

芯片制备流程及相关产业链介绍（中）



专题研究员

汪颢

☎: (8610)

✉: wanghao_yj@chinastock.com.cn

报告完成日期: 2019年11月11日

报告主要内容

报告主要对芯片制备流程进行了详细的说明，包括晶圆的制备、芯片设计及制作工艺；

报告分析了全球及中国的芯片产业规模和格局。分析了中国在芯片制备流程中的非自主可控环节，如晶圆材料的制备、半导体设备的制备等。

分析了芯片上游，我国在模拟芯片、射频前端芯片、储存芯片及高端光芯片与国外先进制备水平之间的差距。

目 录

五、芯片产业规模和格局	2
六、半导体晶圆市场	11

芯片制备流程介绍及相关产业链分析（中）

五、芯片产业规模和格局

发展较晚，但政策加持。长、珠三角引领加速前进。中国芯片产业经历近 20 年，为改变集成电路制造技术严重滞后的局面，我国自 1997 年启动“909 工程”到 2004 上海华虹 NEC 转向芯片代工，正式开启我国芯片产业的探索道路。后续十年随着对芯片产业投入加大，生产线和产能不断扩大。如今，经济和科技都不断创新的中国在芯片领域取得了巨大的进步，但在芯片的自主研发上仍待探索。

芯片产业是整个信息产业的核心部件和基石，也是国家信息安全的最后一道屏障，芯片高度依赖进口使得整个国家安全受到严重威胁。因此，近年来国家出台了一系列鼓励扶持政策，为芯片行业建立了优良的政策环境，促进芯片行业的发展。

表 2 集成电路相关政策

时间	政策	主要内容
2010 年 10 月	《关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定》	集成电路产业作为新一代信息技术产业的重要组成部分，是国家未来重点发展的战略新兴产业。
2011 年 1 月	《国务院关于印发进一步鼓励软件产业和集成电路产业发展若干政策的通知》	从财税政策、投融资政策、研究开发政策、人才政策等方面鼓励软件和集成电路发展。
2011 年 6 月	《当前优先发展的高科技产业化重点领域指南(2011 年度)》	明确将集成电路列入当前有限发展的高技术产业（第九项）。
2015 年 3 月	《关于进一步鼓励集成电路产业发展企业所得税政策的通知》	制定了针对集成电路企业所享受的所得税优惠政策。
2016 年 5 月	《关于软件和集成电路产业企业所得税优惠政策有关问题的通知》	进一步调整和完善了针对集成电路企业所享受的所得税优惠政策。
2016 年 6 月	《2016 年国家信息消费示范城市建设指南》	鼓励智能终端产业、集成电路产业、软件和信息服务业的发展，推动基础软件核心关键技术突破，加快核心技术的研发及产业化

<p>2017年5月</p>	<p>《两部门关于发布2017年工业转型升级（中国制造2025）资金工作指南的通知》</p>	<p>重点支持工业强基工程。支持集成电路封装、增强制造等工艺。</p>
<p>2018年3月</p>	<p>《关于集成电路生产企业有关企业所得税政策》</p>	<p>为部分集成电路生产企业减免所得税。旨在鼓励新建集成电路生产企业，优化产业结构，促进我国集成电路行业快速发展。</p>
<p>2018年4月</p>	<p>工业和信息化部办公厅关于应发《2018年工业通信业标准化工作要点》的通知</p>	<p>大力推进重点领域标准体系建设，深入推进军民通用标准试点工作，加强集成电路居民通用标准的推广应用，开展军民通用标准研制模式和工作机制总结。</p>

收益中与政策的大力扶持，今年来中国芯片产业销售额增速高于全球处于不断上涨的趋势。2017年，中国集成的电路销售额达到2073.5亿元，约800亿美元，同比增长26.1%。2018年上半年，中国芯片产业销售额达2726.5亿元，约400亿美元，同比增长23.9%，设计、制造、封测三大环节比例格局基本保持一致。其中，设计业同比增长22.8%，销售额为1019.4亿元；制造业继续保持高速增长态势，同比增长29.1%，销售额为737.4亿元；封装测试业销售额969.7亿元，同比增长21.2%。



图 20 全球芯片产业销售额



图 21 中国芯片产业销售额

1、芯片设计市场

2009 年来，我国芯片设计行业销售额不断增大，增速于 2005 年达到最高后有所降低，现保持在 20% 左右，2018 年上半年，中国芯片设计销售额为 1019.4 亿元，同比增长 23%。从“2017 年国内十大集成电路设计企业”来看，销售额排名第一的是海思半导体，2017 年的销售额高达 361 亿元；清华紫光展锐以 110 亿元的销售额位居第二；之后依次是中兴微电子（76 亿元）、华大半导体（52.1 亿元）、智芯微电子（44.9 亿元）等。

在前十名中，只有排名第十的北京中星微电子是新入榜企业；而海思半导体在 IC 设计市场所拉开的优势差距，相对制造、封测市场，“独大”的格局十分明显。不过，2017 年，中国集成电路 TOP10 市场份额仅 38%，市场处于起步期。



图 22 中国芯片设计行业规模和企业排名情况 (单位：亿元)

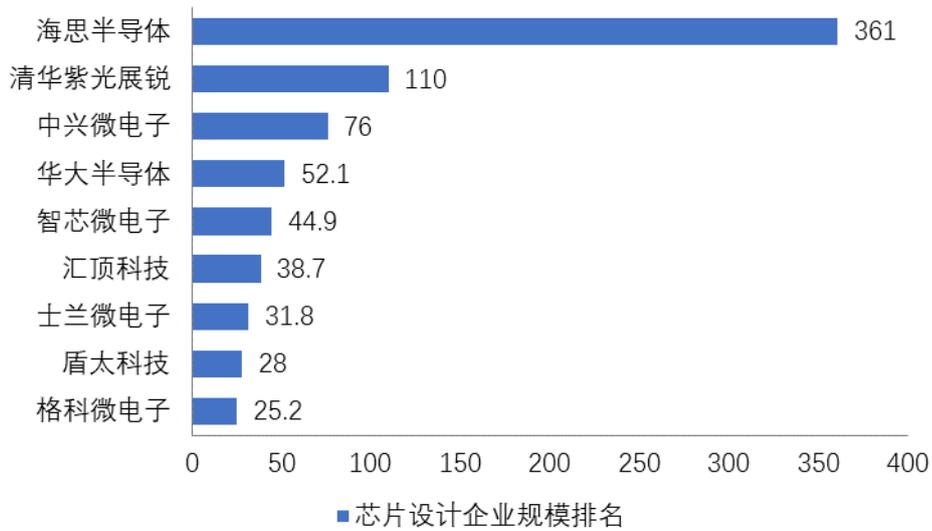


图 23 芯片设计企业规模排名

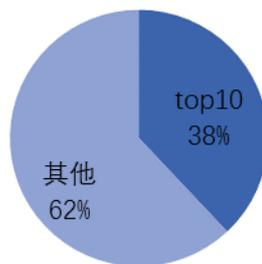


图 24 芯片设计前十企业市占率

中国主要的集成电路设计区域分为长江三角洲、珠江三角洲、京津环渤海和中西部地区四个区域。珠江三角洲的产业规模是全国最大，2018 年的产业规模预计高达 907.46 亿元，2017 年为 687.5 亿元，增长达 31.99%。占比约为 35%。

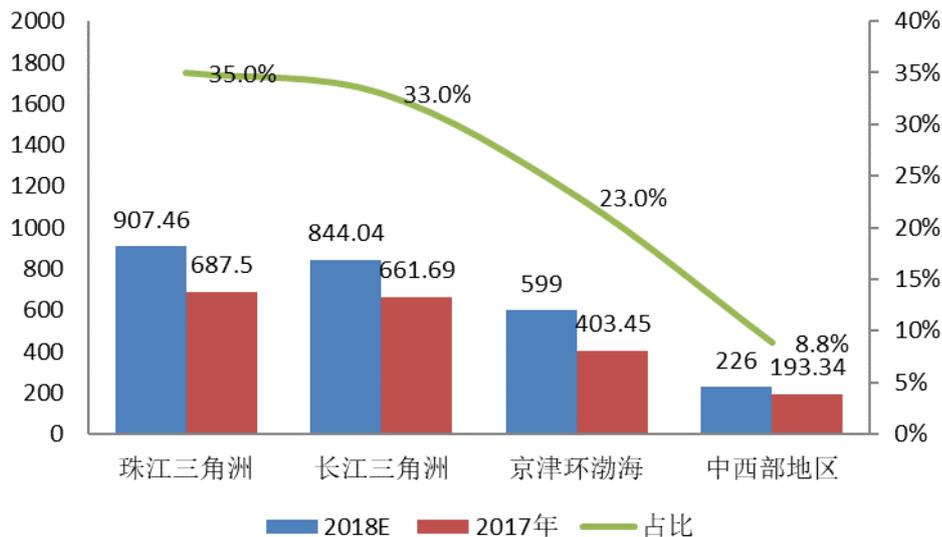


图 25 我国集成电路行业区域情况

在集成电路制造市场，2010 年以后中国芯片设计行业销售额和增速整体不断上升。2017 年，销售额达 1448.6 亿元，同比增长 15%，2018 年上半年，销售额为 737.4 亿元。从企业角度看，三星（中国）半导体的表现最为亮眼，2017 年的销售额高达 277.4 亿元，在“2017 年国内十大集成电路制造企业”榜单中排名第一；中芯国际 2017 年的销售额为 201.5 亿元，排名第二；而其余上榜企业中，只有排名第三和第四的 SK 海力士、英特尔半导体（大连）销售额超过了 100 亿元，分别为 130.6 亿元和 121.5 亿元。TOP10 企业市场份额达 70%，集中度较高，其中有 4 家为外资企业，这 4 家外资企业市场份额达 40%。

2、封测市场

IC 封测市场 2012 年和 2013 年行业销售额出现下降，近四年持续上涨，2017 年，销售额达到 1889.2 亿元，增速达到 21%。企业梯队同样明显，在“2017 年国内十大集成电路封测企业”的榜单中，江苏新潮科技、南通华达微电子分别以 242.6 亿元、198.8 亿元的销售额分列一、二，与其

余上榜企业拉开差距。十大封测企业格局基本稳定，其中三家为外资；2017年，集中电路测试市场 TOP10 市场份额达 45%，TOP10 中外资企业市场份额约 10%。

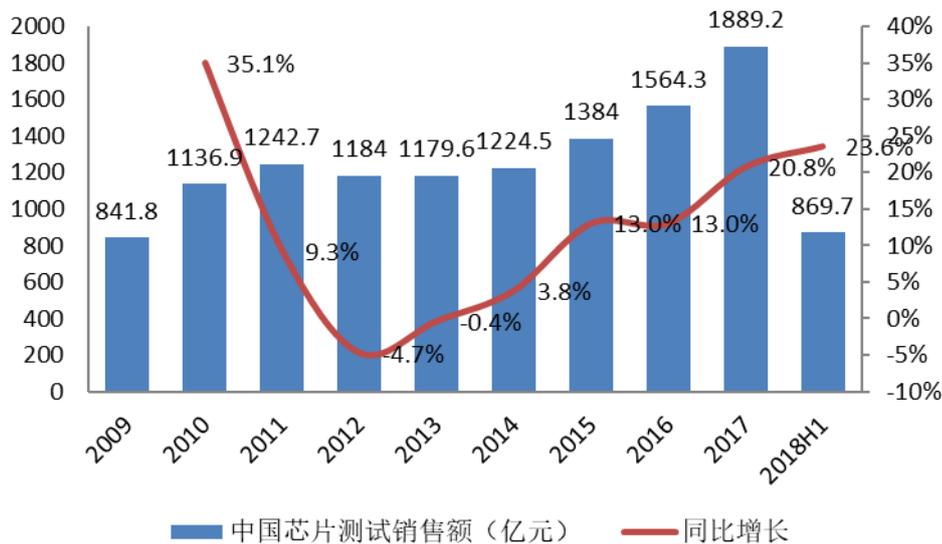


图 26 中国芯片测试销售额

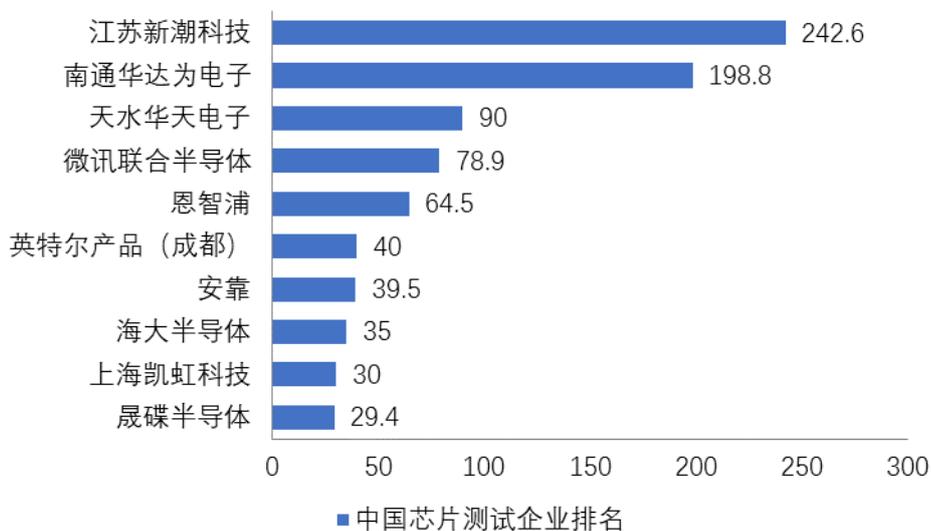


图 27 中国芯片测试企业排名

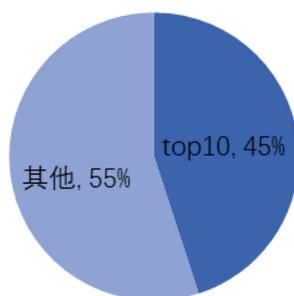


图 28 中国芯片测试前十企业市占率

3、我国芯片的自给率

虽然我国芯片产业规模不断扩大，但仍面临一些重要的核心问题。目前，我国芯片主要依赖进口，核心自主化近乎零。根据海关总署历年数据，近年集成电路年进口额都超过 2000 亿美元，进出口贸易逆差也在 2017 年达到了最高值 1932.6 亿美元。

虽然我国集成电路产品自给率不断攀升，但我国半导体自给率提高速度时分缓慢，2016 年自给率达到 10.4%，测算 2017 年芯片自给率约 11.2%。国内技术水平及本土化服务仍有较大上升空间。

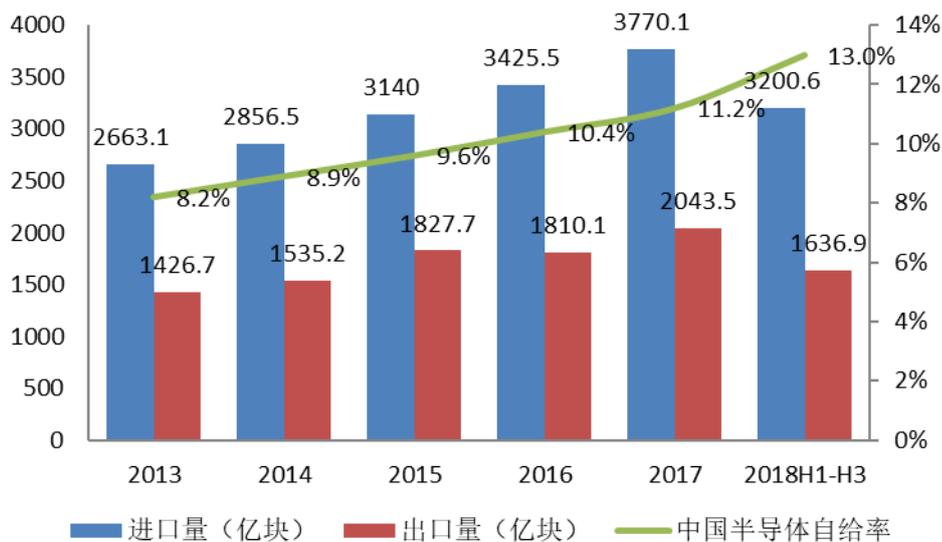


图 29 我国集成电路产品进出口情况

不容忽视的是，我国核心芯片自给率极低——计算机系统中的 CPU/MPU、通用电子系统中的 FPGA/EPLD 和 DSP、通信装备中的嵌入式 MPU 和 DSP、存储设备中的 DRAM 和 Nand Flash、显示及视频系统中的 Display Driver，国产芯片占有率都几乎为零。

表 3 我国国产芯片在各系统中占有率

系统	设备	核心集成电路	国产芯片占有率
计算机系统	服务器	MPU	0%
	个人电脑	MPU	0%
	工业应用	MCU	2%
通用电子系统	可编程逻辑设备	FPGA/EPLD	0%
	数字信号处理设备	DSP	0%
通信设备	移动通信终端	Application Processor	18%
		Communication Processor	22%
		Embedded MPU	0%
		Embedded DSP	0%
	核心网络设备	NPU	15%
	内存设备	半导体存储器	DREM
NAND FLASH			0%
NOR FLASH			5%
Image Processor			5%

通用电子系统	可编程逻辑设备	FPGA/EPLD	0%
	数字信号处理设备	DSP	0%

2018 年全球 TOP10 芯片企业韩国上榜两家企业，最大半导体供应商三星电子以及 SK 海力士；美国上榜 5 家企业，是名副其实的芯片强国。而百强榜单中始终没有中国企业上榜，形成这一差别的主要原因，可以从研发投入中来看。

表 4 全球芯片企业排名及市占率

2018 年排名	2017 年排名	公司	2018 营收 (亿美元)	2018 市占率
1	1	三星电子	75,854	15.9%
2	2	英特尔	65,862	13.8%
3	3	SK 海力士	36,433	7.6%
4	4	美光科技	30,641	6.4%
5	6	博通	16,544	3.5%
6	5	高通	15,380	3.2%
7	7	德州仪器	14,767	3.1%
8	9	Western Digital	9,321	2%
9	11	意法半导体	9,276	1.9%
10	10	恩智浦半导体	9,010	1.9%

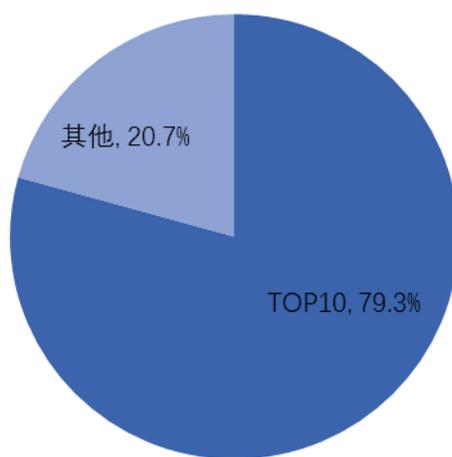


图 30 芯片前十企业市占率情况

从研发投入来看，我国企业与国际领先企业差距较大，投资比重超过 20% 的企业投资金额也远远不及全球企业，投资金额较大的，例如中兴通讯，投资比重仅是英特尔、高通等企业的一半。

研发投入较低会阻碍我国芯片自主化发展，受制于人现象加重。

表 5 中外芯片企业研发投入对比

2017 年排名	全球企业	研发投入额 (亿美元)	投资额占比	中国企业	研发投入额 (亿元)	投资额占比
1	英特尔	130.98	21.20%	中兴通讯	129.62	11.91%
2	高通	34.5	20.20%	三安光电	5.33	6.34%
3	博通	34.23	19.20%	汇顶科技	5.97	16.20%
7	联发科	18.81	24.00%	紫光国微	5.03	27.49%
8	美光	18.02	7.05%	全智科技	3.42	28.49%
9	NXP	17.97	19.10%	国民技术	1.37	19.78%

六、半导体晶圆市场

1、半导体晶圆介绍

晶圆 (wafer) 是制造半导体器件的基础性原材料。极高纯度的半导体经过拉晶、切片等工序制备成晶圆，晶圆经过一系列半导体制造工艺形成极微小的电路结构，再经切割、封装、测试成为芯片，广泛应用到各类电子设备当中。晶圆材料经历了 60 余年的技术演进和产业发展，形成了当今以硅为主、新型半导体材料为补充的产业局面。



图 31 半导体晶圆材料的基本框架

20 世纪 50 年代，锗 (Ge) 是最早采用的报道体材料，最先用于分立器件中。集成电路的产生是半导体产业向前迈进的重要一步，1958 年 7 月，在德克萨斯州达拉斯市的德州仪器公司，杰克·基尔比制造的第一块集成电路是采用一片锗半导体材料作为衬底制造的。

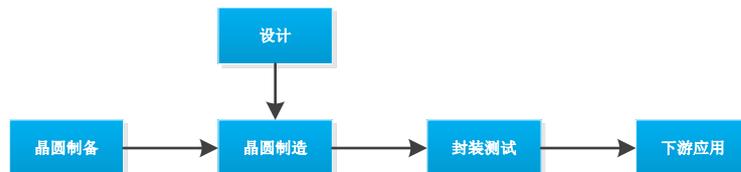


图 32 晶圆产业链

但是锗器件的耐高温和抗辐射性能存在短板，到 60 年代后期逐渐被硅 (Si) 器件取代。硅储量极其丰富，提纯与结晶工艺成熟，并且氧化形成的二氧化硅 (SiO₂) 薄膜绝缘性能好，使得器件的稳定性与可靠性大为提高，因而硅已经成为应用最广的一种半导体材料。半导体器件产值来看，全球 95% 以上的半导体器件和 99% 以上的集成电路采用硅作为衬底材料。

2017 年全球半导体市场规模约 4122 亿美元，而化合物半导体市场规模约 200 亿美元，占比 5% 以内。从晶圆衬底市场规模看，2017 年硅衬底年销售额 87 亿美元，SiC 衬底年销售额约 3 亿美元。硅衬底销售额占比 85%+。在 21 世纪，它的主导和核心地位仍不会动摇。但是 Si 材料的物理性质限制了其在光电子和高频、高功率器件商的应用。

20 世纪 90 年代依赖，以砷化镓 (GaAs)、磷化铟 (InP) 为代表的第二代半导体材料开始展露头脚。GaAs、InP 等材料适用于制作高速、高频、大功率以及发光电子器件，是制作高性能微波、毫米波器件及发光器件的优良材料，广泛应用卫星通讯、移动通讯、光通信、GPS 导航等领域。但是 GaAs、InP 材料资源稀缺，价格昂贵，并且还有毒性，会污染环境，InP 甚至被认为是可疑致癌物质，这些缺点使得第二代半导体材料的应用具有很大的局限性。

第三代半导体材料主要包括 SiC、GaN 等，因其禁带宽度 (E_g) 大于或等于 2.3 电子伏特 (eV)，又被称为宽禁带半导体材料。和第一代、第二代半导体材料相比，第三代半导体材料具有高热导率、高击穿场强、高饱和电子漂移速率和高键合能等优点，可以满足现代电子技术对高温、高功率、高压、高频以及抗辐射等恶劣条件的新要求，是半导体材料领域最有前景的材料，在国防、航天、航空、石油勘探、光存储等领域有着重要应用前景，在宽带通讯、太阳能、汽车制造、半导体照明、

智能电网等众多战略行业可以降低 50% 以上的能量损失，最高可以使装备体积较小 75% 以上，对人类科技的发展具有里程碑的意义。

化合物半导体是指两种或两种以上元素形成的半导体材料，第二代、第三代半导体多属于这一类。按照元素数量可以分为二元化合物、三元化合物、四元化合物等等，二元化合物半导体按照组成元素在化学元素周期表中的位置还可分为 III-V 族、IV-IV 族、II-VI 族等。以砷化镓 (GaAs)、氮化镓 (GaN)、碳化硅 (SiC) 为代表的化合物半导体材料已经成为继硅以后发展最快、应用最广、产量最大的半导体材料。化合物半导体材料具有优越的性能和能带结构：

- (1) 高电子迁移率
- (2) 高频率特性
- (3) 宽幅频
- (4) 高线性度
- (5) 高功率
- (6) 材料选择多元性
- (7) 抗辐射

因而化合物半导体多用于射频器件、光电器件、功率器件等制造，具有很大发展潜力；硅器件则多用于逻辑器件、存储器等，相互之间具有不可替代性。

2、晶圆制备：衬底与外延工艺

晶圆制备包括衬底制备和外延工艺两大环节。衬底 (Substrate) 是由半导体单晶材料制造而成的晶圆片，衬底可以直接进入晶圆制造环节生产半导体器件，也可以进行外延工艺加工生产外延片。外延 (epitaxy) 是指在单晶衬底上生长一层新单晶的过程，新单晶可以与衬底为同一材料，也可以使不同材料。外延可以生产种类更多的材料，使得器件设计有了更多选择。

衬底制备的基本步骤如下：半导体多晶体首先要经过提纯、掺杂和拉制等工序制得单晶材料，以硅为例，硅砂首先提纯还原为纯度 98% 的冶金级粗硅，再经多次提纯，得到电子级高纯度多晶硅 (纯度达 99.9999999% 以上，9~11 个 9)，经过熔炉拉制得到单晶硅棒。单晶材料经过机械加工、化学处理、表面抛光和质量检测，获得符合一定标准 (厚度、晶向、平整度、平行度和损伤层) 的

单晶抛光薄片。抛光的目的是进一步去除加工表面残留的损伤层，抛光片可直接用于制作器件，也可以作为外延的衬底材料。

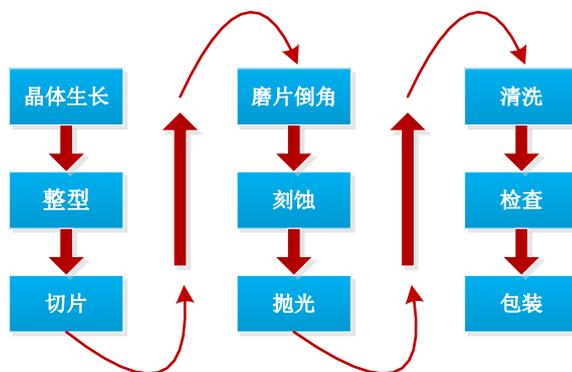


图 33 衬底制备的基本步骤

外延生产工艺目前业界主要包括 MOCVD（化学气相沉淀）技术以及 MBE（分子束外延）技术两种。例如，全新光电采用 MOCVD，英特磊采用 MBE 技术。

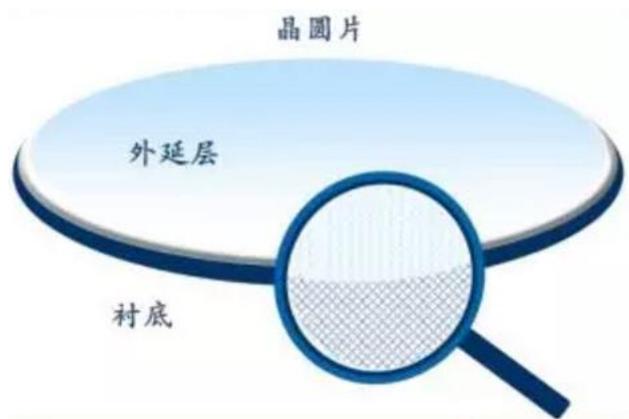


图 34 外延晶圆片结构示意图

相比之下，MOCVD 技术生长速率更快，更适合产业化大规模生产，而 MBE 技术在部分情况如 PHEMT 结构、Sb 化合物半导体的生产中更适合采用。HVPE（氢化物气相外延）技术主要应用于 GaN 衬底生产。LPE（液相沉积）技术主要用于硅晶圆，目前已基本被气相沉积技术所取代。

表 6 MBE 与 MOCVD 技术对比

	MBE	MOCVD
原材料	单质元素	气体/液化化合物
蒸发	热蒸发、电子束蒸发	气压、载气

流量控制	腔温度	流量控制器
开关	机械开关	气阀
外延环境	超真空	氢气/氮气, 10-1000mbar 压力
分子运输	弹道	扩散
表面反应	物理化学吸附	化学反应

晶圆尺寸：技术发展进程不一

硅晶圆尺寸最大达 12 寸，化合物半导体晶圆尺寸最大为 6 英寸。硅晶圆衬底主流尺寸为 12 英寸，约占全球硅晶圆产能 65%，8 寸也是常用成熟制程晶圆，全球产能占比 25%。GaAs 衬底主流尺寸为 4 英寸及 6 英寸；SiC 衬底主流供应尺寸为 2 英寸及 4 英寸；GaN 自制程衬底以 2 英寸为主。

表 7 四种半导体材料尺寸对比

	Si 抛光片	GaAs 衬底	GaN 自支撑衬底	SiC 衬底
2 "	√	√	√主流尺寸	√主流尺寸
3 "	√	√	√	√
4 " (100mm)	√	√	√	√主流尺寸
5 " (125mm)	√			
6 " (150mm)	√	√		√
8 " (200mm)	√主流尺寸	研发中		研发中
12 " (300mm)	√主流尺寸			
18 " (450mm)	研发中			

SiC 衬底目前尺寸已达 6 英寸，8 英寸正在研发（II-VI 公司已制出样品），而实际上主流采用的仍为 4 英寸晶圆。主要原因是（1）6 英寸 SiC 晶圆大概是 4 英寸成本的 2.25 倍，到 2020 年大概为 2 倍，在成本缩减上并没有大的进步，并且更换设备机台要额外的资本支出，6 英寸目前优势仅在生产效率上；（2）6 英寸 SiC 晶圆在品质上偏低，因而目前 6 英寸主要用于制造二极管，在较低质量晶圆上制造二极管比制造 MOSFET 更为简单。

表 8 外延生长对应 wafer 尺寸

	GaAs on Si	GaAs on GaAs	GaAs on SiC	GaN on Si	GaN on SiC	GaN on GaN
2 "	√	√	√	√	√	√
3 "	√	√	√	√	√	√
4 "	√	√	√	√	√	√
6 "	√	√		√		

8 "	√
12 "	√

GaN 材料在自然界中缺少单晶材料，因而长期在蓝宝石、SiC、Si 等异质衬底上进行外延。现今通过氢化物气相外延 (HVPE)、氨热法可以生产 2 英寸、3 英寸、4 英寸的 GaN 自支撑衬底。目前商业应用中仍以异质衬底上的 GaN 外延为主，GaN 自支撑衬底在激光器上具有最大应用，可获得更高的发光效率及发光品质。

3、硅：主流市场，细分领域需求旺盛

硅晶圆供给厂商格局：日厂把控，寡头格局稳定。

日本厂商占据硅晶圆 50% 以上的市场份额。前五大厂商占据全球 90% 以上份额。其中，日本信越化学占比 27%、日本 SUMCO 占比 26%，两家日本厂商份额合计 53%，超过一半，中国台湾环球晶圆于 2016 年 12 月晶圆产业低谷期间收购美国 SunEdison 半导体，由第六晋升第三名，占比 17%，德国 Siltronic 占比 13%，韩国 SK Siltron（原 LG Siltron，2017 年被 SK 集团收购）占比 9%，与前四大厂商不同，SK Siltron 仅供应韩国客户。

此外还有法国 Soitec、中国台湾胜科、合晶、嘉晶等企业，份额相对较小。各大厂商供应晶圆类别与尺寸上有所不同，总体来开前三大厂商产品较为多样。前三大厂商能够供应 Si 退火片、SOI 晶片，其中仅日本信越能够供应 2 英寸 SOI 晶片。德国 Siltronic、韩国 SK Siltron 不提供 SOI 晶片，SK Siltron 不供应 Si 退火片。而 Si 抛光片与 Si 抛光片与 Si 外延各家尺寸基本没有差别。

表 9 Si 晶圆厂商市占率

	Si 衬底	市场份额	Si 抛光片	Si 外延片	Si 退火片	SOI 晶片
1	日本信越 ShinEtsu	27%	√	√	√	6", 8", 12"
2	日本胜高 SUMCO	26%	4", 5", 6", 8", 12"	4", 5", 6", 8", 12"	6", 8", 12"	6", 8"

3	中国台湾环球晶圆	17%	2 " -12 "	4 " , 5 " , 6 " , 8 "	8 " , 12 "	4 " , 5 " , 6 "
4	德国世创 Siltronic	13%	5 " , 6 " , 8 " , 12 "	5 " , 6 " , 8 " , 12 "	12 "	/
5	韩国 SK Siltron	9%	5 " , 6 " , 8 " , 12 "	5 " , 6 " , 8 " , 12 "	/	/
	其他	8%				

近 15 年来日本厂商始终占据硅晶圆 50% 以上市场份额。硅晶圆产能未发生明显区域性转移。根据 Gartner, 2007 年硅晶圆市占率第一日本信越 (32.5%)、第二日本 SUMCO (21.7%)、第三德国 Siltronic (14.8%) ; 2002 年硅晶圆市占率第一日本信越 (28.9%)、第二日本 SUMCO (23.3%)、第三德国 Siltronic (15.4%) 。近期市场比较大的变动是 2016 年 12 月台湾环球晶圆收购美国 SunEdison, 从第六大晋升第三大厂商。但日本厂商始终占据 50%+ 份额。

日本在 fab 环节竞争力衰落而材料环节始终保持领先地位。20 世纪 80 年代中旬, 日本半导体产业的世界份额曾经超过了 50%。日本在半导体材料领域的优势从上世纪延续而来, 而晶圆制造竞争力明显减弱, 半导体 fab 环节出现了明显的区域转移。究其原因, fab 环节离需求端较近, 市场变动大; 但硅晶圆同质化程度高, 新进入玩家需要在客户有比较久的时间验证; 且晶圆在晶圆代工中成本占比 10% 以下, 晶圆代工厂不愿为较小的价格差别冒险更换不成熟的产品

3.1 硅晶圆需求厂商格局: 海外为主, 国产厂商不乏亮点

3.1.1 IC 设计市场

IC 设计方面, 巨头把控竞争壁垒较高, 2018 年以来 AI 芯片成为新成长动力。高通、博通、联发科、苹果等厂商实力最强, 大陆厂商海思崛起。随着科技发展引领终端产品升级, AI 芯片等创新应用对 IC 产品需求不断扩大, 预计到 2020 年 AI 芯片市场规模将从 2016 年约 6 亿美元升至 26 亿美元, CAGR 达 43.9%, 目前国内外 IC 涉及厂商正积极布局 AI 芯片产业。英伟达是 AI 芯片市场领导者, AMD 与特斯拉正联合研发用于自动驾驶的 AI 芯片。

对于国内厂商，华为海思于 2017 年 9 月率先推出麒麟 970AI 芯片，目前已成功搭载入 P20 等机型；比特大陆发布的全球首款张量加速计算芯片 BM1680 已成功运用于比特币矿机；寒武纪 1A 处理器、地平线的征程和旭日处理器也崭露头角。IC 涉及面向终端、面向市场成为必然，国内厂商又是明显。IC 设计业以需求为导向，才能够更好服务于下游客户。海思、展锐等移动处理芯片、基带芯片厂商依靠近些年中国智能手机市场爆发迅速崛起，跻身世界 IC 涉及十强，海思芯片已全面应用到华为智能手机当中，三星、小米等厂商也才用了自研芯片，现今中国为全球最大的终端需求市场，因而国内 IC 设计业有巨大发展优势。

表 10 全球 IC 设计厂商 2017 年排名

2017 排名	公司	所在地	2017 年收入 (百万美元)	2017/2016 变化
1	高通	美国	17,078	11%
2	博通	新加坡	16,065	16%
3	英伟达	美国	9,228	44%
4	联发科	中国台湾	7,875	-11%
5	苹果	美国	6,660	3%
6	超微半导体	美国	5,249	23%
7	华为海思	中国大陆	4,715	21%
8	赛灵思	美国	2,475	7%
9	迈威科技	美国	2,390	-1%
10	紫光展锐	中国大陆	2,050	9%

3.1.2 代工市场

代工制造方面，厂商 Capex 快速增长，三星、台积电等巨头领衔。从资本支出来看，目前全球先进制程芯片市场竞争激烈，全球排名前三的芯片制造商三星、英特尔、台积电的 Capex 均达到百亿级别，2017 年分别为 440/120/108 亿美元，预计三星未来三年总 Capex 接近 1100 亿美元，英特尔和台积电 2018 年 Capex 则预计分别达到 140 和 120 亿美元，具有大幅度的增长，利于巨头通过研发先进制程技术和扩张产线来占领市场。

从工艺制程来看，台积电走在行业前列，目前已大规模生产 10nm 制程芯片，7nm 制程将于 2018 年量产；中国大陆最为领先的代工厂商中芯国际目前具备 28nm 制程量产能力，而台积电早于 2011 年已具备 28nm 量产能力，相比之下大陆厂商仍有较大差距。

表 11 代工企业排名

排名	名称	所在地	市占率	销售额 (百万美元)
----	----	-----	-----	------------

1	台积电 TSMC	中国台湾	59%	29,488
2	格罗方德 GlobalFoundries	美国	11%	5,545
3	联华电子 UMC	中国台湾	9%	4,582
4	中芯国际 SMIC	中国大陆	6%	2,921
5	力晶 Powerchip	中国台湾	3%	1,275
6	高塔半导体 Towerjazz	以色列	2%	1,249
7	世界先进 VIS	中国台湾	2%	800
8	华虹半导体	中国大陆	1%	712
9	东部高科技	韩国	1%	672
10	X-Fab	德国	1%	620

3.1.3 封测市场

封测方面，未来高端制造+封测融合趋势初显，大陆厂商与台产技术差距缩小。封装测试技术目前已发展四代，在最高端技术上制造与封测已实现融合，其中台积电已建立起 CoWoS 以及 InFO 两大高阶封装生态系统，并计划通过从龙潭延伸至中科将 InFO 产能扩增一倍，以满足苹果 A12 芯片的需求。

封测龙头日月光则掌握顶尖封装与微电子制造技术，率先量产 TSV/2.5D/3D 相关产品，并于 2018 年 3 月与日厂 TDK 合资成立日月昶电子扩大 SiP 布局。由于封装技术门槛相对较低，目前大陆厂商正快速追赶，与全球领先厂商的技术差距正逐步缩小，大陆厂商已基本掌握 SiP、WLCSP、FOWLP 等先进技术，应用方面 FC、SiP 等封装技术已实现量产。

表 12 封测企业排名

排名	名称	营业收入（百万美元）	市占率	YoY
1	日月光	5,207	10.10%	6.40%
2	安靠	4,063	7.90%	4.30%
3	长电科技	3,233	6.20%	12.50%

4	矽晶	2,684	5.20%	2.20%
5	力成科技	1,893	3.70%	26.30%
6	华天科技	1,056	2.00%	28.30%
7	通富微电	910	1.80%	32.00%
8	京元电子	675	1.30%	8.30%
9	联合科技	674	1.30%	-2.20%
10	南茂科技	596	1.20%	----

新一轮区域转移面向中国大陆。尽管目前 IC 设计、制造、封测的顶级厂商主要位于美国、中国台湾。总体来看，半导体制造产业经历了美国——日本——韩台的发展历程：1950s，半导体产业起源于美国，1947 年晶体管诞生，1958 年集成电路诞生。1970s，半导体制造由美国向日本转移。DRAM 是日韩产业发展的重要切入点，80s 日本已在半导体产业处于领先地位。1990s，以 DRAM 为契机，产业转向韩国三星、海力士等厂商；晶圆代工环节则转向台湾，台积电、联电等厂商崛起。2010s，智能手机、移动互联网爆发，物联网、大数据、云计算、人工智能等产业快速成长。人口红利，需求转移或将带动制造转移，可以预见中国大陆已然成为新一轮区域转移的目的地。

3.2 硅晶圆下游应用拆分：尺寸与制程双轮驱动技术进步

晶圆尺寸与工艺制程并行发展，每一阶段与晶圆尺寸相对应。(1) 制程进步→晶体管缩小→效率提升→成本降低。目前 6 吋、8 吋硅晶圆生产设备普遍折旧完毕，生产成本更低，主要生产 90nm 以上的成熟制程。部分制程在相邻尺寸上的晶圆上都有产出。5nm 至 1.3um 则采用 12 英寸晶圆，其中 28nm 为界区分了先进制程与成熟制程，主要原因是 28nm 以后引入 FinFET 等新设计、新工艺，晶圆制造难度大大提升。

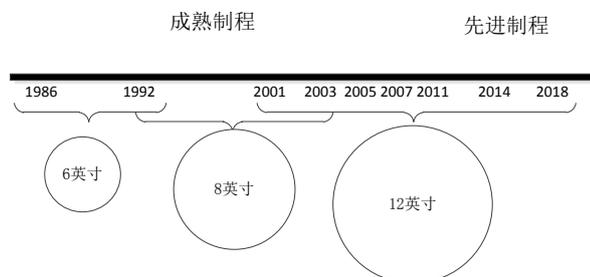


图 35 硅晶圆尺寸与制程对应

晶圆需求总量来看，12 英寸 NAND 及 8 英寸市场为核心驱动力。储存用 12 寸硅晶圆占比达 35% 为最大，8 寸及 12 英寸逻辑次之。以产品销售额来看，全球集成电路产品中，存储器占比约 27.8%，逻辑电路占比 33%，微处理器芯片和模拟电路分别占 21.9% 和 17.3%。

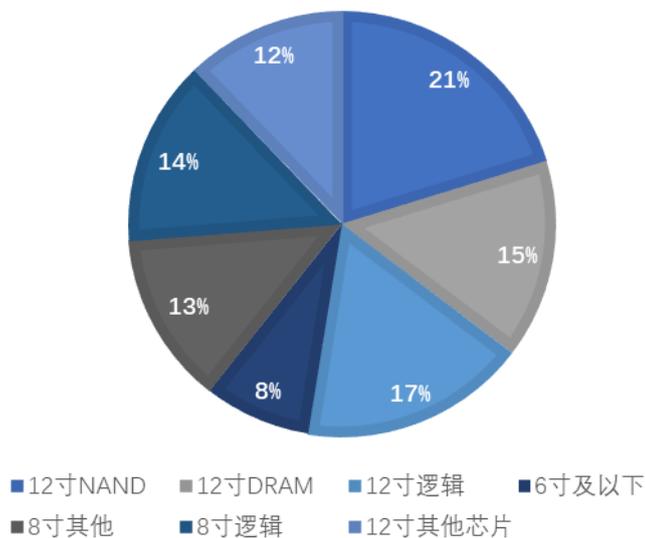


图 36 12 英寸、8 英寸、6 英寸晶圆需求结构

下游具体应用来看，12 英寸 20nm 以下先进制程性能强劲，主要用于移动设备、高性能计算等领域，包括智能手机主芯片、计算机 CPU、GPU、高性能 FPGA、ASIC 等。12nm-32nm 先进制程应用于包括 DRAM、NAND Flash 存储芯片、中低端处理器芯片、影像处理器、数字电视机顶盒等应用。

12 英寸 45-90nm 的成熟制程主要用于性能需求略低，对成本和生产效率要求高的领域，例如手机基带、WiFi、GPS、蓝牙、NFC、ZigBee、NOR Flash 芯片、MCU 等。12 英寸或 8 英寸 90nm 至 0.15um 主要应用用 MCU、指纹识别芯片、影像传感器、电源管理芯片、液晶驱动 IC 等。8 英寸 0.18um-0.25um 主要有非易性储存如银行卡、sim 卡等，0.35um 以上主要为 MOSFET、IGBT 等功率器件。

表 13 制程-尺寸对应下游应用需求拆分

尺寸	制程	下游应用
12 英寸先进制程	7nm	高端智能手机处理器（苹果 A12、高通骁龙 855 等） 高性能计算（个人电脑、服务器 CPU、矿机）

	10nm	高性能手机主处理器（苹果 A11、高通骁龙 845、华为 970 等） 高性能计算（个人电脑、服务器、矿机）
	20nm-22nm	高端显卡（NVIDIA Volta、AMD Vega20 等） 智能手机处理器（高通骁龙 660、骁龙 821、联发科 P22 等） 个人电脑 CPU（Intel Coffee Lake）；服务器处理器；矿机芯片；FPGA 芯片等。
	28-32nm	WiFi 蓝牙芯片（博通、高通 802.11ax 芯片）；音效处理芯片； 存储芯片；FPGA 芯片（Xilinx 7 系）；ASIC 芯片；数字电视、 机顶盒；低电压、低功耗物联网芯片等。
12 英寸成熟制程	45nm-65nm	DSP 处理器（德州仪器）；影像传感器（索尼移动端堆栈式 CIS）；射频芯片；WiFi、蓝牙、GPS、NFC、ZigBee 等芯片； 传感器中枢（sensor hub）；非易失性存储。
	90nm-0.13um	物联网 MCU 芯片；汽车 MCU 芯片；射频芯片；基站通讯设备 DSP、FPGA 等。
8 英寸	0.13um-0.15um	指纹识别芯片（如汇顶科技）；影像传感器；MCU； 电源管理芯片；液晶驱动 IC；传感器芯片。
	0.18um-0.25um	影像传感器（如索尼相机 CIS）； eNVM 嵌入式非易失性存储芯片（银行卡、SIM 卡、身份证等）
	0.35um-0.5um	MOSFET 功率器件、汽车用 IGBT 等
6 英寸	0.5um-1.2um	MOSFET 功率器件、IGBT、模拟 RF、MEMS、二极管等

4、化合物半导体：5G、3D 感测、电动汽车的关键性材料

半导体材料可以分为单质半导体及化合物半导体两类，前者如硅（Si）、锗（Ge）等所形成的半导体，后者为砷化镓（GaAs）、碳化硅（SiC）等化合物形成。半导体在过去主要经历了三代变化，砷化镓（GaAs）、氮化镓（GaN）和碳化硅（SiC）半导体分别作为第二代和第三代半导体的代表，相比第一代半导体高频性能、高温性能优异很多，制造成本更为高昂。

三大化合物半导体材料中，GaAs 占大头，主要用于通讯领域，全球市场容量接近百亿美元，主要受益通信射频芯片，尤其是 PA 升级驱动；GaN 大功率、高性能更出色，主要用于军事领域，目前市场容量不到 10 亿美元，随着成本下降有望迎来广泛应用；SiC 主要作为高功率半导体材料应用于汽车以及工业电力电子，在大功率转换应用中具有巨大的优势。

表 14 化合物半导体材料性能对比

材料	Si	GaAs	GaN
高频性能	差	好	好
高温性能	差	好	好
发展阶段	成熟	发展中	初期
制造成本	低	高	很高
应用领域	超大规模集成电路与器件	微波集成电路与器件	大功率器件

化合物半导体晶圆供给厂商格局：日美德主导，寡占格局。

衬底市场：高技术门槛导致化合物半导体衬底市场寡占，日本、美国、德国厂商主导。GaAs 衬底目前已在日本住友电工、德国 Freiberg、美国 AXT、日本住友化学四家占据，四家份额超过 90%。猪油化学于 2011 年收购日立电缆（日立金属）的化合物半导体业务，并于 2016 年划至子公司 Sciocs。GaN 衬底目前主要由日本企业住友电工、三菱化学、住友化学垄断，占比合计超过 85%。SiC 衬底龙头为美国 Cree，市场占比超过三分之一，其次为德国 SiCystal、美国 II-VI、美国 Dow Corning，四家合计份额超 90%。近几年中国也出现了具备一定量产能力的 SiC 衬底制造商，如天科合达蓝光。

表 15 化合物半导体供应商竞争力

GaAs 衬底		市场 份额	GaN 衬底		市场 份额	SiC 衬底		市场 份额
1	日本住友电工 Sumitomo Electric	四场商 合计份 额超过 90%	日本住友电工 Sumitomo Electric	三家 日商 合计 超 85%	美国 Cree (Wolfspeed)	Hejifene chaoguo 90%		
2	德国 Freiberg		日本三菱化学 Mitsubishi Chemical		德国 SiCystal (ROHM 旗下)			
3	美国 AXT		日本住友化学 Sciocs		美国 II-VI Advanced Materials			
4	日本住友化学 Sciocs		美国 Dow Corning					

外延生长市场中，英国 IQE 市场占比超 60% 为绝对龙头。英国 IQE 及中国台湾全新光电两家公司份额合计达 80%。外延生长主要包括 MOCVD（化学气象沉淀）技术以及 MBE（分子外延）技术两种。例如，IQE、全新光电均采用 MOCVD，英特磊采用 MBE 技术。HVPE（氢化物气相外延）技术主要用于 GaN 衬底的生产。

表 16 化合物半导体外延厂商竞争力

	外延厂商	市场份额	长晶技术
1	IQE	60%	MOCVD
2	全新光电 VPEC	20%	MOCVD
3	住友化学 Sciocs	8%	MOCVD 和 HVPE
4	Skyworks	3.5%	MOCVD
5	II-VI Epiworks	3%	MOCVD

6	Soitec	3%	MOCVD 和 HVPE
7	英特磊 InterLiEPi	2%	MBE
8	Avago	0.5%	MOCVD

化合物半导体晶圆需求厂商格局：IDM 与代工大厂并存

化合物半导体产业链呈现寡头竞争格局。IDM 类厂商包括 Skyworks、broadcom(Avago)、Qorvo、Anadigics 等。2016 年全球化合物半导体 IDM 呈现三寡头格局，2016 年 IDM 厂商 Skyworks、Qorvo、Broadcom 在砷化镓领域分别占据 30.7%、28%、7.4% 市场份额。产业链呈现多模式整合态势，设计公司去晶圆化及 IDM 产能外包称为必然趋势。

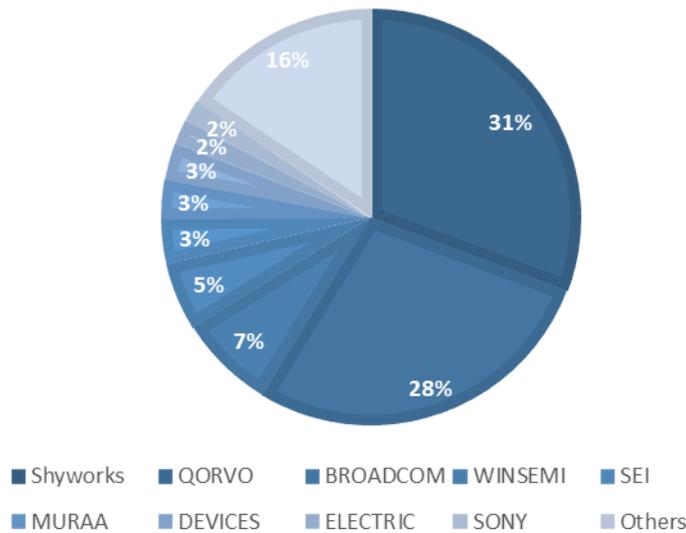


图 37 全球砷化镓（含 IDM）产值分布

化合物半导体晶圆代工领域稳懋（mao）为第一大厂商，占比 66%，为绝对龙头。第二、第三为宏杰科技 AWSC、环宇科技 GCS，占比分别为 12%、9%。国内设计推动代工。目前国内 PA 设计已经涌现了锐迪科 RDA、唯捷创芯 vanchip、汉天下、飞骧科技等公司。

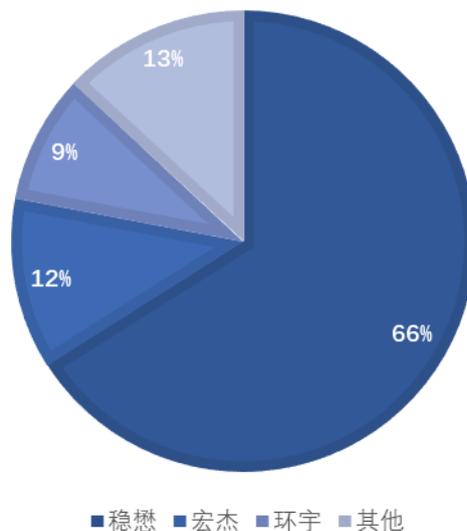


图 38 全球砷化镓代工市占比

国内化合物半导体设计厂商目前已经占领 2G/3G/4G/WiFi 等消费电子市场中的低端应用。三安光电目前以 LED 应用为主，有望在化合物半导体代工填补国内空白，其募投产线建设顺利，成为大陆第一家规模量产 GaAs/GaN 化合物晶圆代工企业。

4.1 化合物半导体晶圆下游应用拆分：性能独特，自成体系

化合物半导体下游具体应用主要可分为两大类：光学器件和电子设备。光学器件包括 LED 发光二极管、LD 激光二极管、PD 光接收器等。电子器件包括 PA 功率放大器、LNA 低噪声放大器、射频开关、数模转换、微波单片 IC、功率半导体器件、霍尔元器件。对于 GaAs 材料而言，SC GaAs（单晶砷化镓）主要应用于光学器件，SI GaAs（半绝缘砷化镓）主要应用于电子器件。

表 17 化合物半导体对应下游应用

元件名称	使用场景	GaN 单晶衬底	GaAs 单晶衬底	SiC 单晶衬底	GaN on SiC	GaAs on Si	GaN on Si	InGaAs on InP
光学器件	红光-绿光 LED		√	√				
	红外光 LED		√					

	蓝关 LED	LED 打印机 光通信; 光 电耦合器,	√			√		√	
	紫外光 LED	自动对焦相 机, 各种传 感器, 光通 信等光源, 遥控光源	√						
	激光二 极管 (LD) /VCSEL	CD、DVD 激光器, 激 光投影, 打 印机, 光盘 储存器, 汽 车照明, 光 通信等	√	√			√		
	光接收 原件 (PD、 APD)	光通信、传 感器、红外 相机							√
电 子 设 备	低噪声 放大器 LNA			√			√		
	功率放 大器 PA	智能手机; 基站通讯设 备; 微波中 继器, 卫星 通信, 广播 收发器	√	√		√	√		
	射频开 关 switch			√			√		

数模转换		√			√	√		
微波单片 IC	智能手机；高速计算机；图形处理和测量设备；工作站					√		
功率半导体器件	汽车电子			√				

光学器件中，LED 为占比最大一项，LD/PD、VCSEL 成长空间大。Cree 大约 70% 收入来自 LED，其余来自功率、射频、SiC 晶圆。SiC 衬底 80% 的市场来自二极管，在所有宽禁带半导体衬底中，SiC 材料是最为成熟的。不同化合物半导体材料制造的 LED 对应不同波长光线：GaAs LED 发红光、绿光，GaP 发绿光，SiC 发黄光，GaN 发蓝光，应用 GaN 蓝光 LED 激发黄色荧光材料可以制造白光 LED。此外 GaAs 可制造红外光 LED，常见的应用于遥控器红外发射，GaN 则可以制造紫外光 LED。GaAs、GaN 分别制造的红光、蓝光激光发射器可以应用于 CD、DVD、蓝光光盘的读取。

电子器件中，主要为射频和功率应用。GaN on SiC、GaN 自支撑衬底、GaAs 衬底、GaAs on Si 主要应用于射频半导体（射频前端 PA 等）；而 GaN on Si 以及 SiC 衬底主要应用于功率半导体（汽车电子等）

4.2 下游主要应用分析：从制程材料看芯片国产化程度

(1) 智能手机：IC 设计率先追赶，代工、材料尚待突破

智能手机核心芯片涉及先进制程及化合物半导体材料，国产率低。以目前国产化芯片已采用较多的华为手机为例，可大致看出国产芯片的“上限”。

表 18 智能手机内部芯片对应工艺-华为 P20

零部件	型号	厂商国别	厂商运营模式	工艺
CPU	海思麒麟 970	中国	Fabless+Foundry	12 英寸 Si 10nm

DRAM	美光 6GB LPDDR4 SDRAM	美国	IDM	12 英寸 Si 17nm
NAND 闪存	三星 64GB V-NAND	韩国	IDM	12 英寸 Si 14nm 64 层堆栈
前端 LTE 模块	Skyworks 78113-14,78114-61 以及 78117-4A	美国	IDM	GaAs 外延工艺
WiFi 及蓝牙模块	博通 BCM43596	美国	Fabless+Foundry	GaAs 外延工艺
射频收发模块	海思 H6363	中国	Fabless+Foundry	12 英寸 Si
电源管理 IC	海思 H6421、Hi6422、 Hi6423	中国	Fabless+Foundry	8 英寸 Si
充电控制模块	德州仪器 BQ2389512C	美国	IDM	12 英寸 Si
音频 IC	海思 H6403	中国	Fabless+Foundry	12 英寸 Si
NFC 控制器	恩智浦 55102 PN548	荷兰	IDM	8 英寸 Si
气压传感器	意法半导体 LPS22HB	意大利、法国	IDM	8 英寸 Si
加速传感器及陀螺仪	意法半导体 LSM6DS	意大利、法国	IDM	8 英寸 Si
指纹识别	汇顶科技 GF128A	中国	Fabless+Foundry	12 英寸 Si

表 19 华为 mate 30 Pro 供应商

华为 mate30 pro

屏幕	三星、BOE
前后屏幕盖板	欧菲光、伯恩光学
前置摄像头模组	舜宇光学、欧菲光、丘钛
前置摄像头镜头	大立光
后置模组	立景创新（立讯）、舜宇光学、欧菲光
后置摄像头镜头	大立光、舜宇光学
光学芯片	韦尔股份
滤片	水晶光电、五方光电
滤波器	硕贝德、信维通信
射频开关	泉胜微
天线	硕贝德、信维通信、电联技术、鹏鼎
电线	立讯精密
无线充电	信维通信
结构件	长盈精密
屏下指纹	汇顶科技、思立微（兆易）
PCB	沪电、深蓝
组装	富士康、比亚迪
电池	德赛、兴旺达
耳机	歌尔

CPU 目前华为海思可以独立设计，此外还包括小米松果等 fabless 设计公司，但由于采用 12 英寸最先进制程，制造主要依赖中国台湾企业； DRAM、 NAND 闪存国内尚无相关公司量产；前端 LTE 模块、 WiFi 蓝牙模块采用了 GaAs 材料， 产能集中于 Skyworks、 Qorvo 等美国 IDM 企业以及稳懋等中国台湾代工厂，中国大陆尚无砷化镓代工厂商；射频收发模块、 PMIC、音频 IC 可做到海思设计+foundry 代工，而充电控制 IC、 NFC 控制 IC 以及气压、陀螺仪等传感器主要由欧美 IDM 厂商提供。总体来看智能手机核心芯片国产率仍低，部分芯片如 DRAM、 NAND、射频模块等国产化几乎为零。

以主流旗舰手机 iPhone X 为例可以大致看出中国大陆芯片厂商在全球供应链中的地位。CPU 采用苹果自主设计+台积电先进制程代工， DRAM、 NAND 来自韩国/日本/美国 IDM 厂商；基带来自高通设计+台积电先进制程代工；射频模块采用砷化镓材料，来自 Skyworks、 Qorvo 等 IDM 厂商或博通+稳懋代工；模拟芯片、音频 IC、 NFC 芯片、触控 IC、影像传感器等均来自中

中国大陆以外企业，中国大陆芯片在苹果供应链中占比为零。而除芯片、屏幕以外的零部件大多有中国大陆供应商打入，甚至部分由大陆厂商独占。由此可见中国大陆芯片企业在全中国范围内竞争力仍低。

表 20 智能手机内部芯片对应工艺-iPhone X

iPhone X (256GB)	USD	物料成本占比	供应商	半导体工艺
Chip	141.75	34%		
A11 处理器	26	6%	台积电	12 英寸 Si10nm
DRAM	24	6%	三星	12 英寸 Si18nm
NAND	45	11%	东芝、海力士、美光	12 英寸 Si 64 层堆栈
基带/射频	18	4%	高通 (村田)	12 英寸 Si 14nmFinFET
NFC 芯片	2.25		AMS	8 英寸 si
PA+开关	8	2%	Skyworks、博通、Qorvo	GaAs 外延工艺
模拟器件(包括电源管理)	9.5	2%	Dialog、TI、高通、Maxim	12 英寸/8 英寸 Si
无线通信 WLAN/BT/FM/GPS	6.5	2%	博通 (村田、环旭电子)	GaAs 外延工艺
音频解码器	2.5		Cirrus Logic	12 英寸/8 英寸 Si
Display	80	20	三星	
Touch Screen	15	4%	芯片: 博通; film; Nissha; 模组: GIS、TPK; 功能件: 安洁科技	8 英寸 Si

			DOE: 台积电、精材 VCSEL: 稳懋、IQE、LITE	
3D Sensing	25	6%	传感器: ST; 镜头: 大力光、玉晶光等 模组: LG、夏普、鸿海; 滤光片: Viavi	GaAs 外延工艺
Cameras	33	8%	CIS: 索尼; 镜头: 大力光(后)、玉晶光 模组: LG、欧菲光、夏普、高伟; VCM: Alps、Mitsumi	12 英寸/8 英寸 Si
声学	12	3%	瑞声科技、歌尔声学、立讯精密	
电池	9	2%%	Cell: AEL、SONY、SDI、LG Pack: 德赛电池、欣旺达、新普	
无线充电接收器	6	1%	立讯精密、灏通通讯、东山精密	
PCB	15	4%	AT&S、华通电脑、TTM、兴欣、住友电机	
Haptics	10	2%	瑞声科技主供	
外观件				
玻璃盖板	18	4%	蓝思科技、伯恩光学	
不锈钢中框	35	8%	鸿海、可成、捷普绿点、科森科技	
射频天线	5	1%%	安费诺、信维通信、立讯精密	
配件	8	2%	立讯精密、歌尔声学、Foster	
总价	412.75	100%		

在全新的 iPhone 11 中，采用了 A13 仿生处理器，采用 7nm 工艺，专为高性能和低功耗而量

身定制，采用了有史以来最多的晶体管，数量高达 85 亿（A12 为 69 亿）。作为比较，我们可以看到华为 Kirin 990 5G 使用的是台积电 7nm+ 工艺，同时集成的晶体管超过了 100 亿个。单从工艺和晶体管数量上看，后者远超苹果。

但苹果依然表示，他们这款 SoC 拥有智能手机上最快 CPU 和 GPU，同时还拥有一个 8 核的神经计算引擎，将整体性能提升了 20%，功耗降低 15%。

(2) 通信基站对国外芯片依赖程度极高，且以每股供芯片企业为主。

目前基站系统主要由基带处理单元（BBU）及射频拉远单元（RRU）两部分组成，通常一台 BBU 对应对台 RRU 设备。相比之下，RRU 芯片的国产化程度更低。



图 39 基站 BBU+RRU 系统示意图

这其中主要难点体现在 RRU 芯片器件设计大功率射频场景，通常采用砷化镓或氮化镓材料，而中国大陆缺乏相应产业链。

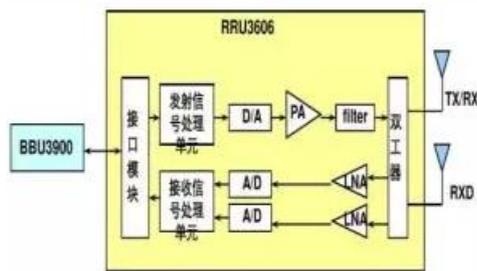


图 40 RRU 内部芯片

美国厂商垄断大功率射频器件。具体来看，目前 RRU 设备中的 PA、LNA、DSA、VGA 等芯片主要采用砷化镓或氮化镓工艺，来自 Qorvo、Skyworks 等公司，其中氮化镓器件通常为碳化硅衬底，即 GaN on SiC。RF 收发器、数模转换器采用硅基及砷化镓工艺，主要厂商包括 TI、ADI、IDT 等公司。以上厂商均为美国公司，因而通信基站芯片对美国厂商依赖性极高。

表 21 基站通信主要芯片

	芯片类型	主要厂商	国产厂商	芯片工艺
BBU	DSP、FPGA	TI、安普隆、赛灵思	/	12 英寸 Si
	ASIC		海思	12 英寸 Si
	电源管理 IC	TI 等	8	12 英寸 Si
RRU	数模转换器	ADI	/	Si、GaAs 工艺
	时钟芯片	TI、IDT	/	12 英寸 Si
	RF 芯片	TI、ADI、IDT	/	Si、GaAs 工艺
	PA、LNA、DSA 等	Qorvo 等	/	GaAs 工艺

(3) 汽车电子：产业技术日趋成熟，部分实现国产化

汽车电子对于半导体器件需求以 MCU、NOR Flash、IGBT 等为主。传统汽车内部主要以 MCU 需求较高，包括动力控制、安全控制、发动机控制、底盘控制、车载电器等多方面。新能源汽车还包括电子控制单元 ECU、功率控制单元 PCU、电动汽车整车控制单元 VCU、混合动力汽车整车控制器 HCU、电池管理系统 BMS 以及逆变器核心部件 IGBT 元件。

此外在以上相关系统以及紧急刹车系统、胎压检测器、安全气囊系统等还需应用 NOR Flash 作为代码存储。MCU 通常采用 8 英寸或 12 英寸 45nm~0.15 μm 成熟制程，NOR Flash 通常采用 45nm~0.13 μm 成熟制程，国内已基本实现量产。

表 22 汽车内部芯片

	芯片应用	芯片工艺
传统汽车	动力控制系统	8 英寸 Si MCU
	硬盘控制系统	8 英寸 Si MCU

	车载电器	12 英寸/8 英寸 Si
	发动机管理系统	8 英寸 Si MCU
	安全系统	8 英寸 Si MCU
智能驾驶	ADAS 系统	GaAs 工艺、8 英寸 Si CIS
新能源汽车	电源管理系统 (BMS)	8 英寸 Si
	IGBT (逆变器核心原件)	8 英寸 Si

智能驾驶所采用半导体器件包括高性能计算芯片及 ADAS 系统。高性能计算芯片目前采用 12 英寸先进制程，而 ADAS 系统中的毫米波雷达则涉及砷化镓材料，目前国内尚无法量产。

(4) AI 与矿机芯片

AI 芯片与矿机芯片属于高性能计算，对于先进制程要求较高。在 AI 及区块链场景下，传统 CPU 算力不足，新架构芯片成为发展趋势。当前主要有延续传统架构的 GPU、FPGA、ASIC (TPU、NPU 等) 芯片路径，以及彻底颠覆传统计算架构，采用模拟人脑神经元结构来提升计算能力的芯片路径。云端领域 GPU 生态领先，而终端场景专用化是未来趋势。

表 23 AI 核心芯片梳理

名称		主要提供商	芯片工艺
CPU		Intel ARM	12 英寸 10nm
GPU		NVIDIA AMD	12 英寸 14nm
FPGA		Xilinx Altera, 深鉴科技	12 英寸 16nm
ASIC	TPU	Google	12 英寸 28nm
	NPU	寒武纪	12 英寸 16nm
	VPU	Intel	12 英寸 16nm
	BPU	地平线	

	BM 1680	比特大陆	12 英寸 16nm
--	---------	------	------------

根据 NVIDIA 与 AMD 公布的技术路线图，2018 年 GPU 将进入 12nm/7nm 制程。而目前 AI、矿机相关的 FPGA 及 ASIC 芯片也均采用了 10~28nm 的先进制程。国内厂商涌现了寒武纪、深鉴科技、地平线、比特大陆等优秀的 IC 设计厂商率先实现突破，而制造则主要依靠台积电等先进制程代工厂商。

表 24 主流矿机芯片对比

	可挖币种	功耗大小	主流厂商	芯片工艺
ASIC	BTC、BCH、DASH 等采用 SHA256 scrypt 算法币种	高、几百到上千 W 功耗	比特大陆（市占率 70%+）	12 英寸 28/16/12/10nm
GPU	ETH、ZCash、XMR 等采用 Equihash 等算法币种	很高、上千 W 功耗	NVIDIA、AMD	12 英寸 14/12/7nm

总结：

现阶段国产化程度低，半导体产业实际依靠全球合作。尽管我国半导体产业目前正处于快速发展阶段，但总体来看存在总体产能较低，全球市场竞争力弱，核心芯片领域国产化程度低，对国外依赖程度较高等现状。我国半导体产业链在材料、设备、制造、设计等多个高端领域对国外高度依赖，实现半导体产业自主替代需经历较漫长道路。

表 25 当前中国核心集成电路国产芯片占有率

系统	设备	核心集成电路	国产芯片占有率
计算机系统	服务器	MPU	0%
	个人电脑	MPU	0%
	工业应用	MCU	2%

通用电子系统	可编程逻辑设备	FPGA/EPLD	0%
	数字信号处理设备	DSP	0%
通信装备	移动通信终端	Application Processor	18%
		Communication Processor	22%
		Embedded MPU	0%
		Embedded DSP	0%
	核心网络设备	NPU	15%
内存设备	半导体存储器	DRAM	0%
		NAND Flash	0%
		NOR Flash	5%
		Image Processor	5%
显示及视频系统	高清电视/智能电视	Display Processor	5%
		Display Driver	0%

免责声明

本报告由中国银河证券股份有限公司博士后科研工作站向社会公开发布，是“博士后科研工作

站专题研究报告”，不是证券分析师的分析报告。

本报告反映研究人员个人的不同设想、见解、论证及判断。本报告所载观点并不代表中国银河证券股份有限公司博士后科研工作站、不代表中国银河证券股份有限公司、也不代表我们的合作院校或任何其附属合作机构的立场，如果本报告出现政治或学术、技术性错误或失实情况由作者本人承担责任，与中国银河证券股份有限公司及其合作院校或任何其附属合作机构无关。

报告中的观点和陈述仅反映研究员个人撰写及出具本报告期间当时的分析和判断，本公司可能发表其他与本报告所载资料不一致及有不同结论的报告。本报告可能因时间或其他因素的变化而变化，从而导致与事实不完全一致的结论，敬请关注本公司就同一主题所出具的相关后续研究报告及评论文章。本公司、本报告研究人员及其附属机构不对任何因使用本报告或本报告所载内容引起的任何损失承担任何责任。

本报告中的观点和陈述不构成投资、法律、会计或税务的建议，本公司不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保。

本报告是“中国银河证券博士后科研工作站专题研究报告”，不是证券分析师的分析报告。本报告所载的全部内容只提供给读者做参考之用，并不构成对读者的投资建议，并非作为买卖、认购证券或其它金融工具的邀请或保证。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的银河证券网站以外的地址或超级链接，银河证券不对其内容负责。本报告提供这些地址或超级链接的目的纯粹是为了读者使用方便，链接网站的内容不构成本报告的任何部分，读者需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为银河证券的商标、服务标识及标记。



中国银河证券股份有限公司博士后科研 工作站

简介

中国银河证券股份有限公司博士后科研工作站（以下简称“工作站”），是经国家人力资源和社会保障部及全国博士后管委会批准设立的科研机构。

工作站以中国经济运行与发展中的重大理论问题、资本市场改革发展中的重大理论与实践问题和证券公司发展创新过程中的现实性、前瞻性、战略性问题为研究对象，以吸引、培养和储备高层次研究人才为己任，以提高中国银河证券综合竞争力、促进公司可持续发展、推进中国资本市场的

理论建设为目标，力求通过宽视角、深层次、高质量的研究，为把中国银河证券打造成国内一流券商服务，为资本市场的改革发展服务，为发展繁荣中国的经济和金融科学服务。

为吸引高素质的博士毕业生进站从事研究工作，工作站为博士后研究人员提供在业内具有竞争力的、较高水平的工资和福利待遇，以及较为优越的科研条件和工作环境。

。