抑或耳鬓厮磨,都会给电子关联的Buff叠的满满。

以诗结束本文:

堆叠关联

电荷从来多移转,铬氧氯上墨烯添。

场致相变维格纳,层内层间两关联。

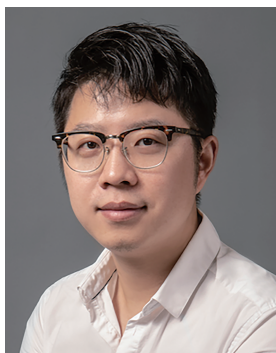
量子晶格似有界,库伦作用也无边。

单层电子重构态,双层激子更绝缘。

参考文献:

- [1] NOVOSELOV K, GEIM A, MOROZOV S V, *et al.* Electric field effect in atomically thin carbon films[J]. *Science*, 2004, 306(5696): 666. DOI:10.1126/science.1102896.
- [2] GEIM A, NOVOSELOV K. The rise of graphene[J]. *Nature Materials*, 2007, 6(3): 183. DOI:10.1038/nmat1849.
- [3] DONG B, YANG T, HAN Z. Flattening is flattering: The revolutionizing 2D electronic systems[J]. *Chinese Physics B*, 2020, 29(9): 097307. DOI:10.1088/1674-1056/aba605.
- [4] DEAN C, YOUNG A F, MERIC J, *et al.* Boron nitride substrates for high-quality graphene electronics[J]. *Nature Nanotechnology*, 2010, 5(8): 722. DOI: 10.1038/nnano.2010.172.
- [5] BOLOTIN K I, SIKES K, JIANG Z, *et al.* Ultrahigh electron mobility in suspended graphene[J]. *Solid State Communications*, 2008, 146(9): 351. DOI:10.1016/j.ssc.2008.02.024.
- [6] ELIAS D C, GORBACHEV R V, MAYOROV A S, *et al.* Dirac cones reshaped by interaction effects in suspended graphene[J]. *Nature Physics*, 2011, 7(9): 701. DOI:10.1038/nphys2049.
- [7] BAO W, VELASCO J, ZHANG F, *et al.* Evidence for a Spontaneous Gapped State in Ultraclean Bilayer Graphene[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2012, 109(27): 10802. DOI:10.1073/pnas.1205978109.
- [8] BISTRITZER R, MACDONALD A H. Moire bands in twisted double-layer graphene[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2011, 108(30): 12233. DOI: 10.1073/pnas.1108174108.
- [9] CAO Y, LUO J Y, FATEMI V, *et al.* Superlattice-induced insulating states and valley-protected orbits in twisted bilayer graphene[J]. *Physical Review Letter*, 2016, 117(11): 116804. DOI:10.1103/PhysRevLett.117.116804.
- [10] CAO Y, FATEMI V, FANG S, *et al.* Unconventional superconductivity in magic-angle graphene superlattices[J]. *Nature*, 2018, 556(7699): 43. DOI:10.1038/nature26160.
- [11] SHARPE A L, FOX E J, BARNARD A W, *et al.* Emergent ferromagnetism near three-quarters filling in twisted bilayer graphene[J]. *Science*, 2019, 365(6453): 605. DOI:10.1126/science.aaw378.
- [12] LIU J, DAI X. Orbital magnetic states in moiré graphene systems[J]. *Nature Review Physics*, 2021, 3(5): 367. DOI:10.1038/s42254-021-00297-3.
- [13] SERLIN M, TSCHIRHART C L, POLSHYN H, *et al.* Intrinsic quantized anomalous Hall effect in a moiré heterostructure[J]. *Science*, 2019, 367(6480): 900. DOI:10.1126/science.aay5533.
- [14] LI T, JIANG S, SHEN B, *et al.* Quantum anomalous Hall effect from intertwined moiré bands[J]. *Nature*, 2021 600(7890): 641. DOI:10.1038/s41586-021-04171-1.
- [15] XU F, SUN Z, JIA T, *et al.* Observation of integer and fractional quantum anomalous Hall effects in twisted bilayer MoTe₂[J]. *Physical Review X*, 2023, 13(3): 031037. DOI:10.1103/PhysRevX.13.031037.
- [16] LU Z, HAN T, YAO Y, *et al.*, Fractional quantum anomalous Hall effect in multilayer graphene[J]. *Nature*, 2024, 626(8000): 759. DOI:10.1038/s41586-023-07010-7.
- [17] SHEVCHENKO E V, TALAPIN D V, KOTOV N A, *et al.* Structural diversity in binary nanoparticle superlattices[J]. *Nature*, 2006, 439(7072): 55. DOI: 10.1038/nature04414.
- [18] LI Y, DIETRICH S, FORSYTHE C, *et al.* Anisotropic band flattening in graphene with one-dimensional superlattices[J]. *Nature Nanotechnology*, 2021, 16(5): 525. DOI:10.1038/s41565-021-00849-9.
- [19] SHAYEGAN M. Wigner crystals in flat band 2D electron systems[J]. *Nature Reviews Physics*, 2022, 4(4):

212. DOI:10.1038/s42254-022-00444-4.
- [20] WANG Y, GAO X, YANG N, *et al.* Quantum Hall phase in graphene engineered by interfacial charge coupling [J]. *Nature Nanotechnology*, 2022, 17(12): 1272. DOI:10.1038/s41565-022-01248-4.
- [21] YANG K, GAO X, WANG Y, *et al.* Unconventional correlated insulator in CrOCl-interfaced Bernal bilayer graphene [J]. *Nature Communications*, 2023, 14(1): 2136. DOI:10.1038/s41467-023-37769-2.
- [22] SHAO Y, DAI X. Electrical breakdown of excitonic insulator [DB/OL]. *arXiv*:2302.07543. DOI:10.48550/arXiv.2302.07543.
- [23] LU X, ZHANG S, WANG Y, *et al.* Synergistic correlated states and nontrivial topology in coupled graphene-insulator heterostructures [J]. *Nature Communications*, 2023, 14(1): 5550. DOI:10.1038/s41467-023-41293-8



韩拯,男,山西大学光电研究所教授、博士生导师;韩拯以范德华层状功能材料为材料基础,堆叠、构建新架构,展示了多种具有新型复合调控功能的原型介观器件、揭示了多个电场调控介观体系物理性能的机理。近年来在二维磁性材料、新型结构场效应晶体管、二维电子气低温强磁场下的电输运、基于量子效应的新概念半导体等方面在 *Science*、*Nature Communications*、*Nature Nanotechnology* 等杂志发表多篇论文;先后入选国家海外青年人才计划(2015)、国家级领军人才支持计划(2020)。曾获山西青年五四奖章、“MIT科技评论”中国区35岁以下创新35人、山西省五一劳动奖章。



叶瑜,男,北京大学长聘副教授;博士生导师;担任 *Frontiers of Physics*, *Journal of Semiconductors*, *InfoMat* 等学术期刊青年编委;目前主要从事二维材料及其异质结构的物性研究;主持包括科技部重点专项研发项目、国家基金原创项目、北京市杰出青年基金等;在 *Science*, *Nature* 子刊, *PRX/PRL*, *JACS* 等期刊发表论文100余篇,获得国家发明专利6项;曾获国家高层次海外人才青年项目。Email: ye_yu@pku.edu.cn



刘健鹏,男,上海科技大学长聘副教授、研究员、博士生导师。刘健鹏的研究方向为理论和计算凝聚态物理学,具体包括:摩尔二维超晶格和异质结体系的非平庸拓扑性质和强关联效应、声子和电声耦合效应、输运和光学性质等方面的理论研究,以及关联金属、磁性拓扑材料等体系的理论研究和第一性原理计算研究等等。刘健鹏在 *Nature*、*Science*、*Nature Nanotech.*、*Nat. Rev. Phys.*、*PRL/PRX*、*Nat. Commun.* 等期刊发表论文50余篇。刘健鹏入选中组部国家级青年人才计划,并主持、参与基金委面上项目、科技部重点研发计划等多个科研项目。Email: liujp@shanghaitech.edu.cn

(责任编辑:彭 鹏)