

机械设备

半导体设备深度报告（三）：详解光刻机——半导体制造业皇冠上的明珠

行业评级 推荐
评级变动 维持

主要观点

1. 光刻机是半导体制造业中最核心的设备

光刻环节实现芯片设计图从掩模到硅片上的转移，是芯片生产流程中的最关键步骤，直接决定芯片的制程水平和性能水平。芯片在生产过程中需要进行 20-30 次的光刻，耗时占到制造环节的 50% 左右，占芯片生产成本的 1/3。

光刻机是光刻工艺的核心设备，设计系统集成、精密光学、精密运动等多项先进技术，具备极高的技术含量和单台价值量，目前最先进的 ASML EUV 光刻机单价达到近一亿欧元。

2. 光刻机的不断发展满足了芯片更小制程、更低成本的生产要求

芯片制造的发展方向是更小的制程以及更低的成本，这要求光刻机能不断实现更小的分辨率水平。按照所用光源划分，光刻机经历了五代产品的发展，每次光源的更替都是的制程水平有了极大的提升。目前最先进的 ASML EUV 光源，已经可以实现 7nm 制程芯片的生产。

光刻机发展过程也伴随着工艺的不断改进，ASML 推出的双工作台系统、沉浸式光刻系统填补了在光源没有发展的情况下实现了制程水平和制造效率的提升，也奠定了其光刻机龙头的地位。

3. 开放式创新模式下时代的选择铸就光刻机绝对龙头 ASML

ASML 能击败日本的“微影双雄”成长为光刻机领域的绝对龙头，根本原因在于 ASML 极其重视研发，并采用开放式创新的模式，在新品研发和工艺改进上具有极高的效率和灵活性，与尼康、佳能的孤岛式研发形成鲜明对比。高灵活性使得 ASML 能抓住半导体产业转移的历史机遇，把握住韩国与台湾市场，并与台积电合作研发沉浸式光刻机，一举登上行业龙头地位。

目前 ASML 在光刻机领域市占率近 80%，基本垄断高端光刻机，公司的 EUV 光刻机产品供不应求，订单已排至 2019 年，数额近 28 亿欧元，为公司业绩增长提供有力保障。

4. 上海微电子：国产光刻机的希望

上海微电子是国内光刻机龙头，承担多项国家重大科技专项和 02 专项光刻机科研任务，公司的前道制造光刻机最高已能实现 90nm 制程，封装光刻机能满足各类先进封装工艺的需求。公司的封装光刻机已在国内外市场广泛销售，国内市占率达到 80%，全球市占率 40%。

90nm 是光刻机的重要技术台阶，在攻克 90nm 节点后，公司有望快速将产品延伸至 65nm、45nm 制程，实现国产半导体设备的巨大突破。

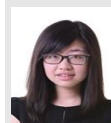
5. 风险提示：行业发展不及预期，下游需求不及预期

华创证券研究所



证券分析师：李佳

执业编号：S0360514110001
电话：021-20572551
邮箱：lijia@hcyjs.com



证券分析师：鲁佩

执业编号：S0360516080001
电话：021-20572553
邮箱：lupei@hcyjs.com



证券分析师：赵志铭

执业编号：S0360517110004
电话：021-20572550
邮箱：zhaozhiming@hcyjs.com



联系人：吴伟烨

电话：021-20572567
邮箱：wuweiye@hcyjs.com



联系人：姜湘虹

电话：021-20572552
邮箱：louxianghong@hcyjs.com

行业表现对比图(近 12 个月)



相关研究报告

《机械设备行业报告：集成电路列入实体经济发展第一位，政策力度不断增强行业迎来发展黄金期》

2018-03-06

《显示面板装备行业跟踪点评：京东方拟投 965 亿新建面板产线，持续提升行业景气度》

2018-03-11

《机械设备行业第 10 周周报：京东方公布千亿投资计划，半导体销售额改写年度新高》

2018-03-11

目录

一、光刻是芯片生产流程中最复杂、最关键的步骤.....	4
（一）光刻是 IC 制造中的关键环节，耗时长，成本高.....	4
（二）光刻工艺流程详解.....	4
二、光刻机：半导体制造业皇冠上的明珠.....	9
（一）光刻机原理与内部结构.....	9
（二）光刻机的发展本质是为了满足更高性能、更低成本芯片的生产需求.....	10
（三）光刻机发展史：光源改进+工艺创新推动光刻机更新换代.....	11
三、ASML：全球光刻机绝对龙头.....	15
（一）17 年业绩大幅增长，EUV 光刻机高价值+充足订单保障成长动力.....	15
（二）ASML 的龙头之路：开放式创新模式下时代的必然选择.....	18
四、上海微电子：国产光刻机的希望.....	19
五、风险提示.....	21

图表目录

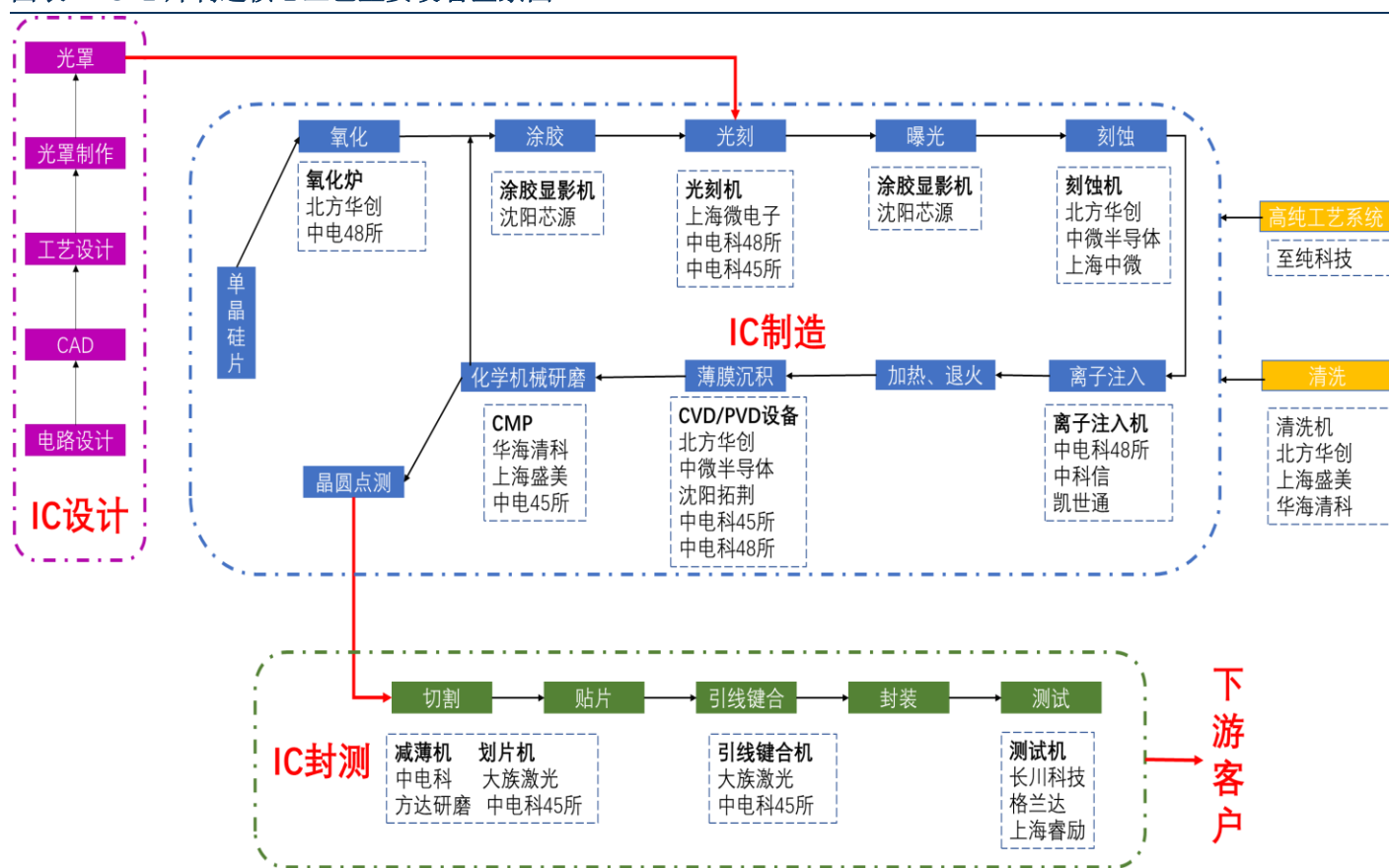
图表 1	IC 芯片制造核心工艺主要设备全景图	4
图表 2	在硅片表面构建半导体器件的过程	5
图表 3	正性光刻与负性光刻对比	6
图表 4	旋转涂胶步骤	7
图表 5	涂胶设备	7
图表 6	光刻原理图	7
图表 7	显影过程示意图	7
图表 8	干法（物理）、湿法（化学）刻蚀原理示意图	8
图表 9	光刻机工作原理图	10
图表 10	晶体管内部结构图	11
图表 11	按所用光源，光刻机经历了五代产品的发展	12
图表 12	步进式投影示意图	12
图表 13	双工作台光刻机系统样机	13
图表 14	浸没式光刻机原理	14
图表 15	ASML TWINSKAN NXE:3350B 型号 EUV 光刻机	15
图表 16	ASML 产品变迁史	16
图表 17	ASML 营业收入（亿欧元）	16
图表 18	ASML 净利润（亿欧元）	16
图表 19	ASML 下游客户结构（单位：亿欧元）	17
图表 20	ASML 客户地区分布	17
图表 21	ASML 设备产品结构	17
图表 22	2017ASML 各类光刻机销售量	17
图表 23	ASML 成立初期面临的困境	18
图表 24	1995-2016 年 ASML 研发支出	19
图表 25	ASML、Nicon 和 Canon 研发占比	19
图表 26	上海微电子主要设备产品	20

一、光刻是芯片生产流程中最复杂、最关键的步骤

（一）光刻是 IC 制造中的关键环节，耗时长，成本高

半导体芯片生产主要分为 IC 设计、IC 制造、IC 封测三大环节。IC 设计主要根据芯片的设计目的进行逻辑设计和规则制定，并根据设计图制作掩模以供后续光刻步骤使用。IC 制造实现芯片电路图从掩模上转移至硅片上，并实现预定的芯片功能，包括光刻、刻蚀、离子注入、薄膜沉积、化学机械研磨等步骤。IC 封测完成对芯片的封装和性能、功能测试，是产品交付前的最后工序。

图表 1 IC 芯片制造核心工艺主要设备全景图



资料来源：华创证券整理

光刻是半导体芯片生产流程中最复杂、最关键的工艺步骤，耗时长、成本高。半导体芯片生产的难点和关键点在于将电路图从掩模上转移至硅片上，这一过程通过光刻来实现，光刻的工艺水平直接决定芯片的制程水平和性能水平。芯片在生产中需要进行 20-30 次的光刻，耗时占到 IC 生产环节的 50%左右，占芯片生产成本的 1/3。

（二）光刻工艺流程详解

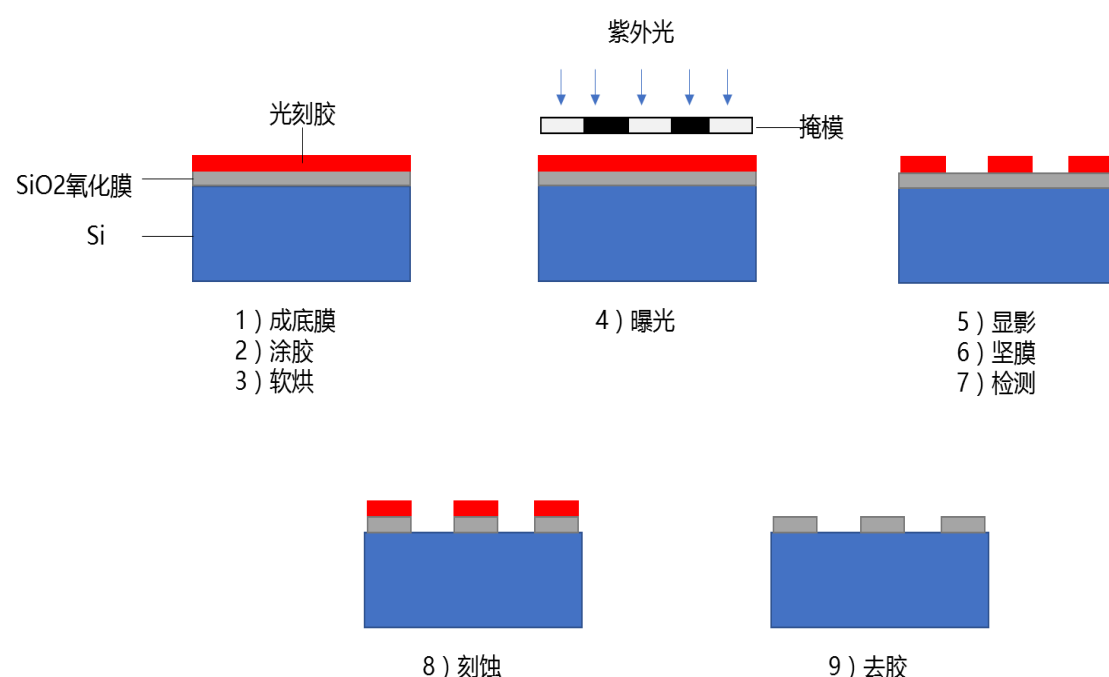
光刻的原理是在硅片表面覆盖一层具有高度光敏感性光刻胶，再用光线（一般是紫外光、深紫外光、极紫外光）透过掩模照射在硅片表面，被光线照射到的光刻胶会发生反应。此后用特定溶剂洗去被照射/未被照射的光刻胶，就实现了电路图从掩模到硅片的转移。

光刻完成后对没有光刻胶保护的硅片部分进行刻蚀，最后洗去剩余光刻胶，就实现了半导体器件在硅片表面的构建过程。

光刻分为正性光刻和负性光刻两种基本工艺，区别在于两者使用的光刻胶的类型不同。负性光刻使用的光刻胶在曝光后会因为交联而变得不可溶解，并会硬化，不会被溶剂洗掉，从而该部分硅片不会在后续流程中被腐蚀掉，负性光刻光刻胶上的图形与掩模版上图形相反。

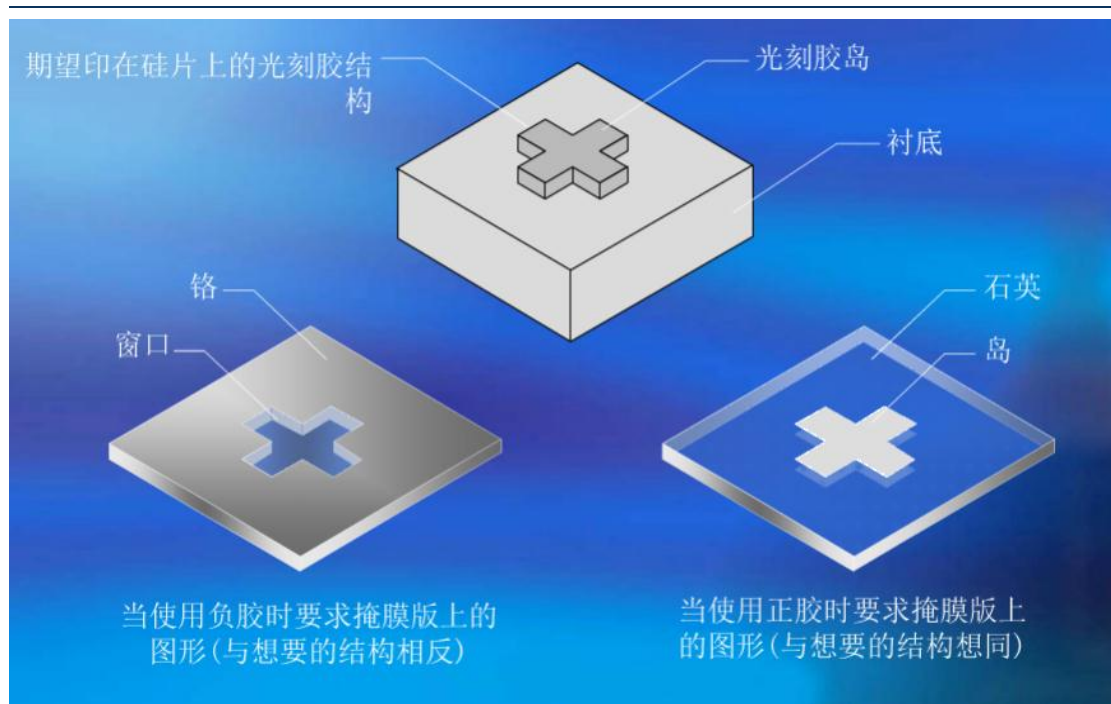
正性光刻与负性光刻相反，曝光部分的光刻胶会被破坏从而被溶剂洗掉，该部分的硅片没有光刻胶保护会被腐蚀掉，正性光刻光刻胶上的图形与掩模版上图形相同。

图表 2 在硅片表面构建半导体器件的过程



资料来源：智能电子集成网，华创证券

图表 3 正性光刻与负性光刻对比



资料来源：智能电子集成网，华创证券

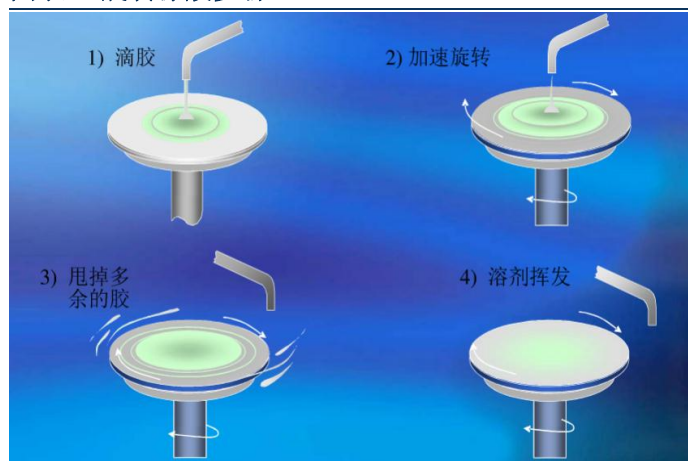
1) 气相成底膜

硅片在清洗、烘培后首先通过浸泡、喷雾或化学气相沉积（CVD）等工艺用六甲基二胺烷成底膜，底膜使硅片表面疏离水分子，同时增强对光刻胶的结合力。底膜的本质是作为硅片和光刻胶的连接剂，与这些材料具有化学相容性。

2) 旋转涂胶

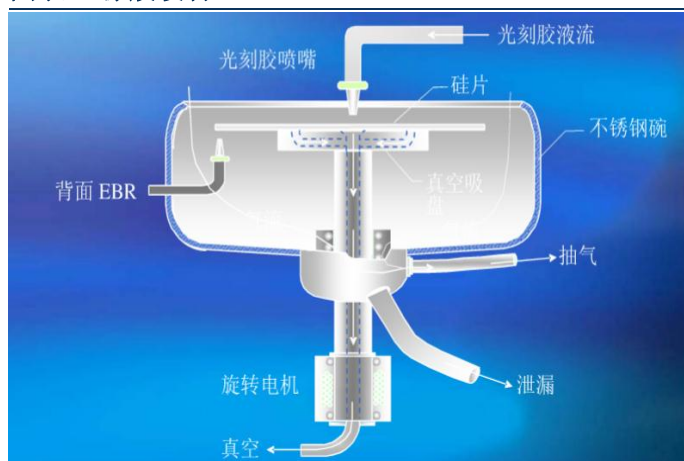
形成底膜后，要在硅片表面均匀覆盖光刻胶。此时硅片被放置在真空吸盘上，吸盘底部与转动电机相连。当硅片静止或旋转的非常缓慢时，光刻胶被分滴在硅片上。随后加速硅片旋转到一定的转速，光刻胶借助离心作用伸展到整个硅片表面，并持续旋转甩去多余的光刻胶，在硅片上得到均匀的光刻胶胶膜覆盖层，旋转一直到溶剂挥发，光刻胶膜几乎干燥后停止。

图表 4 旋转涂胶步骤



资料来源：智能电子集成网，华创证券

图表 5 涂胶设备



资料来源：智能电子集成网，华创证券

3) 软烘

涂完光刻胶后，需对硅片进行软烘，除去光刻胶中残余的溶剂，提高光刻胶的粘附性和均匀性。未经软烘的光刻胶易发粘并受颗粒污染，粘附力会不足，还会因溶剂含量过高导致显影时存在溶解差异，难以区分曝光和未曝光的光刻胶。

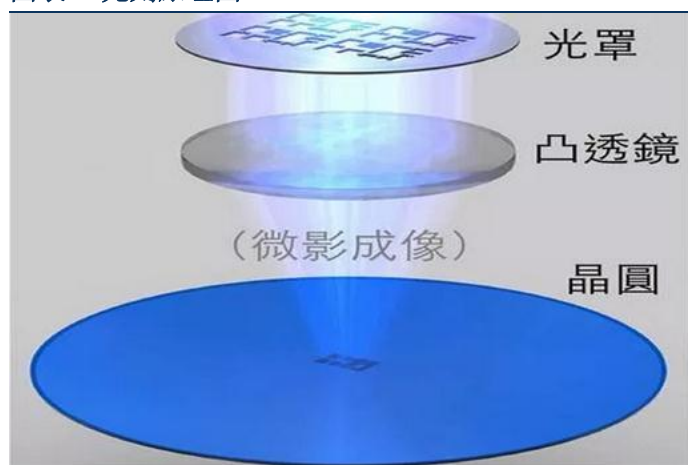
4) 曝光

曝光过程是在硅片表面和石英掩模对准并聚焦后，使用紫外光照射，未受掩模遮挡部分的光刻胶发生曝光反应，实现电路图从掩模到硅片上的转移。

5) 显影

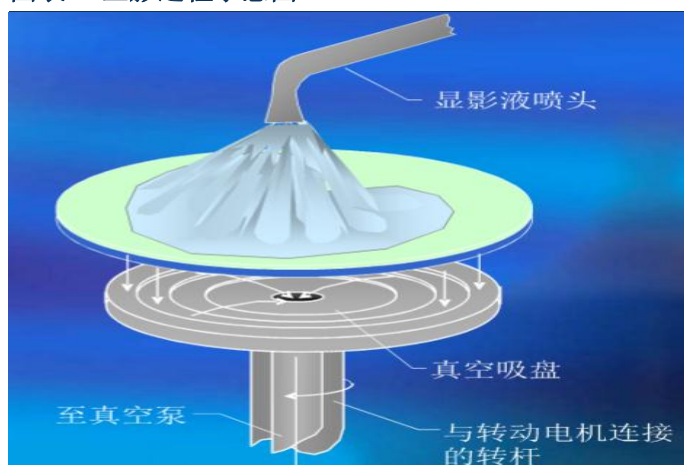
使用化学显影液溶解由曝光造成的光刻胶可溶解区域，使可见图形出现在硅片上，并区分需要刻蚀的区域和受光刻胶保护的区域。显影完成后通过旋转甩掉多余显影液，并用高纯水清洗后甩干。

图表 6 光刻原理图



资料来源：OFweek，华创证券

图表 7 显影过程示意图



资料来源：智能电子集成网，华创证券

6) 坚膜

显影后的热烘叫做坚膜烘培，温度比软烘更高，目的是蒸发掉剩余的溶剂使光刻胶变硬，提高光刻胶对硅片表面的粘附性，这一步对光刻胶的稳固，对后续的刻蚀等过程非常关键。

7) 检测

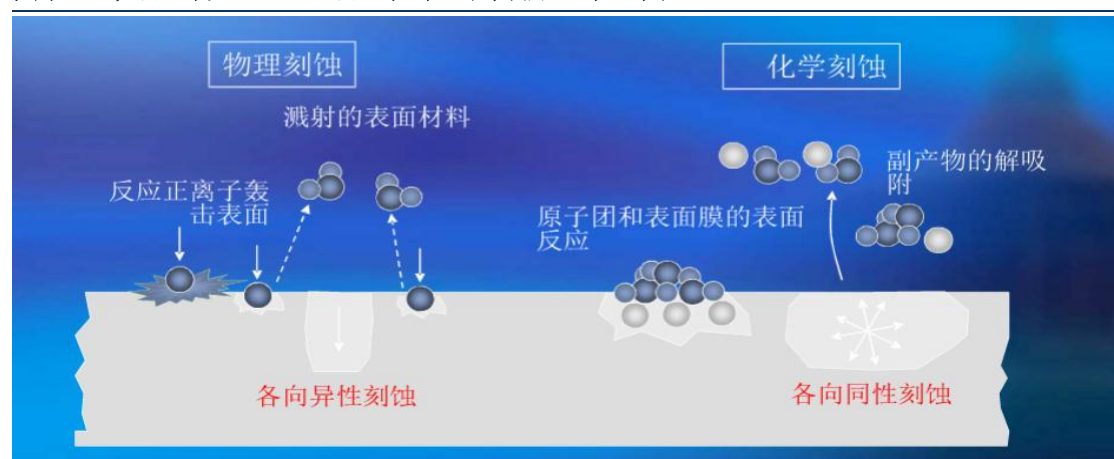
对硅片的显影结果进行检测，合格的硅片进入后续的刻蚀等流程，不合格的硅片在清洗后进入最初流程。

8) 刻蚀

刻蚀是通过化学或物理的方法有选择地从硅片表面除去不需要材料的过程，通过刻蚀能在硅片上构建预想的电子器件。

刻蚀分为干法刻蚀和湿法刻蚀两种。干法刻蚀是将硅片表面暴露在惰性气体中，通过气体产生的等离子体轰击光刻胶开出的窗口，与硅片发生反应去掉暴露的表面材料，是亚微米尺寸下刻蚀器件的最主要方法。湿法刻蚀使用液态化学剂（酸、碱、有机溶剂等）用化学方式去除硅片表面的材料，一般只用于尺寸较大的情况。

图表 8 干法（物理）、湿法（化学）刻蚀原理示意图



资料来源：智能电子集成网，华创证券

9) 去胶

刻蚀完成后，通过特定溶剂，洗去硅片表面残余的光刻胶。

二、光刻机：半导体制造业皇冠上的明珠

（一）光刻机原理与内部结构

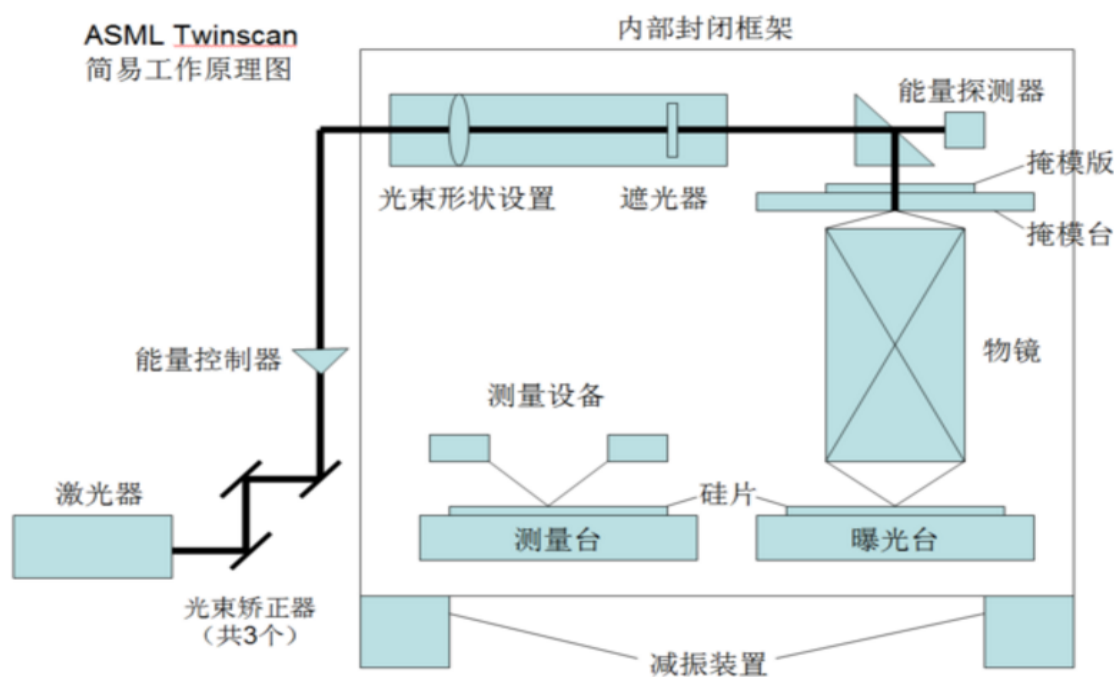
光刻机根据应用工序不同，可以分为用于生产芯片的光刻机，以及用于封装的光刻机，其中封装光刻机对于光刻精度和控制精度的要求都比制造用光刻机低很多，价值量也相对较低，本文主要讨论用于芯片制造领域的光刻机。

光刻机是芯片制造中光刻环节的核心设备，技术含量、价值含量极高。光刻机涉及系统集成、精密光学、精密运动、精密物料传输、高精度微环境控制等多项先进技术，是所有半导体制造设备中技术含量最高的设备，因此也具备极高的单台价值量，目前世界上最先进的 ASML EUV 光刻机单价达到近一亿欧元，可满足 7nm 制程芯片的生产。

光刻机工作原理：光刻机通过一系列的光源能量、形状控制手段，将光束透射过画着线路图的掩模，经物镜补偿各种光学误差，将线路图成比例缩小后映射到硅片上，然后使用化学方法显影，得到刻在硅片上的电路图。不同光刻机的成像比例不同，有 5:1，也有 4:1。**光刻机内部结构图如图 9 所示。**

- **激光器：**光源，光刻机核心设备之一。
- **光束矫正器：**矫正光束入射方向，让激光束尽量平行。
- **能量控制器：**控制最终照射到硅片上的能量，曝光不足或过足都会严重影响成像质量。
- **光束形状设置：**设置光束为圆型、环型等不同形状，不同的光束状态有不同的光学特性。
- **遮光器：**在不需要曝光的时候，阻止光束照射到硅片。
- **能量探测器：**检测光束最终入射能量是否符合曝光要求，并反馈给能量控制器进行调整。
- **掩模版：**一块在内部刻着线路设计图的玻璃板，贵的要数十万美元。
- **掩膜台：**承载掩模版运动的设备，运动控制精度达到纳米级。
- **物镜：**物镜由 20 多块镜片组成，主要作用是把掩模版上的电路图按比例缩小，再被激光映射的硅片上，并且物镜还要补偿各种光学误差。技术难度就在于物镜的设计难度大，精度的要求高。
- **量台、曝光台：**承载硅片的工作台，一般的光刻机需要先测量，再曝光，只需一个工作台，ASML 的双工作台光刻机则可以实现一片硅片曝光同时另一片硅片进行测量和对准工作，能有效提升工作效率。
- **内部封闭框架、减振器：**将工作台与外部环境隔离，保持水平，减少外界振动干扰，并维持稳定的温度、压力。

图表 9 光刻机工作原理图



资料来源：智能电子集成网，华创证券

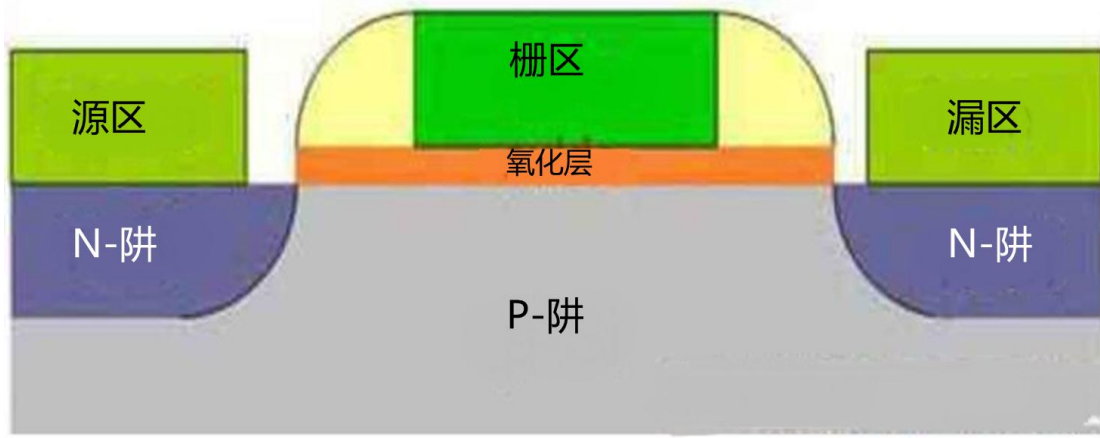
（二）光刻机的发展本质是为了满足更高性能、更低成本芯片的生产需求

半导体芯片具有不同的制程，即不同的技术节点，经常看到的 45nm、28nm、10nm 等字样即是对不同制程的描述，那么不同的制程该如何理解，不同制程的芯片又有何差异呢？

这要从集成电路的最基本单元——晶体管说起，用半导体制造晶体管是利用其特殊的导电能力来传递 0 或 1 的数字信号。晶体管的内部结构图如下图所示，在栅区不通电的情况下，源区信号很难穿过不导电的 P 型衬底到达漏区，即表示电路关闭（数字信号 0），如果在栅区和衬底间加上电压，衬底中的电荷就会在异性相吸的作用下在绝缘氧化层下大量聚集，形成一条细窄的导电区，使得源区和漏区导通，电流就可以顺利从源区传递到漏区（信号 1），这就是晶体管最基本的工作原理。而栅极下方两个 N—阱间的距离，即导电沟道的长度，被定义为晶体管的尺寸。

在现代晶体管中，电子的速度是有限的，且一般以饱和速度运行，因此信息传递的速度就由导电沟道的长度来决定，沟道越短，信息传递速度越快。

图表 10 晶体管内部结构图



资料来源：智能电子集成网，华创证券

芯片的制程可以近似理解为内部晶体管导电沟道的长度，制程小的芯片具有两大优势：

- **处理速度快。**小制程芯片内部晶体管导电沟道短，信号传递速度快，单位时间内芯片能处理更多的信息，时钟频率更高。
- **单位面积性能提升，成本降低。**更小的晶体管尺寸意味着单位面积芯片可以制造更多的晶体管，芯片集成度得到提升，即增加了芯片的功能，又使单位芯片的成本得到降低。

光刻工艺水平决定了晶体管尺寸的大小，因此芯片制程的不断缩小必然伴随着光刻机产品的不断升级和创新，从本质上说，正是半导体产业对更高性能、更低成本芯片的不断追求推动了光刻机设备的不断创新与发展。

光刻机是延续摩尔定律的关键。摩尔定律提出，当价格不变时，集成电路上可容纳的元器件的数目，约每隔 18-24 个月便会增加一倍，性能也将提升一倍。半导体行业最初三十年的发展能够基本满足摩尔定律，关键就在于光刻机能不断实现更小的分辨率水平。近十年来摩尔定律的时间间隔已经延长至 3-4 年，原因就在于光刻机的发展低于行业的预期。

（三）光刻机发展史：光源改进+工艺创新推动光刻机更新换代

光刻机的最小分辨率、生产效率、良率均在不断发展。光刻机的最小分辨率由公示 $R=k\lambda/NA$ ，其中 R 代表可分辨的最小尺寸，对于光刻技术来说， R 越小越好； k 是工艺常数； λ 是光刻机所用光源的波长； NA 代表物镜数值孔径，与光传播介质的折射率相关，折射率越大， NA 越大。光刻机制程工艺水平的发展均遵循以上公式。此外，光刻机的内部构造和工作模式也在发展，不断提升芯片的生产效率和良率。

根据所使用的光源的改进，光刻机经历了 5 代产品的发展，每次光源的改进都显著提升了光刻机所能实现的最小工艺节点。此外双工作台、沉浸式光刻等新型光刻技术的创新与发展也在不断提升光刻机的工艺制程水平，以及生产的效率和良率。

图表 11 按所用光源，光刻机经历了五代产品的发展

	光源	波长 (nm)	对应设备	最小工艺节点 (nm)
第一代	g-line	436	接触式光刻机	800-250
			接近式光刻机	800-250
第二代	i-line	365	接触式光刻机	800-250
			接近式光刻机	800-250
第三代	KrF	248	扫描投影式光刻机	180-130
第四代	ArF	193	步进扫描投影光刻机	130-65
			浸没式步进扫描投影光刻机	45-22
第五代	EUV	13.5	极紫外光刻机	22-7

资料来源：华创证券整理

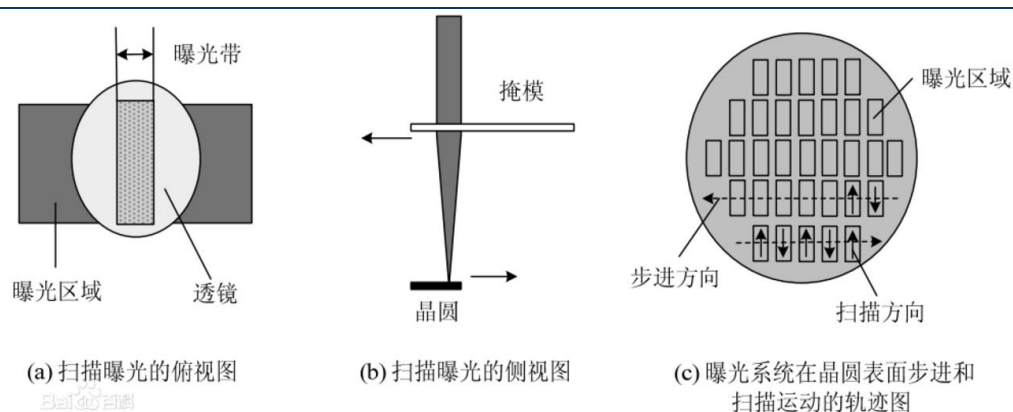
最初的两代光刻机采用汞灯产生的 436nm g-line 和 365nm i-line 作为光刻光源，可以满足 0.8-0.35 微米制程芯片的生产。最早的光刻机采用接触式光刻，即掩模贴在硅片上进行光刻，容易产生污染，且掩模寿命较短。此后的接近式光刻机对接触式光刻机进行了改良，通过气垫在掩模和硅片间产生细小空隙，掩模与硅片不再直接接触，但受气垫影响，成像的精度不高。

第三代光刻机采用 248nm 的 KrF（氟化氪）准分子激光作为光源，将最小工艺节点提升至 350-180nm 水平，在光刻工艺上也采用了扫描投影式光刻，即现在光刻机通用的，光源通过掩模，经光学镜头调整和补偿后，以扫描的方式在硅片上实现曝光。

第四代 ArF 光刻机：最具代表性的光刻机产品。第四代光刻机的光源采用了 193nm 的 ArF（氟化氪）准分子激光，将最小制程一举提升至 65nm 的水平。第四代光刻机是目前使用最广的光刻机，也是最具有代表性的一代光刻机。由于能够取代 ArF 实现更低制程的光刻机迟迟无法研发成功，光刻机生产商在 ArF 光刻机上进行了大量的工艺创新，来满足更小制程和更高效率的生产需要。

创新一：实现步进式扫描投影。此前的扫描投影式光刻机在光刻时硅片处于静止状态，通过掩模的移动实现硅片不同区域的曝光。1986 年 ASML 首先推出步进式扫描投影光刻机，实现了光刻过程中，掩模和硅片的同步移动，并且采用了缩小投影镜头，缩小比例达到 5:1，有效提升了掩模的使用效率和曝光精度，将芯片的制程和生产效率提升了一个台阶。

图表 12 步进式投影示意图

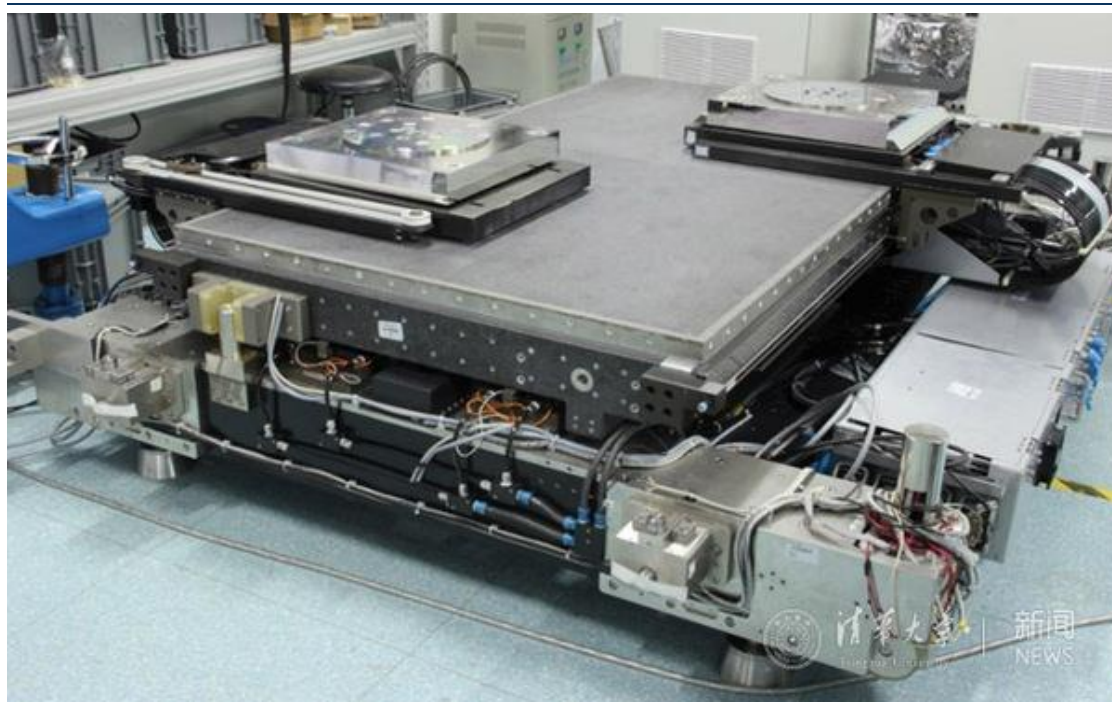


资料来源：百度百科，华创证券

创新二：双工作台光刻机。硅片在进入光刻流程前要先进行测量和对准，过去光刻机只有一个工作台，测量、对准、光刻等所有流程都在这个工作台上完成。2001 年 ASML 推出了双工作台系统（TWINSCAN system），双工作台系统使得光刻机能够在不改变初始速度和加速度的条件下，当一个工作台在进行曝光工作的同时，另外一个工作台可以同时进行曝光之前的预对准工作，使得光刻机的生产效率提升大约 35%。

虽然从结果上来看，仅仅是增加了一个工作台，但其中的技术难度却不容小觑，双工作台系统对于换台的速度和精度有极高的要求，如果换台速度慢，则影响光刻机工作效率；如果换台精度不够，则可能影响后续扫描光刻等步骤的正常开展。

图表 13 双工作台光刻机系统样机



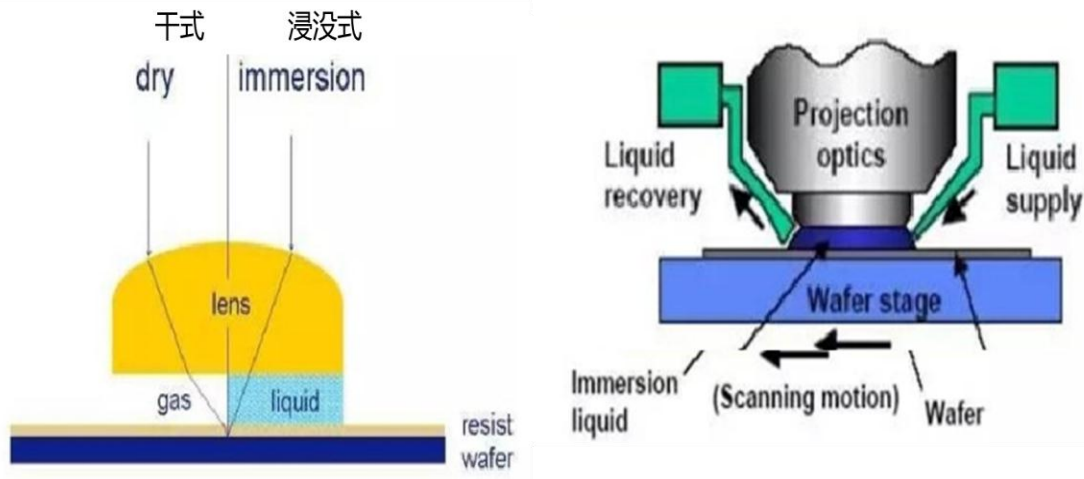
资料来源：电子工程世界，华创证券

创新三：浸没式光刻系统。到了 45nm 制程节点时，ArF 光刻机也遇到了分辨率不足的问题，此时业内对下一代光刻机的发展提出了两种路线图。一是开发波长更低的 157nmF₂ 准分子激光作为光源，二是由 2002 年台积电林本坚提出的浸没式光刻。此前的光刻机都是干式机台，曝光显影都是在无尘室中，以空气为媒介进行。由于最小分辨率公式中的 NA 与折射率成正比相关，如果用折射率大于 1 的水作为媒介进行光刻，最小分辨率将得到提升，这就是浸没式光刻系统的原理。

ASML 率先推出浸没式光刻机，奠定自身市场地位。林本坚提出浸没式光刻设想后，ASML 开始与台积电合作开发浸没式光刻机，并在 2007 年成功推出第一台浸没式光刻机 TWINSCAN XT:1900i，该设备采用折射率达到 1.44 的去离子水作为媒介，实现了 45nm 的制程工艺，并一举垄断市场。当时的另两大光刻巨头尼康、佳能主推的 157nm 光源干式光刻机被市场抛弃，不仅损失了巨大的人力物力，也在产品线上显著落后于 ASML，这也是尼康、佳能由盛转衰，ASML 一家独大的重要转折点。

图表 14 浸没式光刻机原理

$$R = K_1 \cdot \frac{\lambda}{NA} \quad NA = n \cdot \sin \theta \quad n \text{ 为折射率}$$



资料来源: MIDAS, 华创证券

通过浸没式光刻和双重光刻等工艺,第四代 ArF 光刻机最高可以实现 22nm 制程的芯片生产,但是在摩尔定律的推动下,半导体产业对于芯片制程的需求已经发展到 14nm、10nm、甚至 7nm, ArF 光刻机已无法满足这一需求,半导体产业将希望寄予第五代 EUV 光刻机。

第五代 EUV 光刻机,千呼万唤始出来。1-4 代光刻机使用的光源都属于深紫外光,第五代 EUV 光刻机使用的则是波长 13.5nm 的极紫外光。早在上世纪九十年代,极紫外光刻机的概念就已经被提出,ASML 也从 1999 年开始 EUV 光刻机的研发工作,原计划在 2004 年推出产品。但直到 2010 年 ASML 才研发出第一台 EUV 原型机,2016 年才实现下游客户的供货,比预计时间晚了十几年。

三星、台积电、英特尔共同入股 ASML 推动 EUV 光刻机研发。EUV 光刻机面市时间表的不断延后主要有两大方面的原因,一是所需的光源功率迟迟无法达到 250 瓦的工作功率需求,二是光学透镜、反射镜系统对于光学精度的要求极高,生产难度极大。这两大原因使得 ASML 及其合作伙伴难以支撑庞大的研发费用。2012 年 ASML 的三大客户三星、台积电、英特尔共同向 ASML 投资 52.59 亿欧元,用于支持 EUV 光刻机的研发。此后 ASML 收购了全球领先的准分子激光器供应商 Cymer,并以 10 亿欧元现金入股光学系统供应商卡尔蔡司,加速 EUV 光源和光学系统的研发进程,这两次并购也是 EUV 光刻机能研发成功的重要原因。

图表 15 ASMLTWINSCAN NXE:3350B 型号 EUV 光刻机



资料来源：ASML，华创证券

三、ASML：全球光刻机绝对龙头

（一）17 年业绩大幅增长，EUV 光刻机高价值+充足订单保障成长动力

ASML 成立于 1984 年，由飞利浦与先进半导体材料国际（ASMI）合资成立，专业从事光刻机设备的开发，总部位于荷兰的费尔德霍芬。1995 年，ASML 收购了飞利浦持有的股份，称为完全独立的公司，同年在阿姆斯特丹和纳斯达克交易所上市。

成立当年，ASML 就推出了第一台油压驱动 PAS2000 步进式光刻机，但 PAS 2000 采用的技术已经过时。1986 年 ASML 推出 PAS 2500 步进式光刻机，开始在市场上建立起一定的名气，同年与透镜制造商卡尔蔡司建立密切的合作关系，为此后发展打下重要基础。

1991 年 PAS 5000 光刻机面市，由于能显著降低芯片生产所需的时间，PAS 5000 取得了巨大的成功。此后 2000-2001 年，具有双工作台、浸没式光刻技术的 Twinscan XT、Twinscan NXT 系列研制成功，一举奠定 ASML 在光刻机领域的霸主地位，尼康、佳能市场份额被急剧压缩。2007 年 EUV 光刻机 Twinscan NXE 系列的成功进一步拓展了 ASML 的市场份额，达到 75%-80%，成为行业内的绝对龙头。

图表 16 ASML 产品变迁史

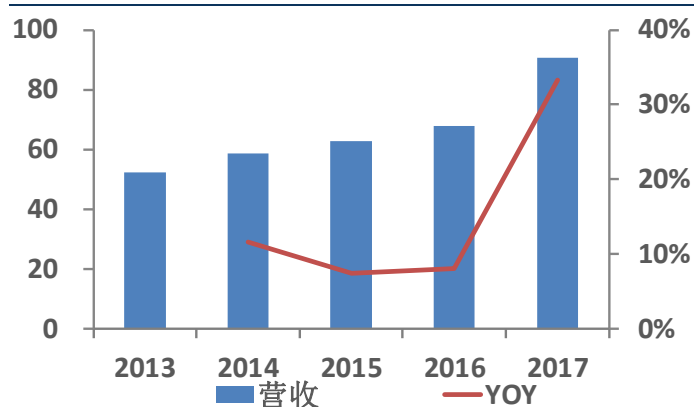


资料来源: ASML, 华创证券

公司具有完善全球布局, 在半导体设备企业中市值排名第一。截止 2017 年底, ASML 在 16 个国家 60 多个城市设有办事处, 在荷兰、美国、中国大陆、台湾、韩国均设有研发与生产中心, 公司共有员工超过 19000 名, 其中 7000 名以上属于研发人员。目前 ASML 总市值将近 900 亿元, 在全球半导体设备商中排名第一。

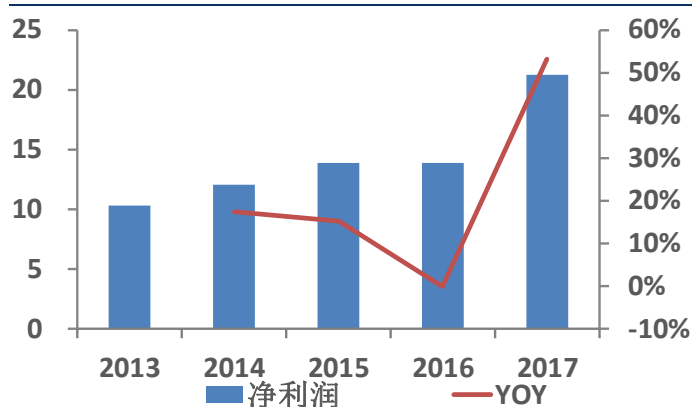
公司 2017 年营收、净利润大幅增长。2013-2016 年间 ASML 营收增长较为平稳, 复合增长率达到 9%, 同期净利润也保持平稳增长态势。2017 年公司业绩实现了大幅增长, 营业收入达到 90.53 亿欧元, 同比增长 33%, 净利润达到 21.19 亿欧元, 同比增长 53%。17 年公司业绩的大幅增长主要是受到下游半导体产业复苏, 以储存器为代表的厂商纷纷扩产带动设备需求, 以及全球范围内掀起晶圆代工厂兴建潮带动设备需求提升所致。

图表 17 ASML 营业收入 (亿欧元)



资料来源: ASML, 华创证券

图表 18 ASML 净利润 (亿欧元)



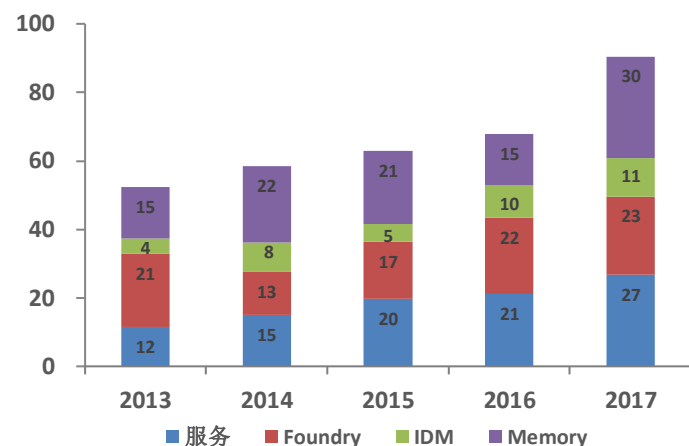
资料来源: ASML, 华创证券

储存器是最大下游设备客户。ASML2017 年营收中, 设备营收达到 63.74 亿欧元, 占总营收的 70%, 服务收入为 26.79 亿欧元, 占比 30%。下游设备客户中, 储存器客户份额最大, 达到 29.68 亿元, 占设备收入的 46.6%, 总收入的 32.8%。其次是 Foundry 客户和 IDM 客户, 分别占设备收入的 35.9%、17.5%。

亚洲是主要设备下游市场, 大陆市场居第四。ASML2017 年营收中, 设备营收达到 63.74 亿欧元, 占总营收的 70%, 其中前三大下游市场是韩国、台湾、美国, 占比分别达到 36%、26%、

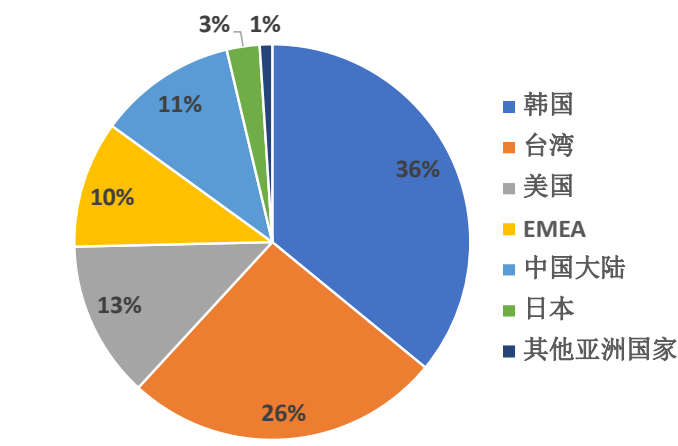
13%，主要是因为三星、台积电、英特尔是 ASML 的三大主要客户。ASML 在中国大陆营收达到 7.2 亿欧元，占比为 11%，是第四大市场。

图表 19 ASML 下游客户结构（单位：亿欧元）



资料来源：ASML，华创证券

图表 20 ASML 客户地区分布



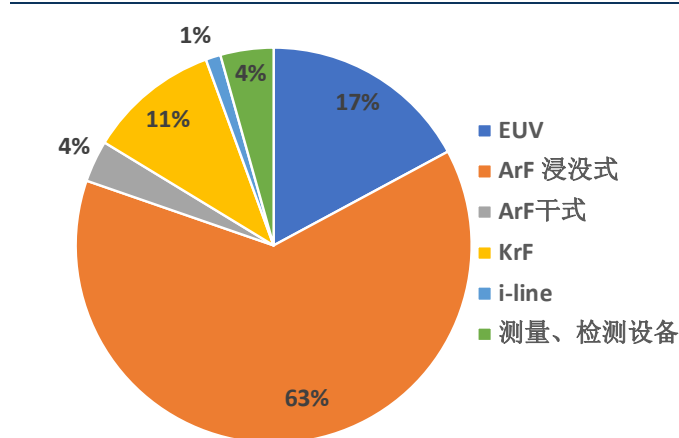
资料来源：ASML，华创证券

EUV 光刻机性能优越，营收占比快速提升。ASML 的 EUV 光刻机是全球唯一可以满足 22nm 以下制程芯片生产的设备，每小时可以处理 125 片晶圆，稳定性达到 90% 以上，自 2016 年面市以来就处于供不应求的情况，在产品结构中的占比也快速提升。2017 年 EUV 光刻机营收为 10.92 亿欧元，占比 17%。营收占比最大的是 ArF 浸没式光刻机，达到 63%。

数量上看，2017 年 ASML 共售出 11 台 EUV 光刻机，平均价格近 1 亿欧元，ArF 浸没式光刻机和 KrF 光刻机分别售出 76 台、71 台，ArF 干式光刻机售出 14 台。可见在中高端芯片制造中，ArF 浸没式光刻机是业内主流设备，中低端芯片制造更多使用 KrF 光刻机，ArF 光刻机需求量较少。

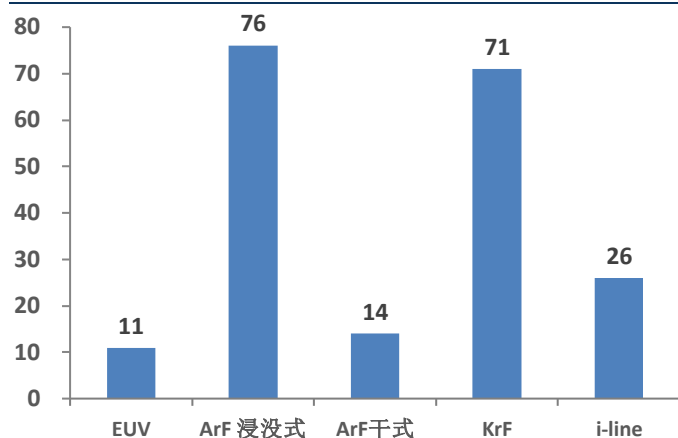
EUV 光刻机产能将进一步提升，充足订单保障 ASML 业绩增长。受限于产能，2017ASML 仅交付了 11 台光刻机，ASML 预计 2018 年将产能提升至 22 台，2019 年进一步提升至 29 台。截止 2017 年底，ASML 尚有 28 台光刻机订单在手，设备生产已排至 2019 年，预计 2018 年 ASML EUV 光刻机收入将达到 28 亿欧元，占比有望提升至 25%-30%。

图表 21 ASML 设备产品结构



资料来源：ASML，华创证券

图表 22 2017ASML 各类光刻机销售量



资料来源：ASML，华创证券

（二）ASML 的龙头之路：开放式创新模式下时代的必然选择

ASML 1984 年成立，30 年的时间即发展为光刻机领域的绝对龙头，市占率达到近 80%，几乎垄断高端光刻机市场，其成长之路可谓一段传奇。**ASML 的龙头之路既与产业大环境密切相关，也是其自身重视研发，对研究创新始终采取开放态度的必然结果。**

ASML 创立初始即面对“微影双雄”两大巨头。在 ASML 创立之时，光刻机市场存在两大巨头——日本的尼康和佳能，被称为“微影双雄”。当时半导体产业已从美国转移至日本，发展半导体产业在日本被立为国策，其中光刻用步进机被列为“第三研究重点”，作为基础设备研究政府予以研发补贴、减税等优惠。此外，当时的日本半导体企业普遍 IDM 模式，极大地带动了本土半导体设备产业的发展。由于半导体行业周期性强、技术更新速度快，企业对产业中的商业和技术变化稍有迟疑，就会遭到损失。1993 年，曾经的光刻机龙头美国 GCA 公司由于本土企业需求量减少以及技术落后，被迫退出市场，到 1994 年，“微影双雄”已经占据了 80% 的市场份额。

ASML 成立之初也面临着资金短缺和技术落后的问题。半导体产业属于资金密集型产业，光刻机作为推动摩尔定律最关键的设备，研发新产品时更需要庞大的资金投入。ASML 研发的第一款 PAS 2000 光刻机技术过时，未能贡献利润。1992 年全球半导体产业滑坡，ASML 资金链断裂，几近关门，幸亏菲利普及时出手援助才渡过难关。

图表 23 ASML 成立初期面临的困境

竞争激烈	资金短缺	技术落后	行业属性
<ul style="list-style-type: none"> ■ASML 成立时，有尼康、GCA 和 SVG 等十几家光刻机生产厂商，竞争激烈 ■直到 2000 年才接到日本本土企业的设备订单。 	<ul style="list-style-type: none"> ■半导体产业属于资金密集型产业，光刻机作为推动摩尔定律最关键的设备，研发新产品时需要很大的资金投入； ■1992 年，世界半导体产业滑坡，阿斯麦资金链断裂，几近关门； 	<ul style="list-style-type: none"> ■阿斯麦在 1984 年，做出了第一台油压驱动光刻机 PAS 2000，但 PAS 2000 采用的技术已经过时。 	<ul style="list-style-type: none"> ■周期性强、技术更新速度快，企业对产业中的商业和技术变化稍有迟疑，就会遭到损失； ■GCA 公司，70 年代到 80 年代初光刻机龙头，由于美国本土半导体企业设备需求量减小以及技术研发逐渐落后，于 1993 年退出步进机领域。

资料来源：华创证券整理

走出困境后的 ASML 开始了快速的发展，而同时尼康与佳能却在走向衰落，最终在浸没式光刻机的研发上，ASML 对尼康和佳能做出了致命一击，奠定了自身光刻机龙头的地位。ASML 能把稳住这一关键的历史因素，具有自身特质以及时代背景两大方面的原因。

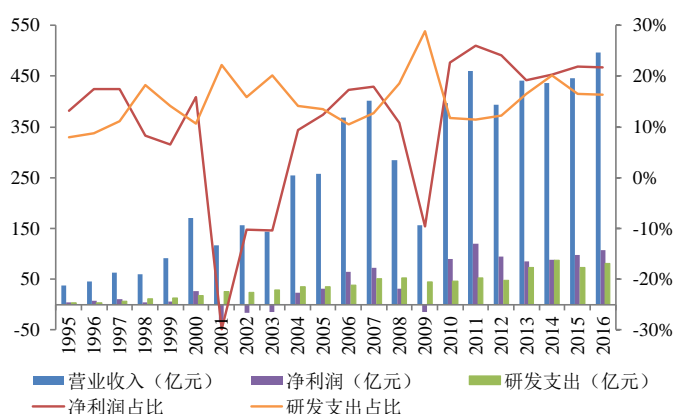
内因：ASML 极其重视研发，并对研发创新始终保持开放态度。光刻机是技术含量极高的设备，厂商每年需要投入巨额的资金用于研发。ASML 每年的研发投入都在营业收入的 15% 左右，与净利润水平基本相当，远超尼康、佳能 5%-6% 的研发投入，即使在互联网泡沫破裂和金融危机期间，ASML 依然保持极高的研发投入。

对于研发，ASML 采取大胆的外包合作和开放式创新模式，公司将众多的光刻机核心设备外包给各细分设备顶尖供应商生产，如光学部件由德国卡尔蔡司生产，计量技术装备由美国的

Hewlett-Packard 制造，光源由美国的 Cymer 提供。外包模式降低了 ASML 的研发成本，并与供应商建立起密切的利益合作关系。而且 ASML 也与供应商及全球顶尖的科研机构共同研发，共享专利，并鼓励供应商在制造过程中提出改进意见，具有极高的效率和灵活性。

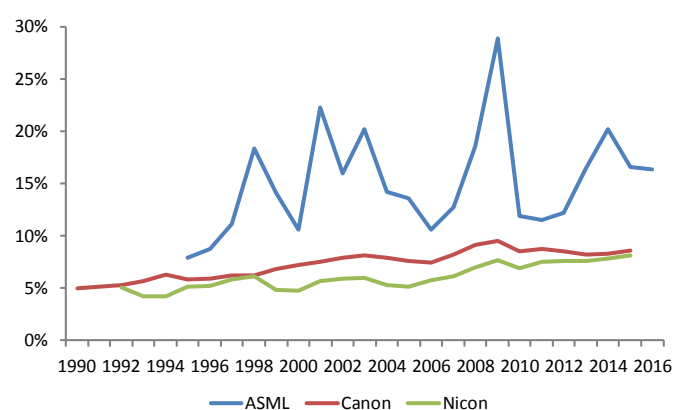
相对的，尼康与佳能采取“孤岛式研发”，仅与极少数厂商进行技术合作，对于产品也秉持“一颗螺丝钉的位置都不能改”的政策，导致其产品研发越来越跟不上 ASML 的脚步，售后服务也收到广大客户诟病，最终在 ArF 沉浸式光刻机和 F₂ 光刻机的对决中一败涂地，丢掉自己的龙头地位。

图表 24 1995-2016 年 ASML 研发支出



资料来源：ASML，华创证券

图表 25 ASML、Nikon 和 Canon 研发占比



资料来源：ASML，华创证券

外因：ASML 乘上产业转移东风，把握住韩国与台湾市场。上世纪八十年代，美国对日本半导体产业的政策从最初的扶持转向抑制，1985 年《广场协议》使得日元大幅升值，日本半导体产品价格失去竞争力。1986 年、1991 年两次签订《美日半导体协议》，对日本产品进行最低价格限制，并要求日本提高国外半导体产品在国内市场所占的份额。日本半导体产业开始由盛转衰。

与此同时，韩国、台湾在政府和财团的支持下承接了半导体产业的转移，韩国的存储器产业开始崛起，台湾则出现了台积电这样的晶圆代工巨鳄。ASML 敏锐地抓住这一历史机遇，大力进入韩国、台湾市场，与各大半导体生产商保持良好地业务和合作关系。ASML 赖以登上龙头之位的浸没式光刻机产品就是与台积电共同研发的。

四、上海微电子：国产光刻机的希望

光刻机产品长期受到国外封锁。光刻机是芯片制造的关键设备，涉及国防、通信、科研、民用等各领域集成电路芯片的生产制造。长期以来，在《瓦森纳协议》的框架下，欧美国家最先进的几代光刻机一直对华禁售。出售的光刻机也都有保留条款，禁止给国内自主 CUP 做代工，即使是小批量生产用于科研和国防领域的芯片，也存在一定风险，而且在宣传上也只能含糊其辞的说明是境内流片，这很大程度上影响了中国半导体产业的发展。

如今虽然 ASML 正逐渐解除对华产品的禁售，但 EUV 这类的顶尖光刻机由于产能有限，订单已经排到 2019 年，且优先供应台积电、三星、英特尔等客户，国内晶圆厂商短期内仍然拿不到 ASML 的高端光刻机产品。

上海微电子深耕光刻机产品研发，承担多项专项科研任务。上海微电子成立于 2002 年，致

力于半导体装备、泛半导体装备、高端智能装备的研发制造，产品包括前道光刻机、后道封装光刻机、平板显示光刻机、检测设备、搬运设备等。公司承接了光刻机国家重大科技专项，以及 02 专项“浸没光刻机关键技术预研项目”（通过国家验收）和“90nm 光刻机样机研制”（通过了 02 专项专家组现场测试）任务。

公司前道光刻机实现 90nm 制程，封装光刻机市占率领先。目前公司光刻机产品主要包括 IC 前道光刻机、IC 后道封装光刻机、面板前道光刻机、面板后道封装光刻机。公司最先进的 IC 前道光刻机已经达到 90nm 制程，并据传 65nm 制程设备正在进行整机考核。光刻机技术在 90 纳米是一个技术台阶，迈过 90 纳米很容易做到 65 纳米，对 65 纳米的进行升级就可以做到 45 纳米。上海微电子的光刻机产品有望在未来几年实现 45nm 制程产品的生产。

公司的 IC 后道封装光刻机可以满足各类先进封装工艺的需求，已经实现批量供货，并出口到海外市场，国内市场占有率达到 80%，全球市场占有率 40%；用于 LED 制造的投影光刻机的市场占有率也达到 20%。

作为国内光刻机设备领域的领航者，上海微电子承担着国产光刻机设备的希望，若能实现光刻机设备的国产化，中国大力发展的半导体产业必将迈上一个新台阶。

图表 26 上海微电子主要设备产品

600 系列光刻机	IC 前道制造	SSA600/20	分辨率为 90nm，曝光光源为 ArF，可加工晶圆尺寸为 200mm 和 300mm
		SSC600/10	分辨率为 110nm，曝光光源为 KrF，可加工晶圆尺寸为 200mm 和 300mm
		SSB600/10	分辨率为 280nm，曝光光源为 i-line，可加工晶圆尺寸为 200mm 和 300mm
500 系列光刻机	IC 后道封装、MEMS 制造领域	SSB500/25B	分辨率为 2 μm，曝光光源为 ghi-line，可加工晶圆尺寸为 200mm 和 300mm，不支持背面对准
		SSB500/25M	分辨率为 2 μm，曝光光源为 ghi-line，可加工晶圆尺寸为 200mm 和 300mm，支持背面对准
		SSB500/35B	分辨率为 2 μm/1 μm，曝光光源为 ghi/i-line，可加工晶圆尺寸为 200mm 和 300mm，不支持背面对准
		SSB500/35M	分辨率为 2 μm/1 μm，曝光光源为 ghi/i-line，可加工晶圆尺寸为 200mm 和 300mm，支持背面对准
300 系列光刻机	2-6 英寸基底 LED 的 PSS 和电极光刻工艺	SSB300/30A	分辨率为 0.7 μm，曝光光源为 i-line，不支持背面对准
		SSB300/30M	分辨率为 0.7 μm，曝光光源为 i-line，支持背面对准
		SSB320/10A	分辨率为 2 μm，曝光光源为 ghi/gh/i-line，不支持背面对准
		SSB320/10M	分辨率为 2 μm，曝光光源为 ghi/gh/i-line，支持背面对准
200 系列光刻机	AM-OLED 和 LCD 显示屏 TFT 电路制造	SSB225/10	分辨率为 2 μm，基板尺寸为 200mm×200mm、370mm×470mm
		SSB245/10	分辨率为 2 μm，基板尺寸为 730mm×920mm
		SSB245/20	分辨率为 1.5 μm，基板尺寸为 730mm×920mm
		SSB260/10	分辨率为 1.5 μm，基板尺寸为 1300mm×1500mm、1500mm×1850mm

资料来源：上海微电子，华创证券

五、风险提示

行业发展不及预期，下游需求不及预期

机械组团队介绍

首席分析师：李佳

伯明翰大学经济学硕士。2014 年加入华创证券研究所。2012 年新财富最佳分析师第六名、水晶球卖方分析师第五名、金牛分析师第五名，2013 年新财富最佳分析师第四名，水晶球卖方分析师第三名，金牛分析师第三名，2016 年新财富最佳分析师第五名。

分析师：鲁佩

伦敦政治经济学院经济学硕士。2014 年加入华创证券研究所。2016 年十四届新财富最佳分析师第五名团队成员。

分析师：赵志铭

瑞典哥德堡大学理学硕士。2015 年加入华创证券研究所。

研究员：娄湘虹

上海交通大学工学硕士。2016 年加入华创证券研究所。

助理研究员：吴纬烨

上海财经大学经济学硕士。2017 年加入华创证券研究所。

华创证券机构销售通讯录

地区	姓名	职务	办公电话	企业邮箱
北京机构销售部	申涛	高级销售经理	010-66500867	shentao@hcyjs.com
	杜博雅	销售助理	010-66500827	duboya@hcyjs.com
广深机构销售部	张娟	所长助理、广深机构销售总监	0755-82828570	zhangjuan@hcyjs.com
	郭佳	资深销售经理	0755-82871425	guojia@hcyjs.com
	王栋	高级销售经理	0755-88283039	wangdong@hcyjs.com
	汪丽燕	高级销售经理	0755-83715428	wangliyan@hcyjs.com
	罗颖茵	销售经理	0755-83479862	luoyingyin@hcyjs.com
	段佳音	销售经理	0755-82756805	duanjiayin@hcyjs.com
	朱研	销售助理	0755-83024576	zhuyan@hcyjs.com
上海机构销售部	石露	华东区域销售总监	021-20572595	shilu@hcyjs.com
	沈晓瑜	资深销售经理	021-20572589	shenxiaoyu@hcyjs.com
	朱登科	高级销售经理	021-20572548	zhudengke@hcyjs.com
	杨晶	高级销售经理	021-20572582	yangjing@hcyjs.com
	张佳妮	销售经理	021-20572585	zhangjiani@hcyjs.com
	沈颖	销售经理	021-20572581	shenying@hcyjs.com
	张敏敏	销售助理	021-20572592	zhangminmin@hcyjs.com
	蒋瑜	销售助理	021-20572509	jiangyu@hcyjs.com
	柯任	销售助理	021-20572590	keren@hcyjs.com
	何逸云	销售助理	021-20572591	heyiyun@hcyjs.com

华创行业公司投资评级体系(基准指数沪深 300)

公司投资评级说明:

强推: 预期未来 6 个月内超越基准指数 20%以上;
推荐: 预期未来 6 个月内超越基准指数 10%—20%;
中性: 预期未来 6 个月内相对基准指数变动幅度在-10%—10%之间;
回避: 预期未来 6 个月内相对基准指数跌幅在 10%—20%之间。

行业投资评级说明:

推荐: 预期未来 3-6 个月内该行业指数涨幅超过基准指数 5%以上;
中性: 预期未来 3-6 个月内该行业指数变动幅度相对基准指数-5%—5%;
回避: 预期未来 3-6 个月内该行业指数跌幅超过基准指数 5%以上。

分析师声明

每位负责撰写本研究报告全部或部分内容的研究分析师在此作以下声明:

分析师撰写本报告是基于可靠的已公开信息,准确表述了分析师的个人观点;分析师在本报告中所提及的证券或发行人发表的任何建议和观点均准确地反映了其个人对该证券或发行人的看法和判断;分析师对任何其他券商发布的所有可能存在雷同的研究报告不负有任何直接或者间接的可能责任。

免责声明

本报告仅供华创证券有限责任公司(以下简称“本公司”)的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。

本报告信息均来源于公开资料,本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断。在不同时期,本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。本公司在知晓范围内履行披露义务。

报告中的内容和意见仅供参考,并不构成本公司对所述证券买卖的出价或询价。本报告所载信息均为个人观点,并不构成对所涉及证券的个人投资建议,也未考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况。本文中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的预期收入可能会波动。

本报告版权仅为本公司所有,本公司对本报告保留一切权利,未经本公司事先书面许可,任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表或引用本报告的任何部分。如征得本公司同意进行引用、刊发的,需在允许的范围内使用,并注明出处为“华创证券研究”,且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

证券市场是一个风险无时不在的市场,请您务必对盈亏风险有清醒的认识,认真考虑是否进行证券交易。市场有风险,投资需谨慎。

华创证券研究所

北京总部	广深分部	上海分部
地址:北京市西城区锦什坊街 26 号 恒奥中心 C 座 3A	地址:深圳市福田区香梅路 1061 号 中投国际商务中心 A 座 19 楼	地址:上海浦东银城中路 200 号 3402 室
邮编:100033	邮编:518034	邮编:200120
传真:010-66500801	传真:0755-82027731	传真:021-50581170
会议室:010-66500900	会议室:0755-82828562	会议室:021-20572500