

## 研究揭示二维半导体中本征极化子的原子级操纵

极化子是半导体或绝缘体中的一种基本物理现象，是由材料体内的额外电荷（电子或空穴）在电声耦合作用下被束缚在局域晶格畸变处而构成的复合准粒子，对材料的输运特性、表面催化、磁性甚至超导性表现出重要影响。在原子尺度下对极化子的表征和操纵有助于了解极化子的基本物理机制，乃至材料的基本物理特性。然而，自极化子概念提出以来，研究发现具有极化子的材料体系中，额外电荷往往来自于晶格缺陷如空位、掺杂或吸附原子等，因而极化子在实空间中被束缚在缺陷附近，若要实现对极化子的人工操纵就需要克服晶格缺陷的影响，这阻碍了对极化子本征特性的观测和操控。

中国科学院物理研究所/北京凝聚态物理国家研究中心表面国家重点实验室SF09组研究员吴克辉和陈岚长期关注表面低维体系的生长制备和新奇物性表征及操控，特别是在单原子和分子尺度下对表面局域结构特征（表面缺陷或吸附分子等）操纵方向。近日，该团队与中国科学技术大学教授赵瑾课题组合作，在二维半导体中本征极化子表征与操纵方面取得了突破，基于扫描隧道显微镜（STM）技术直接在二维材料的完整晶格中实现了高度可逆的单个本征极化子操纵。

物理所利用分子束外延技术在高定向热解石墨（HOPG）表面制备获得了高质量大面积的单层二维半导体薄膜CoCl<sub>2</sub>。利用STM针尖的隧穿电子注入原理，研究在完整的原子晶格任意位点处构造出与晶格缺陷无关的两种本征极化子，并实现对单个极化子的可逆写入、擦除、转换和横向迁移等一系列操纵过程。中国科大从第一性原理计算出发进一步在能量上佐证了该体系中两种不同空间构型的本征极化子稳定性，并证实了其转变和迁移过程的可行性。

该工作首次在二维材料体系中发现了与晶体缺陷无关的本征极化子，解释了其形成机制，并实现了对单个本征极化子的原子尺度操纵。该体系为本征极化子的特性研究提供了极佳的平台，更在微纳信息存储领域表现出潜在的应用价值。相关研究成果发表在《自然-通讯》【Nature Communications 14, 3690 (2023)】。研究工作得到科学技术部、国家自然科学基金委员会和中国科学院的支持。

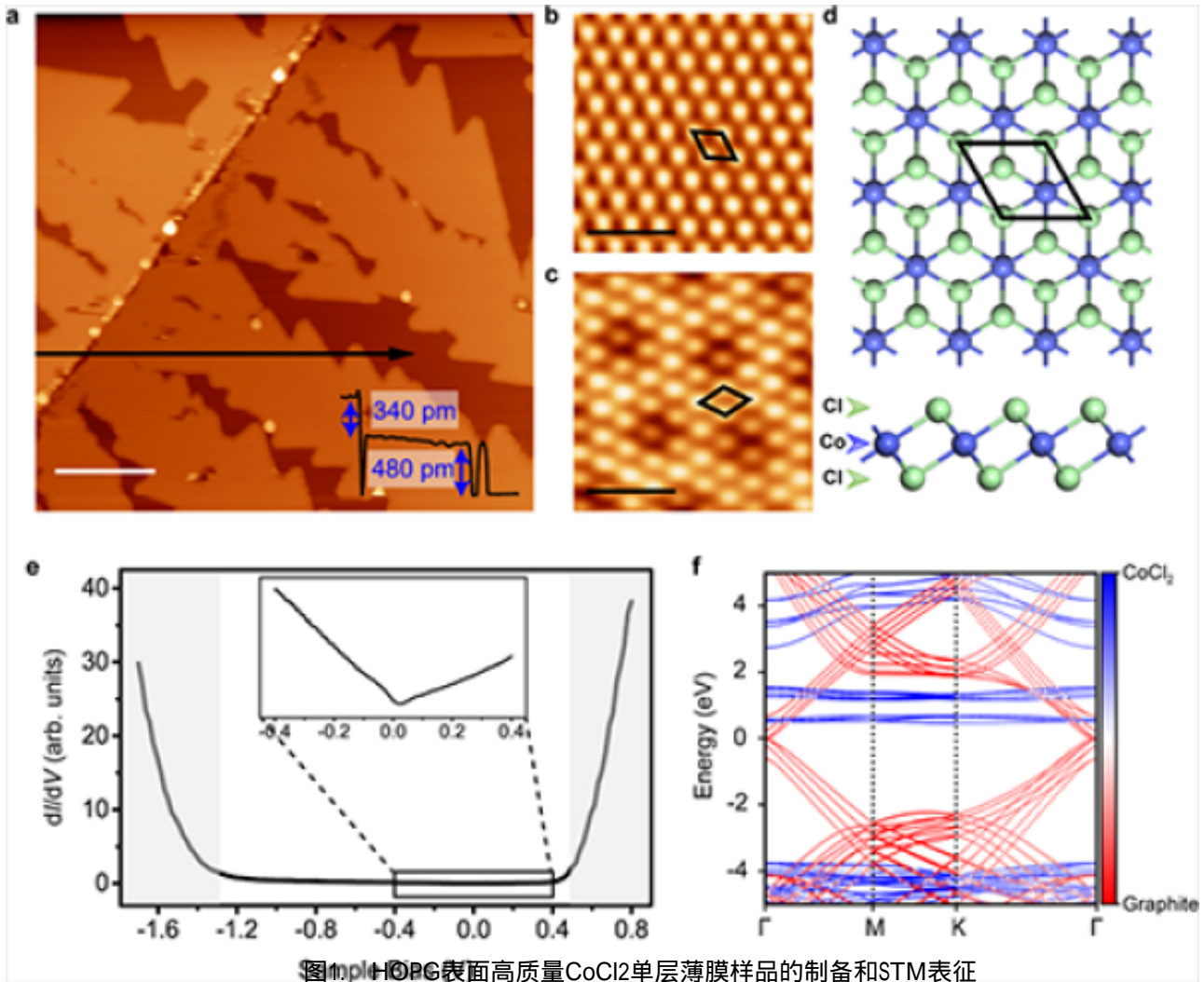


图1 HOPG表面高质量 $\text{CoCl}_2$ 单层薄膜样品的制备和STM表征

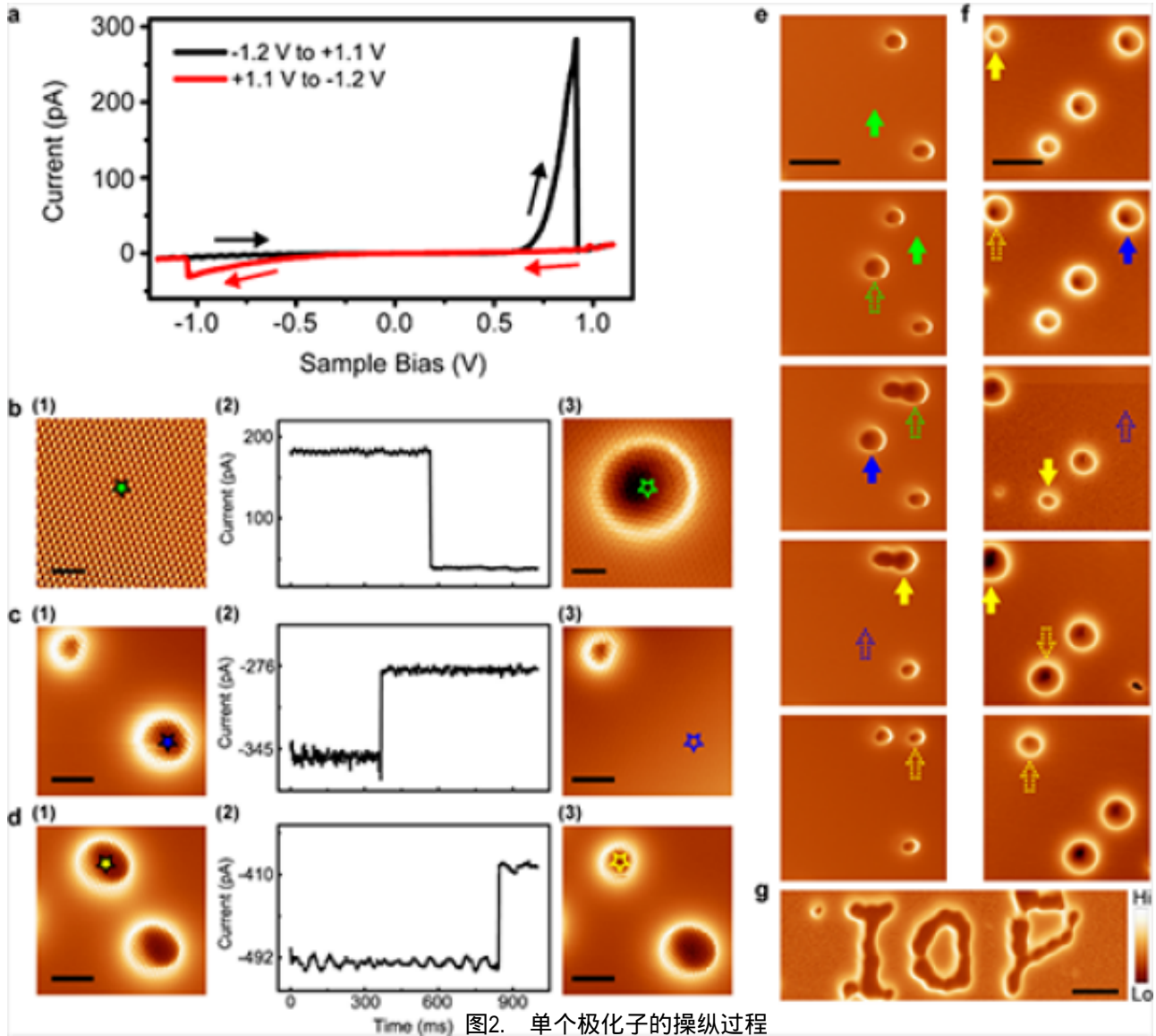


图2. 单个极化子的操纵过程

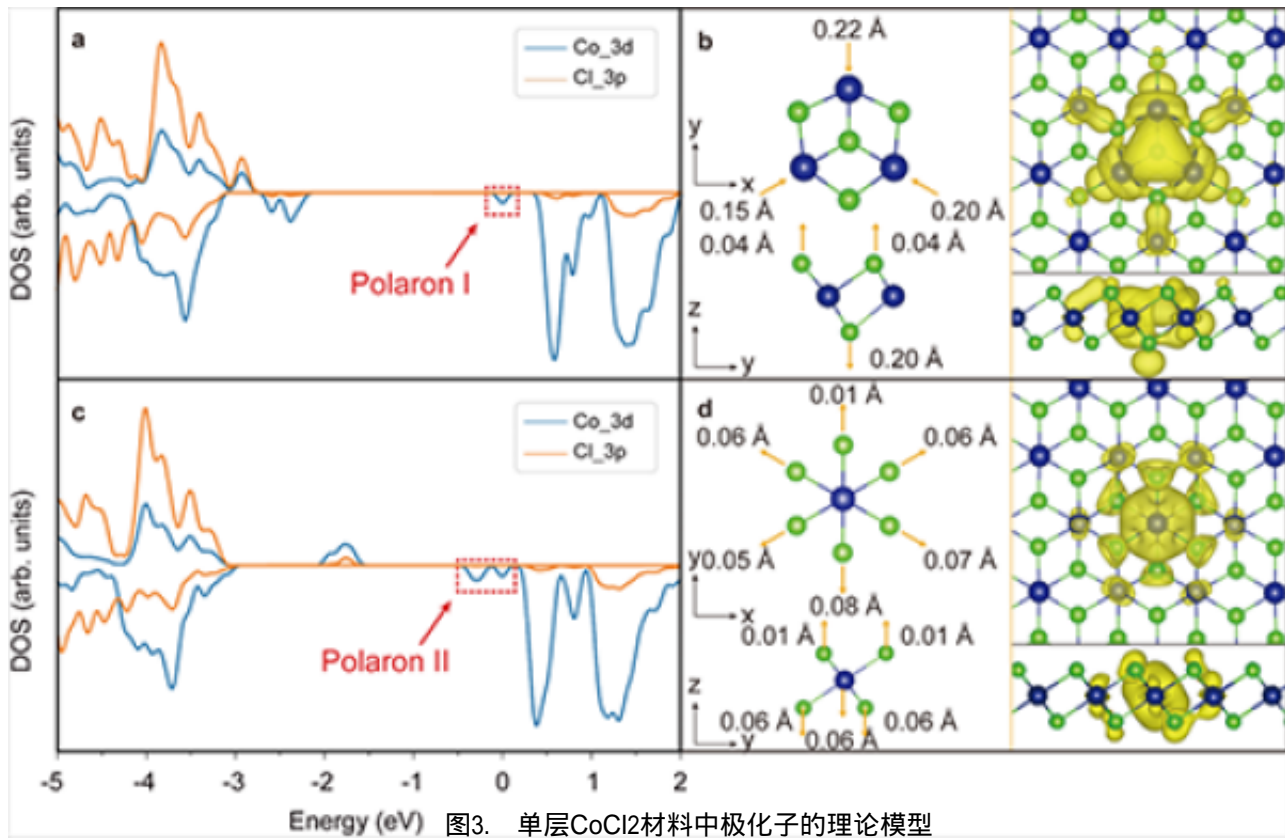


图3. 单层CoCl<sub>2</sub>材料中极化子的理论模型

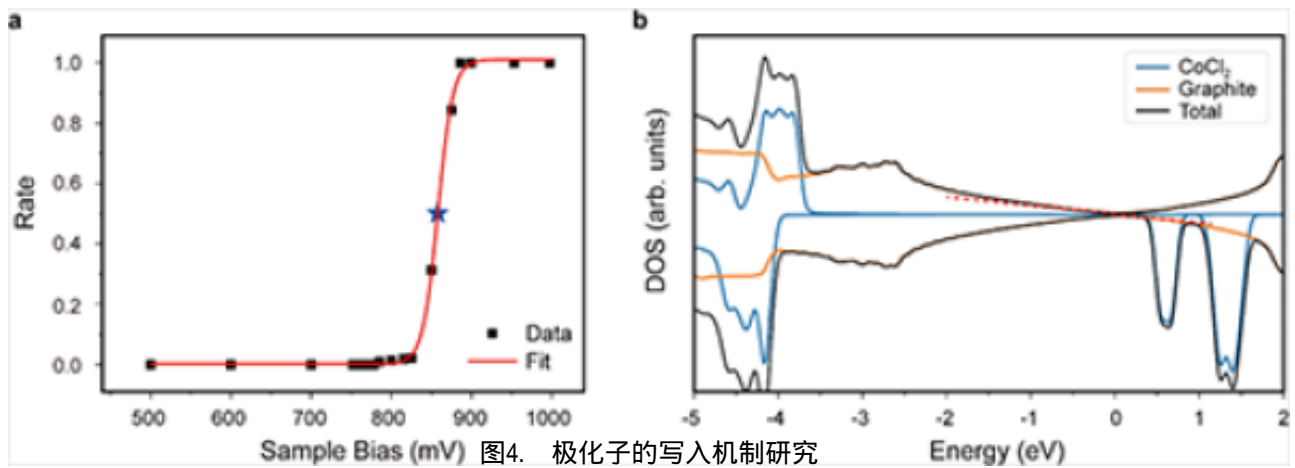


图4. 极化子的写入机制研究

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/197861.html>