半导体所在h-BN二维原子晶体研究方面取得系列进展

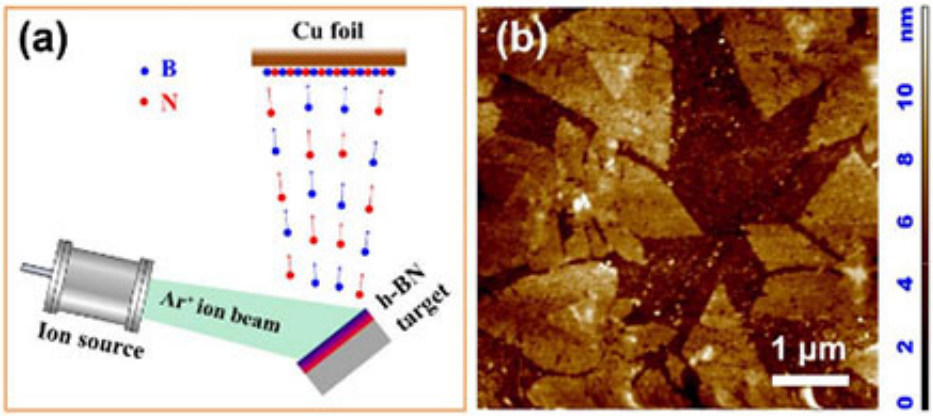

图1（a）离子束溅射沉积（IBSD）方法制备h-BN二维原子晶体的示意图；（b）转移到SiO_2/Si衬底上的h-BN二维原子晶体

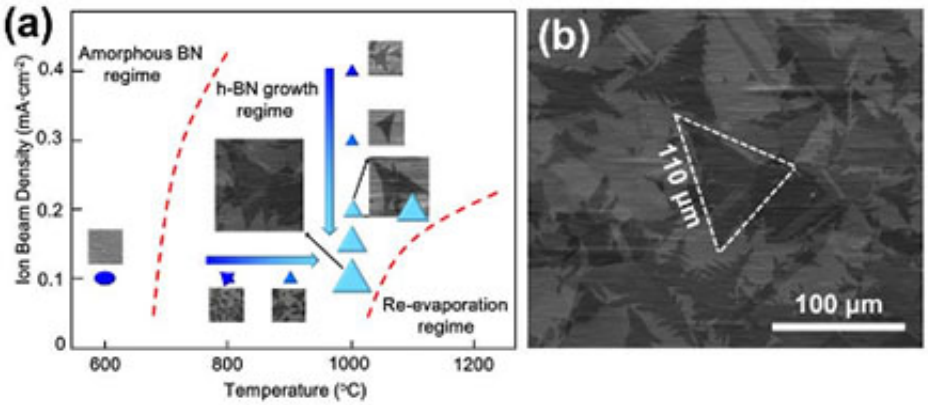

图2（a）h-BN单晶畴尺寸与生长条件之间的关系；（b）横向尺寸超过100微米的h-BN单晶畴

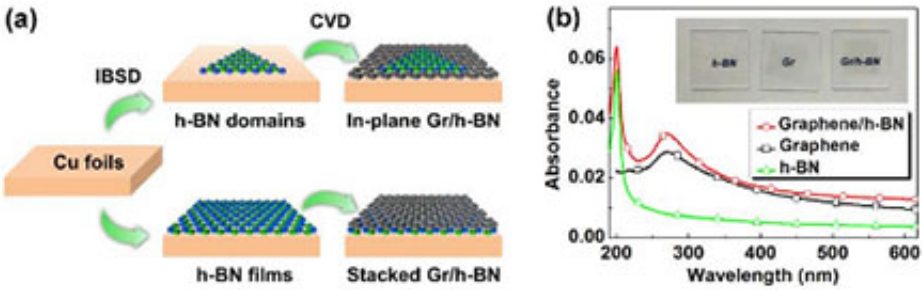

图3（a）石墨烯/h-BN面内及纵向叠层异质结的生长示意图；（b）异质结的UV-visible光谱表征

伴随石墨烯研究的兴起，其它二维原子晶体也陆续进入人们的研究视野。其中，六方氮化硼（h-BN）逐渐成为该领域的又一亮点。高度相似的晶体结构赋予h-BN与石墨烯一些共同特性，如极高的面内弹性模量、高温稳定性、原子级平滑的表面。由于两者晶格失配很小，石墨烯可以均匀紧密地铺展在h-BN衬底上，特别是，h-BN表面极少有悬挂键和电荷陷阱的存在，有利于还原本征石墨烯极高的载流子迁移率。此外，h-BN具有宽禁带（5.9 eV）、绝缘性好、化学稳定性和导热性高等优良特性，使其作为石墨烯基电子器件的绝缘衬底和电介质材料甚具吸引力。h-BN二维原子晶体的制备方法与石墨烯类似，机械剥离的h-BN尺寸有限（几十微米量级），仅限于实验室研究。目前，大多数研究采用化学气相沉积法（CVD）制备h-BN二维原子晶体，但CVD生长过程异常复杂，各种生长参数相互关联。

此外，CVD法常用的前驱体存在剧毒、稳定性差、易于水解、副产物多及价格昂贵等问题。因此，急需发展其它规模制备h-BN二维原子晶体的可控生长方法。

最近，中国科学院半导体研究所半导体材料科学重点实验室张兴旺课题组，在h-BN二维原子晶体及石墨烯/h-BN异质结制备方面取得了系列进展。博士生王浩林等首次采用离子束溅射沉积方法（IBSD），以氩离子束轰击高纯h-BN靶材，在铜箔衬底上制备了单层及少数层h-BN二维原子晶体。他们发现在溅射过程中通入氢气可显著抑制成核密度，并制备出尺寸约5微米的h-BN单晶畴，延长生长时间可以得到高质量的连续薄膜。相比于广泛使用的CVD方法，IBSD方法可以精确控制离子束的能量及束流密度，且更易于实现h-BN的可控生长。此外，IBSD属于物理气相沉积法，制备过程不涉及化学反应，有望在非金属衬底上直接生长h-BN，为h-BN二维原子晶体的制备提供了新的思路，相关结果发表于Small 11, 1542 (2015)。

小尺寸晶畴导致存在大量晶界将严重影响h-BN器件的性能，因此大尺寸单晶h-BN的制备对其性质研究及其器件应用均具有重要的意义。目前，大多数CVD方法制备的h-BN单晶畴的尺寸在微米量级。该小组采用IBSD方法，以原位离子束刻蚀对衬底进行处理，并通过生长参数调控衬底表面溅射粒子的浓度，从而大幅降低了h-BN的成核密度，最终在多晶镍箔衬底上制备出单晶畴尺寸大于100微米的h-BN二维原子晶体。在此基础上，该小组还制备了h-BN深紫外原型探测器，器件表现出良好的紫外光电响应特性。相关成果近期在Advanced Materials (DOI: 10.1002/adma.201504042)上在线发表。

石墨烯/h-BN异质结构可保持本征石墨烯极高的载流子迁移率，是构建石墨烯电子器件的重要基础，近年来受到广泛关注。博士生孟军华等利用CVD技术在IBSD生长的h-BN/Cu衬底上直接生长石墨烯，制备出石墨烯/h-BN面内及纵向叠层异质结构。通过这种直接沉积的方式制备石墨烯/h-BN异质结构，不仅可以获得大面积、任意形状的样品，使得大面积石墨烯电子学的应用变为可能；而且可以避免转移过程引入的污染，获得良好的石墨烯/h-BN界面，改善石墨烯中的载流子输运性能。相关结果近期发表于Nanoscale 7, 16046 (2015)。

该研究为制备高质量h-BN二维原子晶体、石墨烯/h-BN异质结及h-BN光电器件奠定了基础，将进一步推进二维原子晶体在电子学领域的应用。该工作得到了国家科技部、国家自然科学基金委、北京市自然科学基金委的资助。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/85130.html