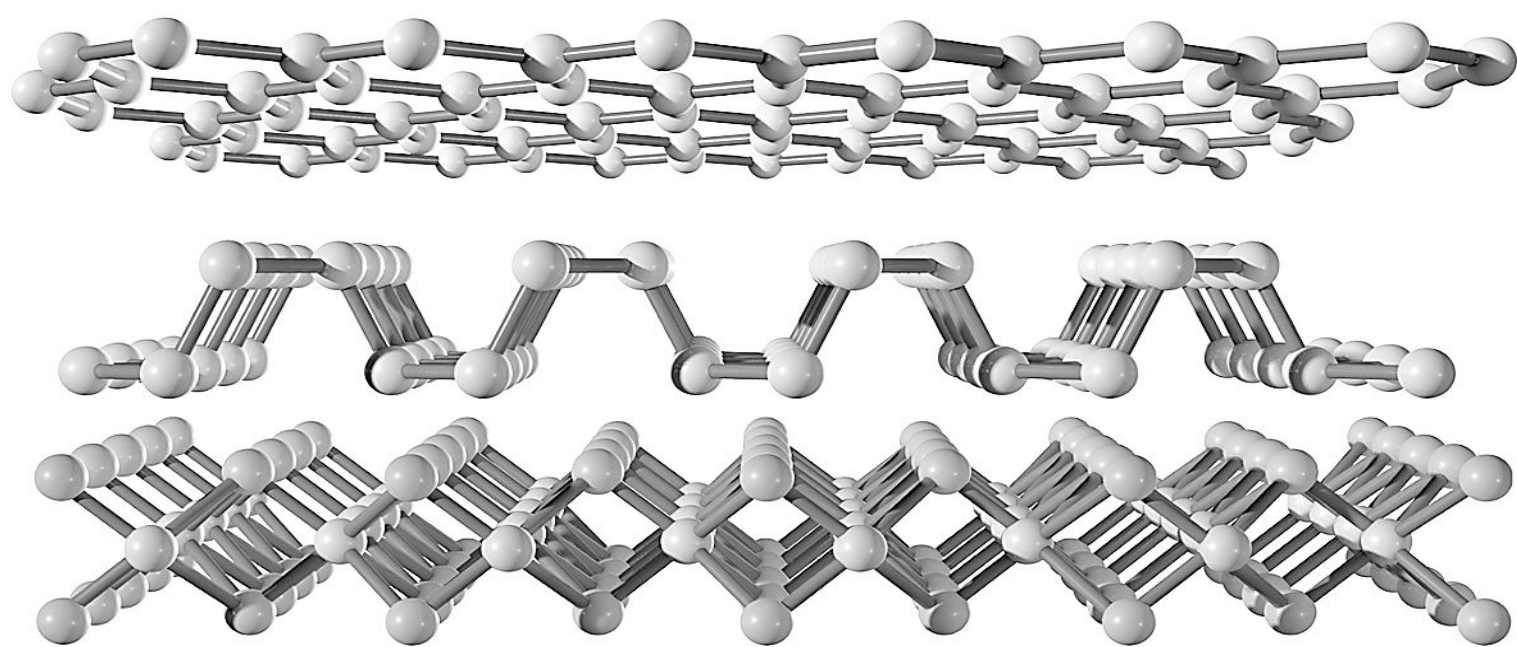


超越石墨烯……

二硫化钼和黑磷成材料学家新宠



单层石墨烯(上)激发了科学家探索半导体单晶材料——如二维黑磷单晶(中)和二硫化钼(下)——的热情。

图片来源: C. BICKEL

通常情况下,胶带不会被看作是一种具有科学突破性的进展。但是当英国曼彻斯特大学物理学家安德烈·盖姆(Andre Geim)和康斯坦丁·诺沃肖洛夫(Konstantin Novoselov)(两人在2010年获得诺贝尔物理学奖)2004年与同事在《科学》杂志发表了他们的研究成果——即用透明胶带从一块石墨烯上剥落碳原子的单原子薄片,这一研究缓缓拉开了材料学革命的序幕。

自上述曼彻斯特研究团队发表其研究成果的11年来,相关领域的研究成果呈指数增长,去年,全球研究人员发表的关于石墨烯的研究成果超过1.5万项。这种现象很合乎情理:石墨烯是迄今为止制作的最轻材料,它的强度是钢的100倍,比铜的导电性、柔韧性更好,而且很大程度上是透明的。研究人员设想未来以石墨烯为基础建造的每样产品,如从下一代计算机芯片和柔性显示器到蓄电池和燃料电池。

然而,石墨烯可能不会通过其自身作为一种理想材料来实现未来的巨大影响,而是通过它衍生的产物。尽管石墨烯有着许多令人眼花缭乱的优点,但它也有缺点,尤其是不能充当半导体——这是微电子的基石。现在,化学家和材料学家正在努力越过石墨烯,寻找其他的材料。他们正在合成其他两种兼具柔韧性和透明度,而且拥有石墨烯无法企及的电子特性的二维片状材料,他们已经把其中一些转变为具备轻量性和柔韧性的快速电子和光学设备,他们希望,这些材料可以作为未来产业的支柱。

石墨烯,打开二维材料新视野

从某种意义上说,二维材料并不是全新的技术。研究人员自上世纪60年代就利用分子数外延(MBE)机器开发出原子形态的薄片材料。但是MBE机器通常被用于存储如硅和砷化镓等材料——这些晶体材料的原子结构通常倾向于形成三维结构。从这个层面看,由MBE机器制作的原子层就像一片奶酪,是三维材料的二维版本。

石墨烯有所不同,它更像一本书中的纸页,中国台湾新竹“国立清华大学”材料学教授Yi-Hsien Lee说。让科学家大吃一惊的是,当他们近距离研究石墨烯时,却发现块状石墨烯中并不存在导电性和光学特征。“最大的教训是石墨烯并没有那么不同。”中国上海复旦大学凝聚态物理学家张远波说,尽管如此,研究人员表示,“石墨烯把二维材料带到了聚光灯下。”

在谈及高科技设备时,石墨烯的光环黯淡了一些。电子时代的大多数被认为有价值的材料都是半导体,而石墨烯更像一个金属导体。“石墨烯确实是一种非常宝贵的材料。”美国密歇根州立大学凝聚态物理学家David Tomanek说,“但它却和电子行业不搭边。”

然而,石墨烯打开了科学家的视野,使他们把目光聚焦于平面电子的新世界。他们看到了与石墨烯类似,但却拥有新光电特征的材料,他们设计了单层硅(硅烯)、单层锗(锗烯)、单层锡(锡烯);他们创造了用氮化硼制作的绝缘体,该材料有着像石墨烯一样的鸡笼式晶格结构;他们制作了可用于控制特定化学反应的

高效催化剂单层金属氧化物;他们甚至还在二维薄片中间圈入水分子,尽管这样做有何用途目前仍不清楚。

就目前来看,大多数围绕平面材料的研究工作聚焦于两种材料:一种叫作二硫化钼(MoS₂)的化合物;另一种是名为二维黑磷单晶(或称黑磷)的单层磷原子。两种材料都有着吸引人的电子特性,而它们的研究者之间的竞争也极为激烈。

二硫化钼,光学设备优选材料

在两种材料中,二硫化钼研究率起步。二硫化钼于2008年合成,是叫作过渡金属二硫化物材料(TMDs)家族的成员之一。这个显得有点“花哨”的名字代表了它们的结构:一个过渡金属原子(即钼原子)和一对包括硫元素、硒元素在内的来自元素周期表第16列的原子(该元素家族以氧族元素著称)。

让电子制造者惊喜的是,所有TMDs均是半导体。它们和石墨烯的厚度近乎相同(在二硫化钼中,两层硫原子把一层钼原子像“三明治”那样夹在中间),但是它们却有其他优点。就二硫化钼而言,优点之一是电子在平面薄片中的运行速度,即电子迁移率。二硫化钼的电子迁移率大约是100cm²/vs(即每平方米厘米每伏秒通过100个电子),这远低于晶体硅的电子迁移率1400cm²/vs,但是比非晶硅和其他超薄半导体的迁移率要好,科学家正在研究这些材料,使其用于未来电子产品,如柔性显示屏和其他可以灵活伸展的电子产品。

研究表明,二硫化钼还极易制作,即便是制作大片的二维材料。这让工程师能以非常快的速度检测它们在电子产品中的性能。例如,2011年,由瑞士联邦理工学院的Andras Kis带领的研究团队在《自然—纳米技术》发表文章称,他们用仅有0.65纳米厚的二硫化钼薄片制作出首批晶体管。结果证明,那些产品以

及随后的产品比技术更先进的以硅为基础的同类产品具有其他独特属性。

除此之外,二硫化钼还有其他令人向往的特性,即直接带隙,这一特性使该材料把电子转变为光子,反之亦然。这个特性也让二硫化钼成为光学设备中采用的优质候选对象,这些设备诸如光发射器、激光、光电探测器,甚至还包括太阳能电池。一些科学家表示,这种材料还具备储量丰富、价格低廉、无毒性等特点,因此Yi-Hsien Lee认为:“它的前途一片光明。”

然而,Tomanek则认为,二硫化钼的电子迁移率仍然不够高,很难在拥挤的电子市场中具有竞争优势。其原因是这种材料的结构特征,电子在其内部移动时,碰到较大的金属原子后会在其结构内发生弹离,从而降低迁移率。但也有科学家表示,这种“绊脚石”将是短暂性的。研究人员正在试图绕过这些障碍——通过变得略厚一些的多层二硫化钼薄片,从而给压缩电子提供选择路径使其绕过路障。“届时,二硫化钼的迁移率问题将被解决。”Yi-Hsien Lee说。

黑磷,电子设备的材料新宠

二硫化钼的竞争对手——二维黑磷单晶(又称黑磷)似乎让科学家更为兴奋。二维黑磷单晶是纯磷可以形成的三种不同的晶体结构(同素异形体)之一。其他两种材料分别是用于制造烟花的白磷和用于制造火柴头的红磷。

二维黑磷单晶由位于两个位面的波浪形磷原子组成,去年刚刚合成。但是其属性已经使它成为材料学界的宠儿,其电子转移速率为600cm²/vs,一些研究人员希望进一步提高这一速率;同时,其频带隙(让电流通过该物质所需要的电压)是可调谐的,即电子工程师可以通过简单的改变二维黑磷单晶的叠层调整带隙,这一特性有利于根据具体要求设计出期望的带

隙。“所有这些属性都让二维黑磷单晶成为一种超级材料。”Tomanek说。

研究人员正在以极快的速度推进二维黑磷单晶的产品化。去年3月2日,张远波和复旦大学的其他同事在线发表于《自然—纳米技术》的报告称,他们制作出了基于二维黑磷单晶的晶体管。这一产品在计算机逻辑电路中发挥着“心脏”作用。两周以后,Tomanek和同事在美国化学学会《纳米》期刊上发表了他们利用二维黑磷单晶制作出的晶体管的报告。

然而,不幸的是,二维黑磷单晶在空气中不稳定。“在24小时后,我们可以看到材料表面的气泡,然后整个设备在数日内就会失效。”得州大学奥斯汀分校二维黑磷单晶专家Joon-Seok Kim说。专家表示,其中的罪魁祸首是水蒸气,它会和磷发生反应,把磷转化为磷酸并导致材料腐蚀。尽管如此,Kim的研究团队和其他科研人员依然在设法解决这一问题。例如,Kim在今年3月份美国物理学会的一次报告中表示,他和同事已经可以让基于二维黑磷单晶的晶体管持续工作3个月——通过把它们封装在氧化铝和聚四氟乙烯的夹层中。

然而,Yi-Hsien Lee却认为这种方法并不能保证该材料的长期稳定性。“你可以在产品上加一层保护层,但这仅仅是减缓了老化速率。”他争辩说,二维黑磷单晶之所以获得一些研究人员的青睐,是因为这种材料易于上手:像石墨烯那样,可以轻而易举地用透明胶带剥离黑磷的薄片。“这是同一种方法。”Yi-Hsien Lee说,“但这并不意味着,二维黑磷单晶前景大好。”

最终,两种材料或许都有很大的发展空间。“我们才刚刚入门。”佛罗里达州立大学物理学家Luis Balicas说。他表示,随着时间的发展,工程师将利用二硫化钼与光的强相互作用制作太阳能电池、光发射器和其他光学设备;同时增强二维黑磷单晶的高电子迁移率,并用其制作电子设备。(红枫)

日本加速器严阵以待

最重要粒子加速器将重新启动



为防止未来任何辐射事故,J-PARC在其强子实验装置中安装了密封屏障。

图片来源:KEK/JAEA J-PARC CENTER

察中性k中子衰变成中性π中子和中微子对。这种衰变违背了物质和暗物质之间的对称性,即所谓的电荷-宇称(CP)对称性。根据预测,这种衰变极其罕见,因此观测结果将颠覆单独无法解释物质-反物质失衡的CP不守恒标准理论。

在接近10年的准备和仪器研发后,KOTO团队在2013年5月18日开始采集数据,而这是辐射泄漏使其被关闭的5天前。领导

KOTO团队的大阪大学粒子物理学家Taku Yamanaka说,他们试图好好利用故障停机时间,比如建造另外一台排除背景噪音的探测器以及让博士生将论文关注点放在探测器研制上。Yamanaka表示,其他团队也正致力于相关主题的研究,但“我们没有任何直接的竞争者,所以情况还不错”。

参与从东海到神冈(T2K)中微子实验的科学家要幸运得多,尽管他们仍遭到了挫败。研究

人员将来自同步加速器的质子束发送到石墨靶,产生的中微子会在从J-PARC到在西295公里的超级神冈中微子探测器的路上加速。T2K在2010年开始采集数据,但在2011年东北地震后因为维修损失了1年时间。这项实验的主要目标是捕获μ中微子转变成飞行状态的电子中微子。这种现象被称为振荡,能为研究3种中微子极其微小的质量提供线索。T2K发言人、京都大学物理学家Tsuyoshi Nakaya表示,在泄漏事故发生时,累积的数据“已足够展示电子中微子的出现”。T2K研究人员在2013年宣布了这些在世界上属于首次的发现。

去年,由全新升级的直线加速器作为注入器的同步加速器重新启动。随后的5月,T2K开始重新采集数据。目前,该团队正在研究反中微子,以深入了解CP不守恒定律的另一方面。Nakaya介绍说,他们将在今年夏天宣布新的研究成果。不过,团队正在谨慎关注美国费米实验室在去年秋天启动、同样研究CP不守恒定律的NOνA试验。T2K物理学家Takashi Kobayashi表示,J-PARC的关停耽搁了日本项目,“使我们陷入同NOνA激烈的竞争中”。

调查人员认为,此次泄漏事故是强子试验大厅的设备故障和人为失误导致的。J-PARC已经增加了装置,将设备故障最小化。同时,在环绕光束线的辐射屏蔽装置上建立密封膜,并且安装了带有滤器的排气扇,以防止任何放射性气体逸出到周边环境。建设工作已经完成,在由一家独立机构开展安全审查后,最终的“绿灯”必须来自日本原子能监管机构。

Yamanaka对于其中的耽搁保持着冷静的态度。他认为,重新恢复地方政府和公众的信任“是一件异常困难的事情”,但“我很高兴试验重新启动”。(宗华)

科学线人

全球科技政策新闻与解析

美欲制定人类基因编辑指导方针



1975年召开的阿西洛马会议帮助制定了DNA研究的规范。图片来源:JHM

5月18日,美国国家科学院(NAS)和国家医学院(NAM)宣布,将发起一项倡议,提议为编辑人类基因组制定指导性规范。

这项倡议是紧接着4月发表的一项研究提出的。中国研究人员表示,他们使用CRISPR-Cas9的基因编辑系统去除了人类胚胎中的一个突变基因。虽然这项研究工作只涉及少数几个胚胎,并且只取得部分成功,然而该研究还是引发了对编辑人类基因组伦理层面的广泛争论,因为人们担心通过这种方式对胚胎基因进行的改造可能会遗传给后代。

尽管研究者和伦理学家对此类研究是否应该继续持不同意见,但大多数人都同意在将改造后的胚胎植入人体前,应该进一步讨论其伦理和法律后果。而很多国家直接禁止编辑人类生殖细胞。美国禁止将联邦资金用于资助此类研究。

NAS和NAM将在今年秋季召开一次国际会议,与会者将包括科学家、伦理学家、病人团体等。它们还将建立一个工作组,研究涉及生殖细胞编辑的伦理、法律、社会和科学议题,并就该技术的实践操作达成一份共识声明。此外,它们也会任命一个独立的咨询委员会,指导将来的决策制定。NAS的一位发言人称,NAS和NAM期待在未来数月内能宣布这些委员会的成员名单。

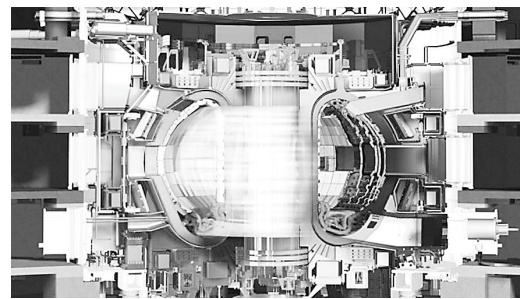
加州大学伯克利分校生物化学家、CRISPR技术发明人之一Jennifer Doudna表示:“我很高兴NAS和NAM能主导对这些重要议题的讨论。”此前,她一直呼吁对编辑人类基因组的相关伦理问题展开更多讨论。

NAS认为这次努力与1975年召开的标志性的阿西洛马会议类似。当时,科学家和伦理学家都同意暂停涉及混合不同物种DNA的研究,直至确保此类研究实践安全性的指导方针被制定出来。然而NAS院长Ralph Cicerone认为,阿西洛马时代与今天有很重要的差异。他说,如今形势要求对相关研究进行“相比于阿西洛马时代更为国际化的审查”。

也有人反对把阿西洛马会议作为所有此类生物伦理辩论的模式。伯克利遗传与社会中心主任Marcy Darnovsky说:“那不是一次包容性的会议,那是一次为了规避任何具有法律效力的政策的产生,而倾向于自我监管的努力。”

在Darnovsky看来,关于人类生殖细胞编辑的辩论需要让科学界之外的人参与进来,其中包括政治家、宗教团体和人权组织等。她还补充道,NAS和NAM的专家委员会应是就此议题展开公共讨论的诸多形式中的一种。(张章)

美参议院再提退出国际热核聚变实验堆项目



ITER反应堆作图 图片来源:ITER

连续第二年,美国参议院经费制定者已采取行动,计划将该国拉出国际热核聚变实验堆项目(ITER),这个耗资巨大的国际合作项目正在法国建设之中。相关提议出自参议院提出的所谓《能源和水支出法案》,该法案将为能源部(DOE)和其他机构规定2016财年的经费。但叫停ITER并不容易:5月1日,众议院立法者通过了他们的《能源和水支出法案》,其中计划提供1.5亿美元作为美国对ITER的贡献。这也是白宫要求的数目。

“今年,我们建议取消美国对ITER的贡献。这将节省约1.5亿美元。”参议院能源和水开发拨款委员会主席Lamar Alexander说。实际上,民主党控制的参议院和Dianne Feinstein主持的委员会,去年就计划削减相关经费。但最终由总统奥巴马签署的2015财年预算案中,仍包含了为该目提供的1.5亿美元。

另外,这份354亿美元的预算案将打击DOE的基础研究部门——科学办公室,因其仅增加了1.5%的预算。虽然这超过了众议院提议的增长0.7%,但远低于白宫要求的5.3%。虽然如此,Alexander表示,该预算案将把美国置于基础能源研究经费翻倍的道路上,可能意味着DOE的项目规划要减去ITER,该项目将需要花费美国40多亿美元。“DOE的基础研究翻倍是一件最重要的事,能帮我们释放自由企业体系,提供便宜、清洁和可靠能源。”他说。

该预算案还将DOE能源高级研究计划署(ARPA-E)获得的经费提高了3.9%,达到2.91亿美元,比白宫提议的增加16%要少,但高于众议院的2.8亿美元。ARPA-E的角色是迅速将最有前途的基础研究转化成技术萌芽。(张章)