



量子材料科学中心 International Center for Quantum Materials

Weekly Seminar

研制基于纳米材料的高性能平面晶体管

廖蕾

武汉大学物理学院

Time

时间： 年 月 日（周三）下午

Venue

地点：理科五号楼 会议室

众所周知，石墨烯是一种二维晶体，最大的特性是其中载流子的运动速度达到了光速的 $1/300$ ，远远超过了电子在一般导体中的运动速度。在室温时载流子浓度为 10^{12} cm^{-2} 时，石墨烯的声子造成的散射，将迁移率上限约束为 $200,000 \text{ cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ 。与这数值对应的电阻率为 $10^{-6} \Omega\cdot\text{cm}$ ，稍小于银的电阻率 $1.59 \times 10^{-6} \Omega\cdot\text{cm}$ 。石墨烯的这些特性尤其适合于高频电路。

为了解决在不影响单层石墨性质的条件下研制顶栅介电层，我们使用物理转移的方法将介电纳米材料转移到单层石墨烯表面，获得电子迁移率 $20,000 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ，顶栅石墨烯场效应晶体管。继而利用 $\text{Co}_2\text{Si}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 纳米线作为栅极，通过自对准技术，利用纳米线做模板，获得导电通道达到 140 nm 的顶栅石墨烯晶体管，通过测量，该晶体管拥有 300 GHz 的工作截止频率，也是迄今为止石墨烯射频晶体管的最高运行速度。为了更细致的研究单沟道石墨烯晶体管物理性质，以 GaN 纳米线作为栅极，通过自对准技术，获得导电通道小于 100 nm 的顶栅石墨烯晶体管，系统讨论石墨烯晶体管可能达到的最高截止频率，以及电子在石墨烯里面运行的速度。

另一个方面，课题组利用溶胶凝胶法制备高性能非晶氧化镉/单壁碳纳米管复合薄膜。发现在 $0-2 \text{ wt}\%$ 的单壁碳纳米管质量分数的范围内，当质量分数为 $1 \text{ wt}\%$ 时，得到了高达 $140 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 的场效应迁移率，并且保持了约为 10^7 的高开关比。此外，高机械性能的单壁碳纳米管使得复合薄膜的机械柔韧性也得到了大幅度的提升。动态负载测试显示，当曲率半径达到 700 微米时，电阻率的变化仅为 17% ；大幅度地反复折叠 300 次后，电阻的变化也只有 8% 。这些都表明，非晶氧化镉/单壁碳纳米管复合薄膜性能明显优于原始非晶氧化镉半导体薄膜。从而，对高性能柔性透明电子器件的应用起到了重要的推动作用。

廖蕾 男，博士，武汉大学教授。2004年，获武汉大学物理科学与技术学院材料物理专业学士学位；2009年，获武汉大学物理科学与技术学院材料物理与化学专业博士学位。其间，2005年11月至2007年7月在中国科学院物理研究所联合培养，2007年10月至2009年1月赴新加坡南洋理工大学开展合作研究。2009年4月至2011年1月，在加州大学洛杉矶分校进行博士后工作，2011年2月份加入武汉大学物理学院，任职教授。作为第一作者和通讯作者在《Nature》、《PNAS》、《Nano Lett.》、《Adv. Mater.》、《JACS》、《ACS Nano》等杂志上发表SCI论文20余篇，论文被他引用1700多次，H因子26。获得了2012年湖北自然科学一等奖（排名第二）和国家自然科学基金优秀青年基金，2011年Scopus青年科学之星，2010教育部新世纪优秀人才以及新加坡访学期间获得新加坡千禧奖（2008），全国宝钢特等奖（2007）。