

汽车半导体 11 月专题

自动驾驶稳步推进，激光雷达迎发展机遇

超配

核心观点

10月新能源乘用车环比增速放缓，前三季度电控功率模块国产化率超49%。10月新能源汽车销量71.4万辆(YoY+86.1%, MoM+0.8%)；其中，比亚迪销售21.78万辆(YoY+142.2%, MoM+8.1%)，单月销量再次突破20万辆；埃安销售3.0万辆(YoY+149%, MoM+0%)，持续领跑造车新势力。随着新能源汽车销量持续走强，汽车零部件均同比提升：9月电机电控搭载量为59.9万台(YoY+69.3%)，OBC装机量共52.80万套(YoY+131.63%)；1-9月我国新能源上险乘用车IGBT功率模块国产化占比超48.9%，其中比亚迪半导体搭载约72.4万套(占21.1%)，斯达半导约54.3万套(占15.8%)，时代电气约41.1万套(占12.0%)。

激光雷达是实现自动驾驶的进阶传感器。激光雷达是一种以激光作为辐射源的探测技术和系统，通过激光探测及点云技术实现对被测物体的主动精确测量，获取其表面三维坐标及精确距离、速度信息，完成空间三维场景重建。相较于传统车载传感器，具有测距远、精度高、角度分辨率高、受环境光照影响小等特点，能够显著提升自动驾驶系统的可靠性。

技术路径尚未收敛，固态VCSEL+SiPM成为发展趋势。长期来看，激光雷达将会朝着小型化、高性能、低成本的纯固态方案演进。固态式中，OPA方案结合FMCW测距法具有可直接测量待测物体速度信息、抗干扰能力强、具备大规模生产潜力等优势，是未来重要的发展方向。发射模块中，VCSEL激光器生长结构更易于集成为芯片级二维阵列，制造成本低，适合大规模生产。VCSEL与SPAD/SiPM等光电器件的成熟与配合将不断促进激光雷达收发模块向阵列化、集成化发展。SoC芯片未来有望取代主控芯片。

2027年全球汽车与工业领域激光雷达市场规模将增至63亿美元。据Yole数据，21年该领域激光雷达市场规模为21亿美元，同比增长18%；预计到27年增至63亿美元(CAGR22-27=22%)。其中汽车ADAS领域市场规模预计从21年的0.38亿美元增长至27年的20亿美元(CAGR22-27=73%)，成为增长的主要驱动力。国内目前已经装备或筹划装备激光雷达的车型超过20款，不同车型普遍搭载1-4颗激光雷达，随着国产自动驾驶新车型的陆续上市，激光雷达有望上车加速。

中国激光雷达产业动能强劲，国内厂商日益占据领先地位。据Yole数据，18-22年全球ADAS前装量产定点数量中，中国激光雷达供应商占比达到50%，居世界第一；其中禾赛科技获得了全球27%的ADAS前装量产定点数量，居世界第一。在乘用车ADAS领域，22年预计将有超过20万台激光雷达交付上车，禾赛科技预计以20%出货量占比排名第二；在L4自动驾驶领域，21年禾赛科技以58%的市场份额排名第一。

汽车电子产业链相关公司：斯达半导、时代电气、闻泰科技、士兰微、BYD半导(未上市)、东微半导、新洁能、扬杰科技、华润微、北京君正、韦尔股份、兆易创新、峰昭科技、芯旺微(未上市)、云途半导体(未上市)、晶晨股份、芯擎科技(未上市)、芯驰科技(未上市)、华为(未上市)、地平线(未上市)、长光华芯、炬光科技、永新光学、舜宇光学科技、蓝特光学、奥比中光、阜时科技(未上市)、易德龙、禾赛科技(未上市)、速腾聚创(未上市)。

风险提示：自动驾驶推广不及预期；激光雷达需求不及预期。

行业研究·行业专题

电子

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：周靖翔
021-60375402

zhoujingxiang@guosen.com.cn
S0980522100001

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

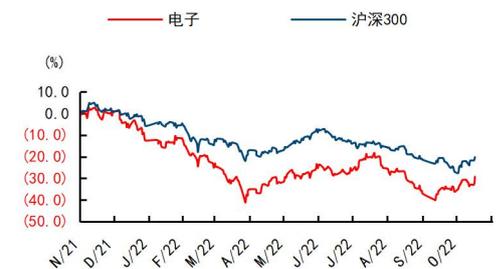
证券分析师：李梓澎
0755-81981181

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

- 《电子行业周报-备货需求逐步恢复，静待消费复苏延续景气上行》——2022-11-14
- 《LCD行业11月报-10月、11月面板价格止跌反弹》——2022-11-14
- 《电子行业2022三季报业绩综述-消费电子景气度筑底回升，悲观情绪有所回暖》——2022-11-12
- 《电子行业周报-景气度领先财务数据筑底，关注消费电子产业链》——2022-11-07
- 《电子行业周报-9月国内智能机销量同比下降18%，苹果同比增长26.8%》——2022-10-31

内容目录

行业动态	5
自动驾驶稳步推进，激光雷达迎发展机遇	7
激光雷达：实现自动驾驶的进阶传感器	7
技术路径尚未收敛，固态 VCSEL+SiPM 成为发展趋势	8
激光雷达市场规模有望快速提升，上车进程提速	18
中国激光雷达产业动能强劲——以禾赛科技为例	19
免责声明	23

图表目录

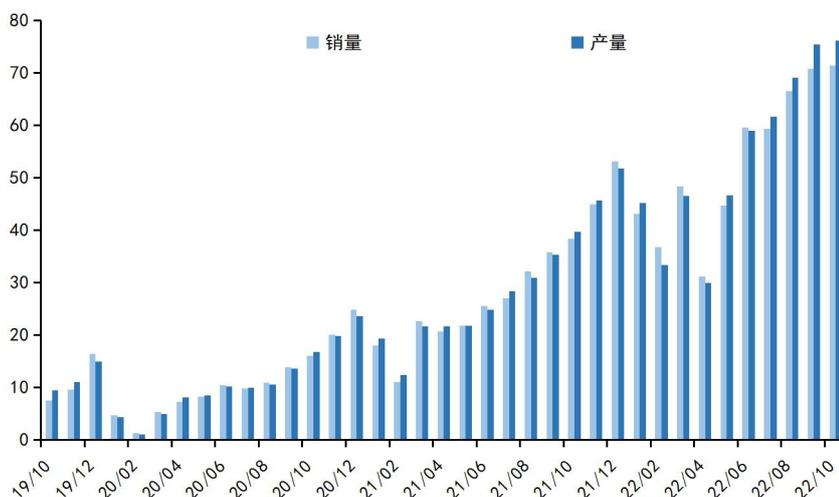
图 1: 2019-2022 年全国新能源汽车产销量情况 (万辆)	5
图 2: 全国新能源汽车市场销量 (按动力, 万辆)	5
图 3: 全国乘用车新能源汽车零售市场情况 (按车型, 万辆)	5
图 4: Ouster Flash 激光雷达示意图	7
图 5: 激光雷达测距原理示意图	7
图 6: 激光雷达点云示意图	7
图 7: 激光雷达核心模块示意图	9
图 8: EEL 芯片示意图	9
图 9: VCSEL 芯片示意图	9
图 10: 2021 年汽车与工业领域不同波长激光雷达市场份额	10
图 11: 采用不同激光光源的激光雷达厂商	11
图 12: 机械式激光雷达原理示意图	11
图 13: 禾赛科技 Pandar128 机械式激光雷达	11
图 14: 半固态式激光雷达原理示意图	12
图 15: 禾赛科技 AT128 半固态式激光雷达	12
图 16: 固态式激光雷达原理示意图	12
图 17: 禾赛科技 FT120 固态式激光雷达	12
图 18: 2021 年汽车与工业领域不同扫描模块激光雷达市场份额	13
图 19: 采用不同扫描模块的激光雷达厂商	13
图 20: 三角测距法原理示意图	14
图 21: ToF 测距法原理示意图	14
图 22: FMCW 测距法原理示意图	15
图 23: 不同光电二极管伏安特性曲线电压工作区间示意图	16
图 24: 不同探测器微观原理示意图	16
图 25: SiPM 简化电路结构示意图	16
图 26: 采用不同接收模块的激光雷达厂商	17
图 27: 激光雷达专用芯片及功能模块示意图	17
图 28: 2005-2035 年车载激光雷达技术路线图	18
图 29: 2021-2027 年全球激光雷达在汽车与工业领域市场规模及预测	18
图 30: 2018-2022 年全球 ADAS 前装量产定点数量各国占比	20
图 31: 2018-2022 年全球 ADAS 前装量产定点数量各厂商占比	20
图 32: 2022 年 ADAS 激光雷达出货量预测及各厂商占比	20
图 33: 2021 年自动驾驶汽车领域激光雷达厂商市场份额	21
图 34: 不同 L4 自动驾驶汽车公司采用激光雷达情况	21
图 35: 禾赛科技 AT128 激光雷达关键参数	21
图 36: 禾赛科技 FT120 激光雷达爆炸示意图	22

表1: 2022年9月全国新能源汽车电驱动\OBC市场情况	6
表2: 我国22年1-9月新能源上险乘用车功率模块市场份额情况	6
表3: 不同传感器优缺点对比	8
表4: 不同激光器性能及参数对比	10
表5: 激光雷达上车计划	19

行业动态

10月新能源汽车销量继续增长，比亚迪单月销量环比仍增长。根据中汽协数据，我国10月新能源汽车产销量继续保持环比增长，单月销量71.4万辆(YoY+86.1%, MoM+0.8%)。其中，比亚迪销量21.78万辆(YoY+142.2%, MoM+8.1%)，埃安销售3.0万辆(YoY+149%, MoM+0%)，哪吒1.80万辆(YoY+122%, MoM+0%)，AITO 1.20万辆(MoM+18%)，理想1.01万辆(YoY+31%, MoM-13%)，蔚来1.01万辆(YoY+174%, MoM-8%)，极氪1.01万辆(YoY+4985%, MoM+22%)，零跑0.70万辆(YoY+92%, MoM-36%)，小鹏0.51万辆(YoY-50%, MoM-40%)。

图1: 2019-2022年全国新能源汽车产销量情况(万辆)



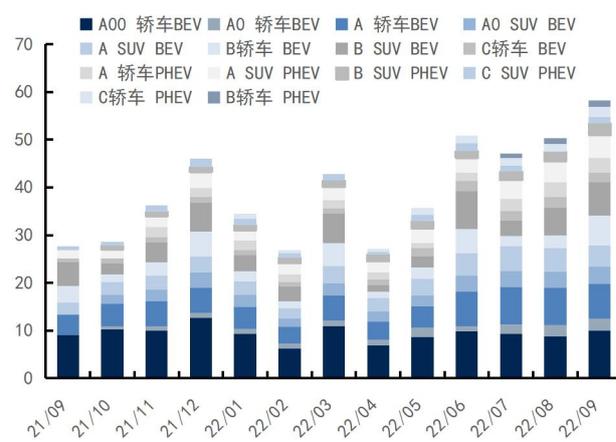
资料来源: 中汽协、国信证券经济研究所整理

图2: 全国新能源汽车市场销量(按动力, 万辆)



资料来源: 中汽协、国信证券经济研究所整理

图3: 全国乘用车新能源汽车零售市场情况(按车型, 万辆)



资料来源: 乘联会、国信证券经济研究所整理(汽车可分为A00、A0、A、B、C、D等级别, 根据轴距、排量、重量等划分: A00级-轴距2-2.2m, 排量小于1L; A0级-轴距2.3-2.45m, 排量1-1.6L。A级-轴距:2.45-2.65m, 排量:1.6-2.0L; B级-轴距2.6-2.75米, 排量1.8-2.4L; C级-轴距:2.7-2.8m, 排量2-3L; D级-轴距大于2.8m, 排量3.0L以上。)

10月新能源乘用车市场环比增速放缓。据乘联会统计，9月纯电动批发销量67.6万辆，同比增长85.8%，环比增0.4%；插电混动销量17.3万辆，占比继续提升至24%。10月B级电动车销量13.2万辆，同比增长62%，环比下降8%，占纯电动26%。纯电动A00+A0占比增加，其中A00级批发销量12.8万辆，占纯电动25%；A0级批发销量10万辆，占纯电动20%；A级电动车占纯电动份额27%；各级别电动车比例相对均衡。

9月新能源乘用车电机电控搭载量为59.9万台(YoY+69.3%)，OBC装机量共52.80万套(YoY+131.63%)。在电控系统方面，三合一电驱动系统搭载量为37.98万台(YoY+81.7%)，占比达63.4%，其中弗迪动力、特斯拉占比均超20%，中车时代电气增速最快，占比持续提升。OBC市场稳步增长，其中华为进入OBC市场从无到有，实现1202.6%的增幅，特斯拉供应量快速提升。

表1：2022年9月全国新能源汽车电驱动\OBC市场情况

电机控制配套企业 TOP10 (当月)				新能源汽车乘用车 OBC 装机量 TOP10 (当月)			
	市场份额	装机量 (万台)	同比增加		市场份额	装机量 (万套)	同比增加
弗迪动力	30.2%	18.06	174.3%	弗迪动力	29.3%	15.49	155.3%
特斯拉	15.3%	9.13	69.3%	威迈斯	17.9%	9.47	69.5%
英搏尔	5.7%	3.40	219.4%	特斯拉	14.6%	7.69	48.0%
日本电产	5.6%	3.32	77.3%	富特科技	7.4%	3.89	19.2%
联合电子	4.9%	2.92	54.6%	英搏尔	7.2%	3.81	140.7%
汇川技术	4.5%	2.68	-3.6%	欣悦科技	5.5%	2.90	58.2%
阳光电力	4.1%	2.42	9.6%	科世达	3.4%	1.79	50.7%
中车时代电气	4.1%	2.26	335.2%	铁城科技	3.3%	1.74	-43.0%
蔚来驱动科技	3.6%	2.17	4.2%	HUAWEI	3.3%	1.73	>500%
巨一动力	2.6%	1.53	19.6%	力华	2.8%	1.47	241.2%

资料来源：NE 研究院、国信证券经济研究所整理

2022年1-9月我国新能源上险乘用车 IGBT 功率模块中国产供应商斯达半导、比亚迪半导体、中车时代电气合计占比超48.9%。据NE时代统计，1-9月我国新能源上险乘用车功率模块搭载量约343.13万套，其中比亚迪半导体搭载约72.4万套(占21.1%)，斯达半导约54.3万套(占15.8%)，时代电气约41.1万套(占12.0%)，预计国产化率将随各家产能释放环比提升。

表2：我国22年1-9月新能源上险乘用车功率模块市场份额情况

供应商	市场份额	配套量 (万套)	同比增长
英飞凌	25.7%	88.6	55.8%
比亚迪半导体	21.1%	72.4	195.9%
斯达	15.8%	54.3	108.1%
中车时代	12.0%	41.1	431.5%
意法	9.2%	32.0	63.5%
安森美	5.9%	20.3	255.0%
博世	4.3%	14.7	138.3%
富士电机	2.5%	8.5	400.0%
博格华纳	1.4%	4.8	68.7%
日立	0.8%	2.8	-32.3%

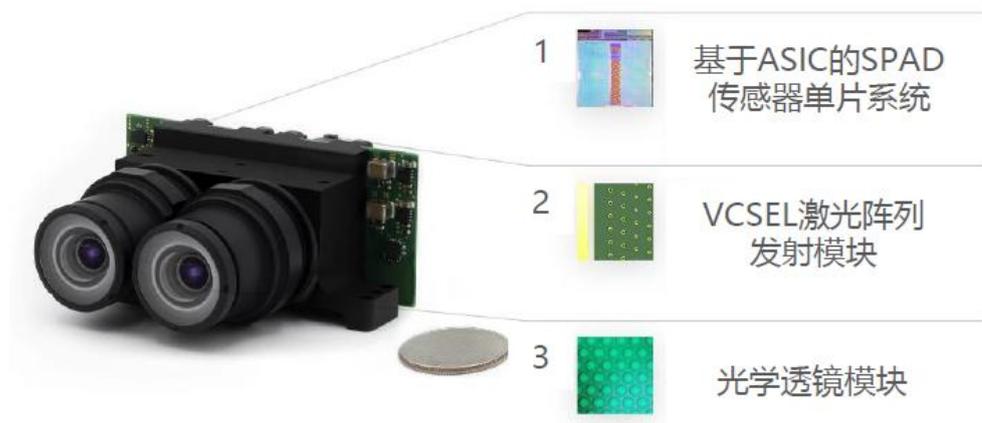
资料来源：NE 时代，国信证券经济研究所整理 注：该统计数据为上险数据，仅包含零售乘用车大批量供货数据，不包含渠道批发、小批量供货、物流车及大巴车等供货情况。

自动驾驶稳步推进，激光雷达迎发展机遇

激光雷达：实现自动驾驶的进阶传感器

激光雷达（Light Detection and Ranging, LiDAR）是一种以激光作为辐射源的探测技术和系统，能够通过激光器和探测器组成的收发阵列，发射激光光束并接收回波信号，对所处环境进行实时感知；结合测量周围物体的位置、距离、角度等相关数据，直接获取被测物体表面三维坐标及精确距离、速度信息，实现空间三维场景重建。此外，通过结合预先采集的高精地图，可实现高精度定位与导航。

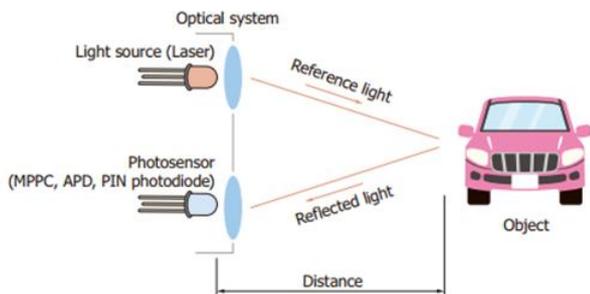
图4: Ouster Flash 激光雷达示意图



资料来源：Ouster 官网，艾瑞咨询，国信证券经济研究所整理

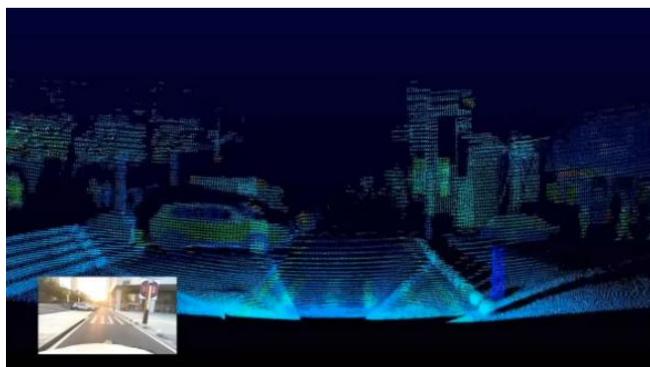
激光雷达通过激光探测及点云技术实现对被测物体的主动精确测量。点云测绘技术是指通过大量离散点集合来表示空间内物体坐标和分布的一种技术，点云通常包含位置、反射率、时间戳等信息。激光雷达发射端在激励源的作用下，向被测物体发射激光并在表面引起散射，其中一部分光反射回接收模块并被光电探测器接收，经由信号调理电路传输到信息处理系统进行处理计算，实现测距功能。同时，激光雷达在较短时间内对被测物体不断扫描所获的三维坐标，以扫描点形式反映分布在三维空间中形成点云，进而通过数据建模和成像处理，能够得到精确的三维立体图像。

图5: 激光雷达测距原理示意图



资料来源：滨松官网，国信证券经济研究所整理

图6: 激光雷达点云示意图



资料来源：速腾聚创官网，国信证券经济研究所整理

当前，应用于智能汽车周围环境感知的主流传感器包括**摄像头、毫米波雷达、超声波雷达和激光雷达**。

摄像头是一种画面传感器，主要功能是拍摄、识别目标物体，提供视觉信息。摄像头能够通过拍摄获取车辆周围的实景画面，提取出形状、颜色等信息，通过深度学习算法对车辆、行人、标识等进行识别。摄像头具有较高的角度分辨率，但受光照影响较大，目标识别与测距准确度方面对算法有较强依赖。

毫米波雷达采用发射毫米波段电磁波的方式，根据发射频率与接收频率之差，对相对距离、速度、方向等进行测量。毫米波雷达就有同时测距和测速的功能，有效探测距离可达 200 米，但是单颗角度分辨能力较弱，对非金属材料的探测灵敏度较弱，导致在人车混杂场景中对行人探测效果不佳。

超声波雷达采用发射声波脉冲的方式，根据发射波和回波之间的时间差，对距离进行测量。超声波经由障碍物反射，通过接收、放大、转换数字信号等步骤完成测距。超声波雷达成本相对较低，但其有效探测距离通常小于 5 米，无法对中远距离物体进行测量。

相较于其他传感器，**激光雷达具有测距远、精度高、角度分辨率高、受环境光照影响小等特点**，同时可直接获得被测物体的位置信息，无需依赖深度学习算法，能够显著提升自动驾驶系统的可靠性。

表3: 不同传感器优缺点对比

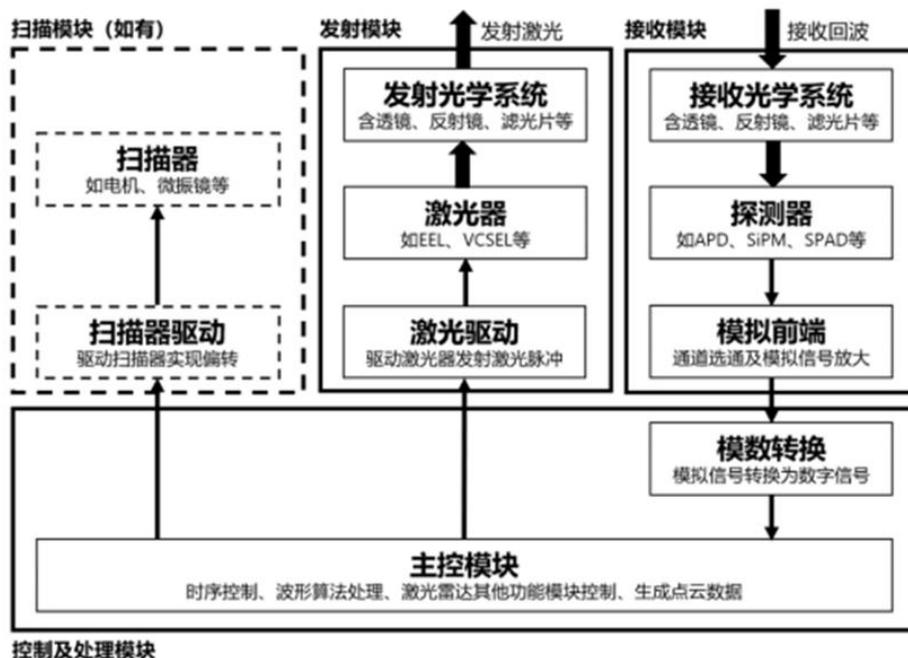
传感器	优点	缺点
摄像头	成本相对较低； 图像信息丰富； 可识别物体属性（如颜色等）。	极依赖光线，夜间及逆光下效果不佳； 易受恶劣天气影响（如暴雨、浓雾等）； 难以精确测距。
毫米波雷达	全天候工作，性能稳定； 金属表面反射性良好； 测速精确，分辨率较高。	部分环境易受干扰； 无法检测物体属性； 非金属表面检测不佳（如人、纸箱等）。
超声波雷达	成本相对较低； 部分特殊物体表面也能反射（如玻璃、水面等）。	探测距离较短； 受风影响较大； 能被某些物体吸收（如雪等）。
激光雷达	精度高，分辨率高，测距范围大； 抗干扰能力较强，夜间环境下也能使用； 非金属表面反射性良好。	易受恶劣天气影响（如暴雨、暴雪等）； 能穿过透明物体（如玻璃等）； 成本昂贵。

资料来源：《基于激光雷达和毫米波雷达融合的目标检测方法研究》，3d tof，国信证券经济研究所整理

技术路径尚未收敛，固态 VCSEL+SiPM 成为发展趋势

激光雷达核心模块包括发射模块、接收模块、扫描模块（机械式和半固态式）和主控模块。其中，发射模块包括激光器及驱动、发射光学系统，用于发射探测激光束；接收模块包括接收光学系统、探测器及模拟前端，用于探测反射信号并进行放大；扫描模块包括扫描器及驱动，主要用于机械式和半固态式激光雷达中，实现发射光束的偏转扫描；主控模块涉及时序控制、波形算法处理、其他功能模块控制、生成点云数据等功能。

图7：激光雷达核心模块示意图

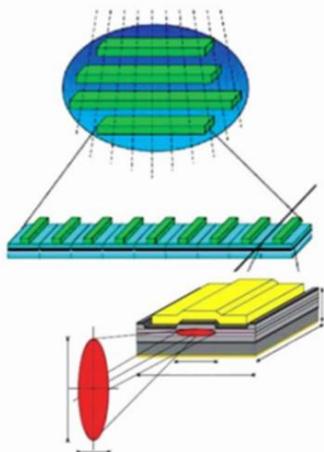


资料来源：禾赛科技招股书，国信证券经济研究所整理

发射模块中，激光光源是核心器件之一，半导体激光器是常用光源。半导体激光器使用半导体材料作为工作物质，采用半导体工艺实现激光输出。半导体激光器根据谐振腔制造工艺的不同，分为边发射激光器（Edge Emitting Laser, EEL）和垂直腔面发射激光器（Vertical Cavity Surface Emitting Laser, VCSEL）。

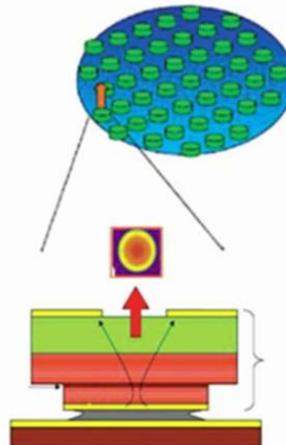
EEL 激光器的激光发射方向平行于晶圆表面，在芯片的两侧镀光学膜形成谐振腔，激光平行于衬底表面发出。VCSEL 激光器的激光发射方向垂直于晶圆表面，在芯片的上下两面镀光学膜形成谐振腔，激光垂直于衬底表面发出。

图8：EEL 芯片示意图



资料来源：长光华芯招股书，国信证券经济研究所整理

图9：VCSEL 芯片示意图



资料来源：长光华芯招股书，国信证券经济研究所整理

激光光源选择需综合考虑激光雷达的技术方案、实际应用环境、性能及成本需求等因素。EEL 激光器具有高发光功率密度和高脉冲峰值功率，芯片输出功率及电光效率较高，适用于 APD（雪崩式光电二极管）探测器。VCSEL 激光器具有低阈值电流、稳定单波长工作、可调频调制、波长漂移小等优点，生长结构更易于集成为芯片级二维阵列，制造成本低，适合大规模生产，适用于 SPAD（单光子雪崩二极管）探测器阵列。

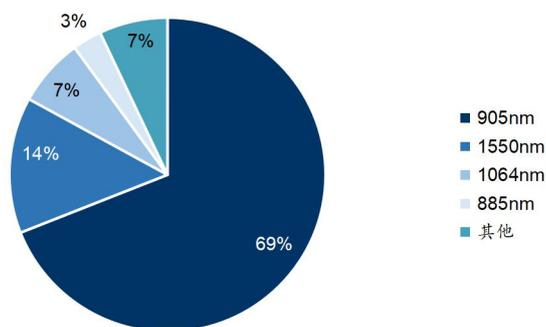
表4: 不同激光器性能及参数对比

激光器	EEL	VCSEL
功率[ns 脉冲]	~120W	~120W
发光面积	点光源	大面积
功率密度	高	中
光束质量	非对称/中发散度	对称/低发散度 (芯片级对称, 可实现封装级不对称分布)
温漂系数	0.25nm/K	0.07nm/K
光谱宽度	3-8nm	1-2nm
切换时间	几纳秒	几纳秒
发射方向	侧视	顶视

资料来源: 欧司朗光电半导体, 国信证券经济研究所整理

常见的车载激光雷达波长为 905nm 或 1550nm, 以 905nm 较为主流。据 Yole 数据, 在 2021 年汽车与工业领域激光雷达市场份额中, 905nm 占 69%, 1550nm 占 14%。905nm 光源优势在于接收端可以使用硅基探测器, 具有低成本、工艺成熟等优点; 但其在 10%反射率下最大探测距离多为 150-200 米, 已接近人眼安全限制功率下的极限探测距离。而 1550nm 光源相较于人眼更加安全, 此波长下可以使用更大的光功率来实现更远的探测距离, 但成本上相对更加昂贵。

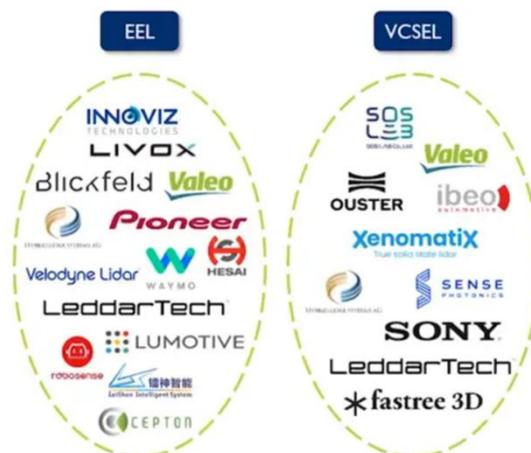
图 10: 2021 年汽车与工业领域不同波长激光雷达市场份额



资料来源: Yole, 国信证券经济研究所整理

短期内大多数激光雷达厂商选择使用 905nm 波长的 EEL 激光器结合 ToF 探测技术, 因为其具有较为现成的可用性, 可为车载激光雷达大规模商用提供较高性价比, 同时也有部分厂商在近距离 Flash 激光雷达中使用 VCSEL 激光器。未来, FMCW 探测技术不断成熟将带动 1550nm 光源、固态式激光雷达推进将带动 VCSEL 激光器成为实现高性能激光雷达量产解决方案的选择。

图 11：采用不同激光光源的激光雷达厂商



资料来源：Yole，国信证券经济研究所整理

根据技术架构的差异及扫描方式的不同，激光雷达主要分为**机械式激光雷达**、**半固态式激光雷达**以及**固态式激光雷达**。

机械式激光雷达又称机械旋转式激光雷达，通过电机带动收发模块、扫描模块同时进行整体旋转，实现对空间视场 360° 范围的覆盖扫描。由于机械式激光雷达带有机械式转台，因此存在物理磨损、寿命较短、体积较大等缺点。

图 12：机械式激光雷达原理示意图



资料来源：艾瑞咨询，国信证券经济研究所整理

图 13：禾赛科技 Pandar128 机械式激光雷达

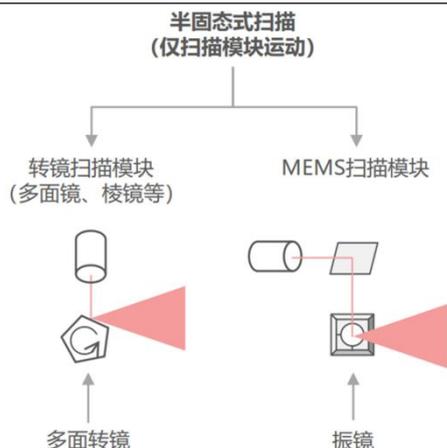


资料来源：禾赛科技官网，国信证券经济研究所整理

半固态式激光雷达的收发模块静止，仅扫描模块发生机械运动，扫描模块通过转镜、棱镜或 MEMS（微振镜）等结构的运动，完成发射光束的空间偏转，从而实现扫描和探测。由于半固态式激光雷达收发模块与扫描模块解耦，体积更为紧凑，适用于部分视场角（如前向）的探测。

转镜、棱镜方案中，电机带动对应光学部件进行运动，从而将光束反射至空间一定范围中实现扫描。MEMS 方案中，反射镜在内的机械部件利用半导体工艺全部集成在单个芯片上，通过驱动信号来控制反射镜的摆动或偏移，实现对发射光束的控制，因此具有体积小、频率高、振幅小、可靠性强等优点。

图 14: 半固态式激光雷达原理示意图



资料来源: 艾瑞咨询, 国信证券经济研究所整理

图 15: 禾赛科技 AT128 半固态式激光雷达



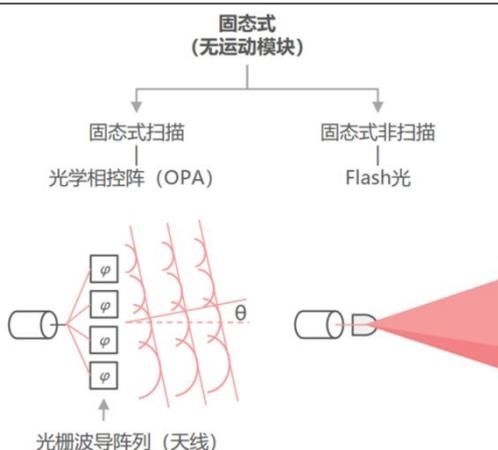
资料来源: 禾赛科技官网, 国信证券经济研究所整理

固态式激光雷达内部无任何机械运动模块, 不含机械扫描器件, 体积最为紧凑, 适用于部分视场角 (如前向) 的探测。固态式激光雷达包括 Flash 方案、OPA (Optical Phase Array) 方案等。

Flash 方案, 即泛光面阵式方案, 通过短时间内直接发射出一大片激光覆盖探测区域, 再利用高灵敏度探测器接收反射光, 记录每个像素点的飞行时间并进行成像, 从而完成测距及对环境信息的采集。

OPA 方案, 即光学相控阵方案, 由若干发射接收单元组成阵列, 通过调节阵列移相器中每个移相器的相位, 利用相干原理, 在特定方向上产生互相加强的干涉光束, 从而实现发射光的偏转及一定空间范围内的扫描。

图 16: 固态式激光雷达原理示意图



资料来源: 艾瑞咨询, 国信证券经济研究所整理

图 17: 禾赛科技 FT120 固态式激光雷达



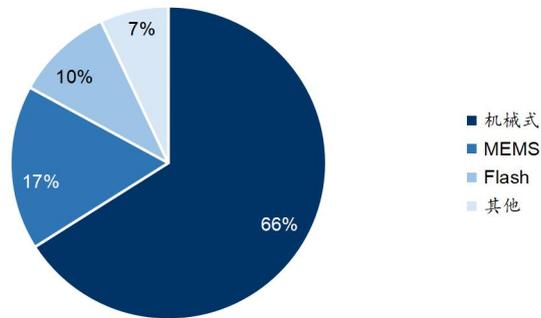
资料来源: 禾赛科技官网, 国信证券经济研究所整理

据 Yole 数据, 在 2021 年汽车与工业领域激光雷达市场份额中, 机械式、MEMS 方案、Flash 方案占比分别为 66%、17%、10%。虽然目前市场份额中仍以机械式为主, 但其体积、寿命等缺点难以满足车规要求。MEMS 方案等半固态式激光雷达产品成熟度较高、易过车规, 逐渐成为车企的主流选择。

Flash 方案具有体积小、精度高、速度快等优点, 是目前固态式激光雷达的主流方案。OPA 方案由于存在旁瓣效应, 加工精度要求高, 制造工艺难度大, 进展相

对缓慢；但 OPA 方案结合 FMCW 测距法具有可直接测量待测物体速度信息、抗干扰能力强、具备大规模生产潜力等优势，是未来重要的发展方向。

图 18: 2021 年汽车与工业领域不同扫描模块激光雷达市场份额



资料来源: Yole, 国信证券经济研究所整理

图 19: 采用不同扫描模块的激光雷达厂商

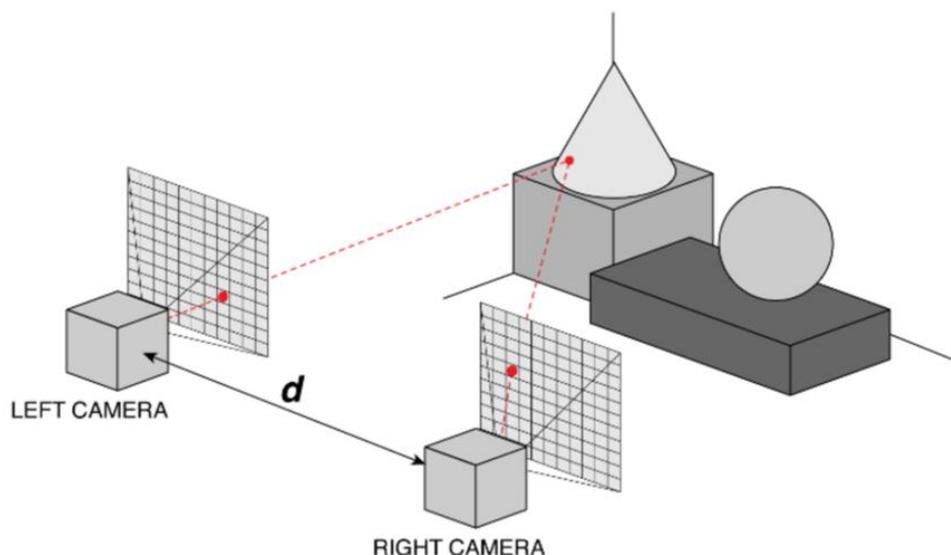


资料来源: Yole, 国信证券经济研究所整理

根据测距方法的不同，激光雷达测距方法主要包括三角测距法、飞行时间（Time of Flight, ToF）测距法以及基于相干探测的连续调频（Frequency Modulated Continuous Wave, FMCW）测距法。

三角测距法以一定角度发射的激光照射在目标物后，在另一角度对反射光进行成像，位置传感器接收物体表面反射的成像光斑，当物体沿激光方向移动时，光斑产生移动，根据物体在摄像头感光面上的位置通过三角几何原理推导出目标物距离。三角测距法测量精度相对较低，但具有成本低的优势。

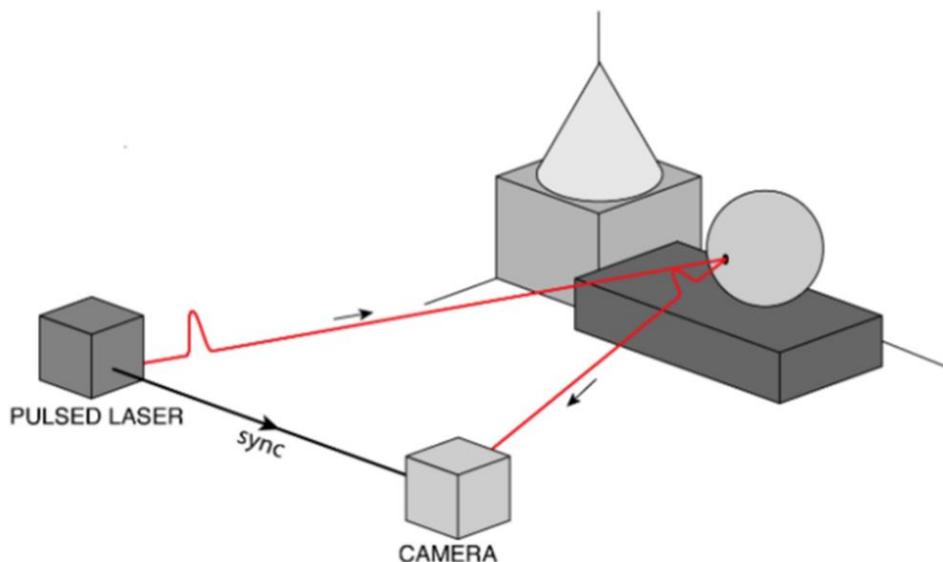
图20: 三角测距法原理示意图



资料来源: 3d tof, 国信证券经济研究所整理

ToF 测距法通过记录发射一束激光脉冲与探测器接收到回波信号的时间差，基于光在空气中的传播速度，直接计算目标物与传感器之间的距离。ToF 法具有响应速度快、探测精度高的优势。

图21: ToF 测距法原理示意图

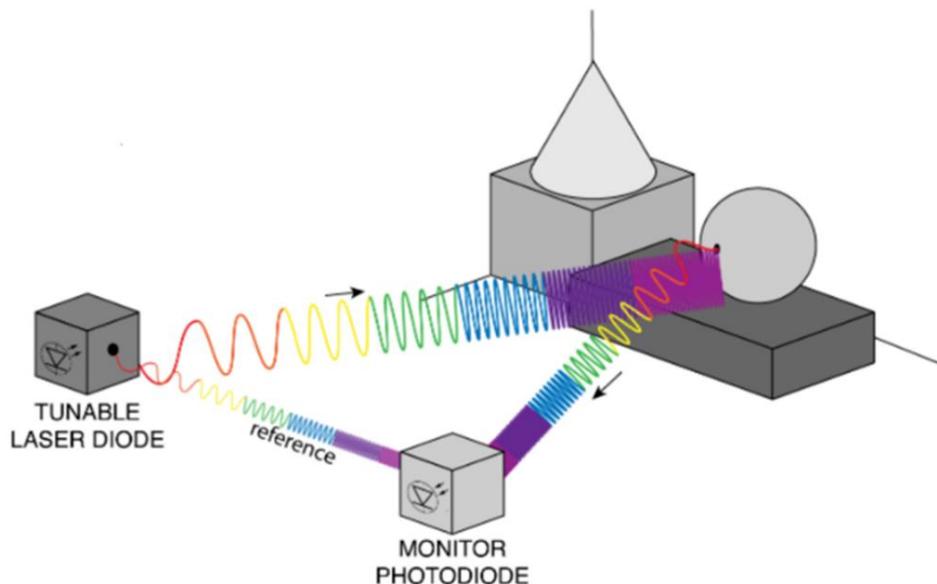


资料来源: 3d tof, 国信证券经济研究所整理

FMCW 测距法采用相干检测技术，利用调频连续波进行相干探测，完成对目标的距离及速度（多普勒频移）的同时探测。FMCW 法将发射激光的光频进行线性调制，通过回波信号与参考光进行相干拍频得到频率差，从而间接获得飞行时间反推目标物距离。FMCW 激光雷达具有可直接测量速度信息以及抗干扰（包括环境光和其他激光雷达）的优势。

目前，ToF 法是市场上车载长距激光雷达的主流方案；而 ToF 法与 FMCW 法均能实现室外阳光下 100-250 米的较远测程。相较于 ToF 法，FMCW 法能够响应被测物体运动所引起的多普勒频移，提供瞬时的视向速度信息，为自动驾驶中目标识别算法体用了额外的判断维度，因此与 OPA 方案结合是未来重要的发展方向。

图 22: FMCW 测距法原理示意图



资料来源：3d tof，国信证券经济研究所整理

根据选用光电探测器的不同，激光雷达接收模块主要包括 PD (PIN Diode) 光电二极管、APD (Avalanche Photo Diode) 雪崩式光电二极管、SPAD (Single Photon Avalanche Diode) 单光子雪崩二极管和 SiPM (Silicon Photo-Multiplier) 硅光电倍增管。

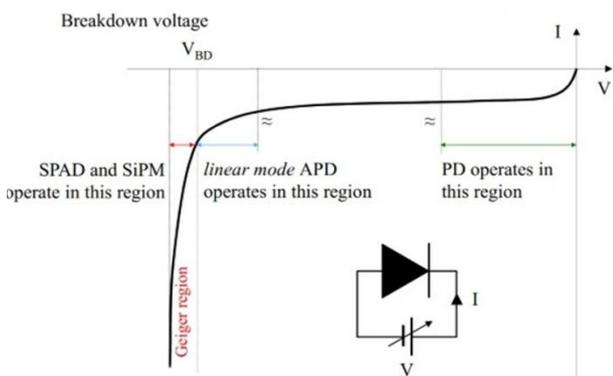
与普通二极管反向截止特性不同，光电二极管在反向电压作用下工作，无光照时存在微弱暗电流，有光照时迅速增大为光电流，将光信号转化为电信号。PD、APD、SPAD 均是基于 PN 结的光电二极管，工作在不同的电压区间。

PIN 是在 PN 结的 P 区与 N 区之间掺入浓度很低的 I 型半导体，吸收光辐射而产生光电流的一种光电探测器。PIN 施加较小的反向偏置电压后，耗尽区在本征层中扩展，稳定后无移动的电荷载流子。当光子进入 I 区被吸收后产生电子-空穴对，在耗尽区势垒电场作用下电荷载流子沿相反方向移动，从而产生电流。

APD 工作在线性模式 (Linear Mode)，偏置电压较高，接近但低于反向击穿电压。通过施加反向电压产生内部增益，当光子进入后，二极管将产生较大电流，因此可以测量低水平的光信号，同时具备较好的线性。相较于 PIN，APD 具有更高信噪比、快速响应、低暗电流和高灵敏度的特点。

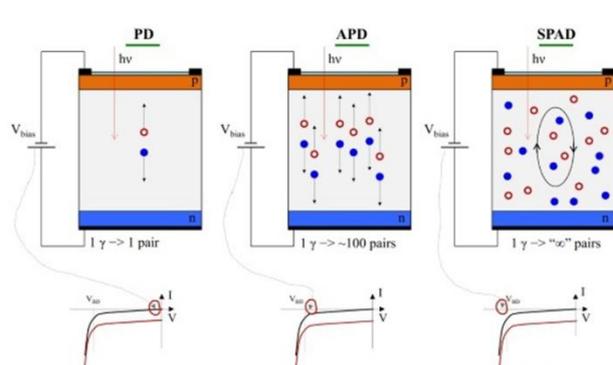
SPAD 工作在盖革模式 (Geiger Mode)，偏置电压高于击穿电压。即使仅一个光子进入后，二极管持续处于反向击穿状态，产生特定于元件的饱和输出电流，表现出无穷大的增益，因此具备单光子探测能力。

图 23: 不同光电二极管伏安特性曲线电压工作区间示意图



资料来源: 知乎 PIPI, 国信证券经济研究所整理

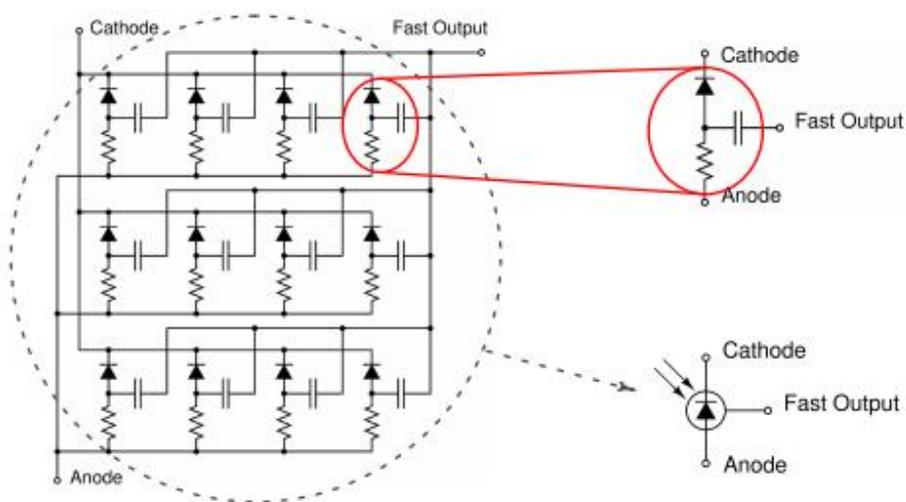
图 24: 不同探测器微观原理示意图



资料来源: 知乎 PIPI, 国信证券经济研究所整理

SiPM 是由多个工作在盖革模式下的 SPAD 传感器阵列组成的新型光电探测器件。根据 SiPM 的电路结构图显示, 其作为一个像素的基本单元是盖革模式下的 SPAD 与淬灭电阻的组合, 通过排列和连接进而形成大量的二维阵列。与只能检测单个光子的 SPAD 不同, SiPM 通过基本单元克服单光子限制, 具有在高动态范围内的多光子检测能力。

图 25: SiPM 简化电路结构示意图



资料来源: 安森美官网, 国信证券经济研究所整理

APD 是最早用于车载激光雷达的光电探测器之一, 已被大多数厂商采用。**SPAD** 具有灵敏度高、噪声低、时间分辨率高等优势, 并且能够进行单片集成或封装级集成, 实现片上系统。**SiPM** 由于工艺难度较高虽暂未大规模采用, 但其具备高增益、高灵敏度、高检测效率等优点, 具备高性能光子计数能力, 能够完成从单个光子到数千个光子的检测应用, 随着未来工艺水平的提高, 将会成为重要的发展方向。

图 26: 采用不同接收模块的激光雷达厂商

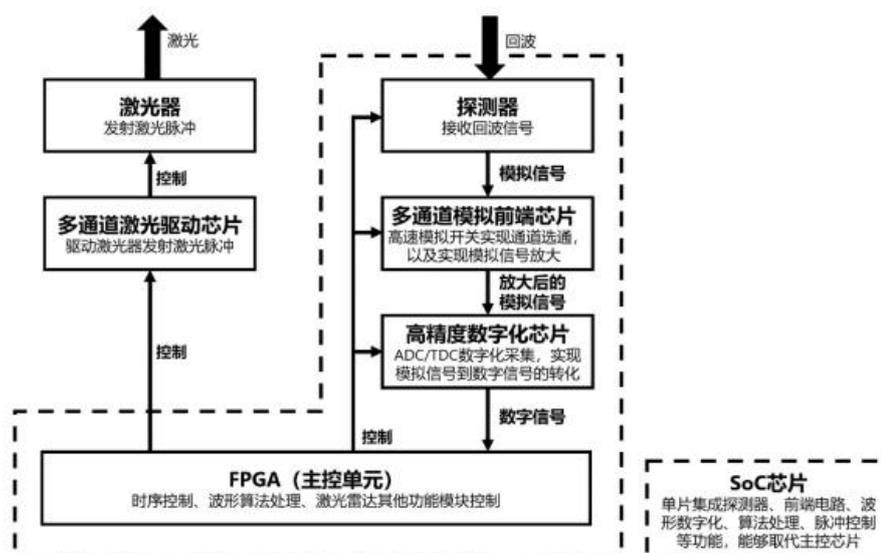


资料来源: Yole, 国信证券经济研究所整理

主控模块中，FPGA（现场可编程逻辑门阵列）芯片是激光雷达常用的主控芯片，SoC（片上系统）芯片是发展趋势。为实现主控模块所涉及的时序控制、波形算法处理、其他功能模块控制、生成点云数据等功能，激光雷达专用芯片包括激光驱动芯片、模拟前端芯片、数字化技术芯片及主控芯片等。

激光驱动芯片能够驱动激光器发射激光脉冲；模拟前端芯片实现接收信号通道选通以及模拟信号放大功能；数字化芯片实现模拟信号到数字信号的转化；FPGA、MCU（单片机）、DSP（数字信号处理）芯片等可作为主控芯片，对其他芯片进行统筹处理。此外，SoC 芯片能够将所有模块的芯片集成到一起，单片集成探测器、前端电路、波形数字化、算法处理、脉冲控制等功能，未来有望取代主控芯片。

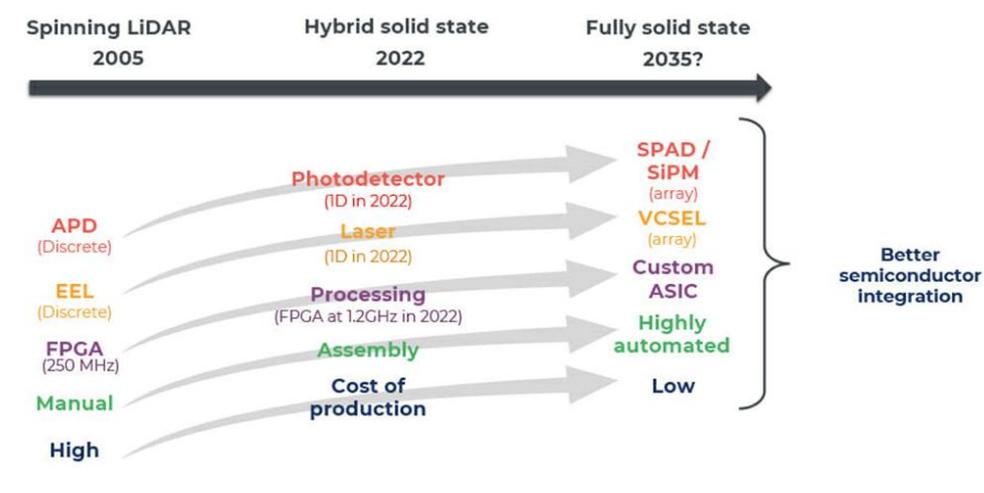
图 27: 激光雷达专用芯片及功能模块示意图



资料来源: 禾赛科技招股书, 国信证券经济研究所整理

固态 VCSEL+SiPM 是未来激光雷达的发展趋势。目前激光雷达各技术路径尚未收敛，各家厂商均在探索不同的发展方向。长期来看，固态激光雷达不存在任何运动装置，性能稳定、可靠性强，因此激光雷达未来将会朝着小型化、高性能、低成本的纯固态方案演进。随着半导体工艺在激光雷达模块中的不断应用，未来 VCSEL 与 SPAD/SiPM 等光电器件的成熟与配合将不断促进激光雷达收发模块向阵列化、集成化发展。

图 28: 2005-2035 年车载激光雷达技术路线图

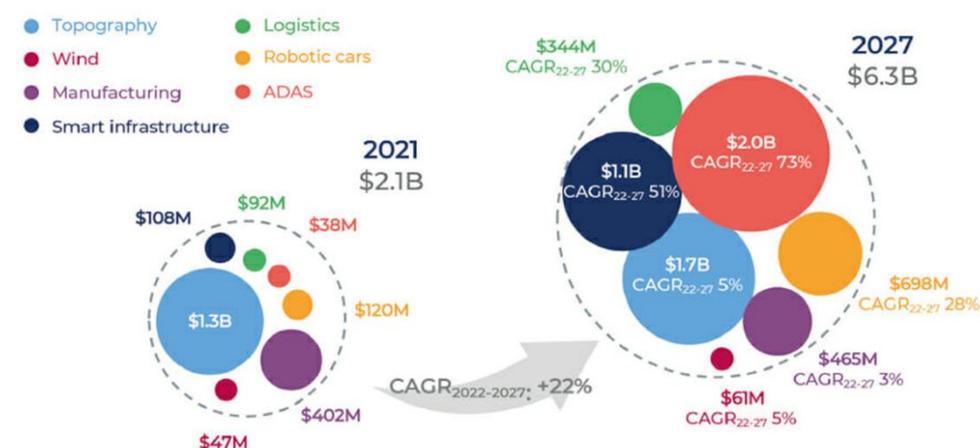


资料来源: Yole, 国信证券经济研究所整理

激光雷达市场规模有望快速提升，上车进程提速

据 Yole 数据，2021 年全球汽车与工业领域的激光雷达市场规模为 21 亿美元，同比增长 18%。Yole 预测到 2027 年该领域市场规模将增长至 63 亿美元，对应 2022-2027 年 CAGR 为 22%。其中，在汽车 ADAS 领域的应用将是增长的主要驱动力，该领域的市场规模预计将从 2021 年的 0.38 亿美元增长至 20 亿美元，成为激光雷达行业最大的应用领域，对应 2022-2027 年 CAGR 将达 73%。

图 29: 2021-2027 年全球激光雷达在汽车与工业领域市场规模及预测



资料来源: Yole, 国信证券经济研究所整理

随着国产自动驾驶新车型的陆续上市，激光雷达有望加速上车。作为大多数车企的选择方案，越来越多的车企部署激光雷达。据创道咨询统计，目前已经装备或筹划装备激光雷达的车型超过 20 款，既有长城、上汽、广汽等传统车企，也有蔚来、理想、小鹏等造车新势力。不同车型普遍搭载 1-4 颗激光雷达，供应商多为禾赛科技、速腾聚创、华为、大疆等国产激光雷达厂商。

表5: 激光雷达上车计划

序号	车厂	车型	车型状态	激光雷达颗数	激光雷达厂商	激光雷达配置
1	蔚来	ET7	交付	1	Innovusion	猎鹰半固态，探测距离 150 米，横向视场角可达 120°，纵向视场角 25°
2	蔚来	ET5	预售	1	Innovusion	猎鹰半固态，1550nm 光源
3	蔚来	ES7	交付	1	Innovusion	猎鹰半固态，1550nm 光源
4	理想	L9	在售	1	禾赛科技	AT128，128 线，一维转镜方案
5	理想	X01	在研	1	禾赛科技	AT128，128 线
6	小鹏	P5	在售	2	大疆	Livox 车规级激光雷达，双棱镜扫描方案，探测距离 150 米，横向视场角可达 120°，纵向视场角 25°，角分辨率为 0.18° * 0.23°
7	小鹏	G9	预售	2	速腾聚创	M1，MEMS
8	长城沙龙	机甲龙	预售	4	华为	96 线混合固态，FOV 视场角为横向 120°、纵向 25°，分别分布于车辆四周，实现 360° 点云覆盖
9	魏牌 WEY	摩卡 DHT-PHEV	在售	2	速腾聚创	125 线
10	上汽飞凡	R7	预售	1	Luminar	全球首发量产的 Luminar 1550nm 激光雷达
11	上汽智己	LS7	在研	2	速腾聚创	车顶配有
12	广汽埃安	AION LX Plus	在售	3	速腾聚创	RS-LiDAR-M1 智能固态激光雷达，两轮眉+车顶端的“三维”布局方式
13	广汽传祺	EMK00 影酷	预售	3	一径科技	固态
14	集度	Robo 01	在研	2	禾赛科技	AT128，128 线，一维转镜方案，分别位于前舱两侧，并且会自动升降
15	威马	M7	发布	3	速腾聚创	自动变焦高精超视固态激光雷达
16	阿维塔	阿维塔 11	预售	3	华为	96 线半固态，MEMS 微振镜方案，分别在车头下部以及两侧前翼子板位置
17	极狐	阿尔法 S HI 版	在售	3	华为	固态
18	哪吒	哪吒 S	预售	2	华为	固态，集成在前保险杠里面
19	高合	HiPhi Z	预售	1	禾赛科技	AT128，128 线
20	极氪	新款极氪 001 极氪 009	在研	1	速腾聚创	车顶位置（已战略合作，未官宣）
21	吉利路特斯	Eletre	在研	4	禾赛科技 速腾聚创	位于前挡风玻璃顶部（禾赛长距激光雷达），以及两侧的前轮拱（速腾聚创短距激光雷达），为伸缩式激光雷达
22	腾势	INCEPTION	在研	2	速腾聚创	前杠下方的左右两侧
23	小米集团	-	在研	数颗	禾赛科技	1 颗混合固态主雷达，数颗全固态雷达

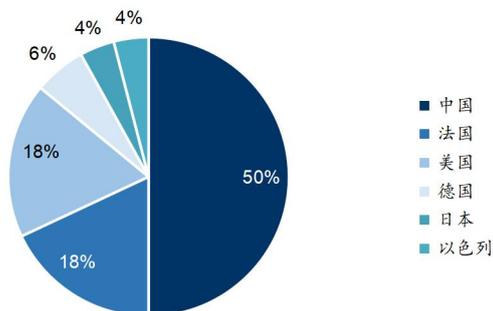
资料来源：创道咨询，国信证券经济研究所整理

中国激光雷达产业动能强劲——以禾赛科技为例

据 Yole 数据，2018-2022 年全球 ADAS 前装量产定点数量中，中国激光雷达供应商占比达到 50%，居世界第一，大幅领先于法国、美国、德国、日本、以色列等拥有激光雷达企业的国家和地区。随着国内乘用车市场激光雷达的加速上车，中国激光雷达厂商与整车厂商合作将更加紧密，从而进一步推动激光雷达产业发展。

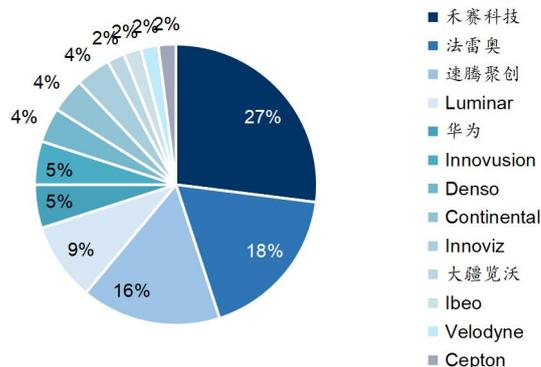
禾赛科技获得了全球 27% 的 ADAS 前装量产定点数量，居世界第一。从供应商来看，禾赛科技、速腾聚创、华为分别占全球 ADAS 前装量产定点数量的 27%、16%、5%，分别位居第一、三、五名。随着中国新能源汽车行业及智能驾驶行业的强势崛起，预计以禾赛科技为代表的激光雷达厂商市场份额将持续扩大，在重塑全球激光雷达行业竞争格局的同时，不断成长为该行业的领先企业。

图 30: 2018-2022 年全球 ADAS 前装量产定点数量各国占比



资料来源: Yole, 国信证券经济研究所整理

图 31: 2018-2022 年全球 ADAS 前装量产定点数量各厂商占比



资料来源: Yole, 国信证券经济研究所整理

在乘用车 ADAS 领域, 2022 年预计将有超过 20 万台激光雷达交付上车, 禾赛科技出货量排名第二。据 Yole 预测, 2022 年 ADAS 激光雷达出货量约 22.1 万台, 前五名厂商占比达 84%, 有三家来自中国。其中, 禾赛科技占比约 20%, 排名第二, 仅次于占比约 29%的法雷奥。速腾聚创、华为等国内厂商出货量亦居第三、四名。

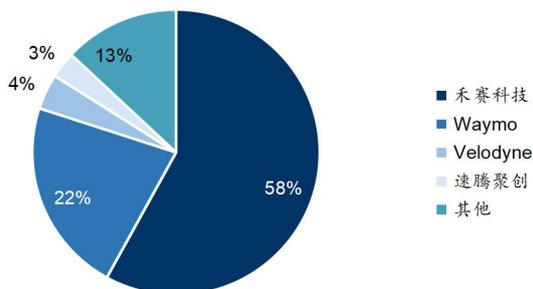
图 32: 2022 年 ADAS 激光雷达出货量预测及各厂商占比



资料来源: Yole, 国信证券经济研究所整理

在 L4 自动驾驶领域, 2021 年禾赛科技激光雷达市场份额排名第一。据 Yole 数据, 2021 年激光雷达在 L4 自动驾驶领域市场规模达 1.2 亿美元, 同比增长 11%。其中, 禾赛科技市场份额占比达 58%, 排名第一, 是第二名 Waymo 份额的两倍以上。此外, 几乎所有头部 L4 自动驾驶公司均选用禾赛科技相关产品, 包括 Cruise、Apollo、Zoox 等国内外知名厂商。

图 33: 2021 年自动驾驶汽车领域激光雷达厂商市场份额



资料来源: Yole, 国信证券经济研究所整理

图 34: 不同 L4 自动驾驶汽车公司采用激光雷达情况

Short-range LiDAR	Company	LiDAR supplier	Long-range LiDAR
4	Waymo	Waymo	1
0	Cruise	Velodyne Lidar	5
4	Aurora	blackmore	3
4	Apollo	Velodyne Lidar	1
4	Didi	Velodyne Lidar	1
3	Motional	Velodyne Lidar	1
3	Pony	Velodyne Lidar	2
4	We Ride	Velodyne Lidar	3
0	Autox	Velodyne Lidar	2
0	Yandex	Yandex	4
4	Zoox	Velodyne Lidar	4

资料来源: Yole, 国信证券经济研究所整理

2021 年 8 月, 禾赛科技发布面向 ADAS 前装量产的长距混合固态激光雷达 AT128。该款产品是当时市场上唯一同时满足远距 (200m@10%) 和超高点频 (153 万每秒, 单回波) 的车规级前装量产激光雷达, 推出时已获得多家顶级汽车厂商总计超过 150 万台的定点, 合作伙伴包括理想、集度、高合、路特斯等著名汽车品牌, 并已在 2022 年陆续进入量产和交付阶段。

图 35: 禾赛科技 AT128 激光雷达关键参数



资料来源: 禾赛科技官网, 国信证券经济研究所整理

2022 年 11 月, 禾赛科技发布面向 ADAS 前装量产的纯固态近距补盲激光雷达 FT120。该款产品内部无运动部件, 大幅提升产品的可靠性、生产效率及量产一致性。FT120 拥有 100° × 75° 超广角视场和零盲区优势, 最大量程为 100 米, 拥有 192,000 点/秒的点频 (单回波模式下) 和 160 (H) × 120 (V) 的全局分辨率, 能够探测周边环境的丰富信息, 与远距 AT128 形成完整的车规级激光雷达解决方案。目前 FT120 已获得多家主机厂总计超过 100 万台的定点, 预计 2023 年下半年量产交付。

图 36: 禾赛科技 FT120 激光雷达爆炸示意图



资料来源：禾赛科技官网，国信证券经济研究所整理

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 $\pm 10\%$ 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 $\pm 10\%$ 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所提及的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