

苏州纳米所等在快速批量制备高质量石墨烯研究方面取得进展

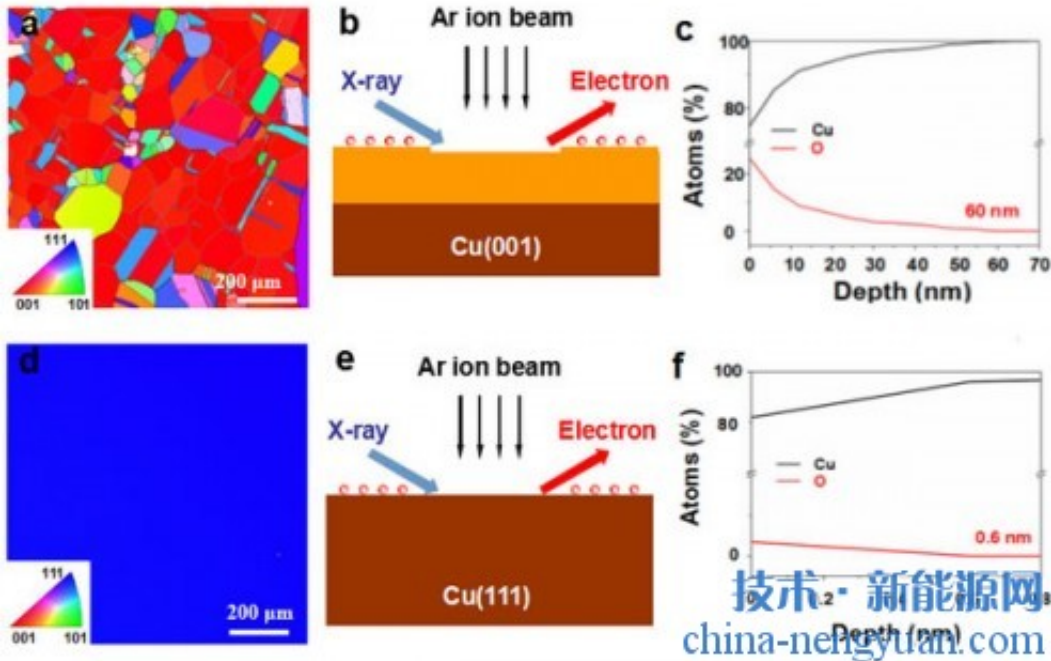


图1：氩气和氢气对铜衬底晶向的调控。(a, d)氩气和氢气处理后的铜衬底电子背散射表征；(b, e)X射线光电子能谱的氩离子刻蚀示意图；(c,f)两种铜衬底晶向表面对应的氧化层厚度。

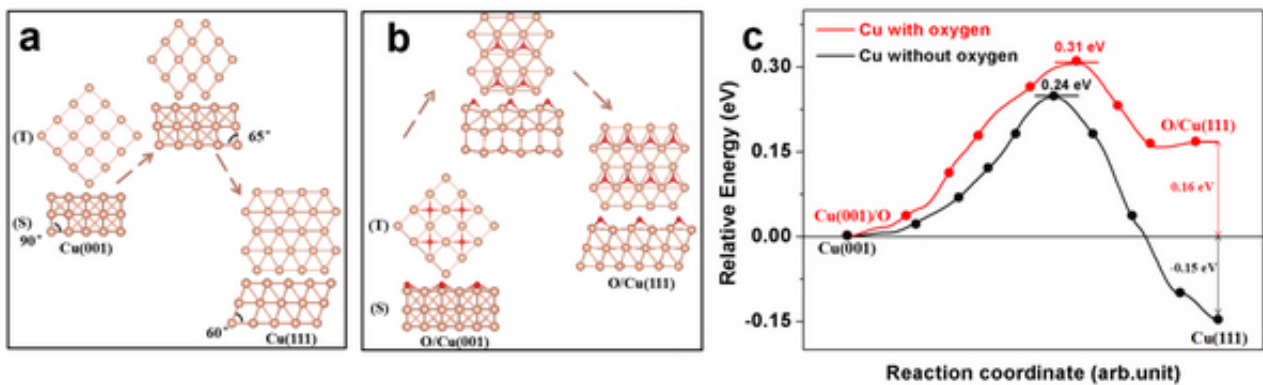


图2：密度泛函理论计算揭示氧对铜衬底晶向转变影响的机制。

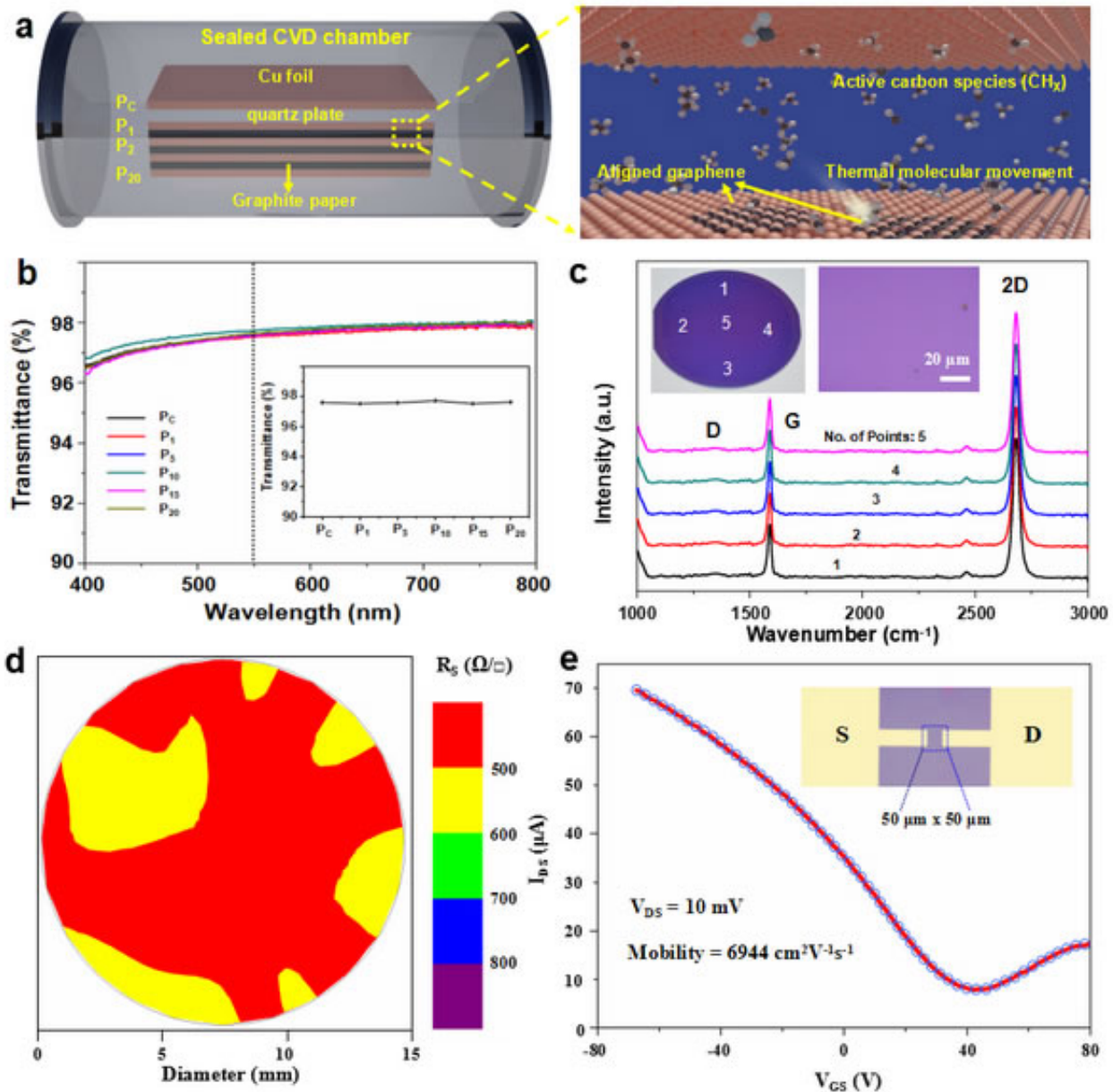


图3：静态常压CVD系统下制备石墨烯的光学和电学性质表征。(a)静态常压CVD体系批量制备石墨烯的原理图；(b)不同铜衬底叠层上石墨烯薄膜的透光率表征；(c)石墨烯的光学和拉曼表征；(d)石墨烯的方块电阻表征；(e)石墨烯的室温场效应迁移率表征。

因为在半导体工业中具有良好的集成兼容性以及低廉的成本优势，铜基表面化学气相沉积(CVD)法被认为是最有潜力实现大规模制备高质量石墨烯的方法。通过近10年的努力(2007-2017)，铜基CVD法已经在大批量、高质量和快速制备三个方向分别取得了一系列的突破进展。然而，对于能够同时实现快速、大批量和高质量制备石墨烯，仍然是一个挑战。分析其原因主要有三点：(1)铜衬底和石墨烯晶格失匹配，导致石墨烯的晶界密度过高，削弱了石墨烯的物理性能；(2)为了抑制石墨烯成核，传统的CVD方法往往通过降低碳源浓度来实现，导致石墨烯的生长速率偏低，在 $0.03 \mu\text{m/s}$ - $0.36 \mu\text{m/s}$ 之间；(3)随着石墨烯制备面积的不断扩大，石墨烯生长气氛因为受流阻的影响变得不均匀，导致大批量制备的石墨烯不连续或者不均匀。

针对以上关键科学技术问题，中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所研究员刘立伟课题组和苏州格瑞丰纳米科技有限公司合作，首先对铜衬底进行晶向调控，揭示了氧化层对铜衬底晶向的调控作用和机制。研究发现铜表面氧化层有利于Cu(001)晶向的形成，而用氢气去除铜表面氧化层后，铜衬底则迅速转变为Cu(111)晶向(图1)，并利用密度泛函理论计算揭示了氧对铜衬底晶向转变影响的机制(图2)。该工作揭示了氧气和氢气在铜衬底晶向转变中的作用，同时也有利于单晶化衬底实现高质量石墨烯的可控制备。相关结果已经发表于《科学报告》(Scientific Reports, 7, 45358 (2017))。

基于上述研究成果，该团队提出了通过构建一个基于分子热运动的静态常压CVD(SAPCVD)系统，实现了快速批量制备高质量石墨烯。实验结果证明SAPCVD系统能够同时在20层铜衬底上批量化制备光学均匀的石墨烯，其生长速率达到 $1.5 \mu\text{m/s}$ 。通过调控石墨烯和铜衬底的晶格失匹配，石墨烯的晶界密度得到有效抑制，石墨烯的室温场效应迁移率达到 $6944 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ，方块电阻 $500 \Omega/\square$ （图3）。

相比于传统低压流动CVD(LPCVD)或者常压流动CVD(APCVD)系统，SAPCVD系统制备石墨烯的优点主要体现在3点：首先，石墨烯生长气氛均匀且不受流阻的影响，有利于大批量制备石墨烯；其次，碳源浓度可以在150%的大窗口下实现均匀单层石墨烯，更容易获得光学均匀的石墨烯薄膜；最后，碳源可以在CVD生长室内充分地分解，并且可以有效降低石墨烯制备过程中对真空设备的依赖，降低了石墨烯的制备成本。该工作提出通过静态常压CVD技术和Cu(111)单晶叠层衬底技术实现快速批量制备高质量石墨烯，加速了石墨烯在柔性电子器件中的应用。这一科研成果最近发表在Small(DOI: 10.1002/smll.201700651)上。

该系列工作得到国家自然科学基金、江苏自然科学基金的大力支持。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/111717.html>