
研究发现石墨烯中载流子浓度的尺寸依赖效应

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/36740.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！

研究发现石墨烯中载流子浓度的尺寸依赖效应

。提高量子电阻芯片中霍尔器件的集成密度，是实现量子电阻多量值的关键。然而，霍尔器件尺寸微缩是否影响石墨烯基量子电阻性能，成为该领域亟待研究的科学问题之一。

针对上述问题，中国科学院上海微系统与信息技术研究所研究团队，在同一石墨烯单晶衬底上，制备出具有不同沟道宽度的霍尔器件。实验结果表明，宽度减小导致实现完全量子化所需的磁场强度升高。

研究团队通过费米速度测量与角分辨光电子能谱（ARPES）分析发现，能带结构变化和电子—电子相互作用是引起上述尺寸依赖效应的主要原因。团队进一步结合有限数据下的机器学习分析，确定了约360 μm 的沟道宽度，是电阻量值不确定度与提高器件集成度之间的优化平衡点，并基于此制备出输出量值为8.604k Ω 的石墨烯量子电阻阵列。

团队通过制备不同沟道宽度的石墨烯霍尔器件，并旋涂掺杂剂，精确调控载流子类型和密度。测量结果发现，石墨烯霍尔器件中的载流子密度随沟道宽度变化呈现规律性差异，即在电子掺杂条件下，载流子密度随沟道宽度增加而降低；在空穴掺杂条件下，则相反。这一现象在沟道宽度 $\leq 400\ \mu\text{m}$ 时尤为明显，直接影响了器件进入量子化霍尔平台所需的磁场阈值。

为揭示其物理机制，团队结合输运测量与ARPES，发现器件尺寸变化会导致石墨烯能带结构的细微重整化。费米速度测量进一步证实，电子—电子相互作用与尺寸效应共同改变了狄拉克锥形状，从而引起载流子密度随尺寸变化。基于此规律，团队采用支持向量回归（SVR）机器学习模型，对沟道宽度等参数进行协同优化，确定了约360 μm 为电阻不确定度与集成密度间的最佳平衡点，并据此制备输出量值为8.604k Ω 的量子霍尔电阻阵列。该阵列在约 $\pm 1.5\text{T}$ 磁场下，即可进入量子化平台，并于85 μA 电流下，达到 3.0×10^{-4} 的最低不确定度。

该研究揭示了石墨烯量子霍尔器件中，载流子密度的显著尺寸依赖效应，为高性能、多量值的量子电阻器件设计提供了关键依据。

近日，相关研究成果发表在Materials Today

Physics上。研究工作得到国家自然科学基金委员会、科学技术部、上海市等的支持。

基于机器学习SVR模型预测的器件不确定度与掺杂浓度、电流、沟道宽度之间的关系图

输出量值为8.604k Ω 的量子电阻阵列照片和高精度测量结果

研究团队单位：上海微系统与信息技术研究所

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