

彭海琳课题组在晶圆级二维半导体单晶薄膜外延生长取得新进展

时间: 2019-08-29 09:35:00 来源: 作者:

主流硅芯片CMOS（互补金属氧化物半导体）技术正面临短沟道效应等物理规律和制造成本的限制，需要开发基于新材料晶体管技术来延续摩尔定律。高迁移率二维半导体因其超薄的平面结构和独特的电子学性质，有望成为“后摩尔时代”高性能电子器件的理想沟道材料，进一步缩小晶体管的尺寸和提高其性能。为满足集成电路加工工艺和器件成品率对沟道材料的苛刻要求，晶薄膜的大面积制备尤为关键与重要。然而，现有二维半导体材料体系（过渡金属硫族化合物、黑磷等）薄膜制备仍未满足现实需实现晶圆级二维半导体单晶薄膜制备技术的突破。

近期，北京大学化学与分子工程学院彭海琳教授课题组瞄准二维半导体材料的晶圆级单晶制备，率先实现了同时具有高电子带隙、环境稳定的二维半导体（硒氧化铋， $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ ）单晶晶圆的外延生长。他们基于自主设计搭建的双温区化学气相沉积系统，矿单晶基底【 SrTiO_3 ， LaAlO_3 ，或 $(\text{La, Sr})(\text{Al, Ta})\text{O}_3$ 】上，利用 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ 与钙钛矿完美的晶格匹配性及较强的界面相互作用，促核同一取向外延并融合生成晶圆级单晶薄膜。 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ 单晶薄膜在晶圆尺寸上表现出优异的材料和电学均匀性，可用于批量制造晶体管。基于晶圆级二维 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ 单晶薄膜的标准顶栅型场效应晶体管展现了高的室温表现迁移率（ $>150 \text{ cm}^2/\text{V s}$ ）、大电导率（ $>10^5$ ）和较高的开态电流（ $45 \mu\text{A}/\mu\text{m}$ ）。相关成果发表在 *Nano Letters (Wafer-Scale Growth of Single-Crystal 2D Semi-Perovskite Oxides for High-Performance Transistors. Nano Lett. 2019, 19, 2148)*。北京大学彭海琳教授为该工作的通讯作者，北京大学博士研究生谭聪伟。

近日，彭海琳课题组利用晶圆级氧化物分子束外延系统（MBE），精确调控Bi/Se/O高蒸气压多组分的配比和衬底生长温度，实现原子级厚度 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ 单晶薄膜的MBE外延生长，并与合作者利用角分辨光电子能谱（ARPES）首次解析了单晶胞（1-UC）厚二维 Bi_2C 子能带结构。结果显示，单晶胞厚二维 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ 具有约 $0.15 m_0$ 的低电子有效质量和约 0.8 eV 的带隙，证明了单晶胞厚的超薄 Bi_2C 迁移率的半导体材料，在未来短沟道器件中的具有应用潜力。晶圆级二维 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ 半导体单晶薄膜的制备弥补了高迁移率二维半导体的空白，为后摩尔时代新型高速和低功耗电子器件探索提供了材料基础，具有重要的基础科学意义和应用价值。以上相关成果发表在 *Advanced Materials (Molecular Beam Epitaxy and Electronic Structure of Atomically Thin Oxy-selenide Films. Adv. Mater. 2019)*。北京大学彭海琳教授和中科院物理所郭建东研究员为该工作的共同通讯作者，第一作者为北京大学博雅博士后梁艳和清华大学博杰。

该系列工作得到了来自科技部和国家自然科学基金委等项目的资助，合作者还包括北京大学高鹏研究员、陈剑豪研究员、浙大教授、南京大学袁洪涛教授、清华大学杨乐仙副教授、和牛津大学陈宇林教授等课题组成员。

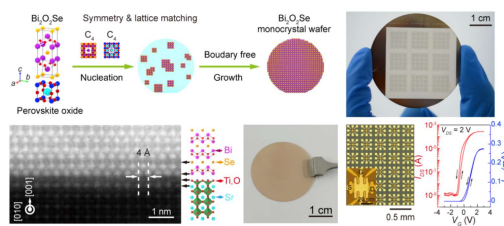


图1: 晶圆级 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ 单晶薄膜的外延生长和场效应晶体管

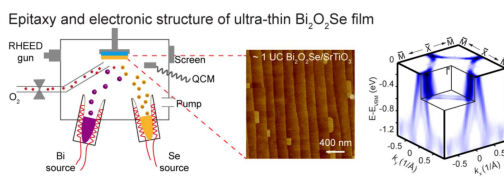


图2: 原子级厚度 $\text{Bi}_2\text{O}_2\text{Se}$ 薄膜的外延生长及电子结构解析

原文链接:

1. <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.nanolett.9b00381>

2. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/adma.201901964>

教师FTP

办公电话

试剂平台

北京大学分析测试中心

在线办公

书记信箱

信件通知

院长信箱

北京大学化学与分子工程学院 地址：北京市海淀区成府路292号 邮编：100871 电话：010-62751710 传真：010-62751708

TOP