

勇闯自旋电子学创新“无人区”

■本报记者 张双虎

好消息如期而至。近日,由国家纳米科学中心研究员孙向南团队牵头、多家高校和科研机构联合申请的国家重点研发计划“纳米前沿”重点专项获批立项。

“我也是刚接到获批通知的。”电话中,孙向南的语气流露出水到渠成的笃定,“实际上,我自始至终都不太担心申请结果,团队的成长和壮大是我们争取这个重点专项的底气。”

从连续数年没有论文、没有“帽子”、没有实验设备,在有机自旋电子学领域“孤军奋战”,到如今得到小同行充分认可,带领团队创造有机自旋电子学领域自旋寿命、输运距离等关键参数的全球最好纪录并牵头承担重点专项,孙向南成功闯过了创新的“无人区”。

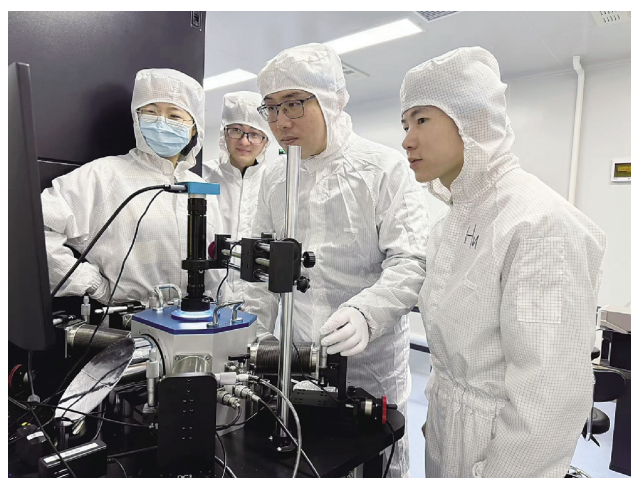
有机自旋电子学: 改变未来的信息技术

今天,信息技术的“摩天大楼”高耸入云,但其发展的基石仍是电子电荷研究及据此发展起来的晶体管器件。随着晶体管器件的集成度逐步提高,其发展也趋近摩尔定律极限:一方面芯片尺寸已接近物理极限,另一方面集成电路散热问题越发凸显。

“自旋电子不产生热,纯自旋器件没有散热问题。因此,利用电子自旋构建新器件被认为是突破摩尔定律极限、实现更快运算的有效途径。”孙向南说,“而且,自旋是量子概念,它在未来量子计算应用领域潜力巨大。”

自旋电子按材料性质可分为无机自旋电子和有机自旋电子。其中,无机材料较易实现信息的传输和运算,但缺陷是需要极低温条件下才能工作。比如,目前的量子计算机要在极低温条件下运行。与之对应,有机材料可以在室温下实现信息传输,但发展瓶颈是自旋处理极其困难。正因如此,主流自旋电子学研究集中于无机材料领域。

“室温下可工作让有机电子自旋在应用上优势明显,若能在自旋运算方面取得关键



孙向南(中)指导学生做实验。 受访者供图

性突破,一定会有很好的应用前景。”孙向南说,“然而,由于有机自旋运算研究非常困难,国内这一领域基本是‘无人区’,国际上也尚未取得大突破。”

年轻气盛,他选择挑战新方向

2016年初,孙向南在西班牙巴斯克纳米科学中心完成5年博士后研究工作后,回国加入国家纳米科学中心。

“当时年轻气盛,想着既然无机自旋和有机自旋研究都面临挑战,不如干脆挑战一个新方向。”孙向南说,“而且,有机自旋研究是我的兴趣所在。”

博士后研究阶段,孙向南主要从事无机自旋研究。他曾优化巴斯克纳米科学中心的实验设备,并尝试用有机分子做了些成果,再加上笃信有机自旋有更广阔的应用前景,他决定回国组建团队进行有机自旋电子材料和器件的研究。

自旋电子学研究高度依赖设备,巴斯克纳米科学中心研究无机自旋的仪器大概价

值7000万美元。组建团队时,孙向南才发现难题不是没有设备,而是根本买不到设备。“它太新了,根本就没有现成的设备。”孙向南说。

所幸,国家纳米科学中心为新加入的研究人员提供了宽松的环境,前3年不必考核。

“入职后很长时间,我基本没有‘产出’。”孙向南回忆说,“我们实验室的三任主任都给了我足够多的支持和耐心。”

让孙向南感激的,还有国家纳米科学中心研究员魏志祥等前辈的支持。第一年,孙向南获得国家纳米科学中心80万元的支持。很快,中心科技处又协助他争取到中国科学院科研仪器设备研制项目的资助。此外,实验室很多前辈还将他纳入自己的项目组。这使得孙向南在没有任何“帽子”的情况下,拿到近400万元研究经费。

有了环境和资金的支持,孙向南团队和仪器制造商历时近3年,以合作研发的方式完成了急需设备的研制。

艰难跋涉, “万般约束不如真心喜欢”

除了要考虑仪器设备从何而来外,孙向南还要面对有机自旋领域没有研究目标的茫然。在部分领域,对参数进行优化就能发一篇不错的论文,但有机自旋研究少有人涉及,缺乏参考范例和可优化参数,甚至连研究方向都不清楚。

“什么时候能做出眉目,当时心里完全没底。”孙向南说,“当时的困惑是感觉困难无处不在,又抓不住它。可能今天觉得某个方向‘有戏’,明天又发现方向是错的。”



拔呀拔! 机器拔萝卜省钱又省力

眼下,正值萝卜采收季。为解决萝卜类蔬菜机械化收获技术装备短缺问题,农业农村部南京农业机械化研究所自主研发了适应我国萝卜类蔬菜多土壤、多品种、多垄距种植模式的系列萝卜类联合收获机。

研究人员攻克关键技术难题,研发出轻简型萝卜联合收获机,在此基础上,根据不同的动力配套型式,开发出牵引式萝卜联合收获机,实现了采收、清洗、运输各环节的智能化作业。

轻简型萝卜联合收获机一次性完成挖掘、输送、去土去杂、集果和抛选等作业。该收获机收净率达97%,每小时可收获2亩萝卜,相当于以往30多名工人一天的采收量,大大提高了效率,降低了收获损失和人工成本。

图为江苏省南京市六合区竹镇蔬菜种植基地里的萝卜联合收获机。

本报记者李晨 通讯员江帆报道 中国农业科学院供图

一 所 一 人 一 事

张晓东:从工艺员到科研骨干

■曾光强

2009年,中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所(以下简称苏州纳米所)纳米加工平台正式对社会开放服务,急需运维工作人员。

那一年,张晓东硕士毕业,甫一加入苏州纳米所,就一头扎进纳米加工平台的超净实验室,一干就是15年。

15年的光阴让张晓东从一名普通工艺员成长为平台的科研骨干,也让他收获了中国科学院技术支撑人才、苏州创新创业好青年等荣誉称号,以及江苏省五一劳动奖章,并让他在2024年荣获全国五一劳动奖章。

与平台共同成长

张晓东见证了纳米加工平台的不断完善,纳米加工平台也成就了她的成长。张晓东不仅负责平台的电子束金属蒸发、化学机械研磨抛光、磁控溅射薄膜沉积、电偶耦合等离子体刻蚀等设备的日常运营及管理,还积极开展工艺开发与积累、标准化工艺制定与推广、技术培训与人才培养等工作。

为进一步提升纳米加工平台服务能力,张晓东根据科研和产业发展需求,在经费和场地有限的条件下,建成国内首条开放性8英寸氮化镓Micro-LED工艺线,加

速了Micro-LED微显示芯片国产化的进程,为建成国内知名、行业著名的半导体芯片加工与封装多功能公共服务平台作出了重要贡献。

目前,纳米加工平台已建成超净实验室1万余平方米、各类半导体工艺加工设备300余台套,支持硅基传感器、化合物半导体、宽禁带半导体以及生物芯片等领域的创新研发,是中国最具特色的纳米技术公共服务平台。

平台每年支撑数百家高校、科研院所和企业进行科学研究、技术开发和人员培训等,推动相关产业增加值数十亿元,为新一代信息科技发展输送了大量技术与人才,有力支撑了国家创新体系发展,已成为苏州纳米所在半导体微纳加工领域的名片。

以国家需求为方向

半导体技术是现代信息科技和数字经济的核心与基石,在推动国家发展、社会进步、保障国家安全等方面具有战略性作用。

面向国家对半导体核心基础元器件的需求,张晓东潜心开展氮化镓、氧化镓等宽禁带材料与器件研究,开发出具有自主知识产权的增强型氮化镓高电子迁移率晶体管技术,一举荣获“率先奖”未来技术创新

大赛总决赛最高奖。

面向新型信息显示系统对显示芯片的实际需求,张晓东团队攻克高亮度Micro-LED微显示芯片的多项技术难点,研制出具有高亮度、高发光效率与优异色彩表现的超高分辨率Micro-LED微显示芯片。

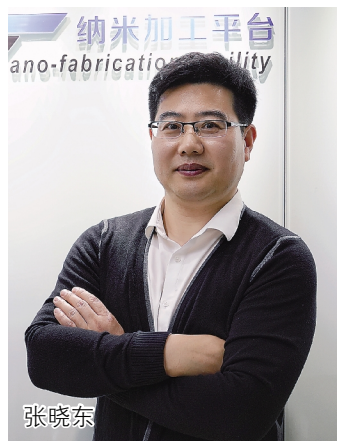
针对现有超宽禁带半导体氧化镓薄膜与器件存在的突出问题,张晓东团队开发了高质量氧化镓薄膜的异质和同质外延生长技术,制备了性能优异的日盲紫外探测器和功率电子器件,达到国际先进水平。

面向国家重大任务支撑保障的需求,张晓东参与超导转变边沿探测器的版图工艺设计和器件制备等工作,进行了低温超导探测芯片等器件的关键工艺开发,并制备出相关原理样机,攻克了关键半导体元器件“卡脖子”技术。

人才是创新的核心支撑

“创新需要平台的支撑,更离不开人才的培养。”张晓东深知人才培养的重要性,他希望通过努力培养出更多的“劳模工匠”。

2011年,苏州工业园区纳米技术人才公共实训基地建立。张晓东讲授了Micro-LED技术与微显示芯片、超宽禁带半



苏州纳米所供图

导体材料与器件等课程,培训了一大批纳米技术高技能人才。

作为博士生导师,张晓东十分注重学生开放性学习思维的培养,坚持以问题为先导,调动创新内驱力、发挥主观能动性,不断拓展知识的深度和广度。同时,他还鼓励学生独立思考、培养批判性思维,多角度发现问题、多维度分析问题,将创新实践融入解决实际问题的过程中。

辛勤的付出换来了丰硕的成果。张晓东指导的学生先后获得“华为杯”第四届中国研究生创“芯”大赛全国总决赛三等奖、第八届中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛全国总决赛银奖、第十三届“挑战杯”中国大学生创业计划竞赛全国总决赛银奖等荣誉。

(作者单位:苏州纳米所)

发现·进展

中国科学院国家天文台等

多波段观测揭示磁星快速射电暴的可能起源

本报讯(记者甘晓)中国科学院国家天文台领导的国际团队通过“中国天眼”(FAST)和其他观测设备,对银河系内磁星软伽马射线暴源SGR 1935+2154开展多波段观测,发现其X射线硬度比具有与射电辐射活动性关联的双分支模式,为磁星快速射电暴(FRB)到射电脉冲星辐射转换提供了统一自洽的物理图像,有望揭示磁星FRB的可能起源。近日,相关研究成果发表于《天体物理学杂志增刊系列》。

磁星是高度磁化的特殊中子星,磁星射电辐射与FRB辐射机制的关系是当前天文学研究的前沿热点。2020年4月,加拿大高强度观测实验(CHIME)和美国射电望远镜巡天望远镜(STARE-2)在SGR 1935+2154探测到银河系内FRB 200428,首次追踪到磁星与FRB之间的联系,为揭开FRB起源之谜奠定了基础。SGR 1935+2154是唯一探测到X射线脉冲辐射、FRB,继而出现相位稳定射电脉冲辐射的磁星,刷新了人们对磁星辐射的认识。银河系磁星FRB到射电脉冲星相的转换特性也成为理解FRB辐射机制的切入点。

研究团队仔细分析了FAST在2020年10月至11月对SGR 1935+2154的监测数据,结合其他设备提供的高时间分辨率X射线观测数据,发现X射线硬度比的双分支模式与射电辐射活动性密切相关,在射电脉冲相出现时间窗口内X射线流量、硬度比存在系统性增强。综合观测结果,研究团队提出了“星震—FRB—磁扭结恢复—射电脉冲辐射”的解释:磁星星震产生FRB触发条件并导致辐射区磁力线扭结,磁层磁力线在解扭过程中形成相干条件产生射电脉冲辐射,同时,电子沿磁力线回流磁星表面轰击形成热斑,导致X射线能谱同步硬化。

这项工作对深入理解磁星辐射供能切换机制具有重要意义,并有助于揭开FRB的可能起源。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.3847/1538-4365/ad7c3f>

吉林大学白求恩第三医院

发现纳米材料可以发挥抗白血病作用

本报讯(记者孙丹宁)近日,吉林大学白求恩第三医院教授陈芳团队系统研究了6种精确表征的葡聚糖涂层氧化铁纳米材料,并探讨了它们蛋白冠形成与免疫激活的完整过程,以及在急性髓系白血病L模型中的免疫治疗效果。相关成果发表于《自然-通讯》。

作为一种创新的治疗手段,纳米材料能够通过靶向特定细胞或组织,增强药物递送效果并激活免疫系统的抗肿瘤反应。

从急性髓系白血病标准治疗方法中存在的瓶颈问题出发,研究人员探索了以纳米材料为基础的免疫疗法。研究结果表明,表面修饰为羧基的氧化铁纳米材料能够通过补体蛋白增强巨噬细胞介导的肿瘤细胞吞噬作用,进而发挥抗白血病作用。此外,该材料还能呈递肿瘤抗原并启动适应性抗肿瘤免疫反应。研究表明,不同的补体蛋白不仅决定了纳米材料的半衰期,还深刻影响了它们与免疫系统的相互作用,从而引发不同甚至相反的免疫反应。

该研究为开发更具靶向性的免疫疗法提供了重要的理论依据,进一步认识了蛋白冠对纳米材料免疫效能的深远影响,为纳米材料在免疫治疗中的应用提供了新视角。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41467-024-54810-0>

浙江大学等

发现胡椒野生种中独有的茉莉酸反应抗病途径



黄花胡椒。 中国热带农业科学院供图

本报讯(记者李晨)浙江大学研究员关雪莹团队与中国热带农业科学院香料饮料研究所研究员郝朝运团队开展联合攻关,对野生胡椒抗病遗传特性进行了深度解析,为提高胡椒栽培种的抗性及高产稳产奠定了重要基础。近日,相关研究成果在线发表于《前沿研究杂志》。

目前,我国胡椒种植面积达36万多亩,年总产量超过4万吨,是世界第五大生产国。然而,卵菌病原体辣椒疫霉菌严重影响了胡椒生长,病情严重的胡椒园损失可达90%以上,甚至出现全园毁灭的情况。

胡椒栽培种热引1号是中国热带农业科学院选育的重要栽培种,以高产闻名,但对辣椒疫霉菌较为敏感。相比之下,原产于中国海南省和云南省的野生种黄花胡椒对该病原体表现出显著的抗性。

黄花胡椒与热引1号间存在显著的基因组差异,这可能是引起它们抗性差异的主要原因。研究发现,黄花胡椒展示了特有的亚油酸和 α -亚麻酸合成途径,这些是茉莉酸生物合成的关键起始代谢物。与热引1号相比,黄花胡椒在H3K4me3修饰中表现出不同的功能富集模式,尤其在亚油酸和 α -亚麻酸合成途径上显著富集。进一步研究发现,黄花胡椒LOX家族基因受H3K4me3修饰调控,引起基因表达上调,激活茉莉酸生物合成途径,从而有效抑制病原体侵袭。

相关论文信息:<https://doi.org/10.1016/j.jare.2024.10.015>