

华西电子团队一走进“芯”时代系列深度之三十六“功率&化合物”

# 扩容&替代并重，化合物布局长远

孙远峰/王海维/王臣复/郑敏宏

SAC NO: S1120519080005

2020年12月13日

请仔细阅读在本报告尾部的重要法律声明

## 本土配套完善，进口替代延伸至白电工控汽车领域

【重点推荐】：华润微、斯达半导、三安光电、扬杰科技、中环股份（电新联合覆盖）、北方华创，等等

【重点受益】：新洁能、士兰微、中芯国际（代工）、华虹半导体（代工），等等

风险提示：中美贸易进一步恶化；5G建设低于预期、技术产品创新低于预期；行业竞争加剧。

➤ **国内产业链已构建基本配套环境，进口替代提速：**我们认为，目前功率半导体国产供应商已构建基本配套环境，设计、制造、封测到模块均相对健全。从设计环节来看，以IGBT为例，目前全球最领先的英飞凌已经更新迭代至第七代，国内公司与英飞凌的差距大概逐渐缩短至一代以内，并且由于整个IGBT技术更新迭代速度相对缓慢基本接近硅材料的极限，随着国内企业不断加强研发投入提升自身技术和产品水平，有望进一步缩短与海外龙头的差距；从制造环节来看，国内目前已具备4/6/8英寸产能，并以华虹半导体/士兰微/华润微等为代表的公司预计会增加12英寸产能，专注特色工艺；从终端产品环节来看，目前在二极管整流桥、MOSFET、IGBT及IPM模块等均已具备稳定的供货能力，同时从设备和材料环节来看瓶颈不明显。我们认为，国产配套能力逐步增强下预计功率器件板块进口替代有望提速。

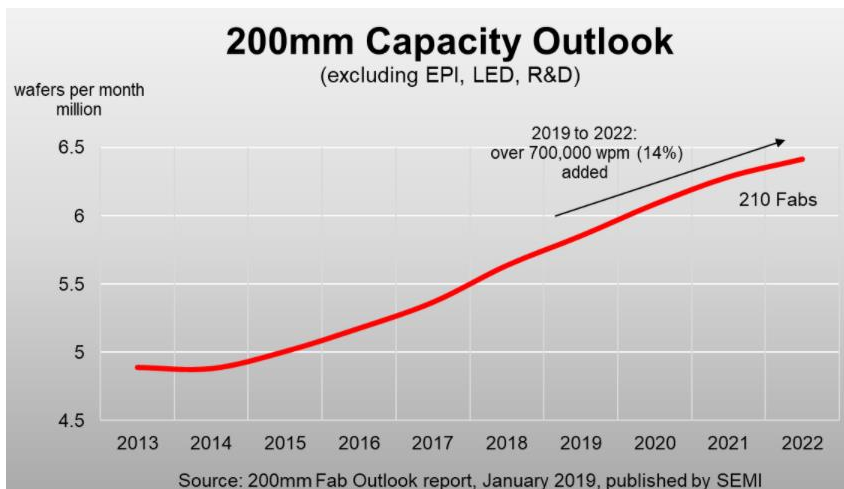
➤ **下游客户对国产核心供应商需求强烈，替代领域延伸至工控汽车白电等高门槛领域：**根据我们产业链研究，此前国产功率器件多数应用于电源、LED照明、光伏等领域，随着中美贸易的摩擦带来产业链稳定供货的不确定性，终端客户都在寻求本土战略合作伙伴。以白色家电板块为例，2019年是国产品牌替代的元年，目前国内例如士兰微、华润微等在变频空调、冰箱等领域逐渐取得突破。伴随国产功率器件产品、技术能力的提升，依托与本土终端客户的产业链合作，将替代领域不断延伸至手机配套、家电、汽车和工业等领域。此外，在化合物半导体板块，SiC系列产品预计随着新能源汽车加速渗透市场空间不断扩大，而GaN在功率器件板块更多应用于电源包括快充领域，此外GaN还应用于射频领域，随着5G基站的大规模建设以及产业链的逐步成熟，预计到2025年GaAs市场份额基本维持不变，GaN有望替代大部分LDMOS份额，占据射频器件市场50%左右的份额。

- 从供需关系看8寸景气度持续
- 应用端看“功率半导体”
- 产品端看“进口替代”，及其空间
- 化合物半导体积极卡位
- A股功率半导体公司对比分析
- 风险提示

# 全球200mm总产能增加有限

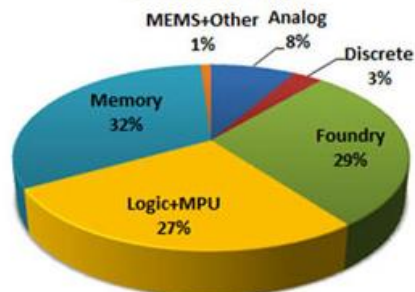
2022年，8寸每月产能约650万片

全球IC晶圆制造厂各size占比 (%)



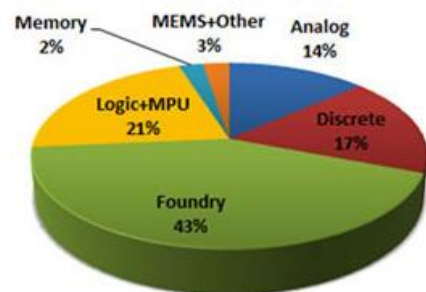
Capacity 200mm Fabs in 2006

5.47 million wpm



Capacity 200mm Fabs in 2018

5.43 million wpm

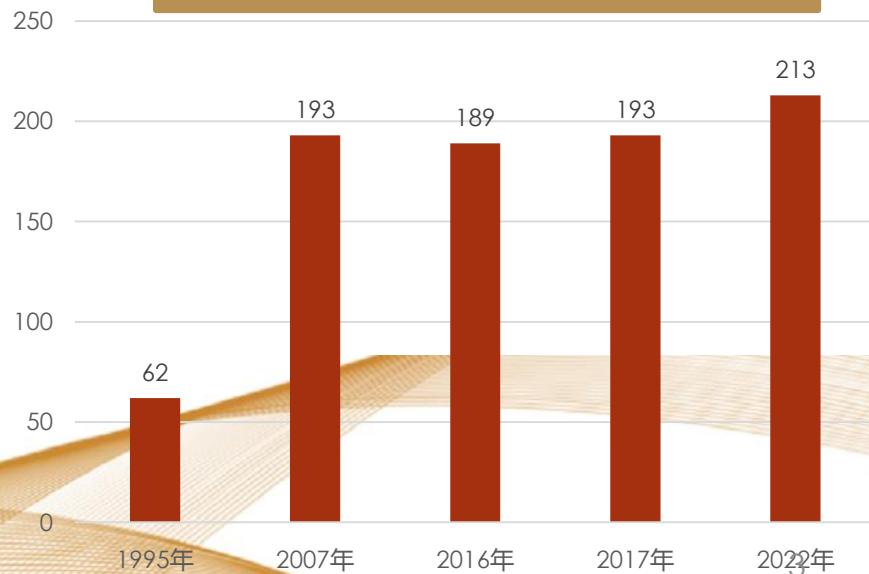


Source: Global 200mm Fab Outlook report to 2018, SEMI

资料来源：SEMI、华西证券研究所

资料来源：SEMI、华西证券研究所

全球8寸产线数量 (个)



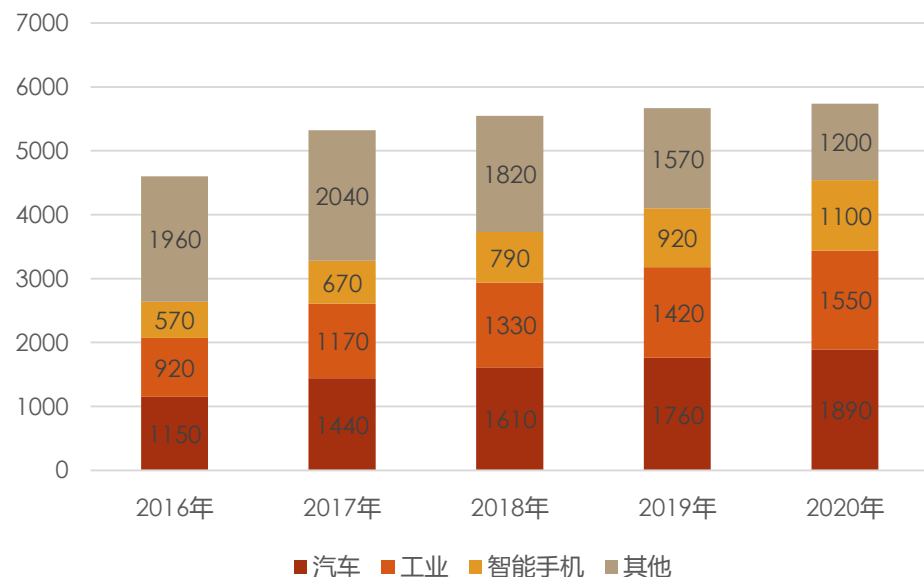
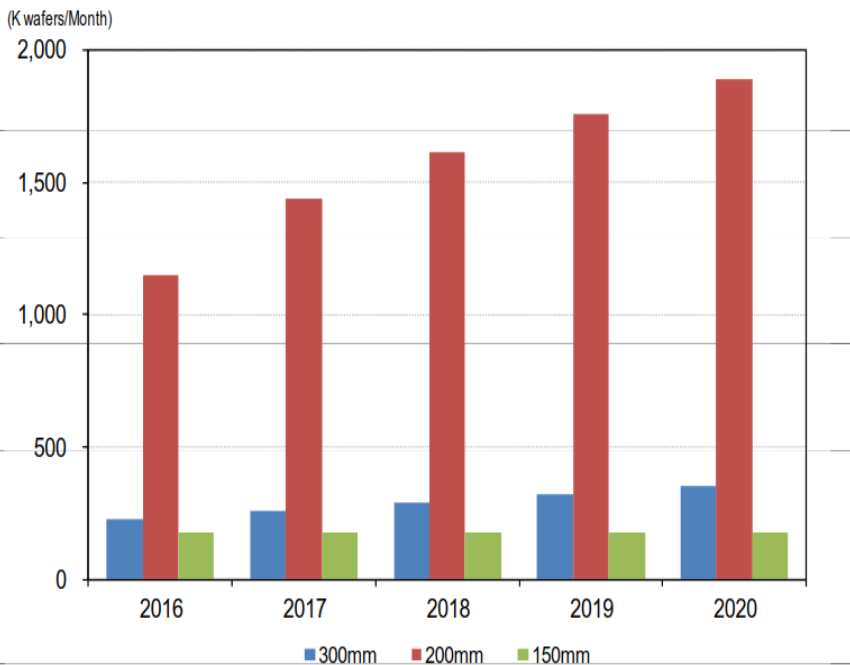
资料来源：SEMI、华西证券研究所

- 过去几年晶圆制造工厂更倾向于投资扩产300mm (12寸) 产线，200mm (8寸) 产能扩张较少；IC Insights数据指出，19年12寸晶圆制造产能占比预计突破70%；
- 200mm晶圆厂是较老的设施，可在350nm至90nm的成熟节点上处理芯片。从产品结构来看，“代工+分立器件+模拟+MEMS”产品占比显著提升，“存储器”占比显著下降，主要系转移至12寸Fab；
- 部分产品在8寸产线中完成性价比/稳定性等更高，从全球市场的角度来看，**电源相关产品，例如电源管理IC (PMIC) 和分立器件，以及RF开关，MCU和显示驱动器IC**仍然是200mm制造的主要支柱，**MEMS也将保持在200mm**

# 8寸下游应用：汽车/智能手机/工业

### 汽车领域以200mm（8寸）晶圆为主（千片/月）

### 200mm（8寸）晶圆下游应用分类（千片/月）



资料来源：SUMCO、华西证券研究所

资料来源：SUMCO、华西证券研究所

◆ 汽车领域也是如此，BMW i3芯片数量为545片，其中484片均采用200mm及以下晶圆制造；

◆ 200mm下游需求持续增长（车用电子、物联网、消费电子（5G带来PMIC、射频器件等需求增加）等），供给由于设备采购以及成本等因素无法快速扩张；预计“Gap”会逐渐增加；

# 联电：20Q2以来8寸产能持续满产

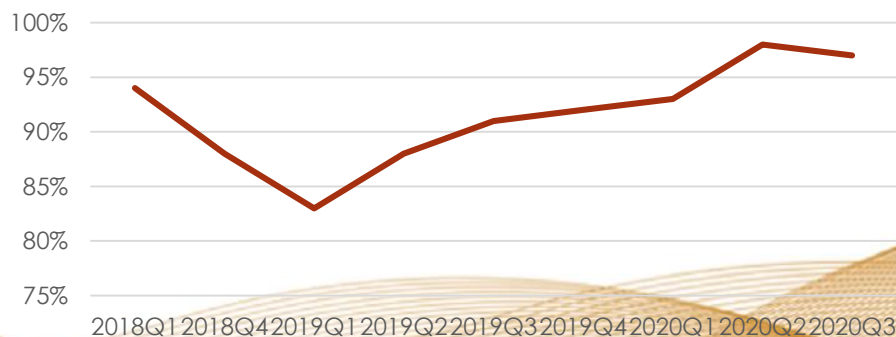
## 联电：2020年Q1~Q4产能（千片）持续满产

单位：千片

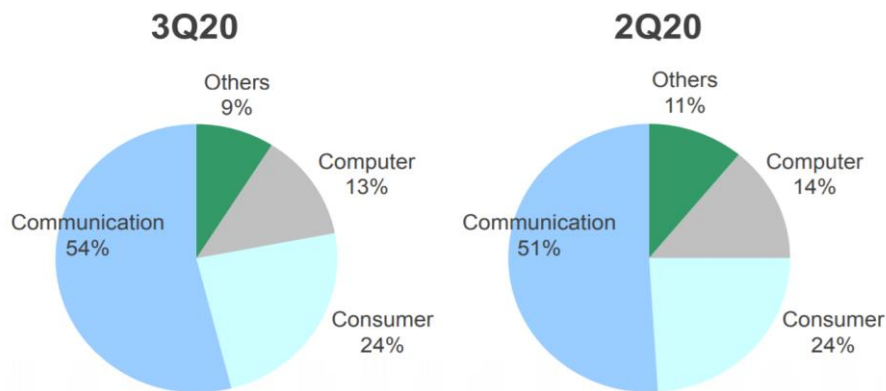
FAB		109年 第一季	109年 第二季	109年 第三季	109年 第四季
WTK (6")		92	93	93	93
Fab8A (8")		200	201	201	201
Fab8C (8")		112	113	113	113
Fab8D (8")		92	93	93	93
Fab8E (8")		112	113	113	113
Fab8F (8")		121	122	122	122
Fab8S (8")		93	93	93	93
Fab8N (8")		228	230	230	230
Fab12A (12")		260	261	261	261
Fab12i (12")		154	155	160	160
Fab12X (12")		52	53	56	57
Fab12M (12")		97	98	98	98
合計 (8" eq.)		2,278	2,291	2,308	2,311

## 联电：2018Q4~2020Q3产能利用率

产能利用率 (%)



## 联电：2020Q2和2020Q3 下游应用领域



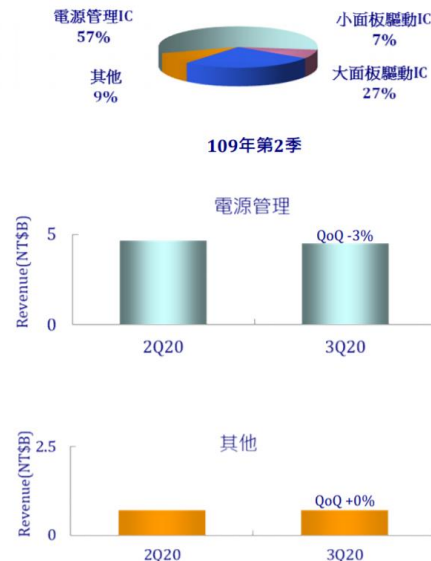
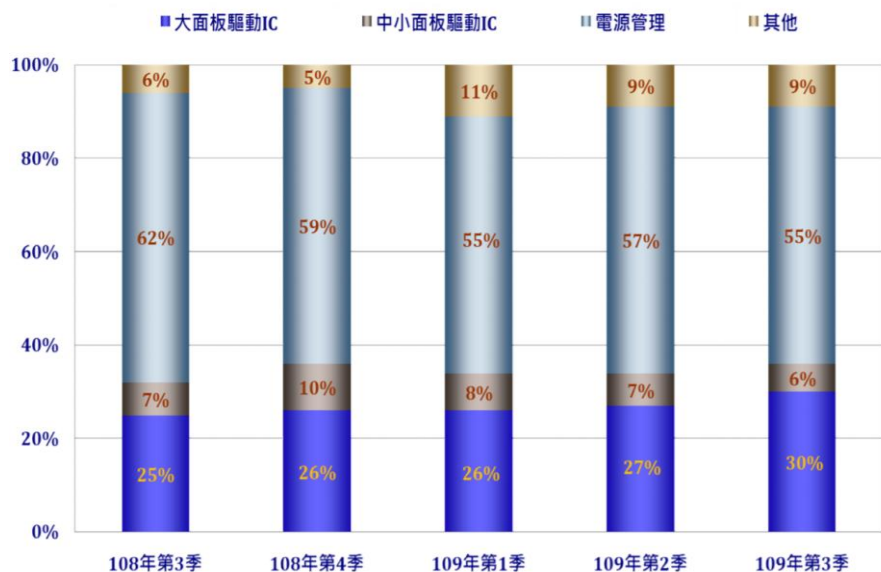
- **联电法说会**：今年8寸晶圆定价已经确定（从公司公开Q3 ASP也能看出并未出现明显涨幅），但是急单和新增订单价格将有调涨；

### 联电调涨8寸晶圆代工价格

背景	疫情带来远程办公，笔电，平板等终端装置热卖，智慧物联网相关需求大， <b>联电大尺寸面板驱动IC、电源管理芯片、MOS</b> 等客户投片量逐月攀升，8寸产能供不应求
涨价内容	平均涨幅 <b>5%~10%</b> ，今年11月份投片的客户开始适用新价格
效益	急单价格另谈，采【价高者得】方式分配产能 由于8寸设备已经折旧完毕，联电Q4有望再上一个台阶，创近年来单季度高峰

# 世界先进：聚焦电源管理IC与面板驱动IC

## 世界先进：产品组合（大面板驱动IC占比提升）



## 世界先进：20Q3出货量65.3万片

单位: 新台幣 百萬元

	109年第三季	109年第二季	108年第三季
	金額	金額	金額
營業收入淨額	8,344	8,227	7,127
淨利	1,527	1,482	1,496
每股盈餘 (元)	0.93	0.90	0.90
現金、約當現金及金融資產	10,799	14,798	10,956
權益	28,034	26,619	28,432
出貨片數 (仟片)	653	645	526

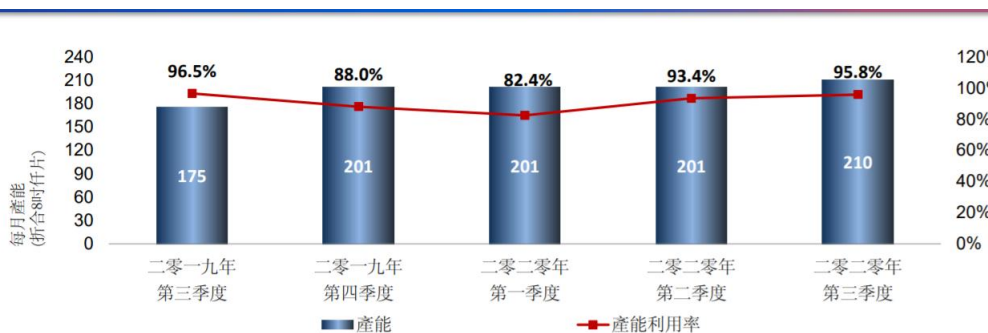
### ➤ 世界先进法说会：

世界先进董事长方略表示，下半年8寸晶圆代工需求将持续强劲，由于大尺寸及小尺寸面板驱动IC、电源管理IC及功率元件等全面成长，预计8寸晶圆代工市场产能供不应求将持续至明年，因此公司决定扩增新加坡厂每月1万片产能。

# 华虹：8寸持续满产

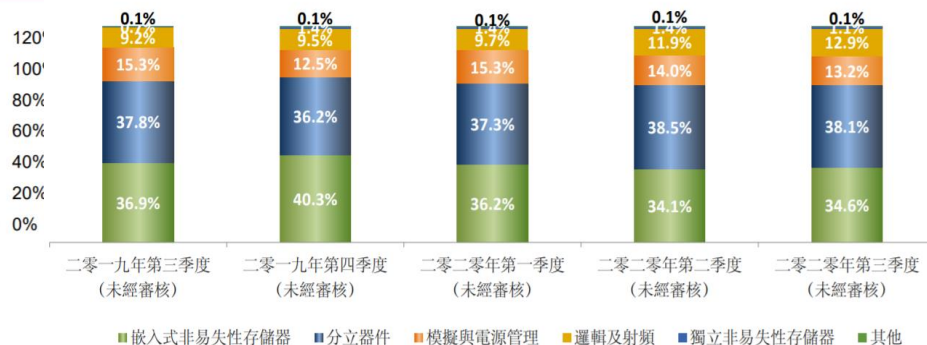
## 华虹：2019Q3~2020Q3产能及产能利用率

➤ 华虹半导体2020年Q3业绩报告显示，公司整体产能利用率达到93.4%，环比提升11%。华虹目前拥有4家晶圆厂，华虹官网表格（如下）显示，公司8寸晶圆代工厂月产能17.8万片，产能利用率高达102.4%。在IGBT、超级结MOS、MCU和CIS等多项产品的市场需求推动下，8寸整体产能持续满产



千片晶圆每月	二零一九年 第三季度	二零一九年 第四季度	二零二零年 第一季度	二零二零年 第二季度	二零二零年 第三季度
1号晶圆厂 (200mm)	65	65	65	65	65
2号晶圆厂 (200mm)	60	60	60	60	60
3号晶圆厂 (200mm)	50	53	53	53	53
7号晶圆厂 (300mm)	-	10	10	10	14
<b>总估计月产能 (折合8吋)</b>	<b>175</b>	<b>201</b>	<b>201</b>	<b>201</b>	<b>210</b>
付运晶圆	524	515	463	523	577
产能利用率 <sup>(1)</sup> (200mm)	96.5%	92.5%	91.9%	100.4%	102.0%
产能利用率 (300mm)	不适用	31.6%	6.9%	38.3%	56.4%
<b>总产能利用率</b>	<b>96.5%</b>	<b>88.0%</b>	<b>82.4%</b>	<b>93.4%</b>	<b>95.8%</b>

(1)产能利用率按月度产出晶圆总量除以估计月度产能计算。



	二零二零年第三季度 (未经审核)		二零一九年第三季度 (未经审核)		同比	
	百万美元	%	百万美元	%	百万美元	百分比
嵌入式非易失性存储器	87.4	34.6%	88.2	36.9%	(0.8)	(0.9)%
分立器件	96.2	38.1%	90.3	37.8%	6.0	6.6%
模拟与电源管理	33.5	13.2%	36.5	15.3%	(3.0)	(8.2)%
逻辑及射频	32.7	12.9%	22.0	9.2%	10.7	48.5%
独立非易失性存储器	2.8	1.1%	1.8	0.7%	1.0	59.8%
其他	0.4	0.1%	0.3	0.1%	0.1	45.3%
<b>销售收入总额</b>	<b>253.0</b>	<b>100.0%</b>	<b>239.0</b>	<b>100.0%</b>	<b>14.0</b>	<b>5.9%</b>

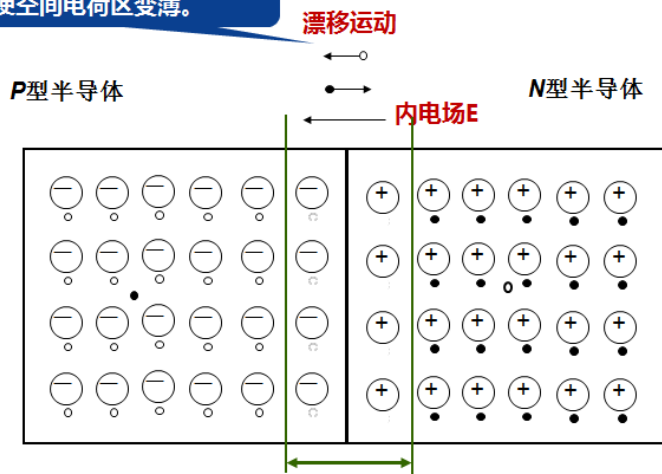
- 从供需关系看8寸景气度持续
- 应用端看“功率半导体”
- 产品端看“进口替代”，及其空间
- 化合物半导体积极卡位
- A股功率半导体公司对比分析
- 风险提示

# PN单向导电性工作原理

- 在同一片半导体基片上，分别制造P型半导体和N型半导体，经过载流子的扩散，在它们的交界面处就形成了PN结；
- 二极管电路符号：
- **PN结具备单向导电性**



内电场越强，就使漂移运动越强，而漂移使空间电荷区变薄。

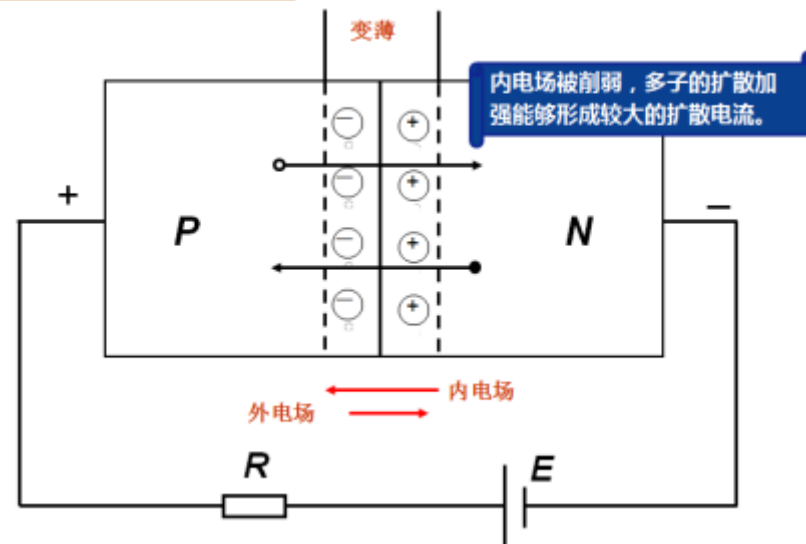


空间电荷区，也称耗尽层。

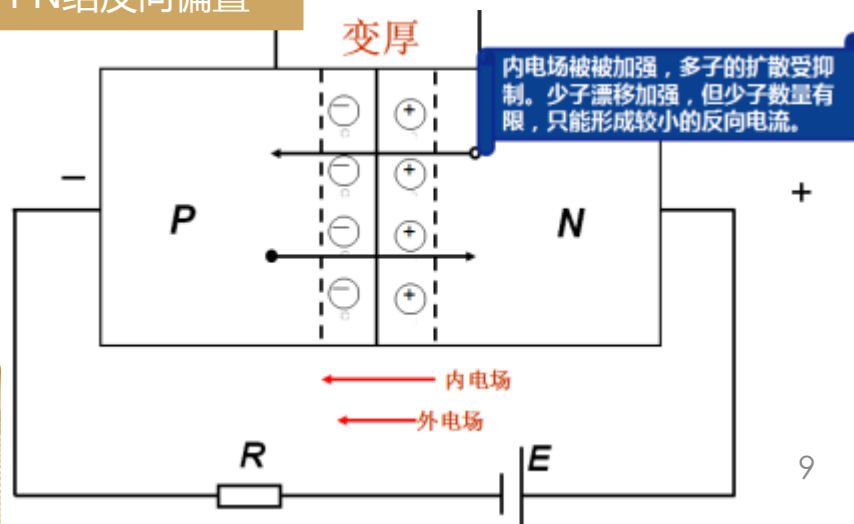
扩散运动

扩散的结果是使空间电荷区逐渐加宽，空间电荷区越宽。

## PN结正向偏置



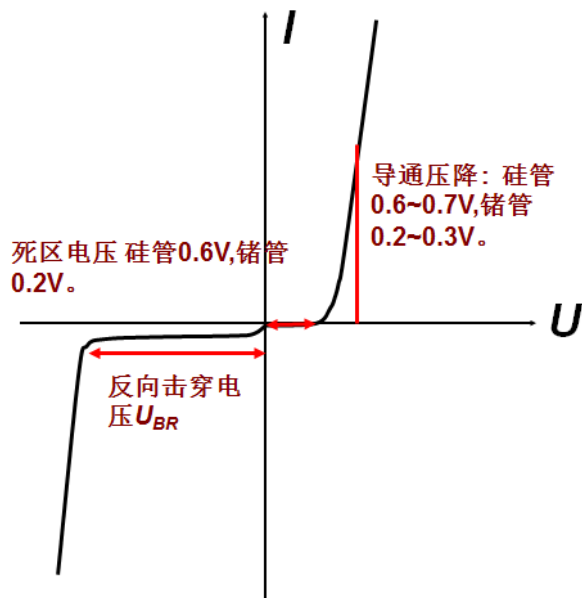
## PN结反向偏置



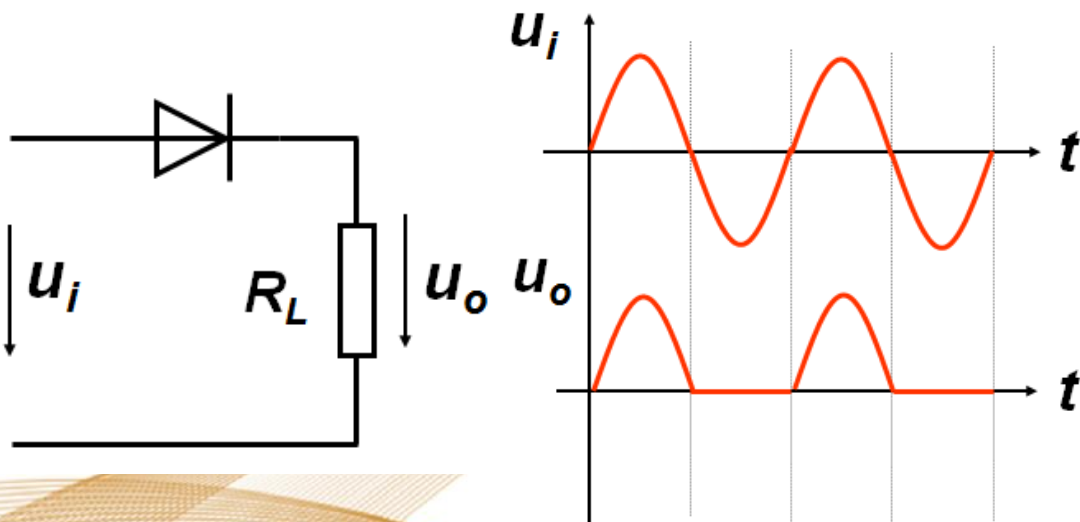
## ➤ 二极管主要参数：

- 1). 最大整流电流  $I_{OM}$ : 二极管长期使用时，允许流过二极管的最大正向平均电流；
- 2). 反向击穿电压  $U_{BR}$ : 二极管反向击穿时的电压值。击穿时反向电流剧增，二极管的单向导电性被破坏，甚至过热而烧坏
- 3). 反向电流  $I_R$ : 指二极管加反向峰值工作电压时的反向电流。反向电流大，说明管子的单向导电性差，因此**反向电流越小越好**。反向电流受温度的影响，温度越高反向电流越大。**硅管**的反向电流较小，**锗管**的反向电流要比硅管大几十到几百倍。

## ● 二极管伏安特性曲线



## ● 二极管半波整流示意图

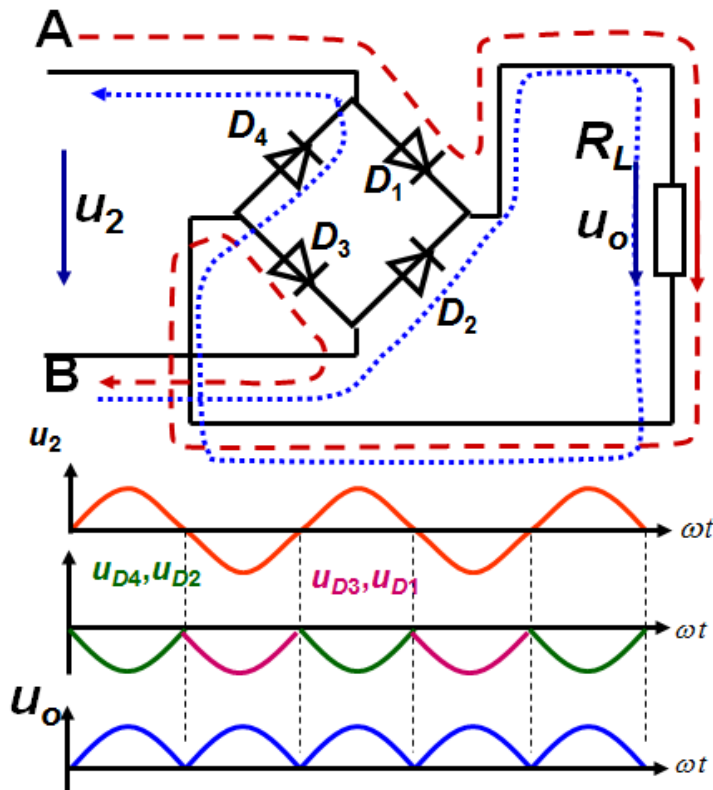


# 整流桥工作原理

## ● 整流桥的工作原理和作用

- 整流桥是四个二极管的集成电路,整流桥的电路形式等同于四个二极管搭建桥型整流电路。其内部主要是**通过四个二极管组成的桥路来实现将输入的交流电压转化为输出的直流电压。**
- 整流桥是通过**二极管的单向导通**原理来完成整流作的,在整流桥的每个工作周期内,同一时间只有**两个二极管进行工作,把交流电转换成单向的直流脉动电压。**

## ● 整流桥的工作原理示意图

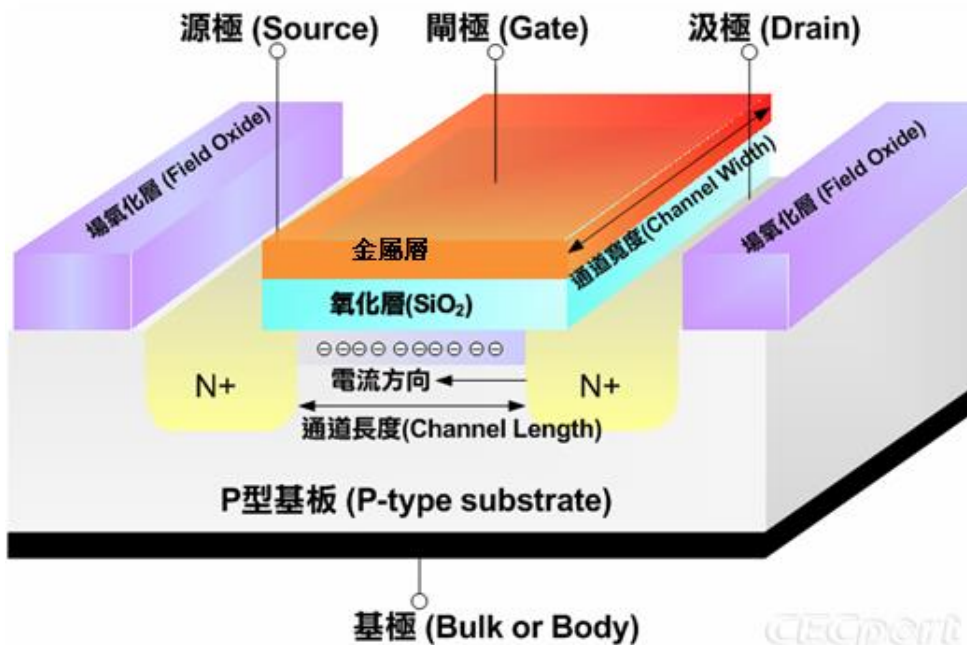


$u_2 > 0$ 时	$u_2 < 0$ 时
$D_1, D_3$ 导通 $D_2, D_4$ 截止 电流通路: $A \rightarrow D_1 \rightarrow$ $R_L \rightarrow D_3 \rightarrow B$	$D_2, D_4$ 导通 $D_1, D_3$ 截止 电流通路: $B \rightarrow D_2 \rightarrow$ $R_L \rightarrow D_4 \rightarrow A$
<b>输出是脉动的直流电压!</b>	

# MOSFET 简介

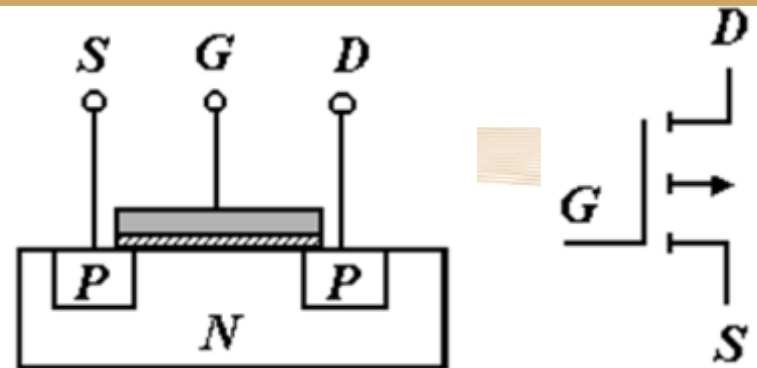
**MOSFET**的原意是：MOS ( Metal Oxide Semiconductor金属氧化物半导体 ) ， FET ( Field Effect Transistor场效应晶体管 ) ，即以金属层 ( M ) 的栅极隔着氧化层 ( O ) 利用电场的效应来控制半导体 ( S ) 的场效应晶体管。

## ● N沟道增强型MOSFET结构图



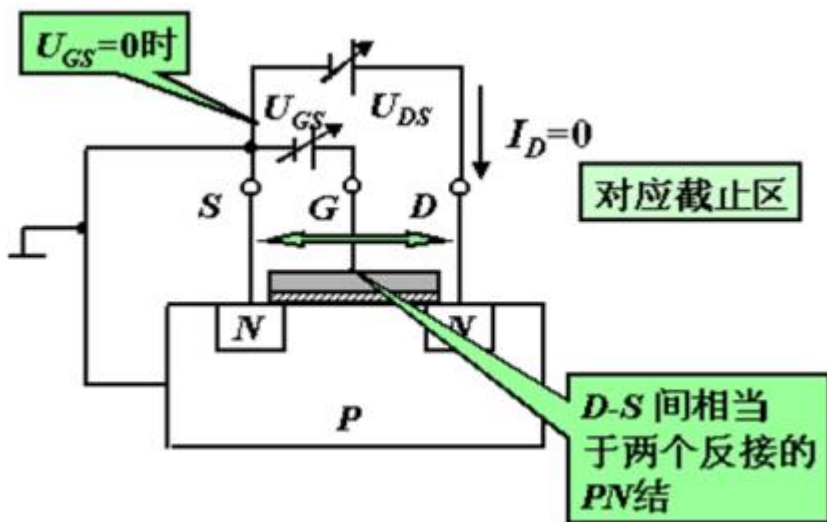
- 利用半导体表面的电场效应进行工作，也称为表面场效应器件；
- 由于栅极与源极、漏极均无电接触，又称为绝缘栅场效应管；
- **分N沟道和P沟道两类；**
- **每一类又分增强型和耗尽型两种；**

## ● P沟道增强型MOSFET结构图

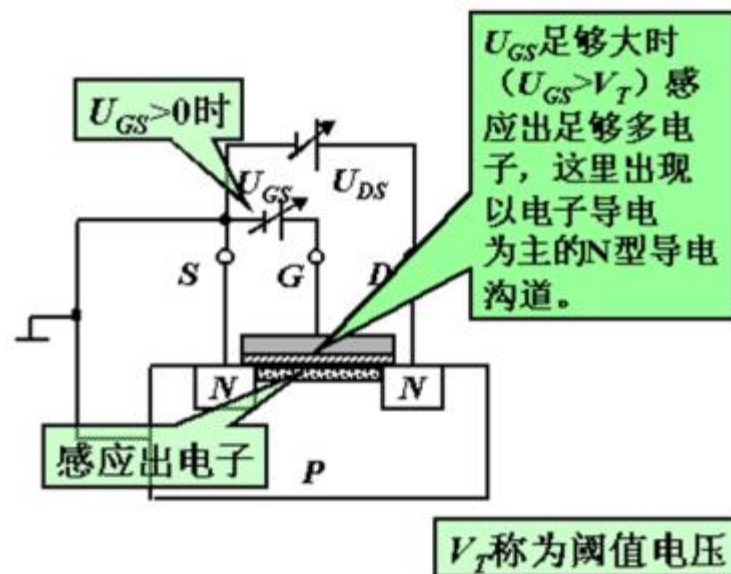


# N沟道增强型MOS工作原理

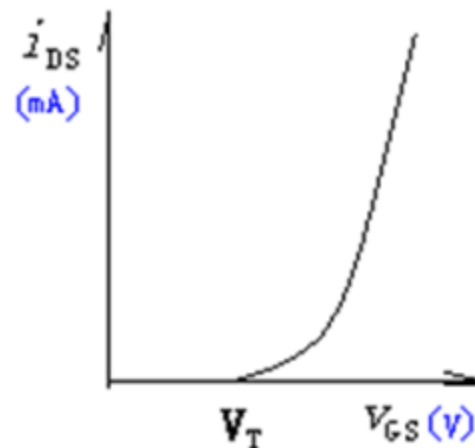
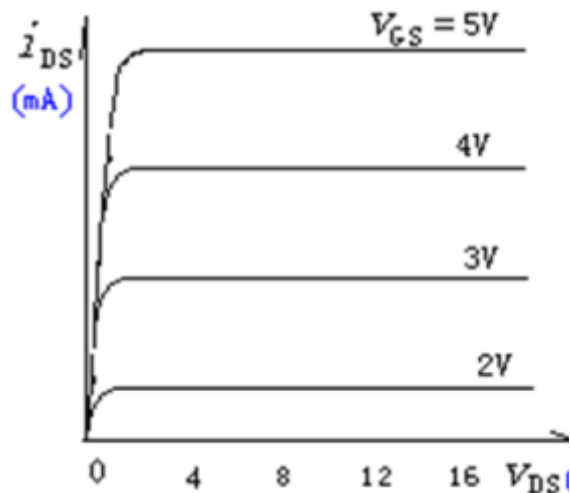
- N沟道增强型MOS截止状态



- N沟道增强型MOS导通状态



- N沟道增强型MOS管输出特性与转移特性



# MOSFET常见应用

MOSFET最显著的特性是开关特性好，所以被广泛应用于需要电子开关的电路中，常见的如开关电源和马达驱动，也有照明调光。

## 消费电子

家庭音响设备、游戏控制器等



## 计算机



## 工业控制

电动自行车、家庭控制等



## 网络通信

交换机、手机与媒体平板等



## 汽车及充电桩



## 电力设备



# MOSFET之新能源汽车充电桩“心脏”

## ● 比亚迪充电桩



CoolMOS™ P6/C7



PFC

CoolMOS™ CFD2



PWM

charging point

module 1

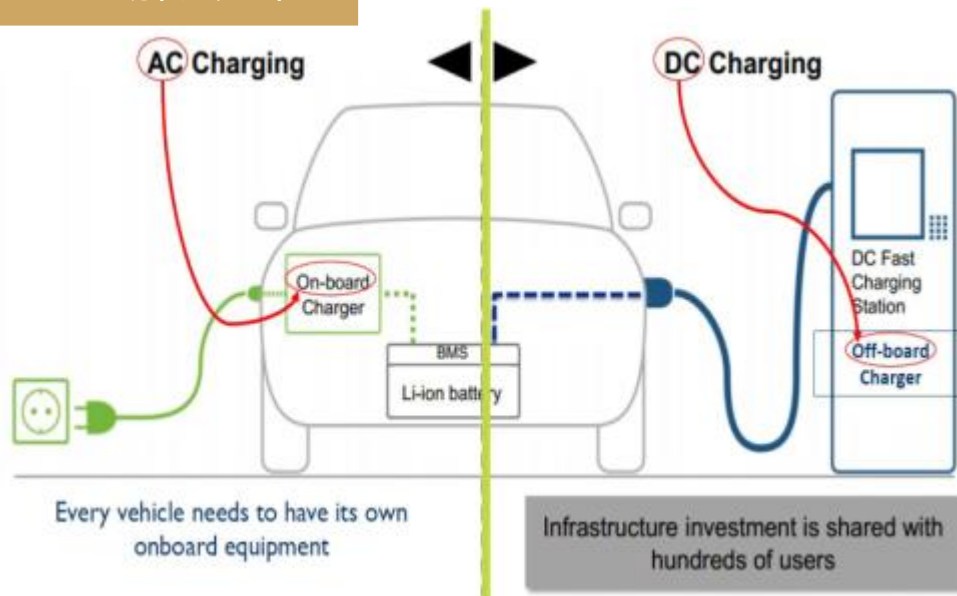
module 2

⋮

module 10

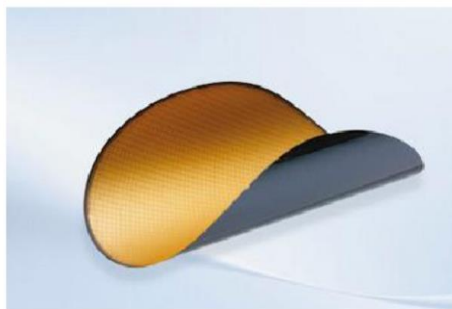
total power semiconductor content per charging point: \$200 .. \$300

## ● 充电解决方案

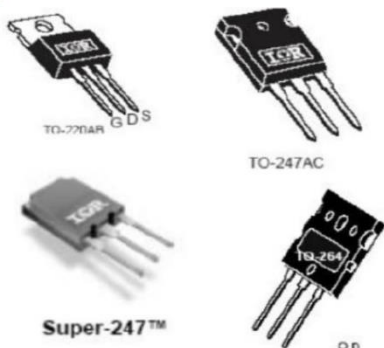


- 英飞凌官网指出，单个充电站使用的功率半导体器件价值约为200~300美元，且预计到2020年中国共建450万个充电站；
- 直流充电桩一般由通信模块、开关电源模块及控制模块等构成。**其中，MOSFET是开关电源模块中最核心的部分**，是实现电能高效率转换，确保充电桩稳定不过热的关键器件；
- **实现1000V以上、350A以上大功率直流快充，才需要用IGBT，短期内大功率快速充电难以实现，以MOSFET为主**

# IGBT：高功率领域



IGBT裸片



IGBT分立器件

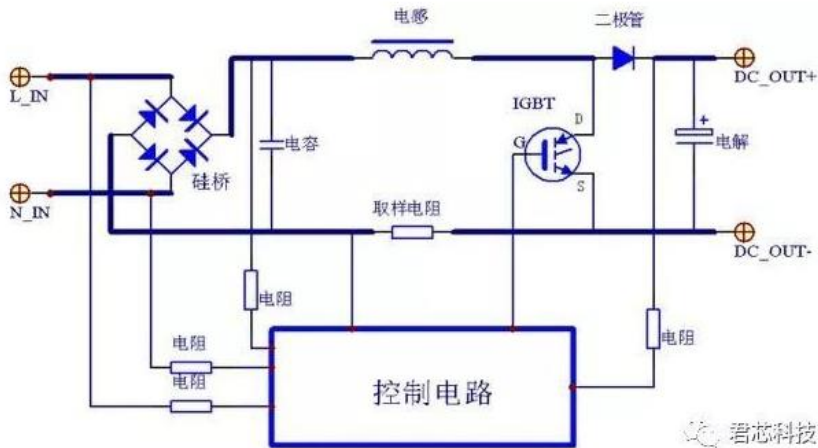


IGBT模块



IPM-智能功率模块

## ● 空调中PFC驱动电源电路原理图



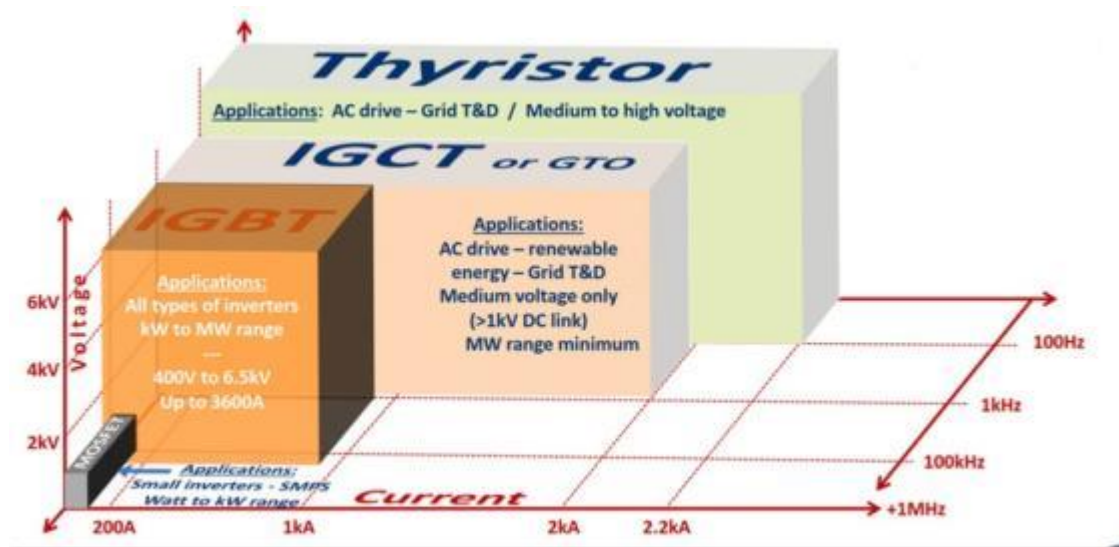
备注举例：比如空调在正常运转的时候功率很低，也就1000W左右。但在刚启动时，要瞬间制冷、瞬间制热，会达到4000到6000W，所以还是必须采用IGBT

资料来源：君芯科技、华西证券研究所

- IGBT具有MOSFET的高频开关特性又有其所不具备的高阻断电压；直流电压转成3相交流电压
- 使用IGBT的变换器产生电压、频率受控的强电，来灵活控制电机的转速。反映到高铁上，就是高铁列车的车速；同时广泛应用于电磁炉、变频空调等家电领域；
- 目前，在家电领域国内IDM厂商士兰微和华润微IPM模块正逐渐实现进口替代；

# MOSFET与IGBT区别

## ● MOSFET与IGBT区别



- IGBT应用于高功率；
- MOSFET应用在更高频率中

类别	MOSFET	IGBT
频率	可以工作到几百KHZ, 上MHZ, 以至几十MHZ, 射频领域的产品。	目前IGBT硬开关速度可以到100KHZ
前提耐压能力&功率	通常它可以做到电流很大, 可以到上KA, 不耐高压, 在高压大电流场合功耗较大	IGBT导通压降小, 耐高压. 功率可以达到5000W
应用	MOSFET应用于开关电源, 镇流器, 高频感应加热, 高频逆变焊机, 通信电源等等高频电源领域	IGBT集中应用于焊机, 逆变器, 变频器, 电镀电解电源, 超音频感应加热等领域。

**IGBT(绝缘栅双极型晶体管)**，是由BJT(双极结型晶体三极管)和MOS(绝缘栅型场效应管)组成的复合全控型-电压驱动式-功率半导体器件,其具有自关断的特征。简单讲，是一个非通即断的开关，IGBT没有放大电压的功能，导通时可以看做导线，断开时当做开路。IGBT融合了BJT和MOSFET的两种器件的优点，如**驱动功率小**和**饱和压降低**等。

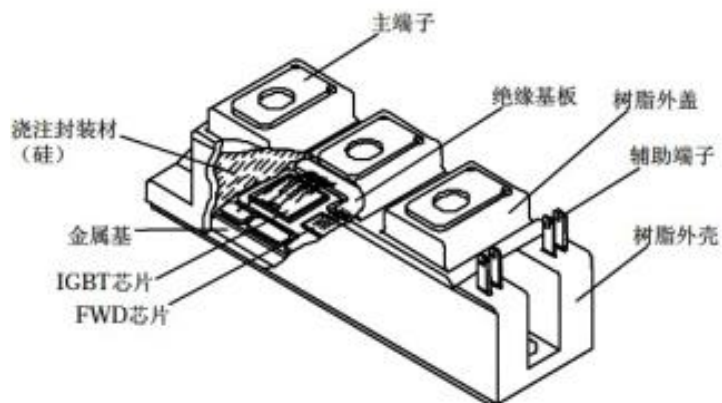


### ● 三种器件性能比较

特性	BJT	MOSFET	IGBT
驱动方式	电流	电压	电压
驱动电路	复杂	简单	简单
输入阻抗	低	高	高
驱动功率	高	低	低
开关速度	慢	快	居中
工作频率	低	高	居中
饱和压降	低	高	低

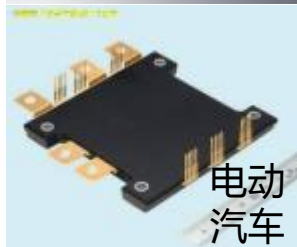
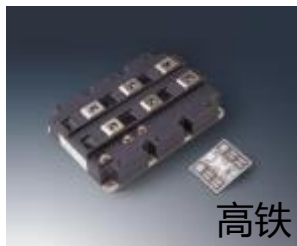
资料来源：Google，华西证券研究所

## IGBT模块结构简图



**IGBT模块**是由IGBT与FWD（续流二极管芯片）通过特定的电路桥接封装而成的模块化半导体产品，具有节能、安装维修方便、散热稳定等特点。

## 常见IGBT模块产品



## IGBT不同产品类型对比

类别	IGBT单管	IGBT模块	PIM模块	IPM模块
结构	封装模块较小，电流通常在100A以下	多IGBT芯片并联集成封装在一起	集成三相全波整流、二极管桥接电路、制动电路的模块	即智能功率模块，集成栅极驱动电路+各保护电路的IGBT模块
特点	IGBT单管是体验IGBT制造商水平的核心技术	外部电路简单，工作更可靠，更适合高压和大电流连接	需要外接驱动电路	在IGBT器件基础上增加外围电路（过流/短路/欠压/过热保护等），防止过高的温升或者高压冲击损害IGBT，比IGBT模块更加智能

# IGBT常见应用



650V

- 新能源汽车
- 工业领域
- 家电

1200V

- 光伏
- 电焊机
- 变频器
- 新能源汽车

1700V

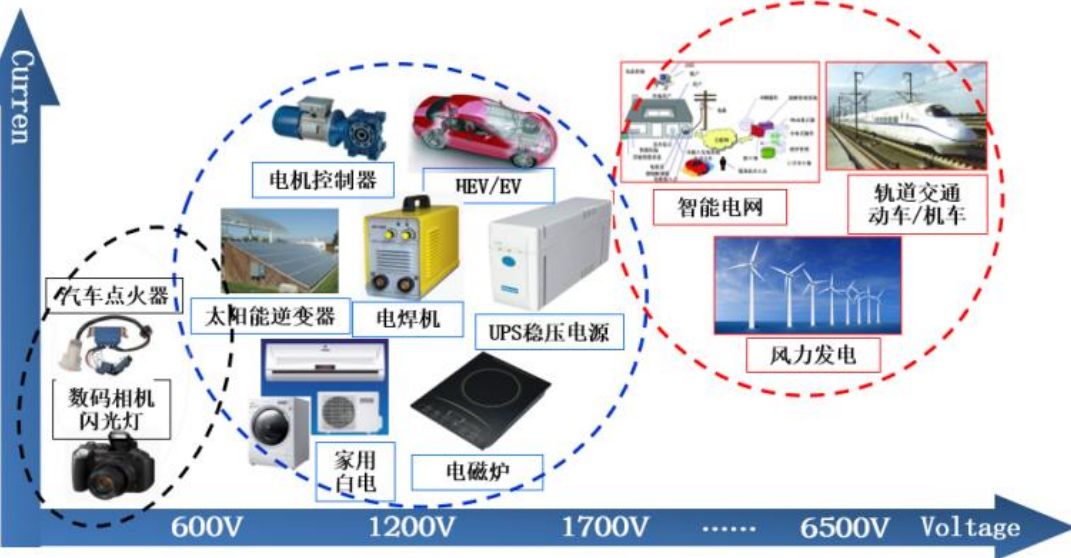
- 太阳能
- 风电

3300V

- 动车
- 高铁
- 国家电网

4500V及以上

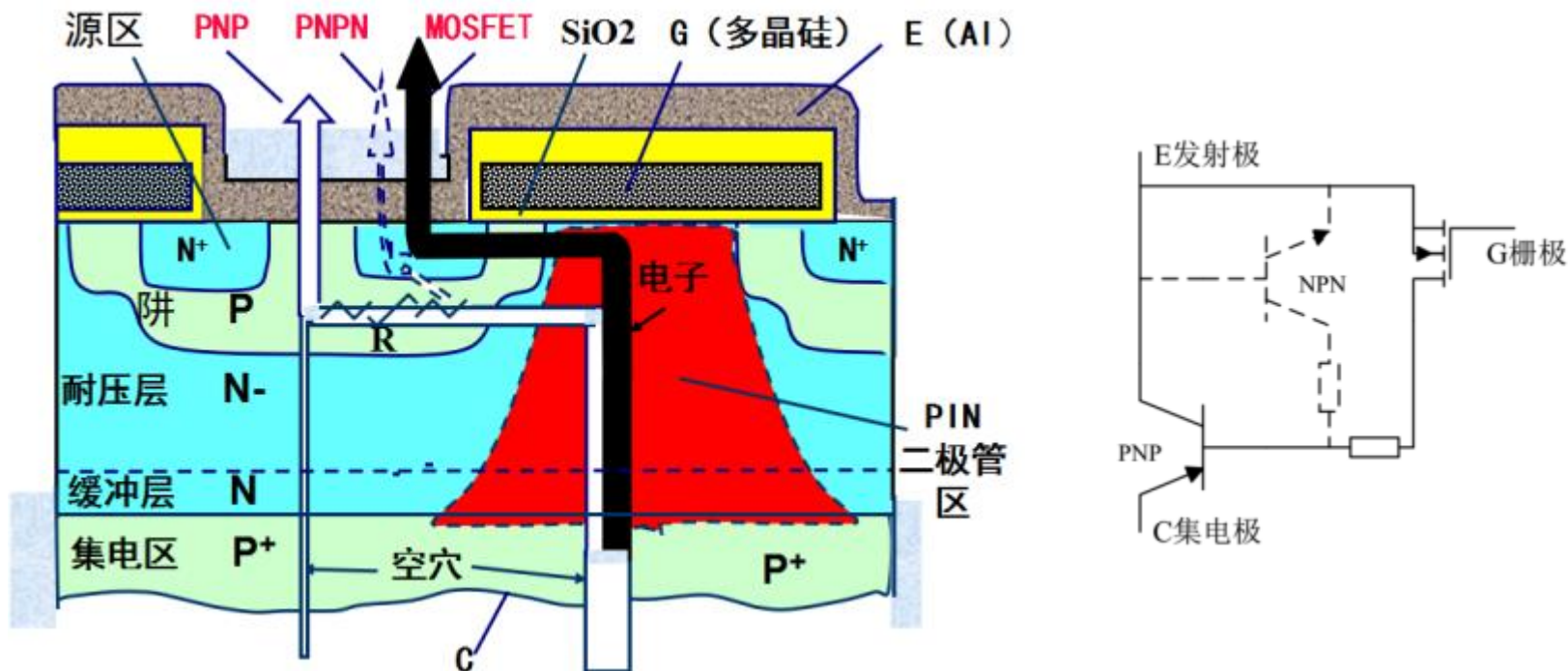
- 动车
- 高铁
- 工业电机



IGBT是能源转换与传输的核心器件，是电力电子装置的“CPU”。采用IGBT进行功率变换，能够提高用电效率和质量，具有高效节能和绿色环保的特点，是解决能源短缺问题和降低碳排放的关键支撑技术。

资料来源：Google、华西证券研究所

## IGBT结构简图（左）与等效电路图（右）

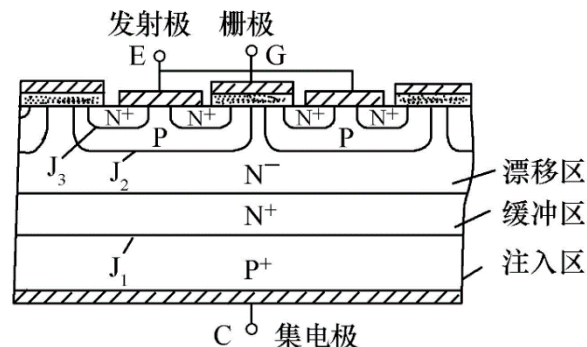


资料来源：Google公开资料整理、华西证券研究所

IGBT是以GTR为主导元件，MOSFET为驱动元件的达林顿结构的复合器件。其外部有三个电极，分别为G-栅极，C-集电极，E-发射极。

## IGBT四种工作状态

在IGBT使用过程中，可以通过控制其**集-射极电压 $U_{CE}$** 和**栅-射极电压 $U_{GE}$** 的大小，从而实现对IGBT**导通/关断/阻断**状态的控制。



- 当IGBT栅-射极加上加0或负电压时，MOSFET内沟道消失，IGBT呈**关断状态**。
- 当集-射极电压 $U_{CE} < 0$ 时，J3的PN结处于反偏，IGBT呈**反向阻断状态**。
- 当集-射极电压 $U_{CE} > 0$ 时，分两种情况：
  - ①若栅-射极电压 $U_{GE} < U_{th}$ ，沟道不能形成，IGBT呈**正向阻断状态**。
  - ②若栅-射极电压 $U_{GE} > U_{th}$ ，栅极沟道形成，IGBT呈**导通状态**（正常工作）。此时，空穴从P+区注入到N基区进行电导调制，减少N基区电阻 $R_N$ 的值，使IGBT通态压降降低。

## IGBT可靠性因素

栅-射极电压 $U_{GE}$

集-射极电压 $U_{CE}$

集-射极电流 $I_{CE}$

IGBT结温

- 若 $U_{GE}$ 过低，则IGBT**不能正常工作**；
- 若 $U_{GE}$ 、 $U_{CE}$ 、 $I_{CE}$ 、结温过高，则会造成IGBT**永久性损坏**；

# IGBT芯片技术演进

## 发明背景

1950-60年代  
双极型器件  
SCR, GTR, GTO

1970年代  
单极型器件  
VD-MOSFET

通态电阻很小；  
电流控制，控制  
电路复杂且  
功耗大；

通态电阻很大；  
电压控制，控  
制电路简单且  
功耗小；

## 发明动力

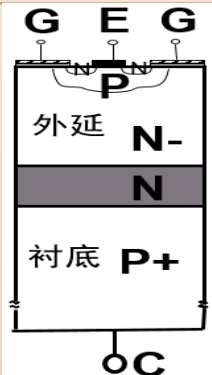
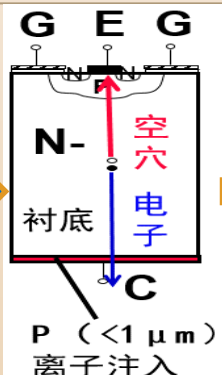
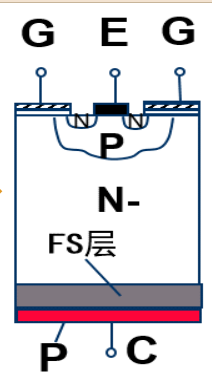
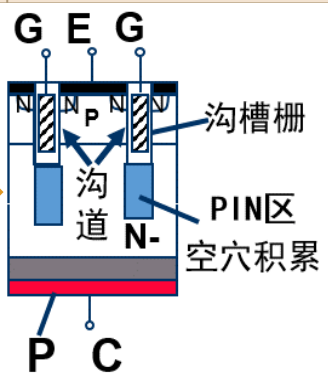
需要一种新功率器件能同时满足：  
·驱动电路简单，以降低成本与开关功耗；  
·通态压降较低，以减小器件自身的功耗；

1980年代初，试图把MOS与BJT技术集成起来的研究，导致了IGBT的发明。1985年前后美国GE成功试制工业样品（可惜后来放弃）。自此以后，IGBT主要经历了6代技术及工艺改进。

## 各代IGBT主要参数对比

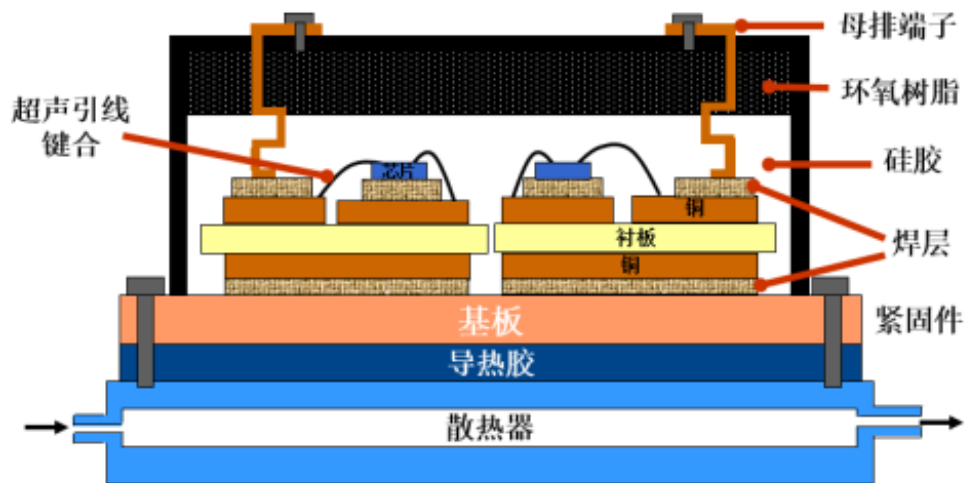
代别	技术特点	芯片面积	饱和压降	$T_R/\mu s$	功率损耗	出现时间
第1代	平面穿透型 (P.PT)	100	3	0.5	100	1988
第2代	改进的平面穿透型 (P.PT)	56	2.8	0.3	74	1990
第3代	沟槽型 (trench)	40	2	0.25	51	1992
第4代	透明集电区非穿透型 (NPT)	31	1.5	0.25	39	1997
第5代	电场截止型 (FS)	27	1.3	0.19	33	2001
第6代	沟槽型电场截止型 (FS-Trench)	24	1	0.15	29	2003

● IGBT芯片各代特点及结构简图

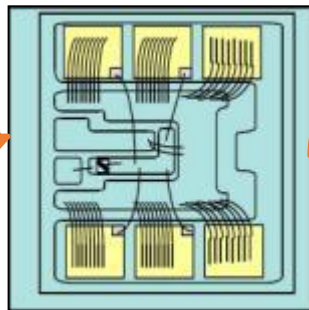
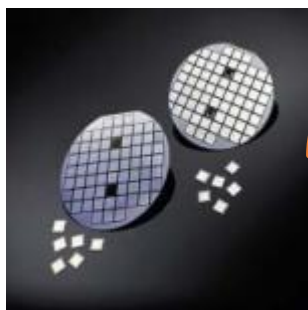
代别	第2代PT型	第4代NPT型	第5代FS型	第6代Trench-FS型
技术效果	相比GTR和MOSFET 实现了低通态压降 同时低开关损耗	减小开关损耗 利于高频工作 降低成本	既减小开关损耗 也减小通态损耗	减小通态损耗 利于大电流
结构特点	外延晶片	不用寿命控制技术； 不用外延片；	NPT工艺+FS	NPT工艺 + FS + Trench
性能特点	通态压降不均； 不适于并联使用； 功耗有待降低；	制造成本低； $E_{off}$ 比PT型小； $V_{CE(sat)}$ 比PT型大； 坚固不易损坏；	N-耐压层比NPT型更薄； $V_{CE(sat)}$ 低于NPT型； $E_{off}$ 比PT和NPT型都低； $V_{CE(sat)}$ 正温度系数；	$V_{CE(sat)}$ 比FS型低； $V_{CE(sat)}$ 和 $E_{off}$ 低于 NPT型；
结构简图				

# IGBT模块封装技术

## ● 焊接式IGBT模块结构简图



## ● 焊接式IGBT模块封装过程



多芯片并联

加装衬板

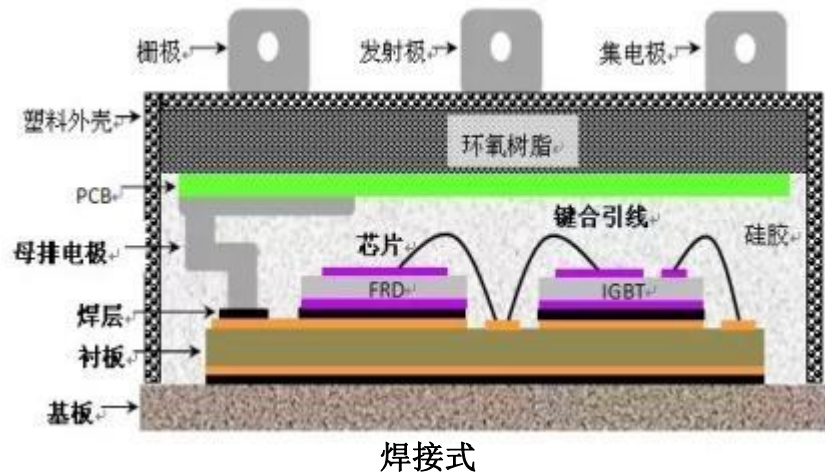
加装基板

加装外壳、密封固化

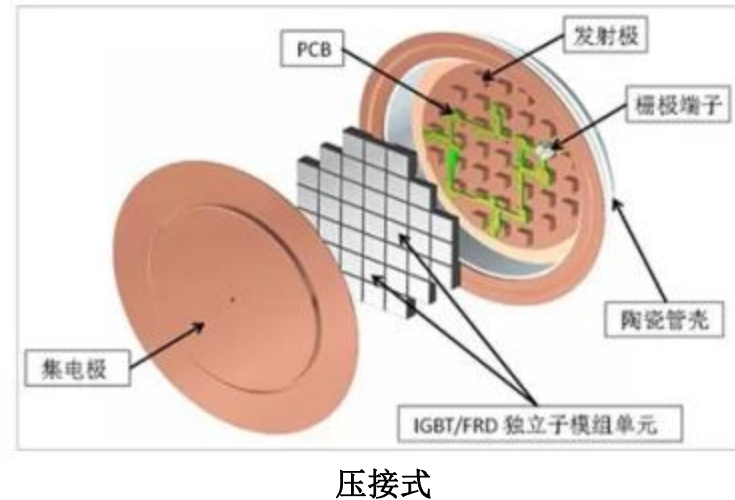
资料来源：中国南车、华西证券研究所

IGBT模块按封装工艺来看主要可分为 **焊接式** 与 **压接式** 两类。

高压IGBT模块一般以标准焊接式封装为主，中低压IGBT模块则出现了很多新技术，如烧结取代焊接，压力接触取代引线键合的压接式封装工艺。



焊接式



压接式

随着IGBT芯片技术的不断发展，芯片的最高工作结温与功率密度不断提高，IGBT模块技术也要与之相适应。

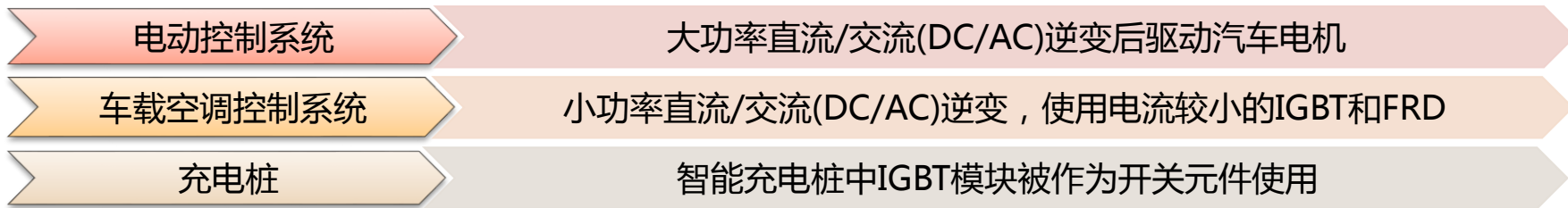
未来IGBT模块技术将围绕 **芯片背面焊接固定** 与 **正面电极互连** 两方面改进。

模块技术发展趋势：

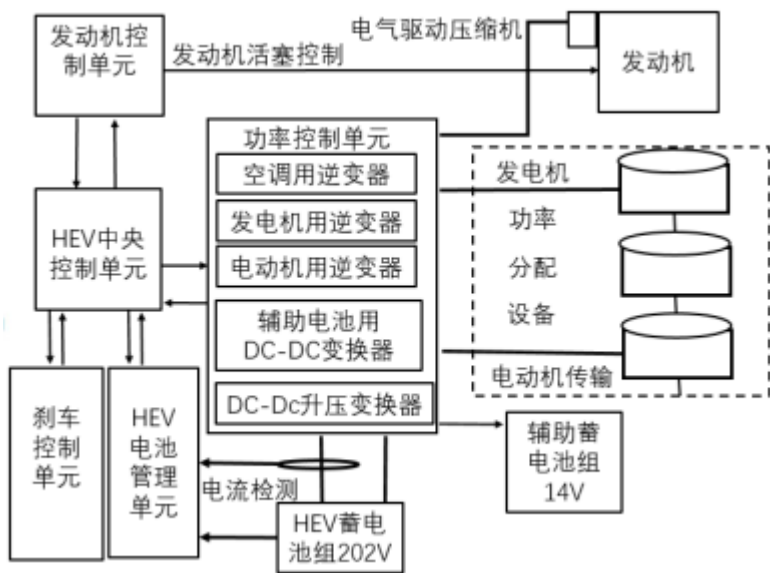
- 无焊接、无引线键合及无衬板/基板封装技术；
- 内部集成温度传感器、电流传感器及驱动电路等功能元件，不断提高IGBT模块的功率密度、集成度及智能度。

# IGBT模块应用领域——新能源汽车

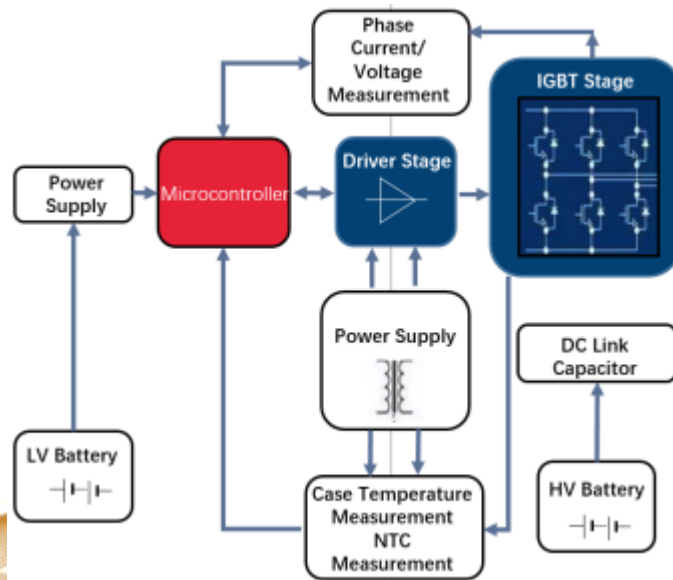
IGBT模块在电动汽车中发挥着至关重要的作用，是**电动汽车**及**充电桩**等设备的核心技术部件。IGBT模块占电动汽车成本将近**10%**，占充电桩成本约20%。IGBT主要应用于电动汽车领域中以下几个方面：



## ● HEV电气系统图

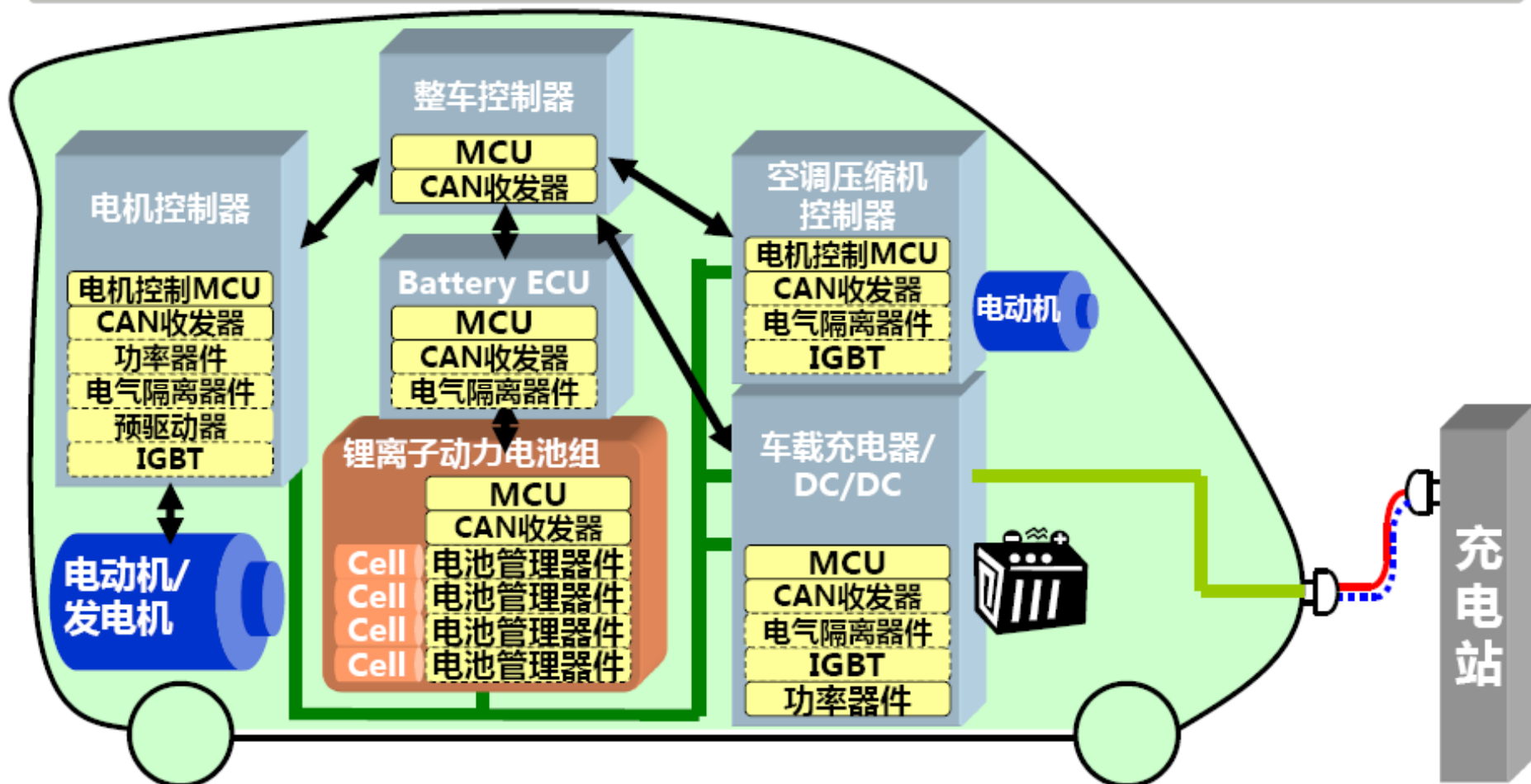


## ● Infineon IGBT 在电动汽车逆变器应用图

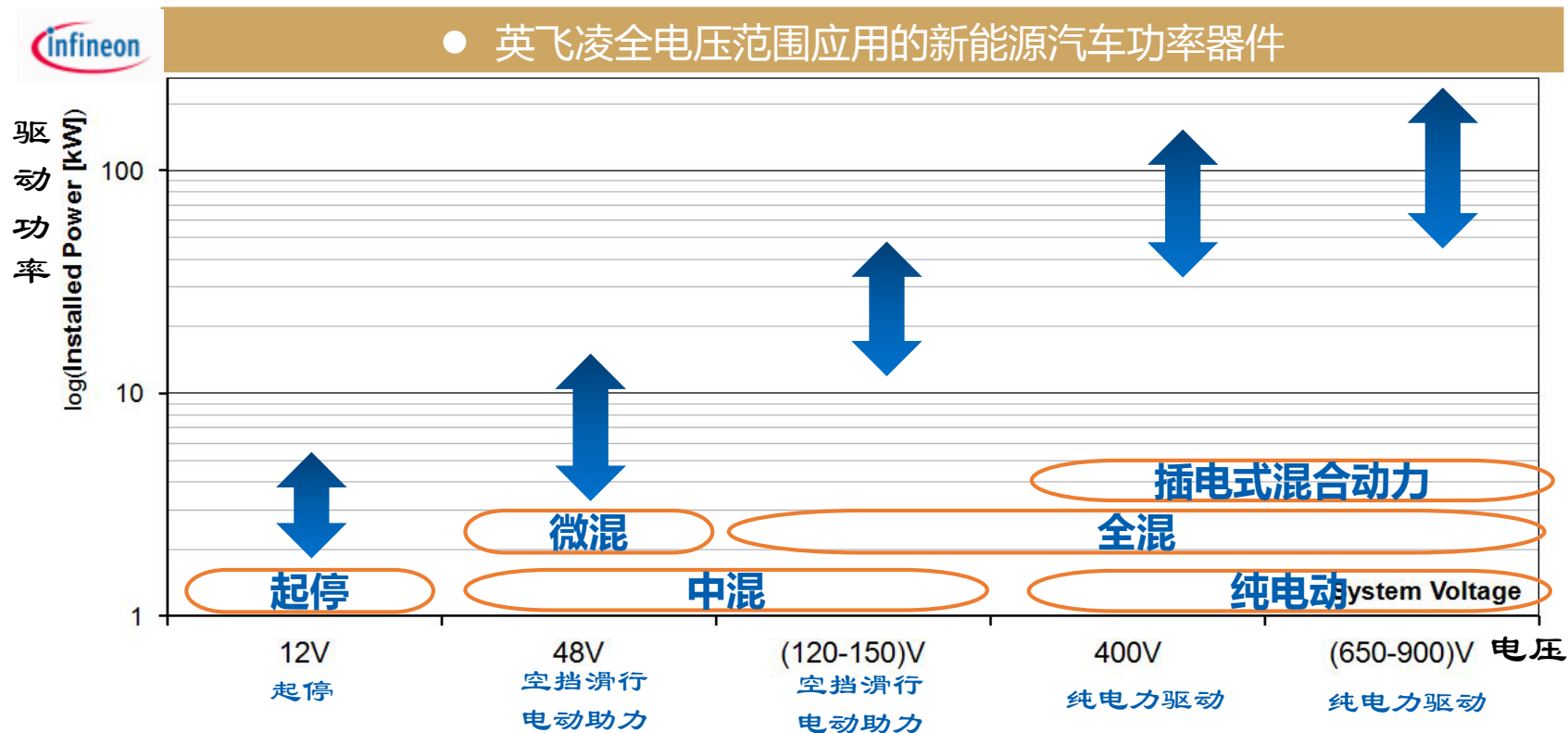


# IGBT模块应用领域——新能源汽车

- 混合动力（HEV）/纯电动（EV）汽车可用的半导体产品

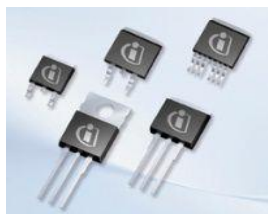


# IGBT模块应用领域——新能源汽车



功率  
半导体  
器件

MOSFET 30~60V



MOSFET 60~100V



IGBT 400V



IGBT 650V



IGBT (850V, 1200V)



# IGBT模块应用领域——智能电网

IGBT广泛应用于智能电网的**发电端、输电端、变电端及用电端。**

从**发电端**来看，风力发电、光伏发电中的整流器和逆变器都需要使用IGBT模块。

从**输电端**来看，特高压直流输电中FACTS柔性输电技术需要大量使用IGBT等功率器件。

从**变电端**来看，IGBT是电力电子变压器（PET）的关键器件。

从**用电端**来看，家用白电、微波炉、LED照明驱动等都对IGBT有大量的需求。

发电端

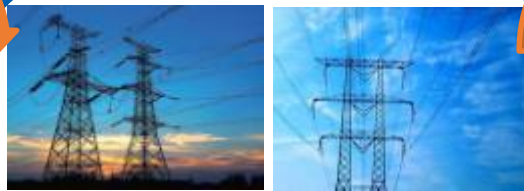


- 太阳能光伏成长空间巨大
- 风能装机容量将成倍增长

新型可再生能源的接入和管理需要大量半导体器件来实现控制：

- 逆变器MCU/DSP
- IGBT/MOSFET等功率器件

输电端



- HVDC高压直流输电技术
- FACTS柔性输电技术

- HVDC长距离节能、节地、环保，应用前景广泛；
- 采用IGBT的FACTS柔性输电技术已在国内试验成功，可提高能效并降低损耗；

变电端



电力电子  
变压器

IGBT换流器使PET实现电压全控制和小型化。

用电端



IGBT器件已成为轨道交通车辆**牵引变流器**和各种辅助变流器的主流电力电子器件。交流传动技术是现代轨道交通的核心技术之一，在交流传动系统中牵引变流器是关键部件，而IGBT又是牵引变流器最核心的器件之一。

## ● 动车牵引系统



## ● 动车组IGBT器件等级及数量

动车组 型号	200km/h等级			300km/h等级	
	CRH1	CRH2	CRH5	CRH3	CRH2
IGBT等级	3300V/ 1200A	3300V/ 1200A	6500V/ 600A	6500V/ 600A	3300V/ 1200A
IGBT数量 (个/列)	80	80	150	128	100

## ● 交流传动机车IGBT器件等级及数量

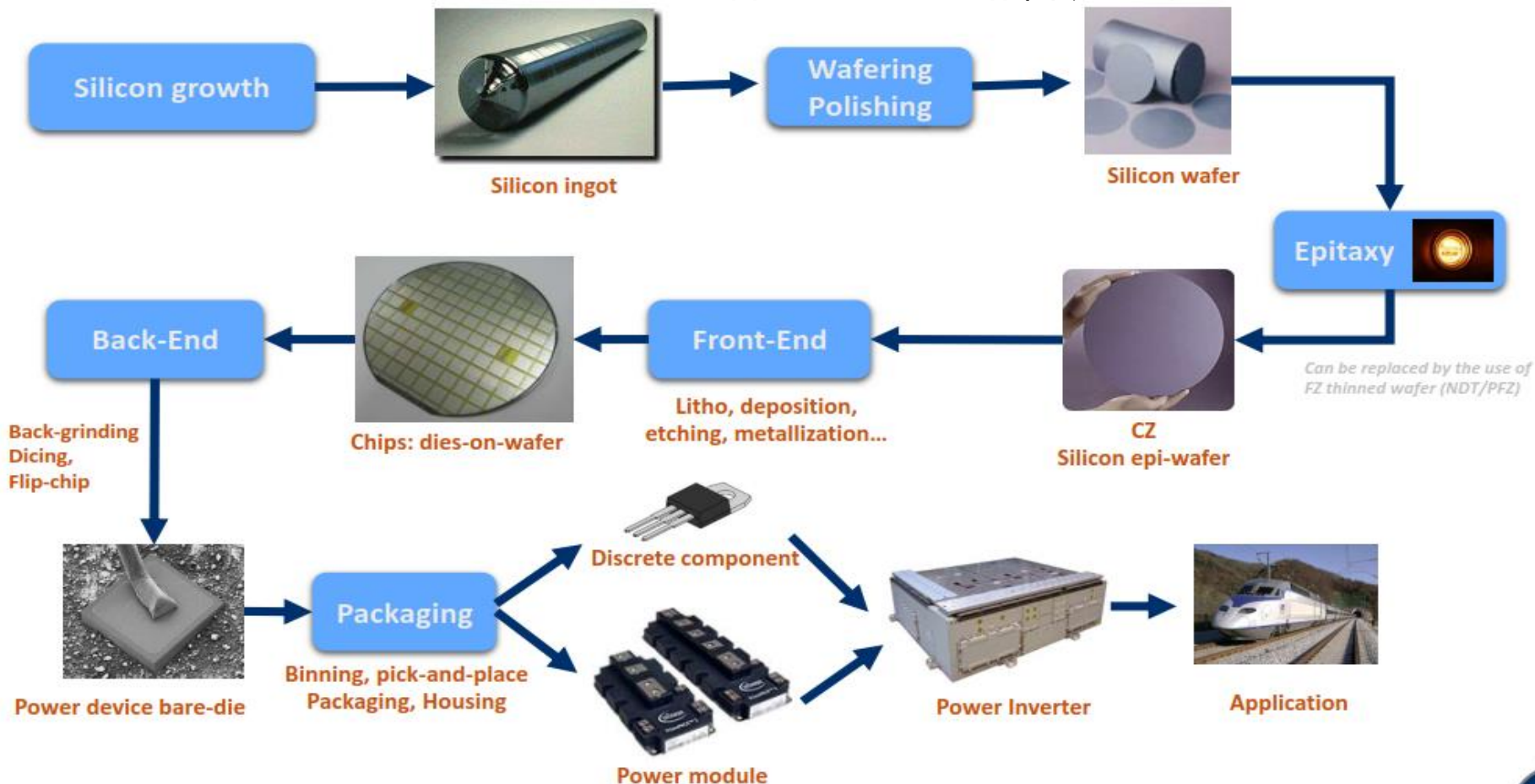
机车型号	HXD1	HXD2	HXD3	HXN3	HXN5	六轴9600kW货运机车		
						大连厂	大同厂	株洲厂
IGBT等级	3300V/ 1200A	3300V/ 1200A	4500V/ 900A	4500V/ 1200A	2400V/ 2200A	4500V/ 900A	6500V/ 600A	6500V/ 600A
IGBT数量 (个/台)	88	80	66	24	36	90	90	88

- 从供需关系看8寸景气度持续
- 应用端看“功率半导体”
- 产品端看“进口替代”，及其空间
- 化合物半导体积极卡位
- A股功率半导体公司对比分析
- 风险提示

# 功率器件工艺：IDM是主要发展模式，IPM是后道的后道

## 功率器件生产工艺

晶圆生长/抛光→硅片  
前道工艺→光刻/沉积/刻蚀/金属化镀膜  
后道工艺→切片/倒装芯片



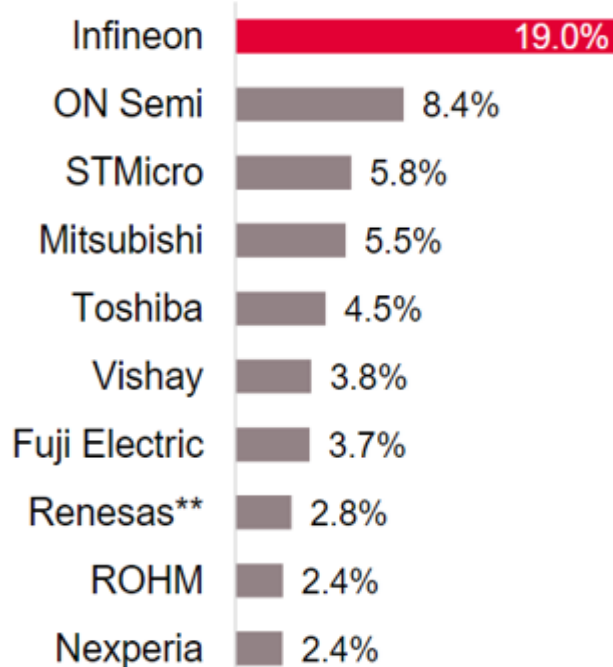
# 6寸/8寸为主流产线，门槛相对低/ 产品相对稳定

## ● 英飞凌产线汇总

- ◆ **目前全球一线厂商均以6寸和8寸为主**，仅英飞凌有12寸特色功率器件产线；本土产业链从设计-制造-封测环节日趋完善；
- ◆ **研发投入相对低**：集成电路追求小线宽，研发成本太高，而功率半导体不追求小线宽，而追求高稳定性
- ◆ **专利保护期满和人才流动一定程度上解决了专利门槛**，国内企业逐渐掌握技术Know-how

## ● 2019年分立器件及模组市场规模210亿美元

Power discretes and modules  
2019 total market: \$21.0bn<sup>2)</sup>



## Infineon Fabs

Fab Name	Product	Curr. Geo.	Curr. Wafer Size	Full Capacity	Capacity 1Q18
300mm (former SC300)	Discrete	130 nm	12	66,000	47,250
Dresden 200 - Module 2	Logic	90 nm	8	23,000	23,000
Dresden 200 - Module 1	Logic	90 nm	8	23,000	23,000
Kulim 2	Discrete	130 nm	8	130,000	56,000
Kulim 1	Discrete	130 nm	8	100,000	100,000
Regensburg	Discrete	25 nm	8	63,000	63,000
Temecula	Discrete	2000 nm	6	30,000	16,875
Villach	Discrete	130 nm	12	3,500	7,875
Villach Fab 1	Discrete	1500 nm	6	75,000	42,188
Villach Fab 2	Discrete	130 nm	8	142,000	140,000
Villach Pilot 4.0	Discrete	130 nm	8	5,000	5,000
Prototype fab	Logic	130 nm	12	500	1,125
Building 21 (was Cree)	Other	NA	4	3,000	750
Mesa Facility-was IRF	Other	NA	8	4,000	N/A

资料来源：英飞凌，华西证券研究所

产能配套已经发展到功率半导体环节

消费→家电→ 工控→汽车→轨交→军工/航天

**潜力最大终端特色市场：**1) 全球最大的LED照明生产国；2) 电商物流标配，**中国特色各类电动车**；3) 全球领先的高铁轨道交通，4) 电动汽车和充电桩，预计成为国内功率器件快速成长的催化剂；5) 手机/平板等消费电子产品电源管理芯片等

● 功率半导体下游应用领域

汽车电子



通讯电源



LED照明



全球最大的  
LED生产国

¥  
细分领域广泛

智能电网



太阳能光伏



白色家电

































高铁轨道交通



# 背靠终端市场，加速进口替代

- ▶ **与应用平台终端厂商的合作是功率器件厂商迅速成长的必要条件**，2008年中国中车（中国南车）收购Dynex（丹尼克斯，仅有产品缺乏应用平台），“产品+市场”最终在高铁用IGBT领域内实现进口替代便是最佳的案例！

IGBT manufacturer ranking by voltage range

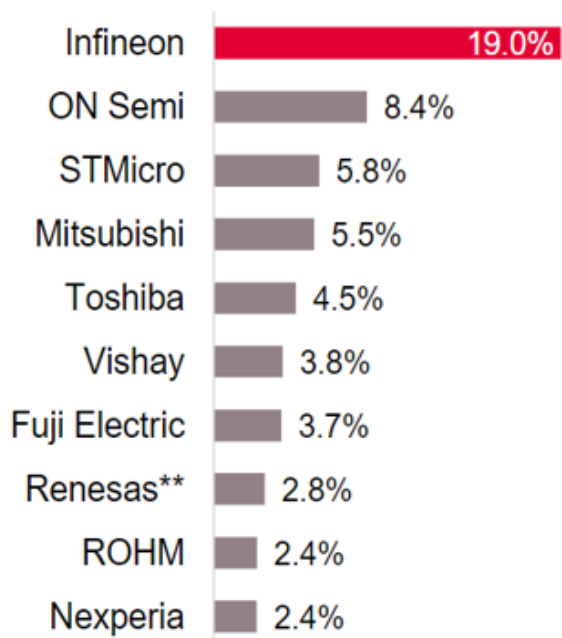
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5
400 V and less					
600-650 V					
1,200 V					
1,700V					
2,500-3,300 V					
4,500 V and more					

# 分立器件稳定增长，产值占比相对较低

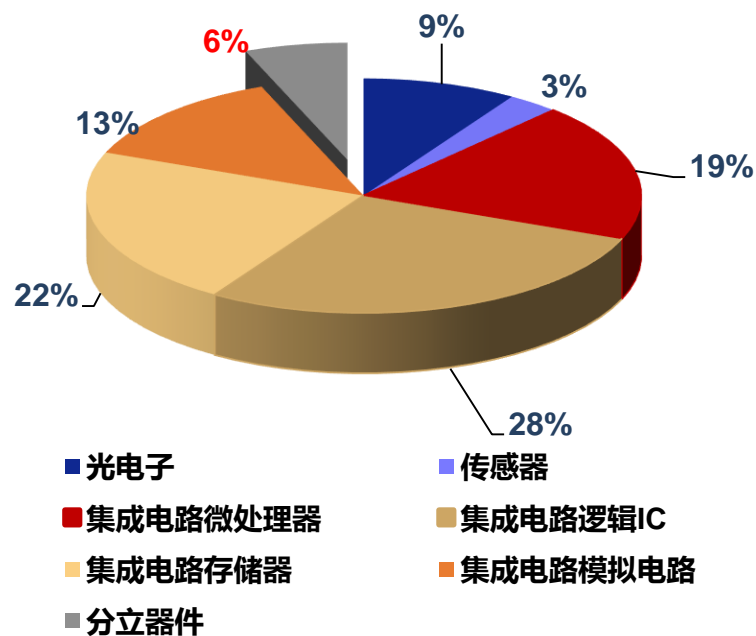
➤ 分立器件占比半导体产值较为稳定，过去几年均保持在5%-6%之间，英飞凌官网数据指出，2019年分立器件及模组产值为210亿美元；

● 2019全球分立器件及模组产值（十亿美元）

**Power discretes and modules**  
 2019 total market: \$21.0bn<sup>2)</sup>



● 半导体分类-分立器件占比约6%



# 积极参与国际化竞争，二极管整流桥 势如破竹

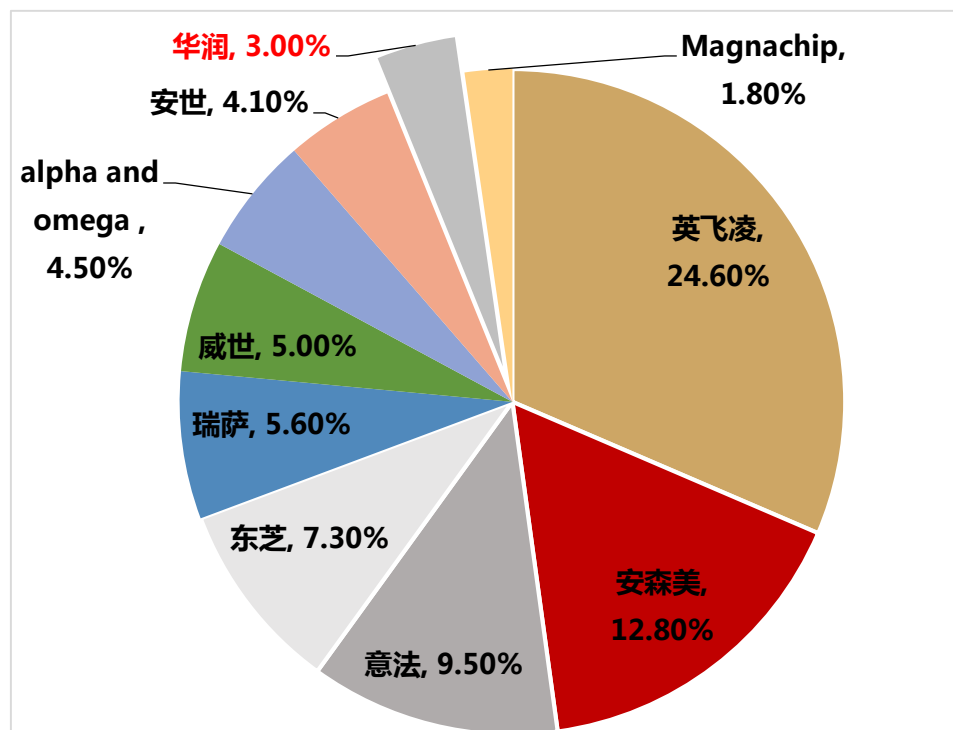
- 依据Vishay和强茂官网数据，美国Vishay（威世半导体）全球最大二极管供应商，2019年营收约为40亿元；中国台湾领先二极管厂商强茂2019年二极管事业部营收大约为13.5亿元；
- **国内龙头企业，技术成熟更加注重成本控制，与国际领先厂商差距逐渐降低；存量市场最大是电源管理，增量市场最大是汽车+白电+LED照明；**

● 2017-2019年二极管整流桥下游应用领域占比及市场规模预测

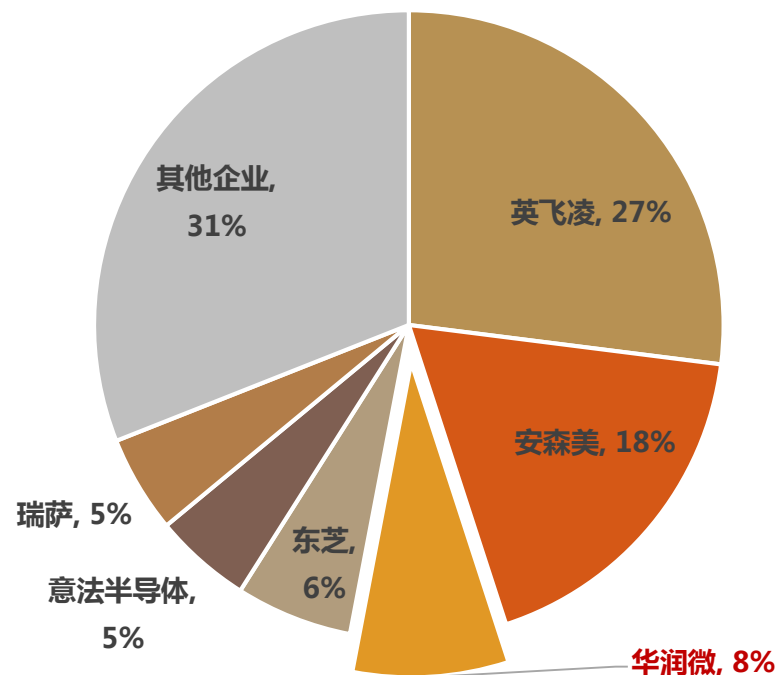
下游领域：		电源管理	光伏	汽车	白色家电	工业	LED 照明	其它	合计
2017	占比	23%	11%	15%	14%	15%	17%	5%	100%
	需求（亿美元）	16.43	7.86	10.72	10.00	10.72	12.15	3.57	71.45
2018	增长率	8%	2%	15%	10%	5%	15%	5%	9%
	占比	23%	10%	16%	14%	14%	18%	5%	100%
	需求（亿美元）	17.75	8.02	12.32	11.00	11.25	13.97	3.75	78.06
2019	增长率	8%	2%	15%	10%	5%	10%	5%	9%
	占比	23%	9%	17%	14%	14%	18%	5%	100%
	需求（亿美元）	19.17	8.18	14.17	12.10	11.82	15.36	3.94	84.74

# 约550亿市场空间，MOSFET迎进口替代契机

## 2019年全球MOSFET供应商市场份额



## 2019年国内MOSFET供应商市场份额

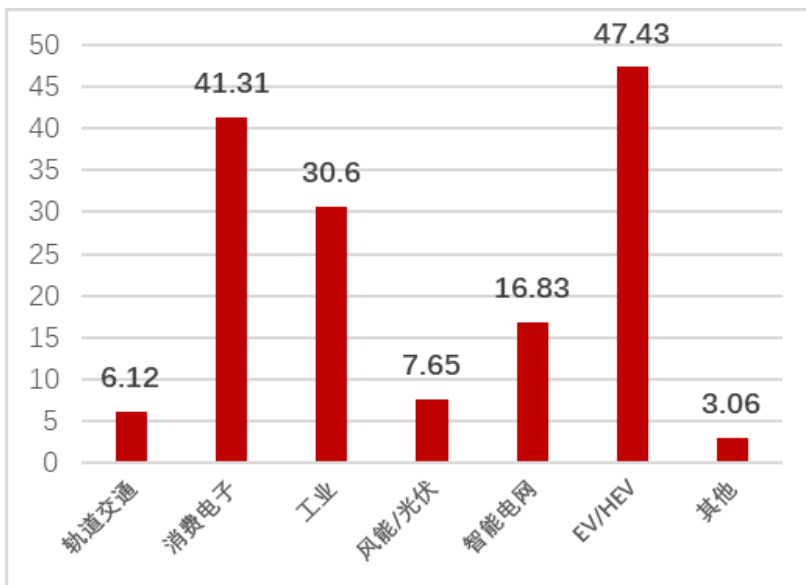
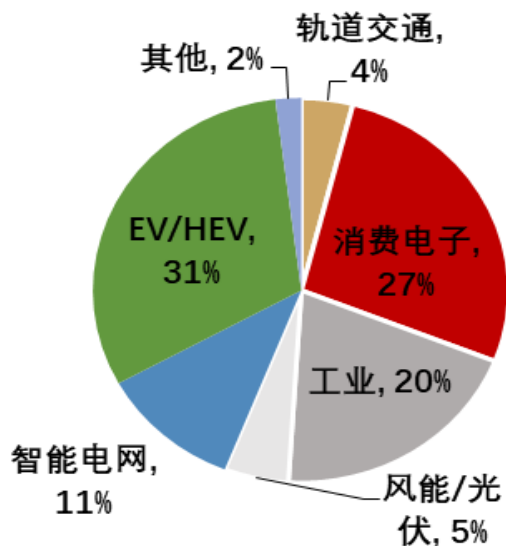


资料来源：Omida, WSTS, 华西证券研究所

- 2019年全球MOSFET分立器件市场规模为81亿美元；英飞凌全球占比24.6%；
- 目前，国内厂商（华润微/士兰微/新洁能/闻泰（安世）等）在MOSFET领域逐渐实现进口替代；

# IGBT——白色家电和汽车电子是重点!

● 2018年中国IGBT下游应用领域及市场规模 (亿元)



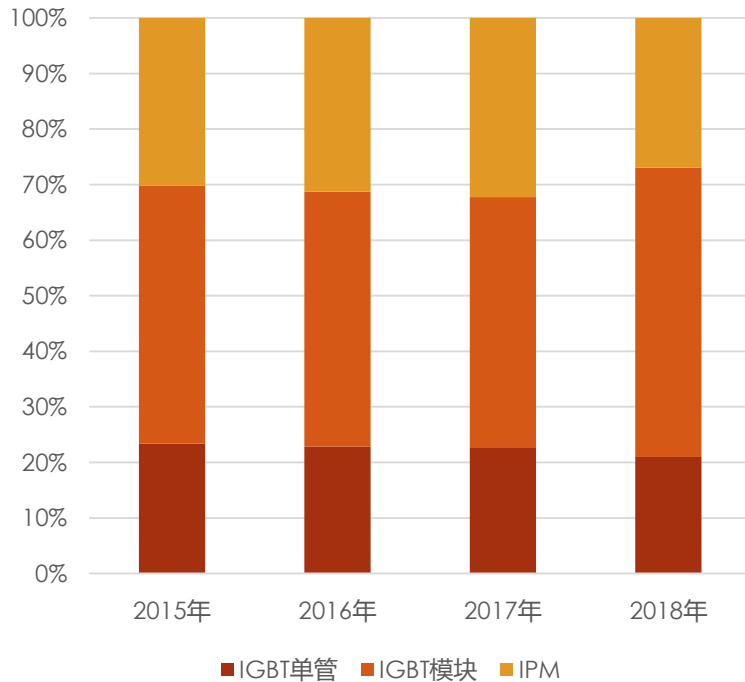
设计	制造	模组	IDM
中科君芯	中芯国际	中车西安永电	中车株洲时代
西安芯派	华润上华	西安爱帕克	深圳比亚迪
无锡同方微	深圳方正微	江苏宏微	吉林华微
宁波达新	上海先进	南京银茂	杭州士兰微
山东科达	华虹宏力	深圳比亚迪	中环股份
		嘉兴斯达	中航微电子

➤ 目前,国内IGBT在高铁(中车)、汽车(比亚迪)、消费电子(白色家电变频空调士兰微)、工业(电焊机变频器嘉兴斯达)等领域逐渐取得突破;

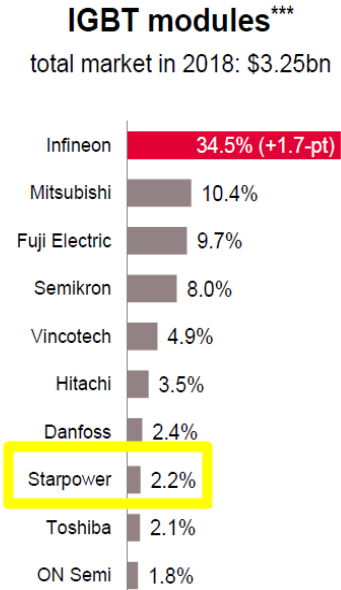
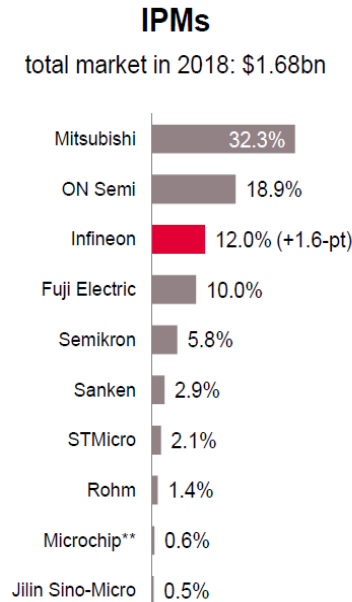
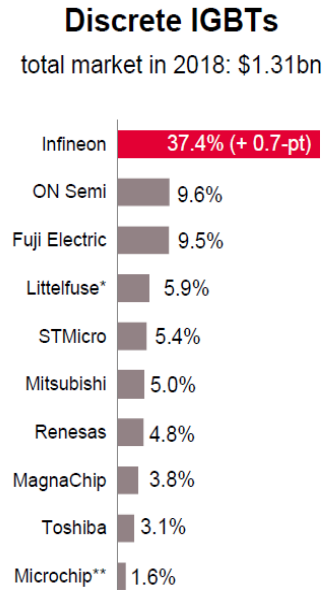
# IGBT——模块化发展是趋势

- 目前，IGBT器件及模组高端领域仍然以海外的厂商为主
- 芯片厂正重点布局模组，数据技术+应用的双重布局！

● 2015~2018年IGBT单管/模块/IPM市场规模 (亿美元)



● 2018年IGBT单管/模块/IPM市场规模及供应商份额 (亿美元)



**模块化发展是趋势！**

- 从供需关系看8寸景气度持续
- 应用端看“功率半导体”
- 产品端看“进口替代”，及其空间
- **化合物半导体积极卡位**
- A股功率半导体公司对比分析
- 风险提示

# 十四五规划——第三代半导体是重要发展方向

## ● 关于十四五规划

- 据财联社消息，我国计划把大力支持发展第三代半导体产业，写入正在制定中的“十四五”规划。
- 计划在2021-2025年期间，举全国之力，在教育、科研、开发、融资、应用等等各个方面对“第三代半导体”提供广泛支持，加强该行业的研究、教育和融资，以期实现产业独立自主，不再受制于人。
- 而且赋予这项任务“如同当年制造原子弹一样”的高度优先权。相对于传统的硅材料，第三代半导体以**氮化镓、碳化硅、硒化锌**等宽带半导体原料为主，更适合制造耐高温、耐高压、耐大电流的高频大功率器件。
- 据国家新材料产业发展专家咨询委员会委员、第三代半导体产业技术创新战略联盟透露，**国家2030计划和“十四五”国家研发计划**都已经明确，第三代半导体是重要发展方向，现在到了动议讨论实施方案的阶段。
- 多地正加快部署“十四五”半导体产业发展相关工作，积极抢抓半导体产业发展的重大窗口期和机遇期。

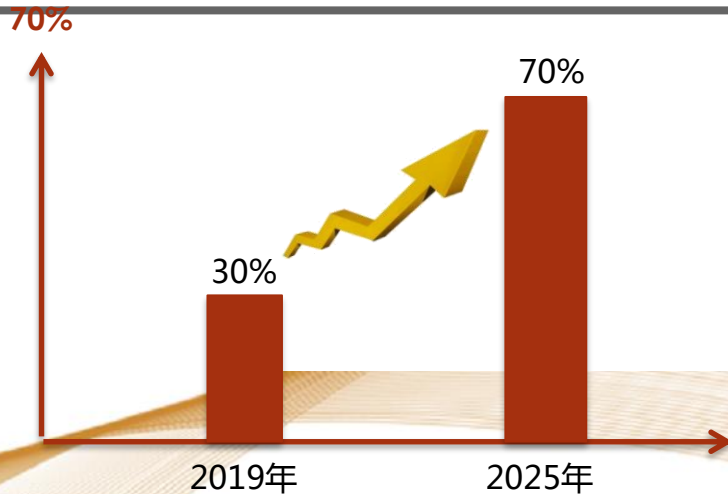
## ● 国内现状

- 中国已承诺到2025年向无线网络到人工智能等技术领域投入约1.4万亿美元。据中国海关数据统计，2019年我国芯片的**进口金额为3040亿美元**，较去年同期减少80亿美元，**同比下降2.6%**。国务院发布的相关数据显示，**中国芯片自给率2019年仅为30%左右**

## ● 国内政策

- 为推动我国半导体产业的发展，8月4日，国务院公开发布《**新时期促进集成电路产业和软件产业高质量发展的若干政策**》强调，集成电路产业和软件产业是信息产业的核心，是引领新一轮科技革命和产业变革的关键力量，其中重点强调，中国芯片自给率要在**2025年达到**

## ● 中国第三代化合物半导体发展历史



# 半导体材料分类

## ➤ 半导体原料共经历了三个发展阶段：

第一阶段是以硅(Si)、锗(Ge)为代表的第一代半导体原料；

第二阶段是以砷化镓(GaAs)、磷化铟(InP)等化合物为代表；

第三阶段是以氮化镓(GaN)、碳化硅(SiC)、硒化锌(ZnSe)等宽带半导体原料为主。

## 第一代半导体材料

	带隙 (eV)	熔点 (K)	主要应用
锗Ge	1.1	1221	低压、低频、中功率晶体管、光电探测器
硅Si	0.7	1687	

最早的半导体晶体管是采用锗(Ge)基材料。

但由于锗材料储量少提纯难度大成本高、氧化物不稳定、不耐高温等特性，在半导体领域逐渐被硅(Si)替代。

- 硅(Si)目前是应用于大规模集成电路领域最普及材料
- 锗(Ge)主要应用于光电子领域

## 第二代半导体材料

	带隙 (eV)	熔点 (K)	主要应用
砷化镓 GaAs	1.4	1511	微波、毫米波器件、发光器件
磷化铟 (InP)	1.35	1070	

第二代半导体材料，主要应用于高速、高频、大功率以及发光电子器件，对应下游器件应用为高性能微波、毫米波器件及发光器件，广泛使用在卫星通讯、光通信、移动通讯、GPS导航等领域。

- 砷化镓 (GaAs) 主要应用于通信射频领域，手机的普及带动了砷化镓功率放大器PA的应用
- 磷化铟 (InP) 高频低功耗特性，主要应用于激光器件、光纤通信等领域(光通信用激光器和探测器)

## 第三代半导体材料

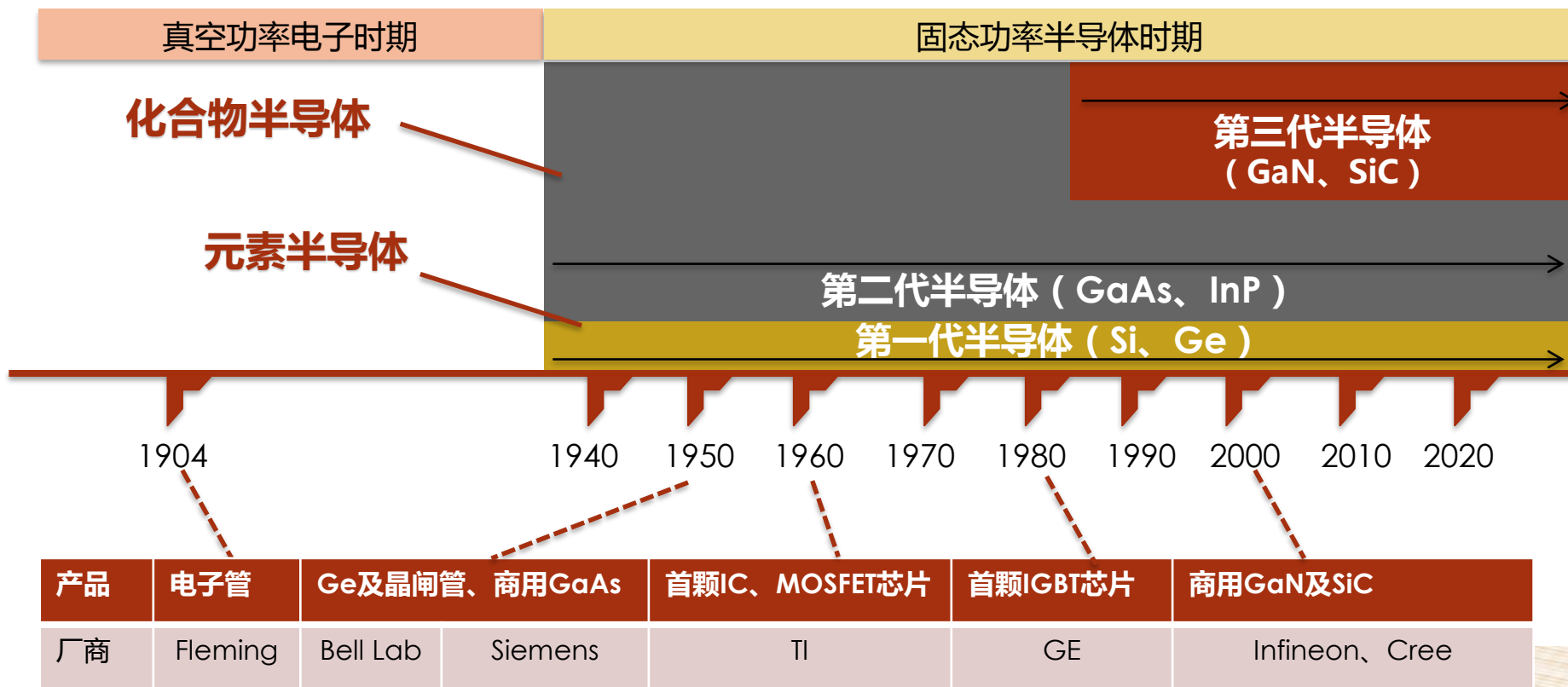
	带隙 (eV)	熔点 (K)	主要应用
碳化硅 SiC	3.05	2826	1.高温、高频、抗辐射、大功率器件；
氮化镓 GaN	3.4	1973	
氮化铝 AlN	6.3	2470	2.蓝、绿紫发光二极管、半导体激光器
金刚石 C	5.5	大于3800	
氧化锌 ZnO	3.37	2248	

第三代半导体材料，具有宽禁带、高击穿电场、高饱和电子速度、高热导率、高电子密度、高电子迁移率等特点。

- 碳化硅 (SiC) 主要应用于电力电子的功率器件，电力、汽车等领域。
- 氮化镓 (GaN) 主要应用于高频领域的射频器件和中低功率领域的电力电子功率器件。

# 化合物半导体发展历程

➤ 化合物半导体的发展历史可以追溯到上个世纪四五十年代。不过直到本世纪才真正开始普及和兴起，尤其是最近几年中国开始大规模投资化合物半导体，产业渐趋繁荣。



资料来源：集邦咨询TrendForce、华西证券研究所

# 典型半导体材料特性对比

指标	Si	GaAs	GaN	SiC	
禁带结构	间接带隙	直接带隙	直接带隙	间接带隙	直接带隙的半导体对光的利用率更好，发光效率高
禁带宽度 (eV)	1.1	1.4	3.3	3.4	禁带宽度的大小决定着电子从价带跳到导带的难易，决定着器件的耐压最高工作温度及导通损耗
电子迁移率 (cm <sup>2</sup> /Vs)	1350	8500	1000	2000	电子在电场作用下移动快慢程度，反应的是单位电场作用下的平均漂移速度。迁移率大，电阻率小，通过相同电流时，功耗越小，电流承载能力越大
介电常数	11.9	13.1	10.1	9	介质在外加电场时会产生感应电荷而削弱电场，外加电场与最终介质中电场比值。介电常数低，单位面积的器件寄生电容小，因此对于同样的器件阻抗，介电常数小的材料可以使用的器件面积就大，这样就可以开发较高的RF功率水平
击穿场强 (MV/cm)	0.3	0.4	2.8	3.3	临界击穿电场决定器件的耐压能力，击穿场强越大，器件的阻断电压越大，适合高压电子器件，可应用于电气化铁路、电力系统等方面
电子饱和漂移速度 (10 <sup>7</sup> cm/s)	1	1	2.2	2.7	载流子的漂移速度随着电场的增大而增大，但当电场增大到一定程度时，载流子的漂移速度达到极限值。电子饱和漂移速率越高，器件具有越细的导通电阻，导通损耗低，高频性能好
热导率 (W/cm·K)	1.5	0.5	4.9	1.3	热导率高，散热更容易，器件可工作在更高的环境温度下
最高工作温度	175	350	600	800	高温承受度，能够工作的温度环境
应用领域	VLSI	RF	PowerIC	RF	VLSI：超大规模集成电路；RF：射频器件；PowerIC：功率器件

# 碳化硅——宽禁带化合物半导体

- **碳化硅 (SiC) 为第三代化合物，是现今国际研究的热点。**由于碳化硅半导体的出色材料特性，其现下已成为发展最快、产量最大和应用最广的半导体材料，是未来绿色能源材料发展的最优选择。
- 碳化硅是以焦炭和硅砂为主要原料经电炉高温熔炼制成的混合物。在温度1400-1800°C 时生成  $\beta$ -SiC (立方晶)，在温度高于 1800°C 时生成  $\alpha$ -SiC (六方晶)。
- **碳化硅一般采用PVT制备工艺。**PVT制备法温度需求高达2000多度，加工周期长，产出低，因此碳化硅衬底成本一直偏高。
- SiC器件具有能量转化损耗低，装置体积小、重量轻等特点，可满足在高铁、汽车电子、智能电网、光伏逆变、工业机电、数据中心、白色家电、消费电子、5G通信、次世代显示上的应用需求。
- SiC作为目前技术相对成熟的宽禁带半导体材料，其禁带宽度为硅的2.9倍，热导率为硅的3.3倍，击穿场强为硅的10倍，开关损耗仅为硅的1%。**目前SiC主要应用于微波、高频及短波长器件制作。**

焦炭



硅砂



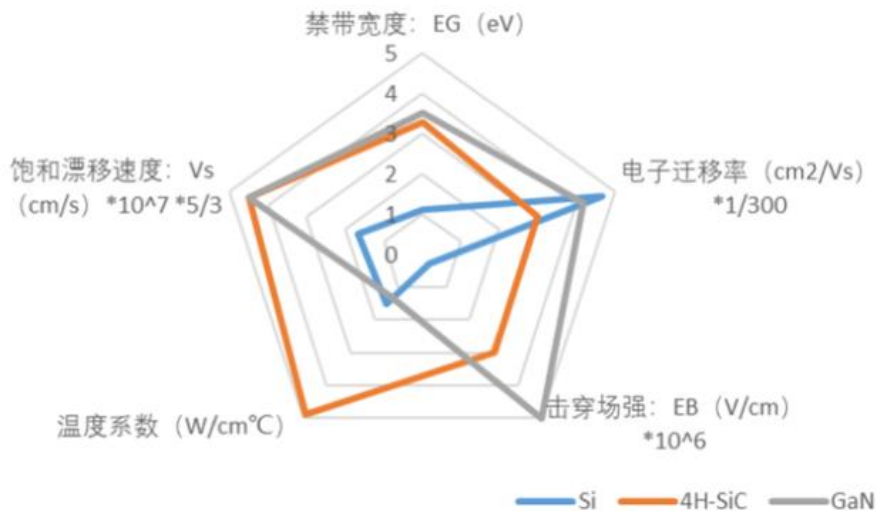
碳化硅



## 成熟的宽禁带半导体

- **碳化硅 (SiC) 为目前发展相对成熟的宽禁带半导体材料, 世界各国都对碳化硅的研究高度重视, 纷纷投入了大量的资金积极发展。**美国、欧洲、日本等地区从国家层面上制定了对应碳化硅材料的研究规划, 并且一些国际电子业巨头也投入大量资金到碳化硅半导体器件的研究发展上。
- **碳化硅材料的特性:**
  - 1. **物理性能:** 禁带宽度大、饱和电子漂移速度高、存在高速二维电子气、击穿场强高 (此材料特性会影响器件性能)。
  - 2. **器件性能:** 耐高温、开关速度快、导通电阻低、耐高压 (此特性反映在电子电气系统和器件产品中)。
  - 3. **系统性能:** 体积小、重量轻、高效率、驱动力强。

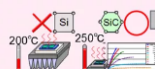
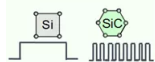
## Si、4H-SiC和GaN的性能对比



## 领先普通硅的材料特性

与普通硅相比, 使用碳化硅的元器件有以下特性:

- ①**高压特性**
  - 碳化硅器件的耐压性是同等硅器件的10倍。
  - 碳化硅肖特基管的耐压可达2400V。
  - 碳化硅场效应管的耐压可达数万伏。
- ②**高频特性**
  - 碳化硅的高频能力是硅的2倍。
- ③**高温特性**
  - 碳化硅的耐高温能力是硅的2倍。
- ④**相同电气参数的产品, 采用碳化硅材料可缩小50%体积, 可降低80%能量损耗。**



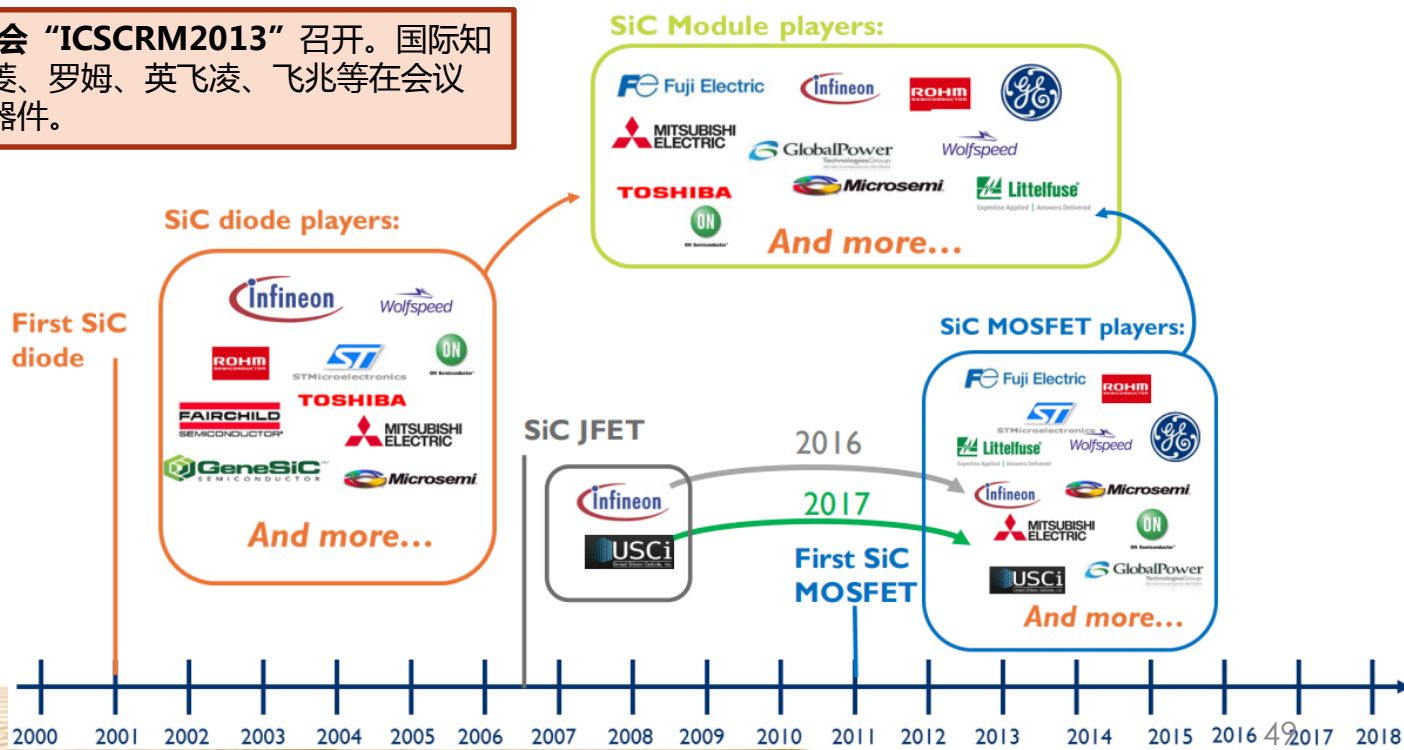
# 碳化硅——发现至今已历经百年有余



2013年，碳化硅半导体国际学会“ICSCRM2013”召开。国际知名的半导体器件厂商科锐、三菱、罗姆、英飞凌、飞兆等在会议上展示了最新的量产化碳化硅器件。

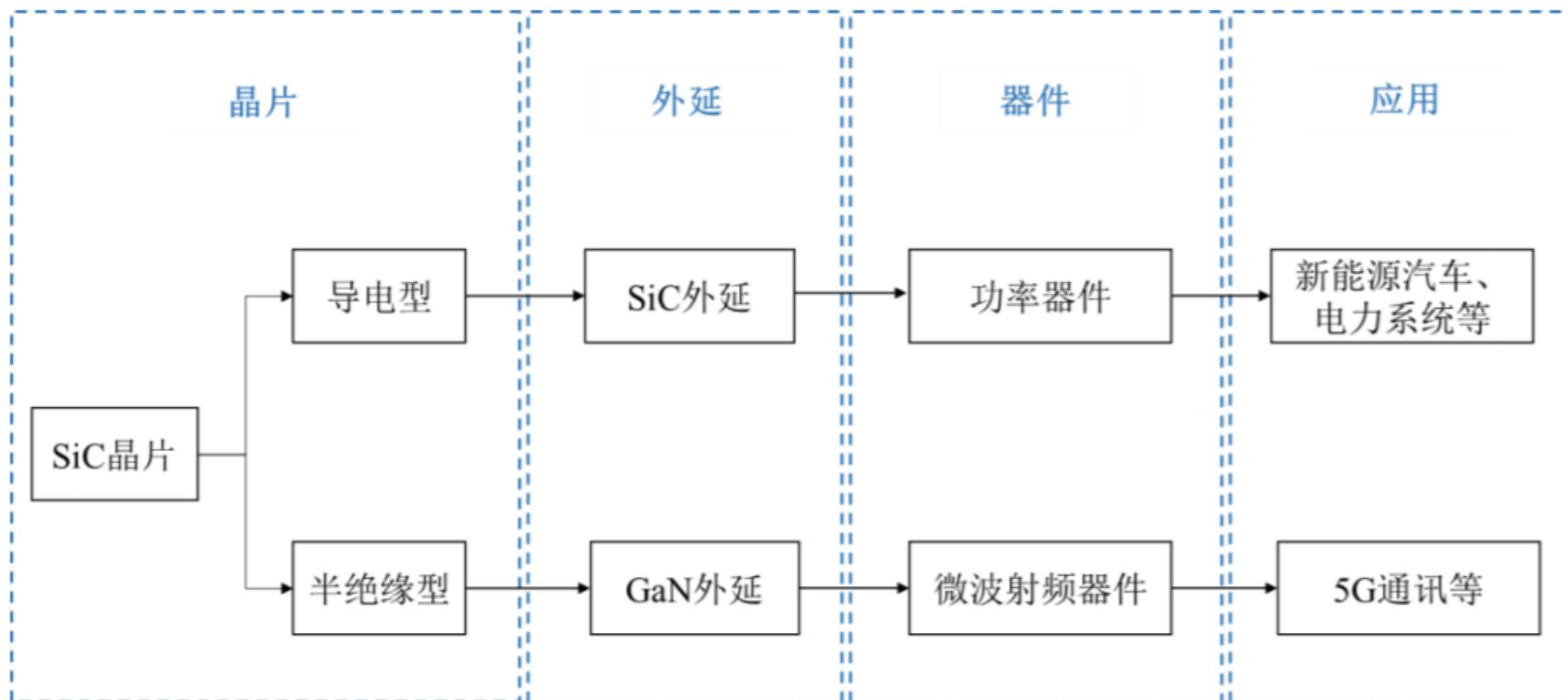
## 碳化硅的早期应用

电致发光现象最早于1907年使用SiC发光二极管(LED)被发现。第一批商用碳化硅基LED很快被生产出来。20世纪70年代，前苏联生产出了黄色的SiC LED，20世纪80年代蓝色LED在世界范围内广泛生产。之后推出了氮化镓(GaN) LED，GaN LED发出的光比SiC LED明亮数十倍乃至上百倍，SiC LED因此几乎停产。



- 以碳化硅晶片为衬底，通常使用化学气相沉积（CVD）方法，在晶片上淀积一层单晶形成外延片。其中，在导电型碳化硅衬底上生长碳化硅外延层制得碳化硅外延片，可进一步制成功率器件，应用于新能源汽车、光伏发电、轨道交通、智能电网、航空航天等领域；在半绝缘型碳化硅衬底上生长氮化镓外延层制得碳化硅基氮化镓（GaN-on-SiC）外延片，可进一步制成微波射频器件，应用于 5G 通讯、雷达等领域。

## 碳化硅晶片产业链



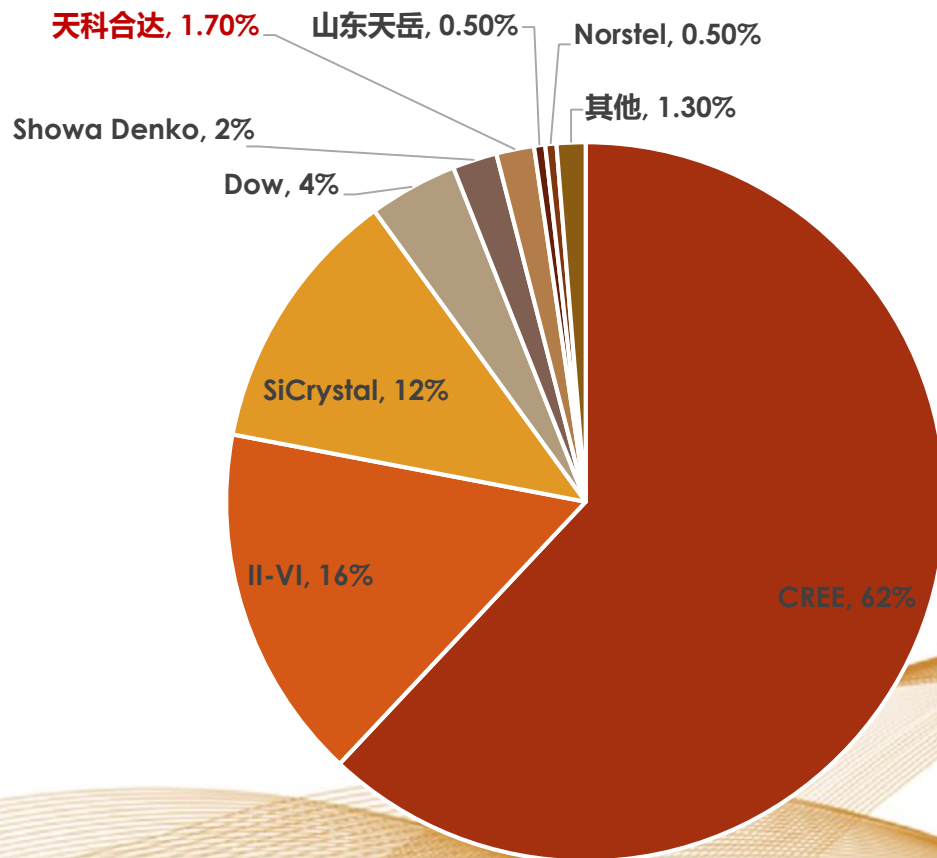
# 碳化硅——各生产环节均已相对成熟

产业链		主要代表企业	
衬底	大陆以外	美国Cree、DowCorning、II-VI，日本罗姆、新日铁住金，瑞典Norstel	
	中国大陆	山东天岳、天科合达、河北同光、世纪金光	
外延片	大陆以外	美国Cree、DowCorning、II-VI，日本罗姆、新日铁住金、昭和电工、三菱电机，德国Infineon，瑞典Norstel	
	中国大陆	东莞天域、瀚天天成、世纪金光	
器件	大陆以外	IDM	美国Cree、GE、OnSemi、GeneSiC、Microsemi，日本罗姆、三菱电机、东芝，德国Infineon，瑞士ST
		Fabless	美国USCi，中国台湾瀚薪
		Foundry	瑞典Asctron，美国USCi，法国IBS，德国X-Fab，中国台湾嘉晶
	中国大陆	IDM	中电科55所、中电科13所、株洲中车时代、泰科天润、世纪金光、华润微等
		Fabless	上海瞻芯
		Foundry	厦门三安

# SiC导电型晶片以海外为主

- 目前，碳化硅晶片产业格局呈现美国全球独大的特点。以导电型产品为例，**2018年美国占有全球碳化硅晶片产量的70%以上，仅CREE公司就占据一半以上市场份额**，剩余份额大部分被日本和欧洲的其他碳化硅企业占据。其中，天科合达以1.7%的市场占有率排名全球第六、国内第一，随着公司技术水平的不断提高及产能的释放，公司的市场占有率预计将进一步提升；
- 以天科合达为代表的国内企业开始探索碳化硅单晶片的工业化生产，经过10余年的持续研发与探索，掌握了2-6英寸的碳化硅晶体生长和晶片加工的关键技术。

2018年导电型碳化硅晶片厂商市场占有率(%)



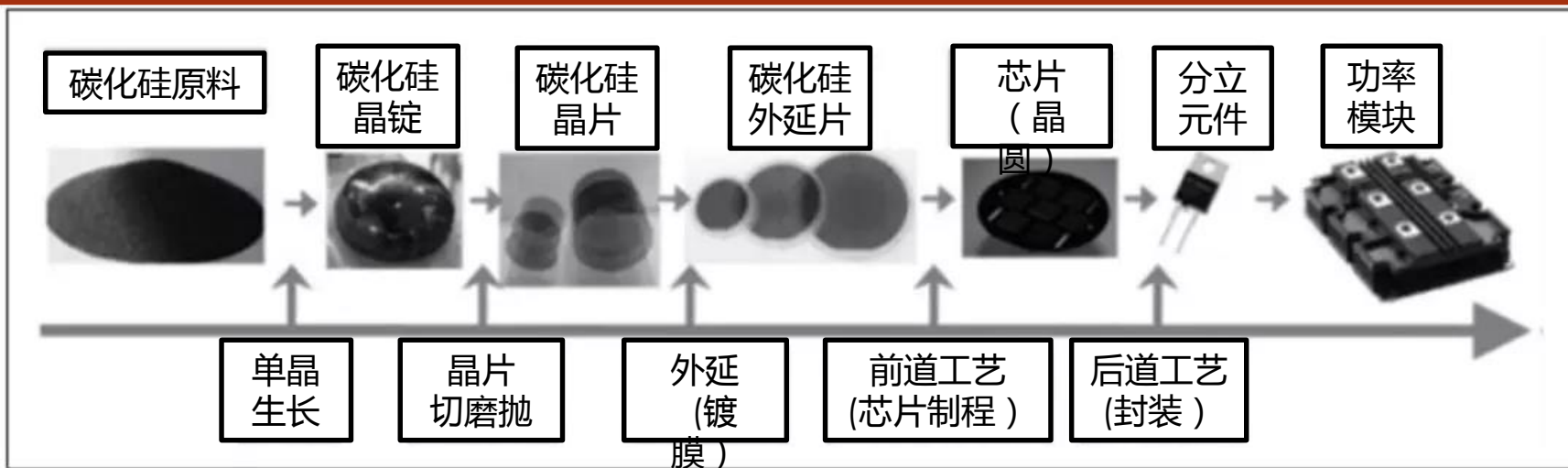
**衬底方面：通常用Lely法制造。**目前国际主流产品正从4英寸向6英寸过渡，已经开发出了8英寸导电型衬底产品。国内衬底目前仍以4英寸为主，质量还相对薄弱。

**外延方面：通常用PECVD法制造。**国际上Cree、昭和等企业具备量产高质量的厚外延的技术。国内目前部分公司能提供4、6英寸碳化硅外延片，质量尚佳。

**器件方面：国际上600-1700V碳化硅SBD、MOSFET已实现量产，国内目前MOSFET量产方面还有待突破。**  
**产线方面，国内外都在往6英寸线过渡，Cree已开始布局8英寸线。**

**制程上，碳化硅大部分生产线与传统硅相同。**此外碳化硅具有高硬度等特性，需要如高温离子注入机、碳膜溅射仪、量产型高温退火炉等特殊生产设备，其中高温离子注入机是碳化硅生产线的一个重要衡量标准。

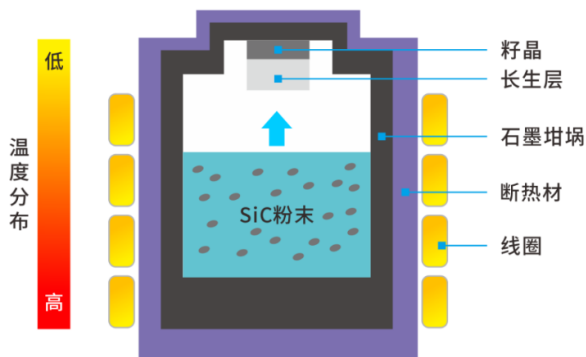
## 碳化硅功率器件生产过程



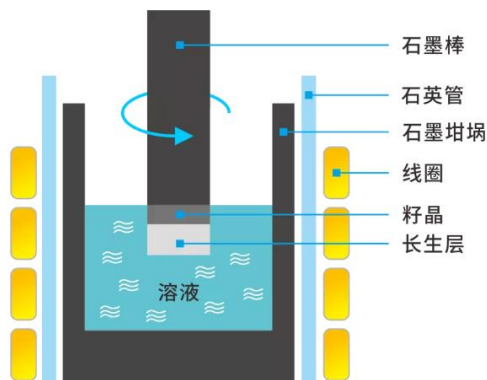
# 碳化硅——主要的三种制备方法

- 碳化硅为人工合成材料，其成本比自然开采材料要高。
- 碳化硅升华熔点约2700度，没有液态，只有固态和气态，因此不能使用类似拉单晶的切克劳斯基法（CZ法）制备。
- Lely改良法为目前制备半导体级的高纯度碳化硅单晶的主要方法，有三种技术制备方法，物理气相运输法（PVT）、溶液转移法（LPE）、高温化学气相沉积法（HT-CVD）。

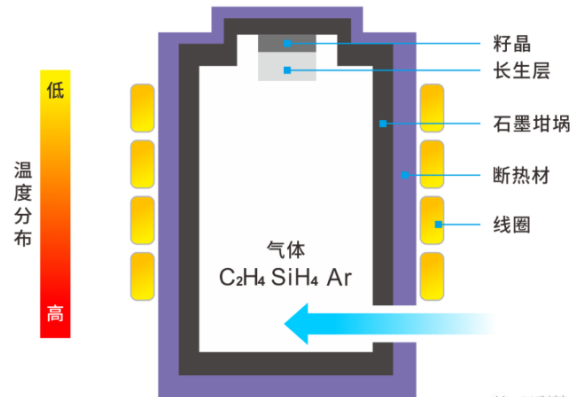
## PVT法



## LPE法



## HT-CVD法



制备方法	物理气相运输法（PVT）	溶液转移法（LPE）	高温化学气相沉积法（HT-CVD）
原理	碳化硅粉体在2000度下高温升华利用温度梯度差，再结晶。	碳硅溶液共溶，强对流，籽晶点晶生长需要1800度高温。	特殊气体反应，2300度高温。
优点	设备便宜，过程简单，是主流4英寸、6英寸的衬底制造方法。	生长成本低，缺陷密度低，目前仅限于实验法研究。	缺陷少，可以制造半绝缘SiC晶体。
缺点	生长速度慢，晶体缺陷较难控制。	生长极其缓慢，对材料要求极高。	设备过于昂贵，反应速度较慢，成本较高。

## 碳化硅电力电子器件

- **碳化硅电力电子器件（包括SBD和MOSFET）的耐压水平和电流极值水平与2018年基本持平。**商用SiC SBD最高耐压等级为3300V，1700V和3300V产品很少，90%以上产品的耐压范围仍集中在650V和1200V，工作电流集中在60A以下。商用SiC MOSFET产品指标与去年基本持平，目前最大耐压1700V，有650V、900V、1200V、1700V四种电压等级，工作电流65A以下。

碳化硅电力电子器件	最高耐压水平	工作电流	主要电压水平
商业化SiC SBD	3300V	60A以下	650V、1200V
商业化SiC MOSFET	1700V	65A以下	650V、900V、1200V、1700V

### ● 碳化硅功率模块推出加速

- **2019年推出的SiC模块（包括全SiC及混合SiC模块）新品数量占电子器件新品总数的一半以上。**
- 三菱研发的全SiC模块最高工作电压达到了3300V，这也意味着SiC器件应用迈入新的高压阶段。
- 罗姆研发的1700V/250A全SiC功率模块可在室外发电系统和工业高压电源的应用中发挥重要作用，采用新模块后的系统节能效果和可靠性提升显著。

### ● 应用模块着重推出

- **企业着重推出SiC应用模块，并推出针对SiC电路的周边器件。**
- 罗姆推出具备独立过电流保护功能的可独立保护系统的半导体保险丝。
- 2019年，国际各大零部件供应商和整车企业都纷纷开发或量产SiC电驱动系统。新能源汽车的发展对于驱动系统提出了如小型化、高效化等更高的要求。

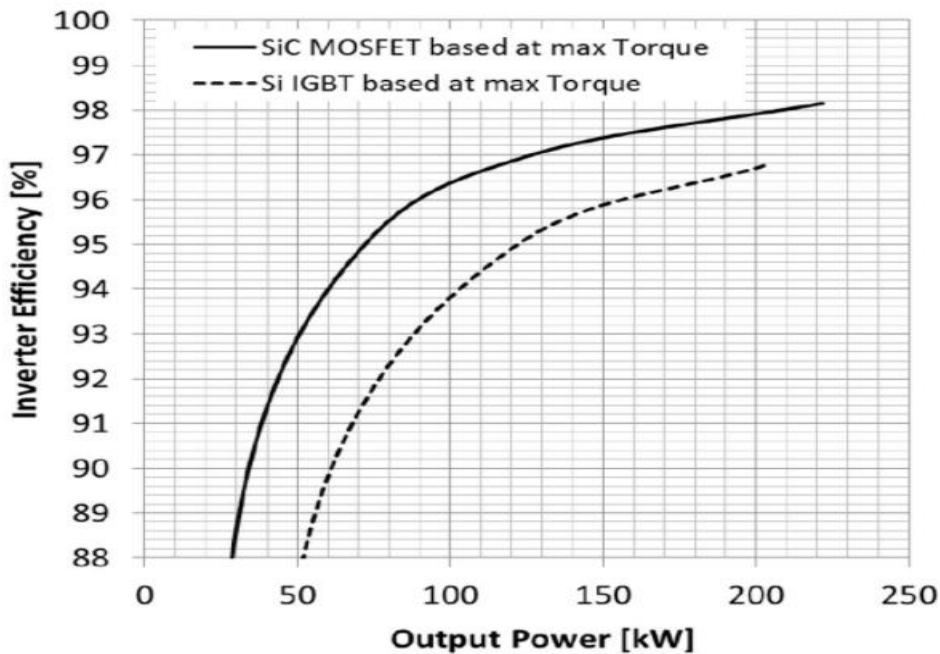
## 太阳能逆变器

- 碳化硅二极管导通与关断状态的转换迅速，没有普通双极二极管技术开关时的反向恢复电流。在太阳能发电用二极管基本材料上，碳化硅二极管的各项技术指标均优于普通双极二极管。碳化硅二极管在消除反向恢复电流效应后的能耗可降低70%，可以在宽温度范围内保持高效率，这使得设计人员优化系统工作频率的灵活性得到提高。

## 新能源汽车充电器

- 碳化硅二极管通过汽车级产品测试，可以满足设计人员和汽车厂商希望降低电压补偿系数的要求。其极性接反击穿电压提高到了650V，可以保证车载充电半导体元器件的标称电压与瞬间峰压之间有充足的安全裕度。碳化硅二极管的双管产品，可提高汽车空间利用率，降低车载充电器的重量。

## SiC MOSFET与Si IGBT功率与转换效率对比图



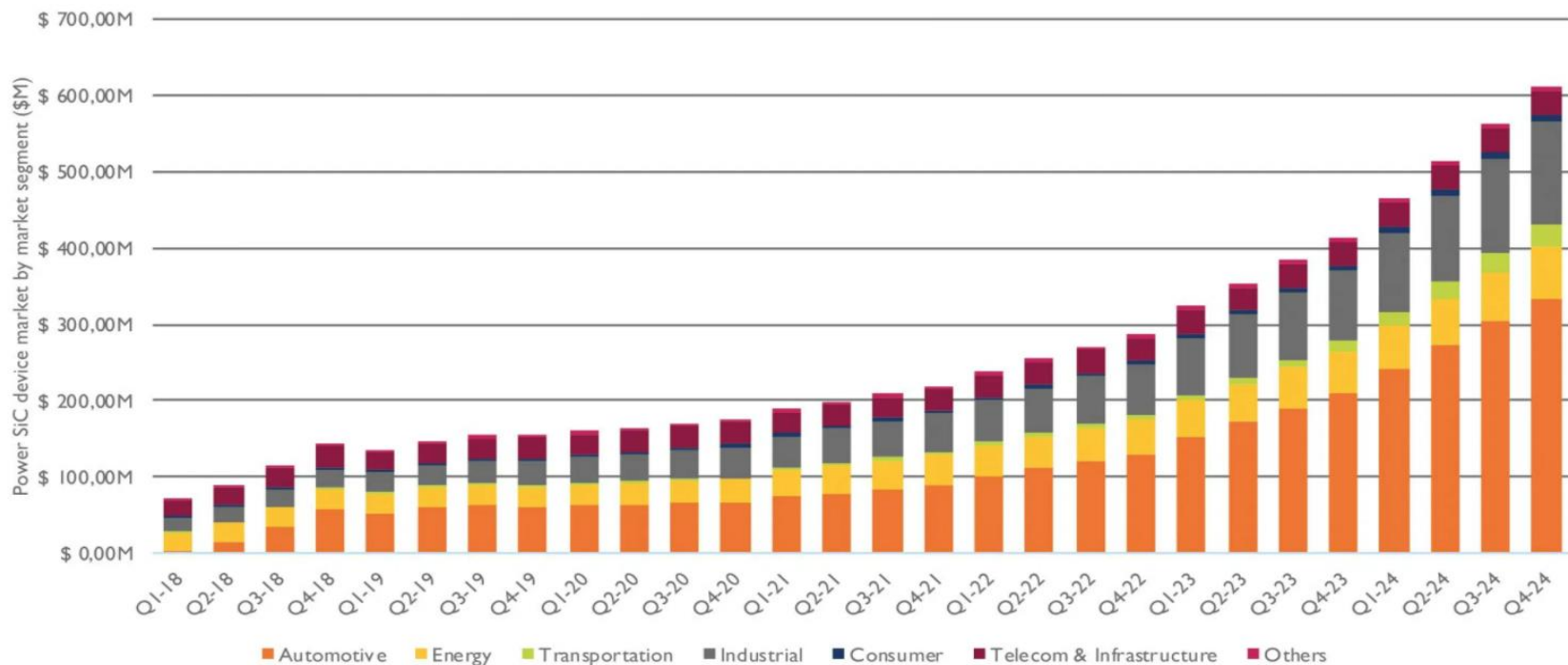
## 碳化硅MOS管

- SiC MOSFET模块在光伏、风电、电动汽车及轨道交通等中高功率电力系统应用上具有着巨大优势。
- 碳化硅器件是目前国内外电动汽车电机领域研发的重点，碳化硅器件高压、高频和高效率的优势可以突破现有电动汽车电机设计上因器件性能而受到的限制。电装和丰田合作开发的内功率控制单元（PCU）（在混合动力汽车、纯电动汽车上使用）使用碳化硅MOSFET模块，体积比减小到1/5。
- 三菱开发的EV马达驱动系统使用SiC MOSFET模块把功率驱动模块集成到了电机内，实现了一体化和小型化目标。
- 预计在未来，碳化硅MOSFET模块将广泛应用在国内外的电动汽车上。

# SiC MOSFET, 新能源汽车为核心催化

- 车用半导体中，SiC是未来趋势，目前，xEV车中的主驱逆变器仍以IGBT+硅FRD为主，考虑到未来电动车需要更长的行驶里程、更短的充电时间和更高的电池容量，SiC基MOSFET将是大势所趋。SiC有望提高3%-5%的逆变器效率，从而降低电池成本；
- Yole预计到2024年Q4，电动汽车用碳化硅（SiC）功率半导体将占SiC功率半导体总市场的50%以上；工业和光伏领域占比分别位列第二、第三。

## ● 全球SiC器件市场规模及主要应用



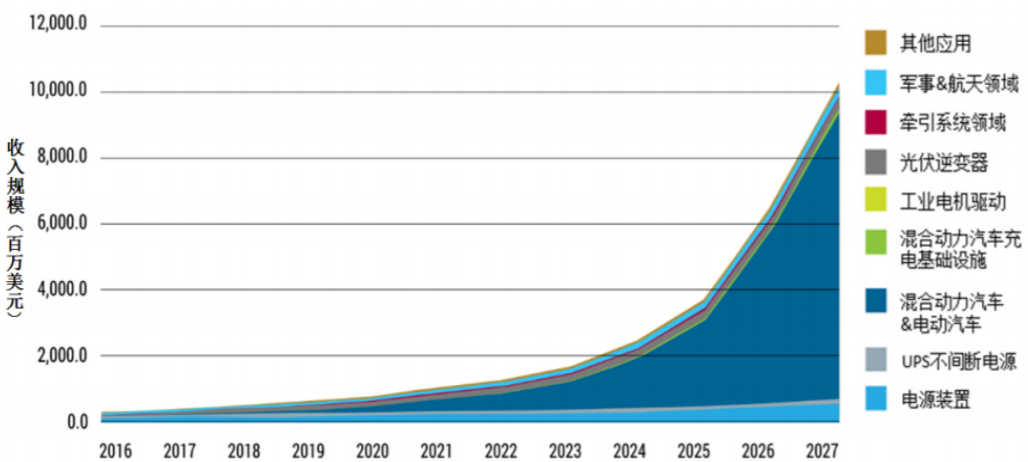
- This figure represents the estimated market for SiC devices, including both open and captive markets.
- The ramp up of automotive market in 2018 was mainly due to Tesla's adoption of SiC in its main inverter.
- Similar to automotive application, other applications such as industrial, energy and transportation are expected to grow.

# SiC MOSFET, 新能源汽车为核心催化



- 新能源汽车系统架构中涉及到功率半导体应用的组件包括：电机驱动系统、车载充电系统（OBC）、电源转换系统（车载DC/DC）和非车载充电桩。碳化硅功率器件应用于电机驱动系统中的主逆变器，能够显著降低电力电子系统的体积、重量和成本，提高功率密度；
- 美国特斯拉公司的 Model 3 车型采用以 24 个碳化硅 MOSFET 为功率模块的逆变器，是第一家在主逆变器中集成全碳化硅功率器件的汽车厂商；碳化硅器件应用于车载充电系统和电源转换系统，能够有效降低开关损耗、提高极限工作温度、提升系统效率；
- 目前全球已有超过 20 家汽车厂商在车载充电系统中使用碳化硅功率器件；碳化硅器件应用于新能源汽车充电桩，可以减小充电桩体积，提高充电速度。

## ● SiC功率器件主要应用



资料来源：IHS Markit，华西证券研究所

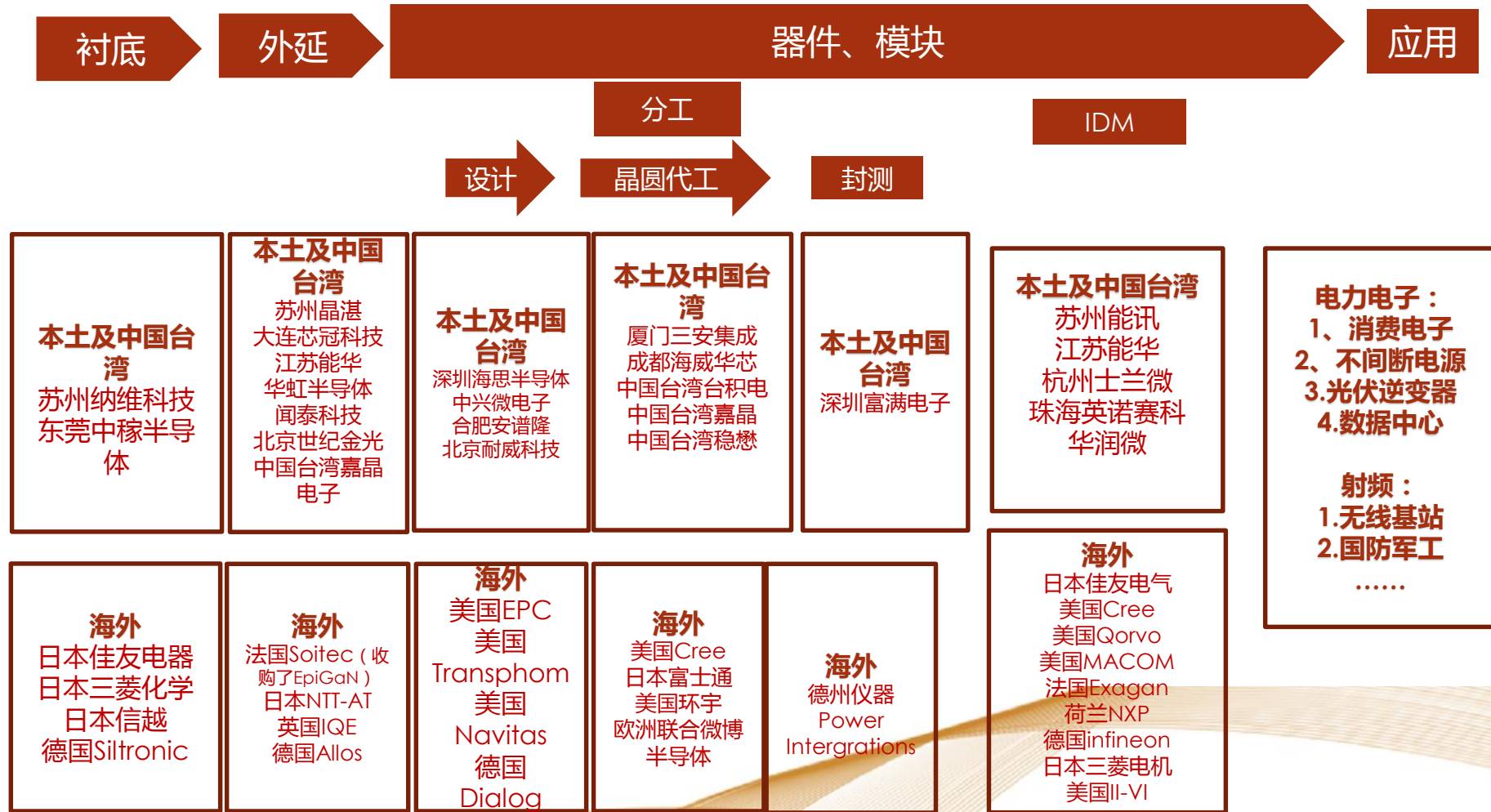
## ● 国际碳化硅晶片龙头企业锁单情况

国际碳化硅晶片龙头企业提前锁定订单情况	
2018.02	CREE 宣布了一项价值 8,500 万美元的长期协议，将为一家未公布名称的“领先电力设备公司”供应碳化硅晶片
2018.11	CREE 与英飞凌签订了 1 亿美元的长期供应协议，为其光伏逆变器、充电基础设施、工业源牵引和变速驱动等产品提供碳化硅晶片
2019.08	CREE 与安森美签订了 8500 万美元的 6 英寸碳化硅衬底和外延片供应协议，CREE 将为安森美生产和供应碳化硅衬底及外延片，安森美将用于新能源汽车和工业应用等高速增长碳化硅功率器件市场
2019.11	CREE 与 ST 签署一项为期多年的 5 亿美元的生产供应协议，CREE 将向 ST 供应 6 英寸碳化硅晶片
2020.01	罗姆和ST宣布达成超1.2亿美元的协议，由罗姆旗下的SiCrystal向ST供应先进的6英寸碳化硅晶片

资料来源：天科合达，华西证券研究所

# GaN产业链——日、美目前是GaN产业佼佼者

- 产业链包括上游原材料、中游器件模块和下游应用
- 日、美目前是GaN产业佼佼者，中国企业入局者为数不多



资料来源：Of week，华西证券研究所

# GaN: 衬底——2-4英寸、异质衬底为主

## ● GaN衬底

- 由于制备GaN的单晶材料无法从自然界中直接获取所以GaN的主要制备方法是在蓝宝石、SiC、Si等异质衬底上进行外延。
- 目前，GaN自支撑衬底仍以小尺寸晶圆为主，其主要采用的工艺为氢化物气相外延(HVPE)和氨热法。商业应用中，GaN的制备仍主要采用在异质衬底上进行外延，GaN自支撑衬底在激光器上的应用可获得更高的发光效率品质。
- **GaN衬底目前仍然以2-4英寸为主**，外延片6英寸开始商用，8英寸已试制成功。材料尺寸的增加将带来更大产能和更低成本。

## ● 国内GaN衬底研究合作情况

企业	产品	合作高校或研究所
中稼半导体	GaN衬底	北京大学
苏州纳维	GaN衬底	中科院苏州纳米所
山东天岳	SiC衬底	山东大学
天科合达	SiC衬底	中科院物理研究所
保定同光	SiC衬底	中科院半导体研究所
东莞天域	SiC外延片	中科院半导体研究所
华虹半导体	GaN外延和器件	北京大学、中山大学

## ● GaN用不同衬底的对比

	已可量产的最大尺寸	成本	热导率 (W/cmK)	外延材料质量
Sapphire	4"	20美元	0.5	好
Si	8"	20美元	1.49	一般
SiC	6"	1000美元	4.9	很好
GaN	2"	2500美元	1.3	非常好

尺寸	GaN自支撑衬底	GaN on Si	GaN on SiC	GaN on GaN
2"	√主流尺寸	√	√	√
3"	√	√	√	√
4"(100mm)	√	√	√	√
5"(125mm)		√		

## ● 全球GaN衬底市场情况

GaN衬底	市场份额
日本住友电工Sumitomo Electric	三家日商合计超85%
日本三菱化学Mitsubishi Chemical	
日本住友化学Scios	

# GaN: 下游应用

## ● GaN半导体晶圆对应下游应用

元件名称	使用场景	GaN单晶衬底	GaN on SiC	GaN on Si
红光-绿光LED				
红外光LED	显示设备, 如家用电器, 仪器, 室外显示器; 光源如传真机,			
蓝光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。CD, DVD 激光器, 激光投影, 打印机, 光盘存储器, 汽车照明, 光通信, 各种仪器等光源; 3D sensing	√		
激光二极管 (LD) / VCSEL		√		
光接收元件 (PD、APD)	光通信、传感器、红外相机			
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			√

# GaN细分——按照器件、领域、尺寸、应用细分

## 按照器件种类细分



- 分立器件
- 集成器件

➢ **分立器件**主要包括增强模式(E-Mode) GaN晶体管和耗尽模式(D-Mode) GaN晶体管。

➢ 指的是由二极管三极管电阻电容等独立的元器件组成的具有一定功能的器件。其体积较为庞大，已经被逐步淘汰。

➢ **代表厂商**包括松下、EPC、英飞凌、安森美、GaN系统和Transphorm等。

➢ **集成器件**又分为系统级封装集成和系统级芯片集成

➢ 指的是由各种功能性集成块组成的具有一定功能的器件。其体积较小，已被广泛的应用于各种电子行业。随着其单体集成量的增大，其体积将会更小。其用途将会更加广泛。

➢ **代表厂商**包括TI、EPC、英飞凌、纳微(Navitas)、Power Integrations(PI)和dialog等。

## 按照领域细分



- 光电半导体
- 功率半导体
- RF半导体

## 按照晶圆尺寸细分



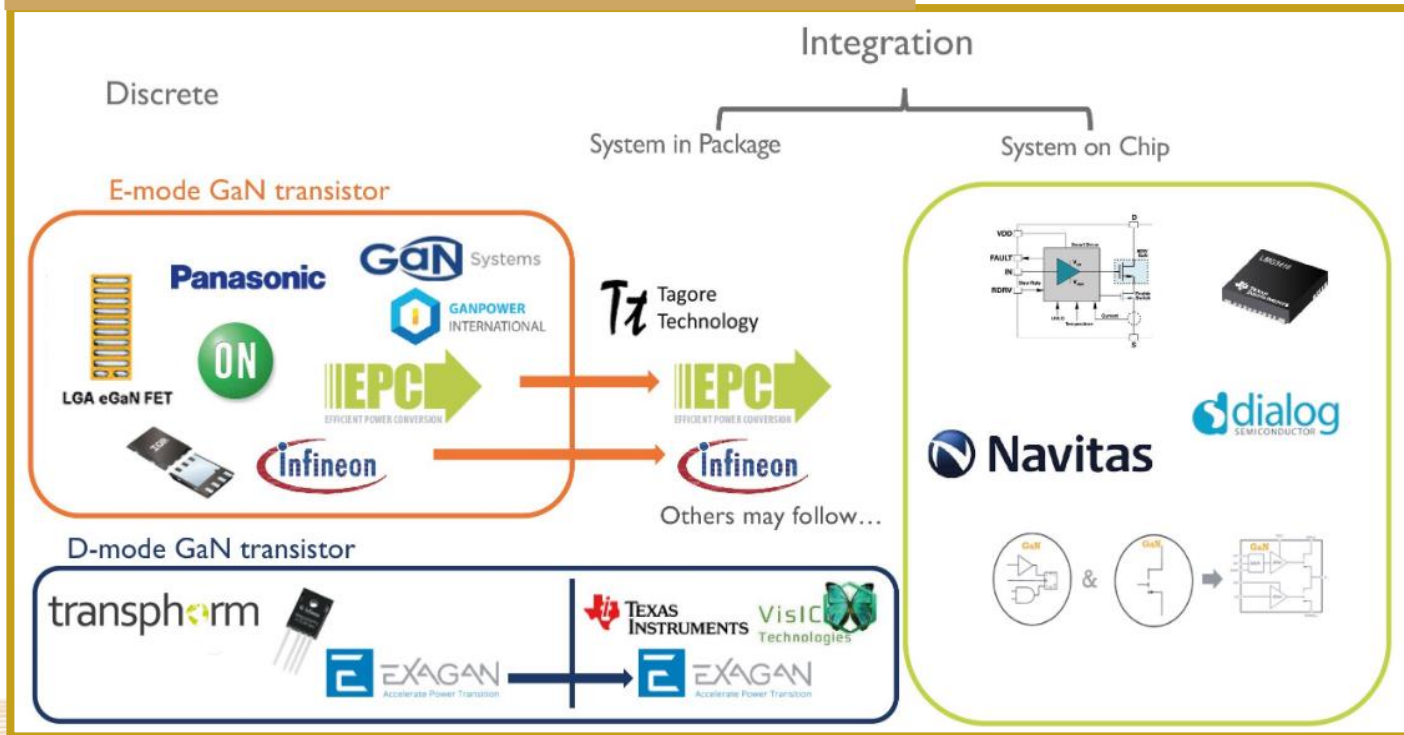
- 2英寸
- 4英寸
- 6英寸及以上

## 按照应用细分



- 功率驱动器
- 电源和逆变器
- 射频
- 照明和激光

### GaN器件按照器件种类分类和代表厂商



# GaN电源领域——比硅成本更低，性能更高

高能效和高功率密度能够让GaN成为最接近理想的**半导体开关器件**，功率半导体的发展目标就是尽量减少开关功耗。虽然硅电源开关的特性在不断提高，但随着基于**硅**的技术接近其发展极限，宽禁带功率晶体管如**氮化镓 ( GaN )**有望提出比硅MOSFET更优的解决方案。

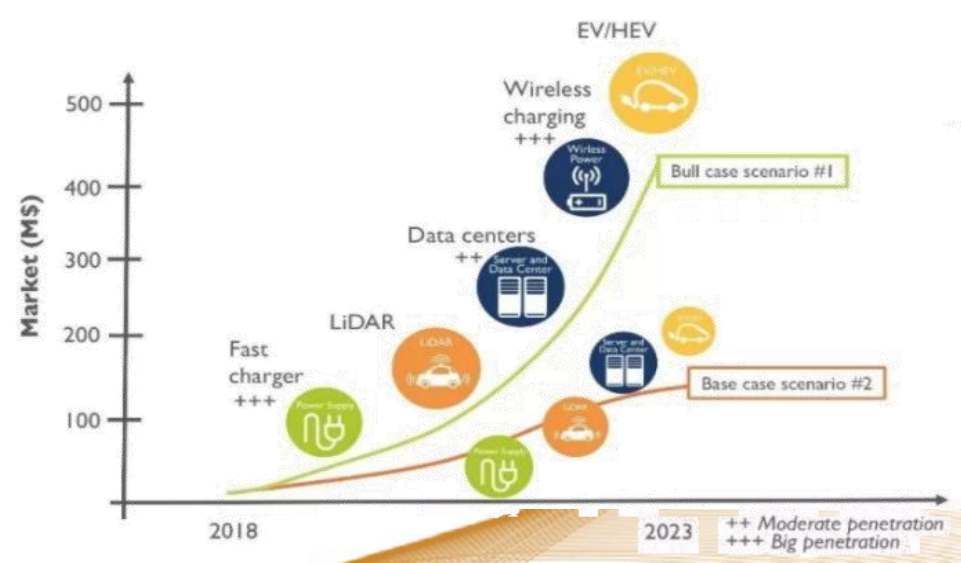
- 就成本而言**，GaN比硅售价更低：
- GaN器件与硅器件可以在同一工厂用相同的制造程序生产。
  - GaN器件小于硅器件，每个晶片可以生产更多的器件，从而降低了每个晶片的成本。

## ● 氮化镓应用于电源管理市场的特性优势

相较于硅MOSFET，**GaN ( 氮化镓 )**可以让电源应用在同等电压条件下以更高的开关频率运行。这意味着在相同条件下，GaN比基于硅材料的解决方案具有更高的效率：

- **低输入和输出电容**可降低硬开关转换器中的损耗，并在硬开关转换器和软开关转换器中实现更高的开关频率；
- 硬开关**半桥转换器**中具有极低的**反向恢复电荷损耗**，因此可实现新的拓扑结构，如图腾柱 PFC；
- GaN可大幅减少**开关损耗**，这就可以缩短过渡期，并带来更快的开关速度

## ● GaN电源管理器件主要应用市场规模



➢ 2018年到2023年间，市场情况佳时，GaN在新能源汽车的增长速度最快其次是无线充电

# GaN: 新能源汽车——处于研发阶段，潜力巨大

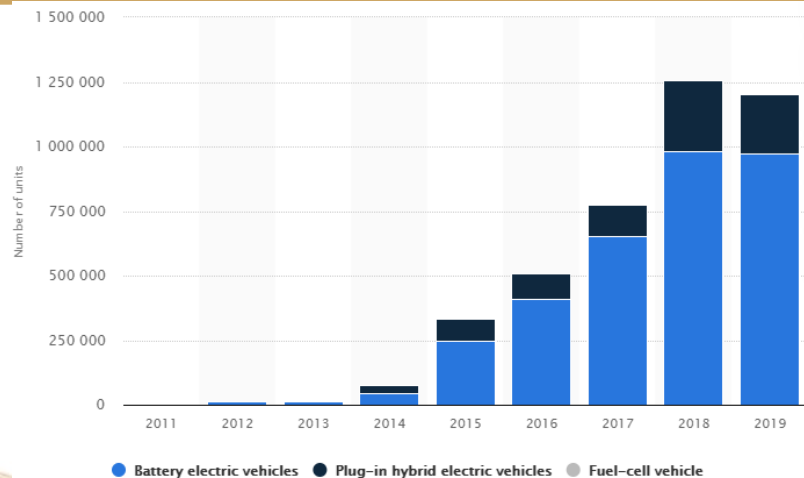
在车规级市场，同为第三代半导体的**碳化硅**已经实现应用，但**氮化镓**还处于研发阶段。

根据EVsales数据，2019年全年全球一共售出了约**221万辆**新能源汽车，同比**增长9.95%**。在所有新能源车销量之中纯电动汽车占到了74%，同比增长了5%。

**头部厂商对车规氮化镓多处于研发阶段：**

- **安世半导体**正在研发用于高压DC-DC直流转换器、车载充电器等车用氮化镓产品；
- **意法半导体**看好氮化镓在OBC及48V直流转换器的潜力，并于今年宣布与台积电合作开发氮化镓工艺在汽车电气化领域的应用，并宣布收购氮化镓新锐Exagan；
- **纳微半导体**去年表示，其GaN FET相关产品和技术可用于电动汽车和混合动力车的车载充电器和DC-DC转换器，可降低能耗并提升开关速度，使车辆实现更快的速度和更长的里程。

## ● 2011到2019年中国每年新能源汽车销量（辆）



数据来源：中国电子报、statista、华西证券研究所整理

## ● 车载GaN的主要应用领域

### 1. 轻混合动力汽车的48V功率转换

- Quinlan预测，到2025年，全球每售出的10辆汽车中就有一辆是48V轻混合动力汽车。这些系统需要48V/12V双向转换器。基于GaN技术的48V车用总线系统可**提高效率、减小体积和降低系统成本**。

### 2. 信息娱乐系统的DC/DC转换器

- 而Fact.MR在最新的预测研究报告中，2017-2026年期间，车载信息娱乐系统市场的年复合增长率将达到6.4%。车载信息娱乐系统耗电之大对车辆的整体功率系统要求很高。但这些附加电源系统的空间非常有限，还会产生更高的热量。
- 以当前的技术水平来看，氮化镓用于DC-DC直流转换器这个细分领域有着较为明显的优势。在诸如降压转换器的硬开关应用中，GaN具有非常低的栅-漏极电荷和整体开关损耗，从而大大**提升效率**和更容易**管理散热**问题，同时体积较小。

### 3. 无刷直流电机驱动器

- 基于GaN器件的48V车用电机做到了包括缩小电机尺寸和重量，在高于可听频谱频率下高效的工作，具有更强的转矩和**更高的效率**，从而实现更长的**电池续航时间**

### 4. 自动驾驶汽车的激光雷达

- 激光雷达系统用来帮助自动驾驶车辆辨识和感知周围环境。使用GaN芯片的**激光雷达系统精度**得到大幅提高，能够达到英寸级别，而硅芯片只能达到10英尺级别。

### 5. 逆变器

- 和传统技术相比，使用氮化镓的新型逆变器**效率更高**，可大幅**降低**电动汽车电源转换中的**电量损耗**。同时，它也可应用于混合动力汽车等其他环保车，有望帮助减少二氧化碳排放。<sup>64</sup>

# GaN:PD快充——氮化镓增长最快的市场

➢ 氮化镓增长最快的要数快充市场。随着手机电池容量的不断增加，大功率的快充变得越来越重要，而传统硅材料受限于体积以及功率密度的极限无法满足市场需要，氮化镓通过自身的优势迅速吸引了市场。

**更高功率：**  
氮化镓拥有相对硅更宽的带隙，也就是说，氮化镓能比硅承受更高的温度和电压，拥有更好的导电能力。

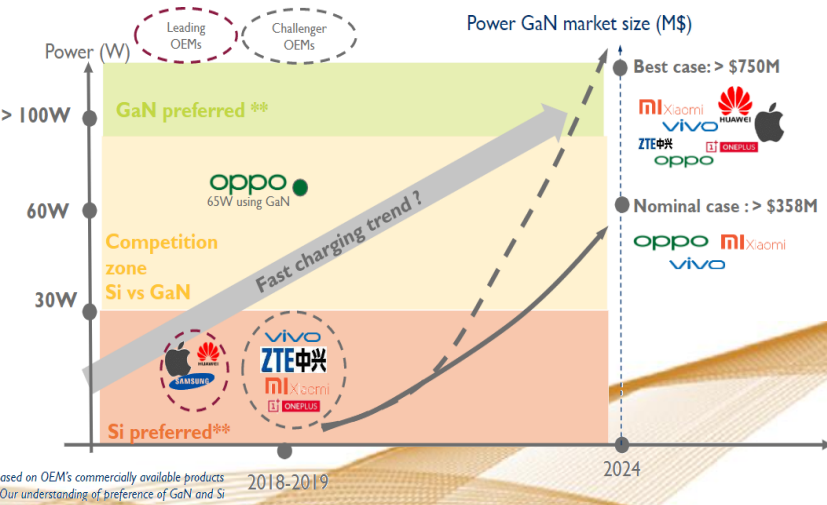
**更小体积：**  
GaN器件相对硅器件可以将开关频率提高10倍，大大缩小被动元件的体积，特别是磁性元件，从而使得充电器的体积成倍的缩小。

**更高转化效率：**  
氮化镓快充方案的充电速度可以做到比传统方案快5倍以上。

## 市场价格

➢ 2020年随着上游功率芯片产能、质量的提升，以及加工工艺、控制芯片、变压器、电容、等研发、制造生态链的完善，氮化镓快充的价格也变得更为亲民，并且走进千家万户，成为轻薄、环保、好用的电源产品

## ● GaN快充市场规模（百万美元）



## 市场规模

➢ 根据Yole预测，2020-2023年GaN快充市场增速将达到**55%**，2023年GaN器件快充市场规模将达**4.2亿美元**。2018-2014年的复合增长率至少可达**92%**。

➢ 2019年4月份春节展，只有**8款**氮化镓快充产品参展；而到了10月份秋季展，氮化镓快充产品已增加到**56款**，美国CES展会上，参展的氮化镓充电器数量已多达**66款**，涵盖了18W、30W、65W、100W等多个功率段，以及全新品类超级扩展坞，全面满足手机、平板、笔电的充电需求。

# GaN: 光电GaN器件

- 电学性能上**, GaN能够实现更高的输出功率, 最高工作电压达到30~100V甚至更大, 如功率密度可达到GaAs的10倍, 因而更适用于制作高温、高频、抗辐射及大功率器件。
- 光学性能上**, 氮化物体系的光学带隙可从**0.77eV (InN)**连续变化到**6.28eV (AlN)**之间, 从而实现红外光到紫外光的完整覆盖。因此, 基于第三代半导体的光电器件理论上可以实现198-1610nm的光谱覆盖。在光电子和微电子领域, 与前两代半导体相比更有优势, 被广泛应用于半导体照明、电力电子、航空航天等领域

## ● GaN在光电领域的应用



## 半导体照明

- GaN 衬底制备LED可以最大程度地降低LED外延结构的晶格失配和热失配, 实现真正的同质外延, 可以大幅度降低由异质外延引起的位错密度。

## 短波长激光器

- 氮化物半导体激光器结构简单、体积小、易于调制等特点, 有助于实现更高的亮度、更长的寿命和更丰富的色彩。

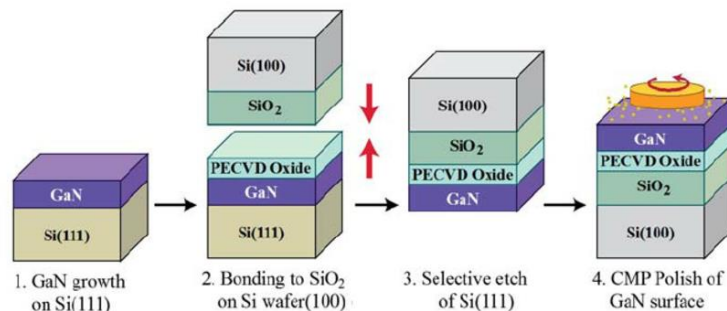
## 光伏电池

- GaN材料体系实现全太阳可见光谱能量的吸收利用, 提高光伏电池的转换效率。其理论转换效率可达70%, 远远超过其他材料体系。

## 其他

- 基于GaN基可见光LED的可见光通信技术
- 基于氮化物材料的光探测器

## ● 建立GaN-Si上的GaN光子电路



# GaN：光电GaN器件——LED照明

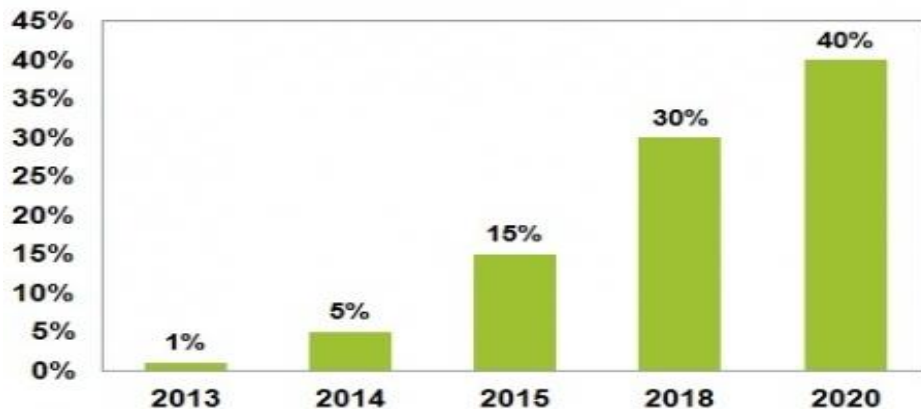
- 半导体照明行业发展十分迅速，已形成百亿美元的成熟产业规模。
- GaN基LED具有**能耗低、响应快、寿命长、可靠性高**等特点，广泛应用于**指示灯、显示器、一般照明**等领域。
- GaN基LED光源能效受**驱动装置、封装的LED、热效应与固定和光学系统**的影响。
- 蓝宝石基GaN是最常用的，也是最为成熟的材料体系，大部分LED照明都是通过这种材料体系制造的。SiC基GaN制造成本较高，但由于散热较好，非常适合制造**低能耗、大功率照明器**

## ● 使用氮化镓LED作为像素的主要优势在于其亮度和效率

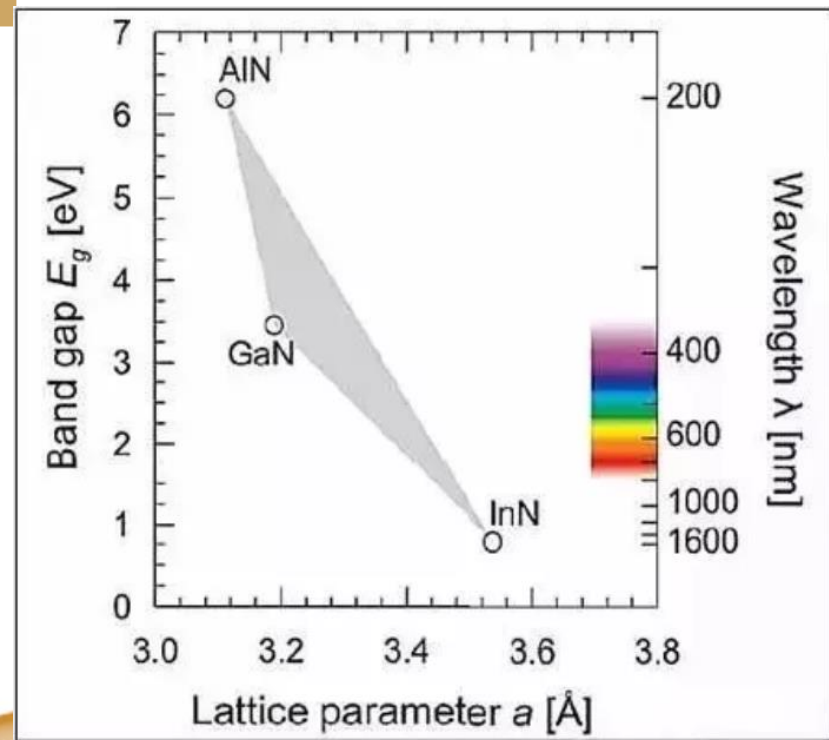
1. OLED显示器（例如三星智能手机的显示器）的亮度通常只有1000尼特，而micro LED的亮度能达到10万甚至是100万尼特。对增强现实和平视显示器极具价值。
2. 液晶显示屏和OLED显示器的效率只有5%到7%，而氮化镓液晶显示屏的效率能接近70%。

## ● 硅基氮化镓在LED照明领域的渗透率

Forecast of Market Penetration for GaN-on-Silicon LEDs



Source: IHS Inc.

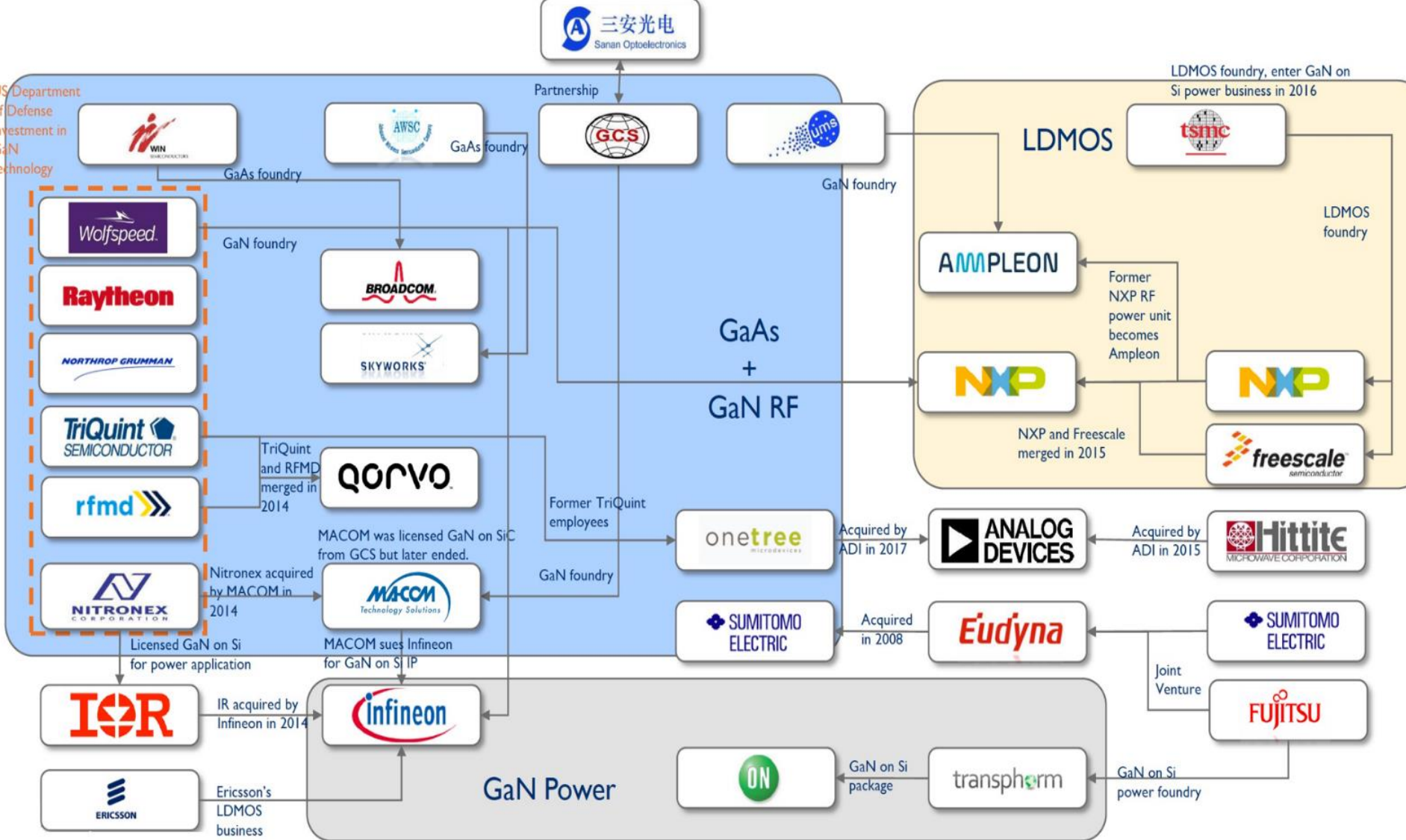


➢ 典型III族氮化物的晶格常数、禁带宽度及发光波长的关系图

数据来源：IHS、GaN世界、华西证券研究所整理

# GaN: GaN射频器件产业链

● GaN射频器件产业链



# GaN: 射频GaN器件——较LDMOS价格稍高，承受能力更佳

## GaN与LDMOS的对比分析：

**LDMOS**技术从上世纪九十年代开始应用于基站射频功率。在放大器领域，LDMOS性能优异，在2G和3G时代迅速占领了几乎全部的市场份额。

- 在3.5GHz及以下的频段中，LDMOS由于成本上的优势将仍能保持一定的市场份额；
- 带宽方面，与LDMOS相比，**采用GaN材料的PA器件带宽将有近一倍的提升，GaN的效率比LDMOS/硅器件高10-15%**。因此，预计在5G应用中，尤其是在基站功率放大器中，GaN将获得更大的吸引力，Yole预计到2025年GaN在智能手机射频领域应用比例超过LDMOS；

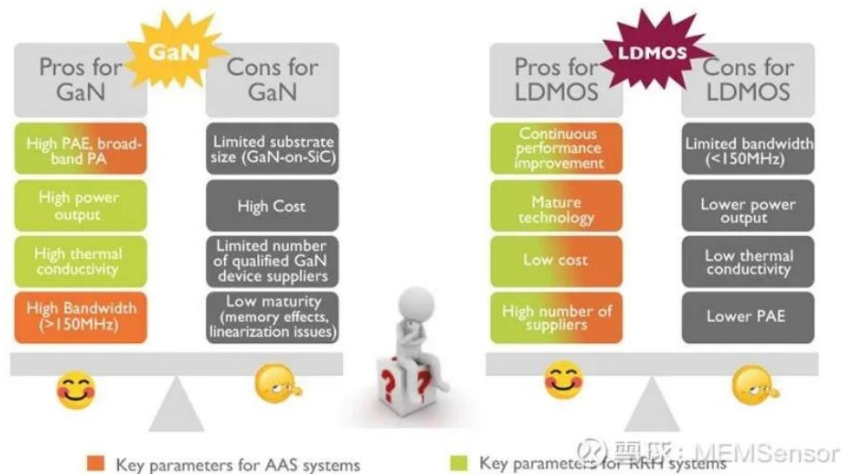
## GaN射频器件能很好的适应5G宏基站的高要求：

- LDMOS的工作频率存在极限，在3.5GHz及以下频率性能最佳，难以适应5G，但GaN可以适应40Hz甚至更高的频率范围，以满足5G高频的需求。此外，GaN器件更高的效率、更高的输出阻抗和更低的寄生电容、使得带宽匹配更容易实现。
- GaN具有软压缩特性，更容易预失真和线性化，效率更高。
- GaN可以获得更高的功率密度，大约是LDMOS器件功率密度的4倍左右。
- GaN的封装尺寸仅LDMOS的1/4-1/7

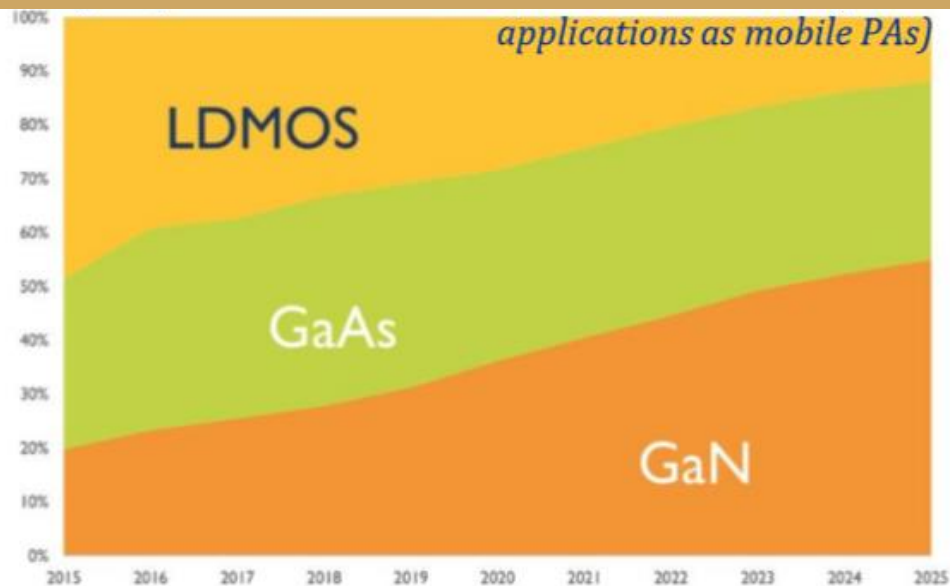
### ● 用于宏基站的GaN和LDMOS技术优劣势分析

#### Technology choice for macro sites: Competitive analysis between GaN and LDMOS

(Source: GaN RF Market: Applications, Players, Technology, and Substrates 2020, Yole Développement, May 2020)



### ● 宏基站GaN逐渐取代LDMOS（不包含手机PA）



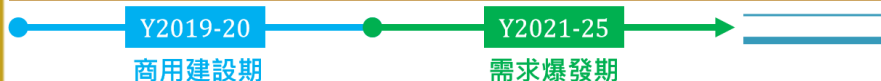
数据来源：Yole、电子发烧友网、华西证券研究所整理

# GaN: 5G通讯——将以GaAs和GaN为主

- 从目前市场状况来看，手机终端 PA 和 LNA 等的制造材料主要还是**GaAs**，而基站侧PA也依然主要采用 LDMOS。但万物互联的5G时代，各种高频率、大带宽的应用场景对PA器件的性能提出了新的要求，因此，性能更高的第三代化合物半导体材料将成为未来PA器件发展的必然选择。
- **RF领域是GaN目前渗透率较高、未来发展前景大的产业**，尤其是用于价格敏感度较低的基站建设和改造。据Yole Development，目前GaN在RF市场（除手机PA）的市占率超过20%，未来**GaAs**的份额将相对保持稳定，而GaN将替代LDMOS，在2025年达到近50%的市占率。

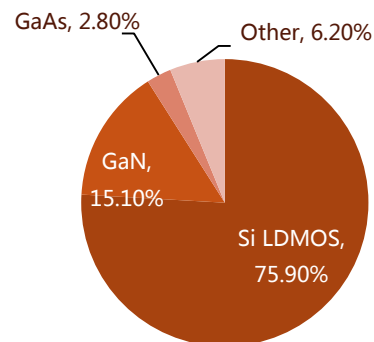
- 5G基础设施建设也是化合物半导体在通讯领域的应用方向。5G将推动电信基站升级和小型基站建设，据Yole Development预测，**未来RF功率半导体市场将以9.8%的CAGR增长。其中电信基础设施建设的规模占全部市场的50%左右，其子市场基站建设和无线回程的CAGR分别为12.5%和5.3%。**
- Qorvo CEO预测，**未来三年RF芯片出货量将以10-15%的速率增长，GaN将是重要驱动力。**
- 预计2022年，4G/ 5G基础设施用RF半导体的市场规模将达到16亿美元，其中，MIMO PA年复合增长率将达到135%，射频前端模块的年复合增长率将达到119%。

## GaN和GaAs在智能手机和基站端射频领域的应用

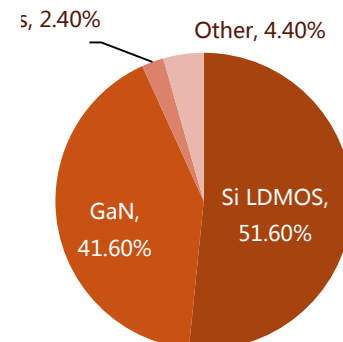


	Mobile Device	Infrastructure/CPE
Sub-6GHz	• GaAs HBT	• GaN HEMT • GaAs pHEMT
mmWave	• Integrated compound semi technologies	• GaN HEMT • GaAs pHEMT

### 2015年全球射频器件市场占比情况



### 2021年全球射频器件市场占比情况

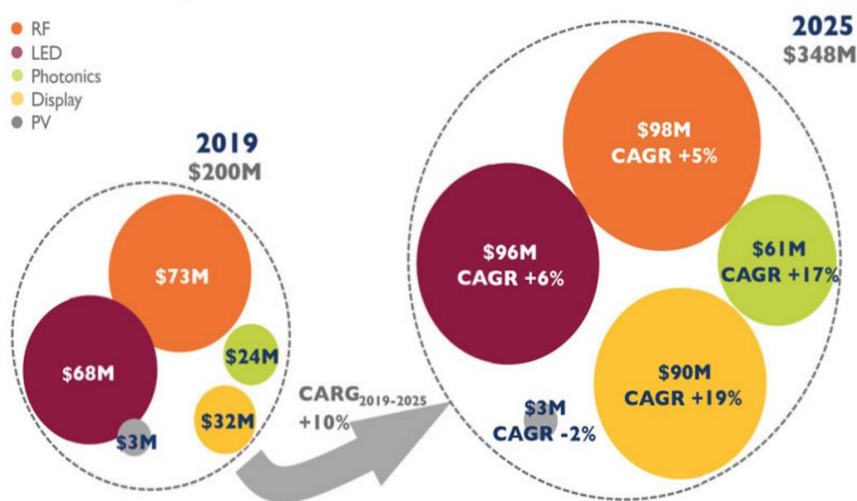


# 砷化镓GaAs:最成熟的化合物半导体

GaAs是技术成熟度最高的化合物半导体材料之一，具有宽禁带，高频，高压，抗辐射、耐高温及发光效率高等特性（相对）。

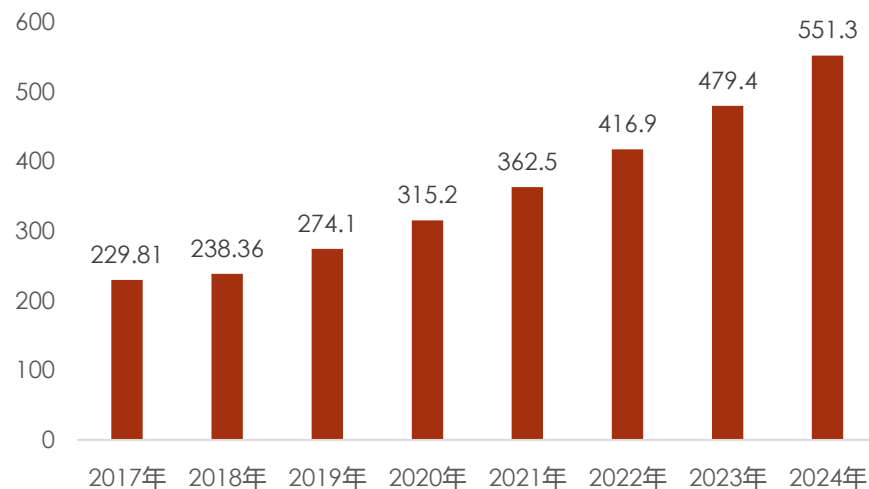
- 作为当前应用最广泛的射频材料，GaAs的下游应用领域包括：移动通信（智能手机等）、无线通信（基站）、光纤通信、LED、光伏、卫星导航等，它的工作频率主要在**8GHz以内**，适合中低功率器件如微基站和手机射频材料等
- 砷化镓拥有优越的电性能、中国最大的下游应用区域及不断提高的多方应用渗透率。根据中国产业信息网统计，中国砷化镓元件的市场规模从2012年的约79亿人民币增长至2018年238亿元，预测到2024年，其市场规模可以实现年均15%的增长

2019-2025GaAs全球市场规模预测（百万美元）



资料来源：Yole、华西证券研究所

中国GaAs器件市场规模（亿元）



资料来源：中国产业信息网、华西证券研究所

# 砷化镓GaAs:最成熟的化合物半导体

➤ GaAs是重要的微电子材料，也是当前光电子领域应用的最主要材料  
 它具有以下特点：

## 禁带宽度大

- 本征激发比较困难，因此可制得耐高温、耐高压的大功率器件和半绝缘高阻材料

## 电子迁移率高

- 电子迁移率高，扩散系数也大，因此用GaAs做的器件可以在更高的频率下工作

## 介电常数小

- GaAs器件的结电容比较小，器件可在更高频率下工作。

## 电子有效质量小

- 这一特性使得GaAs中的杂质电离能较小，即杂质在极低的温度下仍然可以发生电离，不影响器件的正常工作

## 特殊的能带结构

- 即导带最低能级和价带最高能级均位于布里渊区的中心，即 $k=0$ 处。空穴对GaAs可直接跃迁禁带宽度，使光电转换效率高

➤ 相比与 Si，GaAs 材料具备禁带宽度大、电子迁移率高的特性，能显著降低射频尺寸、降低功耗，并具备成本优势

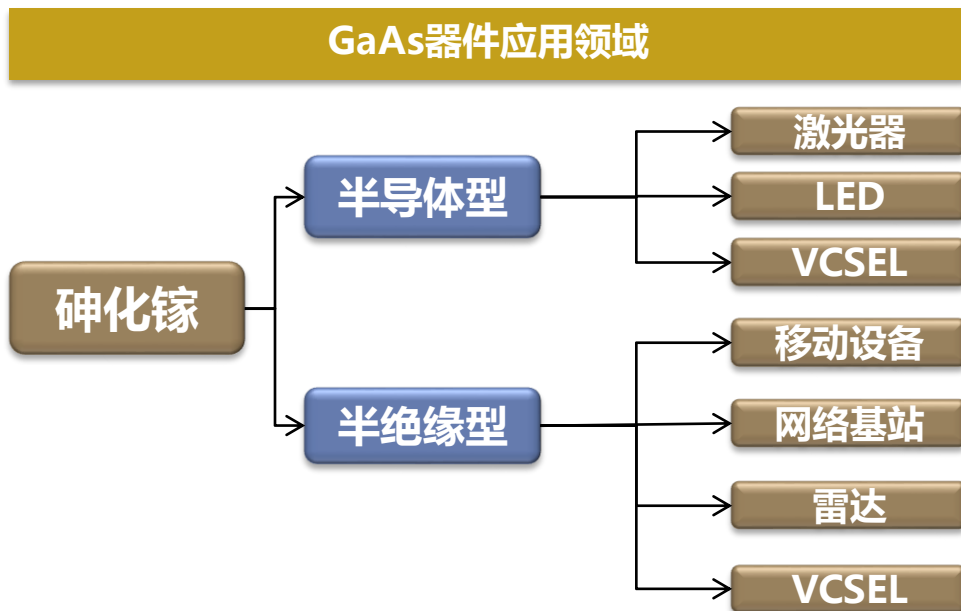
➤ 相比于 GaN和SiC等新兴的化合物半导体材料，GaAs 技术成熟，具备较为明显的成本优势

## GaAs器件应用领域

制作器件	主要用途
各种微波器件	移动通信、网络通信、雷达、微波通讯、电视
LED、激光器	背光显示、半导体照明、光纤通信、移动终端
红外器件	小功率红外光源
霍尔元件	磁场控制
激光调制器	激光通信
高速集成电路	高速计算机、移动通信

资料来源：金智创新、华西证券研究所

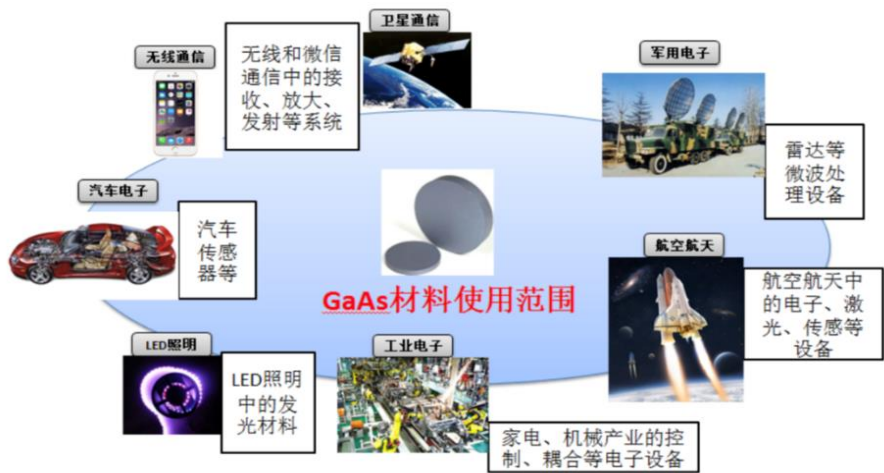
# 砷化镓GaAs应用领域广泛



资料来源：《砷化镓材料技术发展及需求》（周春峰）、华西证券研究所

根据导电性能的差异，GaAs材料可分为半导体（SC）GaAs和半绝缘（SI）GaAs。

- **半导体 GaAs**通过向 GaAs 中添加熔融导电掺杂剂来产生半导电的晶锭，单晶尺寸有 $\Phi 2''$ 、 $\Phi 3''$ 、 $\Phi 4''$ 和 $\Phi 6''$ ，以 $\Phi 4''$ 为主，**主要用于制作光电器件**，例如 LED、激光器和光伏器件。半导体型砷化镓85%用作可见光LED衬底，10%用作LED光电探测器，5%用作红外LED衬底
- **半绝缘 GaAs** 芯片中，衬底与形成在顶部的外延晶体管器件绝缘，单晶尺寸有 $\Phi 4''$ 和 $\Phi 6''$ ，**主要用于制作射频电路**
- **国内生产商只提供导电型砷化镓**，销售市场有中国大陆、中国台湾、日本、韩国等
- **国外生产商以提供半绝缘砷化镓为主**，其销售市场也主要位于海外



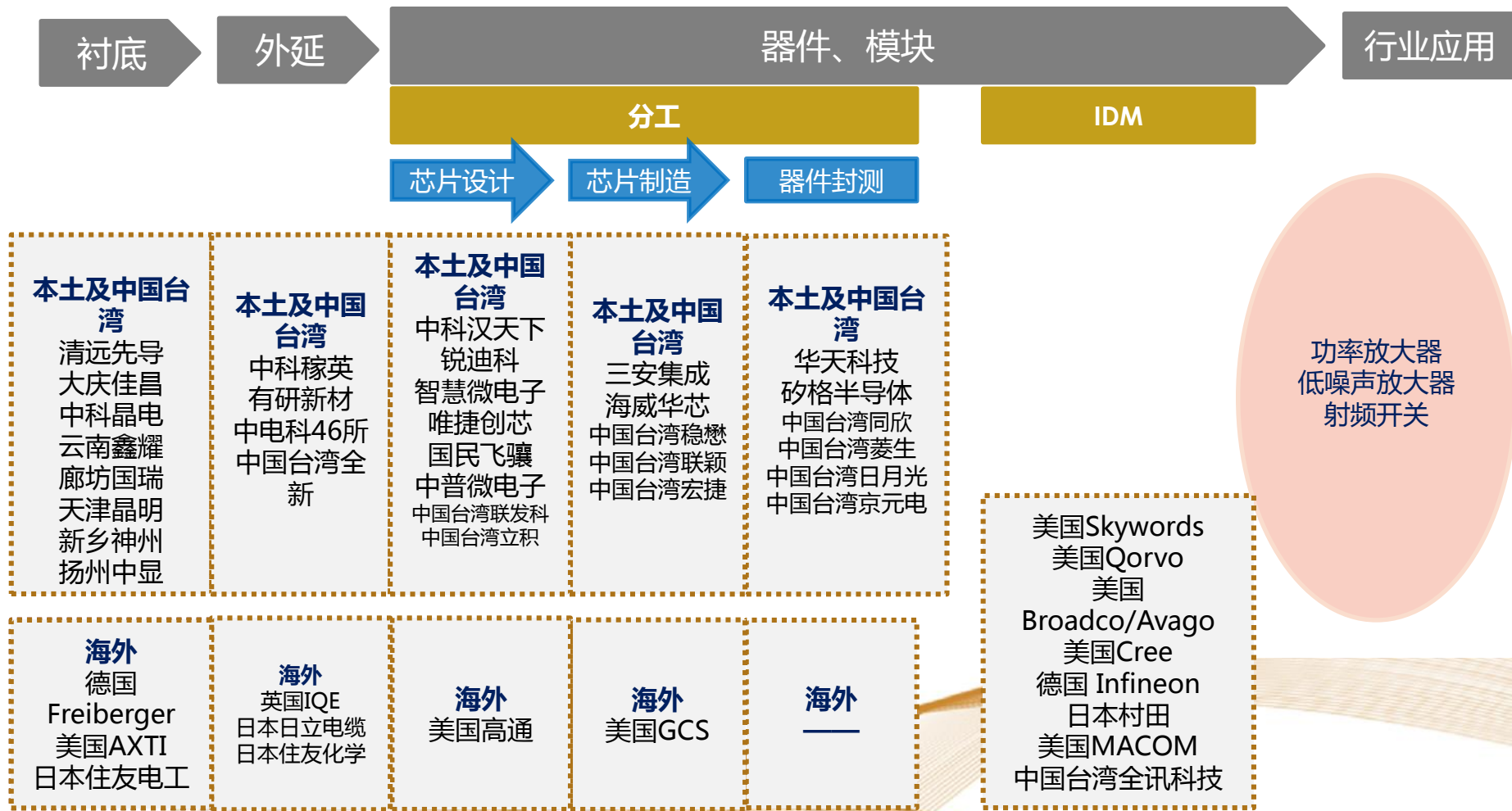
资料来源：电子工程世界、华西证券研究所

# GaAs 射频产业链

**GaAs射频器件产业链包括上游的衬底和外延环节、中游的器件和模块制造环节以及下游的应用环节**

射频领域技术门槛高，市场集中度高，海外企业主导了从材料到设计等环节

- 2017 年衬底市场费尔伯格、住友电工、AXT 3 家公司市场份额达 94%
- 外延片外包领域两大巨头是IQE 和全新光电，市场份额分别为 55%和 26%，中国当前主要占据低端LED 市场



# 制备砷化镓的不同工艺特点对比

自然界中不存在砷化镓晶体，需要通过人工合成制备。多晶半导体材料缺陷多；要制造组件，需要高纯半导体晶体才可以满足制备工艺和器件的电学和机械性能。

➤ **半导体GaAs的单晶生长方法有VGF、VB、HB法，半绝缘GaAs的单晶生长方法有VGF、VB、LEC法**

	HB	VGF	LEC
衬底尺寸	2.5寸	2~6寸	3~6寸
残余应变	低	非常低	高
位错程度	低	低	高
温度梯度	小	小	大
使用材料类型	半导体型	半绝缘型	半绝缘型
单晶炉制造成本	低	中	高

资料来源：《砷化镓材料技术发展及需求》（周春峰）、华西证券研究所

目前制备晶体的方法中：

- **HB法**不适于制备高频、高功率器件，因为会受到晶体直径和晶圆形状的限制、且很难生长半绝缘的GaAs单晶
- **VCZ法**工艺成本高、晶体长度受限，不适合规模生产
- **VGF/VB法**能够实现高质量GaAs单晶生长，也可以克服LEC和VCZ的工艺缺点

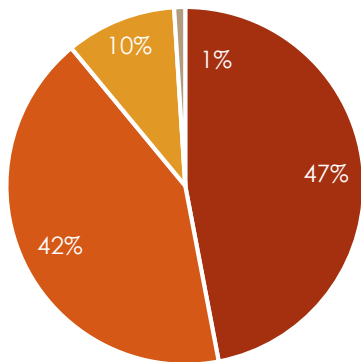
# 射频是砷化镓半导体材料的主要应用领域

砷化镓在光电子领域和微电子领域市场份额各占一半左右，近十几年市场总体小幅稳定增长。

- 从GaAs 衬底的出货量数据来看，四大主要应用领域中，射频、LED、激光和光伏市场占比分别为46.52%、42.19%、10.17%和 1.12%，**射频和 LED 是 GaAs 衬底应用的最主要市场。**
- 外延片领域，外包的两个主要应用市场为射频和激光。从 GaAs 外延片出货量数据来看，**射频领域在规模上也具备明显优势。**

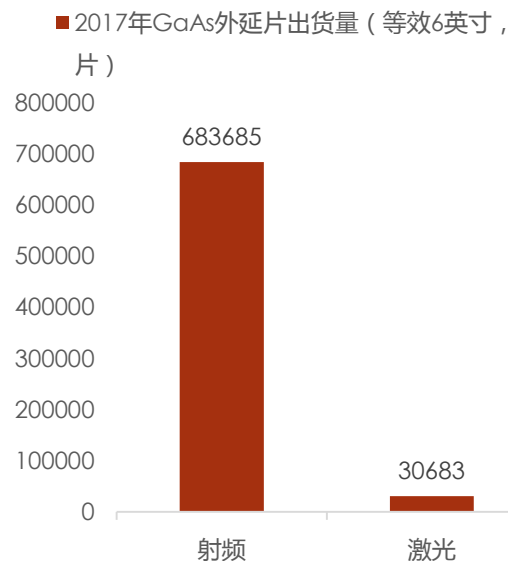
### GaAs衬底的应用领域占比（2017）

- RF（射频）
- LED（发光二极管）
- PHOTONICS（光电子）
- PV（光伏发电）



资料来源：Yole、华西证券研究所

### GaAs外延片出货量（2017）



### GaAs当前主要应用市场

#### 射频

- 手机
- 无线局域网
- 射频功率器件

#### 激光

- VCSEL激光器
- EEL激光器
- 光电二极管

#### 发光二极管

- 红橙黄LED
- 红外LED

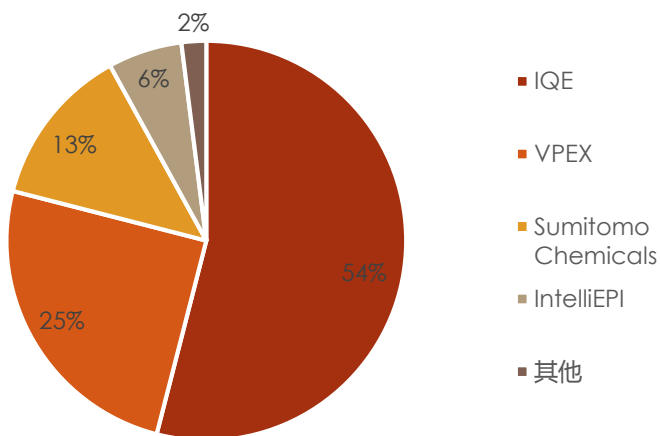
#### 光伏

- 聚光光伏
- 空间太阳能电池
- 新型光伏

从砷化镓的制作工序上来看，海外的提前布局使得目前砷化镓的外延片与晶圆制造环节均以国外公司为主，国内替代空间大。

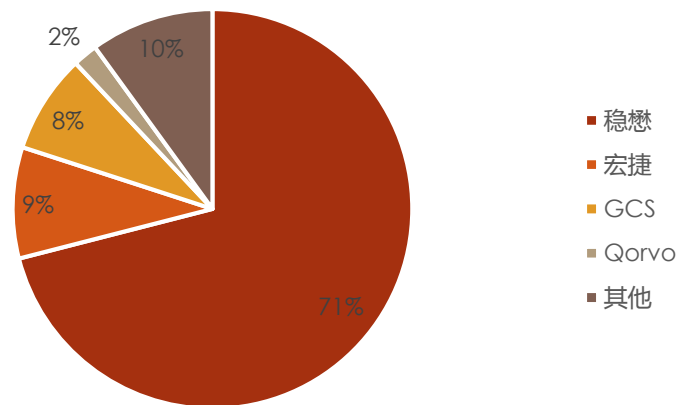
- 发达国家在高端衬底材料的制造技术上长期领先，但近年来国内公司不断在技术上取得创新突破，打破国外垄断的市场格局
- 根据 Strategy Analytics 统计，在 2018 年外延片方面以 IQE 公司以 54% 的市场占有率排名第一；其次是 VPEC，市占率为 25%；Sumitomo Chemicals 排名第三，市占率为 13%
- 砷化镓的晶圆制造环节以海外公司为主，目前稳懋在砷化镓晶圆制造领域占据了 71% 的市场规模，其次为宏捷与环宇

## 全球砷化镓外延片市场竞争格局



资料来源：Yole、华西证券研究所

## 全球砷化镓晶圆制造市场竞争格局



资料来源：Yole、华西证券研究所

在砷化镓的代工制造方面，行业壁垒较高，新晋者想要进入极具挑战性。

- 代工厂方面需要漫长且严谨复杂的客户验证环节，且制作工艺复杂，砷化镓行业长期以来市场较为集中。已在该行业内的领先厂商由于长时间的沉淀积累，生产模式在成本和效率上更具备优势，

# 国内砷化镓厂商渐入佳境，技术进步打破海外垄断格局

## 高纯砷制造

- 资料显示，全球对砷化镓的需求正在以每年20-25%的速度递增，但仅有少数发达国家能生产高纯砷，高纯砷的年产量为美国40吨、日本60吨、德国30吨、英国30吨。目前，国内高纯砷主要依赖进口，国产化需求迫切，而**随着半导体材料砷化镓的市场需求增长，必然将带动上游高纯砷等产品的研发和生产。**
- 2个9的砷产品一吨定价1万元，而7个9的国外高纯砷产品定价则高达180万元，差距显著。长期以来，国内企业最多只能生产5个9或6个9的砷产品，欧美发达国家在高端衬底材料的制造技术上持续领先，**2020年底恒邦纯度达到7.5个9的高纯砷产品即将问世，打破国外垄断的市场格局。**全部建成后该项目将具备年产高纯砷50吨、高纯锑50吨、高纯铋50吨、高纯碲20吨的能力，让中国的核心装备用上自己的材料。



## GaAs代工厂

- 集微网报道，随着5G时代到来，对射频器件的需求量与日俱增。尤其是在中国大陆，新的射频前端公司在不断地涌现出来，芯片设计厂商越来越多，但与之配套的能够具备量产能力的砷化镓代工厂商却数量有限。
- 三安集成是国内砷化镓代工领域的领军企业，目前已经具备4G、5G射频前端芯片的代工能力。三安集成6英寸砷化镓晶圆当前月产能在4000片，2020年四季度将达到月产能6000片，目前在推进产能扩建计划，预计在2021年第一季扩充至月产能8000片。三安光电目前在终端侧GaAs PA方面进展顺利，出货客户累计超过100家，客户地区涵盖国内外。



# 砷化镓GaAs半导体晶圆下游应用广泛

	元件名称	使用场景	GaAs单晶衬底	GaAs on Si	
光学器件	红光-绿光LED	显示设备，如家用电器，仪器，室外显示器；光源如传真机，LED 打印机光通信；光电耦合器，自动对焦相机，各种传感器，光通信等光源，遥控光源。CD，DVD 激光器，激光投影，打印机，光盘存储器，汽车照明，光通信，各种仪器等光源；3D sensing	√		
	红外光LED		√		
	蓝光LED				
	紫外光LED				
	激光二极管（LD）/VCSEL		√	√	
	光接收元件（PD、APD）		光通信、传感器、红外相机		
	低噪声放大器LNA			√	√
电子设备	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			

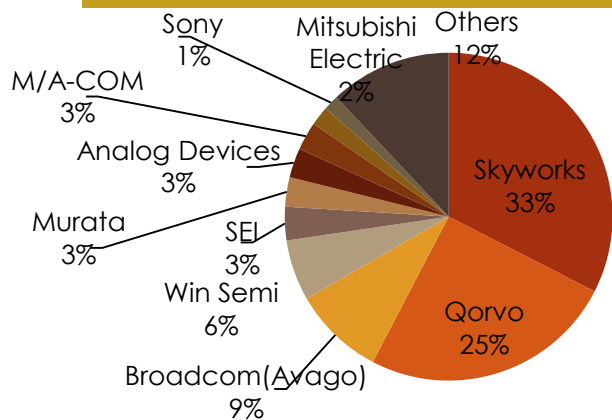
资料来源：Google公开资料整理、华西证券研究所

# 射频是砷化镓GaAs下游最主要的应用

## 全球GaAs射频市场

- 从全球范围来看，GaAs射频器件生产厂商以IDM模式为主。据Strategy Analytics统计，2016年全球GaAs射频器件市场规模为81.9亿美元，同比增长0.9%。2017年，Skyworks、Qorvo和Broadcom在全球射频器件市场的占有率分别为33%、25%和9%，三家合计占有全球67%的份额，Skyworks和Qorvo更是处于全球遥遥领先的位置。
- 如果只看GaAs晶圆代工，2016年全球市场规模为6.5亿美元，而中国台湾稳懋独占全球66.4%的市场份额，是全球第一的GaAs晶圆代工厂。

### 2017年全球GaAs产业器件竞争格局



资料来源：Strategy Analytics、华西证券研究所

## GaAs制造

- 目前，砷化镓单晶片的厂商主要来自**日本和美国**，包括日本住友电工（Sumitomo）、日本住友化学（Scios）、费里伯格（Freiberger）、古河电工（Furukawa）、日立电线（Hitachi Cable）以及美国的通美（AXT）、Anadigics、科胜讯（Conexant）等。
- 中国台湾**的厂商主要有高平磊晶科技、晶茂达半导体、元砷光电、胜阳光电、稳懋半导体、巨镓科技等。
- 中国大陆生产的砷化镓材料质量较低，主要是低端市场的低阻砷化镓晶片，用于LED领域。主要供应商为：北京通美、中科晶电、天津晶明电子材料有限责任公司（中电集团46研究所）、北京中科镓英半导体、北京国瑞、山东远东、大庆佳昌、新乡神舟（原国营542厂）等。

GaAs衬底	市场份额
日本住友电工Sumitomo Electric	四厂商合计份额超90%
德国Freiberg	
美国AXT	
日本住友化学Scios	

资料来源：麦姆斯咨询、华西证券研究所

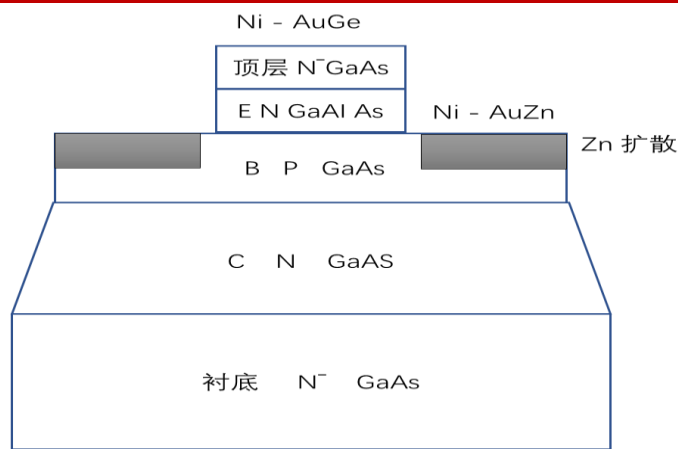
# 砷化镓GaAs:最成熟的化合物半导体

## 异质结双极晶体管 (HBT) : 当前GaAs射频功率放大器采用的主流工艺

- 异质结,是指禁带宽度不同的两种单晶材料组成的晶体界面。异质结双极晶体管(HBT)在BJT的基础上改造而来,它的发射区和基区使用不同材料,其发射区材料的禁带度要比基区材料的宽,通过禁带宽度的变化及其对电子和空穴的作用力来控制载流子的分布和流动。
- HBT要求两种材料的晶格尽量接近以减小位错,同时有尽可能大的禁带宽度差。常见的HBT有 AlGaAs/GaAs HBT、InGaAs HBT、Si/Si<sub>1-x</sub>Ge<sub>x</sub> HBT。

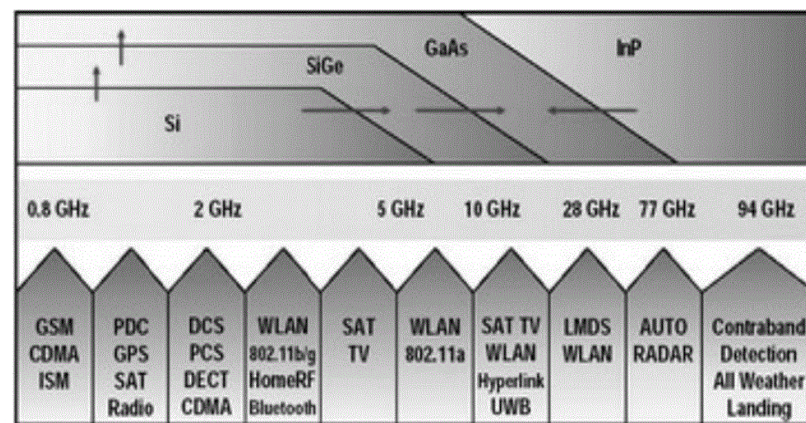
- 与同质结相比,异质结可以大幅提高电流增益,是BJT的10000倍;由于注射效率与禁带宽度之差有关而与掺杂浓度无关,因此可以对异质结的基区高掺杂,显著降低电阻,提高震荡频率,改善器件性能。而如果想提高BJT的注射效率,就要降低基区掺杂浓度,电阻增大。HBT克服了BJT在注射效率、频率和速度之间的矛盾。
- **HBT的高速、高频、大功率性能优良**,应用于高速电路、射频系统、移动电话等中的低相位噪声振荡器,高效率功率放大器,宽带放大器,光纤电路驱动器等器件。

### AlGaAs/GaAs HBT结构



资料来源:公开资料整理、华西证券研究所

### 不同材料的HBT优势频段

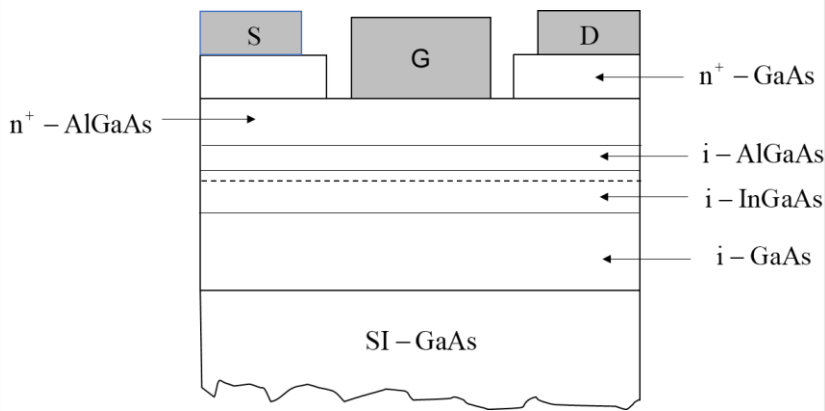


资料来源:ICT、华西证券研究所

## 匹配高电子迁移率晶体管 ( pHEMT )

- 匹配高电子迁移率晶体管 ( pHEMT )，在HEMT基础上发展而来，对HEMT中“DX中心”等问题进行了改善。在GaAs基HEMT中，杂质满足一定条件时会出现DX中心，它可以俘获或放出电子，使2DEG浓度随温度变化而变化，稳定性较差。为避免DX中心的影响，pHEMT使用非掺杂的InGaAs代替非掺杂GaAs作为2DEG沟道层。
- InGaAs禁带更窄，增大了异质结的禁带宽度之差；电子迁移率及饱和速度更高。这些特性使**pHEMT有更高的工作频率和功率转换效率**等优良特性。

GaAs基pHEMT结构

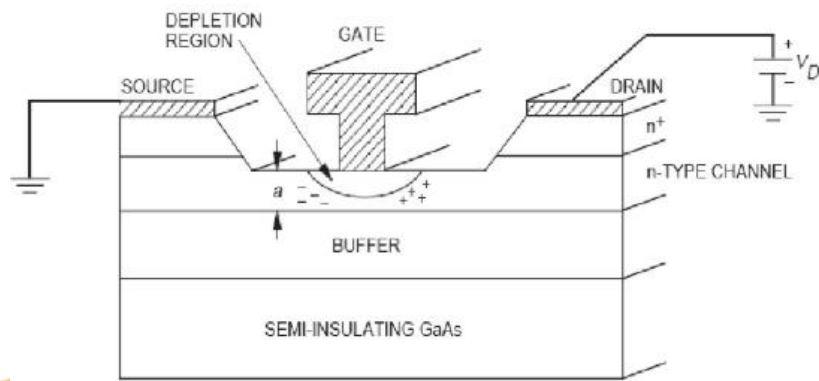


资料来源：公开资料整理、华西证券研究所

## 金属半导体场效应晶体管 ( MESFET )

- MESFET又称肖特基势垒场效应晶体管，是一种用肖特基势垒栅代替P-N结栅的场效应晶体管。MESFET主要选用GaAs和SiC作为材料。
- 肖特基势垒指金属和半导体接触界面上具有整流作用的区域，具有较低的界面电压。肖特基势垒穿透外延层到达衬底的MESFET称为增强型，不到达的称为耗尽型。
- **MESFET工作频率高，适合制作快速开关**，在微波领域应用广泛。

GaAs MESFET结构



资料来源：公开资料整理、华西证券研究所

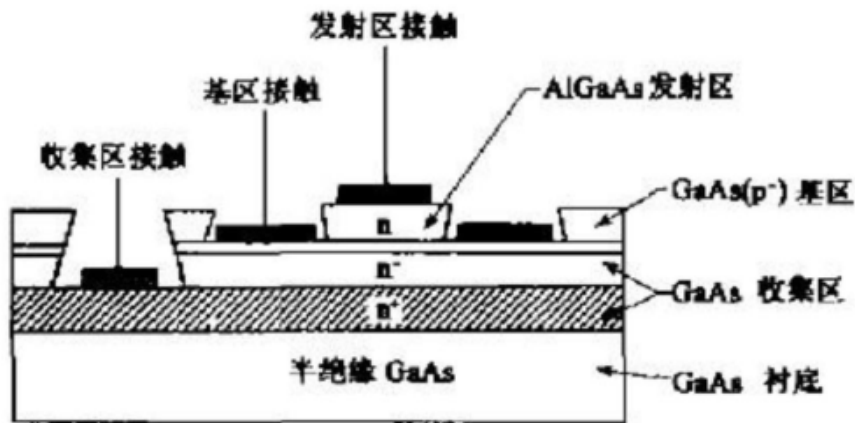
# GaAs射频功率器件主要设计工艺对比

GaAs射频功率放大器最常用的设计工艺包括HBT（异质结双极晶体管）、HEMT（调制掺杂场效应晶体管）、pHEMT（赝调制掺杂异质结场效应晶体管）和MESFET（金属-半导体场效应晶体管）。

其中**HBT晶体管**：

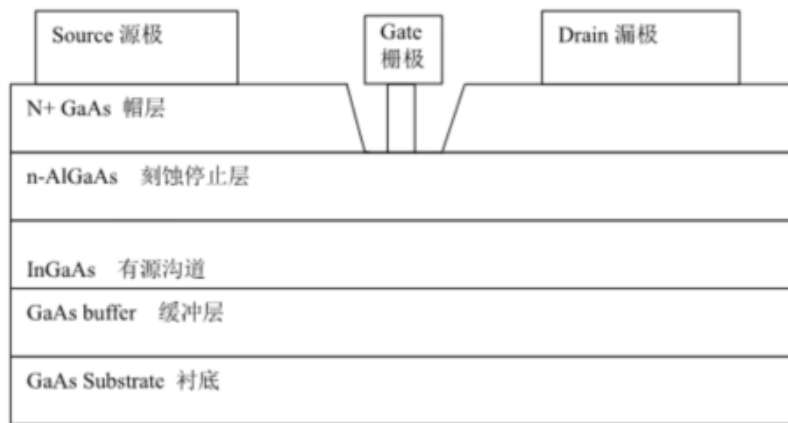
- ①纵向器件，相比HEMT和MESFET横向器件，有效结面积上流过的电流密度更大，功率密度更高；
- ②单一正电源供电，HEMT和MESFET一般需要负的栅极电压；
- ③双极型晶体管，相比HEMT和MESFET跨导更高，能获得更高增益；
- ④开启电压取决于外延层的禁带宽度，而HEMT和MESFET的阈值电压由加工工艺精度决定，HBT晶体管开启电压一致性更好；
- ⑤漏电流小，用于制作手机功放可延长电池寿命；

**GaAs HBT 基本结构示意图**



资料来源：知网、华西证券研究所

**GaAs pHEMT 基本结构示意图**

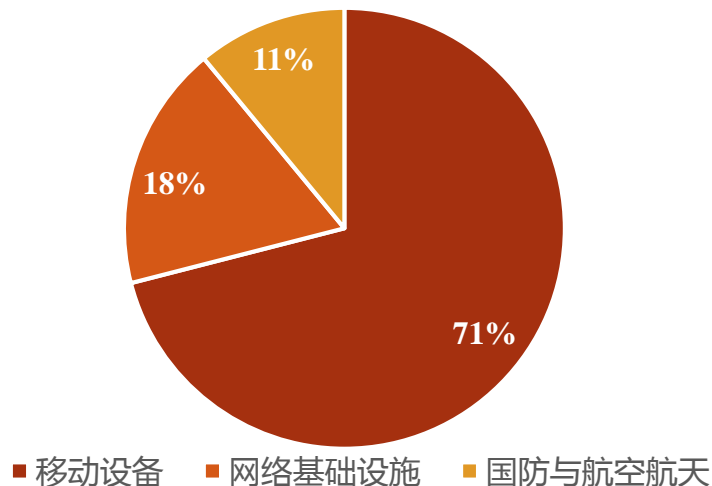


资料来源：Google公开资料整理、华西证券研究所

# 砷化镓GaAs在5G通讯领域的应用

- 根据半导体公司Triquint的调查数据显示，2014年，**GaAs微波功率半导体材料在移动设备应用领域占比达到了71%**。而网络基础设施领域（包含基站侧PA产品）占比则为18%。
- **无线通信中的 GaAs 主要用于 MMIC(单片微波集成电路)中的 PA(功率放大器) 和 LNA(低噪声放大器)。**
- 射频（RF）前端是手机中的核心组件之一，主要由功率放大器（PA）、射频开关、滤波器等组件组成。2G和3G分别有4和5个频段，RF功能简单，而4G包括40多个频段，5G时代RF模块将更为复杂，包含的组件个数大量增加，芯片的成本也将继续上升。
- **PA是化合物半导体的重要应用，通常由GaAs制造，并有向GaN发展的趋势。**目前一部手机平均使用7个PA，据Strategy Analytics，**5G时代手机中的PA个数可能将达到16颗。**此外由于频段的增加，RF模块中的开关、滤波器等个数也将进一步增加。

## 砷化镓（GaAs）微波功率半导体各应用领域占比



资料来源：Triquint、华西证券研究所

## 移动设备RF前端市场规模



资料来源：Qorvo、华西证券研究所

# 5G时代对射频材料提出新要求

根据3GPP标准定义，5G NR ( New Radio，新空口 ) 主要使用两大频率范围：

- ◆ FR1：对应频率范围450MHz-6GHz，最大信道带宽100MHz，也称为Sub-6GHz频段
- ◆ FR2：对应频率范围24.25GHz-52.60GHz，最大信道带宽400MHz，即毫米波频段 ( mmWave )

运营商	获得频段
中国电信	获得3400MHz-3500MHz频段的5G试验频率资源
中国联通	获得3500MHz-3600MHz频段的5G试验频率资源
中国移动	获得了2515MHz-2675MHz、4800MHz-4900MHz频段的5G试验频率资源，其中2515-2575MHz、2635-2675MHz和4800-4900MHz频段为新增频段，2575-2635MHz频段为重耕其现有的TD-LTE ( 4G ) 频段。

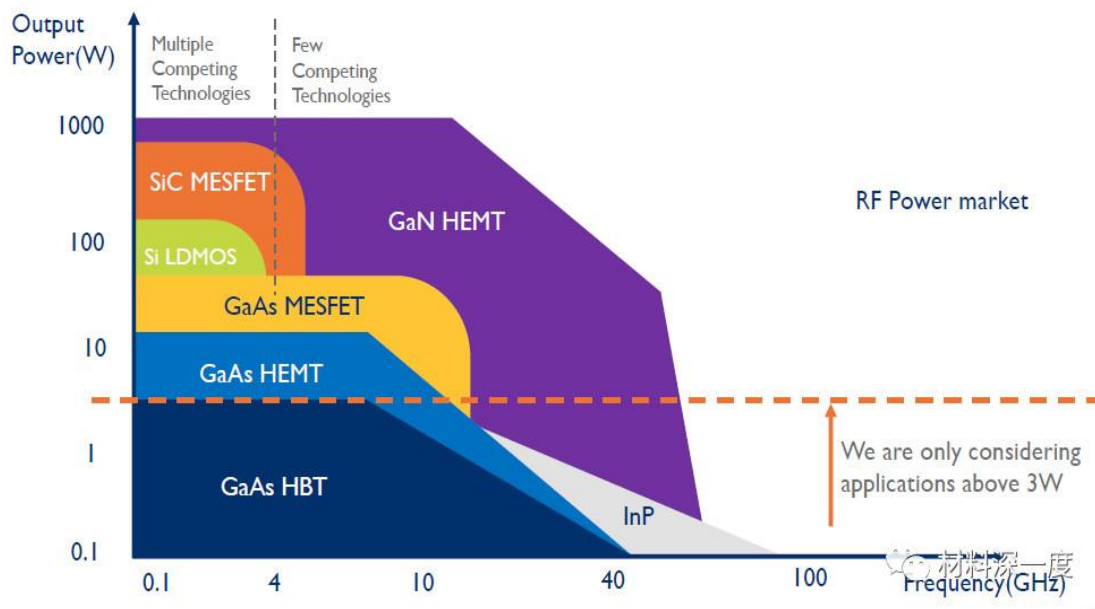
资料来源：Google公开资料整理、华西证券研究所

**5G以Sub-6GHz为首发频段。** Sub-6GHz频段相比于毫米波频段来说：频率相对较低，穿透能力更强，覆盖范围更广，兼顾网络速度和信号覆盖，同时可以沿用现有的4GLTE网络，需要的基站数量更少。此外，产业链的技术成熟度相对毫米波也更高，将是5G时代先期建设的首选频段。2017年11月，工信部明确了3300-3400MHz(原则上限室内使用)、3400-3600MHz和4800-5000MHz频段作为5G系统的工作频段，将中频段作为我国5G系统先期部署的主要频段。

# 5G时代，GaAs等或挤占Si基衬底市场份额

- 5G高频、高速、高功率的特点对功率放大器（PA）的高频、高速以及功率性能要求进一步提升，也对制备PA器件的半导体材料的性能要求更为严格。
- **高工作频段要求半导体材料具备更高的饱和速度和电子迁移率**：载流子饱和速度和电子迁移率越高，半导体器件工作速度则越快。GaAs的电子迁移率分别是Si的5倍左右，更适用于5G射频器件应用。
- **高功率要求则要求半导体材料具备更高的禁带宽度和击穿电场**：GaAs的禁带宽度约为Si的1.3倍，禁带宽度和击穿电场强度越大，半导体材料的耐高电压和高温性能越好，即可以满足更高功率器件的要求。

## 不同材料适用的工作频率和输出功率



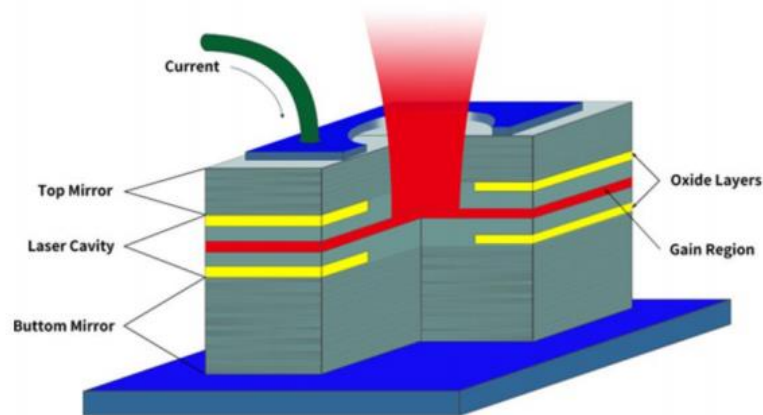
常见的射频器件用半导体材料有 Si、GaAs、GaN、SiC、InP 和 SiGe，性能特点各有优劣，目前射频器件中最主流的是 Si- CMOS 和 GaAs 两种。

**GaAs 在手机PA 的市场份额有望持续提升**：Si 基 CMOS 由于禁带宽度较小、击穿电场较弱，电子迁移率和饱和电子速率较低，在工作频率、输出功率等方面性能上的局限性明显，将逐渐难以适应射频器件应用场景向高频、高功率的更迭。同时性能更优的 GaN 基射频器件因技术和成本等问题暂时难以实现商业化应用。

**从衬底材料的角度，5G 时代 Sub 6GHz 阶段仍将是 GaAs 材料的主场，GaAs PA 预计将持续抢占 Si 基 CMOS 的市场份额。**

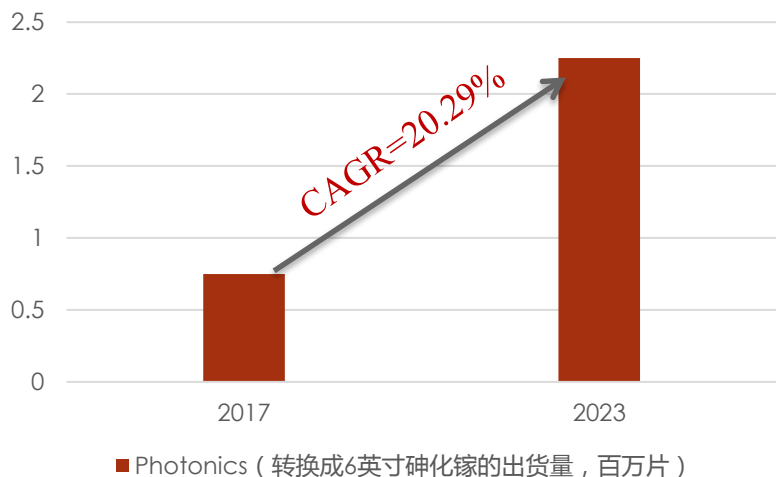
- **VcSEL 是垂直共振腔表面放射激光器**(Vertical Cavity Surface Emitting Laser)，主要由上下两个 DBR 反射镜以及有源区组成
- VcSEL 的原材料是砷化镓等化合物半导体，因此它也具备了和砷化镓一样的体积小的特性，及圆形输出光斑、单纵模输出、阈值电流小、价格低廉、易集成为大面积阵列等优点
- VcSEL 从诞生初期就一直作为光并行处理、光识别、光互联网系统、以及光存储等领域的核心器件，而目前广泛应用于消费电子领域的 3D 感知

### VcSEL 工作原理示意图



资料来源：赛迪顾问、华西证券研究所

### 用于光电子领域的砷化镓出货量预计



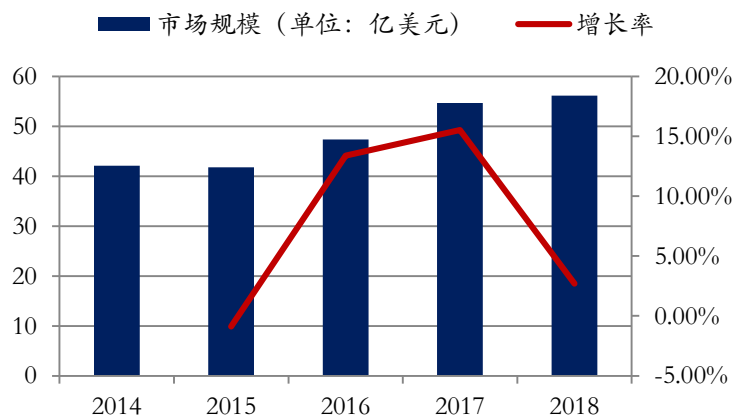
资料来源：Yole、华西证券研究所

- 3D 感应渗透率的提高以及5G带动了对高速、大容量光通讯的需求，**在VcSEL 的成长推动下，GaAs 的市场空间将会继续增长。**根据 Yole 的统计，在 2019 年消费电子端的3D感知收入达到了20.17亿美元，而至2025年将达到81.65亿美元
- 根据 Yole Development 的预计，在 2017 年全球应用于光电子领域的砷化镓（6 英寸）出货量超过了 70 万片，随着 VcSEL 的应用普及以及新应用领域的开发，2023年光电子领域所需出货量或将超过 200 万片

## 3D VCSEL

- 激光器是化合物半导体的又一重要应用，半导体激光器以GaAs、InP、CdS等作为材料，有体积小、能耗低、效率高等优势。目前半导体激光器的一个主要发展方向是提高功率的功率型激光器，在工业领域前景广阔。
- 半导体激光器是光纤激光器系统的一部分，光纤激光器因其优异性能，近年一直保持强劲增长，中国产业信息网显示：过去五年CAGR24.78%，2017年全球市场规模为20.39亿美元。
- 根据 YOLE 预测，2017-2023 年全球 VCSEL 产值复合增长率为 48%。预计，2023年，全球VCSEL激光器的市场将达到35亿美元。

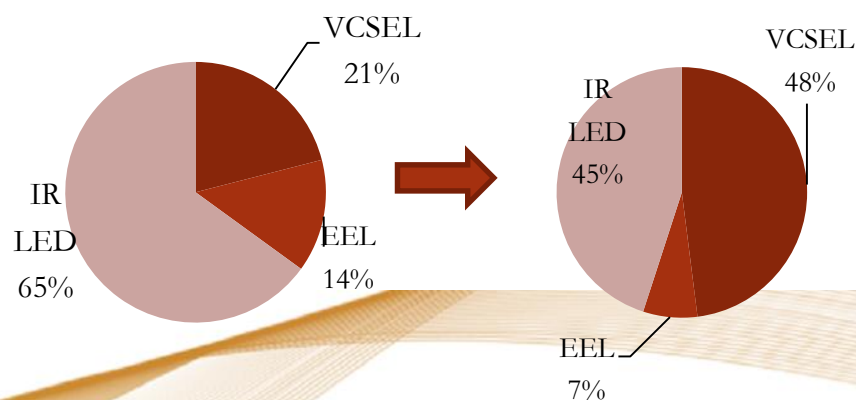
全球半导体激光器市场规模



资料来源：中国产业信息网、华西证券研究所

- 2017年，苹果宣布iPhone X搭载以VCSEL为核心的3D感测组件，使得VCSEL饱受关注。此前VCSEL的主要用于光通信，约80%的VCSEL用GaAs制作，15%为InP。
- 莫尼塔研究预测VCSEL产业在2016-2022年间CAGR为17.3%，市场规模达31.2亿美元。iPhone作为智能手机的旗舰设计率先使用VCSEL，其他手机厂商很可能将会跟进。Light Counting预测，未来智能手机将成为VCSEL的最大应用领域并驱动其快速发展。

2016-2022红外光源市场的变化



资料来源：Yole Development、华西证券研究所

# 砷化镓GaAs在汽车和军事领域的应用

## 汽车电子

- 为了避免交通事故的发生，汽车中安装防撞雷达成为了主流选择。汽车防撞雷达一般采用毫米波段，在该波段范围内，最适合制造IC器件的材料就是GaAs。
- 目前，GaAs的成本仍然较高，只有高档轿车才会配备汽车防撞雷达。但随着GaAs生产技术的日渐成熟，防撞雷达的成本将大大降低，大量中低档轿车也将安装防撞系统。防撞雷达的普遍应用将对GaAs材料产生极大需求。法国汽车零件制造商Valeo就曾同GaAs IC生产厂商Raytheon表示将合作生产雷达设备。

## 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
	底盘控制系统	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
智能驾驶	安全系统	8英寸Si MCU
	ADAS系统	GaAs工艺、8英寸Si CIS
新能源汽车	电池管理系统 (BMS)	8英寸Si
	IGBT (逆变器核心元件)	8英寸Si

## 军事

- 军事应用是GaAs材料的传统优势领域。多年来，军工领域对GaAs的需求极大得推动了GaAs技术的发展。一直到最近几年，随着移动通讯的迅速发展，民用市场占GaAs的比重才大幅度超过了军用市场。
- 不同于民用市场，军用市场对GaAs的需求集中于高端器件，相对可以承受较高的价格，其对GaAs市场的需求也不可小觑。

## 海上X-band雷达



- 从供需关系看8寸景气度持续
- 应用端看“功率半导体”
- 产品端看“进口替代”，及其空间
- 化合物半导体积极卡位
- **A股功率半导体公司对比分析**
- 风险提示

# A股功率半导体公司财务对比分析

证券代码	证券简称	员工人数	总收入(亿元)	人均产值(万元)	固定资产(亿元)	固定资产周转率
002079.SZ	苏州固锴	1687	19.81	117.40	4.67	4.24
300373.SZ	扬杰科技	2505	20.07	80.12	9.99	2.06
300623.SZ	捷捷微电	949	6.74	71.02	3.71	1.76
600360.SH	华微电子	2018	16.56	82.09	8.72	1.75
600460.SH	士兰微	5625	31.11	55.30	28.69	1.15
300046.SZ	台基股份	511	2.65	51.85	1.18	2.13
605111.SH	新洁能	178	7.73	434.01	0.94	11.03
688396.SH	华润微	7878	57.43	72.90	38.16	1.49
603290.SH	斯达半导	643	7.79	121.22	2.45	3.46

证券代码	证券代码	研发支出	研发占比(%)	应收账款周转率	存货周转率(19年)	存货周转率(18年)
002079.SZ	苏州固锴	0.81	4.09%	4.85	8.47	7.58
300373.SZ	扬杰科技	1.00	4.97%	3.35	4.38	4.77
300623.SZ	捷捷微电	0.37	5.52%	4.09	3.37	3.15
600360.SH	华微电子	1.05	6.34%	3.73	6.71	6.96
600460.SH	士兰微	4.26	13.69%	3.79	1.90	2.25
300046.SZ	台基股份	0.13	5.02%	2.88	1.30	2.77
605111.SH	新洁能	0.34	4.47%	10.04	4.93	5.95
688396.SH	华润微	4.83	8.40%	8.11	3.96	4.51
603290.SH	斯达半导	0.54	6.93%	4.46	3.16	3.67

备注：数据均为2019年数据/新洁能为IC设计公司/斯达半导为设计+代工/韦尔CIS业务主导未纳入

# A股功率半导体公司基本信息一览

证券代码	证券代码	成立时间	上市时间	董事长	年龄	董事长履历及背景	第一大股东持股比例 (%)
002079.SZ	苏州固锴	19901112	2006-11-16	吴焯暘	38	2020年开始担任公司董事长	31.28
300373.SZ	扬杰科技	20060802	2014-01-23	梁勤	49	公司创始人，2006年担任董事长	41.55
300623.SZ	捷捷微电	19950329	2017-03-14	黄善兵	64	1995年创立捷捷微电	28.01
600360.SH	华微电子	19991021	2001-03-16	夏增文	69	2001年开始担任董事长	22.32
600460.SH	士兰微	19970925	2003-03-11	陈向东	58	1997年开始担任董事长	39.14
300046.SZ	台基股份	20040102	2010-01-20	邢雁	55	2008年开始担任董事长	30.02
605111.SH	新洁能	20130105	2020-09-28	朱袁正	56	曾任华润上华、德国西门子、苏州硅能等	23.34
688396.SH	华润微	20030128	2020-02-27	陈小军	54	国有企业，李虹为华润微电子首席运营官	72.29
603290.SH	斯达半导	20050427	2020-02-04	沈华	57	曾任英飞凌高级研发工程师	44.54

备注：华微电子/士兰微/苏州固锴上市时间较长，捷捷微电/韦尔股份17年上市，斯达半导/华润微/斯达半导2020年上市；董事长中，扬杰科技梁勤创始人团队最为年轻；第一大股东持股比例较高的分别是斯达半导/扬杰科技/士兰微；

# A股功率半导体公司股权激励一览

代码	名称	最新公告日期	预案公告日	方案进度	激励标的物	激励方式	激励总数(万股)	激励总数占当时总股本比例(%)	期权初始行权价格(股票转让价格)	有效期(年)
002079.SZ	苏州固锔	2010-09-08	2010-08-21	实施	期权	授予期权,行权股票来源为上市公司定向发行股票	959.84	3.4800	8.48	4
300373.SZ	扬杰科技	2015-03-07	2015-01-09	实施	股票	上市公司定向发行股票	293.00	1.7779	13.30	4
300373.SZ	扬杰科技	2016-04-21	2016-03-05	实施	股票	上市公司定向发行股票	273.72	0.6528	7.27	4
300623.SZ	捷捷微电	2018-03-08	2017-12-26	实施	股票	上市公司定向发行股票	100.14	1.0699	36.30	4
300623.SZ	捷捷微电	2020-12-01	2020-10-01	实施	股票	上市公司定向发行股票	286.65	0.5869	18.18	4
600360.SH	华微电子	2015-09-12	2015-08-26	实施	期权	授予期权,行权股票来源为上市公司定向发行股票	1,570.00	2.1270	7.98	4
600360.SH	华微电子	2008-10-31	2006-12-05	停止实施	期权	授予期权,行权股票来源为上市公司定向发行股票	1,500.00	6.3600	14.36	5
600360.SH	华微电子	2017-12-14	2017-11-23	实施	股票	上市公司定向发行股票	1,663.00	2.2525	3.98	4
600460.SH	士兰微	2010-05-27	2005-09-19	停止实施	期权	授予期权,行权股票来源为上市公司定向发行股票	1,500.40	3.7100		
605111.SH	新洁能	2018-01-16	2017-09-30	实施	股票	上市公司定向发行股票	70.00	2.8455	12.16	

备注：整体来看新洁能/扬杰科技/捷捷微电股权激励较多，华润微和斯达半导新上市尚未有股权激励计划



## 华润微-国内功率IDM龙头

- 依据公司招股说明书，公司目前有3条6英寸产线和2条8英寸产线，公司的主营业务板块主要分为产品与方案（IDM模式）、代工业务（为IC设计公司提供代工）。**目前受下游需求的崛起，整个8英寸产能紧缺，公司是国内领先的功率器件IDM公司**，依据公司10月份投资者关系活动记录表，目前公司在手订单饱满，整体产能利用率在90%以上，公司针对客户结构、产品线终端应用等情况综合考虑相应的价格策略来改善供给紧张的情况。从IDM业务的产品结构来看，功率器件主要以MOSFET和IGBT为主。超结（SJ-MOSFET）主要应用在高压600V-800V领域，我们认为，超级结产品未来有望在新能源、储能、5G（包括服务器、电源系统等）领域快速发展的助力下迎来较为快速的增长，进一步增强公司在MOSFET领域的领先地位。
- **SiC二极管正式发布，化合物半导体未来可期**：依据天眼查信息，2020年12月1日，华为哈勃投资投资SiC外延晶片供应商瀚天天成，认缴出资额超977万元，瀚天天成成立于2011年，集研发生产和销售SiC外延晶片为一体的中美合资高新技术企业，是国内首家产业化3/4/6英寸SiC外延晶片的厂商。依据华润微9月份投资者关系活动信息，公司积极布局碳化硅产业链，投资并持有瀚天天成3.2418%的股权。公司官网信息，在上海举办的慕尼黑电子展期间，正式向市场投入1200V和650V工业级SiC肖特基二极管功率器件产品系列，同时宣布国内首条6英寸商用SiC晶圆生产线正式量产。其中，1200V产品电流等级从2A到40A，主要聚焦于太阳能、UPS、充电桩、储能、车载电源等应用，而650V产品电流等级为4A到16A，主要聚焦于服务器电源、通讯电源等高效开关电源应用。
- **风险提示**：功率半导体行业景气度下降，公司新品推出低于预期等



## 斯达半导-国产IGBT龙头

- **多领域布局，新能源汽车加速渗透**：公司客户目前主要分布于新能源、新能源汽车、工业控制及电源、变频白色家电等行业，主要竞争对手均为国际品牌厂商。整体来说，新能源汽车板块我们认为后疫情时代销量有望逐渐恢复，并且随着相关政策的催化，新能源汽车的渗透率预计会进一步提高。**依据公司2020年中报，在新能源汽车领域，公司已成功跻身于国内汽车级IGBT模块的主要供应商之列，与国际企业同台竞争，市场份额不断扩大**；同时，公司新增多个国内外知名车型平台定点，将对2022年-2028年公司新能源汽车模块销售增长提供持续推动力。而工控板块，则由于景气度的原因呈现出季节性的波动，我们认为在进口替代趋势下，公司工控业务板块预计会实现较快的增长。
- **毛利率逐渐提升，加大研发投入**：从毛利率角度看，公司2020年Q3毛利率为33.41%，创2019年以来历史新高。公司自研的IGBT芯片及快恢复二极管芯片，采取Fabless模式，专注于芯片设计并加快芯片开发速度，同时公司在IGBT模块封装领域足具竞争优势，为公司进一步拓展新的应用领域奠定坚实的基础。公司不断加大自研比例，提升研发能力，进一步缩小与国际主流厂商的差距。功率半导体相对于集成电路进口替代的难度系数较低，且国内产业链配套经过多年的技术积累和沉淀已逐渐成熟，在核心零部件加速国产化过程中，公司作为IGBT模块龙头企业有望步入黄金发展赛道。此外，公司重点布局新能源汽车领域，公司在此领域投入了大量研发经费，未来包括募集资金投资项目在内仍将继续加大该领域投入，我们预判随着新能源汽车的加速渗透以及国产化配套的迫切需求，公司未来增长可期。
- **风险提示**：功率半导体行业景气度下降，公司新品推出低于预期，车载类产品推出低于预期等

# 功率半导体相关受益标的

## 三安光电-巩固化合物优势地位，LED趋稳

- **三安集成出货显著增长，优化客户结构巩固优势地位：**依据公司2020半年报，公司全资子公司三安集成销售出货大幅增长，实现销售收入 3.75 亿元，同比增长680.48%。砷化镓射频出货客户累计将近 100 家、氮化镓射频产品重要客户产能正逐步爬坡；电力电子产品客户累计超过 60 家，27 种产品已进入批量量产阶段。公司多年来持续加大研发投入，积极提升核心竞争力，不断推出新产品，稳步提高国内外市场份额，持续优化客户结构，巩固公司作为化合物半导体龙头企业的优势地位。同时在广阔市场空间与国产替代需求下，公司在长沙设立子公司湖南三安从事碳化硅等化合物第三代半导体的研发及产业化项目，项目正处于建设阶段。
- **传统 LED 照明行业产品单价相较于前两年已趋于稳定，且销售量呈上升趋势，高端产品如 Mini/Micro LED、高光效 LED、车用 LED、紫外/红外 LED 等新兴应用领域的市场渗透率正逐步提升，随着国内外大型终端应用企业的介入，未来前景广阔。UV LED 2019 年已进入增长元年，2020 年受疫情的影响，需求呈爆发式的增长，全球现有产能供不应求。在高端 LED 产品方面，公司就 Mini LED、Micro LED 芯片已实现批量供货三星，成为其首要供应商并签署供货协议；与 TCL 华星成立联合实验室推进 Micro LED 的市场化进程。**
- **风险提示：**功率半导体行业景气度下降，公司新品推出低于预期，化合物半导体新品推出低于预期等

## 扬杰科技-景气度提升，产品结构优化

- **下游需求复苏，产能利用率同比显著提升：**从公司公告的财务数据可以看出，公司2019年Q3公司单季度销售毛利率为31.17%，之后呈现逐步回升趋势，2020年Q3单季度公司销售毛利提升至36.2%，创2018年以来新高，主要受益于包括家电、电源、工控、光伏等行业复苏明显，同时公司积极抓住进口替代机遇，实行大客户组战略和产品策略，公司内销增长较快。2020年以来公司产能利用率有较为明显的提升，同时公司各部门积极推动精益管理，通过信息化、自动化等持续落地，人效比去年同期有较大提升。我们认为随着国内疫情逐步缓解，需求有望逐渐恢复，公司依托于产品结构的优化，包括MOS/IGBT/SiC等高端功率器件的布局，加强与中芯国际的合作，进一步提升产能弹性，丰富的产品种类为公司未来稳定增长提供了坚实的基础。
- **从4英寸-6英寸-8英寸产线的迭代，到二极管-MOSFET-IGBT工艺的积累，公司保持大功率二极管整流桥优势的前提下，MOSFET取得突破，未来积极布局IGBT。坚持内生+外延发展战略，实现长期稳定增长。产品在国内诸多新型细分市场具领先地位及较高市占率。车用大功率二极管芯片和智能电表贴片式整流桥，国内市占率均超20%；拥有最先进的光伏旁路二极管生产线，产能约占全球份额30%；拥有国内先进的高端模块制造线和一流的IGBT生产线。**
- **风险提示：**功率半导体发展不达预期，外延并购不达预期等



## 新洁能-专注MOS，谋快速突破

- **专注MOS，下游应用领域广**：公司成立于2013年1月，注册资本为10,120万元，拥有新洁能香港、电基集成两家全资子公司以及深圳分公司、宁波分公司。目前公司员工总共210余人，其中研发人员70余人。公司成立以来即专注于MOSFET、IGBT等半导体芯片和功率器件的研发、设计及销售，产品优质且系列齐全，广泛应用于消费电子、汽车电子、工业电子、新能源汽车及充电桩、智能装备制造、轨道交通、光伏新能源、5G等领域。
- 依据公司投资者关系活动公告，公司是国内最早同时拥有沟槽型功率MOSFET、超结功率MOSFET、屏蔽栅功率MOSFET及IGBT四大产品平台的本土企业之一，产品电压已经覆盖了12V~1350V的全系列产品，为国内MOSFET等功率器件市场占有率排名前列的本土企业。公司将进一步依托技术、品牌、渠道等综合优势，结合大尺寸晶圆芯片（8英寸、12英寸）先进工艺技术，开拓国际先进功率器件封装制造技术，全力推进高端功率MOSFET、IGBT、集成功率器件的研发与产业化，持续布局半导体功率器件最先进的技术领域，并投入对SiC/GaN宽禁带半导体、智能功率器件的研发及产业化，提升公司核心产品竞争力和国内外市场地位。
- **风险提示**：功率半导体行业景气度下降，公司新品推出低于预期，8寸产能紧缺下成长受限等



## 士兰微-8寸产能爬坡驱动成长

- **扎根特色工艺技术平台，获客户任何**：在工艺技术平台研发方面，公司依托于已稳定运行的5、6、8英寸芯片生产线和正在建设的12英寸芯片生产线和先进化合物芯片生产线，建立了新产品和新工艺技术研发团队，陆续完成了国内领先的高压BCD、超薄片槽栅IGBT、超结高压MOSFET、高密度沟槽栅MOSFET、快恢复二极管、MEMS传感器等工艺的研发，形成了比较完整的特色工艺制造平台。这一方面保证了公司产品种类的多样性，另一方面也支撑了公司电源管理电路、功率模块、功率器件、MEMS传感器等各系列产品的研发。依据公司2020半年度报告，产品已经得到了华为、海康、美的、格力、海信、海尔、三星、索尼、台达、达科、日本NEC等全球品牌客户的认可。
- **IPM和MEMS快速推进，加速进口替代**：依据公司半年报数据，2020年上半年IPM功率模块产品在国内白色家电（主要是空、冰、洗）、工业变频器等市场继续发力，上半年IPM营业收入突破1.6亿人民币，较去年同期增长90%以上。2020年上半年，国内多家主流的白电整机厂商在变频空调等白电整机上使用了超过600万颗士兰IPM模块，预期今后几年将会继续快速成长。同时，公司MEMS传感器产品营业收入较去年同期增加70%以上，部分国内手机品牌厂商已开始应用公司MEMS传感器产品。加速度传感器、硅麦克风等产品已在8吋线上实现了批量产出。
- **风险提示**：功率半导体行业景气度下降，公司新品推出低于预期等



## 中环股份-专注大硅片，优势浮现

- 中环股份半导体硅片采取制程线宽升级和非尺寸依赖特色工艺同步推进，公司在功率器件Power Device领域由巨大的技术和产业积累，公司从2008年开始做8英寸区熔单晶硅片，目前是全球领先供应商，目前公司8英寸区熔硅片、重参杂硅片已经可以应用于MOSFET、IGBT、晶闸管、MEMS等功率器件制造；同时，公司基于在8英寸的技术积累，持续向12英寸重参杂硅片，在功率器件应用升级；除了重参杂方面，轻参杂技术也在持续突破，公司12英寸直拉单晶取得重要技术研发进展，应用于19nm的COP Free晶体技术已完成内部评价，并进入客户评价阶段，同时结合 28nm COP Free硅片产品的客户认证，公司已具备进入逻辑、存储芯片等高端半导体硅片材料领域的技术实力；同时，公司已完成 12 英寸应用于 CIS、Power Device 产品的超低阻单晶的研发，目前是全球少数、中国唯一可批量供应上述产品的硅片制造商，产品对标全球领先的硅片供应商。
- 公司210光伏硅片在技术工艺方面领先行业，G12大尺寸光伏硅片为行业带来更高的光电转换效率、更高的生产制造效率、大幅降低度电成本；公司210硅片已经拥有百余项专利和自主知识产权，构成竞争壁垒，是公司独有的平台型技术，引领行业向优势产能推进；本次采购合同彰显下游客户对于210硅片的强烈需求，提前预定产能的决心；根据中环股份和天合光能签约仪式讯息，天合光能是公司重要战略客户之一，与公司建立了良好的沟通关系和业务往来，本次合同的签订为客户对G12产品需求提供供应保障，为下游G12光伏组件产能规划落地提供有力支撑，有助于G12光伏产业链上下游企业协同发展，合作共赢；本次采购210硅片将为天合光能210光伏电池和组件产能的规划落地、至尊系列超高功率组件的供货提供有力保障，及时满足更多客户对于超高功率组件的需求，力争为客户创造更高价值。
- **风险提示**：12英寸产品推出低于预期，功率半导体行业景气度下降，公司新品推出低于预期，8寸产能紧缺下成长受限等



## 北方华创-国产IGBT龙头

- 高端半导体设备项目封顶，奠定技术研发坚实基础：公司高端集成电路装备研发及产业化项目（三期工程）主体结构已经于2020年9月29日封顶；三期工程主要用于前沿技术装备的研发及核心零部件的合作开发，有利于提升公司技术能力，持续推进半导体装备新产品开发和市场开拓工作；公司目前集成电路领域设备包括：刻蚀机、PVD、CVD、ALD、清洗机、立式炉、外延炉等，在前道九大类设备中已经涵括四大类设备，主要设备已经在客户端产线上实现量产，同时部分工艺在验证中，三期项目的布局有利于公司持续扩大设备种类和工艺验证比例，增强公司长期竞争力。
- **国内集成电路、泛半导体领域多点开花，设备国产化率受益于保护产业链稳定意识抬头**：2020年第三季度以来，中国大陆疫情管控良好，加上集成电路、光伏、化合物半导体等应用领域景气向上，国内半导体制造产线扩产均顺利进行；同时，美国逐步扩大科技出口限制范围，其中又以半导体设备首当其冲；国内半导体制造商为了维持产业链稳定可控，均加大国产设备的支持力度，国产设备在产线上验证的工艺和导入量产的比例正在逐渐提升；公司作为国内半导体设备行业龙头设备种类丰富，具备刻蚀机、PVD、CVD、ALD、清洗机、立式炉、外延炉等四大类设备平台化优势，有望核心受益于半导体设备国产化率提升；至2020年10月19日，公司集成电路领域立式炉第100台设备交付仪式完美达成，公司立式炉随着技术升级，已经具备氧化、退火、化学气相薄膜沉积、原子层沉积四大工艺体系；在其他设备方面，随着半导体设备工艺验证稳步推进，新工艺应用领域持续突破，带动业绩成长提速。
- **风险提示**：新产品新技术的拓展低于预期、半导体产业景气度低于预期、国内客户开拓低于预期等。

# 功率半导体相关受益标的

## 捷捷微电-MOS占比提升，加速进口替代

- 公司专业从事功率半导体芯片和器件的研发、设计、生产和销售，具备以先进的芯片技术和封装设计、制程及测试为核心竞争力的IDM业务体系。目前有3个工厂，7个设计团队，一个国家级实验室，3个省级工程技术中心等，IDM营收在80%左右。公司在中美贸易战及中国半导体产业亟需国产替代进口和提升国产化率的机遇与挑战下，公司快速启动并实施定增项目布局MOSFET、IGBT及第三代半导体器件等广阔市场新领域。
- **MOS占比逐渐提升，加速进口替代**：依据公司投资者关系纪要，MOSFET相关产品2019年占公司总营收的15%，今年会超过20%，主要应用领域是工控和照明，由于今年VD MOS、TRENCH MOS相关产品因晶圆代工涨价，部分产品做了调整（调升）。未来的SGT MOS，主要是进口替代，有很好的盈利可持续性。从下游应用领域来看，通信前三季度占了销售的30%，通信领域的增幅较大主要是通信基站的建设。家电占销售的30%，保持稳定的增长。低压电器，工控销售占比增长16%。汽车电子占比不是很高，大约10%，照明占比提升至10%-13%。
- **风险提示**：功率半导体行业景气度下降，8寸产能紧缺成长受限等

## 韦尔股份-本部功率模拟多板块发力

- **本部业务加速进口替代**：韦尔股份本部业务也不不断加大研发投入，从模拟IC到功率IC再到射频IC，公司深耕半导体领域加快产业优质资源的有效整合。我们强调韦尔半导体本部设计业务的竞争优势。其中，在电源管理领域，公司LDO/OVP产品出货量均稳居国内设计公司前列，上半年公司推出用于超高像素手机摄像头CIS供电的LDO，同时推出超低功耗LDO主要应用于智能穿戴及IoT领域；在TVS/MOSFET分立器件领域，公司紧抓国产进口替代机遇，切入消费/安防/网通等多个应用领域，持续提升产品综合竞争力。
- **汽车或成最有潜力的市场，基于本土化市场优势，国内企业或将加速进口替代**：依据过往数据，智能手机CIS销售额占比最高，汽车和安防则分别成为第二和第三大应用领域。IC Insights相关报告指出，汽车市场将成为CIS板块的增长动力，未来5年内，车载CIS的复合增长率预计将达到38.4%，预计到2025年车载CIS市场占比会提升至15%左右，主要系新能源汽车的加速渗透，汽车电子化率相比传统燃油车会有显著的提升，ADAS(先进驾驶辅助系统)/AV(自动驾驶汽车)驱动摄像头个数的增加，大幅度提升CIS用量。我们认为，未来国内公司基于本土市场优势，进一步加强与终端品牌客户合作，产品验证速度加快，从切入后装车市场逐渐向前装车市场渗透，国内领先企业有望充分受益。
- **风险提示**：功率半导体行业景气度下降，公司新品推出低于预期等

# 功率半导体相关受益标的

## 苏州固得-发力车载功率及MEMS

- 公司在半导体整流器件二极管企业中具有从前端芯片的自主开发到后端成品的各种封装技术，形成了一个完整的产业链。主要产品包括汽车整流二极管、功率模块、整流二极管芯片、硅整流二极管、开关二极管、稳压二极管、微型桥堆、军用熔断丝、光伏旁路模块、无引脚集成电路产品和分立器件产品等。共有50多个系列、3000多个品种。产品广泛应用于5G、航空航天、电力电子、消费类电子、安防、工控、汽车电子、绿色照明、新能源以及大型设备的电源装置等许多领域。设计、研发太阳能电池用银浆以及各种电子浆料，研发并规模化生产物联网领域各种新型传感器。公司拥有MEMS-CMOS三维集成制造平台技术及八吋晶圆级封装技术从而增强公司的研发实力，将公司技术水平由目前的国内先进提升至国际先进水平。依据2020年半年报，参股公司苏州明暘传感科技有限公司的加速度传感器销量继续保持中国第一，领跑国内重力加速度传感器行业。
- 依据公司2020年半年报，2018年公司率先成为汽车市场一级供应商。2019年，伟创力、伟世通等汽车客户快速批量化生产，并稳定增长。2020年海外各区域包含日本电装在内的多家世界顶级的汽车客户都非常认可固得对产品质量的高度重视，开始启动产品认证程序。公司业务覆盖国际、国内外高端民用客户，国际领先半导体同行（代工），世界知名汽车客户等，主要客户包括国内外各类企业，如：伟世通，HW，苹果，比亚迪，松下，伟创力，海拉，欧姆龙等。
- **风险提示**：新品新客户突破低于预期，下游需求低于预期等

## 闻泰科技-安世专注车载，优势凸显

- 以氮化镓和碳化硅为代表的第三代半导体技术是未来的发展趋势，公司将加大在第三代半导体领域投资，大力发展氮化镓和碳化硅技术。目前安世氮化镓功率器件已经通过车规级认证，开始向客户供货，碳化硅技术研发也进展顺利。安世有系统级的封装测试能力，闻泰有行业领先的SMT、系统集成设计能力和强大的客户群，结合双方的优势可以整合封装测试和SMT贴片两个传统生产环节，实现SiP封装能力的领先性，并迅速将SiP封装技术导入到手机、平板、笔电、IoT、智能硬件等各个领域的客户产品当中，发展潜力巨大。
- 安世半导体设计、制造和销售半导体分立器件，如小信号分立器件、功率分立器件、ESD保护器件，以及模拟与逻辑IC等产品。公司的产品组合一方面包括多种常规产品，另一方面也包括创新的分立元件、MOSFET和采用专利电路设计和工艺的逻辑器件。安世提供先进的高性能解决方案，尤其是在静电放电/电磁干扰（ESD/EMI）过滤、低损耗整流和电源开关领域。作为对安世产品组合的重要补充，GaN（氮化镓）、SiC（碳化硅）等第三代半导体产品研发进展顺利，其中GaN FET已经通过车规级认证，开始向客户供货。
- 全球智能手机需求受疫情影响下降，但主要手机品牌厂商ODM需求量呈现平稳并提升的趋势，部分手机品牌厂商加大ODM出货规模，5G手机ODM也开始规模出货。全球手机ODM比重呈现提升趋势。公司积极应对疫情对产业带来的影响，把握ODM产业变化带来的机遇，实现了出货规模和盈利能力的持续快速增长。在运营上，积极落实防疫措施，加强供应链合作和协同，进一步提高生产管理效率，实现成本管控的持续优化；在研发上，以手机为战略重心，进一步加强手机品类的爆款设计能力、产品化能力、5G技术领先能力，并在平板、笔电、TWS、Watch和IoT产品领域加大研发投入，实现了相关新品类的市场拓展
- **风险提示**：新产品推出低于预期，ODM出货低于预期，下游需求低于预期等

# 风险提示

## 1、产品迭代较快的风险

半导体产业发展日新月异，技术及产品迭代速度较快。国内功率器件厂商的发展在很大程度上依赖于识别并快速响应客户需求的变化，以开发出符合客户要求且具有较好成本效益的产品。由于半导体行业的特殊性，未来仍然面临着产品迭代速度过快的风险，如果相关技术与工艺未能跟上竞争对手新技术、新工艺的持续升级换代或者下游客户的需求，可能导致产品被赶超或替代，进而在新产品领域难以保持市场的领先地位。

## 2、研发未达预期的风险

半导体行业的研发存在周期较长、资金投入较大的特点，同时需要按照行业发展趋势布局前瞻性的研发。由于行业整体的更新频率较高，研发的风险也在加大。如果无法准确根据行业发展趋势确定研发方向，则将浪费较大的资源，并丧失市场机会。另外，由于半导体行业研发项目的周期较长，将会导致整个项目的不确定性较高，若研发项目启动后的进度及效果未达预期，或者研发的新技术或者产品尚不具备商业价值，可能导致前期的各项成本投入无法收回。

## 3、关键技术人员流失的风险

半导体行业对相关人才的专业性及经验要求更高，优秀的技术人员需要精通包括半导体电路设计、产品物理特性与工艺制程等多项技术，同时需要较长时间的技术积淀和积累才可参与或主导相关产品的研发与设计。关键技术人员是企业生存和发展的关键，也是企业获得持续竞争优势的基础。随着半导体行业对专业技术人才的需求与日俱增，人才竞争不断加剧，若不能提供更好的发展平台、更有竞争力的薪酬待遇及良好的研发条件，仍存在关键技术人员流失的风险。

1. 芯时代之一\_半导体重磅深度《新兴技术共振进口替代，迎来全产业链投资机会》
2. 芯时代之二\_深度纪要《国产芯投资机会暨权威专家电话会》
3. 芯时代之三\_深度纪要《半导体分析和投资策略电话会》
4. 芯时代之四\_市场首篇模拟IC深度《下游应用增量不断，模拟 IC加速发展》
5. 芯时代之五\_存储器深度《存储产业链战略升级，开启国产替代“芯”篇章》
6. 芯时代之六\_功率半导体深度《功率半导体处黄金赛道，迎进口替代良机》
7. 芯时代之七\_半导体材料深度《铸行业发展基石，迎进口替代契机》
8. 芯时代之八\_深度纪要《功率半导体重磅专家交流电话会》
9. 芯时代之九\_半导体设备深度《进口替代促景气度提升，设备长期发展明朗》
10. 芯时代之十\_3D/新器件《先进封装和新器件，续写集成电路新篇章》
11. 芯时代之十一\_IC载板和SLP《 IC载板及SLP，集成提升的板级贡献》
12. 芯时代之十二\_智能处理器《人工智能助力，国产芯有望“换”道超车》
13. 芯时代之十三\_封测《先进封装大势所趋，国家战略助推成长》
14. 芯时代之十四\_大硅片《供需缺口持续，国产化蓄势待发》
15. 芯时代之十五\_化合物《下一代半导体材料，5G助力市场成长》
16. 芯时代之十六\_制造《国产替代加速，拉动全产业链发展》
17. 芯时代之十七\_北方华创《双结构化持建机遇，由大做强倍显张力》
18. 芯时代之十八\_斯达半导《铸IGBT功率基石，创多领域市场契机》
19. 芯时代之十九\_功率半导体深度②《产业链逐步成熟，功率器件迎黄金发展期》
20. 芯时代之二十\_汇顶科技《光电传感创新领跑，多维布局引领未来》

21. 芯时代之二十一\_华润微《功率半导专芯致志，特色工艺术业专攻》
22. 芯时代之二十二\_大硅片\*重磅《半导体材料第一蓝海，硅片融合工艺创新》
23. 芯时代之二十三\_卓胜微《适逢5G代际升级，创领射频主供平台》
24. 芯时代之二十四\_沪硅产业《硅片芯材蓄势待发，商用量产空间广阔》
25. 芯时代之二十五\_韦尔股份《光电传感稳创领先，系统方案展创宏图》
26. 芯时代之二十六\_中环股份《半导硅片厚积薄发，特有赛道独树一帜》
27. 芯时代之二十七\_射频芯片《射频芯片千亿空间，国产替代曙光乍现》
28. 芯时代之二十八\_中芯国际《代工龙头创领升级，产业联动芯火燎原》
29. 芯时代之二十九\_寒武纪《AI芯片国内龙头，高研发投入前景可期》
30. 芯时代之三十\_芯朋微《国产电源IC十年磨一剑，铸就国内升级替代》
31. 芯时代之三十一\_射频PA《射频PA革新不止，万物互联广袤无限》
32. 芯时代之三十二\_中微公司《国内半导刻蚀巨头，迈内生&外延平台化》
33. 芯时代之三十三\_芯原股份《国内IP龙头厂商，推动SiPaaS模式发展》
34. 芯时代之三十四\_模拟IC深度PPT《模拟IC黄金赛道，本土配套渐入佳境》
35. 芯时代之三十五\_芯海科技《高精度测量ADC+MCU+AI，切入蓝海赛道超芯星》

# 华西电子-5G电子\*产业链系列深度报告

※敬请关注系列深度（详见公众号“远峰电子”），正全面覆盖天线、滤波、射频、PCB/FPC和核心芯片等各产业链环节和重点公司

1. 5G电子\*产业链之一《从iPhone X LCP天线看5G对智能机影响》
2. 5G电子\*产业链之二《5G换机，产业复兴》
3. 5G电子\*产业链之三《5G天线和滤波器深度：技术路线升级，新品即将渗透》
4. 5G电子\*产业链之四《5G将至，从射频前端到天线看未来新发展》
5. 5G电子\*产业链之五《5G手机射频前端/天线，增量需求分析》
6. 5G电子\*产业链之六\_产业重磅深度《5G手机初启征途，万物互联星辰大海》
7. 5G电子\*产业链之七\_深南电路《5G加速落地，PCB龙头扬帆起航》
8. 5G电子\*产业链之八\_卓胜微《适逢5G代际升级，创领射频主供平台》
9. 5G\*电子深度之九\_射频芯片《射频芯片千亿空间，国产替代曙光乍现》
10. 5G\*电子深度之十\_工业富联《逢5G代际升级红利，启工业互联网龙头征程》
11. 5G\*电子深度之十一\_信维通信《射频天线龙头稳固，5G综合方案扬帆当时》
12. 5G\*电子深度之十二\_深天马A《中小显示创新加速，多维发力再领趋势》
13. 5G\*电子深度之十三\_射频PA《射频PA革新不止，万物互联广袤无限》
14. 5G\*电子深度之十四\_欧菲光《聚焦光学赛道，构建业绩增长新动能》

## 分析师简介

**孙远峰：**华西证券研究所副所长&电子行业首席分析师，哈尔滨工业大学工学学士，清华大学工学博士，近3年电子实业工作经验；2018年新财富上榜分析师（第3名），2017年新财富入围/水晶球上榜分析师，2016年新财富上榜分析师（第5名），2013~2015年新财富上榜分析师团队核心成员。

**王海维：**华西证券研究所电子行业高级分析师，华东师范大学硕士，曾就职于安信证券，2018年新财富上榜分析师（第3名）团队核心成员，2019年8月加入华西证券研究所

## 分析师承诺

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

## 评级说明

公司评级标准	投资评级	说明
以报告发布日后的6个月内公司股价相对上证指数的涨跌幅为基准。	买入	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数达到或超过15%
	增持	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数在5%—15%之间
	中性	分析师预测在此期间股价相对上证指数在-5%—5%之间
	减持	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数5%—15%之间
	卖出	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数达到或超过15%
行业评级标准		
以报告发布日后的6个月内行业指数的涨跌幅为基准。	推荐	分析师预测在此期间行业指数相对强于上证指数达到或超过10%
	中性	分析师预测在此期间行业指数相对上证指数在-10%—10%之间
	回避	分析师预测在此期间行业指数相对弱于上证指数达到或超过10%

## 华西证券研究所：

地址：北京市西城区太平桥大街丰汇园11号丰汇时代大厦南座5层

网址：<http://www.hx168.com.cn/hxzq/hxindex.html>

# 免责声明

华西证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具备证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司签约客户使用。本公司不会因接收人收到或者经由其他渠道转发收到本报告而直接视其为本公司客户。

本报告基于本公司研究所及其研究人员认为的已经公开的资料或者研究人员的实地调研资料，但本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载资料、意见以及推测仅于本报告发布当日的判断，且这种判断受到研究方法、研究依据等多方面的制约。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及预测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息始终保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者需自行关注相应更新或修改。

在任何情况下，本报告仅提供给签约客户参考使用，任何信息或所表述的意见绝不构成对任何人的投资建议。市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告视为做出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在任何情况下，本报告均未考虑到个别客户的特殊投资目标、财务状况或需求，不能作为客户进行客户买卖、认购证券或者其他金融工具的保证或邀请。在任何情况下，本公司、本公司员工或者其他关联方均不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告而导致的任何可能损失负有任何责任。投资者因使用本公司研究报告做出的任何投资决策均是独立行为，与本公司、本公司员工及其他关联方无关。

本公司建立起信息隔离墙制度、跨墙制度来规范管理跨部门、跨关联机构之间的信息流动。务请投资者注意，在法律许可的前提下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的前提下，本公司的董事、高级职员或员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为华西证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

# 谢谢！

华西证券研究所 电子团队

孙远峰

王海维

王臣复

郑敏宏

