

自然选择

---

Natural Selection | IDR

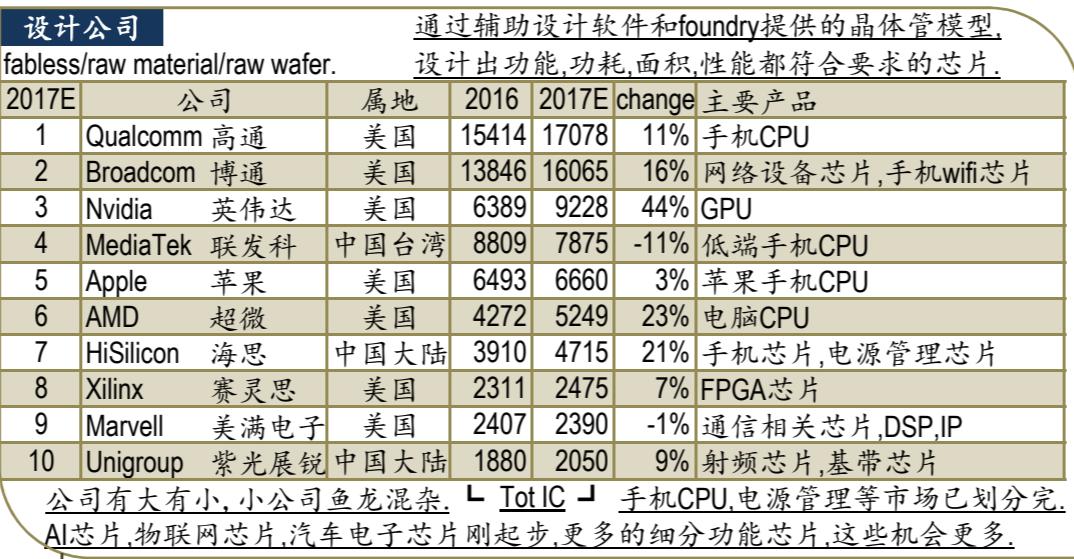
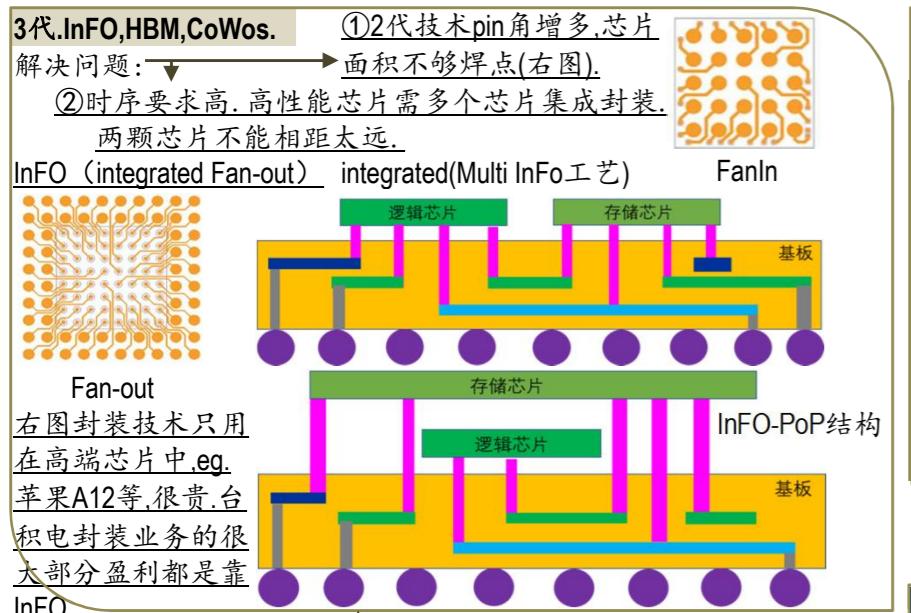
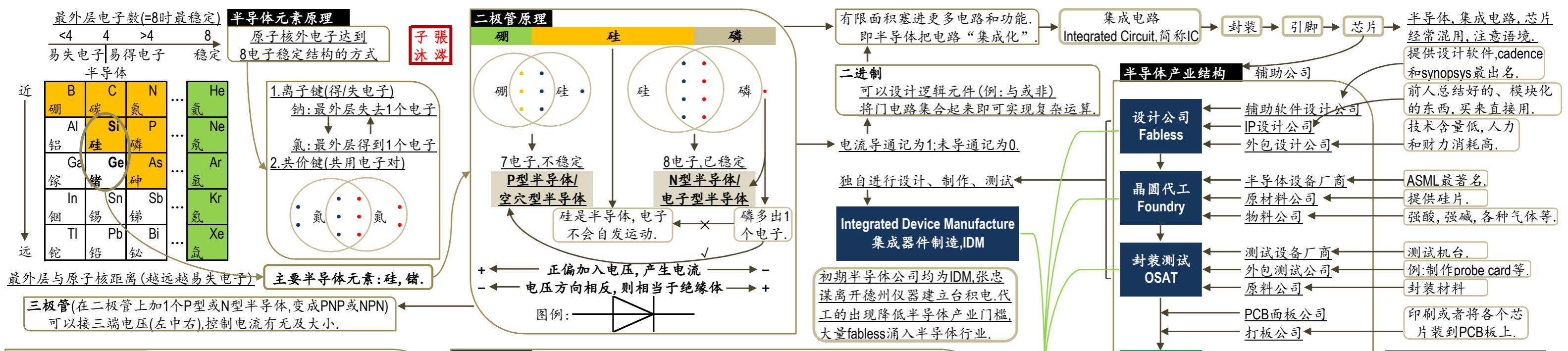
Inte  
Dustry

产业经济研究

---

Industry Economy

---



**半导体公司营收**

1H18	2017	公司	属地	ΣIC	Σsemi	change	分类	主要产品
1	1	Samsung 三星	韩国	37925	39785	36%	IDM	存储器
2	2	Intel 英特尔	美国	32585	32585	13%	IDM	CPU
3	4	SK Hynix 海力士	韩国	17437	17754	56%	IDM	存储器
4	3	TSMC 台积电	中国台湾	16312	16312	12%	foundry	
5	5	Micron 美光	美国	15406	15406	45%	IDM	存储器
6	6	Broadcom 博通	美国	8275	9144	9%	fabless	
7	7	Qualcomm 高通	美国	7984	7984	3%	fabless	
8	3	Toshiba 东芝	日本	7092	7717	25%	IDM	存储器
9	2	TI 德仪	美国	6874	7346	12%	IDM	MCU,ADC,DAV.
10	10	Nvidia 英伟达	美国	6243	6243	53%	fabless	

更像fabless

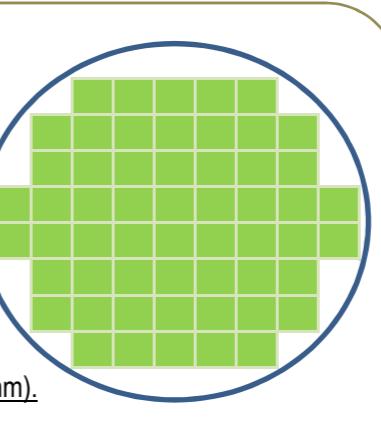
1H18 1H18/1H17,semi

**晶圆代工 foundry**

主要代工逻辑芯片,CPU等,小众的有IGBT,MEMS.

2017	2016	公司	属地	2017	2016	change	分类
1	1	TSMC 台积电	中国台湾	32163	29488	9%	Pure-Play
2	2	GlobalFoundries 格罗方德	美国	6060	5495	10%	Pure-Play
3	3	UMC 联华电子	中国台湾	4898	4582	7%	Pure-Play
4	4	Samsung 三星	韩国	4600	4410	4%	IDM
5	5	SMIC 中芯国际	中国大陆	3101	2914	6%	Pure-Play
6	6	Powerchip 力晶科技	中国台湾	1498	1275	17%	Pure-Play
7	8	Huahong Group 华虹集团	中国大陆	1395	1184	18%	Pure-Play
8	7	TowerJazz 高塔半导体	以色列	1388	1250	11%	Pure-Play

分为6寸(150mm,制作500nm),8寸(200mm,制作350nm-180nm),12寸(300mm,制作90nm-10nm).  
6寸打酱油,主要是8寸和12寸.foundry给测试厂的产品是晶圆(wafer),见右图.

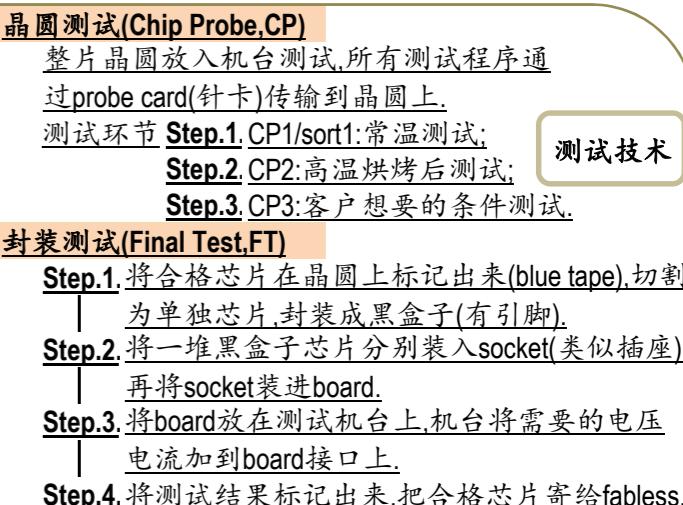


**封装测试**

包括封装和测试,费用由fabless支付.

2017E	公司	属地	2016	2017E	change	市占率
1	ASE 日月光	中国台湾	4896	5207	6.4%	19.2%
2	Amkor 安靠	美国	3894	4063	4.3%	15.0%
3	长电科技	中国江苏	2874	3233	12.5%	11.9%
4	SPIL 矽品	中国台湾	2626	2684	2.2%	9.9%
5	PTI 力成	中国台湾	1499	1893	26.3%	7.0%
6	天水华天	中国甘肃	823	1056	28.3%	3.9%
7	通富微电	中国江苏	689	910	32.0%	3.3%
8	KYEC 京元电子	中国台湾	623	675	8.3%	2.5%
9	UTEC 联合科技	新加坡	689	674	-2.2%	2.5%
10	南茂科技	中国台湾	568	596	4.9%	2.2%

foundry完成代工后,将整片晶圆交给封测厂,按测试时间收费.



**系统级测试**

fabless将芯片安装在系统板上,抽样测试,检查芯片是否符合所需参数.

**测试黑幕**

1. 测试结果在区域外的芯片也会出售,测试厂听fabless的. 例: 测试参数范围[1,10],1-10卖给A手机厂,10-15卖给B手机厂,15-20卖给C手机厂. 价格依次降低,芯片只要能用,都是骁龙845. 该手法主要用在功耗参数上.
2. 减少测试项(省钱).
3. 不完整芯片的测试(晶圆边缘).
4. 骗国家大基金(主要在测试厂).

# CMOS(Complementary Metal Oxide Semiconductor,互补金属氧化物半导体)(NMOS和PMOS做结合→CMOS)

现代IC设计中,CMOS是最基本的单元  
例:1cm<sup>2</sup>芯片上集成了10亿个晶体管.  
一个最基本的CMOS就是一个晶体管.  
以水龙头为例解释基本原理  
**栅端**  
源端 水流方向 漏端  
源端:水流的源头.  
漏端:水流出去的地方.  
栅端:上面控制水流的开关.  
螺纹:控制水流的大小.



## CMOS制作流程



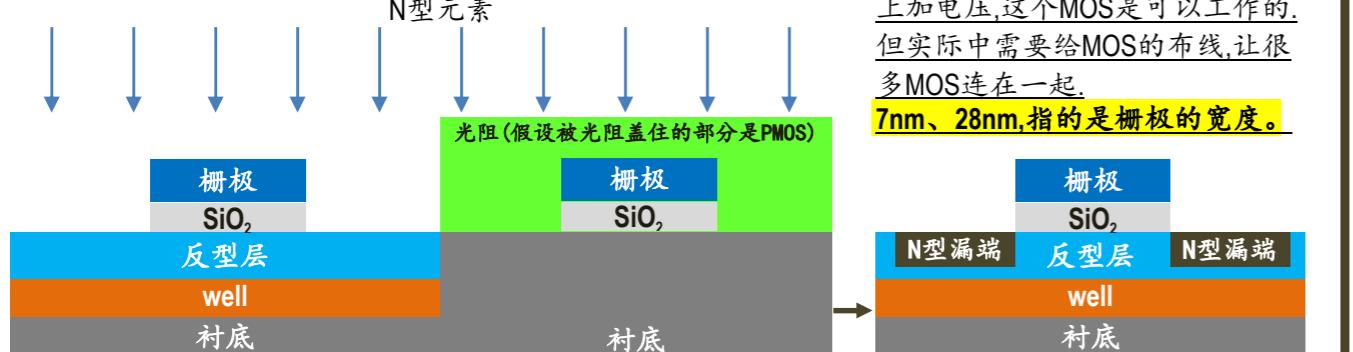
半导体系列报告②  
Foundry:CMOS原理和制作

子 張  
沐 淑

6 Poly和SiO<sub>2</sub>的刻蚀  
定向刻蚀:把多余的Poly和SiO<sub>2</sub>刻蚀掉.



7 源端和漏端的形成  
源端和漏端都是离子植入相同类型的元素.(NMOS做例子)

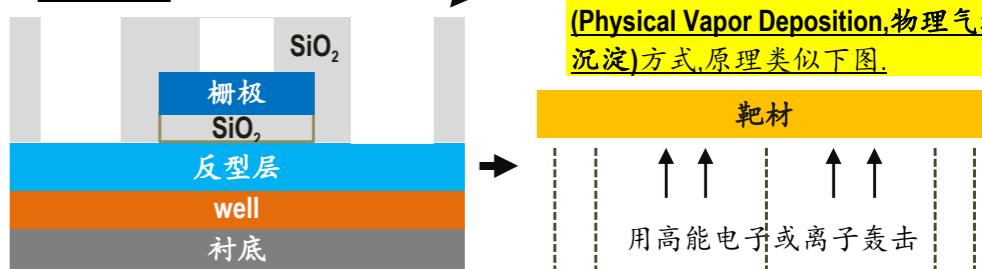


## 给MOS布线

### Step.1 制作VIA(通孔)

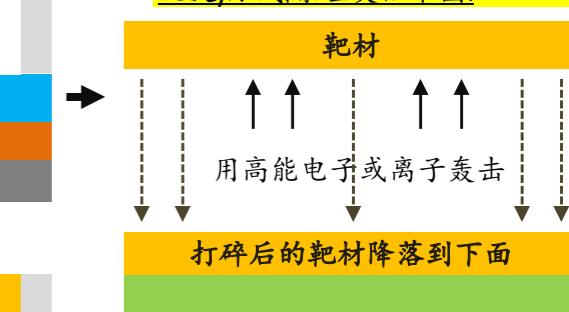


### ④ 除去光阻.



### ⑤ 往洞里填导体(钨合金),用PVD

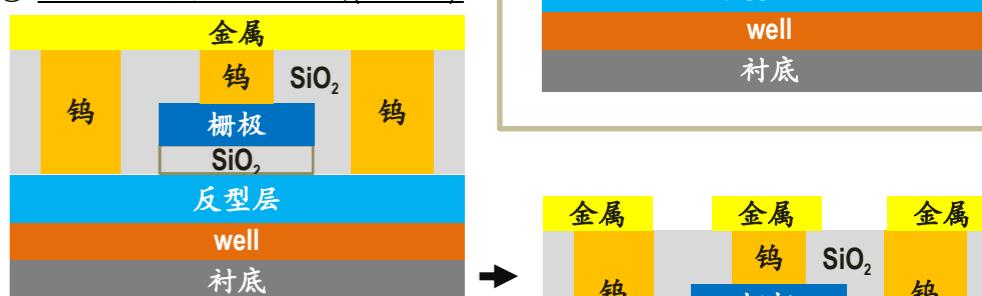
(Physical Vapor Deposition,物理气相沉淀)方式,原理类似下图.



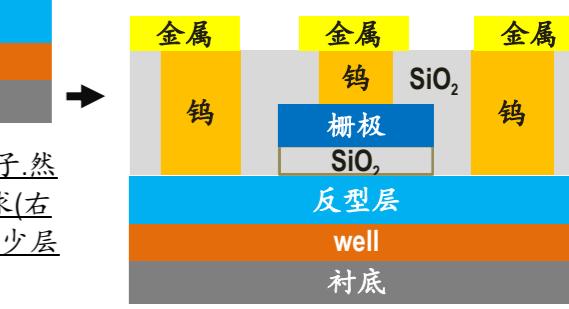
用高能量电子或离子轰击靶材,被打碎的靶材以原子形式落到下面,形成镀膜.(新闻提到的靶材就是指这里)

### Step.2 金属层制作

#### ① 用PVD方式再镀一层金属(铜合金).



#### ② 经过曝光,刻蚀,得到想要的样子.然后不断叠加,直到满足我们需求(右图).工艺最多有多少层metal,多少层via,就是指它可以叠加多少层.



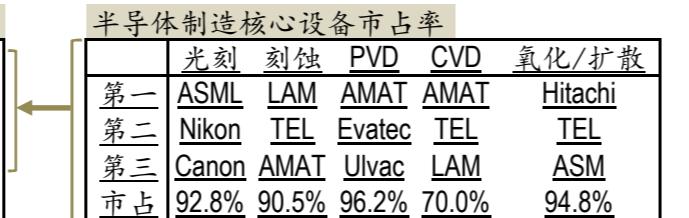
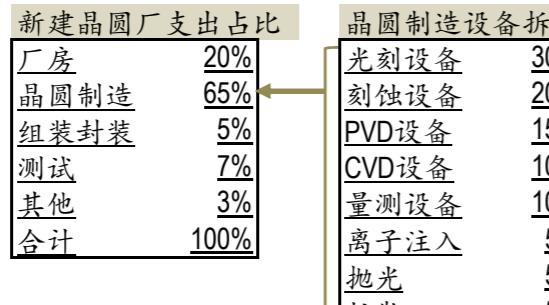
#### ③ 最终得到左图结构.最上面的pad是这颗芯片的引脚,封装后就成了我们能看到的管脚.



pad  
金属  
金属  
SiO<sub>2</sub>  
金属  
金属  
SiO<sub>2</sub>  
金属  
金属  
SiO<sub>2</sub>  
金属  
金属  
SiO<sub>2</sub>  
反型层  
well  
衬底

半导体设备市场(单位:亿美元)				
	2018E	2017	18/17	17/16
全球	600.0	566.0	6%	37%
中国		82.3		27%

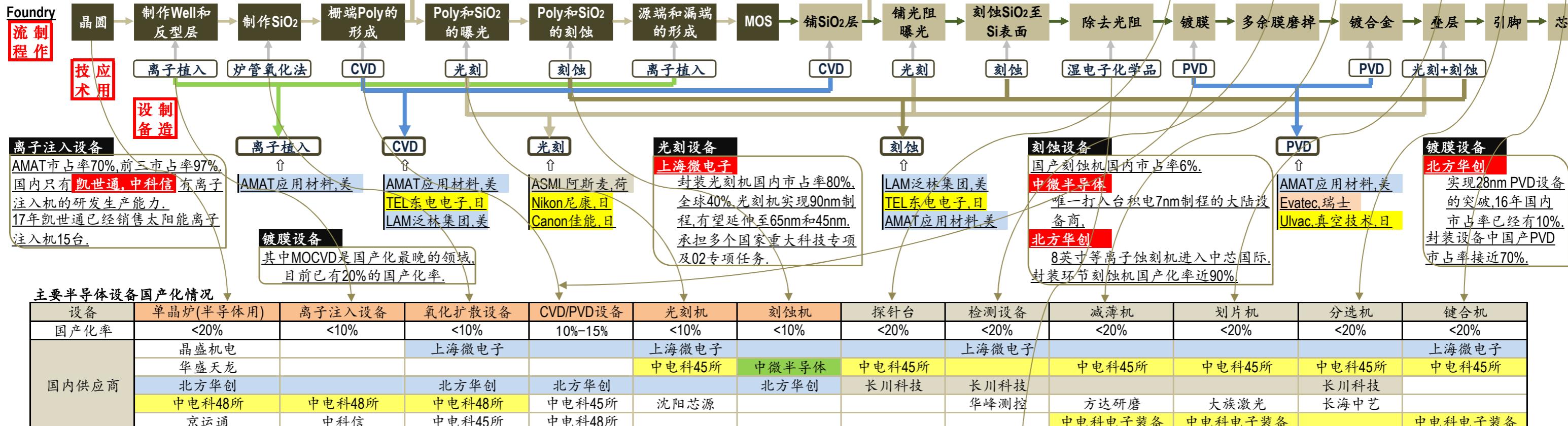
中国为第三大市场



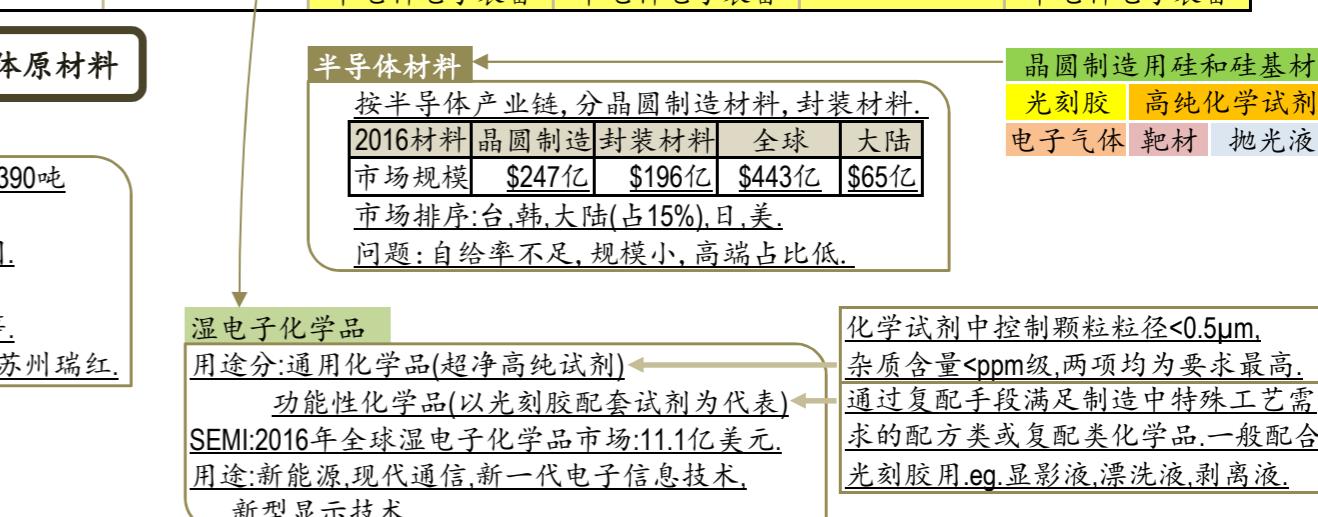
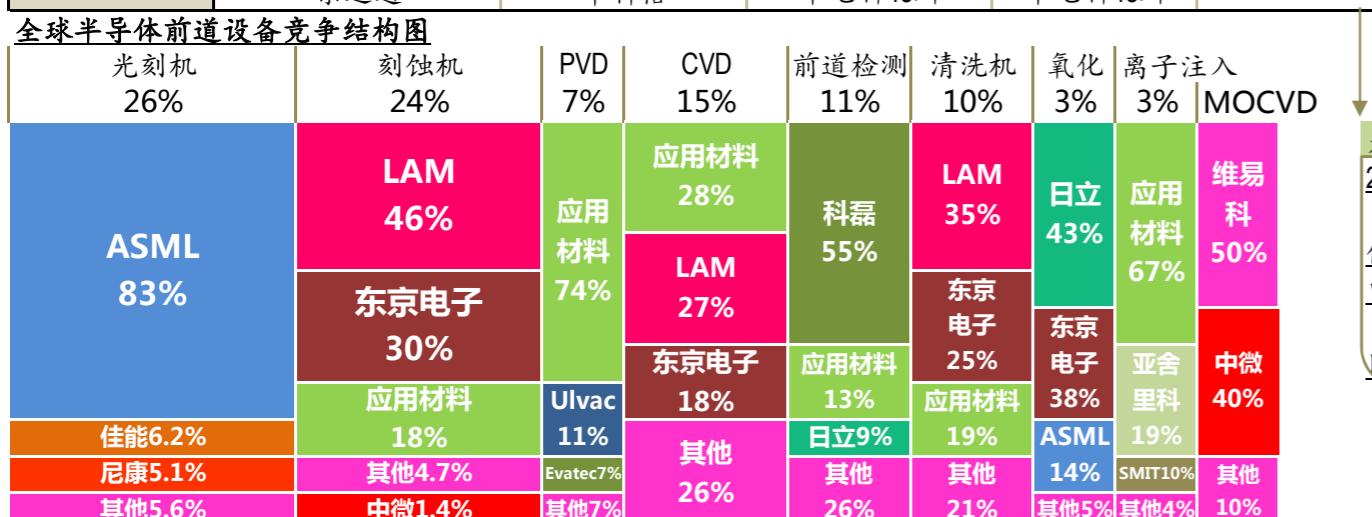
**清洗设备**  
盛美半导体SAPS产品已进入一流半导体制造商产线。北方华创整合Akrium后提供单片清晰和槽式清洗设备,进入中芯国际、至纯科技取得湿法清晰设备批量订单,未来五年超过200台订单。

量测设备	长川科技:中低端市场(数模混合测试机和功率测试机)		
深针台	前端检测	后道测试	分选机
东京精密, 日	科磊, 美	AMAT应用材料, 美	科林, 美
东京电子, 日	日立, 日	泰瑞达, 美	爱德万, 日
EMES, 韩	市占率72%	爱德万, 日	爱普生, 日
三家垄断	市占率64%	市占率70%	市占率70%

半导体制造设备



主要半导体设备国产化情况												
设备	单晶炉(半导体用)	离子注入设备	氧化扩散设备	CVD/PVD设备	光刻机	刻蚀机	探针台	检测设备	减薄机	划片机	分选机	键合机
国产化率	<20%	<10%	<10%	10%-15%	<10%	<10%	<20%	<20%	<20%	<20%	<20%	<20%
国内供应商	晶盛机电		上海微电子		上海微电子			上海微电子				上海微电子
	华盛天龙				中电科45所	中微半导体	中电科45所		中电科45所	中电科45所	中电科45所	中电科45所
	北方华创		北方华创	北方华创		北方华创	长川科技	长川科技			长川科技	
	中电科48所	中电科48所	中电科48所	中电科45所	沈阳芯源			华峰测控	方达研磨	大族激光	长海中艺	
	京运通	中科信	中电科45所	中电科48所					中电科电子装备	中电科电子装备		中电科电子装备



必不可少，成本占比最高的半导体材料。由普通硅原料制成。

硅片(硅单晶圆片)	
硅晶圆片	前五市占
300mm	95%
200mm	86%
150mm及以下	56%

L 主要是德国及日本厂商

硅片	国产化率
6英寸硅片	50%
8英寸硅片	10%
12英寸硅片	完全进口

2016	市场规模	占材料比重
国际	\$85亿	33%
国内	¥119亿	36%
<b>2017集成电路硅片 市占率</b>		
日本信越化学	28%	
日本SUMCO	25%	
台湾环球晶圆	17%	
德国Siltronic	15%	
韩国LSC	0%	

高纯溅射靶材  
被轰击的固体为溅射靶材。  
纯度为99.9%-99.9999%的金  
属/非金属靶材,用于PVD制  
备晶圆/面板/太阳能电池等  
表面电子薄膜的关键材料.  
IC封装用:铜,铝,钛,  
晶圆导电层,阻挡层,金属栅极:  
铝,钛,铜,钽等.

④ 半导体设备问题  
半导体设备门槛高，投入期长，属技术和资本密集型行业。  
开发 研发投入有限，技术差距追赶缓慢。  
方案  
① 国家重大专项推进技术难点攻克，企业和政府共同  
担高端设备的技术攻克，减轻企业端研发压力。  
② 继续鼓励国内新建晶圆厂推动设备国产化替代，给  
内半导体设备厂商试错与提升的机会。  
③ 针对不同半导体设备制定国产化替代节点时间，对  
发进行补贴，利用各种融资途径扩大规模。

**②人才** 高端人才引进不足,核心人才流失,后备人才不足.  
2018年全国本硕博毕业生>800万人,集成电路专业领域  
高校毕业生中只有3万人进入本行业.

**解决方案**

- ① 股权激励,政府补助等方式引进高端人才.
- ② 政府牵头,产学研结合,增加人才福利.

**③科学布局,政府引导合理规划.**  
IC产业投资主体、管理主体分散,于产业发展不利.

## 半导体系列报告④

## Intel芯片制造流程图

沙子

硅是地壳内第二丰富的元素，脱氧后的沙子(尤其是石英)最多包含25%的硅元素，以SiO<sub>2</sub>的形式存在，这也是半导体制造产业的基础。

硅熔炼

12英寸/300mm晶圆级，下同。通过多步净化得到可用于半导体制造质量的硅，学名电子级硅(EGS)，杂质≤1杂质原子/100万硅原子。最后得到的就是硅锭(Ingot)。

单晶硅锭

圆柱形，重约100kg，纯度99.9999%。

1<sup>st</sup>阶段



硅锭切割

横向切割成圆形的单个硅片，也就是晶圆(Wafer)。

晶圆

晶圆经抛光后变得几乎完美无瑕。Intel并不生产这种晶圆，而是从第三方半导体企业那里直接购买成品，然后进一步加工，比如现在主流的45nm HKMG(高K金属栅极)。

光刻胶

图中蓝色部分就是在晶圆旋转过程中浇上去的光刻胶液体，类似制作传统胶片的那种。晶圆旋转可以让光刻胶铺的非常薄、非常平。

光刻

光刻胶层透过掩模(Mask)被曝光在紫外线(UV)之下，变得可溶(类似按相机快门时胶片的变化)。掩模上印着预先设计好的电路图案，紫外线透过它照在光刻胶层上，就会形成微处理器的每一层电路图案。一般来说，在晶圆上得到的电路图案是掩模上图案的四分之一。

光刻

由此进入50-200nm尺寸的晶体管级别。一块晶圆可以切割出数百个处理器。晶体管相当于开关，控制着电流的方向。现在，一个针头上就能放下大约3000万个晶体管。

溶解光刻胶

光刻过程中曝光在紫外线下光刻胶被溶解掉，清除后留下的图案和掩模上的一致。

蚀刻

使用化学物质溶解掉暴露出来的晶圆部分，而剩下的光刻胶保护着不应该蚀刻的部分。

清除光刻胶

蚀刻完成后，光刻胶的使命宣告完成，全部清除后就可以看到设计好的电路图案。

光刻胶

再次浇上光刻胶(蓝色部分)，光刻，并洗掉曝光的部分，剩下的光刻胶用来保护不会离子注入的那部分材料。

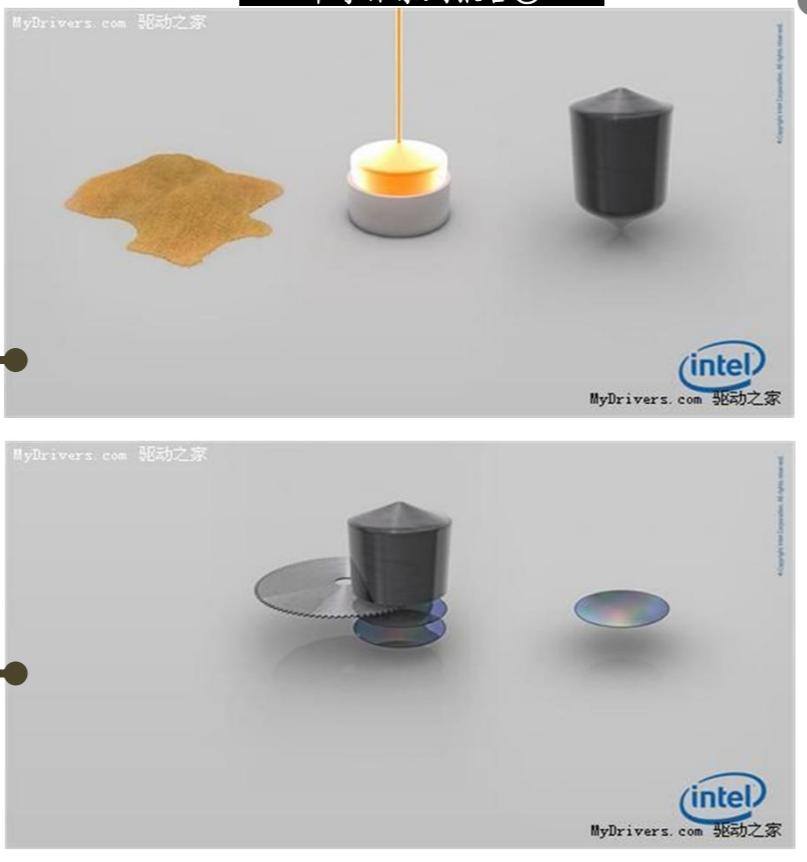
离子注入

在真空中，用经过加速、含要掺杂原子的离子照射固体材料，在被注入的区域形成特殊的注入层，改变这些区域的硅的导电性。经电场加速后，注入的离子流的速度可以超过30万km/h。

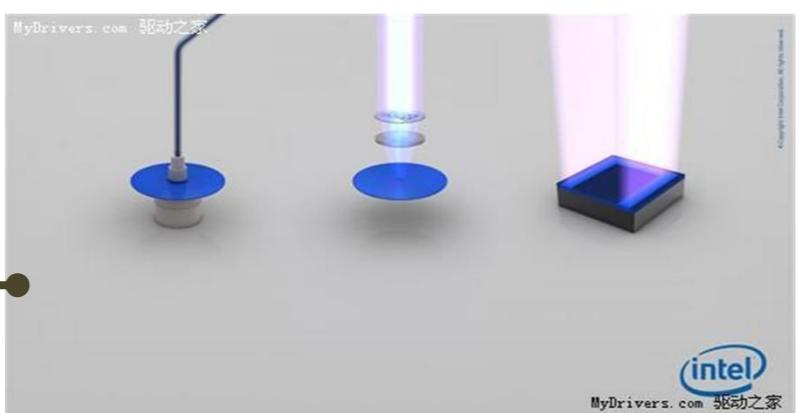
清除光刻胶

离子注入完成后，光刻胶也被清除，而注入区域(绿色部分)也已掺杂，注入了不同的原子。注意这时候的绿色和之前已经有所不同。

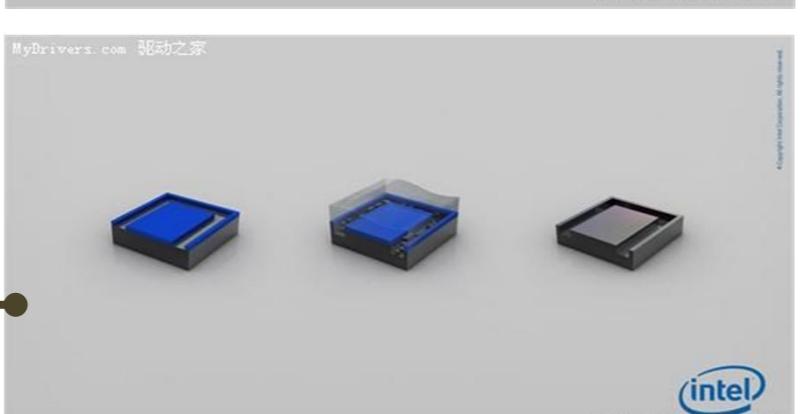
2<sup>nd</sup>阶段



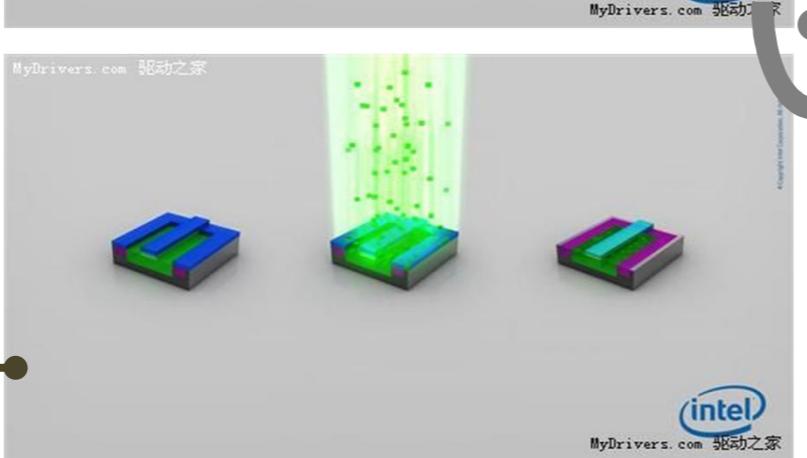
3<sup>rd</sup>阶段



4<sup>th</sup>阶段



5<sup>th</sup>阶段



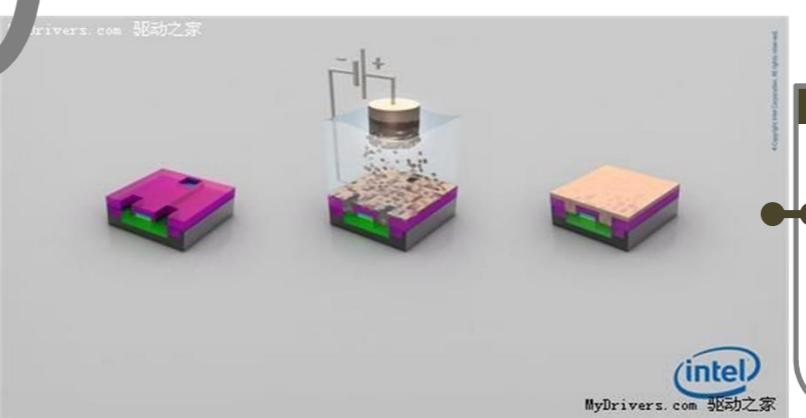
6<sup>th</sup>阶段



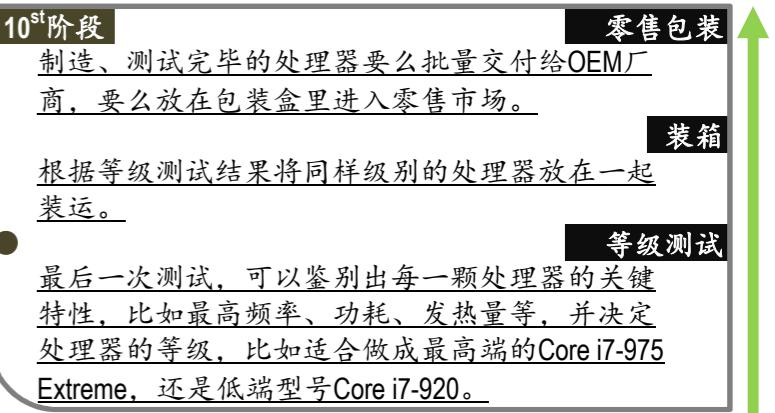
7<sup>th</sup>阶段



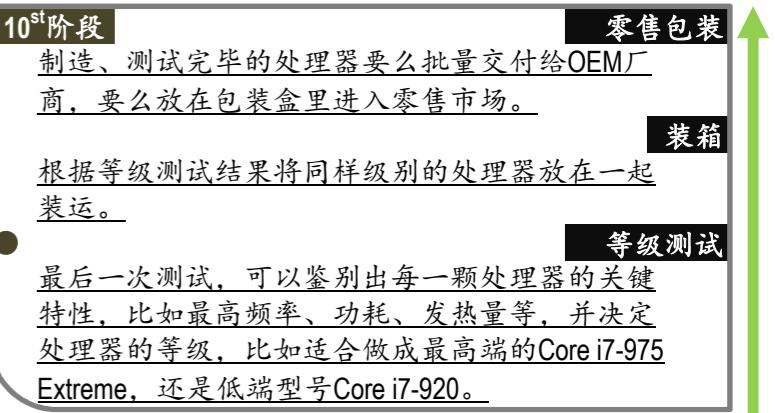
8<sup>th</sup>阶段



9<sup>th</sup>阶段



10<sup>th</sup>阶段



零售包装

制造、测试完毕的处理器要么批量交付给OEM厂商，要么放在包装盒里进入零售市场。

装箱

根据等级测试结果将同样级别的处理器放在一起装运。

等级测试

最后一次测试，可以鉴别出每一颗处理器的关键特性，比如最高频率、功耗、发热量等，并决定处理器的等级，比如适合做成最高端的Core i7-975 Extreme，还是低端型号Core i7-920。

处理器

至此就得到完整的处理器了(这里是一颗Core i7)。这种在世界上最干净的房间里制造出来的最复杂的产品实际上是在数个步骤得来的，这里只是展示了其中的一些关键步骤。

封装

封装级别，20毫米/1英寸。衬底(基片)、内核、散热片堆叠在一起，就形成了我们看到的处理器的样子。衬底(绿色)相当于一个底座，并为处理器内核提供电气与机械界面，便于与PC系统的其它部分交互。散热片(银色)就是负责内核散热的了。

单个内核

内核级别。从晶圆上切割下来的单个内核，这里展示的是Core i7的核心。

晶圆切片

晶圆级别，300毫米/12英寸。将晶圆切割成块，每一块就是一个处理器的内核(Die)。

晶圆测试

内核级别，大约10毫米/0.5英寸。图中是晶圆的局部，正在接受第一次功能性测试，使用参考电路图案和每一块芯片进行对比。

金属层

晶体管级别，六个晶体管的组合，大约500纳米。在不同晶体管之间形成复合互连金属层，具体布局取决于相应处理器所需要的不同功能性。芯片表面看起来异常平滑，事实上可能包含20多层复杂的电路，放大后可以看到极其复杂的电路网络，形如未来派的多层高速公路系统。

抛光

将多余的铜抛光掉，也就是磨光晶圆表面。

铜层

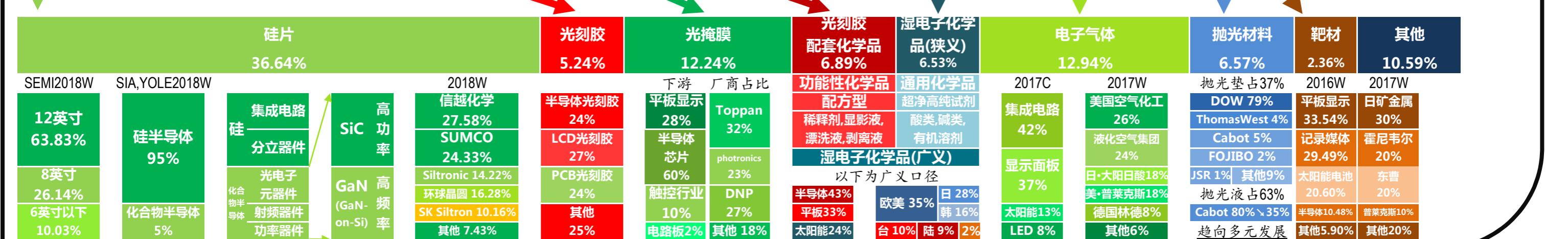
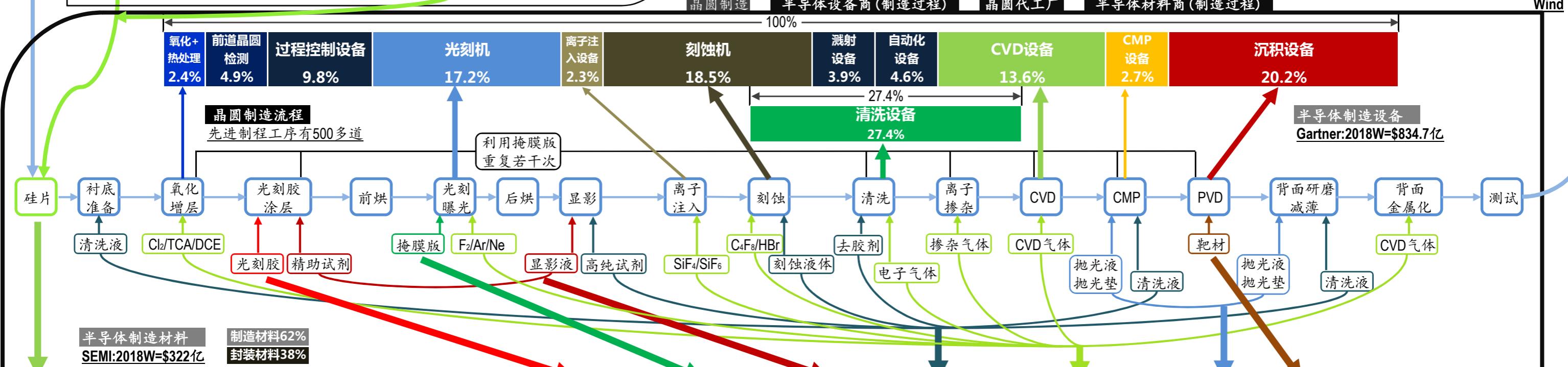
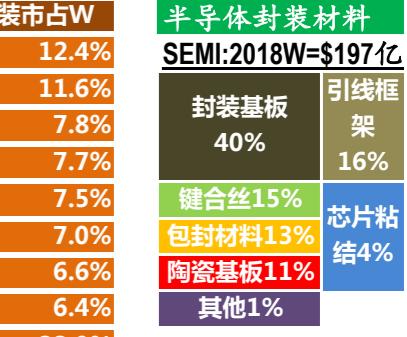
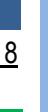
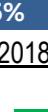
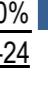
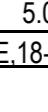
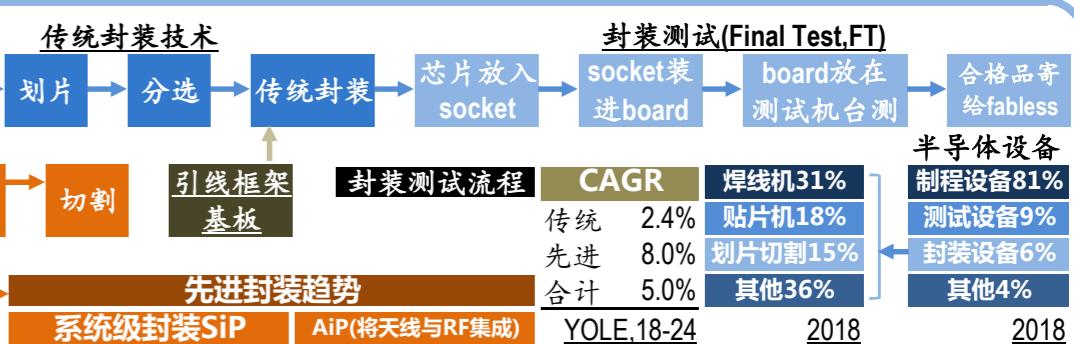
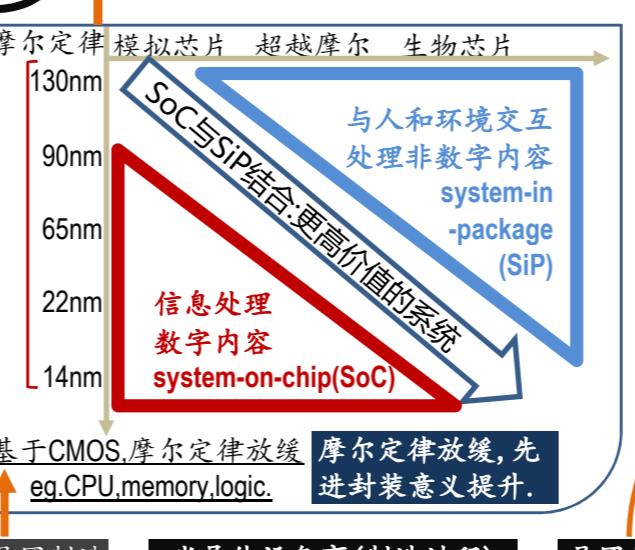
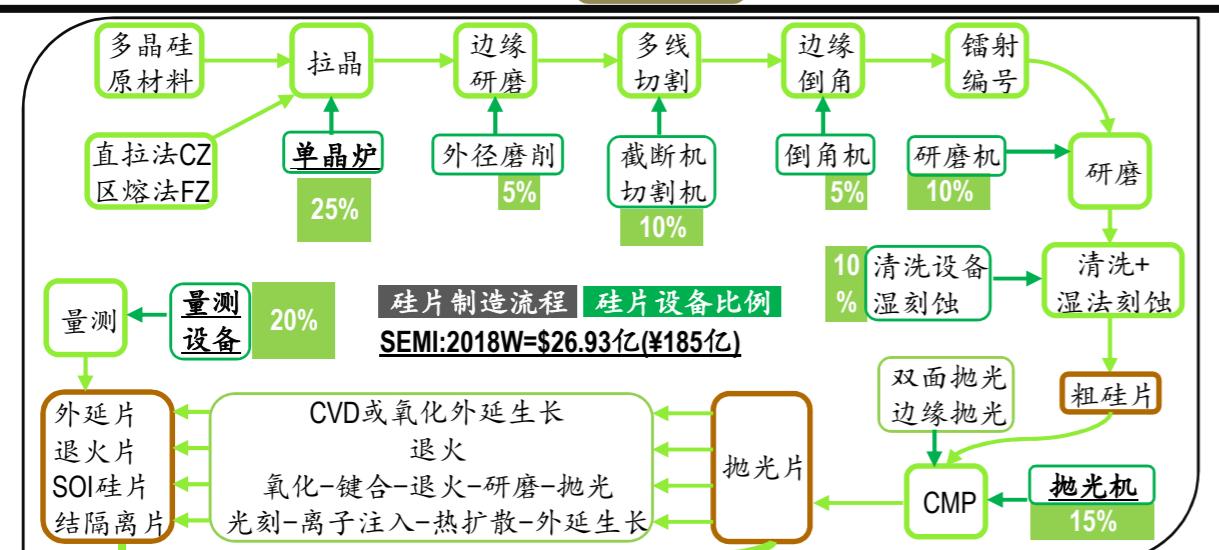
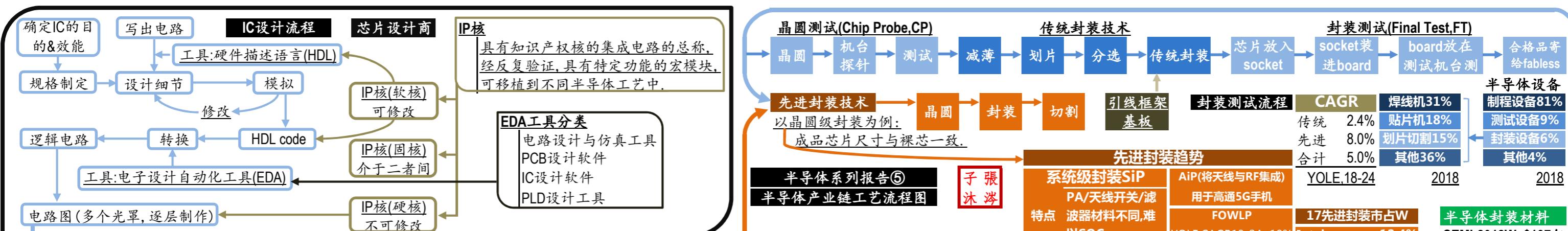
电镀完成后，铜离子沉积在晶圆表面，形成一个薄薄的铜层。

电镀

在晶圆上电镀一层硫酸铜，将Cu+沉淀到晶体管上。Cu+会从正极(阳极)走向负极(阴极)。

晶体管就绪

晶体管基本完成。在绝缘材(品红色)上蚀刻出三个孔洞，并填充铜，以便和其它晶体管互连。



This figure is a complex multi-page document detailing the global semiconductor industry landscape, including market analysis, equipment usage, and specific company performance.

### Top Left: Semiconductor Equipment Usage

晶圆制造厂房	半导体设备比例(\$亿)							
	晶圆制造	封装	测试	其他	合计	晶圆制造	封装	测试
晶圆制造	65%	81%	81%	80%	422	6%	6%	6%
组装封装	5%	6%	6%	6%	31	9%	8%	9%
测试	7%	9%	8%	9%	47	4%	5%	5%
其他	3%	4%	5%	5%	26			
<b>合计</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>526</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

晶圆厂投资构成: 设备 70%-80%, 基建和洁净室 20%-30% (P) 投资额: \$10862亿, 设备需求: \$8689亿, 晶圆制造设备: \$7060亿, 19-22年均: \$1765亿.

### Top Center: Semiconductor Core Equipment Market Share

工艺	半导体核心设备(IC+光伏+新型显示+LED)CR3市占率(\$亿)							
	1st	2nd	3rd	CR3	CR3	市场	比例	CR3公司
光刻设备	30%	30%	23%	130.2	25%	30%	127	ASML,佳能,尼康
刻蚀设备	20%	20%	24%	135.9	25%	25%	106	干法刻蚀设备
PVD设备	15%	25%	18%	101.9	15%	25%	106	CVD设备
CVD设备	10%				10%			沉积设备
量测设备	10%				10%			前道量测
离子注入	5%				5%			离子注入设备
抛光CMP	5%	25%	13%	73.6	5%	20%	83	CMP设备
扩散	5%	0%	0%	5%	0%	0%	0	氧化和热处理
其他沉积	0%	0%	9%	51.0	0%	0%	0	清洗设备
<b>合计</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>566.2</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>422</b>	<b>LAM,东京电子,应用材料,爱发科,日立,SEMES</b>

### Top Right: Semiconductor Equipment Supplier Performance

公司	半导体设备国产率							
	光刻机	刻蚀机	PVD	CVD	前道检测	清洗机	氧化	离子注入
ASML	83%	LAM 46%	应用材料 28%	科磊 55%	日立 43%	LAM 35%	应用材料 40%	
东京电子	30%	LAM 27%	科磊 74%	东京电子 67%	东京电子 25%	东京电子 18%	应用材料 38%	
应用材料	18%	应用材料 13%	应用材料 11%	应用材料 38%	应用材料 38%	应用材料 19%	应用材料 40%	
佳能	6.2%	18%	日立 9%	ASML 19%	日立 26%	其他 26%	其他 21%	
尼康	5.1%	其他 4.7%	其他 7%	SMIT 10%	其他 7%	其他 7%	其他 4%	
其他	5.6%	其他 5.6%	其他 7%	其他 7%	其他 26%	其他 26%	其他 10%	
<b>合计</b>	<b>48%</b>	<b>20%</b>	<b>14%</b>	<b>82%</b>	<b>682.1</b>	<b>834.7</b>	<b>127%</b>	<b>不含清洗设备</b>

### Bottom Left: Global Semiconductor Market Analysis

年份	半导体设备市场(\$亿)		
	规模	占比	增速
台积电	56.1%		
格罗方德	9.0%		
联华电子	8.9%		
三星	7.4%		
中芯国际	5.9%		
TowerJazz	2.2%		
力晶	1.6%		
世界先进	1.0%		
X-Fab	1.5%		
其他	6.4%		
<b>合计</b>	<b>100.0%</b>		

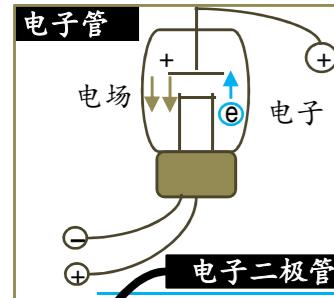
8HQ

### Bottom Right: Summary Tables and Company Logos

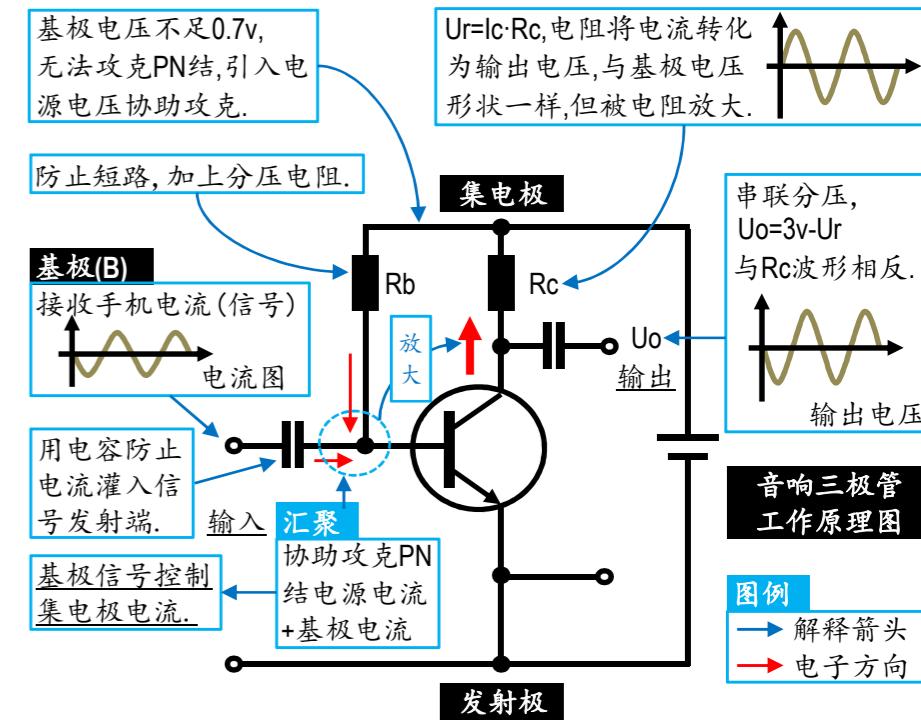
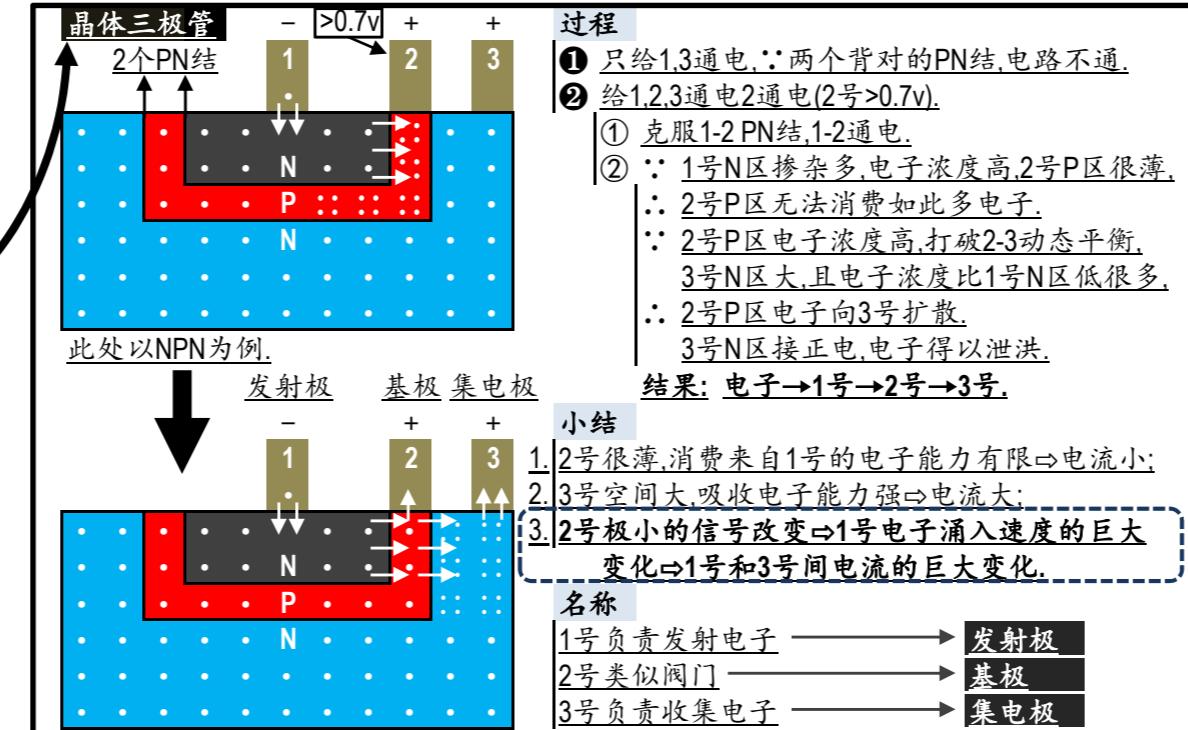
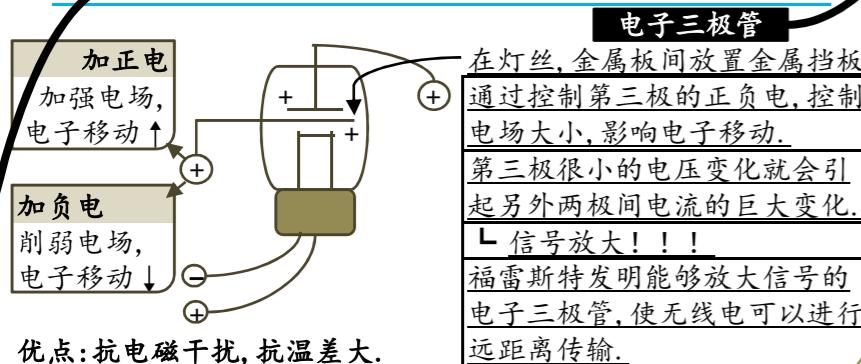
年份	半导体设备自给率	
	国产	进口
2011	24%	76%
2012	20%	80%
2013	13%	87%
2014	13%	87%
2015	13%	87%
2016	11%	89%

年份	刻蚀工艺市场结构	
	拉姆研究	东京电子
2011	55%	
2012	20%	20%
2013	13%	87%
2014	13%	87%
2015	13%	87%
2016	11%	89%

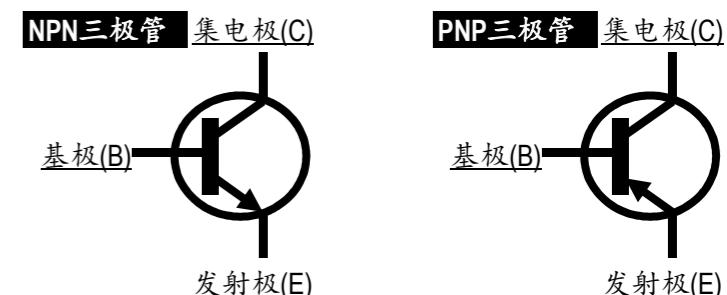
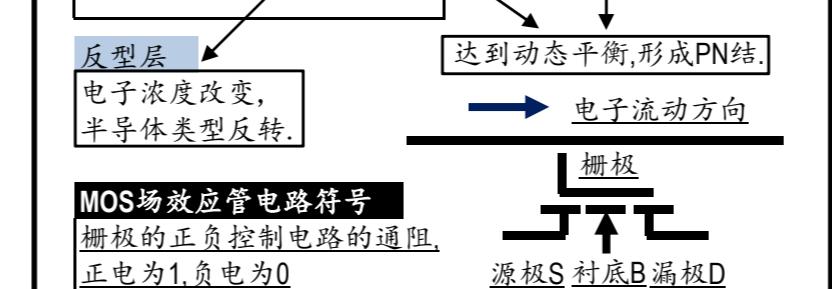
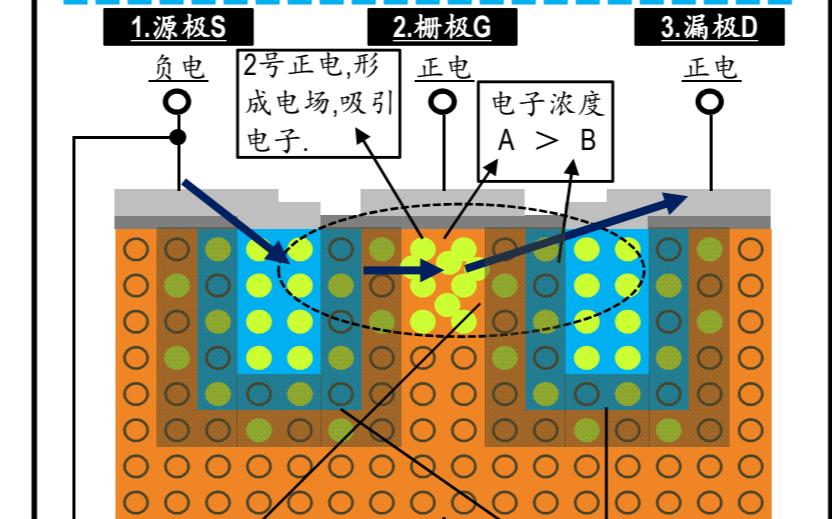
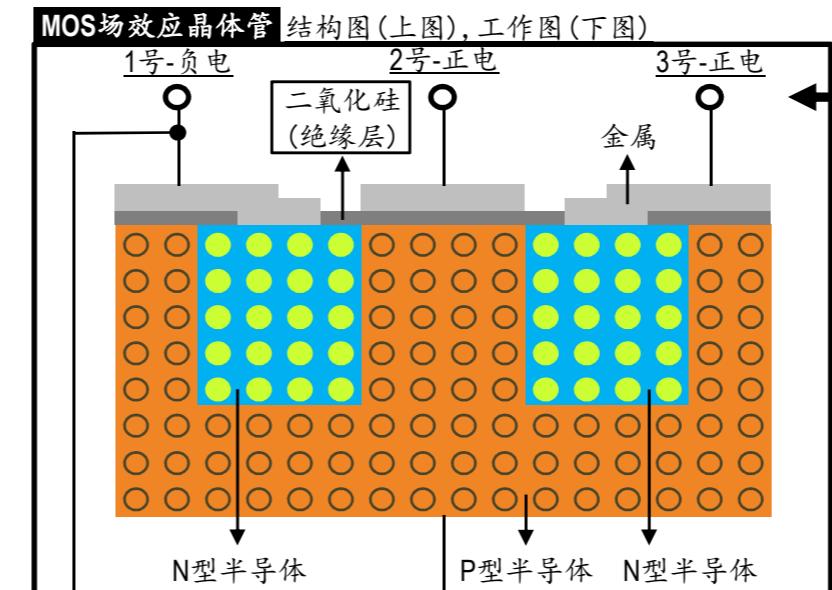
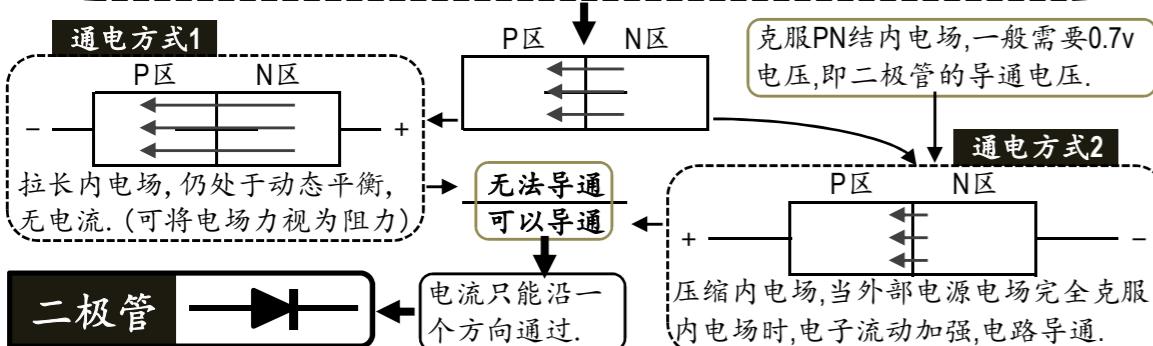
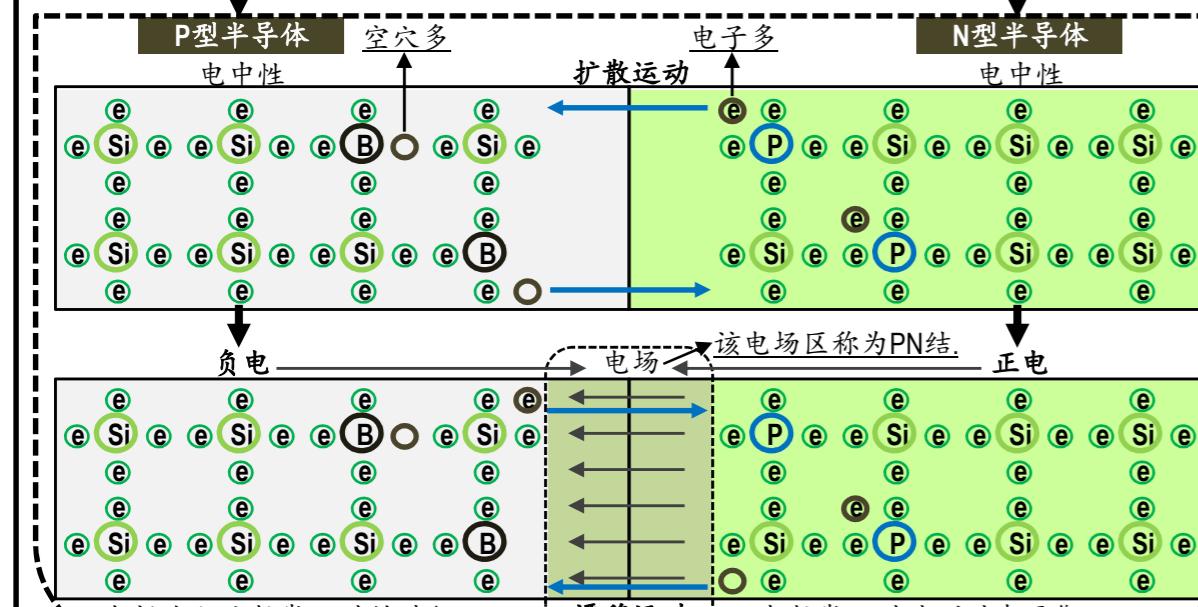
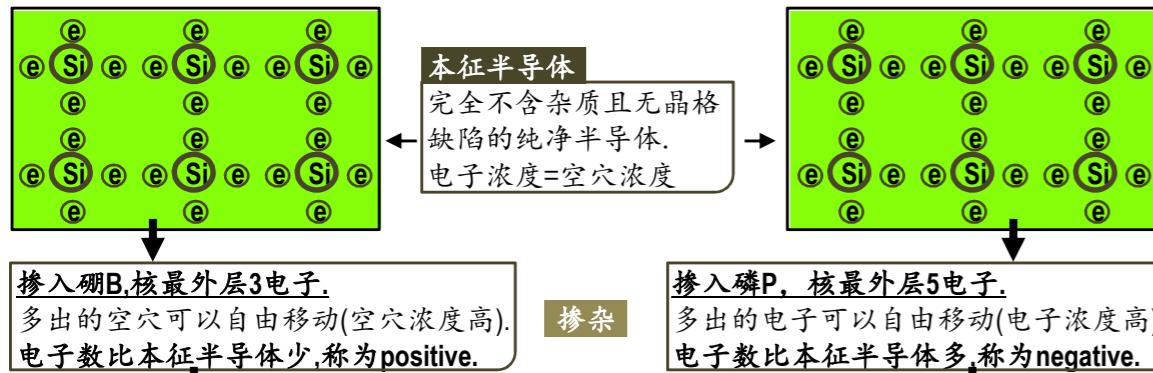
年份	质量检测设备市占率	
	科磊半导体	硅刻蚀
2011	48%	47%
2012	52%	3%
2013	12%	11%
2014	11%	2%
2015	100%	100%
2016	100%	100%



**爱迪生发现:**  
将铜片放在灯丝上方,铜片上出现电流.  
**弗莱明给出解释:**  
灯泡 → 白炽  
通电 → 灯丝上电子极其活跃  
状态  
电流 ✓ ← 电场 ✓ ← 正电铜片 ← 放置  
电流 ✗ ← 电场 ✗ ← 负电铜片 ←



## 晶体二极管



## 半导体系列报告⑦ 电子管-晶体管-MOS管

张  
沐  
澐

### 目录

① 电子管	② 晶体二极管	③ 晶体三极管	④ MOS管
1.电灯	1.本征半导体	1.N-P-N厚度	1.绝缘层
2.电子二极管	2.掺杂	2.反型层	2.反型层
3.电子三极管	3.P型半导体	3.源极S	3.源极S
4.优缺点	4.N型半导体	4.栅极G	4.栅极G
	5.扩散运动	5.漏极D	5.漏极D
	6.漂移运动		
	7.PN结		

### 主动元件

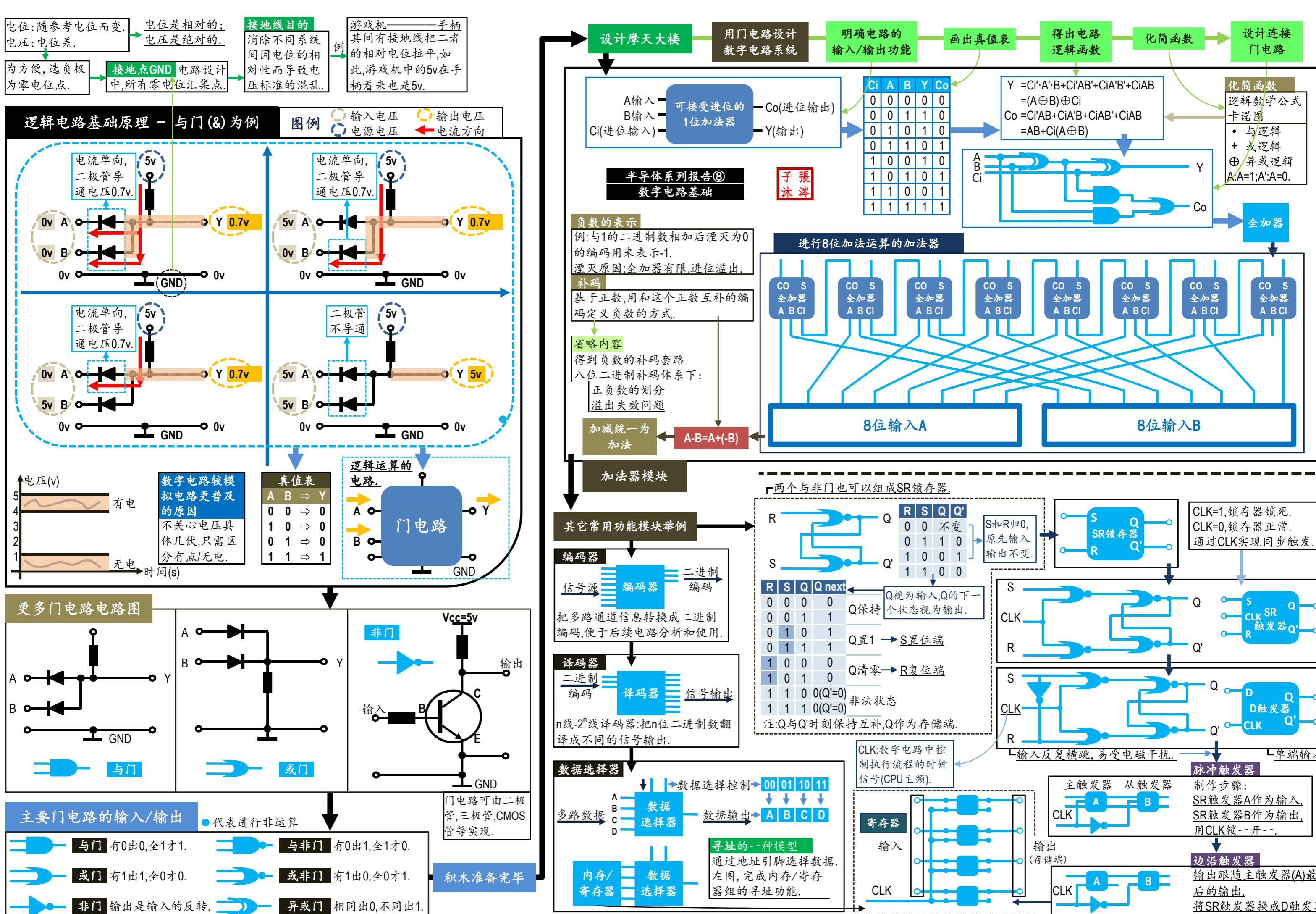
定义: 依靠电流方向的组件.  
举例: 晶体管, 可控硅整流器, 二极管, 阀门.

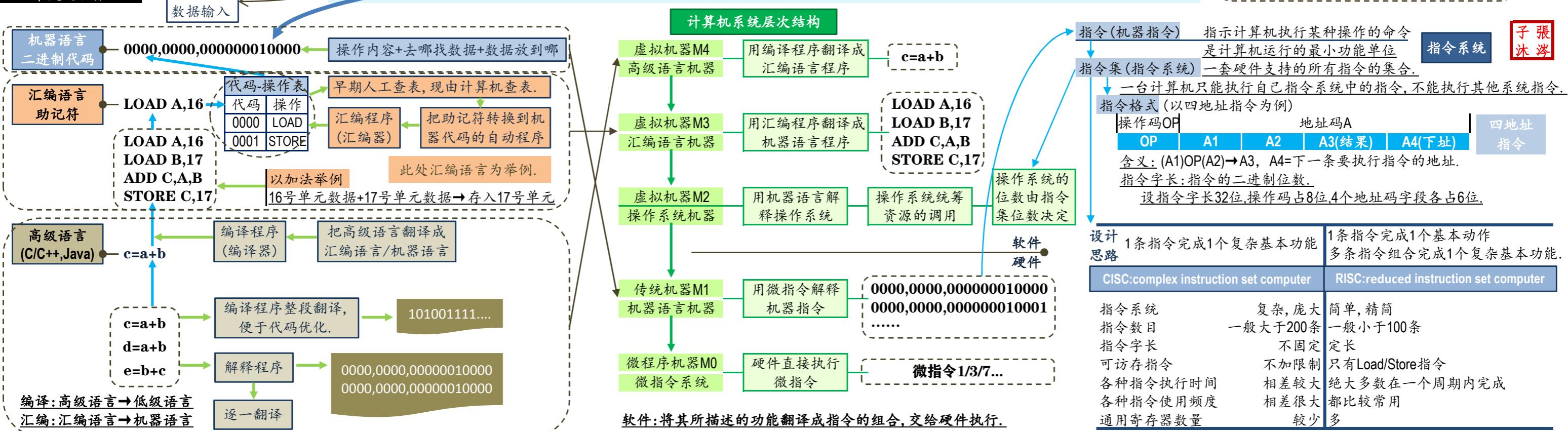
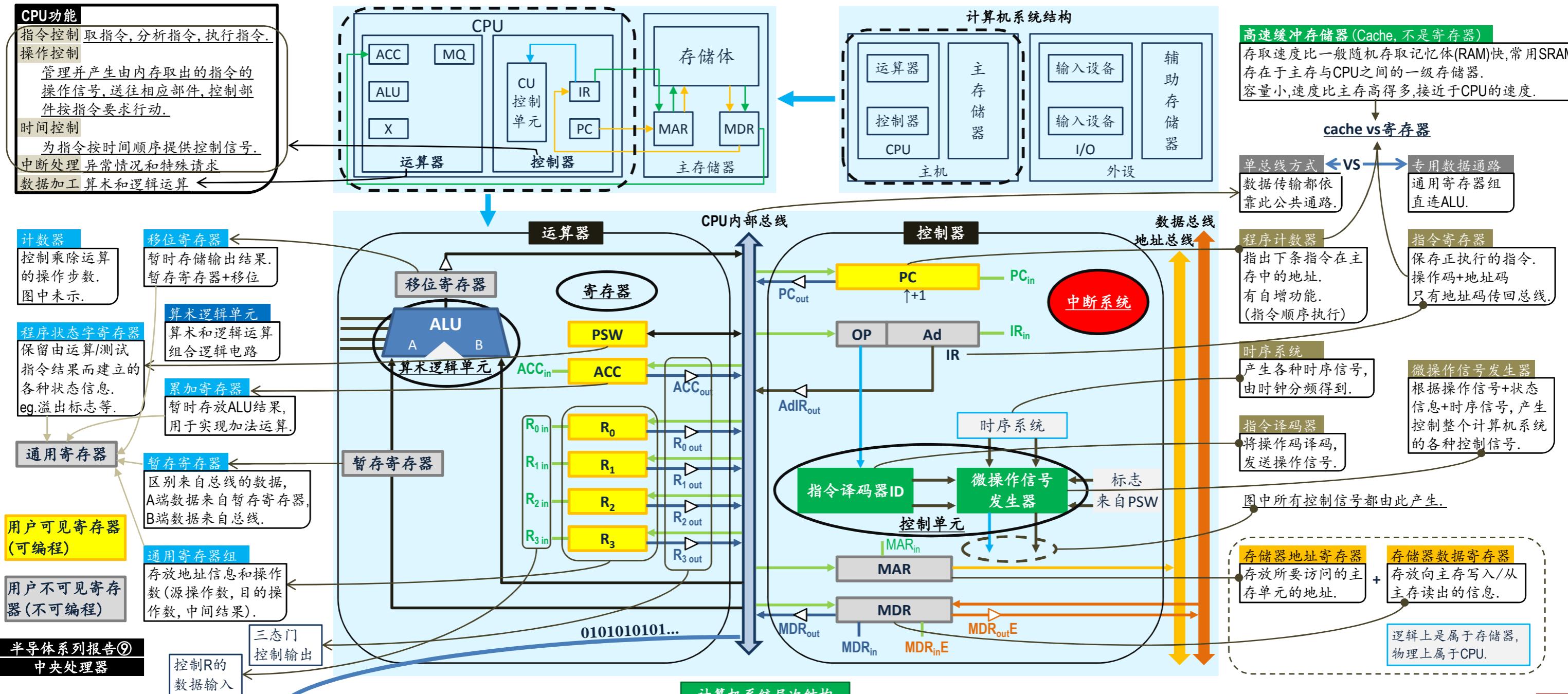
电容: 两个相互靠近, 中间由绝缘介质隔开的导体.  
特点: 阻止直流电, 让交流电通过.

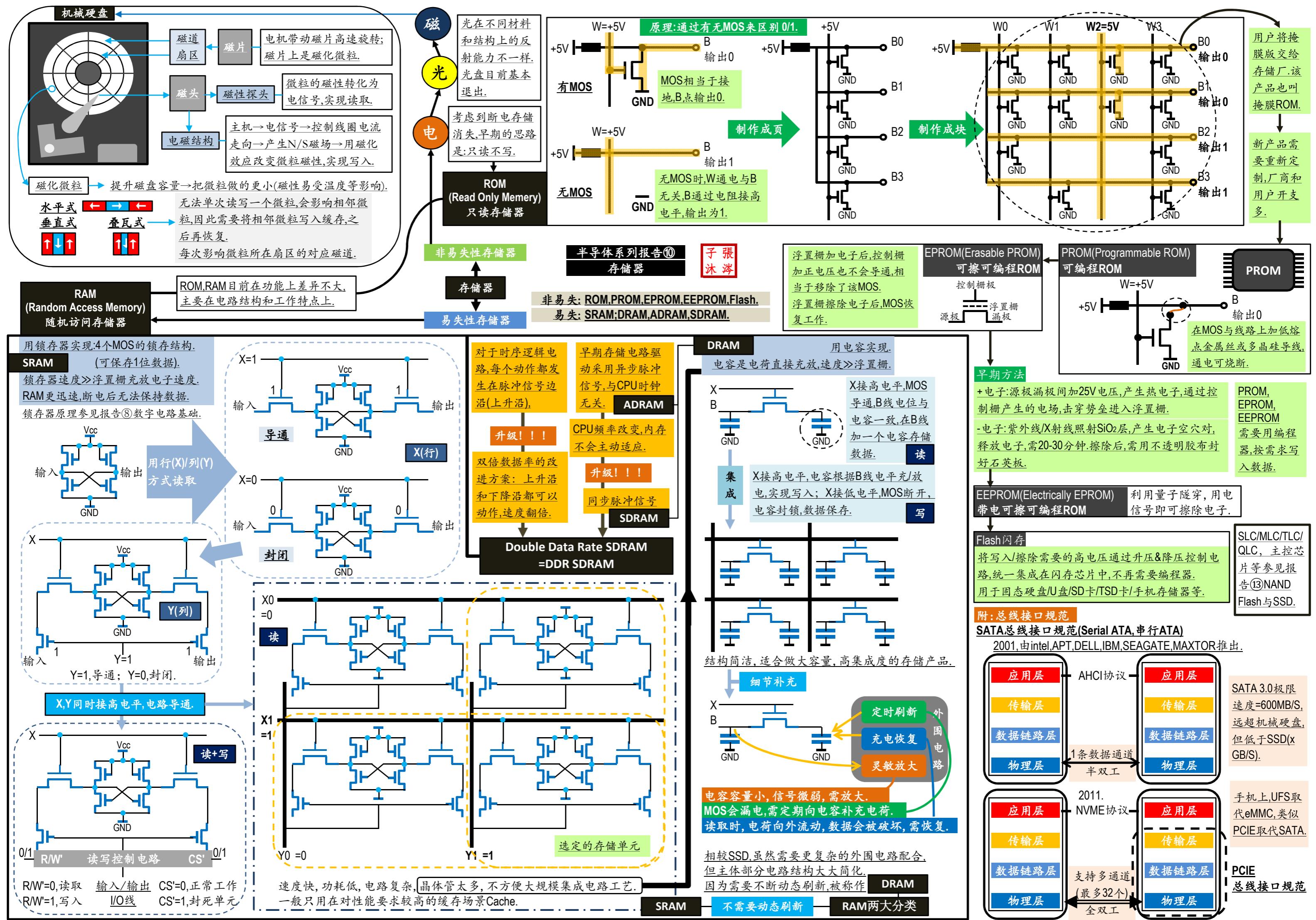
### 被动态元件

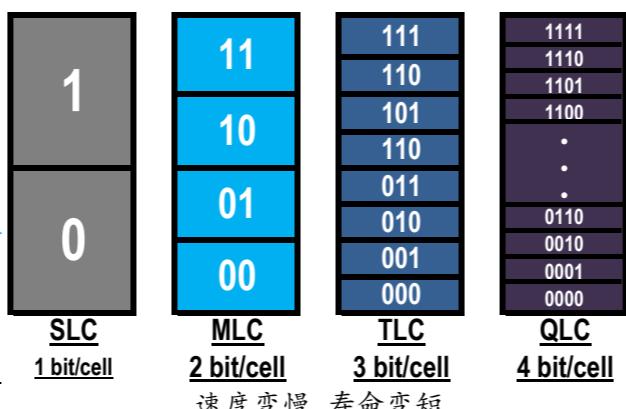
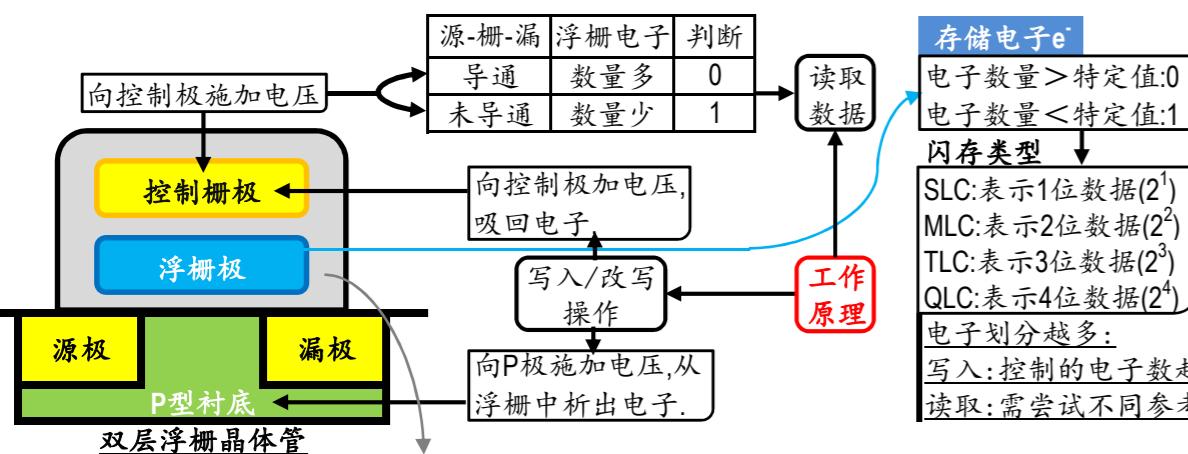
定义: 一种电子组件, 不需要能量的来源就可以实行其特定的功能.  
举例: 电阻, 电容, 电感.

电感: 能够把电能转化为磁能而储存起来的元件.  
特点: 维持现状  
电流从无到有时, 阻碍电流.  
电流从有到无时, 维持电流.  
阻止交流电, 让直流电通过.









测评(AS SSD)	读取	写入	读取	写入	读取	写入
□连续读写	165.92 MB/s	159.01 MB/s	513.21 MB/s	487.98 MB/s	2974.60 MB/s	2145.97 MB/s
□4K	0.68 MB/s	1.96 MB/s	42.25 MB/s	128.04 MB/s	61.62 MB/s	200.74 MB/s
□4K-64随机	2.25 MB/s	2.00 MB/s	389.94 MB/s	338.56 MB/s	1315.32 MB/s	2121.19 MB/s
□访问时间	15.019 ms	10.588 ms	0.030 ms	0.023 ms	0.033 ms	0.055 ms
	机械硬盘		860 evo(SATA3)		970 evo plus(M.2 nvme)	

名称	含义	举例
连续读写(顺序读写)	单个/几个数量较少的独立大文件.	1个6G的电影或压缩包.
4K(单线程4K随机读写)	体积不大但数量多的分散性文件.	大部分软件,win操作系统.
4K-64随机(64线程随机读写)	并发一次做许多单线程4K随机读写	
访问时间	访问延迟	

SATA	M.2(M型接口)	M.2(PCIe接口)	
老式接口	PCIe×4总线	≤1500MB/s,	≤3000MB/s
SATA总线 ≤550MB/s	PCIe×2总线	≤1000MB/s	支持NVME协议 socket 3接口
	SATA总线	≤550MB/s	PCIe×4总线

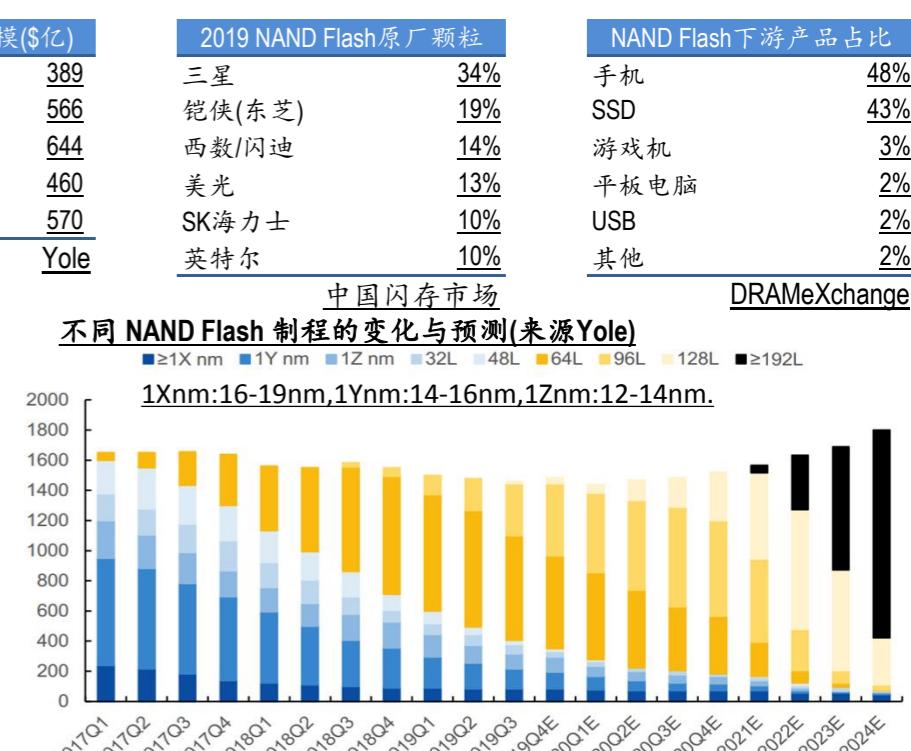
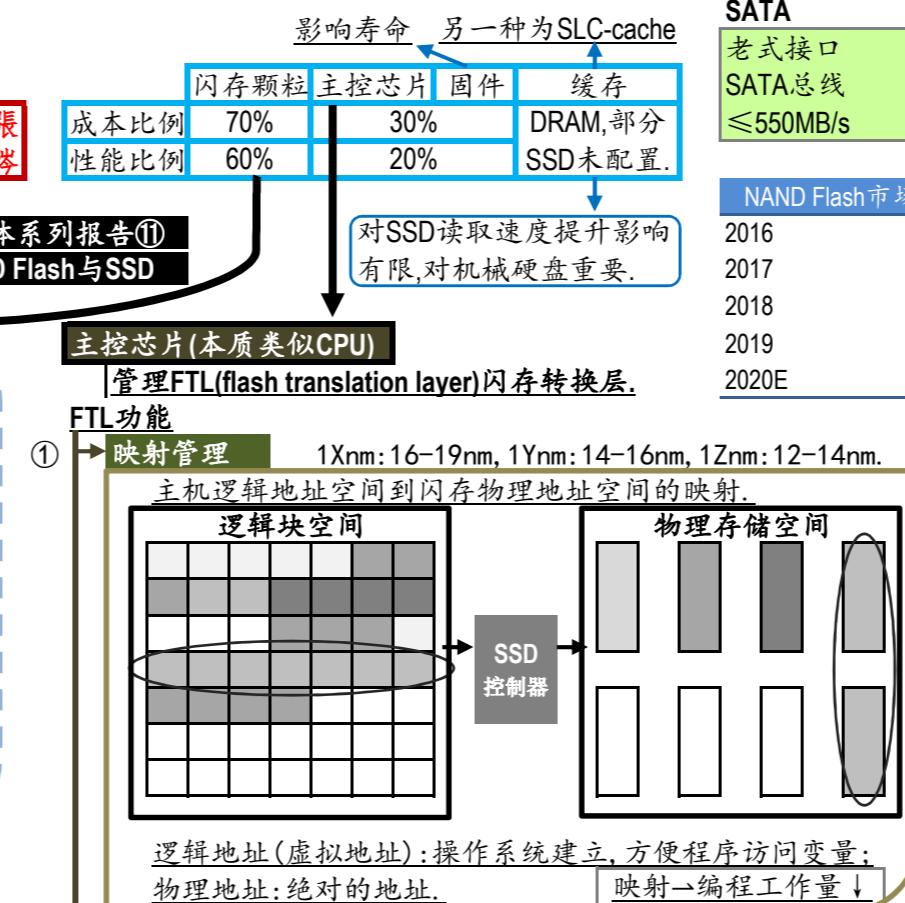
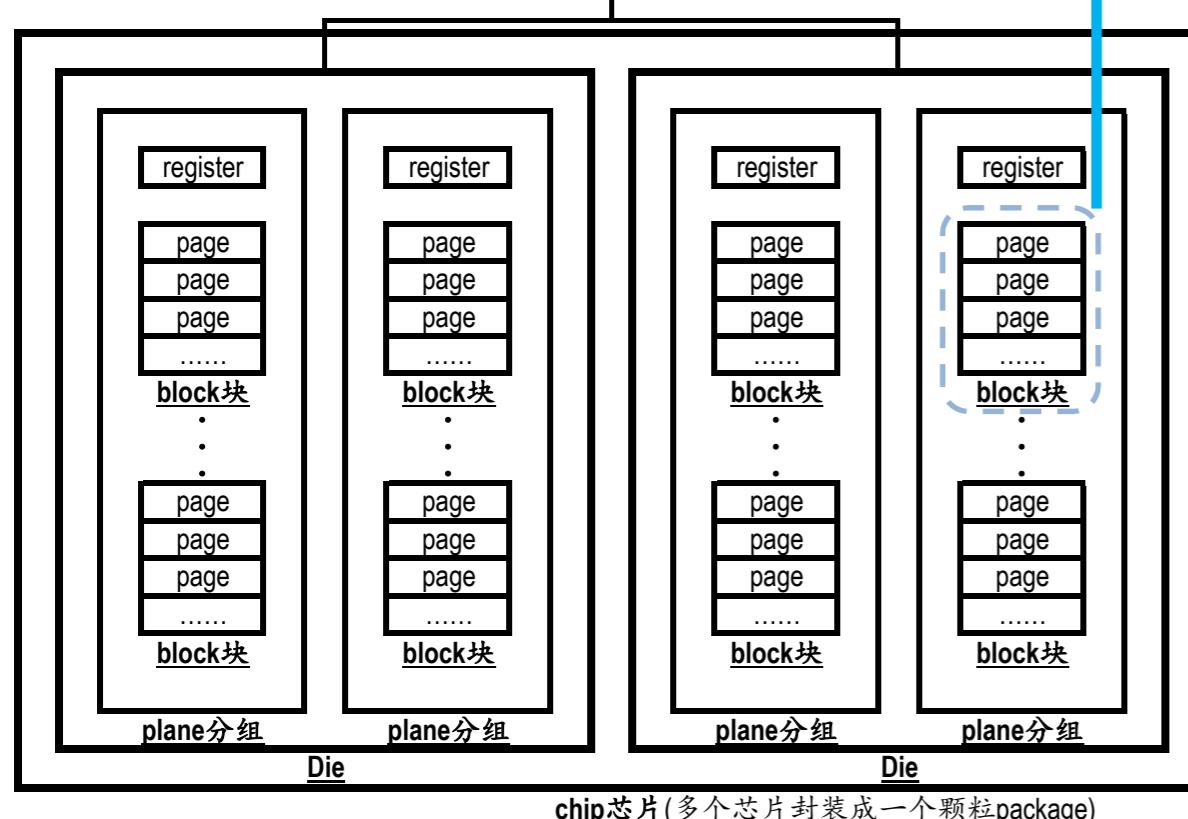
NAND Flash市场规模(\$亿)	
2016	389
2017	566
2018	644
2019	460
2020E	570

2019 NAND Flash原厂颗粒	
三星	34%
铠侠(东芝)	19%
西数/闪迪	14%
美光	13%
SK海力士	10%
英特尔	10%

NAND Flash下游产品占比	
手机	48%
SSD	43%
游戏机	3%
平板电脑	2%
USB	2%
其他	2%

The diagram illustrates a 3D NAND flash memory architecture. It shows a grid of memory cells arranged in pages and blocks. A vertical stack of cells is labeled "page 页". A horizontal group of cells is labeled "block 块". The memory cells are connected to various word lines (WL1, WL2, WL32, GSL, BSL) and a source line (SL). A ground shield layer (GSL) is positioned above the cells. The diagram also shows a floating gate layer (FG) with arrows indicating electron flow. Several callout boxes provide additional information:

- 氧化层** (Oxide Layer): 随写入/擦除次数增加而磨损, 彻底磨损则不能存储数据. (As write/erase cycles increase, it wears out. Once worn out, it cannot store data.)
- 颗粒区分** (Particle Segregation): 原片:完整, 稳定的. 白片:瑕玼品; 黑片:废品 (Original chip: complete, stable. White chip: defect; Black chip: waste).
- 浮栅中的泄露** (Leakage in the floating gate): 隧穿效应/热激发/电子陷阱. 最好每年充电一次. (Tunneling effect/Thermal excitation/Electron trap. Best to charge once a year.)
- 按页读取** (Read by page): 对Word Line施加电压, 进行读取. (Apply voltage to Word Line, perform read operation.)
- 共享相同的I/O** (Share the same I/O): (Label at the bottom center)



主要NAND Flash厂商制程变化及预测(来源Tech Insights)							
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
三星	3D	64层20nm	96层20nm	128层20nm		更高层数	
东芝 西数	3D	64层19nm	96层20nm	128层20nm		192层以上	
美光 Intel	3D	64层20nm		96层	128层	192层	
Hynix	3D	48层31nm	72层31nm	96层	128层		192层
铠侠	3D		32层	64层		128层	192层

长存	SD	32层	64层	120层	192层			
自产颗粒			非自产颗粒					
颗粒	三星	东芝	西数	美光	Hynix	Intel	固件	英睿达,浦科特
主控	三星	东芝	闪迪			Intel	主控	美满(1st梯队)
固件	三星	闪迪				Intel	慧荣,群联,紫光	

固件	三生	闪迪	Intel	慧荣, 群联, 智威
大陆主控(前为打分)				
4.5	国科微(唯一国密国测双认证)			台系
5	联芸(股东海康威视, 支持PCIe)			海康威视
4	华澜微(全系列存储控制芯片)			浦科特
4	得一微	3.5	紫光得瑞(紫光系)	光威
4	忆芯科技(股东北京集成电路基金)			海力士(无锡)

**MLCC产能(亿只/月)与格局**

	2019	FY2019	2019	2018	2019	2020	2020	2019	38.4%	1000
村田	38.4%	43.0%	32.0%	1050	1200	1200	27.0%	31.0%	38.4%	1000
三星电机	10.4%	22.0%	19.0%	700	850	800	18.0%	19.0%	20.5%	700
国巨	3.2%	4.0%	13.0%	450	500	800	18.0%	15.0%	3.2%	500
太阳诱电	12.0%	14.0%	13.0%	450	500	450	10.1%	13.0%	12.0%	450
华新科	6.5%			320	380	450	10.1%	11.0%	6.5%	345
TDK(日)	10.8%	8.0%	3.0%	90	100	100	2.2%	3.0%	10.8%	100
AVX(京瓷子公司)										100
Kemet										2.0%

**MLCC全球规模(\$亿,万亿只)**

	2019	2011	2019	2020E
市场规模	120.0	70.0	122.0	131.0
增长	4.60%	CAGR=7.2%		
出货量	4.5	2.3	4.5	
增长	8.72%	CAGR=8.4%		

**MLCC全球市场占比**

	中国(含香港)	43%
市场规模	120.0	20%
亚洲区		18%
欧洲, 中东和非洲		11%
美国		8%
日本		

**MLCC中国规模(亿元,万亿只)**

	2017	2019	2019
市场规模	310.8	438.2	电容 \$87
占比	50.0%	电感 \$20	
中国CAGR	18.74%	电阻 \$12	
全球CAGR	13.62%	合计 \$119	

**中国进口MLCC数据(亿只,亿元/万只)**

	2017	2018	2019	平均
进口数量	24278.70	25996.92	27771.93	2.40
进口金额	369.46	605.23	466.40	480.00
进口单价	152.17	232.81	214.22	
月度进口额	△(H)210125P17			
月度贸易逆差				
2019	>30	20-30		

**供求**

**MLCC市场需求结构**

	出货量	MLCC	规模
消费电子	2019 2017 2020	亿 万亿颗 \$亿	
手机及通信	手机 38% 35% 14 1.12	终端产品单机用量 全球年出货量	
电脑及外设	PC 19% 14% 2.6 0.39	智能手机 300-1100 12-14亿部 消费电子	
计算机	50	耳机 150-310	
家庭影音	17.0% 13.0%	无人机 180	
5G 基站	AIoT 15% 23%	电脑 400-2200 2.7-3.0亿部 计算机	
汽车	13.5% 汽车 10.6% 13.5%	打印机 2000-4000 1亿台	
其他	工业 10.8% 12.0%	鼠标 500	
合计	100% 100% 100% 100%	电视机 500-820 2.1-2.5亿台 家电	
5G 基站	19.0%	空调 1000-3000 1.2亿台	
汽车	13.5% 汽车 10.6% 13.5%	网关 600-1300 通信设备	
其他	工业 10.8% 12.0%	基站 5000-15000 约200万站	
合计	100% 100% 100% 100%	汽车 3000-18000 7650-9000万辆 汽车	
ATM	560	其他	

**MLCC单机用量及代表终端应用**

	终端产品单机用量	全球年出货量
智能手机	300-1100	12-14亿部 消费电子
耳机	150-310	
无人机	180	
电脑	400-2200	2.7-3.0亿部 计算机
打印机	2000-4000	1亿台
鼠标	500	
电视机	500-820	2.1-2.5亿台 家电
空调	1000-3000	1.2亿台
网关	600-1300	通信设备
基站	5000-15000	约200万站
汽车	3000-18000	7650-9000万辆 汽车
其他		

**MLCC产地分布**

	大陆	55%
日韩台	30%	
东南亚	16%	
合计	101%	

**国内MLCC供给(亿元)**

	村田	343.4
三星电机	183.6	
太阳诱电	107.2	
TDK(日)	96.5	
国巨	28.8	
华新科	58.5	
合计	818.0	
中国MLCC进口	466.0	
风华高科	9.9	
宇阳	4.2	
三环	3.7	
合计	835.8	
中国MLCC需求	611.0	

**全球电子元件市场规模(\$亿)与占比**

	2019	2019
分立器件	257	5.9%
主动元件	3551	81.7%
(有源器件)	3304	76.1%
光电子	397	9.1%
92.9% 传感器	411	9.5%
合计	139	3.2%
	136	3.1%
0E① 0E①	4344	100%
MLCC	4260	92.6%

**被动元件产业国内外对比(亿元)**

	全球	国内
规模	龙头	龙头收入 份额
895	村田	343.4 38.4% 风华高科 9.9 1.1%
陶瓷	SLCC	4.0% 3.0%
电容	引线式	3.0% 3.0%
合计	>130	56.0% 37.0%
RCL	铝电解电容	47 23.0%
器件	钽电容	18 9.0%
被动元件	薄膜电容(新能源车+新能源)	6 3.0%
7.1%	其他	18 9.0%
合计	223 74.3%	203 73.2% 66.0%
电阻	33 11.0%	28 10.0% 14.0% 10.0%
电感	43 14.3%	46 16.7% 9.0% 13.0%
合计	300 89.8%	277 100% 89.0%
射频器件	34 10.2%	11.0% 10.0%
其他	334 100%	>300 100% 100%
合计	4678	4600 □(Y)210115P8 △(G)200818P7
注:下划线为占被动元件比例.	②(B)210328P5	●(S)②(B)210322P6 ○(O)②(B)210112P4

**MLCC成本占比**

	低容MLCC	高容MLCC
成本占比	20-25%	35-45%
陶瓷粉料	5%	5-10%
内电极	5%	5-10%
外电极	20-30%	1-5%
包装材料	10-20%	10-20%
人工成本	20-35%	20-30%
设备折旧及其他	■(H)210125P10	▲(B)210328P13
图例说明	●(S)②(B)210322P6 ○(O)②(B)210112P4	●(S)②(B)210115P8 ○(O)②(B)200818P7

**MLCC陶瓷粉料格局(对外销售企业)**

	日本堺化学	28% 27%
美国Ferro	20%	19%
日本化学NCI	14%	13%
国瓷材料	10%	11%
日本富士钛	9%	9%
日本共立KCM	8%	7%
日本东邦	6%	6%
其他	5%	8%
日系合计	65%	62%
总计	100%	100%

**2019主要厂商MLCC应用占比**

	村田	太阳	京瓷	三星	国巨
通信	37%	30%	80%	24%	
PC	22%			24%	
汽车	27%	15%	10%	10%	15%
家电	7%				
AudioVideo	7%				
工控	26%	10%	20%	31%	
信息	20%		70%		
消费	9%			6%	
100% 100% 100% 100% 100%					

**2019主要厂商MLCC应用占比**

	村田	太阳	京瓷	三星	国巨
通信	37%	30%	80%	24%	
PC	22%			24%	
汽车	27%	15%	10%	10%	15%
家电	7%				
AudioVideo	7%				
工控	26%	10%	20%	31%	
信息	20%		70%		
消费	9%			6%	
100% 100% 100% 100% 100%					

**手机单机对MLCC需求量(颗)**

	iPhone 4S	5	6	7	X
177	496	665	785	890	1095
2G	2.5G	3G	4G	5G	
166	191	450	700	1000	

**全球PC平板出货量(亿台)**

	2020	2021
出货量	2.97	3.23
增长	11%	8.8%
PC	1.61	1.74
平板		8.3%

**MLCC供需格局梳理**

**全球车用MLCC份额**

	村田	42%
TDK	38%	
太阳诱电	6%	
三星电机	6%	
其他	8%	

**半导体系列报告⑫**

**MLCC供需格局梳理**

**张沐霖**

**同车型MLCC需求量估算**

	内燃机	低端	中端	高端	超高端
动力系统	450-600	600-800	800-1000	1900-2300	2700-3100
安全系统			1000-1400		
舒适系统			500-800		
车载娱乐			400-700		
其他			500		

**全球车用MLCC份额**

	村田	42%
TDK	38%	
太阳诱电	6%	
三星电机	6%	
其他	8%	

**汽车电子成本比例**

	MLCC增加幅度
2030E	50% 混合/插电 4.1倍
单车MLCC数量	纯电动 5.2倍
1-3k升至3-6k	2025纯电动渗透率58%
5G手机情况(亿部)	iPhone 11 2020 2021E 2025E 或接近1200个
渗透率	20% 40% 69%
出货量	2.55
村田预测2024年MLCC增长(2019为基准)	增长 CAGR
手机MLCC	50% 8.45%
基站MLCC	40% 6.96%
计算机存储和服务器	30% 5.39%

**数据来源图例**

	华创证券	弘则研究	三星机电	海关总署	智研咨询
②(B)210125P10	②(B)210328P13	②(B)210322P6	②(B)210112P4	②(B)210115P8	②(B)200818P7
②(B)210328P18	②(B)210115P26	②(B)210112P11	②(B)210112P10	②(B)210112P9	②(B)210112P8
②(B)210112P10	②(B)210112P9</				

## 全球电感行业格局

	2018	2020
村田	14%	15%
TDK	13%	20%
奇力新	7%	13%
太阳诱电	13%	12%
威世		6%
顺络电子	7%	8%
乾坤科技		10%
美磊	4%	
其他	42%	32%
合计	100%	100%

## 2019全球电感终端应用占比

	按产值	按数量
移动通信	35%	55%
工业基建	22%	8%
电脑	20%	25%
汽车	13%	4%
家庭电子	5%	7%
军工+医疗+航空航天	5%	1%
合计	100%	100%

## 全球电感需求预测

	出货量					功率电感(亿个)					射频电感(亿个)				
	2019	2020E	2021E	2022E	2023E	2019	2020E	2021E	2022E	2023E	2019	2020E	2021E	2022E	2023E
<b>智能手机(亿部)</b>															
2G+3G	3	3	3	2	2	32	26	27	23	23	158	129	135	115	115
4G	14	10	9	6	6	340	262	213	150	145	1633	1258	1020	720	696
5G	0	2	5	8	8	5	62	150	240	246	27	350	840	1344	1378
合计	17	15	17	16	16	377	350	390	413	414	1818	1737	1995	2179	2189
<b>基站(千个)</b>															
4G	2610	1800	1600	1400	1200	0.5	0.4	0.3	0.3	0.2	2.6	1.8	1.6	1.4	1.2
5G	245	1083	1133	1167	1200	0.1	0.7	0.7	0.7	0.7	1.5	6.5	6.8	7.0	7.2
合计	2855	2883	2733	2567	2400	0.6	1.1	1.0	1.0	0.9	4.1	8.3	8.4	8.4	8.4
<b>汽车(百万台)</b>															
汽油车	85.6	71.5	75.9	75.4	73.4	35.9	30	31.9	31.7	30.8	85.6	71.5	75.9	75.4	73.4
混合动力车	3.2	4.1	6.7	8.8	11.2	2.7	3.4	5.6	7.4	9.4	3.8	4.9	8	10.5	13.4
插电式混合动力车	0.6	1	1.6	1.8	2.1	0.7	1.3	2	2.3	2.6	0.8	1.5	2.3	2.7	3.1
电动汽车	1.7	2.3	3.5	4.4	5.6	2.8	3.8	5.8	7.4	9.5	3.5	4.7	7.3	9.3	11.8
合计	91.1	78.9	87.7	90.4	92.3	42.1	38.5	45.3	48.8	52.3	93.7	82.6	93.5	97.9	101.7
<b>功率+射频,(亿个)</b>															
电感出货量总计	2963	2977	2838	2673	2508	420	390	436	463	467	1916	1828	2097	2285	2299

## 全球电感格局(绝对值,\$亿)

	营收	净利	电感+射频营收
村田	124.64	13.27	28.67
太阳诱电	22.20	4.82	3.55
TDK	115.55	5.77	14.32
顺络电子	3.63	0.74	2.89
麦捷科技	2.22	-0.54	0.64

②10315P13

## 2019全球电感分功能占比

村田市占

功率电感(非一体成型式)	46%	35%
功率电感(一体成型式)	38%	
射频电感	16%	30%
合计	100%	20%

②10329P11 ②10329P21

## 被动元件市场规模

半导体系列报告⑬

	电容	射频器件
电容	223	34
电阻	33	其他
电感	43	合计 334

③210328P5

## 数据来源图例

- ④野村东方
- ⑤国信证券
- ⑥安信证券
- ⑦东北证券
- ⑧中国产业信息网
- ⑨智研咨询
- ⑩国际电子商情
- ⑪中国电子元件行业协会

## 2019全球被动元器件占比

中国	43%
亚洲(除中国和日本)	20%
欧洲+中东+非洲	18%
美洲	11%
日本	8%
合计	100%

②10329P11

## 顺络电子产品营收比例2020

电感+变压器	73%
射频元件	6%
传感器	8%
精密陶瓷产品	8%
PCB+电容等	5%
合计	100%

②10329P48

## 片式电感器分类

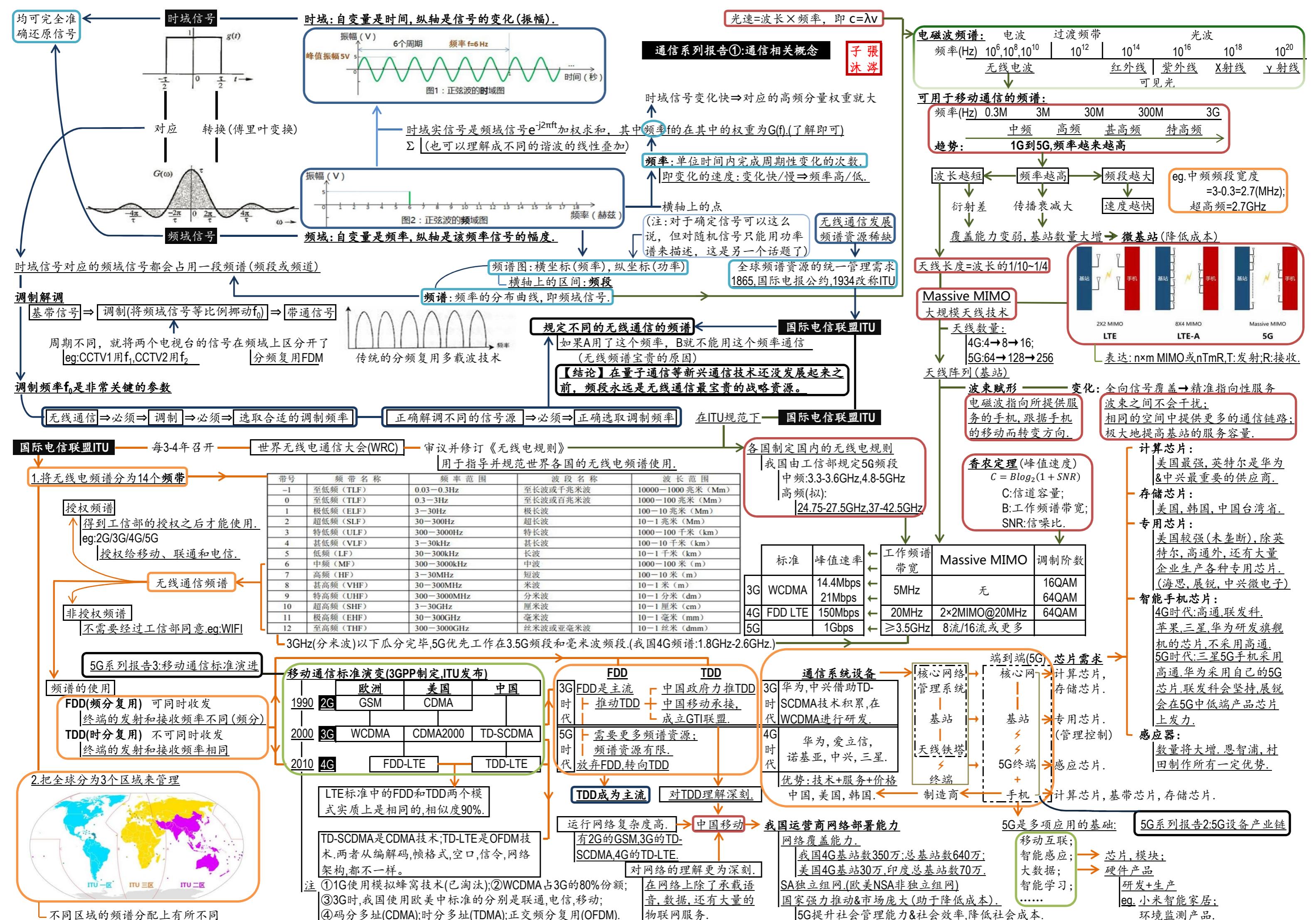
绕线式	绕线工艺	无线充电线圈
叠层式	叠层/烧结	电子变压器
叠层式	叠层/烧结	一体成型扼流圈
叠层式	LTCC	叠层电感
叠层式	LTCC	精密陶瓷设备
叠层式	LTCC	传感器

②10329P59

## 2019全球LTCC占比

村田	28%	太阳诱电	6%
京瓷	15%	璟德电子	6%
TDK+EPCOS	12%	华新科	5%
博世	8%	Sorep-Erulec	3%
CTS	8%	奇力新	3%
新美科	7%	顺络电子	1%
80%以上用于智能手机	0%	合计	0%

②10329P61



## 投资领域⑥:终端-天线

4.5G阶段:4x4 MIMO(iPhoneX是2x2 MIMO)

三星Note7,华为P10,小米MIX2.

终端天线阵列继续扩容

5G初期或不向下兼容(另准备4G/3G天线)

空间限制更严格(手机轻薄化)

技术:LDS天线(激光直接成型)

FPC天线(柔性电路板)

焦点不是技术,而是材料

设计和制作

LCP材料(液晶聚合物)

难度很高

可解决5G高频,手机全面屏等问题

符合天线向射频前端集成的趋势

生产商:村田(日),安费诺(美),

嘉联益(台),立讯(台).

注:信维通信17.11下跌,18.01消息称其

不是苹果2018新机天线供应商.

**投资领域②:基站-小站**

小站特点:小,要素基本与宏基站相同.

RRU,BBU,有源天线,直放站.

4G时代:宏站覆盖为主,小站定向补充.

5G时代:小站数量大幅增加.



**投资领域⑦:终端-射频前端**

趋势:集成化

5G所需元件增加→电路板空间紧张.

主要做法:并购以求关键技术互补.

**关键点:功率放大器&滤波器**

功率放大器(PA)

射频信号需放大到足够的功率才能送到天线上辐射出去.

5G时代对PA带来的改变:

单机需求数量和复杂制作成本↑↑  
集成化的多发天线,开关和双工器以加入,单机成本:4G \$2.6;5G \$7.

**制作工艺变迁**:GaAs/GaN制程工艺将逐渐替代CMOS,利润↑

硅单晶材料→砷化镓→氯化镓

Si CMOS,低端商用 GaAs,高端民用 GaN高端军用

芯片厂商三种模式:(1)Fabless,只做设计,eq.高通;(2)Foundry,代工厂,eq.台积电;

(3)IDM:全产业链一条龙,eq.射频三寡头Skyworks,Qorvo,Avago

**滤波器(Filter)** (让有用信号通过,反射无用信号,最终得到一个特定的频率)

整个射频前端RFFE最大的蛋糕→射频前端整体集成的最高门槛

几何级数的增长

① 新型天线MIMO架构可能在每根天线后都加滤波器,手机终端同频段的

滤波器同步增加.(数字概念:单机数量从4G的30+颗增到5G的100+颗)

② 5G高频段对滤波器性能要求非常苛刻,必须用新滤波器.(新旧并存)

**进化之路**

声表面波SAW(低端产品)

电信号→声信号→电信号输出  
①低频段表现优异,技术成熟,成本低;  
②高频段没戏;③温度变化对性能影响很大.

热补偿SAW(TC-SAW)

过渡产品,没有解决高频适用性,制作工艺和成本亦是介于中间.

体声波BAW(BAW对24GHz以上仍无能为力,前瞻技术采用毫米波MEMS滤波器)

适用于5G高频段,对温度变化不敏感,体积非常小,制作工艺和成本均高.

现状:Murata和TDK垄断SAW,Avago和Qorvo垄断BAW.(附:小基站对BAW的需求(体积)

国内(SAW低端产品毛利率并不好看,但国内产能缺口非常非常之大)

中电26所(重庆声光电):华为,中兴SAW供应商,提供军工产品,与麦捷科技合作.

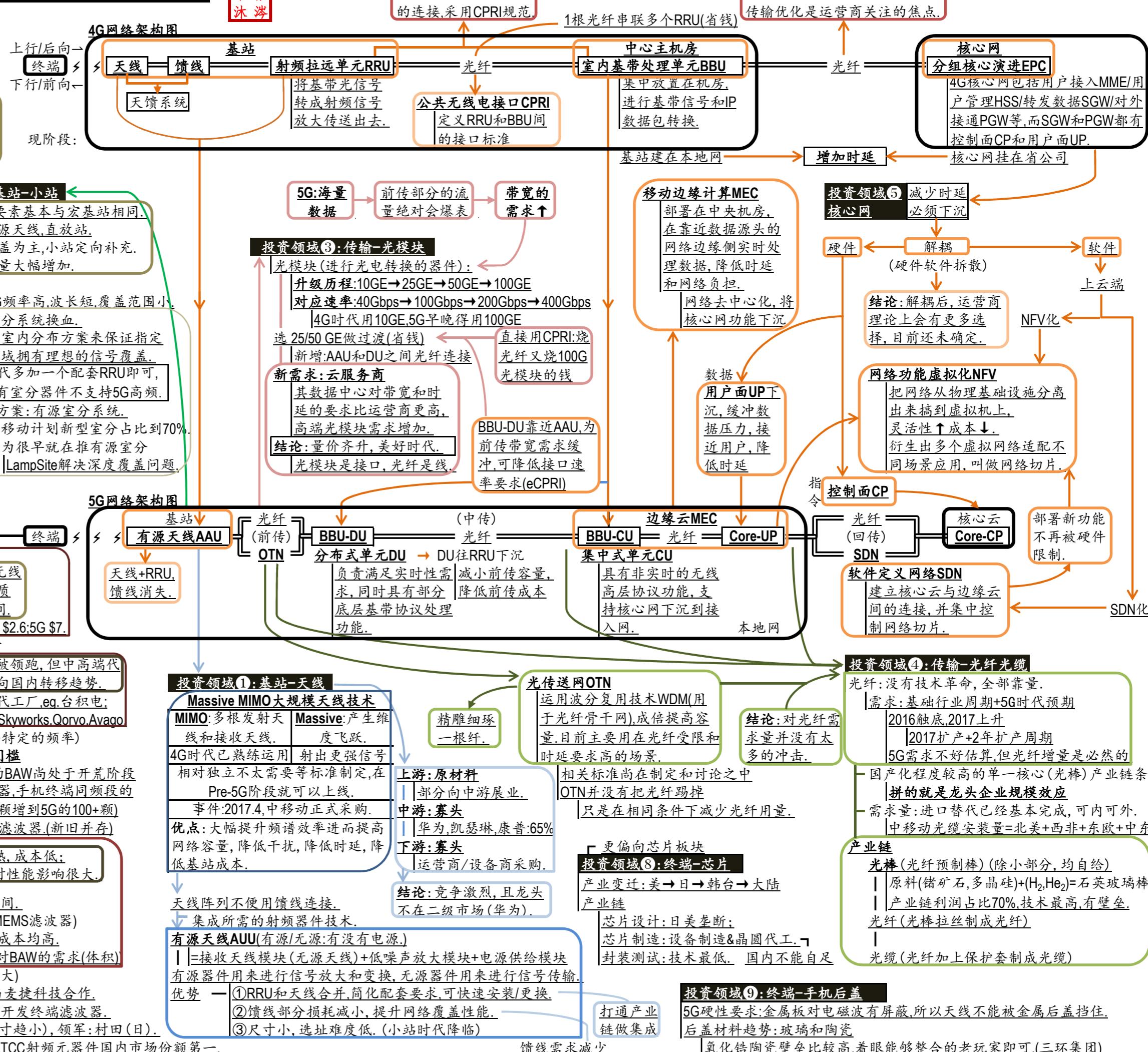
中电55所(德清华莹):有产品&技术,无市场.与信维通信合作开发终端滤波器.

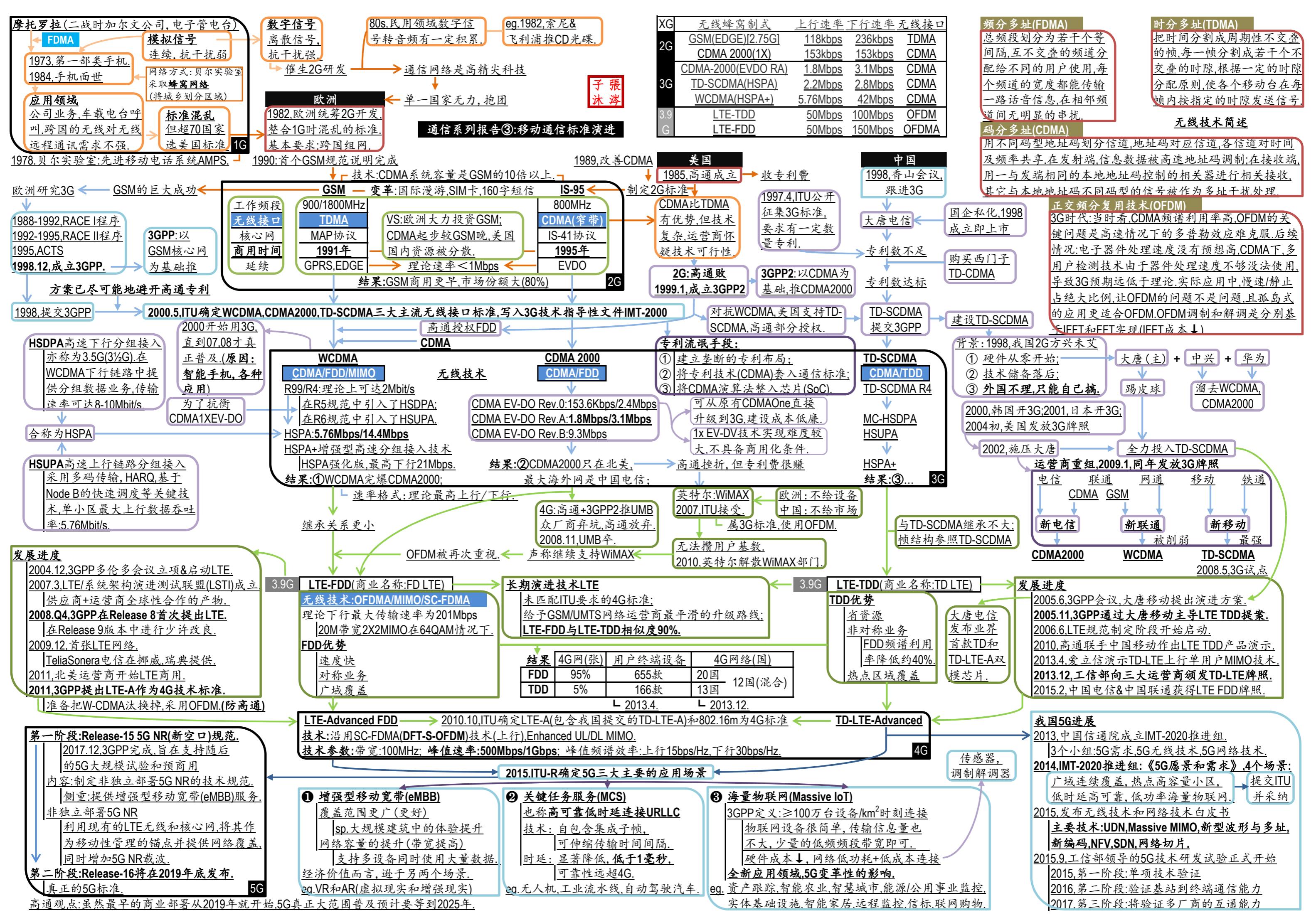
低温陶瓷共烧工艺LTCC:可理解为RF模块集成必选之路(元件尺寸趋小),领军:村田(日).

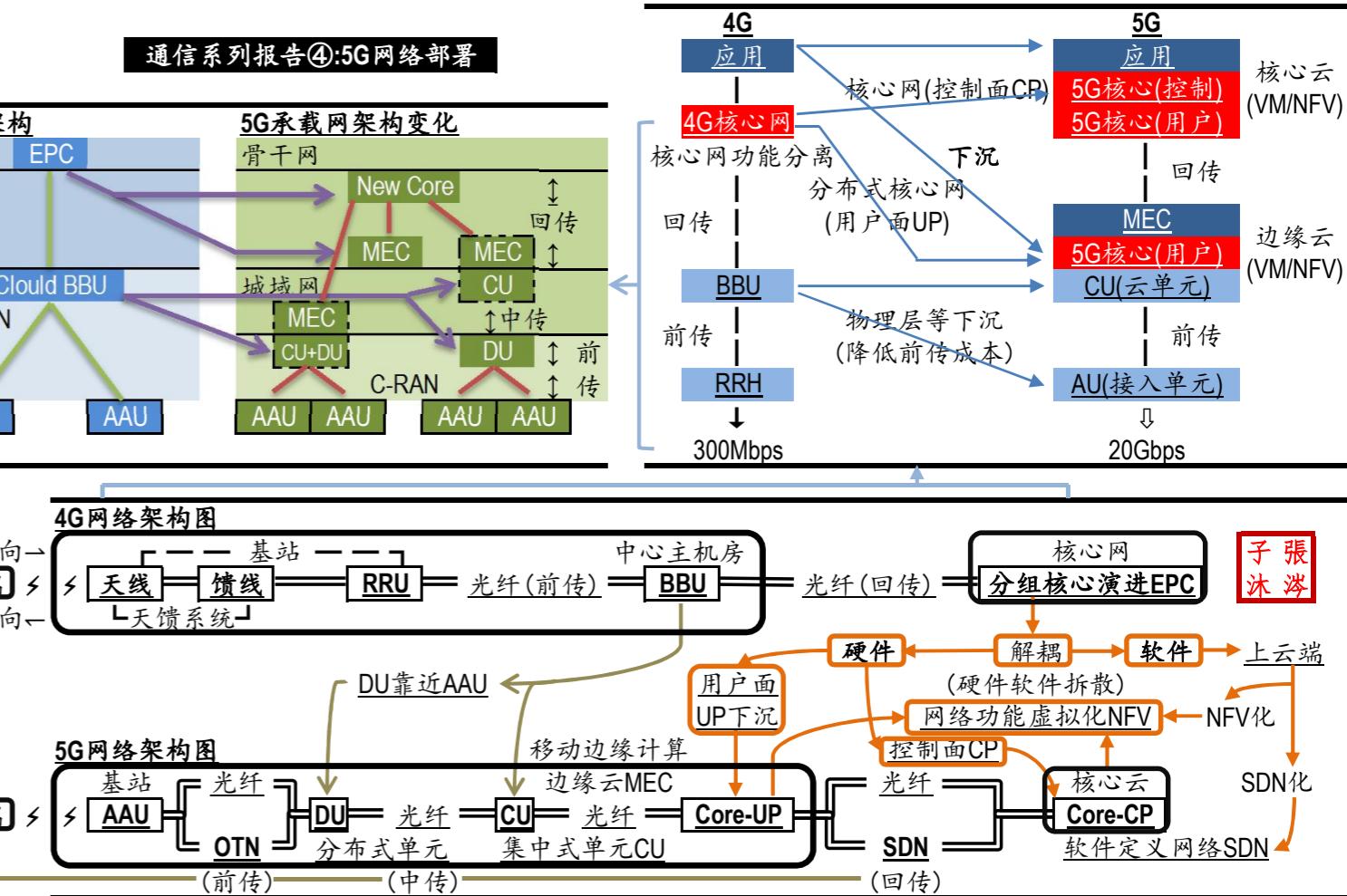
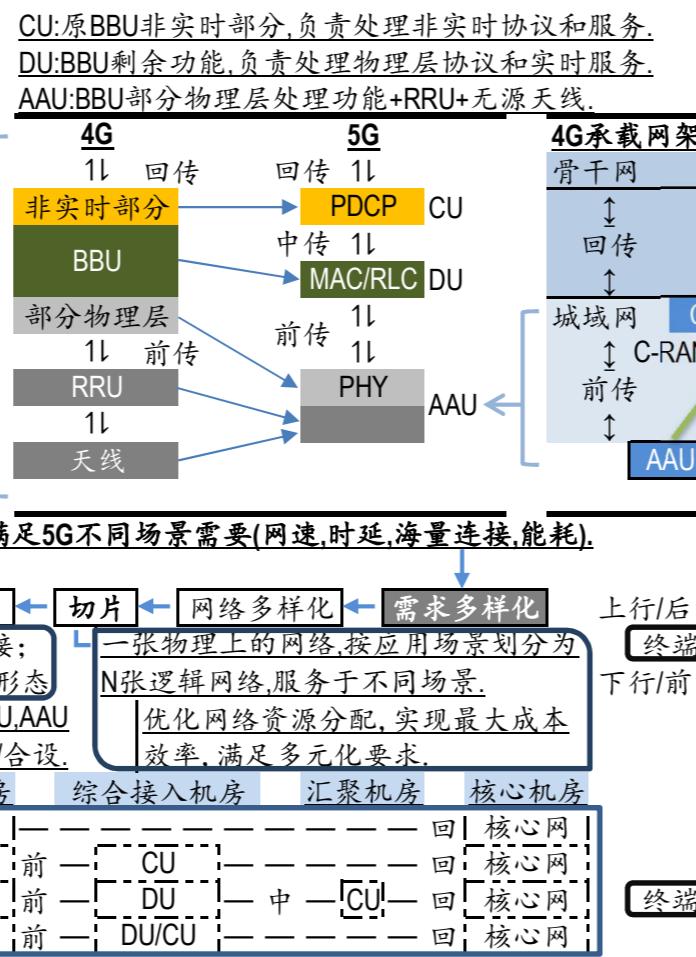
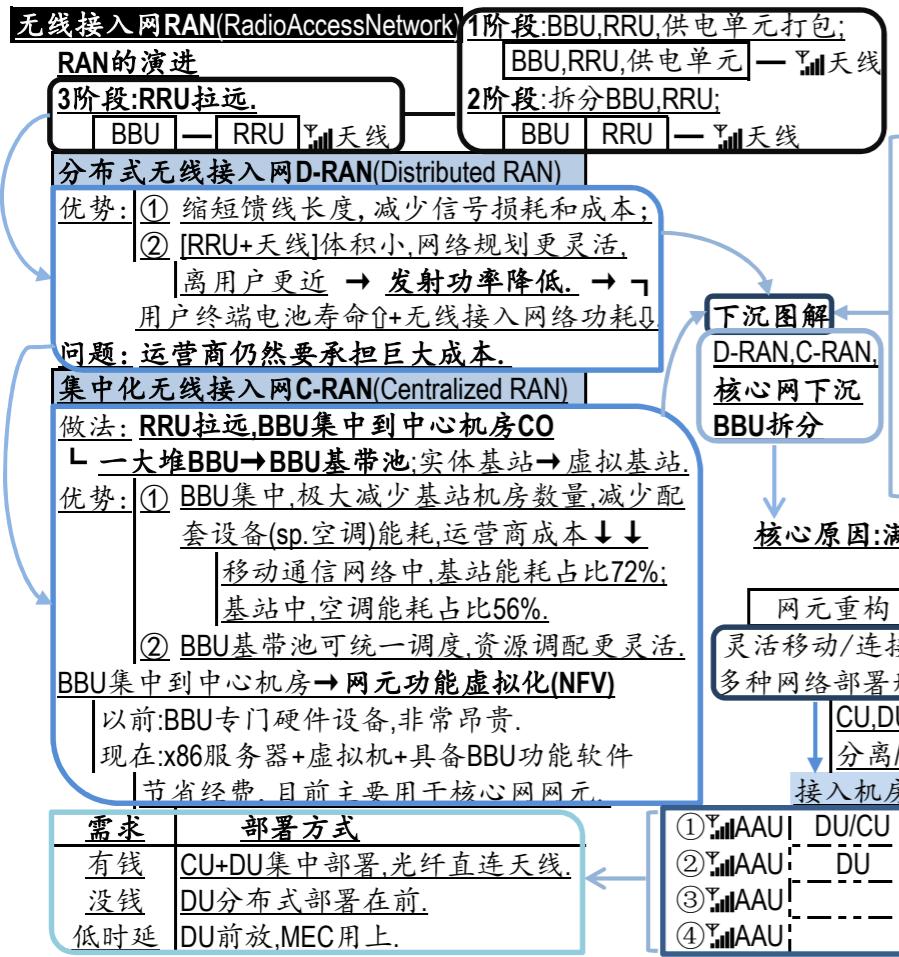
信维通信搞定射频电子材料,磁性材料和LTCC工艺;麦捷科技LTCC射频元器件国内市场份第一.

## 通信系列报告②:5G设备产业链

子张沐游







**5G承载网(前传, 中传, 回传)** (把网元的数据传到另外一个网元上)

**业界: 承载先行, (5G要满足应用场景的要求, 承载网必须升级改造.)**

**在通信设备内部, 相当于两个不同系统**

**通信系统核心**

**用户面UP:** 用户的实际业务数据, eg. 你的语音数据, 视频流数据等.

**控制面CP:** 为了管理数据走向的信令, 命令.

**前传(AAU↔DU)**

**①光纤直连方式**

AAU — DU站点

**特点:** 费钱, 5G基站&载频数量剧增, 光纤使用量也激增.

**适用:** 光纤资源丰富的区域.

**②无源WDM方式**

AAU — 彩 — DU站点

**作法:** 彩光模块安装到AAU和DU上, 通过无源设备完成WDM功能, 用一对或一根光纤提供多个AAU到DU的连接.

**彩光模块:** 光复用传输链路中的光电转换器, 也称WDM波分光模块.

**③有源WDM/OTN方式**

**作法:** 在AAU站点和DU机房中配置相应的WDM/OTN设备, 多个前传信号经WDM技术共享光纤资源.

**特点:** 较无源WDM方案, 组网更灵活(支持点对点和组环网), 光纤消耗未增加.

**OTN**

AAU — OTN — DU站点

10-20km N×10Gbs

**特点:** 节约光纤, 但运维困难, 不易管理, 故障定位较难.

**中传(DU↔CU), 回传(CU以上)**

中传&回传对承载网在带宽, 组网灵活性, 网络切片等需求基本一致, 可使用统一承载方案.

**①分组增强型OTN+IPRAN**

中传: 分组增强型OTN设备; 回传: 现有IPRAN架构.

**②端到端分组增强型OTN**

中传: 分组增强型OTN设备; 回传: 分组增强型OTN设备.

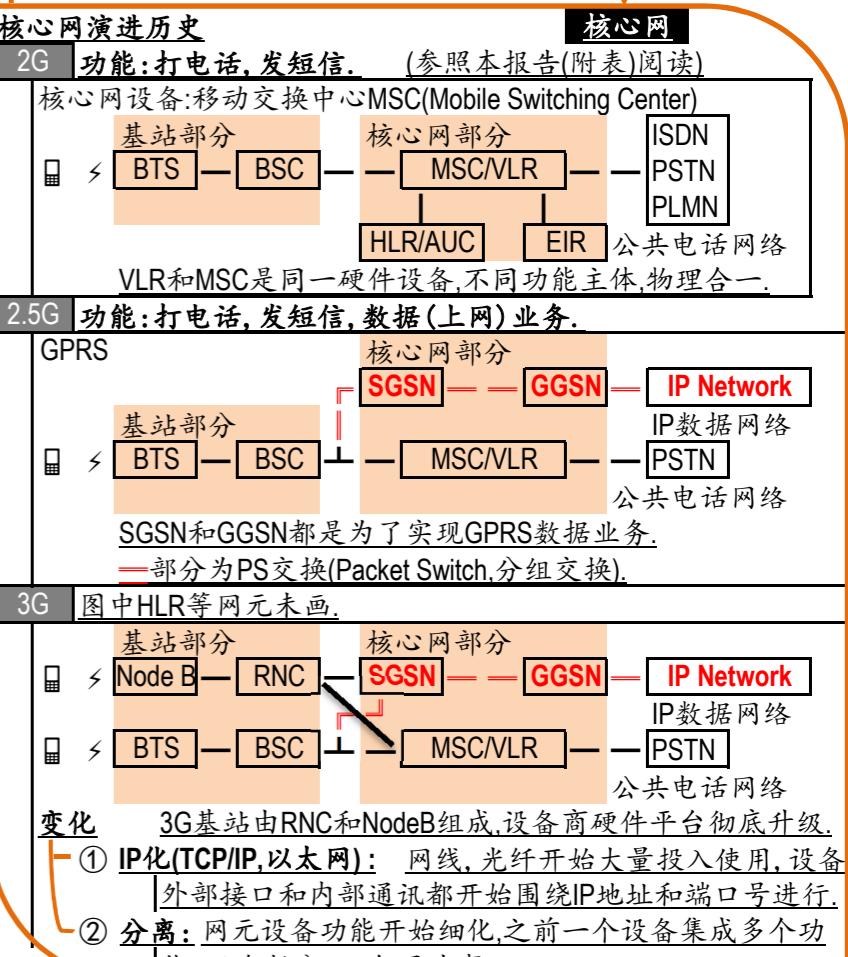
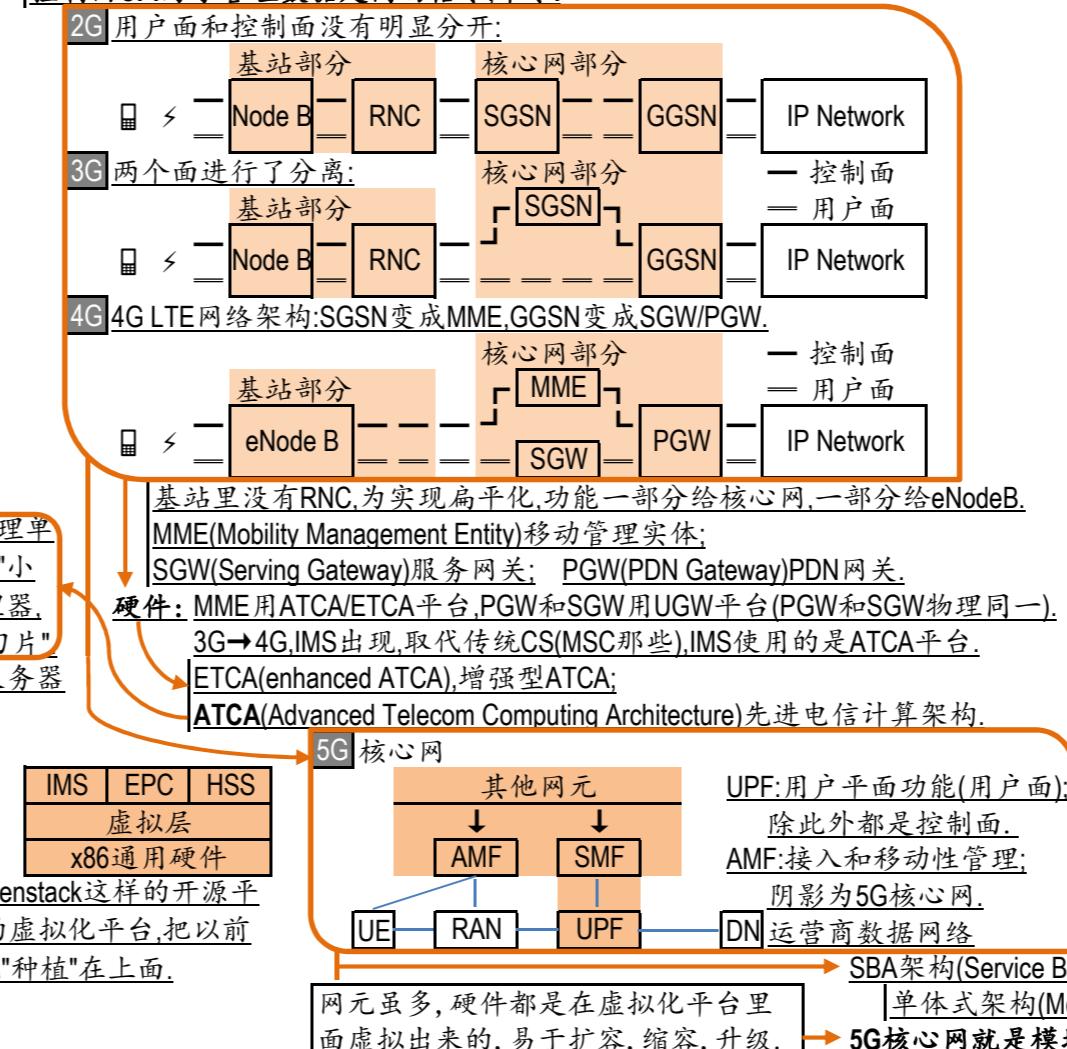
**承载网总结**

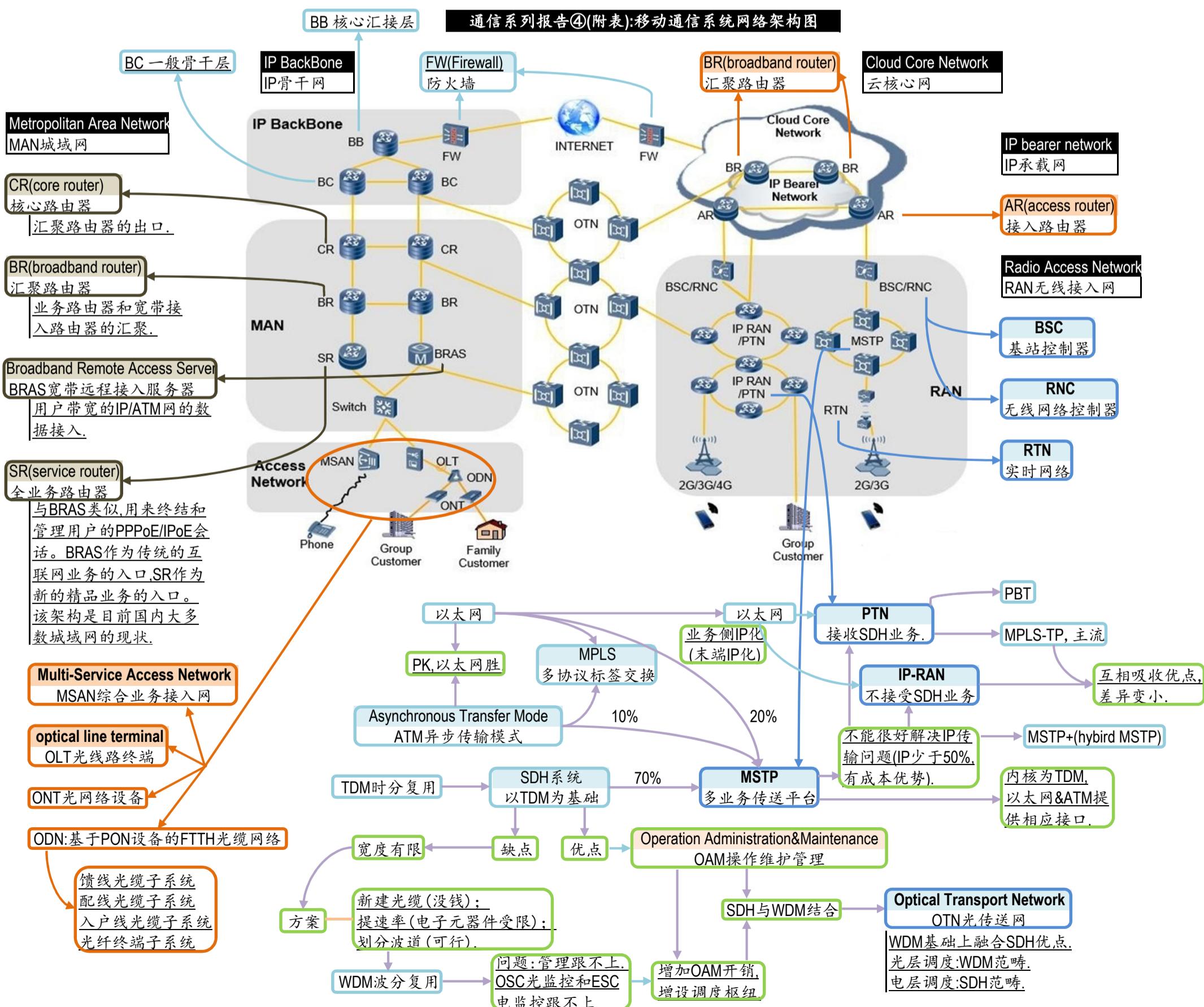
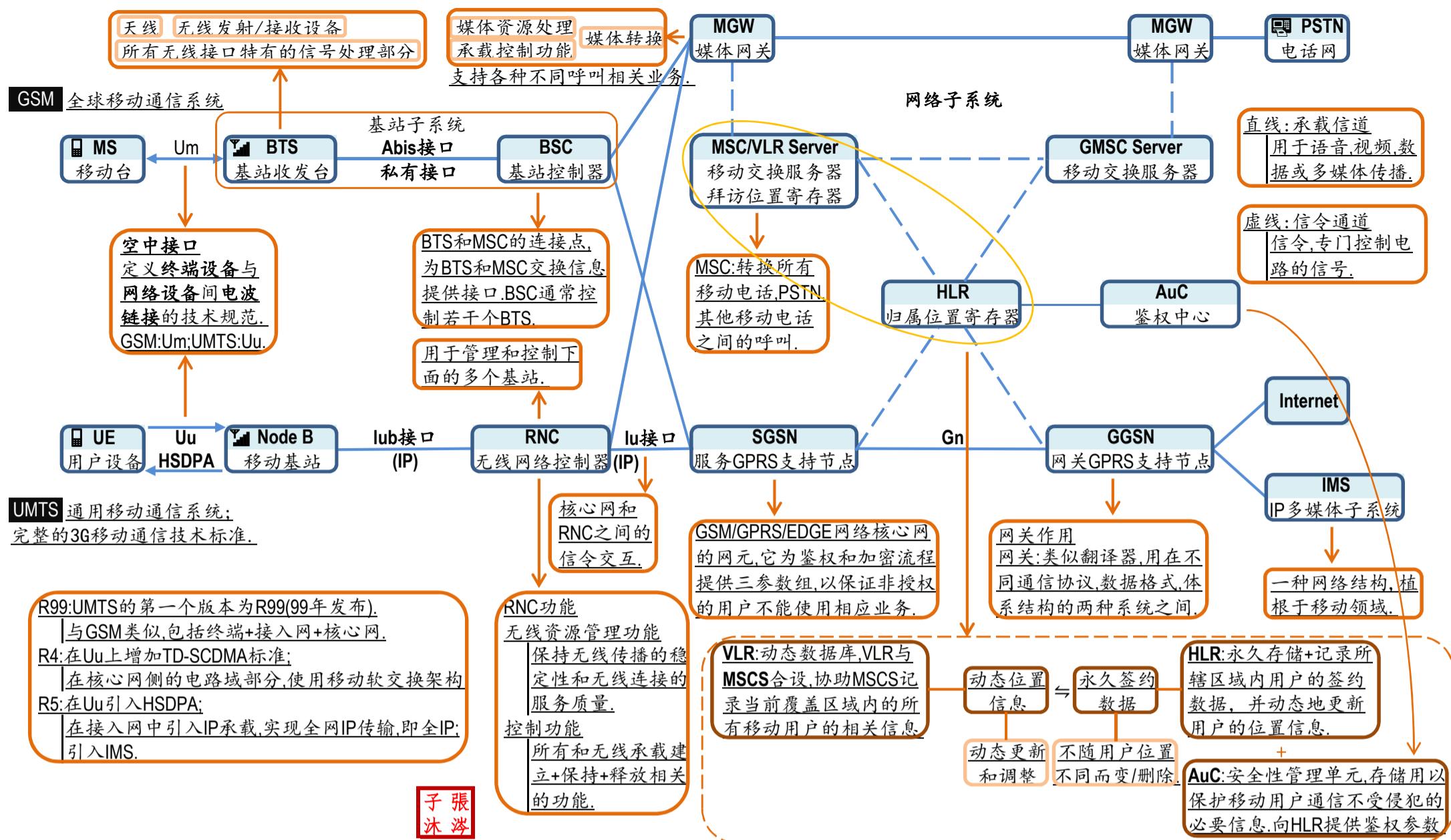
架构: 核心层采用Mesh组网, L3下沉到接入层, 实现前传回传统一.

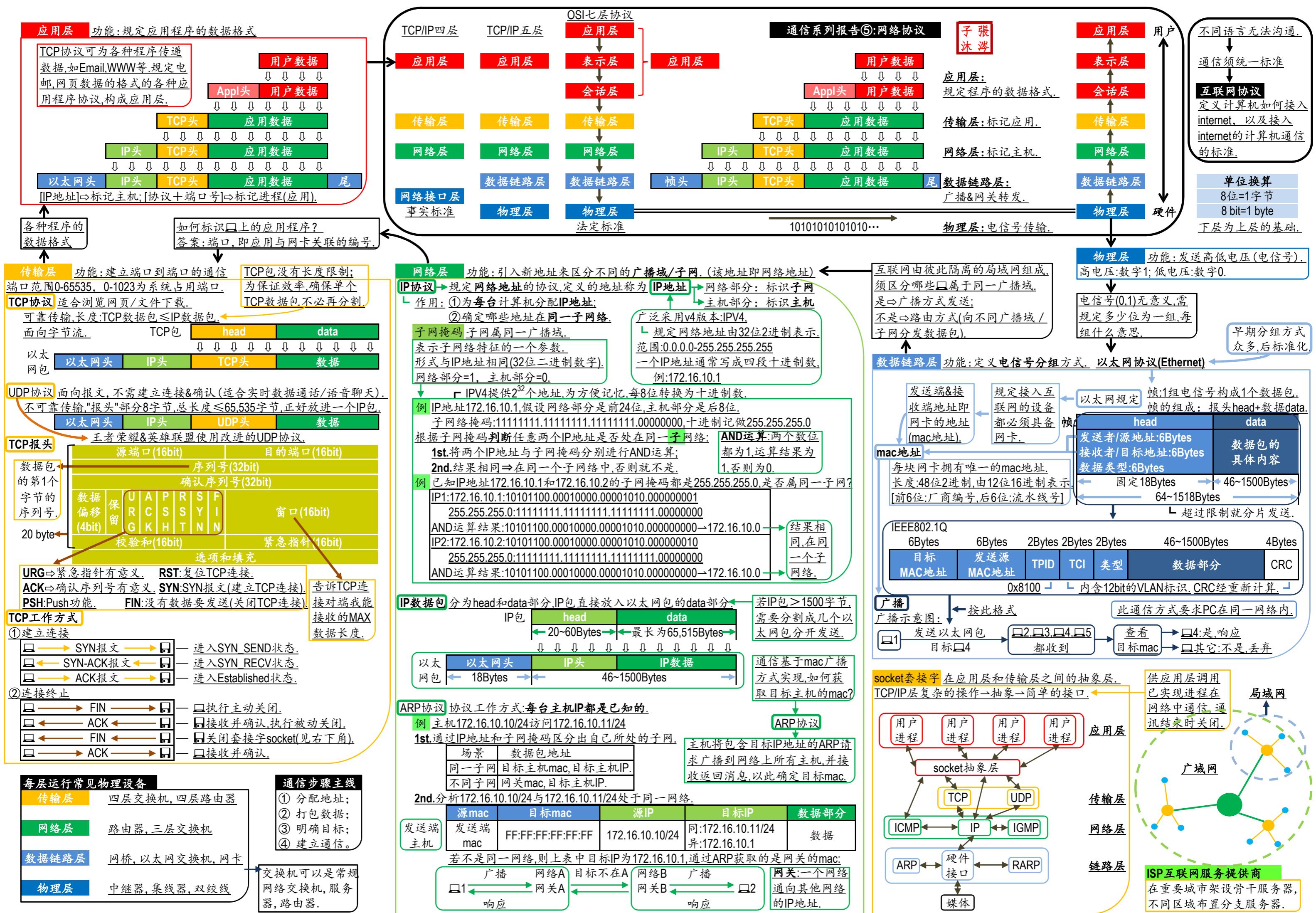
分片: 支持网络FlexE分片.

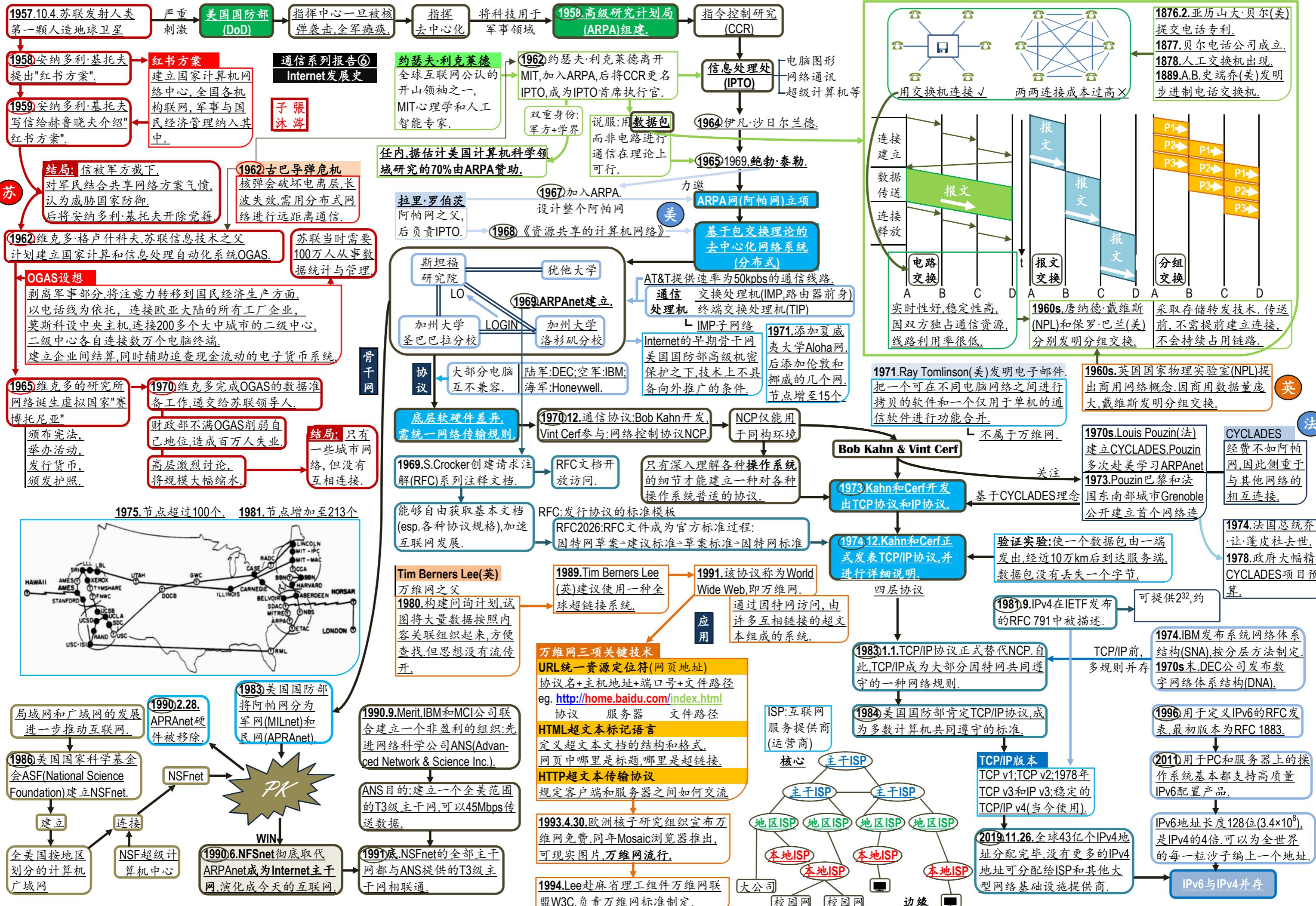
SDN: 支持整网的SDN部署, 提供整网的智能动态管控.

带宽: 接入环达到50GF以上, 汇聚环达到200GF以上, 核心层达到400GF.

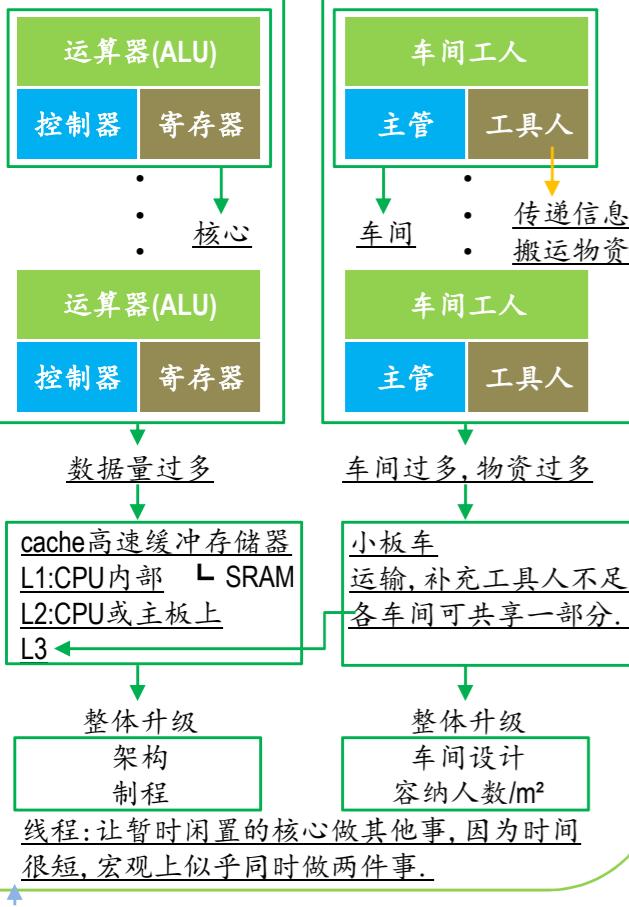








## CPU构成与原理



**北桥芯片(系统控制芯片MCH)**

位置:CPU插槽附近, 目前在CPU内部集成.  
作用:处理CPU和高速设备的数据传输, 与南桥通信等.  
高速设备:内存, PCIE显卡, 高速PCIE X16/X8端口等.

**南北桥分工原因**

PCIE直接接在CPU的PCIE控制器上.  
① CPU的PCIE控制器的PCIE通道数量有限.  
② 所有数据都去找CPU, 会极大占用CPU.  
将低速传输外包给南桥, 再通过PCIE与CPU交互.

**频率**

所有计算和存储的设备都有频率.  
例:CPU, 网卡, 显卡, 声卡等  
所有设备须保持一定频率, 协调统一.  
CPU频率:CPU每秒的同步脉冲次数.

**基础频率(base clock, BCLK)**

100MHz/133MHz  
PC的基础频率, 一切设备都要看齐.

**外频:others与BCLK统一的频率.**

外频=基础频率=100MHz

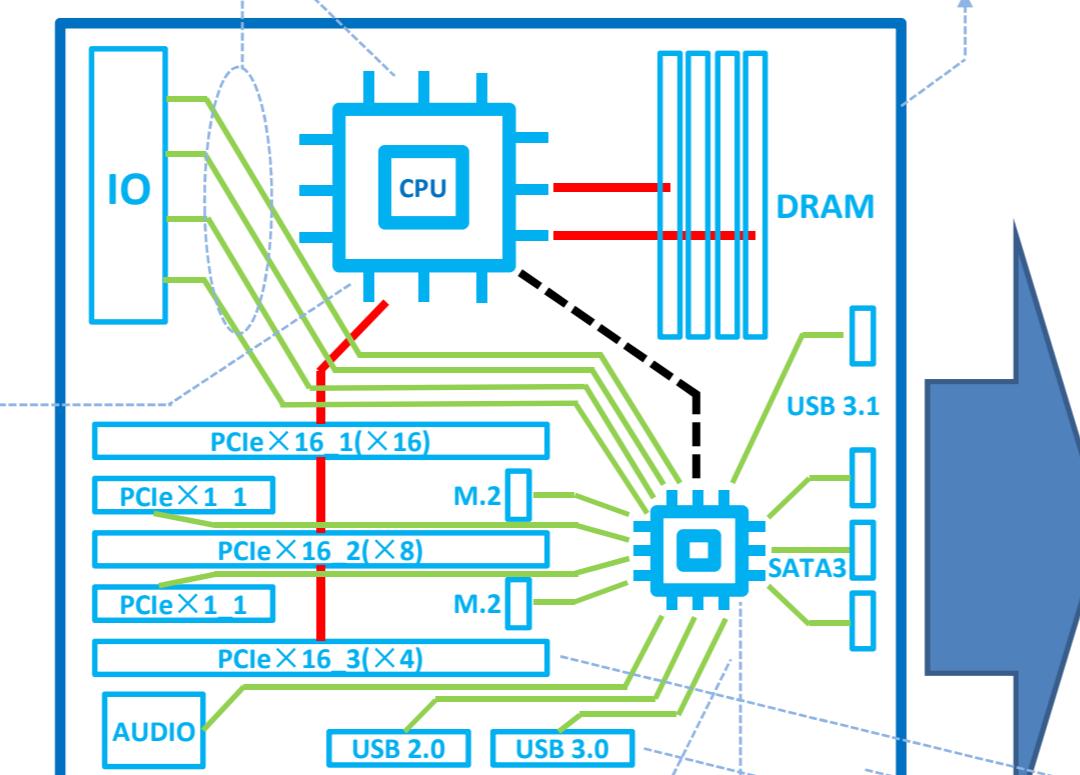
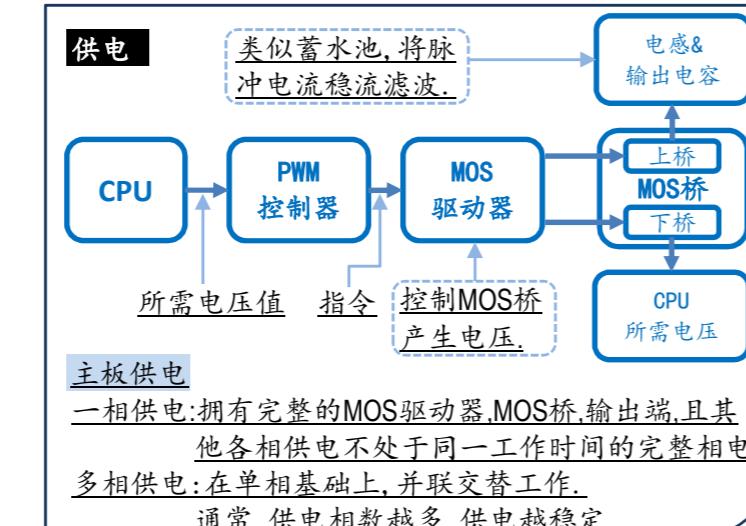
**倍频:给设备频率加倍.**

**CPU主频=外频×倍频**

CPU频率提升, 为与BCLK统一, 进行加倍.  
与外部设备协调:按外频工作.  
内部运算:按主频运算.

**超频条件**

CPU不锁频, 主板具备超频功能.  
更好的主板电源+散热.  
一般只动倍频, 这样只涉及CPU.



**南桥芯片(INTEL:ICH;NVIDIA:MCP;ATI:IXP/SB;AMD:FCH.)**

位置: 主板右下方.  
作用: 处理低速信号, 通过北桥与CPU联系, 负责I/O数据.  
低速设备: 硬盘, USB, 声卡, 网卡, 光驱等.  
地位: 目前主板上最重要的芯片组, 只有CPU厂商在做.  
INTEL PCIE协议的M.2固态接口也是通过南桥和CPU连接.  
AMD RYZEN通过PCIE×4通道直连CPU.

**显卡核心频率与外频无关**

显卡通过PCIE连接CPU.  
有关系的是PCIE通信部分.  
显存与外频也无关.

**内存外频异步工作**

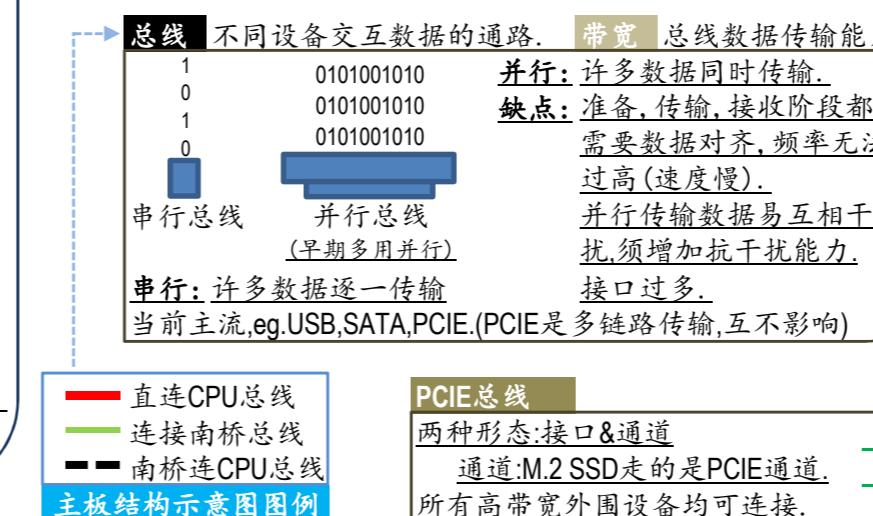
为提高电脑性能:  
内存的外频比CPU基础频率高33.33...  
内存的外频: 133.33...  
内存频率与基础频率异步运行  
内存速度转化比率  
只能读出无法写入.  
随机存取存储器(Random Access Memory, RAM)  
DRAM为内存, SRAM为cache.

**BIOS芯片(基本输入输出系统)**

性质: 电脑开机的第一个应用程序.  
位置: 存放在主板的只读存储器.  
包含: 系统启动程序, 硬件设备驱动程序, 硬件接口设备驱动程序.  
作用: 检测主板硬件是否正常工作, 带领CPU识别它们, 再读取存储器中的操作系统引导文件, 进入系统.

**注释**

只读存储器(Read-Only Memory, ROM)  
随机存取存储器(Random Access Memory, RAM)  
DRAM为内存, SRAM为cache.



### PCIE总线

两种形态: 接口&通道

通道: M.2 SSD走的是PCIE通道.

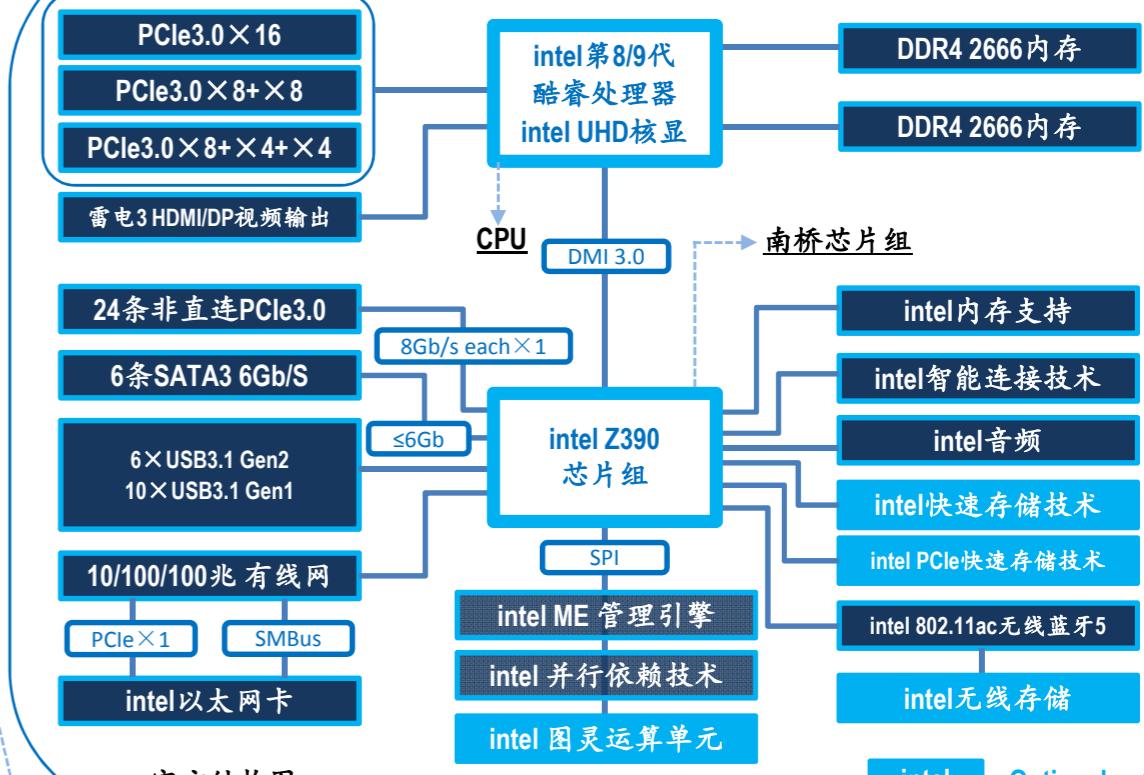
所有高带宽外围设备均可连接.

PCIE总线的带宽是按长度计算:

PCIE×1/2/4/8/16

	x1	x2	x4	x8	x16
PCI-e 1.0	250MB/S	500MB/S	1GB/S	2GB/S	4GB/S
PCI-e 2.0	500MB/S	1GB/S	2GB/S	4GB/S	8GB/S
PCI-e 3.0	1GB/S	2GB/S	4GB/S	8GB/S	16GB/S
PCI-e 4.0	2GB/S	4GB/S	8GB/S	16GB/S	32GB/S

### INTEL Z390 CHIPSET BLOCK DIAGRAM



**插槽** 为对应硬件提供数据连接和电力供给.(PCIe×16表示有16个通道)

CPU插槽 → CPU → INTEL, AMD

内存插槽 → DRAM → DDR4/DDR5 → 三星, SK海力士, 美光.

PCIE插槽 装显卡: 靠近CPU的插槽 → GPU → 显卡 → AMD, NVIDIA.

装其它: 声卡, 网卡, 采集卡等.

M.2固态硬盘插槽(兼容SATA和PCIE) → NAND → SSD → 三星, 铠侠, 西数, 美光, INTEL

雷电3: 最高带宽40GB/S(南北桥用DMI总线连接, 带宽上限4GB/S)

### 接口

**IO**

USB-A, USB-C

声卡

网卡

SATA → HDD/SSD

### PCB板

为应对高频总线, 主板须设计多层结构(6-10层以上), 并升级PCB工艺.

### 主板(或称母板)

组成: PCB, 芯片组, 拓展插槽, 接口,

供电、散热、灯带等构成.

等: PCB里的走线、电容、电感、电阻等

除GPU、硬盘SATA外, 都由主板供电

三大厂商: 华硕ASUS, 微星MSI, 技嘉GIGABYTE.

### 计算机系列报告①

硬件: 主板

子张沐澐