

激光雷达行业研究报告

2021.07

核心观点

◆ 1. 行业背景与状况：高阶自动驾驶驱动带来广阔市场空间，激光雷达成为十年长周期顶级赛道

- 激光雷达是高阶自动驾驶的最核心的传感器，在性能、防干扰和环境信息获取量等方面均优于其他自动驾驶传感器。激光雷达产业已吸引大量传统整车厂商、新兴自动驾驶公司、科技公司投资入局，驱动激光雷达市场规模扩大。据沙利文的统计和预测，2025年激光雷达的全球市场规模可达135.4亿美元，较2019年实现64.5%的符合增长率。

◆ 2. 技术路径：新旧技术各具优势，FMCW、OPA、Flash 这些技术路径值得关注。

- 在测距原理上，飞行时间法（ToF）市场成熟、具有完整的产业链，但生产成本陷入瓶颈。FMCW相较于ToF具有抗干扰性强、测量距离长、分辨率高、对道路障碍物探测更加敏感的优势，具有广阔的发展空间。
- 在激光发射与接收方面，主流激光器波长分为950nm和1550nm两种，1550nm对人眼健康更加友好，同时抗干扰能力强。探测器中PAD已经成熟，SPAD、SiPM是新兴的激光雷达探测器，抗光干扰、成本具有优势。
- 扫描方式方面，机械式较为成熟，但因成本和稳定性难以实现车规级量产。固态激光雷达在技术和成本上具有优势，其中OPA激光雷达成本低、可量产性高、可靠性好，同时市场阶段尚在初期、技术要求较高更容易孕育具有不可替代地位的龙头企业。Flash不存在旋转结构，扫描速度快，避免机械式雷达旋转带来的稳定性问题，但需要优化功率和探测器的灵敏度。

核心观点

◆ 3. 竞争格局：竞争格局逐渐形成，国内外厂商需重点克服车规、量产、成本问题

- 国外激光雷达企业起步较早，国内企业也在快速崛起，激光雷达的竞争格局逐渐形成。国内外厂商技术路线策略不同，但都需要跨越车规、量产、成本三座大山。主流激光雷达厂商的路径选择上转向车规和成本更具优势的固态式，技术的研发和优化也应围绕车载的稳定性、安全性，量产可能性和成本控制。

◆ 4. 产业链培育：上游元器件成为重大机遇，技术路径选择依靠产业链成熟

- 激光雷达上游元器件是产业链的核心，技术发展与更新依靠于元器件及相关配套的研发与生产能力。不同技术路径衍生出细分产业链，而细分产业链的成熟度，将决定技术路线最终的竞争格局。当前激光雷达核心器件由国外厂商垄断，掌握议价权，国产替代需求空间巨大，对技术路径的投资，最终是对细分产业链的投资。

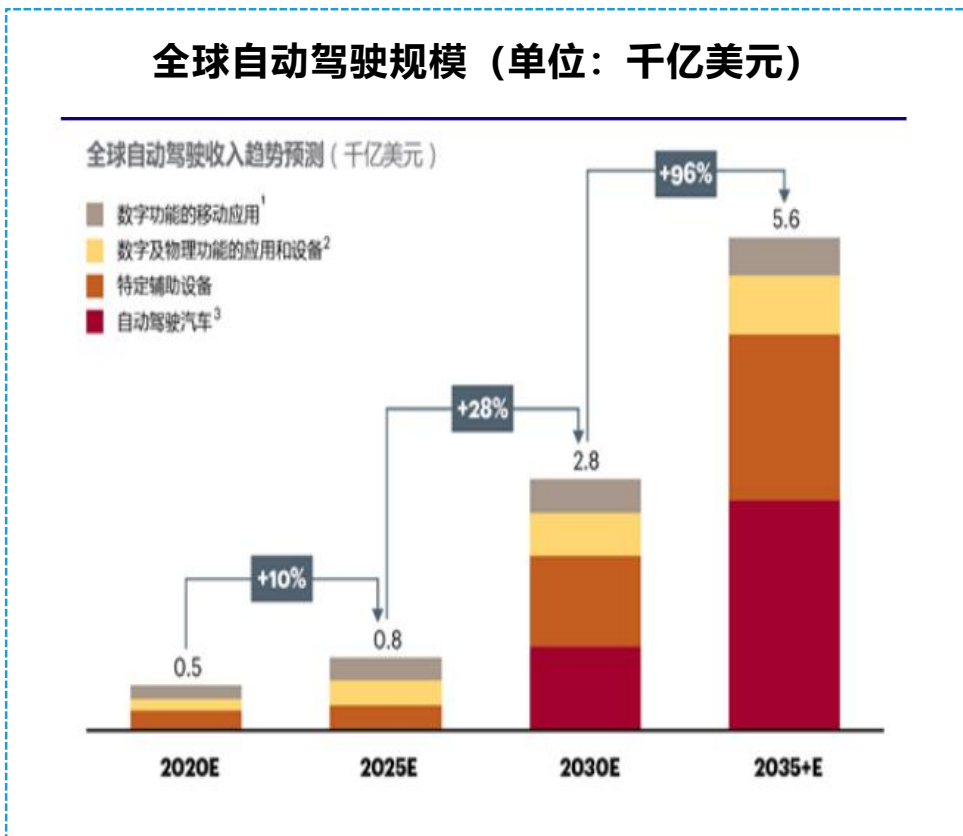
目录

CONTENTS

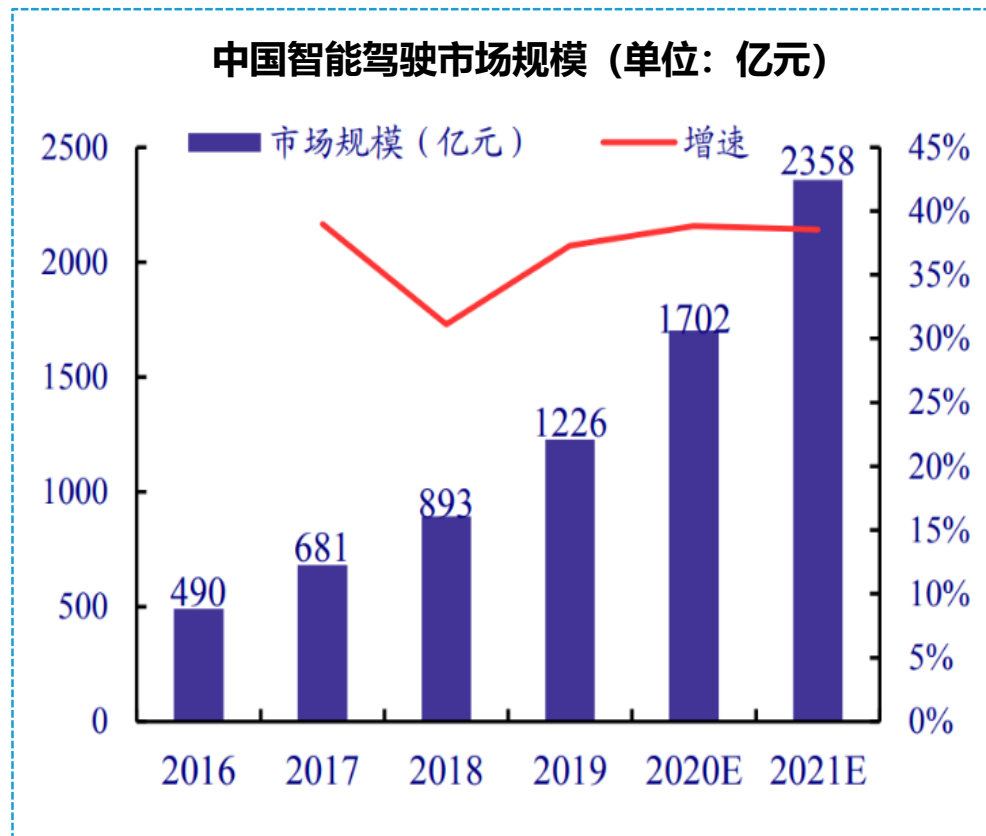
- 1 激光雷达产业背景与概况
- 2 技术路线分析
- 3 投资切入点梳理

激光雷达产业背景与概况

- ◆ **全球自动驾驶市场规模广阔：**自动驾驶汽车将在2025年前后开始一轮爆发式增长，到2035年，道路行驶车辆将有一半实现自动驾驶，届时自动驾驶整车及相关设备、应用的收入规模预计将超过五千亿美元。
- ◆ **中国自动驾驶市场快速增长：**2016年-2019年中国智能驾驶市场规模从490亿元增长到1226亿元，复合增速为35.8%，预计到2021年市场规模将进一步增长至2358亿元。

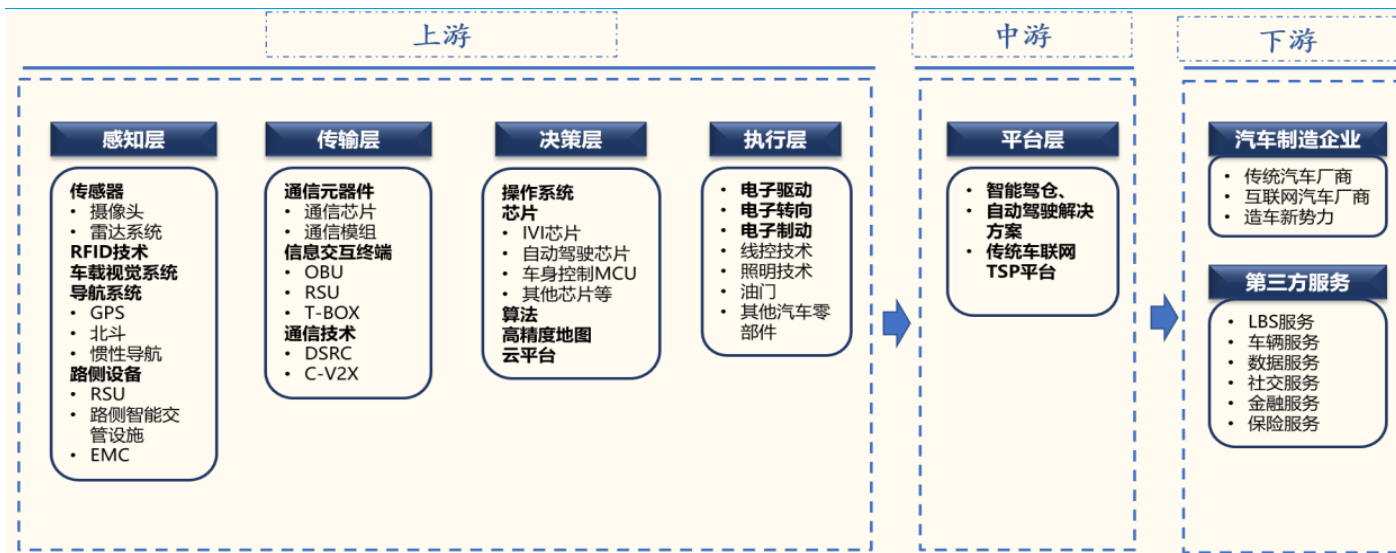


资料来源: IHS, 中国银河证券研究院



资料来源: 中国产业研究院、中国银河证券研究院

自动驾驶产业链



资料来源：国金证券整理

自动驾驶传感器对比分析

传感器种类	成本 (美元)	最远距离	功能	优势	劣势	目前应用	技术形态	市场集中度
激光雷达	8000-75000	300	周围环境3D建模	精度高、采集信息丰富、实时性好	成本高，工艺复杂	道路提取、环境建模、障碍物识别	尚未定型	低
毫米波雷达	300-500	250	无法完成视觉识别较高的功能	测距测速能力突出	无法识别和对周围物体的准确建模	自适应巡航 (ACC)、自动紧急制动 (AEB)	不断优化	高
超声波雷达	30-50	50	侧方超车提醒、倒车提醒	价格低廉、近距离探测精度高、不受光线条件影响	探测距离短	自动泊车	较为成熟	中
摄像头	120-200	50	能实现大部分ADAS功能，测距功能对算法要求高	应用广泛、价格低廉	受天气影响大；依赖于样本；算法要求高；稳定性差	车道偏离预警 (LDW)、交通标志识别 (TSR) 等	成熟	高

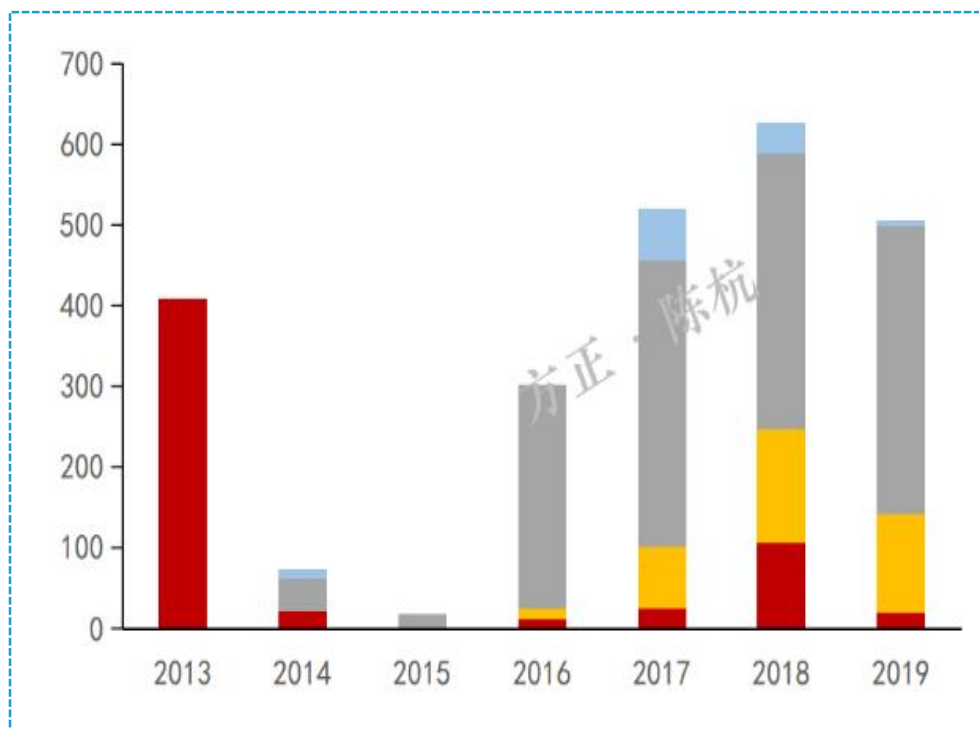
资料来源：华盛资本整理

◆ **感知层的传感器是自动驾驶汽车的眼睛和耳朵：**
自动驾驶产业链主要包括上游的感知、传输、决策和执行层，中游的平台层，下游的整车与服务。其中，感知层用于外部环境的特征和变化信息的获取。传感器作为汽车感知系统的硬件终端，通过传感器实时感知并采集环境信息，是自动驾驶汽车的眼睛和耳朵。

◆ **激光雷达是高等级自动驾驶的核心传感器，在性能、防干扰和信息量优势明显：**
自动驾驶传感器主要包括摄像头和雷达，其中雷达分为毫米波雷达、激光雷达、超声波雷达三类。相比于毫米波雷达，激光雷达可实现对人体的探测，相比于摄像头，激光雷达的探测距离更远，距离测量精度更高，并且可以区分缓慢移动的人和其它静止物体。随着高等级自动驾驶对于传感器要求的不断提升，激光雷达将作为传统传感器的重要补充，支撑自动驾驶的信息获取。

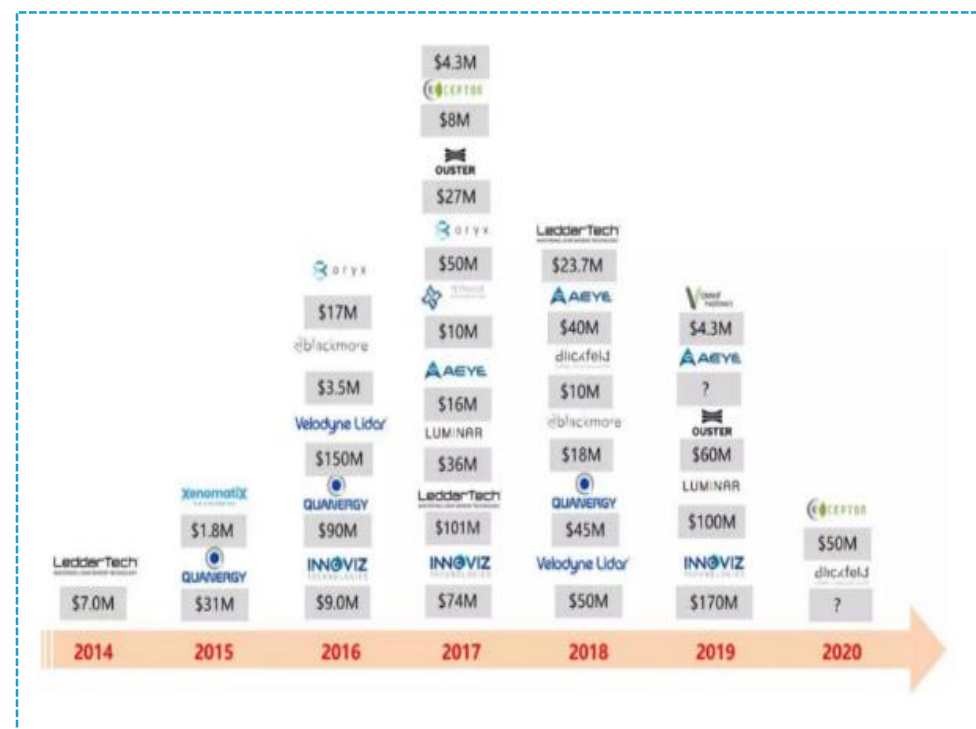
- ◆ 激光雷达领域投资成为热点，全球主流整车厂、Tier1和科技公司投资布局激光雷达：2016年激光雷达投资激增，该领域投资额比例持续超过摄像头和毫米波雷达。部分整车厂通过投资的方式积极参与到激光雷达领域中，同时以谷歌、百度、华为为代表的科技巨头从人工智能和硬件整合角度，加入自动驾驶的布局。

自动驾驶各传感器投资额 (单位: 百万美元)



资料来源: 方正证券研究所

历年激光雷达投资项目



资料来源: 方正证券研究所

2020年到2021年8月激光雷达投融资事件统计

项目	融资时间	融资轮次	融资金额	投资机构
禾赛科技	2020.01	C轮	1.73亿美元	安森美、博世创投、光速中国、德同资本、启元创投、Axiom Asia Private Capital
光勺科技	2020.02	天使轮	500万人民币	-
镭神智能	2020.03	股权融资	未披露	同威资本
力策科技	2020.04	股权融资	未披露	峰瑞资本
一径科技	2020.04	A+轮	7000万人民币	复星锐正、松禾资本
星秒广电	2020.06	股权融资	未披露	矜浩资本
洛微科技	2020.08	天使轮	数千万人民币	中科创星、峰瑞资本
探维科技	2020.08	Pre-A轮	数千万人民币	清控银杏
科创中光	2020.08	股权融资	未披露	安徽高新投
Ouster	2020.09	B轮	4200万美元	Fontinalis Patners
速腾聚创	2020.10	股权融资	未披露	众和瑞民、信业基金、康成亨投资
Innovusion	2021.01	战略投资	数千万美元	均胜电子
Innovusion	2021.05	B轮	6400万美元	淡马锡、贝诺斯曼亚洲投资基金会、蔚来资本、斯道资本、F-Prime Capital Patners
挚感光子	2021.05	Pre-A轮	未披露	仁智资本、北极光创投、吴江创投
lbeo	2021.06	战略投资	未透露	瑞声科技
一径科技	2021.06	B轮	数亿元人民币	英特尔投资、创新工场、华兴资本
抒微智能	2021.06	天使轮	近千万人民币	拉尔夫创投、南京投投是道
镭神智能	2021.07	C轮	3亿人民币	国联通宝资本、弘湾资本、徐州政府引导基金、隽赐投资、招商证券、弘湾资本等
Innovusion	2021.08	B+轮	6600万美元	国泰君安国际、蔚来资本、淡马锡、斯道资本、顺为资本

激光雷达上市公司统计

公司	上市时间	国家	市值
Velodyne	2020.09	美国	14.45亿
Quanergy	正在与壳公司合并	美国	上市后预计11亿
Luminar	2020.12	美国	62.27亿
Aeva	2021.05	美国	18.86亿元
Innoviz	2020.12	以色列	12.01亿
Ouster	2021.03	美国	15.96亿



- ◆ 激光雷达投融资事件数量在2018年前后达到峰值，在2019年和2020年冷却后，2021年随着疫情的缓解，激光雷达投资额再度爆发，多起投资达数亿元。
- ◆ 2020年以来，国外激光雷达企业迎来上市热潮，Velodyne成为激光雷达单独业务上市的第一股，多家公司通过SPAC纷纷上市。

十年长周期顶级赛道，激光雷达市场进入爆发前期

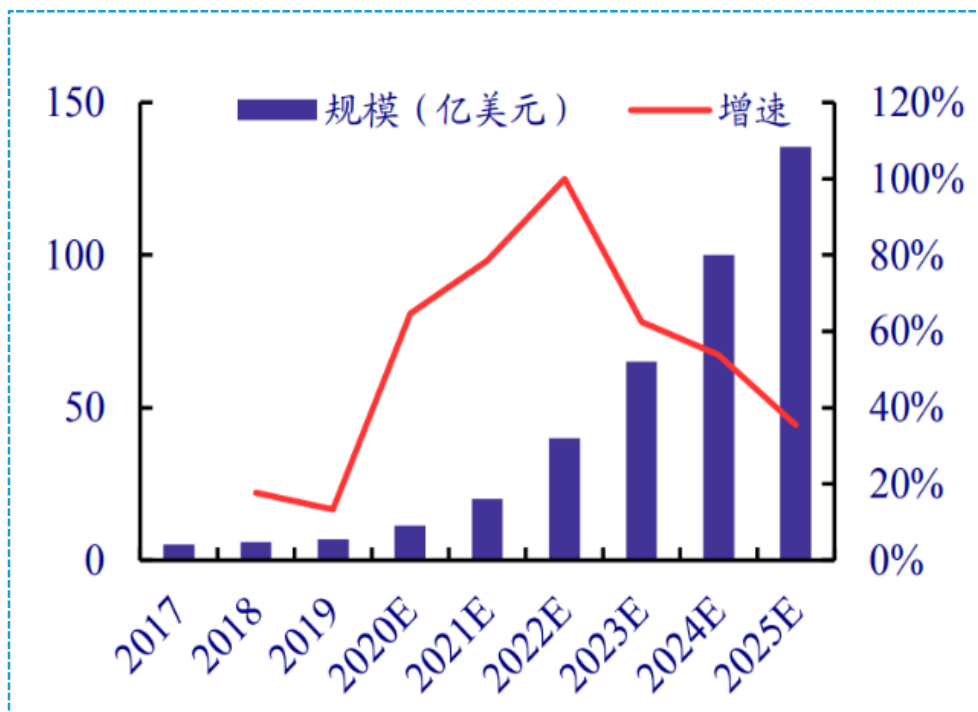
全球主流整车厂、Tier1、自动驾驶公司在激光雷达领域的布局

整车厂商			整车厂商		
美系			国产品牌		
整车厂商	激光雷达布局	技术路径	整车厂商	激光雷达布局	技术路径
福特	投资Velodyne, 已退出	机械式、MEMS	上汽集团	投资速腾聚创	机械式
	投资Ouster	Flash	北汽集团	投资速腾聚创	机械式
通用	收购Strobe	FMCW		与华为合作搭载华为雷达	
特斯拉	投资Quanergy	OPA	蔚来	投资Innovusion	MEMS
	摄像头+激光雷达以外的传感器	-	小鹏汽车	与大疆合作	MEMS
欧系			长安汽车	与华为合作	MEMS、OPA
整车厂商	激光雷达布局	技术路径	Tier1		
奔驰	投资Quanergy、战略合作	OPA	Tier1厂商	激光雷达布局	技术路径
	投资Luminar	MEMS	博世	收购ABAX (宁波飞芯)	OPA、LC
宝马	投资Blackmore	FMCW		投资TetraVue	ToF
奥迪	投资Aeva、战略合作	FMCW	采埃孚	收购Ibeo	Flash
	与法雷奥合作, 搭载法雷奥雷达	转镜、Flash、MEMS	安波福	投资Quanergy	OPA
保时捷	投资Aeva	FMCW	自动驾驶公司		
沃尔沃	投资Luminar	MEMS	国外公司		
日韩			自动驾驶公司	激光雷达布局	技术路径
整车厂商	激光雷达布局	技术路径	Waymo	谷歌无人驾驶独立公司, 购买、自研激光雷达	机械式
现代	投资Velodyne	机械式、MEMS	Aurora	收购OURS和Blackmore	FMCW
	投资Aurora	FMCW	Mobileye	英特尔旗下自动驾驶公司, 自研激光雷达	FMCW+OPA
	持股Opsys Tech	Flash	Voyage	与Velodyne合作搭载Velodyne雷达	机械式、MEMS
丰田	投资Luminar	MEMS	国内公司		
	投资Blackmore	FMCW	自动驾驶公司	激光雷达布局	技术路径
	投资并与Aeva合作	FMCW	小马智行	与Luminar合作开发系统	MEMS
本田	与法雷奥合作搭载法雷奥雷达	转镜、Flash、MEMS	百度	投资禾赛科技、Velodyne	机械式、MEMS
日产	自动驾驶汽车日产聆风搭载激光雷达完成路测	-	华为	自研激光雷达	MEMS
-续右表-			图森未来	与Aeye建立合作研发关系	MEMS
			Momenta	与百度合作搭载Apollo1.5系统	机械式、MEMS
			AutoX	与安森美合作	ToF

资料来源：华盛资本整理

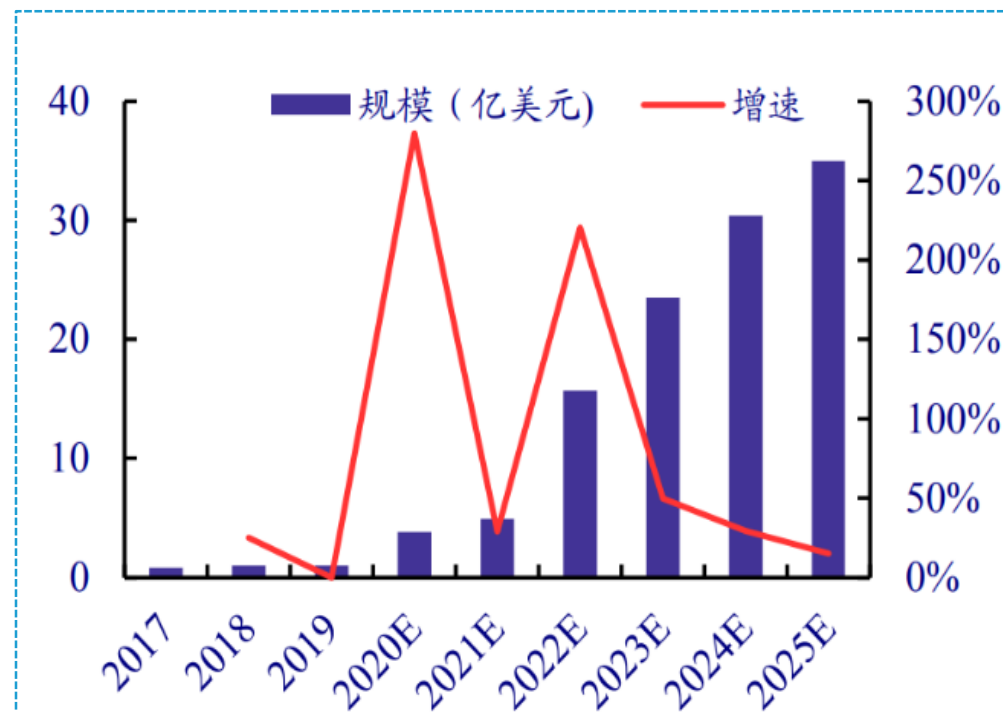
- ◆ **自动驾驶大市场驱动全球激光雷达市场快速增长。**随着自动驾驶的发展成熟带来的巨大市场需求，大量资金入局激光雷达产业，以及车企与新兴自动驾驶企业的合作，激光雷达的市场规模将迎来快速增长。大部分激光雷达厂商宣布与汽车厂商合作，最早于2021年推出车规级产品，预计2023年搭载激光雷达的量产车型将突破30万台。根据沙利文的统计及预测，激光雷达在2025年的全球市场规模可以达到135.4亿美元，较2019年可实现64.5%的年均复合增长率。

全球激光雷达市场规模 (单位: 亿美元)



资料来源：沙利文研究、禾赛招股说明书、中国银河证券研究院

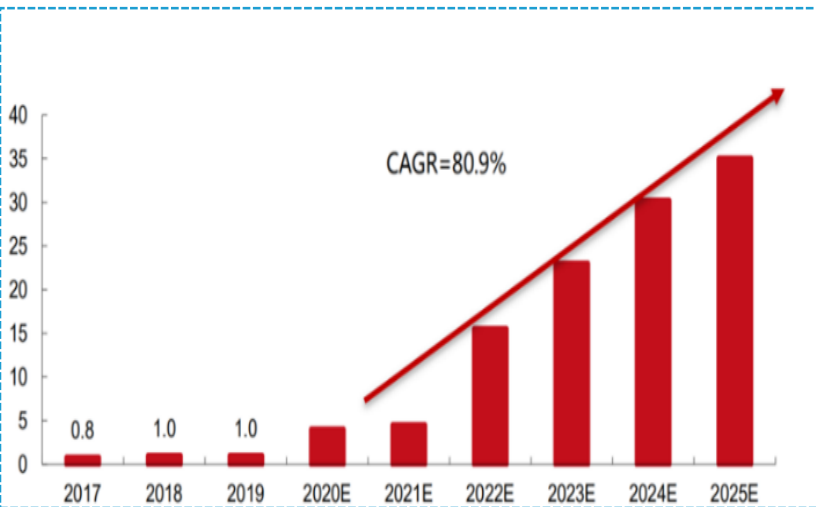
全球激光雷达在无人驾驶领域的规模 (单位: 亿美元)



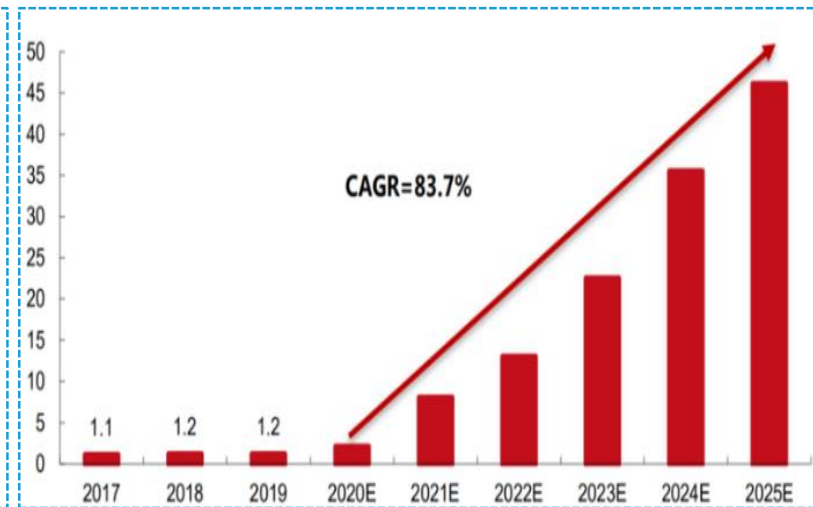
资料来源：沙利文研究、禾赛招股说明书、中国银河证券研究院

- ◆ **无人驾驶颠覆传统运营业态、高级别辅助驾驶布局加速：**传统出行服务中人工成本占运营总成本的60%以上，无人驾驶大大减少人工的投入。目前全球仅Waymo可以完全实现无人驾驶打车，国内的百度和文远知行等公司也在加速商业化，开展路测和试乘服务。智己汽车、本田、奔驰、丰田、长安等将陆续在2021年上市基于激光雷达的辅助驾驶功能的车型。
- ◆ **无人驾驶与高级辅助市场规模持续增长、将成为激光雷达的主要市场：**根据沙利文的测算，无人驾驶领域激光雷达市场在 2025 年预计达到35 亿美元，较2019年的年均复合增长率可达80.9%。无人驾驶和高级驾驶辅助将占据激光雷达应用领域50%以上的份额，在激光雷达的增长中发挥着支撑作用

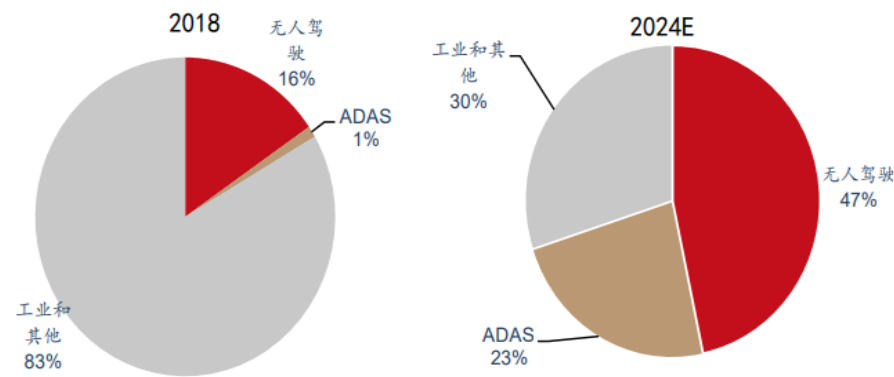
2017-2025E全球激光雷达在Robotaxi/Robotruck 领域的市场规模 (单位: 亿美元)



2017-2025E全球激光雷达在ADAS 领域的市场规模 (单位: 亿美元)



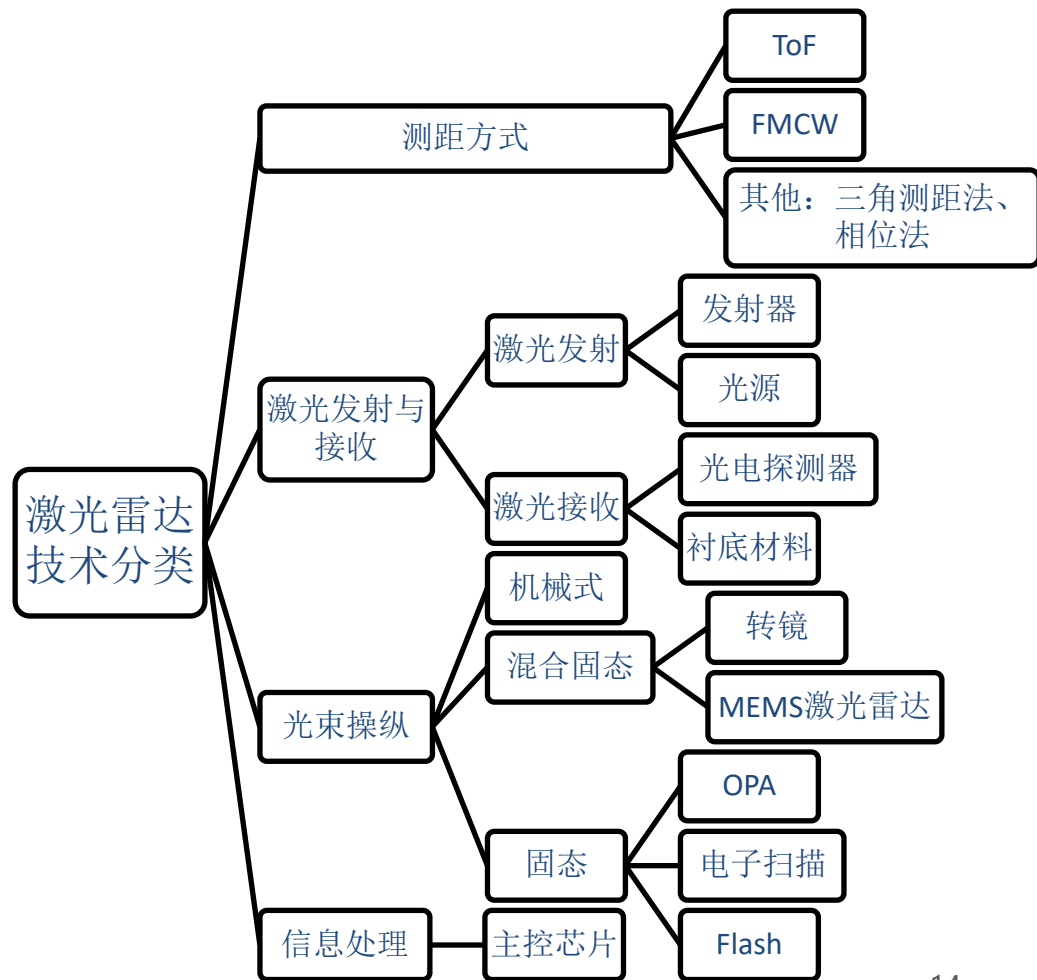
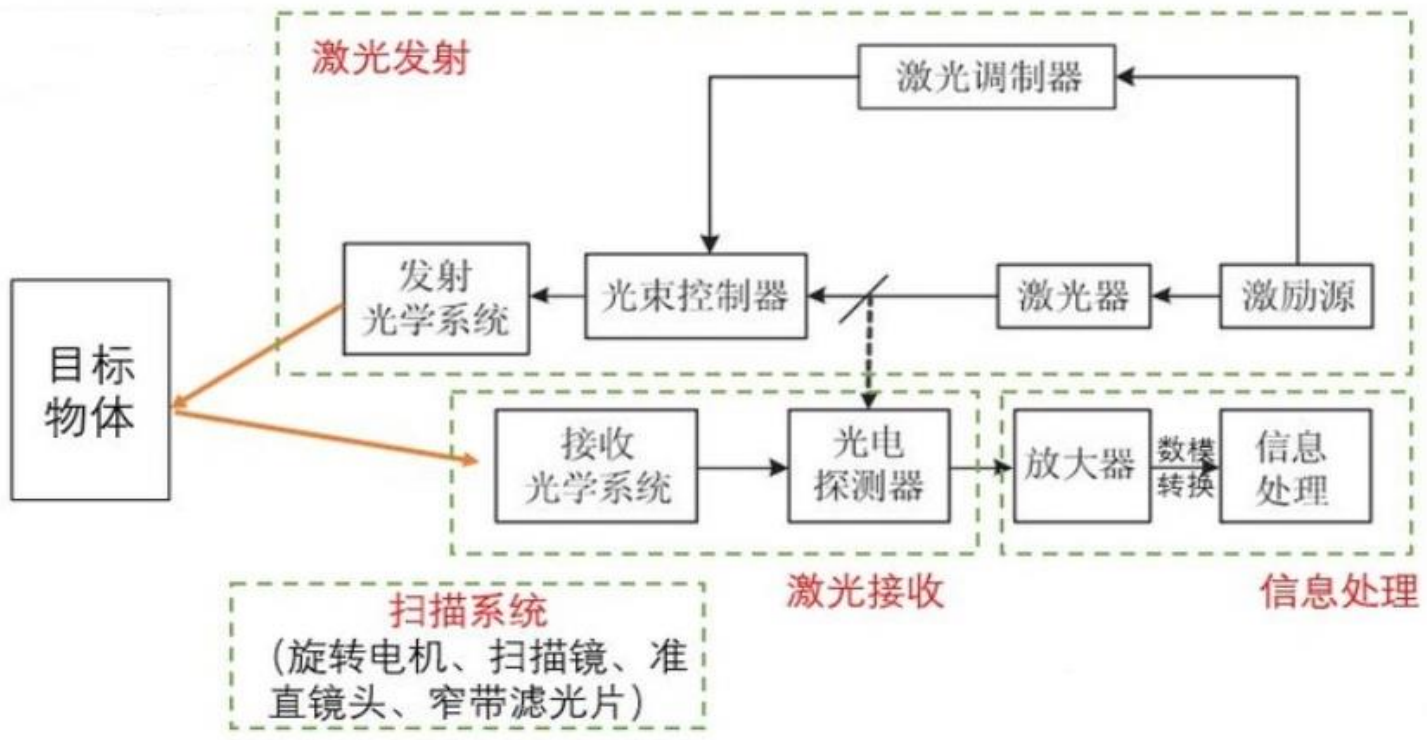
无人驾驶与高级辅助是激光雷达的主要战场



资料来源：沙利文研究、西部证券研究中心

技术路线分析

- ◆ **激光雷达原理**：激光器发射激光脉冲，激光调制器通过光束控制器控制发射方向和线数，最后通过发射光学系统将激光发射至目标物体，激光反射后到激光接收系统，光电探测器接收后产生接收信号，经放大处理和数模转换，信息处理模块计算后得出周围环境信息。
- ◆ **技术路线分类**：根据激光雷达原理，激光雷达的技术路线可从测距方式、激光发射与接收、光束操纵方式、信息处理四个角度进行分类。



资料来源：汽车之家

- ◆ **EEL (边缘发射激光器)**：平行于表面出光的激光器，发光功率密度高，但工艺步骤复杂易导致成本和生产一致性的问题。EEL产品规格多，形成了高度分散且多样化的竞争格局。
- ◆ **VCSEL (垂直腔面发射激光器)**：垂直于表面出光的新型激光器，易于实现大规模阵列和光电集成，不必解理的特性降低了成本，但发光功率密度不足。近年来多层结VCSEL相继问世，提高了发光功率，Ibeo、Ouster、Opsys等厂商采用VCSEL。

EEL

VCSEL

VCSEL与EEL参数对比

	VCSEL	EEL
功率	<10W, 与面积成比例	<120W
光束质量	低发散, 对称	中等发散, 不对称
温度漂移	0.07nm/K	0.25nm/K
光谱宽度	1-2nm	1-2nm
散斑	低	高
切换时间	高	高
装调	简单	复杂
成本	低	高

资料来源：MEMS咨询、光大证券

EEL供应链结构

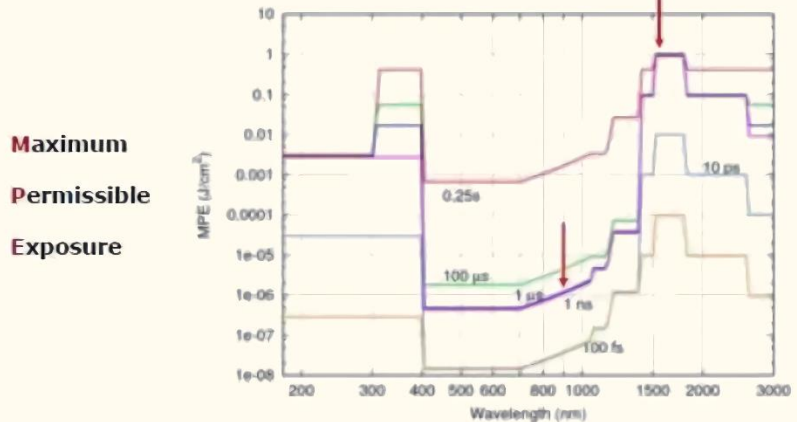
部分激光雷达厂商应用VCSEL概况

	采用奥地利AMS的VCSEL技术设计了新款固态激光雷达，并与中国长城汽车签订供货合同，计划于2022年发布采用VCSEL的ibeoNext激光雷达产品。
	基于VCSEL的激光雷达探测范围在100米左右，可以探测到反射率仅为10%的物体，目标是在2024年将其ES2传感器投入大规模量产，并降成本降至100美元。
	将高密度SPAD探测器阵列与高密度、完全可寻址的二维VCSEL阵列结合使用，2021年发布的Microflash激光雷达探测距离达200米，扫描频率为1000 Hz

激光源波长：1550nm是兼顾人眼安全与性能的最优解

- ◆ **905nm和1550nm**：905nm和1550nm是主流的两种激光雷达波长。传统激光雷达以905nm波长近红外激光为主，该波长激光器件相对成熟，成本较低，常采用硅作为衬底材料；1550nm激光雷达具有成像效果好、聚光能力强、集成程度高等特点，常采用铟镓砷作为衬底。
- ◆ **1550nm兼顾人眼安全与功率提升**：905nm光源功率提升过多会对人眼产生损害，因此必须保证较低功率的运行。1400nm以上波长的激光会在进入视网膜前被眼球减损完毕，因此可以相比 905 nm 波长提升 40 倍的功率运行，大大提升点云分辨率、探测距离、增强复杂环境的穿透力。

1550nm与905nm人眼安全对比



激光波长	905 nm	1550 nm
脉冲宽度	5 ns	5 ns
最大允许曝光量	10 ⁻⁶ J/cm ²	1.0 J/cm ²
光斑大小 (近车辆)	2 mm	2 mm
最大允许峰值功率	6W	6 MW

资料来源：QPC Lasers

1550nm 与 905nm 激光的性能对比

	类型	905nm	1550nm
安规	波长越短，光子能量越高，对人眼伤害越大，安规限制越严	限制大	限制小
传感器	传感器衬底材料决定了光谱响应灵敏度，铟镓砷价格高企	硅	铟镓砷
激光器	主要考虑成本、体积、光束质量和功率，光纤激光器成本高	半导体激光器	-
日光干扰	地面日光光谱受多个因素影响，影响背景光水平	干扰大	干扰小
大气散射	波长越长，穿透能力越强	穿透力弱	穿透力强

资料来源：国金证券

1550nm主要厂商

LUMINAR

Aurora

一径科技

Innovusion

- ◆ **探测器分类：**根据可增益能力，光电探测器可分为PIN PD、APD、SPAD、SiPM四类。其中，PIN PD适用于FMCW测距激光雷达，成本低；ToF类激光雷达目前主要使用的是技术较为成熟的APD；SPAD可实现低激光功率下的远距离探测能力，但过于灵敏的接收也会导致通道串扰大、寄生脉冲等问题，电路设计等工艺难题带来较高的制造成本，而SiPM是由多个独立且带有淬灭电阻的SPAD组成。
- ◆ **收发器件面阵化、芯片化：**近年来激光雷达收发器件面阵化，采用连续的、面状扫描光线来实现扫描和接收，针对VCSEL和单光子器件的专用芯片在提高集成度和可靠性方面成为趋势，单光子接收端芯片上集成芯片SoC集成了探测器和算法电路，实现信息的集成处理和输出。

类型	PIN PD	APD	SPAD	SiPM
增益能力	10 ⁶	10 ⁶	<100	无
探测范围	中长距	中长距	中长距	短距
电路结构	简单	复杂	复杂	复杂
成本	低系统成本， 中等探测器成本	高系统成本， 高探测器成本	高系统成本， 高探测器成本	高系统成本， 低探测器成本
设计冗余	温度补偿	信号完整性，淬灭电路	信号完整性，温度补偿	信号完整性
光谱范围	最高 950nm	最高 1150nm (硅)， 最高 1700nm (铟镓砷)	最高 1150nm (硅)， 最高 1700nm (铟镓砷)	最高 1200nm (硅)， 最高 2600nm (铟镓砷)
探测速度	中等，取决于恢复时间	快	快	快
工作电压	<80V	>150V	<200V	<10V
噪声	探测器高噪声， 系统低噪声	探测器高噪声	探测器低噪声， 系统高噪声	探测器低噪声， 系统高噪声（功耗限制）

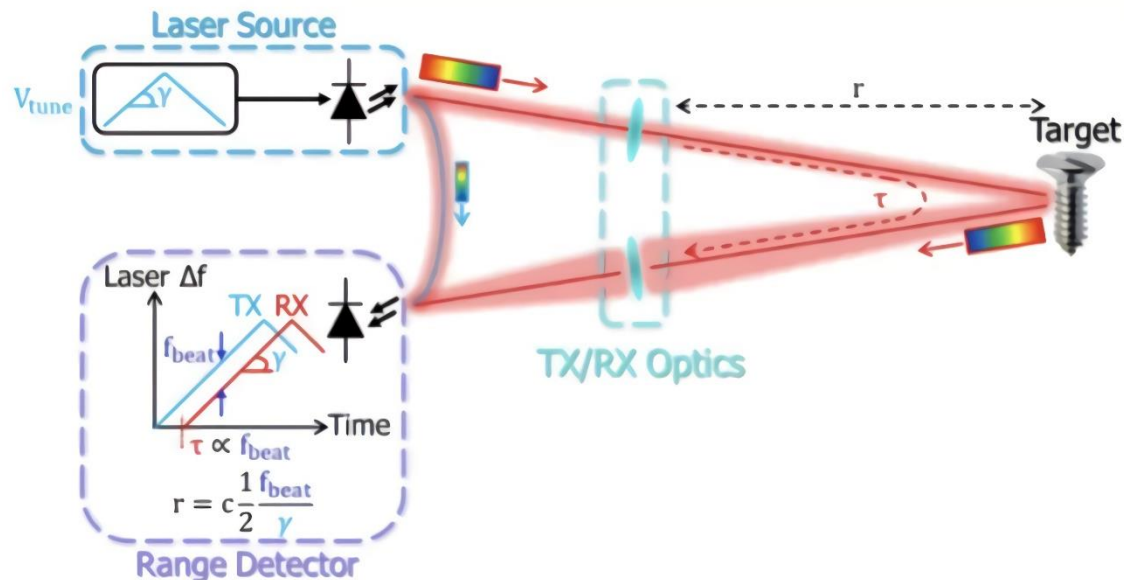
资料来源：国金证券

- ◆ **激光雷达根据测距原理主要有四类：**飞行时间法（ToF, Time of Flight）、调频连续波（FMCW, Frequency Modulated Continuous Wave）、三角测距法和相位法。相对来说，ToF是目前市场的主流，已经有较为完整成熟的产业链，供应商可提供相应的标准组件，FMCW则处于早期培育阶段。
- ◆ **FMCW成为传统技术痛点的破局者：**ToF对发光器件的功率要求较高，采用多节VCSEL激光器虽然达到了目标功率，但成本高，一致性难以确认。相较于ToF，FMCW具有抗干扰性强、分辨率高、对道路障碍物探测更加敏感的优势，在相同探测距离下功率要求远小于ToF，具有广阔的发展空间。

测距原理的主要类型

类型	简介
飞行时间法 (ToF, Time of Flight)	通过激光脉冲发射与接收的时间差计算距离，响应速度快、产业链较为成熟，主要采用APD、SPAD等光电探测器。
调频连续波 (FMCW, Frequency Modulated Continuous Wave)	通过调频连续激光的回波信号与相干拍频的频率差获取距离，同时根据多普勒频移信息测量目标物速度，抗干扰能力强、处于早期培育阶段，主要采用PIN PD探测器。
三角测距法	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的探测方法。
相位法	利用发射的调制光和被目标反射的接受光之间光强的相位差和回波的延迟测量距离。

FMCW技术原理示意图



测距原理：FMCW成为传统技术痛点的破局者

- 国内将FMCW应用到车载激光雷达领域的企业不多，主要有光勺科技、洛微科技等，国外AEVA、Aurora、Mobileye在FMCW领域发展迅速，部分企业已上市；禾赛科技虽然以ToF雷达为主，但在FMCW积极布局相关技术储备。

AEVA



Aeva是业内首个采用FMCW的激光雷达公司

Aeva is the Only FMCW LiDAR Company Meeting Perception Needs



瞬时速度



更远的探测距离



抗干扰能力

- AEVA的FMCW激光雷达对光电探测器要求不高，硅基PIN即可，相较于APD和InGaAs材料成本更低。
- AEVA旗下的4D激光雷达产品将于2024年在大众汽车ID Buzz自动驾驶车队进行搭载，和采埃孚、TuSimple等部署推广4D激光雷达。
- 曾获得大众保时捷投资，于2021年上市，市值14.45亿元。

Aurora



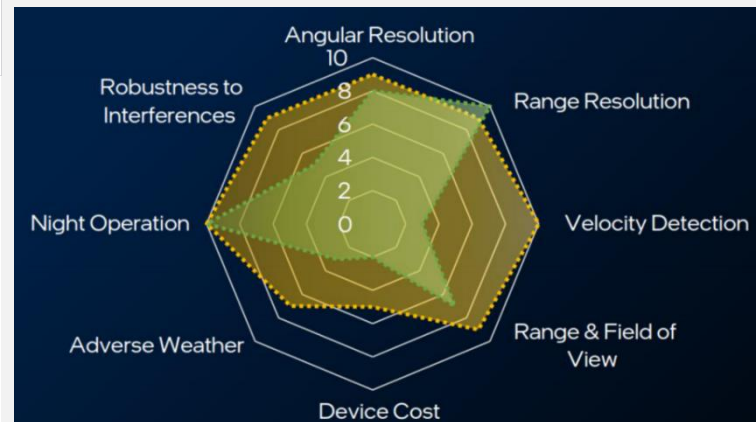
- Aurora分别于2019年和2021年收购FMCW技术商Blackmore和OURS，明确FMCW将在未来得到广泛应用。
- 2020年Aurora推出FirstLight雷达，专为自动驾驶卡车设计，探测距离达300m。
- 2021年，Aurora与美国重型卡车PACCAR合作进入卡车行业；同年与丰田、Denso合作装备自动驾驶Sienna车队，并于年底测试。

禾赛科技



- 技术储备：在FMCW的整体架构、集成、工作方式方面以及其核心器件线性调频窄线宽激光器的关键技术方面进行技术储备，申请专利11项。
- 项目开发：小型自动驾驶FMCW激光雷达，目标实现长距探测和测速性能，具备抗干扰能力和车规标准。
- 核心器件布局：投入开发1550nm窄线宽FMCW激光器，开展硅光芯片集成化研究。

Mobileye



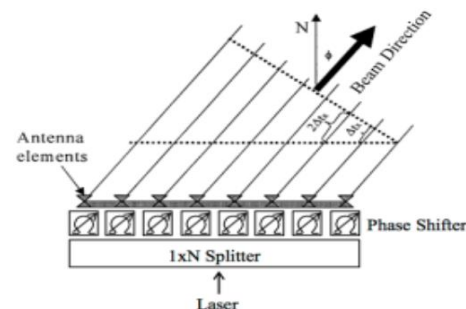
- Mobileye方案：硅光子学技术将激光器与芯片集成 (SoC)，并结合FMCW进行探测。
- OPA路线提升了抗干扰能力、寿命和成本下探，并依靠母公司英特尔的自有晶圆工厂开发硅光子学激光雷达，掌握量产与定价权。
- 能够实现最多300m的探测距离，更低的光波损耗和更广的探测范围，可达到2M PPS和600 pts/degree的分辨率。

- ◆ **固态化是激光雷达的发展趋势：**激光雷达的扫描方式主要有三种架构：机械式、半固态、固态。机械式雷达测距范围大、发展较为成熟，但因可靠性、使用寿命等缺陷难以过车规。固态式激光雷达没有机械旋转结构，包括相控阵方案（OPA）、Flash、电子扫描方案等，成熟度低，技术要求高，但在性能、成本、和量产标准化上具有优势，长期有望成为主流。半固态是机械式向固态激光雷达的过渡形态，主要包括MEMS、微振镜等。
- ◆ **OPA、Flash值得关注：**OPA利用发射阵列间的相位差实现光束偏转，精度高、扫描快、体积小，当前产业链培育处于初期阶段，技术突破后可以实现标准化量产。Flash短时间内发射大覆盖的面阵激光，更加容易通过车规车规检验，但需要解决探测范围和分辨率受限的问题。

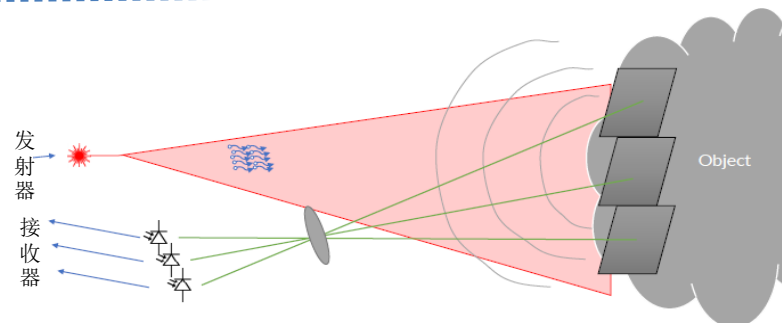
激光雷达扫描方式分类

技术架构	主要特点
机械式	通过电机带动收发阵列进行整体旋转，实现对空间水平360°视场范围的扫描。测距能力在水平360°视场范围内保持一致。
半固态	半固态方案的特点是收发单元与扫描部件解耦，收发单元（如激光器、探测器）不再进行机械运动，具体包括微振镜方案、转镜方案等。适用于实现部分视场角（如前向）的探测，体积相较于机械旋转式雷达更紧凑。
固态	固态式方案的特点是不再包含任何机械运动部件，具体包括相控阵（Optical Phased Array, OPA）方案、Flash方案、电子扫描方案等。适用于实现部分视场角（如前向）的探测，因为不含机械扫描器件，其体积相较于其他架构最为紧凑。

OPA

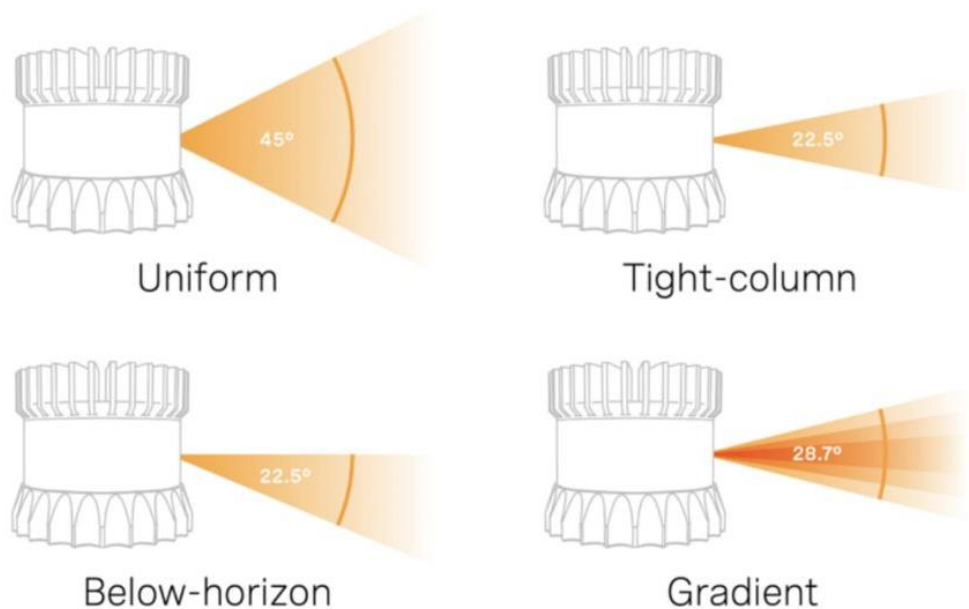


Flash



- ◆ **一般Flash探测短板：**Flash激光雷达发射光墙进行探测，功率密度和回波光于数量低，导致测量距离和分辨率不足，难以对远距离物体形成高反射率。
- ◆ **Flash探测短板改进：**Ouster采用多光束闪光（Multi-Beam Flash）方案，通过将多个VCSEL集成在一颗半导体芯片上，建立更加精确的多束光而不是泛光来进行探测，提升发射端的效率。接收端基于定制化的CMOS探测器，采用SPAD阵列，具有单光子灵敏度高、低噪声、优异的时间分辨率等优点。Ouster将VCSEL和SPAD集成到定制化芯片上，将一秒内处理的数据点提升到260万个。

Flash多光束闪光原理



资料来源：汽车人参考

Ouster Flash激光雷达结构

1. VCSEL阵列
 - 定制化高效率垂直腔面发射激光器（VCSEL）
 - 每个激光器都集成到单个裸片上
2. SPAD接收芯片
 - 独有的单光子技术架构（SPAD）和处理系统
 - 一块芯片替代100个传统探测部件
3. 微光学
 - 获得专利的微光学系统，将数字激光雷达的性能提高了100倍。

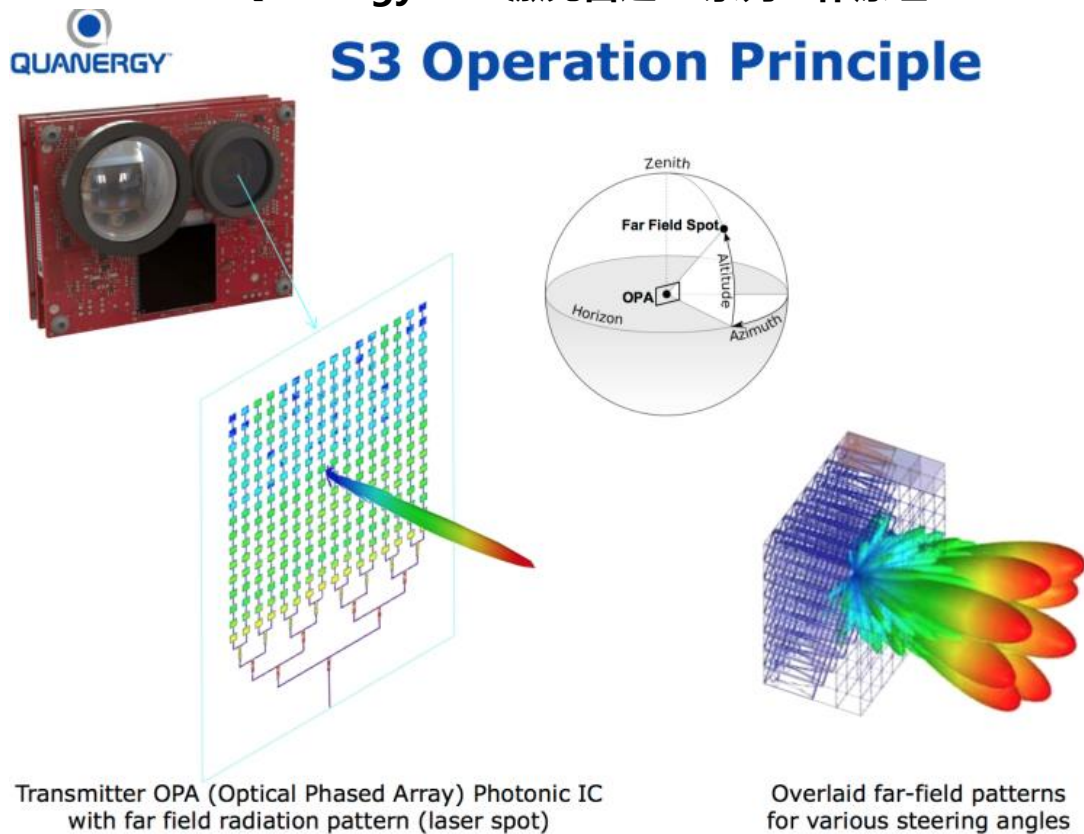


资料来源：汽车人参考

- ◆ OPA的光束通过光波的相互干涉形成，旁瓣的控制和阵列组合成为关键，同时对基底材料要求高，具有一定的技术壁垒，适合孕育在此细分领域具有技术优势的龙头企业，推动OPA的规模化量产和成本下探。
- ◆ 2021年3月，Quanergy发布OPA激光雷达，并于8月完成了全光照条件下100m距离的S3系列雷达的驾驶实测演示。S3系列雷达采用极具成本效益、面向大众市场量产的可扩展CMOS硅基制造工艺，可以实现10万小时的平均无故障时间，大规模量产后价格为500美元。

Quanergy OPA激光雷达S3系列工作原理

S3 Operation Principle



© 2016 Quanergy Systems, Inc.

10

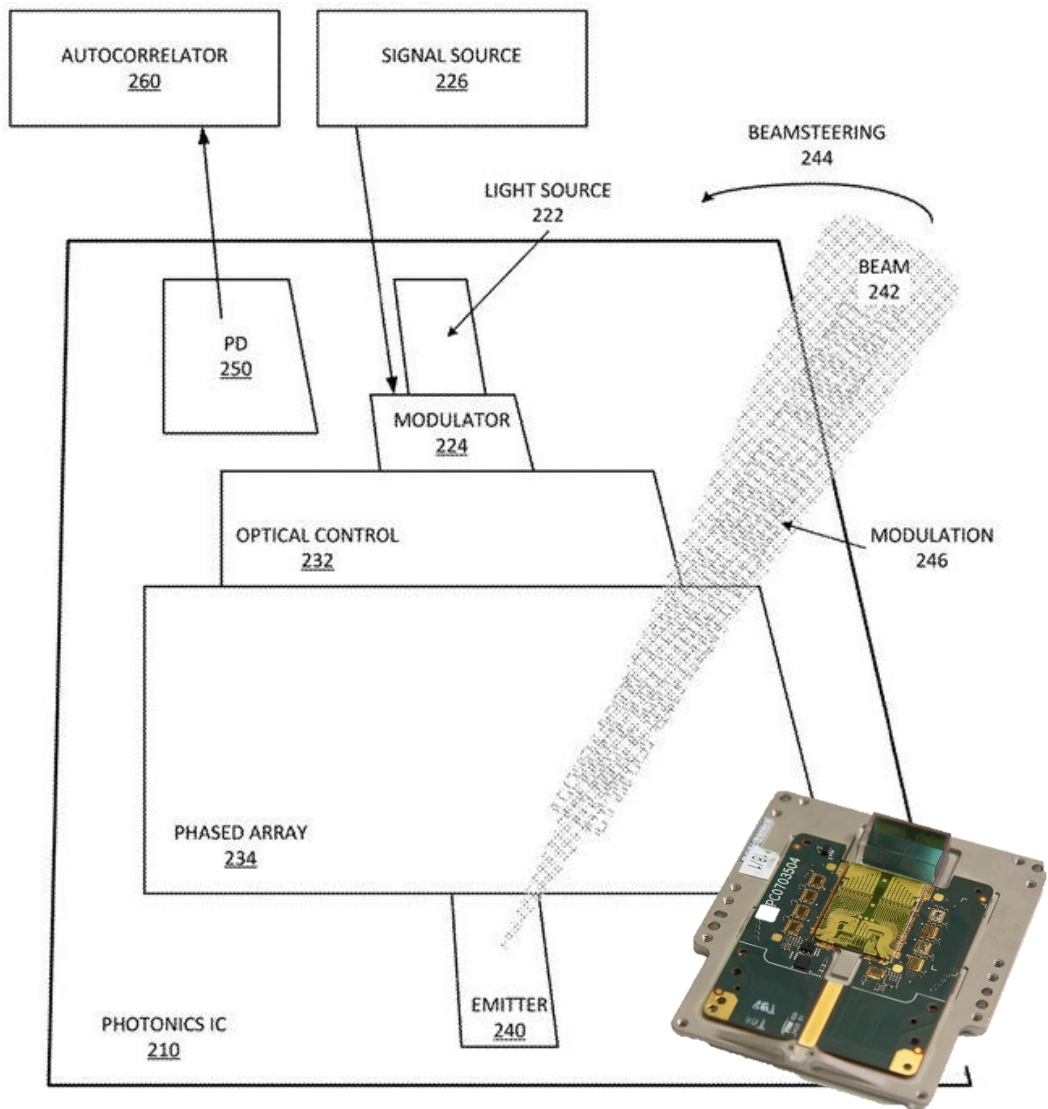
Quanergy S3测试参数

探测物体	选择较为难以探测的反射率为10%的目标物体。
探测距离	100m
稳定性	10万小时的平均无故障时间 (MTBF)。
预估价格	大规模量产后价格为500美元。

Quanergy 主要合作厂商

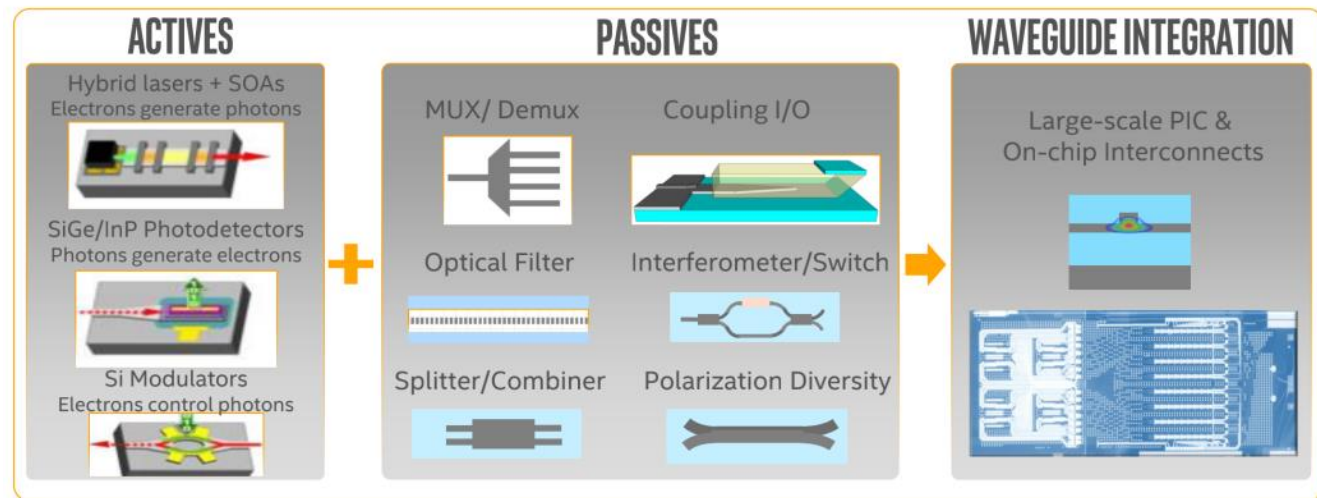


Mobileye固态激光雷达结构



资料来源：佐思汽车研究

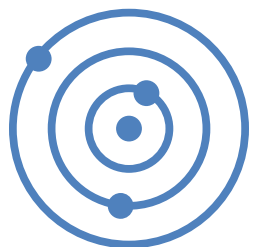
英特尔硅光子集成支撑光学照射芯片的性能与量产



资料来源：英特尔 CES Talk

- ◆ 英特尔旗下的自动驾驶公司Mobileye，于今年1月发布硅光子相控+FMCW芯片，将激光雷达部件集中在名片大小的芯片上，通过液晶转向波导实现光束扫描的调节，并配合InP型光纤激光器和硅锗型接收光电二极管。
- ◆ 母公司英特尔自有晶圆厂，在芯片集成、生产、封装产线积淀深厚，其中3D封装技术将CMOS与硅光子集成，为性能和成本优化提供支撑。英特尔/Mobileye计划于2025年实现这款芯片级激光雷达的量产。

投资切入点梳理



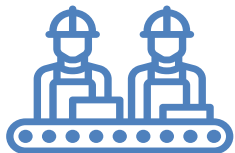
1. 重点关注FMCW、OPA、Flash技术路线：

FMCW、OPA、Flash从测距原理和扫描方式的角度对激光雷达进行方案创新，相较于传统的ToF、机械式、半固态等较为成熟的技术路线具有性能、集成、成本和易过车规等方面的优势。同时，FMCW、OPA和Flash存在较高的技术壁垒，当前国内与海外的都处在早期发展阶段，市场上玩家数量较少。成本、车规的潜力和较高的技术壁垒，容易孕育新的龙头企业。



2. 激光雷达核心器件带来新的投资机会：

激光雷达的性能提升、车规要求、成本优化都与发射、接收、扫描等核心器件的息息相关，不同的技术路线对各个核心器件的要求又有所区别，如FMCW可以搭配功率较低的PIN、PD探测器但对发射器及相干调制、检测又有更高的要求，Flash技术则对VCSEL和SPAD有较强性能和成本依赖。1550nm光源对人眼安全更友好，但也需要关注衬底材料对成本的影响。



3. 能否建立车规产线是衡量标的优质与否的重要标准：

国内外头部激光雷达供应商也都瞄准了“量产前装”市场。产品只有以高性能、满足车规要求、具备量产能力的姿态出现，才有可能进入主机厂的选择范畴。激光雷达车规产线需要满足车规级激光雷达性能要求，并且产线的流程规范、质量管理体系等需要按照车规标准设计且通过相关认证。

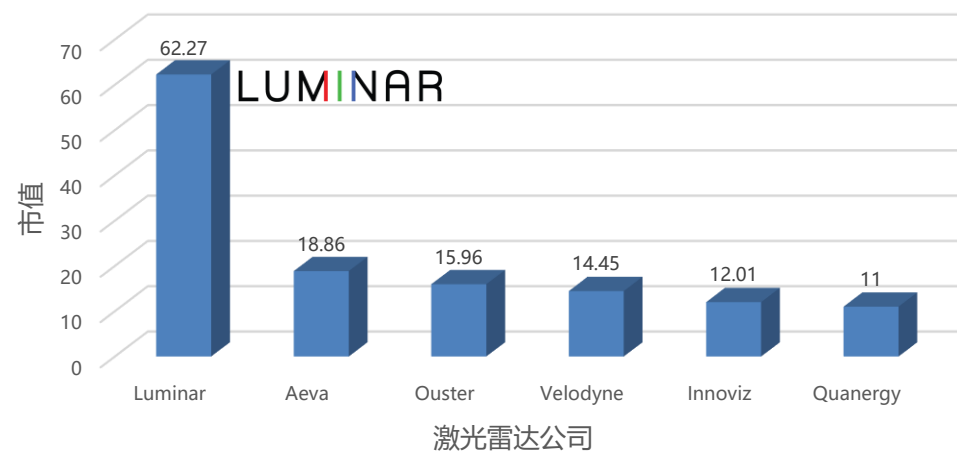
- ◆ Luminar已在乘用车，卡车和自动出租车等垂直行业获得了总计50个商业合作伙伴，逐步成为龙头企业，同时与处于发展各个阶段的前十大汽车制造商中的七家合作。Luminar着重布局1550nm InGaAs激光器，针对1550nm采用的激光器衬底材料成本问题，通过收购InGaAs相关公司，并结合自研专用芯片（ASIC）实现成本控制和器件的集成。技术壁垒的构建构成Luminar的竞争力，Luminar成为目前市值最高的激光雷达公司。

Luminar采用1550nm InGaAs激光器，安全性、可靠性、探测距离具备优势

- 通过光纤激光器，Luminar一个激光源可以对应多个激光雷达，激光雷达布局非常灵活，体积大大缩小。
- 采用InGaAs材料的1550纳米波长，在保证人眼安全的前提下将功率提升到传统硅光点系统的40倍，将有效距离提升至200m。
- 申请了通过二级大模场掺铒光纤（EDFA）放大器调制种子源激光的专利，明晰功率放大的路径。
- 采用波分复用技术，解决1550nm易受阳光干扰的问题，通过双波长防止出现虚像。

Luminar是目前市值最高的激光雷达公司

国外主要激光雷达公司市值 (亿美元)



Luminar收购InGaAs探测器公司，结合自研专用芯片提升激光雷达性能



- 2017年收购专注于研究高性能InGaAs探测器的BFE公司，用于Luminar激光雷达系统所特有的1550nm波长的激光。
- 2019年收购铟镓砷光电二极管设计制造 OptoGration，对1550nm探测技术进行更新迭代。

发射、接收、运算集成

ASIC
芯片

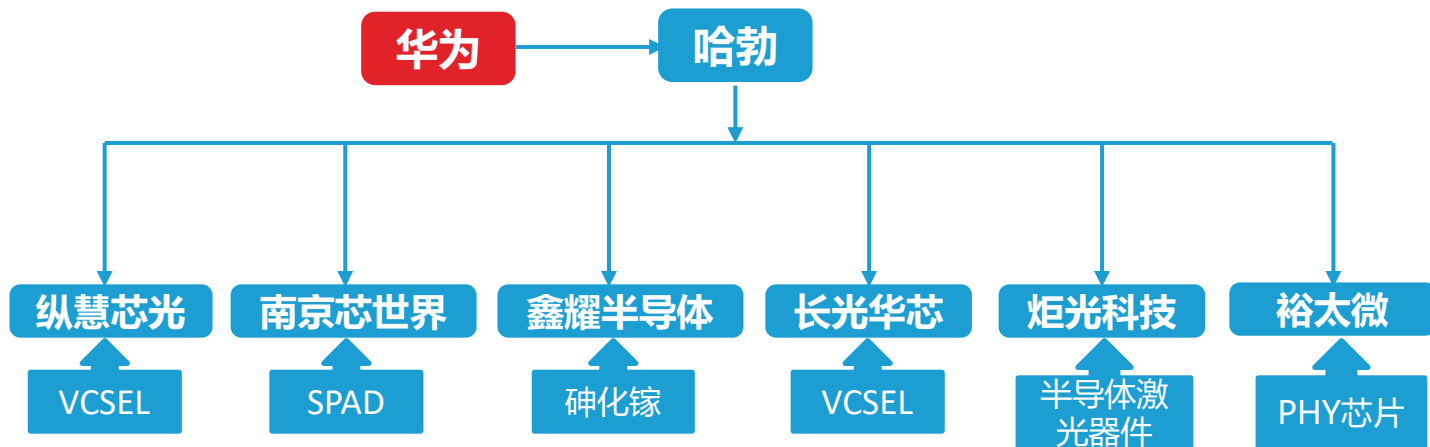
- ◆ 华为的激光雷达直接面向前装量产，2016年提出爬北坡战略，并计划于2020年实现车规级激光雷达量产。华为通过旗下全资子公司哈勃布局激光雷达上游产业，供应链布局涵盖激光器、接收器与芯片等关键器件，同时在激光雷达领域专利达到67项，涵盖发射、接收、扫描系统和信息处理。2020年搭载车规级96线量产中长距前装雷达的北汽极狐HBT汽车上市。

始于2016年的“爬北坡”战略

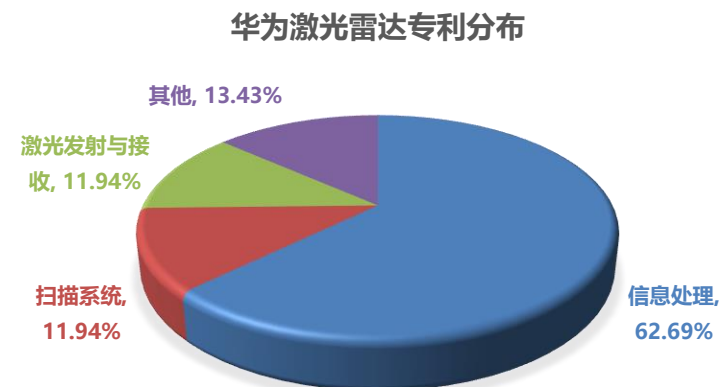


- 2020年12月，华为正式宣布了车规级96线中长距前装量产激光雷达，并于北汽新能源高端品牌ARCFOX旗下的极狐HBT率先搭载。
- 华为的激光雷达定位于中距激光雷达，目标是最远可达150m的探测距离，FOV可达120度，垂直角精度0.07度。

华为激光雷产业布局涵盖激光器、接收器与芯片等关键器件



华为激光雷达专利累计67个,信息处理比重最大



北汽极狐HBT汽车搭载华为激光雷达参数



◆ 车规产线需要达到行业指标和车规认证

车规认证

- ISO16750：道路车辆电气和电子装备的环境条件和试验
- IATF 16949：汽车行业质量管理体系认证
- ISO26262：道路车辆功能安全国际标准认证
- ISO9001：品质管理系统认证
- ISO14001：环境管理认证
- 北美汽车AECQ100(IC)、101(离散元件)、200(被动零件)可靠度标准
- A-SPICE评估报告（汽车级别软件开发过程保证）



行业一般指标

- 测距范围：200-300 米
- 分辨率及视场角：分别达到 0.1-0.2 度和 120-180 度
- 可靠性：在零下 40 度到零上 85 度的范围之内保证正常工作、对机械振动冲击的稳健性、10 年车规寿命等

注：IATF 16949:2016 基于 ISO 9001:2015, 于2016年10月发布, 替代 ISO / TS 16949, 包含汽车行业特定的补充要求, 汇集了欧洲和美国的各大标准, 并涵盖了汽车设计、研发、生产、安装或维修的要求。

国内车规级激光雷达产品

厂商	产品型号	最远探测距离	已通过的认证
速腾聚创	RS-LiDAR-M1	200m	IATF 16949
Livox	Horizon	260m	IATF 16949
镭神智能	CH32	300m	IATF 16949
北科天绘	C-Fans-128	200m	IATF 16949
一径科技	ML-X	200m	IATF 16949
华为	96线中长距雷达	220m	IATF 16949

车规级激光
雷达性能



产线流程、质
量管理认证



车规量产

持续关注
敬请期待

公司电话 : 0755-82789421
公司邮箱 : grand@grandchncap.com
公司网址 : www.grandchncap.com

