XeF_2释放工艺实验流程单（SiN功能层）

工艺大步	序号	工艺步骤	细节步骤	设备	工程师	片数	备注	版图要求
备片信息	00	备片	来料确认	金相显微镜/Olympus MX-51（设备号11001102）	—	—	特殊材料、已释放结构、金属污染风险或小片贴片样品需提前说明	需提供版图文件、关键尺寸、对准标记、测试结构及需要避让区域
制版	01	版图确认	GDS/版图数据检查	版图设计软件	尹长青	—	XeF_2为Si各向同性干法刻蚀；实际释放速率受Si类型、晶圆温度、窗口尺寸、开口率、腔体状态及表面残留影响	版图需标注释放窗口、目标欠切距离、结构层边界和需保护区域。；标准工艺以释放窗口≥2 μm、单侧释放距离≤300 μm为设计边界
	01	光刻版制作（可选）	掩膜版制作/激光直写版图准备	DWL66+激光直写（设备号17002190）	尹长青	—	亚微米光栅或高精度CD结构建议采用EBL并单独制定工艺	版图需包含对准标记、工艺测试图形、样品编号和划片道标识
晶圆清洗	02	清洗	有机清洗	8槽清洗机	宗莉	—	清洗方式需与客户样品材料及已有薄膜兼容	无特殊版图要求
LPCVD沉积（可选）	03	低应力SiN_x沉积	阻挡/结构层沉积	北方华创LPCVD（设备号25027649）	曹秉军	—	采用LSN（Low Stress Silicon Nitride）工艺作为MEMS功能层，可有效降低释放后悬臂梁、悬膜及微桥结构的翘曲和开裂风险。XeF_2对Si具有高选择比，而对LPCVD SiN基本无刻蚀作用，因此LSN可兼作结构层和XeF_2释放阻挡层	释放窗口周边需保证SiN_x连续覆盖；大面积悬膜需在版图中设置应力释放结构或测试结构
沉积后检查（可选）	04	膜厚/应力检查	SiN_x膜厚、均匀性、应力抽检	椭圆偏振光谱仪/薄膜应力计	苏鑫/曹秉军	—	如果SiN_x应力过大，后续XeF_2释放后可能出现薄膜翘曲、破裂或塌陷	建议版图中设置开阔膜厚测试区和释放测试结构，测试结构宽度：≥100 μm
光刻	05	前处理	水分去除	HMDS烘箱	付玉霞	—	用于提高光刻胶与Si、SiO_2、SiNx等表面的附着力，减少显影、金属沉积和剥离过程中的胶边翘起或图形脱落	无特殊版图要求
	05	涂胶	AZ601正胶涂覆	SUSS Labspin匀胶机	付玉霞	—	若图形<2 μm或对CD要求严格，应选择更合适的胶型和曝光方式	确认最小线宽≥2 μm
	05	前烘	Soft bake	SUSS Hot热板	付玉霞	1	前烘影响CD、附着力和显影窗口；光学结构需控制胶膜边缘和颗粒	无特殊版图要求
	05	曝光	对准曝光	SUSS MA8（LED）光刻机（设备号25032843）	付玉霞	—	若为多层工艺，需进行对准标记识别和套刻检查	确认曝光层、对准方向、光栅周期/占空比和关键尺寸
	05	显影	图形显影	PD238显影液	付玉霞	—	要求开口完整、边缘清晰、无明显残胶；小间距和大Pad区域均需检查	重点检查浅槽、光栅、波导边缘和测试图形
镜检	06	镜检	光刻图形检查	金相显微镜/Olympus MX-51（设备号11001102）	付玉霞，包艳琳	—	刻蚀前若图形异常应返工，不建议带缺陷进入浅刻蚀	无特殊版图要求
打底胶	07	刻蚀前处理	开口残胶处理	等离子体去胶机（设备号21013080）	李希有	—	去除残胶和表面吸附物	无特殊版图要求
释放窗口刻蚀	08	硬掩膜/结构层开孔	SiN_x刻蚀	ICP刻蚀机-F（设备号13015108）	李希有	—	若释放窗口未打开到Si，XeF_2无法有效释放；刻蚀工艺需避免损伤锚点、电极、梁/膜结构和下层功能膜。需过刻。其它材料需要专项评估	释放窗口需刻穿至待释放Si区域；版图需预留开口检查区，开口尺寸：≥10 μm宽*5000 μm长
	08	开孔后确认	Si暴露/残留检查	光学显微镜	李希有，包艳琳	—	进入XeF_2前必须确认窗口已暴露Si，否则释放不完全	需标注典型释放窗口和异常区域
	08	开孔后确认	确认SiN是否刻蚀干净	P7 台阶仪（设备号21012469）	李希有，苏鑫	—	主要用于判断膜层是否刻穿及刻蚀深度是否满足要求，不能单独判断微量残胶或局部残膜；测试前应确保扫描路径平整，避免探针跨越深槽、悬空结构或易损图形	版图中应设置独立的台阶测试区，包含足够宽的开口区和未刻蚀膜层区；测试条带宽度不小于50-100 μm
	08	开孔后确认	确认SiN是否刻蚀干净	高分辨场发射扫描电镜 / Zeiss GeminiSEM 300（20009957）（可选）	陈雅璐	—	SEM用于小尺寸窗口、疑似残留区域或光学显微镜难以判断区域的复核；测试前需评估样品导电性及电子束对器件的影响	SEM测试图形尺寸：≥10 μm宽*5000 μm长
去胶	09	湿法去胶	NMP/丙酮浸泡去残胶	湿法通风橱//超声清洗机	宗莉	—	作为主去胶步骤；应去除光刻胶及胶上方多余金属，避免孔内/线间残胶、金属桥连、毛刺和颗粒残留；细小图形慎用超声，防止有效金属图形脱落	无特殊版图要求
	09	干法去胶	O_2 plasma 去残胶	等离子体去胶机（设备号21013080）	李希有	—	避免过度O_2 plasma导致胶形貌损伤、undercut消失、金属/敏感材料表面氧化或孔内残留影响后续检查；确认其他材料是否怕Ar	无特殊版图要求
刻蚀后镜检	10	显微镜检查	确认胶是否去除干净	光学显微镜	包艳琳	—	作为刻蚀后快速检查步骤，记录中心、边缘、典型图形和异常区域照片；释放窗口刻蚀后主要是检查胶是否去除干净	无特殊版图要求
XeF_2释放	11	干法释放	XeF_2循环释放	XeF2干法释放刻蚀设备（设备号22019789）	李希有	—	释放前确认窗口完全暴露Si；释放后禁止湿法、超声及剧烈吹气，避免悬空结构损伤	释放窗口建议≥2 μm；单侧释放距离建议≤300 μm；大面积悬空结构建议设计释放孔阵列（孔径2–5 μm，孔间距20–50 μm）；建议设置释放监测结构和对准标记
释放后检查	12	显微镜检查	释放完整性检查	共聚焦显微镜系统（设备号2101537）	苏鑫	—	作为释放后首要验收步骤，未释放区域可增加XeF_2循环	版图设置释放监测梁、膜片及释放孔阵列；中心、边缘均布置测试结构
	12	SEM检查	悬空结构复核	高分辨场发射扫描电镜 / Zeiss GeminiSEM 300（20009957）（可选）	陈雅璐	—	用于光学难以判断的小尺寸结构及异常区域复核	预留SEM定位标记及截面切割区；最小尺寸结构需包含
最终确认	13	结果汇总	数据记录	—	—	1	汇总XeF_2循环数、释放率、膜层状态、异常位置及照片，形成工艺记录。	无特殊版图要求

备注：1. 本流程卡基于4英寸晶圆制定，其他尺寸晶圆、小片及异形片的工艺参数、设备适配、装片方式、释放均匀性与结构损伤风险均会调整，需专项评估。
2.本流程主要适用于以Si为牺牲层、SiN为结构层的XeF_2各向同性干法释放，主要面向悬臂梁、微桥、悬膜、空腔和热隔离结构；建议释放窗口≥2 μm、单侧释放距离≤300 μm，大面积结 构需设置释放孔以及专项评估。