

用“钻石”给氧化镓降温,电子器件不“烧”了

■本报见习记者 李媛

手机卡顿、电脑死机、电动车续航缩水……很多时候,这些问题的出现归因于芯片“发烧”。中国科学院院士、西安电子科技大学教授郝跃团队的教授张进成、宁静巧妙引入石墨烯作为“翻译官”,让氧化镓与“导热王者”金刚石成功“牵手”,解决了散热难题,让芯片从此“冷静”工作。相关研究成果近日发表于《自然－通讯》。

明星材料遇难题

氧化镓是一种极具潜力的半导体材料,被誉为下一代高功率电子器件的“明星材料”,能承受超高电压、成本低,在电动汽车、轨道交通、5G/6G 基站、智能电网、航空航天等系统中应用广泛。

然而,氧化镓有个致命缺点,散热太差。氧化镓的导热能力只有硅材料的 1/5,一工作就“发烧”,容易导致器件损坏、性能下降。就像给跑车装了小散热器,引擎过热就跑不快了。“散热问题导致器件性能骤降、寿命缩短,成为制约超宽禁带半导体走向实用的最大障碍。热管理已成为决定其能否走出实验室,实现规模化、产业化应用的最大‘卡脖子’环节。”宁静告诉《中国科学报》,当前,这类材料的应用对于提升国家在全球能源和高端制造领域的竞争地位有着深远影响。同时,该研究对于突破关键技术封锁、构建自主可控的产业链至关重要。

如何给它“降温”?研究团队起初想到了导热性能极好的金刚石,它是“导热王者”,散热能力超强。但单晶金刚石尺寸小、价格昂贵,难以大规模使用。于是团队转向成本更低的“多晶金刚石”,但核心问题来了:在多晶上生长氧化镓薄膜时,材料会“乱长”(晶向紊乱),产生裂缝和应力,散热效果大打折扣。

热阻大降,性能翻倍

团队最终引入“石墨烯”作为中间缓冲层。它就像一位出色的翻译官,缓解了两种材料之间的“沟通障碍”,屏蔽了多晶衬底的粗糙影响,使得氧化镓薄膜能够平整又高质量地生长在多晶金刚石上。团队还通过“氧－晶格协同调控”



郝跃(中)团队在实验室。

受访者供图

技术,即精细控制氧气和原子排列,实现了高质量氧化镓薄膜的稳定外延,从而使材料不再“乱长”,热应力也大幅降低。

团队成员杨芷纯介绍,该技术不仅解决了生长问题,还带来了惊人的散热效果。“石墨烯层就像润滑剂,释放了界面热应力,让热量高效传递。实验测得,氧化镓和金刚石之间的热阻只有 2.82 平方米·开尔文 / 吉瓦——界面热阻大幅降低,只有传统技术的 1/10 左右。”

团队实验证明,基于这种结构制作的类似相机传感器的光电探测器表现非常出色:光暗电流比高达 10⁶,对比度和清晰度超高;响应度 210 安培 / 瓦,灵敏度翻倍。这意味着,器件不仅散热好,光电性能更优。

这项突破不只是实验室成果,还解决了氧化镓器件的“自热”痛点,让高导热金刚石和氧化镓高效“联姻”,为解决氧化镓器件发热问题提供了全新思路,也为未来高性能、高可靠性电子器件的发展奠定了基础。

在该技术的基础上,团队开发了一种新的范德华极化工程异质集成技术,成功在蓝宝石衬底上生长了高质量的氮化镓外延层,并以此为基础制备出高性能的氮化镓基射频器件。该器件具有高电子迁移率、高饱和电流密度和低截止电流,适用于高频高功率放大器。“这项技术有望在未来 5G/6G 通信基站、雷达系统、卫星

通信等关键领域发挥重要作用。低缺陷密度的氮化镓外延层还适用于电动汽车充电桩、数据中心电源等高效率、高频率的功率开关器件。”杨芷纯介绍说。

与“晶格”壁垒苦战

宁静坦言,在科研攻关中遇到诸多挑战,团队主要聚焦于范德华外延高质量超宽禁带半导体薄膜,其核心挑战在于晶格失配。

2024 年初,团队在器件研发中遇阻。器件通电后局部温度骤升,可靠性急剧退化,成为推进技术落地的最大障碍。

在一筹莫展之际,郝跃和张进成带领大家日夜探讨,最后锁定多晶金刚石衬底。

同时,对于晶核无序生长的晶格失配问题,团队确定从材料生长机制切入。此后数月,团队以小组为单位攻坚:外延生长组反复调试参数,力求精准控制生长条件;材料表征组熬夜分析电镜数据,捕捉晶核生长的细微变化;器件测试组坚守在热阻测试仪旁,实时反馈性能数据。

2025 年春节,半数成员留守实验室。大年初五,团队尝试用二维材料辅助,结合氧等离子体处理衬底,终于看到突破的曙光。

每当陷入僵局,团队总会依据最新文献梳理思路,其间,打破技术壁垒的跨小组交流从未间断。“精益求精的材料控制、匠心独具的工艺创新以及追根溯源的物理分析是我们团队成功的关键。”在宁静看来,正是一次次面对失败、分析失败、超越失败的过程和经历,帮助团队不断超越自我,痛并快乐地感受科研魅力。

在相关成果发表后,多家企业主动寻求合作,团队正全力推进技术产业化。未来,团队将重点利用范德华外延技术破解跨维度、跨材料异质集成难题,与相关企业开展深入合作,助力企业提升技术,建设国家级平台。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41467-025-63666-x>

2024 年我国居民人均预期寿命比 2020 年提高 1.1 岁

据新华社电 2024 年我国居民人均预期寿命达到 79 岁,比 2020 年提高 1.1 岁,有 8 个省份人均预期寿命超过 80 岁,居民健康水平稳步提高。

这是记者 9 月 11 日在国新办举行的“高质量完成‘十四五’规划”系列主题新闻发布会上了解到的信息。

国家卫生健康委主任雷海潮介绍,“十四五”时期,我国卫生健康服务的能力水平、可及性、公平性得到持续改善和提升,特别是群众健康水平得到持续改善。

5 年来,我国建成世界上规模最大的疾病预防控制体系,居民健康素养水平由 2020 年的 23.2%提升到 2024 年的 31.9%,重大慢性病过

早死亡率得到进一步控制,结核病、乙肝和艾滋病等传染病发病率持续下降或保持在低流行水平。

此外,我国建成世界上规模最大的医疗服务体系,服务质量和效率双提升,东中西部千人口医疗资源差距正在不断缩小。截至 2024 年底,全国医疗卫生机构达 109 万所,卫生人员达 1578 万人。

“医疗卫生事业公益性进一步彰显。”雷海潮介绍,全国基本医保覆盖居民人数保持在 13 亿人以上,参保率稳定在 95%左右,群众看病就医费用负担明显减轻。中央财政支持全国 70 个公立医院改革与高质量发展示范项目,取得积极成效。(李恒 田晓航)

院士专家走进定点帮扶县专题活动正式启动

本报讯(见习记者蒲雅杰)9 月 11 日,由中国科学院学部科学普及与教育工作委员会主办、中国科学院科技创新发展中心(以下简称科创中心)与中国科学院植物研究所共同承办的“院士专家走进定点帮扶县专题活动”在贵州和内蒙古同步启动。

本次活动以“科技赋能乡村振兴,院士引领未来教育”为主题,组织 20 位院士专家深入两地三县,开展了一系列面向地方需求、注重实效的科技服务与教育帮扶行动。这不仅是中国科学院主动担当国家使命,将高端科技资源、顶尖人才优势与地方发展需求深度融合的生动实践,更是围绕“四个率先”和“两加快一努力”目标要求,推动科学普及、教育帮扶与科技成果转化,服务区域协调发展和国家现代化大局的重要举措。

在科普进校园环节,中国科学院院士徐星、匡廷云,国家动物博物馆副馆长李柳等

分别走进贵州六盘水的水城区与六枝特区以及内蒙古库伦旗多所中小学做科普讲座,激发了青少年对科学探索的浓厚兴趣。在科创中心的支持下,本次活动向贵州水城区、六枝特区以及内蒙古库伦旗的多所中小学捐赠 3000 余册科普图书。在产业帮扶与企业调研环节,中国科学院院士方精云、曹晓风、匡廷云等 10 位专家围绕“生态畜牧业理念推动我国农业变革”主题作专题报告。

此外,活动还将面向六盘水市近 200 名中小学校长和骨干教师,组织科学教育专题培训。

此次活动是中国科学院学部成立 70 周年系列科普活动之一,也是落实“科学与中国——千名院士·千场科普”行动的具体举措。该活动计划于 9 月下旬和 10 月上旬继续在江西大余县、广西环江县开展,持续为乡村振兴与科学教育注入中国科学院的智慧与力量。

单项奖金 1000 万元! 2025 世界顶尖科学家协会奖出炉

本报讯(见习记者江庆龄)9 月 10 日,2025 世界顶尖科学家协会奖(以下简称顶科协奖)获奖名单在上海公布。顶科协奖设有“智能科学或数学奖”“生命科学或医学奖”两个单项奖。单项奖金金额为 1000 万元人民币,最多可由 4 名获奖者分享,为全球奖金金额最高的科学大奖之一。

2025 顶科协奖“智能科学或数学奖”授予美国斯坦福大学人文与科学学院名誉讲席教授孙理察,表彰他在几何分析与微分几何领域做出的开创性工作,包括在共形偏微分方程、极小曲面、广义相对论、调和映射及山边问题等方面取得的奠基性成果。

2025 顶科协奖“生命科学或医学奖”授予美国康奈尔大学分子生物学与遗传学系细胞与分子生物学名誉教授斯科特·埃默尔和美国犹他大学生物化学系特聘教授兼系主任韦斯·桑德奎斯特,表彰他们在受体膜蛋白转运与降

解细胞机制研究中的突破性发现。该机制与病毒出芽、感染进程及人类免疫缺陷病毒药物干预密切相关。

发布会现场,菲尔兹奖得主、清华大学讲席教授丘成桐表示,顶科协奖对推动学科长期发展具有重要意义,在加强国际公平对话与评价的同时,能够为中国科学家提供高水平的参照与激励,继而推动中国科学的长远发展。丘成桐鼓励中国青年学者以探索本质、破解科学奥秘为根本动力,培养纯粹的学术志趣与定力,为推动科学发展和人类进步贡献力量。

顶科协奖是 2021 年在上海发起创设、由红杉中国独家提供永久资金支持的面向全球科学家评选的科学大奖。截至 2025 年,顶科协奖已评选四届,共有 12 位科学家获此荣誉。10 月 24 日,2025 顶科协奖颁奖典礼与 2025 世界顶尖科学家论坛开幕式将同时在上海举行。

秋季易发过敏性哮喘、雷暴哮喘

找准“源头”是过敏性疾病诊疗第一步

■本报记者 张思玮

“相比春季过敏,秋季花粉暴露时间更长,更容易引发过敏性哮喘。”近日,首都儿科研究所变态反应科主任沙莉在接受《中国科学报》采访时表示。

监测数据显示,北京秋季花粉浓度高峰期集中在 9 月中上旬,其中蒿属花粉为最主要过敏原,包括黄花蒿、艾蒿、大籽蒿、茵陈蒿等,这类花粉数量大、花期长,易通过呼吸道进入人体引发过敏反应。此外,灰藜、葎草、豚草等也是北方秋季常见的过敏原。

“明确过敏原是过敏性疾病诊疗的第一步。”沙莉指出,只有弄清楚“对手的底细”,才能制定针对性的个体化治疗方案。

影响全球约 25%人群

沙莉介绍,过敏性疾病又称变态反应性疾病,是人体对相关物质产生的一种异常免疫反应,可发生在全身任何部位,常见于呼吸道、皮肤及胃肠道等。

随着城市化进程加快,环境污染指数上升,变应原暴露增加,儿童过敏性疾病的发病率和患病率逐渐升高,已经成为全球关注的健康问题之一。

《儿童过敏性疾病诊断及治疗专家共识》指出,过敏性疾病包括食物过敏、特应性皮炎、过敏性鼻炎和过敏性哮喘等。随着疾病谱的转变,过敏性疾病已成为 21 世纪常见疾病之一,影响了全球约 25%的人群,不仅影响患儿的生活质量,甚至危及生命,并给社会带来沉重的经济负担。

“当儿童出现鼻塞、鼻痒、打喷嚏、流清涕等明显季节性过敏症状时,家长应带其去相关专科门诊确诊,尽早明确过敏原,并进行积极治疗。”沙莉提醒,严重的过敏性哮喘急性发作时,患儿如果不能及时接受治疗,会造成呼吸困难,甚至危及生命。

沙莉介绍,除了秋季花粉过敏,尘螨、动物皮毛、霉菌等也是近年来比较突出的过敏原。尽管有部分儿童期哮喘患者可能在青春后期后得到缓解,但对于有个人及家族过敏性疾病病史、诊断治疗不及时、肺功能不能维持在正常水平、多种过敏原同时致敏的患者来说,过敏症状更容易持续到成人期。因此,过敏原的检测对于疾病的诊断治疗和管理至关重要。过敏原皮肤和血清测试是临床常用的检测手段,阳性结果需要结合病史进一步综合判断。

规范化治疗的“四驾马车”

谈到过敏性疾病如何规范化治疗,沙莉用“四驾马车”进行归纳总结,即避免疾病病因、对症药物治疗、过敏原特异性免疫治疗、患者健康教育。

“有效规避过敏原一定要引起足够的重视。”沙莉说,在暑期门诊中,遇到一些花粉严重过敏的患儿,家长存在侥幸心理带其去草原游玩,导致了喘息的急性发作,这一点值得过敏患儿家长关注。

同时,规范化的药物治疗可以有效控制过敏性炎症,改善患儿的临床症状。比如,治疗过敏性鼻炎的鼻喷激素、治疗哮喘的吸入性激素均为一线治疗药物,患者应按疗程规范使用,定期评估并调整用药剂量。

“在治疗患儿哮喘时,有些家长不敢、不愿使用吸入激素,这可能导致孩子疾病症状反复。”沙莉表示,千万不要将激素“妖魔化”,规范化使用对于过敏性疾病治疗极为重要。

另外,特异性免疫治疗也称脱敏治疗,是临床经常使用的手段。它是将过敏原制成疫苗,给患者反复皮下注射或舌下含服,使患者对过敏原的耐受能力逐步增强的一种病因

治疗方法。

沙莉表示,脱敏治疗的疗程通常为 3~5 年,需要患者及家属有一定的耐心。

近年来,针对过敏炎症中关键分子的生物靶点治疗已成为过敏性疾病精准治疗的重要武器。比如,抗 IgE 的单克隆抗体等,对于过敏性鼻炎季节性预防应用以及中重度难治性过敏性哮喘等具有良好的疗效和较高安全性。

此外,在花粉浓度高的季节,做好防护,佩戴口罩和护目镜,使用花粉阻隔剂,户外回家后更换衣物、洗脸、海盐水清洗鼻腔,减少户外活动和通风等,也是花粉过敏患者日常防范措施。

重视雷暴哮喘

受访中,沙莉特别提到了公众应对雷暴哮喘有足够的重视。“北方秋季雷雨天气比较多,很多有过敏性疾病的患者极易在雷雨天气或雷雨过后出现支气管哮喘急性发作或症状加重,主要表现为喘息、气促、咳嗽等。”

遗憾的是,国内外研究仍未阐明雷暴哮喘发生的具体机制。大部分学者认为,发生雷暴天气时,完整花粉颗粒在地面水平大量聚集,闪电使其带有负电荷,上升气流促进其被带有正电荷的云层吸引,遇水溶胀、破碎后释放大量半径更小且具有过敏原性的碎片,强降雨、下降气流裹挟花粉颗粒的碎片集聚至地面水平,增加了空气中可吸入下气道的过敏原浓度,导致哮喘急性发作。

“因此,花粉和 / 或霉菌过敏的哮喘、过敏性鼻炎患者更易发生雷暴哮喘。”沙莉提醒,有上述疾病史的患者应避免雨天下户外活动,关闭室内窗户,雷雨天气后不要立即外出。



中国海油 9 月 10 日宣布,我国首个海上二氧化碳封存示范项目——恩平 15-1 油田封存项目累计封存二氧化碳突破 1 亿立方米,减少的碳排放量相当于植树 220 万棵,标志着我国海上二氧化碳封存技术、装备和工程能力已臻成熟。图为恩平 15-1 油田平台。图片来源:视觉中国

“夸父”国产离子回旋加热系统研制成功

本报讯(记者王敏 通讯员蔡其敏)9 月 11 日,记者从中国科学院合肥物质科学研究院等离子体物理研究所获悉,由该所牵头承担的国家“十三五”重大科技基础设施聚变堆主机关键系统综合研究设施“夸父”(CRAFT)项目关键系统——离子回旋加热系统顺利通过专家组验收,标志着我国在高功率射频加热技术领域取得了新突破。

离子温度是聚变堆“点火”的关键参数。在氦氖聚变反应中,离子温度需达到上亿摄氏度并自持燃烧,离子回旋可直接加热等离子体中的离子,有效提升反应概率,但其波源核心器件长期受国外制约。

CRAFT 项目团队面向未来聚变堆需求,围绕发射机核心器件兆瓦级电子四极管研制,大功率合成器研制、聚变堆天线设计等关键技术,历经 5 年技

术攻关,实现兆瓦级电子四极管的研发和国产化;创新设计多路大功率合成网络及低损耗传输器件,实现了 40~80 吉赫兹宽频段的 2 兆瓦功率、千秒量级的稳定输出,完成兆瓦级功率合成与传输。

该系统的成功验收,标志着项目团队成功突破上述技术壁垒,解决了离子回旋加热系统核心技术瓶颈问题,实现了全链路国产化与自主可控,具有重要工程应用价值。其相关技术还可拓展应用于运载推进、半导体、医疗健康、电子科技等领域。

研究人员介绍,该系统未来可为紧凑型聚变能实验装置(BEST)、聚变工程示范堆(CFETR)以及国际热核聚变实验堆(ITER)等装置的离子回旋加热系统关键部件的设计提供研发与测试平台,为聚变能源发展提供重要支持,助力国家“双碳”战略实施。