功率半导体行业深度

新能源引发行业变革，Fabless与IDM齐头并进

超配

核心观点

功率半导体是电能转换的载体，22年全球功率器件市场约为281亿美元，2022-25年CAGR 8.2%。功率半导体是功率器件与电源管理IC的集合，其中功率器件例如二极管、MOSFET及IGBT等作为快速的电子“开关”可实现电流、电压状态的改变。以电为能量来源的应用均需用到功率器件，其是电子系统运行的底层基础。

工艺为功率半导体的技术核心。有别于集成电路设计作为产品差异化的关键，功率器件的功能实现及差异更多来源于不同的器件结构，因此制造工艺是功率器件的核心，制造商多以IDM模式为主。其中，不同产品形态各有侧重，单管产品偏标准化，通过芯片结构设计与性能拉开差距；模块产品偏定制化，依靠对下游应用的know-how及客户黏性构筑壁垒。

未来行业将向着高效率、高可靠性和低成本方向发展。功率器件生命周期长迭代慢，因此企业通过芯片向高效率、小面积的发展构筑性能与成本的产品竞争力；封装形式向高可靠性、高集成度方向发展以增强客户黏性；制造工艺向12英寸转移以实现规模化降本；大功率器件的材料由硅向碳化硅、氮化镓过渡以获得技术领先性。

全球格局渐稳，新能源触发新一轮行业变革。功率器件多样化应用决定了市场集中度不高，第一大厂商市占率不到20%。在新能源与工控的驱动下，预计全球功率器件市场将由21年的259亿美元增至25年的357亿美元，汽车、新能源发电和电网等增速均超15%。碳化硅为增速最快的器件，2021-25年CAGR 42%，预计25年市场将超43亿美元。

中国企业份额提升迅速，当前阶段Fabless与IDM模式差异化竞争尚不显著。全球IGBT分立器件及模块、MOSFET前十中均有中国企业，在新能源发电、汽车等增量市场国产化率提升迅速，部分已超50%。未来三年，国内代工产能增速大于IDM厂商，Fabless可与代工深度合作共同推进工艺开发；加之目前行业仍处于单品替代阶段，IDM规模化与技术迭代优势体现仍需时日，中短期维度Fabless与IDM界限渐模糊、差异化竞争尚不显著。

投资建议：建议关注在增量市场产品与份额持续拓展的IDM公司士兰微、时代电气、闻泰科技、扬杰科技、BYD半导（未上市）及华润微，在IGBT、超结MOS等产品领先的设计公司斯达半导、宏微科技、东微半导及新洁能，特色工艺代工龙头华虹半导体、中芯集成（未上市）。

风险提示：新能源行业增速不及预期；行业竞争激化面临产能过剩风险。

重点公司盈利预测及投资评级

公司代码	公司名称	投资评级	昨收盘（元）	总市值（亿元）	EPS 2022E	EPS 2023E	PE 2022E	PE 2023E
600460.SH	士兰微	买入	37.14	526	0.79	1.13	47.0	32.9
688187.SH	时代电气	买入	56.56	801	1.61	1.88	35.1	30.1
603290.SH	斯达半导	买入	329.13	562	4.73	6.37	69.6	51.7
688261.SH	东微半导	买入	221.40	149	4.03	5.53	54.9	40.0
688711.SH	宏微科技	买入	97.63	135	1.10	1.56	88.7	62.7
600745.SH	闻泰科技	买入	58.50	729	2.31	3.17	25.3	18.5
300373.SZ	扬杰科技	买入	55.90	286	2.34	2.89	23.9	19.3
1347.HK	华虹半导体	买入	26.40	345	0.3	0.36	11.5	9.6

资料来源：Wind、国信证券经济研究所预测

行业研究·行业专题

电子·半导体

超配·维持评级

证券分析师：胡剑
021-60893306
hujian1@guosen.com.cn
S0980521080001

证券分析师：叶子
0755-81982153
yezi3@guosen.com.cn
S0980522100003

证券分析师：胡慧
021-60871321
huhui2@guosen.com.cn
S0980521080002

证券分析师：周靖翔
021-60375402
zhoujingxiang@guosen.com.cn
S0980522100001

证券分析师：李梓澎
0755-81981181
lizipeng@guosen.com.cn
S0980522090001

联系人：詹浏洋
010-88005307
zhanliuyang@guosen.com.cn

市场走势



资料来源：Wind、国信证券经济研究所整理

相关研究报告

《半导体行业深度-多维度复盘半导体产业发展，碎片化场景下辅芯片受益》 ——2022-12-01
《半导体行业三季报业绩综述：三季度归母净利润同比减少，半导体设备实现增长》 ——2022-11-07
《半导体11月投资策略及东京电子复盘-进入业绩空窗期，关注细分龙头的估值修复》 ——2022-11-07
《半导体10月投资策略及应用材料复盘-全球销售额同比增速继续收窄，短期压力犹存》 ——2022-10-10
《半导体9月投资策略及ASML复盘-国内晶圆厂逆周期扩建，关注设备和材料环节》 ——2022-09-12

内容目录

功率半导体：电能转换的载体 5
功率半导体：功率分立器件与电源管理 IC 的集合 5
功率器件：快速的电子“开关” 6
功率器件行业特点与竞争要素 9
制造为先，IDM 为长远发展趋势 9
单管拉开芯片差距，模块建立客户粘性 10
差异化 vs. 标准化、高性能与可靠性：器件制造商与集成商的差异化考量 11
发展趋势：高效率、高可靠性、低成本与新材料 12
全球格局渐稳，新能源触发新一轮变革 15
历经整合洗牌，行业格局渐清晰 15
碳化硅引领行业增速，汽车、新能源与工控驱动行业增长 16
存量替代与增量渗透驱动中国企业快速成长 20
中国企业份额提升迅速，产品结构不断升级 20
IDM or Fabless？存量与增量的博弈 22
22 年前三季度功率半导体整体保持加速增长 23
中国主要功率半导体公司分析 25
斯达半导 25
士兰微 26
时代电气 27
BYD 半导(未上市) 28
东微半导 29
宏微科技 30
扬杰科技 30
新洁能 32
华润微 33
投资建议 34
风险提示 34
免责声明 35

图表目录

图1： 半导体分类及市场规模（2022E） 5
图2： 功率半导体-快速的电力电子“开关”待优化 6
图3： 功率分立器件的分类 7
图4： 功率器件的应用场景及价值量区间 8
图5： 功率半导体的制造流程 8
图6： 功率器件与集成电路的产品附加值比较 9
图7： 功率半导体应用思路 10
图8： 单管与模块的核心要素 10
图9： 器件制造商与集成商的考量 11
图10： 英飞凌 IGBT 产品 12
图11： 功率器件封装技术演进 13
图12： 12 英寸工艺适用产品及应用 13
图13： 12 英寸线建设过程及成本优势 14
图14： 不同半导体材料对应的应用领域 14
图15： 2006-2022 年功率半导体代表公司营收增长动因复盘（增速，%） 15
图16： 2010-2020 功率半导体行业集中度变化情况 16
图17： 2021-2025 全球功率器件市场规模及增速（按器件类型分，亿美元，%） 16
图18： 2021-2025 全球功率器件市场空间及增速（按应用分，亿美元，%） 17
图19： 汽车电动化框架 17
图20： 21-27 年汽车半导体单车价值量变化及市场情况 18
图21： 全球工业驱动市场情况与应用 18
图22： 新能源发电带来的电网变革 19
图23： 新能源发电功率半导体单位价值量与每年发电量 19
图24： 家电变频化半导体单机价值量提升 19
图25： 2017 年-2021 年我国白电 IPM 模块国产化率 19
图26： 碳化硅应用优势及市场空间（亿美元） 20
图27： 全球功率半导体主要参与者及各细分领域市占率情况 21
图28： 中国功率半导体发展的产品层次 21
图29： 22 年 1-9 月我国新能源上险乘用车主驱 IGBT 模块供应商情况(万只) 22
图30： 中国功率半导体代工与 IDM 的产能扩张与中短期格局 22
图31： 功率半导体行业公司营业收入 23
图32： 功率半导体行业公司单季度营业收入 23
图33： 功率半导体行业公司归母净利润 23
图34： 功率半导体行业公司单季度归母净利润 23
图35： 功率半导体行业公司毛利率、净利率 24
图36： 功率半导体行业公司存货、应收账款周转天数 24
图37： 全球功率器件销售情况（单位：十亿美元） 24

图38： 公司营收、扣非归母净利润（亿元）及毛利率 25
图39： 公司近五年分产品营收结构（%） 25
图40： 公司未来布局及产能规划 25
图41： 公司营收、扣非归母净利润（亿元）及毛利率 26
图42： 公司近五年分产品营收结构（%） 26
图43： 公司营收、扣非归母净利润（亿元）及毛利率 27
图44： 公司近五年分产品营收结构（%） 27
图45： 公司营收、扣非归母净利润（亿元）及毛利率 28
图46： 公司近五年分产品营收结构（%） 28
图47： 公司营收、扣非归母净利润（亿元）及毛利率 29
图48： 公司近五年分产品营收结构（%） 29
图49： 公司基本布局 29
图50： 公司营收、扣非归母净利润（亿元）及毛利率 30
图51： 公司近五年分产品营收结构（%） 30
图52： 公司营收、扣非归母净利润（亿元）及毛利率 31
图53： 近 10 年公司收入结构（按地区分） 31
图54： 公司基本布局 31
图55： 公司营收、扣非归母净利润（亿元）及毛利率 32
图56： 公司近五年分产品营收结构（%） 32
图57： 公司 1H21 与 1H22 产品结构对比（按产品类型，%） 32
图58： 公司 1H22 产品下游应用分布（%） 32
图59： 公司营收、扣非归母净利润（亿元）及毛利率 33
图60： 公司近五年分产品营收结构（%） 33

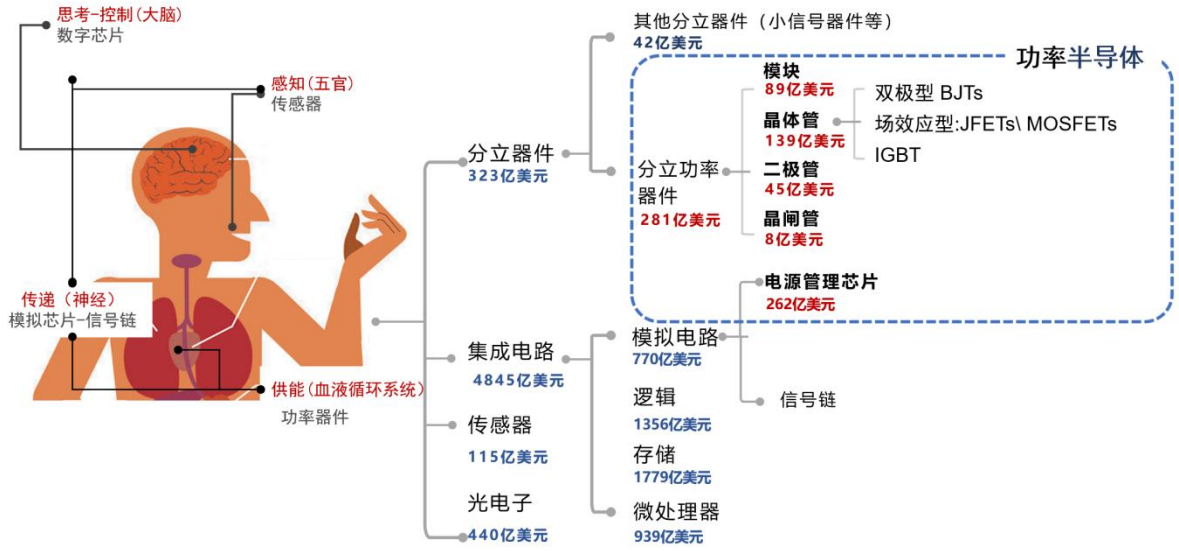
表1： 分立功率器件的分类及性能特点 6
表2： 功率器件各环节的特点 9
表3： 单管与模块各个环节的特点与侧重点对比与发展关键 11
表4： 英飞凌 IGBT 产品参数 12
表5： 公司产能布局情况（截至 2022 年 6 月） 26
表6： 公司功率器件产能情况 27
表7： 公司产能布局情况 28
表8： 公司产能布局情况（截至 2022 年 6 月） 30
表9： 公司产能布局情况（截至 3Q22） 33
表10： 重点公司一览表 34

功率半导体：电能转换的载体

功率半导体：功率分立器件与电源管理 IC 的集合

功率半导体是以电能转换为核心的半导体器件，通过对电流与电压进行调控实现电能在系统中的形式转换与传输分配，其作用近似于人体的血液循环系统，将调整后的电能输送到对应的用电终端，为系统运行提供基础保障。在以电供能的基础上，传感器将外界光、声音、压力和温度等物理量转换为电信号，通过模拟信号链芯片将电信号转换为数字信号给数字芯片进行计算处理并指导各部分芯片进行功能实现。

图1：半导体分类及市场规模（2022E）



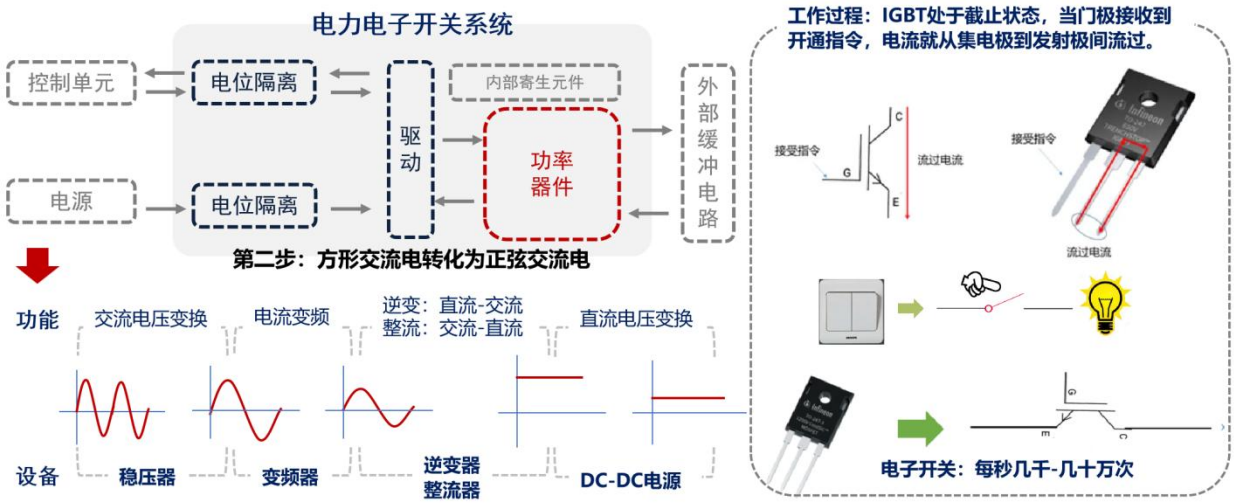
资料来源：Omdia，Yole，国信证券经济研究所整理

功率半导体包含分立器件及电源管理芯片且细分种类繁多，预计 2022 年总市场规模约为 543 亿美元。功率半导体由分立功率器件与电源管理芯片组成；根据 OMDIA 与 Yole 数据，2022 年全球功率半导体（含功率器件及电源管理芯片）市场规模约为 543 亿美元，占半导体市场 9%；其中**分立功率器件 281 亿美元，电源管理芯片 262 亿美元** 。尽管功率半导体市场规模远小于数字芯片市场规模，但作为电子系统底层能量流的核心，功率半导体是电子系统正常运行的基础 。

功率器件：快速的电子“开关”

功率器件是快速的电子“开关”，通过切换“开”与“关”状态配合其驱动电路实现电流与电压状态的改变。其开关内部各功能的联系及交互影响决定了开关的特性，最终可实现直流-直流\交流-交流电压高低、电流频率及电流方向（整流\逆变）的改变，并应用于稳压器、变频器、逆变器、整流器及 DC-DC 电源中。

图2：功率半导体-快速的电力电子“开关”待优化



资料来源：Omdia，Yole，国信证券经济研究所整理

功率器件包括二极管、晶闸管及晶体管等品类，其中晶体管包括双极型（BJT）、场效应型如 MOSFET 及绝缘栅型如 IGBT 等器件。总体可按可控性、驱动方式及载流子类型等维度进行分类。

表1：分立功率器件的分类及性能特点

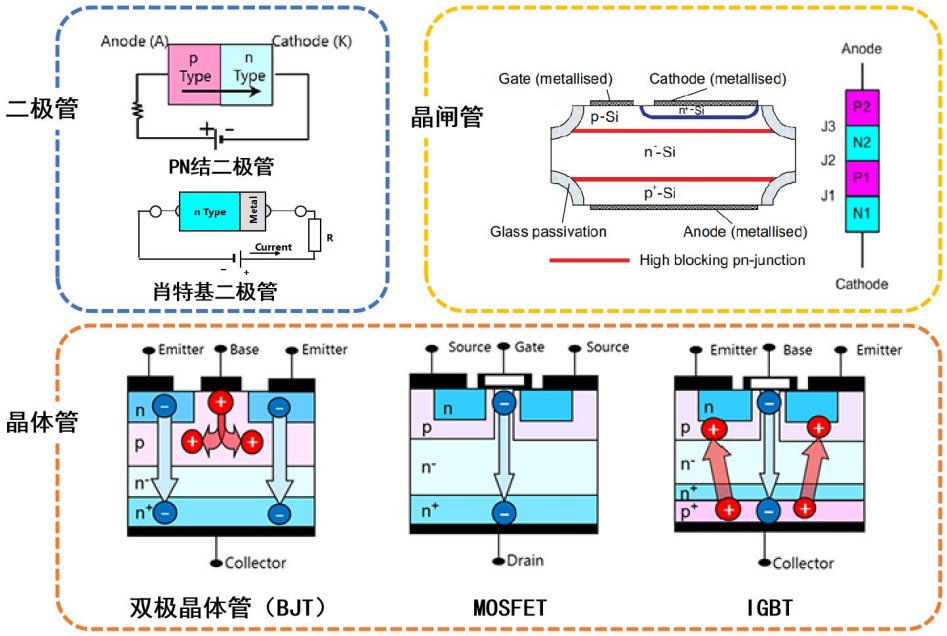
分类方式	类别	器件	性能特点
可控性	不可控型	二极管	仅实现单向导通，无控制功能
	半控型	晶闸管	仅能实现开启，无法自动关断，驱动电路较复杂
	全控型	晶体管如 MOSFET、IGBT	可实现电路开启与关断，驱动电路简单
驱动方式	电流驱动型	BJT 双极晶体管	以电流驱动器件，需要低驱动电压、连续驱动功率
	电压驱动型	MOSFET、IGBT	以电压驱动器件，驱动电压相对电流驱动型，驱动功率小
载流子类型	单极型	MOSFET、SBD	开关速度快，工作频率高，耐压能力较差，大电流区导通损耗大
	双极性	BJT、FRD	工作频率低，通态电流大、导通与关断损耗小
	混合型	IGBT	工作频率适中，耐压能力较高，大电流区正向特性优异

资料来源：东芝半导体、英飞凌、国信证券经济研究所整理

- **二极管**：二极管是由 PN 结或肖特基结(金属-半导体)构成的元件，具备单向特性即电流流动（正向）或不流动（反向）取决于施加电压的方向，以实现交流电整流的功能。根据其应用电压范围及结构可分为整流二极管、快恢复二极管、TVS 二极管及肖特基二极管等。

◆ **晶闸管**：由 PNPN 四层半导体组成；当晶闸管接入正向电压并产生足够大的电流时，晶闸管就可导通，由于一旦导通后门极失效，因而为半控型器件。由于其没有导通和关断之间的放大区，因此通态内阻最小，发热最少，承受过电流能力极强且耐高压，可直接用于控制交流电。

图3：功率分立器件的分类



资料来源：东芝半导体、赛米控、安森美，国信证券经济研究所整理

◆ **晶体管**：由三个端子组成的器件，可通过控制三端的电流或电压实现器件的导通或关断，包括双极型（BJT）、场效应型如 MOSFET 及绝缘栅型如 IGBT 等器件：

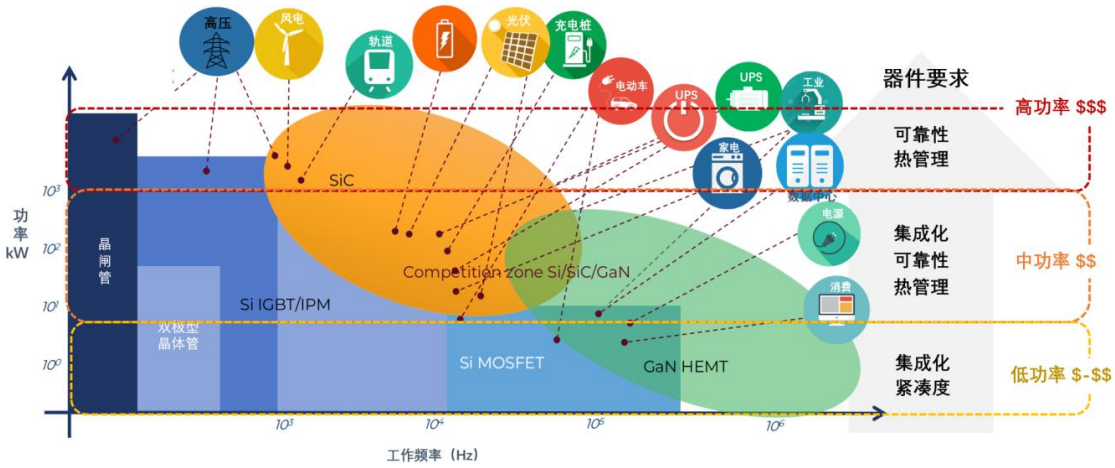
（1）BJT（Bipolar Transistor）即双极晶体管，具有电流放大的功能，可以将小信号转换成大信号。当小电流（I_B）从基极流向发射极时，$I_B \times h_{FE}$（直流电流增益）的电流从集电极流向发射极。BJTs 有两种类型：NPN 型和 PNP 型，NPN 型包括低耐受电压到高耐受电压产品；PNP 型主要为耐受电压为 400V 或以下的产品。

（2）MOSFET（Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor）即金属-氧化物半导体场效应晶体管：通过控制漏极和源极、栅极与源极之间的电压，可使得电子在器件中形成“沟道”，实现器件的导通；通过调节电压的大小可以控制导通电流大小，最终实现“开”与“关”的切换。由于其为单极型器件，开关性能佳，适用于低电流密度和大约 100kHz 的开关电源。

（3）IGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）即绝缘栅双极型晶体管：作为 MOSFET 和 BJT 组成的复合功率半导体器件，其工作原理与 MOSFET 类似。既具备了 MOSFET 输入阻抗高、控制功率小、驱动电路简单、开关速度快的优势，也具备了 BJT 通态电流大、通电压低、损耗小等优点，解决了 MOSFET 高压情况下电流不能太大的问题，适用于高电流密度和 20kHz 以下的交流驱动条件下工作。

以电为能量来源的下游应用均需用到功率器件。一方面，新能源应用增加，电网、光伏、风电、储能、新能源汽车均需用到功率器件且集中于中高功率段，器件以 IGBT、SiC 器件及大功率晶闸管为主，对器件可靠性与热管理要求较高。另一方面，工业自动化（电机、UPS）、数据中心等场景对用电效率提升的要求催生了中功率段功率器件如 IGBT、中高压 MOSFET 的应用，对器件集成度、可靠性及热管理均提出了要求。此外，在消费电子、电源等低功率应用中，硅基和 GaN 基功率器件均有应用，该类应用对器件的紧凑性和集成度提出了较高要求。

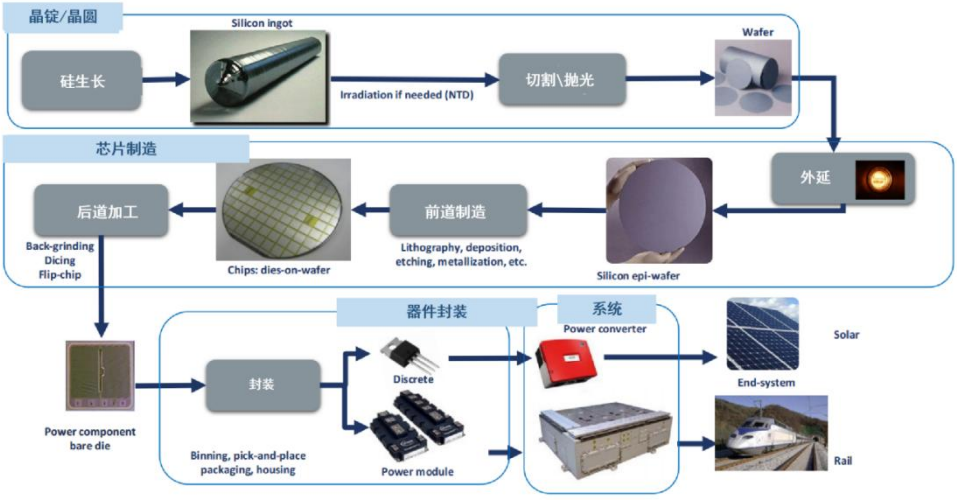
图4：功率器件的应用场景及价值量区间



资料来源：Omdia，Yole，国信证券经济研究所整理

功率器件制造流程包括硅晶圆-外延-芯片制造-封装：(1)衬底：通过区熔（CZ）法和直拉（FZ）法得到单晶硅，并通过切割抛光后获得器件衬底（晶圆）；(2)根据器件结构进行外延、薄膜沉积、光刻、刻蚀和离子注入-扩散等多道工艺获得裸芯片晶圆；(3)裸露的芯片需要封装进一个外壳里并填充绝缘材料，再把芯片电极引到外部制成完整的功率器件产品，外壳中有一颗芯片的为单管产品，有多颗芯片电气互连并包含散热通道、连接接口和绝缘保护等单元的为模块产品，其封装方式根据应用工况不同而有所区别；最后，再将封装好的单管或模块等器件产品应用到逆变器等电源系统中。

图5：功率半导体的制造流程



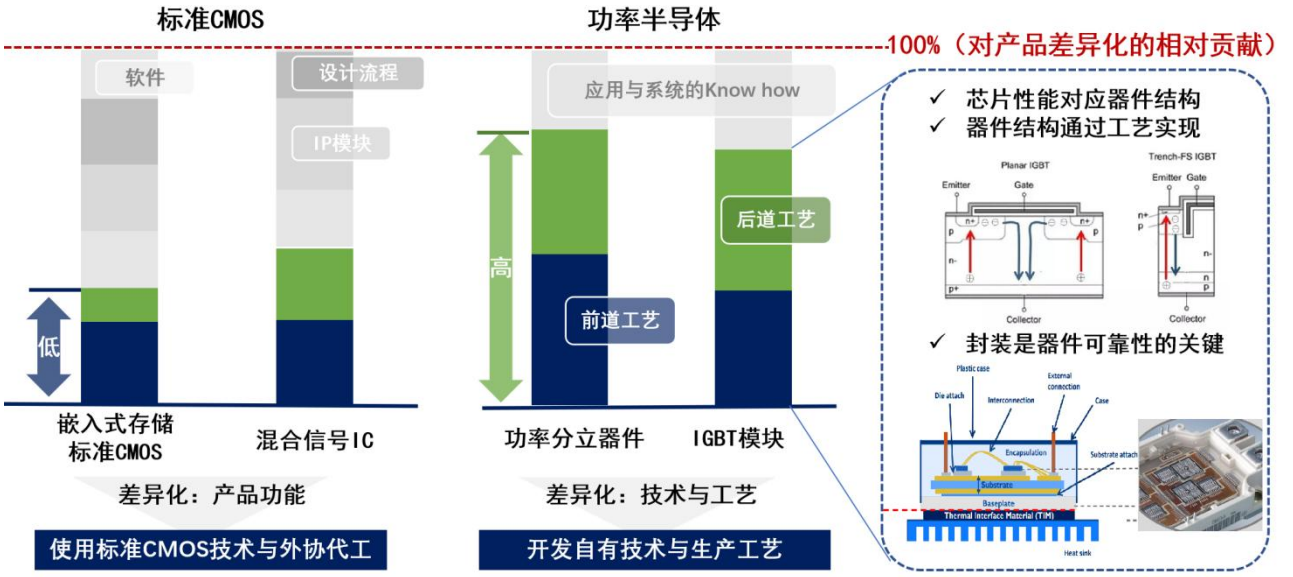
资料来源：Yole，时代电气招股说明书，国信证券经济研究所整理

功率器件行业特点与竞争要素

制造为先，IDM 为长远发展趋势

前道工艺是功率器件芯片性能的决定性因素。在集成电路中，模拟芯片是晶体管、电阻和电容等元件的有机组合，逻辑芯片是晶体管的堆叠与排列，其芯片功能差异主要来源于 IC 设计，因此包括芯片架构、IP、指令集、设计流程和设计软件工具等在内的设计环节是芯片附加值的核心。**与集成电路不同，功率器件的功能实现及差异化来源于不同的器件结构，而器件结构需通过前道制造工艺实现的，制造工艺好坏直接决定了芯片的电子传输等性能表现。因此，为掌握核心工艺环节，全球功率器件龙头制造商多以 IDM 模式为主。**

图6：功率器件与集成电路的产品附加值比较



资料来源：英飞凌，国信证券经济研究所整理

后道封装是保证器件可靠性的关键环节。功率半导体器件是电系统工作的关键，因此产品可靠性是核心参数。通常功率器件要根据应用的实际工况对芯片进行定制化封装以保证其在使用中的可靠性；特别是在工业、汽车等对产品耐压、耐温、耐冲击等可靠性要求较高的应用领域，产品形式以模块为主，厂商需对模块进行热管理、电磁干扰（EMI）等方面进行合理设计以保证多个芯片有机组合进行功能实现，因此在高可靠性 IGBT 模块中，封装环节成本占比可超 30%。

表2：功率器件各环节的特点

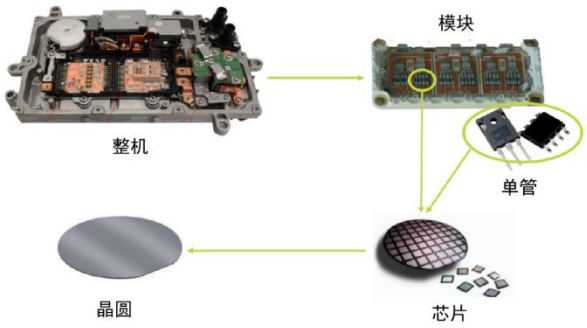
环节	关键工作	对产品性能的影响	成本影响因素
设计	结构设计及优化	结构优化可提升芯片效率	芯片面积减小成本降低
	根据应用要求进行参数及设计调整	芯片与应用动态工况匹配	定制化要求提升 ASP
制造	仿真-工艺实现与优化	芯片是否能实现设计性能	降低成本、提升毛利率
	提升良率、产品批次稳定性	决定成本，毛利率	
封装	根据应用进行热管理、电性能等设计与仿真	决定产品稳定、环境耐受等可靠性	定制化设计原材料成本及附加值不同
	封装材料优化	降低封装成本，提升可靠性	

资料来源：英飞凌、赛米控，国信证券经济研究所整理

单管拉开芯片差距，模块建立客户粘性

应用场景定义器件类型，器件性能定义芯片参数。应用端的个性化需求主要是对芯片特性及模块的电路结构、拓扑结构、外形和接口控制等的设计要求。以汽车主逆变器为例，大功率主驱动通常需要用到多个芯片并联，若使用单管多个并联，管之间电流均流和平衡、同时开断等难度大，且接口较多；通过芯片互连配合保护元件具备较好一致性及稳定性的功率模块成为主流选择。而模块根据汽车工况对耐高温、耐腐蚀、抗氧化及机械振动的要求进行定制化设计，据此再对芯片的动态性能、结温等方面提出要求，并通过制造工艺进行实现。

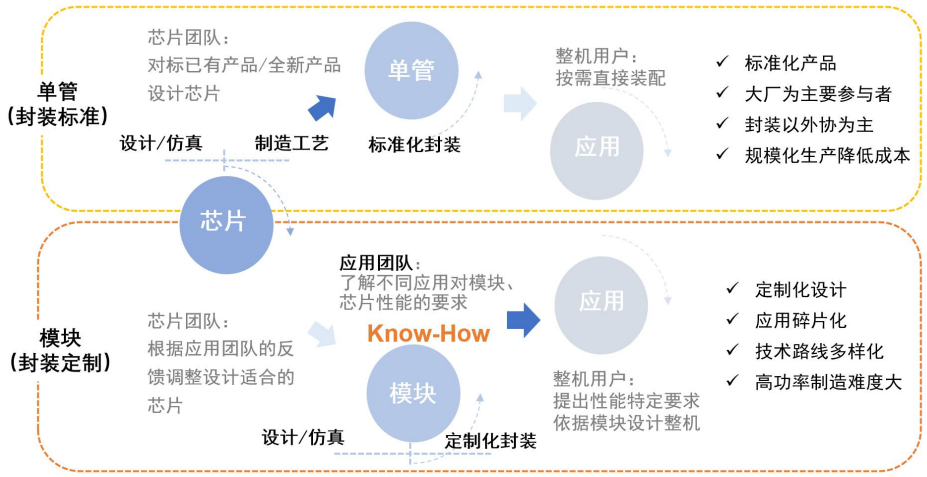
图7：功率半导体应用思路



资料来源：Yole，国信证券经济研究所整理

单管依靠芯片技术拉开差距，模块依靠定制化设计建立客户黏性。单管产品封装形式标准化，以规模化生产为主，产品竞争力来源于芯片结构优化、性能提升以及芯片面积减小带来的成本降低。模块产品是基于应用的定制化产品，而应用系统电路拓扑及空间设计亦均基于模块的电性能、热管理与外部尺寸等参数，因此，模块是与客户建立长期合作关系的桥梁。在此过程中，器件厂商不仅需要芯片设计团队还需要培养强大的应用团队，能快速、准确地理解客户的个性化需求，并将这种需求转化成产品要求进行模块开发，再反馈到芯片端进行对应的设计开发。

图8：单管与模块的核心要素



资料来源：国信证券经济研究所整理

表3：单管与模块各个环节的特点与侧重点对比与发展关键

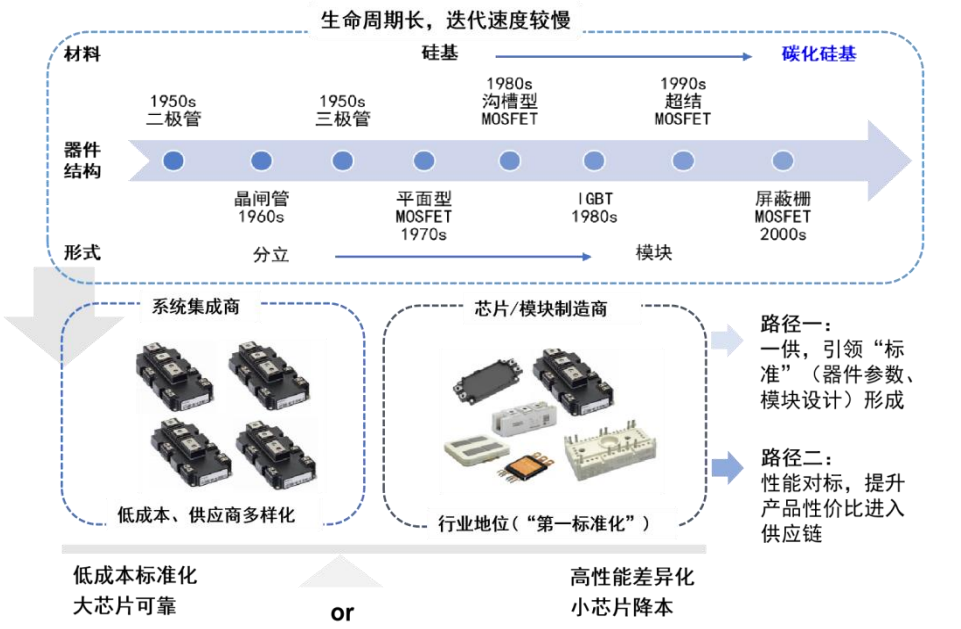
	单管	模块
应用特点	中低压场景，规格标准化产品，选型后直接适用	高压大电流场景，依据工业、汽车等场景对动态性能的要求不同进行定制化设计
芯片环节	芯片设计与仿真能力决定成本与产品性能	匹配模块应用要求的设计与仿真能力
封装环节	标准化	定制化，体现对应用的理解
关键要素	低端产品靠规模化与渠道能力，高端产品靠芯片性能	高可靠性的产品能力

资料来源：国信证券经济研究所整理

差异化 vs. 标准化、高性能与可靠性：器件制造商与集成商的差异化考量

功率产品生命周期长且迭代慢，差异化器件产品铸就芯片制造商核心竞争力。功率器件迭代升级的驱动力来源于下游用电量的提升及低功耗的应用需求，可靠耐用的应用要求决定了其产品生命周期长，因此自 20 世纪 50 年代功率二极管、功率三极管面世至今功率器件迭代速度较慢。每代产品源于应用的新增要求，故各类型器件非绝对替代关系，而是各有分工和部分竞争的关系。在此过程中，功率器件制造商可通过器件结构设计提升产品性能，减小芯片面积降低制造成本，模块定制化打造差异性，最终实现利润空间与行业壁垒的提升。

图9：器件制造商与集成商的考量



资料来源：英飞凌、国信证券经济研究所整理总结

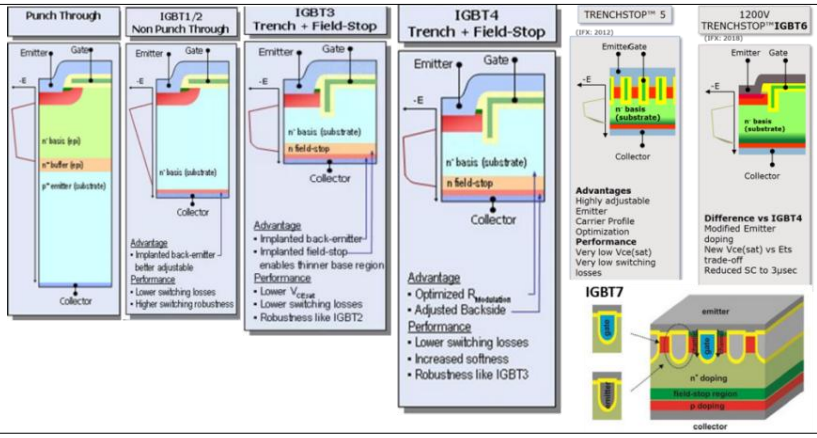
可靠性为先，“标准化”产品是系统集成商降低供应链成本的需求。考虑系统故障带来的售后成本，系统集成商将产品可靠性作为首要考量。以高压应用为例，在部分系统设计时会降低单个芯片性能要求，优先考虑选用结构简单面积较大的平面型器件以保证芯片的耐压裕量及散热水平。同时，为降低成本及开发时间，集成商会采用“平台”方式开发(如汽车)，故功率器件产品需在集成商内部有一定通用性且有多家可替换的供应商。在此背景下，功率器件厂商倾向于争取做第一供应商，引领模块参数及器件设计“标准”形成，铸就护城河；对于后进入者，则选择对标“一供”性能，以提升性价比作为主要发力点来赢得更多市场份额。

发展趋势：高效率、高可靠性、低成本与新材料

◆ 芯片向着高效率、低成本的器件结构发展

功率器件是电能传输效率的关键，产品向着高转换效率、高功率密度即小体积方向发展，相应地，**芯片向着结构优化以提升传输效率、减小芯片面积以降低成本的方向不断演进**。以英飞凌 IGBT 产品为例，7 代产品围绕器件的电场分布、结温、短路能力等参数进行结构的设计优化，其中 3/4/7 代器件实现了变革性的技术突破：IGBT3 通过背面注入了一个掺杂浓度略高于 N-衬底的 N 缓冲层，使得电场强度可迅速降低，整体电场呈梯形且漂移区厚度减小，实现了器件关断时拖尾电流及损耗（低导通压降）的降低。IGBT4 则通过薄晶圆及优化背面结构，进一步降低了开关损耗，提升了器件输出电流的能力。IGBT7 则是增加了多种形式沟槽，综合各沟槽形式的优点，使得器件性能显著提升。此外，沟槽结构使得芯片面积不断减小，在功率密度提升的同时降低了芯片成本。

图10：英飞凌 IGBT 产品



资料来源：英飞凌、国信证券经济研究所整理

表4：英飞凌 IGBT 产品参数

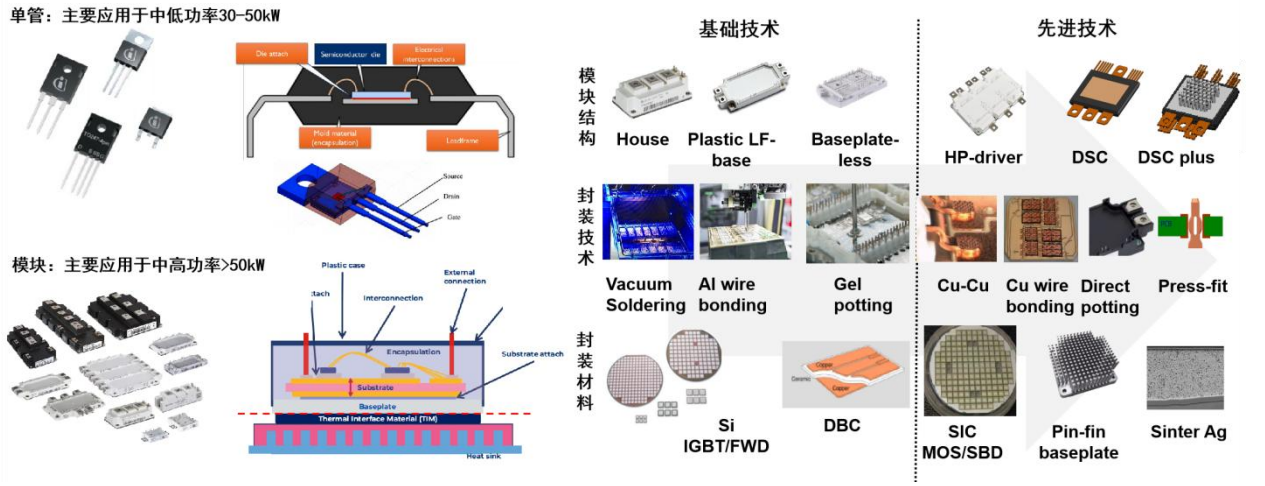
IGBT	技术特点	芯片面积（相对值）	关断时间（微秒）	工作结温（℃）	断态电压（V）	出现时间
1	平面穿透型（PT）	100	0.5	125	600	1988
2	改进的平面穿透型（PT）	56	0.3	125-150	600	1990
3	沟槽型（Trench）	40	0.25	150	1200	1992
4	非穿透型（NPT）	31	0.25	175	3300	1997
5	电场截止型（FS）+表面覆铜	27	0.19	175	4500	2001
6	沟槽型电场截止型（FS-Trench）	24	0.15	175	6500	2003
7	微沟槽栅+场截止（MPT+FS）	12	0.12	>175	>7500	2017

资料来源：英飞凌、国信证券经济研究所整理

◆ 封装形式向着高可靠性和高集成度方向发展

单管封装向小体积方向发展，模块封装向高可靠性发展。在汽车、工业等温度变化大、振动等动态工况复杂的场景中，模块是保证系统稳定运行的关键。为提升可靠性，未来模块将向着优化组合装配和连接技术、提高抗温度和负载变化的可靠性、改善散热效果、通过改善外壳和灌注材料和配方来提高抗气候变化的适应性、优化内部连接和外部配件布线、提高功率模块的集成度以降低系统成本的方向发展。

图11：功率器件封装技术演进

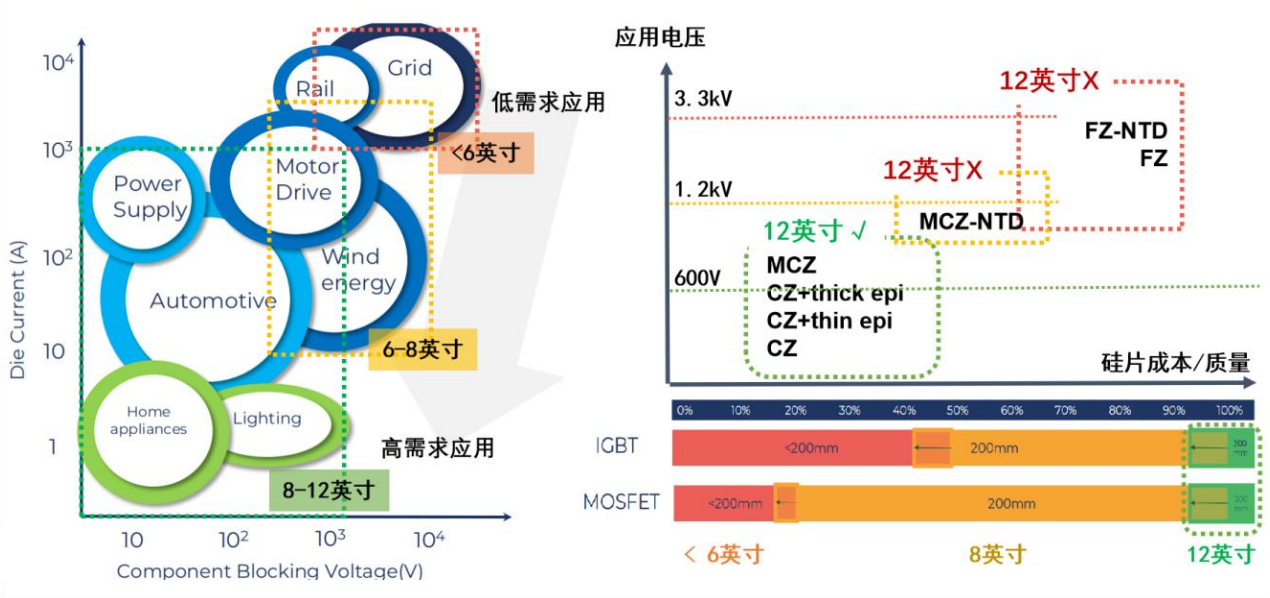


资料来源：英飞凌、赛米控，国信证券经济研究所整理

◆ 制造工艺向 12 英寸拓展

功率器件应用场景逐渐丰富，12 英寸产线可用于生产的需求较大的中低压器件以提升单位产量。晶圆面积增加单位晶圆产出芯片量提升，芯片成本降低，因此，功率器件龙头厂商均布局了 12 英寸产线，将用量较大的中低压功率器件放于 12 英寸线上生产。此外，**由于 12 英寸硅片仅能用直拉法（CZ）生产，因此需要区熔法（FZ）硅片的中高功率器件还是以 8 英寸及以下产线为主。**

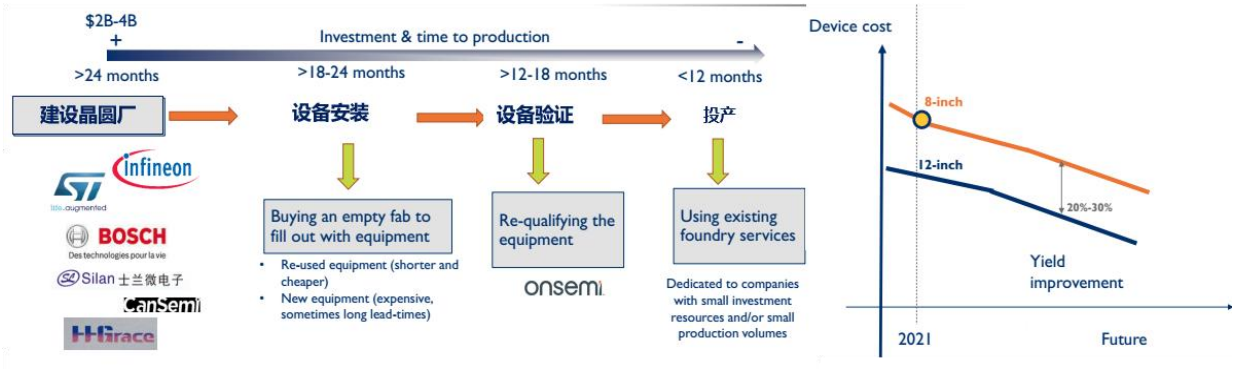
图12：12 英寸工艺适用产品及应用



资料来源：Yole，国信证券经济研究所整理

相比 8 英寸产线，12 英寸线设备更易购买且具备成本优势，芯片数量翻倍，前道成本将降低 20%-30%左右。一条 12 英寸线建设需经历厂房建设、设备安装及验证，投产后还需进行洗线，从简单工艺平台到复杂工艺平台进行调试并达到稳定生产状态，需要 2 年以上的时间。

图13：12 英寸线建设过程及成本优势

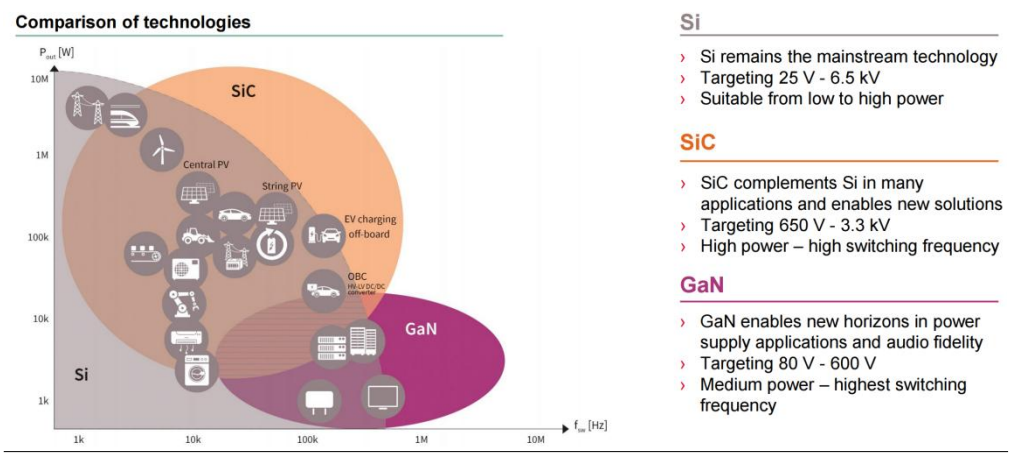


资料来源：Yole，国信证券经济研究所整理

◆ 大功率应用向宽禁带半导体器件发展

随着终端应用电子架构复杂程度提升，硅基器件物理极限无法满足部分高压、高温、高频及低功耗的应用要求，具备热导率高、临界击穿场强高、电子饱和漂移速率高等特点的碳化硅（SiC）器件作为功率器件材料端的技术迭代产品出现，应用于新能源汽车、光伏等领域，在电力电子设备中实现对电能的高效管理。以逆变器为例，碳化硅模块代替硅基 IGBT 后，逆变器输出功率可增至硅基系统的 2.5 倍，体积缩小 1.5 倍，功率密度为原有 3.6 倍，最终实现系统成本整体降低。

图14：不同半导体材料对应的应用领域



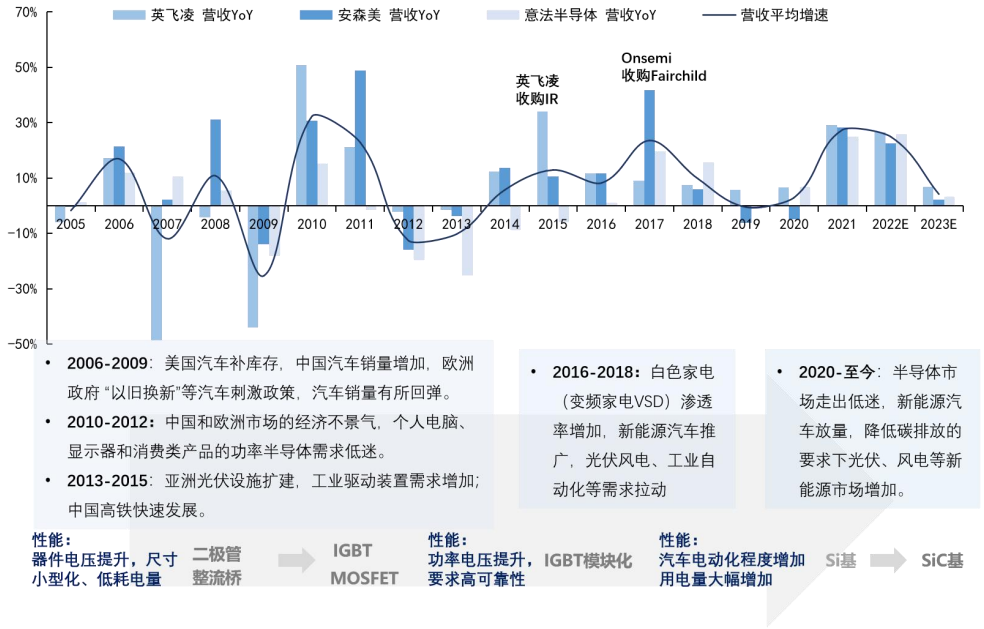
资料来源：英飞凌、国信证券经济研究所整理

全球格局渐稳，新能源触发新一轮变革

历经整合洗牌，行业格局渐清晰

回顾功率半导体行业历史，市场需求驱动力来源于用电场景的变化，从消费电子外延至高铁、变频白电、工控及新能源。我们以英飞凌、安森美、意法半导体三大功率器件厂商营收增速及各公司年报为参考对行业增长动因进行剖析：2013 年前，功率器件需求来源集中在消费电子、传统汽车、照明等领域，2013 年-2015 年随亚洲光伏设施扩建，高铁快速发展为中高压功率器件如 IGBT 带来了应用场景及需求；而后 2016 年后由于对工业用电效率提升及家电功耗降低的要求，“变频化”成为了此阶段功率半导体的新增动能，IPM 等模块产品大量开始应用。自 2020 年开始，新能源发电与新能源汽车从试点、推广向需求驱动阶段转变，用电场景大幅增加，**功率半导体进入景气长周期。**

图 15：2006-2022 年功率半导体代表公司营收增长动因复盘（增速，%）

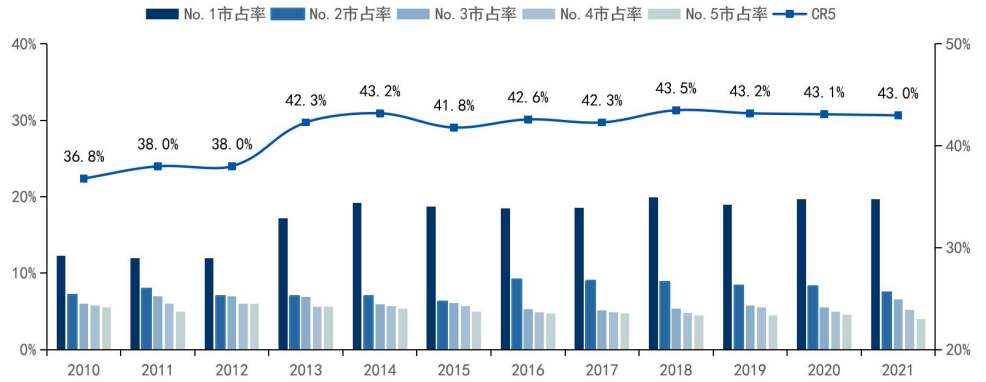


资料来源：Bloomberg，各公司公告，22、23 年增速为 Bloomberg 一致预期，国信证券经济研究所整理

市场集中度不高，第一大厂商市占率不到 20%。从 CR5 的集中度及各厂商市占率看，2014 年前功率半导体市场集中度较低，各家市占率接近，在经历 2010-2013 年的下行周期后，2014-2016 年行业进入并购整合期，行业集中度大幅提升：2015 年英飞凌完成美国国际整流器公司(IR)的并购，收购韩国企业 LS Power Semitech 的所有股权、收购专注于驾驶辅助系统的 PCB 制造商 Schweizer Electronic and TTTech 的股权，NXP freescale 合并，安森美半导体(On Semiconductor)宣布并购仙童半导体(Fairchild)，行业重整后龙头效应凸显，CR5 稳定格局已成。

进入 2019 年各家开始新一轮并购，CR5 格局至今保持稳定：Diodes 宣布收购德州仪器晶圆制造厂 GFAB，英飞凌收购赛普拉斯提升汽车半导体市占率，罗姆宣布收购松下半导体的二极管和三极管业务以扩充汽车、工业市场份额，安森美半导体宣布以 4.3 亿美元收购格芯位于美国纽约州的 300mm 晶圆厂获取格芯先进的 CMOS、MOSFET 和 IGBT 制造能力，瑞萨以 67 亿美元收购 IDT。

图16：2010-2020 功率半导体行业集中度变化情况



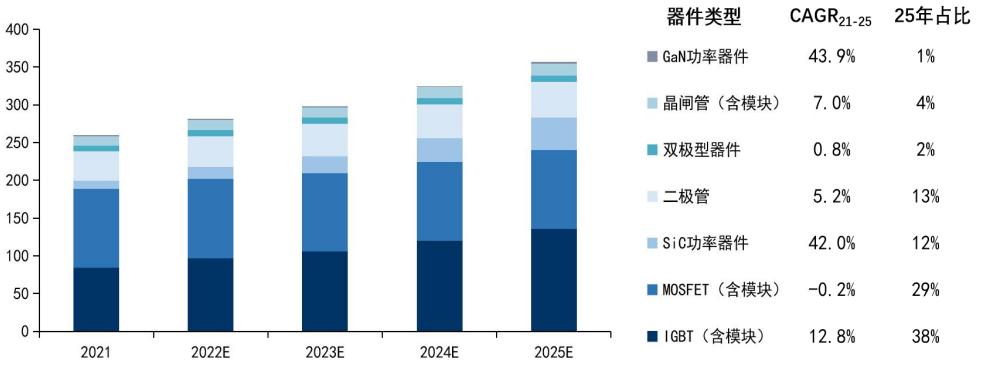
排名	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	英飞凌	英飞凌	英飞凌	英飞凌	英飞凌	英飞凌	英飞凌					
2	三菱电机	三菱电机	三菱电机	三菱电机	三菱电机	三菱电机	安森美					
3	东芝	东芝	东芝	东芝	意法半导体	仙童	意法半导体					
4	意法半导体	意法半导体	意法半导体	意法半导体	仙童	意法半导体	三菱电机					
5	仙童	IR	仙童	仙童	东芝	威世	东芝					

资料来源：英飞凌，Bloomberg，国信证券经济研究所整理

碳化硅引领行业增速，汽车、新能源与工控驱动行业增长

2021-2025 年全球功率器件市场将由 259 亿美元增至 357 亿美元，年复合增速约为 8.4%。其中，宽禁带半导体如碳化硅、氮化镓市场增速最快均超 40%，结合 Omdia、Yole 数据，我们测算 25 年全球碳化硅器件市场将达 43 亿美元（占 12%）；IGBT 为最主要器件，受益于汽车、新能源等新增应用，市场规模将从 21 年 9.7 亿美元快速增至 136 亿美元（占 38%），年复合增速约为 12.8%；MOSFET 消费类应用等存量市场下降而汽车、新能源等新增应用增长，市场基本保持稳定，25 年市场规模约为 104 亿美元（占 29%）。

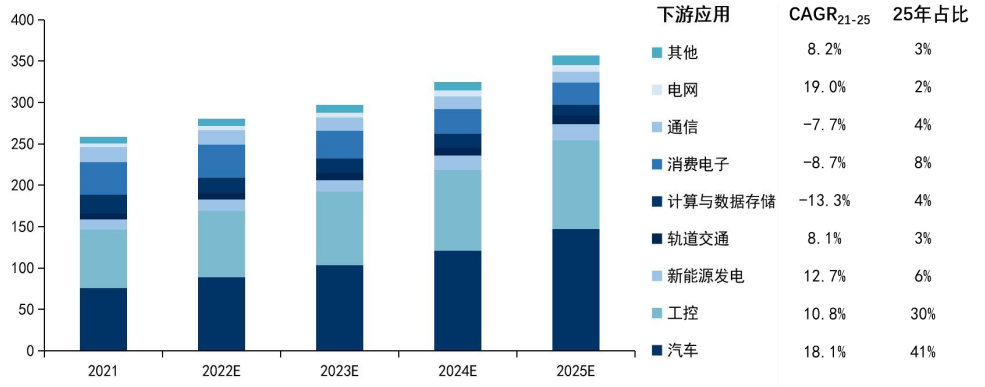
图17：2021-2025 全球功率器件市场规模及增速（按器件类型分，亿美元，%）



资料来源：Omdia,Yole，国信证券经济研究所测算

2025 年汽车和工控将成为功率器件最主要市场，占比达 41%和 30%。结合 Omdia、Yole 数据，我们测算 2025 年全球汽车（含新能源汽车）功率器件市场将增至 142 亿美元(占 41%)，21-25 年复合增速最快为 18%，工控市场将增至 107 亿美元(占 30%)，21-25 年复合增速为 13%，新能源发电市场将增至 20 亿美元(占 6%)，21-25 年复合增速达 13%；此外，电网市场将增至 8 亿美元(占 2%)，21-25 年复合增速达 19%.

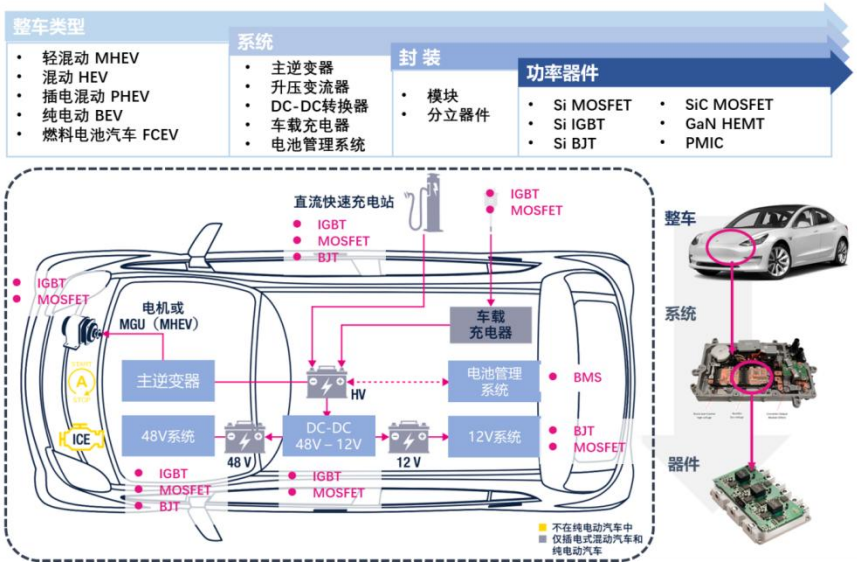
图18：2021-2025 全球功率器件市场空间及增速（按应用分，亿美元，%）



资料来源：Omdia,国信证券经济研究所测算

新能源汽车中电能取代燃油成为汽车驱动的能量来源，每次电流电压的变换均需用到功率器件。“三电系统”即电池、电机及电控系统取代汽油发动机、油箱或变速器；同时，配套新增 DC-DC 模块、电机控制系统、电池管理系统及高压电路等系统以完成电能在汽车中的分配与管理。以纯电动汽车为例，在驱动端，电流依次经外部充电设备、车载充电机 OBC（输入为交流电流时使用）、电池、逆变器、电机电控、减速箱及车轮，同时通过电池管理系统进行能量管理；在车身及辅助系统端，电流从电池处流出，经过 DC-DC 转换器、低压电池、辅助系统。

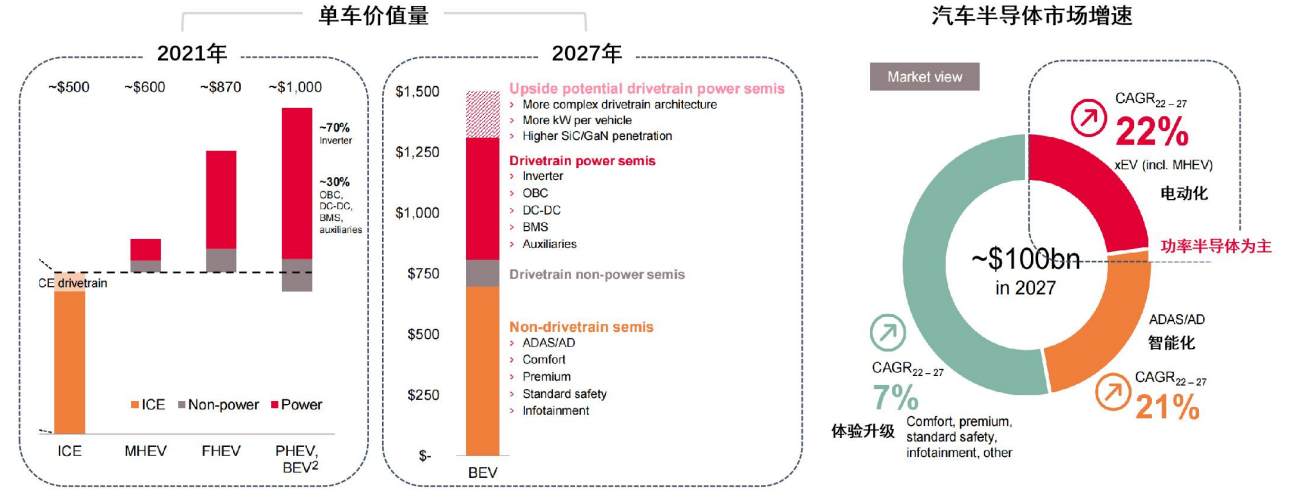
图19：汽车电动化框架



资料来源：意法半导体，国信证券经济研究所整理

汽车电动化加速，功率器件单车价值量最多将增至 700 美金以上。根据英飞凌汽车事业部数据，汽车电动化和智能化芯片市场未来五年将分别以 22%和 21%的复合增速快速增长，21 年纯电动汽车功率器件单车价值量约 450 美元，其中主逆变器占 70%，车载充电器（OBC）、BMS 及 DC-DC 电源等系统占 30%。随着自动驾驶、汽车功率提升、碳化硅及氮化镓加速渗透，25 年纯电动汽车功率器件单车价值量将约 700 美元。

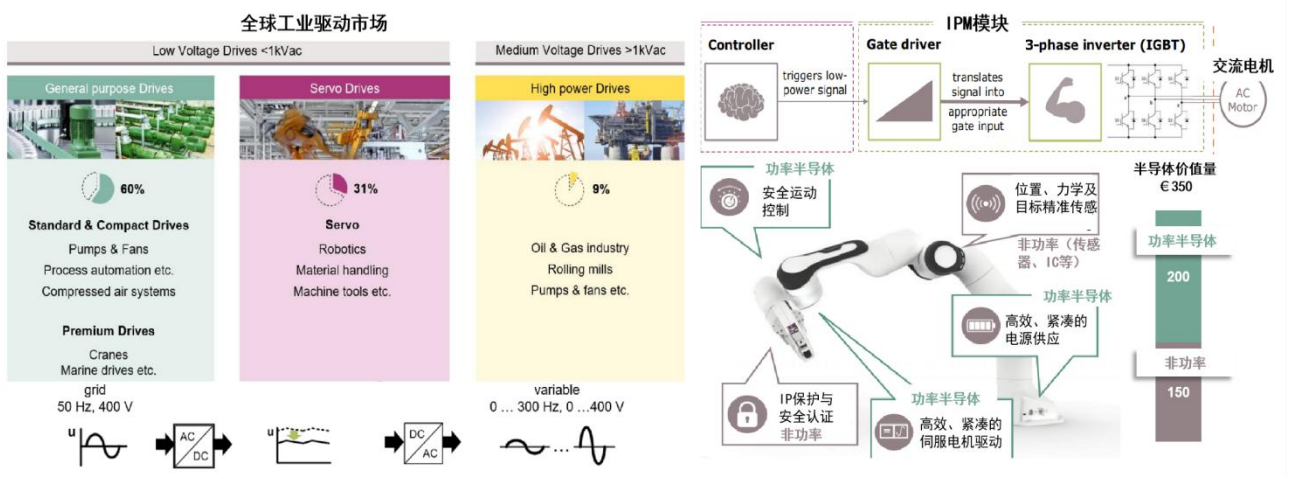
图20：21-27 年汽车半导体单车价值量变化及市场情况



资料来源：英飞凌，国信证券经济研究所整理

工业电机及其控制系统的用电量将增至全球耗电量的一半，其中通用变频器占 60%。根据英飞凌数据，预计到 2040 年工业电机系统中电机耗电量将占 60%。全球工业驱动市场高压电机变频器（>1kV）占 9%；中低电压驱动（<1kV）占 91%，其中约三分之二为通用型占 60%，包括风机、泵类和空气压缩机及升降、起重电机和船舶驱动等领域；约三分之一为伺服驱动，包括协作机器人、物流机器人等。以协作机器人为例，其单机半导体价值量达 350 欧元，其中功率器件约 200 欧元。

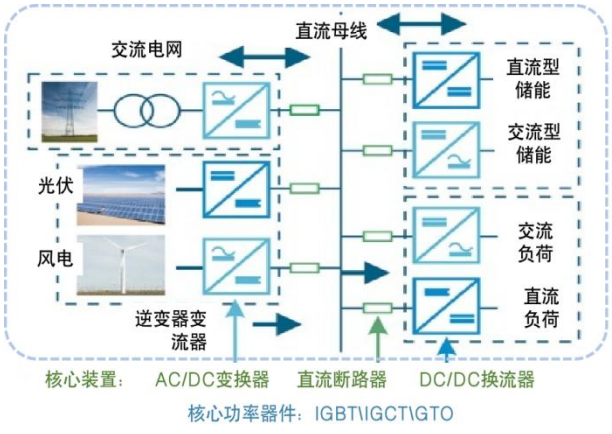
图21：全球工业驱动市场情况与应用



资料来源：英飞凌，国信证券经济研究所整理

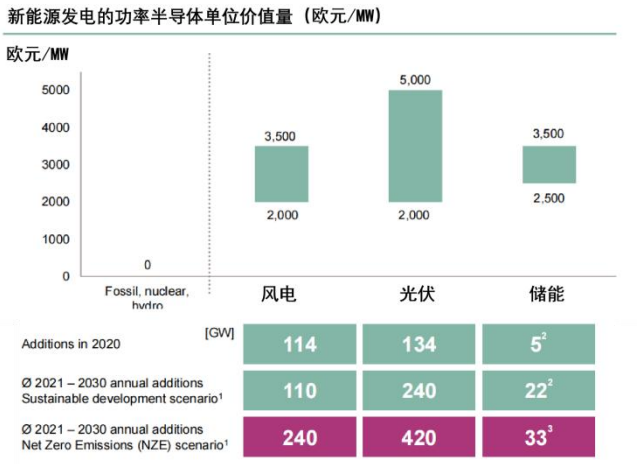
新能源发电带来电网架构变革，光伏、风电、储能及新型电网均为功率器件应用增量。随着光伏、风电及储能等新型直流装备将接入配电网，配电网的整体架构随之发生变化。直流设备接入交流电网再以直流或交流的形式分配于储能设备中，每次电能变换均需用到功率器件。根据英飞凌数据，光伏、风电与储能的逆变器等配电装置单位 MW 的功率器件价值量分别在 2000-3500、2000-5000、2500-3500 欧元左右。此外，由于配电网遭受的扰动类型会明显增加，电网中将有越来越多的如中高压大容量 AC-DC 换流器、DC-DC 直流变压器以及直流断路器等装置，对应地 IGBT 等中高压功率器件用量将大幅增加。

图22：新能源发电带来的电网变革



资料来源：国信证券经济研究所整理

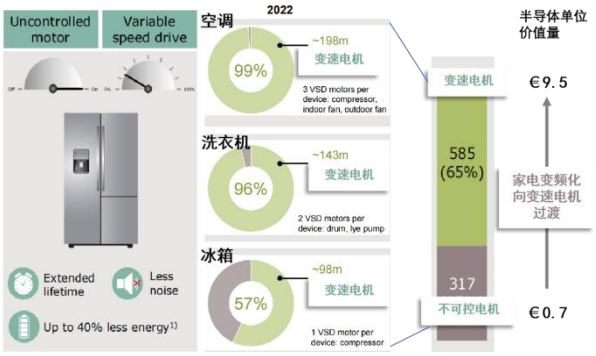
图23：新能源发电功率半导体单位价值量与每年发电量



资料来源：英飞凌、国信证券经济研究所整理

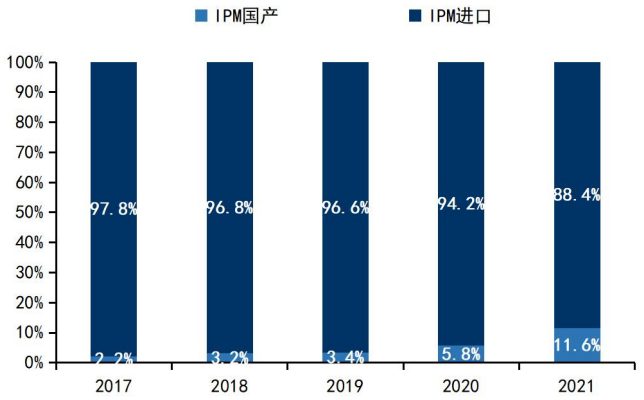
家电变频化带来半导体单机价值量提升，白电 IPM 模块国产化空间大。根据英飞凌数据，随着家用空调、商用空调、冰箱、洗衣机和热泵的变频化，变速电机的应用使得半导体单机价值量由 0.7 欧元提升至 9.5 欧元。其中，IPM 模块、IGBT 等功率半导体大量应用于变频白电中以实现电流频率的变化。根据产业在线统计，尽管中国已成为全球最大的白色家电生产基地，其中空调占全球 80%的产能，冰箱和洗衣机亦超 50%，然而家电 IPM 模块国产比例仍小于 15%，国产化空间较大。

图24：家电变频化半导体单机价值量提升



资料来源：英飞凌、国信证券经济研究所整理

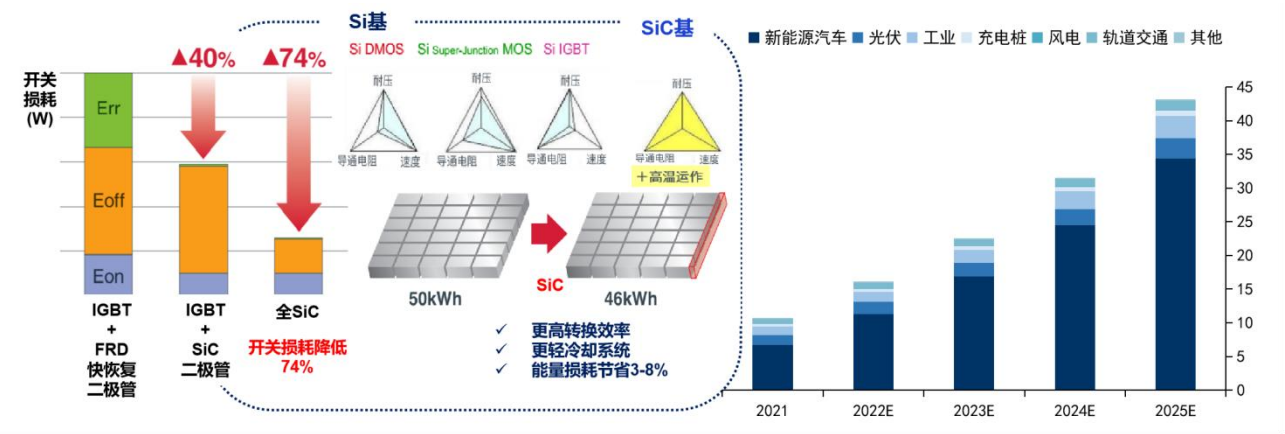
图25：2017 年-2021 年我国白电 IPM 模块国产化率



资料来源：产业在线、国信证券经济研究所整理

碳化硅为增速最快的功率器件 21-25 年 CAGR 42%，预计 25 年全球碳化硅器件市场将超 43 亿美元。与 Si 相比，SiC 击穿场强是 Si 的 10 倍，这意味着同样电压等级 SiC MOSFET 外延层厚度只需要 Si 的十分之一，对应漂移区阻抗大大降低；且 SiC 禁带宽度是 Si 的 3 倍，导电能力更强。同时，SiC 热导率及熔点非常高，是 Si 的 2-3 倍；SiC 电子饱和速度是 Si 的 2-3 倍，能够实现 10 倍的工作频率；因此与 IGBT 相比，SiC 器件开关损耗最多可减少 74%。

图26：碳化硅应用优势及市场空间（亿美元）



资料来源：罗姆、Omdia、Yole，国信证券经济研究所整理

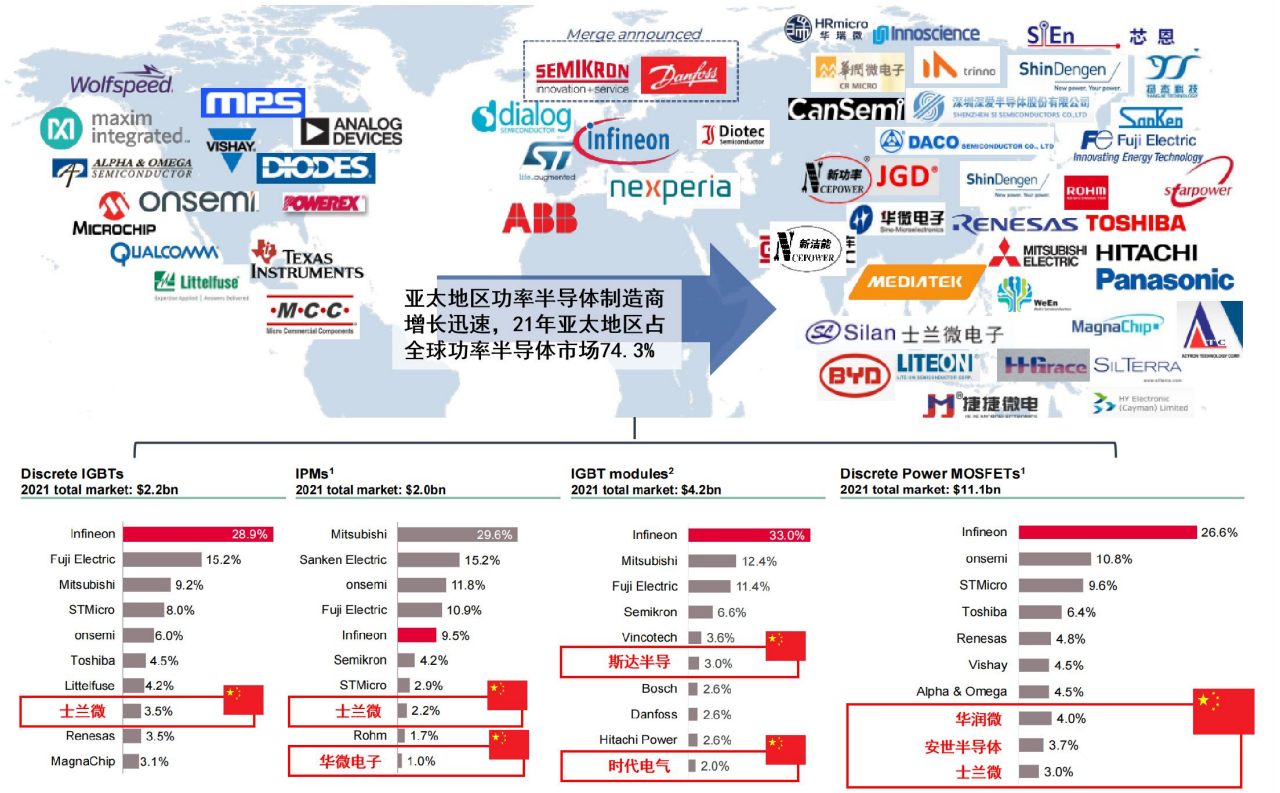
结合 Yole 数据，我们预计 SiC 器件市场将从 2021 年 10.9 亿美元增至 2025 年 43 亿美元以上，复合增速达 42%。其中，新能源汽车将从 2021 年 6.7 亿增至 2025 年 34 亿美元，复合增速 51%，占整个市场 80%。除汽车外，光伏、风电及储能等新能源市场将从 2021 年 1.54 亿美元增加至 2025 年 5.14 亿美元，此外，充电设施、轨道交通和电机驱动等领域也将快速增加。

存量替代与增量渗透驱动中国企业快速成长

中国企业份额提升迅速，产品结构不断升级

2021 年亚太地区占全球功率半导体市场的 74.3%，其中中国厂商成长迅速。根据 Yole 数据，亚太地区在全球功率半导体市场的占比由 2020 年 71.4%增加到 2021 年的 74.3%。中国企业在各细分市场成长迅速：2021 年全球 **IGBT 分立器件市场**，士兰微市占率 3.5%(位列第八)；在**智能功率模块 IPM**(Intelligent Power Module)领域，士兰微市占率 2.2%(位列第八)，华微电子市占率 1.0%(位列第十)；在 IGBT 模块领域，斯达半导市占率 3.0%(位列第六)，时代电气市占率 2.0%(位列第十)；在 **MOSFET 分立器件**领域，华润微市占率 4.0%(位列第八)，安世半导体市占率 3.7%(位列第九)，士兰微市占率 3.0%(位列第十)。

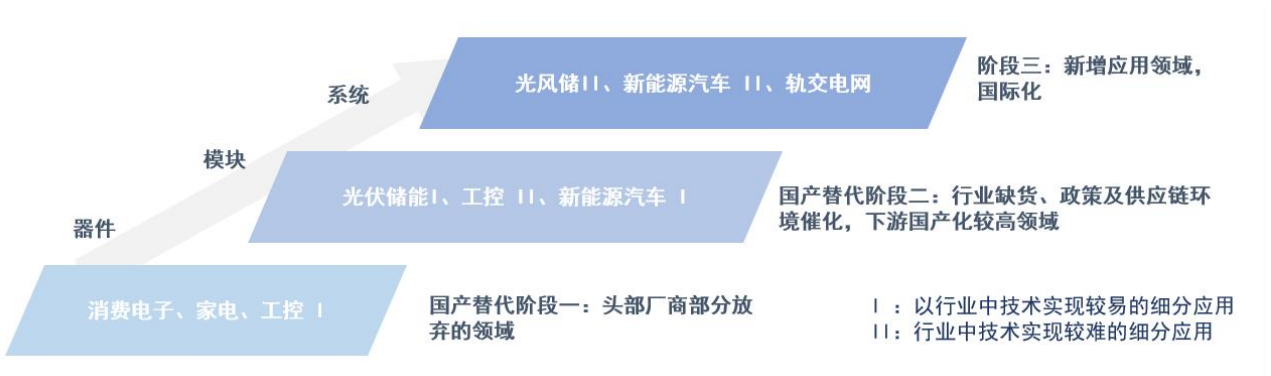
图27：全球功率半导体主要参与者及各细分领域市占率情况



资料来源：Yole、英飞凌、Omdia、国信证券经济研究所整理

我国的功率半导体以低门槛细分应用为起点，逐步向技术实现较难的应用领域发展，并随新能源头部厂商出海逐步走向国际化。随着各公司技术边界的拓宽，产品形式逐步从单品替代阶段向解决方案发展；在行业缺货叠加新能源领域渗透加速的催化下，从部分低价值量且技术门槛较低的消费、家电及低端工控如焊机等领域逐步向验证壁垒较高的高端工控、光伏及新能源汽车高端模块等领域进行突破。此外，在供应链环境多变的背景下，国内下游应用厂商国产化意愿增强，光伏、储能及新能源汽车等新兴领域国产化率大幅提升。

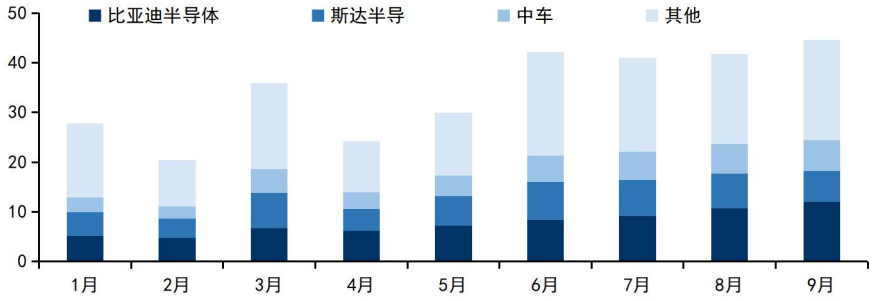
图28：中国功率半导体发展的产品层次



资料来源：国信证券经济研究所整理

以新能源汽车为例，作为增量市场，乘用车功率 IGBT 模块国产化率已迅速提升至 50%以上。根据 NE 时代数据，我国 22 年前三季度新能源上险乘用车主驱 IGBT 方案中国产供应商合计占比 54%。其中比亚迪半导体搭载约 69.9 万套（占 23%），斯达半导约 54.3 万套（占 18%），时代电气约 41.1 万套（占 13%），预计国产化率将随各家产能释放环比提升。

图29：22 年 1-9 月我国新能源上险乘用车主驱 IGBT 模块供应商情况(万只)

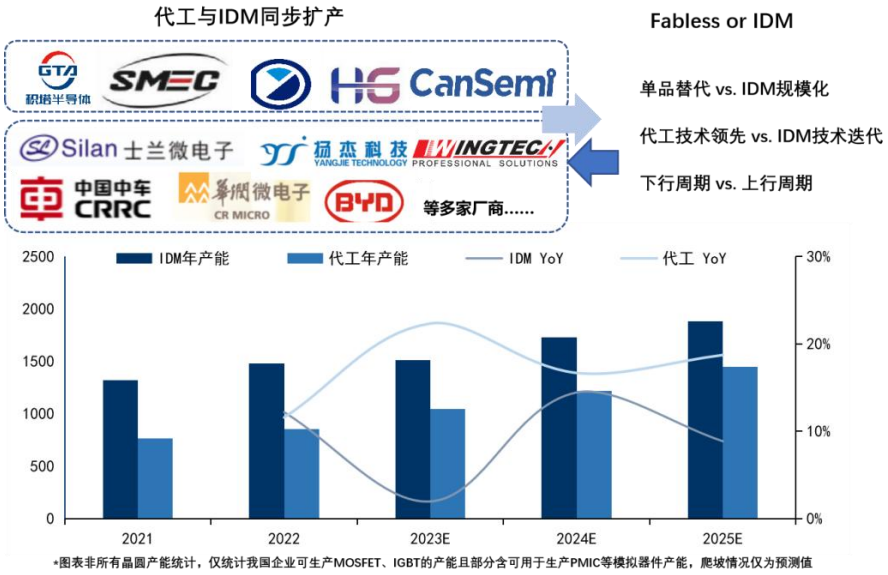


资料来源：NE 时代，国信证券经济研究所整理

IDM or Fabless？存量与增量的博弈

我国功率半导体仍处于单品替代阶段，代工平台工艺仍领先，IDM 优势体现尚需时日。我国功率半导体发展仍处于早期阶段，IGBT、超结 MOS 等中高端器件国产化率仍较低，处单品替代阶段。20 年下半年行业缺货、新能源加速渗透以及国际环境变化等多因素催化下，汽车、光伏等新能源应用为国产功率厂商提供验证机会，国产化率提升迅速；而工控、光伏模块等存量或高技术门槛领域国产化率仍较低，IDM 多品类规模化优势仍不明显。此外，由于我国特色工艺代工平台如华虹等技术积累深厚，国内 IDM 厂商工艺仍处于追赶阶段，技术迭代优势需在更长的时间维度内才能体现。

图30：中国功率半导体代工与 IDM 的产能扩张与中短期格局



资料来源：各公司公告及招股说明书、国信证券经济研究所整理

特色工艺代工厂扩产持续，Fabless 与 IDM 界限渐模糊。与全球功率半导体 IDM 为主的产能格局不同，我国特色工艺代工厂在政策及市场双重驱动下迅速成长。通过对国内可用于生产 MOSFET\IGBT 的主要代工厂及代表性 IDM 厂商产能增量进行梳理，我们预计 21-25 年我国特色工艺代工产能增速将高于 IDM 的产能增速，以华虹、积塔半导体、中芯集成为代表的代工平台在产能与工艺成熟度上均具备竞争力，头部设计公司近几年内产能相对充裕且工艺平台较成熟，短期内与 IDM 的界限将逐步模糊、差异化竞争尚不显著。

22 年前三季度功率半导体整体保持加速增长

回顾 22 年前三季度，我国主要功率半导体上市公司合计营收同比增长 20.7%至 373.13 亿元，合计归母净利润同比增加 26%至 69.37 亿元。3Q22 功率半导体板块合计营收同比上升 16.00%、环比增长 1.8%至 133.1 亿元，合计归母净利润同比增加 12%、环比下降 0.48%至 24.7 亿元。功率半导体整体景气持续，自 2Q22 部分公司出现业绩分化，主要系：1)手机、家电等消费终端产品需求受到疫情、通胀等因素压制；2)新能源汽车、光伏、储能等新能源需求持续增加。

图31：功率半导体行业公司营业收入



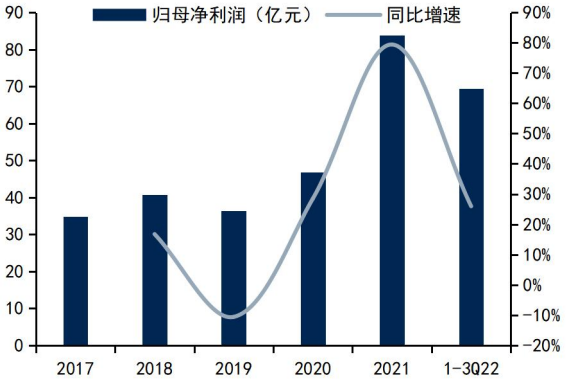
资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

图32：功率半导体行业公司单季度营业收入



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

图33：功率半导体行业公司归母净利润



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

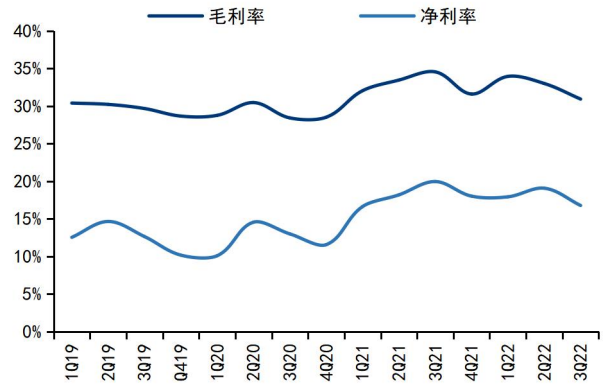
图34：功率半导体行业公司单季度归母净利润



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

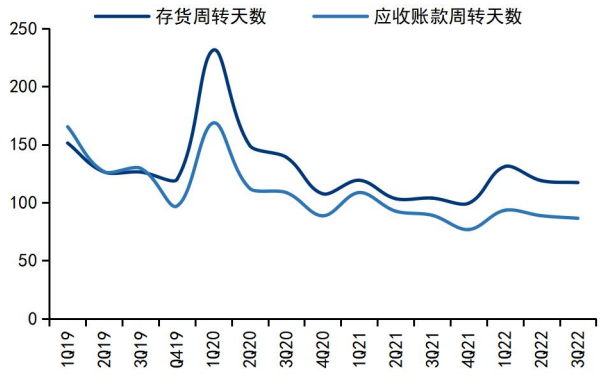
3Q22 功率半导体板块利润率同比、环比回落，存货周转天数、应收账款周转天数环比小幅下降。功率半导体板块 3Q22 毛利率同比下降 3.62pct、环比下降 2.1pct 至 30.9%，其中除斯达半导、东微半导外均同环比回落；3Q22 净利率同比下降 3.18pct、环比下降 2.3pct 至 16.8%。3Q22 功率半导体板块存货周转天数同比增加 13.36 天、环比下降 1.67 天至 117.16 天；应收账款周转天数同比减少 2.62 天、环比下降 2.19 天至 86.42 天。

图35：功率半导体行业公司毛利率、净利率



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

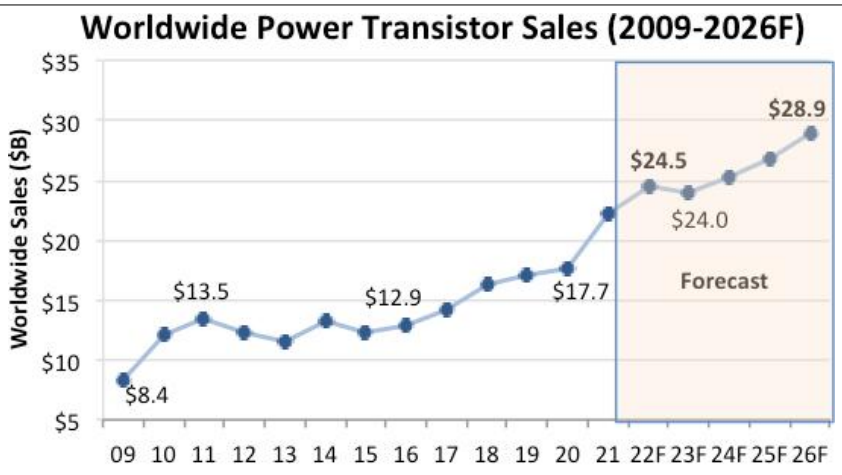
图36：功率半导体行业公司存货、应收账款周转天数



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

根据 IC insights 数据，预计 22 年全球功率分立器件的销售额将同比增长 11%，达到 245 亿美元，实现连续六年增长，创历史新高。在汽车及工业的拉动下，分立器件平均销售价格涨幅创十年新高，22 年同比增速达 11%。**预计 23 年随全球经济增长放缓以及缺货情况缓解，预计收入将下降 2%至 240 亿美元，从 24 年开始进入另一个增长周期。**

图37：全球功率器件销售情况（单位：十亿美元）



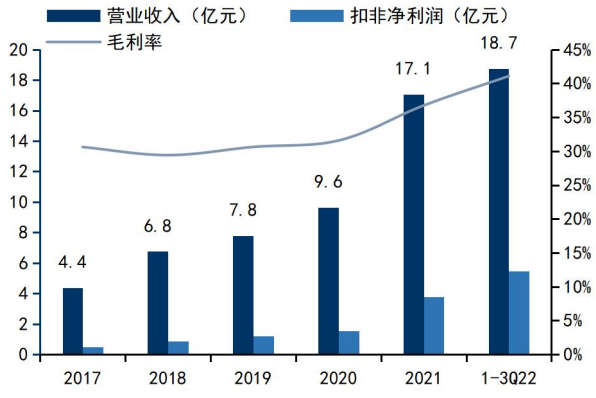
资料来源：IC insights、国信证券经济研究所整理

中国主要功率半导体公司分析

斯达半导

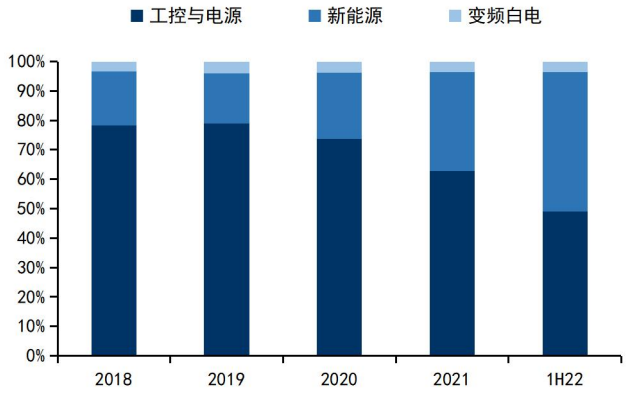
斯达半导是我国 IGBT 的龙头企业，2021 年全球 IGBT 模块市场市占率排名第六（市占率 3.0%），国内 IGBT 模块市场份额第一。公司产品主要应用于工业控制、新能源及白色变频家电等领域。2017-2021 年公司营业收入年均复合增长率 40.5%；扣非归母净利润年均复合增长率 65.5%；在产品技术升级及应用结构优化的驱动下，公司毛利率从 2017 年的 30.60%提升至 1H22 的 40.89%，盈利能力持续增强。

图38：公司营收、扣非归母净利润（亿元）及毛利率



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

图39：公司近五年分产品营收结构（%）



资料来源：Wind，公司公告，国信证券经济研究所整理

公司产品应用逐年向新能源汽车、光伏、储能和风力发电等新能源领域转移，工控端向大客户方向发展。新能源行业营收占比由 17 年 15%增至 1H22 的 47%。其中，1H22 公司新能源汽车 IGBT 模块合计配套超过 50 万辆新能源汽车，SiC MOSFET 模块已开始批量装车应用；预计 23 年公司新能源汽车市场份额随定点车型放量进一步提升。此外，公司 IGBT 单管已成为光伏逆变器和储能变流器主要供应商，IGBT 模块在光伏电站和储能系统中开始批量应用，预计 23 年随集中式电站及储能需求增加快速增长。

图40：公司未来布局及产能规划

Fabless与IDM 融合补充

外协代工：
聚焦中低压IGBT芯片，借由国内领先的代工平台，技术不断升级

自建产线：
聚焦高压IGBT及碳化硅等细分应用，功率模块封装

年份	自建项目	投资额（亿元）	建设周期	投资进度（1H22）	具体规划
2021	高压特色工艺功率芯片	15亿	3年	9.34%	聚焦智能电网、轨道交通、风力发电3300V以上的高压IGBT，预计形成30万片/年 6英寸高压特色工艺功率芯片产能
2021	SiC 芯片	5亿	3年	17.92%	预计形成6万片/年6英寸SiC芯片产能
2021	功率半导体模块产线改造	7亿	3年	16.20%	预计将新增年产400万片的功率模块产能

资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

公司在 Fabless 模式基础上，通过自建产线补充产品类型，拓宽未来增长空间。公司中低压 IGBT 等芯片一直与国内技术领先的代工平台长期合作，并进行产品技术的迭代升级；在此基础上，公司自建 6 英寸高压功率芯片产线将 IGBT 产品向 3300V 以上的电网、轨交和风电等应用拓展，碳化硅芯片产线作为从模块到芯片产品逐步发展的衔接为未来碳化硅行业加速期做好产能端的准备。

士兰微

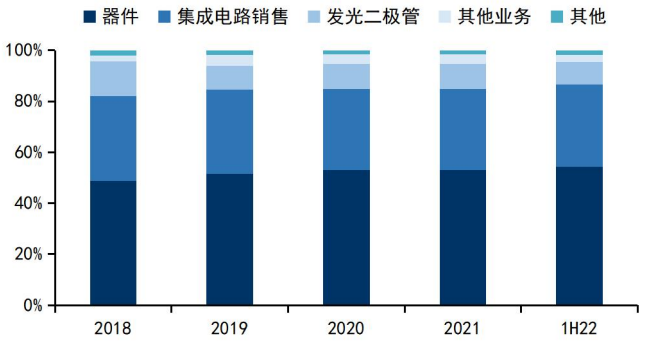
士兰微是国内最早的 IDM 厂商之一，从国内首条 5/6 英寸线、8 英寸线到 12 英寸特色工艺线，公司始终保持行业领先，形成了包括化合物半导体在内，从外延、芯片设计与制造到封装的垂直整合模式，公司产品涵盖功率半导体、模拟芯片及 LED 等领域。近 5 年公司快速成长，2017-2021 年公司营业收入年均复合增长率 27.3%；扣非归母净利润年均复合增长率 73.5%。

图41：公司营收、扣非归母净利润（亿元）及毛利率



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

图42：公司近五年分产品营收结构（%）



资料来源：Wind，公司公告，国信证券经济研究所整理

公司在功率器件业务保持领先，IGBT、MOSFET 分立器件及 IPM 模块均为全球前十。21 年公司 MOSFET 全球市占率达 3.0%，排名第十；IGBT 分立器件市占率达 3.5%，排名第十；IPM 市占率达 2.2%，排名第八。在光伏领域，公司 IGBT 已获阳光等逆变器主要厂商认可；在汽车领域，公司 21 年已批量供应零跑、汇川、比亚迪和菱电等客户，产品涵盖主驱 IGBT 模块、空调 IGBT 等多种车用半导体器件，目前正在与部分整车厂和 Tier1 配合上量中，预计车载半导体器件将是公司 23 年销售增长的主要来源之一。

表5：公司产能布局情况（截至 2022 年 6 月）

业务		产能		进展
士兰集成	5/6 英寸	22 万片/月		2021 年总计产出 5、6 英寸芯片 255.44 万片，同比增加 7.54%
士兰集昕	8 英寸	6 万片/月		2021 年总计产出 8 英寸芯片 65.73 万片
	12 英寸	3 万片/月		22 年起建设周期 3 年，总投入 39 亿元(拟募集 30 亿)，规划 FS-IGBT 功率芯片 12 万片/年、T-DPMOSFET 功率芯片 12 万片/年和 SGT-MOSFET 功率芯片 12 万片/年
士兰集科（联营）	12 英寸	一期：4 万片/月（2021 年建成） 二期：2 万片/月（2022 年建成）		21 年 12 英寸芯片 20 万片，1H22 产能达 5 万片/月，实际产出达 4.7 万片/月
士兰明镓（联营）	4 英寸	GaN 和 GaAS 高端 LED 芯片 7.2 万片/月		产品主要用于小间距显示、mini LED 显示屏、红外光耦、安防监控、车用 LED
	6 英寸	SiC 功率器件芯片 1.2 万片/月		22 年起建设周期 3 年，总投入 15 亿元(拟募集 7.5 亿)，规划 SiC MOSFET 芯片 12 万片/年、SiC SBD 芯片 2.4 万片/年
集佳科技	封装	智能功率模块	1.3 亿只/年	1H22 已实现年产智能功率模块(IPM)1.3 亿只、年产工业级和汽车级功率模块(PIM)150 万只、年产功率器件 10 亿只、年产 MEMS 传感器 2 亿只、年产光电器件 4,000 万只的封装能力、营业收入 4.34 亿元，净利润 1184 万元
		功率器件	10 亿只/年	
		MEMS 传感器	2 亿只/年	
		光电器件	4000 万只/年	
		工业级和汽车级功率模块	150 万只/年	
成都士兰	封装	汽车级功率模块	720 万只/年	22 年起建设周期 3 年，总投入 30 亿元（拟募集 11 亿元），达产后预计新增年销售收入 277168 万元，新增年利润总额 30769 万元，。

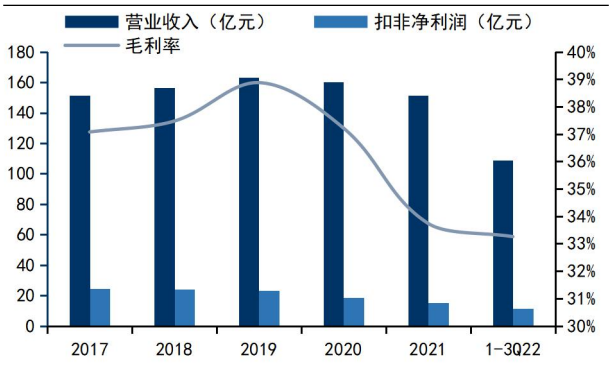
资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

公司产能持续布局，12 英寸产线、汽车功率模块封装项目产能逐步释放，碳化硅产线基本通线。截至 1H22 联营子公司士兰集科已释放 12 英寸产能 5 万片/月，实际产出达 4.7 万片/月，预计 4Q22 产能有望达 6 万片/月；叠加子公司士兰集昕“年产 36 万片 12 英寸芯片生产线项目”，预计公司 25 年 12 英寸线总产能将达 9 万片/月。子公司士兰明镓碳化硅产线规划 SiC MOSFET 芯片 12 万片/年、SiC SBD 芯片 2.4 万片/年，目前已初步实现通线，22 年底有望形成月产 2000 片产能。子公司成都士兰“年产 720 万块汽车级功率模块封装项目”预计 22 年 12 月模块将达到 80-100K，23 年 4 月实现 150K，未来将随扩建项目持续上量。

时代电气

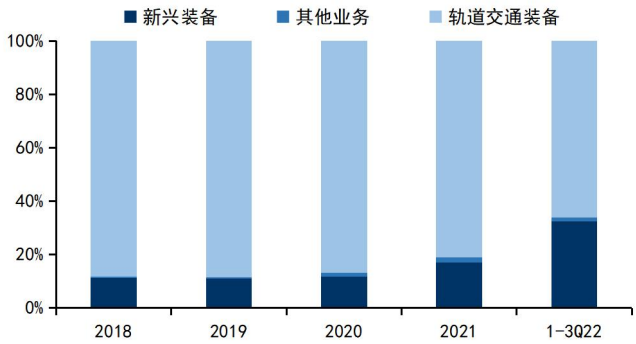
时代电气以轨道交通为起点，在新能源、工业等新兴领域形成了“同心多元化”的业务布局。中车时代电气是中国中车旗下股份制企业，经过多年深耕细作，公司在轨道交通等领域成为了掌握核心器件技术的装备制造龙头。依托于在轨道交通装备领域的核心技术和资源优势，公司开拓了功率半导体器件、工业变流产品、新能源汽车电驱系统、传感器件及海工装备等新兴装备业务，产品沿产业链自上而下从电子器件、零部件到系统铺开。

图43：公司营收、扣非归母净利润（亿元）及毛利率



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

图44：公司近五年分产品营收结构（%）



资料来源：Wind，公司公告，国信证券经济研究所整理

新能源发电与汽车驱动公司新兴装备业务加速成长。光伏、风电、储能及新能源汽车带来电网架构升级，带来了从逆变器、电驱动等整机到功率器件、传感器的量价齐升。公司 22 年前三季度新兴装备整体实现营收 35.3 亿(YoY+137.0%)；其中，工业变流营收 8.45 亿元（YoY +193.8%），海工装备营收 2.91 亿元(YoY+91.59%)，新能源汽车电驱系统营收 8.35 亿元(YoY+193.8%))，功率半导体营收 12.92 亿元(YoY+77.82%)，传感器件营收 2.66 亿元(YoY+127.3%）。公司光伏逆变器 22 年 7 月-9 月（7.20-9.20）国内累计中标 5.62GW，其中 7、8 月市占率位列第一，新能源汽车 IGBT 模块位列国内前五及电驱动系统位列国内前十。

表6：公司功率器件产能情况

产线项目		设计产能	投产情况	产线定位
一期	8 英寸	12 万片/年	稳定产出	高压器件为主，聚焦轨道交通、电网及高压风电等 IGBT 器件
二期	8 英寸	24 万片/年	预计 2022 年满产	中低压器件为主，聚焦汽车、新能源发电等 IGBT 器件
中低压功率器件项目	8 英寸	宜兴：36 万片/年，可拓至 72 万片/年	预计 2024 年投产	聚焦新能源汽车领域中低压组件基材
		株洲：36 万片/年，可拓至 72 万片/年	预计 2024 年投产	聚焦新能源发电及工控、家电领域中低压组件基材
碳化硅芯片产线	6 英寸	2.5 万片/年	预计 2024 年投产	将现有 4 英寸 SiC 芯片线提升到 6 英寸，现有 4 英产能 1 万片/年

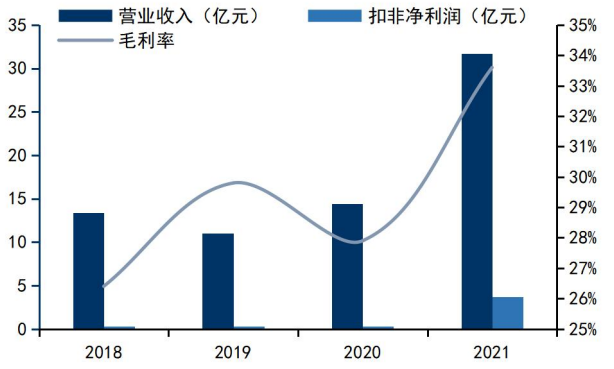
资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

硅基与碳化硅基功率器件产能同步升级。公司 8 英寸芯片产线一期已稳定产出，二期已逐步接近设计产能 24 万片/年；在此基础上，公司布局了中低压功率器件产业化项目：宜兴子项目聚焦新能源汽车领域，产能 36 万片/年（可拓至 72 万片/年）；株洲子项目聚焦新能源发电及工控、家电领域，产能 36 万片/年（可拓至 72 万片/年）。此外，公司将现有 4 英寸碳化硅产线(1 万片/月)提升至 6 英寸(2.5 万片/月)以实现芯片工艺及产能的提升。基于新能源汽车、光风储、电网及轨交的国内外客户积累，整机端的业务拓展，公司功率器件业务将成未来重要增长点。

BYD 半导(未上市)

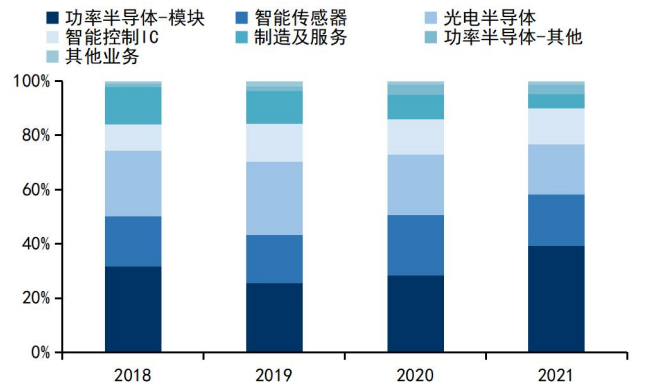
比亚迪半导体是是国内领先的汽车半导体供应平台之一。作为比亚迪子公司，主要从事功率半导体、智能控制 IC、智能传感器及光电半导体等产品研发、生产及销售。公司以车规级半导体为核心，同步推动工业、家电、新能源和消费电子等领域的半导体应用。借由比亚迪汽车领域的积累，目前公司已量产 IGBT、SiC 器件、IPM、MCU、CMOS 图像传感器、电磁传感器、LED 光源及显示等产品，应用于汽车电机驱动控制系统、整车热管理系统、车身控制系统、电池管理系统、车载影像系统及照明系统等重要领域。2018-2021 年公司营业收入年均复合增长率 33.2%；扣非归母净利润年均复合增长率 123.3%。

图45：公司营收、扣非归母净利润（亿元）及毛利率



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

图46：公司近五年分产品营收结构（%）



资料来源：Wind，公司公告，国信证券经济研究所整理

整车拉动汽车半导体快速增长，产能布局拓宽公司成长空间。母公司比亚迪整车销量持续保持国内领先，叠加新能源汽车行业增速驱动，比亚迪半导体在汽车国产功率半导体中保持第一，根据 NE 时代数据，1-9 月我国新能源上险乘用车比亚迪半导体配套约 72.4 万套(占 21.1%)，仅次于英飞凌（占 25.7%）。未来，随着济南半导体逐步满产，长沙半导体产能逐步释放，公司将功率及智能 IC 业务将进一步加速成长。

表7：公司产能布局情况

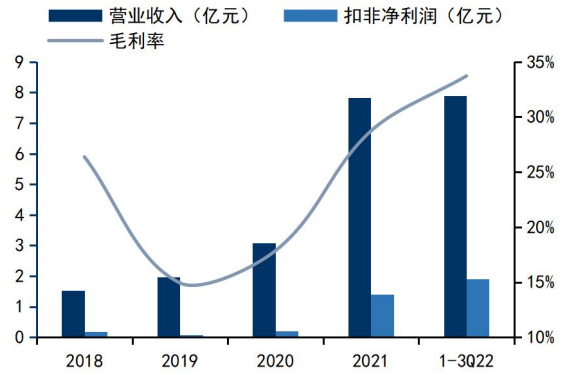
产线项目		设计产能	投产情况	产线定位
功率模块	-	360 万只	稳定产出	车规级、工业级功率半导体模块
济南半导体	8 英寸	36 万片/年	预计 2023 年满产	预计 22 年 12 月可达到 2.2 万片/月，全年产出 20 万片（预计新增收入 14.5 亿元），23 年 3 月满产，可配套新能源汽车约 90 万辆
宁波半导体	6 英寸	36 万片/年	稳定产出	功率半导体晶圆，可配套新能源汽车约 40 万辆，未来部分转向碳化硅
长沙半导体	8 英寸	2 万片/年	预计 2025 年达产	功率半导体和智能控制 IC 晶圆，预计可配套新能源汽车约 30 万辆

资料来源：公司招股说明书、公司公告、国信证券经济研究所整理

东微半导

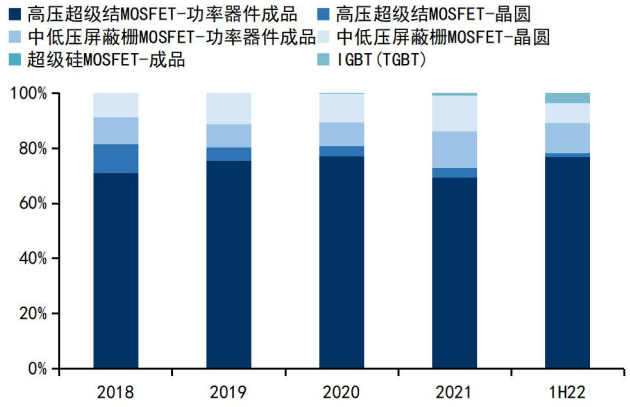
公司是国内高压超级结 MOSFET 的领军企业，产品包括高压超级结 MOSFET 及中低压屏蔽栅 MOSFET、超级硅 MOSFET 及 TGBT 等封装偏标准化的功率单管器件为主，因而公司以其产品性能明显好于竞品铸就了在细分领域的领先地位，产品平均售价明显高于同行；以公司高压超级结产品为例，其性能达到了与国际龙头可比水平，在部分小功率逆变器中公司超结 MOS 芯片实现了替换 IGBT 芯片并实现系统效率的大幅提高。2018-2021 年公司营业收入年均复合增长率 72.3%；扣非归母净利润年均复合增长率 95.1%。

图47：公司营收、扣非归母净利润（亿元）及毛利率



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

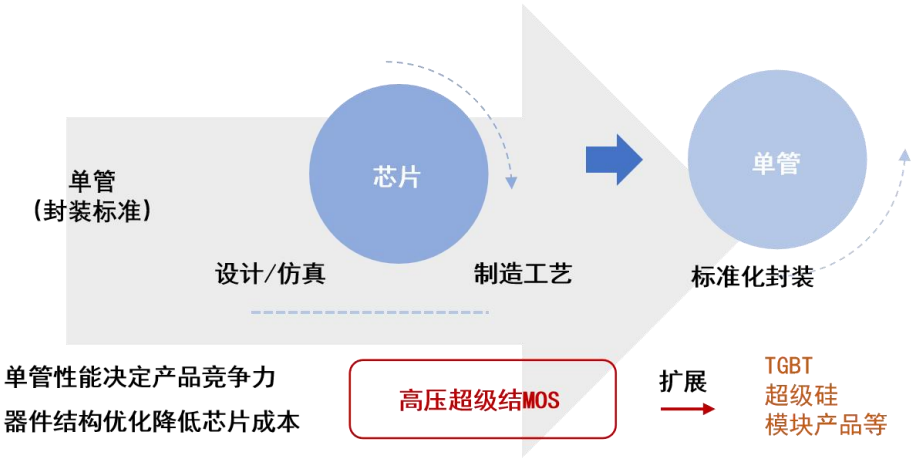
图48：公司近五年分产品营收结构（%）



资料来源：Wind，公司公告，国信证券经济研究所整理

新能源是公司行业务的主要驱动力，1H22 公司汽车及工业级应用占比已超过 70%。其收入主要来自于新能源汽车车载充电机、光伏与储能逆变器和充电桩与工业电源等领域并已覆盖各领域的头部客户。在光储领域，公司客户包含客户 A、昱能科技、禾迈股份、爱士惟、日月元等光伏逆变厂商，洛仑兹、宁德时代和图为电气等储能厂商；在新能源汽车及直流充电桩领域客户涵盖比亚迪、英搏尔、铁城科技、英威腾、欣锐科技和威迈斯等车载充电器及整车厂商，英可瑞、英飞源、特锐德、永联科技、盛弘股份、优优绿能和客户 A 等充电桩厂商。

图49：公司基本布局



资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

宏微科技

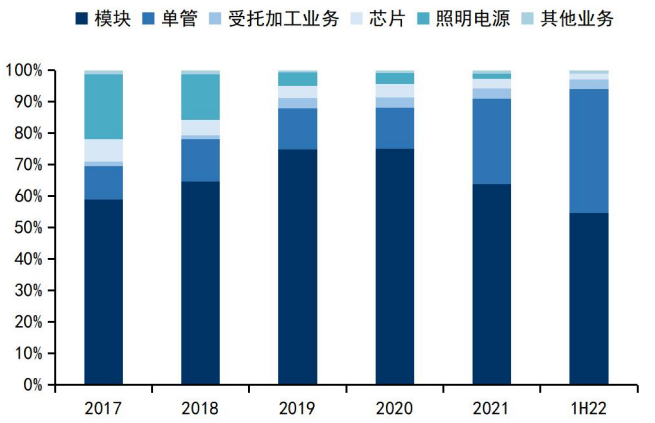
公司是深耕 IGBT、FRED 等器件及模块产品的国内代表厂商之一，产品主要应用于光伏、变频器等工业领域，未来汽车 IGBT 模块产品将逐步放量。公司在 IGBT 及 FRD 领域积累多年，公司基于 12 寸 IGBT 平台的微沟槽技术有望 22 年完成验证，FRED 涉及的软恢复结构和非均匀少子寿命控制技术等芯片设计与制造技术已成熟。2017-2021 年公司营业收入年均复合增长率 27.4%；扣非归母净利润年均复合增长率 87.7%。

图50：公司营收、扣非归母净利润（亿元）及毛利率



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

图51：公司近五年分产品营收结构（%）



资料来源：Wind，公司公告，国信证券经济研究所整理

工控 IGBT 产品夯实基础，新能源应用占比提升。1-3Q22 公司工控收入占比约 53%，光伏收入占比由 21 年约 10%增至 29%，充电桩收入占比约为 4%，车规产品占比全年有望实现 15%以上；未来光伏和汽车业务占比将逐年提升。目前公司工控客户涵盖台达集团、汇川技术、英威腾和合康新能等多家变频器头部企业，松下、佳士科技、奥太集团和上海沪工等多家电焊机知名企业。新能源汽车客户涵盖比亚迪、汇川技术和臻驱科技等；充电桩客户包括英飞源、英可瑞、优优绿能和特来电等公司，光伏客户包括 A 公司、阳光电源、固德威和格瑞瓦特等多家龙头。预计 23 年光伏与新能源汽车模块的放量将拉动公司业务快速增长。

表8：公司产能布局情况（截至 2022 年 6 月）

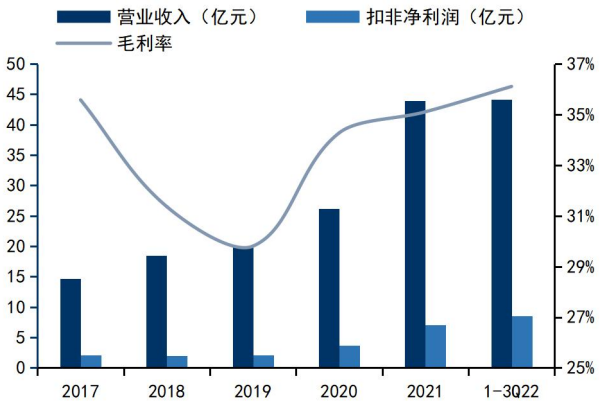
业务	设计产能	进展
华山厂区	450 万只/年	稳定产出
新竹厂区	一期：340 万只/年（可拓展 ） 二期：840 万只/年（车规级）	投入使用 建设周期：3 年（22-25 年），总投资：6 亿元

资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

扬杰科技

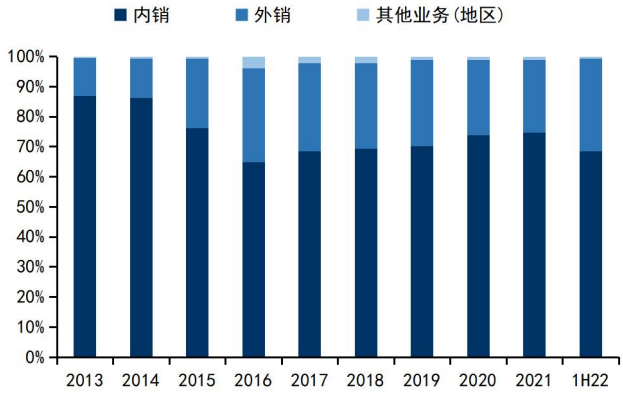
扬杰科技是国内最早的功率半导体 IDM 厂商之一，公司具备功率半导体硅片、芯片及器件制造、封装测试的综合制造能力，产品包括为单晶硅棒、硅片、外延片、5 寸、6 寸及 8 寸等各类电力电子器件芯片、MOSFET、IGBT、SiC 系列产品、大功率模块、小信号二三极管、功率二极管及整流桥等，产品广泛应用于汽车电子、新能源、5G 通讯、电力电子、安防、工业及消费类电子等诸多领域。2017-2021 年公司营业收入年均复合增长率 31.5%；扣非归母净利润年均复合增长率 34.7%。

图52：公司营收、扣非归母净利润（亿元）及毛利率



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

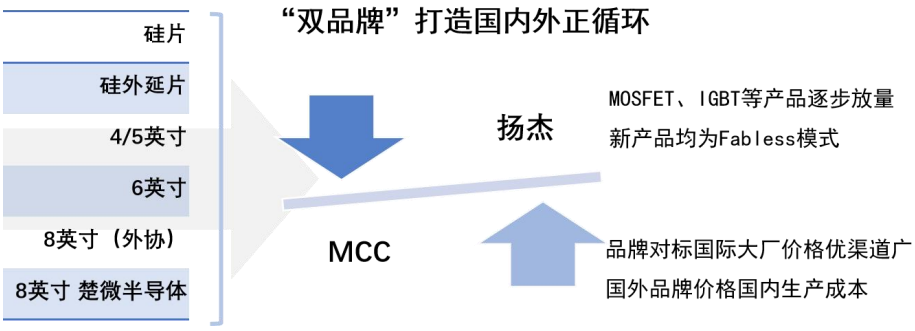
图53：近 10 年公司收入结构（按地区分）



资料来源：Wind，公司公告，国信证券经济研究所整理

“双品牌”战略形成国内外正循环。公司在欧美市场主推“MCC”（美微科）品牌。公司早在 2015 年就收购了该品牌，该品牌作为北美半导体知名品牌与 DIGI-KEY、Future 集团及 Arrow 集团等全球性电子元器件代理商及终端国际客户长期合作，对标安森美等国际第一梯队品牌，产品价格优且毛利较高，收购后公司海外业务收入逐年提升。截止 22 年前三季度，公司海外业务销售收入同比翻倍增长，收入占比达 30%以上。此外，在中国地区及亚太市场，公司主推“YJ”品牌；整体以“双品牌”为锚点形成了国内外业务的正向循环。

图54：公司基本布局



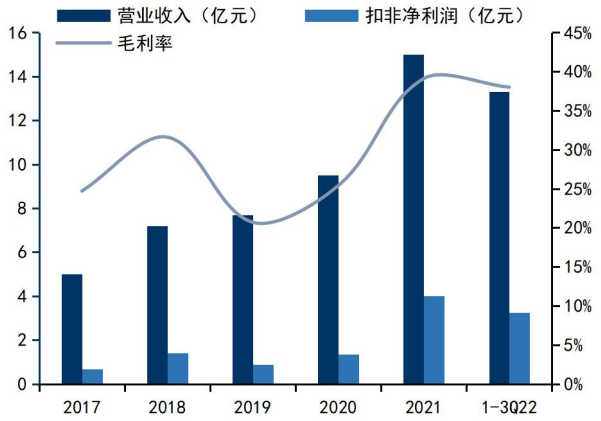
资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

产品结构持续升级，产能布局逐步完善。公司产品获得多家海内外著名汽车零部件企业认可，并批量供货超 300 家，22 年前三季度汽车电子业绩同比增长超 500%，公司车规级封装产能已实现 5 倍以上增长。此外，公司 MOSFET、IGBT 及 SiC 等新产品 22 年前三季度公司销售收入同比增长均超过 100%，IGBT 在光伏应用已取得大批量订单，SiC SBD 已得到光伏逆变器客户认可并批量出货。在 MOSFET、IGBT 产品端发力的同时，公司收购了湖南楚微半导体将在未来补齐 8 英寸晶圆制造能力。目前，楚微半导体一期已有一条月产 1 万片的 8 英寸线，二期将建设 1 条月产 3 万片的 8 英寸硅基芯片产线和 1 条月产 0.5 万片的 6 英寸碳化硅基芯片产线，将为公司未来产品结构优化提供产能保证。

新洁能

新洁能是国内 MOSFET 品类最齐全且产品技术领先的设计公司，主要产品包括以 IGBT、屏蔽栅 MOSFET（SGT MOSFET）、超结 MOSFET（SJ MOSFET）、沟槽型 MOSFET（Trench MOSFET）四大工艺平台为基础的芯片及功率器件，SiC MOSFET、GaN HEMT、功率模块及智能功率 IC 等新产品。公司整体产品型号超 1600 款，电压覆盖 12V~1700V 全系列，广泛应用与汽车电子、光伏和储能、数据中心、5G 通讯、工业电源、机器人、安防、变频家电、农用无人机、医疗设备及锂电保护等十余个行业。2017-2021 年公司营业收入年均复合增长率 31.6%；扣非归母净利润年均复合增长率 55.5%。

图55：公司营收、扣非归母净利润（亿元）及毛利率



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

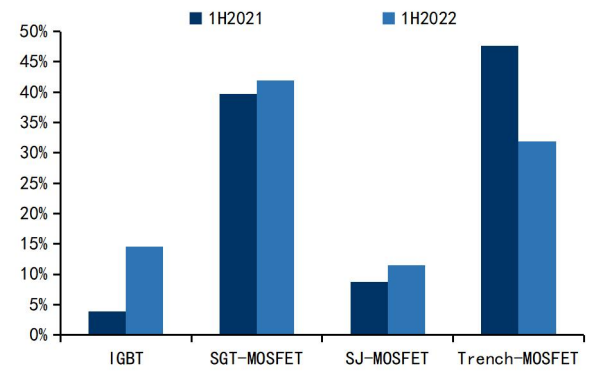
图56：公司近五年分产品营收结构（%）



资料来源：Wind，公司公告，国信证券经济研究所整理

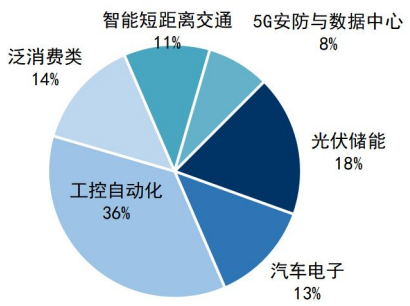
产品与应用结构不断优化，拓宽公司成长空间。公司 IGBT、SGT MOS、超级结 MOS 等新能源需求旺盛的品类比例逐年提升，其中 IGBT 在光伏、储能驱动下 1H22 销售收入同比增长 371.23%，占比从 1H21 的 3.89%提升到 1H22 的 14.57%；SGT-MOSFET 为替代国际一流厂商料号最多的产品且较多料号进入新能源汽车领域，销售占比从 1H21 的 39.66%提升到 1H22 的 41.89%；SJ-MOSFET 在数据中心、汽车 OBC、充电桩及微型逆变器等应用驱动下 1H22 销售收入同比增长 66.16%；占比从 1H21 的 8.72%提升至 1H22 的 11.52%。

图57：公司 1H21 与 1H22 产品结构对比（按产品类型，%）



资料来源：公司公告，国信证券经济研究所整理

图58：公司 1H22 产品下游应用分布（%）

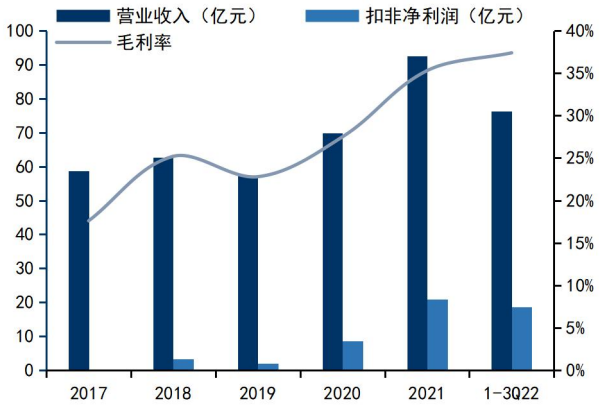


资料来源：公司公告，国信证券经济研究所整理

华润微

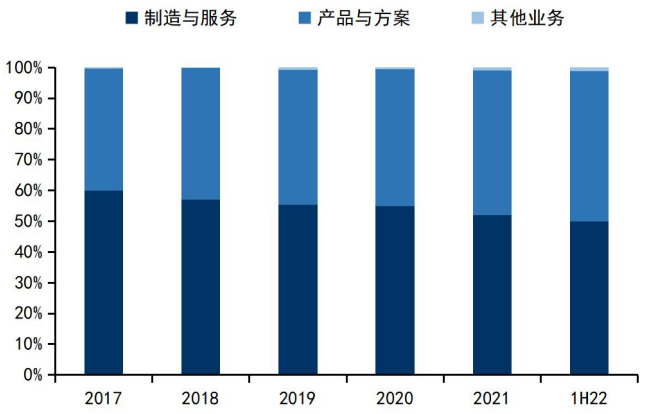
华润微是国内领先的功率器件 IDM 厂商，主要产品包括以 MOSFET、IGBT 为代表的功率半导体产品，以光电传感器、烟报传感器及 MEMS 传感器为主的传感器产品，和以 MCU 为代表的智能控制产品等。根据 Omdia 和中国半导体行业协会（CSIA）的统计，以 2021 年度销售额计，公司在中国功率器件企业排名第二、中国封装测试企业排名第五、中国 MOSFET 规模排名第一、中国 MEMS 规模排名第三及中国掩模制造企业排名第一。2017-2021 年公司营业收入年均复合增长率 12%；扣非归母净利润年均复合增长率 313.5%。

图59：公司营收、扣非归母净利润（亿元）及毛利率



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

图60：公司近五年分产品营收结构（%）



资料来源：Wind，公司公告，国信证券经济研究所整理

产能与产品应用结构不断优化，IGBT、碳化硅等新产品加速拓展。截止 3Q22，公司产品消费类占比 46%，工控及汽车电子占比超过 50%；其中电动车与汽车电子占比 19%，通信设备占 19%，工业设备占 14%，新能源占 13%，计算机及智能穿戴占 8%。公司 12 英寸产线持续推进，重庆产线(3 万片/月)聚焦功率器件，预计 22 年年底通线，23 年开始贡献产能与收入；深圳产线则聚焦功率 IC 等模拟特色工艺。此外，公司 IGBT 产品在汽车、工控与新能源应用合计占比达到 85%，预计 22 年有望实现 4 亿收入，明年有望翻倍增长；碳化硅二极管在充电桩、光伏逆变与工业电源等领域实现批量供货，汽车 OBC 上已通过测试，未来有望快速提升。

表9：公司产能布局情况（截至 3Q22）

业务	产能	具体规划
6 英寸	23 万片/月	稳定产出
8 英寸	13 万片/月	稳定产出
12 英寸（重庆）	3 万片/月（2022 年底通线）	以功率器件为主
12 英寸（深圳）	一期：4 万片/月（在建）	40nm 以上的模拟特色工艺，以功率 IC 为主

资料来源：公司公告、国信证券经济研究所整理

投资建议

短期新能源业务增量大、产品技术领先的设计公司显受益，中长期产品与产能布局完整的头部 IDM 有望进击为行业龙头。

短期维度下，一方面，我国特色工艺代工厂与 IDM 厂商同步扩产且头部代工厂工艺领先，产能充裕后设计公司成本有望下降，主打高技术门槛产品的头部设计公司竞争格局相对友好；另一方面，光风储、汽车等新能源应用仍为需求主要增长极，新能源业务占比提升的公司将分享行业增长红利。

中长期维度下，随着我国功率半导体行业从单品替代阶段向规模化多品类阶段过渡，IDM 厂商工艺平台逐步比肩头部特色工艺代工厂，IDM 规模化及技术迭代优势将逐步体现。未来，随着消费需求逐步修复，行业洗牌后进入上行周期，IDM 头部厂商有望进击为行业龙头。

建议关注新能源增量大、产品技术领先的设计公司斯达半导、东微半导、宏微科技及新洁能，**产品与产能双升级的 IDM** 代表厂商士兰微、时代电气、扬杰科技、闻泰科技及华润微。

表10：重点公司一览表

股票代码	公司简称	投资评级	总市值（亿元）	收盘价（元）	PE(TTM)	EPS(22E)	EPS(23E)	PE(22E)	PE(23E)
600460.SH	士兰微	买入	525.93	37.14	33.6	0.79	1.13	47.0	32.9
688187.SH	时代电气	买入	801.02	56.56	33.7	1.61	1.88	35.1	30.1
603290.SH	斯达半导	买入	562.04	329.13	77.8	4.73	6.37	69.6	51.7
688261.SH	东微半导	买入	149.17	221.40	58.7	4.03	5.53	54.9	40.0
688711.SH	宏微科技	买入	134.62	97.63	161.2	1.10	1.56	88.7	62.7
600745.SH	闻泰科技	买入	729.11	58.50	29.0	2.31	3.17	25.3	18.5
300373.SZ	扬杰科技	买入	286.43	55.90	25.3	2.34	2.89	23.9	19.3
1347.HK	华虹半导体	买入	344.95	26.40	10.4	0.3	0.36	11.5	9.6

资料来源：Wind，国信证券经济研究所预测（数据截止日期：2022 年 12 月 13 日，港股 EPS 为美元，市值、收盘价为港币）

风险提示

1.新能源发电及汽车、工业自动化等增量市场需求波动的风险

半导体行业具有较强的周期性特征，与宏观经济整体发展亦密切相关。若新能源汽车、工业及新能源发电等驱动行业收入实现增长的下游行业发展不达预期，行业规模增速放缓或出现下滑，行业面临整体增速不及预期的风险。

2.产能过剩竞争格局恶化的风险

由于目前国内晶圆代工厂在功率器件和 MEMS 领域产能布局较多，未来可能造成市场产能过剩。尽管短期部分公司优化产品组合，逐步将消费电子的产能转用于毛利率更高、市场前景更好的新能源汽车、光伏储能及智能电网等领域产品，但随着市场玩家增多，产品价格下降将导致行业整体收入不及预期。

3. 国产替代增速不及预期的风险

20 年下半年以来由于行业缺货，国产替代进程加速。明年随功率半导体增速回落，国际大厂产能充裕，价格回落后，行业面临国产替代增速放缓，以低价获取市场份额导致增收减利等挑战。

免责声明

分析师声明

作者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，力求独立、客观、公正，结论不受任何第三方的授意或影响；作者在过去、现在或未来未就其研究报告所提供的具体建议或所表述的意见直接或间接收取任何报酬，特此声明。

国信证券投资评级

类别	级别	说明
股票投资评级	买入	股价表现优于市场指数 20%以上
	增持	股价表现优于市场指数 10%-20%之间
	中性	股价表现介于市场指数 ±10%之间
	卖出	股价表现弱于市场指数 10%以上
行业投资评级	超配	行业指数表现优于市场指数 10%以上
	中性	行业指数表现介于市场指数 ±10%之间
	低配	行业指数表现弱于市场指数 10%以上

重要声明

本报告由国信证券股份有限公司（已具备中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）制作；报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有。本报告仅供我公司客户使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司可能随时补充、更新和修订有关信息及资料，投资者应当自行关注相关更新和修订内容。我公司或关联机构可能会持有本报告中所提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。本公司的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中意见或建议不一致的投资决策。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询，是指从事证券投资咨询业务的机构及其投资咨询人员以下列形式为证券投资人或者客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或者间接有偿咨询服务的活动：接受投资人或者客户委托，提供证券投资咨询服务；举办有关证券投资咨询的讲座、报告会、分析会等；在报刊上发表证券投资咨询的文章、评论、报告，以及通过电台、电视台等公众传播媒体提供证券投资咨询服务；通过电话、传真、电脑网络等电信设备系统，提供证券投资咨询服务；中国证监会认定的其他形式。

发布证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向客户发布的行为。

国信证券经济研究所

深圳
深圳市福田区福华一路 125 号国信金融大厦 36 层
邮编：518046　总机：0755-82130833

上海
上海浦东民生路 1199 弄证大五道口广场 1 号楼 12 层
邮编：200135

北京
北京西城区金融大街兴盛街 6 号国信证券 9 层
邮编：100032