

2022年

中国新能源汽车产业系列研究报告

SiC MOSFET 行业动态跟踪

概览标签：功率半导体、SiC、第三代半导体、国产替代

报告作者：霍翰松

2022/11

报告提供的任何内容（包括但不限于数据、文字、图表、图像等）均系头豹研究院独有的高度机密性文件（在报告中另行标明出处者除外）。未经头豹研究院事先书面许可，任何人不得以任何方式擅自复制、再造、传播、出版、引用、改编、汇编本报告内容，若有违反上述约定的行为发生，头豹研究院保留采取法律措施，追究相关人员责任的权利。头豹研究院开展的所有商业活动均使用“头豹研究院”或“头豹”的商号、商标，头豹研究院无任何前述名称之外的其他分支机构，也未授权或聘用其他任何第三方代表头豹研究院开展商业活动。

研究方向&摘要

研究方向

本报告着眼于新能源车应用 SiC MOSFET 行业，梳理行业概况以及产业链动态，并洞察行业未来发展趋势。

此概览将会回答的关键问题：

- ① 现阶段新能源车应用 SiC MOSFET 行业发展情况如何？
- ② 产业链上有哪些进展？
- ③ 未来行业将有哪些发展趋势？

摘要

- 在汽车高压化、器件高度集成化的趋势下，SiC MOSFET 在新能源车的渗透度持续提高，与此同时，中国作为新能源车最大的市场，加上国家政策推动第三代半导体发展，为 SiC MOSFET 发展带来显著的动能
- 国内衬底与外延厂商产能扩充进展顺利，为国产替代发展提供关键支撑；中游器件主要 IDM 厂商与 Fabless 厂商皆取得不错进展，且“上车”进度顺利
- 经过梳理分析后，头豹洞察出三大行业趋势：1. 8 英寸 SiC 衬底逐步落地，但规模商业化仍需时间；2. IDM 是 SiC MOSFET 行业主流模式；3. 短期平面技术是关键切入点，未来竞争的关键在于沟槽技术水平

名词解释

- **新能源汽车**：新能源汽车是指采用非常规的车用燃料作为动力来源（或使用常规的车用燃料、采用新型车载动力装置），综合车辆的动力控制和驱动方面的先进技术，形成的技术原理先进、具有新技术、新结构的汽车
- **第三代半导体**：以氮化镓（GaN）、碳化硅（SiC）、氧化锌（ZnO）、金刚石为四大代表，具有耐高压、耐高温、大功率、导电性能强、工作速度快、工作损耗低的性能优势
- **MOSFET（金氧半场效晶体管）**：通过电压驱动的全控型半导体，可通过控制信号进行导通和关断。功率MOSFET通过利用控制输入回路的电场效应来控制输出回路电流、电压，可以作为电源开关
- **衬底**：沿特定的结晶方向将晶体切割、研磨、抛光，得到具有特定晶面和适当电学、光学和机械特性，用于生长外延层的洁净单晶圆薄片
- **外延片**：在晶片的基础上，经过外延工艺生长出特定单晶薄膜，衬底晶片和外延薄膜合称外延片。如果外延薄膜和衬底的材料相同，称为同质外延；如果外延薄膜和衬底材料不同，称为异质外延
- **OBC：On-Board-Charger（车载充电器）**，指固定安装在电动汽车上，具有安全自动给电动汽车动力电池充满电能力的充电器。充电器可以根据电池管理系统提供的数据，动态调整充电电流或电压参数，执行相应的动作，完成充电过程



目录

CONTENTS

◆ 新能源车应用 SiC MOSFET 行业概况		
• 车用 SiC 电子电力器件发展现状	-----	08
• 车企对 SiC 需求现状	-----	09
• SiC 行业相关政策	-----	10
• 全球 SiC MOSFET 专利情况分析	-----	11
• 全球 SiC MOSFET 产业上中游图谱	-----	12
◆ 产业链分析与动态梳理		
• 上游设备行业简析	-----	14
• 国内设备龙头厂商分析	-----	15
• 上游衬底与外延行业简析	-----	16
• 国内衬底龙头厂商分析	-----	17
• 国内外延龙头厂商分析	-----	18
• 中游国外龙头发展态势分析	-----	19
• 国内 IDM 厂商分析	-----	20
• 国内 Fabless 厂商分析	-----	21
• 国内 SiC 行业投融资情况梳理	-----	22
◆ SiC MOSFET 发展趋势洞察		
• 趋势分析	-----	24
◆ 方法论	-----	25
◆ 法律声明	-----	26
◆ 企业介绍	-----	21



图表目录

List of Figures and Tables

图表1: 车用 SiC 电子电力器件市场规模	-----	08
图表2: 2021 年 SiC 电子电力器件市场份额	-----	08
图表3: SiC MOSFET 上车趋势	-----	08
图表4: SiC MOSFET 相较于硅基器件的优势	-----	09
图表5: 电驱动系统往集成化发展	-----	09
图表6: 国内车企积极进行 SiC MOSFET 上车与器件供应安全的布局	-----	09
图表7: SiC MOSFET 相关国家政策与地方政策	-----	10
图表8: SiC MOSFET 专利申请量与授权发明量排名前四的国家	-----	11
图表9: 中国厂商 SiC MOSFET 专利申请量与授权发明总量	-----	11
图表10: 近十年中国的 SiC MOSFET 专利申请量	-----	11
图表11: 全球 SiC MOSFET 上有情况简析	-----	12
图表12: 全球与中国 SiC MOSFET 中游简析	-----	12
图表13: 主流长晶方法: 物理气相传输法示意图	-----	14
图表14: 已开始量产供货的主要国内厂商	-----	14
图表15: SiC 的加工需要在硅工艺基础上增置特定设备	-----	14
图表16: 北方华创设备介绍	-----	15
图表17: 衬底与外延工艺流程及器件成本占比	-----	16
图表18: SiC 衬底市场份额	-----	16
图表19: 2020 年全球半绝缘型 SiC 衬底市场份额	-----	17
图表20: 瀚天天成商业化进展迅速	-----	18
图表21: 意法半导体 SiC MOSFET 产品技术路线图	-----	19



图表目录

List of Figures and Tables

图表22: SiC MOSFET 的平面型结构与沟槽型结构的优劣势	-----	19
图表23: 三安光电产品技术布局	-----	20
图表24: 基本半导体战略合作朋友圈	-----	20
图表25: 比亚迪半导体封闭生态圈	-----	21
图表26: 下游新能源车企积极投资布局 SiC	-----	22
图表27: 2022 年 SiC 主要投融资情况	-----	22
图表28: 衬底尺寸扩大存在的挑战	-----	24



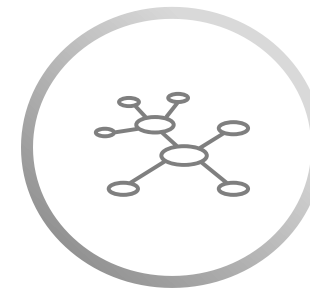
第一章：新能源车应用 SiC MOSFET 行业概况



行业概况



产业链动态分析

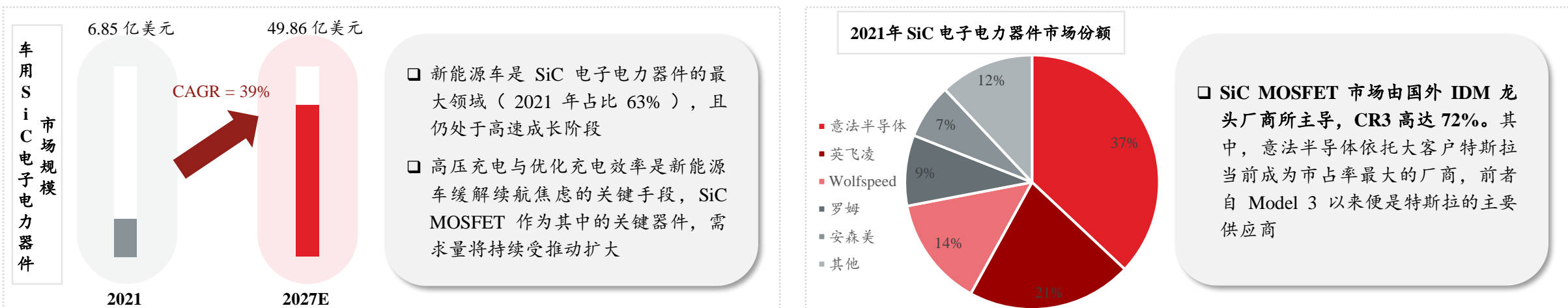


趋势洞察

车用 SiC 电子电力器件规模逐渐壮大，且赛道将保持高增长速度

- 新能源车是当前 SiC 电子电力器件的最大市场，在汽车高压化趋势以及充电效率优化需求驱动之下，SiC MOSFET 渗透率持续上升，规模逐渐壮大

新能源车投入应用 SiC MOSFET 的进度加速将推动市场规模大幅提升，国外 IDM 龙头厂商布局早，技术能力、量产能力较好，主导着当前的市场



顺应新能源车高压化趋势以及为了优化充电效率、减小器件体积，车企开始在主驱逆变器、OBC 导入 SiC MOSFET，且规模逐渐壮大



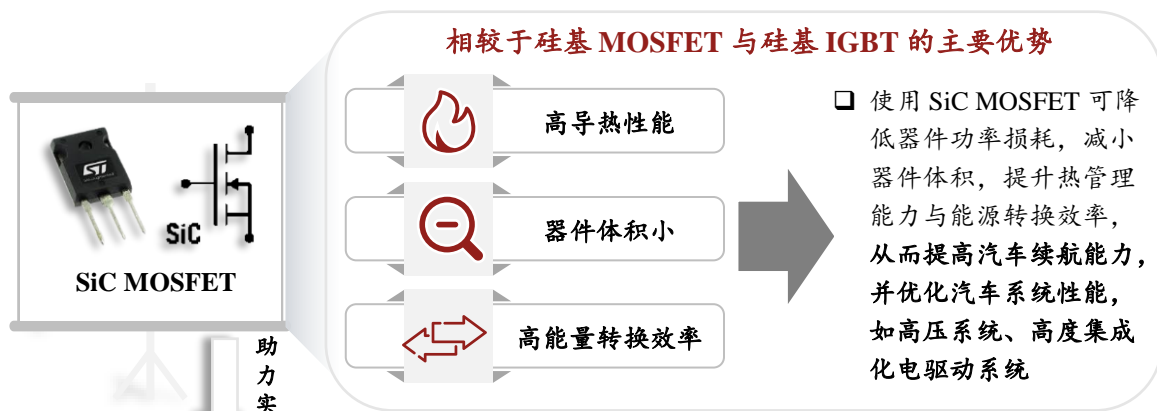
来源：各公司官网、Yole、CASA、头豹研究院



国内车企对 SiC MOSFET 需求旺盛

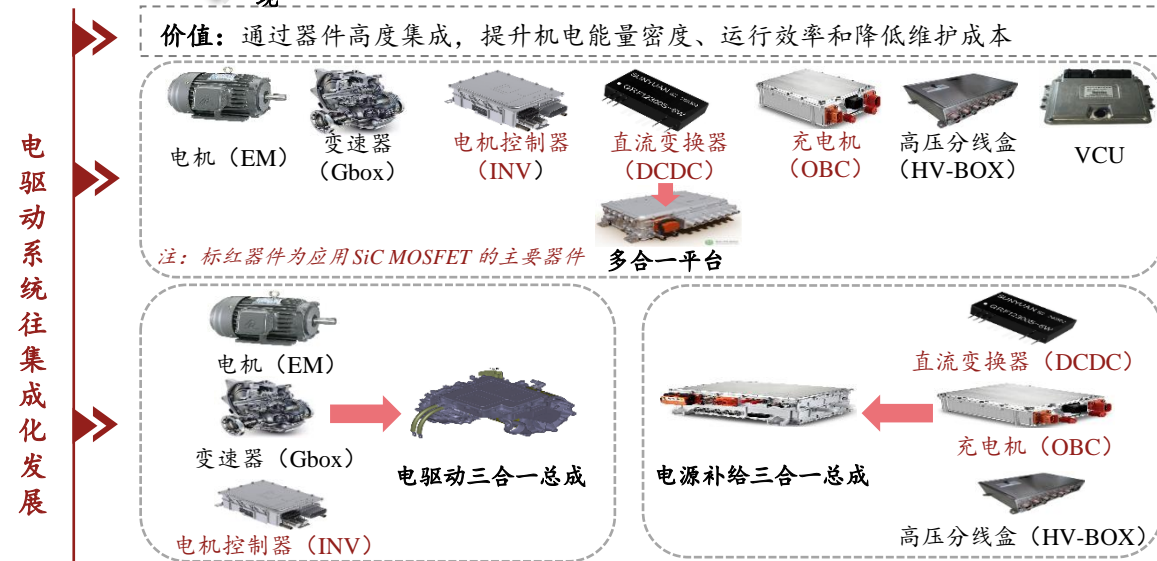
- 新能源车高压化趋势及电驱动系统集成化趋势发展持续提高 SiC MOSFET 需求。部分国内车企已量产采用 SiC MOSFET 的车款，并为保证供应链安全，自主或与 SiC 厂商合作进行器件产能布局

相较于硅基 MOSFET/IGBT，SiC MOSFET 器件性能突出，在电控应用方案已得到车企的规模采用，而 DCDC、OBC 应用的渗透度也将逐步提高



国内车企积极进行 SiC MOSFET 上车与器件供应安全的布局

车企	车端布局	SiC 器件布局
比亚迪汽车 比亚迪	e 平台 3.0 搭配新一代 SiC 电控的八合一电动力总成（已量产）；OBC 使用 SiC MOSFET	比亚迪半导体自主研发生产 SiC MOSFET 模块
小鹏 小鹏	800V SiC 平台（已量产）	战略投资瞻芯电子；英飞凌取得某车款的 Design-Win
广汽埃安 广汽埃安	搭配 SiC 的自研四合一电驱生产下线	与芯聚能、博世展开 SiC 电驱系统业务战略合作；广汽集团投资基本半导体
ZEEKR 极氪	极氪威睿 SiC 首款 400V SiC 电驱量产下线；800V 平台 SiC 产品正在推进	吉利与芯聚能、芯合科技布局 SiC 制造；吉利与罗姆展开以 SiC 为核心的合作关系
NIO 蔚来	NT 2.0 400V 平台采用 SiC MOSFET（已量产），且将布局 800V 平台	采用安森美 SiC 解决方案；子公司蔚然（南京）动力自研 SiC 功率模块
五菱	在 HEV 混动总成中集成了 SiC 模块	采用臻驱科技 SiC 产品（臻驱科技与罗姆合作推动 SiC 产业化落地）
理想 理想	在研高压平台采用 SiC 方案，计划 2023 年推出	与三安光电合资成立 SiC 公司苏州斯科半导体



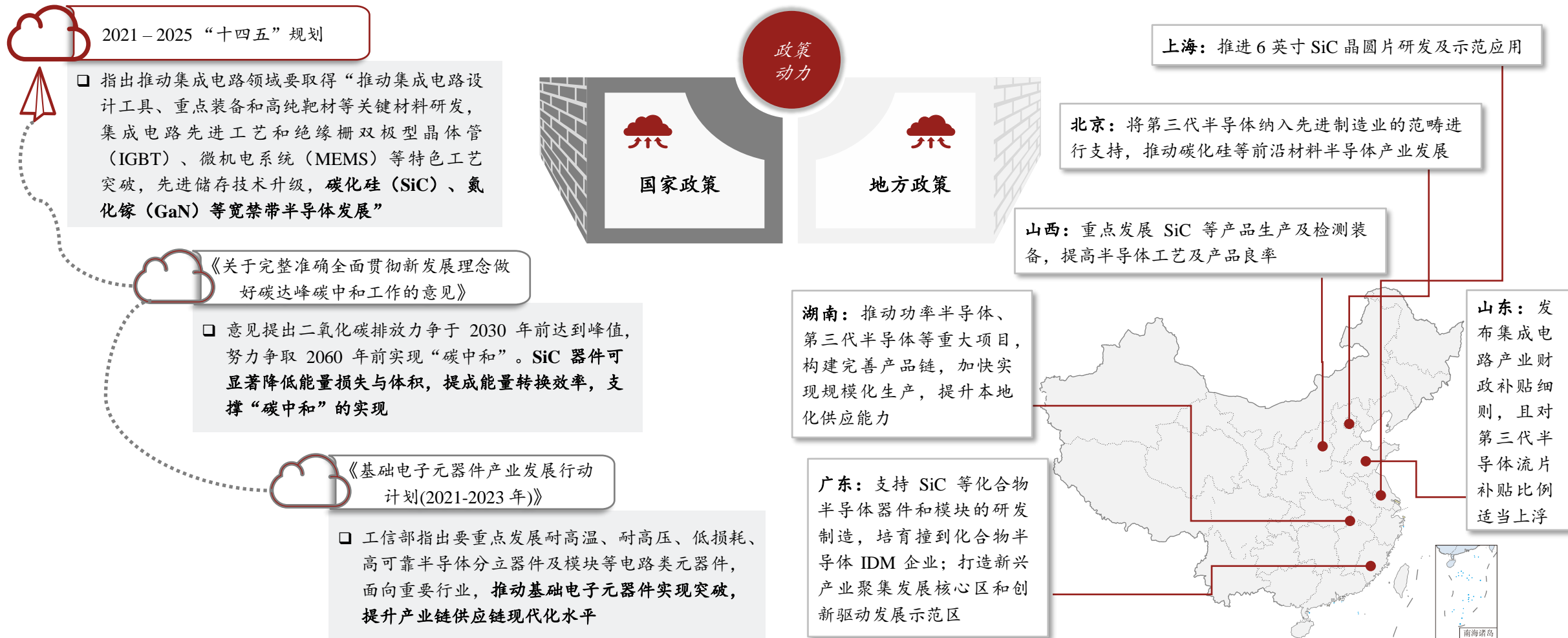
来源：意法半导体、头豹研究院



政策为 SiC 行业持续提供发展动能

- “十四五”规划开始提出要推动 SiC 等宽禁带半导体发展，为推动行业发展提供强力支撑。全国各地也开始针对 SiC 行业出台支持类政策，着力提高产业链整体能力

“十四五”规划支持 SiC 产业发展，推动全产业链能力和水平提升；全国各地政府响应“十四五”规划出台政策助力产业实现快速发展



来源：各政府部门官网、各省官网、CASA、头豹研究院

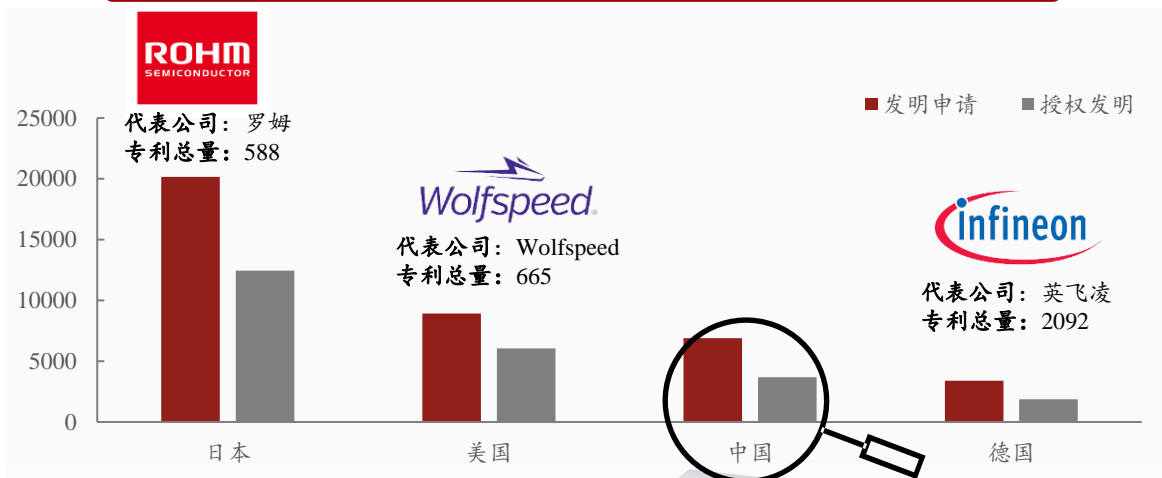


全球 SiC MOSFET 专利情况分析

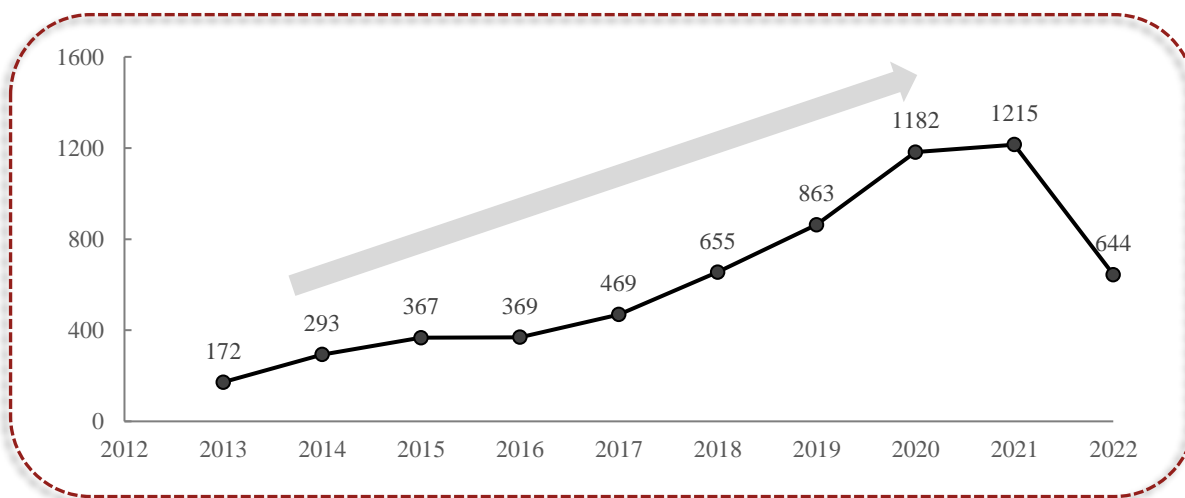
- 新能源车对于 SiC MOSFET 可靠性要求极高，考验厂商技术与 know-how 积累。目前，海外龙头厂商已形成较为深厚的积累，而国内行业整体则已开始加强技术研发能力进行追赶

中国整体 SiC MOSFET 专利数量在全球排名前三，且专利申请量在近年大幅度提升；海外龙头厂商专利积累多，实践经验丰富，形成一定竞争壁垒

SiC MOSFET 专利申请量与授权发明量排名前五的国家



近十年中国的 SiC MOSFET 专利申请量



中国厂商 SiC MOSFET 专利申请量与授权发明总量



注：数据由检索关键词 SiC MOSFET / 碳化硅电力电子器件及应用相关过滤项所得

来源：智慧芽、头豹研究院

- SiC MOSFET 市场之争核心在于技术积累：现阶段，SiC MOSFET 成本较高，因此主要应用于需求痛点较为突出的新能源车核心器件，对于可靠性要求极高，而要达到器件高可靠性则需要厂商拥有深厚的技术积累与经验积累。海外龙头厂商技术优势突出，因此也率先通过一系列验证，实现上车与规模量产供应，并占据了市场绝大部分份额，相较之下，国内厂商的进度较为落后
- 国内需求旺盛与政策实施推动行业整体发展：国内需求旺盛起到刺激行业加强技术研发能力的作用，如近年来中国 SiC MOSFET 专利申请数量大幅度提高。同时，在政策支持之下，产业链环境持续改善、国内厂商的技术能力也在不断提高，部分厂商的车规级 SiC MOSFET 已开始投入新能源车的应用当中

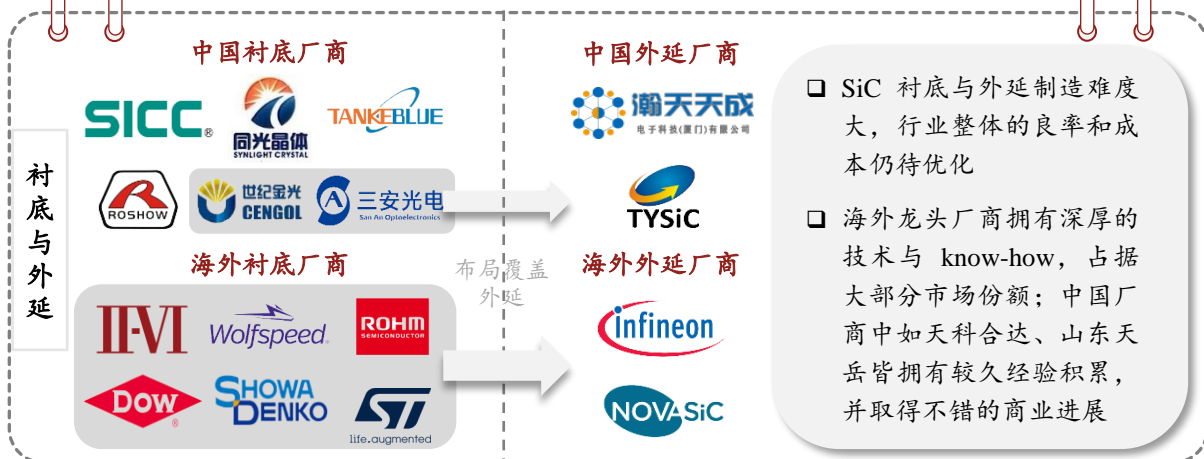


全球 SiC MOSFET 产业上中游图谱

- 海外厂商起步较早，在产业上中游皆形成了较强的人才与技术壁垒。中国厂商已开始逐步缩小差距，如设备厂商通过客户验证、衬底厂商获得大订单、部分 SiC MOSFET 厂商已开始量产供应客户

SiC MOSFET 上游的重点在于设备以及作为材料的衬底与外延，海外IDM龙头厂商布局开始向上延伸；中国上中游厂商逐步缩小与海外厂商的差距

全球 SiC MOSFET 上游情况简析



全球 SiC MOSFET 中游简析



来源：头豹研究院



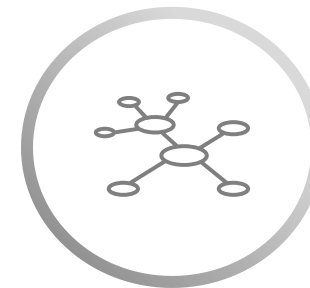
第二章节：产业链分析与动态梳理



行业概况



产业链动态分析



趋势洞察

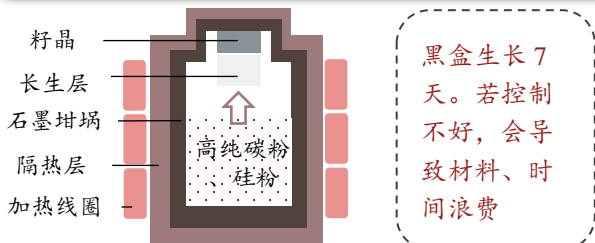
上游设备分析与梳理：行业简析

- SiC 材料生产以及器件工艺要求与硅产线有所差异，设备厂商通过与客户合作进行经验积累与技术攻关，更有利于打造高质量产线，推动产业整体发展

长晶炉和外延炉厂商与衬底和外延技术联系紧密；SiC 器件工艺较硅基器件工艺要求更高，需要增至特定设备，对于成本、技术要求较高

长晶炉行业简析

主流长晶方法：物理气相传输法（PVT法）示意图



黑盒生长 7 天。若控制不好，会导致材料、时间浪费

- 衬底生长难点在于参数控制以及对于碳化硅材料属性的熟悉程度，长晶炉厂商与衬底厂商能够更好实现技术突破，减轻设备厂商自身研发负担

NAURA
北方华创

- 主张“工艺研发指导设备研制，与大生产线紧密结合”的技术攻关路线
- 近期完成8英寸 SiC 长晶炉研发

- 长晶过程周期长、温度高，对于设备具有要求的同时，如何调整参数是关键，其中有三大难点：

热场控制 晶型控制 掺杂控制

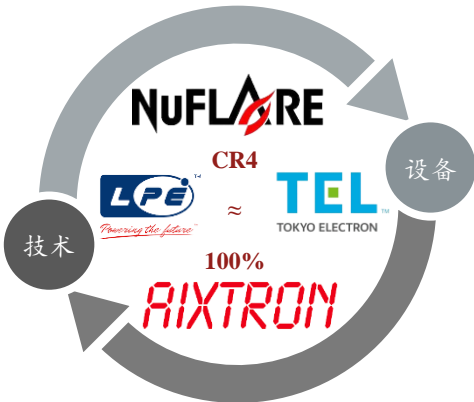
外延炉行业简析

已开始量产供货的主要国内厂商



- 外延技术主要取决于外延设备技术，国外外延设备厂商技术积累较久，是当前外延制造厂商的首选
- 国内主要厂商已通过客户验证，并开始量产供应。在 SiC 器件扩产潮推动下，国产设备替代有望提速

技术



- 外延技术与设备技术高度融合

SiC 的加工需要在硅工艺基础上增置特定设备

设备/技术	属性
高温退火炉	最高温度：1950°C
高温离子注入机	最高温度：700°C
SiC 减薄设备	晶圆减薄
背面金属沉积设备	Ti/Cr/W/Mo/TiW/Ni
背面激光退火设备	使背面欧姆接触形成
SiC 衬底和外延表面缺陷检测和计量	与透明晶圆兼容的工作波长（385nm 禁带宽度）

- SiC 器件对于工艺以及技术理解有新的要求：由于 SiC 硬度大、化学稳定性高，制备要求高，因此制造环节需要使用特定设备，导致 SiC 工艺成本较 Si 工艺更高，同时对于设备以及技术理解也有不同的要求
- 长晶炉和外延炉厂商与材料厂商合作更有利于 SiC 技术提高，推动产业整体发展：现阶段长晶与外延工艺都在不断的演进，通过优化技术或技术路线创新，能够弥补当前主流技术存在的缺陷，从而提高材料良率与降低材料成本。设备与材料厂商深度合作，有利于双方积累经验与攻关技术，打造高质量产线，从而推动产业整体发展

来源：芯 TIP、天岳先进、头豹研究院



上游设备分析与梳理：国内龙头厂商分析

- 北方华创深耕 SiC 领域多年，强调以客户需求为牵引，持续创新与开发满足 SiC 生产线使用的工艺设备，现阶段该理念的推行已初见成效，成为 SiC 全线覆盖的国内设备龙头

北方华创深耕 SiC 领域多年，形成了材料制造及器件加工全流程设备

北方华创 SiC 设备布局覆盖长晶-外延-器件加工全流程

NAURA
北方华创



- 从 2017 年将首台 4 英寸导电型 SiC 长晶设备推向市场以来，北方华创已具备大尺寸、导电/高纯半绝缘型、粉料合成/晶体生长/晶锭热处理等多技术路线的 10 余种设备机型

长晶 APS 系列 SiC 晶体生长系统



- 实现高质量 SiC 晶体生长、高纯度原料合成、高温晶体热处理的专业设备

MARS iCE115 SiC 外延设备 外延



- 设备工艺指标如厚度均匀性、掺杂浓度均匀性、缺陷密度等均达到了行业先进水平。

器件加工 GDE C200 系列、GSE C200 系列刻蚀设备



GDE C200 系列



GSE C200 系列

- 这两个系列的刻蚀机已在多条产线验证成功，积累了丰富的刻蚀经验，能提高 GaN 和 SiC 功率器件的性能，同时保证性价比

北方华创最新动态



订单情况

- 截止今年 9 月，公司 SiC 长晶炉累计订单数量超 2000 台，SiC 外延炉累计订单超 100 台，SiC 外延炉批量机台已在各大主流外延厂实现稳定量产
- 公司目前已完成 8 英寸 SiC 长晶炉研发，并进入客户端



为 SiC 功率器件刻蚀提供全面解决方案

- 今年 8 月公司发布 CCP 介质刻蚀机，形成 ICP 与 CCP 刻蚀整体解决方案。该设备兼容 6 与 8 英寸工艺，具有刻蚀形貌好、选择比高、工艺性能优越、耗材寿命长，拥有成本和消耗成本低等特点，适用于 SiC 功率器件
- 针对 SiC 刻蚀容易出现微沟槽、无法形成光滑的高深宽比的结构等难题，公司研发出 SiC 专用设备，解决了现有的难题，可用于大规模生产

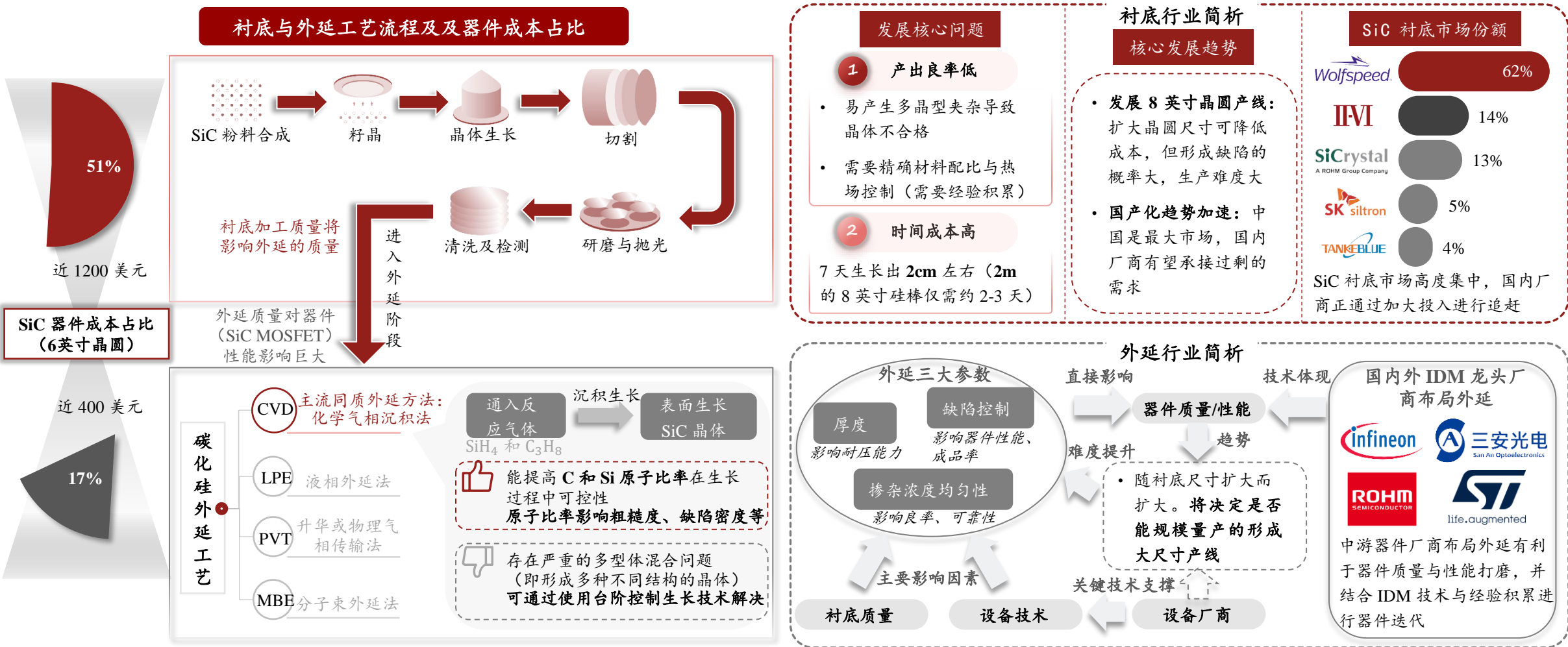


2022.8 推出产品：
NMCS08 RIS 介质刻蚀机

上游材料分析与梳理：SiC 衬底与外延行业简析

- 衬底与外延是 SiC MOSFET 器件成本的重心，原因在于工艺要求较高、良率较低。两者的质量决定 SiC MOSFET 性能，因此部分中游厂商布局开始向上游延伸，以提高供应链稳定性与技术能力

衬底存在良率低与时间成本高的问题，对于技术与资金投入大，市场高度集中；外延质量直接影响器件质量，因此中游大部分 IDM 龙头自主布局



来源：天岳先进、芯 TIP、头豹研究院

上游材料分析与梳理：国内 SiC 衬底厂商布局情况与动态

- 天岳先进与天科合达为国内进展较好的两大 SiC 衬底厂商，依托早期创始人与研究所的研究成果，形成规模化产业化能力，在产能持续顺利扩充下，将为产业整体提供发展动力

天岳先进业务重心转型顺利，获得巨额订单；天科合达产能布局广泛，为国产替代提供支撑

SICC

天岳先进：导电型衬底占比与产能顺利提升



产能分配与业务情况

- 公司优先发展半绝缘型 SiC 衬底，并取得全球排名前三的位置，成为国内半绝缘型 SiC 衬底龙头
- 在公司导电型衬底技术逐渐成熟、国内新能源车需求旺盛的环境下，公司产能布局开始倾斜。目前，公司正在使用的 525 台长晶炉中，超 300 台用于导电型衬底，100 台用于半绝缘型衬底
- 导电型衬底业务爬坡迅速。2021 年底，衬底收入中 98% 来自半绝缘型衬底，2022Q3 导电型衬底收入占比超过半绝缘型收入

2020 年全球半绝缘型 SiC 衬底市场份额



半绝缘型衬底主要用于射频器件
电子电力器件使用导电型衬底



订单情况

- 7 月 21 日，公司披露，与客户签署了价值近 14 亿元的 6 英寸导电型 SiC 衬底订单，合约时长为三年



技术与产能布局

- 技术：**公司自主研发出 2-6 英寸 SiC 衬底制备技术，目前正在进行 8 英寸导电型衬底的研究。此外，公司还系统地掌握了 SiC 设备的设计和制造技术
- 产能：**公司建有济南、济宁、上海临港三大工厂，其中上海临港为在建工厂，聚焦导电型衬底生产，计划 2023.3 排产，2026 年 100% 达产，产能约 30 万片/年

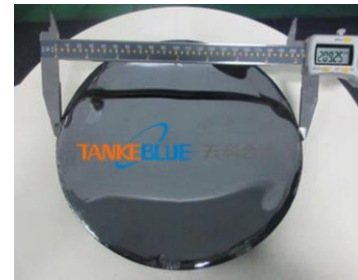
TANKEBLUE

天科合达：基于中科院多年研究成果，成为主要制造商之一



技术情况

- 公司由新疆天富集团、中科院物理研究所共同设立
- 依托中科院物理所十多年来在 SiC 领域的研究成果，公司形成“PVT 碳化硅单晶生长炉制造技术”、“低翘曲度碳化硅晶体切割技术”等核心技术体系自主知识产权，并实现产业化，成为全球主要导电型衬底制造商之一
- 11 月 15 日，公司发布介绍 8 英寸导电型衬底，并公布产品将于 2023 年实现小规模量产



8 英寸碳化硅衬底新产品



产能布局

- 公司拥有新疆、江苏、北京、深圳四大工厂，布局广泛
- 新疆：**据悉，二期于 6 月竣工达产。预计建成后可达年产单晶衬底 1500 锭、单晶原料 50 吨
- 江苏：**于 2019 年投产，一期、二期年产能合计约 7 万片
- 北京：**计划 2022 年开始投产，预计建成年产 SiC 衬底 12 万片
- 深圳：**建设 SiC 单晶和外延片生产线，预计达产年产值不低于 21.9 亿元



天科合达外景图

上游材料分析与梳理：国内 SiC 外延厂商布局情况与动态

- 瀚天天成通过引进 Aixtron 外延炉及其他高端设备实现快速商业化推进，产线仍在不断扩张；天域半导体拥有深厚技术水平与研发团队，目前已布局全球首条 8 英寸 SiC 外延生产线

国内外延核心厂商通过设备布局以及人才团队布局，在短时间内实现商业化，且产能持续提高，支撑国产替代趋势发展



瀚天天成：国内产能第一，且产能持续提高

产能布局

瀚天天成碳化硅产业园项目共有三期项目，2022 年底产线将计划增加至 50 条，预计全年销售约 11 万片外延片，产值约 11 亿元

- 一期：于 2019 年年底投产，计划年产能达 30 万片
- 二期：于 2022.4 月顺利竣工，11 月开始投产计划年产能达 20 万片
- 三期：计划今年年内启动建设，产能将达 140 万片



瀚天天成外景图

商业化进展迅速

2011.3

- 公司成立
- 引进 Aixtron 先进 SiC 外延炉与各种高端检测设备（加速公司商业化进程的关键）

2012.3

- 开始向国内外市场供应产业化 3-4 英寸 SiC 外延片

2014.4

- 正式向国内外市场供应商业化 6 英寸 SiC 外延片



瀚天天成半导体晶片检测图



天域半导体：国内首家 SiC 外延企业，技术积累深厚

供应链布局



天域半导体外景图

- 2021.11, II-VI 公司与天域成为战略合作伙伴，向天域提供 6 英寸 SiC 衬底；2022.8, II-VI 宣布完成超 1 亿美元的合作，于 2022Q3 交付直到 2023 年年底
- 2021.11, 露笑科技与天域签订《战略合作协议》，内容包含三年内不少于 15 万片导电型衬底的订单，目前已进行分批量交付
- 此外，公司在国内拥有最多的 SiC 外延炉-CVD（供应商为 LPE），月产能为 5000 片/月。目前，公司正在布局全球首条 8 英寸 SiC 外延生产线，计划 2022 年动工，2025 年投产

科研团队与技术情况

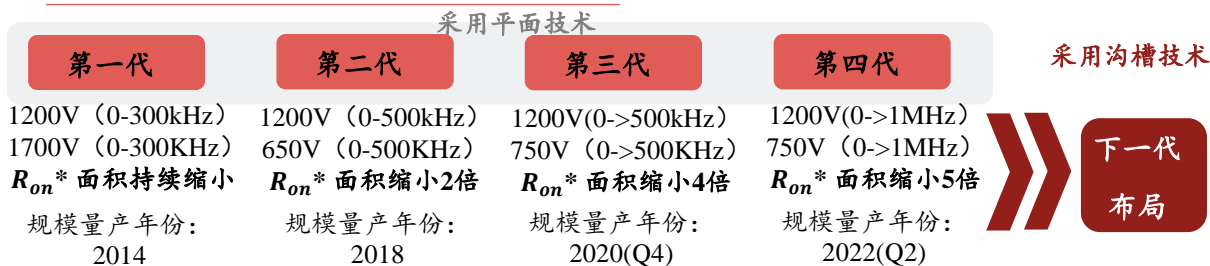
- “产学研”布局：公司研发团队基础是 7 名中科院半导体所研究员，通过加强产、学、研合作，建有中科院所-天域碳化硅技术研究院、西安交通大学联合培养博士后等，吸引和培育高层次人才。公司生产总监孔令沂博士曾任职于外延设备厂商 Aixtron，拥有丰富外延工艺经验与研究成果
- 参与标准化制定工作：公司制定 SiC 半导体相关团体标准 5 项、企业标准 4 项，目前正在承担 2 项国家标准的起草工作
- 知识产权保护技术：公司自主研发 SiC 外延全套核心技术，申请发明专利 24 件（授权 12 项）；申请实用新型专利 24 件（授权 13 项）。累计发表高水论文 27 篇（SCI/EI 收录论文 16 篇）
- 体系认证：公司为国内产业链中第一家通过汽车质量认证（IATF 16949）的厂商

中游 SiC MOSFET 芯片分析与梳理：国外龙头关键发展态势

- 英飞凌与罗姆早期已开始布局沟槽技术，并实现产品规模量产，而其他国外龙头厂商也陆续开始布局沟槽技术，该技术正成为巨头竞争的关键

沟槽结构 SiC MOSFET 拥有更优的性能，并可以减小器件面积，从而提高单一晶圆制造芯片数量，降低成本，是当前技术发展的关键方向

意法半导体 SiC MOSFET 产品技术路线图：

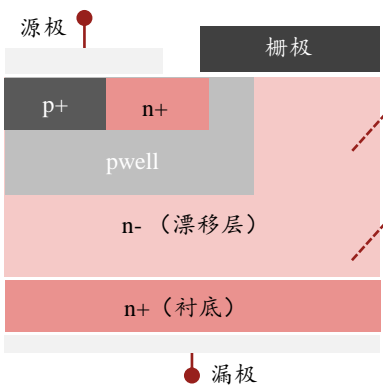


性能与可靠性：通过技术改进与迭代，以及经验积累实现性能与可靠性提高。其中经验积累与 IP 是核心竞争力

核心考虑因素
性能 可靠性
成本

成本：通过优化技术与选择结构，提高制造芯片的良率与单一晶圆所能制造芯片数量，以降低成本

平面型结构



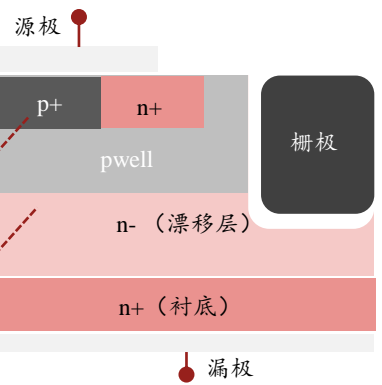
优势：制造过程相对简单，可靠性更高

劣势：需大面积实现高阻断电压能力

优势：开关速度快、损耗低，且能够缩小器件面积

劣势：工艺复杂，栅极介质层的可靠性低（待技术突破）

沟槽型结构



SiC MOSFET 五大龙头器件结构的布局



life.augmented
意法半导体

- 经过四代平面技术的研发，器件性能得到优化
- 公司已展开沟槽技术的布局，现处于工程样品测试阶段
- 公司将建造 SiC 衬底工厂，以进一步推进沟槽技术的布局



英飞凌

- 公司是最早布局沟槽技术的厂商，且产品 (CoolSiC™) 已实现规模量产上车
- 公司拥有领先行业 1-2 代的沟槽技术，并持续维护与拓宽材料供应网络、采用先进技术 (Cold Split) 提高原材料使用效能，以推动 SiC 业务的发展



Wolfspeed

- 公司平面技术产品经过了三代的演进与技术挖掘，性能优化空间接近极限
- 据悉，公司已进行沟槽技术的布局与开发



罗姆

- 公司 2015 年开始量产双沟槽结构的产品，并于 2020 年推出第四代产品，该产品拥有更好的 FOM (品质因素)
- 公司计划下一代沟槽结构产品将于 2025 年量产，进一步降低器件单位面积的 R_{on}



安森美

- 公司的 M1-M3 技术采用平面技术
- 下一代技术 M4 将升级为沟槽结构，可显著降低芯片面积，且可能采用 8 英寸晶圆生产，可显著降低成本
- 目前已积累约 20 份沟槽技术相关专利

- ❑ 龙头厂商大都采用 IDM 模式，其价值在于建立难以被窃取的 know-how 和经验，并通过申请专利防止反向学习盗用公司技术
- ❑ 为进一步优化器件性能与降低成本，龙头厂商布局向上延伸至材料设备

来源：GeneSiC、IAWBS、各公司投资者演讲报告、头豹研究院



中游 SiC MOSFET 芯片分析与梳理：国内 IDM 厂商布局情况与动态

- 三安光电从 LED 龙头“跨界”布局 SiC 电子电力器件，成为国内 IDM 龙头，且已获得新能源车客户订单，进度良好；基本半导体聚焦车规级 SiC MOSFET 的研发与制造，取得客户以及产业链上的厂商认可

国内 IDM 厂商当中，三安光电拥有规模优势，布局进度较前；以基本半导体为代表的初创公司基于优秀的技术储备，也取得了不错的进展



三安光电：国内 SiC MOSFET IDM 龙头厂商



全资子公司：湖南三安半导体全景图



订单情况

- 11月6日，湖南三安与新能源车客户签署价值38亿元的SiC芯片《战略采购意向协议》，采购产品将应用于新能源车主驱
- 截止2022年半年报期末，SiC MOSFET也已送样数十家客户验证，代工业务已与龙头新能源汽车配套企业合作



产业链布局情况

- 湖南三安是国内第一条SiC垂直一体化生产线，且还具备SiC衬底、SiC外延制造能力。因此，公司能够实现从材料到器件在单一基地进行生产，能够确保供应链安全、克服物流存在的挑战
- 基于完整的产业链布局，公司可提供全面可灵活定制的合作方式与解决方案，拥有对外代工的能力
- 产能：一期1.5万片/月；二期3万片/月（计划2024年达产）



SiC MOSFET 产品技术布局

第一代

- 平面型 DMOS
- 工业级验证
- 2021Q3量产

第二代

- 平面型 DMOS
- 工业级验证
- 2022Q2量产

第三代

- 沟槽型 UMOS
- 车规级验证
- 2023Q1量产



基本半导体：IDM 布局版图逐步完善，潜力逐步释放

战略合作朋友圈



公司车规器件能力得到多家厂商认可

- 11月15日，公司与罗姆签订车载SiC功率器件战略合作伙伴协议，通过深度合作开发更先进、更高效、更可靠的新能源汽车SiC解决方案
- 9月13日，公司获巨一动力SiC电驱项目定点，后者电机电控客户包括蔚来、吉利、广汽传祺等
- 7月22日，公司与广汽埃安签订《战略合作协议》、《长期采购合作协议》
- 博世分别在B+、C轮两次领投公司；闻泰科技在B轮领投公司



产业链布局情况

公司共建设4个产线，全力打造国际一流IDM

- 无锡产线是车规级SiC功率模块专用产线，采用先进SiC专用封装工艺技术，于2021.12正式通线。2022年产能25万只模块
- 北京亦庄产线是6英寸SiC晶圆产线，目前已通线
- 深圳坪山产线预计2023年投产，年产能200万只SiC器件
- 南京产线主要进行SiC外延片的工艺研发和制造

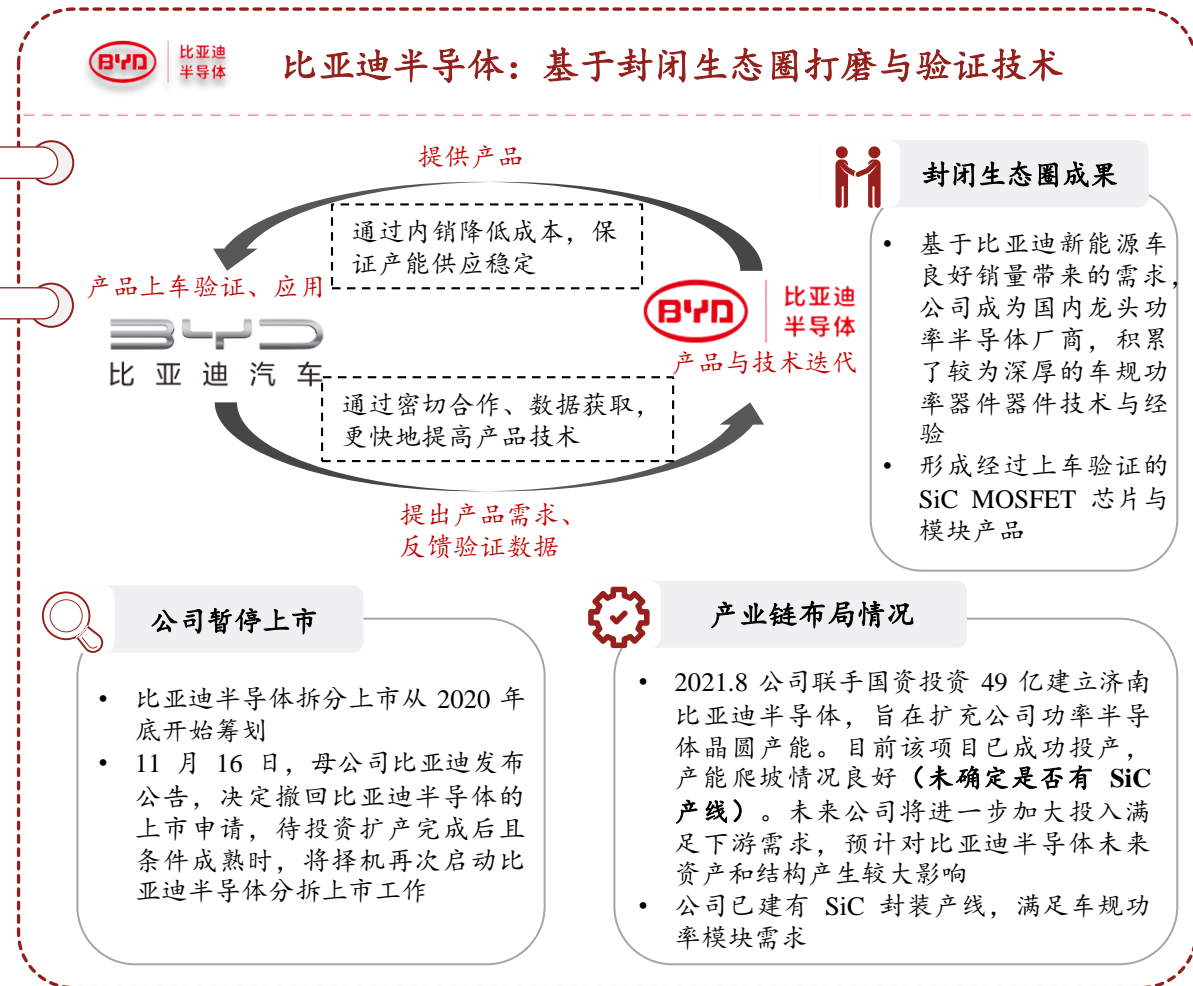
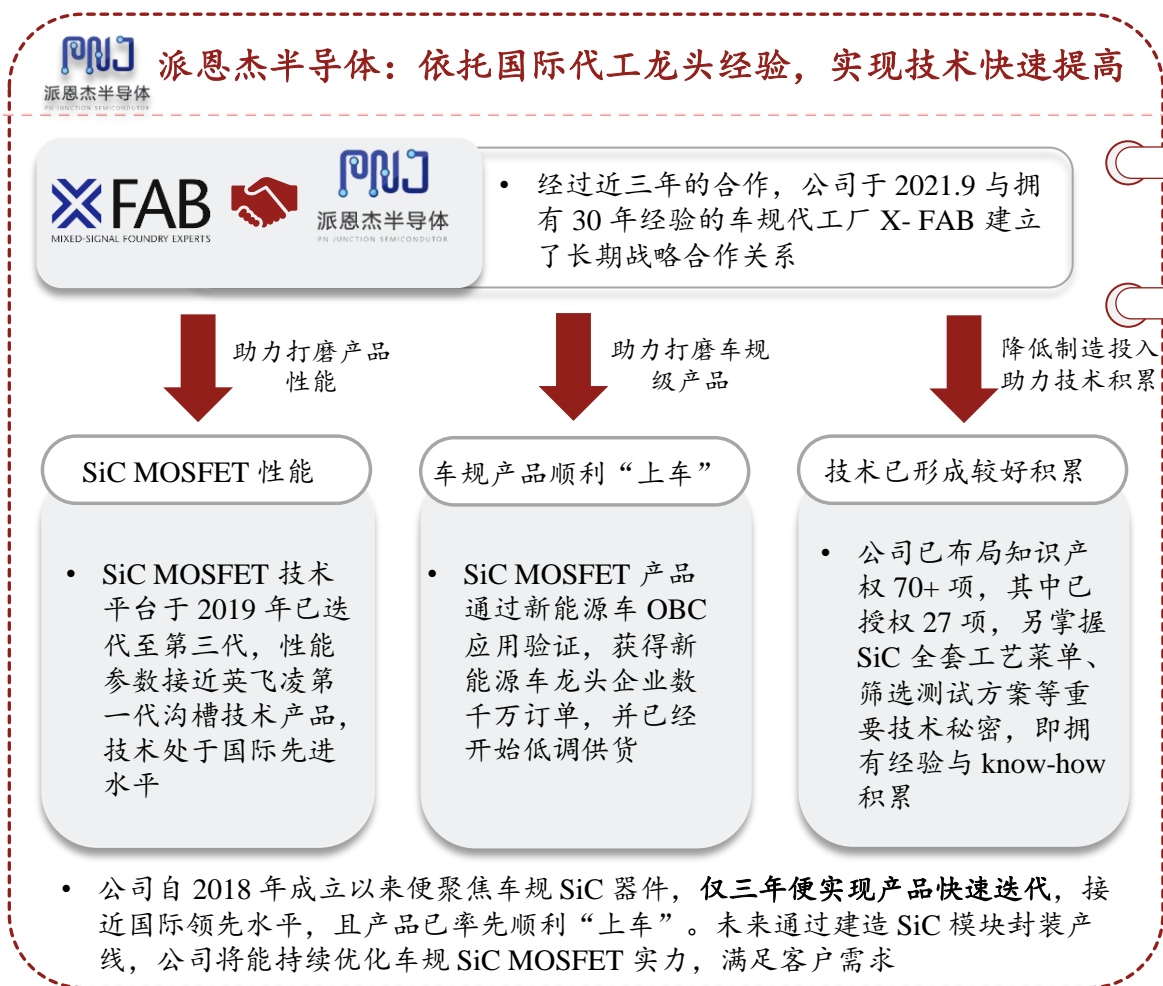
基本半导体总部外景图



中游 SiC MOSFET 芯片分析与梳理：国内 Fabless 厂商布局情况与动态

- Fabless 厂商核心竞争力在于能够专注技术积累，派恩杰半导体依托 X-FAB 制造技术与经验加速产品迭代，已接近国际领先水平；比亚迪半导体依托封闭生态圈打磨出车规级产品

派恩杰半导体与比亚迪半导体皆取得不错的车规功率半导体产品技术进展



来源：派恩杰半导体官网、比亚迪半导体公司公告、头豹研究院



国内 SiC 行业投融资情况梳理

- 下游新能源车产业链布局向上延伸，通过投资与合作建设公司为 SiC 上车做准备，同时也为 SiC 厂商提供积累车规级芯片经验提供环境。主要投融资事件集中在今年上半年，下半年较为平淡

在需求旺盛、国家助力发展的环境下，SiC 是投资机构选择的热门赛道，同时下游车企也通过投资对 SiC 器件产能与 SiC 技术进行布局

下游新能源车积极投资产业链布局 SiC

上游材料厂商投融资情况

SICC

SiC 衬底厂商：天岳先进参与 IPO 战略配售车企：



同光晶体
SYNLIGHT CRYSTAL

SiC 衬底厂商：同光晶体参与投资车企：



TYSiC

SiC 外延厂商：天域半导体参与投资车企：



中游 SiC MOSFET 厂商投融资情况

IVCT 瞻芯电子
INVENTCHIP TECHNOLOGY

SiC 芯片厂商：瞻芯电子参与投资车企：



基本半导体
BASIC Semiconductor

SiC 芯片厂商：基本半导体参与投资车企：



三安光电
San An Optoelectronics

SiC 芯片厂商：三安光电合作成立苏州斯科半导体



2022 年 SiC 主要投融资情况

公司	备注	融资轮数	融资金额	投资机构	时间
宽能半导体	代工	天使轮	2 亿	和利资本、云启资本、国中创投、亚昌投资等	2022.6
芯塔电子	器件设计	天使轮	2 千万元	方德信、禾创致远	2022.1
派恩杰半导体	器件设计	战略融资	/	创东方投资	2022.1
安建半导体	器件设计	B 轮	1.8 亿元	超越摩尔基金、君盛投资、联和投资等	2022.3
天狼芯半导体	器件设计	A+ 轮	/	国华投资、深创投	2022.3
丽隽功率半导体	器件设计	A 轮	1 千万元	毅达资本	2022.8
百识电子	外延	A 轮	3 亿元	亚昌投资、金浦投资、毅达资本、GRC 富华资本等	2022.3
瀚天天成	外延	战略融资	/	银润资本	2022.5
泰科天润	外延	战略融资	/	深圳华强、云起资本	2022.5
利普思	模块	A+ 轮	数千万	软银中资本、联新资本	2022.4

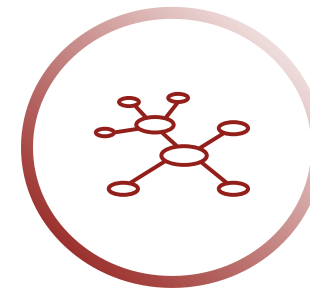
第三章节：SiC MOSFET 发展趋势洞察



行业概况



产业链动态分析



趋势洞察

行业三大趋势洞察

- 产业链协同发展是 SiC 行业发展的关键，国内多家 Fabless 厂商开始转型至采用 IDM 模式提高产能与技术能力；短期国内厂商可通过平面技术切入市场，未来竞争关键在于是否具备沟槽技术布局

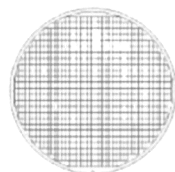


头豹趋势洞察

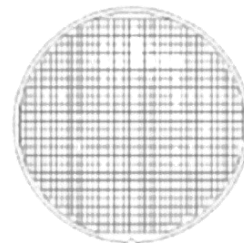
01

8 英寸 SiC 衬底逐步落地，但规模商业化仍需时间

- 8 英寸 SiC 衬底将于明年开始投入市场，相较于 6 英寸 SiC 衬底，8 英寸材料面积扩大 45%，可在相同的固定成本下，在单晶圆上生产更多的器件，同时边缘芯片占比减小（从 6 英寸的 14% 降至 7%），使晶圆利用率提升，从而降低整体的制造成本
- 衬底尺寸扩大是芯片行业降低时间成本、金钱成本，扩充芯片产能的关键手段之一。硅晶圆目前已经发展至 12 英寸，但是由于 SiC 材料属性，SiC 衬底尺寸扩大的难度较大，所需要的技术与经验积累要求更大，此外，外延技术也需要同步提升，保证尺寸扩大情况下，器件的良率和可靠性维持在高水平，来满足规模化的需求。单一龙头（Wolfspeed 已计划 2022 年量产）实现 8 英寸衬底量产难以支撑厂商去大量投入建造 8 英寸产线，采用较为成熟的 6 英寸产线或为更好的选择。因此，8 英寸要实现规模商业化仍待产业链共同努力来推进



6 英寸 SiC 衬底
芯片总数：448
边缘芯片占比：14%



8 英寸 SiC 衬底
芯片总数：845
边缘芯片占比：7%

衬底尺寸扩大存在的挑战

- 扩径技术要求高：需要综合热场设计、结构设计、晶体制备工艺设计等多方面的技术控制要素
- 容易出现缺陷、平坦度低，在加工过程中，如高温退火容易变形，导致良率降低

03

IDM 模式是 SiC MOSFET 行业主流

- 在 SiC MOSFET 生产当中，设计端的价值较小，价值核心在于制造、封测当中的工艺技术与经验，IDM 厂商通过掌握全流程的技术，可提高研发效率、成本管控能力，有利于推进技术迭代与提高器件可靠性以及提供长期供货保证
- 国内厂商中，基本半导体、瞻芯电子、斯达半导体、扬杰科技等已经开始从 Fabless 转型至 IDM，在能够提高自身技术的同时，也能保证产能，从而将产品推向市场，并满足客户供应需求
- IDM 模式投入大，部分公司在短期内难以兼顾技术投入与制造投入，因此坚持 Fabless 模式。Fabless 厂商要实现高水平发展则需要与产业链厂商深度合作，从而兼顾技术与产能。国内厂商派恩杰半导体与 X-FAB 深度合作是其中的代表

02

短期平面技术是关键切入点，未来竞争的关键在于沟槽技术水平

- 平面技术与沟槽技术的选择核心考量在于能否满足客户需求：沟槽技术优势在于性能更优、器件体积可以实现更小，但工艺复杂难度大（器件制造良率难提高），而平面技术优势则是工艺简单、可靠性高。从现阶段来看，平面技术是更符合市场需求的技术方向，因此也是多家龙头厂商（意法半导体、Wolfspeed、安森美）此前的研发投入着重于如何充分挖掘平面技术能力，让其性能能够达到最优
- 公司发展需考虑业务规模化后的成本与技术前景：前述龙头厂商经过数代平面产品的研发，已开始遇到性能瓶颈，开始布局沟槽型技术。除了能够提高产品性能、品质以外，沟槽技术能够显著降低规模化后的成本也是布局的核心出发点。英飞凌、罗姆持续研发与优化沟槽技术，将能逐步地充分发挥该技术能够降低成本的优势，同时也能向市场提供较平面技术性能更好的产品，从而压制平面技术产品的市场。
- 目前国内厂商追赶的关键在于迅速提高平面技术，进行市场渗透，同时也要对沟槽技术进行相应的布局（如三安光电），防止未来沟槽技术产品所带来的市场压力

方法论

- ◆ 头豹研究院布局中国市场，深入研究19大行业，持续跟踪532个垂直行业的市场变化，已沉淀超过100万行业研究价值数据元素，完成超过1万个独立的研究咨询项目。
- ◆ 头豹研究院依托中国活跃的经济环境，研究内容覆盖整个行业发展周期，伴随着行业内企业的创立，发展，扩张，到企业上市及上市后的成熟期，头豹各行业研究员积极探索和评估行业中多变的产业模式，企业的商业模式和运营模式，以专业视野解读行业的沿革。
- ◆ 头豹研究院融合传统与新型的研究方法论，采用自主研发算法，结合行业交叉大数据，通过多元化调研方法，挖掘定量数据背后根因，剖析定性内容背后的逻辑，客观真实地阐述行业现状，前瞻性地预测行业未来发展趋势，在研究院的每一份研究报告中，完整地呈现行业的过去，现在和未来。
- ◆ 头豹研究院密切关注行业发展最新动向，报告内容及数据会随着行业发展、技术革新、竞争格局变化、政策法规颁布、市场调研深入，保持不断更新与优化。
- ◆ 头豹研究院秉承匠心研究，砥砺前行的宗旨，以战略发展的视角分析行业，从执行落地的层面阐述观点，为每一位读者提供有深度有价值的研究报告。



法律声明

- ◆ 本报告著作权归头豹所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式翻版、复刻、发表或引用。若征得头豹同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“头豹研究院”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节或修改。
- ◆ 本报告分析师具有专业研究能力，保证报告数据均来自合法合规渠道，观点产出及数据分析基于分析师对行业的客观理解，本报告不受任何第三方授意或影响。
- ◆ 本报告所涉及的观点或信息仅供参考，不构成任何证券或基金投资建议。本报告仅在相关法律许可的情况下发放，并仅为提供信息而发放，概不构成任何广告或证券研究报告。在法律许可的情况下，头豹可能会为报告中提及的企业提供或争取提供投融资或咨询等相关服务。
- ◆ 本报告的部分信息来源于公开资料，头豹对该等信息的准确性、完整性或可靠性不做任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映头豹于发布本报告当日的判断，过往报告中的描述不应作为日后的表现依据。在不同时期，头豹可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告或文章。头豹均不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，头豹对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，读者应当自行关注相应的更新或修改。任何机构或个人应对其利用本报告的数据、分析、研究、部分或者全部内容所进行的一切活动负责并承担该等活动所导致的任何损失或伤害。



头豹研究院简介

- ◆ 头豹是中国领先的原创行企研究内容平台和新型企业服务提供商。围绕“协助企业加速资本价值的挖掘、提升、传播”这一核心目标，头豹打造了一系列产品及解决方案，包括：**报告/数据库服务、行企研报服务、微估值及微尽调自动化产品、财务顾问服务、PR及IR服务**，以及其他以企业为基础，利用大数据、区块链和人工智能等技术，围绕产业焦点、热点问题，基于丰富案例和海量数据，通过开放合作的增长咨询服务等
- ◆ 头豹致力于以优质商业资源共享研究平台，汇集各界智慧，推动产业健康、有序、可持续发展



备注：数据截止2022.6

四大核心服务

研究咨询服务

为企业提供定制化报告服务、管理咨询、战略调整等服务

企业价值增长服务

为处于不同发展阶段的企业，提供与之推广需求相对应的“内容+渠道投放”一站式服务

行业排名、展会宣传

行业峰会策划、奖项评选、行业白皮书等服务

园区规划、产业规划

地方产业规划，园区企业孵化服务



研报阅读渠道

◆ 头豹官网：登录 www.leadleo.com 阅读更多研报

◆ 头豹小程序/微信小程序：搜索“头豹”，手机可便捷阅读研报

◆ 头豹交流群：可添加企业微信13080197867，身份认证后邀您进群

详情咨询



客服电话

400-072-5588



上海

王先生：13611634866

李女士：13061967127



深圳

李先生：13080197867

李女士：18049912451



南京

杨先生：13120628075

唐先生：18014813521

