

北京植德律师事务所

关于

**苏州锴威特半导体股份有限公司
申请首次公开发行股票并在科创板上市的
补充法律意见书之五**

植德(证)字[2022]032-31号

二〇二三年二月

北京植德律师事务所

Merits & Tree Law Offices

北京市东城区东直门南大街1号来福士中心办公楼5层 邮编：100007

5th Floor, Raffles City Beijing Office Tower, No.1 Dongzhimen South Street,

Dongcheng District, Beijing 100007 P.R.C

电话(Tel): 010-56500900 传真(Fax): 010-56500999

www.meritsandtree.com

北京植德律师事务所
关于苏州锴威特半导体股份有限公司
申请首次公开发行股票并在科创板上市的
补充法律意见书之五

植德(证)字[2022]032-31号

致：苏州锴威特半导体股份有限公司（发行人）

根据本所与发行人签订的《律师服务协议》，本所接受发行人的委托，担任发行人本次发行上市的特聘专项法律顾问。

本所律师已根据《公司法》《证券法》《注册管理办法》《证券法律业务管理办法》《证券法律业务执业规则》《执业细则》等相关法律、法规、规章和规范性文件的规定并按照律师行业公认的业务标准、道德规范和勤勉尽责精神，对发行人提供的文件和有关事实进行了查验，并就发行人本次发行上市事宜出具了《北京植德律师事务所关于苏州锴威特半导体股份有限公司申请首次公开发行股票并在科创板上市的法律意见书》（以下称“法律意见书”）、《北京植德律师事务所关于苏州锴威特半导体股份有限公司申请首次公开发行股票并在科创板上市的律师工作报告》（以下称“律师工作报告”）、《北京植德律师事务所关于苏州锴威特半导体股份有限公司申请首次公开发行股票并在科创板上市的补充法律意见书之一》（以下称“《补充法律意见书之一》”）、《北京植德律师事务所关于苏州锴威特半导体股份有限公司申请首次公开发行股票并在科创板上市的补充法律意见书之二》（以下称“《补充法律意见书之二》”）、《北京植德律师事务所关于苏州锴威特半导体股份有限公司申请首次公开发行股票并在科创板上市的补充法律意见书之三》（以下称“《补充法律意见书之三》”）及《北京植德律师事务所关于苏州锴威特半导体股份有限公司申请首次公开发行股票并在科创板上市的

补充法律意见书之四》（以下称“《补充法律意见书之四》”）。

根据上交所于2023年1月20日出具的《发行注册环节反馈意见落实函》（以下称“《落实函》”）及发行人的要求，本所律师在对发行人与本次发行上市相关情况进行进一步查验的基础上，出具本补充法律意见书，对本所律师已经出具的法律意见书、律师工作报告、《补充法律意见书之一》《补充法律意见书之二》《补充法律意见书之三》《补充法律意见书之四》的有关内容进行修改、补充或作进一步的说明。

本所律师同意将本补充法律意见书作为发行人本次发行上市所必备的法定文件随其他材料一起上报，并依法对本补充法律意见书承担相应责任；本补充法律意见书仅供发行人本次发行上市的目的使用，不得用作任何其他用途。

本所律师在法律意见书和律师工作报告中的声明事项亦适用于本补充法律意见书。如无特别说明，本补充法律意见书中有关用语的含义与法律意见书和律师工作报告中相同用语的含义一致。

本所律师根据《公司法》《证券法》《注册管理办法》《证券法律业务管理办法》《证券法律业务执业规则》《执业细则》等相关法律、行政法规、规章及规范性文件的要求和中国证监会、证券交易所的相关规定，并按照律师行业公认的业务标准、道德规范和勤勉尽责精神，现出具补充法律意见如下：

一、关于技术先进性及市场竞争力

申报材料显示：发行人 MOSFET 产品集中于消费电子领域，工业、汽车领域拓展较少，销售形态以中测后晶圆为主；功率器件发展至今相关理论比较成熟，其发展不依赖于先进制程工艺，关键技术主要在于重要工艺诀窍（Know-How）。

请发行人：（1）从产品性能角度，说明消费电子领域同工业、汽车领域对 MOSFET 产品需求差异，公司技术储备是否可以充分满足工业、汽车领域需求，公司拓展工业、汽车领域是否存在严重技术壁垒；（2）说明中测后晶圆、裸芯片、封装成品等不同 MOSFET 产品形态所需公司技术的具体差异；（3）说明作为 fabless 企业，发行人所掌握的工艺诀窍（Know-How）与晶圆代工企业生产制造技术的边界是否清晰，发行人技术先进性是否依赖代工企业实现；（4）说明与华润微、士兰微、华微电子、新洁能、东微半导等国内厂商相比，发行人主要产品性能指标以及专利、技术秘密等技术储备是否具备优势；（5）说明发行人主要产品市场需求是“技术第一”还是“成本第一”，发行人先进产品与国内同行业公司相比是否有成本优势。请保荐机构和发行人律师对上述事项进行核查并发表明确意见。（《落实函》第一题）

（一）从产品性能角度，说明消费电子领域同工业、汽车领域对 MOSFET 产品需求差异，公司技术储备是否可以充分满足工业、汽车领域需求，公司拓展工业、汽车领域是否存在严重技术壁垒

1. 消费电子领域同工业、汽车领域对 MOSFET 产品需求差异

根据发行人出具的说明并经查阅行业研究报告、访谈发行人董事长，消费电子领域同工业、汽车领域的工作条件存在明显区别，各领域的具体应用场景差异

如下：

| 领域 | 具体应用场景差异 |
|------|---|
| 消费电子 | MOSFET 产品的工作环境条件通常较好，因此一般满足普通温度、湿度等工作环境下的使用要求即可，且需综合考虑产品的可靠性及经济成本。 |
| 工业 | MOSFET 产品需要在输入电压波动较大、电磁干扰剧烈、高温、高湿等工况较为恶劣的环境中长期稳定可靠地工作，在露天环境工作的智能电表、安防类设备、光伏/风电逆变器所采用的 MOSFET 需要面对雷电浪涌冲击、户外温差以及雨雪天气等的考验，因此对于 MOSFET 产品性能指标要求相对较高。 |
| 汽车 | 汽车电子有前装、后装之分，前装产品作为整车的一部分提供给消费者，后装产品则是作为汽车配件进行销售，两者的要求有所不同： (1) 一般而言，前装产品如动力电池锂电保护系统、电子燃油喷射系统、制动防抱死控制系统等，由于涉及汽车行驶的稳定性 and 人身安全，需运行在户外、高温、高寒等苛刻的环境，且车内工作环境存在湿度大、粉尘大等问题，加之车辆行进时会遇到较多振动与冲击，其可靠性试验的条件和产品性能指标要求更为严格。与工业领域相比，车规级前装产品适用 AEC (Automotive Electronics Council, 汽车电子协会) 的汽车电子标准。 (2) 后装产品如车载影音、车载空调、车载逆变等，与人身安全关联度不高，相关 MOSFET 产品的测试标准与工业级产品标准基本相同。 |

由上表可知，由于应用场景工作条件存在差异，各领域对于 MOSFET 产品性能的需求差异明显。发行人需根据不同领域的具体情况，对 MOSFET 产品结构、实现工艺、封装等方面的设计进行调整，从而满足不同领域的产品需求。

从产品性能角度，消费电子领域同工业、汽车领域对 MOSFET 产品需求存在明显的差异，具体体现在如下几个方面：

| 参数指标需求 | 消费电子 | 工业及汽车后装产品 | 车规级汽车前装产品 |
|------------|---------------------------|------------|--------------|
| 可靠性测试标准 | 参考 JESD22 标准，视客户需求进行差异化调整 | JESD22 标准等 | AEC-Q101 标准等 |
| 工作温度范围 | 0-70℃ | -40℃-85℃ | -40℃-150℃ |
| 环境湿度范围 | 0-85% 范围内视客户要求 进行差异化调整 | 0-85% | 0-100% |
| 抗振动/冲击能力 | 一般 | 较高 | 高 |
| 使用寿命 | <5 年 | 5-10 年 | 15 年或 20 万公里 |
| 出错率 (DPPM) | <300ppm | <30ppm | <3ppm |

由上表可知，从产品的可靠性测试标准来看，工业领域 MOSFET 产品适用 JEDEC (固态技术协会) 制定的 JESD22 标准等，JEDEC 是全球微电子产业的领导标准机构，其所制定的标准为全行业所接受和采纳；消费领域 MOSFET 产品由于工作的环境条件通常好于工业领域，因此各厂家会根据市场需求的差别，基于 JESD22 标准等对可靠性试验的测试条件、判定标准进行调整放松；车规级前

装 MOSFET 产品则需通过 AEC 制定的适用于分立器件的 AEC-Q101 产品标准等，AEC 建立了一套通用的零件资质及质量系统标准，其中 AEC-Q 系列标准规定了车规元器件应完成的试验项目及条件。MOSFET 产品通常需要根据上述产品标准完整地产品可靠性试验，以确保产品能够在相应的工作温度、湿度、电气等应力条件下可靠地工作。例如，从产品稳定工作的温度范围来看，消费级芯片的工作温度区间一般为 0℃至 70℃；工业级芯片工作温度区间一般为-40℃至 85℃；由于汽车发动机舱内温度区间为-40℃~150℃，所以车规级芯片需满足这一较大工作温度区间。

从产品使用寿命来看，消费电子对产品使用寿命的要求通常为小于 5 年，工业领域一般需要保证 5-10 年的使用寿命，而车规级前装产品的设计寿命则一般为 15 年或 20 万公里，因此如何保持芯片的一致性、可靠性，是工业、车规级芯片重点考虑的问题。

从出错率 DPPM (Defect Parts Per Million, 每百万的不良品数) 来看，不同领域的要求也不相同：通常消费电子芯片小于 300PPM，车规级芯片则要求小于 3PPM，工业芯片介于两者之间，不同客户的需求会有差异。

综上，消费电子领域、工业领域、汽车领域对 MOSFET 产品性能指标的差别主要体现在产品可靠性测试标准的指标要求、使用寿命以及出错率等方面。

2. 公司技术储备可以充分满足工业、汽车领域需求，公司拓展工业、汽车领域不存在严重技术壁垒

如前所述，工业及汽车领域对于产品的性能指标要求相对高于消费电子领域，具体体现在产品的可靠性、使用寿命以及出错率等方面。基于工业及汽车领域对 MOSFET 产品需求，发行人储备的相关技术有以下几个方面：

| 技术方向 | 技术储备 |
|--------------------------------|--|
| 高功率密度、低开关损耗的 MOSFET 的元胞结构的设计技术 | <p>(1) 发行人具备各种类型 MOSFET 的器件设计与仿真技术、工艺设计与仿真技术等，并基于相关技术，已经形成可靠性高、性能突出的 40~1500V 平面 MOSFET、高压超结 MOSFET、先进的 SiC MOSFET 设计及工艺实现平台；</p> <p>(2) 发行人拥有高可靠的元胞结构技术，该技术采用 spacer 侧墙技术、浅槽孔技术及复合介质层工艺，实现了稳定可靠的高电流密度元胞结构，同时减小了寄生电容，降低开关损耗，可以实现器件的安全工作区</p> |

| 技术方向 | 技术储备 |
|-----------------------|---|
| | 大、系统转换效率高。根据江苏省工业和信息化厅出具的新产品新技术鉴定验收证书（苏工信鉴字[2022]101号），该项技术创新性强，研制难度大，关键技术总体处于国内领先。 |
| 高温工作漏电流小、长期工作后击穿电压跌落小 | 发行人拥有新型复合终端结构及实现工艺技术，采用该技术使终端表面电场分布更加均匀，降低产品的高温漏电流，实现器件可靠性考核后击穿电压跌落小，提高产品耐压稳定性和抗电压波动能力，可实现器件长的使用寿命。根据江苏省工业和信息化厅出具的新产品新技术鉴定验收证书（苏工信鉴字[2022]101号），高压器件的新型终端耐压结构及工艺技术达到国际先进水平。 |
| 高温工作防误开启 | 工业和汽车应用场景的外部干扰较强，工作环境温度要求高，而MOSFET的阈值电压呈负温度特性，高温下阈值电压较常温下低，较易误触发开启，导致系统工作失效。发行人拥有一种掺砷衬底防止自掺杂的背封技术，可以确保在MOSFET正面工艺过程中避免衬底对高阻外延层及P阱掺杂浓度的影响，从而提升MOSFET击穿电压和阈值电压的参数一致性，在高温下器件不易被误触发而开启，从而实现系统在高温下的稳定工作。根据江苏省工业和信息化厅出具的新产品新技术鉴定验收证书（苏工信鉴字[2022]101号），抑制自掺杂的背封技术达到国际先进水平。 |
| 提升产品在严苛环境条件下的整体工作可靠性 | （1）发行人拥有高压MOSFET的少子寿命控制技术及工艺实现技术，该技术通过控制重金属掺杂浓度，控制硅中的少子寿命。利用该技术制造的FRMOS产品具有反向恢复时间短、漏电流小、高温特性好、反向恢复特性较软、低电磁干扰的产品特性。根据江苏省工业和信息化厅出具的新产品新技术鉴定验收证书（苏工信鉴字[2022]102号），该技术具有明显特色，达到国际先进水平； （2）发行人高压MOSFET表面钝化技术采用复合层间介质和低应力钝化护层的结构，可有效屏蔽介质电荷、水汽、封装应力对产品可靠性的影响，让器件可以稳定可靠地工作在高温、高湿环境中。 |
| 完善的可靠性测试实验室 | 发行人具备高温反偏、高温栅偏、高温高湿反向偏压、高加速应力测试、温度循环、间歇性工作寿命、高压蒸煮、无偏压高加速应力试验等可靠性测试平台，可以满足工业及汽车电子的可靠性要求试验条件。 |

上述技术储备可确保MOSFET产品具备工作温度范围宽、器件使用寿命长、上机失效率低等优势，符合工业和汽车领域的市场需求。

经本所律师访谈发行人董事长及研发负责人，发行人拥有完善的可靠性考核流程和管理规定，相关MOSFET产品均严格按照行业标准对器件的要求进行结构和实现工艺的设计及可靠性考核，具体如下：

（1）工业领域方面，发行人超高压平面MOSFET、超结MOSFET、SiC MOSFET等产品各项指标均满足JESD22等行业标准，符合工业客户的市场需求，相关产品测试考核情况如下：

| 序号 | 测试项目 | 测试条件 | 测试标准 | 指标的具体含义 | 公司产品考核结果 |
|----|-------|-------------|-------------------------|----------|----------|
| 1 | 预处理实验 | 1、在温度 125°C | J-STD-020 JESD22A113 | 针对潮敏器件脱离 | 超过标准要 |

| 序号 | 测试项目 | 测试条件 | 测试标准 | 指标的具体含义 | 公司产品考核结果 |
|----|------------|---|------------|--|---|
| | | 的条件下烘烤 24 小时；2、在温度 85°C、湿度 85% 的条件下吸湿 192 小时；3、在温度 260°C，量产回流曲线的条件下回流 3 次 | | 干燥存储环境后，允许在加工车间暴露的寿命确认 | 求，最高可在温度 85°C、湿度 85% 条件下吸湿试验 192 小时，适用于在 ≤ 温度 30°C、湿度 85% 的环境下无限期保存 |
| 2 | 高温栅偏试验 | 在温度 150°C、100%VgsMax 电压条件下试验 1,000 小时 | JESD22A108 | 评估器件栅氧在高温高压下持续工作的可靠性 | 超过标准要求，最高可在温度 150°C 条件下试验 2,000 小时 |
| 3 | 无偏压高加速应力试验 | 在温度 130°C、湿度 85% 的条件下试验 96 小时 | JESD22A118 | 评估非密封封装固态器件在潮湿环境中的可靠性测试，用于识别封装内部的故障机制 | 超过标准要求，最高可试验 168 小时 |
| 4 | 温度循环试验 | 在 -65°C~150°C 温度条件下循环 1,000 次 | JESD22A104 | 确认元件与焊料互连的能力，由交替高低温极端温度确认元件及焊料的机械应力变化是否会影响电性及物理性能的变化 | 达到标准要求，最高可循环 1,000 次 |
| 5 | 高温存储寿命试验 | 在温度 150°C 条件下试验 1,000 小时 | JESD22A103 | 确定储存条件下时间和温度对热激活故障机制的影响，以及固态电子设备的故障与时间分布 | 达到标准要求，最高可试验 1,000 小时 |
| 6 | 高温高湿反向偏压测试 | 在温度 85°C、湿度 85% 及 80%VdsMax 电压的条件下试验 1,000 小时 | JESD22A101 | 评估非气密性封装在湿度环境下的可靠性 | 达到标准要求，最高可试验 1,000 小时 |
| 7 | 高温反偏试验 | 在温度 150°C、80%VdsMax 电压条件下试验 1,000 小时 | JESD22A108 | 评估器件在高温高压下持续工作的可靠性 | 超过标准要求，最高可在温度 150°C 条件下试验 2,000 小时 |

(2) 汽车领域方面，发行人应用于车载逆变等后装产品场景的 MOSFET 产品目前已实现量产销售，产品各项指标均满足 JESD22 等行业标准，符合汽车后装客户的市场需求；同时，发行人也在积极布局满足车规级要求的 MOSFET 前装产品，经查验宁波群芯微电子股份有限公司对发行人产品出具的《AEC-Q101 检测报告》并经访谈宁波群芯微电子股份有限公司，发行人 SiC MOSFET 芯片 C2M170N2K0 已通过 AEC-Q101 车规级考核验证，除了需满足上述第 1-6 项的 JESD22 等行业标准外，该产品的其他测试考核情况如下：

| 序号 | 测试项目 | 测试条件 | 测试标准 | 指标的具体含义 | 公司产品考核结果 |
|----|---------|---|---------------------------|---|------------------------------------|
| 1 | 高温反偏试验 | 在温度 150°C、100%VdsMax 电压条件下试验 1,000 小时 | MIL-STD-750-1M1039 | 评估器件在高温高压下持续工作的可靠性 | 满足标准要求，最高可在温度 150°C 条件下试验 1,000 小时 |
| 2 | 间歇工作寿命 | 通过施加功率、去除功率，使结温变化超过 100°C，如此试验 15,000 次 | MIL-STD-750 Method 1037 | 评估热应力加速老化试验条件下的可靠性 | 满足标准要求，最高试验次数可达 15,000 次 |
| 3 | 破坏性物理分析 | 在高温高湿反偏试验、高加速应力试验、高低温循环试验后对样品进行物理结构分析 | AEC Q101-004 Section 4 | 在元器件的生产加工过程中用于生产过程的监控，特别是关键工艺质量分析与监控，对提升元器件的可靠性水平 | 满足标准要求 |
| 4 | 恒定加速度 | 仅限 Y1 平面，15kg 力，试验前后测试 | MIL-STD-750-2 Method 2006 | 评估元器件经受稳态加速度（恒加速度）环境所产生的力的作用下，结构的适应性和性能是否良好 | 满足标准要求 |

基于上述技术储备，发行人不断拓展工业、汽车后装产品市场并已顺利布局车规级汽车前装产品市场，市场拓展良好。根据发行人出具的说明，2019 至 2022 年度，发行人 MOSFET 产品在工业、汽车领域的主营业务收入情况如下表所示：

单位：万元

| 应用领域 | | 2022 年度（未经审计） | 2021 年度 | 2020 年度 | 2019 年度 |
|------|----|---------------|----------|---------|---------|
| 工业 | | 2,238.52 | 1,334.97 | 958.31 | 728.86 |
| 汽车 | 后装 | 728.25 | 153.39 | 52.21 | - |
| | 前装 | 132.63 | 12.00 | - | - |

| | | | | |
|----|----------|----------|----------|--------|
| 合计 | 3,099.39 | 1,500.37 | 1,010.52 | 728.86 |
|----|----------|----------|----------|--------|

注：发行人汽车后装 MOSFET 产品主要应用场景为车载逆变；前装 MOSFET 产品主要应用场景为动力电池锂电保护。

由上表可知，2019 至 2022 年度，发行人 MOSFET 产品在工业、汽车后装领域收入呈现逐年快速递增趋势。

工业领域方面，报告期内，发行人已有 MOSFET 客户 162 家，2022 年 7-12 月新增客户 42 家；2022 年度，公司工业领域 MOSFET 实现主营业务收入 2,238.52 万元（数据未经审计），较 2021 年度增长 67.68%，市场开拓稳步推进中。

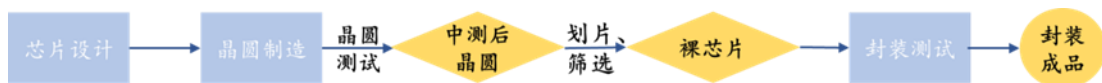
汽车领域的后装产品方面，发行人 2022 年全年实现主营业务收入 728.25 万元（数据未经审计），较 2021 年度增长 374.77%。汽车领域的前装产品方面，发行人于 2021 年开始送样认证，2022 年全年实现主营业务收入 132.63 万元（数据未经审计）；同时，发行人满足车规级前装需求的 SiC MOSFET 产品已于 2022 年下半年小批量出货，并已于 2023 年 1 月通过 AEC-Q101 车规级考核验证，截至 2023 年 1 月末共计实现主营业务收入 26.33 万元（数据未经审计），未来随着相关产品批量供货，发行人汽车领域功率器件产品收入将进一步增长。

综上所述，发行人技术储备可以充分满足工业、汽车领域需求；发行人工业、汽车领域市场拓展良好，相关收入逐年快速增长，不存在严重技术壁垒。

（二）说明中测后晶圆、裸芯片、封装成品等不同 MOSFET 产品形态所需公司技术的具体差异

1. 中测后晶圆、裸芯片和封装成品的具体含义

根据发行人出具的说明，并经本所律师访谈发行人研发负责人，发行人 MOSFET 产品包括中测后晶圆、裸芯片、封装成品三种形态，三种形态产品在半导体核心产业链环节中的位置关系如下图所示：



发行人三种形态产品的具体定义和后续应用情况如下：

| 产品形态 | 定义 | 后续应用 |
|------|----|------|
|------|----|------|

| 产品形态 | 定义 | 后续应用 |
|-------|---|----------------------------------|
| 中测后晶圆 | 系发行人自主完成器件结构设计、工艺设计仿真、版图设计验证后，形成 GDS 文件，由晶圆代工厂通过发行人提供的 GDS 文件制成掩膜版后，按发行人提供的工艺进行晶圆代工制造得到产品，通常以“片”作为计量单位。 | 客户依据自身需求将其进一步划片、封装或与其他芯片进行合封。 |
| 裸芯片 | 中测后晶圆经过划片、挑粒、装盒后的产品形态，属尚未进行封装的单颗芯片产品，通常以“颗”作为计量单位。 | 主要面向高可靠领域客户，客户依据自身需求进行封装或二次系统集成。 |
| 封装成品 | 中测后晶圆经过划片、上芯、打线、塑封、电镀、切筋等封装工序后再通过测试工序形成的已具备完整功能的产品，通常以“颗”作为计量单位。 | 客户采购后可直接将其应用于系统中。 |

注：GDS 文件，指 Graphic Data System 格式的文件，半导体芯片设计中一般指用于芯片流片的工业标准数据文件，其中记录了芯片的各图层、图层内的平面几何形状、文本标签等用于制作光掩膜版的文件数据。

由上表可知，中测后晶圆的器件设计仿真、工艺设计仿真、版图设计验证等核心环节均系发行人自主完成，发行人在设计、工艺领域的核心技术均已得到应用。裸芯片和封装成品均为基于中测后晶圆产品进行后续加工后形成的产品。

2. 三种形态产品所需公司技术的差异

(1) 三种形态产品在芯片设计和晶圆加工工艺层面不存在技术差异

根据发行人出具的说明，并经本所律师访谈发行人研发负责人，作为采用 Fabless 经营模式的半导体企业，发行人 MOSFET 相关核心技术在芯片设计和加工工艺环节已得到应用。发行人完成芯片设计后，晶圆代工厂需根据发行人的工艺要求完成晶圆制造、测试，并形成中测后晶圆，因此中测后晶圆已集中体现公司设计和工艺相关的核心技术和工艺诀窍积累。裸芯片、封装成品是基于中测后晶圆进行后道加工而形成的产品，二者在芯片设计、晶圆制造和晶圆中测等流程与中测后晶圆完全一致。因此，从芯片设计和晶圆加工工艺层面来看，三种形态产品不存在技术差异。

(2) 裸芯片和封装成品较中测后晶圆额外应用了部分后道加工技术

相较于中测后晶圆，裸芯片和封装成品还额外应用了部分后道加工技术，具体如下：

| 产品形态 | 工序名称 | 较中测后晶圆产品额外应用技术的情况 |
|------|-------|---|
| 裸芯片 | 划片 | 标准工序，不涉及公司技术应用。 |
| | 裸芯片筛选 | 发行人根据客户需求自主确定裸芯片的筛选方案，委外厂商按照发行人确定的分选方案完成裸芯片筛选。 |
| 封装成品 | 划片 | 标准工序，不涉及公司技术应用。 |
| | 封装 | 发行人根据设计芯片的额定电流大小确定键合引线的线径、打线方式，根据产品的质量等级确定焊料、塑封料的选型。 |
| | 成品测试 | 发行人自主确定封装后成品的测试方案，包括交直流测试项、测试条件及测试规范等，由委外厂商完成封装成品测试。测试方案需覆盖客户所追求的全部参数，测试方案的完整性直接影响到最终产品参数性能。 |
| | 可靠性考核 | 发行人根据客户需求自主确定可靠性考核方案，包括温度循环、强加速湿热、高压蒸煮、高温贮存、高温寿命等环节，并由发行人自主完成可靠性考核和测试，可靠性考核方案的有效性直接关系到最终产品的可靠性能否满足客户需求。 |

综上，从芯片设计和晶圆加工工艺角度而言，中测后晶圆、裸芯片和封装成品不存在技术差异；裸芯片和封装成品较中测后晶圆额外应用了部分后道加工技术，发行人在芯片筛选、封装、成品测试和可靠性考核方面亦具备相关技术积累。

（三）说明作为fabless企业，发行人所掌握的工艺诀窍（Know-How）与晶圆代工企业生产制造技术的边界是否清晰，发行人技术先进性是否依赖代工企业实现

1. 发行人与晶圆代工企业的合作模式

根据发行人出具的说明，发行人为采用Fabless经营模式的芯片设计企业，将晶圆制造环节委外，即发行人完成芯片设计后，将设计版图生成的GDS文件提交至掩膜厂制作掩膜版，再将掩膜版送至晶圆代工厂，晶圆代工厂根据发行人的工艺制程及要求规范，使用掩膜版完成晶圆的加工制造，发行人验收后再根据市场需求将晶圆进行委外封装和测试。

鉴于MOSFET相关理论已日趋成熟，发行人MOSFET产品的技术研发方向主要系在满足客户指标及可靠性要求的前提下，实现器件产品性能与成本的最优解，具体体现在器件元胞结构、终端结构的设计及实现方法、工艺流程的优化改进及材料选择等方面。经访谈发行人研发负责人，发行人已积累了如“高压MOSFET的少子寿命控制及工艺实现技术”“新型复合终端结构及实现工艺技术”等多项具有原创性和先进性的核心工艺技术，并自行编制了工艺信息文档，该文档包含

了基于晶圆代工厂产线设备资源制造最终定型器件所需的工艺制造流程、各环节的条件和控制规范、关键工艺菜单等全部信息。发行人会将工艺信息文档交予晶圆代工厂，晶圆代工厂按照发行人特有的工艺技术来进行晶圆的生产制造。

2. 发行人所掌握的工艺诀窍（Know-How）与晶圆代工企业生产制造技术的边界清晰

（1）发行人所掌握的工艺诀窍

发行人所掌握的工艺诀窍（Know-How）主要体现在如何通过设计并优化器件的元胞结构、终端结构以及工艺技术，实现器件产品性能与成本的最优解。经访谈发行人研发负责人，发行人掌握的主要核心工艺诀窍如下：

| 序号 | 技术名称 | 技术特点 |
|----|------------------------------|---|
| 1 | 高压 MOSFET 的少子寿命控制技术 & 工艺实现技术 | 通过控制重金属掺杂浓度，控制硅中的少子寿命，技术整体达国际先进水平。利用该技术制造的 FRMOS 产品具有反向恢复时间短、漏电流小、高温特性好、反向恢复特性较软、低电磁干扰的产品特性，性能优于利用电子辐照技术制造的同类产品。 |
| 2 | 新型复合终端结构及实现工艺技术 | 采用横向变掺杂和场板复合的终端结构，使终端表面电场分布更加均匀，降低产品的高温漏电流，提高产品可靠性，技术整体达国际先进水平。应用该技术可将高压平面 MOSFET 的终端环尺寸减小 50%。 |
| 3 | 高可靠性元胞结构 | 采用 spacer 侧墙技术、浅槽孔技术及复合介质层工艺，实现了稳定可靠的高电流密度元胞结构，技术整体达国内领先水平。在同等工艺平台下，可达到更高的电流密度，实现更小的芯片面积。 |
| 4 | 防止自掺杂的背封工艺 | 一种掺砷衬底防止自掺杂的背封结构，可以确保在 MOSFET 正面工艺过程中避免衬底对高阻外延层及 P 阱掺杂浓度的影响，从而提升 MOSFET 击穿电压和阈值电压的参数一致性；相比使用锑掺杂衬底材料的制造工艺，该技术可取消薄片注入和退火的工序，有效降低碎片率，提升产品制造良率。 |
| 5 | 中低压平面 MOSFET 的 4 次光刻实现技术 | 发行人不断优化结构设计和工艺流程设计，通过采用了终端环掺杂复用 P 阱掺杂的设计、浅槽孔技术省掉终端环光刻、N+光刻及钝化光刻，从而将光刻层次由 7 次减少至 4 次，极大降低产品实现的工艺层次及工艺步骤，晶圆制造成本可降低 20%，该技术可扩展到 200V 器件。 |
| 6 | 中压 MOSFET 屏蔽栅工艺技术 | 发行人通过采用复合外延结构，引入缓冲外延层，优化电场分布，从而在保证耐压的前提下降低外延层电阻率，将 100V 屏蔽栅工艺平台的 Ronsp（比导通电阻）可由 40mΩ.mm ² 降低至 30mΩ.mm ² 以下，芯片面积可减小 20%。 |
| 7 | 新一代超结工艺技术 | 发行人不断优化超结 MOSFET 结构设计和工艺设计，采用多次外延工艺技术并结合精准光刻套刻技术，将元胞密度增加了 67%，650V 产品 Ronsp 可由 20mΩ.cm ² 降低至 11mΩ.cm ² ，芯片面积可减小 40%。 |

（2）晶圆代工企业生产制造技术

经访谈发行人研发负责人及主要合作的 MOSFET 晶圆代工厂上海汉磊电子

贸易有限公司、西安微晶微电子有限公司及苏州同冠微电子有限公司，现阶段，晶圆制造主要有氧化、光刻、刻蚀、离子注入、扩散、薄膜等工艺实现模块，晶圆的整个制造流程是由上述工艺模块进行不同的组合来完成。不同的晶圆代工厂对晶圆制造工艺模块的整合、工艺参数的控制能力会存在不同。

在委托晶圆代工厂生产 MOSFET 晶圆时，发行人首先将所掌握的工艺诀窍转化为工艺流程、各模块工艺的参数控制规范及工艺实现菜单等，然后再将上述全部工艺信息交予晶圆代工厂。晶圆代工厂按照发行人提供的工艺流程、各模块工艺的参数控制规范及工艺实现菜单，设定发行人要求的工艺流程卡，并利用发行人提供的掩膜版即可生产制造出满足发行人要求的 MOSFET 晶圆。

经访谈发行人主要合作的 MOSFET 晶圆代工厂，在发行人委托晶圆代工厂生产 MOSFET 晶圆的过程中，双方就各自使用的工艺技术、生产制造技术不存在争议或潜在纠纷。

综上，在 MOSFET 器件生产制造过程中，发行人所掌握的工艺诀窍（Know-How）系自身特有的工艺技术，晶圆代工企业所使用的生产制造技术为行业通用的晶圆制造工艺模块和加工工序，二者边界清晰。

3. 发行人技术先进性不依赖代工企业实现

如前所述，发行人作为功率半导体设计企业，其在功率器件方面拥有的多项重要工艺诀窍（Know-How），使产品能够满足不同应用领域对产品指标及功耗的要求，实现器件产品性能与成本的最优解，从而体现了发行人的技术先进性。发行人的重要工艺诀窍系自主研发形成，仅利用了晶圆代工厂的生产设备、人力、产能及生产管理体系等基础资源，不依赖代工厂的生产制造技术。

发行人工艺诀窍（Know-How）开发的主要流程如下：

| 阶段 | 发行人 | 晶圆代工厂 |
|--------|---|--|
| 沟通阶段 | 了解晶圆代工厂产线、设备参数的基本信息，签署 NDA 协议。 | 提供产线资源以及设备参数等基本信息。 |
| 立项研发阶段 | 提出设计规则工艺参数及控制规范，待代工厂确认可以实现后，对工艺流程以及器件结构进行仿真设计、测试、分析等步骤，直至满足功率器件开发的性能指标等要求，并形成 GDS 文件。 | 确认发行人提出的设计规则、工艺参数及控制规范是否可以实现；并按照发行人提出的工艺流程文档，对设备进行单项工艺参数匹配、调试工作。 |

| 阶段 | 发行人 | 晶圆代工厂 |
|--------|--|---|
| 工程试制阶段 | 将 GDS 文件送至掩膜工厂，制作掩膜版后送至晶圆代工厂。 | 收到掩膜版后，按照发行人提供的工艺流程及参数规范，进行工程批流片。 |
| | 工程批流片完成后，进行 CP 测试（Chip Probing，中测）、成品测试、可靠性验证、三批量试生产验证等工作，并在该过程中根据测试结果不断调整、完善设计、工艺等。 | 协助发行人不断进行流片。发行人一般委托专门的封测厂进行封装测试，若晶圆代工厂本身具备测试条件，也存在协助发行人进行测试的情形。 |
| 定型阶段 | 试生产通过后，召开评审会议，对试生产转量产的可行性进行评审。评审通过后，产品设计开发结案，编制工艺流程、对器件进行测试和完成数据整理，确定各个工艺参数及控制规范，形成工艺信息文档，并总结形成工艺诀窍（Know-How）。 | 按照发行人定型的工艺文档，在代工厂内部形成对应产品的工艺文档，后续根据发行人的订单，按照对应的工艺文档进行生产。 |
| 量产阶段 | 公司将工艺诀窍（Know-How）相关的工艺流程文档交付给晶圆代工厂，从而将工艺诀窍（Know-How）导入到晶圆代工厂的产线中，进行量产。 | |

由上表可见，发行人在工艺诀窍（Know-How）开发过程中，相关的设计研发、测试和分析工作主要由自身主导完成，晶圆代工厂主要配合提供产线资源、参数信息及调试匹配设备等，能够体现发行人技术先进性的工艺诀窍（Know-How）并不依赖晶圆代工厂的相关技术，发行人自身具备 MOSFET 产品的定制化开发能力，能够独立进行器件结构及工艺的设计、优化。

综上，发行人技术的先进性不依赖代工企业实现。

（四）说明与华润微、士兰微、华微电子、新洁能、东微半导等国内厂商相比，发行人主要产品性能指标以及专利、技术秘密等技术储备是否具备优势

1. 说明与华润微、士兰微、华微电子、新洁能、东微半导等国内厂商相比，发行人主要产品性能指标是否具备优势

根据发行人出具的说明、提供的产品手册，并经本所律师查询发行人官网、访谈发行人董事长、研发负责人，发行人深耕功率半导体领域多年，拥有性能指标突出的各类功率器件产品。发行人各类型具有代表性的主要产品如下：

| 产品类型 | 产品名称 | 具体情况 |
|------|--------------|--------------------------------|
| 平面 | CS4N65F 系列产品 | 发行人平面 MOSFET 主要型号系列之一，是发行人报告期内 |

| 产品类型 | 产品名称 | 具体情况 |
|------------|------------------|---|
| MOSFET | | 650V 平面 MOSFET 中形成收入排名较高的产品系列，具有代表性。 |
| | CS20N50FF 系列产品 | 发行人 2020 年新推出的产品型号，该产品拥有较高的额定电流（20A）和极小的寄生电容，代表发行人 500V 平面 MOSFET 系列产品系列中优值 FOM 的最高水平，且该产品内报告期内市场推广情况良好，是发行人报告期内市场推广主要产品。 |
| FRMOS | CSFR5N50D 系列产品 | 发行人 FRMOS 主要型号之一，是发行人报告期内 500V FRMOS 产品中形成收入排名较高的产品系列，具有代表性。 |
| | CSFR45N50FW 系列产品 | 发行人 2020 年新推出的产品型号，其额定电流为 45A，代表发行人 500V FRMOS 产品系列中最高额定电流水平，是发行人报告期内市场推广主要产品。 |
| 沟槽型 MOSFET | CTO01F03K08PST | 发行人沟槽型 PMOS 主要型号之一，是发行人报告期内沟槽型 PMOS 产品中形成收入排名较高的产品系列，具有代表性。 |
| | CTP04N004 | 发行人沟槽型 NMOS 主要型号之一，是发行人报告期内沟槽型 NMOS 产品中形成收入排名较高的产品系列，具有代表性。 |
| 超结 MOSFET | CLW60R064MF | 发行人超结 MOSFET 主要型号之一，是发行人报告期内超结 MOSFET 产品中形成收入排名较高的产品系列，具有代表性。 |
| | CLD65R1K0M | 发行人超结 MOSFET 主要型号之一，是发行人报告期内超结 MOSFET 产品中形成收入排名较高的产品系列，具有代表性。 |
| SiC MOSFET | C2M065W030 | 发行人 SiC MOSFET 主要型号之一，是发行人报告期内 SiC MOSFET 产品中形成收入排名较高的产品系列，具有代表性。 |

注：该等代表产品均为发行人已形成较高收入或新推出但已得到较好市场推广的产品，具有代表性。

根据发行人的说明并经本所律师访谈发行人董事长、研发负责人，对于功率器件产品，主要量化性能指标包括导通电阻典型值 R_{dson} （反映器件的导通性能）、耐压 BV （反映器件的耐压性能）、漏电流 I_{ss} （反映器件关断状态下漏源间电流大小）、额定电流（反映器件安全电流处理能力）、阈值电压（反映器件导通所需要施加的栅极电压）和优值 FOM （反映器件导通和开关的综合性能）。其中，FRMOS 还包括反向恢复时间（反映器件的反向恢复性能）等特性参数。

就发行人与华润微、士兰微、华微电子、新洁能、东微半导等国内厂商同类产品性能比较问题，因功率器件参数众多，故本所律师采用控制变量法，从公开渠道能够获取的相关对标厂商最新在售产品清单中，选择相同或者相近 BV 耐压（击穿电压）和额定电流参数的产品进行对比。根据发行人的说明，并经本所律师访谈发行人研发负责人、查询相关公司官方网站，发行人功率器件主要产品与华润微、士兰微、华微电子、新洁能、东微半导等国内厂商产品的指标对比情况

如下所示:

(1) 平面 MOSFET-CS4N65F

| 公司名称 | 产品型号 | 导通电阻典型值 Rdson (单位: ohm) | 耐压 BV (单位: V) | 漏电流 Iss (单位: uA) | 阈值电压 Vth (单位: V) | 额定电流 (单位: A) | 优值 FOM (单位: ohm*nC) |
|------|------------|----------------------------|---------------|---------------------|---------------------|-----------------|------------------------|
| 华润微 | CS4N65FA9R | 2.4 | 650 | <1 | 2-4 | 4 | 34.8 |
| 士兰微 | SVF4N65F | 2.3 | 650 | <1 | 2-4 | 4 | 29.9 |
| 华微电子 | JCS4N65C | 2.1 | 650 | <1 | 2-4 | 4 | 29.4 |
| 锴威特 | CS4N65F | 2.0 | 650 | <1 | 3-4 | 4 | 30 |

数据来源: 各公司官网公开信息

注 1: 导通电阻 Rdson 可反映器件导通损耗的高低, 是一项衡量 MOSFET 损耗的关键指标, 一般而言指标数值越小, 器件的导通性能越强, 器件性能越好, 下同。

注 2: 耐压 BV 可反映器件耐压程度, 该指标数值越大, 器件耐压越高, 安全工作区更大, 器件性能越强, 下同。

注 3: 漏电流 Iss 可反映器件关断状态下漏源间电流大小, 是一项衡量器件可靠性的关键指标, 一般而言数值越小, 器件性能越强, 可靠性越好, 下同。

注 4: 阈值电压 Vth 表征 MOSFET 处于临界开启状态所需要的驱动电压, 阈值电压的一致性好坏可反映制造工艺的控制水平, 一般而言范围越窄, 器件参数一致性越好, 下同。

注 5: 额定电流可反映器件的安全电流处理能力, 电流越大则器件性能越强, 下同。

注 6: 优值 FOM 又称品质因数, 指导通电阻 Rdson 与栅极电荷 Qg 的乘积数值, 可反映器件综合性能。一般而言优值 FOM 指标数值越小, 表示器件同时具备低导通电阻和快速开关特性, 器件性能越高, 下同。

注 7: 经查询新洁能、东微半导体官方网站, 未查见额定电流 4A/耐压 650V 左右的同类型对标产品。

由上表可见, 发行人型号为 CS4N65F 的平面 MOSFET 产品, 在同样耐压指标下, 导通电阻典型值及阈值电压一致性均优于华润微、士兰微及华微电子的可比产品。

(2) 平面 MOSFET-CS20N50FF

| 公司名称 | 产品型号 | 导通电阻典型值 Rdson (单位: ohm) | 耐压 BV (单位: V) | 漏电流 Iss (单位: uA) | 阈值电压 Vth (单位: V) | 额定电流 (单位: A) | 优值 FOM (单位: ohm*nC) |
|------|---------------|----------------------------|------------------|---------------------|---------------------|-----------------|------------------------|
| 华润微 | CS20N50A0R | 0.24 | 500 | <1 | 2-4 | 20 | 12.48 |
| 士兰微 | SVFP20N50F/PN | 0.20 | 500 | <1 | 2-4 | 20 | 9.9 |
| 华微电子 | JCS18N50WE | 0.22 | 500 | <1 | 2-4 | 19 | 10.71 |
| 锴威特 | CS20N50FF | 0.21 | 500 | <1 | 3-4 | 20 | 10.29 |

数据来源: 各公司官网公开信息

注：经查询新洁能、东微半导体官方网站，未查见额定电流 20A/耐压 500V 左右的同类型对标产品。

由上表可见，发行人型号为 CS20N50FF 的平面 MOSFET 产品，在同样耐压指标、相近额定电流指标下，导通电阻典型值、额定电流指标、阈值电压一致性和优值指标均优于华微电子的可比产品；在同样耐压及额定电流指标下，导通电阻典型值、优值指标和阈值电压一致性均优于华润微的可比产品。

(3) FRMOS-CSFR45N50FW

| 公司名称 | 产品型号 | 导通电阻 典型值 Rdson (单位: ohm) | 耐压 BV (单位: V) | 漏电流 I _{ss} (单位: uA) | 阈值电压 V _{th} (单位: V) | 额定电流 (单位: A) | 反向恢复 时间 Trr (单位: ns) |
|------|--------------|--------------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|-------------------------------|
| 士兰微 | SVF45NF50CP7 | 0.105 | 500 | <6 | 3-5 | 45 | 252 |
| 锴威特 | CSFR45N50FW | 0.1 | 500 | <1 | 3-5 | 45 | 95 |

数据来源：各公司官网公开信息

注 1：反向恢复时间 Trr 是指二极管由正向导通变为反向截止过程中反向电流恢复到零电流的时间，一般而言，反向恢复时间 Trr 指标数值越小，器件的反向恢复损耗越小，性能越强，下同。

注 2：经查询华润微、华微电子、新洁能及东微半导体官方网站，未查见额定电流 45A/耐压 500V 左右的同类型对标产品。

由上表可见，发行人型号为 CSFR45N50FW 的 FRMOS 产品，在同样耐压指标下，导通电阻典型值、漏电流指标与士兰微的可比产品基本相当，关键的反向恢复时间指标较士兰微的可比产品具有明显优势。

(4) FRMOS-CSFR5N50D

| 公司名称 | 产品型号 | 导通电阻 典型值 Rdson (单位: ohm) | 耐压 BV (单位: V) | 漏电流 I _{ss} (单位: uA) | 阈值电压 V _{th} (单位: V) | 额定电流 (单位: A) | 反向恢复 时间 Trr (单位: ns) |
|------|---------------|-----------------------------------|---------------------|------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|----------------------------|
| 华润微 | CS5R50C4RDP-G | 1.6 | 500 | <1 | 2-4 | 5 | 47 |
| 华微电子 | JCS5N50C | 1.45 | 500 | <10 | 2-4 | 5 | 268 |
| 锴威特 | CSFR5N50D | 1.5 | 500 | <1 | 3-4 | 5 | 61 |

数据来源：各公司官网公开信息

注：经查询士兰微、新洁能及东微半导体官方网站，未查见额定电流 5A/耐压 500V 左右的同类型对标产品。

由上表可见，发行人型号为 CSFR5N50D 的 FRMOS 产品，在同样耐压、额

定电流指标下，导通电阻典型值、阈值电压一致性指标均优于华润微的可比产品，两者反向恢复时间基本相当；在同样耐压、额定电流指标下，发行人产品的导通电阻典型值与华微电子的可比产品相近，阈值电压的一致性优于华微电子的可比产品，关键的反向恢复时间指标明显优于华微电子的可比产品。

(5) 沟槽型 MOSFET-CTO01F03K08PST

| 公司名称 | 产品型号 | 导通电阻 典型值 Rdson (单位： ohm) | 耐压 BV (单位： V) | 漏电流 Iss (单位： uA) | 阈值电压 Vth (单位：V) | 额定电流 (单位： A) | 优值 FOM (单位： ohm*nC) |
|------|----------------|--------------------------------------|---------------------|------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|
| 华润微 | CRTT500P10L | 0.04 | -100 | 1 | -1.3-2.5 | -27.0 | 3.4 |
| 新洁能 | NCE01P30 | 0.05 | -100 | 1 | -1.5~-2.5 | -30 | 6.0 |
| 锆威特 | CTO01F03K08PST | 0.04 | -100 | 1 | -1.2-2.5 | -45.0 | 3.9 |

数据来源：各公司官网公开信息

注：经查询士兰微、华微电子、东微半导体官方网站，未查见额定电流-45A/耐压-100V左右的同类型对标产品。

由上表可见，发行人型号为 CTO01F03K08PST 的沟槽型 MOSFET，在同样耐压指标下，导通电阻典型值、漏电流指标与华润微、新洁能的可比产品相近，阈值电压一致性、优值指标三者亦相当。

(6) 沟槽型 MOSFET-CTP04N004

| 公司名称 | 产品型号 | 导通电阻 典型值 Rdson (单位： ohm) | 耐压 BV (单位： V) | 漏电流 Iss (单位： uA) | 阈值电压 Vth (单位： V) | 额定电 流 (单位： A) | 优值 FOM (单位： ohm*nC) |
|------|---------------|--------------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| 华润微 | CRTT045N04L2P | 0.004 | 40 | 1 | 1-2 | 100 | 0.2 |
| 士兰微 | SVT044R5NT | 0.004 | 40 | <1 | 2-3.5 | 178 | 0.4 |
| 新洁能 | NCE40H12 | 0.003 | 40 | 1 | 1.2-2.5 | 120 | 0.2 |
| 东微半导 | SFS04R02GF | 0.002 | 40 | <1 | 1-2.5 | 200 | 0.1 |
| 锆威特 | CTP04N004 | 0.003 | 40 | 1 | 1.2-2.5 | 140 | 0.2 |

数据来源：各公司官网公开信息

注：经查询华微电子官方网站，未查见额定电流 140A/耐压 40V 左右的同类型对标产品。

由上表可见，发行人型号为 CTP04N004 的沟槽型 MOSFET，在同样耐压指标下，漏电流及优值指标与华润微、新洁能的可比产品均相同，导通电阻典型值

优于华润微的可比产品、与新洁能的可比产品相当，阈值电压一致性与新洁能的可比产品相当，额定电流指标优于华润微、新洁能的可比产品；在同样耐压指标下，导通电阻典型值、阈值电压一致性、优值指标优于士兰微的可比产品。

(7) 超结 MOSFET-CLW60R064MF

| 公司名称 | 产品型号 | 导通电阻 典型值 Rdson (单位: ohm) | 耐压 BV (单位: V) | 漏电流 Iss (单位: uA) | 阈值电 压 Vth (单位: V) | 额定电流 (单位: A) | 优值 FOM (单位: ohm*nC) |
|------|--------------|--------------------------------|---------------------|------------------------|----------------------------|--------------------|---------------------------|
| 华润微 | CRJF69N60G2 | 0.06 | 600 | <1 | 3-4 | 47 | 4.74 |
| 士兰微 | SVS35NF60PN | 0.08 | 600 | 6 | 2-4 | 35 | 7.16 |
| 新洁能 | NCE65TF068T | 0.062 | 650 | 3 | 2.5~4.5 | 53 | 4.0 |
| 东微半导 | OSG60R069HZF | 0.06 | 600 | 10 | 3.5-4.5 | 53 | 3.6 |
| 锴威特 | CLW60R064MF | 0.06 | 600 | 10 | 3.5-4.5 | 53 | 4.6 |

数据来源：各公司官网公开信息

注：经查询华微电子官方网站，未查见额定电流 53A/耐压 600V 左右的同类型对标产品。

由上表可见，发行人型号为 CLW60R064MF 的超结 MOSFET，在同样耐压指标下，导通电阻典型值与华润微、士兰微、新洁能及东微半导的可比产品相同或相近，漏电流指标亦与东微半导的可比产品相当；阈值电压一致性、额定电流与东微半导的可比产品相当。

(8) 超结 MOSFET-CLD65R1K0M

| 公司名称 | 产品型号 | 导通电阻 典型值 Rdson (单位: ohm) | 耐压 BV (单位: V) | 漏电流 Iss (单位: uA) | 阈值电压 Vth (单位: V) | 额定电流 (单位: A) | 优值 FOM (单位: ohm*nC) |
|------|-------------|--------------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|--------------------|---------------------------|
| 华润微 | CS4N65ARR | 2.4 | 650 | 1 | 2.0-4.0 | 4.0 | 34.8 |
| 士兰微 | SVS7N65FJD2 | 0.55 | 650 | - | - | 7.0 | - |
| 华微电子 | JCS4N65FE | 2.5 | 650 | 10 | 2.0-4.0 | 4.0 | 29.75 |
| 新洁能 | NCE65T1K2K | 1.0 | 650 | 1 | 3.0-4.0 | 4.0 | 8.4 |
| 东微半导 | OSG65R900DF | 0.7 | 650 | 1 | 2.0-4.0 | 5.0 | 5.5 |
| 锴威特 | CLD65R1K0M | 1.0 | 650 | 1 | 2.9-3.9 | 4.0 | 6.7 |

数据来源：各公司官网公开信息

注：经查询士兰微官方网站，未查见其 SVS7N65FJD2 的漏电流、阈值电压范围及优值指标。

由上表可见，发行人型号为 CLD65R1K0M 的超结 MOSFET，在同样耐压、额定电流指标下，导通电阻典型值、阈值电压一致性与新洁能的可比产品相当，优于华微电子及华润微的可比产品，漏电流值优于华微电子的可比产品，优值指标优于新洁能、华微电子及华润微的可比产品。

(9) SiC MOSFET-C2M065W030

| 公司名称 | 产品型号 | 导通电阻 典型值 Rdson (单位： ohm) | 耐压 BV (单位： V) | 漏电流 Iss (单位： uA) | 阈值电压 Vth (单位： V) | 额定电 流 (单位： A) | 优值 FOM (单位： ohm*nC) |
|------|-------------|--------------------------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| 上海瞻芯 | IV1Q06040T3 | 0.04 | 650 | 100 | 1.8-5.0 | 72 | 4.4 |
| 锆威特 | C2M065W030 | 0.03 | 650 | 10 | 2.0-3.5 | 100 | 4.2 |

数据来源：各公司官网公开信息

注：经查询华润微、士兰微、华微电子、新洁能及东微半导官方网站，未查见额定电流 100A/耐压 650V 左右的同类型对标产品。

由上表可见，发行人型号为 C2M065W030 的 SiC MOSFET，在同样耐压指标下，漏电流指标、阈值电压一致性、优值指标均优于上海瞻芯的可比产品。

综上所述，与华润微、士兰微、华微电子、新洁能、东微半导等国内厂商相比，发行人功率器件主要产品的参数指标整体与前述国内厂商相关可比产品相近，其中部分关键参数指标甚至更优。因此，发行人功率器件主要产品整体达到行业先进厂商水平，具备一定优势。

2. 说明与华润微、士兰微、华微电子、新洁能、东微半导等国内厂商相比，发行人专利、技术秘密等技术储备是否具备优势

(1) 专利、技术秘密储备情况

根据发行人出具的说明，并经查询企查查官方网站、中国及多国专利审查信息网、智慧芽专利数据库网站，以及相关公司的招股说明书及其他公开披露文件，截至 2022 年 12 月 31 日，发行人及其控股子公司与华润微、士兰微、华微电子、新洁能、东微半导等国内厂商（含该等公司的控股子公司）的授权境内专利整体

储备数量、2015年后所申请的MOSFET技术相关授权境内专利数量及其技术秘密储备情况如下表所示：

| 序号 | 公司名称 | 经营模式 | 成立时间 | 专利储备情况 | | 技术秘密储备情况 |
|----|------|--------------|------------|--------------|------------------------------|---|
| | | | | 授权境内专利整体储备数量 | 2015年后所申请的MOSFET技术相关授权境内专利数量 | |
| 1 | 士兰微 | 以IDM模式为主 | 1997.09.25 | 991 | 118 | 该公司非专利技术主要通过已经制订的技术保密措施来保护，如0.5~0.6微米的CMOS集成电路的设计技术、4位~8位MCU软、硬核的设计技术等。 |
| 2 | 华微电子 | IDM模式 | 1999.10.21 | 141 | 21 | 该公司未明确披露其通过技术秘密方式实现相关技术的保护。 |
| 3 | 华润微 | 以IDM模式为主 | 2003.01.28 | 1,771 | 193 | 该公司未明确披露其通过技术秘密方式实现相关技术的保护。 |
| 4 | 东微半导 | Fabless模式 | 2008.09.12 | 57 | 22 | 该公司未明确披露其通过技术秘密方式实现相关技术的保护。 |
| 5 | 新洁能 | 以Fabless模式为主 | 2013.01.05 | 183 | 107 | 该公司除对主要核心技术申请专利外，亦制定了一系列保密措施，包括对相关技术信息通过统一管理等方式实现保密等。 |
| 6 | 发行人 | Fabless模式 | 2015.01.22 | 61 | 7 | 发行人核心技术中存在4项与功率器件相关的非专利技术，考虑到申请专利存在泄密风险且为避免不正当竞争风险，经综合考虑行业技术特点、经营战略、维权成本等因素，发行人选择主要采取技术秘密的方式对其进行保护。 |

注：由于在不了解专利具体内容的情况下较难区分是否为MOSFET技术相关专利，因此在检索MOS技术相关专利时采用关键词和国际专利分类（IPC）号码相结合的方式，具体智慧芽检索式为“TACD: (MOSFET or 场效应 or MOS or 晶体管) AND ANCS: (公司名称) AND IPC: (H01L)”，H01L为IPC分类中的半导体器件分类号。

根据发行人出具的说明，并经本所律师查询智慧芽专利数据库网站、访谈发行人董事长及研发负责人，与华润微、士兰微、华微电子、新洁能等国内厂商相比，发行人的相关专利数量相对较少，主要原因系：

①成立时间：较前述国内厂商相比，发行人成立时间较短，故其专利整体储备数量相对较少，但发行人所拥有的授权境内专利数量与同行业可比公司东微半导基本相当。

就MOSFET技术相关授权专利储备情况而言，发行人的储备数量亦相对较少，究其原因，一方面，对于部分与功率器件相关的核心技术，发行人主要采取技术秘密的方式进行保护。另一方面，国内外较为知名且有代表性的相关同行业

可比公司于 20 世纪 70 年代起进行 MOSFET 技术相关的专利申报，至 21 世纪初达到顶峰，随着 MOSFET 相关理论日趋成熟，而后同行业 MOSFET 技术相关的专利申报数量大大降低且呈下行趋势，而发行人成立之时，正处前述专利申报下行阶段；

②所采取保护方式：各公司对于相关技术所采取的保护方式亦会对其所拥有的专利数量造成影响。具体而言，鉴于 MOSFET 产品的核心竞争力之一是其设计与制造工艺技术，现阶段 MOSFET 领域设计环节的研发重点与难点在于如何在满足客户指标要求的前提下，实现器件产品性能与成本的最优解，而各 MOSFET 设计公司所采用的独具特色且各不相同的实现最优解的路径和方案是该等公司着力保护的核心技术壁垒之所在。就此，为避免申请专利可能存在的泄密风险及技术公开可能引发的不正当竞争风险，发行人在综合考虑行业技术特点、经营战略、维权成本等因素后，选择对制造工艺技术主要采取技术秘密的方式加以保护，对 MOSFET 产品的设计则主要采取专利形式加以保护。

因此，与主要通过申请专利方式进行技术保护、未明确披露通过技术秘密方式实现技术保护的华润微、华微电子等国内厂商相比，发行人专利数量相对较少，但在技术秘密储备方面，具备一定优势。基于长期投入、研发沉淀形成的技术秘密储备是发行人持续研发的基础和动力，可以更好地促进发行人自主创新、增强核心竞争力；

③所采用经营模式：采用 Fabless 模式运营的发行人、东微半导体公司等因仅从事芯片的设计研发和销售，与华润微、士兰微等采用 IDM 模式运营、业务范围涵盖芯片设计、晶圆制造、封装测试等全业务环节的公司相比，专利数量处劣势。但发行人授权专利整体储备数量与同样采用 Fabless 模式运营的东微半导体基本相当。

（2）核心技术储备情况

相关公司的专利数量、技术秘密储备在一定程度上可以反映公司的技术储备情况，但专利及技术秘密数量的差异受公司选取技术保护手段的影响较大；考量相关公司在技术储备方面是否具有优势，还需分析该公司的核心技术储备情况。

根据发行人出具的说明，并经本所律师查阅华润微、士兰微、华微电子、新

洁能、东微半导体等国内厂商的招股说明书等相关公开披露文件，发行人与该等国内厂商 MOSFET 产品相关的核心技术储备情况如下表所示：

| 序号 | 公司名称 | MOSFET 产品相关的核心技术储备情况 |
|----|-------|---|
| 1 | 华润微 | 该公司与 MOSFET 产品相关的核心技术为沟槽栅 MOS 器件设计及工艺技术、平面栅 VDMOS 设计及其工艺技术、多层外延超结 MOS 器件设计及工艺技术，该 3 项技术均达国内领先水平，可生产出-100V 至 1500V 范围内低、中、高压全系列 MOSFET 产品，器件结构可覆盖平面栅 MOS、沟槽栅 MOS、超结 MOS、屏蔽栅 MOS、P 沟道 MOS、耗尽型 MOS。 |
| 2 | 士兰微 | 该公司与 MOSFET 产品相关的核心技术包括 0.5-0.6 微米 CMOS、BiCMOS 集成电路产品的设计技术。该公司近几年完成了超结 MOSFET 和高密度沟槽栅 MOSFET 为代表的功率半导体产品、第三代化合物功率半导体产品等新技术产品和技术研发体系的建立。在工艺技术平台研发方面，该公司陆续完成了超结高压 MOSFET、高密度沟槽栅 MOSFET、SiC-MOSFET 器件等工艺的研发，形成了比较完整的特色工艺制造平台。超结 MOSFET、高性能低压分离栅 MOSFET 等产品性能达到业内领先水平。 |
| 3 | 华微电子 | MOSFET 为该公司四大类核心产品之一，其产品包括超结 MOSFET、中低压 SGT MOS 和高密度低压 Trench MOS 等。该公司的核心技术国内领先，且达到国际同行业先进水平。近几年，该公司积极布局第三代半导体产品，开发 SiC MOSFET 工艺技术及产品、1500V 高压平面 MOS 产品平台。 |
| 4 | 新洁能 | 该公司与 MOSFET 产品相关的核心技术为 Super Junction MOSFET 工艺技术、SGT MOSFET 工艺技术、高雪崩耐量提升技术、超结功率 MOSFET 芯片产业化良率提升技术、高可靠功率 MOSFET 芯片反向恢复 di/dt 能力提升技术、高速低噪声功率 MOSFET 芯片及模块抗电磁干扰技术、Super Junction MOSFET 高可靠终端耐压保护技术，该 7 项技术均达国内领先水平，器件结构可覆盖沟槽型功率 MOSFET、超结功率 MOSFET、屏蔽栅功率 MOSFET。 |
| 5 | 东微半导体 | 该公司与 MOSFET 产品相关的核心技术为深槽超级结 MOSFET 设计及其工艺技术、屏蔽栅结构中低压 MOSFET 设计及其工艺技术、Super-Silicon 超级硅 MOSFET 设计及其工艺技术。其中，该公司的深槽超级结 MOSFET 设计及其工艺技术处国内领先、国际先进水平，屏蔽栅结构中低压 MOSFET 设计及其工艺技术处于国内领先水平，超级硅 MOSFET 设计及其工艺技术处于国际先进水平。报告期内，公司应用核心技术的产产品包括 GreenMOS 系列高压超级结 MOSFET、SFGMOS 系列及 FSMOS 系列中低压 MOSFET 等功率器件产品。 |
| 6 | 发行人 | 发行人的核心技术包括应用于 FRMOS 产品的高压 MOSFET 的少子寿命控制技术及其工艺实现技术（技术整体达国际先进水平），应用于平面 MOSFET 产品的新型复合终端结构及实现工艺技术（技术整体达国际先进水平）、一种防止自掺杂的背封结构（技术整体达国际先进水平）、高可靠性元胞结构（技术整体达国内领先水平）、一种利用 Power MOS 管实现高压快速启动的 AC-DC 开关电源的实现方法，以及应用于 SiC MOSFET 产品的短沟道控制及其设计制造技术。发行人利用前述相关技术实现了 SiC MOSFET 稳定的性能和优良的良率控制，相关 SiC MOSFET 产品已小批量出货，并已向高可靠领域客户形成销售。发行人的器件结构可覆盖 40V-1700V 电压段的平面 MOSFET、集成快恢复高压功率 MOSFET (FRMOS)、沟槽型 MOSFET、超结 MOSFET、650V-1700V 四个电压规格的 SiC MOSFET。 |

由上表可见，发行人的器件结构覆盖面及相关产品电压覆盖范围较广，且核心技术已覆盖 SiC MOSFET 产品设计及短沟道控制和设计制造技术，在 SiC MOSFET 领域已实现相关产品布局并向工业、汽车和高可靠领域客户进行销售，一定程度体现出发行人在该领域的技术实力。

综上所述，发行人专利整体储备数量相对少于华润微、士兰微、华微电子、新洁能等国内厂商，主要系因成立时间短、对相关技术主要采用技术秘密的保护方式以及采用 Fabless 经营模式等因素所致；与华润微、士兰微、华微电子、新洁能及东微半导等国内厂商相比，发行人技术储备的优势主要体现在发行人 MOSFET 相关核心技术三项整体达到国际先进水平、一项整体达到国内领先水平；同时与前述公司中尚在积极布局第三代半导体产品的部分公司相比，发行人在 SiC MOSFET 领域已顺利实现产品销售。

（五）说明发行人主要产品市场需求是“技术第一”还是“成本第一”，发行人先进产品与国内同行业公司相比是否有成本优势

1. 发行人主要产品市场需求面向消费电子领域侧重“成本第一”，面向工业、汽车领域侧重“技术第一”

经访谈发行人董事长，总体来看，目前 MOSFET 各个领域的市场需求可总结为通过进一步优化器件结构及工艺设计，改进优化器件参数、提高生产良率，实现器件产品性能与成本的最优解。但具体到不同领域，MOSFET 产品市场需求的侧重点存在一定差异。

消费电子领域对 MOSFET 产品的性能、可靠性、寿命等指标要求相对低于工业、汽车领域，该领域产品的市场需求相对侧重“成本第一”。但是，MOSFET 产品在实现降成本的过程中，如何实现性能最优，从而增加产品性价比，仍需要深厚的技术积累作为支撑。

工业、汽车领域对于 MOSFET 产品的参数指标和可靠性要求相对严苛，因此成本不再是优先考虑因素，产品的市场需求更侧重于“技术第一”，具体体现为客户更注重产品性能及可靠性是否满足要求，而对产品成本的敏感度相对低于消费电子领域。

2. 发行人先进产品与国内同行业公司相比具有一定的成本优势

经访谈发行人董事长，发行人 MOSFET 的先进产品以超高压 MOSFET、

FRMOS、SiC MOSFET 为代表，发行人上述三类产品的技术先进性的具体表现如下：

| 产品 | 技术先进性具体表现 |
|------------|---|
| 超高压 MOSFET | <p>(1) 发行人超高压 MOSFET 的最高电压可达 1700V。</p> <p>(2) 采用横向变掺杂和场板复合的终端结构，使终端表面电场分布更加均匀，降低产品的高温漏电流，提高产品可靠性。</p> <p>(3) 相关产品获得第十二届中国半导体创新产品和技术奖。</p> |
| FRMOS | <p>(1) 利用自主研发的“高压 MOSFET 的少子寿命控制技术及工艺实现技术”，反向恢复时间控制在 100ns 以内，最小可达 50ns，该核心技术已通过江苏省工业和信息化厅的新技术新产品鉴定，总体达国际先进水平。</p> <p>(2) 反向恢复软度好，可降低系统 EMI（电磁干扰）。</p> <p>(3) 高温漏电流小，可靠性优。</p> <p>(4) 栅极电容低，可支持高开关频率应用。</p> <p>(5) 电压段覆盖齐全。已开发 300V-700V 电压段，目前公司独立承接了国家级研发项目，正在进行 800V、900V、1000V 和 1200V 工艺设计平台的开发。</p> <p>(6) 相关产品获得第十六届中国芯奖项。</p> |
| SiC MOSFET | <p>(1) 拥有“短沟道碳化硅 MOSFET 器件系列产品沟道控制及其制造技术”，该技术得到的产品 Ronsp 指标优秀，参数一致性好。</p> <p>(2) 采用薄片加激光退火工艺，可降低产品热阻。</p> <p>(3) 相关产品获得第十五届中国芯奖项和第十四届中国半导体创新产品和技术奖。</p> |

经查询公开信息，国内同行业公司暂无超高压 MOSFET、FRMOS、SiC MOSFET 等细分产品的可比采购价格。发行人主要采用 Fabless 经营模式，通过技术降成本成为公司的主要降本手段，目标是保证产品性能指标的前提下，提高单片晶圆的管芯产出数量，通过优化工艺流程减少加工环节，同时提高产品成品率，以降低单颗产品的成本。

发行人在功率半导体领域深耕多年，在如何实现器件产品性能与成本的最优解方面拥有多项独具特色的核心技术，具体如下：

| 主要降本路径 | 相关技术 |
|----------------------------|--|
| 优化终端及元胞结构，提高单片晶圆的管芯产出数量 | <p>(1) 采用横向变掺杂和场板复合的终端结构，使终端表面电场分布更加均匀，降低产品的高温漏电流，提高产品可靠性，同时应用该技术可将高压和超高压平面 MOSFET 的终端环尺寸减小 50% 以上。</p> <p>(2) 发行人于 2020 年研制出第二代平面 MOSFET，通过采用 spacer 侧墙技术、浅槽孔技术及复合介质层工艺，实现了稳定可靠的更高电流密度的元胞结构，寄生电容较第一代产品降低 60%，具有更低的开关损耗和更小的芯片尺寸，可进一步提升系统效率并降低单颗裸芯成本。</p> |
| 优化工艺流程，减少光刻工艺次数，降低单片晶圆制造成本 | <p>(1) 发行人研制的一种掺砷衬底防止自掺杂的背封结构，相比使用铋掺杂衬底材料的制造工艺，该技术可取消薄片注入和退火的工序，有效降低碎片率，提高投入产出比。</p> <p>(2) SiC MOSFET 沟道电阻在整个导通电阻的占比极大，发行人采用沟道自对准工艺技术，省掉一层光刻，并且实现 0.5um 短沟道，实现低沟道电阻</p> |

| 主要降本路径 | 相关技术 |
|---------|--|
| | 以及极好的产品参数一致性和低的制造成本。 |
| 提高产品成品率 | 发行人通过优化产品设计，充分考虑工艺容宽，并通过在线缺陷扫描及管控手段，及时发现在线缺陷并进行优化整改，研究测试技术和方法，建立 SPC（统计过程控制）管控机制，通过多种技术手段提高产品成品率，降低产品成本。 |

上述技术在发行人超高压 MOSFET、FRMOS、SiC MOSFET 均有所应用，有效地降低了产品晶圆加工成本，提高了产品的市场竞争力。

综上所述，对于面向消费电子市场的 MOSFET 而言，该领域产品的市场需求相对侧重“成本第一”，但是 MOSFET 产品降成本仍需要深厚的技术积累作为支撑；对于面向工业、汽车领域的 MOSFET 而言，该领域产品成本不再是客户优先考虑因素，产品的市场需求更侧重于“技术第一”。发行人主要通过技术降成本，先进产品与国内同行业公司相比具有一定的成本优势。

本补充法律意见书一式叁份。

(此页无正文，为《北京植德律师事务所关于苏州锴威特半导体股份有限公司申请首次公开发行股票并在科创板上市的补充法律意见书之五》的签署页)

北京植德律师事务所



负责人： 龙海涛

龙海涛

经办律师： 王月鹏

王月鹏

黄心蕊

黄心蕊

2023 年 2 月 9 日