附件1：

2025企创融通汇“芯机遇促发展 解锁应用新市场”主题产业问题清单

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 领域 | 编号 | 产业问题 | 问题（需求）具体描述 |
| 宽禁带半导体材料与器件 | 01 | 大尺寸（8英寸、12英寸）碳化硅材料量产问题 | 8英寸产线虽已进入规模量产阶段，但良率仍普遍较低，其制约产能爬坡和成本下降。在AR/VR等新型显示应用的推动下，12英寸碳化硅衬底已成为产业共识的发展方向，然而晶体生长过程中的缺陷控制、加工工艺的稳定性等关键技术瓶颈尚未完全突破。 |
| 02 | 大尺寸（8英寸、12英寸）碳化硅晶圆加工工艺 | 碳化硅极高的硬度和脆性导致切割过程中易产生微裂纹和边缘崩缺，而大尺寸晶圆的应力分布不均现象更明显，加工难度加大。在减薄过程中也容易出现应力集中和翘曲变形问题，对工艺均匀性控制提出更高要求。随着晶圆尺寸增大，切割精度和良率要求显著提高，需要找到更好的可以同时满足高良率、低损耗和低成本的加工工艺。 |
| 03 | 碳化硅3C及P型开发进展较慢 | 目前，P型和3C型碳化硅材料及器件的研究正在持续推进，但距离产业化仍有一定差距。在P型碳化硅方面，虽然Al掺杂技术相对成熟，但受限于高电离能和低激活率，空穴迁移率仍不理想，欧姆接触电阻较高的问题也尚未完全解决。3C-SiC因其立方相结构在理论上有望实现更高电子迁移率，但亚稳态特性导致晶体生长困难，异质外延时的高缺陷密度问题制约了材料质量提升。国内外研究机构虽已在缺陷控制和掺杂优化方面取得一定突破，但整体来看，3C-SiC的产业化进程仍落后于4H-SiC。P型碳化硅和3C-SiC距离产业化还有一段时间。 |
| 04 | 高压碳化硅器件外延均匀性差 | 高压碳化硅器件的外延层均匀性问题是制约其性能可靠性的关键瓶颈。在厚外延层（>100μm）生长过程中，气相输运不均匀导致掺杂浓度波动和厚度偏差，引发局部电场集中和提前击穿。此外，高温外延工艺加剧了基平面位错（BPDs）向贯穿型位错（TEDs）的转化，形成微管缺陷。 |
| 05 | 国产碳化硅芯片上车信心不足 | 国产碳化硅芯片在参数性能上已逐步接近国际水平，但在实际应用层面仍面临挑战。一方面，国内产业起步较晚，在工艺成熟度和长期可靠性数据积累方面存在客观差距；另一方面，量产良率和成本控制能力仍需持续优化。当前制约国产芯片上车的关键因素并非技术指标，而是缺乏完整的车规级验证体系和批量装车实证案例。 |
| 06 | 碳化硅MOSFET栅氧可靠性问题 | 碳化硅MOSFET的栅氧可靠性问题主要源于高电场应力下栅氧层缺陷和SiC/SiO₂界面态密度高，导致阈值电压漂移（PBTI/NBTI）、沟道迁移率下降及时间依赖介质击穿（TDDB）。热氧化工艺残留的碳相关缺陷加剧电荷 载流子陷阱，高温或高频工况加速退化。该问题制约器件寿命，需结合材料、工艺和电路设计协同改进，以满足电动汽车、能源等领域的高可靠性需求。 |
| 07 | 碳化硅器件热管理匹配问题对长期可靠性影响 | 碳化硅器件的高温工作特性和热管理匹配问题对其长期可靠性构成显著挑战。由于SiC芯片与封装材料（如基板、焊料）的热膨胀系数（CTE）差异，在温度循环中易产生机械应力，导致界面分层、焊点开裂或键合线失效。此外，传统封装材料的导热性能不足，难以有效导出SiC的高热流密度，造成局部过热，加速材料老化与性能退化。为解决这一问题，需采用CTE匹配的AMB基板、高导热银烧结互连及先进散热设计（如液冷），以提升热循环耐久性，确保器件在高温高功率场景下的可靠运行。 |
| 08 | 碳化硅器件长期可靠性及筛选测试方法 | 碳化硅器件的长期可靠性面临栅氧退化、阈值电压漂移、体二极管退化等关键挑战，现有硅基测试标准难以有效评估其失效机理。目前行业缺乏统一的可靠性测试标准，特别是针对车规级（AEC-Q101）和工业级应用的加速老化测试方法。需开发针对SiC材料特性的筛选测试流程，包括动态HTGB、HTRB等应力测试，并结合缺陷表征技术（如DLTS）建立失效预测模型，以提升器件筛选效率和可靠性评估准确性。 |
| 09 | 碳化硅、金刚石在散热领域的应用开发 | 碳化硅具有超高热导率是铜的1.2倍，低的热膨胀系数，可以与芯片材料匹配度好以及耐高温的优异性能，因此AI芯片、大功率器件等高热流密度场景有很好的应用前景。同时要加强与各类材料如金刚石、硅等的有效联动，从器件的市场来进行有效协同，互相沟通，整合行业的需求。 |
| 10 | 大尺寸、高质量光学级碳化硅材料制备 | 碳化硅凭借其高折射率、优异热导性和出色透光性能，成为AR眼镜等消费级光学器件的理想材料。但AR眼镜这类消费级产品对于价格非常敏感，要推动产业化应用，必须突破大尺寸单晶生长技术瓶颈，优化加工工艺提高工艺参数指标和良率，并通过规模化生产降低边际成本。 |
| 11 | AR光波导需倾斜光栅刻蚀，无量产设备 | AR光波导所需的倾斜光栅刻蚀技术面临严峻的量产瓶颈，核心挑战在于缺乏高精度、高效率的量产设备。由于倾斜光栅需要精确控制30°~70°的纳米级斜角结构，传统半导体刻蚀工艺无法满足其角度一致性和深宽比要求。大尺寸晶圆上的刻蚀均匀性难以控制，导致光学性能波动。全球范围内尚未出现成熟的量产解决方案，设备商也缺乏经济型设备布局，严重制约了AR眼镜的产业化进程。需联合设备厂商开发新型等离子体刻蚀或纳米压印工艺，并建立标准化生产流程。 |
| 12 | 金刚石材料掺杂效率不足 | 金刚石功率器件发展受限于掺杂效率不足这一核心瓶颈：N型掺杂载流子浓度仅1016–1017cm-3（不足硅基的万分之一），P型掺杂虽可行但迁移率随浓度升高急剧下降。这直接导致器件导通电阻比理论值高10-100倍，击穿电压和高温稳定性远未达预期，严重制约其在高压/高温场景的应用突破。 |
| 13 | 金刚石晶圆加工效率低 | 金刚石材料具有超硬特性，因此传统机械加工刀具磨损速度比硅加工快100倍以上。同时金刚石具有超高导热性，因此激光加工时能量快速扩散，加工精度难以控制。研磨抛光环节，若达到器件级表面质量，需采用纳米金刚石磨料进行长达200小时以上的超精加工，材料去除率不足0.1μm/h，加工效率低。 |
|  | 14 | 金刚石晶圆键合良率低 | 金刚石与异质材料（如Si、SiC）的热膨胀系数差异大，在高温键合过程中易产生应力裂纹；金刚石晶圆表面粗糙度（通常>1nm）和晶格缺陷导致键合界面存在大量微空隙，降低键合强度；金刚石超高的硬度和化学惰性使其表面难以形成有效的键合界面。因此会制约其在功率器件和散热应用中的集成化发展。当前亟需开发针对金刚石特性的新型表面活化技术和低温键合工艺。 |
|  | 15 | eVTOL适航认证周期长与国产碳化硅模块验证不足 | 现行航空法规难以适配eVTOL新型构型，电池安全、飞控冗余等测试使认证周期长；同时国产碳化硅模块缺乏航空级验证数据，现有车规标准（AEC-Q101）与航空工况失配，导致主机厂目前会依赖进口部件。 |