

天岳先进 (688234.SH) 半绝缘碳化硅衬底龙头，进军导电型衬底大市场

2022年08月29日

——公司首次覆盖报告

投资评级：增持（首次）

刘翔（分析师）

盛晓君（联系人）

liuxiang2@kysec.cn

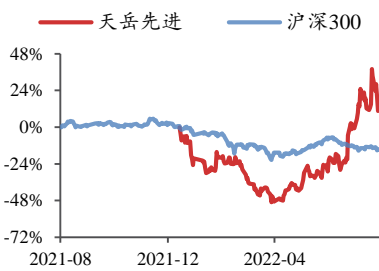
shengxiaojun@kysec.cn

证书编号：S0790520070002

证书编号：S0790120080051

日期	2022/8/26
当前股价(元)	97.29
一年最高最低(元)	126.65/41.00
总市值(亿元)	418.07
流通市值(亿元)	34.55
总股本(亿股)	4.30
流通股本(亿股)	0.36
近3个月换手率(%)	542.9

股价走势图



数据来源：聚源

● 公司是国内碳化硅衬底领先企业，首次覆盖给予“增持”评级

公司成立于2010年，专注第三代半导体碳化硅衬底产业，主要产品包括碳化硅半绝缘型和导电型衬底。当前碳化硅衬底在射频及功率器件的渗透率逐步提升，市场空间有望快速增长。公司在半绝缘型衬底的销售规模与技术水平位居全球前列，正通过IPO募投项目进军导电型衬底市场，有望取得长足发展。我们预计2022-2024年公司实现收入7.15/12.10/15.71亿元，实现净利润1.18/1.61/2.39亿元，当前股价对应PS为58.5/34.6/26.6倍，首次覆盖给予“增持”评级。

● 第三代半导体材料给功率器件带来性能革新，市场快速增长可期

碳化硅属于第三代半导体材料，具有高临界磁场、高电子饱和速度与极高热导率等特点，以其作为衬底和外延材料制作成的功率器件适用于高压、高频、高温的应用场景，相较于硅器件，可以显著降低开关损耗。因此，碳化硅功率器件下游主要用于新能源光伏、新能源汽车等行业。采用碳化硅模块的主驱逆变器渗透率预计将不断提升，碳化硅功率器件与碳化硅衬底市场快速增长可期。

● 公司半绝缘型衬底技术和规模领先，开发导电型衬底进军功率器件大市场

公司在半绝缘衬底领域有深厚的技术积累，2011-2018年，公司将半绝缘型和导电型衬底的量产能力从2英寸扩展到6英寸，逐步缩小与海外龙头厂商差距。据Yole数据，2019年及2020年，公司已跻身半绝缘型碳化硅衬底市场的全球前三，技术水平和量产规模位居世界前列。此外，公司已成功掌握了导电型碳化硅衬底材料制备的技术和产业化能力。据公司招股书，公司6英寸导电型衬底产品指标与海外大厂接近。公司6英寸导电型产品已送样至多家国内外知名客户，并中标国家电网的采购计划，公司亦已启动8英寸导电型衬底研发工作。公司将投入20亿元IPO募集资金用于“碳化硅半导体材料项目”，发力导电型碳化硅衬底的研究和产业化，夯实自身技术与量产能力。

● **风险提示：** 公司导电型衬底开发及客户认证不及预期；下游通信、新能源汽车等行业发展增速不及预期；行业竞争加剧，利润率下滑。

财务摘要和估值指标

指标	2020A	2021A	2022E	2023E	2024E
营业收入(百万元)	425	494	715	1,210	1,571
YOY(%)	58.2	16.25	44.79	69.19	29.90
归母净利润(百万元)	-642	90	118	161	239
YOY(%)	-219.7	114.0	30.9	36.9	48.0
毛利率(%)	35.3	28.4	30.4	31.2	34.5
净利率(%)	-151.0	18.2	16.5	13.3	15.2
ROE(%)	-30.1	4.0	5.0	6.4	8.7
EPS(摊薄/元)	-1.49	0.21	0.27	0.38	0.56
P/E(倍)	-65.2	464.8	355.1	259.3	175.2
P/B(倍)	19.6	18.8	17.9	16.7	15.3

数据来源：聚源、开源证券研究所

目 录

1、 国产半绝缘碳化硅衬底龙头，进军导电型发力功率大市场.....	4
1.1、 自主研发结硕果，半绝缘型碳化硅衬底不断突破.....	4
1.2、 良率提升及规模扩大，助力财务指标不断改善.....	6
1.3、 募投发力导电型碳化硅衬底，进军功率半导体大市场.....	8
2、 碳化硅材料赋能功率和射频器件，带来性能升级.....	8
2.1、 碳化硅材料助力功率半导体器件性能腾飞.....	8
2.2、 SiC 衬底+GaN 外延大幅提升射频器件性能.....	11
3、 碳化硅衬底是最核心环节，海外企业占据先发优势.....	13
3.1、 碳化硅衬底制备难度高，行业技术进步明显.....	13
3.2、 海外碳化硅衬底尺寸逐步转向 8 寸，制备成本降低有望加快渗透.....	15
4、 公司立足绝缘型领先地位，发展导电型前景可期.....	18
4.1、 绝缘型衬底快速追赶，已成为全球市场主要供应商.....	18
4.2、 通过募投项目进军导电型衬底，斩获大订单前景可期.....	20
5、 盈利预测与投资建议.....	21
5.1、 核心假设.....	21
5.2、 盈利预测与投资建议.....	21
6、 风险提示.....	22
附：财务预测摘要.....	23

图表目录

图 1： 公司产品包括半绝缘型和导电型衬底.....	4
图 2： 董事长宗艳民持有公司 30.09%股权.....	4
图 3： 公司不断取得技术进步.....	5
图 4： 公司 2019 年全球市占率为 18%.....	5
图 5： 公司 2020 年全球市占率为 30%.....	5
图 6： 公司取得多项科研荣誉.....	6
图 7： 公司研发费用逐年增加.....	6
图 8： 公司 2021 年研发费用率超过贰陆公司.....	6
图 9： 公司总收入保持增长.....	7
图 10： 公司衬底产品销量不断提升.....	7
图 11： 公司产品良率提升明显.....	7
图 12： 公司主营业务毛利率较 2018 年提升明显.....	7
图 13： 公司毛利率在 2021 年同比下滑主要系其他业务拖累.....	8
图 14： 公司净利润在 2021 年扭亏为盈.....	8
图 15： SiC MOSFET 可做到更高的开关频率.....	9
图 16： SiC MOSFET 拥有更高的效率.....	9
图 17： SiC SBD 耐压和高频性能比硅基器件更优.....	9
图 18： SiC SBD 比 FRD 的反向恢复损耗显著降低.....	9
图 19： Rohm 的碳化硅功率模块使得逆变器的开关损耗大大减少.....	10
图 20： Rohm 的 SiC 功率模块使得逆变器的尺寸和重量大大减少.....	10
图 21： GaN HEMT 器件能实现高频和高功率.....	12

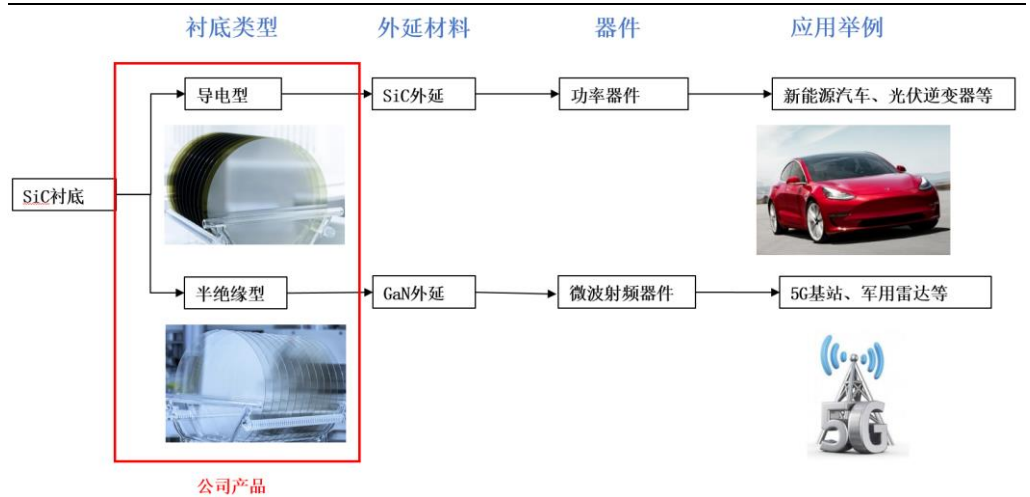
图 22: 2020 年衬底成本占碳化硅器件成本的 47%	13
图 23: 碳化硅衬底由高纯碳粉和硅粉制备而来	13
图 24: SiC 衬底主要通过 PVT 法制备	14
图 25: PVT 法制备时热场温度极高	14
图 26: 碳化硅衬底中含有多种晶体缺陷	14
图 27: TSD/TED/BPD 三种主要的衬底缺陷密度大幅降低	15
图 28: SiC 衬底在向大尺寸发展	16
图 29: 三代半功率器件售价下降趋势明显 (单位: 元/A)	17
图 30: 2021-2027 年全球 SiC 器件市场预计将保持快速增长	17
图 31: SiC 衬底约占 SiC MOSFET 器件成本的 30-40%	18
图 32: 通过不同的掺杂分别制造导电型和半绝缘型 SiC	19
图 33: 公司从 4 英寸进化到 6 英寸所用时间较短	19
表 1: 第三代半导体在高压、高频、高温环境下表现优异	8
表 2: SiC 模块在主驱逆变器中渗透率逐渐提升	11
表 3: GaN-on-SiC 主要用于射频器件制作	12
表 4: 碳化硅的表面缺陷会影响器件的电学性能	15
表 5: 海外厂商规划量产 8 英寸衬底	16
表 6: 国内厂商积极布局 8 英寸碳化硅衬底的研究	16
表 7: 公司 6 英寸半绝缘型衬底产品指标与海外大厂接近	19
表 8: 公司 6 英寸导电型衬底产品指标与海外大厂接近	20
表 9: 公司所在细分赛道增速更快, 估值高于可比公司	21

1、国产半绝缘碳化硅衬底龙头，进军导电型发力功率大市场

1.1、自主研发结硕果，半绝缘型碳化硅衬底不断突破

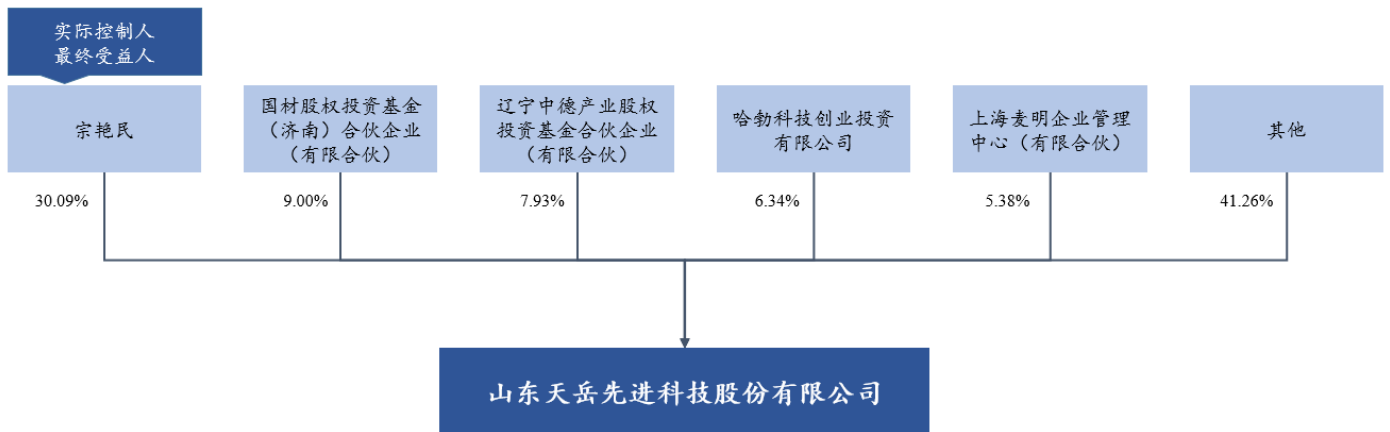
公司前身天岳有限成立于2010年，2020年11月天岳有限整体变更为股份有限公司，并于2021年12月登陆科创板上市。公司成立以来专注第三代半导体碳化硅衬底产业，主要产品包括碳化硅半绝缘型和导电型衬底。

图1：公司产品包括半绝缘型和导电型衬底

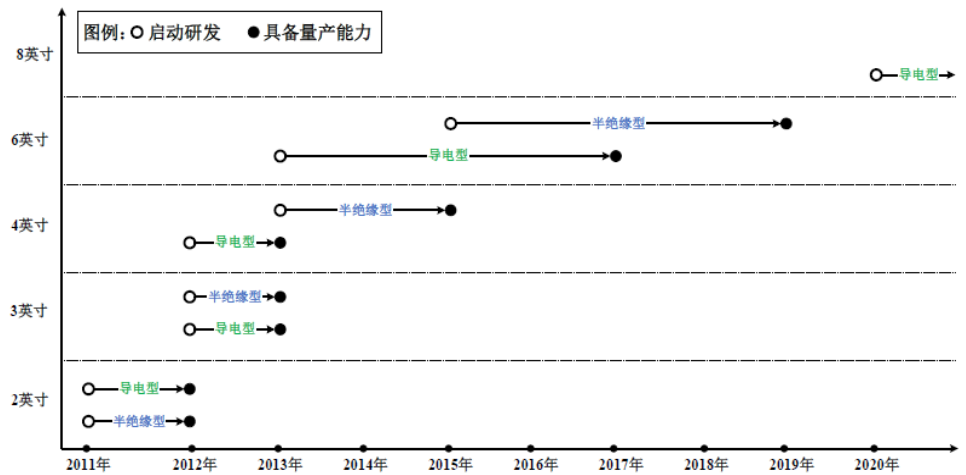


公司实控人为宗艳民，哈勃投资等产业力量入股。公司实控人为董事长宗艳民，持有公司30.09%的股权。华为通过哈勃投资，持有公司6.34%股权。

图2：董事长宗艳民持有公司30.09%股权

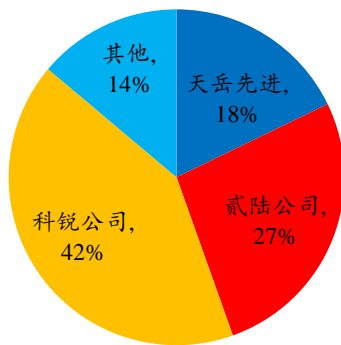


公司通过自主研发，不断提升技术水平和产品品质。2011-2018年，公司将半绝缘型和导电型衬底的量产能力从2英寸扩展到6英寸，逐步缩小与海外龙头厂商差距。目前公司已启动8英寸导电型衬底研发工作，有望借助IPO募投项目形成量产能力。

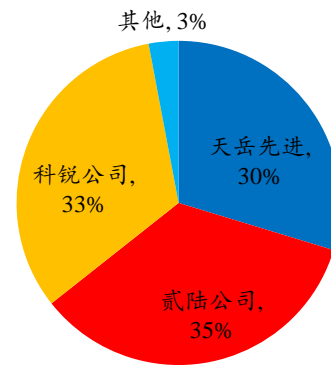
图3：公司不断取得技术进步


资料来源：公司招股书

公司半绝缘型衬底的研发和量产能力处于国际先进水平。半绝缘型碳化硅衬底上生长氮化镓外延，可用于制造 HEMT 等微波射频器件，应用于 5G 通讯设备、雷达等市场。由于半绝缘型衬底可用于有源相控阵雷达等军事应用，国外部分发达国家对我国实施技术封锁和产品禁运。2008 年，《瓦森纳协定》对半绝缘型碳化硅衬底材料进行了明确的限制。公司通过自主研发，实现半绝缘型碳化硅衬底的量产供货，实现了我国核心战略材料的自主可控，有力保障国内产品的供应。据 Yole 数据，2019 年及 2020 年，公司已跻身半绝缘型碳化硅衬底市场的全球前三，技术水平和量产能力位居世界前列。

图4：公司 2019 年全球市占率为 18%


数据来源：公司招股书、开源证券研究所

图5：公司 2020 年全球市占率为 30%


数据来源：公司招股书、开源证券研究所

公司深植研发基因，承担科研重任。宗艳民先生带领团队先后攻克原料提纯、碳化硅材料生长及缺陷控制、衬底加工等难题，实现 2-6 英寸宽禁带半导体材料研发或产业化。公司历年来承担了国家核高基重大专项、国家新一代宽带无线移动通信网重大专项、国家新材料专项、国家高技术研究发展计划项目、国家重大科技成果转化专项等多项国家和省部级项目。公司曾取得国家科学技术进步一等奖等荣誉，技术实力走在国内碳化硅衬底领域前列。

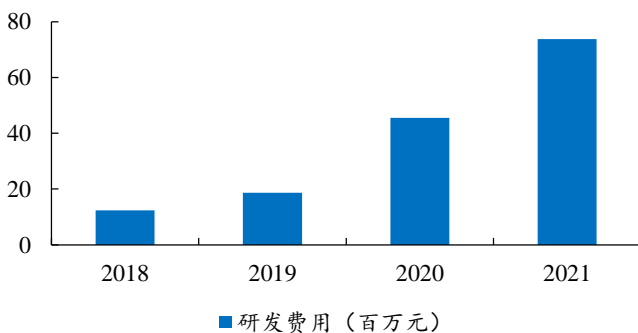
图6：公司取得多项科研荣誉

2014	获山东省技术发明一等奖
2017	获济南市科技进步一等奖
2018	被评为国家知识产权优势企业
2019	获国家科学技术进步一等奖
2020	获山东省科学技术进步一等奖
2021	评为国家制造业单项冠军示范企业 评为国家专精特新企业

资料来源：公司官网、开源证券研究所

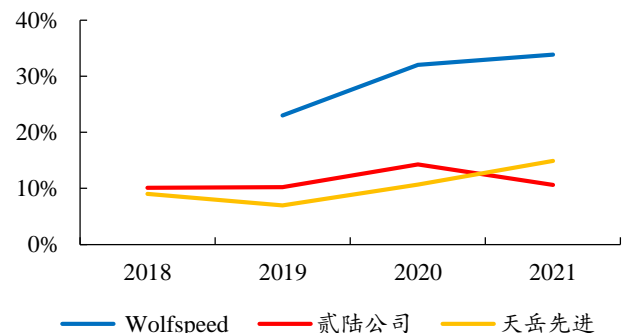
公司保持高强度研发投入，研发费用率较高。公司研发投入逐年加大，2021年研发费用投入7374万元，同比增长62.05%，主要系公司4英寸衬底项目在2018-2020年陆续结项，2021年的研发重点在6英寸及以上大尺寸项目。大尺寸项目耗用材料如石墨件及保温材料单价较高，造成研发材料投入增长较快，研发费用大幅增加。2021年公司研发费用率达14.93%，超过贰陆公司研发费用率，与Wolfspeed公司的研发费用率尚有一定差距。

图7：公司研发费用逐年增加



数据来源：Wind、开源证券研究所

图8：公司2021年研发费用率超过贰陆公司



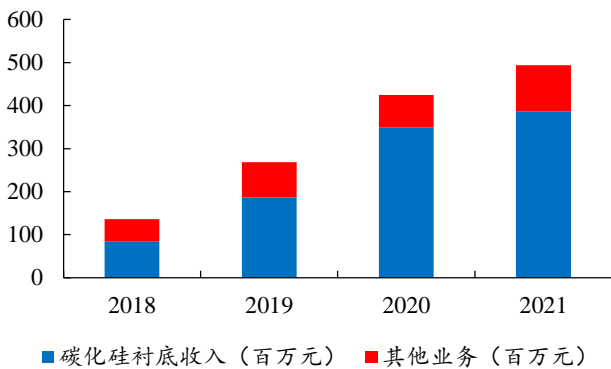
数据来源：Wind、开源证券研究所

1.2、良率提升及规模扩大，助力财务指标不断改善

公司主营业务收入占比提升，不合格衬底销售占比总体呈下降趋势。公司主营业务产品为半绝缘型和导电型衬底，其他业务产品主要为无法达到半导体级要求的晶棒、不合格衬底等。公司总营收不断提升，其中其他业务占比总体呈下降趋势，从2018年的37.55%下降到2021年的21.62%，显示出公司总体制造良率的不断提升。公司产品销量和销售规模不断提升，2021年公司销售收入达4.94亿元，衬底销售达57205片，同比增长47.19%。

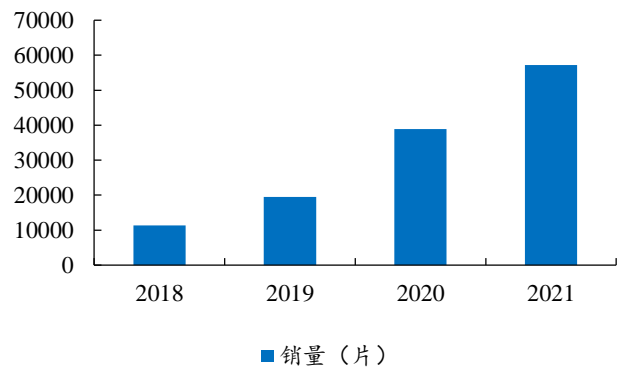
主营业务中半绝缘型衬底销售占比高。公司2021年上半年，公司半绝缘型衬底销售收入占主营业务收入比例达99.68%，导电型衬底销售额占比0.32%。

图9：公司总收入保持增长



数据来源：Wind、开源证券研究所

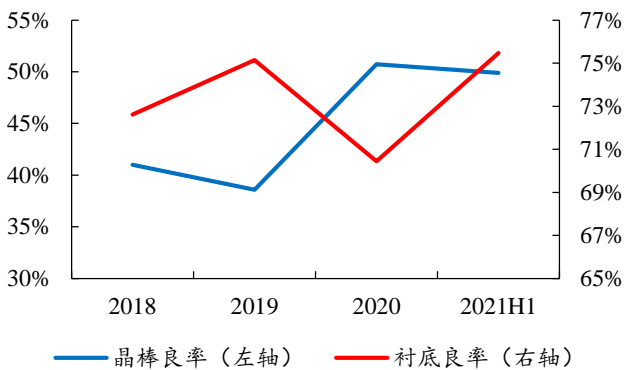
图10：公司衬底产品销量不断提升



数据来源：公司招股书、公司年报、开源证券研究所

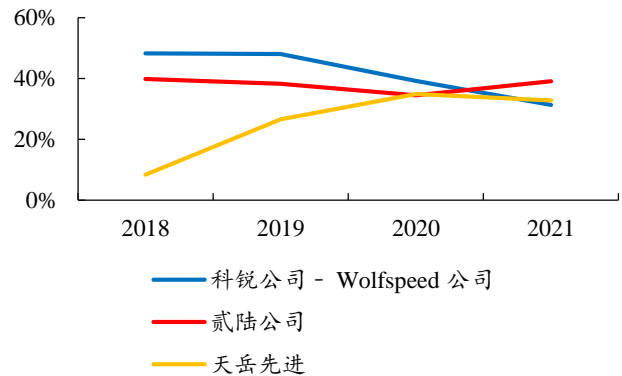
受益于销量提升带来的规模效应及良率提升，公司盈利能力显著提升。公司持续改进生长工艺，晶体生长周期下降，晶棒和衬底环节良率提升明显：晶棒良率由2018年的41%提升至2021年上半年的49.90%；衬底良率由2018年的72.61%提升至2021年上半年的75.47%。良率提升直接降低生产过程废品率，单位衬底分摊的成本下降，利润率提升明显。公司主营业务（半绝缘型衬底+导电型衬底）的毛利率由2018年的8.45%提升至2021年的32.83%，提升24.38个pct，已接近海外先进企业Wolfspeed及贰陆公司的毛利率水准。公司综合毛利率由2018年的25.57%提升至2021年的28.43%，提升2.86个pct。

图11：公司产品良率提升明显



数据来源：公司招股书、开源证券研究所

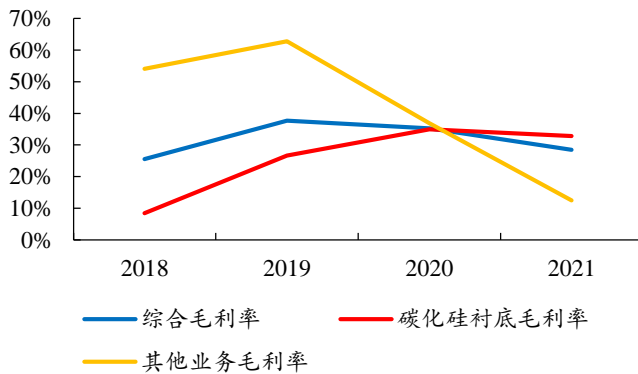
图12：公司主营业务毛利率较2018年提升明显



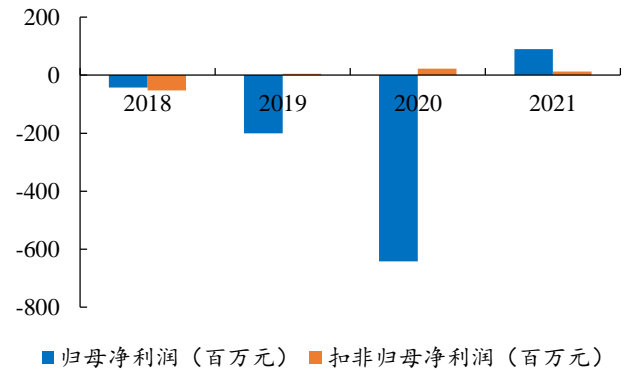
数据来源：Wind、开源证券研究所

2021年公司毛利率同比下降，主要受可用来制作成莫桑石的晶棒产品降价的影响。受市场宏观环境等因素影响，饰品类消费需求有所下滑，可用来制作成莫桑石的晶棒产品的毛利下滑；此外，公司产能向大尺寸及导电型产品切换，新产品短期内生产规模较小导致单位成本较半绝缘产品高，对毛利产生一定影响。

2021年公司扭亏为盈，实现8995万元的净利润。2019年-2020年公司尚未盈利主要系实施股权激励确认高额股份支付费用所致，扣非后2019-2020年均已实现盈利。

图13：公司毛利率在 2021 年同比下滑主要系其他业务拖累


数据来源：Wind、开源证券研究所

图14：公司净利润在 2021 年扭亏为盈


数据来源：Wind、开源证券研究所

1.3、募投发力导电型碳化硅衬底，进军功率半导体大市场

公司通过 IPO 募资将发力导电型碳化硅衬底的研发和产业化，进军市场空间更为广阔的功率半导体市场。公司在半绝缘型碳化硅衬底已积累了较为深厚的竞争优势，通过 IPO 募资 20 亿元投入导电型碳化硅衬底项目建设。

导电型碳化硅衬底用于制造 SiC MOSFET 及 SiC SBD 等功率半导体器件，广泛应用于新能源汽车及充电桩、新能源发电及储能、UPS 等市场，市场空间相较半绝缘型衬底更为广阔。

公司在导电型碳化硅衬底的制备技术上已有所积淀，公司作为 863 计划中导电型碳化硅衬底相关研究课题和《2013 年新材料研发及产业化专项项目》中导电型碳化硅衬底相关项目的牵头单位之一，已成功掌握导电型碳化硅衬底材料制备的技术和产业化能力，所制备的衬底正在电力电子领域客户中进行验证。公司有望借助上市募集资金，进一步夯实自身在导电型碳化硅衬底的技术实力，掘金宽禁带半导体在电力电子领域的广阔市场。

2、碳化硅材料赋能功率和射频器件，带来性能升级

2.1、碳化硅材料助力功率半导体器件性能腾飞

碳化硅属于第三代半导体材料，以其作为衬底和外延材料制作成的功率器件性能优异。碳化硅具有高临界磁场、高电子饱和速度与极高热导率等特点，使得其器件适用于高压、高频、高温的应用场景，相较于硅器件，可以显著降低开关损耗。因此，碳化硅可以制造高耐压、大功率的电力电子器件，下游主要用于新能源光伏、新能源汽车等行业。

表1：第三代半导体在高压、高频、高温环境下表现优异

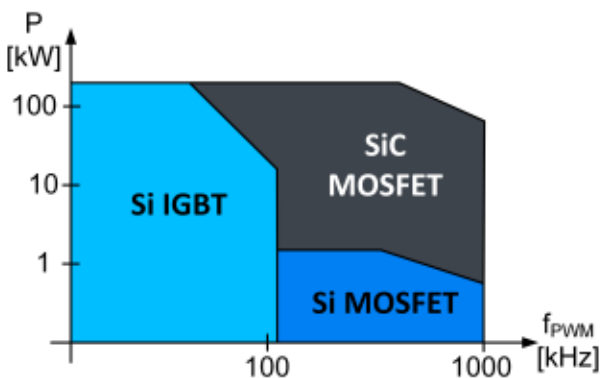
关键指标	第一代	第二代	第三代		指标含义
	Si	GaAs	GaN	SiC	
禁带宽度 (eV)	1.1	1.4	3.4	3.3	宽度越宽，耐压性越好。 第三代半导体：耐高压
电子饱和和漂移速度	1.0	1.0	2.7	2.2	漂移速度越大，高频性能

	(10^7cm/s)				越好。
					第三代半导体：高频控制
热导率 (W/cm·k)	1.5	0.5	1.3	4.9	热导率越高，散热越快。
					第三代半导体：散热快
主要应用	集成电路	微波射频器件	微波射频器件	功率器件	

资料来源：与非网、开源证券研究所

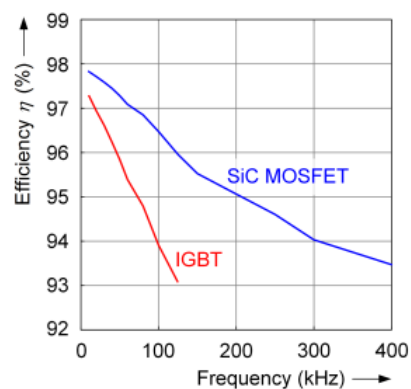
以碳化硅衬底材料制作的功率半导体器件主要有 SiC MOSFET 和 SiC SBD。SiC MOSFET 是一种功率开关器件，其与硅基 IGBT 电压等级、功率输出范围相近，其开关频率更高，并且在相同开关频率下损耗更小。

图15: SiC MOSFET 可做到更高的开关频率



资料来源：Nitzsche M, Cheshire C, Fischer M, et al. Comprehensive comparison of a SiC MOSFET and Si IGBT based inverter.2019

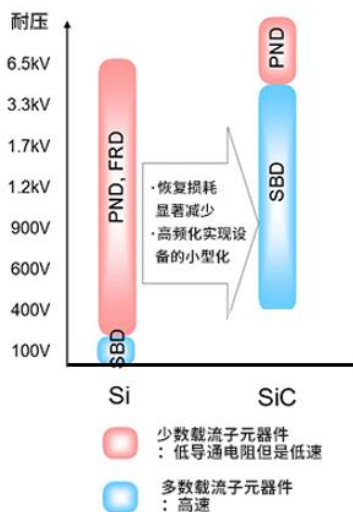
图16: SiC MOSFET 拥有更高的效率



资料来源：Nitzsche M, Cheshire C, Fischer M, et al. Comprehensive comparison of a SiC MOSFET and Si IGBT based inverter.2019

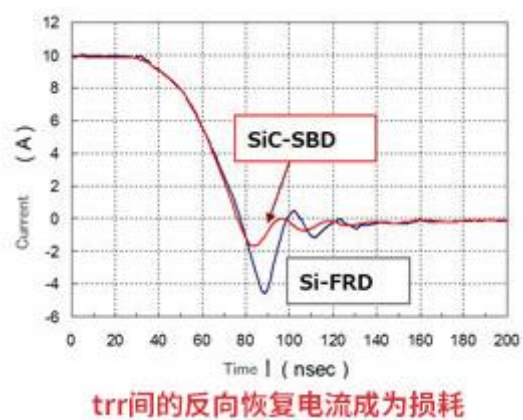
SBD 是肖特基二极管，常用于高频整流等场景。在采用碳化硅衬底材料制作 SBD 以后，其绝缘击穿场强大幅提升，因此其耐压性能大幅提升。与硅基 PND/FRD 相比 Err (恢复损耗) 显著降低，开关频率也可提高。因此可使用小型变压器和电容器，有助于设备小型化。

图17: SiC SBD 耐压和高频性能比硅基器件更优



资料来源：罗姆 R 课堂

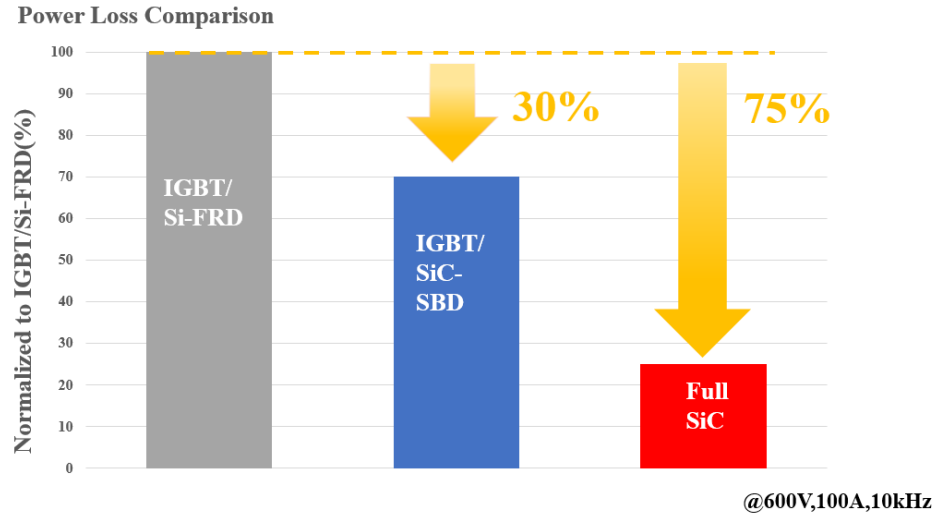
图18: SiC SBD 比 FRD 的反向恢复损耗显著降低



资料来源：罗姆 R 课堂

以新能源汽车应用为例，碳化硅器件的性能优势将给主驱逆变器、OBC 等设备带来全方位的性能提升。采用碳化硅的功率模块与硅基 IGBT 功率模块相比，可大幅减少开关损失，给新能源汽车电驱系统带来直接的效率提升，进而减少电力损失，增加新能源汽车的续航能力。采用 Rohm 全碳化硅模块的逆变器相对于采用硅基功率模块的逆变器减少了 75% 的开关损失。

图19: Rohm 的碳化硅功率模块使得逆变器的开关损耗大大减少



资料来源: Techweb

在相同功率等级下，全碳化硅模块的封装尺寸显著小于 Si 模块。碳化硅用在车用逆变器上，能够大幅度降低逆变器尺寸及重量，做到轻量化。以 Rohm 给全球顶级电动方程式赛车 Formula E 提供的全碳化硅功率模块为例，该模块使得逆变器的重量减少了 6 千克，尺寸缩小了 43%。

图20: Rohm 的 SiC 功率模块使得逆变器的尺寸和重量大大减少



资料来源: Techweb

由于 SiC MOSFET 的优异特性，主要汽车厂商积极布局，采用碳化硅模块的主驱逆变器渗透率预计将不断提升。此外，碳化硅器件在车载 OBC、DC/DC 等系统也已开启渗透。新能源汽车渗透普及亟需解决的问题就是提高充电效率、缩短充电时间，高压快充日渐普及，对 OBC 所用功率半导体的性能和稳定性要求也越来越高，因此 SiC MOSFET 已经开启了 OBC 领域的渗透。

表2: SiC 模块在主驱逆变器中渗透率逐渐提升

Model / Platform	OEM / Tier 1	Inverter Tech	Release Year
Lucid Air	Lucid Motors	SiC MOSFET	2021
e-platform 3.0	BYD	SiC MOSFET	2022
Renault		SiC MOSFET	2025/2026
E-GMP	Hyundai	SiC MOSFET	2021
Taycan	Porsche	Si IGBT	2020
Ultium	GM	SiC MOSFET	2022
e-tron GT	Audi	SiC MOSFET	2021
Mach E	Ford	SiC MOSFET(Rear only)	2021
Modular eDrive KiT	ZF	SiC MOSFET	
Mirai(FCEV)	Toyota	SiC MOSFET	2020
3	Tesla	SiC MOSFET	2018
Y	Tesla	SiC MOSFET	2020
S(2021)	Tesla	SiC MOSFET	2021
X(2021)	Tesla	SiC MOSFET	2021
极氪 001	吉利	SiC MOSFET	2021
阿尔法 S Hi 版	北汽极狐、华为	SiC MOSFET	2021
全栈动力域高压平台	华为	SiC MOSFET	2021
悍马 EV	通用 GMC	SiC MOSFET	2023
理想	理想	SiC MOSFET	2023
Trinity	大众	SiC MOSFET	2026
MMA	奔驰	SiC MOSFET	2025
汉	比亚迪	SiC MOSFET	2020
EV6	起亚	SiC MOSFET	2021
IONIQ 5	现代	SiC MOSFET	2021
G9	小鹏	SiC MOSFET	2022
机甲龙	长城	SiC MOSFET	2021
AION Y	广汽埃安	SiC MOSFET	2021
	零跑汽车	SiC MOSFET	2023
岚图 FREE	东风岚图	SiC MOSFET	2021
ET7	蔚来	SiC MOSFET	2021
ET5	蔚来	SiC MOSFET	2022

资料来源: IDTechEx、开源证券研究所

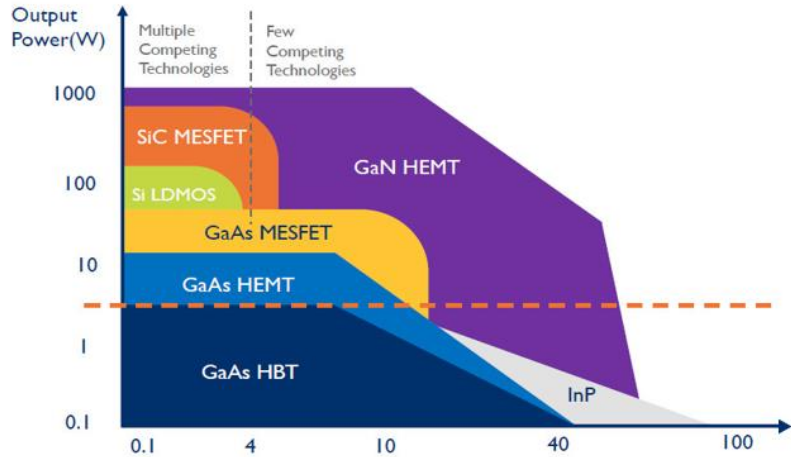
2.2、SiC 衬底+GaN 外延大幅提升射频器件性能

射频功率放大器是无线发射机的重要组成部分,在发射机的前级电路中,调制振荡电路所产生的射频信号功率很小,需要经过一系列的功率放大,获得足够的射频功率以后,才能馈送到天线上辐射出去。

GaN HEMT 是新一代射频功率放大器。相较于硅材料, GaN 材料具备更高的耐压强度,击穿场强大约是硅的 10 倍。此外,在逐渐提升电压的情况下,作为峰值电子速度的饱和电子速度也达到了硅的 2 倍以上。因此 GaN 射频器件优点在于可高电压运行,且易实现高效运行。相较于硅基器件(Si LDMOS)和第二代半导体砷化镓(GaAs)器件, GaN HEMT 在基站端更能有效满足 5G 的高功率、高通频段和高

效率等要求。

图21: GaN HEMT 器件能实现高频和高功率



资料来源: Yole

不同于 Si 和 SiC 芯片, GaN 的外延片通常用的是异质衬底, 例如蓝宝石、碳化硅、硅等。相对于常规半导体材料, GaN 单晶的生长进展缓慢, 晶体尺寸小且成本高, 使得 GaN 单晶衬底及同质外延器件的发展落后于基于异质外延器件的应用。

表3: GaN-on-SiC 主要用于射频器件制作

优点	缺点	应用
GaN-on-SiC 与 GaN 晶格失配较小; 导电、热导率高; 可靠性和使用寿命更好;	成本明显高于 GaN-on-Si; SiC 折射率较大、缺陷密度高、热失配较大; 外延生长前需要对衬底做表面处理; 受限于 SiC 衬底尺寸, 8 英寸还未开始推广;	广泛应用于 5G 基站、国防领域 射频前端的功率放大器; 今后会向功率应用方向迈进; 电动车应用(OBC、DC/DC 等);
GaN-on-Si 性能优于硅基 LDMOS; 成本相对较低, 生长速度较快, 可制作大尺寸外延片; 良好导电性、导热性和热稳定性;	性能略逊色于 SiC 基底器件; Si 与 GaN 热失配和晶格失配很大; 质量水平显著低于 SiC 基底; 质量中最大的问题是可靠性; 良率仅为 60%;	小功率射频, 中小功率器件;
GaN-on-Sapphire 蓝宝石化学稳定性好, 可用于高温生长, 透光, 技术成熟; 器件质量、稳定性都好; 机械强度高, 易于处理和清洗;	与 GaN 晶格失配和热失配大; 不导电、倒装焊工艺复杂、价格较昂贵且导热性能差; 无法应用到射频和功率领域;	广泛应用于 LED 产业, 主流为 4 英寸。

资料来源: 半导体行业观察公众号、开源证券研究所

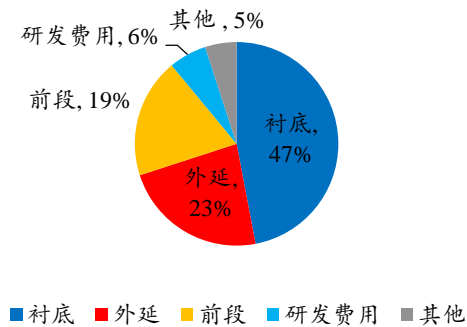
SiC 衬底上外延生长 GaN 材料结合了 SiC 优异的导热性和 GaN 的高功率密度和低损耗的能力。与 Si 衬底相比, SiC 衬底上的器件可以在高电压和高漏极电流下运行, 结温将随射频功率而缓慢升高, 因此射频性能更好, 是射频应用的合适材料。

3、碳化硅衬底是最核心环节，海外企业占据先发优势

3.1、碳化硅衬底制备难度高，行业技术进步明显

据前瞻产业研究院数据，2020年衬底成本占据碳化硅器件成本的47%，其成本高企、产量低是现阶段限制三代半器件快速渗透普及的主要因素。

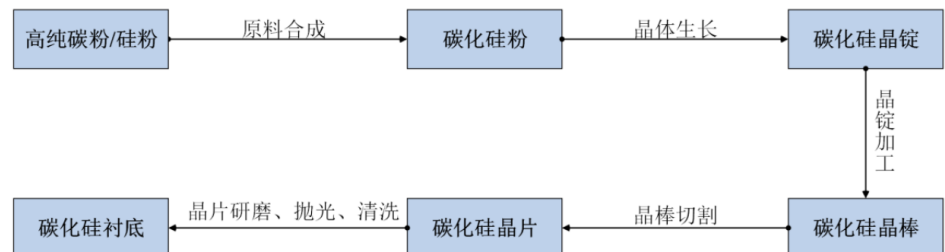
图22：2020年衬底成本占碳化硅器件成本的47%



数据来源：前瞻产业研究院、开源证券研究所

碳化硅衬底的制造需经过原料合成、晶体生长、晶锭加工、晶棒切割及晶片研磨、抛光、清洗的步骤，其中晶体生长是难度最大、良率最低的环节。

图23：碳化硅衬底由高纯碳粉和硅粉制备而来



资料来源：公司招股书

不同于硅基材料，碳化硅材料无法用熔体提拉法制备，主要是因为现有的实验条件所能达到的压力条件下，碳化硅没有熔点，只是在1800℃以上时升华为气态。因此现有碳化硅单晶的制备常使用PVT（物理气相传输）法。该方法通过感应加热的方式在密闭生长腔室内在2300℃以上高温、接近真空的低压下加热碳化硅粉料，使其升华产生包含Si、Si₂C、SiC₂等不同气相组分的反应气体，通过固-气反应产生碳化硅单晶反应源。

为了避免无序的气相结晶形成多晶态碳化硅，生长腔室顶部设置有碳化硅籽晶，运输至籽晶处的气相组分在气相组组分过饱和的驱动下在籽晶表面原子沉积，生长为与籽晶晶格一致的碳化硅单晶。

图24: SiC 衬底主要通过 PVT 法制备

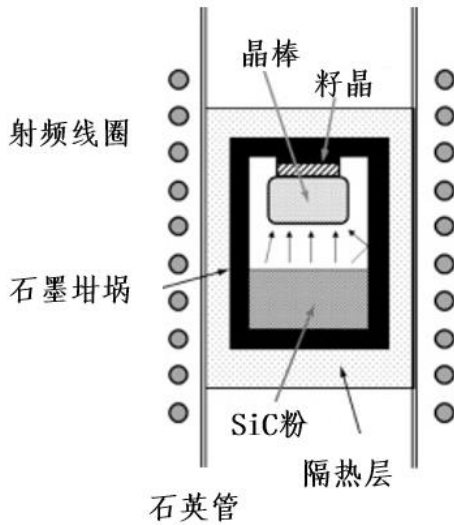


图25: PVT 法制备时热场温度极高

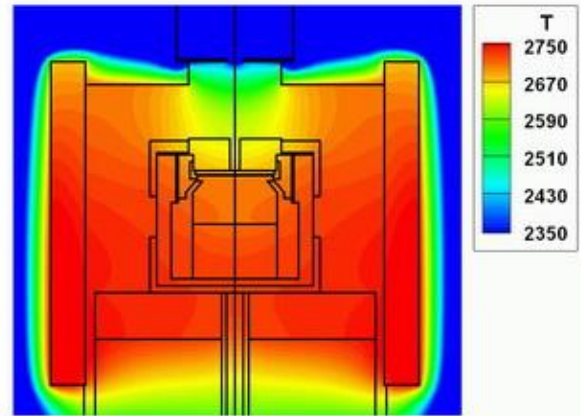


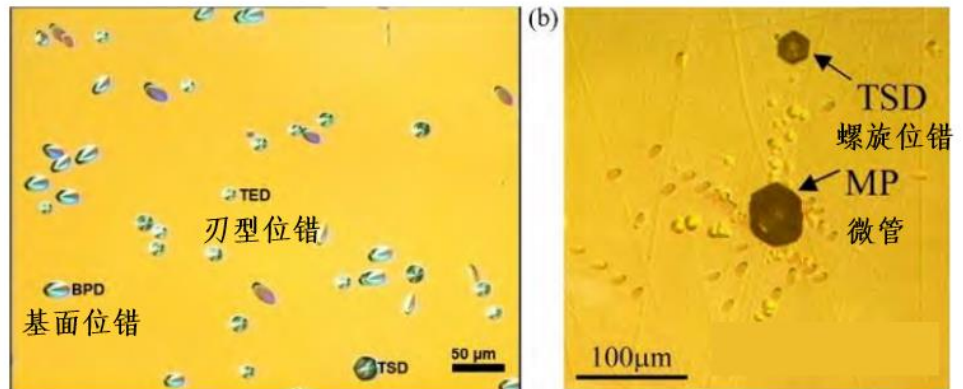
Fig.2. A typical temperature distribution in the growth system.

资料来源: Matthias Bickermann, Tania Paskova, in Handbook of Crystal Growth: Bulk Crystal Growth (Second Edition), 2015

资料来源: softIMPACT 官网

作为现阶段最为成熟的制备碳化硅方法，PVT 法仍会产生较多结晶缺陷拉低生产良率，此外该方法生长速度慢，导致碳化硅衬底量产成本高企。PVT 法不可实施监控，相当于黑匣子操作。碳化硅单晶在其结晶取向上的不同密排结构存在多种原子连接键合方式，从而形成 200 多种碳化硅同质异构体的晶型，极易发生不同晶型之间的转化，导致生长出来的晶体晶型杂乱、结晶缺陷多，质量难以提高。此外该方法生长速度较慢，硅单晶的生长速度约为 300mm/h，碳化硅单晶的生长速度约为 400 μm/h，两者相差近 800 倍，规模化生产效率低。

图26: 碳化硅衬底中含有多种晶体缺陷



资料来源: 开翠红等, 基于碳化硅衬底的宽禁带半导体外延, 《人工晶体学报》, 2021

碳化硅晶锭和衬底片中均含有多种晶体缺陷,如堆垛层错(SF)、微管(Micropipe)、贯穿螺型位错(TSD)、贯穿刃型位错(TED)、基平面位错(BPD)等等。在外延生长过程中,衬底中的TSD约98%转化为TSD,其余转换为Frank SFs;TED则100%转化为TED;BPD约95%转化为TED,少量维持BPD。

TSD 和 TED 基本不影响最终的碳化硅器件的性能,而 BPD 会引发器件性能的退化,因此人们对 BPD 的关注度比较高。堆垛层错,胡萝卜缺陷,三角形缺陷,掉落物等缺陷一旦出现在器件上,即会导致器件测试失败,致使良率降低。

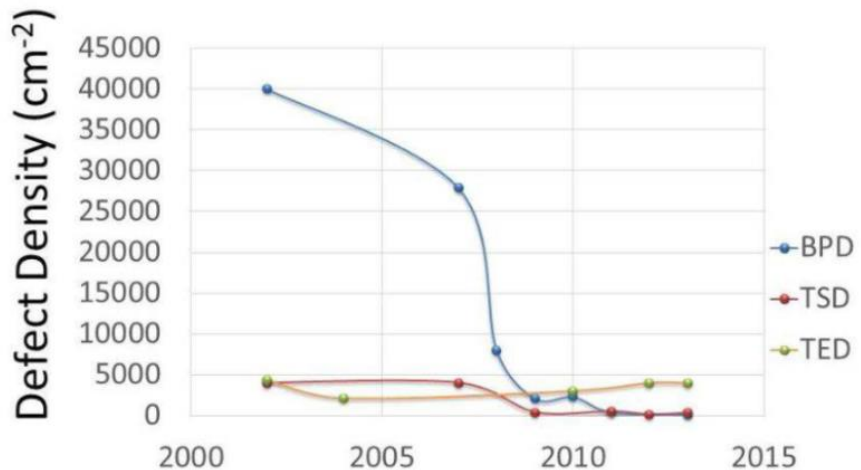
表4: 碳化硅的表面缺陷会影响器件的电学性能

缺陷/器件	SBD	MOSFET, JFET	pin, BJT, 晶闸管, IGBT
TSD (无蚀坑)	无	无	无, 但会引发局部载流子寿命降低
TSD (无蚀坑)	无	无	无, 但会引发局部载流子寿命降低
BPD (包括界面位错、半环阵列)	无, 但会引发 MPS 二极管退化	无, 但会引发体二极管退化	双击退化 (导通电阻及漏电流增加)
内生堆垛层错	VB 降低 (20%~50%)	VB 降低 (20%~50%)	VB 降低 (20%~50%)
胡萝卜缺陷、三角形缺陷	VB 降低 (30%~70%)	VB 降低 (30%~70%)	VB 降低 (30%~70%)
掉落物缺陷	VB 降低 (50%~90%)	VB 降低 (50%~90%)	VB 降低 (50%~90%)

资料来源: 基本半导体官网、开源证券研究所

目前微管缺陷已在业界被较好地控制, 天岳先进的微管密度也已降低至 0.5cm^{-2} 以下, 达到国际先进水平。TSD/TED/BPD 三种主要的缺陷仍是影响碳化硅衬底良率的主要因素, 其密度在过去大幅降低, 使得碳化硅衬底的大规模产业化成为可能。

图27: TSD/TED/BPD 三种主要的衬底缺陷密度大幅降低

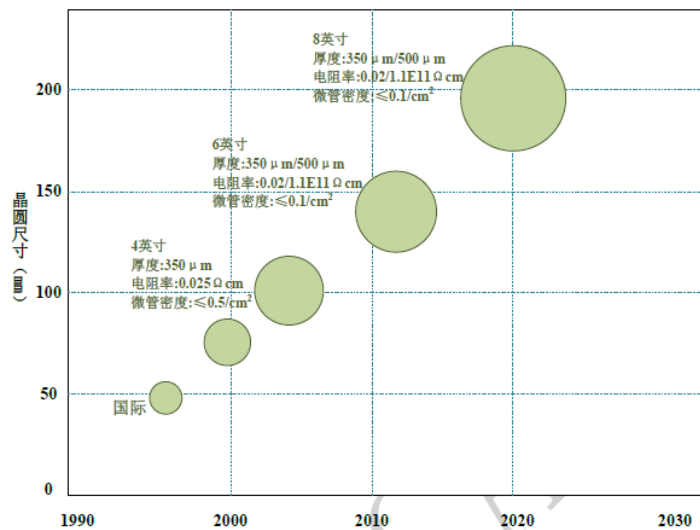


资料来源: Krishna Shenai, et al, In-Situ Characterization of Defect Dynamics in 4H-SiC Power Diodes under High-Voltage Stressing. 2015

除了前道长晶环节, 碳化硅的后道切、磨、抛相对单晶硅材料亦有更高的加工难度。碳化硅晶体的莫氏硬度为 9.2, 稍次于金刚石, 目前主要用金刚石磨料对碳化硅晶体进行切割、研磨和机械抛光。经过金刚石加工的碳化硅衬底表面存在加工损伤层, 该层将直接影响衬底外延层的质量, 进而影响器件性能。此外, 由于碳化硅硬度接近金刚石, 衬底后道加工时间长, 导致加工后的衬底翘曲度和总厚度变化偏大。

3.2、海外碳化硅衬底尺寸逐步转向 8 寸, 制备成本降低有望加快渗透

大尺寸是碳化硅衬底制备技术的重要发展方向。衬底尺寸越大, 单位衬底可制造的芯片数量越多、单位芯片成本越低。衬底的尺寸越大, 边缘的浪费就越小, 有利于进一步降低芯片的成本。

图28: SiC 衬底在向大尺寸发展


资料来源: CASA 《第三代半导体产业发展报告》, 2020

当前全球市场上, 6英寸碳化硅衬底已经实现商业化, 海外主流几家大厂商推出8英寸衬底样品。随着6英寸碳化硅单晶衬底和外延晶片的缺陷降低和质量提高、8英寸产线有望逐步实现规模化生产, 碳化硅器件制造成本将持续下降, 推进碳化硅器件和模块的加速渗透。

表5: 海外厂商规划量产8英寸衬底

国际厂商	规划
三菱电机	计划制造8英寸SiC衬底
意法半导体	在意大利的卡塔尼亚建立新基地生产Norstel研发的8英寸SiC衬底, 目标是到2024年实现40%碳化硅衬底的自主供应
罗姆	2015年, 展示了8英寸SiC衬底; 罗姆将在2025年正式批量生产8英寸SiC产品
II-VI	2015年7月, II-VI展示了8英寸导电型SiC衬底, 2019年又推出了半绝缘8英寸SiC衬底。未来5年内, 将SiC衬底的生产能力提高5至10倍, 其中包括量产8英寸衬底
Wolfspeed	将于2024年量产8英寸碳化硅等产品
Soitec	Soitec将新建2家工厂, 其中一家工厂将生产6英寸和8英寸SiC晶圆, 该厂将在2022年3月前开始建设, 以便在2023/2024财年投入使用
住友矿山	将考虑开发量产效率更高的8英寸晶圆, 并在海外建设生产基地
昭和电工、Mipox、中央玻璃株式会社	由昭和电工、Mipox、中央玻璃株式会社共同承接“8寸SiC衬底”项目, 项目总预算约为258亿日元

资料来源: 各公司官网、第三代半导体风向公众号、开源证券研究所

相比之下, 国内企业在大尺寸碳化硅衬底的量产进度上仍与海外龙头企业有较大差距。目前国内碳化硅衬底出货以4英寸为主, 部分企业具备6英寸碳化硅衬底的量产能力, 8英寸基本处于研发阶段。

表6: 国内厂商积极布局8英寸碳化硅衬底研发

国内厂商	规划
天岳先进	已实现6英寸半绝缘型和导电型的量产, 8英寸导电型衬底进入研发阶段
烁科晶体	完全掌握4-6英寸衬底片“切、磨、抛”工艺, 同时8英寸衬底片已经研发成功, 实现了8英寸N型碳化硅抛光片小批量生产
天科合达	2020年启动了8英寸SiC晶片的研发。

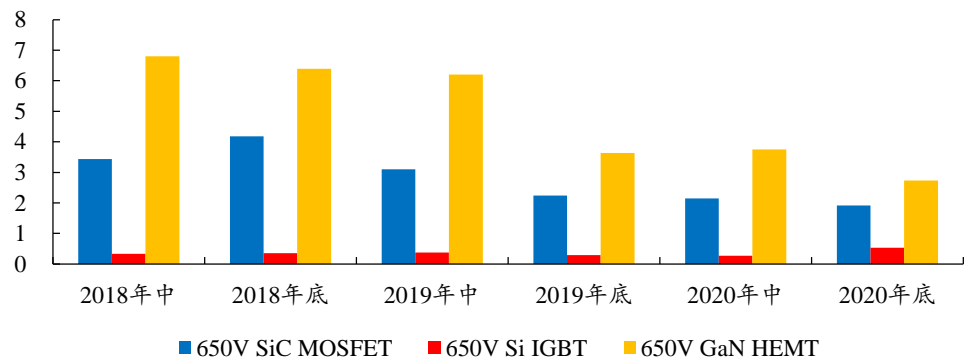
请务必参阅正文后面的信息披露和法律声明

国内厂商	规划
露笑科技	2021 年推进 8 英寸 SiC 衬底片的技术研发工作。公司联手合肥地方国资，拟分三期投资合计 100 亿元，分阶段实现 6 英寸及 8 英寸导电型碳化硅衬底晶片及外延晶片大规模量产。
超芯星	专注 6-8 英寸碳化硅衬底产品，拥有 2 条技术路线并且已经取得产业化突破
科友半导体	已完成 6 英寸第三代半导体衬底制备，正在进行 8 英寸研制

资料来源：各公司官网、第三代半导体风向公众号、开源证券研究所

据 CASA 统计，随着碳化硅衬底的成本不断降低，碳化硅、氮化镓器件的价格近几年亦实现快速下降，2020 年较 2017 年下降了 50% 以上，主流产品与硅基器件的价差也在持续缩小，基本已达到 4 倍以内。考虑系统成本的节省和能耗因素，应用碳化硅及氮化镓器件的模组已经有一定的竞争力。

图29：三代半功率器件售价下降趋势明显（单位：元/A）



数据来源：CASA、开源证券研究所

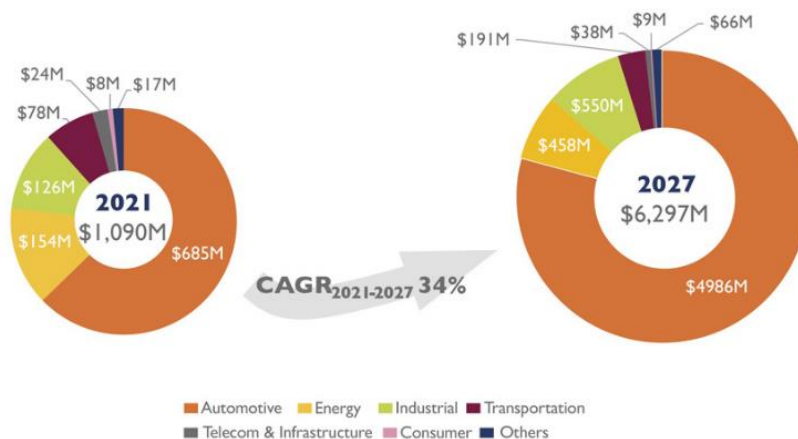
新能源汽车市场及新能源发电市场保持较高增速，碳化硅衬底市场有望随碳化硅器件的不断导入而取得蓬勃发展，市场空间广阔。

根据 Yole 测算，仅碳化硅器件中的功率器件的市场规模将从 2021 年的 10.90 亿美金增长至 2027 年的 62.97 亿美金，复合年增长率约 34%。

图30：2021-2027 年全球 SiC 器件市场预计将保持快速增长

2021-2027 power SiC market devices split by segment

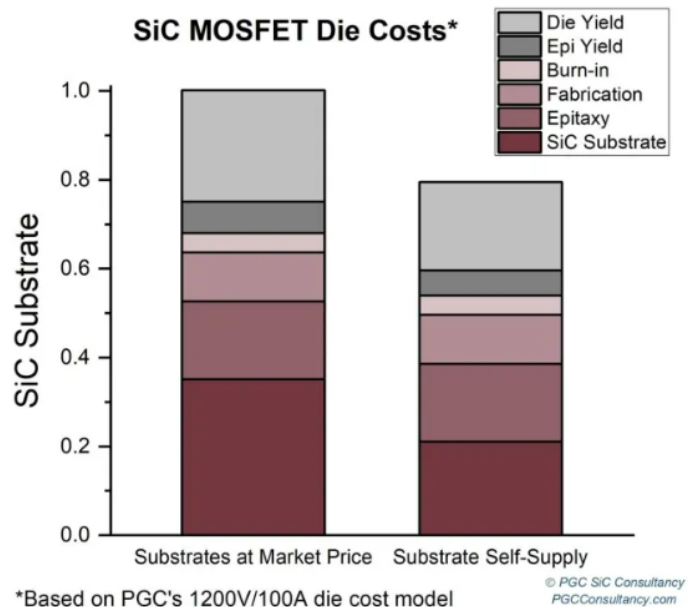
(Source: Power SiC 2022 report, Yole Développement, 2022)



资料来源：Yole

根据 PGC 数据，若器件厂商外采衬底进行晶圆制造，碳化硅衬底约占 SiC MOSFET 器件成本的 30%-40%。据此计算，2027 年 62.97 亿美金的碳化硅功率器件市场中，导电型碳化硅衬底市场规模约为 19-25 亿美金。

图31: SiC 衬底约占 SiC MOSFET 器件成本的 30-40%



资料来源: PGC Consultancy

4、公司立足绝缘型领先地位，发展导电型前景可期

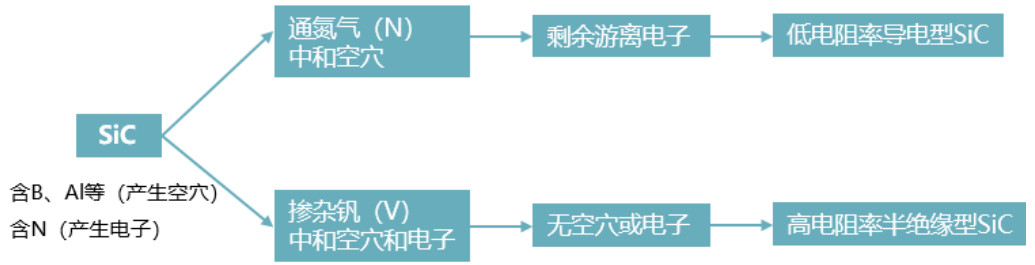
4.1、绝缘型衬底快速追赶，已成为全球市场主要供应商

半绝缘型衬底和导电型衬底的区别主要在于电阻率。N 型导电的碳化硅衬底，其电阻率小于 $0.03 \Omega \cdot \text{cm}$ ，主要用于同质碳化硅外延制备电力电子器件。半绝缘型碳化硅衬底电阻率大于 $10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ ，用于异质生长氮化镓外延制备射频器件。

在常温下，碳化硅是一种半导体，随着温度升高而有所减少，也随晶杂质的种类和数量而变化。PVT 法制备时碳化硅粉料中一般含有极微量的氮 (N)，硼 (B)、铝 (Al)、铁 (Fe) 等杂质，其中氮是 n 型掺杂剂，在碳化硅中产生游离的电子，硼、铝是 p 型掺杂剂，产生游离的空穴。

在制备导电型碳化硅衬底，需在晶体生长时通入氮气，让其产生的电子中和掉硼、铝产生的空穴，另外的游离电子使碳化硅表现为 n 型导电；在制备半绝缘型碳化硅衬底时，需要加入钒 (V) 杂质，钒既可以产生电子，也可以产生空穴，其产生的电子中和掉硼、铝产生的空穴，其产生的空穴中和掉氮产生的电子，所生长的碳化硅几乎没有游离的电子或空穴，形成高电阻率的半绝缘型碳化硅晶体。

图32：通过不同的掺杂分别制造导电型和半绝缘型 SiC

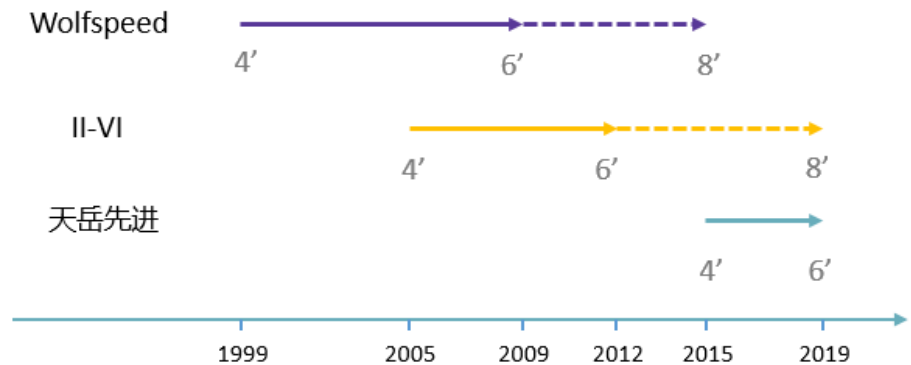


资料来源：中关村天合宽禁带半导体技术创新联盟、开源证券研究所

由于掺杂工艺复杂，半绝缘碳化硅制备难度大、成本高。山东大学是国内在半绝缘型碳化硅衬底的制备探索较早的单位，2007年，在国家“863”计划支持下，山东大学晶体材料国家重点实验室在2000°C高温和真空的环境下，成功生长出3英寸碳化硅单晶。公司早期与山东大学进行相关产业化合作项目，取得相关技术借鉴，并通过自主研发，逐步缩小绝缘型衬底与海外大厂的技术指标差距。

公司从4英寸到6英寸半绝缘型衬底的量产能力演进用时短于海外龙头。2020年公司开始进行8英寸晶体及衬底相关研发工作，现阶段量产衬底尺寸以4英寸为主，与海外龙头厂商尚存一定差距。

图33：公司从4英寸进化到6英寸所用时间较短



资料来源：公司招股书、开源证券研究所

据公司招股说明书，公司6英寸半绝缘型衬底微管密度、多型面积、电阻率范围等主要性能指标均与Wolfspeed等公司产品接近或更优。

表7：公司6英寸半绝缘型衬底产品指标与海外大厂接近

产品性能	天岳先进	科锐公司	贰陆公司	天科合达
直径	150.0mm ±0.2mm	150.0mm ±0.25mm	未披露	150.0mm +0.0/-0.5mm
微管密度	≤0.5cm ⁻²	未披露	<0.1cm ⁻²	≤5cm ⁻²
多型面积	不允许	≤5% (面积)	未披露	不允许
电阻率范围	≥1×10 ⁸ Ω·cm	≥1×10 ⁶ Ω·cm	≥1×10 ¹¹ Ω·cm	≥1×10 ⁹ Ω·cm
总厚度变化	≤10μm	≤10μm	未披露	≤6μm
弯曲度	≤25μm	未披露	未披露	≤30μm

(绝对值)				
翘曲度	≤40 μm	≤40 μm	未披露	≤40 μm
表面粗糙度	Ra≤0.2nm	未披露	Ra≤0.5nm	Ra≤0.2nm

数据来源：公司招股书、开源证券研究所

在半绝缘领域，公司产品批量且稳定地供应给通信行业领先企业，用于其新一代信息通信射频器件的制造，并借此在 2020 年占据全球 30% 的市场份额，说明公司已成为全球半绝缘碳化硅衬底主要供应商之一。

4.2、通过募投项目进军导电型衬底，斩获大订单前景可期

公司在导电型碳化硅衬底的制备技术上已有所积淀。公司分别作为“863”计划新材料技术领域导电型碳化硅衬底相关研究课题和《2013 年新材料研发及产业化专项项目》中导电型碳化硅衬底相关项目的牵头单位之一，已成功掌握了导电型碳化硅衬底材料制备的技术和产业化能力。据公司招股书，公司 6 英寸导电型衬底产品指标与海外大厂接近。公司 6 英寸导电型产品已送样至多家国内外知名客户，并中标国家电网的采购计划。

表8：公司 6 英寸导电型衬底产品指标与海外大厂接近

产品性能	天岳先进	科锐公司	贰陆公司	天科合达
直径	150.0mm ±0.2mm	150.0mm ±0.25mm	未披露	150.0mm +0.0/-0.5mm
微管密度	≤0.5	<1	<0.1	≤2
多型面积	不允许	≤5% (面积)	未披露	不允许
电阻率范围	0.015-0.025 Ω·cm	0.015-0.028 Ω·cm	约 0.02 Ω·cm	0.015-0.025 Ω·cm
总厚度变化	≤10 μm	≤10 μm	未披露	≤6 μm
弯曲度 (绝对值)	≤25 μm	未披露	未披露	≤30 μm
翘曲度	≤40 μm	≤40 μm	未披露	≤40 μm
表面粗糙度	Ra≤0.2nm	未披露	Ra≤0.5nm	Ra≤0.2nm

数据来源：公司招股书、开源证券研究所

公司通过 IPO 募集资金 25 亿元，并将投入 20 亿元用于“碳化硅半导体材料项目”，发力导电型碳化硅衬底的研究和产业化。

据公司 2021 年报，公司募投项目“碳化硅半导体材料项目”已在上海临港正式开工建设。该项目纳入国家布局，且被上海市政府列为 2021 年、2022 年上海市重大建设项目。项目主要用于生产 6 英寸导电型碳化硅衬底材料，满足下游电动汽车、新能源并网、智能电网、储能、开关电源等碳化硅电力电子器件应用领域的广泛需求。项目预计 2022 年三季度实现一期项目投产，并计划于 2026 年达产，达产后将新增碳化硅衬底材料产能约 30 万片/年。

公司导电型碳化硅衬底已收获大订单，产业化落地成果已显。据公司 2022 年 7 月 21 日公告：2023 年至 2025 年，公司及公司全资子公司上海天岳将向客户 E 销售 6 英寸导电型碳化硅衬底产品，按照合同约定年度基准单价测算（美元兑人民币汇率以 6.7 折算），预计含税销售三年合计金额为人民币 13.93 亿元。随着公司“碳化硅半导体材料项目”产能逐步建设爬坡，公司有望深度受益导电型碳化硅衬底市场的

快速增长，实现销售规模与综合实力的长足发展。

5、盈利预测与投资建议

5.1、核心假设

- (1) 公司通过 IPO 募投项目发力导电型碳化硅衬底，有望在 2022 年形成量产销售，并不断扩大销售规模，推动主营业务增长。我们预计公司碳化硅衬底业务 2022-2024 年分别取得 5.66/10.15/13.29 亿元的销售额。
- (2) 公司其他业务主要为晶棒及不合格衬底销售，随着公司总体产能的扩大，我们预计公司其他业务规模亦将实现增长，2022-2024 年分别取得 1.49/1.94/2.43 亿元的销售额，占公司总营收比例呈下降趋势，2022-2024 年收入比例分别为 20.91%/16.06%/15.46%。
- (3) 公司毛利率有望随着良率提升、规模效应显现而上升，我们预计公司 2022-2024 年综合毛利率分别为 30.35%/31.18%/34.49%。

5.2、盈利预测与投资建议

当前碳化硅衬底在射频及功率器件的渗透率逐步提升，碳化硅衬底行业有望充分受益新能源汽车、光伏等市场的快速发展，具有较高的潜在行业增速。据 yole 预计，碳化硅器件行业将在 2021-2027 年保持 34% 的复合增速，有望显著带动上游碳化硅衬底的发展。

由于国内碳化硅衬底企业的良率和量产规模都仍有较大提升空间，公司盈利水平未达到平稳状态，盈利能力有望持续上升，因此我们在估值分析时选取市销率这一指标。国内暂无除公司以外的主营碳化硅衬底的上市公司，我们选取半导体硅片厂商沪硅产业及立昂微进行对比分析，公司市销率明显高于沪硅产业及立昂微。硅片衬底是集成电路的主要原材料，其行业发展已较为成熟，预计未来增速将明显低于碳化硅衬底行业增速。公司作为第三代半导体碳化硅衬底的稀缺标的，半绝缘型衬底的技术和量产规模处于全球领先地位，正通过 IPO 募投项目进军导电型衬底市场，导电型衬底放量成长在即，长期高增长可期。因此公司市销率高于沪硅产业及立昂微的市销率具有其合理性。我们预计 2022-2024 年公司实现收入 7.15/12.10/15.71 亿元，实现净利润 1.18/1.61/2.39 亿元，当前股价对应 PS 为 58.5/34.6/26.6 倍，首次覆盖给予公司“增持”评级。

表9：公司所在细分赛道增速更快，估值高于可比公司

证券代码	证券简称	收盘价（元）	收入增速（%）				PS（倍）			
			2021A	2022E	2023E	2024E	2021A	2022E	2023E	2024E
688126.SH	沪硅产业	20.11	36.19	38.75	33.83	26.24	22.3	16.0	12.0	9.5
605358.SH	立昂微	54.98	69.17	55.26	31.09	27.44	14.6	9.4	7.2	5.6
	平均		52.68	47.01	32.46	26.84	18.5	12.7	9.6	7.6
688234.SH	天岳先进	97.29	16.25	44.79	69.19	29.90	84.7	58.5	34.6	26.6

数据来源：Wind、开源证券研究所（收盘价日期为 2022 年 8 月 26 日）

6、风险提示

- (1) 公司导电型衬底开发及客户认证不及预期；
- (2) 下游通讯、新能源汽车等行业发展增速不及预期；
- (3) 行业竞争加剧，利润率下滑。

附：财务预测摘要

资产负债表(百万元)	2020A	2021A	2022E	2023E	2024E
流动资产	1040	990	1110	1943	2019
现金	573	344	564	842	1093
应收票据及应收账款	123	167	0	0	0
其他应收款	30	30	56	89	100
预付账款	31	12	50	55	82
存货	162	386	386	904	691
其他流动资产	121	52	52	52	52
非流动资产	1428	1628	1581	2933	3545
长期投资	0	0	0	0	0
固定资产	1086	1027	989	2124	2691
无形资产	258	254	297	349	378
其他非流动资产	83	347	294	459	476
资产总计	2468	2618	2691	4875	5564
流动负债	171	124	78	1986	2431
短期借款	0	0	0	1876	2311
应付票据及应付账款	115	52	0	0	0
其他流动负债	56	72	78	110	120
非流动负债	164	272	272	388	392
长期借款	0	0	0	116	120
其他非流动负债	164	272	272	272	272
负债合计	335	396	350	2374	2823
少数股东权益	0	0	0	0	0
股本	387	387	387	387	387
资本公积	1904	1904	1904	1904	1904
留存收益	-158	-68	50	212	450
归属母公司股东权益	2133	2222	2340	2501	2740
负债和股东权益	2468	2618	2691	4875	5564

现金流量表(百万元)	2020A	2021A	2022E	2023E	2024E
经营活动现金流	-122	111	258	-244	672
净利润	-642	90	118	161	239
折旧摊销	107	132	99	158	249
财务费用	13	-6	-14	-11	7
投资损失	-1	0	-0	-0	-0
营运资金变动	-277	-94	55	-552	178
其他经营现金流	677	-12	0	0	-0
投资活动现金流	-440	-339	-51	-1510	-861
资本支出	374	336	51	1510	861
长期投资	0	-2	0	0	0
其他投资现金流	-66	-1	0	0	0
筹资活动现金流	849	-1	14	155	5
短期借款	-334	0	0	1876	435
长期借款	-239	0	0	116	4
普通股增加	295	0	0	0	0
资本公积增加	1182	0	0	0	0
其他筹资现金流	-54	-1	14	-1836	-435
现金净增加额	287	-230	221	-1598	-184

利润表(百万元)	2020A	2021A	2022E	2023E	2024E
营业收入	425	494	715	1210	1571
营业成本	275	353	498	833	1029
营业税金及附加	39	4	8	12	16
营业费用	3	10	21	30	39
管理费用	699	57	75	115	134
研发费用	46	74	97	151	181
财务费用	13	-6	-14	-11	7
资产减值损失	-0	-5	-3	0	0
其他收益	33	89	90	90	90
公允价值变动收益	-0	-0	-0	-0	-0
投资净收益	1	0	0	0	0
资产处置收益	0	0	0	0	0
营业利润	-624	82	117	169	255
营业外收入	1	2	1	1	1
营业外支出	12	0	3	4	5
利润总额	-635	84	114	166	251
所得税	6	-6	-3	5	13
净利润	-642	90	118	161	239
少数股东损益	0	0	0	0	0
归属母公司净利润	-642	90	118	161	239
EBITDA	-545	206	199	362	602
EPS(元)	-1.49	0.21	0.27	0.38	0.56

主要财务比率	2020A	2021A	2022E	2023E	2024E
成长能力					
营业收入(%)	58.2	16.3	44.8	69.2	29.9
营业利润(%)	-223.3	113.1	42.9	44.7	50.6
归属于母公司净利润(%)	-219.7	114.0	30.9	36.9	48.0
获利能力					
毛利率(%)	35.3	28.4	30.4	31.2	34.5
净利率(%)	-151.0	18.2	16.5	13.3	15.2
ROE(%)	-30.1	4.0	5.0	6.4	8.7
ROIC(%)	-38.7	3.7	5.2	5.1	7.7
偿债能力					
资产负债率(%)	13.6	15.1	13.0	48.7	50.7
净负债比率(%)	-19.6	-3.6	-12.9	57.7	59.8
流动比率	6.1	8.0	14.3	1.0	0.8
速动比率	4.5	4.4	8.0	0.5	0.5
营运能力					
总资产周转率	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
应收账款周转率	11.1	8.2	0.0	0.0	0.0
应付账款周转率	4.2	4.2	19.3	0.0	0.0
每股指标(元)					
每股收益(最新摊薄)	-1.49	0.21	0.27	0.38	0.56
每股经营现金流(最新摊薄)	-0.28	0.26	0.60	-0.57	1.56
每股净资产(最新摊薄)	4.96	5.17	5.45	5.82	6.38
估值比率					
P/E	-65.2	464.8	355.1	259.3	175.2
P/B	19.6	18.8	17.9	16.7	15.3
EV/EBITDA	-68.3	182.3	187.2	108.0	65.2

数据来源：聚源、开源证券研究所

请务必参阅正文后面的信息披露和法律声明

特别声明

《证券期货投资者适当性管理办法》、《证券经营机构投资者适当性管理实施指引（试行）》已于2017年7月1日起正式实施。根据上述规定，开源证券评定此研报的风险等级为R4（中高风险），因此通过公共平台推送的研报其适用的投资者类别仅限定为专业投资者及风险承受能力为C4、C5的普通投资者。若您并非专业投资者及风险承受能力为C4、C5的普通投资者，请取消阅读，请勿收藏、接收或使用本研报中的任何信息。因此受限于访问权限的设置，若给您造成不便，烦请见谅！感谢您给予的理解与配合。

分析师承诺

负责准备本报告以及撰写本报告的所有研究分析师或工作人员在此保证，本研究报告中关于任何发行商或证券所发表的观点均如实反映分析人员的个人观点。负责准备本报告的分析师获取报酬的评判因素包括研究的质量和准确性、客户的反馈、竞争性因素以及开源证券股份有限公司的整体收益。所有研究分析师或工作人员保证他们报酬的任何一部分不曾与，不与，也将不会与本报告中具体的推荐意见或观点有直接或间接的联系。

股票投资评级说明

	评级	说明
证券评级	买入（Buy）	预计相对强于市场表现 20%以上；
	增持（outperform）	预计相对强于市场表现 5%~20%；
	中性（Neutral）	预计相对市场表现在-5%~+5%之间波动；
	减持（underperform）	预计相对弱于市场表现 5%以下。
行业评级	看好（overweight）	预计行业超越整体市场表现；
	中性（Neutral）	预计行业与整体市场表现基本持平；
	看淡（underperform）	预计行业弱于整体市场表现。

备注：评级标准为以报告日后的6~12个月内，证券相对于市场基准指数的涨跌幅表现，其中A股基准指数为沪深300指数、港股基准指数为恒生指数、新三板基准指数为三板成指（针对协议转让标的）或三板做市指数（针对做市转让标的）、美股基准指数为标普500或纳斯达克综合指数。我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重建议；投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者应阅读整篇报告，以获取比较完整的观点与信息，不应仅仅依靠投资评级来推断结论。

分析、估值方法的局限性说明

本报告所包含的分析基于各种假设，不同假设可能导致分析结果出现重大不同。本报告采用的各种估值方法及模型均有其局限性，估值结果不保证所涉及证券能够在该价格交易。

法律声明

开源证券股份有限公司是经中国证监会批准设立的证券经营机构，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告仅供开源证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的机构或个人客户（以下简称“客户”）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告是发送给开源证券客户的，属于机密材料，只有开源证券客户才能参考或使用，如接收人并非开源证券客户，请及时退回并删除。

本报告是基于本公司认为可靠的已公开信息，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他金融工具的邀请或向人做出邀请。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。客户应当考虑到本公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。本报告中所指的投资及服务可能不适合个别客户，不构成客户私人咨询建议。本公司未确保本报告充分考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。本公司建议客户应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。若本报告的接收人非本公司的客户，应在基于本报告做出任何投资决定或就本报告要求任何解释前咨询独立投资顾问。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的开源证券网站以外的地址或超级链接，开源证券不对其内容负责。本报告提供这些地址或超级链接的目的纯粹是为了客户使用方便，链接网站的内容不构成本报告的任何部分，客户需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

开源证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。开源证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

本报告的版权归本公司所有。本公司对本报告保留一切权利。除非另有书面显示，否则本报告中的所有材料的版权均属本公司。未经本公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

开源证券研究所

上海

地址：上海市浦东新区世纪大道1788号陆家嘴金控广场1号楼10层
邮编：200120
邮箱：research@kysec.cn

深圳

地址：深圳市福田区金田路2030号卓越世纪中心1号楼45层
邮编：518000
邮箱：research@kysec.cn

北京

地址：北京市西城区西直门外大街18号金贸大厦C2座16层
邮编：100044
邮箱：research@kysec.cn

西安

地址：西安市高新区锦业路1号都市之门B座5层
邮编：710065
邮箱：research@kysec.cn