

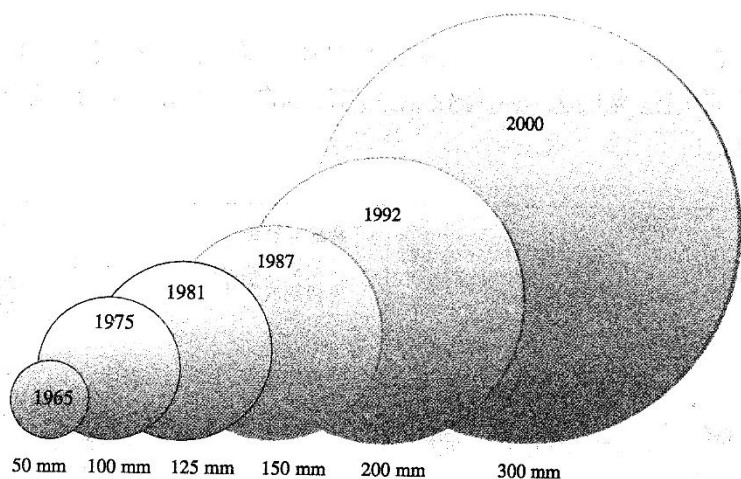
电路集成

大致以集成在一块芯片上的元件数划分集成时代如下：

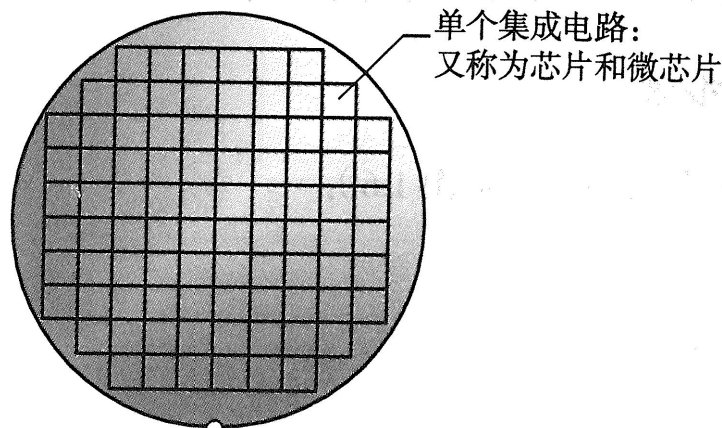
电路集成	半导体产业周期	每个芯片元件数
没有集成（分离元件）	1960年之前	1
小规模集成电路（SSI）	20世纪60年代前期	2-50
中规模集成电路（MSI）	20世纪60年代到70年代前期	20-5000
大规模集成电路（LSI）	20世纪70年代前期到70年代后期	5000-100000
超大规模集成电路（VLSI）	20世纪70年代后期到80年代后期	100000-1000000
甚大规模集成电路（ULSI）	20世纪90年代后期至今	大于1000000

集成电路制造

芯片也称管芯，硅圆片通常被称为衬底。可以在一片硅片上同时制作几十甚至上百个特定的芯片，一片硅片上的芯片数的不同取决于产品类型和芯片尺寸。芯片尺寸的改变取决于在一个芯片集成的水平。硅片的直径一直在增大。随着硅片上芯片数的增加，制造集成电路的成本会大幅度降低。




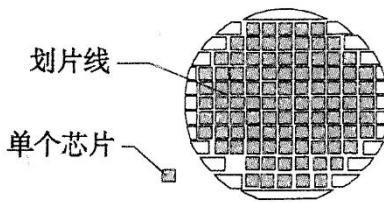
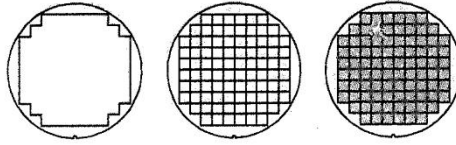
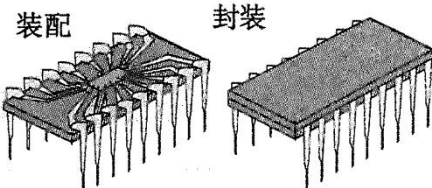
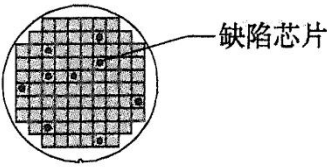
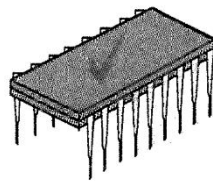
硅片尺寸的演化



含芯片的硅片顶视图

集成电路制造——集成电路的制造步骤

微芯片制造涉及5大制造阶段：

1.	硅片制备 包括晶体生长、滚圆、切片及抛光	 <p>单晶硅 由晶锭切成硅片</p>	4.	装配与封装 沿着划片线将硅片切割成芯片	
2.	硅片制造 包括清洗、成膜、光刻、刻蚀及掺杂			压焊和包封	
3.	硅片测试/拣选 探测、测试及拣选硅片上的每个芯片		5.	终测确保集成电路通过电学和环境测试	

5个阶段相互独立，在半导体公司内具备大型基础设施，并且有提供专业化化学材料和设备的工业网支撑。

集成电路制造——发展趋势

用户要求更快、更可靠和成本更低的芯片，受用户需求的驱使，每隔18到24个月，半导体产业就引入新的制造技术。为达到这些要求，芯片制造商减小了芯片上元件的尺寸，从而提高芯片速度、减小功耗。经测试分析，减小尺寸的方法具有长期可靠性。不仅如此，增加一个硅片上的芯片数还可以降低成本。

微芯片技术发展的主要趋势：

- 提高芯片性能
- 提高芯片可靠性
- 降低芯片成本

半导体趋势——提高芯片性能

判断芯片性能的一种通用方法是速度：

- 器件做得越小，在芯片上放置的越紧密，速度越快
- 使用材料，通过芯片表面的电路和器件来提高电信号的传输

判断芯片性能的另一种方法是通过芯片上可执行的指令数：

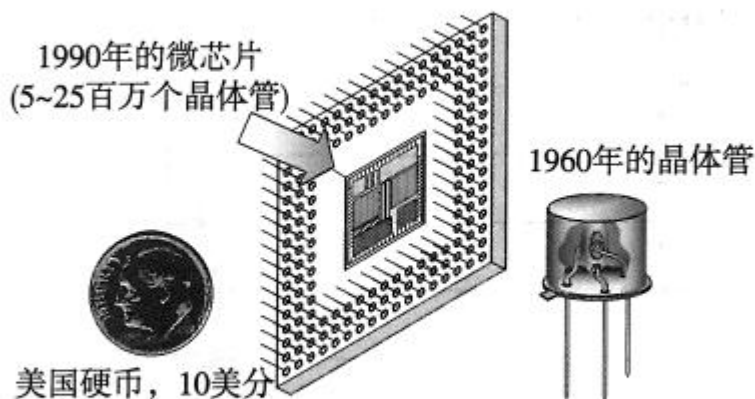
- 每秒百万指令数测算（MIPS）

表征芯片性能的参数：

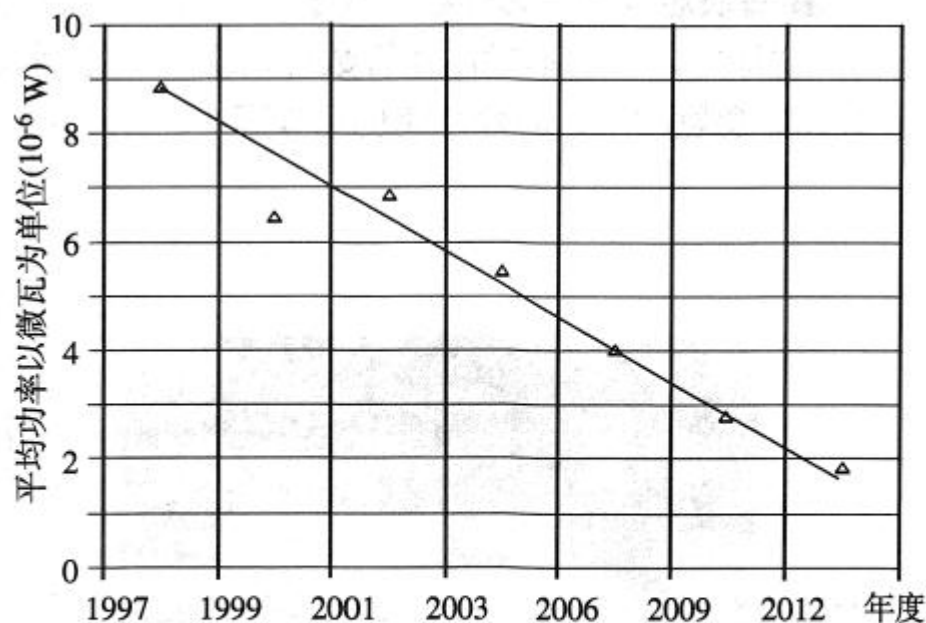
- 关键尺寸——CD
- 每块芯片上的元件数
- 功耗

半导体趋势——提高芯片性能

- 功耗：相比真空管而言，半导体器件耗用很小的功率，随着器件的微型化，功耗相应减小。尽管每块芯片上的晶体管数迅速增加，但芯片的功耗却以低得多的速率增长。功耗是便携式电子产品市场增长的一个关键性能参数。



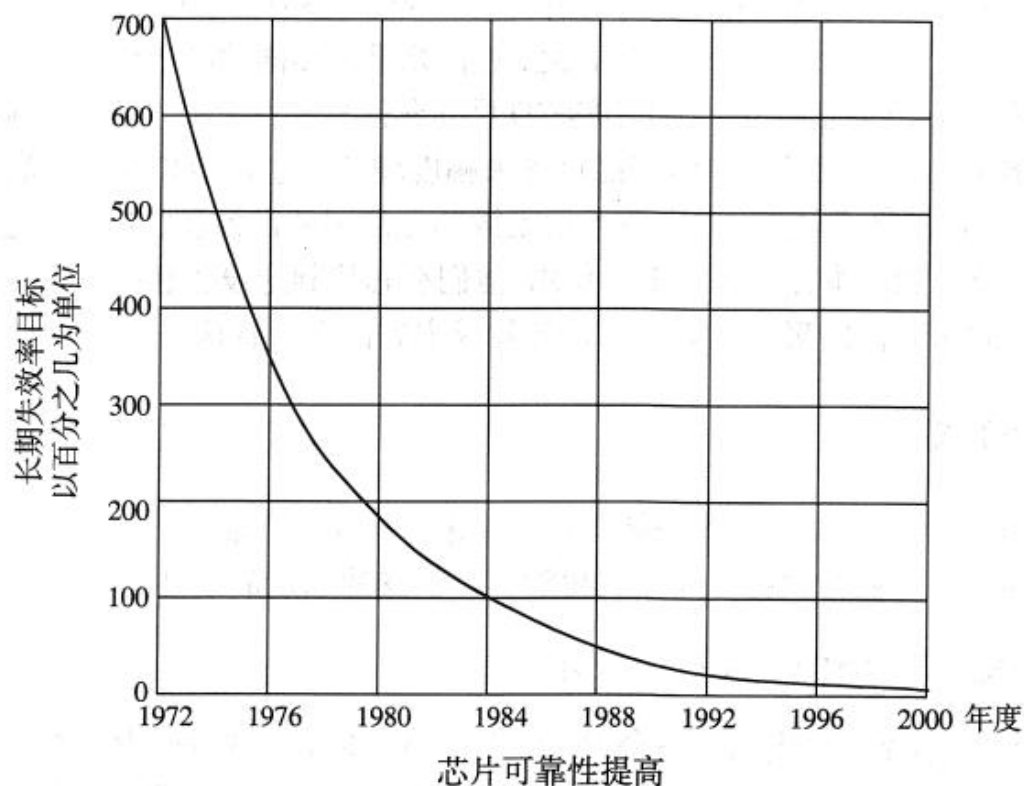
早期和现代半导体尺寸比较



每个集成电路芯片上的功耗降低。由半导体产业协会重画，1997年国家半导体技术蓝图

半导体趋势——提高芯片可靠性

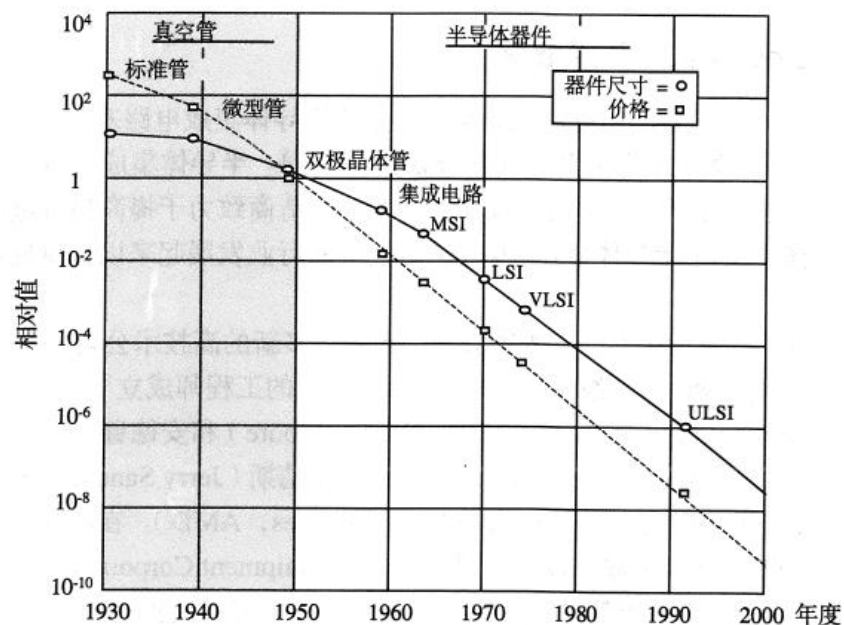
芯片的可靠性致力于趋于芯片寿命的功能的能力，技术上的进步已经提高了芯片的可靠性。通过超净间等技术的使用可控制沾污，进而提高其可靠性，通过硅片监控和微芯片测试验证可验证芯片的可靠性。



半导体趋势——降低芯片价格

半导体微芯片的价格一直持续下降，近50年终价格下降近一亿倍。

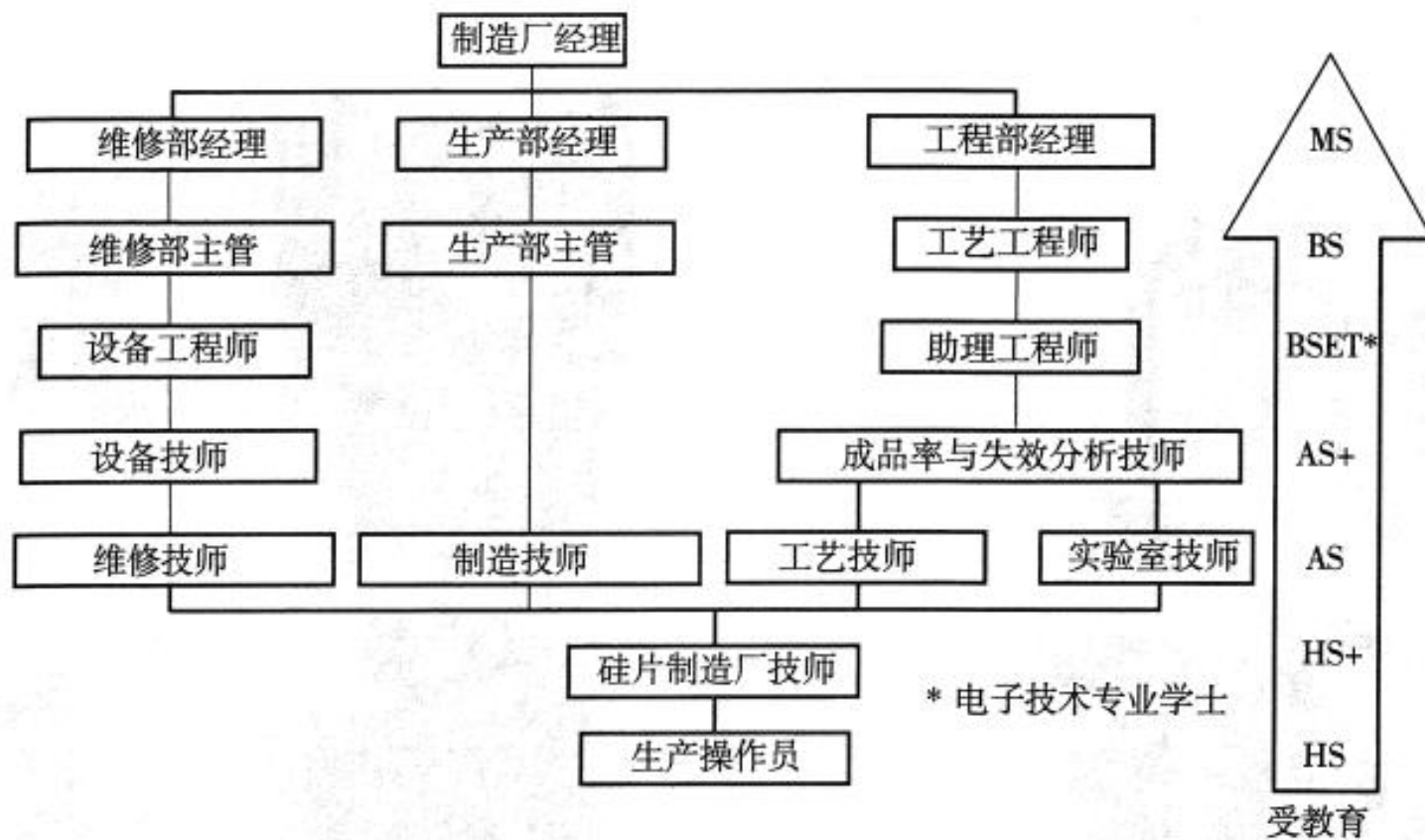
芯片价格降低的根本原因是CD尺寸的减小降低了成本，另一个原因在于半导体产品市场大幅增长引入了制造的规模经济，引入相关加工设备和制造工艺。



半导体芯片价格降低。由 C. Chang 和 S. Sze 重绘, ULSI Technology, (New York: McGraw-Hill, 1996), p. xxiii

制造业中的职业

半导体制造业中的职业主要有三种：技师、工程师和管理人员



半导体制造业中的职业途径

1.2 微电子工艺及流程

集成电路 (integrated circuit) 是一种**微型电子器件或部件**。采用一定的工艺，把一个电路中所需的晶体管、电阻、电容和电感等元件及布线互连一起，制作在一小块或几小块半导体晶片或介质基片上，然后封装在一个管壳内，成为具有所需电路功能的微型结构。

微电子工艺：狭义讲是指在半导体硅片上**制造出集成电路或分立器件的芯片结构**，这**20-30**各工艺步骤的工作、方法和技术即为芯片制造工艺；广义的讲，包含**半导体集成电路和分立器件芯片制造及测试封装**的工作、方法和技术。集成电路工艺是微电子学中最基础、最主要的研究领域之一。不同产品芯片的制造工艺就是将多个单项工艺按照需要**以一定顺序进行排列**，称为该产品的工艺流程。

集成电路制造技术特点

- **超 净**：环境、操作者、工艺三方面的超净
- **超 纯**：指所用材料，如衬底、功能性电子材料、水、气等
- **高技术**：设备先进，技术先进
- **高精度**：光刻图形的最小线条尺寸在纳米量级
制备的介质薄膜厚度也在纳米量级
而精度更在上述尺度之上
- **大批量，低成本**

集成电路制造

超净室



表 3 中国新 ISO14644-1 标准

超净室分类 (级)	浓度极限/(个/m ³)					
	≥0.1μm	≥0.2μm	≥0.3μm	≥0.5μm	≥1μm	≥5μm
ISO 1	10	2				
ISO 2	100	24	10	4		
ISO 3	1000	237	102	35	8	
ISO 4	10 000	2370	1020	352	83	
ISO 5	100 000	23 700	10 200	3520	832	29
ISO 6	1 000 000	237 000	102 000	35 200	8320	293
ISO 7				352 000	83 2000	2930
ISO 8				3 520 000	832 000	29 300
ISO 9				35 200 000	8 320 000	293 000

表 2 美国联邦 209E 标准

超净室分类 (级)	浓度极限/(个/ft ³)				
	≥0.1μm	≥0.2μm	≥0.3μm	≥0.5μm	≥5μm
1	35	7.5	3	1	
10	350	75	30	10	
100		750	300	100	
1000				1000	7
10000				10000	70
100000				100000	700

集成电路制造

超纯材料

1、超纯的半导体材料，

目前纯度已达到99.999999999999%，即11个9，记为11N.

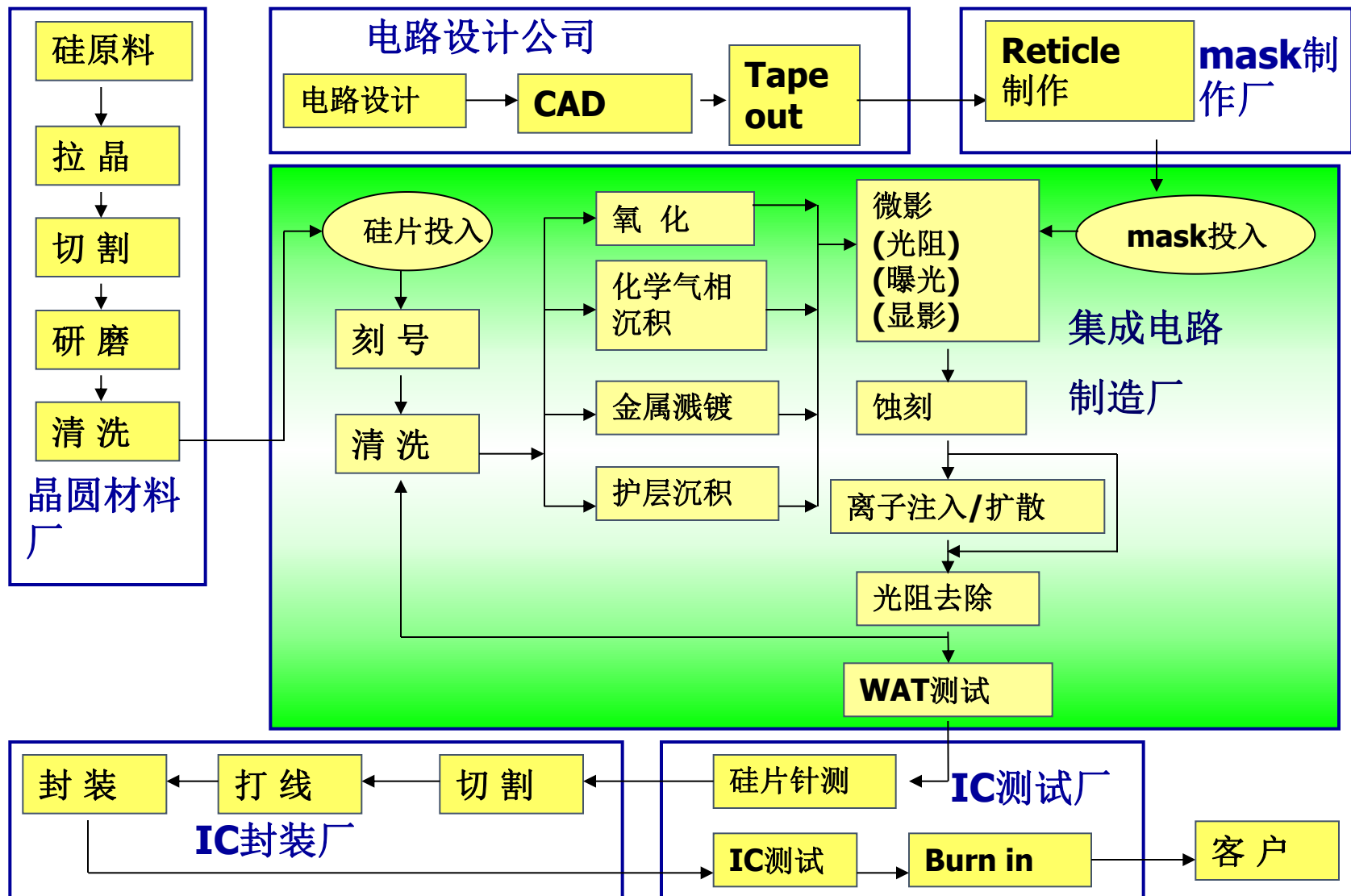
2、功能性电子材料（如：Al、Au等金属）、掺杂用气体、外延气体等必须是高纯度材料。

3、所用化学试剂、器皿、器具等的杂质含量必须低。

4、芯片清洗用水是高纯度的去离子水，一般用电阻率来表示。
超大规模集成电路纯用水的电阻为 $18\text{M}\Omega\cdot\text{cm}$ ，

超高精度

集成电路产业流程图



集成电路产业流程图

