

我国科学家成功研制超平整石墨烯薄膜

近日，由南京大学物理学院高力波教授团队领衔，协同学院四个青年学者团队，以“质子辅助生长超平整石墨烯薄膜”为题，在《自然》杂志上发表了将质子辅助生长用于高质量石墨烯制备的研究成果。这项工作，不仅探索出了一种可控生长超平整石墨烯薄膜的方法，更为重要的是，该团队还发现了这种生长方法的内在机制，即质子辅助，这种方法有望推广到柔性电子学、高频晶体管等更多重要的研究领域。

据悉，该成果所涉及的化学气相沉积方法（CVD）生长石墨烯，是目前制备大面积、高品质单晶晶粒或者薄膜的最主要方法。然而，由于石墨烯与基质材料能够产生强耦合作用，使得石墨烯在生长过程中会形成褶皱。这一现象严重限制了大尺度均一薄膜的制备，阻碍着二维材料的进一步发展应用。

“CVD石墨烯中的褶皱是影响其物性的重要瓶颈。”高力波告诉记者，CVD石墨烯中的褶皱，来源于石墨烯与生长基体的热胀率差异，石墨烯生长于铜或者铂等生长基体，生长温度多在600度以上，生长完成后降至室温便引起石墨烯的褶皱。褶皱的存在，会影响石墨烯的优良特性，然而，究竟在多大程度上能够影响其性能，并没有完整的对比数据。“如何彻底地消除褶皱，并制备出超平整的石墨烯薄膜，逐渐成为其品质跨越式提升的重点和难点。”高力波说道。

研究团队尝试过多种消除褶皱的方法，但效果都不尽如人意，只剩下减弱石墨烯与生长基体之间耦合作用的唯一途径。在总结大量实验的基础上，高力波团队发现，高比例的热氢气（H₂），会在一定程度上，弱化石烯与生长基体之间的耦合作用。同时，研究人员通过理论模拟发现，处在石墨烯与铜基体之间的氢，在大浓度、高温的条件下，可以起到减弱二者耦合的作用。在热氢气的组分中，质子和电子可以自由穿梭于石墨烯的蜂窝状晶格。因此，研究人员推测，质子在穿透石墨烯后，有一定概率会再次与电子组合成氢。

“课题组通过氢气、氘气（D₂）、氦气（He）等离子体的作用效果对比，验证了所设想的模型。”高力波介绍，增加质子密度，成为减弱二者耦合作用的关键途径。有鉴于此，研究团队采用氢气等离子体处理褶皱化的石墨烯薄膜，并辅以高温，逐步减弱并消除石墨烯褶皱。如果在生长石墨烯的同时，引入氢气等离子体，则生长出来的石墨烯完全无褶皱。

为了全方位表征无褶皱化的石墨烯薄膜，通过多种物性测量，包括扫描隧道显微镜（STM）观测摩尔条纹和扫描隧道谱（STS）、角分辨光电子能谱（ARPES）直观观测石墨烯与铜基体的耦合作用变化、变温拉曼光谱表征热胀率差异等，都表明了这种超平整的石墨烯薄膜，处于与生长基体脱耦合、无掺杂的状态。由于石墨烯薄膜的超平整特性，因此在清除石墨烯表面其他物质，尤其是石墨烯转移过程中产生的转移介质PMMA残留时，表现出极易清洁的优点。

此外，为了凸显超平整石墨烯薄膜的优点，即大尺寸和高品质，研究人员还进行了不同线宽下的石墨烯量子霍尔效应的测量，线宽分别为2 μm、20 μm、100 μm、500 μm。此前，有碍于大尺寸石墨烯样品的均匀性，石墨烯量子霍尔效应出现的最大线宽为50 μm，而生长出来的超平整石墨烯薄膜，量子霍尔效应出现的阈值条件，和1 μm线宽时测量的本征石墨烯几乎相当。更重要的是，对于不同线宽测量，他们的平台出现阈值几乎不变。“这表明只有消除褶皱，才能在最大程度上实现大尺寸石墨烯的均质化、高品质。”高力波表示，质子辅助的CVD方法不仅能够尽可能维持石墨烯的固有性质，还将对今后制备其他种类的纳米材料具有普适性。（作者：本报记者 苏雁 本报通讯员 吴煜昊）

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/151076.html>