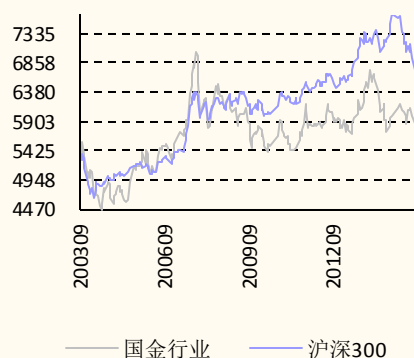


市场数据(人民币)

市场优化平均市盈率	18.90
国金半导体指数	5831
沪深300指数	5080
上证指数	3421
深证成指	13864
中小板综指	12489



相关报告

- 1.《化合物半导体行业深度报告-砷化镓本土闭环,碳化硅等待“奇点时...”,2021.2.28
- 2.《新能源车快速发展,碳化硅迎来发展良机-新能源车快速发展,碳化...》,2020.12.31
- 3.《新技术催化景气上行,国产替代空间广阔-半导体硅片行业深度》,2020.12.26
- 4.《2021年年度策略报告-2021-2022年投资展望,六个...》,2020.11.26
- 5.《半导体行业2020年三季报综述-三季度半导体高度景气,盈利指...》,2020.11.5

郑弼禹 分析师 SAC 执业编号: S1130520010001
zhengbiyu@gjzq.com.cn

樊志远 分析师 SAC 执业编号: S1130518070003
(8621)61038318
fanzhiyuan@gjzq.com.cn

罗露 分析师 SAC 执业编号: S1130520020003
luolu@gjzq.com.cn

自驾电动车带动的十倍半导体增值

投资建议

- **行业策略:** 自驾电动车应是未来 15 年最大的科技变革,从人驾到类似智能服务器装四轮驱动的自驾,这对激光雷达,摄像头,毫米波雷达, C-V2X 等感知层芯片, GPU/CPU/FPGA/AI 加速器等决策层芯片, 及高速以太网网络执行层芯片需求暴增; 而油到电动车则对高功率牵引逆变器碳化硅 SiC 的需求爆发, 在电动车渗透率于 2035 年达 50%, L3-L5 自驾渗透率超过 30% 的假设下, 国金估计全球车用半导体市场于 2020-2035 年复合增长率有机会超过 20%, 远高于全球半导体的 5-6%, 份额从 2020 年的 5% 到 2035 年的 30%, 每车半导体价值增 10 倍, 从 2020 年的 268 到 2035 年的 2,758 美元, 新兴受惠公司将不限于之前的车用半导体龙头。
- **全球推荐组合:** 国内除了三安, 斯达, 闻泰/安世, 地平线, 韦尔/豪威的积极参与外, 我们主要推荐 Lumentum (VCSEL 激光雷达芯片), 英伟达 (AI GPU), 赛灵思 Xilinx (AI FPGA), 美满 Marvell (高速车用以太网网络), 科锐 Cree (逆变器碳化硅 SiC 衬底) 为自驾电动车 15 年大趋势的最大赢家。

行业观点

- **自驾车驱动 AI, 激光雷达, 以太网芯片需求:** 1) 谷歌的 Waymo One 及百度的 Apollo Go 多采用 2-4 颗英伟达 GPU 及赛灵思 FPGA 解决 AI 问题, 但整体 L4-L5 自驾架构成本超过 10 万美元, 推广到乘用车不易; 2) Tesla 低成本视觉/AI 芯片系统将成为 L3/L4 自驾乘用车赢家; 3) 国金预估 2021-2030 全球激光雷达前装量产市场 CAGR 近 90%, 看好 Lumentum 及 AMS 的 VCSEL 低价优势将取代部分目前主流铟镓砷 EEL 激光器市场, 并消耗庞大砷化镓代工及外延片产能; 4) MarketsandMarkets 之前预测全球车用以太网市场有 20.9% 的复合增长率。就以 L4-L5 自驾系统来看, 每台至少需要 10 个以上以太网网络交换器芯片及实体层收发器 PHY-Transceiver, PHY-Transceiver 是模拟电路, 芯片面积大及良率低, 所以成本及进入门槛较高。而博通和美满电子全球份额就超过 50%。
- **电动车驱动第三代半导体碳化硅需求:** 虽然大部分电动车还是以 IGBT 来做高功率逆变器 (DC-AC Traction Inverter) 及车载充电系统, 但 SiC 碳化硅具有降耗能, 动力系统模组缩小 5 倍, 物料成本低, 缩短充电时间, 高温下的稳定晶体结构, 及 4 年后的整体方案成本等优势, 预期全球碳化硅市场将迎来 15 年 34% 的复合增长率, 到 2035 年达到约 500 亿美元, 2020 年车载碳化硅领域市占 80% 的龙头科锐 Cree 受惠最大。
- **摄像头, 毫米波雷达, 蜂窝车联网 C-V2X, 氮化镓 GaN 芯片有贡献但比重偏低:** 1) 全球车用摄像头芯片将从 2020 年的 1.3 亿颗, 增长超过 4 倍到 2035 年超过 5.7 亿颗, 10% 复合增长率, 但与智能手机 30 亿颗以上的摄像头相比, 2035 年整体占比不超过 10 个点, 对龙头 On Semi 及韦尔/豪威贡献有限; 2) 毫米波雷达及芯片分食者众, 看不出赢家; 3) C-V2X 蜂窝车联网的赢家是砷化镓产业链, 但比起智能手机动辄 45 亿颗射频功率放大器模组的芯片而言, C-V2X 芯片对产业链营收在 2035 年贡献不超过 15 个点; 4) GaN 氮化镓器件不管在成熟度, 品质, 可信度, 可扩展性, 高功率密度, 生产良率都还没有比 IGBT/MOSFET 有很明显的优势, 而且在高压高功率器件如车载充电系统 Onboard Charger (OBC), 800V 高功率的电源转换系统 (车载 DC-DC 转换器), 牵引逆变器 (Inverter) 又要跟 SiC 碳化硅来竞争。

风险提示

- 电池及碳化硅, 自驾系统如人工智能芯片及软件, 激光雷达, 毫米波雷达, 蜂窝车联网芯片成本下降不如预期, 全球自驾电动车政府奖励补助减少, 渠道库存增加而减少需求; 全球车用半导体制造及晶圆代工产能不足。

内容目录

一，全球车市的展望.....	4
二，自驾及电动车比例增加及每车半导体价值提升是两大驱动力	6
三，全球车用半导体市场，未来与现在大不同	8
四，自驾带动 AI，激光雷达，摄像头，毫米波雷达，蜂窝车联网，以太网网络芯片需求	9
五，电动车驱动碳化硅及氮化镓第三代半导体需求	26
六，风险提示	37

图表目录

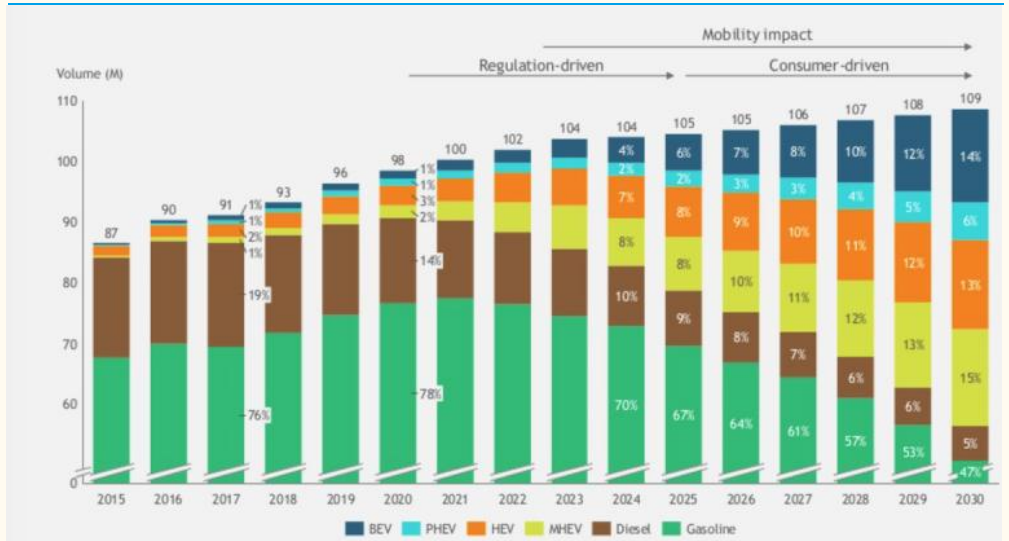
图表 1：2015-2030 年全球车市销量预测（百万辆）	4
图表 2：汽车工程学会 SAE 1-5	4
图表 3：特斯拉自驾车的视觉技术.....	5
图表 4：全球电动车及 L3-L5 自驾车销量的占比变化.....	6
图表 5：人驾油车 vs. 自驾电动车的每车半导体价值比较.....	7
图表 6：每车半导体价值及车用半导体占全球份额变化.....	7
图表 7：用于传统燃油汽车的平均芯片数目.....	8
图表 8：用于新能源电动车的平均芯片数目.....	8
图表 9：2020 年全球 10 大车用半导体厂商份额比较.....	8
图表 10：美国出租车及自用车自驾平台芯片及视觉系统比较	9
图表 11：国内出租车及自用车自驾平台芯片及视觉系统比较	10
图表 12：Waymo 的视觉系统配备	11
图表 13：Tesla 的视觉系统配备	11
图表 14：Tesla Hardware 3.0 每片晶圆 AI 芯片数	12
图表 15：Tesla 每片晶圆新 AI 芯片数.....	12
图表 16：Intel Xe 架构 AI GPU Ponte Vecchio（2021）	13
图表 17：Mobileye/Intel 的自驾芯片蓝图.....	14
图表 18：百度 Apollo 自驾的开放平台芯片架构.....	15
图表 19：Auto X 的感知视觉系统.....	15
图表 20：地平线征程 3 芯片规格.....	16
图表 21：华山二号芯片算力平台	17
图表 22：各种感测器的可视距离，成本，数据量比较.....	18
图表 23：全球车载摄像头芯片销量预测（单位：百万颗）.....	18
图表 24：车用摄像头芯片供应商份额	19
图表 25：全球激光雷达市场规模（亿美元）.....	19
图表 26：全球激光雷达前装量产出出货量预测.....	20
图表 27：全球激光雷达前装市场规模预测（亿美元）	20
图表 28：FPGA vs. GPU&CPU	21

图表 29: 24Ghz, 77Ghz 毫米波雷达市场预估	22
图表 30: DSRC vs. C-V2X	23
图表 31: 砷化镓射频市场预测	23
图表 32: 车载以太网市场	24
图表 33: 车载以太网配置	25
图表 34: 车载以太网架构	25
图表 35: 车用网络类别比较	26
图表 36: IGBT 芯片代次发展情况	27
图表 37: MOSFET、IGBT 和 BJT 性能对比	27
图表 38: IGBT 适用于高功率领域	27
图表 39: IGBT 应用电压范围	28
图表 40: 功率器件在汽车中的应用	28
图表 41: IGBT 在电动车中的应用	28
图表 42: 2020 年各种电动汽车半导体价值量	29
图表 43: 2019 年中国新能源汽车 IGBT 模组市场份额 (按销量)	29
图表 44: 不同半导体材料比较	30
图表 45: SiC 在高开关高频和高功率应用优势明显	30
图表 46: 电动车牵引逆变器往高压方向发展	31
图表 47: 丰田碳化硅 PCU 与硅 PCU 体积对比	31
图表 48: OBC 的硅基方案与 SiC 方案 BOM 的比较	31
图表 49: 车厂和零部件厂围绕碳化硅的布局进展	32
图表 50: SiC 在 EV 上的四大应用领域	32
图表 51: SiC 功率器件在车载领域应用时间表	32
图表 52: 全球碳化硅市场规模预测 (十亿美元)	33
图表 53: 化合物半导体行业短期复合增速比较	33
图表 54: 碳化硅的综合成本收益	34
图表 55: SiC JBS 成本构成	34
图表 56: 国内碳化硅衬底价格及趋势	34
图表 57: 电动汽功率器件碳化硅方案与硅方案成本预测	34
图表 58: 2018 年全球导电型碳化硅晶片市场占有率	35
图表 59: SiC 产业链示意图	35
图表 60: 国内 SiC 各环节与国际领先水平比较	35
图表 61: Cree 与国内一线衬底厂商产品比较	35
图表 62: 国际碳化硅晶片龙头企业提前锁定订单	36
图表 63: 2019 年全球分立功率器件和模组企业市占率	37
图表 64: 英飞凌 CoolSiC MOSFET 650V 系列	37

一、全球车市的展望

根据 The Boston Consulting Group 预估从 2020 到 2030 年，全球汽车 / 电动车销量加总年均复合增长率约为 1%，并预计 2030 年，全球车市销量将增加至 1.09 亿辆，但汽油、柴油车将被各种形态的电动新能源车来取代。虽然在未来 10 年，全球车市的销量复合增长率 CAGR 可能只有 1-2 个点，但随着消费者从汽油车转换成新能源电动车及从人驾车转换成 SAE L3-L5 自动驾驶车需求的不断扩大，我们预期全球车用半导体市场仍将大幅增长，未来 15 年的复合增长率可能超过 20%，远高于市场预期低于 10% 的增长。

图表 1：2015-2030 年全球车市销量预测（百万辆）



来源：The Boston Consulting Group (BCG)，国金证券研究所

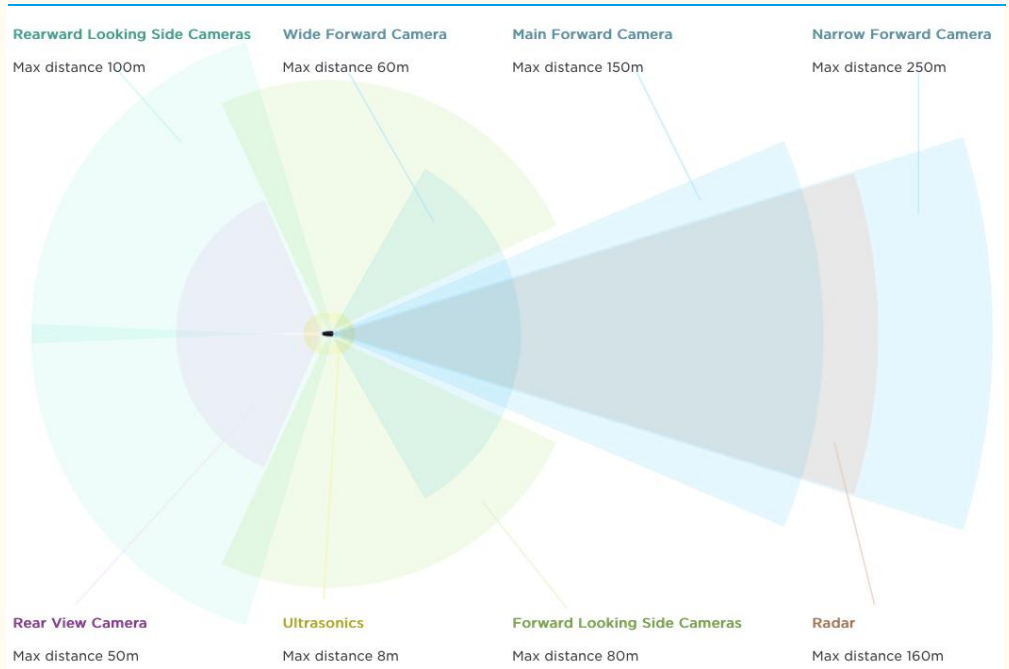
1. **人驾到自驾，重点在成本及视觉 / AI 芯片技术：**很多产业专家说未来的自驾车就像装了四个轮子的智能手机，以自驾技术的难度及半导体配置而言，我们不同意这说法，我们认为自驾车像是装了四个轮子的智能 AI 服务器（如果透过远端控制软件来协作，自驾车队更像装了四个轮子的智能集群系统），Gartner 在 2019 年四季度预测在 2023 年，全球有近 74.6 万自驾车，而目前使用激光雷达来作为视觉功能的 SAE L4-L5 的自驾车成本要超过 20 万美元，昂贵的激光雷达感测元件就要 5 万美元以上，所以很难普及到自用车，像是特斯拉不使用光达，但透过 3 颗前置摄像头（60, 150, 250 公尺视觉距离），1 颗后置摄像头（50 公尺视觉距离），4 颗前后侧边摄像头（80-100 公尺视觉距离），12 颗环绕车身的超音波感测器（感测距离 8 公尺），及一颗前置雷达（160 公尺视觉距离）推出的 L3-L4 全自动驾驶解决方案，整体额外自驾功能成本应该不超过 2 万美元。所以我们认为另一个研究机构 ABI 预估至 2025 年，L3-L5 自动驾驶车将达到八百万销量，于 2025 年达到全球 8% 汽车销量市场份额的预测，可能还过于保守，我们估计于 2035 年全球超过 30% 的汽车销量将具备 L3-L5 的自动驾驶功能，未来 15 年的复合增长率达到 30-35%。

图表 2：汽车工程学会 SAE 1-5



来源：SAE, Wevolver，国金证券研究所

图表 3：特斯拉自驾车的视觉技术



来源：Tesla，国金证券研究所

2. 油车到新能源车，重点在电池及电力驱动技术：

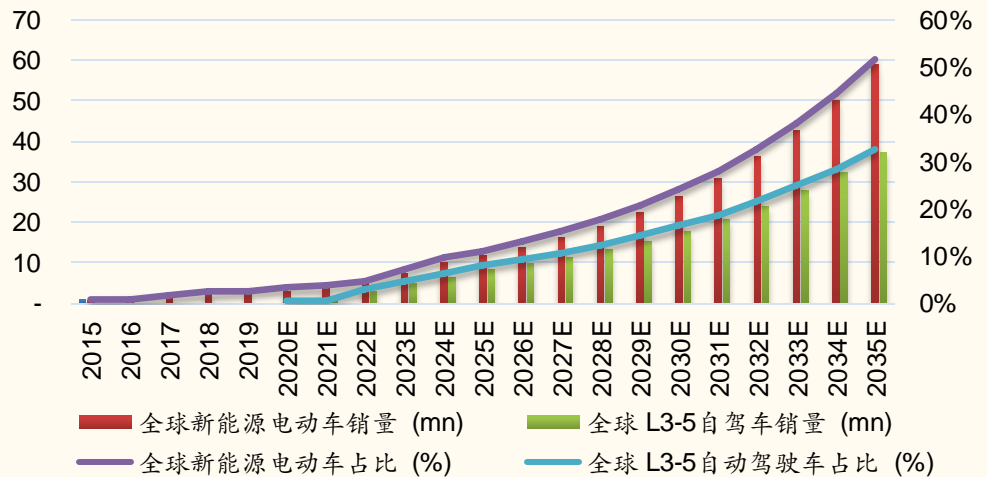
虽然全球纯电动车占比在 2020 年连 5 个点都没有，但从挪威在五年内就要全面禁售燃油车，其他主流国家陆续在 2030，2040 年执行禁售燃油车，我们因此预估在 2035 年，全球可能有超过 50% 的新车上市，将都是纯电动车，而彭博社预估到了 2040 年 60% 的新车将是纯电动车，我们预估未来 15 年的复合增长率达到 20-25%。比较特别的是全球十大传统车厂因为燃油引擎技术的包袱，及缺乏领先的电池及电力驱动技术，反而不如一些新兴电动车公司如特斯拉，蔚来，小鹏，理想及未来的苹果，阿里巴巴，富士康，百度都想跨足，这足以解释为何市场给新兴电动车数倍于传统车厂的市场估值。

- ✓ **2025 年起禁售燃油车：**挪威；根据挪威道路协会统计，福斯旗下品牌奥迪（Audi）e-tron 是挪威 2020 年的电动车市占冠军，总销量达 9,227 台。2019 年的销售冠军特斯拉 Model 3 在 2020 年跌入第二名，销量为 7,770 台，福斯的 ID.3 以 7,754 台名列第三。据挪威道路协会数据，挪威的电动车渗透率由 2019 年的 42% 增加至 2020 年的 54%。若将油电混合车也算在内，渗透率更高达 83%。
- ✓ **2030 年起禁售燃油车：**英国首相宣布英国可能提前 10 年自 2030 年起禁止；荷兰，丹麦、冰岛、爱尔兰，德国，印度，以色列
- ✓ **2040 年起禁售燃油车：**法国，西班牙，台湾
- ✓ **2050 年起禁售燃油车：**日本
- **欧洲车厂进度：**德国 BMW 承诺于 2025 年前至少推出 12 款纯电动车及 25 款全新电动车和油电混合车；德国 Benz 规划于 2022 年以前所有车款都会提供纯电动车版本；法国宝狮 Peugeot 指出于 2019~2021 年拟发表 7 款油电混合车和 5 款电动车；福斯 VW 将在 2025 年前销售 3mn EV，纯电动车占比达 25%，并在 2025 年前推 50 款 EV，30 款油电混合车；Volvo 2019 年生产车款全面配备电动引擎，仅贩售电动车及混合电动车
- **美国车厂进度：**美国 GM 于 2023 年前将推 20 款全电动车，于 2035 年前于全球停产汽柴油引擎车，全面转型至电动车；Ford 在 2020-2025 年将推出 13 款电动及油电混合车款，并于今年二月宣布投资 10 亿美元改造德国科隆组装厂为电动车厂房，让欧洲福特车销售于

2030 年前改为全电动。

- **亚洲车厂进度：**日本 Toyota (Panasonic) ½车销量在 2030 为电动；Nissan 预计于 2022 年推出 12 款纯电动车；Honda 将 2/3 车款在 2030 转为电动；韩国 Hyundai/Kia 将于 2025 年会有 14 EV 车款 (vs. 2 车款 in 2018)

图表 4：全球电动车及 L3-L5 自驾车销量的占比变化



来源：The Boston Consulting Group (BCG)，国金证券研究所

二， 自驾及电动车比例增加及每车半导体价值提升是两大驱动力

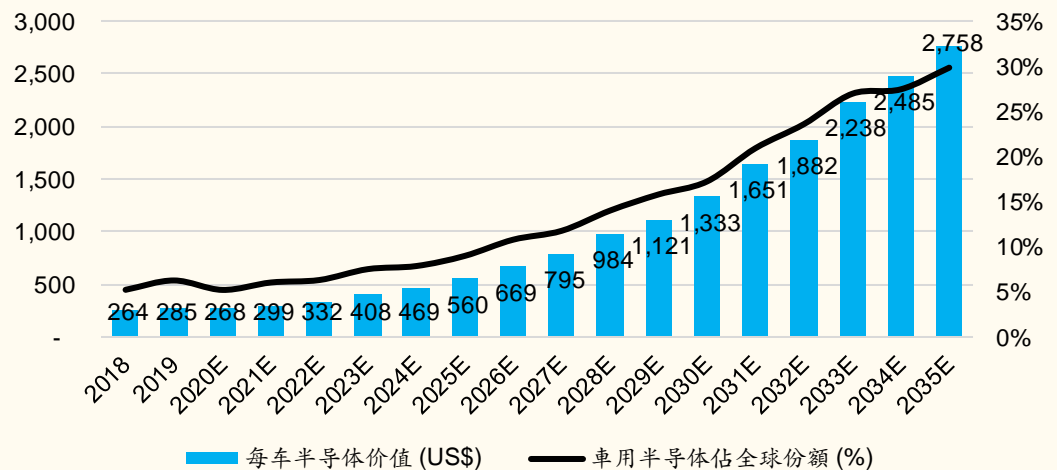
未来半导体产业多样化的动能无虞，亿物联网遍地开花的长期成长趋势不变，但以份额而言，我们认为汽油引擎车转马达电动车，接着是由人驾转 SAE 3-5 级自驾车的占比提升，加上电动车及自驾车的技术演进（耗能降低，电池密度提升，电源转换系统重量降低，摄像头，感测器，雷达，激光雷达数量提升，及人工智能芯片运算能力提升但要求耗能持续降低），这些技术演进将逐步拉升每台电动车及自驾车的半导体价值，这两大驱动力对全球车用半导体公司及产业未来二十年将产生重大影响，因此我们不认同 IHS Markit 对全球车用半导体于 2019-2026 复合成长率约 7% 的预估，我们认为全球车用半导体市场于 2020-2035 年复合成长率应有机会超过 20%（主要系增加 AI GPU, FPGA, ASIC, 激光雷达，以太网络，碳化硅的价值及数量），远超过全球半导体市场在同时间的复合成长率的 5-6%，约占全球半导体市场（包括记忆体部分）的份额在 2035 年达到 30%（从 2020's 5%），每车半导体价值从 2020 年的 268 美元，暴增 10 倍到 2035 年的 2,758 美元。而中国车用半导体市场因中国及国际大厂主导全球马达电动车，车用电池，及 SAE Level 3-5 自驾市场及技术更新，我们因此预估于 2020-2035 年中国车用半导体市场的复合成长率应超过全球的 20%，达到近 25-30 个点的复合成长率。

图表 5: 人驾油车 vs. 自驾电动车的每车半导体价值比较

	2020 人驾汽油车	2025 L5 自驾电动车
摄像头 (Camera IC)	2-4 单位	8-10 单位
传感器 (Sensor)	6 单位	10 单位
激光雷达 (Lidar)	无, 每单位 50,000 美金	每单位 1,000 美金, 4-5 个单位
毫米波雷达 (mmWave Radar)	2	10 单位
无线通信 (Wireless)	蓝牙, WiFi, 4G	C-V2X, 5G, Space X's Starlink
射频功率放大器 IC	1	16 氮化镓 GaN/砷化镓 GaAs/硅 Silicon
有线通信	LIN, CAN, FlexRay, MOST	LIN, CAN, FlexRAY, MOST, >20 以太网端芯片
人工智能芯片	NXP/Mobileye MCU	Nvidia Orin, MobileYE Q5/6, Intel CPU, 地平线 征程 5/6, Xilinx FPGA, 黑芝麻 A1000
人工智能系统	高级驾驶辅助系统	Waymo One, Tesla FSD, GM Cruise, 百度 Apollo, AutoX
电力功率器件 (Power)	二极管, 低压 MOS 器件, 18x Power MOSFET (US\$71)	250x MOSFET (US\$455), IGBT 绝缘栅双极型晶体管, 碳化硅 SiC, 氮化镓 GaN
多层陶瓷电容器 MLCC	2.5k	13k
电源管理 (PMIC)	20-30 单位	100-150 单位
每车半导体美元价值	300	4,000-5,000

来源: 国金证券研究所

图表 6: 每车半导体价值及车用半导体占全球份额变化



来源: 国金证券研究所

那为什么我们比专业研究机构较为乐观, 而预估全球车用半导体市场于 2020-2035 年复合成长率可能超过 20%呢? (1% CAGR 来自于全球车市成长, 9-11% CAGR 来自于每车车用芯片数目增长, 8-10% CAGR 来自于芯片平均单价提升)。以中国大陆为例, 根据中国汽车工业协会预估, 汽车搭载芯片的数量在快速增长, 电动车搭载芯片的数量高于燃油汽车, 2012 年, 中国生产的汽车安装的平均芯片数目约为 438 颗, 2017 年增加至 580 颗, 预测 2022 年将增加至 934 颗 (5 年复合成长率达 10%), 而同时期外国品牌增加一倍到 1,119 颗 (5 年复合成长率达 7%), 因为通常新能源电动车加了更多的电子控制单元用在区域网

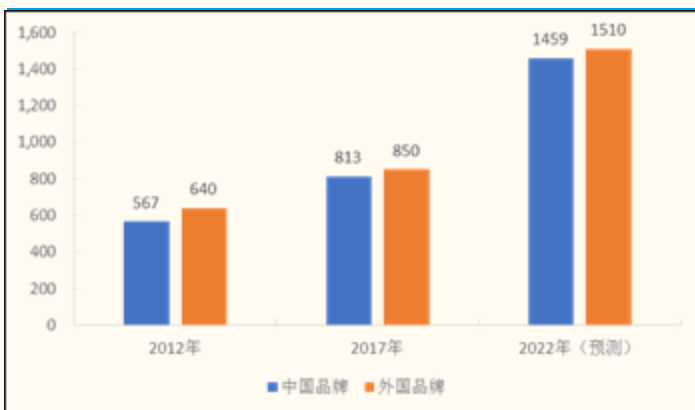
络，驱动系统，摄像头传感系统及先进驾驶辅助系统，其国内，国外品牌电动车平均芯片数目于 2022 年将高达 1,450-1,500 颗（5 年复合成长率高达 12%）。

图表 7：用于传统燃油汽车的平均芯片数目



来源：中国汽车工业协会，国金证券研究所

图表 8：用于新能源电动车的平均芯片数目

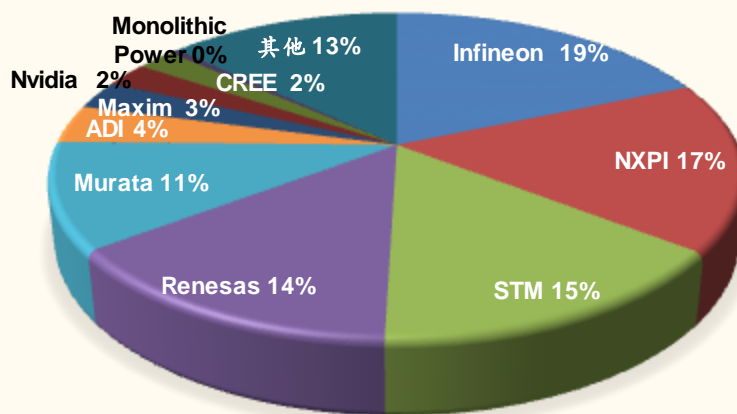


来源：中国汽车工业协会，国金证券研究所

三，全球车用半导体市场，未来与现在大不同

归因于电动车对功率半导体的需求大增，全球功率半导体龙头英飞凌 (Infineon Technologies) 的全球车用半导体市场份额从 2019 年的 16.7%，拉高到 2020 年的 18.5%，一举抢下恩智浦 (NXP) 蝉联多年的全球车用半导体龙头宝座。而目前十大汽车半导体厂商合计占全部市场的八成以上，市场集中度偏高。特别的是，目前全球前五大汽车半导体厂皆是由整合元件制造商 (IDM) 掌控，合计持有超过 70% 份额，主要系车用半导体主要多是用 6”，8”，及 12” 特殊制程生产各种功率器件及微控制器，而且这些产品和半导体制程工艺都需要经过全球车厂数年及非常严格的品质，可信度，耐高温严寒等测试。

图表 9：2020 年全球 10 大车用半导体厂商份额比较



来源：各公司公告，国金证券研究所

虽然全球车用半导体产业，目前由传统的整合元件制造商 (IDM) 掌控，但我们预期未来有些前十大，甚至前五大车用半导体厂都可能易主，主要是因为当 SAE L3-L5 自驾系统兴起，人工智能，摄像头感测器，激光雷达，毫米波雷达，蜂窝车联网 C-V2X 的射频放大器，以太网芯片公司的兴起，而这些芯片很多是由无晶圆设计公司，或非传统车用的 IDM 半导体大厂在主导，尤其在人工智能方面，有特斯拉自研的双人工智能 ASIC 芯片，英伟达的 Orin AI 计算平台及 Cuda 软件，谷歌张量处理器 (Tensor Processing Unit)，英特尔 / Altera/Mobileye 的 CPU/FPGA/AI 解决方案，地平线 L3/L4 自动驾驶 (16nm 制程 3.0 芯片，及未来的 4.0, 5.0)，苹果自研自驾车用 AI 芯片；在车用摄像头感测芯片方面，有索尼，三星及韦尔的豪威；在激光雷达方面，有 Lumentum，

AMS, IIVI, 英特尔, Waymo/谷歌; 在蜂窝车联网 C-V2X 方面有 Skyworks, Qorvo, Avago/博通, 及其加工厂的稳懋, 宏捷科, 三安光电, 还有磊晶外延片 IQE, 全新光电, Kopin 等供应商; 在以太网芯片方面有博通, 美满及瑞昱的以太网芯片, 除了英伟达之外, 这些公司目前都排不上前十大车用半导体厂商, 但以后车用人工智能及激光雷达芯片的全球龙头, 确实有机会进入全球前十大车用半导体厂商。

四, 自驾带动 AI, 激光雷达, 摄像头, 毫米波雷达, 蜂窝车联网, 及以太网芯片需求

1. 出租车与自用车在自驾 AI 脑平台决策层的竞争

根据我们在自驾 AI 脑平台决策层的研究, 就美国自驾出租车, 公交车运营商而言, Waymo One 的技术还有大数据里程数明显领先 GM Cruise, 但大多都采用 2-4 颗英伟达的 GPU 及 2-4 颗英特尔的 x86 CPU 芯片架构, 加上庞大的视觉感测系统, 我们估计其 AI 芯片加上视觉软硬件成本将轻易超过 15 万美元; 而就全球自用自驾车而言, Tesla 的自研人工智能双 ASIC 芯片, 低成本视觉架构, 超过 10 亿英里大数据里程数, 在成本 (不超过 2 万美元假如包括软件) 效率 (SAE L3-L4 FSD) 的比较上, 都遥遥领先英伟达及 Mobileye 的解决方案, 我们认为英伟达的 AI GPU 虽然拿到最多的设计方案, 也有极优秀的精确度, 但因整体建制成本过高, 比较适合可以分摊折旧, 长时间创造营收运营的自驾出租车队, 而不适合一般自用车, 所以全球自驾自用车要普及, 英伟达必须将其自驾车芯片平台成本大幅降低, 否则我们将看到 Tesla 的自驾 Full Self-Driving FSD 自用车持续主导 L3-L4 自驾自用车市场。

图表 10: 美国出租车及自用车自驾平台芯片及视觉系统比较

	Waymo One	Tesla	NVIDIA	GM Cruise	Mobileye/Intel
SAE 级数	L4-L5	L3-L4 FSD	L2-L4 FSD	L4-L5	L4-L5
主攻市场	公交, 出租车	自用	自用, 公交, 出租车	公交, 出租车	自用, 出租车
AI 芯片	2-4x Nvidia GPU, 谷歌张量处理器, FPGA	Dual ASIC (12 ARM A72 cores, 4 NPU cores), 260mm ² , 144 Tera OPS	AGX Orin 170 亿晶体管, 200 Tera OPS, tsmc 7nm	2-4x Nvidia GPU, FPGA	EyeQ5, tsmc 7nm, 24 Tera OPS; EyeQ6 tsmc 7nm, 67 Tera OPS
CPU	2-4x Intel 或 ARM CPU	2-4x Intel x86	2-4x ARM Hercules CPU	2-4x Intel 或 ARM CPU	2-4x Intel 10nm Tremont
视觉传感器	5x 光达, 4x 雷达, 1x 360 度摄像头, 8x 摄像头	8x 摄像头, 12 超声波感测器, 1x 雷达	依照客户选择	5x Velodyne VLP 16 光达, 16x 摄像头, 21x 毫米波雷达	激光雷达, 自研(2025), 雷达, 摄像头
AI+视觉软硬件成本	超过 20 万美元	1-2 万美元	3-6 万美元	超过 15 万美元	1-2 万-5000 (2025) 美元
客户及合作伙伴	Honda by 2020, Nissan/Renault (2019)	Model S, 3, X, Y	Volvo/吉利, Audi by 2020, Daimler AG by 2018, 博世 Bosch, Paccar for truck, Toyota 2017 May, autoliv/volvo (Zenuity), ZF/Baidu (2022), DHL, Deutsche Post AG, Uber, Hyundai/VW Aurora, Continental (2021), 小鹏 P7, NIO (2022)	GM, Softbank (2018), Honda (2018), Microsoft (2021)	BMW/Mini/Rolls-Royce by 2021, Fiat Chrysler, Delphi, 小鹏 G3, 蔚来, 威马, 理想
驾驶区域	凤凰城 1000 万英里	Global 10 亿英里	不明	超过 200 万英里	Global 3 亿英里
量产时点	2019	2019	2022-2023	2019	2023

来源: 各公司公告, 国金证券研究所

就中国大陆自驾出租车，公交车运营商而言，百度 Apollo Go 的技术还有大数据里程数明显领先 Auto X，但两方案应该都是采用英伟达的 GPU 及英特尔的 x86 CPU 芯片架构，加上庞大的视觉感测系统，我们估计其 AI 芯片加上视觉软硬件成本将超过 10 万美元；而就国内自用自驾车而言，地平线征程 5/6 7nm 的自研人工智能 ASIC 芯片，应该明显领先黑芝麻的 A1000 16nm 芯片解决方案，但若比较 Tesla 自研芯片，英伟达的 AI GPU，英特尔 Mobileye Eye Q5/Q6，除了价格及成本优势外，国内自研自驾车 ASIC 芯片，应该还需要 2-3 年的时间才能追上国际大厂。

图表 11：国内出租车及自用车自驾平台芯片及视觉系统比较

	地平线 Horizon Robotics	Black Sesame 黑芝麻	百度/Apollo Go	AutoX
SAE 级数	L3-L4	L3-L4	L4-L5	L4-L5
主攻市场	自用	自用	公交，出租车	公交，出租车
AI 芯片	征程 5/6, tsmc 7nm, 96/400 Tera OPS	4x A1000 tsmc 16nm, 280 Tera OPS	Nvidia GPU, Xilinx FPGA, Infineon MCU	2-4x Nvidia GPU, FPGA
CPU	4x ARM Cortex A53	8x ARM CPU	Intel CPU	2-4x Intel 或 ARM CPU
视觉传感器	激光雷达，毫米波雷达，摄像头	激光雷达，毫米波雷达，摄像头	5 摄像头，12 超音波感测器，毫米波雷达，光达	5x 激光雷达，毫米波雷达，摄像头
AI+视觉软硬件成本	1 万美元上下	1 万美元上下	超过 10 万美元	超过 10 万美元
客户及合作伙伴	SK 中国，SK Hynix，长安，上汽，一汽，理想，奇瑞，长城，奥迪，大陆集团，广汽	比亚迪，蔚来，芯动能，上汽，SK 中国，招商局	吉利，威马，一汽红旗，大众，丰田，福特	阿里巴巴，东风，上汽，比亚迪，FCA，奇瑞，长城，滴滴出行，高德，大众出行
驾驶区域	不明	不明	长沙，北京，超过 200 万公里，300 L4，45 张执照	加州，上海 (100)，深圳 (25)，武汉
量产时点	2022-2023	2021-2022	2019	2020

来源：各公司公告，国金证券研究所

- Waymo / 谷歌的 SAE L5 出租车自驾方案：不同于 Tesla 的 Full self-driving 自驾车，驾驶还是要时时将手放在驾驶盘上，并介入突发状况，而去年谷歌推出的 Waymo One，就决定把安全驾驶员移除，但对于远程操作员仍需才孔急，而 Tesla 已经透过其全球使用客户进行 L3 自驾功能，并有上千位测试客户进行 L4 Beta 版本的测试，Waymo 还是仅在凤凰城进行测试，若要继续扩张，Waymo 还需要搭建出新区域的高精度地图，扩大服务区域到凤凰城以外的区域，尤其是车辆密集，行人，自行车混合，及有工地，大雨，大雪的区域。累计至 2020 年 12 月，谷歌的 Waymo 已经累计了 1000 万英里自动驾驶里程数的大数据，透过建置更庞大的无人驾驶出租车车队。我们认为谷歌是利用其在机器学习及云端软，硬件的技术领先优势，加上机器学习终端软件，固件 (firmware)，安卓物联网作业系统及半导体芯片整体解决方案模块 (由英伟达的图形处理器，谷歌张量处理器 TPU，英特尔 x86 中央处理器，及现场可编程门阵列芯片 FPGA/PLD 组合而成)，我们估计其整体 SAE L5 无人驾驶系统及视觉配备软硬件成本应超过 20 万美金 (尤其是安装 5 颗长，中，短程激光雷达，4 颗雷达，9 个摄像头)，来进行无人驾驶整车制造。虽然建造成本高昂，但 Waymo 自动驾驶系统在时速 100 里以下行进时的精确度，安全防护，资料中心/云端训练学习应明显的领先同业，而像安卓物联网作业系统 Android OS 主导智能手机般地抢下乘坐共享服务业，出租车 / 公交车等公共运输服务业，及产品运送的物流服务业 (Waymo Via) 等大部分的自动驾驶市场。

图表 12: Waymo 的视觉系统配备

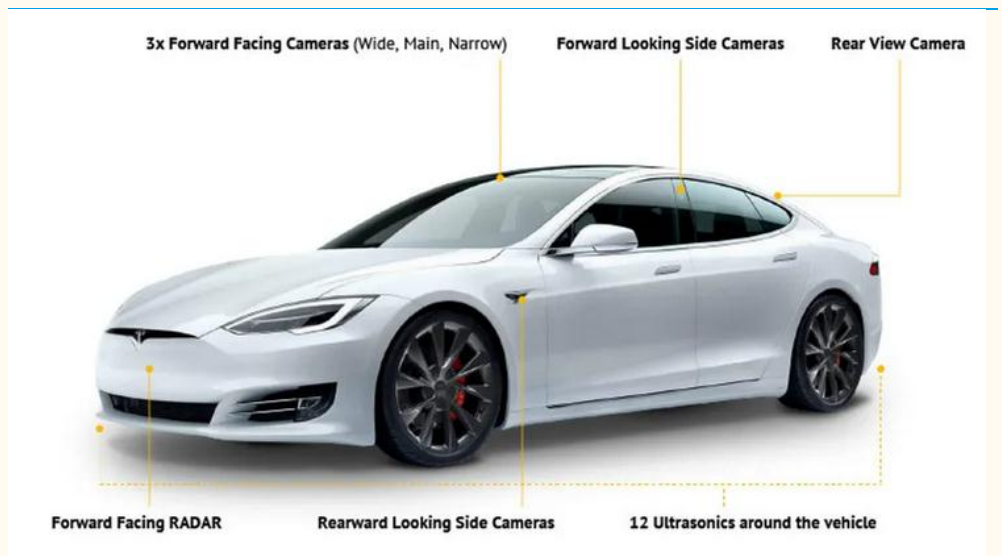


来源：谷歌，Wevolver，国金证券研究所

■ Tesla 是全球自用车里程数及低成本 L3/L4 自驾的赢家：

- ✓ **低成本视觉系统：**不同于 Waymo，英伟达，Mobileye / Intel，地平线，百度，华为，滴滴，阿里巴巴，富士康及国内各大车厂的激光雷达解决方案，特斯拉宣称人眼的视觉就像摄像头（可视距离达 250 公尺），坚持不使用激光雷达（可视距离也是 250 公尺），所以 Tesla 透过 3 颗前置摄像头（60, 150, 250 公尺视觉距离），1 颗后置摄像头（50 公尺视觉距离），4 颗前后侧边摄像头（80-100 公尺视觉距离），12 颗环绕车身的超音波感测器（感测距离 8 公尺），及一颗前置雷达（160 公尺视觉距离）推出的 L4 自动驾驶解决方案，整体额外自驾视觉功能硬件成本应该不超过 3000 美元。

图表 13: Tesla 的视觉系统配备

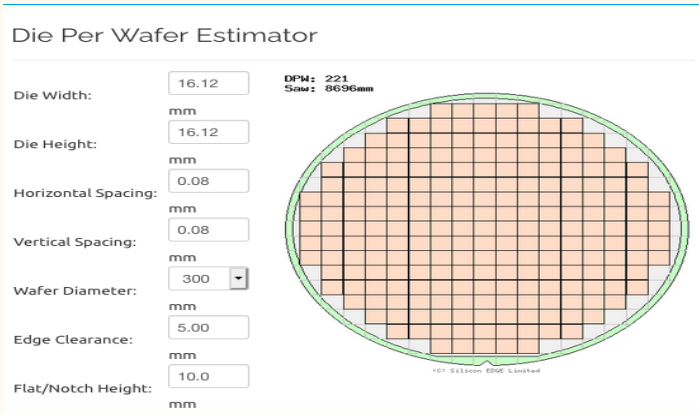


来源：Tesla，Wevolver，国金证券研究所

- ✓ **低成本 AI 芯片：**再加上 Tesla Hardware 3.0 于 2019 年所推出的自研 ASIC 双芯片，双核架构，采用 12 核心 ARM Cortex-A72 CPU，两颗双核 36 Tera OPS 的 AI NPU (Neural Processing Unit, $4 \times 36 = 144$ TOPS)，三星 14nm 制程工艺，60 亿个晶体管，芯片面积 260mm²，假设 14nm 近 6,000 美元晶圆代工成本加上 3,000 美元封测成本，良率 90%，每片晶圆可以切割 200 颗芯片来测算，每片芯片制造成本约 45

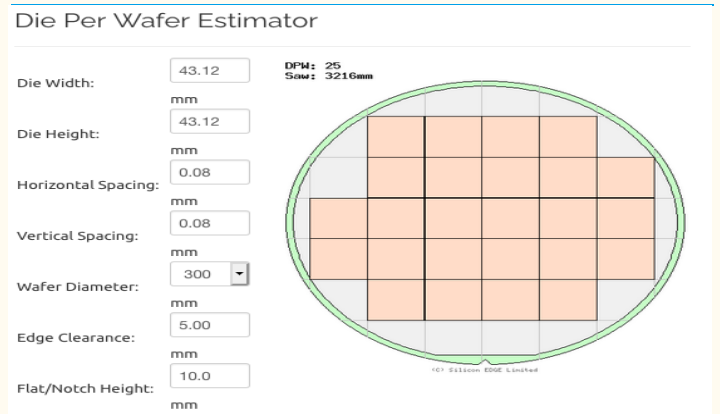
美元，一组 AI 芯片成本不超过 100 美元，这是远低于英伟达上千甚至上万美元的人工智能芯片的解决方案，而根据工商时报 2020 年 8 月报导，Broadcom 博通与 Tesla 于今年四季度将采用台积电 7nm 制程及 CoWoS (Chip On Wafer On Substrate) 封装技术合作开发及量产新一代车用 AI 芯片，每 12 “晶圆只能切割 25 颗芯片，这相当于每片芯片面积将从 260mm² 大增到 1850mm²，假设 7nm 以 10,000 美元晶圆代工成本加上 3,000 美元封测成本，良率 60%来测算（芯片面积增大对良率有负面效果），每片芯片制造成本不到 870 美元，一组 AI 芯片成本不超过 1,800 美元，还是低于英伟达数千，甚至数万美元的人工智能芯片解决方案。我们预估这样整体自驾解决方案软硬件成本不超过 2 万美元。

图表 14: Tesla Hardware 3.0 每片晶圆 AI 芯片数



来源：Tesla, Silicon Edge, 国金证券研究所

图表 15: Tesla 每片晶圆新 AI 芯片数

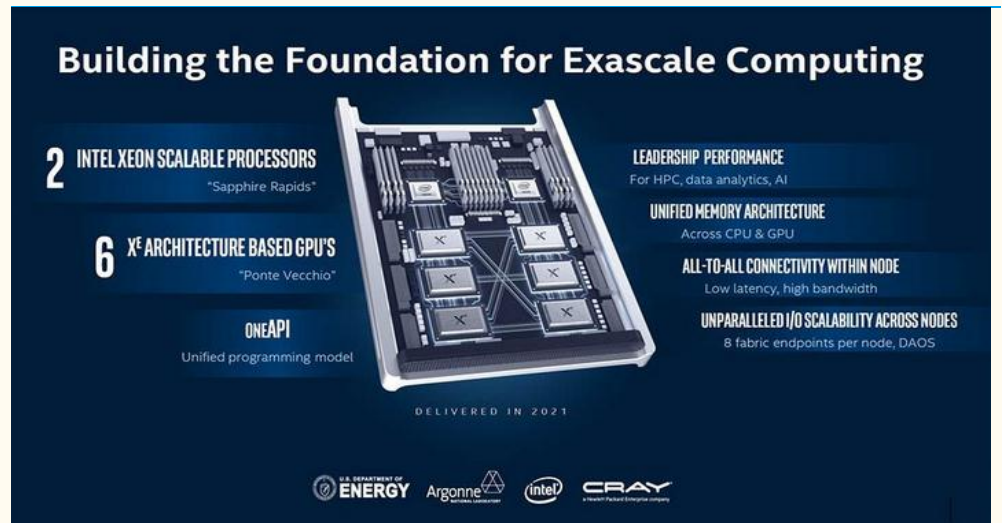


来源：Tesla, Silicon Edge, 国金证券研究所

- ✓ **Tesla 100 倍于 Waymo 的实际自驾里程数：**虽然 Waymo 直攻 SAE L5 自驾，但 Tesla 的 10 亿英里累计辅助驾驶里程将提供其最近开发出的 L4 FSD Full self driving beta 版本软体更新最大的实体数据库，加上数千名早期测试客户，不断帮 Tesla 新版 FSD 除错，加上其视觉系统及 AI 芯片强大的成本优势，我们认为 Tesla L4 自驾系统将领先各大自用车厂 L4 自驾系统实地应用达 2-3 年，而 Waymo 超过 20 万美元，Cruise 超过 15 万美元成本的自驾系统，短期内根本无法被售价 5-10 万美元的自用车来采用。
- **Nvidia 英伟达自驾方案有最多的设计方案，但进度明显落后：**虽然英伟达的自驾方案在成本，量产时点，及实际自驾里程数仍无法跟特斯拉相比，但因为其通用型图形处理器芯片及 Cuda AI 软件优势，英伟达目前争取到最多车厂的自用，公交，及出租车设计方案，如英伟达在 2019 年 3 月宣布 Toyota 用其 L2/L3 的 AGX Xavier 芯片（30 每秒兆次运算，TOPS）及 Drive PX 自驾平台。在 2019 年 6 月宣布 Volvo Group 采用其 AGX Pegasus 芯片（320 每秒兆次运算，TOPS）在卡车产品线发展自驾，在 2021 年一月宣布 NIO 蔚来电动车将采用 L3/L4 的 Orin SoC 安装在 ET7 sedan 自用车，预计 2022-2023 年量产；宾士自 2024 年开始，也将使用英伟达 Orin SoC 为旗下新车款的标准配备，加上谷歌的 Waymo One, GM Cruise, Uber 等出租车自驾平台应该都有采用两颗英伟达的人工智能 GPU 芯片，但奇怪的是目前这些在 2018 到 2019 宣布的合作案，到目前进度都不是很明朗，无论在解决方案成本，量产时点，实际自驾里程数的积累成果都明显落后于特斯拉的解决方案，我们以为 Tesla 就像智能手机界的苹果，提供其客户自我研发的芯片硬件及 FSD (Full Self-Driving) 软件整合的自驾平台，而英伟达及 CUDA 加 GPU/CPU 芯片就像 Google 谷歌的 Android，但多加了硬件芯片的整合，所以软硬件整合的难度变高，研发时间拉长，也让客户受到更多的芯片选项限制，这就好像在过去的电脑平台上，英特尔一方面要提供独家的芯片方案，制程工艺及设计要不断的演进，还要同步配合其自行开发的作业系统，应用软件，这样就没有所谓微软，客户彼此间技术差异就不大了。

- **Mobileye/Intel 有机会打破英伟达在 L4/L5 自驾 AI 芯片及软件的垄断：**在辅助驾驶系统 ADAS L2 (70%份额) 有压倒性优势的 Mobileye/Intel 在转化为 L3-L5 自驾系统后，目前有与 BMW/Mini/Rolls-Royce, Fiat Chrysler, Delphi 从 2017 年开始合作外，目前产品推出进度仍然明显落后于特斯拉及英伟达的自用车自驾系统，之前宣布要在 2020 年推出 EyeQ5 及自驾出租车，目前看起来也不太可能有竞争力，但 2023 要上市的 EyeQ6 芯片配合与英特尔硅光子团队合作研发的调频连续波 (Frequency Modulated Continuous Wave, FMCW) 技术的激光雷达，预计将能把自驾系统成本从 1-2 万美元，在 2025 年降低到 5000 美元左右，加上 Intel 预计于 2021 年底推出其服务器用 7nm 人工智能 GPU Ponte Vecchio，我们不排除英特尔将利用其在多样化专利权的优势，来整合出更有竞争力的 AI 芯片产品，再透过其辅助驾驶系统的龙头地位来加速升级其 L2 客户到 L3-L5。

图表 16: Intel Xe 架构 AI GPU Ponte Vecchio (2021)



来源: Intel, 国金证券研究所

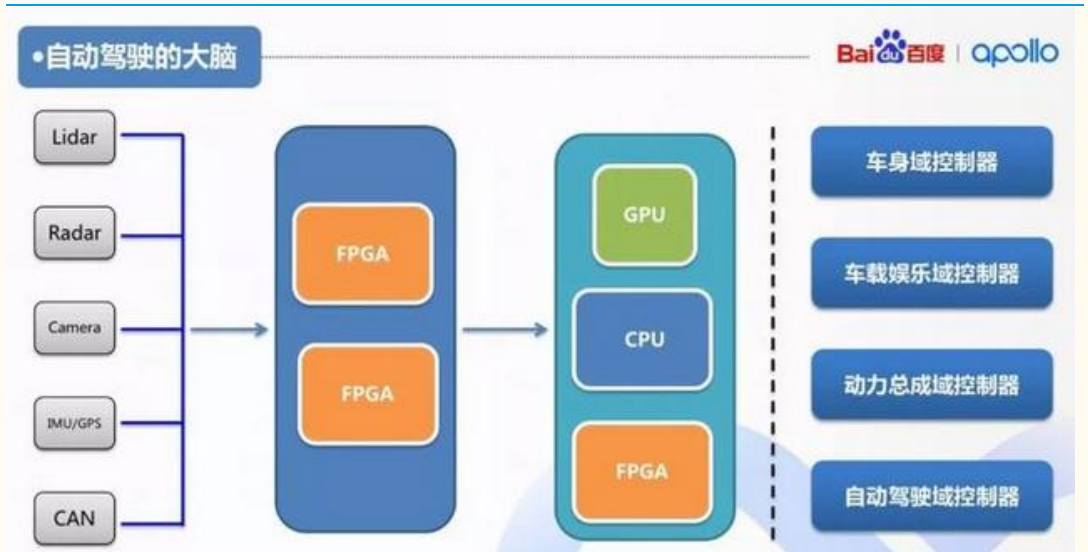
图表 17: Mobileye/Intel 的自驾芯片蓝图



来源: Mobileye An Intel Company, 国金证券研究所

- Cruise 是 Waymo 最大的竞争者:** 当微软 Azure 于今年一月宣布将与 GM Cruise 合作, 帮助其建立云端自驾商业化系统, 并宣布与 GM, Honda, 及其他机构共同投资 Cruise 20 亿美元, 一口气把 GM Cruise 的市值提高到 300 亿美元。加上从去年底开始加速在旧金山市区合法测试无人的 L5 自动驾驶, 及 GM 在全电动车硬件的制造及支援能力, 我们预期 Cruise 将成为 Waymo 在美国及全球最大自驾车竞争者。因为主要专注于出租车及公交车自驾市场, GM Cruise 跟 Waymo One 类似, 采用 2-4 颗英伟达的 AI GPU 及 2-4 颗英特尔或 ARM 的 CPU 芯片, 并安装高达五个, 价格昂贵的激光雷达, 16 个摄像头, 21 个毫米波雷达, 我们估计其芯片, 硬件及软件建制成本应该跟 Waymo One 类似, 超过 15 万美元, 明显不适用于自用车。
- 百度的整车制造及 Apollo Go 的软硬通吃:** 在紧盯学习着谷歌的搜寻引擎及谷歌 Waymo 自驾出租车的事业拓展, 百度终于摆脱谷歌的阴影, 率先决定跨入自驾车整车软件, 硬件制造, 于今年初与吉利控股宣布成立智能汽车公司, 在百度 Apollo Go 尚未进入自驾 ASIC 芯片设计, 制造之前, 我们认为公司的决策层芯片架构将采取开放平台, 其中当然以 2-4 颗 Xilinx 赛灵思的 FPGA, 英特尔的 CPU 及英伟达的 GPU 为主要自驾芯片, 来接收来自摄像头, 超音波感测, 激光雷达, 毫米波雷达感知层的各种数据, 及执行计算单元决策层的各种判断。百度 Apollo Go 有超过 200 万公里的自驾实路测试, 300 辆以上 L4 自驾车, 及 45 张执照, 我们相信百度将成为国内自驾出租车市场的三大运营商之一。

图表 18: 百度 Apollo 自驾的开放平台芯片架构



来源：百度，知乎@李科男，国金证券研究所

- 阿里巴巴的 AutoX 迎头赶上：**虽然在自驾车队数量明显低于百度，但 2016 年才成立的 AutoX 于 2018 年与武汉的东风汽车达成战略合作，2020 年 7 月获得加州首发的第二张自驾牌照，2021 年二月首次开放深圳民众试乘 L5 自驾出租车。类似于 Waymo One, GM Cruise, Auto X 人工智能芯片架构主要应该用英伟达 GPU 及英特尔 x86 CPU，来控制 5 个激光雷达，数个毫米波雷达及摄像头，其 AI 及视觉软硬件成本应该超过 10 万美元以上，不同于百度主要系与各大国内车厂合作，AutoX 除了与东风，上汽，比亚迪等车厂合作外，也与出租车运营商入滴滴出行，大众出行合作，并透过阿里巴巴与高德地图合作，我们预期 AutoX 将成为国内自驾出租车市场的三大运营商之一。

图表 19: Auto X 的感知视觉系统



来源：Auto X，国金证券研究所

- 国内辅助驾驶芯片龙头地平线：**去年 9 月，地平线（Horizon Robotics）发布新一代车载 AI 芯片征程 3（Journey 3），其中采用台积电 16nm 制程工艺，整合 4 颗 ARM Cortex A53 CPU，一颗 AMR Cortex R5 MCU，两颗 BPU（Brain Processing Unit），但 10 Tera OPS（每秒 10 兆次运算，TOPS）明显低于特斯拉及英伟达已经上市的解决方案，所以可能要等到 2022—2023 年推出用台积电 7nm 制程工艺的征程 5/6（96 Tera OPS/400 Tera OPS）才可能有能力支援 L3-L4 自驾。地平线征程 2 在长安 UNI-T 和奇瑞蚂蚁两款车型上分别实现了高级辅助驾驶域（ADAS）国产 AI 芯片量产上车的零突破，并且在 6 个月内完成 10

万片出货。目前，地平线已同长安、上汽、广汽、一汽、理想汽车、奇瑞汽车、长城汽车，以及奥迪、大陆集团、佛吉亚等国内外知名车厂深度合作，俨然已经成为国内自驾芯片的先驱者。

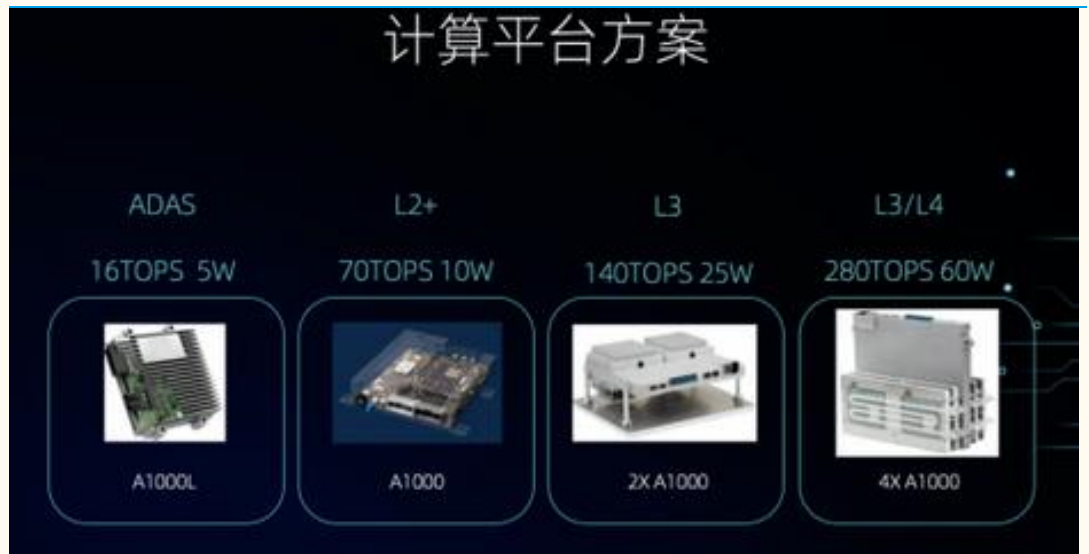
图表 20: 地平线征程 3 芯片规格

Journey 3 Key Features	
CPU Cores	<ul style="list-style-type: none"> Quad-Core ARM Cortex® A53 1x Cortex R5 MCU assistant
Brain Processing Unit	<ul style="list-style-type: none"> Dual core Bernoulli-architecture v2 BPU specialized in Neural networks model inference Equivalent 5 INT8 DL TOPS . Fully optimized for ADAS and AV driving scenario
Memory	<ul style="list-style-type: none"> 32-bit off-chip DDR4/LPDDR4/LPDDR54x; Up to 4GB DRAM capacity; Inline ECC;
Image Processing	<ul style="list-style-type: none"> High performance ISP for superb image quality Multi-camera, multi-exposure HDR, 3A functions, local tone mapping, 3DNR/LDC/GDC Up to 8Mp@30fps
Video codec	<ul style="list-style-type: none"> H.264 and H.265 video codec at 4k@30fps. MJPEG, 8Mpixels@30fps CBR/VBR/AVBR/FixQp/QpMap Bitrate control JPEG encode/decode up to 16Mpixels resolution
Camera input and output	<ul style="list-style-type: none"> 3x MIPI CSI-2 receivers; 2.0Gbps per lane; Total 8 lanes/16Gbps; 4096x2160pixels@30fps input RAW 8/10/12/14/16-bit; 8/10-bit YUV 422 1x MIPI CSI-2 transmitter; 4 lanes; 8Mpixels@30fps output; Shared TX DPHY with DSI TX 1x MIPI DSI transmitter; 4 lanes; 2Mpixels@60fps output; Shared DPHY with CSI TX
High speed peripherals and I/Os	<ul style="list-style-type: none"> One 100M/1G Ethernet MAC; RMII and RGMII interface for external Ethernet PHY USB 3.0 Device/Host 3x SDIO/SD3.0; 4x UART; 3x SPI; 6x I2C; 2x I2S; 1x QSPI; 9x PWM

来源: Horizon Robotics, 国金证券研究所

- 黑芝麻芯片纸上规格超人一等：**于 2017 年，蔚来、芯动能向黑芝麻投资了近亿元。2019 年 4 月，黑芝麻又获得了上汽、SK 中国、招商局等机构的 B 轮投资。于 2020 年 6 月，黑芝麻智能科技发布其华山二号 A1000/A1000 Lite 芯片，华山二号 A1000 芯片具备 40-70TOPS 的算力，甚至数倍于同样采用台积电 16nm 制程工艺的地平线征程 3 芯片，单颗 A1000 组成的控制器，可以支持 L2+级自动驾驶，2 颗、4 颗并联，则分别可以实现 140 TOPS 和 280 TOPS 的算力，用来支持 L3，甚至是较简单的 L4 级自动驾驶系统。在 SoC 芯片内部集成了一个名为 DynamAI NN 引擎的 NPU（神经处理单元）来进行 AI 加速。这个 NPU 内部可搭载 4 个 3D 卷积 MAC 阵列、1 个 2D GEMM 阵列，以及 1 个 EDP 运算单元和 5 个 DSP，支持 4/8/16 位多种运算精度，工作频率为 1.2GHz。除了 AI 核心之外，这颗 SoC 内还集成了自研的高性能 ISP，最多接入 12 路高清摄像头的画面，最高甚至可以达到 4K 分辨率。再加上高达 30Gbps 的高带宽，让其可以每秒处理 12 亿像素。此外，A1000 还支持 HDR 处理，通过长短曝光的图像进行拟合，来让汽车在黑暗、逆光等不利环境下也能看的清楚。黑芝麻智能科技表示，华山二号 A1000 硬件开发平台测试阶段已完成，并于 2020 年，将软件 SDK，L3 DCU 参考设计提供给客户，并预计于 2021 年底，搭载黑芝麻华山二号芯片的车型将正式量产。但除了这些漂亮的纸上规格外，公司并没有公布目前哪些车厂，哪些车型会采用华山二号芯片以及其出货量的预测。

图表 21: 华山二号芯片算力平台



来源: OF week 维科网, 黑芝麻, 国金证券研究所

■ 华为海思, Aurora, ZooX, Motional, Yandex SDG 的其他参与者:

- ✓ 华为海思在美国商务部进行美国技术及限制台积电使用半导体设备为海思生产芯片的全封锁前, 其自研 12nm 的 AI 芯片昇腾 310, 7nm 昇腾 910 ASIC, 鲲鹏 CPU 系列, 及各种感知层影像处理芯片, 华为海思的芯片解决方案是唯一能跟英伟达 GPU, 特斯拉 ASIC, MobileyeEyeQ6 对标的 ASIC 芯片方案, 虽然华为还是会持续发展自动驾驶作业系统, 软件, 硬件整合, 感知层, 决策层配套芯片整合, 及利用非美控制的成熟制程进行芯片制造, 但缺乏台积电的先进制程工艺的 7/5/3nm ASIC 芯片, 也就是缺乏执行效率, 耗能, 及成本优势, 这多少会影响其在自动驾驶系统的长期竞争力。
- ✓ Uber 在 2020 年底, 将其自驾部门以 40 亿美元卖给 Aurora Innovation, 在经过股权整合后, Aurora 现在的背后股东有红杉资本 (Sequoia Capital), 亚马逊, 丰田汽车, 软银愿景基金, Denso, 及 Uber, 并预计在 2021 年底前推出以丰田 Sienna 改装的自驾车。
- ✓ 除了投资 Aurora 外, 亚马逊于 2020 年 6 月花了 12 亿美元买下的新创公司 ZooX, ZooX 设计一辆全新设计配备 6 颗激光雷达, 多组雷达及摄像头, 133KWh 电池容量的无方向盘电动自驾车。
- ✓ 于 2020 年, 韩国 Hyundai Motor 跟 Aptiv 宣布于美国 Boston 成立自驾公司 Motional, 并预期于 2022 年推出其自驾出租车队。
- ✓ Yandex SDG (Self Driving Group) 是俄国版的搜寻引擎, 靠着 130 辆自驾车, 并已经在多个俄国城市及以色列提供自驾出租车的服务, 累计 400 多万英里的里程数, 与 Waymo, Cruise, 百度, Auto X 类似, 其自驾出租车也是光达及摄像头的组合,

2. 摄像头, 激光雷达, 毫米波雷达, C-V2X 蜂窝车联网在感知层的竞争

虽然 Tesla CEO 马斯克坚持使用类似双眼视力的摄像头, 就想达到 L3-L4 自动驾驶, 但目前看起来除了 Tesla 外, 大部分的 L4-L5 的出租车, 自用车的自驾系统, 都会加 1-5 个从 1,000 到 7.5 万美元成本的激光雷达来加强摄像头的视觉障碍, 当然还要配合 8 个以上的毫米波雷达来应付下雪, 暴雨, 深夜环境等特殊气候, 数十个摄像头, 还有 C-V2X (Vehicle to Everything) 才能在感知层避免视觉盲点。

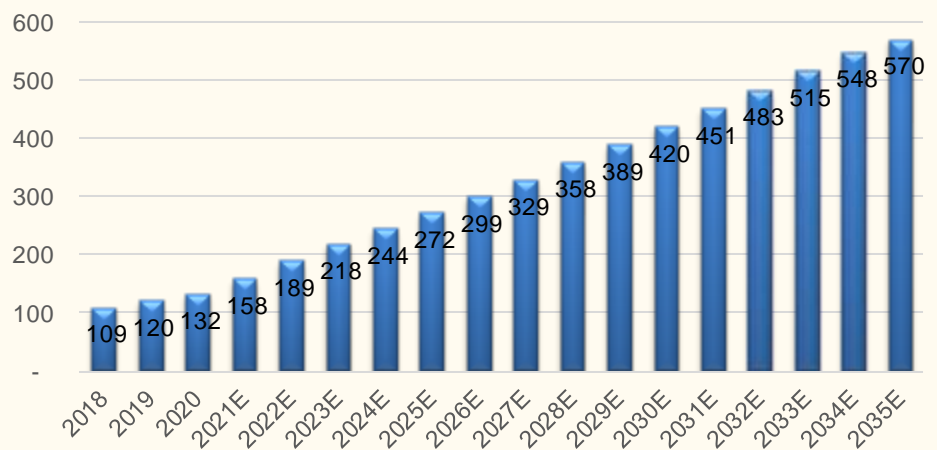
图表 22: 各种感测器的可视距离, 成本, 数据量比较

Sensor	Measurement distance (m)	Cost (\$)	Data rate (Mbps)
Cameras	0-250	4-200	500-3500
Ultrasound	0.02-10	30-400	< 0.01
RADAR	0.2-300	30-400	0.1-15
LIDAR	Up to 250	1,000-75,000	20-100

来源: Wevolver, 国金证券研究所

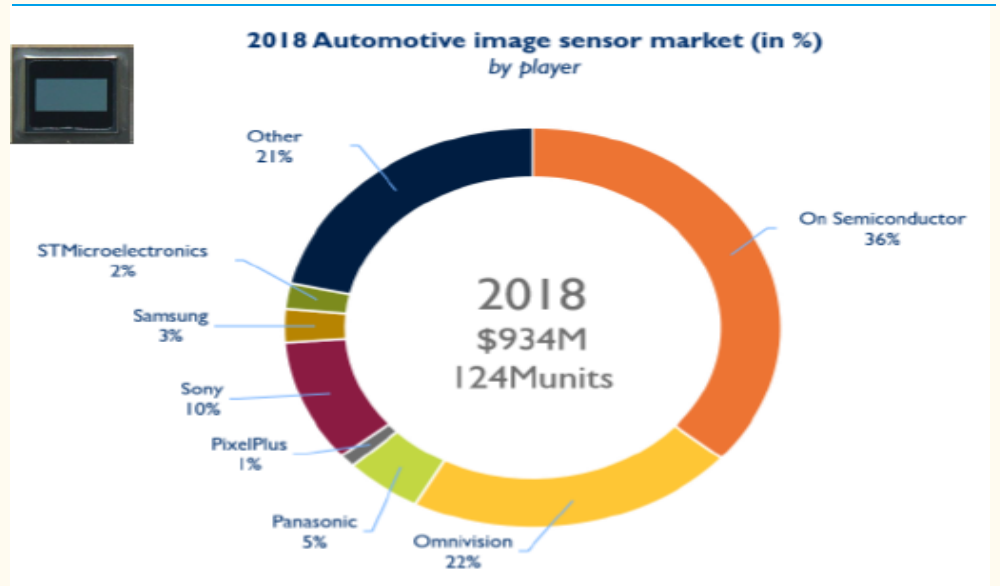
- 安森美及韦尔的豪威主导全球车载摄像头芯片市场:** 不同于平均一台 4G/5G 手机配备 2-4 个摄像头, 主摄像头甚至可以达到 6400 万或 1.08 亿个 pixels 像素, 我们预期车均摄像头数目有望从目前 1.0-1.5 个持续增加到 2035 年的 5 个以上 (L3-L5 自驾必备数颗前视, 后视, 环视, 侧视, 内视摄像头芯片), 估计全球车载摄像头芯片市场将从 2020 年的 1.3 亿颗, 增长到 2026 年的近 3 亿颗 (vs. IHS 预测的 3.25 亿颗), 然后增长近 4 倍到 2035 年超过 5.7 亿颗, 15 年复合增长率达 10%, 但这与轻易超过 30 亿颗的智能手机摄像头芯片数量还是有相当的差距, 全球车载摄像头芯片出货量占比在 2035 年, 应该还是无法超过 10 个百分点。虽然车载摄像头芯片销量在未来 15 年复合增长率会明显优于智能手机摄像头芯片销量复合增长率, 但在总数量上除了无法跟智能手机摄像头芯片相比, 而且目前前视主镜头芯片勉强支持到 1000 万个像素, 跟手机摄像头芯片在技术, 价格, 获利率上还是有很大距离。但就竞争者而言, 不同于智能手机摄像头芯片市场是由索尼及三星主导, 美国 On Semi 安森美是车载摄像头芯片龙头, 约有 30-40% 全球份额, 2013 年, 安森美收购 Cypress CMOS 部门, 2014 年收购高性能图像传感器供应商 Truesense Imaging 和 Aptina Imaging 两家公司, 并不断强化其图像传感器的设计技术优势, 目前是少数几家摄像头芯片公司能够提供全方位 (SAE L1-L5) 自驾系统所需要各种不同的摄像头芯片; 韦尔豪威 OmniVision 紧追在后, 约有 20-25% 份额, 加上索尼 Sony, 松下 Panasonic, 合计超过 70% 的全球份额, 市场高度集中。

图表 23: 全球车载摄像头芯片销量预测 (单位: 百万颗)



来源: 国金证券研究所

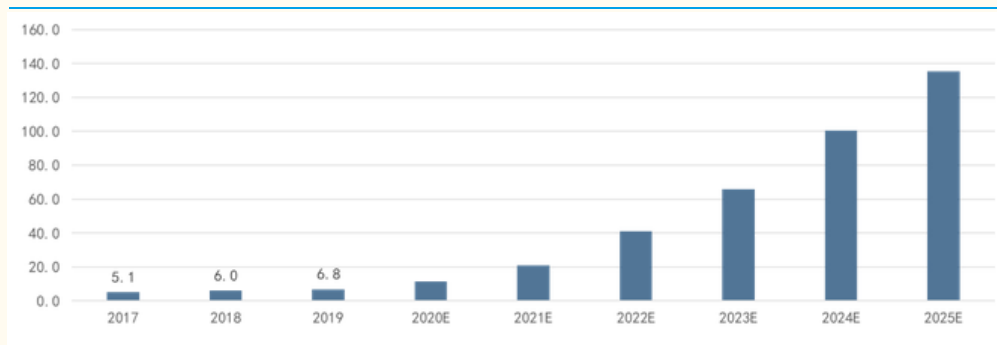
图表 24: 车用摄像头芯片供应商份额



来源: Yole Developpement, 国金证券研究所

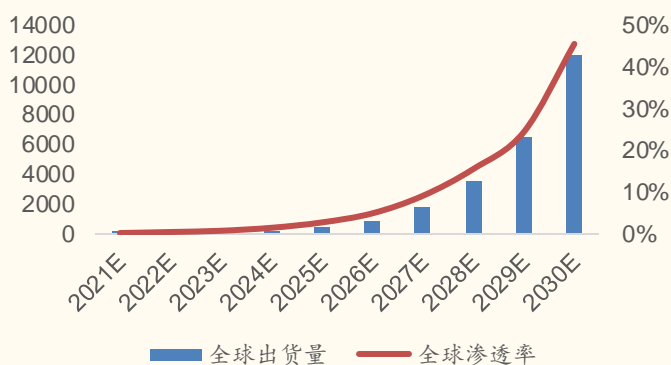
- **激光雷达半导体市场的赢家是 Lumentum 及赛灵思:** 刚才提到过虽然 Tesla CEO 马斯克坚持不使用激光雷达, 就要达到 L3-L4 自动驾驶, 但目前看起来除了 Tesla 外, 大部分的出租车, 自用车的 L4-L5 自驾系统, 都会加 1-5 个从 1,000 到 7.5 万美元成本的激光雷达, 根据行业研究机构 Forst & Sullivan 的预测, 未来受到 L3-L5 Robotaxi/Robotruck 自驾车队扩张, 车路协同的智慧城市, 专业服务机器人等领域需求的拉动, 全球激光雷达市场于 2019-2025 年的复合增长率达 64.5%, 从 2020 年的 10-12 亿美元, 增长超过 10 倍以上到 2025 年的 135.4 亿美元。但根据另一研究机构 TrendForce 较保守的预期, 未来受到 L3-L5 Robotaxi/Robotruck 自驾车队扩张, 车路协同的智慧城市, 运输, 工业等领域需求的拉动, 全球激光雷达市场于 2020-2025 年的复合增长率达 34%, 从 2020 年的 6.82 亿美元, 增长超过 4 倍以上到 2025 年的 29.32 亿美元。而国金通信罗露首席预测 2030 年全球激光雷达前装量产市场出货量将超过 1.2 亿个, 2021-2030 年复合出货量增长率达 120%, 2030 年全球激光雷达前装量产市场规模将达 233 亿美元, 2021-2030 年复合增长率近 90%。

图表 25: 全球激光雷达市场规模 (亿美元)



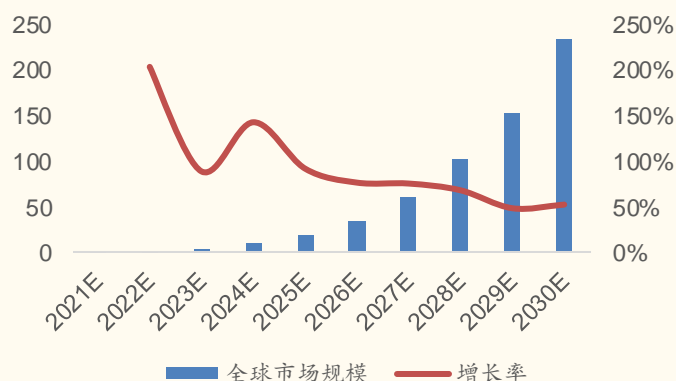
来源: Frost & Sullivan, 国金证券研究所

图表 26: 全球激光雷达前装量产出货量预测



来源: 国金证券研究所

图表 27: 全球激光雷达前装市场规模预测 (亿美元)



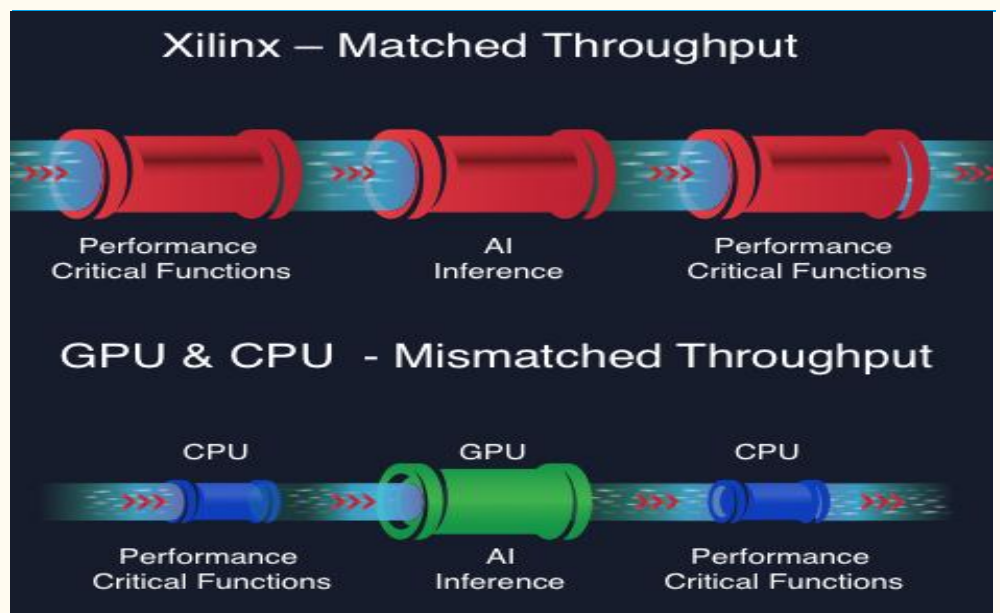
来源: 国金证券研究所

- **看好 VCSEL 的低价优势将取代部分 EEL 激光器市场:** 就激光雷达发射器的半导体产业链而言, 有边缘发射半导体 (Silicon, InGaAs) 激光器 (EEL, Edge Emitting Laser), 固体激光器, 及垂直腔面半导体发射激光器的厂商 (VCSEL, Vertical Cavity Surface Emitting Laser)。
 - ✓ **905nm 波长 EEL 型发射激光器:** 905nm 波长发射激光器有量产成熟度高的优点, 常见于机械旋转式和 MEMS 固态激光雷达, 但会严重伤害人眼, 所以对发射功率及距离有所限制, Osram 德国欧司朗及日本滨松光子是全球 905nm PLD, Pulsed laser diode (脉冲激光二极管) 的主要供应商, Velodyne, 速腾聚创, Innoviz 主要系采用 EEL 905nm 技术;
 - ✓ **1550nm 波长 EEL 型光纤激光器:** 而 1550nm 波长远离可见光谱, 可以提高功率及测距达 300 公尺, 配合调频连续波 (FMCW, Frequency modulated continuous waveform radar) 技术可测量物体速度, 但需要使用较贵的砷镓 InGaAs 作为基底材料来做成数千美元的光纤激光器, 未来大量被自行车采用不易, 这些都是 EEL 型发射激光器未来要大量普及的机构性问题, 目前法国 Lumibird, 昂纳是光纤激光器供应商, Luminar (自行开发激光器, 300 线, 250 公尺), 华为 (96 线, 150 公尺), 镭神智能 (自行开发激光器), 禾赛科技主要采用 EEL 1550nm 技术;
 - ✓ **固体激光器** 是闪光式车载激光雷达 Flash Lidar 的主要光源方案, 其优点是适合中远视距的低延迟, 高分辨率, 而主要挑战是需要将光源进行均匀化形成大角度视场, 及耐高温, 震动。国内主要供应商有西安炬光。
 - ✓ **新型低成本激光器 VCSEL:** VCSEL 是以阵列形式出现 (50-10000 个独立发射器), 依照不同功率、不同激光排布, 从 50W 的单区芯片, 扩展到 400W 的分区芯片, 满足各式自驾 3D 感测所需, 由于激光结构趋复杂, 光功能跟转换效率也愈来愈高, 多结多区的设计经验将是产品亮点。目前 VCSEL 的光功率密度不如 EEL, 但多结创新技术已大幅提升光功率密度 5-10 倍, 拉长探测距离, 加上高信噪比, 封装测试较易, 生产成本低, 预期可替换 EEL 905/1550nm 波长发射激光器的部分市场, 成为激光雷达系统设计重要的光源, 目前 Ibeo, Ouster (32/64/128 线, 50/120/240 公尺), 禾赛科技均已布局, 而 Lumentum, AMS 是主要 VCSEL 激光器光源供应商, 稳懋是其主要 VCSEL 芯片代工厂, 国内的长光华芯及三安也在积极布局。根据 GaAs 外延片磊晶大厂全新光电陈建良董事长在工商时报 3/2/2021 的说法, 就 VCSEL 而言, 以一片 6 寸晶圆来说, 约可切出 1 万颗芯片, 最多可供 1 万支智能手机作为脸部辨识用, 但因车用激光雷达所需功率较大, 可侦测距离更远, 芯片使用面积较大, 仅能切出数百颗, 而一部车需要 2~4 颗甚至更多颗 VCSEL 激光雷

达，也就是说，一片 6 寸晶圆仅可供约百部车。依此测算，5 亿台有人脸辨识的智能手机，每年需要 5 万片 6“化合物晶圆代工的有效产能，假设 2035 年全球有超过 20% 的车子是 L4-L5 自驾，其中 50% 的 L4-L5 自驾车是使用 4 颗 VCSEL 激光雷达，依此测算，4400 万颗（1100 万台 L4-L5 自驾车是使用 4 颗 VCSEL 激光雷达）的 VCSEL 激光雷达，每年却需要消耗 14.7 万片 6“化合物晶圆代工的有效产能。

- 看好 Xilinx 的 FPGA 拿下激光雷达主控芯片市场大量份额：激光雷达在扫描到大量讯息后，其中包含距离，方位，高度，速度，形状的各种大数据，会先传送信息给低延迟（FPGA's 3ms vs. CPU/GPU's 50ms 延迟）的 FPGA 或 ASIC 主控芯片来做低延迟的边缘深度学习推理，如自动过滤杂讯，及时决策，反应突发状况等。虽然车厂像特斯拉开发自己的 ASIC 芯片来取代 FPGA, GPU, CPU, 但若是自有需求量不足，开发自用芯片的成本，风险，周期会远高于 FPGA，这解释了为何赛灵思目前的 FPGA 产品在激光雷达主控芯片市场的占有率超过 80%。

图表 28: FPGA vs. GPU&CPU

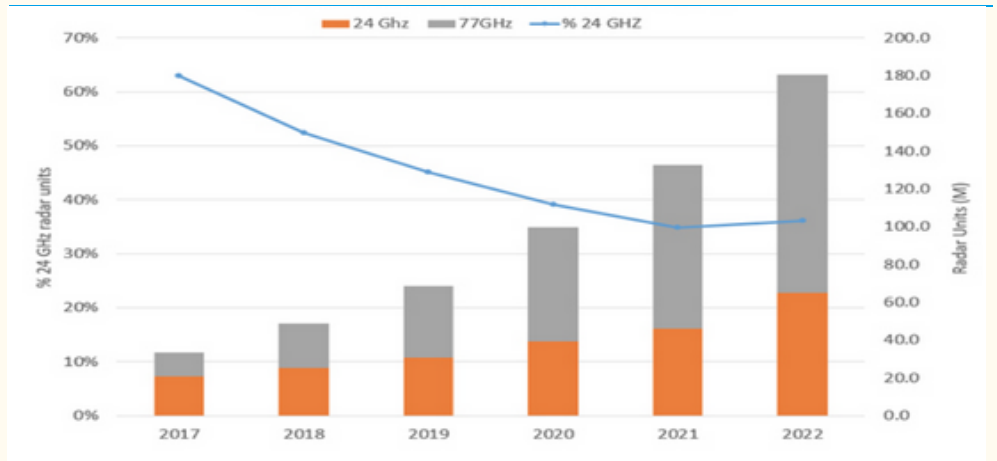


来源: Xilinx, 国金证券研究所

- 毫米波雷达半导体市场没有赢家：不同于摄像头及激光雷达在特殊天候下运作有所限制，不同于超声波雷达在测距上有 10 公尺的限制，毫米波雷达使用频率主要集中在 24Ghz, 77 Ghz 2 个频段，波长均为毫米级，缺点是较为昂贵外，优点是强化自驾在黑夜，强光，雨天，雪天，阴霾，浓雾及烟雾弥漫的天候，并且有穿透玻璃，有机玻璃，不透明塑胶板，石膏板，胶合板等优点。高频段的毫米波雷达具备更高的性能，更宽的带宽，更好的分辨率，更长的测距（200-250m），所以 77Ghz 频段可能会成为主流。根据 ABI Research 的研究，全球毫米波雷达市场将从 2020 年的近一亿台，增长到 2022 年点 1.8 亿台，当然 ADAS/ 自驾车用毫米波雷达是使用大宗。而 DigiTimes 电子时报研究部估计到 2022 年，短中距毫米波雷达市场将达 84 亿美元，长距市场将达 75.6 亿美元，合计 160 亿美元，而每部自驾车的毫米波雷达总数，将从 L2 的 5 颗，增加到 SAE L3-5 的 8 颗或以上。但因为竞争者众多，进入障碍低，我们评估结构性受惠厂商不多。
- ✓ 毫米波芯片主要是有微处理器 MCU（主要供应商有 Renesas, NXP, STMicroelectronics）；
- ✓ 数字信号处理 DSP（德仪, ADI），最早从 GaAs 砷化镓，到 SiGe 锗硅，到现在的 CMOS；

- ✓ 单片微波集成电路 MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit, 海外公司有 NXP, 德仪, 安森美, 意法, 瑞萨, 英飞凌; 国内 MMIC 芯片公司主要有加特兰微电子 (ALPS 77Ghz SoC), 杭州岸达 (ADT2001 77Ghz CMOS), 厦门意行半导体 (SG24TR14 24Ghz), 清能华波, 南京米勒, 矽杰微等芯片公司;
- ✓ 加上 ASIC, 电源管理 PMIC, PHY 芯片 (NXP, 德仪, Marvell) 等组合而成;
- ✓ 全球主要毫米波雷达制造商包括德国博世 (Bosch, 77Ghz)、德国大陆集团 (Continental, 77Ghz)、天合汽车集团 (TRW, 77Ghz)、法雷奥 (Valeo)、德国海拉 (Hella, 24/77Ghz)、美国德尔福 (Delphi, 77Ghz)、日本电装 (Denso, 77Ghz)、瑞典奥托立夫 (Autoliv, 24/77Ghz)、富士通 (Fujitsu, 77Ghz)、日立 (Hitachi, 77Ghz) 等公司; 国内则是有北京行易道, 南京隼眼, 杭州智波科技, 森思泰克, 卓泰达, 深圳承泰科技, 苏州豪米波, 苏州安智、深圳安智杰、湖南纳雷、依莱达、德赛西威、木牛、雷博泰克、深圳卓颖等毫米波雷达产品公司。

图表 29: 24Ghz, 77Ghz 毫米波雷达市场预估



来源: ABI Research, 国金证券研究所

- **C-V2X 蜂窝车联网的赢家是砷化镓产业链但贡献不大:** 目前车联网技术 V2X (Vehicle to Everything) 有两个标准, 分别为 IEEE 主导基于 802.11p 的专用短距离通讯 (DSRC) 及 3GPP 主导的 C-V2X (蜂窝式车联网), 前者为 WiFi 技术的延伸, 已在 2012 年完成技术标准化, 后者可使用与智能手机相同的 4G LTE 及 5G 的芯片, 目前标准仍在持续演进中 (华为、大唐参与标准制定)。目前欧盟同时发展 DSRC、C-V2X, 美国先发展 DSRC, 2020 年底开始转向 C-V2X, 中国则锁定发展具有规格主导优势的 C-V2X。车联网先行的国家多采 DSRC 技术为基础, 但 C-V2X 在低延迟、数据传输量及距离都有更好表现, 更符合自驾、感测讯息共享或车辆编队行驶等技术性需求, 应会成为市场主流。中国 5G 的普及将为 C-V2X 技术落地提供网络基础。在 5G 全面布建完成前的过渡期, 车对车 (V2V)、车对基础设施 (V2I, Vehicle to Infrastructure)、车对行人 (V2P, Vehicle to Pedestrian) 等 V2X 通讯, 只是先在现有 4G LTE 标准上测试及核准, 4G LTE-V2X 领先 5G-V2X 实现, 市场预期中国将领先美国一年, 在二〇二一年推出基于 C-V2X 的服务。目前为止, 4G LTE C-V2X 已经被大众, 雷诺, 丰田, 福特等各大车厂采用, C-V2X 用于支持主动安全系统, 使用 5.9 GHz ITS 频段中的低延迟直接传输技术来侦测和交换信息, 从而提高态势感知, 同时无需订阅移动蜂窝网络服务或任何网络辅助技术。第三代合作伙伴计划 (3GPP) 第 14 版规范对 C-V2X 做出了定义, 其中包括基于 PC5 的直接通信, 且制定了通往 5G 新无线电 (5G NR) 的明确发展路径。除了需要通过手机的基频芯片外, 还需要 GaAs HBT PA 用砷化镓异质双极性接面晶体管 (Heterojunction Bipolar Transistor) 做功率放大器, 绝缘层上的硅晶体管 SOI

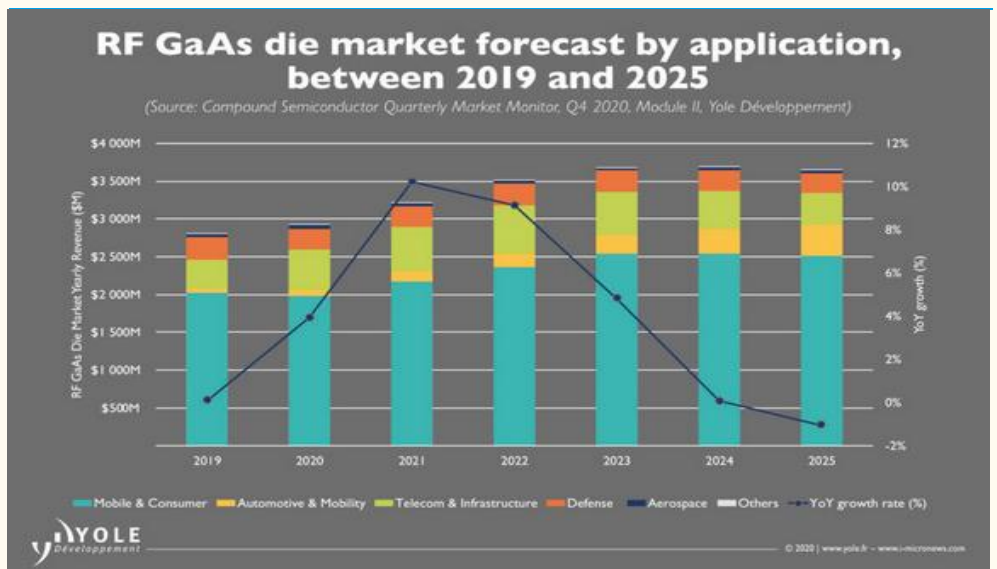
(Silicon on Insulator)，硅可用来做低噪功率放大器 (LNA, Low noise amplifier) 及 switching。虽然市场增长潜力不错，但比全球智能手机动辄需要 45 亿颗射频功率放大器模组，2035 年自驾车市场对于射频功率放大器市场的贡献，应该不会超过 15%，关于射频的需求，全球主要的磊晶供应商有英国的 IQE，全新光电，Kopin，而晶圆代工有稳懋，宏捷科，三安光电，当然功率放大器的芯片设计及制造主要有 Avago/博通，Skyworks，Qorvo，国内的 Vanchip 唯捷创芯，RichWave 立积电子是纯设计公司。

图表 30: DSRC vs. C-V2X

	短距無線通訊技術 DSRC	蜂巢車聯網技術 C-V2X
技術進展	較早發展、較成熟	預計 2020-2022 間成熟
支持車廠	GM、JLR、Toyota、Volkswagen	Audi、BMW Group、Ford、Geely、Honda、Lexus、Mercedes Benz、Daimler、PSA Group
晶片技術廠	NXP、Renesas、Qualcomm、Savari	Intel、Qualcomm、Huawei、Quectel、Keysight Technologies、LG Innotek
頻段	歐美日 5.8-5.9 頻段	相容現行 4G 與未來 5G 頻段
聯網能力	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 支援車速 200 km/hr ✓ 反應時間低於 100 ms ✓ 數據傳輸高於 12 Mbps ✓ 傳輸範圍 1 km 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 支援車速 500 km/hr ✓ 反應時間低於 50 ms ✓ 數據傳輸高於 500 Mbps ✓ 傳輸範圍高於 1 km
優勢	<ul style="list-style-type: none"> ● 標準技術成熟 ● 歐美日均已有產品 	<ul style="list-style-type: none"> ● 共用現有 4G (LTE) 網路 ● 頻寬大、同步性佳、傳輸距離遠
劣勢	<ul style="list-style-type: none"> ● 不相容現有 4G 基地台 ● 路側端需架設本地基地台 	<ul style="list-style-type: none"> ● 標準處於規劃階段 ● 市場經驗不足

来源：理财周刊，国金证券研究所

图表 31: 砷化镓射频市场预测



来源：Yole Développement，国金证券研究所

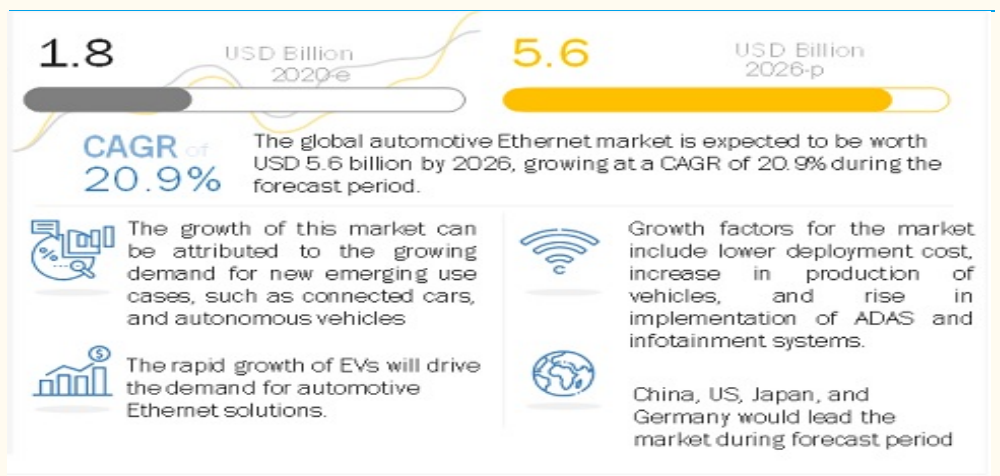
3. 车载以太网及其芯片在执行控制层的崛起，博通与美满电子是赢家

在讨论完摄像头，激光雷达，毫米波雷达，C-V2X 蜂窝车联网在感知层的竞争，以及出租车与自用车在自驾 AI 脑平台决策层的竞争后，如何执行相关的决策，并通过网络（像人类的神经网络一样）来控制驱动系统，及各种功能的电子控制单元 (ECU, Electronics Control Unit)。所以将决策快速传输到相关的电子控制单元来执行命令，就要靠车用有线及无线网络的连接。当全球汽车产业发现目前汽车里用的通讯技术协定如 LIN, CAN, FlexRay, MOST 都无法应付自动泊车系统、车道偏离检测系统、盲点检测系统，先进娱乐系统，L3-L5

自动驾驶系统的数据传送，和与日俱增的频宽需求。加上，车内线束所用的电线不断增加，导致电线费用及重量都不断增加。为了让增加数倍的电子控制单元 (Electronic Control Unit) 和芯片能彼此间快速地沟通，数倍以上传输速度的车用以太网路节点和网络转换器需求便随之而来。旧型车用网络能传递的频宽并不大，但车子里要连结的东西愈来愈多，要求更加即时，像 1 辆 L4-L5 的自驾自用车，不但要透过多个不同方位的激光雷达，摄像头，毫米波雷达看清路面上的车道线、红绿灯，辨识路旁号志牌上的行车速限，自动显示在仪表板上，避开人及宠物，还能在汽车偏离车道线时，修正车身的方向。这些都必须靠高速神经网络串连激光雷达，摄像头、毫米波雷达，中控自驾，驱动，安全控制系统，所以未来的车会愈来愈像一个智能集群服务器系统，透过高速以太网神经网络智能处理各种影像资讯的变化，如果传输过程有数 10 毫秒延迟，甚至会影响乘车者及行人的安全。

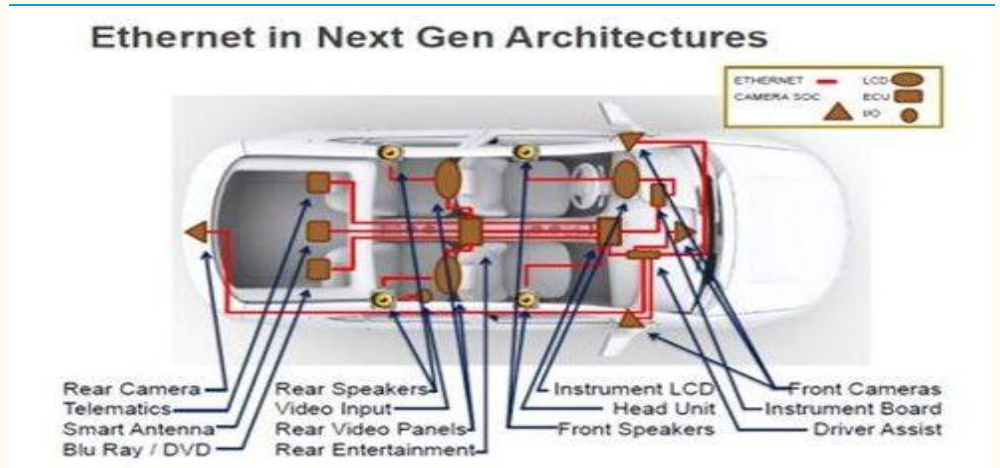
MarketsandMarkets 之前预测全球车用以太网路市场将从 2020 年的 18 亿美元，以 20.9% 的复合增长率增加到 2026 年的 56 亿美元。就以 L4-L5 人工智能自驾系统来看，我们估计每台至少需要 10 个以上以太网路交换器芯片 (Ethernet Switch)，10 个以上以太网路实体层收发器 PHY-Transceiver，因为 PHY-Transceiver 是模拟电路，所占以太网路芯片面积大，有良率差及成本较高的问题，再与数字链路层的媒体访问控制 MAC (Media Access Control Address) 芯片整合，整合后成为混合电路 (Mixed mode) 设计，其制程工艺难度大幅提升，生产良率大幅下降，进入门槛大幅提高。目前车载以太网路 PHY-Transceiver 的主要供应商有博通 (Broadcom)，美满电子 (Marvell) /Aquantia，恩智浦 (NXP)，德州 (TI)，Microchip，瑞昱 (Realtek)，而博通加美满电子全球份额就超过 50%。2016 年，美满电子已经率先开发出 100BASE-T1 的以太网路实体层收发器芯片。

图表 32: 车载以太网路市场



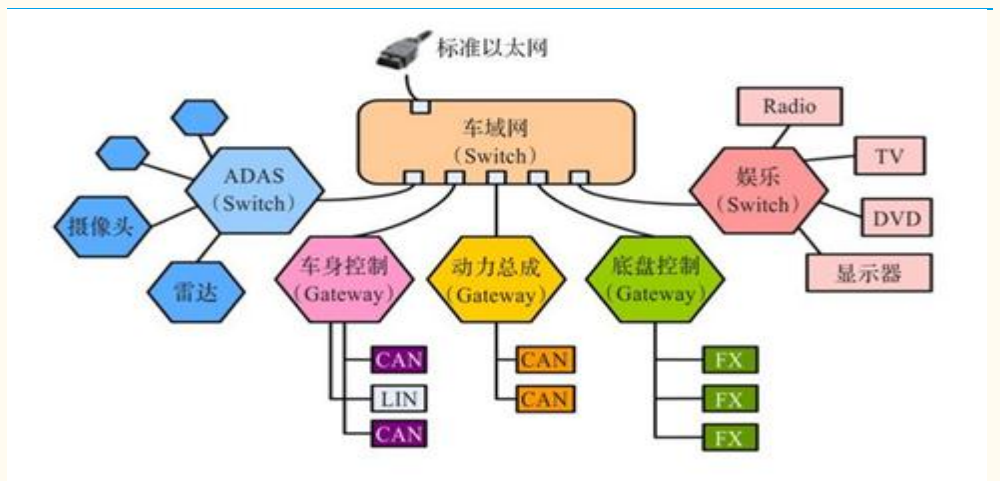
来源: MarketsandMarkets, 国金证券研究所

图表 33: 车载以太网配置



来源: Marvell, 国金证券研究所

图表 34: 车载以太网架构



来源: 厚势网络科技, 国金证券研究所

- **LIN 总线 (Local Interconnect Network):** 是一种新型低成本的开放式串行通讯协议，主要用于车内分布式电控系统，尤其是面向智能传感器或执行器的数字化通讯场合。主要应用于电动门窗、座椅调节、灯光照明等控制。典型的 LIN 网络的节点数可以达到 12 个。以门窗控制为例，在车门上有门锁、车窗玻璃开关、车窗升降电机、操作按钮等，只需要 1 个 LIN 网络就可以把它们连为一体。而通过 CAN 网关，LIN 网络还可以和汽车其他系统进行信息交换，实现更丰富的功能。
- **CAN 总线 (Controller Area Network):** 称作汽车总线，全称为“控制器局域网”，是一种能有效支持分布式控制和实时控制的串行通讯网络。它将各个单一的控制单元以某种形式(多为星形)连接起来，形成一个完整的系统。CAN 总线最早是德国 Bosch 公司为解决现代汽车中众多的电控模块之间的数据交换而开发的一种串行通讯协议。世界上很多著名的汽车制造厂商，如大众、奔驰、宝马、保时捷、劳斯莱斯等公司都已经采用 CAN 总线来实现汽车内部控制系统的数据通信。
- **Flexray 总线:** 是由宝马、飞利浦、飞思卡尔和博世等公司共同制定的一种新型通信标准，专为车内联网而设计，采用基于时间触发机制，具有高带宽、容错性能好等特点，在实时性、可靠性和灵活性方面具有一定的优势。Flexray 是一种用于汽车的高速的、可确定性的，具备故障容错能力的总线技术，它将事件触发和时间触发两种方式相结合，具有高效的网络利用率和系统灵活性特点，可以作为新一代汽车内部网络的主干网络。

Flexray 可以应用在无源总线和星形网络拓扑结构中，也可以应用在两者的组合拓扑结构中。这两种拓扑均支持双通道 ECU，这种 ECU 集成多个系统级功能，以节约生产成本并降低复杂性。双通道架构提供冗余功能，并使可用带宽翻了一番。每个通道的最大数据量传输率达到 10Mbps。

- **MOST 总线 (Media Oriented Systems Transport):** 是一种专门针对车内使用而开发的、服务于多媒体应用的数据总线技术。自从宝马 7 系列汽车首次采用 MOST 技术以来，近几年该技术的普及速度突飞猛进，实现实时传输声音、视频，以满足高端汽车娱乐装置的需求；可以用在车载摄像头等行车系统。

图表 35: 车用网络类别比较

	LIN	CAN	FlexRay	MOST	Ethernet
通讯带宽	10-125kbps	125kbps-1Mbps	1-10Mbps	25-150Mbps	100Mbps-10Gbps
应用范围	大灯, 灯光, 门锁, 电动座椅, 电动窗	空调, 电子指示, 故障检测	ABS, 悬吊控制, 线控转向, 安全气囊	导航系统, 多媒体娱乐	自动泊车系统、车道偏离检测系统、盲点检测, 娱乐系统, L3-L5 自驾
传输架构	2-10 节点	10-30 节点	64 节点	64 节点	64 节点
支持车厂	BMW, Freescale/NXP, Audi, VW, Volvo, Benz	Bosch, Benz, Porsche, RR	VW, BMW, Philips, BMW, Freescale, Bosch, GM, VW	BMW, Chrysler, GM, Jaguar, Toyota, VW	Fiat, Audi, Hyundai, Benz, Marvell, NXP

来源: RF wireless world, 国金证券研究所

五、电动车驱动碳化硅及氮化镓第三代半导体需求

1. 电动车需求旺，从 MOSFET 到 IGBT

- **从 MOSFET 到适用于高压领域的 IGBT:** IGBT 是一个工作原理复杂的集成功率半导体器件。IGBT 是由 BJT 和 MOSFET 组成的复合功率半导体器件，既有 MOSFET 的开关速度高、输入阻抗高、控制功率小、驱动电路简单、开关损耗小的优点，又有 BJT 导通电压低、通态电流大、损耗小的优点，在高压、大电流、高速等方面是其他功率器件不能比拟的，因而是电力电子领域较为理想的开关器件。IGBT 稳定性比 MOSFET 稍差，强于 BJT，但 IGBT 耐压比 MOSFET 容易做高，不易被二次击穿而失效，易于高压应用领域。结构上，IGBT 几乎集成了半导体器件的所有基本结构，如二极管、BJT、结型场效应晶体管 JFET, MOSFET, SCR。IGBT 的结构参数发生变化，将引起其性能发生相应的变化。工艺技术上，IGBT 利用 MOS 集成电路工艺进行大面积的功率集成，设计上表现为单元胞尺寸的缩小，并联集成的元胞数量越多，通态压降（导通损耗）逐渐减小。IGBT 的技术发明已经有 30 多年，主要经历 6 代技术及工艺改进。从结构上讲，IGBT 可以分为纵向结构、IGBT 栅极结构、硅片加工工艺，主要发展趋势是降低损耗。

图表 36: IGBT 芯片代次发展情况

参数	第一代	第二代	第三代	第四代	第五代	第六代	第七代
芯片面积	100	56	40	31	27	24	/
工艺线宽 (μm)	5	5	3	1	0.5	0.3	/
通态饱和 压降 (V)	3.0	2.8	2.0	1.5	1.3	1.0	<1.0
关断时间 (μs)	0.5	0.3	0.25	0.25	0.19	0.15	/
功率损耗	100	74	51	39	33	29	21
断态电压 (V)	600	600	1200	3300	4500	6500	/
出现时间 (年)	1988	1990	1992	1997	2001	2003	2012

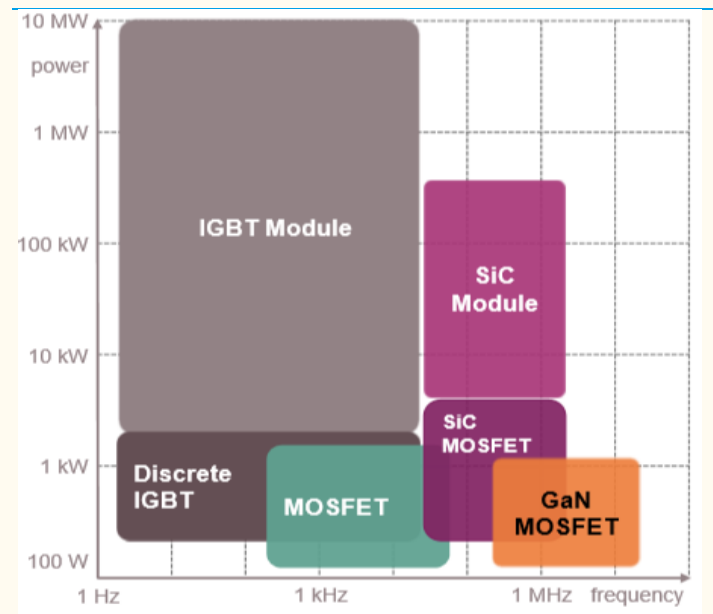
来源：电力电子网、国金证券研究所

图表 37: MOSFET、IGBT 和 BJT 性能对比

特性	BJT	MOSFET	IGBT
驱动方法	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 (μs)	快 (ns)	中
开关频率	低	快 (小于 1MHz)	中
安全工作区	窄	宽	宽
饱和电压	低	高	低

来源：菱瑞电子、国金证券研究所

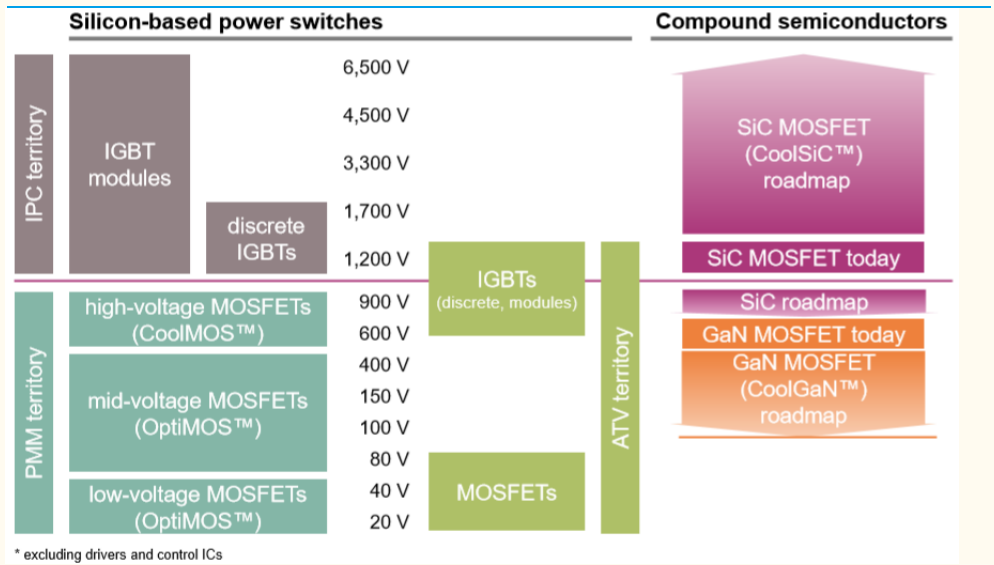
图表 38: IGBT 适用于高功率领域



来源：Infineon、国金证券研究所

- 车用 IGBT 低成本优势逐渐丧失：**在 600V 以上具有较强的优势，IGBT 目前可应用于 6500V 高压，在电动车功率半导体高压领域，SiC MOSFET 是 IGBT 的竞争者，但是 SiC MOSFET 目前还存在成本高的情况，但已在逐年改善。因为 SiC MOSFET 的来势汹汹，市场对 IGBT 芯片及模块也提出了新的要求，要求芯片缩小面积、实现快速开关，及要求 IGBT 承载更高的电压和电流，并且具有低损耗和高可靠等特性。而汽车级 IGBT 功率模块要求更高的电气运行可靠性、更高的寿命、更好的节能性、抗干扰性强、并要求重量轻、紧凑等。

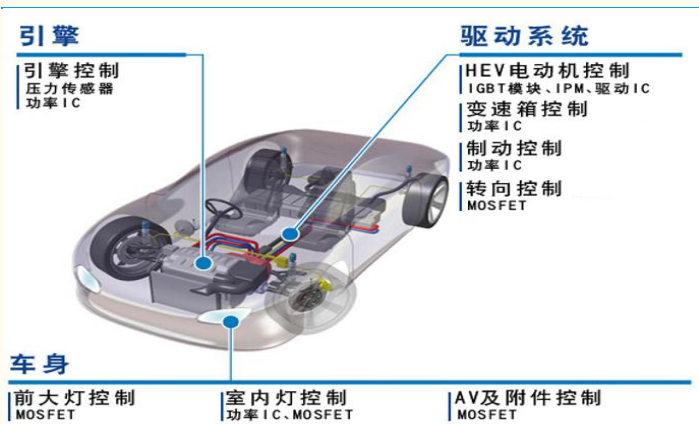
图表 39: IGBT 应用电压范围



来源：电力电子网、国金证券研究所

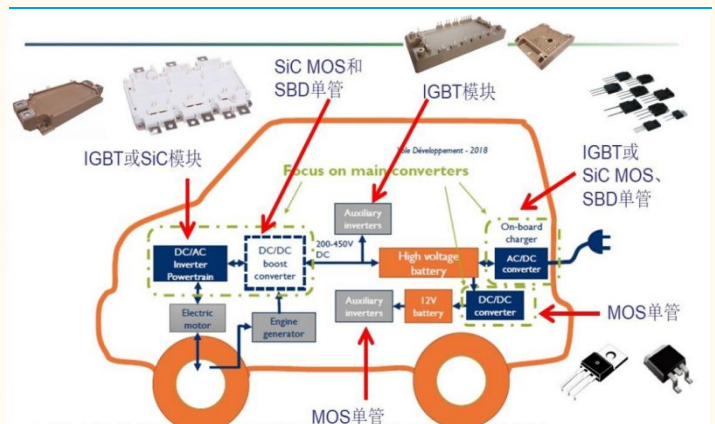
- 车载充电装置：**发展车载充电器是发展新能源汽车的必要条件，因为它能将交流电网的电能有效地补充到每辆电动汽车的蓄电池中。充电器的功能就是将交流电变为直流电，这就需要使用 IGBT 等功率器件。新能源汽车对这些功率器件提出新的要求，不仅要求恒流恒压二段式充电，还要求高效、轻量，有自检及自动充电等多种保护功能，并且能程控设定充电时间曲线、监视电池温度，对电网无污染等。
- 充电桩：**作为新能源汽车必不可少的基础配套设施，我国充电桩行业也正处于高速增长的建设期，未来市场空间广阔。Infineon 统计 100 kW 的充电桩需要的功率器件价值量在 200-300 美元，而 IGBT 模块是充电桩的核心器件。

图表 40: 功率器件在汽车中的应用



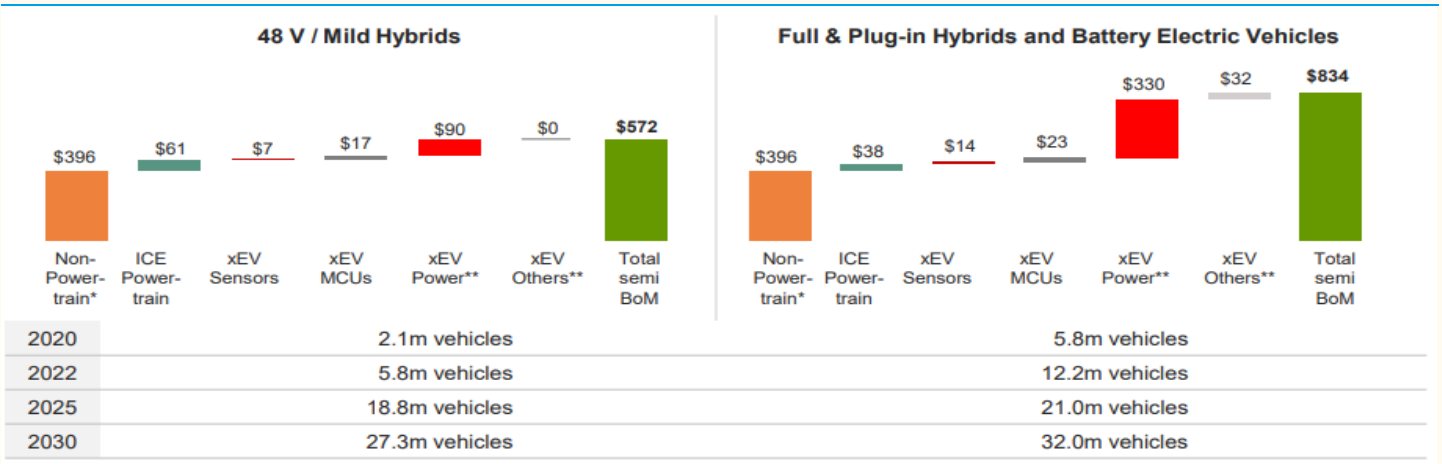
来源：富士电机、国金证券研究所

图表 41: IGBT 在电动车中的应用



来源：电力电子网、国金证券研究所

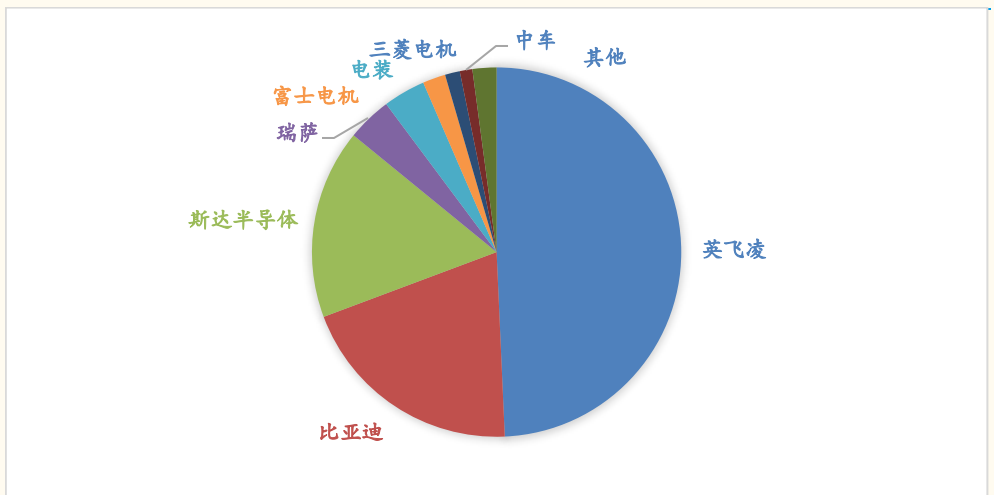
图表 42: 2020 年各种电动汽车半导体价值量



来源: Infineon、国金证券研究所

- 中国 IGBT 市场，比亚迪及斯达半导体紧追英飞凌。归因于电动车对功率半导体的需求大增，全球功率半导体龙头英飞凌 (Infineon Technologies) 的全球车用半导体市场份额从 2019 年的 16.7%，拉高到 2020 年的 18.5%，一举抢下恩智浦 (NXP) 蝉联多年的全球车用半导体龙头宝座。而目前十大汽车半导体厂商合计占全部市场的八成以上，市场集中度偏高。特别是，目前全球前五大汽车半导体厂皆是由整合元件制造商 (IDM) 掌控，合计持有超过 70% 份额，主要系车用半导体主要多是用 6”，8”，及 12” 特殊制程生产各种功率器件及微控制器。近几年中国电动汽车发展较快，也带动了 IGBT 模组产业的发展。根据佐思汽研数据，按照 IGBT 模组销量数据，2019 年英飞凌在中国新能源汽车 IGBT 领域排名第一，占比高达 49.3%，其次是比亚迪，有自己的晶圆厂制造 IGBT 芯片，主要给自己配套，占比 20%，斯达半导体位居第三，市占率达到 16.6%。

图表 43: 2019 年中国新能源汽车 IGBT 模组市场份额 (按销量)



来源: 电力电子网、国金证券研究所

2. 碳化硅 SiC 有望颠覆汽车功率半导体未来

- 第三代半导体的演进:** 化合物半导体物理特性具有独特优势。半导体材料领域共经历三个发展阶段: 第一阶段是以硅、锗为代表的 IV 族半导体; 第二阶段是以 GaAs 和 InP 为代表的 III-V 族化合物半导体, 其中 GaAs 技术发展成熟, 主要用于通讯领域; 第三阶段主要是以 SiC 碳化硅、GaN 氮化镓为代表的宽禁带半导体材料。硅材料技术成熟, 成本低, 但是物理性质限制了其在光电子、高频高功率器件和耐高温器件上的应用。相比硅材料, 化合物半导体材料在电子迁移速率、临界击穿电场、导热能力等特性上具有独特优势。硅材料主导, 化合物半导体在射频、功

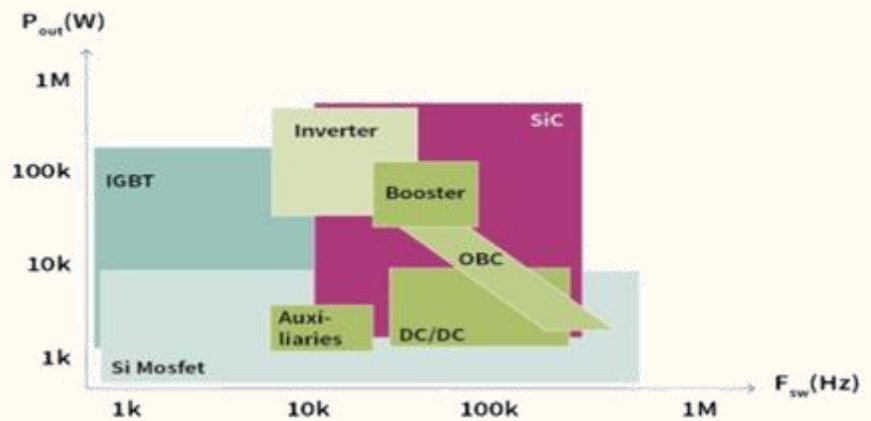
率等领域需求快速增长。目前全球 95%以上的芯片和器件是以硅作为基底材料，由于硅材料极大的成本优势，未来在各类分立器件和集成电路领域硅仍将占据主导地位。但是化合物半导体材料独特的物理特性优势，赋予其在射频、光电子、功率器件等领域的独特性能优势。与 GaN 同属于宽禁带材料的 SiC 同样具有饱和电子漂移速度高、击穿电场强度高、热导率大、介电常数小、抗辐射能力强等特点，并且与 GaN 相比，SiC 热导率是 GaN 的三倍，并且能达到比 GaN 更高的崩溃电压，因此在高温和高压领域应用更具优势，适用于 600V 甚至 1200V 以上的高温大电力领域，如新能源汽车、汽车快充充电桩、光伏和电网。

图表 44：不同半导体材料比较

内容	第一代半导体	第二代半导体		第三代半导体	
	硅	砷化镓	砷化铟	碳化硅 SiC	氮化镓 GaN
带隙 (ev)	1.1	1.42	1.35	3.26	3.49
电子迁移率 (cm ² /V*S)	1200	8500	5400	700	1000-2000
临界击穿电场 (Mv/cm)	0.3	0.4	0.5	3.0	3.0
导热系数 (W/cm*K)	1.5	0.5	0.7	4.5	1.5
相对介电常数 (Er)	11.8	12.8	12.5	9.7	9.8
终端应用	计算、功率等	射频 RF		大功率	中功率/射频

来源：维基百科、国金证券研究所

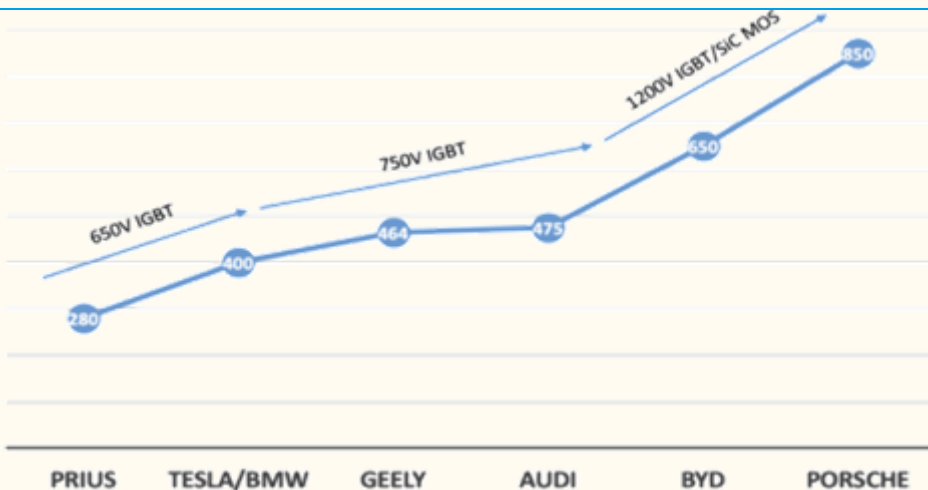
图表 45：SiC 在高开关高频和高功率应用优势明显



来源：Infineon、国金证券研究所

- **电动车高压化趋势明显：**在乘用车领域，目前车辆电压普遍 200-450V 左右。随着技术的发展，车企们追求更强动力性能和快充性能的意愿更为迫切，比亚迪唐的额定电压超过 600V，保时捷 Taycan 电压平台为 800V。超级快充和功率提升促使电动车不断迈向高压化。

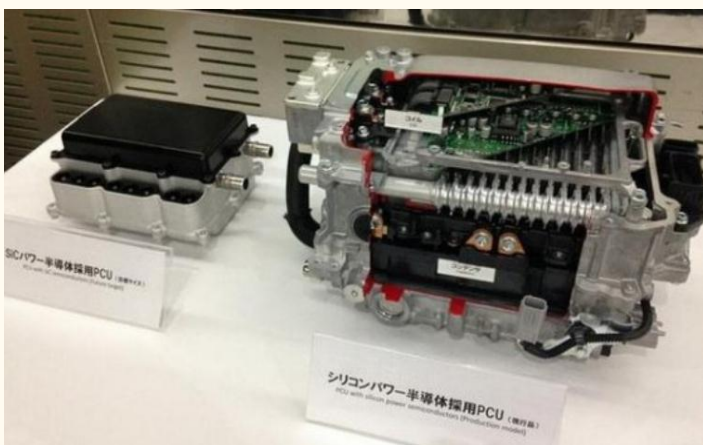
图表 46: 电动车牵引逆变器往高压方向发展



来源: 搜狐汽车研究室、国金证券研究所

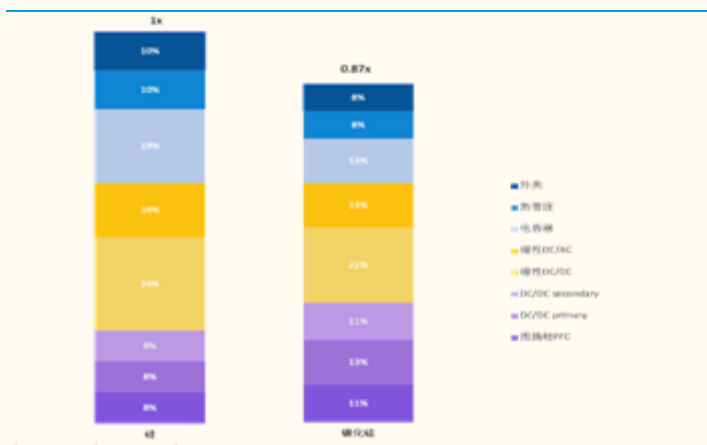
- 电动车 SiC 碳化硅方案带来五大优势:** 目前电动车 (不包括 48V MHEV) 系统架构中涉及到功率器件的组件包括: 电机驱动系统中的牵引逆变器 (Traction Inverter, DC-AC, 直流转交流电)、车载充电系统 (OBC, On-board charger)、800V 高功率电源转换系统 (车载 DC-DC 转换器) 和非车载充电桩。电动汽车采用碳化硅解决方案可以带来五大优势: 1. 可以提高开关频率降低能耗。采用全碳化硅方案逆变器开关损耗下降 80%, 整车能耗降低 5%-10%; 2. 可以缩小动力系统整体模块尺寸, 以丰田开发的碳化硅 PCU 为例, 其体积仅为传统硅 PCU 的五分之一 3. 在相同续航情况下, 使用更小电池, 减少无源器件使用, 降低整体物料成本。以电动汽车的 6.6kW 双向 OBC 为例, 典型 DC-AC 部分包括四个 650V IGBT、几个二极管和一个 700- μ H 电感, 占材料清单成本的 70% 以上。通过使用四个 650V SiC MOSFET 实现, 只需要 230 μ H 的电感。这比基于 IGBT 的设计降低了将近 13% 的材料清单成本。4. 缩短电池充电时间, 由于更高的充电功率和更小的电池, 可以大幅缩短电动车充电时间。5. 在 600 度 C 的工作温度下有高度稳定的晶体结构, 击穿场强是 IGBT 的 10 倍多, 导通损耗小, 2.5 倍于硅材料的热导系数。

图表 47: 丰田碳化硅 PCU 与硅 PCU 体积对比



来源: 丰田、国金证券研究所

图表 48: OBC 的硅基方案与 SiC 方案 BOM 的比较



来源: wolfspeed、国金证券研究所

- 电动车的逆变器、OBC、大功率充电桩对碳化硅需求将大幅度增长。** 逆变器 (Inverter, DC-AC, 直流转交流电) 从整车控制器 (VCU) 获取扭矩、转速指令, 从电池包获取高压直流电, 将其转换成可控制幅值和频率的正弦波交流电, 才能驱动电机使车辆行驶。电动车中, 逆变器和电机取代了传统发动机的角色, 因此逆变器的设计和效率至关重要, 其好坏直接影响着电机的功率输出表现和电动车的续航能力。由于碳化硅

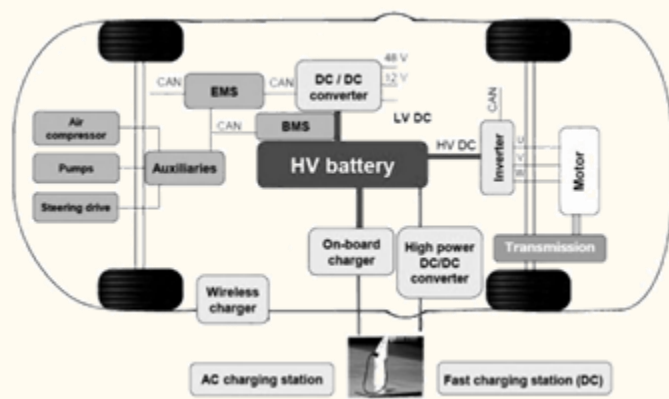
的优异特性，围绕 SiC MOSFET 进一步提高车用逆变器功率密度，降低电机驱动系统重量及成本，成为各车企的布局重点。早在 2018 年，特斯拉已在 Model 3 的主驱逆变器中使用 SiC MOSFET，每个电机中采用 24 个 SiC MOS 单管模块，拆开封装每颗有 2 个 SiC 裸晶，耐压为 650V，主要供应商为意法半导体。2020 年比亚迪推出的汉 EV 高性能四驱版本是国内首款在主逆变器中应用自主开发 SiC 模块的电动汽车，与当前的 1200V 硅基 IGBT 模块相较，采用 SiC 方案 NEDC 工况下电控效率提升 3%-8%。比亚迪汉 EV 能够使用 650V 电压平台，也有碳化硅的功劳，高电压意味着低电流，能减少设备电阻的损耗。对电机设计来说，也更容易在小体积下实现更高功率，也因此，比亚迪汉可以轻松实现 3.9S 的 0-100 加速性能。预计到 2023 年，比亚迪将在旗下的电动车中，实现 SiC 车用功率半导体对硅基 IGBT 的全面替代。2021 年蔚来最新发布的首款纯电轿车也将搭载采用碳化硅模块的第二代电驱平台。除逆变器之外，碳化硅在 OBC 中已经得到较为广泛的运用，目前有超过 20 家汽车厂商在 OBC 中使用 SiC 器件，随着车载充电机功率的提高，碳化硅方案也从二极管向“二极管+SiC MOS”演进；DC-DC 转换器上从 2018 年开始从硅基 MOS 转向 SiC MOS 方案。对于充电桩，采用碳化硅模块，充电模块功率可以达到 60kW 以上，而采用 MOSFET/IGBT 单管的设计还是在 15-30kW 水平。采用碳化硅功率器件相比硅基功率器件可以大幅降低模块数量。因此，对于城市大功率充电站、充电桩，碳化硅带来的小体积在特定场景中具有优势。

图表 49：车厂和零部件厂围绕碳化硅的布局进展

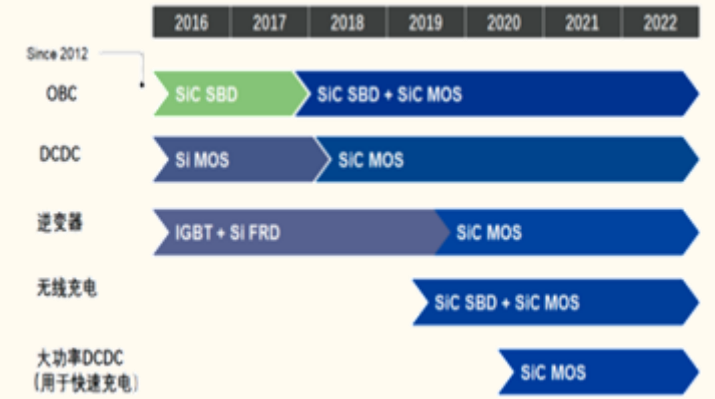
时间	企业	事件
2014 年	丰田&电装	正式发布了基于 SiC 半导体器件的零部件——应用于新能源汽车的功率控制单元 (PCU)
2014 年	三菱电机	三菱电机开发的新型 EV 用马达里的逆变器，其晶体管 and 二极管全部使用碳化硅
2017 年	联合电子	联合电子于 2017 年研究完成首个 SiC 逆变器样品
2018 年	特斯拉	特斯拉 Model3 成为全球首个将 SiC MOSFET 器件应用于主驱动逆变器的车型
2019 年	德尔福	德尔福于法兰克福车展推出 800V 碳化硅逆变器
2019 年	采埃孚	采埃孚首次采用 SiC 技术的电驱系统已经用于法国 Venturi 的电动赛车
2020 年	意法半导体	推出从 SiC 功率器件到逆变器系统的完整解决方案
2020 年	阳光电源	自主研发的车用全 SiC 电机控制器成功装车试运行
2020 年	北汽新能源	搭载第三代半导体 SiC 电机控制器的北汽新能源实车完成夏季高温试验
2020 年	弗迪动力	弗迪动力的电驱系统研发进行到第四代，国内首家量产 SiC 动力三合一产品
2021 年	蔚来	蔚来 ET7 搭载了全新第二代高效电驱平台，应用 SiC 功率模块

来源：搜狐汽车研究室、国金证券研究所整理

图表 50：SiC 在 EV 上的四大应用领域



图表 51：SiC 功率器件在车载领域应用时间表

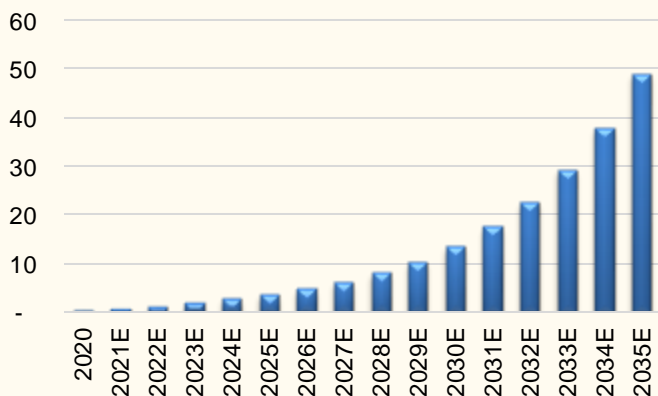


来源：ROHM、国金证券研究所

来源：ROHM、国金证券研究所

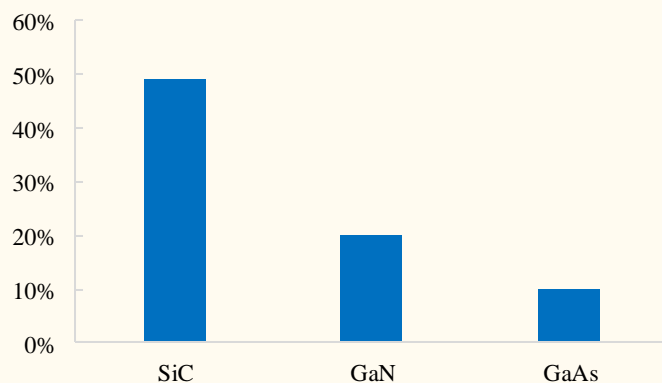
- SiC 碳化硅市场于 2035 年达 500 亿美元：**对于 SiC 行业而言，目前整体市场规模较小，2020 年全球市场规模约 6 亿美元。但是下游需求确定且巨大，根据 IHSMarkit 数据，受新能源汽车庞大需求的驱动以及电力设备等领域的带动，预计到 2027 年碳化硅功率器件的市场规模将超过 100 亿美元。目前制约行业发展的主要成本高昂和性能可靠性。我们估计 SiC 碳化硅功率器件市场一旦到达综合器件成本趋近于 IGBT 硅基功率器件的奇点加速取代时刻，加上全球电动车渗透率增加于 2035 年达到我们预期的 50%左右，2020-2035 年全球电动车销量复合增长率达到 22%，我们估计全球 SiC 碳化硅市场（主要系车用）将迎来 34%复合增长率的爆发性增长，并在 2035 年达到约 500 亿美元。核心受益环节方面，由于目前碳化硅芯片成本结构中 60%-70%是衬底和外延片，其中衬底约占 40%-50%，因此材料厂商是核心受益环节。

图表 52：全球碳化硅市场规模预测（十亿美元）



来源：国金证券研究所

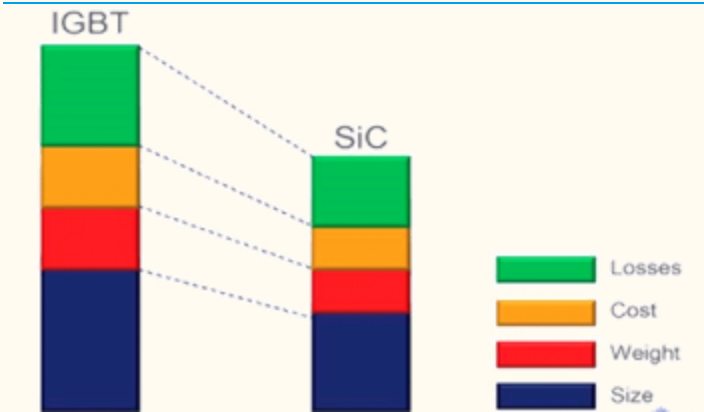
图表 53：化合物半导体行业短期复合增速比较



来源：IHS Markit、Grand view、前瞻产业研究院、国金证券研究所

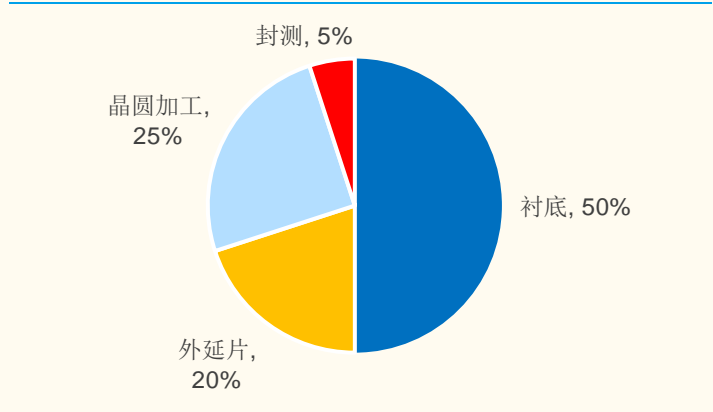
- 短期成本高昂，但 SiC 碳化硅取代 IGBT 奇点时刻于 2025 年来临：**从前面分析中，碳化硅方案相比硅方案可以提高能效提升续航、减少同里程数单位电池容量的成本、降低无源器件及冷却系统体积从而缩减整体模块体积、缩减尺寸。因此从车辆总成本的角度看，碳化硅方案可以给汽车制造商带来成本收益。随着 SiC 成本下降，碳化硅在电动车上的应用将爆发性增长。从物料成本角度看，目前新能源电动车采用硅基方案的全车功率器件价值约 400 美元左右，我们预计目前在新能源车全碳化硅方案成本约为 1500-2000 美元，是硅基方案成本的 4-5 倍。目前碳化硅方案成本高昂的重要原因衬底材料成本高昂。我们以 SiC JBS（碳化硅结势垒肖特基二极管）为例，成本结构中，衬底约占 50%、外延片约占 20%、晶圆加工约占 25%、封测约占 5%。目前市场 4 英寸碳化硅衬底比较成熟，良率较高，同时价格较低，而 6 英寸衬底价格由于供给少和成片良率低，价格远远高于 4 寸片。未来推动碳化硅衬底成本降低的三大驱动力：1. 工艺和设备改进以加快长晶速度 2. 缺陷控制改进提升良率 3. 设计改进降低使用器件的衬底使用面积。随着产业成熟，预计衬底价格未来五年以每年 10%-15%左右的幅度下降。因此我们预计碳化硅分立器件成本每年能以 10%左右价格下降。假设未来五年碳化硅模块价格每年下降 10%，IGBT 价格每年下降 5%，电池成本每年下降 10%，中性预计全碳化硅方案相比硅方案能降低能耗 8%，加上考虑相同续航条件下节省的电池成本，散热系统成本的缩减、无源器件成本缩减，及更好能效节省的使用成本，我们预期从 2025 年开始，全碳化硅方案相比硅方案就具有综合物料成本优势，开始爆发式增长。在实现综合成本优势之前，碳化硅会从售价相对高昂的车型开始被采用，这部分需求也足够拉动行业快速增长。

图表 54: 碳化硅的综合成本收益



来源: 意法半导体、国金证券研究所

图表 55: SiC JBS 成本构成



来源: 基本半导体、国金证券研究所

图表 56: 国内碳化硅衬底价格及趋势

	良率		当前市场价 (元)	市场价格走势
	当前	趋势		
4 英寸	70%	复合每年提高 2%	2800-3000	每年 10%-15%左右递减
6 英寸	30%-50%	复合每年提高 5%左右	8000-10000	每年 10%-15%左右递减

来源: 国金证券研究所整理

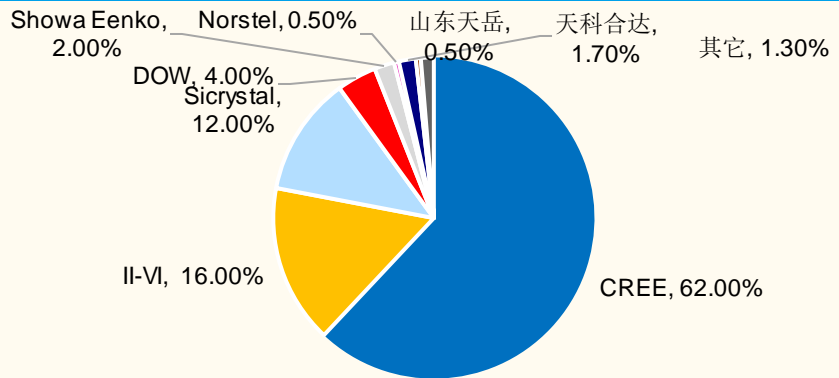
图表 57: 电动汽车功率器件碳化硅方案与硅方案成本预测

单位: 美元	2020	2021	2022	2023	2024	2025
硅方案 IGBT MOSFET	400	380	361	343	326	310
电池成本	9000	8100	9001	8100	8100	8100
节省电池成本	720	648	720	648	648	648
全碳化硅方案	1500	1350	1215	1094	984	886
碳化硅成本-节省电池成本	780	702	495	446	336	238

来源: 国金证券研究所

- Cree 主导 SiC 产业:** 以碳化硅为衬底的产业链主要分为衬底、外延和器件三个环节。由于衬底在器件中的高成本占比, 使得掌握衬底工艺和产能的企业在竞争中具有优势。美国的 Cree 和日本的罗姆 Rohm 都是拥有从衬底、外延片到器件碳化硅全产业链生产的能力, 所生产的碳化硅衬底除对外销售外, 其余部分为自用。目前 Cree 在衬底方面产能和市占率领先所有竞争者, 2019 年宣布建设 8 英寸衬底产线, 2020 年全球市场份额约 50-55%, 其在导电型碳化硅衬底的市场占有率约 62%, 车载领域市占率超过 80%。除了 Cree 和罗姆, 在衬底方面处于领先地位的还有 II-VI, 国内衬底技术与 Cree 存在差距。目前国内长晶炉效率不到 Cree 的五分之一, 目前有天科合达和山东天岳, 6 寸衬底开始规模化生产或者开始建设产线。外延片市场主要被 IDM 公司主导, 如三菱、英飞凌和意法半导体。在国内纯粹做外延片的有瀚天天成和东莞天域, 均可供应 4-6 英寸外延片, 中电科 13 所、55 所亦均有内部供应的外延片生产部门。器件方面, 意法半导体、安森美、英飞凌和罗姆都是重要供应商, 华润微的国内首条 6 寸商用 SiC 产线已经正式量产, 三安光电拟投资 160 亿元的碳化硅全产业链布局的湖南子公司也于 2020 年开工。由于碳化硅器件的成本结构掌控全产业链的优劣势, 我们看到器件公司逐步布局上游材料, 如意法半导体在 2019 年 2 月份以 1.375 亿美元现金收购了瑞典 SiC 晶圆制造商 Norstel, Norstel 生产 6 英寸 SiC 衬底和外延晶圆。在碳化硅产业链各个环节, 国内与国际领先水平仍有一定差距, 但是工艺水平和发展状况的差距远小于相比硅半导体。Cree 是碳化硅领域的绝对领先者。

图表 58: 2018 年全球导电型碳化硅晶片市场占有率



来源: Yole、国金证券研究所

图表 59: SiC 产业链示意图



来源: 天科合达招股说明书、国金证券研究所

图表 60: 国内 SiC 各环节与国际领先水平比较

工艺阶段	具体环节	国内	国际
材料	衬底	国内主流: 4-6 英寸	国际主流: 6-8 英寸
	外延	国内主流: 实现 6 英寸规模制备	国际主流: 6 英寸
	SiC 微管密度 (4 寸导电型)	小于 1 个/cm ²	小于 1 个/cm ²
	生长速率 (4 寸, cm/周)	2-4	4-6
外延设备	CVD、高温离子注入机等	北方华创等市占率较低	LPE、Aixtron 和 Nuflare 市占率 87%
功率器件	SiC SBD	电压: 650-1200V 电流: 2-40A	电压: 650-1200V 电流: 2-40A
	SiC MOSFET	电压: 650-1200V 电流: 20-100A	电压: 650-1700V 电流: 3.7-118A
	SiC IGBT	电压最高 3.3KV	电压最高 6.5 kV, 工作频率 2 kHz 至 50 kHz
应用		工业等场景, 价格相对较低	在相对一些高端的领域, 例如激光器、射频、功率电子等应用领域

来源: 国金证券研究所整理

图表 61: Cree 与国内一线衬底厂商产品比较

	CREE	国内一线
长晶速度 (4 寸, cm/周)	4-6	2-4
技术阶段	6 寸规模化供应, 8 寸成功研制并投建	6 寸实现规模化供应
主要产品	车规级、MOS	工业用, 二极管

良率	70-80%	40-50%
技术发展时间	33年(1987)	15年
6英寸一周产出(片)	37.5	6.7

来源: Cree、天科合达招股说明书、国金证券研究所整理

- 全球碳化硅 SiC 供需即将失衡:** 2020 年特斯拉全年共交付新车 49.96 万辆, 同比增长 35.87%。如果 2022 年特斯拉车型全部采用碳化硅, 交付量达到 100 万辆的话, 那么仅特斯拉一年就将消耗掉 50 万片晶圆产量。目前全球碳化硅衬底产能为 40-60 万片。因此电动车的快速发展或将造成碳化硅衬底短时间的失衡。在此背景下, 全球持续加大碳化硅衬底投资, 2020 年 Cree 计划投资 10 亿美元用于碳化硅产能扩充, 这次产能扩大在 2024 年全部完工后, 将带来碳化硅晶圆制造产能的 30 倍增长和碳化硅材料生产的 30 倍增长, 以满足 2024 年之前的预期市场增长。罗姆公司也宣布 2024 财年碳化硅生产能力相比 2019 财年提升 5 倍以上。国际企业通过提前锁定衬底产能保证未来供应。如 Cree 与英飞凌、意法半导体等欧美主要碳化硅下游企业签订长期供货协议, 公司四分之三的材料业务都签订了长期协议。

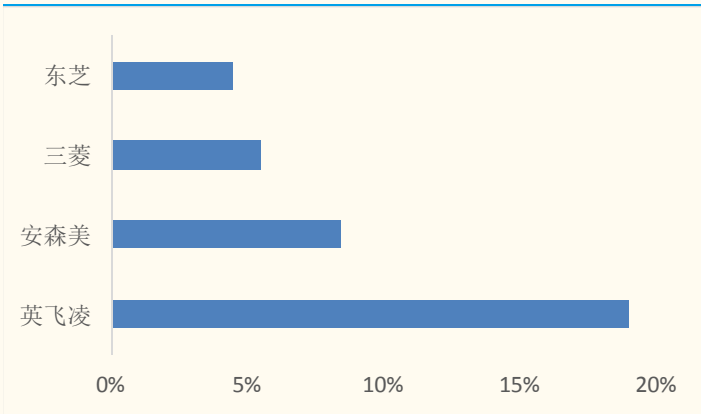
图表 62: 国际碳化硅晶片龙头企业提前锁定订单

时间	详情
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
2018.10	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的碳化硅功率器件市场
2019.11	CREE 与意法半导体签署一项为期多年的 5 亿美元的生产供应协议, CREE 将向意法半导体供应 6 英寸碳化硅晶片
2020.01	罗姆和意法半导体宣布达成超 1.2 亿美元的协议, 由罗姆旗下的 SiCrystal 向意法半导体供应 6 英寸碳化硅晶片

来源: CASA、国金证券研究所

- 英飞凌积极布局 SiC:** 英飞凌是全球最大的功率器件半导体公司。碳化硅布局方面, 2018 年公司收购初创公司 Siltecta, 其研发了冷切割技术, 可高效处理晶体材料, 并最大限度减少材料损耗可用于切割碳化硅晶圆, 使单片晶圆可产出的芯片数量翻倍, 公司推出了 650V 和 1700V 的 CoolSiC MOSFET 系列, 2020 年 12 月公司与 GT Advanced 签订碳化硅晶圆五年供货协议, 进一步确保未来碳化硅材料供应需求。2020 财年英飞凌来自于碳化硅营收达到 8000 万欧元。公司对于碳化硅技术采取稳扎稳打推进的方式, 利用覆盖从前端到后端的研发能力, 从材料到封装端确保自身优势。
- 华润微有国内首家量产 SiC 的商用产线:** 公司是国内最大的 MOSFET 功率器件公司, 在碳化硅方面, 公司通过华润微电子控股参股国内碳化硅外延片企业瀚天天成 3.2% 的股权; 2020 年 7 月正式发布 1200V 和 650V 工业级 SiC 肖特基二极管功率器件产品系列, 1200V 产品电流等级从 2A 到 40A, 主要聚焦于太阳能、UPS 电源、充电桩、储能、车载电源等应用领域, 650V 产品电流等级为 4A 到 16A, 主要瞄准服务器电源、通讯电源等高效开关电源应用市场; 与此同时公司的国内首条 6 英寸商用 SiC 晶圆产线正式量产。

图表 63: 2019 年全球分立功率器件和模组企业市占率



来源: 英飞凌、国金证券研究所

图表 64: 英飞凌 CoolSiC MOSFET 650V 系列

产品系列				目标应用	
$R_{DS(on)}$ (最大值) [mΩ]	$R_{DS(on)}$ (典型值) [mΩ]	TO-247-4	TO-247-3	Server	Telecom
18 V	18 V			Industrial SMPS	Solar
34	27	IMZA65R027M1H	IMW65R027M1H	EV Charging	UPS
64	48	IMZA65R048M1H	IMW65R048M1H	Battery Protection	Energy Storage
94	72	IMZA65R072M1H	IMW65R072M1H		
142	107	IMZA65R107M1H	IMW65R107M1H		

来源: 英飞凌、国金证券研究所

3. GaN 在车用半导体市场的机会

- **GaN 氮化镓在电动车领域角色不如 SiC 碳化硅:** 不同于 SiC 碳化硅跟 IGBT 比较有非常多的非成本的优势, GaN 氮化镓器件虽然在耗能, 体积小, 及 5G 基地台射频, LED 产业, 智能手机快充, 48/200/450V 电源转换系统 (车载 DC-DC 转换器 converters) 等应用有些优势外, 目前运用在电动车的趋势与中低压功率器件 IGBT/MOSFET 等旧技术比较, 不管在成熟度, 品质, 可信度, 可扩展性, 高功率密度, 生产良率都还没有很明显的优势, 而且在高压高功率器件如车载充电系统 Onboard Charger (OBC), 800V 高功率的电源转换系统 (车载 DC-DC 转换器), 牵引逆变器 (Traction Inverter, DC-AC, 直流转交流电) 又要跟 SiC 碳化硅来竞争。

六, 风险提示

- 电池及碳化硅成本下降不如预期, 而造成电动车渗透率无法在 2035 年达到 50%;
- 自驾系统如人工智能芯片及软件, 激光雷达, 毫米波雷达, 蜂窝车联网芯片成本下降不如预期, 而造成 L3-L5 自驾车渗透率无法在 2035 年超过 30%;
- 全球半导体制造及晶圆代工产能不足, 而造成车用半导体增长不如预期;
- 全球自驾电动车市场因政府奖励补助减少及渠道库存增加而减少需求。

公司投资评级的说明：

买入：预期未来 6—12 个月内上涨幅度在 15%以上；
增持：预期未来 6—12 个月内上涨幅度在 5%—15%；
中性：预期未来 6—12 个月内变动幅度在 -5%—5%；
减持：预期未来 6—12 个月内下跌幅度在 5%以上。

行业投资评级的说明：

买入：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 15%以上；
增持：预期未来 3—6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5%—15%；
中性：预期未来 3—6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5%—5%；
减持：预期未来 3—6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5%以上。

特别声明:

国金证券股份有限公司经中国证券监督管理委员会批准，已具备证券投资咨询业务资格。

本报告版权归“国金证券股份有限公司”（以下简称“国金证券”）所有，未经事先书面授权，任何机构和个人均不得以任何方式对本报告的任何部分制作任何形式的复制、转发、转载、引用、修改、仿制、刊发，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，对由于该等问题产生的一切责任，国金证券不作出任何担保。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整。

本报告中的信息、意见等均仅供参考，不作为或被视为出售及购买证券或其他投资标的邀请或要约。客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的唯一因素。证券研究报告是用于服务具备专业知识的投资者和投资顾问的专业产品，使用时必须经专业人士进行解读。国金证券建议获取报告人员应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。

本报告反映编写分析员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载观点可能与其他类似研究报告的观点及市场实际情况不一致，且收件人亦不会因为收到本报告而成为国金证券的客户。

根据《证券期货投资者适当性管理办法》，本报告仅供国金证券股份有限公司客户中风险评级高于 C3 级（含 C3 级）的投资者使用；非国金证券 C3 级以上（含 C3 级）的投资者擅自使用国金证券研究报告进行投资，遭受任何损失，国金证券不承担相关法律责任。

此报告仅限于中国大陆使用。

上海

电话：021-60753903

传真：021-61038200

邮箱：researchsh@gjzq.com.cn

邮编：201204

地址：上海浦东新区芳甸路 1088 号

紫竹国际大厦 7 楼

北京

电话：010-66216979

传真：010-66216793

邮箱：researchbj@gjzq.com.cn

邮编：100053

地址：中国北京西城区长椿街 3 号 4 层

深圳

电话：0755-83831378

传真：0755-83830558

邮箱：researchsz@gjzq.com.cn

邮编：518000

地址：中国深圳市福田区中心四路 1-1 号

嘉里建设广场 T3-2402