

芯片春秋：光刻胶传

近年来，随着美国为首的西方集团对我国卡脖子领域的制裁进一步加重，中国落后的技术领域上，问题愈趋明显，其中格外严重的便是大众关注的中国芯。

首先，芯片经历了怎样的制裁？芯片制造中有三个过程：方案设计，芯片制造，分装使用。方案设计，指工程师使用国际认可的指令集系统，设计一款能兼容其他部件运行的芯片。由于欧美日率先进入芯片领域，其创设的，具有专利权的 MIPS 等指令系统已成为全球化生产中主导的指标。虽然其曾有阻碍我国生产以它方指令系统设计出的芯片，中国却逐步使用起了虽略显复杂，但开源兼容的 RISC-V 等指令，华为工程师也掌握了此指令下芯片设计的技术。而封装使用环节，制裁前我国大量公司都在进行此步骤，经验丰富，早可自给自足。

困难便集中在图纸变现的制造过程。芯片上电子元件的高集成度越高，电路效率愈发提升，价格愈低，受到追捧。为了突破制裁，我国急需一批纳米工艺级别的机器与材料，即光刻机与光刻胶，去生产此种精密的集成电路。

展开而言，支撑纳米级别工艺的技术核心，是利用无厚度的光。制造流程中，首先要将光刻胶涂抹在硅片上，形成一层光敏感的均匀薄膜。接着，在曝光装置中，利用不同的光强与光照时间，把不同图案的掩模投射到光刻胶上，使曝光区域发生一系列化学反应。最后，经处理，掩模的图案就被转移到了光刻胶膜上。这种薄膜图案化的过程经过多次迭代，联同其他多个物理过程，便实现了图纸的设计，产生高度密集的集成电路。

而由于光源的波长与加工时的线宽呈线性关系，这便意味着采用更短的波长时，例如深紫外光，将得到更细小精确的图案，达成单位面积上更高的电子元件集成度，尽管这种高能耗，高聚焦，低波长的光刻机，我国处于一定程度上的稀缺状态，却也能依靠未来与台积电等企业的合作，逐步改善状况。

而假设拥有了实现光波长要求的机器后，为了雕刻，还需要实现掩膜。如使用波长 248nm，位于深紫外区域的光时，其光源强度与其他 UV 区域的光源强度相比仅为 1/30，这对雕刻光刻胶构成了巨大的挑战。

延长曝光时间，使得低光强能够完成雕刻，是能够实现但由于巨额成本必须放弃的选择。而国际认可的办法则被集中在，如何发明一种更加灵敏精确，能对光更敏感，所需能量更少，雕刻难度更小的光刻胶。

化学家们渴望催化解决问题，他们在传统的光刻胶中引入了光致产酸剂材料 Photo Acid Generator，让酸作为催化剂，实现在光刻胶吸收光子时产生链式反应，降低活化能，成功地通过化学的方法将光学信号进行了放大。

而当光的波长进一步变小，在保留 248nm 光刻胶中的化学放大机理值时，更低波长的 193nm 光刻胶先选择了增强透光性的丙烯酸类树脂作为主材料，但却一度出现了抗刻蚀能力下降的问题。这是因为由于碳氢比越高，抗刻蚀能力越强，传统光刻胶的树脂均是以苯环为主体，具有较高的碳氢比，而丙烯酸树脂的碳氢比相对较低。所幸，材料学家们将金刚烷、多环内酯等基团作为保护基引入丙烯酸酯体系，既稳定了结构，也解决了抗蚀问题。

让人遗憾的是，从国内芯片的龙头企业来看，例如中芯国际、长江存储，其虽然能实现高波长低效率的光刻胶材料的自给自足，以 KMP DK1080 为代表的 248nm 光刻胶却仅能制造出少量对国外的替代品，KMP DK1089 为代表的 193nm 和 EUV 光刻胶这类更先进的产品，则还处于研发阶段，国产化几乎一片空白，严重依赖进口。

这对我国提出了快速追赶的要求，但所幸我国也有一定的有利条件。当前国际领先的芯片制程大致为 4 纳米左右，目前没有国家能解决材料极限下的隧穿等问题，只有量子物理进一步发展，才得以解决，而调查数据也显示，从 2013 以来，对新型的光刻胶的专利生产已逐驱缓慢甚无，对降低已有光刻胶成本的专利申请则逐渐变多。这段研发时间，正是我国可以加紧赶上世界步伐的大好机会。

此外，在包括光刻胶在内的芯片研发进程中，有国人曾发出疑惑，为什么中国在物质极其匮乏的年代里，能造出原子弹，却在经济如此发达的现代化时代，无法制造出光刻胶这类产品？其需明白的是，光刻胶作为精细化工业产品，与几乎不被动用的军用原子弹有本质区别。落后的原子弹与先进科技制造的原子弹有同样的威慑作用，而用户面对生活中频繁使用的芯片，会自然趋向那些物美价廉之物，而非有卡顿风险的芯片。此外，面对众多专利的封锁，要打开世界市场的产品，天然会有大的掣肘，这与代表政治威慑的原子弹也有很大不同。

所幸，中国的芯片制造者们正在全力追赶世界的步伐，在更大研发力度之下，我国必将争取在光刻领域中大幅度缩短与先进国家的差距，避免国外禁运对我国半导体产业的掣肘，制造真正的中国之芯。