



## 先“长”再“撕”然后“贴” 石墨烯辅助电极转印“三步走”

■本报记者 张双虎 ■黄辛

尽管芯片制程已经一步步逼近物理极限,人们对集成电路性能和尺寸的要求却丝毫没有降低。基于新结构、新原理的二维半导体器件以其独特的性能,有望解决硅基器件面临的“瓶颈”。然而,二维材料超薄的厚度(原子级厚度)使其十分脆弱,加工制造过程中极易造成材料损伤或掺杂,从而导致器件实际性能与预期存在巨大差异。

近日,中国科学院上海微系统与信息技术研究所信息功能材料国家重点实验室研究员狄增峰团队,开发出一种石墨烯辅助金属电极转印技术。该技术以石墨烯晶圆作为预沉积衬底“生长”金属电极阵列,并利用石墨烯与金属间较弱的范德华作用力(一种分子间作用力),实现了任意金属电极阵列的“撕下来”和“贴上去”——无损转移,且转移成功率达到 100%。

该技术对二维材料工艺路径进行了探索,可能推开通向二维芯片应用新世界的大门。5月23日,相关研究以封面文章形式在《自然—电子学》上发表。

### 材料“降维”功能升级

操控不同的原子一个个堆叠起来,并得到想要的材料,一直是材料学家的梦想之一。

2004年,单原子厚度石墨烯的发现为二维材料(厚度从单原子层到几个原子层、电子仅可在两个维度自由运动的材料)的应用带来了希望。二维材料电子迁移和热量扩散被限制在平面之内,因而展现出三维材料没有的特性。

不同的二维材料晶体结构各异,因此呈现不同的电学或光学特性,在光电器件、热电器件、仿生器件、光电探测等领域展现出巨大的发展潜力。有材料学家预言,未来人们可以借助二维材料,在提升集成电路性能和功能的同时大大降低制造成本。

“二维材料有很多独特的性能,但它在实际应用中也会面临一些加工难题。”狄增峰告诉

《中国科学报》,“随着集成电路逐步进入‘非硅时代’,开发适用于二维材料的半导体先进制程工艺的需求非常迫切。”

### 电极“生长”难题

电极是集成电路的基础,任何电子器件、电路都通过电极连接实现复杂的功能。

在集成电路制造中,常规的电极“生长”技术是将金属原子束“打”到底层材料上。尽管金属原子束的能量有限,但对于超薄的二维沟道材料来说,溅射离子轰击会对材料造成损伤,导致二维沟道材料产生缺陷,或造成难以避免的掺杂,从而形成“非理想”金属/二维半导体界面,使半导体器件性能无法达到预期。

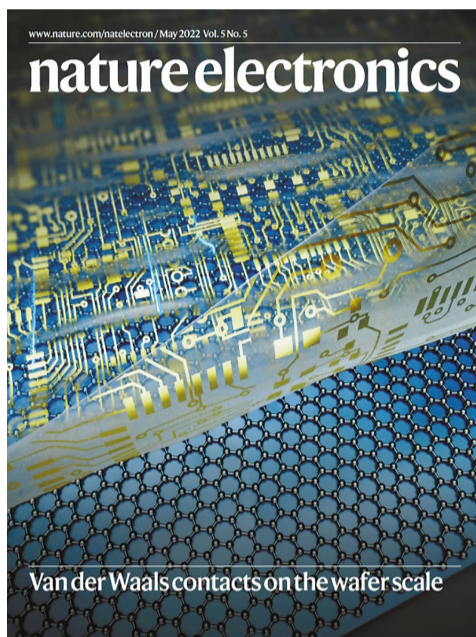
为解决这一问题,狄增峰团队和中国科学院上海技术物理研究所研究员胡伟达团队合作,另辟蹊径地让金属电极先在其他地方“生长”,“长”成后再把电极“像胶带一样”“贴”到二维沟道材料上。

“一方面,转印技术不存在这种冲击的能量,不会对二维沟道材料造成损伤。”狄增峰说,“另一方面,此前人们在转印前,让金属‘长’在二氧化硅片上,二氧化硅片虽然看起来是个平面,但它的表面有很多‘悬挂键’,像手指一样伸在外面。因此,‘长’上去的金属电极会被这些‘小手指’拉住,转印前很难把它‘撕’下来。”

紧接着,该团队再次拓展思路,以石墨烯晶圆作为预沉积衬底,“生长”金属电极阵列。由于石墨烯没有“悬挂键”的勾连,石墨烯与金属之间只有较弱的范德华作用力,“长”在石墨烯上的金属电极阵列很容易被“撕”(转移)下来。

### 达到“晶圆级别”加工

利用新的转印技术,该团队实现了任意金属电极阵列(如铜、银、金、铂、钽和镍)的无损转移,且转移成功率达到 100%。



《自然—电子学》封面

图片来源: nature electronics

“以前人们也能做到小面积或数个器件的转印。”狄增峰解释说,“现在可以转印”金属电极阵列”,包括一些电路、比较复杂的结构都可以转印,甚至达到“晶圆级别”。”

“通过原子力显微镜、截面扫描透射电镜,我们证明了剥离后的金属表面呈现无缺陷的原子级平整。”该论文共同第一作者、中国科学院上海微系统与信息技术研究所博士后刘冠宇说,“而且,铜、银、金、铂、钽和镍 6 种金属电极阵列均可成功转印至二硫化钨沟道材料上,形成理想的金属/半导体界面,并观测到理论预测下的肖特基势垒(金属/半导体边界形成的具有整流作用的区域)高度调控行为。” (下转第 2 版)

## 培养拔尖人才 教师科研经费应在合理区间内

李言荣

努力使我国成为世界主要的科学中心、重要的人才中心和创新高地,已成为国家发展到目前阶段所遇到的最大关口,也是必须要闯过的一关。尤其是如何解决“卡脖子”问题,已成为国内高校面临的最重要问题之一。然而,很多高校只是国家科技的“战术力量”,解决重大问题的能力还很不足。

要想成为国家战略科技力量,高校需要从两个层面发力:在应用研究上,要掌握关键核心技术,也就是“根技术”;在基础研究上,产生“从 0 到 1”的“种子技术”,而不仅仅是“树枝”“树叶”的修剪和完善。可以说,如果仅仅是对已有技术的丰富和完善,不管进展多大,也是一种战术性力量,都是在别人栽的树上结出的果实。

当然,对于我国高层次人才培养主阵地的高校而言,无论是解决“卡脖子”问题还是支撑科技自立自强,能否源源不断地为国家培养出拔尖创新人才是关键所在。

培养拔尖人才要花很大功夫,培养一个基础领域的高级人才可能比多修一公里地铁甚至比研发一颗芯片还要“烧钱”得多。

### 教师:科研应有“合理空间”

对于优秀人才的培养,成功的学校尽管方法路径各不相同,但有一点却是相同的——拥有一支优秀的教师队伍。尤其在基础学科拔尖人才培养方面,找到活跃在学术前沿的老师可以说是重中之重。

好老师一定要既教书又育人,既言传又身教。

当年西南联大之所以能在非常艰苦的条件下培养出众多大师级人物,其关键就在于当时西南联大名师大家荟萃,教学育人氛围浓厚,老师们的科研任务和科研压力很小,搞科研也大多以理论方面的研究为主,可以将主要精力用在学生培养上。如果老师的科研任务太重,是不太可能把学生的事情放在第一位的,甚至培养学生成才都难成其“主业”,老师可能会把自己的成功放在第一位。所以老师的科研任务不要太多,至少不要长时间过重。

反观当下,部分学校教师科研任务过重已是一个不争的事实。要想给教师科研“减负”,首先,国家层面的资源分配不能太过于有竞争性,或过于集中到某些或某类学校。

其次,对于不同类型高校中的教师应分类评价。

因为高校类型不同,教师的科研类型和科研投入力度也各不相同,同一把尺子很难适用于所有教师。比如,重点大学教师的人均科研经费虽很难有一个统一的标准,但我认为,以副教授为例,当前保持在人均每年 60 万~100 万元应该是相对合理的区间,如果大大超过这一区间,教师承担的科研任务就很有可能占用其原本应花在教学上的时间和精力。

当然,文科有着自身规律,即便对于理工农医而言,也没有一个“死标准”。行业类高校可以略高一点,综合类高校可以靠近下限一些。如果在某一个阶段有很重的攻关任务,研究所或研究中心则应以聘用专职科研人员为宜。但总的指导思想是一致的,就是不能因科研任务而影响教师人才培养的中心任务,这是对一所大学本质的坚守。当然,长期不从事科研也是难以成为一个好老师的。

### 学生:扎实基础应与 宽广视野齐飞

基础拔尖人才首先要有事从事基础学科的兴趣、潜质,更重要的是,兴趣、潜质要与使命感结合起来。

当年西南联大的很多学生之所以成为师才、引领性人才,很重要的一点在于他们有强烈的使命感。他们刻苦学习的动力,源于科学救国的坚定信念。如果一个学生没有使命感、没有志存高远的精神、没有将个人成长与国家命运结合起来,是难以成为栋梁之材的。

我们常说,只有根深才能叶茂,川大校园里有一批长得很高、很茂密的榕树,其树根都是裸露在外面的,虽然树干还不到一米,但其树根方圆可以达到几十、上百平方米。人才培养也是如此,学生在大一、大二时,要学习扎实的专业基础知识,大三时再考虑科研,进实验室,进实验室太早不一定对人才成长有利。(下转第 2 版)



## 全球 1200 种蛛形类物种遭贩卖 80% 缺监管



霓虹蓝腿狼蛛是蛛形类物种中交易缺乏监管的典型例子。 图片来源:Chien Lee

本报讯(记者冯丽妃)香港大学生物科学学院的 Alice Hughes 和合作者发现,约有 1200 种蛛形类物种曾经或正在全球范围内遭贩卖,其中 80% 不受监管。这一研究强调,数以百万计的蜘蛛、蝎子及其亲缘物种正在遭贩卖,迫切需要贸易监管,以防生物多样性丧失。相关研究近日发表于《通讯—生物学》。

Hughes 和同事们结合美国执法管理信息系统(LEMIS)、《濒危野生动植物种国际贸易公约》国际贸易数据库,系统化搜索全球在线蛛形类零售商,调查了 2000 年至 2021 年全球蛛形类物种的贸易。他们发现,有 1264 个蛛形类物种曾经或正在被交易,其中 993(79%)种被列在销售网站上,但没有被纳入贸易数据库。

“这说明它们的交易不受监管,这些物种容易受到不可持续的捕捉和贸易的影响。”Hughes 说。

他们发现,在研究的这段时期,作为流行的贸易物种之一,77% 的帝王蝎为野捕所得,仅美国一地就进口了 100 万只。

研究显示,2/3 的贸易物种通过野外捕捉

获得,若野外捕捉发展到不可持续的程度,可能对野生种群造成负面影响。

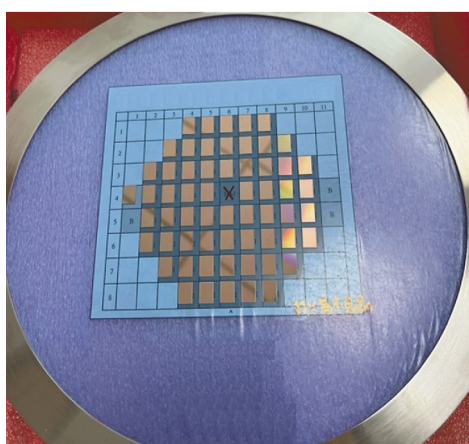
为了明晰监管蛛形类贸易可能遇到的阻碍及其影响,研究人员调查了哪些物种已经得到世界自然保护联盟的评估,哪些在《濒危野生动植物种国际贸易公约》中得到管理。调查发现,在超过 100 万个已知无脊椎动物物种中,得到世界自然保护联盟评估的不到 1%,而无脊椎物种贸易中仅有极小部分(例如在 52060 个已知蜘蛛物种中仅有 39 个)受《濒危野生动植物种国际贸易公约》管理。这意味着贸易物种的脆弱性至今不明,并且常常不受监管。

研究人员认为,大多数蛛形类物种的分布缺乏数据,意味着目前几乎不可能评估其脆弱性和制定适当的管理保护政策。研究人员指出,改进贸易监测和管理方式,不仅能增进对野生蛛形类物种分布和保护状况的了解,而且有助认识贸易对自然种群的影响,预防生物多样性丧失。

相关论文信息:

<https://doi.org/10.1038/s42003-022-03374-0>

## 极大规模全异步电路芯片成功流片



部分 LZU\_GERM 芯片 兰州大学供图

本报讯(记者温才妃 通讯员法伊莎)近日,由兰州大学信息科学与工程学院副教授何安平团队设计的首颗极大规模全异步电路芯片成功流片。该芯片为 120 颗名为 LZU\_GERM 的芯片,采用 40 纳米工艺制程,在每颗仅有 96 平方毫米的芯片上共集成了 3.5 亿个晶体管和 1512 个 CPU,且每颗芯片的功耗仅有 98 毫瓦。这些芯片在 2022 年 4 月底完成设计,于 2022 年 5 月成功回片。

异步电路的优点主要在于低功耗,而实现难点在于没有时钟电路作为芯片的全局驱动电路,并且主流的商用 EDA(电子设计自动化)软件均是针对同步电路设计的软件。国内优秀的同步电路设计团队很多,但是异步电路设计团队却寥寥无几,有能力生产芯片的团队更是少之又少。国外很早就注意到了异步电路的优

势并开展研究,但是严格封锁了技术。

何安平带领团队历时 9 年,在主流商用 EDA 软件的基础上,逐渐突破了异步驱动逻辑设计、异步时序约束、大规模异步电路设计和设计稳定性验证等一系列芯片设计难题。

团队采用国际上最先进的异步电路设计方法,在一枚枚小小的芯片上,每一个异步的 CPU 核都由异步的 Mesh 网络连接,数据在 CPU 中运算后会被 Mesh 网络广播到各个路由节点,并被目标路由节点抓取。这样的工作机制非常适用于如今人们熟知的类脑计算和其他高并发计算领域。

何安平团队基于异步电路设计的 EDA 软件“拼图”3.0 版历经两次迭代,日臻成熟,成为中国自主研发的第一个异步电路 EDA 软件,并在 Open1 网站开源。



观众参观光子信息与能源材料研究中心。

图片来源:深圳先进院

## 深圳先进院公众科学日展示“诺奖 Lab”

本报讯(记者刁雯蕙)诺贝尔奖实验室长啥样?乘坐自动驾驶车是种什么体验?5月21日,2022年全国科技活动周(深圳)启动仪式暨中国科学院深圳先进技术研究院(以下简称深圳先进院)第十二届公众科学日举行。本届公众科学日以线上+线下形式进行,邀请两位 B 站知名 UP 主走进实验室,以“打擂台”的方式向社会公众分享最前沿的科学知识,线上直播吸引超 30 万观众观看。

作为深圳市首个诺贝尔奖实验室,深圳先进院劳特伯生物医学影像研究中心的研究人员介绍了系列高端医学影像设备,并展示了我国首型

3T 人体磁共振成像设备,该设备的相关技术打破了国外高端医学影像设备的技术垄断。在汽车电子研究中心,研究人员介绍了国内自主研发的首个自动驾驶整车在环测试系统。在定量合成生物学研究中心,科研人员介绍了合成生物领域的相关技术。在光子信息与能源材料研究中心,研究人员展示了科研团队自行设计建设的第一条国产大面积 CIGS 电池组件中试产线。

此外,在 2022 年全国科技活动周(深圳)启动仪式的主会场,还举行了“科学+”创新教育成果展等系列科普活动。

## 添丁进口! 我国野放麋鹿种群在内蒙古成功繁衍

据新华社电 记者从内蒙古大青山国家级自然保护区管理局获悉,9 只麋鹿幼崽近期陆续在该自然保护区降生,这是当地野放归麋鹿种群成功繁衍的第一代,标志着我国首次首次在蒙古高原南缘的华北区与蒙新区过渡带成功建立野生麋鹿种群。

麋鹿属于世界珍稀动物,是一种大型食草动物,俗称“四不像”。为进一步扩大麋鹿野外种群,国家林业和草原局、内蒙古自治区政府于 2021 年 9 月 29 日在内蒙古大青山国家级自然保护区联合实施麋鹿野放归自然活动,一次性放归 27 只麋鹿。

据介绍,科研人员专门给这些麋鹿佩戴卫星

项圈,利用卫星追踪技术监测它们的野外活动情况,实时掌握它们的健康状况。最新监测结果显示,这个麋鹿种群已初步适应内蒙古高寒气候环境,并成功繁衍后代,标志着麋鹿野放归自然活动取得阶段性成功。

麋鹿是我国自然分布的物种,是国家一级重点保护动物,曾一度在野外消失。经过多年不懈努力,我国人工繁育麋鹿种群不断壮大,并重建野外种群。据统计,我国现存麋鹿种群数量近 1 万头。实践证明,我国积极发展人工繁育种群并科学开展野外种群重建,是恢复保护濒危物种的有效途径。(李云平)