

北京大学研制出单晶层状高介电材料Bi₂SeO₅

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/22274.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

北京大学研制出单晶层状高介电材料Bi₂SeO₅。

2023年3月9日，北京大学化学与分子工程学院彭海琳教授研究团队在《自然—材料》(Nature Materials)在线发表了题为Single-crystalline van der Waals layered dielectric with high dielectric constant(单晶型范德华层状高介电常数材料)的研究论文，报道了一种范德华层状高介电常数单晶材料Bi₂SeO₅。

北京大学彭海琳教授是该论文的通讯作者，第一作者包括北京大学化学与分子工程学院博士研究生张聪聪、涂腾、博雅博士后王璟岳、中南大学在北大联合培养博士生朱永朝、以及北京石墨烯研究院/北京大学电子学院尹建波研究员。

高性能介电材料在电子、电气、能量转换及电介质储能等领域具有广阔的应用前景。高介电常数和高介电强度的先进电介质材料的开发备受关注。在新型纳米材料与电子器件研究领域，俗称白石墨的六方氮化硼(hBN)被广泛用作电子封装材料与介电材料。hBN块体单晶因其良好的电绝缘性及范德华层状结构，可解离成二维绝缘材料，作为原子级平整的封装和介电层，在二维材料各类新奇物性探索中发挥了重要作用。例如，经hBN封装的二维材料中已观测到了分数量子霍尔效应、二维铁磁、二维超导等重要物理现象。然而，hBN的介电常数偏低($\kappa \approx 3.5$)，导致其电场调控能力不足和库伦屏蔽作用不强;更重要的是，高品质hBN块体单晶需要高温(>1500 °C)和高压(约4万大气压)等苛刻的制备条件，生长速度缓慢，得到的单晶尺寸较小。当前只有为数不多的研究机构可以通过高温高压合成高品质hBN块体单晶，这严重限制了它的广泛应用。因此，高效便捷制备新型高介电常数层状单晶介电材料具有重要意义。

北京大学化学与分子工程学院彭海琳课题组前期开发了高迁移率二维半导体(Bi₂O₂Se)及其超薄自然氧化物栅介质Bi₂SeO₅(Nature Nanotech. 2017, 12, 530; Nature Electron. 2020, 3, 473; Nature Electron. 2022, 5, 643)。最近，彭海琳课题组报道了一种高介电常数层状单晶材料Bi₂SeO₅高效便捷的制备方法。他们通过化学气相输运法制备了Bi₂SeO₅层状大单晶，单晶横向尺寸达厘米级。Bi₂SeO₅单晶的层间结合力较弱，通过机械解理法可制得大面积均匀、原子级平整的纳米薄片。电容-电压测量结合扫描探针微波成像技术表征表明，Bi₂SeO₅二维单晶的室温介电常数高达16.5，远高于hBN。电学测量表明，Bi₂SeO₅二维单晶具有很高的介电强度，其击穿场强高达10~30 MV/cm，优于hBN样品。理论计算也表明，高品质层状Bi₂SeO₅中较强的离子极化导致其兼具高介电常数与高击穿场强。

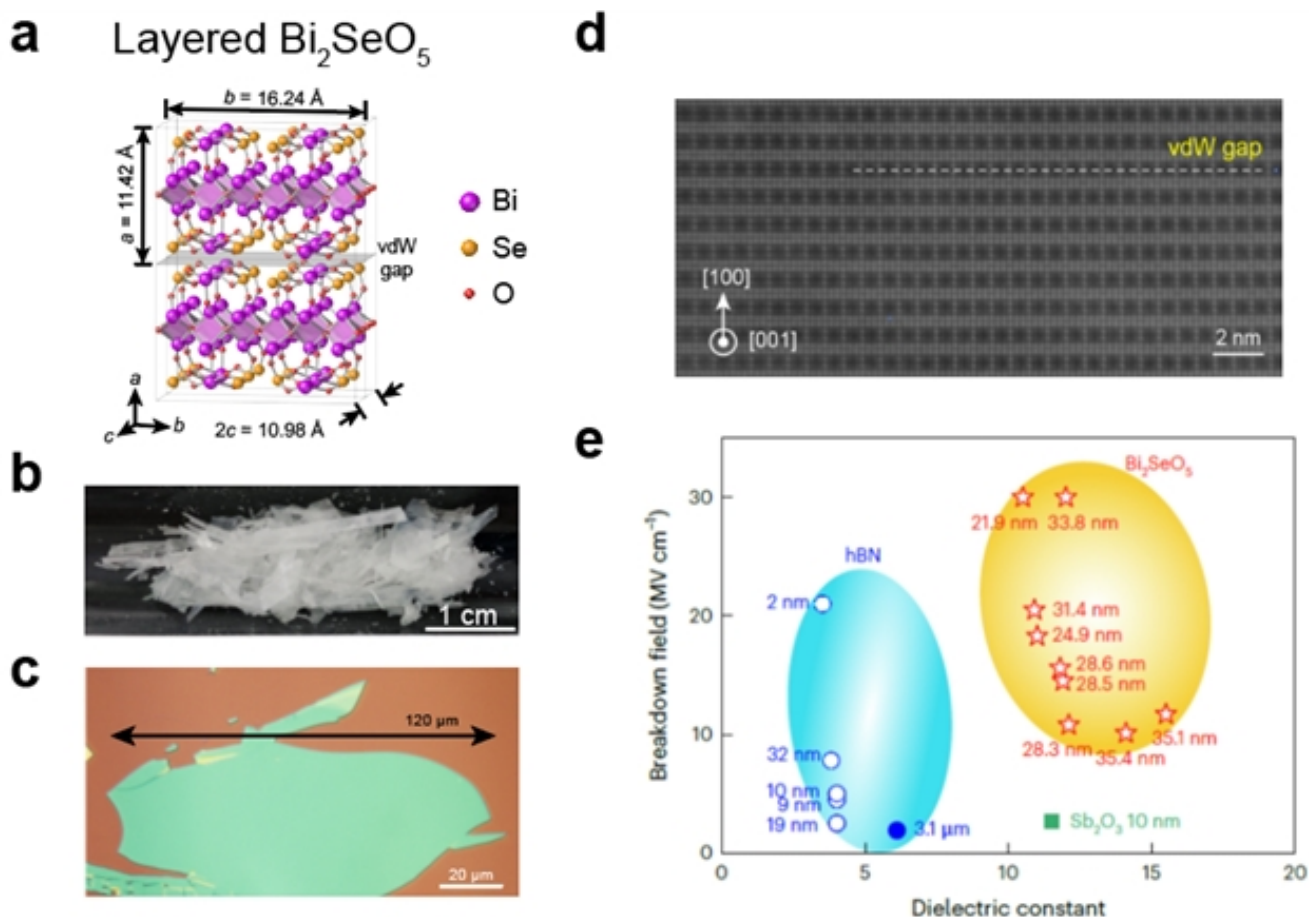


图1：单晶层状高 κ 栅介质 Bi_2SeO_5 的结构与性质。(a)层状 Bi_2SeO_5 的晶体结构;(b)气相输运法制得的 Bi_2SeO_5 厘米级单晶的光学照片;(c)机械解理大面积 Bi_2SeO_5 纳米片光学照片;(d)层状 Bi_2SeO_5 的典型高分辨透射电镜成像;(e)层状 Bi_2SeO_5 的介电常数和击穿场强及与其他常见层状栅介质的比较

高介电性能的 Bi_2SeO_5 二维单晶应用于电学器件中可获得很强的栅极调控能力。研究团队采用二维材料转移技术，叠层构筑了 Bi_2SeO_5 二维纳米片封装的高迁移率二维半导体 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ 场效应霍尔器件。低温量子输运测量表明，通过 Bi_2SeO_5 的封装，二维半导体 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ 的载流子迁移率显著提升，低温霍尔迁移率高达 $470000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ (迄今为止 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ 体系的最高迁移率)，并首次观测到 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ 的量子霍尔效应。二维单晶介电材料 Bi_2SeO_5 不仅可作为二维 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ 的理想封装材料与栅介质，也适用于其他二维材料体系，如 MoS_2 、石墨烯等。

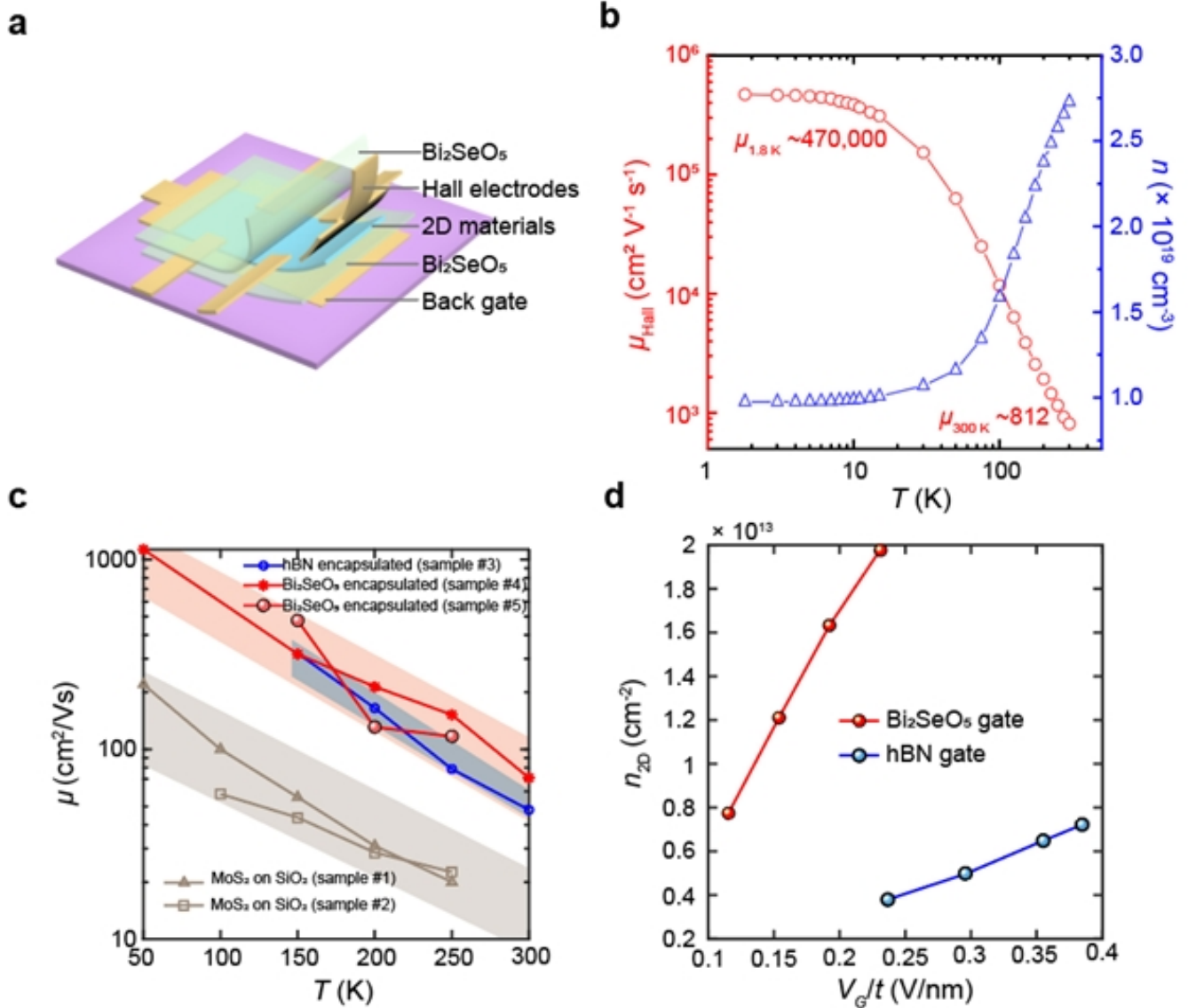


图2：层状单晶 Bi_2SeO_5 纳米片的封装与栅控能力评估。(a)电学输运测试器件示意图;(b) Bi_2SeO_5 封装二维 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ 纳米片的超高霍尔迁移率;(c) Bi_2SeO_5 封装二维 MoS_2 的迁移率提升;(d)层状单晶 Bi_2SeO_5 与hBN的栅控能力对比。

高介电性能层状单晶材料 Bi_2SeO_5 的研发为纳米器件研究提供了优异的封装材料与栅介质材料，使得二维材料载流子迁移率与载流子浓度具有高度可调控性，并可有效降低二维晶体管的功耗，在未来微纳电子器件的发展中具有重要意义。此外，兼具高介电常数和 high 介电强度的电介质材料 Bi_2SeO_5 的开发，有望突破介电瓶颈，实现超高储能密度和效率。因此，高介电性能的新型层状单晶材料 Bi_2SeO_5 的研发具有重要的基础科学意义和应用价值。

该研究合作者还包括北京大学物理学院的吴孝松研究员、廖志敏教授、高鹏研究员、北京大学集成电路学院的黄芊芊研究员、以色列魏茨曼科学研究所的颜丙海教授、中南大学的徐海教授、胡慧萍教授、及美国德州大学奥斯汀分校的赖柯吉教授。

研究得到国家自然科学基金委、科技部、北京分子科学国家研究中心、腾讯基金会、北京大学博雅博士后等机构和项目的资助，并得到了北京大学化学与分子工程学院分子材料与纳米加工实验

室(MMNL)仪器平台的支持。(来源：科学网)

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41563-023-01502-7>

作者：彭海琳等 来源：《自然—材料》

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](https://www.iikx.com)转发