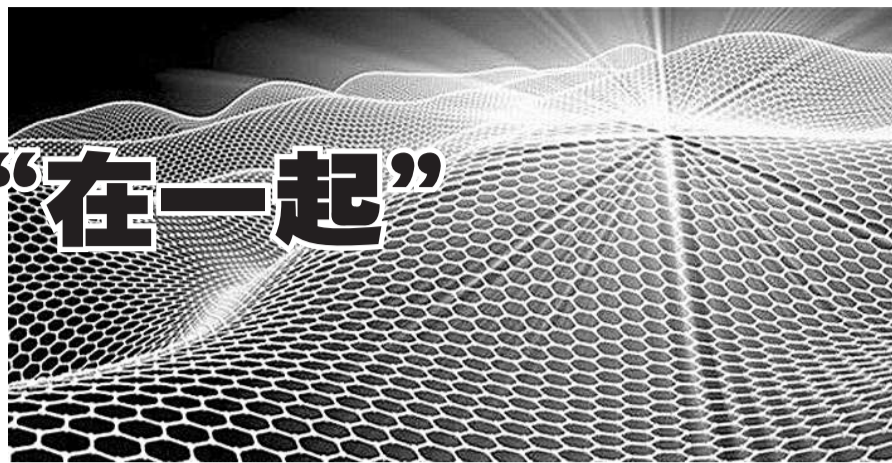


# 当石墨烯与超表面“在一起”



这项研究将很大程度上助推全息光学器件的应用。全息之所以能够真实成像,就在于全息板、片上每一点都记录了影像的反射相位。而如果局域每一点都实现相位自由调控的话,拿光一打,这个全息影像就能够动起来。没准在不久的将来,我们步入电影院,享受一部比3D电影更为炫酷的全息电影。

文·本报记者 刘岁晗

试想一块材料,光打上去之后,不按镜面反射的角度反射回来,而是像舞台追光灯一样,想让光射到什么方向就能自动调到什么方向,岂不神奇!

最近,复旦大学物理系的一项研究就展示了一种由石墨烯相关结构制成的材料,使这个设想有可能成为现实,相关研究报告日前发表在美国物理学会权威期刊《物理评论X》上。

## 反射相位动态可调

一束正入射的光,通过改变材料的反射相位分布,就可以实现30度出射或80度出射

想得到这种奇特的材料,最关键的技术,是实现电磁波相位的自由调控,这既是此项研究最重要的突破,也是光子学研究中的核心问题。

啥是电磁波的相位?该发论文通讯作者之一、“长江学者”特聘教授周磊对科技日报记者介绍道:“所有的波都有振幅和相位,电磁波也不例外。振幅决定了一支波的最大振动范围,而相位决定了波的值什么时候大,什么时候小。”它是描述波是否处于波峰、波谷或它们之间某点的一种标度。比如一支波当其相位为零时,波达到最大值;相位为90度时,波为零;相位为180度时,波又到达负的最大值,如此类推,循环往复。

“相位调控的重要作用在于,如果材料上每一点的反射相位不同,就可以使光打到上面时入射角和反射角不同”,周磊举例说,比如一束正入射的光,通过改变材料的反射相位分布,就可以实现30度出射或80度出射等等。

事实上,三年前周磊课题组在发表于《自然·材料》的研究中就已实现光反射角度的改变。“但我们先前的研究是死的、被动的,材料一旦做好了就只能让光以特定角度射出。而用现在新的机理,每一点的相位理论上都是动态可调的,通过相位改变能对光产生不同的干涉效果,按需要打到不同的方向。”

## 给点儿电压,它就“灿烂”

对石墨烯而言,只要往里面填一点电子,它的光学响应、对光的反射率,就会发生巨大变化

复旦大学科研团队是通过什么样的方式,成功实现对电磁波相位的动态、大幅调控呢?他们想到了一个新奇的办法——通过对石墨烯施加电压调节其吸收,进而调控石墨烯相关体系的共振特性,使其实现从欠阻尼到过阻尼的共振演化。

一个振子在振动时因遭受空气阻力而产生能量损耗,振幅随时间推移越来越小,这就叫振动的阻尼。周磊介绍说:“当阻尼很小的时候,对振动的作用很小,这就是‘欠阻尼’振动,这时电磁波的相位会随着频率的变化而发生很大的变化;当阻尼很大时,比如将一架小秋千放入一桶油里面,这个秋千可能连一次振动都不做到就停下来了,这种振动模式就叫做‘过阻尼’振动,这时频率虽然变化,电磁波相位甚至都不动,根本就不响应。”也就是说,从欠阻尼到过阻尼的演化过程中,相位也从一个能够产生很大变化的区域,一下子到了一个不怎么变的区域,这就使

得相位调控的范围可以很大。先前一些只在一个固定的过阻尼或欠阻尼区域内进行调控的研究,能实现的调控范围就很小,比如只有30度。“我们的研究原则上能做到360度整个相位全覆盖。”周磊表示。

什么物质能有如此灵敏的光学响应,让研究团队最终制出了神奇的反射材料?答案要从石墨烯中找。“石墨烯最大的好处就在于它的光学响应可通过施加电压进行很好的调制。如果一般的铜、金、银这些金属,你也可以给它加电压、填电子,但它里面电子已经数目的异常巨大,往里加个把电子,它‘看不见’,光学响应没什么变化”,周磊指出,而对石墨烯,只要往里面填一点电子,它的光学响应,对光的反射率,就会发生巨大变化。其绝对变化不会太大,但相对变化会非常剧烈。所以研究团队想到了用它来和超表面结合,制成特殊材料。

## 让石墨烯与超表面亲密接触

“我们的发现,为实现基于大幅相位调控的光子器件,打下了坚实的基础”

周磊向记者介绍:“这项研究由物理系张远波课题组和我们共同完成。张远波团队在石墨烯研究方面有着深厚的积累,而我们则主攻超表面领域。”

超表面是一种对光学有着奇异响应的金属结构表面阵列,但这种奇异的响应是动不了的,一旦设计好了,其性质就不发生变化。

“于是我们就想到用石墨烯把它调得能够实现动态变化,便与远波团队一起合作。两个课题经过三年的攻坚终于取得了这项成果。”周磊说。

不仅能够动态调控,石墨烯与超表面耦合在一起的反射体系,还具有超薄、极小的特点。用

传统液晶及其他半导体材料制成的相位调制体系的厚度,如果以光的波长为单位来衡量,通常需是波长的很多倍,而石墨烯超表面的厚度则只有十分之一波长。不仅超薄,在光斑横向的尺度上,这种新材料也能做到极小。

最后,作为应用实例,研究还展示了一个基于石墨烯超表面的太赫兹偏振调节器。周磊指出:“太赫兹波段的波长所对应的尺度大概是几十到上百微米,这个波段是非常重要的,但是在该波段内能做出一些动态器件却是很不容易的。总之,我们的发现,为实现基于大幅相位调控的光子器件,打下了坚实的基础。”

# 超表面 石墨烯

是一种厚度小于波长的人工层状材料,它的金属结构表面阵列对光学有着奇异响应,但这种奇异的响应一旦设计好了,其性质就不发生变化。

最大的好处就在于它的光学响应可通过施加电压进行很好的调制,只要往里面填一点电子,它的光学响应、对光的反射率,就会发生巨大变化。

## 延伸阅读

“撕”出来的石墨烯

许多项研究向我们展示了石墨烯的惊人特征,果壳网署名魏郎尔的文章称,但这些美妙的特性对样品质量要求非常高。要想获得电学和机械性能最佳的石墨烯样品,需要最费时费力费钱的手段:机械剥离法。

2004年,英国曼彻斯特大学的两位科学家安德烈·盖姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫从高定向热解石墨中剥离出石墨片,然后将薄片的两面粘在一种特殊的胶带上,撕开胶带,就能把石墨片一分为二。他们不断地这样操作,于是薄片越来越薄,最后,他们得到了仅由一层碳原子构成的薄片,这就是石墨烯。两人也因此获得2010年度诺贝尔物理学奖。

看起来虽然所需的设备和技术含量看起来都很低,但问题是这样做成功率更低,要论产业化,这手段毫无用途。哪怕你掌握了全世界的石墨矿,一天又能剥下来几片?

当然现在我们有了很多其他方法,能增加产量,降低成本。例如,我们有液相剥离法:把石墨或者类似的含碳材料放进表面张力超高的液体里,然后超声轰炸把石墨烯雪花炸下来。我们有化学气相沉积法:让含碳的气体在铜表面上冷

凝,形成的石墨烯薄层再剥下来。我们还有直接生长法,在两层硅中间直接设法长出一层石墨烯来。还有化学氧化还原法,靠氧原子的插入把石墨片层分离,如此等等。方法有很多,也各自有各自的适用范围,但麻烦的是这些办法生产的石墨烯产品质量又掉下去了。

这些办法为什么做不出高质量的石墨烯?举个例子。虽然一片石墨烯的中央部分是完美的六元环,但在边缘部分往往会被打乱,成为五元或七元环。这看起来没啥大不了的,但是化学气相沉积法产生的“一片”石墨烯并不真的是完整的,从一点上生长出来的一片。它其实是多个点同时生长产生的“多晶”,而没有办法能保证这多个点长出来的小片都能完整对齐。于是,这些畸形环不但分布在边缘,还存在于每“一片”这样做出来的石墨烯内部,成为结构弱点、容易断裂。更糟糕的是,石墨烯的这种断裂点不像多晶金属那样会自我愈合,而很可能要一直延伸下去。结果是整个石墨烯的强度要减半。

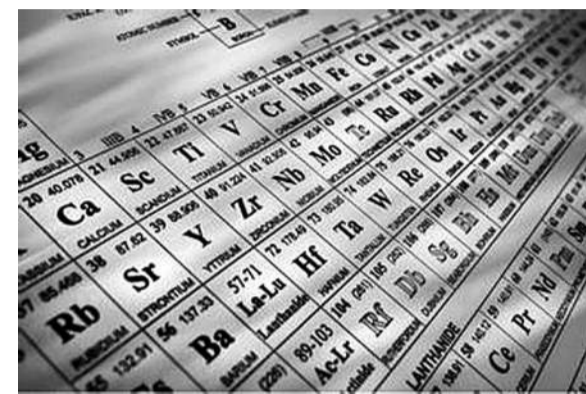
只能说材料是个麻烦的领域,想鱼与熊掌兼得不是不可能,但肯定没有那么快。

将薄片的两面粘在一种特殊的胶带上,撕开胶带,就能把石墨片一分为二。“撕”出石墨烯的方法让英国的两位科学家在2010年获得了诺贝尔奖。



## ■新知

# 我国测定镱原子量成为新的国际标准



元素周期表是我们中学时就学过的知识。它揭示了化学世界的秘密,把一些看来似乎互不相关的元素统一起来,组成了一个完整的自然体系。而元素原子量是自然科学中的基本常数,测量原子量的水平是一个国家基础研究能力的标志之一。

国际同位素丰度与原子量委员会(IUPAC CIAAW)近日发布公告,中国计量科学研究院建立的镱同位素丰度校正质谱法测量工作被评为最佳测量,采用该方法测量的镱原子量标准值为173.045,被确定为新的镱原子量国际标准值。至此,在元素周期表63种多同位素元素中,已有铯、铊、铊、铊、铊等10种元素的同位素组成和原子量国际标准值采用了该院的测量结果,标志着我国同位素测量水平已处于国际领先水平。

中国计量科学研究院化学所王军研究员告诉记者,修改前的镱原子量173.054是基于2006年澳大利亚科学家采用热电离质谱方法的测定结果,但与先后发表的镱同位素应用分析数据有明显差异。CIAAW在2013年就指出要密切关注镱同位素的测定进展。

王军介绍,近几十年来,原子量测定主要依赖于同位素丰度测量技术的发展。同位素丰度可反映元素在自然熔化、蒸发、沉淀以及食物链传递过程中的变化,是元素特有的“指纹”。

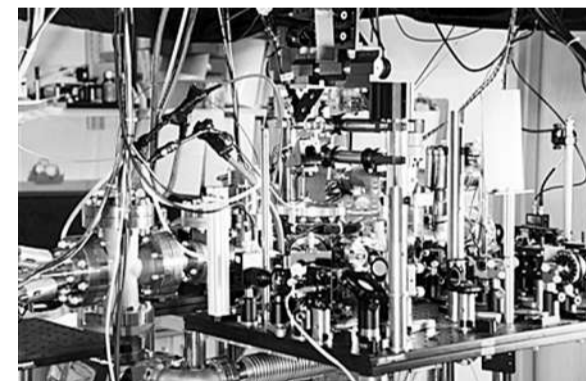
中国计量院针对在该测量中发现的技术问题,以及尚无镱同位素标准物质,导致镱同位素应用中测量数据缺乏可比性的现状,开展了准确测定镱同位素组成的研究。通过精密测量和可靠的测量系统偏差校正,使得镱原子量的不确定度降低一个数量级,并提高了标准值的正确度,研制了镱同位素标准物质(GBW04623),填补了该计量标准的国际空白,并被CIAAW采纳为最佳测量。

虽然“镱”对大多数公众来说显得很陌生。但是“镱”的重要性却不容忽视。“镱”是我国储量丰富的稀土元素,在光纤通讯和激光技术等领域广泛应用。”王军告诉记者。比如,掺镱激光玻璃是制造高功率和高性能激光武器的重要基础材料,掺镱光纤的光放大倍数远大于传统光纤等。

随着同位素测量精度的提高,镱及其他稀土元素已被用于地球和天体物质中同位素组成差异研究,探讨太阳系的物质来源与演化序列。“镱同位素组成以及原子量的测量技术和计量标准,为其广泛应用,解释科学现象和问题提供了可靠的基础性依据。”王军表示。

在科技部等有关部门支持下,我国的同位素测量技术取得长足进步,目前已建立3项同位素测量相关社会公用计量标准,研制了铯、铊、铊、铊、铊共45种系列同位素国家一级标准物质,初步构建了中国同位素计量溯源标准体系,24项校准与测量能力(CMC)获得了国际互认,中国计量院被IUPAC CIAAW列入同位素标准物质来源的行列,为相关测量量值的可比性和可靠性提供了有力保障。

(本报记者林莉君 通讯员刘旭红)



世界上最精密的钟表——镱元素晶格原子钟,理论上可达到运转137亿年误差不足一秒的精确度。

## 52个项目获“2015人居经典方案竞赛”综合奖

科技日报讯(记者林莉君)近日,“2015年全国人居经典建筑规划设计方案竞赛”获奖方案颁奖大会在京举行。经过8个月的组织、推介、评选,全国共有52个项目荣获综合大奖,还有一批分别在建筑、规划、环境、科技等方面表现突出的项目获

得表彰。

该项赛事由中国建筑学会主办,自2001年举办以来,已经连续成功举办十五届。中国建筑学会理事长车书剑表示,希望通过“全国人居经典方案竞赛”能够增进相互交流,开拓新视野,树立新观念,推动我国城市

建设在规划设计阶段就树立起保护生态、节约资源、坚持可持续发展的理念,从根本上把建筑、景观、生态环境和人文心理需求有机结合起来,在具体的项目开发建设中不断创精品、树品牌。为建设美丽中国、健康中国、和谐中国做出贡献。

## 给盾构机穿上“外套”完成复杂条件下盾构接收

科技日报讯(卢培喜 舒郁仁)11月23日,福州地铁公司组织设计院、福州地铁2号线10个标段的施工单位及监理单位等一行60余人来到福州地铁1号线02标项目部,对中铁四局福州地铁项目部的钢套筒接收工艺进行观摩。

依次拆解钢套筒和盾构机并吊出。

福州地铁1号线02标福州盾构区间接收井位于福州火车站西咽喉区,周边居民区、商铺聚集,人流量、车流量大,并且地层为富水砂层,地面无加固条件。如按照普通的盾构接收方案,在盾构接收过程中容易涌水、涌砂,造成塌陷,影响交通及居民正常生活。经多次专家论证,对盾构接收方式进行深层次研究、对比,项目部最终确定采用钢套筒接收方式来实现盾

构到达接收。

区别于普通的盾构接收,钢套筒接收具有安全性高、节省底面加固空间、施工方便并且可以多次重复使用等优点,同样也有定位安装精度高、掘进参数控制、洞门封堵要求严等特点。

据悉,中铁四局福州地铁公司相关负责人表示,将以此为契机,把钢套筒接收盾构机施工工艺在福州地铁2号线广泛推广。

## 新能源汽车知豆携9项国内外专利获业界认可

科技日报讯(记者马爱平)近日,中国汽车工程学会年会暨展览会在上海落下帷幕,2015年度“中国汽车工业科学技术奖”颁奖典礼也同时举行。在今年的评奖中,与新能源汽车有关的奖项备受瞩目,知豆凭借着3项欧盟专利、6项国内发

明专利以及国内外销售业绩和良好的市场反应,最终获得“中国汽车工业科学技术奖”三等奖。

据悉,知豆是一款电动车的品牌,知豆微型电动车于2012年上市,该车自主研发,已出口意大利。而新大洋·知豆的外形设计时尚,内饰设计简洁,还配备了多功能导航和冷暖空调系统。通过技术人员的努力,让知豆解决了困扰新能源行业已久的“行驶里程焦虑症”和“电池寿命焦虑症”,将环保、时尚、轻松的微行方式带入了人们的生活。

## 新疆:科技引种保存700多种植物类群

据新华社(徐丽 张丽霞)经过30多年的努力,科研人员在新疆吐鲁番沙漠植物园引种并保存700多种植物类群,建成完整的温带荒漠植物保育基地,并成为中亚地区荒漠植物物种多样性最丰富的特殊种质资源储备库。

中国科学院新疆生态与地理研究所研究员潘伯荣说,研究所负责的“干旱荒漠区植物资源迁地保育研究及其生态建设应用”项目日前通过专家评审。这个研究项目以迁地保

育中国干旱荒漠区植物资源为主,兼顾引种收集相似国家和地区的战略植物种质资源。

新疆的干旱荒漠区拥有高山、冰川、荒漠、沙漠和盐湖等多样性生态系统。长期干旱、高寒、高盐碱等特殊环境,使干旱荒漠区成为特殊战略遗传基因植物的宝贵资源库。

据新疆生态与地理研究所介绍,眼下,吐鲁番沙漠植物园已建成完整的温带干旱荒漠区植物种质资源储备库,并将红柳、梭梭等适宜在干旱区生存的植物引种到赞比亚、尼日

利亚、哈萨克斯坦、乌兹别克斯坦等国家和地区,还完成了全国首个干旱荒漠区迁地保护植物数据库和活植物定植管理平台建设。

始建于1972年的吐鲁番沙漠植物园,属于国内较早开展植物引种研究的机构,目前在荒漠植物保护生物学研究、特殊植物遗传资源迁地保护、干旱区受损生态系统恢复与重建、荒漠特殊植物资源开发利用和公众环境教育等方面,取得了一系列重大研究成果。