

# 第三代半导体产业发展与趋势展望

吴玲, 赵璐冰\*

第三代半导体产业技术创新战略联盟, 北京 100083

**摘要** 第三代半导体是全球半导体技术研究前沿和新的产业竞争焦点。综述了第三代半导体发展现状、中国对第三代半导体产业的科技支持政策及当前面临的风险和存在的问题。阐述了第三代半导体产业技术创新战略联盟的探索实践, 包括推动产学研用创新联合体对接国家重大项目、推动国家级公共平台和产业创新生态建设、制定团体标准并推动相关检测平台建设、通过创新创业服务促进大中小企业融通发展、精准深度国际合作等。针对当前国际形势及中国第三代半导体产业面临的机遇和挑战, 提出5点建议: 尽快启动国家2030重大项目, 通过国家第三代半导体技术创新中心形成合力, 瞄准国家重大需求, 探索新型举国体制; 夯实支撑产业链的公共研发与服务等基础平台; 加速推动产业生态环境的完善; 组织实施应用示范工程, 充分发挥需求端对产业的带动作用; 构建科技资本网链, 实现国家信用对研发链、产业链和资本链的拉动。

**关键词** 第三代半导体产业; 氮化镓; 碳化硅; 产业生态

第三代半导体材料是指氮化镓(GaN)、碳化硅(SiC)等带隙宽度明显大于硅(Si, 1.1~1.3 V)和砷化镓(GaAs, 1.4 V)的宽禁带半导体材料, 具备击穿电场高、热导率大、电子饱和漂移速率高、抗辐射能力强等优越性能, 以宽禁带半导体材料为基础制备的电子器件是支撑下一代移动通信、新能源汽车、高速列车、能源互联网、国防军工等产业自主创新和转型升级的关键核心器件, 在国家安全(打破战略平衡的战略物资)、国家经济安全(能源、交通、通信)和传统产业转型升级(低碳、智能)方面均起到核心支撑作用。

第三代半导体主要面向电力电子、微波射频和光电子三大应用方向。高耐压、抗辐照、大功率、高效率的第三代半导体电力电子器件和模块是新能源汽车、高速列车、能源互联网、消费类电子、深空装备、国防安全等领域电力控制系统实现升级换代的关键芯片。第三代半导体微波射频器件和模块是雷达与电子战、通信系统装备性能升级, 实现覆盖范围更大、带宽更宽、精度更高、时延更低的关键芯片。而新一代显示与光源技术需要光谱可调、高效小型化、数字可控的第三代半导体光源, 以支撑其颠覆性创新和应用; 氮化物半导体紫外非视光源

收稿日期: 2020-05-11; 修回日期: 2021-03-29

作者简介: 吴玲, 研究员, 研究方向为半导体材料, 电子信箱: wuling@china-led.net; 赵璐冰(通信作者), 副研究员, 研究方向为半导体材料, 电子信箱: zhaolb@china-led.net

引用格式: 吴玲, 赵璐冰. 第三代半导体产业发展与趋势展望[J]. 科技导报, 2021, 39(14): 20-29; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2021.14.002

的快速崛起,将引领公共卫生安全和国家安全(保密通信、远程预警等)技术产品的升级换代。

第三代半导体是全球半导体技术研究前沿和新的产业竞争焦点,也是国外对中国技术封锁的重点领域。当前国际第三代半导体材料、器件实现了从研发到规模性量产的成功跨越,已进入产业化快速发展阶段,在新能源汽车、高速列车、5G通信、光伏并网、消费类电子等多个重点应用领域实现了突破,未来5年将是第三代半导体产业发展的关键期,全球资本加速进入第三代半导体材料、器件领域,产能大幅度提升,企业并购频发,正处于产业爆发前的“抢跑”阶段。中国在市场和应用领域有战略优势,正在形成完善的产业链条,国际巨头还未形成专利、标准和规模的完全垄断,有机会实现核心技术突破和产业战略引领,重塑全球半导体产业格局。

## 1 发展现状

### 1.1 国际第三代半导体产业进展

以氮化镓(GaN)、碳化硅(SiC)为代表的第三代半导体材料及器件,已成为军民两大领域必不可少的战略物资,是各国竞相发展的战略制高点,正在向高能效、高功率、高耐压、高频率、耐高温、高集成度、小型化、多功能化等方向发展。以美国为代表的发达国家为了抢占第三代半导体技术和产业的战略制高点,通过设立国家级创新中心、产业联盟等形式,将企业、高校、研究机构及相关政府部门有机联合在一起,加速并抢占全球第三代半导体市场。美、日两国在硅基半导体领先优势基础上,积极布局第三代半导体,不断增强其在该领域的世界垄断地位。2018年,美国能源部(DOE)、美国高级研究计划局(DARPA)、美国国家航空航天局(NASA)和电力美国(Power America)等机构纷纷制定第三代半导体相关的研究项目,支持总资金超过4亿美元,涉及光电子、射频和电力电子等方向,以期保持美国在第三代半导体领域全球领先的地位。美国通过“下一代电力电子技术国家制造业创新中心”,以第三代半导体产业作为重振美国能源

经济的重要抓手。美国能源部推出了以建立健全SiC产业链为目标的Power America项目,建设基于成熟CMOS(complementary metal-oxide-semiconductor)代工线的SiC生产线,资助高校和企业开展产业链各个技术节点的研发和人才培养,极大推动了SiC产业化进程。2019年,美国科锐公司宣布将投资10亿美元,在美国本土扩大SiC产能,到2022年增加30倍,建造一座采用最先进技术并满足车规级标准的8英寸功率和射频(RF)晶圆制造工厂。此外,欧盟先后启动了“硅基高效毫米波欧洲系统集成平台(SERENA)”项目和“5G GaN2”项目,以抢占5G发展先机。

### 1.2 中国各级政策出台,科技支撑产业发展

“十三五”期间,科技部启动国家重点研发计划“战略性先进电子材料”重点专项,并将“第三代半导体与半导体照明”作为其核心方向之一进行部署,对第三代半导体材料、器件研发和应用给予了全面支持(表1)。

2020年科技部启动“十四五”国家重点研发计划编制工作,第三代半导体列入“新型显示与战略性电子材料”重点专项进行重点支持,并已于2021年1月公示首批指南征求意见(表2)。

近年来,从中央到地方均对第三代半导体给予高度重视,纷纷出台相关扶持政策。中共中央、国务院于2019年12月印发的《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》<sup>[1]</sup>明确要求长三角区域加快培育布局第三代半导体产业,推动制造业高质量发展(表3)。2020年8月,国务院发布《新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展若干政策》<sup>[2]</sup>,在财税、投融资、研究开发、进出口、人才、知识产权、市场应用、国际合作等8方面出台鼓励引导性政策。2021年3月,十三届全国人大四次会议通过了《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》<sup>[3]</sup>,在“坚持创新驱动发展 全面塑造发展新形势”的科技前沿领域攻关中明确提出发展碳化硅、氮化镓等宽禁带半导体。

### 1.3 技术成果显著,市场应用开启

“十三五”期间,国家采取政策支持和一系列重大项目的实施,实现了中国在第三代半导体材料领

表1 “十三五”国家重点研发计划第三代半导体材料布局重点方向

序号	任务	类型	立项年度
1	大失配、强极化第三代半导体材料体系外延生长动力学和载流子调控规律	基础前沿	2016
2	第三代半导体新结构材料和新功能器件研究	基础前沿	2018
3	新形态多功能智慧照明与可见光通信关键技术及系统集成	关键技术	2017
4	第三代半导体固态紫外光源与紫外探测材料与器件关键技术	关键技术	2016
5	用于第三代半导体的衬底及同质外延、核心配套材料与关键装备	关键技术	2017
6	面向新一代通用电源的 GaN 电力电子关键技术	关键技术	2017
7	面向下一代移动通信的 GaN 射频器件关键技术及系统应用	关键技术	2016
8	超高效率半导体光源核心材料、器件及全技术链绿色制造技术	关键技术	2017
9	高品质、全光谱半导体照明材料、器件、灯具产业化制造技术	关键技术	2016
10	半导体照明与生物作用机理及面向健康医疗和农业的系统集成技术与应用示范	全创新链	2017
11	SiC 电力电子材料、器件与模块及在电力传动和电力系统示范应用	全创新链	2016

表2 “十四五”“新型显示与战略性电子材料”重点专项 2021 年首批第三代半导体方向征求意见指南

序号	项目名称
1	面向新能源汽车应用的 SiC 功率电子材料与器件(共性关键技术)
2	面向大数据中心应用的 GaN 基高效功率电子材料与器件(共性关键技术)
3	5G 移动通讯基站用 GaN 基 Sub-6 GHz 及毫米波材料与器件研发(共性关键技术)
4	InGaN 基长波段 LED 关键材料与器件技术(共性关键技术)
5	新结构、新功能微小尺寸 LED 材料与器件及其在通信/传感领域的应用(共性关键技术)
6	镓系宽禁带半导体新型异质结构高灵敏信息感知材料和器件(基础研究)
7	大尺寸 SiC 单晶衬底制备产业化技术(共性关键技术)
8	Micro-LED 显示外延与芯片关键技术(共性关键技术)
9	高亮度高对比度全彩 Micro-LED 显示关键技术(共性关键技术)
10	中高压 SiC 超级结电荷平衡理论研究及器件研制(青年项目)
11	GaN 基宽禁带半导体与 Si 半导体的单片异质集成方法与技术(青年项目)
12	GaN 单晶新生长技术研究(青年项目)

表3 近年发布的第三代半导体产业相关政策

序号	政策名称	发布部门	发布时间
1	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》	中共中央	2021 年 3 月
2	新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展若干政策	国务院	2020 年 7 月
3	关于扩大战略性新兴产业投资 培育壮大新增长点增长极的指导意见 <sup>[4]</sup>	国家发展改革委、科技部、工业和信息化部、财政部	2020 年 9 月
4	《关于促进集成电路产业和软件产业高质量发展企业所得税政策的公告》 <sup>[5]</sup>	财政部、国家税务总局、国家发展改革委、工信部	2020 年 12 月
5	《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》	中共中央、国务院	2019 年 12 月
6	《广东省加快半导体及集成电路产业发展若干意见》 <sup>[6]</sup>	广东省政府	2020 年 2 月
7	广东省培育前沿新材料战略性新兴产业集群行动计划(2021—2025 年) <sup>[7]</sup>	广东省政府	2020 年 9 月

域部分关键技术的突破,取得了一系列核心知识产权,为中国第三代半导体产业的发展奠定了基础。第三代半导体应用市场已经开启,产品渗透速度加快,应用领域不断扩张,汽车电子、5G通信、快充电源及军事应用等几大动力带领市场快速增长。整合并购频发,资金加速进入,涉及金额超过100亿美元。

中国电力电子和微波射频产业尚处于起步阶段,初步形成从晶体生长到器件研发制造的产业链。SiC衬底方面,国内仍然是以4英寸(1英寸=25.4 mm)为主,目前已经开发出6英寸导电型SiC衬底和高纯半绝缘SiC衬底,北京天科合达半导体股份有限公司、山东天岳先进科技股份有限公司、河北同光晶体有限公司、山西烁科晶体有限公司等公司已实现小批量供货。SiC外延片方面,国内的瀚天天成电子科技、厦门东莞天域半导体材料有限公司等已批量生产6英寸SiC外延片,涵盖600~1700 V SiC电力电子器件用材料。GaN衬底方面,国内的苏州纳维、东莞中镓已开始批量生产2英寸衬底,具备4英寸衬底生产能力,并开发出6英寸样品。GaN外延方面,国内已经能在8英寸Si衬底上生长垂直耐压超过1000 V的用于功率开关器件的GaN外延片,SiC和蓝宝石衬底的GaN外延片的尺寸可达6英寸。中国南车株洲电力机车有限公司、中国电子科技集团有限公司、全球能源互联网研究院、三安光电股份有限公司、上海积塔半导体有限公司、泰科天润半导体科技(北京)有限公司等企业建设了6英寸SiC电力电子器件工艺线,基本完成调试流片。以此为契机,将极大推动中国SiC从材料、工艺、封装到系统应用技术的创新和发展,并孵化出基本半导体、瞻芯电子等一批器件设计团队。到目前为止,国内多家企业和机构已实现600~3300 V的SiC肖特基二极管量产,处于用户验证阶段;开发出1200~3300 V的SiC MOSFET原型器件,产品目前主要在国外少量代工,未形成批量供货能力。进口的SiC功率器件已经批量应用于功率因数校正器(power factor corrector, PFC)电源、不间断电源(uninterruptible power supply, UPS)、光伏逆变器、充电桩和车载充电机(华为和比亚迪已采用)。

GaN电力电子器件方面,英诺赛科(珠海)科技有限公司等国内企业已经推出耐压650 V的Si基GaN功率器件产品。GaN射频器件方面,以高频高效大功率的特点广泛应用于雷达、电子战等军工领域,中国电子科技集团已形成系列化GaN微波功率器件和单片微波集成电路(MMIC)产品,采用国产GaN射频器件的军用雷达装备水平达到国际领先,同时已被采用进行5G通信基站的研发,开始实现国产替代。苏州能讯高能半导体有限公司、三安集成电路有限公司也已建成GaN射频器件工艺线,正在推出产品。在紫外发光和探测方面,275 nm的深紫外LED在100 mA下的发光功率已达40 mW,杀菌率达99%,国内已初步形成深紫外LED装备、材料、器件和应用较完整的产业链;基于SiC和GaN的紫外探测器已实现产业化,紫外焦平面成像技术已应用到星载海洋环境监测,紫外雪崩光电二极管(APD)研究水平与国际同步,紫外单光子探测效率已突破10%。金刚石/氧化镓等超宽禁带半导体材料和器件研究已取得一系列在国际上有影响的基础研究成果。

中国已成为全球最大的半导体照明生产、消费和出口国,LED全产业链自主可控,正在向智慧、健康、下一代显示发展并与微电子深度融合,新兴应用市场加快启动。2020年受新冠肺炎疫情影响,国内外宏观经济下调。在此背景下,LED行业需求端虽然从二季度开始逐步回暖,但全年来看,产业整体规模呈现负增长态势,但随着二、三季度中国全面复工复产和经济回暖,半导体照明行业降幅逐渐收窄。2020年中国大陆整体产值预计7013亿元,较2019年下降7.1%。其中上游外延芯片规模约221亿元,中游封装规模825亿元,下游应用规模5967亿元。中国作为全球半导体照明最大生产、消费、出口国的地位日益稳固,树立了产业链、供应链优势。“十四五”期间半导体照明行业全面转向应用驱动技术创新。在芯片和封装环节,技术演进的主要方向主要体现在以下2个方面:(1)光效提升的焦点向长波长和短波长方向演进。紫外LED,特别是UVB/UVC LED位错密度降低和光提取率提高是研究重点;红光芯片特别是小尺寸的显示用芯

片、红外 LED 芯片光效提升成为技术创新重点。(2) 通用照明芯片、白光器件技术创新的焦点不再是单纯追求更高光效,更重要的是通过实现全光谱以及光谱的可调可控等方式以达到高品质健康照明的需求。在市场方面,通用照明成为市场压舱石,非功能性照明和创新应用不负众望,成为重要市场驱动力。在通用照明领域,高光品质、智能照明产品将在消费升级市场加速渗透;工业、商业照明以及体育场馆、舞台照明等专业照明领域的门槛较高,未来市场和利润空间仍然较大;室内外智能照明市场将保持高速增长,特别是 5G 网络加速建设将推动 LED 多功能灯杆在智慧城市中发挥重要的载体作用。在非功能性照明和创新应用领域,Mini-LED 背光和显示市场大幕已开,将持续高速增长,TCL 科技集团股份有限公司、京东方科技集团股份有限公司、利亚德光电集团、三安光电股份有限公司等行业龙头企业均重点布局,陆续推出产品;在车用 LED 方面,大陆和台湾地区厂商在前期技术积累和供应链突破的基础上,有望从本土品牌整车供应链切入,逐渐在前装市场站稳脚步;后疫情时代,LED 在农业光照、紫外应用、红外应用、医疗应用等创新应用市场将是成长性最高的领域。

近 2 年国内第三代半导体产业投资热度居高不下,大量资金进入带动新增和扩产项目数量、金额快速增长,行业外企业也积极通过并购进入第三代半导体领域。华为旗下哈勃投资自 2019 年 4 月成立以来已经对外投资了 29 家半导体相关企业,其中包括瀚天天成电子科技(厦门)有限公司、北京天科合达半导体股份有限公司、山东天岳先进科技股份有限公司等第三代半导体产业链龙头企业,计划强势进入功率半导体及射频领域。TCL 科技集团股份有限公司、康佳集团股份有限公司、OPPO 广东移动通信有限公司、小米科技有限责任公司等企业都宣布要布局发展功率器件和第三代半导体领域。2020 年 6 月,闻泰科技股份有限公司(以下简称闻泰科技)完成收购安世半导体(中国)有限公司(以下简称安世半导体),成为国内最大的半导体上市公司,将重点发展第三代半导体器件业务,其中珠海格力电器股份有限公司出资 30 亿元参与闻

泰科技收购安世半导体,进军上游芯片产业。据第三代半导体产业技术创新战略联盟(以下简称“联盟”)不完全统计,2020 年有 17 家半导体企业陆续登陆科创板,其中有 5 家企业计划布局第三代半导体,分别为无锡芯朋微电子股份有限公司、株洲中车时代电气股份有限公司、北京芯愿景软件技术股份有限公司、常州银河世纪微电子股份有限公司和无锡新洁能股份有限公司。

## 2 风险及问题

### 2.1 潜在风险

半导体产业是当前美国对华技术封锁的重点领域,已经成为中国“短板”中的重灾区,目前汽车、高铁、电网等应用领域的功率半导体基本依靠进口,高端器件禁运、采购成本高、供货周期不稳定等问题突出。特别是核心材料和关键装备主要依靠美国、日本进口,在当前国际形势下,对中国产业链安全构成重大风险。华为通信基础设施中核心射频功放器件高度依赖美国供应商,受美国制裁后转向日本供应商和培育国内供应商,但美国又从核心装备角度提出禁令,限制中国战略性新兴产业的应用引领。2018 年,美国明确把碳化硅、氮化镓等材料列入 301 管制技术清单,美国商务部将第三代半导体材料和芯片企业列入制裁名单。2020 年 2 月,美国及日本等 42 个加入《瓦森纳协定》的国家,决定扩大出口管制范围,新追加了可转为军用的半导体基板制造技术等,防止技术外流到中国等地。美国对华为、中兴的一系列禁令、台积电被迫到美国建厂,核心都是对半导体材料、芯片技术和产业的垄断。

过去中国信息、能源、交通等产业发展一直受益于良好的国际环境,可以从国外采购核心技术、材料和器件,促进了中国在系统和应用层面的快速增长。但另一方面,中国在半导体材料和器件层面的产出得不到市场的支持和检验,这方面的研究积累和工程化经验与国际有较大差距,持续创新能力差。在国家科技计划的支持下,中国已经建立了一定规模的科研团队,但偏重于文章和专利的产出,

同质化强,颠覆性创新、核心创新能力不足,科技对产业的供给能力不够。大量中小企业技术与资本沉淀不足,技术研究投入有限,在与实力雄厚的国际大企业竞争中劣势明显。中国产业发展初期主要是通过低成本来替代中低端需求,随着进入更高层次的自主发展模式,面临美国的制裁打压,中国半导体产业生态必须转向科技创新引领模式,亟需优化整合技术、人才、平台、资本等要素配置,实现技术创新体系的建立和产业创新生态的完善。要充分发挥中国超大规模市场优势,创造有利于新技术快速大规模应用和迭代升级的环境,加速实现第三代半导体在信息、能源、交通、先进制造等领域的自主可控。

## 2.2 主要问题

半导体产业研发投入周期长,技术更新快,全球充分竞争,先行者有成本和供应链优势,持续盈利支撑技术不断进步,产业后进入者追赶难度大。一方面,以美国为主导的逆全球化浪潮加剧、贸易战频发,全球产业链供应链因非经济因素而面临冲击,中国亟需摆脱依赖;另一方面,5G、人工智能、新能源等发展提速,对半导体需求猛增,产业的关注度日益增高,国产化替代成为发展趋势,也出现了各地方半导体项目一哄而上、部分低水平重复的现象,第三代半导体相关项目估值过高,造成了非理性的市场表现和资源浪费。中国在第三代半导体技术创新和产业化方面主要存在以下4个问题。

1) 原始创新和面向应用的基础研究能力较弱。相较于发达国家从国家战略层面长期稳定的支持,中国研发投入的力度不够,不集中、不持续,尚未形成持续创新的能力和人才供给体系。

2) 创新链条没有打通,低水平同质竞争严重。整体产业化水平较弱,特别是在基础材料和关键装备方面严重受制于人,应用端与核心材料、器件分离,缺乏有能力落实全链条部署、一体化实施的牵头主体。

3) 缺乏开放的、公益性的、链条完整的、装备条件先进的第三代半导体研发中试线。第三代半导体研发和产业化需要昂贵的生长和工艺设备、高等级的洁净环境和先进的测试分析平台,投入较

大,运行成本高,国内研究机构、企业单体规模小,资金投入有限,导致研发创新速度慢,工程化技术成为突出的短板。

4) 国产材料和器件进入应用供应链难。半导体在应用系统中成本占比低,但性能和可靠性要求高,国产材料和器件进入应用供应链难度大、周期长,没有机会通过应用验证进行迭代研发,产业化能力提升慢。

## 3 第三代半导体产业技术创新战略联盟的探索实践

为围绕产业链构建创新链,推动中国第三代半导体产学研协同创新体系和产业生态的完善,在科技部支持下,2015年由第三代半导体相关科研机构、院校、行业优势企业共同发起成立第三代半导体产业技术创新战略联盟。联盟自成立以来始终在推进产学研协同、产业链上下游协同、大中小企业协同、行业与区域协同、中央与地方协同,实现统筹规划、顶层设计、整合资源、形成合力。

### 3.1 从产业需求出发,推动产学研用创新联合体对接国家重大项目

联盟广泛组织学术界和产业界专家,结合国外技术最新动态、市场需求变化、科技政策等,编制《第三代半导体电力电子技术路线图》《Micro-LED技术路线图》《GaN射频技术路线图》等,明确目标和实施路径,支撑科技计划部署与产业需求紧密衔接。2016年起,联盟牵头组织了国家科技创新2030“重点新材料研发及应用”重大项目中第三代半导体版块实施方案的编制工作,同时组织编制了“十三五”国家重点研发计划“战略性先进电子材料”专项及“十四五”国家重点研发计划“新型显示与战略性电子材料”专项的实施方案及指南,推动重点专项的实施,打通链条、跨界融合。特别是针对SiC材料及其应用的全产业链技术攻关,联盟围绕产业链上中下游组织了国内25家核心企业和科研机构,共同承担了国家重点计划项目“中低压SiC材料、器件及其在电动汽车充电设备中的应用示范”,通过全链条技术迭代、应用示范拉动,推动国

产核心材料和器件的产业化进程。

2020年是“十三五”科技创新规划的收官之年,也是面向“十四五”部署科技重点任务的关键之年,为支撑科技部编制《2021—2035年材料领域国家中长期科技发展规划》《“十四五”新材料领域发展规划》,着眼长远、把握大势,联盟通过问卷调查、线上线下调研、项目建议征集、专家研讨等方式,结合国内外技术最新动态、市场需求变化、科技政策等,形成第三代半导体领域“十四五”及面向2035年的中长期发展规划建议,并已被采纳。

### 3.2 推动国家级公共平台和产业创新生态建设,支撑区域特色产业发展

为构建以企业为主体、市场为导向、产学研用深度融合的技术创新体系,全面提升中国第三代半导体领域的自主创新能力,支撑第三代半导体产业集群式发展,围绕粤港澳大湾区、长三角区域一体化、京津冀协同发展等国家重大区域发展战略部署,在联盟的协调推动下,由深圳市政府作为牵头地方联合江苏省政府,以及中国电子科技集团有限公司等龙头企业共同建设的国家第三代半导体技术创新中心已经获得了批复。国家第三代半导体技术创新中心将贯彻落实党中央关于强化战略科技力量建设和“补短板、建优势、强能力”重大决策部署,健全以企业为主体、产学研深度融合的技术创新体系,完善促进科技成果转化与产业化的体制机制,为区域和产业发展提供源头技术供给,为科技型中小企业孵化、培育和发展提供创新服务,为支撑产业向中高端迈进、实现高质量发展发挥战略引领作用。

### 3.3 围绕产业亟需,制定团体标准并推动相关检测平台建设

为发挥联盟优势,促进创新成果转化为现实生产力,引领产业发展,推进第三代半导体的技术进步和产业化,提高中国第三代半导体产业的整体竞争力,联盟以标准化委员会为平台,围绕科技创新、标准研制与产业发展协同机制,探索以科研研发提升技术标准水平、以技术标准促进科技成果转化应用新模式。

联盟标准化委员会相继发布了《第三代半导体

电力电子产业标准体系报告》《第三代半导体电力电子产业测试条件和能力报告》,面向产业发布了《宽禁带半导体术语》《4H碳化硅衬底及外延层缺陷术语》《4H-SiC衬底及外延层缺陷图谱》等基础术语,在促进产业技术发展方面发布了《SiC肖特基势垒二极管通用技术规范》《p-IGBT器件用4H-SiC外延晶片》《电动汽车用碳化硅(SiC)场效应晶体管(MOSFET)模块评测规范》《碳化硅金属氧化物半导体场效应晶体管通用技术规范》《GaN材料中痕量杂质浓度及分布的二次离子质谱检测方法》等10余项团体标准。正在制定中的标准涵盖基础术语、测试方法等方面,包括“车规级半导体功率器件测试方法”“电动汽车用碳化硅(SiC)电机控制器评测规范”“纳米铜制备技术”“GaN HEMT电力电子器件通用技术规范”等。

为推进共性技术研发平台、标准、检测验证、应用示范体系建设,联盟与国家新能源汽车技术创新中心在新能源汽车应用的相关标准、检测技术方面开展了实质性的落地合作。牵头组织了第三代半导体电力电子器件测试评价平台建设,调研了全国电力电子测试机构能力,构建第三代半导体电力电子标准体系,组织制定器件标准,联合中国科学院半导体研究所、中国科学院微电子研究所、中国科学院电工研究所、中国电子集团科技集团第十三研究所、北京工业大学,编写SiC SBD、SiC MOS、GaN HEMT测试分析报告, SiC测试比对报告,构建面向产业的测试服务平台。

### 3.4 通过创新创业服务促进大中小企业融通发展

在科技部及火炬中心指导下,联盟自2017年起承接中国创新创业大赛国际第三代半导体专业赛组织工作,以创新创业有效服务地方实体经济,促进产学研深度融合和大中小企业融通发展。以创新创业大赛活动集聚筛选国内外优质资源和项目,通过基金投资、大企业订单释放吸引项目落地,围绕地方产业基础和战略布局,深度对接第三代半导体垂直领域资源,赋能创新创业者,构建全生命周期孵化链条及投资服务体系。截至目前,大赛累计吸引海内外近2000个创新创业项目报名参赛。中国电子科技集团有限公司、国家电网有限公司、

北汽集团有限公司、中兴通讯股份有限公司等 50 余家龙头企业发布需求命题,实现项目精准对接,已帮助北京、深圳、南昌、张家港、海宁等地方落地创新项目 50 余项。

### 3.5 精准对接国际资源,搭建产学研信息交流、人才培养平台

2017年4月,北京市科委正式批复以第三代半导体产业技术创新战略联盟为牵头单位,正式组建亚欧第三代半导体科技创新合作中心。中心从信息和资源共享、研发创新协作、人才交流与培育、成果转移转化、市场及应用示范五大领域开展工作。中心通过举办亚欧科技创新合作对接促进会,搭建亚欧科技创新合作线上和线下对接平台,建立政府间合作渠道和市场化专业机构协作网络等方式,推动亚欧城市和园区之间的合作,成为实现第三代半导体领域科技创新成果市场化转移和应用的重要平台。联盟积极参与国家“一带一路”总体工作部署,共建中国-马来西亚联合实验室并深入开展双边科技和产业对接。通过组织多次国际合作论坛,带领 50 多家国内有实力的企业走出去,与中国机械工业集团、中国保利集团、中国建筑集团、中国北方国际经济技术开发集团等央企共建中马科技园,签署了合作备忘录。

在人才培养与集聚方面,联盟结合行业人力资源发展需求,主动参与国家产教融合试点工作,与清华大学、北京大学、浙江大学等高校继续教育学院,中铁集团、中国邮政、华为、富士康等企业大学共同发起成立了中国教育发展战略学会产教融合专业委员会。以第三代半导体为行业试点,通过资源要素集聚融合、优势互补,打造支撑产业高质量发展的产教融合人才培养体系。

## 4 发展建议

当前,第三代半导体产业处于发展的关键时期,新型冠状病毒肺炎疫情等加大了全球经济的不确定性,也影响到相关产业的发展。但也要看到,国家和社会资本对中国半导体产业投入的加大,加速了中国半导体产业的发展,并迎来难得的发展机

遇。2020年以来,以“新基建”为首的市场刺激计划,在直接推动 5G 基站、新能源汽车充电桩、大数据中心、人工智能、工业互联网、特高压、城际以及城轨交通等七大产业发展的同时,也为第三代半导体电力电子、微波射频和光电子等应用产业带来难得的发展机遇。2021年是“十四五”的开局之年,中国第三代半导体产业既面临历史性的机遇,也要应对前所未有的复杂形势,需要业内同仁齐心协力,加强产业布局,完善产业生态。

### 4.1 瞄准国家重大需求,探索新型举国体制

尽快启动国家 2030 重大项目,通过国家第三代半导体技术创新中心形成合力。通过建设国家第三代半导体技术创新中心,联合国内主要政、产、学、研、用、金等资源,从国家战略、产业安全出发进行顶层设计、统筹协调,建立风险共担、收益共享、多元主体的协同创新共同体。通过政府力量和市场力量协同发力,凝聚和集成国家战略科技力量、社会资源共同攻克重大科技难题。明确项目牵头责任主体,建立上中下游互融共生、分工合作、利益共享的一体化机制,形成利益共同体和命运共同体。创新项目组织管理模式,牵头责任主体——专业性极高的组织者/牵头者,熟悉研发、生产、政府、服务等各环节。采用差异化的投入和考核机制,保证整体目标的实现。探索服务军民融合的模式和机制,推进相关材料和器件成果的转移转化。集中力量补齐产业链关键环节短板,突破核心材料和装备制约,制定设计牵头的集成化方案,建立“技术供给与市场拉动一体化”的实施机制,推动应用。带动地方政府,调动社会资本,引导产业集群化发展。

### 4.2 夯实支撑产业链的公共研发与服务等基础平台

完善平台建设布局,建设战略定位高端、组织运行开放、创新资源集聚的专业化国家技术创新中心,支持体制机制创新的、开放国际化的、可持续发展的公共研发和服务平台,突破产业化共性关键技术,解决创新资源薄弱、创新成果转化难等问题。搭建国家级测试验证和生产应用示范平台,降低企业创新应用门槛。完善材料测试评价方法和标准,加强以应用为目标的基础材料、设计、工艺、装备、

封测、标准等国家体系化能力建设。

#### 4.3 加速推动产业生态环境的完善

构建起由战略性领军人才、创新创业人才,特别是成熟的工程技术人才和青年人才等各类创新人才队伍的人才体系,大胆尝试“双跨”等人才引进机制。采取“错位竞争、补齐短板、需求引领”的知识产权战略,鼓励专利运营,建立有竞争力的专利池,争取国际上核心知识产权的地位。加强技术标准研制与应用对接,构建有序开放的技术标准与检测认证服务体系,推动国产材料和器件示范应用。主动参与国际标准制订,提高国际标准话语权。加强资本体系支撑和保障能力,探索平台+孵化器+基金+基地以及大中小企业融通发展的合作新模式。支持精准深入的国际合作;鼓励企业和研究机构走出去,在国外有优势的地区建立孵化中心和技术创新中心。

#### 4.4 组织实施应用示范工程,充分发挥需求端对产业的带动作用

第三代半导体是“新基建”七大领域的“核芯”支撑,满足绿色发展、智能制造等国家重大战略需求。通过应用端的拉动,打通链条,加速国产第三代半导体材料和器件技术和产品升级迭代,降低应用成本,推进产业化技术验证和跨界系统技术集成,进入主流应用领域产业链,促进产业链熟化和创新应用模式的形成。同时发挥财政资金的引导作用,综合运用财政补贴、国债、资本市场等手段,依靠市场机制推动产业规模化发展,带动金融和社会资本对第三代半导体产业的投资,形成新的经济增长点。

#### 4.5 构建科技资本网链,实现国家信用对研发链、产业链和资本链的拉动

对产业链优质企业和研发平台进行筛选,通过承接重大项目、共建创新中心、基金投资等,注入国家信用,在财政、税收、金融、人才、法律、知识产权各方面均给予政策支持,使得材料、装备、设计、芯片制造、封装和测试等各环节成为市场高信用热点,吸引技术、人才、资金汇聚。在链网结构下,科技引导资本配置,资本服务科技发展。带动下游市场链资金以投资方式反哺上游研发链。原材料、衬

底、外延、芯片制造等环节处于第三代半导体上游,研发阶段需要长期大额资本投入,并且短期内难以实现收益。下游应用端市场巨大,资金量丰富且融资手段多元化,下游企业以投资的方式反哺上游,可增加下游企业的收益和动力,实现良性循环。

## 5 结论

第三代半导体是5G/6G移动通信、新能源汽车、高速列车、智能电网等产业创新发展的核心材料与器件,是全球技术前沿和产业竞争焦点,国际高端材料禁运等问题对产业安全构成极大风险。“十四五”是中国第三代半导体产业发展的关键窗口期,能否建立长期战略优势至关重要,要着眼长远,把握大势。联盟将充分发挥桥梁作用,为政产学研合作搭建平台,打通产业链上下游、促进协同创新。围绕粤港澳大湾区、长三角区域一体化、京津冀协同发展等国家重大发展战略部署,瞄准国家重大需求,推动探索新型举国体制,建立上中下游互融共生、分工合作、利益共享的一体化、市场化机制,聚焦核心技术和卡脖子问题,实现信息、能源、交通、智能制造等领域第三代半导体材料及器件自主可控,并形成未来优势长板,为赶超世界科技前沿、保障国家经济安全、满足国家重大需求和人民生命健康提供科技支撑。

## 参考文献(References)

- [1] 中共中央 国务院印发《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》[EB/OL]. (2019-12-01)[2020-02-04]. [http://www.gov.cn/zhengce/2019-12/01/content\\_5457442.htm](http://www.gov.cn/zhengce/2019-12/01/content_5457442.htm).
- [2] 国务院关于印发新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展若干政策的通知(国发〔2020〕8号)[EB/OL]. (2020-08-04) [2021-01-06]. [http://www.gov.cn/zhengce/content/2020-08/04/content\\_5532370.htm](http://www.gov.cn/zhengce/content/2020-08/04/content_5532370.htm).
- [3] 中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要[EB/OL]. (2021-03-13)[2021-03-25]. [http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content\\_5592681.htm](http://www.gov.cn/xinwen/2021-03/13/content_5592681.htm).
- [4] 关于扩大战略性新兴产业投资 培育壮大新增长点增长极的指导意见(发改高技〔2020〕1409号)[EB/OL]. (2020-

- 09-08)[2021-03-20]. [https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202009/t20200925\\_1239582\\_ext.html](https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202009/t20200925_1239582_ext.html).
- [5] 关于促进集成电路产业和软件产业高质量发展企业所得税政策的公告(财政部 税务总局 发展改革委 工业和信息化部公告 2020 年第 45 号)[EB/OL]. (2020-12-11) [2021-03-05]. [http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-12/17/content\\_5570401.htm](http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-12/17/content_5570401.htm).
- [6] 广东省人民政府办公厅关于印发广东省加快半导体及集成电路产业发展若干意见的通知(粤府办〔2020〕2号)[EB/OL]. (2021-02-03)[2021-03-20]. [http://www.gd.gov.cn/zwgk/wjk/qbwj/yfb/content/post\\_2894098.html](http://www.gd.gov.cn/zwgk/wjk/qbwj/yfb/content/post_2894098.html).
- [7] 广东省科学技术厅 广东省发展和改革委员会 广东省工业和信息化厅 广东省商务厅 广东省市场监督管理局关于印发广东省培育前沿新材料战略性新兴产业集群行动计划(2021—2025 年)的通知[EB/OL]. (2020-10-09) [2021-03-08]. [http://www.gd.gov.cn/zwgk/jhgh/content/post\\_3097974.html](http://www.gd.gov.cn/zwgk/jhgh/content/post_3097974.html).

## Development and trend of the third generation semiconductor industry

WU Ling, ZHAO Lubing\*

China Advanced Semiconductor Industry Innovation Alliance, Beijing 100083, China

**Abstract** The third generation semiconductor is in the frontier of the global semiconductor technology research and is the focus of the new industry competition. This paper reviews the development of the third generation semiconductor, China's scientific and technological support policies for the third generation semiconductor industry, and the current risks and existing problems. The exploration and the practice of the third-generation strategic alliance for the technological innovation in the semiconductor industry are discussed, including promoting the integration of the industry-university-research innovation consortium with major national projects, promoting the construction of the national public platform and industrial innovation ecology, formulating the group standards and promoting the construction of the related testing platforms, promoting the integration and the development of large, medium and small enterprises through innovative and entrepreneurial services, and the international cooperation. In view of the current international situation and the opportunities and challenges faced by China's third-generation semiconductor industry, this paper puts forward five suggestions: Starting the national 2030 major project as soon as possible, aiming at the major needs of the country and exploring a new national system; consolidating the basic platforms such as the public R&D and services that support the industrial chain; accelerating the improvement of the industrial ecological environment; implementing the application demonstration projects and bringing into full play the leading role of the demand side in the industry; constructing the network chain of the science and technology capital, and realizing the pulling function of the national credit on the R&D chain, the industrial chain and the capital chain.

**Keywords** third generation semiconductor industry; GaN; SiC; industrial ecology ●



(责任编辑 王志敏)