**《微电子工艺》作业**

**学号： 2021226xxxx**

**姓名： xxx 班级： 微210x 分数：**

1. 请调研从事集成电路制造装备的国内企业，从中选择一家你感兴趣的企业，详细介绍其装备性能和技术优势。（30分）

答：（宋体五号，段落1.25倍间距，字数800字以内，可配图表）

中微半导体是一家从事集成电路制造装备的国内企业，以下表格中为中微半导体的刻蚀装备性能及技术优势，其信息来源为中微半导体官网。

表1 中微半导体刻蚀装备详情表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 装备名称 | 装备性能 | 技术优势 |
| Primo D-RIE  IMG_256 | 是12英寸双反应台多反应腔主机系统，可灵活装置多达三个双反应台反应腔（六个反应台），内有甚高频和低频混合射频去耦合反应等离子体源、等离子体隔离环、以及用于控制腔体内反应环境的先进工艺组件 | 高生产效率，低生产成本；  设备占地面积小；  极强的一体整合的除胶能力及表面电荷减除能力 |
| Primo AD-RIE  IMG_256 | 配备了可切换双低频射频源，可以灵活地装置多达三个双反应台抗腐蚀反应腔（即六个反应台），目前已被广泛应用于40到14纳米后段制程。其子系列产品可以达到更高的额可是均匀度和刻蚀选择比 | 双低频率分步骤切换系统，适用于更广的制程范围；  优异的工艺可调性和稳定性；高生产效率，低生产成本；  扩展机型可应用于不同特殊制程 |
| Primo SSC AD-RIE  IMG_256 | 是单反应台电介质刻蚀产品，具备同步脉冲射频系统、可冷却聚焦环工艺组件和甚低压气体抽运系统等，可以处理多层薄膜刻蚀的微负载问题、极端边缘形貌问题以及接触孔刻蚀的终端控制问题 | 多手段刻蚀均匀度调节；  双级同步脉冲射频系统；  先进气体抽运系统； |
| Primo iDLE  IMG_256 | 是整合了一个或两个双反应台D-RIE或AD-RIE工艺模块、和一个远程等离子体源除胶器反应腔的系统 | 显著减小占地面积；  节省成本20%以上 |
| Primo HD-RIE  IMG_256 | 在3D-NAND及DRAM中高深宽比沟槽及深孔刻蚀上表现优异，在一些关键制程上已实现量产 | 其气体脉冲系统，提供了更灵活的工艺控制方案；  应对特殊工艺的高温高功率静电吸盘 |
| Primo TSV  IMG_256 | 是用于高性能硅通孔刻蚀应用的高密度等离子体硅通孔刻蚀设备，可刻蚀孔径从低至1微米以下到几百微米、深度可达几百微米的孔洞，并具有工艺协调性，可根据客户的需求产生不同的刻蚀形状（例如垂直、圆锥形和锥形等） | 具有适合不同应用的工艺调整性；  每台系统的产能显著提升；  同一反应腔内融合了Bosch以及恒稳态制程的工艺性能； |
| Primo nanova  IMG_256 | 是基于电感耦合技术研发的12英寸刻蚀设备，可实现对离子浓度和离子能量的高度独立控制，适用于1X纳米及以下的逻辑和存储器件的刻蚀应用 | 离子浓度和离子能量可控；  高排气量更宽的工艺窗口；  优秀的刻蚀均匀性；  好的高深宽比刻蚀性能；  高生产效率，低生产成本； |

1. 请调研集成电路制造领域中从事化学品生产的国内企业，从中选择一家你感兴趣的企业，详细介绍其产品及其所达到的指标。（30分）

答：（宋体五号，段落1.25倍间距，字数800字以内，可配图表）

江阴江化微电子材料股份有限公司（简称江化微）是一家从事化学品生产的国内企业。其通用化学品的产品及质量指标如下，其信息来自江化微公司官网。

表2 江化微通用化学品及指标

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 类别 | 产品 | 化学式 | 指标 | | | | |
| G5 | G4 | G3 | G2 | G1 |
| 酸碱类 | 硫酸 | H2SO4 | √ | √ | √ | √ | √ |
| 氨水 | NH4OH | √ | √ | √ | √ | √ |
| 过氧化氢 | H2O2 |  | √ | √ | √ | √ |
| 盐酸 | HCl | √ |  | √ | √ | √ |
| 硝酸 | HNO3 |  | √ | √ | √ | √ |
| 磷酸 | H3PO4 |  |  |  | √ | √ |
| 氢氟酸 | HF |  | √ | √ | √ | √ |
| 冰乙酸 | CH3COOH |  |  | √ | √ | √ |
| 氟化铵 | NH4F |  | √ | √ | √ | √ |
| 胆碱 | C5H14ON+ |  |  |  | √ | √ |
| 氢氧化钾 | KOH |  |  |  |  | √ |
| 氢氧化钠 | NaOH |  |  |  |  | √ |
| 溶剂类 | 甲醇 | CH3OH |  |  |  | √ | √ |
| 乙醇 | CH2O |  |  | √ | √ | √ |
| 异丙醇 | C2H6O | √ | √ | √ | √ | √ |
| 丙酮 | C3H6O |  | √ | √ | √ | √ |
| 醋酸丁酯 | C6H12O2 |  |  |  | √ | √ |
| 乙二醇 | C2H6O2 |  |  | √ | √ | √ |
| N-甲基吡咯烷酮 | C5H9NO |  |  | √ | √ | √ |
| 丙二醇单甲醚 | C4H10O2 |  |  | √ | √ | √ |
| 丙二醇单甲醚醋酸酯 | C6H12 O3 |  |  | √ | √ | √ |
| 其他类 | 三氯氧磷 | POCl3 |  |  |  | √ | √ |

这里的指标采用了SEMI标准，这是由国际半导体设备与材料产业协会制定，其将湿电子化学品分为G1-G5五个等级。如G1等级湿电子化学品适用制程为＞1.2μm、金属杂质≤1000μg/L、颗粒度≤1.0μm；而G5等级湿电子化学品适用制程＜0.09μm、金属杂质≤0.01μg/L、颗粒度更小。详细指标见下表。

表3 质量指标

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| SEMI | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 |
| 金属杂质 | ≤1000μg/L | ≤10μg/L | ≤1μg/L | ≤0.1μg/L | ≤0.01μg/L |
| 控制粒径 | ≤1.0μm | ≤0.5μm | ≤0.5μm | ≤0.2μm | \* |
| 颗粒个数 | ≤25 | ≤25 | ≤5 | 供需双方协定 | \* |
| 适应IC制程 | ＞1.2μm | 0.8-1.2 | 0.2-0.6 | 0.09-0.2 | <0.09 |

非常可惜的是，江化微公司也生产功能化学品，但是其仅公布了化学品类别，而并未公布质量指标。这可能是因为功能化学品的具体成分尚需要根据制程工艺和要求配置，因此没有固定的配比，也就没有统一的质量指标。

功能化学品的是由通用化学品配置而成。如显影液，早期的是氢氧化钾与水的混合物，现如今最普通的是四甲基氢氧化铵。因此可以根据前文列出的通用化学品的质量，大致限定其功能性化学品的质量。

此外也可以根据其应用领域，大致判断功能化学品的质量。如显示面板领域一般要求达到G2、G3等级；集成电路领域，8英寸及以下晶圆要求达到G3、G4水平，12英寸晶圆需要达到G5等级。如下为江化微的功能性化学品的产品及其应用领域，信息来自江化微公司官网。

表4 江化微功能化学品及指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 类别 | 产品 | 应用领域 |
| 显影、漂洗液 | 负胶显影液 | IC |
| 负胶漂洗液 | IC |
| 负胶显影漂洗液 | IC |
| 正胶显影液(TMAH) | IC / FPD / OLED |
| 正胶显影液(TMAH含活性剂) | IC / FPD / OLED |
| 剥离液 | 正胶剥离液(水系) | FPD / OLED |
| 正胶剥离液(有机系) | IC/FPD / OLED |
| 剥离清洗剂(铝制程) | IC |
| 剥离清洗剂(铜制程) | IC |
| 剥离去胶液(铝制程) | IC / FPD |
| 剥离去胶液(化合物制程) | IC / FPD |
| 剥离去胶液(先进封装) | IC |
| 酸性剥离液 | IC |
| 清洗剂 | 负胶剥离液 | IC / FPD |
| 稀释剂 | IC / FPD |
| 边胶清洗剂（EBR) | IC / FPD / OLED |
| 蚀刻类 | 清洗剂（铜、铝、PI、ITO） | IC / FPD / OLED |
| 氟化铵腐蚀液(BOE） | IC / FPD / OLED  / PV |
| 低张力氟化铵腐蚀液（BOE） | IC / FPD / OLED  / PV |
| 铝蚀刻液 | IC / FPD |
| 钼蚀刻液 | IC / FPD |
| 钼铝/钼铝钼蚀刻液 | IC / FPD |
| 硅蚀刻液 | IC / FPD / PV |
| 金蚀刻液 | IC |
| 镍/银蚀刻液 | IC / FPD |
| 铜蚀刻液 | IC / FPD |
| 钛蚀刻液 | IC / FPD |
| 铬蚀刻液 | IC |
| 氢氟酸腐蚀液(含活性剂） | IC / FPD |
| ITO蚀刻液 | FPD |
| 其他 | 增粘剂 | IC / FPD |

1. 在本课程所讲授的微电子工艺范畴内，选择你感兴趣单项工艺，详细论述相关国内企业技术现状，并对其发展趋势进行预测。（40分）

答：（宋体五号，段落1.25倍间距，字数800字以内，可配图表）

光刻工艺是微电子器件制造中的关键步骤。国内企业在光刻工艺领域取得了显著的技术进步。以光刻机来源分类，国内企业大致可以分为两大类，一个是以中芯国际为代表的，采购光刻机并加以应用的的企业；一类是以上海微电子装备为代表的，自行研发光刻机的企业。这里选取中芯国际与上海微电子装备两家公司分析技术现状。

中芯国际是中国大陆最大的半导体制造企业之一。这里有世界先进的光刻机设备，如ASML的DUV光刻机，实际上，中芯国际大部分收入来自传统产能工艺。中芯国际的传统产能在去年实现量价齐升。由此来看，DUV帮助扩产传统产能，对中芯国际是一项利好。而另一方面，DUV设备却无法很好地推进公司先进工艺的研发，因为若一项先进工艺只有DUV设备支持，则无法做出良率及格的芯片，也无法达到国际大厂的性能水平。

其实早在2018年初，ASML与中芯国际正式达成了首台最先进的EUV光刻机的采购订单，价值约1.2亿美元，原本预计将于2019年底交付，但是却因荷兰政府没有向ASML发放新的出口许可证，导致迟迟无法交付。时至今日，中芯国际都没有拿到EUV光刻机。中芯国际的CEO梁孟松博士表示，在当前的环境下，N＋1、N＋2代工艺都不会用EUV工艺，等到设备就绪之后，N＋2之后的工艺才会转向EUV光刻工艺。这也意味着后续的第一代的7nm工艺，中芯国际无需EUV光刻机也能实现量产。但是N+2之后的先进制程则必须依赖于EUV光刻机才能实现。

上海微电子作为国内光刻设备的龙头企业，由于起步较晚且技术积累薄弱，目前最先进的光刻设备也只能提供最高 90mn 的工艺技术。单从指标上看，基本也和 ASML 的低端产品 PAS5500 系列属于同一档次。如下是上海微电子装备的国产光刻机，信息来源为上海微电子官网。

表5 上海微电子600系列光刻机

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 型号 | SSA600/20  IMG_256 | SSC600/10  IMG_256 | SSB600/10  IMG_256 |
| 分辨率 | 90nm | 110nm | 280nm |
| 曝光光源 | ArF excimer laser | KrF excimer laser | i-line mercury lamp |
| 镜头倍率 | 1:4 | 1:4 | 1:4 |
| 硅片尺寸 | 200mm或300mm | 200mm或300mm | 200mm或300mm |

由此可见，这两大类的公司在当下或不远的未来均面临较为严峻的考验，用一句话来总结上文就是：国产的性能不够好，高性能的别人不卖。

“国产28nm光刻机将于2020年底交付”、“国产28nm光刻机将于2021年底交付”、“国产28nm光刻机将于2022年底交付”……其实我在调研资料的时候，总能搜到这样的假新闻。仅仅作为一名集成电路专业的学生，我其实并不清楚行业现状，调研时查到的消息错综复杂。上海微电子官网上没有28nm光刻机的影子，说实话，我现在其实也不清楚国产28nm光刻机到底有没有交付。

但是我不想仅仅做一名学生。我能从每年一次的“国产28nm光刻机”里看到每个国人对国产光刻机的渴望。“筚路蓝缕，以启山林”，每个半导体人都在尽己所能推进祖国的半导体事业。因此，我在这里大胆预测，未来的五年至十年内，光刻技术会迎来突破，或引入EUV实现应用突破，或交付国产光刻机实现技术突破。但如若不能，我将尽自己所学，投身光刻行业。