



金属所石墨烯三维网络结构的制备及应用研究取得重要进展

文章来源: 金属研究所

发布时间: 2011-04-11

【字号: 小 中 大】

最近, 沈阳材料科学国家(联合)实验室的成会明、任文才带领的石墨烯研究团队在石墨烯三维体材料的宏量制备和应用方面取得重要突破。他们采用兼具平面和曲面结构特点的泡沫金属作为生长基体, 利用CVD方法制备出具有三维连通网络结构的泡沫状石墨烯体材料。研究发现, 这种石墨烯体材料完整地复制了泡沫金属的结构, 石墨烯以无缝连接的方式构成一个全连通的整体, 具有优异的电荷传导能力、 $\sim 850 \text{ m}^2/\text{g}$ 的比表面积、 $\sim 99.7\%$ 的孔隙率和 $\sim 5 \text{ mg}/\text{cm}^3$ 的极低密度(图1)。并且, 这种方法可控性好, 易于放大, 通过改变工艺条件可以调控石墨烯的平均层数、石墨烯网络的比表面积、密度和导电性, 并且采用基体卷曲的方法, 研究人员可制备出 $170 \times 220 \text{ mm}^2$ 及更大面积的石墨烯泡沫材料。相关研究成果于4月11日在 *Nature Materials* 上在线发表(DOI: 10.1038/NMAT3001, (2011))。

石墨烯(graphene)是一种新型炭材料, 它具有由单层碳原子紧密堆积而成的二维蜂窝状晶体结构。石墨烯独特而完美的结构使它具有优异的电学、力学、热学和光学等特性, 例如石墨烯具有100倍于硅的超高载流子迁移率、高达130GPa的强度、很好的柔韧性和近20%的伸展率、超高热导率、高达 $2600 \text{ m}^2/\text{g}$ 的比表面积, 并且几近透明, 在很宽的波段内光吸收只有2.3%。这些优异的物理性质使石墨烯在射频晶体管、超灵敏传感器、柔性透明导电薄膜、超强和高导复合材料、高性能锂离子电池和超级电容器等方面展现出巨大的应用潜力。

高质量石墨烯的大量制备以及把具有单原子层或数原子层厚度的石墨烯片组装成具有特定结构的体材料, 对综合利用石墨烯众多的优异性质、实现其宏量应用具有极其重要的意义。自2004年以来, 科学家们已发展出多种制备石墨烯的方法, 包括机械剥离法、SiC或金属单晶表面外延生长法、化学氧化剥离法、插层剥离法及化学气相沉积(CVD)法等。2006年, RS Ruoff研究组首先使用化学氧化剥离法制得的石墨烯制备出具有高强度的纸状石墨烯体材料, 随后人们又相继制备出石墨烯柔性透明导电薄膜和三维多孔体材料, 极大地拓展了石墨烯的应用空间。然而, 基于化学氧化剥离法制备的石墨烯体材料往往具有较差的电学性能。最近, CVD方法的迅速发展极大促进了大面积高质量石墨烯的制备及其在透明导电薄膜方面的应用。但是, 目前CVD方法多以铜箔、镍膜等平面型金属作为生长基体, 只能得到二维平面的石墨烯薄膜, 虽然适于纳电子器件和透明导电薄膜的应用, 但难以满足复合材料、储能材料等宏量应用的要求。

基于石墨烯泡沫独特的三维网络结构, 金属研究所科研人员采用原位聚合的方法制备出石墨烯泡沫/硅橡胶复合材料, 发现在石墨烯添加量仅为 $\sim 0.5 \text{ wt}\%$ 的条件下, 复合材料的电导率可达 $\sim 10 \text{ S}/\text{cm}$ (图2), 比基于化学氧化剥离法制备的相同添加量的石墨烯复合材料的电导率提高了6个数量级, 也高于基于高质量碳纳米管的复合材料的电导率。而且, 这种复合材料具有很好的柔韧性和稳定性(图3), 在弯折和拉伸等条件下仅有很小的电阻变化(如50%拉伸应变条件下的电阻变化 $<20\%$), 在应力释放后可迅速恢复其原有形貌和电阻值, 因此是一种理想的弹性导体材料, 在柔性显示器、可穿戴式移动通讯设备和人造皮肤等柔性电子方面具有广阔的应用前景。

该研究团队提出的以多孔金属作为生长基体是石墨烯CVD生长的一条新思路, 可实现高质量石墨烯的大量制备, 也为具有特定结构、性能和应用石墨烯三维体材料的制备提供了一个基本策略。这种石墨烯三维网络体材料集成了三维网络独特的形貌特征和石墨烯独特的物理化学性质, 不仅具有极低的密度、极高的孔隙率和高比表面积, 而且还具有石墨烯优异的电学、热学、力学性能, 拓展了石墨烯的物性和应用空间, 为石墨烯在柔性导电、导热、热管理、电磁屏蔽、吸波、催化、传感及储能材料等领域的应用奠定了坚实基础。

该研究得到了国家基金委和中科院的支持。

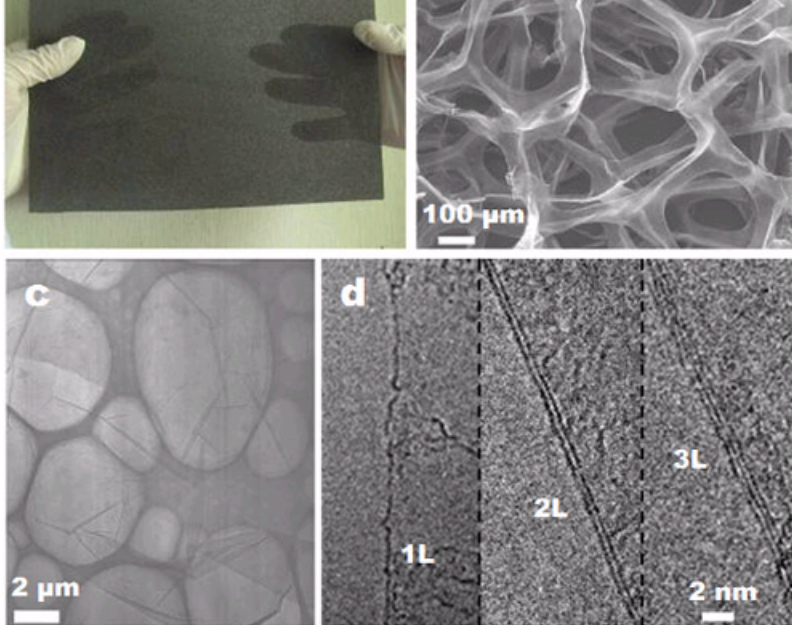


图1 CVD方法制备的具有三维连通网络结构的石墨烯泡沫材料。

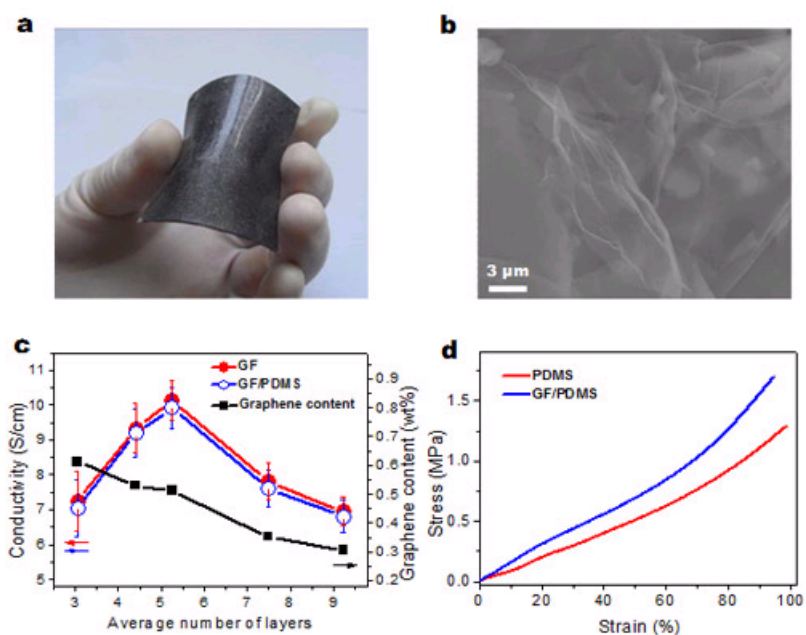
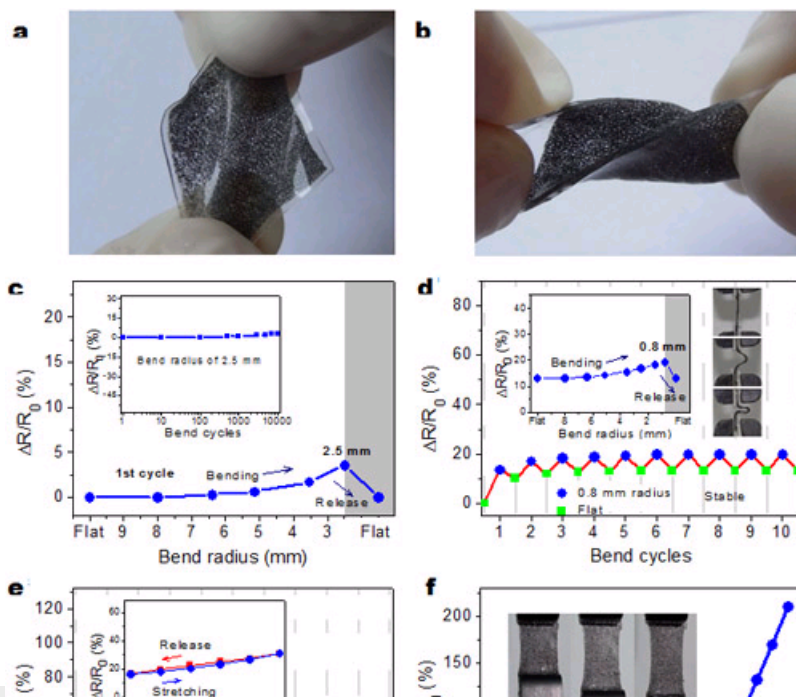


图2 石墨烯泡沫/硅橡胶复合材料及其导电性和应力-应变曲线。



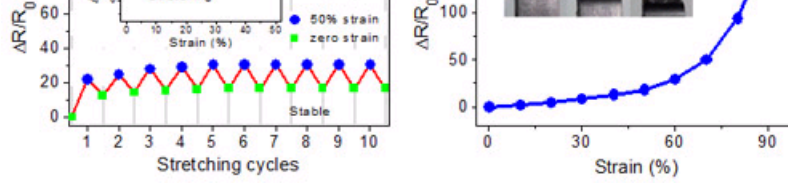


图3 石墨烯泡沫/硅橡胶复合材料在应力下的形貌和电阻变化。

打印本页

关闭本页