



科研进展

首页» 科研进展» 刘忠范课题组与彭海琳课题组及合作者在扭转双层石墨烯制备研究中取得重要进展

刘忠范课题组与彭海琳课题组及合作者在扭转双层石墨烯制备研究中取得重要进展

时间: 2021-04-27 08:48:00 来源: 作者: 访问量: 705

扭转双层石墨烯可视作两层石墨烯以一定的扭转角度堆叠而成，其表面会形成随扭转角度变化的摩尔周期势，其能带结构也受扭转角度的调制。例如，两层石墨烯的能带耦合会导致态密度上范·霍夫奇点的出现，从而赋予其角度依赖的光电特性；非公度扭转角的石墨烯则具有极小的摩擦力；而魔角（ $\sim 1.1^\circ$ ）扭转石墨烯则具有一系列新奇的量子效应，引发了人们极大的研究兴趣，催生了新的研究领域——扭转电子学（Twistronics）。目前，实验室的扭转双层石墨烯（tBLG）通常是通过人工堆叠的方法制备。如何通过生长的方法直接制备具有各种扭转角度的双层石墨烯是该领域需要解决的重要问题。

基于金属衬底的化学气相沉积(Cheical Vapor Deposition, CVD)法被认为是生长高品质石墨烯薄膜最有前景的方法，而层数及堆垛角度均严格可控的石墨烯CVD精准合成依然有待突破。前期，刘忠范课题组和彭海琳课题组基于范德华外延法初步实现了AB堆垛双层石墨烯的控制生长（*Nano Lett.* 2011, 11, 1106）和扭转双层石墨烯生长（*Nature Comm.* 2016, 7, 10101）；*Nano Lett.* 2015, 15, 5585）。由于AB堆垛具有更高的能量稳定性，CVD高温生长的双层石墨烯更趋向于形成AB堆垛型双层石墨烯。因此，打破AB堆垛石墨烯在能量上的优势，在高温下实现层间扭转成为一项重要挑战。

为此，刘忠范课题组、彭海琳课题组及合作者提出了“异位成核” (Hetero-site nucleation)的生长策略，通过在生长过程中引入气流扰动控制第二层石墨烯的成核位点，使两层石墨烯的晶格取向分别受到不同区域衬底的诱导，从而得到层间扭转双层石墨烯（图1）。

TOP

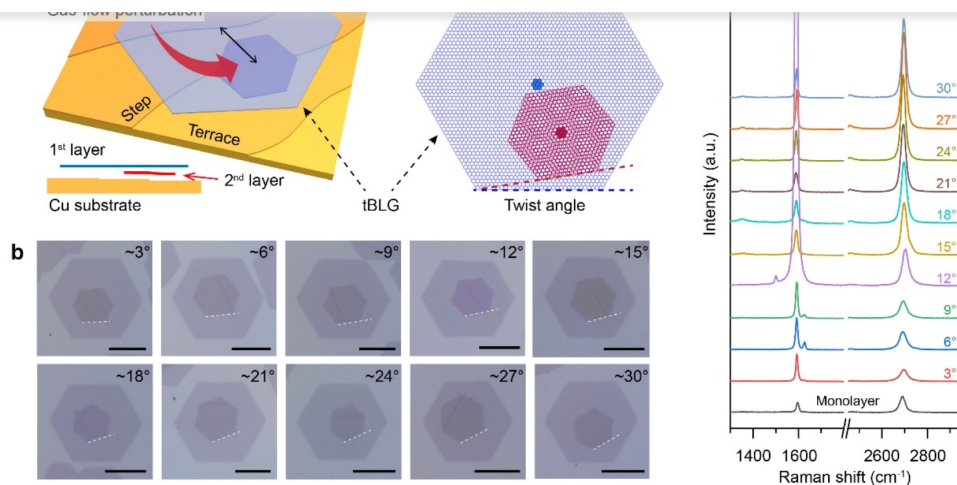


图1 扭转双层石墨烯的异位成核法生长策略及生长结果

铜表面石墨烯的CVD生长通常遵从“自限制”生长模型，而当氢气分压较大时，石墨烯的边缘会从金属钝化变为氢饱和和终止，导致边缘与金属的相互作用变弱，并阻碍单层石墨烯的生长，因此活性碳物种可“钻”入第一层石墨烯和铜之间进行第二层的生长。而第二层石墨烯与衬底的相互作用强于石墨烯层间的相互作用，这一特点为层间扭转提供了可能。TOP 1队依靠衬底的作用还不足以形成扭转，因为石墨烯的晶格取向在成核初期即被决定，如果两层石墨烯在同一位点成核，成核环境会使两层石墨烯晶格取向一致，形成AB堆垛石墨烯。研究发现，当两层石墨烯的成核位点不同时，由于台阶、扭结、位错或颗粒等微观环境的不同，层间扭转的概率会显著增加。为实现第二层石墨烯的可控成核和生长，TOP 1队采用了扰动生长的策略，即在CVD生长过程中改变氢气和甲烷的分压，调控石墨烯边缘的终止态和附近的局域碳物种。这一方法得到了 $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ 同位素标记生长实验的验证：分别在第5 min、10 min引入“扰动”，第二层的成核时间恰于5 min和10 min，第二层的成核位点也恰好在 $^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$ 的交接处，所得到的石墨烯为 $\sim 30^\circ$ -tBLG和 $\sim 9^\circ$ -tBLG（图2）。同时，不采用扰动的结果则表现为AB堆垛双层石墨烯，这证明了该方法的有效性。

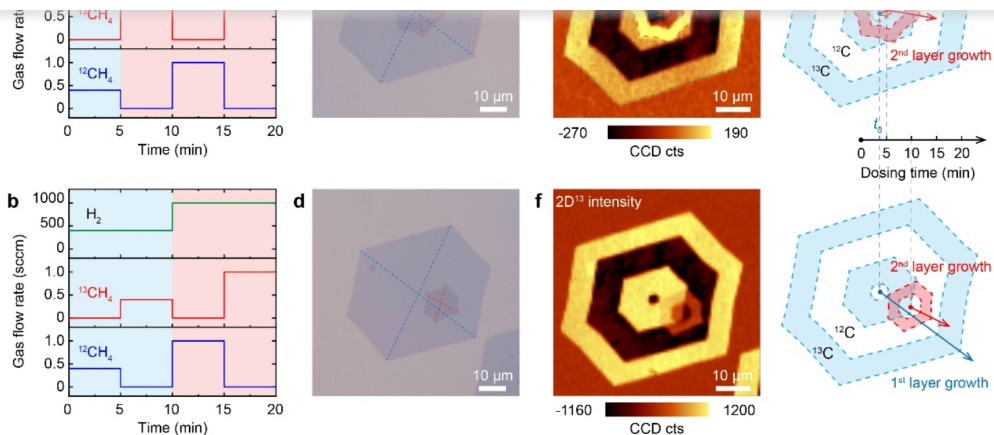


图2 扭转双层石墨烯的同位素标记实验

研究团队还总结了“扰动——异位成核”方法的关键参数，通过控制两步生长法的氢气、碳源比例（图3），实现了高扭转比例（88%）的tBLG。高分辨透射电镜的表征显示出清晰的摩尔条纹（图4）；电学输运测量表明其具有很高的室温载流子迁移率（ $68,000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ）（图5）；角分辨光电子能谱测量显示出清晰的线性能带结构和范霍夫奇点。这些均证明了通过该方法得到的tBLG具有超高的品质。

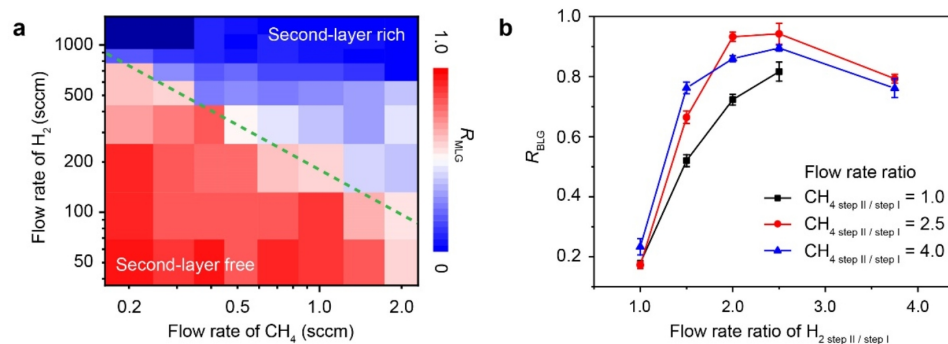


图3 扭转双层石墨烯的异位成核法生长参数

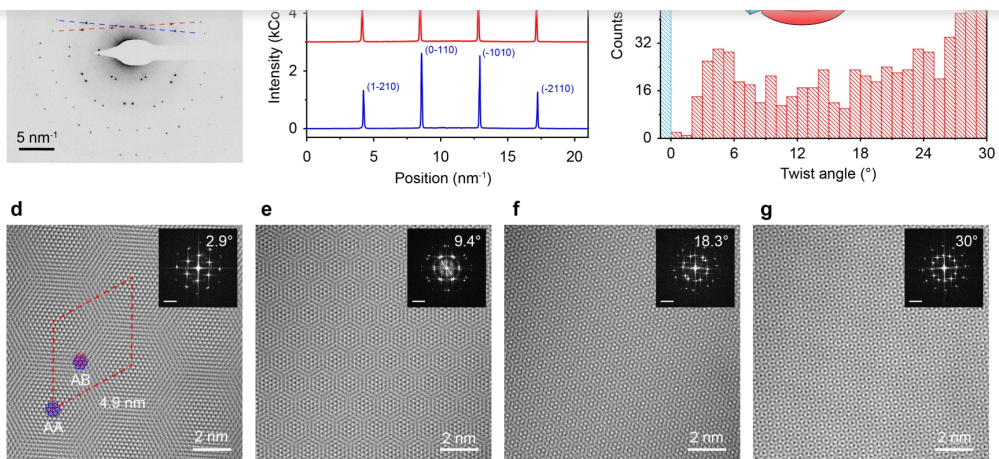


图4 扭转双层石墨烯的透射电镜表征

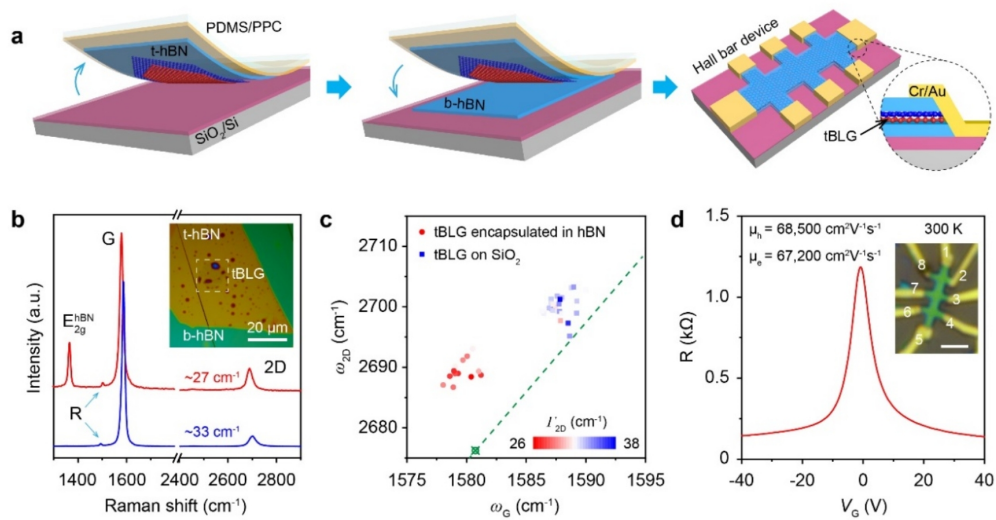


图5 扭转双层石墨烯的电学性质评估



Communications 2021, 12, 2591。北京石墨烯研究院孙稼利博士、曼彻斯特大学王子家博士、北京大学博士研究生王悦辰为第一作者，北京大学化学与分子工程学院刘忠范教授、彭海琳教授、曼彻斯特大学林立博士、中国科学技术大学黄生洪副教授为本文通讯作者，合作者还包括曼彻斯特大学Kostya S. Novoselov教授、苏州大学Mark H. Rummeli教授、中国科学技术大学李震宇教授和牛津大学陈宇林教授等。该研究工作得到了科技部、国家自然科学基金委、北京市科委、北京分子科学国家研究中心等项目资助。

原文链接: <https://www.nature.com/articles/s41467-021-22533-1>

教师FTP

试剂平台

在线办公

信件通知

办公电话

北京大学分析测试中心

书记信箱

院长信箱



北大化学微信