苏州纳米所开发出超薄高质量石墨烯粉体

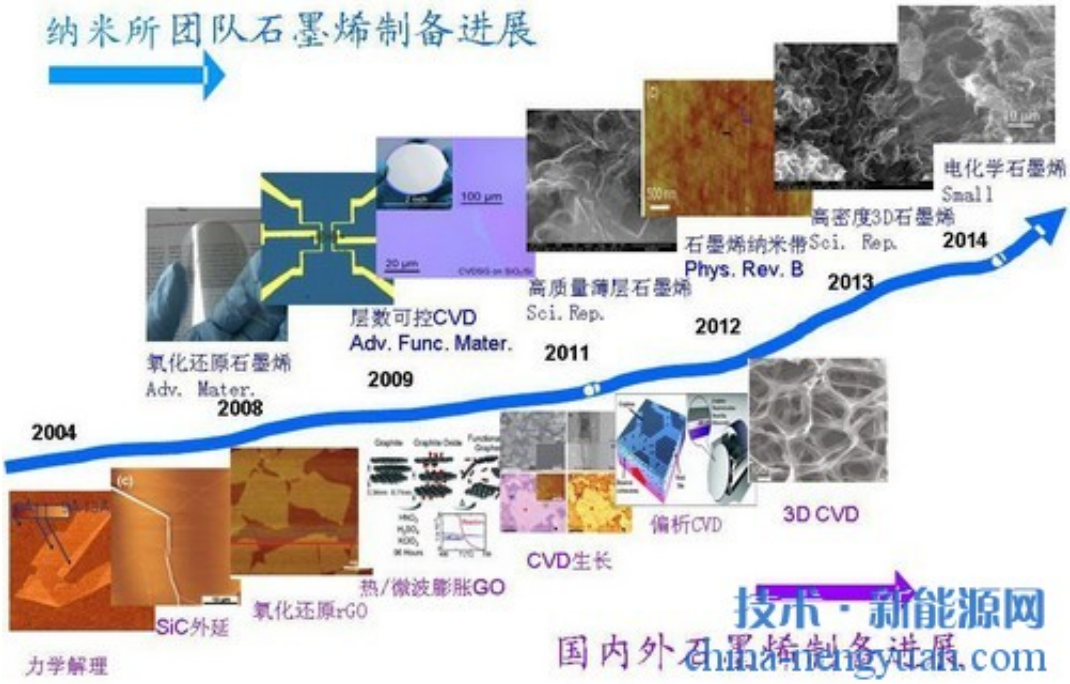

图1. 苏州纳米所石墨烯技术团队在高质量薄层石墨烯 （Few layer graphene）制备方面的技术积累。

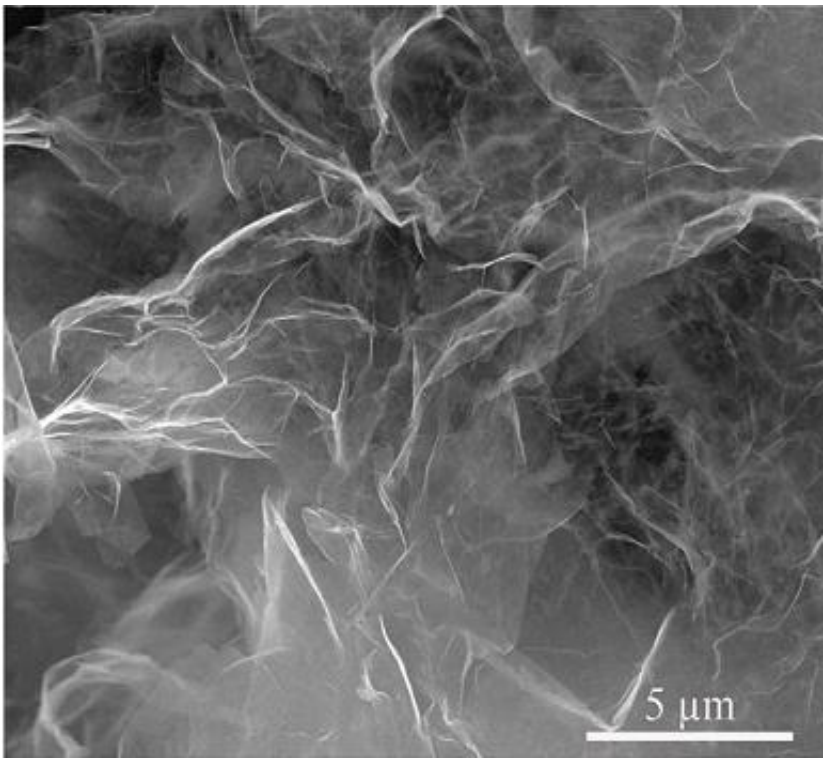

图2. 高质量薄层石墨烯产品微观形貌图 （Few layer graphene 表现出有褶皱的薄纱状形貌结构，形貌和厚度与具有几个原子层的氧化石墨烯（GO）可比，而不同于几个纳米以上厚度的石墨片层体现的硬片状形貌）。

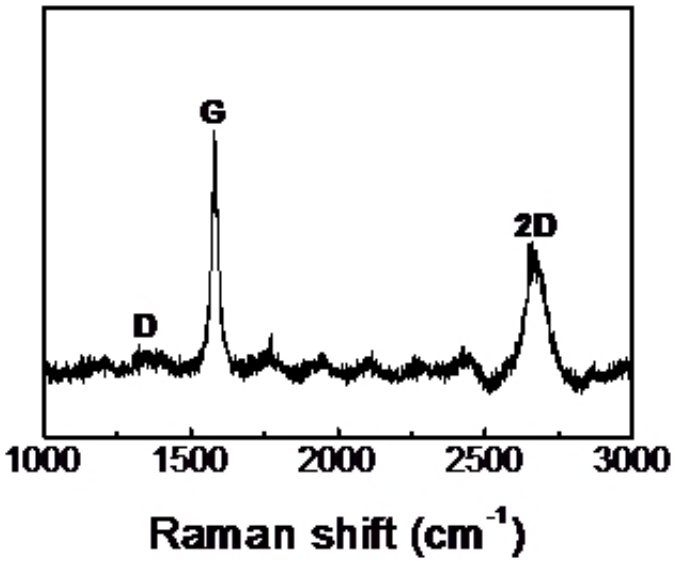

图3. 高质量薄层石墨烯产品Raman谱。微弱的无序峰（D峰），和原料D峰可比，制备过程没有引入缺陷等无序结构，反应出石墨烯产品的高质量。

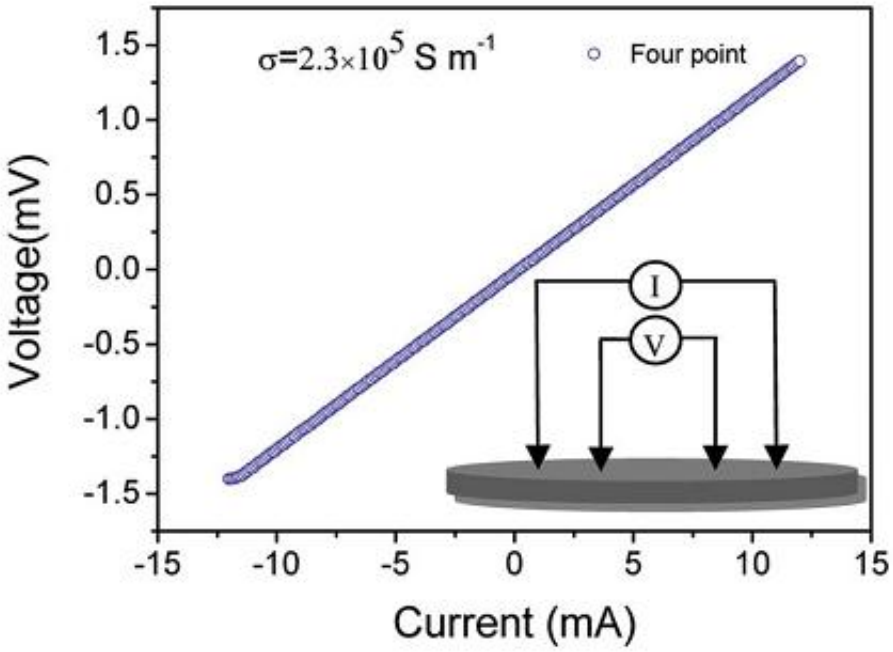

图4. 高质量薄层石墨烯粉体压膜的高电导率。保留了石墨片层本征高导电性能。

高质量薄层石墨烯具有接近石墨烯的本征导电、导热等优异性能，其规模化制备一直是石墨烯行业的巨大挑战。中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所石墨烯制备团队一直致力于开发高质量薄层石墨烯规模化制备技术，在高质量薄层石墨烯制备方面积累了深厚的技术，取得了高质量石墨烯的层间催化解离制备、电化学插层解理制备、高密度三维石墨烯及层数可控石墨烯制备等技术突破 (Scientific Reports 3, 1134 (2013)；Small 10, 1421 (2014)； Scientific Reports 3, 2125 (2013)；Adv. Func. Mater. 22, 3153, (2012)；Adv. Mater. 22, 638 (2010)，如图1所示)。目前已申请相关专利20余件，取得授权5件。

为推动上述技术转移转化和产业化，苏州纳米所瞄准市场需求，将该技术转移给了苏州格瑞丰纳米科技有限公司（以下简称“格瑞丰公司”），该公司以上述技术为基础，不断提高石墨烯产品质量，降低层数，优化性能，降低成本，积极推动高质量薄层石墨烯产品在导电、导热等方面的产业化应用。

经过潜心技术攻关，格瑞丰公司近期正式推出典型厚度分别为1 nm和2-3 nm的高质量薄层石墨烯（Few layer graphene）粉体产品。典型厚度为1 nm产品具有~3个原子层的超薄厚度、近乎完美的晶化质量，产品纯度、层厚、尺寸、电导率、热导率等综合性能指标均达到国际同期产品领先水平。目前，产品规模初步放大，已经能满足科技研发和工业应用的需求。

根据厚度划分石墨烯相关材料，单原子层为石墨烯（Graphene），双原子层被称为双层石墨烯（Bilayer graphene），三原子层被称为三层石墨烯（Trilayer graphene），大约10个原子层以下的被称为薄层石墨烯（Few layer graphene）。其他还有厚层石墨烯（Multi-layer graphene，< 10 nm厚度）、石墨烯微片（Graphene nanoplatelets，或Graphene nanosheets，< 100 nm）。直观上若干原子层石墨烯表现为高度褶皱的薄纱状形貌结构，而厚的石墨烯微片通常呈现硬片状形貌（图2为格瑞丰团队推出的几个原子层高质量薄层石墨烯产品的扫描电子显微镜（SEM）图片）。更精确的典型厚度是由高分辨透射电镜和原子力显微镜统计观察得出。

传统的氧化还原制备工艺，已经能够实现量产，可以实现薄层甚至单原子层的还原氧化石墨烯（rGO），并且具有水性分散的优势，然而，传统的氧化还原制备工艺却无法实现对石墨烯本征特征的无损制备，从而最大限度保留石墨烯最理想的导电导热性能。

格瑞丰公司生产的高质量薄层石墨烯粉体是利用插层解理方法，不同于传统的氧化工艺，其插层和解理过程不破坏石墨层原始的sp2晶体结构，保留石墨片层优异的导电、导热性能。高质量石墨烯Raman谱图给出反应无序结构的D峰，其微弱程度与原料可相媲美（图3）。由高质量薄层石墨烯粉体压制而成的薄膜，其电导率高达105 S/m，说明其单层的层内电导率远高于此，为目前国际最理想水平（图4）。

基于苏州纳米所技术开发的高质量薄层石墨烯(Few-layer graphene)粉体是该公司具有技术优势的产品。试剂级的高质量薄层石墨烯厚度从单原子到若干原子层，产品典型厚度可分为~1 nm 和~2-3 nm, 具有完美的晶化程度，几乎不含任何官能基团、拓扑缺陷和金属离子杂质。其应用将涵盖导电、抗静电、导热、电热、散热、功能浆料、复合体系和油墨等领域。同时，工业级高质量薄层石墨烯（典型厚度大约3-5 nm）粉体制备的高导电、高导热浆料产品可在工业界大规模应用。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/65640.html