

本刊记者/李 娜

石墨烯取代硅,前景预测被批乐观

石墨烯因其优异的电学、光学和机械性能被媒体称作奇迹材料,近年来吸引了众多科学家和大量科研资金的投入。石墨烯的发现更是获颁 2010 年度诺贝尔物理学奖。不过最近,IBM 研究人员却宣称石墨烯的应用前景可能被夸大了,因为石墨烯本身的性质导致石墨烯研究存在一些障碍。

“不太可能替代硅”

石墨烯是由单层碳原子构成的二维网格结构,是构成其他碳同素异形体的基本单元。关于石墨烯的理论研究已有数十年,但之前没有人认为石墨烯可以稳定存在。2004 年,英国曼彻斯特大学物理教授 Geim、Novoselov 博士,利用从超市买来的普通胶带反复剥离高定向热解石墨,从而得到了稳定存在的石墨烯。该发现立即引起了物理学家、化学家和材料学家的广泛关注,并随之掀起了碳材料的又一次研究热潮。2010 年,Geim、Novoselov 更因石墨烯的发现被授予年度诺贝尔物理学奖,石墨烯的应用前景更被看好。

作为晶体管制造材料是石墨烯应用前景中最关键的内容,现在常用于制备晶体的材料是硅,但是用硅制备的晶体管栅极小于 5nm 时,晶体管将失效,而石墨烯并不存在这样的问题。不过,最近 IBM 的科学家 Yu-Ming Lin 表示石墨烯不太可能替代硅。

2010 年初,IBM 在 *Science* 杂志上发表论文宣布,他们已经用石墨烯晶体管制造出了频率高达 100GHz 的电路。但 Yu-Ming Lin 2011 年开始对媒体表示,他们用石墨烯制成的晶体管和 CPU 中使用的晶体管有着明显的区别。石墨烯晶体管不存在能隙,因此无法被“完全关闭”,这意味着更多能量会泄露,引发过热。所以,用石墨烯完全取代硅的前景并不那么乐观,不过 Lin 表示,石墨烯可以和硅互为补充,以混合电路的形式扩充计算机芯片的功能。

对此,清华大学材料科学与工程系康

飞宇教授认为,目前关于石墨烯的能隙问题存有争议,有关利用掺杂技术改变其能隙的研究还在进行当中。

前景无限,晶体管研究受关注

石墨烯被发现之前,物理学界认为,热力学涨落不允许二维晶体在有限温度下存在。但石墨烯的发现对当时的物理认知产生了巨大冲击,同时立即被描绘出美好应用前景。石墨烯有着非常优异的性能,它具有超大的比表面积,同时机械性能好;此外,石墨烯的热导率是铜的 10 倍;它透光性好,对光的吸收率只有 2.3%;在电和磁性能方面具有很多奇特的性质,如室温量子霍尔效应、双极性电场效应、铁磁性、超导电性及高的电子迁移率。这些优异的特质使得石墨烯在晶体管、太阳能电池、超级电容器、场发射和催化剂载体等领域有着良好的应用前景。

除了上述的替代硅作为晶体管材料之外,石墨烯还可以用于太阳能电池。太阳能电池中的重要部件是窗口电极,目前常用的窗口电极材料是铟锡氧化物半导体透明薄膜(ITO),但铟在地球上含量有限,同时 ITO 在近红外区的透光性比较差,并且酸性条件下不稳定,不利于柔性器件的制备,而石墨烯被认为是替代 ITO 的合适材料。

此外,因为石墨烯吸附气体分子时,其电导率会发生变化,所以石墨烯可以作为气体传感器,并且优势明显。另外,随着便携式电子设备需求量的增长,超级电容器的性能面临挑战,寻找合适的电极材料是提高超级电容器性能的重要途径,石墨烯优异的性能被认为是超级电容器电极的理想材料。

石墨烯的用途还不止于此。Geim 博士曾经用塑料来类比过石墨烯,他认为石墨烯可以开发出种类繁多的材料,就好像塑料一样,未来可以应用到生活中的各个角落。科研人员也发现石墨烯可用做绷带、食品包装甚至抗菌 T 恤;还可用来开发制造出纸片般薄的超轻型飞机材料、超

坚韧的防弹衣;科学家们甚至还将制造 2.3 万英里长的太空电梯的梦想寄托在石墨烯上。

“尽管石墨烯在众多领域具有良好的应用前景,但作为硅的替代品材料来制作晶体管器件是让科学家们颇为期待的重要一项,也是最受关注的领域之一。”中国科学院物理研究所郭海明副研究员告诉《科技导报》。

晶体管领域研究面临困难

虽然媒体和部分科学家近几年来一直为石墨烯的发现兴奋不已,但是不少研究人员仍抱持谨慎态度,认为石墨烯的应用前景可能被估计得稍嫌乐观,因为石墨烯在晶体管领域的确面临困难。

康飞宇研究员告诉《科技导报》,他认为石墨烯距离应用还比较远。因为石墨烯只有一个碳原子层,想要制备出工业应用上需要的、没有缺陷的一张石墨烯膜是非常有难度的工作,另外,石墨烯如何跟其他材料进行复合使用还需要很多的研究探索。

清华大学材料科学与工程系崔同湘博士告诉记者,石墨烯是单晶材料,但是在应用中往往就叠加成为了多晶材料,而多晶材料中间因为有晶界存在,所以并不利于电子传输,这一点成为了石墨烯的不足之处。

郭海明副研究员告诉《科技导报》,石墨烯在晶体管或纳米电子器件中的应用前景,现在面临很多困难和挑战不足为奇,除了能隙的问题,还有工艺问题,比如大面积高质量石墨烯的制备、边界的剪裁控制、器件组装等,但和任何一个新事物一样,应该给石墨烯以时间和信心,问题总会随着时间而解决的,至少能够带给我们一些新的办法和思路。郭海明还表示,即使不考虑未来应用,石墨烯作为一种理想的二维单层原子晶体材料,本身所蕴含的一系列令人惊喜的特异电子和物理特性,也足以值得我们花大力气大投入进行研究。■