

# 以科研孵产业 以产业促科研

## ——北京推进石墨烯行业发展纪实

本报记者 操秀英

“北京市在支持石墨烯技术和产业发展上确实做了很多扎实的工作,我们也是受益者。”清华大学化学工程系教授魏飞说。

魏飞说,他的团队承担的石墨烯科技创新专项计划相关课题刚刚结题。“在这一项目的资助下,我们在三维介孔石墨烯材料的基础研究和产业化方向上都更进一步。”

在世界主要国家把发展石墨烯相关产业上升到国家战略高度时,我国的石墨烯

研究也如火如荼,众多科研机构和企业致力于石墨烯的相关研究和开发,很多地区都投入巨大力量和资金对石墨烯产业化进行攻关。

魏飞说,北京市高度重视以石墨烯为代表的前沿新材料的研发和产业化,将其作为建设全国科技创新中心的重要举措之一。几年来,在科学的顶层设计及完善的部署下,北京石墨烯研发及产业化取得了长足进展。

### 具备厚积薄发的先天优势

石墨烯是当今世界最受瞩目的材料之一。

它又被称为“黑金”“新材料之王”,被誉为改变21世纪的“神奇材料”。虽然只有一个碳原子那么厚,但石墨烯的强度却是钢的100倍,而且柔韧性非常高。由于其具有最薄、最大比表面积、最硬、最抗拉等诸多史上最强性质和高导电、生物兼容性、类催化剂等独特性质,在众多领域都可以得到应用,自从2004年英国曼彻斯特大学安德烈·海姆和康斯坦丁·诺沃肖洛夫成功从石墨上剥离石墨烯,并于2010年获得诺贝尔物理学奖,石墨烯用了短短数年的时间便完成了从登上历史舞台到走进公众视野的过程。近年来,涉及石墨烯的专利清单每年都在呈指数增长。石墨烯所带来的技术革命,正在一点点改变着这个世界。

我国石墨烯及相关产业在国家政策的引导下发展迅速。“十二五”期间,石墨烯等新材料产业已被作为重要的战略性新兴产业。我国陆续为石墨烯相关项目给予政策支持、资金扶助,并通过产业联盟等组织,助力石墨烯在技术路线、标准战略、专利布局、国际合作等方面加速发展。“十三五”规划中更是加大对石墨烯等新材料的政策支持与投入,各地方政府也纷纷出台配套政策与措施,推进石墨烯研发与产业化进程。

在这一背景下,北京更是当仁不让,厚积薄发。“北京集聚了全国一半以上的科技研发力量,正在加快推进全国科技创新中心建设,未来将在科技创新方面引领全国、服务全

国。对于石墨烯产业来说,北京作为研发高地,是产业的发动机、驱动器,这也是北京的特色和优势所在。”北京石墨烯研究院院长、北京大学教授、中国科学院院士刘忠范在接受媒体采访时表示。

确实,北京具有得天独厚的优势。这里汇集了诸如清华大学、北京大学、北京石墨烯研究院、中国航空发动机集团公司北京航空材料研究院、国家纳米科学中心、北京理工大学、北京航空航天大学、北京化工大学等一批进行石墨烯研究的科研院所,其院所数量及研究人员数量占全国半数以上。在这些院校中,全球高被引论文发表数量前10名的机构北京占据4席。

此外,北京拥有10家石墨烯领域重点实验室和工程技术中心,在低成本高质量石墨烯批量制备、石墨烯复合材料、透明导电薄膜及超级电容器制备等领域研发实力和技术水平国内领先,单晶石墨烯薄膜制备、石墨烯玻璃、石墨烯海水淡化膜等技术国际领先。强大的技术攻关能力为北京石墨烯发展提供了雄厚的技术储备和探索探索潜能。

更重要的是,北京聚集了包括北京大学刘忠范院士、俞大鹏院士,中科院化学所李玉良院士、刘云圻院士等10余个院士团队,以及各大高校、科研院所30余个一线优势团队共同开展石墨烯技术研发。

同时,北京在海淀、怀柔、大兴、丰台等区拥有完整的企业孵化服务体系,有利于推进成果转化,将实验室中的技术扩大应用,孵育出一批活跃的创业企业。

### 下好创新“先手棋”

2010年以来,北京市科委持续布局石墨烯材料及其应用技术研究,重点支持了高品质石墨烯薄膜材料制备、石墨烯光/电子器件开发、三维石墨烯及应用研究等方向,取得了阶段性优秀成果。

2016年9月,国务院印发《北京加强全国科技创新中心建设总体方案》(以下简称《总体方案》),明确了北京加强全国科技创新中心建设的总体思路、发展目标、重点任务和保障措施。《总体方案》指出,要重点突破石墨烯材料等一批关键核心技术,引领支撑首都“高精尖”经济发展。在这一背景下,2017年的《北京市政府工作报告》中提出,作为北京全国科技创新中心建设战略的重要组成部分,要布局石墨烯等基础前沿研究。

“按照建设全国科技创新中心建设的总体要求,结合北京丰富的科技资源,北京市科委近年来对包括材料、器件、装备、应用等石墨烯全产业链各个环节进行综合布局。”北京市科委党组成员、副主任张光连表示。

北京市启动了石墨烯科技创新专项计划。该专项拨出专门经费持续支持石墨烯技术重大原创性突破与高端应用,兼顾基础前沿与产业技术创新并行,力争在石墨烯材料制备及应用等领域取得重大突破,抢占全球石墨烯科技制高点,形成一批具有自主知识产权的核心技术。

专项启动同时,北京市科委成立了石墨烯科技创新专项专家委员会。专家委员会包括北京大学刘忠范院士、北京航空材料研究院戴圣龙院长、清华大学魏飞教授、国家纳米中心赵宇亮院士等权威专家与企业代表,为北京未来10年石墨烯的创新发展出谋划策,并促成北京石墨烯产业的产学研相结合。依托专家委员会,北京编制了石墨烯产业技术路线图,形成凝聚行业共识的产业发展路线图。

北京石墨烯研究院的成立是北京市推动石墨烯产业发展的重大举措。该院是在北京市政府支持下,由北京大学与中国建材集团、中国宝安集团等行业龙头企业联合发起成立的,专注于石墨烯产业核心技术研发、企业研发代工服务和科技成果转化新型研发机构。同时成立的北京石墨烯技术研究院有限公司则成为研究院成果转化与产业化推进载体。

北京石墨烯研究院实行理事会领导下的院长负责制。首任院长由国际著名纳米碳材料专家、北京大学刘忠范院士担任,并邀请诺

贝尔奖获得者、曼彻斯特大学康斯坦丁·诺沃肖洛夫教授担任名誉院长。

北京石墨烯研究院的定位是,引领石墨烯产业的核心技术策源地、高科技产业创新机制与创新文化示范区、全球石墨烯高端人才汇聚地、石墨烯产业资源协同聚集地及创新创业高地。成立之初,该院就对标全球最高水平,致力于打造全球领先的石墨烯产业创新中心。“北京石墨烯研究院的发展理念是,对接产业发展和国家重大需求,融通产学研,践行工匠精神,布局石墨烯产业核心关键技术,推进研发代工业产学研合作新模式,培植一批石墨烯杀手锏级应用,孵化一批石墨烯高科技企业群,培育千亿元级石墨烯产业集群,打造我国石墨烯产业核心竞争力。”张光连介绍道。

位于中关村翠湖科技园智谷中心的北京石墨烯研究院,一期建设面积1万平方米,人员规模500人,十年规划总投资20亿元人民币。该院已经形成以研究人员、博士后、工程技术人员等为基础的160多人的研发团队,并计划今年年底达到200人规模。

目前,北京石墨烯研究院已搭建形成“面向未来的核心技术研发平台+对接市场需求的企业研发代工平台”为核心的组织架构,同时已完成1万平方米大楼装修和实验室建设;成立了标号石墨烯材料研究部、超级石墨烯玻璃研究部、石墨烯粉体技术研究部、石墨烯器件技术研究部、前沿与特种技术研究部5个核心研发部门和石墨烯质量检测中心、石墨烯装备研发中心两个支撑平台;设立多个石墨烯研发代工中心,并成立了为石墨烯领域中小企业和团队提供创业服务的“BGI众创空间”。

北京石墨烯研究院已形成石墨烯超级玻璃、超洁净石墨烯薄膜、石墨烯单晶晶圆、石墨烯LED照明、碳纳米管、石墨烯柔性透明天线等近百项国际领先的科研成果,在石墨烯领域产生了重要的国际影响力,为把北京打造成为国际石墨烯创新策源地奠定了坚实基础。

“北京石墨烯研究院和北京石墨烯技术研究院这两家研发平台加在一起,是少有的实力很强的高‘配置’。从这个角度来说,北京作为石墨烯研发高地的说法当之无愧。”刘忠范认为。

未来10年,北京石墨烯研究院将围绕高性能石墨烯材料、石墨烯制备与检测装备等



①北京石墨烯研究院展厅  
②北京石墨烯研究院大楼外景  
③2018年10月25日北京石墨烯研究院合作签约仪式



石墨烯领域关键共性技术,石墨烯电子和光电器件、石墨烯光纤等前沿技术,以及超级石墨烯玻璃、石墨烯基LED照明、石墨烯铝

### 基础研究硕果累累

通过一系列的布局和规划,北京在石墨烯领域硕果累累。数据显示,2014—2018年,北京地区石墨烯领域高被引论文发表数量300余篇,超过全球总量的1/10。北京在石墨烯电子/光电器件开发、官能化石墨烯可控制备技术、三维石墨烯制备及应用技术、石墨烯复合材料制备与应用技术等研究领域技术国内领先,高品质大尺寸单晶石墨烯生长技术、石墨烯能带调控技术、石墨烯功能化改性技术等方面处于国际领先。

其中,北京石墨烯研究院彭海琳团队、北京大学刘开辉团队等在高品质石墨烯生长技术取得进展,开发出4英寸石墨烯单晶晶圆生长技术、超洁净高品质石墨烯薄膜生长技术、内外表面全覆盖石墨烯光纤生长及调控技术,是目前石墨烯生长技术世界最高水平。

近日,彭海琳、刘忠范团队在石墨烯单晶晶圆的规模化制备和装备研发取得重要进展,制备了4英寸CuNi(111)铜镍合金单晶薄膜,并以其为生长基底实现了4英寸石墨烯单晶晶圆的超快速制备,并实现了单批次25片4英寸石墨烯单晶晶圆的制备,设备年产能可达1万片,在世界范围内率先实现了

### 产业化持续推进

与此同时,北京的石墨烯产业发展也持续推进,初步形成了以产促研、军民融合的科技成果转化机制,科技成果转化已初见成效,涌现出一批创新型企业。

以彭海琳团队、北京大学刘开辉研发成果为基础,北京石墨烯研究院、清华大学等单位开发了一系列高品质石墨烯材料批量制备技术,包括年产能3万平方米高品质石墨烯薄膜连续制备技术、年产能1万片4英寸石墨烯单晶晶圆批量生长技术、年产能2万平方

米石墨烯玻璃低温批量制备技术、吨级高比表面积高纯石墨烯粉体绿色生产技术、超轻高弹石墨烯三维宏观体批量制备技术等,并根据原创技术开发出了相应的中试设备与制备工艺包。

北京科技大学团队开发出石墨烯复合吸波涂层,在满足军用吸波/电磁屏蔽性能需求的同时实现减重50%,北京工业大学开发的航天航空用石墨烯增强镁基复合材料等为石墨烯材料在国防军工领域的应用拓展了方向。

“目前来看,北京石墨烯整体研发水平处于国内领先地位,综合实力全国首屈一指,单位地区生产总值(GDP)产出的专利申请量位列全国第一,一些领域实现国际‘领跑’,强大的技术攻关能力为北京石墨烯发展提供了雄厚的技术储备和探索探索潜能。”张光连表示。

国家纳米中心智林杰课题组以气—液混相插层法制备高电导率石墨烯材料,应用于锂电池复合电极,已与内蒙古大丰石墨有限责任公司开展合作,并在丰台区成立北京大丰瑞墨电池科技有限公司进行成果推广与转化。“我们的产品现在初步完成吨级中试,计划两三年内进一步扩大规模。”智林杰说,该项目也得益于石墨烯科技创新专项计划的资助和扶持。

清华大学魏飞团队开发出具有超高比表面积的三维介孔石墨烯材料,可大幅提高储能器件中导电浆料电导率,目前已由西藏城投股份出资,在怀柔雁栖湖开发区成立北京北方国能科技有限公司,致力于该材料的规模制备,已实现5吨/年的中试级产能,已有南车集团、中国航天科工集团等意向客户。

“目前我们的产能没问题,但石墨烯的产业化不光是看技术,还要看市场需求及产业基础。”魏飞认为,总体而言,以石墨烯为代表的

新材料的产业化并不像外界认为的那么容易,“越是高端材料,应用起来越复杂。”魏飞说,目前不少地方和企业尝试探索石墨烯材料的各种应用,“看起来很热闹,但是像石墨烯面膜、鞋垫之类的应用,显然不是将来的主要方向。所以我觉得北京在这方面做得很好,虽然目前看来,产业化速度可能没有预想中那么快,但起到一个引导和示范的作用,踏踏实实从基础研究做起,告诉公众和产业界,什么样的技术和方向是主流。”

“石墨烯作为一种新材料,历史很短,相当一部分的应用还在研发之中,远谈不上成熟。所以,怎么重视研发都不为过。从如何做材料、做好材料以及如何把材料从实验室变成工程化、规模化的成品,当然也包括怎么用好石墨烯等方面方面都需要研发。”刘忠范则强调,重视研发不仅来自产业本身的需求,也源于北京在整个石墨烯产业链上的定位。



此外,以北京石墨烯研究院建设为契机,通过体制机制创新,汇聚国内外高端石墨烯研发人才,搭建石墨烯应用技术创新平台,以市场应用需求为导向,推进高品质石墨烯材料制备与应用技术研究。汇聚全市石墨烯优势科技资源,依托海淀翠湖与永丰基地开展工程放大研究,建立石墨烯种子企业孵化园,开展央企协同应用探索,在产学研合作模式构建、石墨烯应用示范等方面形成引领全国的“北京模式”,并积极协调有关国家部委,力争将北京打造为国家石墨烯产业创新中心。

同时,推进石墨烯技术与北京市科创基金、下游企业的对接,充分调动社会资本、行业资源等在科研初期介入石墨烯科技创新,建立石墨烯应用开发服务体系,进一步完善北京高精尖产业—新材料产业基地相关配套政策和服务,为承接石墨烯科技成果在北京的落地转化提供保障,并联合津冀等相关地区出台承接石墨烯京外协同创新中心的支持政策,带动全国石墨烯技术与产业协同发展,参与全球竞争。

### 打造石墨烯原始创新策源地

“未来,我们将通过推动石墨烯基础研究、前沿技术、应用技术的全面突破,将北京打造成为石墨烯原始创新策源地、高端人才聚集地、科技服务中心,引领石墨烯产业发展,支撑全国科技创新中心建设。”张光连表示。

他具体介绍说,北京将超前布局抢占国际石墨烯技术制高点。依托北京基础研究优势,推动石墨烯高水平创新取得重大突破。发挥在京优势科研机构的优势,聚焦大尺寸单晶石墨烯、高品质石墨烯薄膜等高品质石墨烯材料制备技术,开发石墨烯薄膜超洁净无损转移技术,以应用需求为牵引,突破石墨烯及相关复合材料在电子信息、新能源等领域应用的技术,开展高频电子器件、光电器件、自旋电子及量子器件等高端器件技术开发;探索石墨烯材料与其他二维材料复合机理研究及新材料开发;开展高品质石墨烯材料制备及规模化生产关键装备研发;完成一批原创性重大技术的突破,形成一批具有国际影响力的重大科技成果,打造国际石墨烯原始创新策源地,抢占国际石墨烯技术制高点。