研究者设计梯度表面能调控的复合型转移媒介

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/20171.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！

研究者设计梯度表面能调控的复合型转移媒介。石墨烯等二维材料的载流子迁移率高、光-物质相互作用强、物性调控能力优，在高带宽光电子器件领域具有重要的科学价值和广阔的应用前景。

当前，发展与主流半导体硅工艺兼容的二维材料集成技术受到业内广泛关注，其中首要的挑战是将二维材料从其生长基底高效转移到目标晶圆衬底上。然而，传统的高分子辅助转移技术通常会在二维材料表面引入破损、皱褶、污染及掺杂，严重影响了二维材料的光电性质和器件性能。因此，实现晶圆级二维材料的无损、平整、洁净、少掺杂转移是二维材料面向集成光电子器件应用亟待解决的关键问题。

针对这一难题，国防科技大学前沿交叉学科学院副研究员朱梦剑-教授秦石乔课题组与北京大学化学与分子工程学院教授彭海琳课题组合作，设计了一种梯度表面能调控（gradient surface energy modulation）的复合型转移媒介，可控制调节转移过程中的表界面能，保证了晶圆级超平整石墨烯向目标衬底（硅片、蓝宝石等）的干法贴合与无损释放，得到了晶圆级无损、洁净、少掺杂均匀的超平整石墨烯薄膜，展示了均匀的高迁移率器件输运性质，观测到室温量子霍尔效应及分数量子霍尔效应，并构筑了4英寸晶圆级石墨烯热电子发光阵列器件，在近红外波段表现出显著的辐射热效应。该转移方法具有普适性，也适用于其它晶圆级二维材料（如氮化硼）的转移。

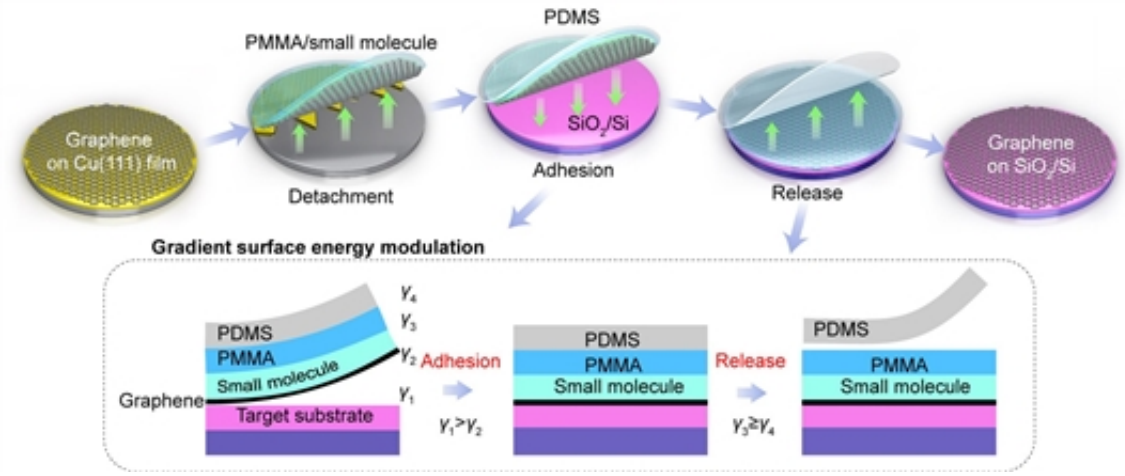
9月15日，上述成果在线发表于《自然—通讯》（Nature Communications）上，共同通讯作者为朱梦剑、秦石乔和彭海琳，共同第一作者包括北京大学前沿交叉学科研究院博士研究生高欣、国防科技大学前沿交叉学科学院罗芳讲师等，其他主要合作者还包括中国科学院院士、北京大学化学学院教授刘忠范，北京大学材料学院研究员林立，北京石墨烯研究院研究员尹建波和孙禄钊，长春工业大学教授高光辉等。

该文章提出，二维薄膜材料从一表面到另一表面的转移行为主要由不同表界面间的能量差异决定。衬底的表面能越大，对二维薄膜有更好的浸润性及更强的附着能，更适合作为薄膜转移时的接受体；反之，衬底的表面能越小，其更适合作为薄膜转移时的释放体。

因此，作者设计制备了表面能梯度分布的转移媒介，其中冰片小分子层吸附在石墨烯表面，有效降低了石墨烯的表面能，保证石墨烯向目标衬底贴合过程中，衬底的表面能远大于石墨烯的表面能，进而实现良好的干法贴合；另一方面，转移媒介上层的PDMS高分子膜具备最小的表面能，能够实现石墨烯的无损释放。

该转移方法还具有其他特点，比如，PDMS作为支撑层可以实现石墨烯向目标衬底的干法贴合，

减少界面水氧掺杂；容易挥发的冰片作为小分子缓冲层能有效避免上层PMMA高分子膜对石墨烯的直接接触和残留物污染，得到洁净的石墨烯表面；高分子PMMA层的刚性使得石墨烯转移后依旧保持超平整的特性。



晶圆级二维材料的梯度表面能调控转移方法。 受访者供图

基于梯度表面能调控转移的石墨烯薄膜具备无损、洁净、少掺杂、超平整等特性，展现出非常优异的物理化学性质。转移后4英寸石墨烯晶圆的完整度高达99.8%，电学均匀性较好，4英寸范围内面电阻的标准偏差仅为6%（655 ± 39 Ω/sq）。转移到SiO2/Si衬底上石墨烯的室温载流子迁移率能够达到10000 cm2/Vs，并且能够观测到室温量子霍尔效应以及分数量子霍尔效应（经氮化硼封装，1.7 K）。基于SiO2/Si衬底上4英寸石墨烯晶圆，成功构筑了热电子发光阵列器件，在较低的电功率密度下（P = 7.7 kW/cm2）能够达到较高的石墨烯晶格温度（750 K），并在近红外波段表现出显著的辐射热效应。

此外，梯度表面能调控转移方法可作为晶圆级二维材料（石墨烯、氮化硼、二硫化钼等）向工业晶圆转移的通用方法，有望为高性能光电子器件的集成奠定技术基础。

该论文审稿人表示：研究成果提供了一种用于大规模生长和转移晶圆级石墨烯薄膜，制备了高载流子迁移率石墨烯微纳电子器件的先进技术，对石墨烯以及二维材料的学术界和产业界非常重要和及时，这是将石墨烯从实验室推向工业应用所必需的关键环节。

该研究工作得到了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、湖南优青、湖湘青年英才等项目资助，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）仪器平台和国防科技大学高层次创新人才工程的支持。（来源：中国科学报 王昊昊）

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41467-022-33135-w

作者：朱梦剑等 来源：《自然—通讯》

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转发