

第三代半导体：一位北大教授的产业化之路

■本报记者 沈春蕾

手机电脑快充器件、新能源车载电源、5G基站、微发光二极管显示器、深紫外发光二极管……这些设备都离不开氮化镓外延材料。这也让该材料成为资本市场关注的“宠儿”。

相关市场调研机构的预测显示,到2026年,全球氮化镓电子与光电子材料和器件市场规模将突破423亿美元,年均复合增长率约为13.5%。这意味着氮化镓有望成为第三代半导体市场的“香饽饽”。

北京大学物理学院教授沈波团队在学校的支持下,推动北京大学宽禁带半导体研究中心的科研成果落户北京市顺义区第三代半导体产业园,并以技术入股形式成立北京中博芯半导体科技有限公司(以下简称中博芯)。而这家公司在成立伊始就受到资本市场的关注。

日前,沈波在接受《中国科学报》采访时表示:“2024年,公司的主要任务是早日实现氮化镓外延片销售额的大幅提升。”

技术获得认可

进入21世纪以来,以氮化镓、碳化硅、氧化镓、金刚石为代表的第三代半导体材料开始崭露头角。禁带宽度大、击穿电场强、导通电阻低、电子迁移率高、转换效率高、热导率高、损耗低……这些优势使得氮化镓备受关注。

1995年在日本取得博士学位后,沈波开始从事氮化镓外延材料的研究,取得了突出的学术成就。沈波告诉《中国科学报》:“我们研究的落脚点是解决氮化镓半导体投入实际应用所面临的各种关键技术问题,这是半导体物理学科的特点。”

氮化物半导体是一种宽禁带半导体,主要制备方法是外延生长在蓝宝石、硅等异质衬底材料上,而外延材料高缺陷密度是氮化物半导体技术发展的关键瓶颈。因此,沈波团队的研究主要围绕大失配异质外延展开,包括衬底的图形化技术等。

凭借氮化物半导体大失配异质外延技术,沈波团队获得2018年度国家技术发明奖二等奖。获奖理由是,发明了有效提高外延质量的图形化蓝宝石衬底新技术和外延



受访者供图

“创业的第一步是使技术落地变成产品,第二步是打开市场完成销售,第三步是扩大规模实现盈利。现在,中博芯处于第二个阶段。”

生长新方法,制备出部分质量指标国际领先的氮化物半导体外延材料,较好地解决了衬底和氮化镓失配的问题,并实现了产业化应用。

“实验室中的技术要变成企业的产品,需要经过一个复杂的中试过程。此前,我们一直跟企业合作,2020年,我们在北京大学科技成果转化管理部门的帮助下成立了中博芯。”沈波介绍,“从最初的5人到如今的40多人,中博芯不断发展壮大,技术产品获得了越来越多的认可。”

产品适销对路

这些年来,沈波团队在破解技术难题的同时,一直与产业界保持密切合作。在沈波看来,将技术成果转让给企业是成果转化,亲自参与创业也是成果转化,且后者比写一论文更复杂。

沈波发现,要打开市场,产品除了具备高性能外,适销对路也十分重要。企业内部管理、产品市场营销、跟政府打交道……对沈波来说,这些并非易事,“也得

从头开始学”。“在实验室里,有时为达到指标,做实验不计成本,但经营企业需要关注质量、订单、客户。为更好地适应市场形势变化,企业生产需要的是标准化、可重复的工艺技术。”他说。

“虽然在实验室里我们已经将技术产品打磨得很好,但批量生产更看重稳定的产品输出,而不完全是实验室里那些在高要求下实现的亮眼指标。”沈波告诉《中国科学报》,“创业的第一步是使技术落地变成产品,第二步是打开市场完成销售,第三步是扩大规模实现盈利。现在,中博芯处于第二个阶段。”

在创业的同时,沈波并没有耽误科研工作。“现在,公司有专业的运营管理团队。我除了在公司工作外,依然在北京大学教书育人并从事科学研究。”

2023年6月,沈波团队在氮化物宽禁带半导体大失配异质外延研究方面取得重要进展,创新发展了一种“可控离散和可控聚合”的外延方法。相关研究成果发表于《自然-材料》,并被评为2023年度“中国半导体十大研究进展”之一。

“由于前期打下的基础,这些新成果很顺

利、迅速地进入了产品开发和推广应用阶段。”沈波说。

资本早期介入

尽管中博芯的成立时间不长,但在成立之初就获得了资本市场的关注。

由北京大学与北京科创基金合作组建的北京大学科技成果转化基金——元培基金就是耐心陪伴中博芯成长的一只基金。该基金规模为10.02亿元,聚焦北京大学重大原始创新项目,支持原始创新从实验室走向市场。2019年,在沈波申请校内科技成果转化过程中,元培基金主动找上门。

“我们在对第三代半导体材料领域进行调研时,就已经了解到沈波带领的北京大学宽禁带半导体研究中心团队是国内氮化镓材料研发技术实力最强的团队之一。”元培基金董事总经理潘峰告诉《中国科学报》,“沈波团队在技术水平、投资规模及产品领先性等方面均占优势,这也是我们投资的主要考量。”

资本市场为何关注氮化镓外延材料?对此,潘峰表示,目前国内的氮化镓外延材料发展处于产业化应用初期,已经在5G基站、手机快充领域实现应用,未来在数据中心电源、汽车电源、新型显示领域将有广阔的应用前景。

“在氮化镓外延材料领域,国内团队的技术已处于全球领先水平,但市场需求却没有得到充分满足,整体供应偏紧张。主要原因在于外延材料生长的技术难度较高,给设备、工艺、材料等方面都带来了全新挑战。”潘峰指出,如今主流的氮化镓外延材料所用的衬底包括硅衬底和碳化硅衬底两类,硅衬底价格便宜,但产品性能不足;碳化硅衬底高温高频等性能优异,但衬底生长慢、尺寸小、良率低,导致成本过高,下游市场接受度低。

潘峰认为,未来氮化镓外延材料企业需要具备以下三方面能力:一是有完整的工艺能力,面对下游不同行业的需求,能使用硅、碳化硅、氮化镓、蓝宝石等不同衬底生长优质外延材料;二是有能力使用低成本、大尺寸衬底生长高质量氮化镓外延材料;三是有能力在一些设备领域研发出替代国外设备的产品。

“在银航天董事长徐鸣看来,太空新基建时代的重要特征是“新四化”,即低轨化、低成本化、星座规模化和商业化。他认为,未来商业航天的发展,一是要将科技与产业紧密结合,二是要实现航天工业化。”

资本热度逐渐回温

北京亦庄目前已聚集50余家航天企业,覆盖运载火箭、卫星研制、卫星应用、型号配套、地面设备、技术应用等领域,落地的民营火箭箭筒研制企业数量占全国70%以上,并取得商业航天领域多个“第一”。

在行动方案发布后,亦庄也出台一系列措施和方案,正式启动“参天计划”,发布《北京经济箭筒研制企业数量占全国70%以上,并取得商业航天领域多个“第一”》。

为了从资金方面提供护航,亦庄提出搭建企业全生命周期的金融赋能体系,用好用足国家基金、市级基金和区级基金等金融工具,不断扩大商业航天产业的基金规模,为产业成长注入力量。去年5月,亦庄设立了产业升级基金,首个项目就投资了商业航天企业。

政策支持和产业配套服务的双轮驱动,吸引了越来越多的商业航天企业。在大会现场,亦庄集中签约重点产业项目、重点投资项目、共性平台项目、战略合作项目四大类共17个项目。北京市可重复使用火箭技术创新中心(筹)也在亦庄揭牌落地。

据了解,2019—2021年是航天产业投资的高峰期。由于多家企业在2022年遭遇发射失败,商业航天融资迎来低潮。随着国家在2023年加大政策支持力度,商业航天方面的资本热度逐渐回温。

针对商业航天的高风险难题,北京市经济和信政局推出《商业航天发射保险赔偿暂行办法》,对于企业购买的商业发射保险给予50%的补贴。政策出台以来,已累计支持了41个商业化发射项目,支持金额超过1亿元。

“商业航天带来了一次工业革命,让航天的大规模、低成本、高效益成为可能;商业航天带来了一次供需变化,让航天与大众的关系更加密切;商业航天带来了一次产业演进,让原创性应用成为可能。”姜杰表示,在关注商业航天规模的同时,更要重视原创性应用,“造福人类才是真正的意义和价值所在”。

投资者说

从2023年到2024年开春,我们投资人感到,行业的不确定性增多,需要更客观、冷静地判断大趋势。

当下做投资与几年前有很大不同。以前公司的收入和利润符合上市的审核标准就可以申请上市。而现在,无论是投资人还是创业者,都需要思考一个问题——你在这个时代和对企业的认知是什么?

当前,智能制造领域每个赛道的投资都需要具备高度的专业性。以下分享的是我们在高端装备、设备零部件和新材料、工业软件赛道的投资心得和逻辑。

关注软硬件和工程能力

我们在高端装备领域主要投资了机器人。伴随大模型的发展以及迭代,我们认为机器人行业是非常符合中国未来大趋势的新质生产力。面对劳动力人口的减少,通用机器人可能是未来最重要的产业之一。

最近一年多,我们连续投资了3家通用机器人公司。我们选择这3家公司有以下几方面的考量。第一是软硬件的综合能力。任何一个机器人的软硬件都没法分离,只擅长单一技术很可能在后续竞争中处于劣势。第二是低成本、大批量制造的工程能力。工程能力是目前很多创业团队不具备的能力,不具备此能力意味着不能低成本大量复制产品。第三是构建大模型的能力。大模型相当于通用机器人的大脑,但现有的技术还存在很多不确定性,因此我们倾向于先选择开源的大模型。

同时,我们也关注机器人行业的一些重要零部件。未来的机器人不仅需要更智能、可交互,还要有更强的续航能力以及运动避障、类人行动等能力。所有核心零部件都可能发生变化,我们会在其中最要、成本占比最高的部分投入资源。

通用机器人并不能高效满足所有的场景需求,因此专用机器人有它的市场。在专用机器人领域,我们关注它的下游应用是什么样的场景、这些场景的真实需求究竟有多大、未来的资本投入有多少、增长速率有多快等,这些都是我们在选择产品类时最关心的问题。在当前的大形势下,如果下游场景的投资规模不够大,就很难获得足够的市场空间,这样的公司很难很快成长。

“我们关注的第二个赛道是设备零部件和新材料。调查数据显示,在国内市场做零部件,产品的市场空间无外乎二三十亿元。上市之后,预计也是二三十亿元的市值,很难成为一家跨国或者具有非常大体量的大型公司。我们的思考是,如果公司的潜在市场空间小,怎么解决。”

具备跨界和整合能力

首先需要创始人有跨界的能力。跨界是指具有横向产品化的能力,比如从A产品跨到B产品、从B产品跨到C产品。

其次需要创始人有跨行业的能力。比如,做消费电子的,这个产业链追求的是创新和成本低廉。那么,创业者能不能利用在消费电子行业积攒的能力跨界到其他工业领域呢?举个例子,一些品牌厂商基于消费电子镜头、传感器芯片去做工业相机,成本不到原先工业相机成本的50%,这就是跨界能力的展现。

再次需要创始人有纵向一体化的能力。创始人需要对上下游进行进一步整合,提高市场空间。

最后,我们希望我们投资的公司可以走出国门、走到海外,这也是我们在零部件赛道主要的关注内容。我们在新材料赛道上有两个主要方向。其一是高壁垒、高毛利,这是基本要求。新材料领域内,附加值越高的产品往往用规模越有限,因此我们比较看重它的化工“基本盘”。其二是除了化工“基本盘”,还要有基本平台型的技术。例如,我们希望研发的新材料不仅能用于半导体行业,还可以扩展到泛半导体行业。

不同阶段有不同标准

我们关注的第三个赛道是工业软件。我们在项目不同阶段有不同标准。

如果是早期项目,我们不仅希望公司的产品对标国外的某一个产品,还希望面对中国新基建和新质生产力的需求,公司能配合种子用户开发出真正解决产业数字化痛点的产品。

现在国家政策提倡智能化、数字化、新能源化、绿色化。数字化的提升不仅需要数据、算力,还要有能力结合工业发展特点开发出自己的工业软件。从国家推出政策并大力扶持到现在,中国工业软件发展不超过5年时间,而国外的工业软件已经随同产业迭代自然发展了七八十年,我们想用短短几年时间超越别人,是不太现实的。我们应该根据自己的产业特点和国情,做符合我们下一代生产力水平的产品。

如果是成长期项目,我们会重点围绕国家主管部门发布的急需的20多款重要软件产品品类进行筛选。我们会关注其科创属性的满足度,也会关注其市场空间的大小。更重要的是,我们要看创始人是追热点还是十年如一日地坚持做一件很难的事。我们更希望选择拥有坚定、坚韧品质的创始人,跟他们共同成长。

概括来说,我们的投资逻辑有以下维度。第一是行业维度。看清身边的趋势,看懂自己的产业,在今天,行业认知无比重要。第二是创始团队维度。我们希望公司的创始人有行业洞察力,同时匹配工程化能力突出的创始团队。第三是公司维度。最好技术迭代能力强、底层技术具备延展潜力;产品通过测试准备量产、具备较好的商业化增长预期;与下游大客户深度绑定或具备较强的渠道拓展能力。

(作者系经纬创投董事总经理,本报记者沈春蕾据其在经纬创投汇上的演讲整理)

当下智能制造行业的投资逻辑

■张超

角逐万亿级赛道,商业航天迎来“黄金时代”

■本报记者 田瑞麟

2月3日7时37分,长征二号丙运载火箭成功发射,一箭11星!

2月3日11时06分,捷龙三号遥三运载火箭成功发射,一箭9星!

在近日举办的北京商业航天产业高质量发展大会上,两枚火箭于日前圆满发射的消息让会场响起热烈的掌声。

更令人振奋的,还有会上首次解读的《北京市加快商业航天创新发展行动方案(2024—2028年)》(以下简称行动方案)。行动方案明确提出,到2028年,北京将在全国率先实现可重复使用火箭回收复用,形成低成本高可靠箭产品研制能力和大规模星座建设运营能力,引进和培育500家以上高新技术企业、100家以上专精特新企业和10家以上独角兽企业,上市企业数量超过20家,建成两个特色产业聚集区和若干特色产业园,壮大商业航天千亿级产业集群。

“当今世界,商业航天正以一种前所未有的势头迅猛发展,成为推动航天技术进步、带动航天经济增长的重要力量。中国商业航天的蓬勃发展,展示出强大的发展潜力和广阔的发展空间。”中国科学院院士、中国运载火箭技术研究院研究员姜杰说。

加速进入大航天时代

全球商业航天产业正加速进入大航天时代。欧洲咨询公司数据显示,2022年全球航天市场规模超4200亿美元,其中商业航天市场规模约占85%,到2030年,全球航天市场规模有望增长至7400亿美元。

我国的商业航天也逐渐进入“黄金时代”。艾媒咨询数据显示,2015—2021年中国商业航天产业年均复合增长率为22.3%,中国商业航天市场规模2024年将突破2.3万亿元。泰伯智库预测,未来10年,商业航天市场容量将达到12万亿元,形成全覆盖产业链。

2024年是我国商业航天发展的关键一年。2023年中央经济工作会议明确提出,打造生物制造、商业航天、低空经济等若干战略性新兴产业。工业和信息化部在部署2024年工作时也指出,要打造生物制造、商业航天、低空经济等新的增长点。在不久前闭幕的2024北京两会上,北京市政府工作报告提出“促进新能源、新材料、商业航天、低空经济等战略性新兴产业发展”。

北京是我国航天事业的发源地和商业航天的策源地。据统计,2023年中国商业航天百强企业,有超过一半的企业在北京,其中独角兽企业有6家、上市公司有16家。过去



捷龙三号遥三运载火箭在广东阳江附近海域点火升空。受访者供图

“中国长征火箭副总裁丁咏冰建议,北京市各区商业航天企业应秉持开放共享、产业协同的合作理念,摒弃无序竞争,共享共性技术实验资源,避免重复开展能力建设,营造聚焦技术研发、提高生产效率的氛围。”

打造商业航天良好生态

行动方案从八个方面提出了多项重点任务。

突破火箭技术瓶颈无疑是重要任务之一。行动方案提出,力争3年内完成百公里级亚轨道火箭回收飞行验证,5年内实现可重复使用火箭回收复用,大幅度降低发射成本。

这一任务是各商业航天企业竞争的重要

方向。去年7月,蓝箭航天研发的朱雀二号运载火箭就成为使用液氧甲烷燃料并成功入轨的第一箭,并于12月成功复飞。中科宇航董事长杨毅强也透露,目前公司正在研制的力箭二号是一款中型液体运载火箭,预计将于明年8月左右首飞,在研的太空旅游飞行器也有望在2028年实施首次载人飞行。

为了加快整个商业航天的发展,行动方案还提出,要加快卫星星座建设,提升低成本整星研制能力,加速地面运营与应用终端布局,推动大规模星座建设运营;强化创新产品示范应用,打造多维度时空数字底座,推动空天信息规模化应用;搭建共性技术平台,积极推动重大科研设施设备开放共享。此外,还要开展政策先行先试,探索商业航天政策创新;构建人才高地,加快航天科技成果转化应用;深化产业空间布局,构建形成“南箭北星、两核多园、京津冀联动”的发展格局;加强企业服务,提升对商业航天企业的服务能力。

中国长征火箭副总裁丁咏冰建议,北京市各区商业航天企业应秉持开放共享、产业协同的合作理念,摒弃无序竞争,共享共性技术实验资源,避免重复开展能力建设,营造聚