

物理所等在石墨烯外延及二维超晶格研究中取得进展

文章来源：物理研究所

发布时间：2013-08-30

【字号：小 中 大】

石墨烯以其独特的线性能量色散关系、高迁移率、高热导率以及优异的力学性能等而在凝聚态物理及材料科学等领域内倍受关注。众所周知，石墨烯的性质受衬底的影响很大，常用的氧化硅衬底会引起额外的载流子散射和电声相互作用而使其质量下降很多。最近的研究发现，六方氮化硼由于其原子级平整的表面、无悬挂键、掺杂效应弱等优势，可以最大限度地保持石墨烯的本征物理性质。更重要的是，石墨烯在六方氮化硼上会形成二维超晶格结构。理论计算表明，这种二维超晶格可以调控石墨烯的能带结构，形成附加的狄拉克点，进而为探索一系列新的物理现象，如Hofstadter Butterfly能谱，提供了有效手段。

然而，以往把石墨烯放在六方氮化硼表面需要采用物理转移技术，会带来加工和结构的不确定性。例如，石墨烯和氮化硼有着1.7%的晶格失配，两者不同的堆垛会产生不同的超晶格周期。不同的超晶格会对石墨烯能带调制行为不同，打开能隙的大小也不同。另外，物理转移技术还会带来结构的不均一、介面污染等问题。因此，如何控制石墨烯在六方氮化硼上的堆垛方式，从而使二维超晶格周期确定、大尺度均一、高质量无污染，是一个极具挑战性的课题。

最近，中科院物理研究所/北京凝聚态物理国家实验室（筹）纳米物理与器件实验室张广宇研究员、时东霞研究员、博士生杨威等与复旦大学张远波教授、博士生陈国瑞、以及北京理工大学姚裕贵教授、博士刘铨铨等合作开展了六方氮化硼衬底上外延生长石墨烯以及研究相关超晶格电学输运性质质量方面的工作。他们在前期石墨烯直接生长技术的基础上（*Nano Res.* 2011, 4, 315; *Small* 2012, 8, 1429; *Nano Res.* 2012, 5, 258），以甲烷为气源，通过远程等离子体增强的气相外延技术，在国际上首次实现了六方氮化硼惰性衬底上石墨烯的可控范德瓦尔斯外延。

这种外延的石墨烯具有大面积（只受衬底尺寸限制）、单晶、高质量（最高载流子迁移率达到 $20,000\text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ ）、层数可控（1到3层）等优点。利用原子力显微镜直接观察到外延石墨烯和氮化硼衬底具有零转角的晶格堆垛方式，且由于晶格失配导致三角摩尔图形出现，由此形成了约15纳米周期的二维超晶格结构。这种超晶格结构会对石墨烯的能带进行改造，在超晶格布里渊区的M点形成新的狄拉克点。电学输运测量的结果表明，在石墨烯本征狄拉克点两侧会出现由二维超晶格结构导致而出现的附加最小电导峰，分别对应电子和空穴支超晶格狄拉克点。利用量子霍尔测量，观察到单层石墨烯的狄拉克费米子的半整数的量子霍尔效应以及双层石墨烯狄拉克点附近的八重简并。而且，他们还对单层石墨烯径向电阻和霍尔电阻作了随载流子浓度和磁场变化的二维谱研究，在超晶格狄拉克点附近观测到了相应的输运特性，观测到简并度为二的超晶格朗道能级。这些结果为石墨烯的外延生长以及二维超晶格的物理研究提供了新的方法和思路。

相关结果发表在*Nature Materials* (2013, 12, 792) 上。

该工作得到了国家自然科学基金委、科技部和中科院的支持。

[文章链接](#)

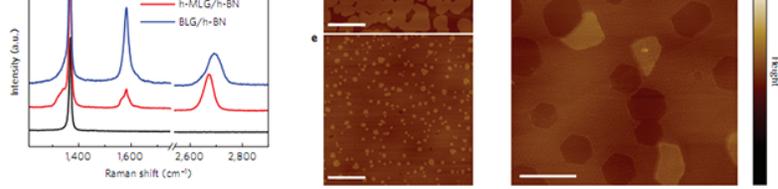


图1：石墨烯在六方氮化硼上的外延生长示意图以及AFM、拉曼的特征。

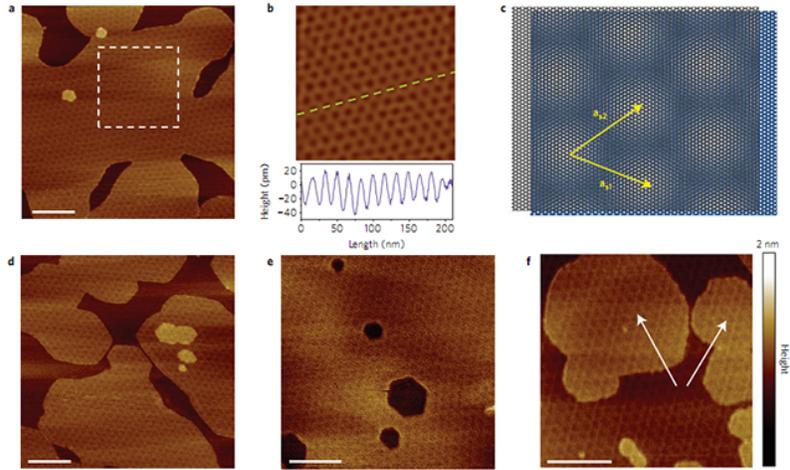


图2：通过AFM表征可以清晰地各种不同生长阶段的样品观测到 $\sim 15\text{nm}$ 的石墨烯二维超晶格结构。

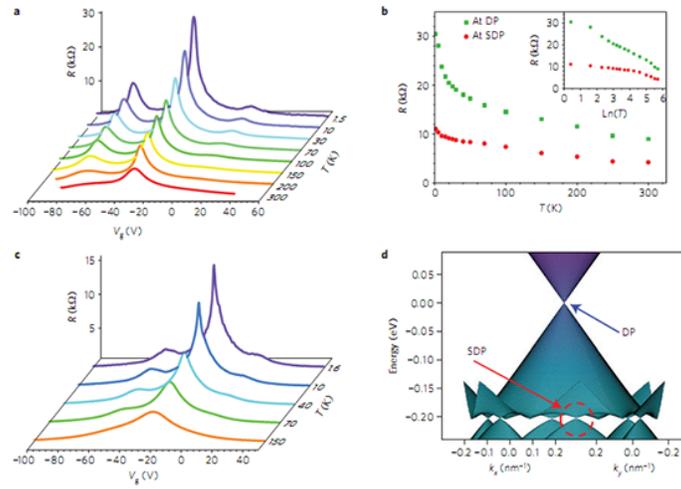


图3：石墨烯/六方氮化硼的电学输运随温度的变化曲线，超晶格狄拉克点的出现以及相应的能带结构。

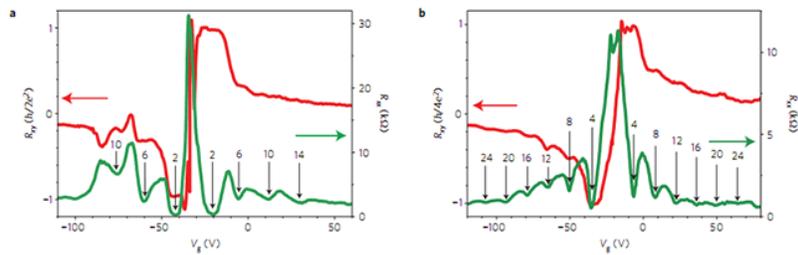


图4：单层和双层石墨烯的在 $\sim 1.6\text{K}$ 下的量子霍尔输运曲线。