

激光雷达星辰大海，国产供应链初长成

2022 年 01 月 11 日

车企加速拥抱智能化，2022 或为激光雷达前装量产上车元年

自动驾驶临近 L3 跨越期，激光雷达上车必要性显现。高工智能汽车数据显示，2021 年 1-11 月新车前装标配搭载 L2 上险量 338.51 万辆，新车 L2 搭载率达到 18.61%。2021 年沃尔沃、奥迪、大众等传统车企和小鹏、蔚来等造车新势力加速拥抱激光雷达，前装上车曙光初现，2022 年预计为激光雷达前装量产上车元年。

整机厂商三维度竞争：方案、成本、生态，关注国产厂商崛起

激光雷达 OEM 厂商方案-成本-生态三维竞争，当前竞争集中于技术方案混战，或将转向低成本竞争，长期看上下游生态有望成为制胜关键。Luminar 在技术方案、成本下降空间及下游资源上均具备优势，具备长期竞争力。另本土激光雷达厂商新品频发，产业链分工助力量产。速腾 M1 已获得比亚迪、广汽埃安、威马汽车、极氪等多家前装定点，与立讯达成代工合作；图达通推出超远距猎鹰+中短距 Robin 的产品组合，外协代工建立年产 10 万台产线，Q1 即将量产交付；禾赛 AT128 获得总计百万台定点，22 年内即将量产交付。随着激光雷达产业链上下游国产化渗透率的提高，国内厂商在成本与资源上的优势也会逐渐显现。

OEM 厂商混战下产业链投资机会确定，国产供应链初长成

激光雷达技术路线百花齐放，当前上车主要为混合固态产品，OEM 厂商混战下产业链投资机会确定。光电系统占激光雷达成本最高（67%），另人工调试成本占比 25%，国产化、高集成度和自动化生产为激光雷达成本主要下降路径。上游产业链主要包括激光器、探测器、处理芯片、旋转电机和光学组件等厂商。

激光雷达行业技术-产能-品牌三阶段驱动，PS-PEG-PE 估值演进

激光雷达行业预期分为技术驱动-产能驱动-品牌效应三阶段：1) 2020-2025 年为技术驱动阶段，采取 PS 估值法，竞争格局分散，技术路线百花齐放，拿到车企定点的厂商拥有“入场券”。2) 2025-2030 年为产能驱动阶段，采取 PEG 估值法，拥有大规模制造和持续降本能力的厂商能够进一步攫取市场份额。3) 2030 年之后为品牌效应阶段，采取 PE 估值法，上下游生态完备，自研核心元器件及拥有软件算法能力的厂商享受更高净利率。

投资建议：激光雷达星辰大海，有望成长大批国产供应链厂商，推荐已覆盖标的炬光科技，关注舜宇光学、永新光学、水晶光电、蓝特光学等相关上市公司。

风险提示：汽车行业回暖不及预期、激光雷达技术路径跃迁风险、疫情反复风险。

推荐

维持评级



分析师：方竞

执业证号：S0100521120004

邮箱：fangjing@mszq.com

研究助理：陈蓉芳

执业证号：S0100121030005

邮箱：chenrongfang@mszq.com

相关研究

- 1.【民生电子】汽车电子行业专题：2022 CES 亮点纷呈，智能汽车引领创新
- 2.半导体设备招标跟踪（2021 年 12 月）：扩产持续，华虹再启大量招标
- 3.【民生电子】汽车电子月跟踪：造车新势力年度收官，汽车电子各“赛道”龙头高涨
- 4.【民生电子】电子行业周报 20211227：鸿蒙汽车横空问世，华为引领智能化浪潮
- 5.【民生电子】半导体周跟踪：设备引领上涨行情，持续看好

重点公司盈利预测、估值与评级

代码	简称	股价 (元)	EPS (元)			PE (倍)			评级
			2020A	2021E	2022E	2020A	2021E	2022E	
688167.SH	炬光科技	199.26	0.54	0.70	1.30	369	285	153	推荐
2382.HK	舜宇光学	180.06	4.45	5.23	6.43	40	34	28	NA
603297.SH	永新光学	106.01	1.46	2.13	2.27	73	50	47	NA
002273.SZ	水晶光电	15.60	0.36	0.40	0.49	43	39	32	NA
688127.SH	蓝特光学	22.98	0.46	0.38	0.49	50	60	47	NA

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；（注：股价为 2022 年 1 月 10 日收盘价；炬光科技采取民生证券预测，其他未覆盖公司数据采用 wind 一致预期）

目 录

1 预判：激光雷达是真实性需求 or 成长性陷阱？	3
1.1 L3 跨越期激光雷达必要性显现，智能驾驶要求升级	3
1.2 激光雷达陆续上车，市场空间弹性显著	5
2 组装：激光雷达厂商仍处于技术创新阶段	8
2.1 方案竞争：技术驱动阶段，路线百花齐放	9
2.2 成本竞争：产业链国产化有望为国内整机厂商带来成本优势	12
2.3 生态竞争：上下游产业链生态是长期竞争力的关键	13
3 拆解：元器件持续迭代，上游潜力巨大	15
3.1 光机设计迭代：机械式向固态技术趋势	15
3.2 光电系统迭代：元件性能升级随固态化方案需求演进	18
3.3 信息处理系统迭代：从 FPGA+ADC 芯片转向自研 SoC	20
3.4 元器件供应：降本路径清晰，国产供应链初长成	21
4 估值：技术-产能-品牌驱动，PS-PEG-PE 估值演进	25
5 投资建议	26
6 风险提示	27
插图目录	28
表格目录	28

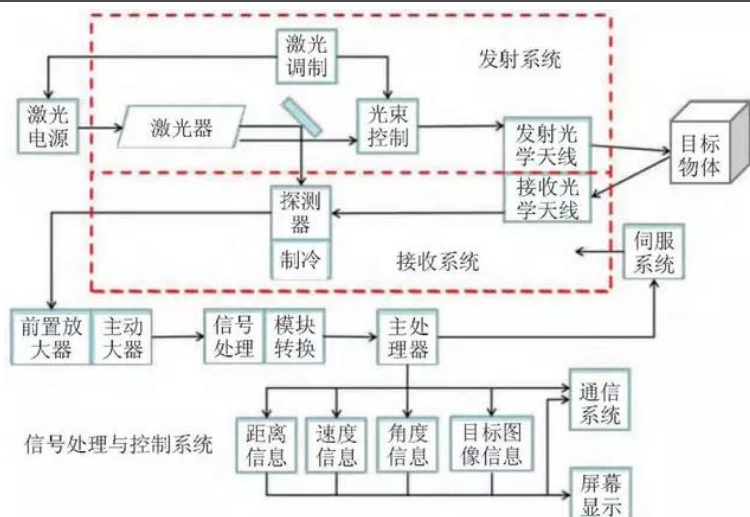
1 预判：激光雷达是真实性需求 or 成长性陷阱？

1.1 L3 跨越期激光雷达必要性显现，智能驾驶要求升级

在汽车这个庞大的应用场景下，激光雷达最开始是后装搭载在 Robo-taxi 上，如百度阿波罗、文远知行的无人驾驶车队上。目前激光雷达前装上车需要跨越成本高昂、车规级量产难度大、技术路线百花齐放、产业链配套不成熟等诸多挑战，而蔚来 ET7、小鹏 P5、北汽新能源阿尔法 S 等新车型配置激光雷达带来行业萌芽的曙光。**拨开迷雾看激光雷达“赛道”的投资价值，我们认为首先要预判：激光雷达是真实性需求还是成长性陷阱？**

激光雷达是激光探测及测距系统的简称，主要构成要素包括发射系统、接收系统和信号处理系统。激光雷达系统的核心组件主要有激光器、扫描器及光学组件、光电探测器及接收 IC，以及位置和导航器件等，可提供高分辨率的几何图像、距离图像、速度图像。

图 1：激光雷达工作原理

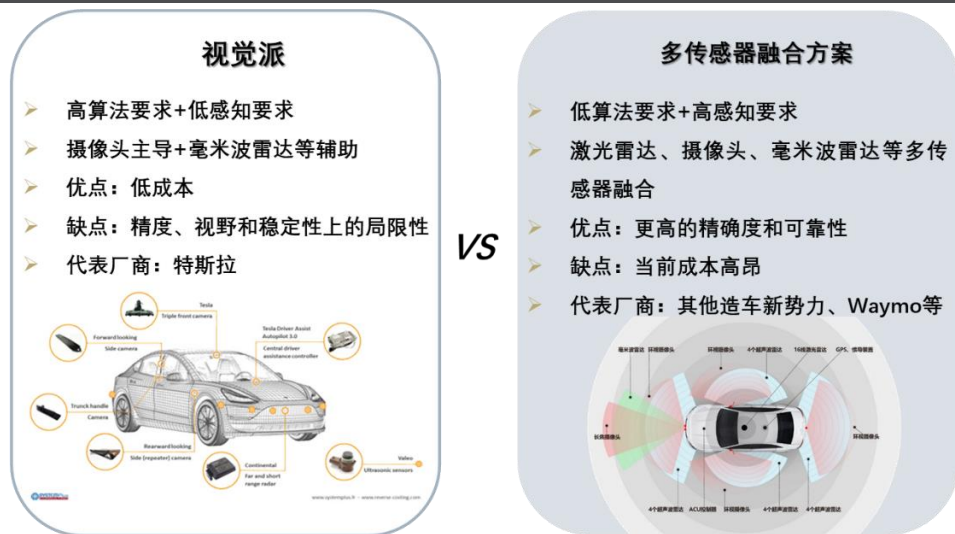


资料来源：《信息通信技术与政策》，民生证券研究院

智能驾驶分为感知-决策-执行层三个层级，感知层主要的传感器有摄像头、毫米波雷达、超声波雷达、激光雷达和红外传感器。**关于自动驾驶的传感器配置，业内主要有两方阵营，一方是以特斯拉为首的“视觉派”，另一方则以造车新势力为主的“多传感融合派”，走摄像头、激光雷达等多传感器融合方案。**

视觉派是用摄像头主导+毫米波雷达用于环境感知，优点是低成本，缺点是在精度、视野和稳定性上都有局限性。视觉派在 L2 及以下的自动驾驶为主流，以摄像头的数据为主导，本质“轻数据重算法”，需要不断提升算法能力。激光雷达、摄像头、毫米波等多传感融合方案，优点是更高的精确度，但缺点是成本高昂，本质为“重数据轻算法”。

图 2：“视觉派” VS 多传感器融合方案



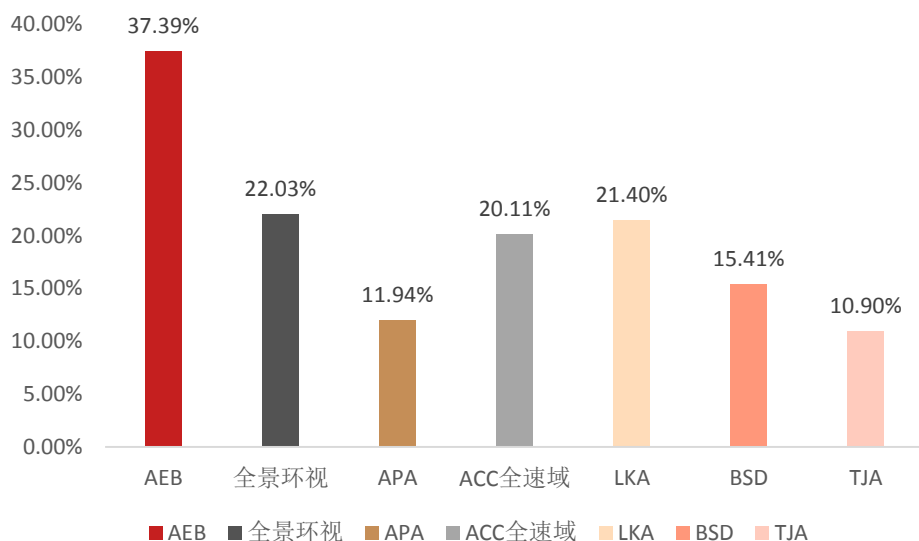
资料来源：民生证券研究院整理

在智能驾驶应用场景下，我们更倾向于激光雷达是真实性需求而非成长性陷阱。

1. 自动驾驶临近 L3 跨越期，激光雷达上车具备必要条件

自动驾驶已临近 L3 跨越期，智能化程度亟需质的飞跃。根据工信部发布的《汽车驾驶自动化分级》，可将驾驶自动化分为 0 到 5 级，其中 0 级至 2 级动态驾驶任务接管由驾驶员和系统共同完成，4 至 5 级由系统来接管。摄像头和毫米波雷达足以满足 L2 及以下自动驾驶感知层配置需求，在自动驾驶要向 L3 等级跨越期，激光雷达上车的必要性凸显。高工智能汽车研究院监测数据显示，2021 年 1-11 月新车前装标配搭载 L2 上险量 338.51 万辆，仅落后于 L1 搭载量约 7 万辆。新车 L2 搭载率达到 18.61%，同时搭载 APA 占比为 26.91%。智能化已然成为车企差异化竞争核心，但是 L1/L2 还处于智能驾驶较为初期的阶段，未来智能化程度亟需质的飞跃。激光雷达则扮演了 L3 等级自动驾驶的重要角色，强化智能车感知能力，被众多车企的新车型所搭载。

图 3：2021 年 1-11 月 ADAS 分功能搭载率（%）

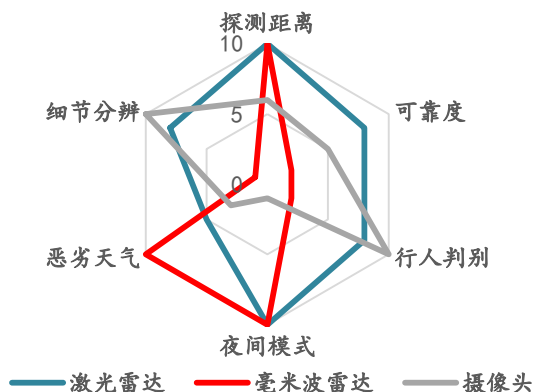


资料来源：高工智能汽车，民生证券研究院

2. 激光雷达所见即所得，增强感知系统冗余性

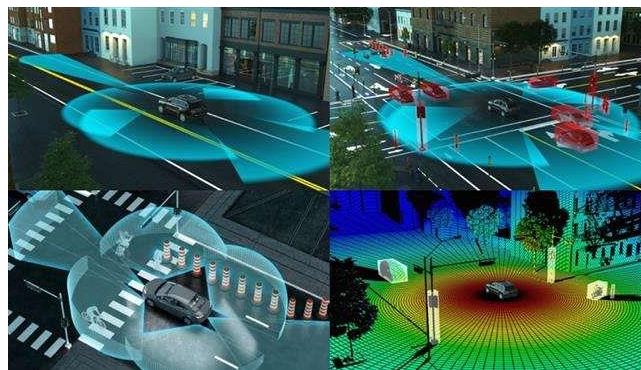
激光雷达是所见即所得的传感器，避开了摄像头对于数据库和算法的高度依赖，在 L3 等级智能驾驶中能够加快反应速度，提高系统冗余性。长尾场景是实现自动驾驶的一大隐患，摄像头和毫米波雷达等构成的感知系统在一些长尾场景会存在决策失灵的情况。相较于毫米波雷达和摄像头，激光雷达在探测距离、可靠度、行人判别、夜间出行等方面的指标更优异，OEM 厂商可以通过加入激光雷达，增强感知系统的冗余性，提高车辆的安全性。

图 4：车载传感器性能指标对比



资料来源：CSDN，民生证券研究院

图 5：激光雷达 3D 点云图



资料来源：传感器专家网，民生证券研究院

3. 激光雷达配合高精度地图，实现 3D 定位

激光雷达通过 SLAM 技术生成高精地图并定位，自动驾驶汽车需要利用激光雷达、摄像头等传感器感知外部环境、构建环境模型并利用该模型确定车辆所在的位置，这套技术被称为 SLAM。激光雷达是依靠将车辆的初始位置与高精地图信息进行比对来获得精确位置，首先，GPS、IMU 和轮速等传感器给出一个初始（大概）的位置。其次，将激光雷达的局部点云信息进行特征提取，并结合初始位置获得全局坐标系下的矢量特征。最后，将上一步的矢量特征跟高精地图的特征信息进行匹配，得出精确的全球定位。

表 1：车载 ADAS 传感器优劣势

优劣势	激光 SLAM	视觉 SLAM
优势	可靠性高、技术成熟	结构简单，安装的方式多元化
	建图直观、精度高、不存在累计误差	无传感器探测距离限制，成本低
	地图可用于路径规划	可提取语义信息
劣势	受激光雷达探测范围限制	环境光影响大、暗处（无纹理区域）无法工作
	安装有结构要求	运算负荷大，构建的地图本身难以直接用于路径规划与导航
	地图缺乏语义信息	传感器动态性能还需提高，地图构建时会存在累计误差

资料来源：思岚科技，民生证券研究院

1.2 激光雷达陆续上车，市场空间弹性显著

目前车企与激光雷达厂商均着力于推动激光雷达上车量产，2021 年以来激光雷达前装量产加速，上海车展、广州车展期间就有多款车型宣布搭载激光雷达，激光雷达的关键性和必要性得到进一步确认。激光雷达量产车型小鹏 P5、北汽极狐阿尔法 S、摩卡 WEY 接连推出，国内 OEM 厂商激光雷达率先上车。2021 年 4 月 14 日，搭载大疆 Livox 激光雷达的车型小鹏 P5 发布；2021 年 4 月 18 日，搭载华为激光雷达的北汽极狐阿尔法 S 发布。大部分预计搭载激光雷达的车企预计将在 2021-2022 年量产。

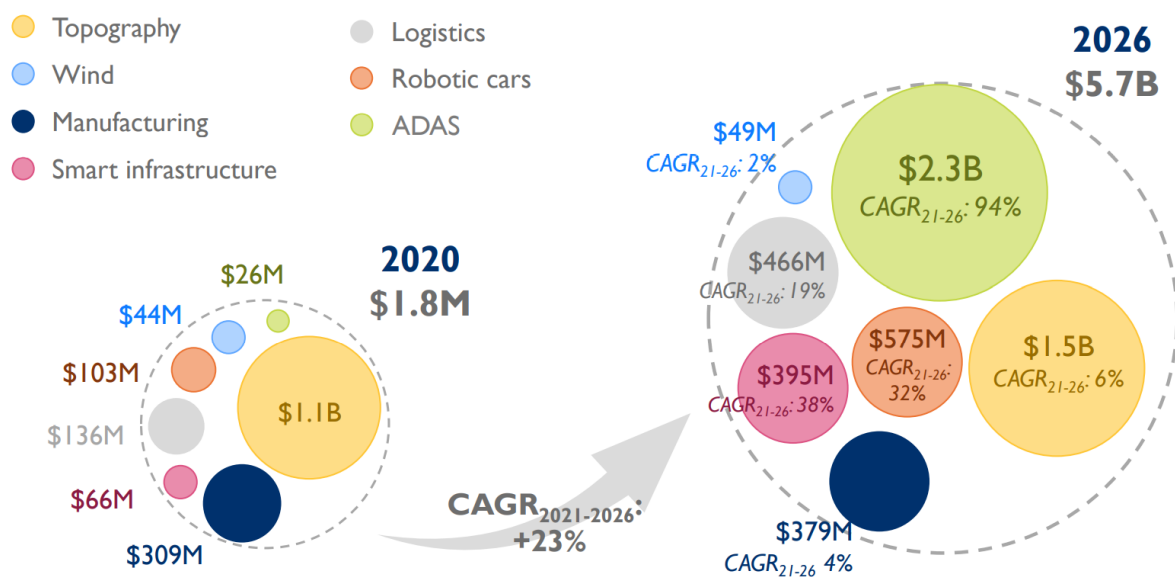
表 2：多款搭载激光雷达车型预计将于 2021-2022 年落地

激光雷达厂商	搭载车型	车企预计量产时间
Valeo 法雷奥	奥迪 A8	2022
	奔驰 高端豪华 S 级轿车	2021
	本田 Legend Hybrid EX	2021
大陆	丰田 Mirai	2021
Ibeo	长城 WEY 摩卡	2022
Innoviz	宝马 iX	2021
Velodyne	福特 Otosan	未知
Aeva	奥迪 e-tron	2023
	大众 ID BUZZ	2023
Luminar	沃尔沃 XC90	2022
	上汽 RE33	2022
	上汽 飞凡 R7	2022
Innovusion 图达通	蔚来 ET5	2022
	蔚来 ET7	2022
速腾	广汽埃安 AION LX PLUS	2022
	智己汽车 L7	2022
	小鹏 G9	2022
	威马 M7	2022
	Lucid Air	2021
	路特斯 Type 132	2022
禾赛	理想 X01	2022
Livox(大疆)	小鹏 P5	2022
华为	长城 机甲龙	2022
	北汽极狐 阿尔法 S 全新 HI 版	2022
	长安 阿维塔 E11	2022
	哪吒 哪吒 S	2022

资料来源：各公司官网，民生证券研究院

激光雷达 ADAS 领域迎来放量元年，2021-2026 年 CAGR 94%。根据 Yole 数据预测，激光雷达整体市场规模到 2026 年有望达到 57 亿美元，2021-2026 年行业 CAGR 为 23%。其中用于 ADAS 领域的激光雷达市场空间到 2026 年有望达到 23 亿美元，5 年 CAGR 高达 94%，迎来放量元年。

图 6：激光雷达市场 2021-2026 年复合增速为 23%



资料来源：Yole，民生证券研究院

2 组装：激光雷达厂商仍处于技术创新阶段

激光雷达产品按结构可以分为发射系统、扫描系统、接收系统和信息处理系统。按照光源波长，激光雷达可分为近红外激光（880nm/905nm）和中、远红外激光（1350nm/1550nm），其中近红外激光对人眼安全存在风险。按照扫描系统，可分为机械式、混合固态和固态激光雷达，其中激光雷达创新方案有 MEMS 振镜方案，混合固态转镜以及双棱镜方案等。

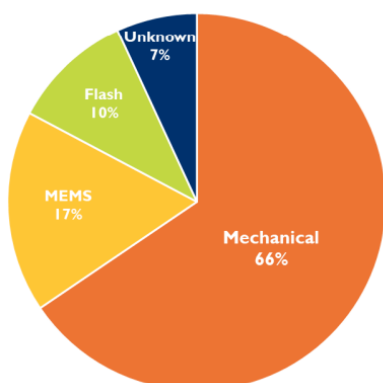
表 3：激光雷达分类

组成部分	具体分类	描述
光源波长	880nm / 905nm	近红外激光
	1350nm	中、远红外激光
	1550nm	
发射端	EEL（边发射激光器）	EdgeEmittingLaser 的简称，即边发射激光器。是一种激光发射方向平行于晶圆表面的半导体激光器。
	VCSEL（垂直腔面发射激光器）	Vertical Cavity Surface Emitting Laser 的简称，即垂直腔面发射激光器。是一种激光发射方向垂直于晶圆表面的半导体激光器
	光纤激光器	以掺光纤元素玻璃作为增益介质的激光器
接收端	PIN（光电二极管）	在 P 区与 N 区之间生成 I 型层，吸收光辐射而产生光电流的一种光检测器
	APD（雪崩式光电二极管）	Avalanche Photo Diode 的简称，即雪崩式光电二极管，工作在线性增益范围
	SPAD（单光子雪崩式光电二极管）	Single Photon Avalanche Diode 的简称，即单光子雪崩二极管，工作在盖革模式，具有单光子探测能力
	SiPM（硅光电倍增管）	Silicon Photo-Multiplier 的简称，即硅光电倍增管。集成了成百上千个单光子雪崩二极管的光电探测器件
扫描系统	机械式	通过激光雷达整体旋转以达到扫描视场的效果
	振镜（MEMS）	通过 MEMS 控制振镜振动达到扫描视场的效果
	转镜（混合固态）	通过折射镜转动达到扫描视场的效果
	Flash	通过发射面光来使激光布满视场
	OPA	通过对阵列移相器中每个移相器相位的调节，利用干涉原理实现激光按照特定方向发射的技术

资料来源：禾赛科技招股说明书，民生证券研究院

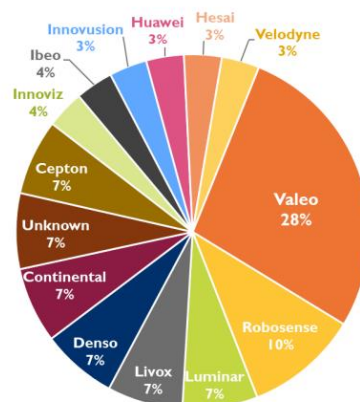
1550nm/MEMS 和 flash 等方案成为趋势，国内厂商后来居上。根据 Yole 数据，低成本 905nm 波长搭配 EEL 发射器依然是 OEM 厂商的首选，1550nm 激光雷达逐渐走向成熟。MEMS 和 Flash 激光雷达正在兴起，机械激光雷达被广泛使用占比 66%。按供应商划分：在公开的 29 项设计大奖中，8 项属于 Valeo，这使得 Valeo 目前成为 ADAS 车辆的领先激光雷达供应商，其中也有众多国内厂商上榜，如速腾聚创、大疆、图达通、华为、禾赛等。

图 7：激光雷达市场份额占比：按扫描系统



资料来源：Yole，民生证券研究院

图 8：激光雷达市场份额占比：按专利



资料来源：Yole，民生证券研究院

2.1 方案竞争：技术驱动阶段，路线百花齐放

2.1.1 激光雷达技术方案需满足车规和 OEM 需求

产品实现前装量产需要经历产品迭代和生产验证流程，整个流程所需的时间在 18-36 个月。根据速腾聚创资料，产品需经历 Demo、A 样、B1 样、B2 样的多次迭代和最后 SOP 定型，在产品迭代的过程中，激光雷达厂家需要针对车规标准和 OEM 厂商的具体需求改良产品设计。

表 4：激光雷达认证流程

产品版本	Demo	A-Sample	B1-Sample	B2-Sample	SOP
产品完成度	原型	30%	50%	75%	100%
硬件	光机设计	原型	原型	架构冻结	尺寸优化, 设计优化 DFA 优化完成 产品性能验收完成
	硬件设计	原型	原型	核心器件选型	产品问题整改完毕 DFA 优化完成 系统固件冻结
	产品认证	×	×	×	人眼安全认证 Class-1 ROHS
点云质量	产品功能 (点云)	基于机械式 know how	完成度: 40%	完成度: 60%	完成度: 80%
	道路测试	×	×	累计里程 (KM): ~10k	累计里程 (KM): ~200k
	产品功能 (配套功能)	×	×	×	脏污检测 (Demo) 性能监控 (Demo) 自动标定 (Demo)
软件	软件开发	×	×	软件架构搭建完毕	时间同步 PPS 通讯 (自研) 诊断 (自研)
	系统测试	×	×	测试用例覆盖度: 30%	测试用例覆盖度: 65%
	功能测试	×	×	测试用例覆盖度: 10%	测试用例覆盖度: 50%
功能安全	软件安全认证	×	×	功能安全启动	功能安全覆盖度: 60%
可靠性	可靠性测试	×	×	摸底测试完成	Pre-DV 完成

资料来源：速腾聚创，民生证券研究院

要实现前装还需要通过车规级标准，主要为 ISO26262《道路车辆功能安全》国际标准。车规要求产品可以通过 DV (设计验证)、PV (生产确认) 以及 EMC (电磁兼容性) 等标准认证，并进行车规振动、冲击、温度循环等测试试验。目前已经通过车规标准并前装量产的仅有 Valeo 的 Scala，Innoviz 据称也已有产品通过车规测试。

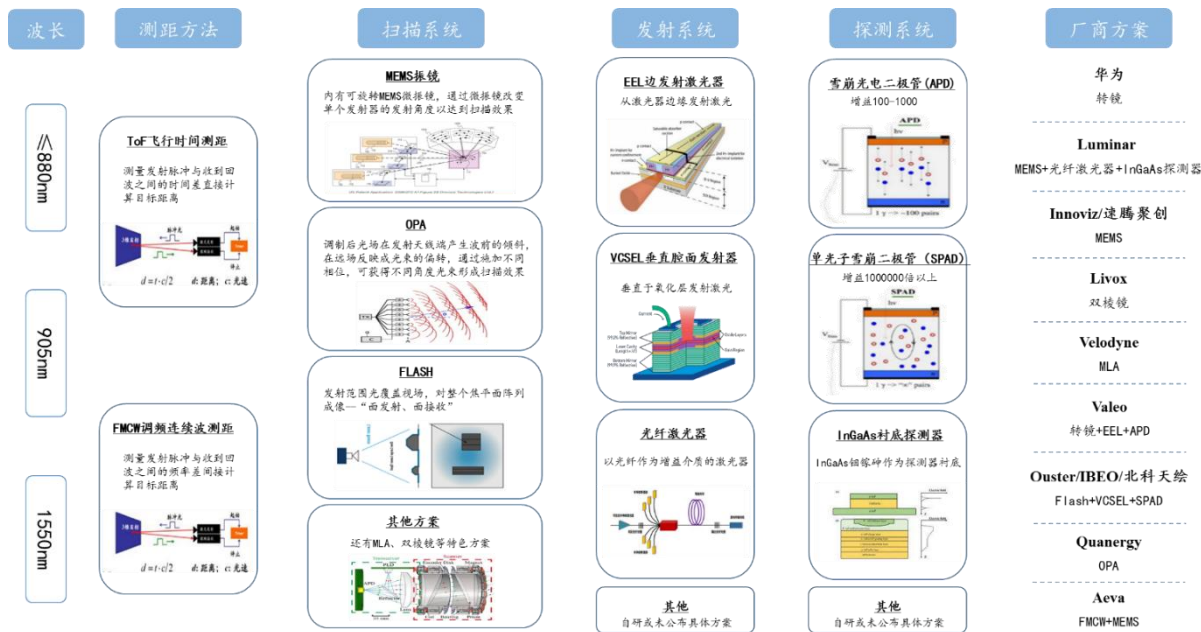
表 5：激光雷达需要满足车规级标准

车规级认证	制定组织	发布时间	主要测试内容/等级
IATF 16949	国际汽车工作组 (IATF)	2016 年	主要评估五大工具的应用水平: APQP(先期产品质量策划)、FMEA(失效模式及后果分析)、MSA(测量系统分析)、SPC(统计过程控制)、PPAP(生产件批准程序)
ISO 26262	国际标准化组织(ISO)	2018 年	ISO 26262 根据安全风险程度对系统或系统某组成部分确定划分由 A 到 D 的安全需求等级 (汽车安全完整性等级 ASIL), 其中 D 级为最高等级
AEC-Q100	汽车电子委员会(AEC)	2017 年	AEC-Q100 包含 7 大类共计 42 项测试;其中工作温度划分为 4 个等级:0 (-40°C--+150°C)、1 (-40°C--+125°C)、2 (-40°C--+105°C)、3 (-40°C--+85°C)

资料来源：汽车之家，民生证券研究院

目前车规级激光雷达产品整体方案设计的发展总体方向为低成本、高性能、高集成度、固态化。各厂商根据自身技术储备选择了不同的技术方案以求达到 OEM 厂商的需求。激光雷达厂商通过对激光雷达发射系统，接收系统，信息处理系统和扫描系统的设计组合形成特色方案。

图 9：各激光雷达厂商推出不同产品方案以求达到前装需求



资料来源：各公司官网，MEMS 咨询，民生证券研究院整理

Luminar 和 Aeva 的产品方案在参数上目前看最接近满足前装需求，下游车厂最青睐 Luminar，国内厂商速腾、Livox、华为等产品方案具备竞争力。各厂商均针对 OEM 提出的需求对产品进行了设计，其中 Luminar 和 Aeva 的产品方案在参数上目前看最接近满足 OEM 需求，其中 Luminar 已手握超 13 亿美元的量产订单。国内激光雷达企业也有望车载激光雷达市场取得重大突破。

表 6：国内厂商 Livox、华为等产品性能逐渐接近 OEM 需求

OEM 前装主要需求		Luminar	Aeva	Ouster	速腾聚创	镭神智能	Livox	华为	一径科技
性能指标	参数要求	IRIS (预计)	Aeries	ES2	RS-LiDAR-M1	LS21G	傲览 AVIA	96 线中长距激光雷达	ML-X
探测距离	> 200 米 /10%	10%反射率 物体达 250m 最大距离 500m	最大距离 300m	0.25m-200m	150m (10% 反射率)	250m (10% 反射率)	190m (10% 反射率)	150m (10% 反射率)	200m (10% 反射率)
光干扰	影响程度小	影响程度小	基本无影响	影响程度小	一般	影响程度小	影响程度小	影响程度小	一般
激光雷达干扰	影响程度小	影响程度小	基本无影响	-	一般	影响程度小	影响程度小	影响程度小	一般
雨雪雾天气	> 200 米	√	√	-	-	-	-	-	-
视场角 FOV	> 120° , AV 需存在 360°方案	H120°/V0-30°	H120°/V30°	H26°/V13°	H120° (-60° ~+60°) / V25° (-12.5° ~+12.5°)	H120°/V25°	H70.4°/V77.2°	H120°/V25°	H60°/V20°
分辨率	< 0.2° × 0.2°	0.07° × 0.03°	< 0.05° × 0.05°	0.1° × 0.1°	平均 0.2° × 0.2°	0.15° /0.075° × 0.1°/0.05°	角度随机误差 < 0.05°	0.25° × 0.26°	0.15° × 0.25°
振动测试	通过	一般	容易	容易	一般	一般	容易	一般	一般
功率	< 20W 为佳	55W-60W	理论较低	12-18W	15W	40W	重复扫描模式：9W	-	< 12W

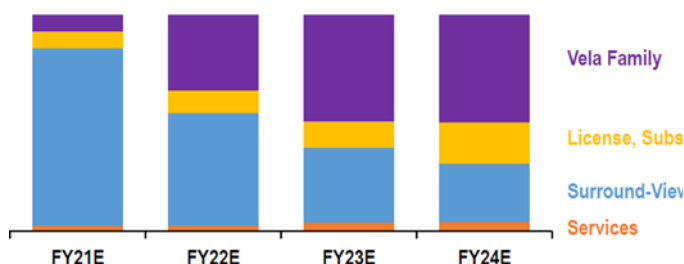
						非重复扫描模式：8W		
集成度	高	较高	高	116×68× 48	108×110× 45 约 730g	270×170× 50	91×61.2× 64.8mm 498g	156×88× 100mm 约 1.4kg
价格	尽可能 < 1000 元	预计单个 500 美元	单个低于 500 美元	量产后 600 美元	-	-	¥9,999	大规模量产后 成本有望低至 \$200

资料来源：各公司官网，民生证券研究院；（注：标红部分为该产品已达 OEM 要求项）

2.1.2 软件能力：未来将成整机厂商重要收入来源

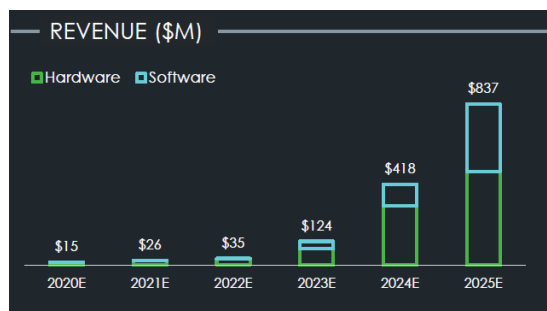
激光雷达厂商未来可能从感知硬件供应商向解决方案提供商转变，逐步形成软硬件协同解决方案，软件或成为重要收入来源。Velodyne 预计到 2025 年激光雷达硬件以外的牌照、订阅和服务收入合计占营收近 20%；Luminar 将具备硬件+2 种解决方案的多渠道盈利模式，软件相关营收预计到 2025 年将超过 40%。

图 10：Velodyne 软件收入占比预测



资料来源：Velodyne，民生证券研究院

图 11：Luminar 软件收入占比预测



资料来源：Luminar，民生证券研究院

基于硬件产品，多家激光雷达企业配套推出软件方案提高产品力，Luminar 拟提供全栈式自动驾驶解决方案。Velodyne 将针对 Vela 家族产品配套 Vella 软件；Luminar 则提供感知+决策软件方案以形成全栈式自动驾驶解决方案；速腾聚创则推出对应的感知+理解算法 RS-LiDAR-Algorithms。

表 7：激光雷达主流厂商受到下游企业高度关注

配套软件	
velodyne	内嵌 Vella 软件
Luminar	全栈式自动驾驶解决方案
Innoviz	感知软件
速腾聚创	感知+理解算法 RS-LiDAR-Algorithms
Livox	Autoware 开源平台

资料来源：各公司官网，民生证券研究院

2.2 成本竞争：产业链国产化有望为国内整机厂商带来成本

优势

2.2.1 两大成本难题：元器件成本高、生产工艺致良品率低

部分关键元器件仍面临着高成本或体积大的问题。激光发射器方面，Luminar、禾赛科技等多家激光雷达厂商正在重点布局 1550nm 方案，但目前该方案所需的光纤激光器价格仍达千美元，

同时光纤激光器整体体积还需进一步缩小。

封装工艺和方案设计均面临着难题。一方面，为了提升发射和接收模组的效率，往往需要把发射模组、接收模组和光源一起进行封装，这对上游模组设计和封装工艺都提出了高要求；另一方面，在设计方案时，激光发射器、激光探测器和扫描元器件往往会有至少一个部分设计复杂——假如采用简单的收发模组设计，就需要用复杂的扫描器件来使激光雷达的性能达标，反之亦然。

表 8：元器件成本高、生产工艺难度高导致良品率低是下一代产品面临的关键问题

	关键设计	元器件成本问题	生产工艺问题
Velodyne	MLA 阵列	-	共振镜调制难度高
Luminar	1550nm	光纤激光器价格高	-
Aeva	FMCW 方案	调谐频率是 THz 级别，所需测量仪器级的元件价格高	各元件都需要高精度检测，良率低
Ouster	VCSEL 阵列	多 VCSEL 元器件导致价格高企	-
Quanergy	OPA 方案	需要更高功率发射器缓解旁瓣问题	-

资料来源：各公司官网，民生证券研究院

2.2.2 成本竞争下，国内厂商有望突围

成本竞争背景下，国内厂商有望突围。生产能力上，国内激光雷达厂商如禾赛科技、华为等已自建产线，相比于大部分激光雷达厂商委托第三方生产，长期看将具备量产成本优势；元器件成本上，随着国内激光器、探测器厂商的崛起以及国内光学元件厂商的强势，产业链国产化将有利于元器件供应成本的下降。

表 9：激光雷达厂商成本控制能力、量产能力对比

厂商	量产能力	成本控制能力	量产确定性
Velodyne	机械式产品已量产，混合固态产品具备量产能力，固态产品未确定量产时间	自动化和第三方代工降低成本	供给能力确定性最高
Luminar	外协量产	收购 black forest 大幅降低探测器成本，自研发射器	Volvo 等多个实力合作伙伴协助下，成功量产可能性较高
Innoviz	暂未量产，预计外协量产	全球供应链	较高
Aeva	未具备量产能力	芯片式雷达量产低成本	集成度极高，量产难度较大
Ouster	机械式雷达已量产，固态产品未量产	成本控制能力出色，预计量产后平均每年成本可下降 30% 直至 2030 年 128 线降至 100 美元水平	机械式已量产，ES2 量产至少仍需三年
速腾聚创	已达到车规级量产	车规 MEMS 激光雷达设计集成化解决成本难题	第二代智能固态激光雷达已车规级量产
图达通	外协量产	图达通选择了“成熟组件”以方便实现车规级和低成本、规模化量产	猎鹰激光雷达已被蔚来选择作为其自动驾驶旗舰轿车 ET7 的量产标配
禾赛科技	自建智能制造中心	采用 VCSEL 阵列光源，可以显著提高激光雷达的成本竞争力和可扩展性	已经拿下了理想、集度、高合等多家 OEM 厂商总计数百万前装量产定点

资料来源：各公司官网，CSDN，易车讯，民生证券研究院

2.3 生态竞争：上下游产业链生态是长期竞争力的关键

上下游产业链生态实力将成为长期竞争力的关键，Luminar 的上游布局与下游资源优势有望形成长期竞争力，Velodyne、Ouster 等厂商过往在机械式激光雷达的资源也有望转化。生产合作伙伴是中游整机厂商能否获得稳定供应的保证，下游资源将会直接影响长期业绩。国内厂商可以更容易获得国内车厂的合作机会，该优势也会在资源竞争中体现。

表 10：激光雷达上市公司上游资源

厂商	生产合作伙伴	生产模式
Velodyne	尼康、veoneer、fabrinet	一家自营工厂，两家代工厂
Luminar	收购探测器供应商 Black Forest Engineering	内部对产品原型、工艺、组装和测试设计定型，生产外包至全球代工厂
Innoviz	JABIL、MAGNA、flex	第三方代工
Aeva	4 家，包括 ZF	第三方代工
Ouster	benchmark	-
速腾聚创	与 Lumentum 达成合作	与立讯精密合作代工
图达通	与蔚来合作研发	外协代工
禾赛科技	与上汽集团旗下友道智途就半固态激光雷达车规级量产展开合作	自建工厂

资料来源：各公司官网，大半导体产业网，电子工程世界，民生证券研究院

表 11：激光雷达上市公司客户资源

厂商	当前客户数	当前客户直接	量产订单
Velodyne	300	-	混固态产品未披露量产项目
Luminar	50 位合作伙伴，约占目标乘用车，卡车和无人驾驶出租车生态系统的 75%	-	Volvo 等共价值 13 亿订单
Innoviz	56	-	BMW
Aeva	30	4.42 亿美元（2025）	-
Ouster	600+（包括机械式产品客户）	4 亿美元（2025）	9 个
速腾聚创	上汽、吉利、一汽、比亚迪、广汽埃安、威马汽车、极氪、路特斯、赢彻科技、挚途科技	-	第二代智能固态激光雷达已车规级量产
图达通	-	-	猎鹰激光雷达已被蔚来选择为 ET7 的量产标配
禾赛科技	上汽、戴姆勒	-	已经拿下了理想、集度、高合等多家 OEM 厂商总计数百万前装量产定点

资料来源：各公司官网，CSDN，易车讯，民生证券研究院

3 拆解：元器件持续迭代，上游潜力巨大

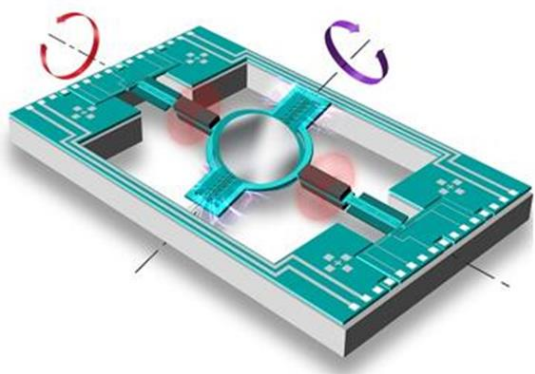
3.1 光机设计迭代：机械式向固态技术趋势

激光发射系统发射的激光需要通过一定的光机设计来覆盖视场区域，根据扫描结构可以分为机械式、混固态式和固态式激光雷达；根据测距原理的不同则可以分为 ToF 激光雷达和 FMCW 激光雷达。

成熟的机械式扫描方式不适用于量产车载。由于活动部件多和量产难度高，从成本、可靠性看，机械旋转方案均难以达到 OEM 厂商的要求。当前机械式激光雷达主要用于后装自动驾驶测试车辆、地图测绘和工业领域。

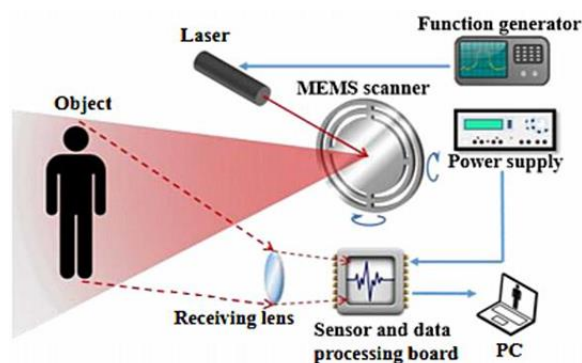
混固态扫描是当前可以实际应用于前装量产的折衷方式。混固态扫描目前主要有 MEMS 微振镜、转镜、双棱镜等方式，仍然存在活动部件难以过车规等一系列问题。

图 12：MEMS 微振镜结构



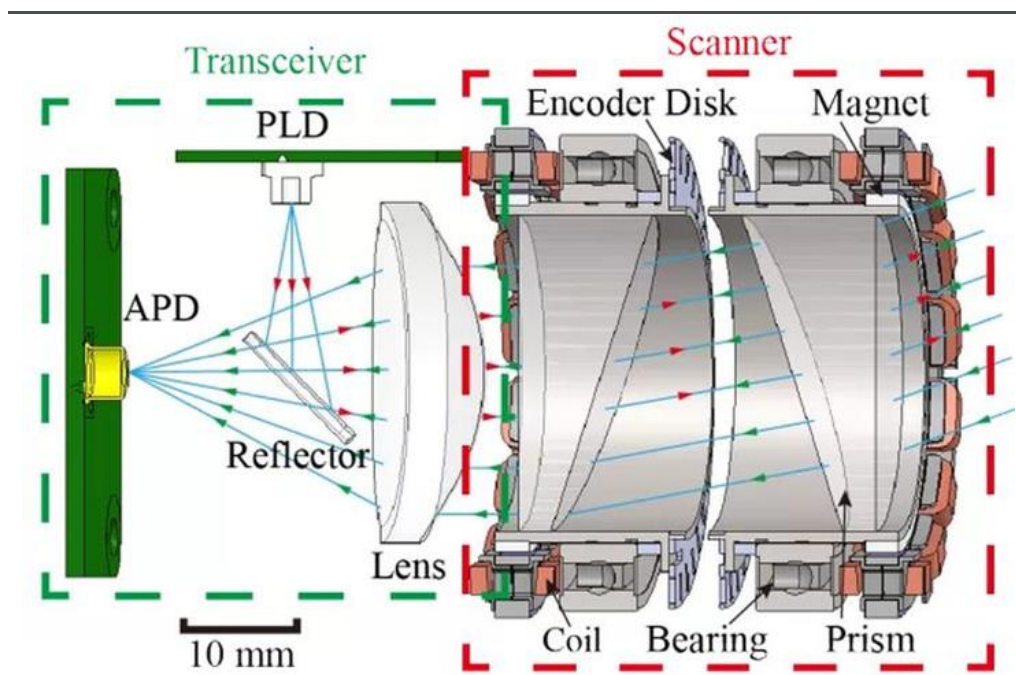
资料来源：MEMS 咨询，民生证券研究院

图 13：MEMS 激光雷达原理



资料来源：MEMS 咨询，民生证券研究院

图 14：双棱镜激光雷达方案

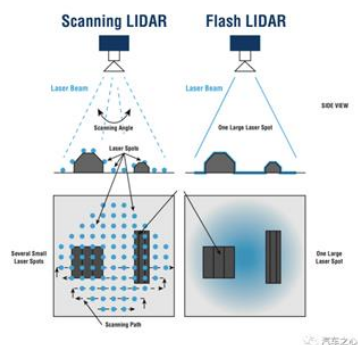


资料来源：Livox 官网，民生证券研究院

固态激光雷达是激光雷达的长远发展方向，目前尚未成熟。当前的固态扫描方式包括 Flash、OPA。固态式激光雷达无活动部件的设计将可以获得更高的可靠性和集成度，但当前技术未成熟，面临着测距短，分辨率低等问题。

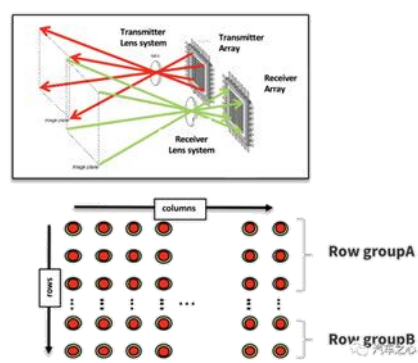
追求固态化是行业趋势，激光能量密度和激光调制是瓶颈。Flash 方案下面发光会分散能量密度，OPA 方案下旁瓣问题同样会分散光束能量，且激光调制难度高。目前部分厂商通过 VCSEL 阵列“多个点组成面光”等思路尝试解决，但随之而来的则会是高昂的成本。该瓶颈需要光电元器件的大幅降价或新方案的提出才能得以打破。

图 15：Flash 方案扫描原理



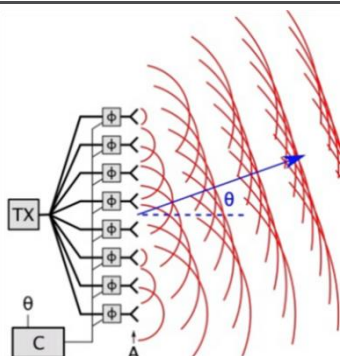
资料来源：汽车之家，民生证券研究院

图 16：VCSEL 阵列可达到类似 Flash 扫描的效果，功率密度更高



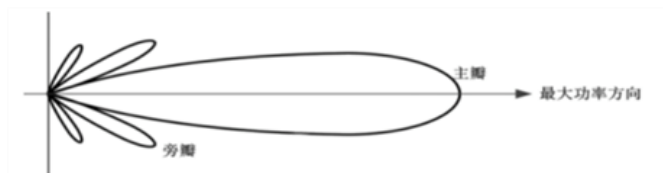
资料来源：汽车之家，民生证券研究院

图 17：OPA 光学相控阵原理



资料来源：MEMS 资讯，民生证券研究院

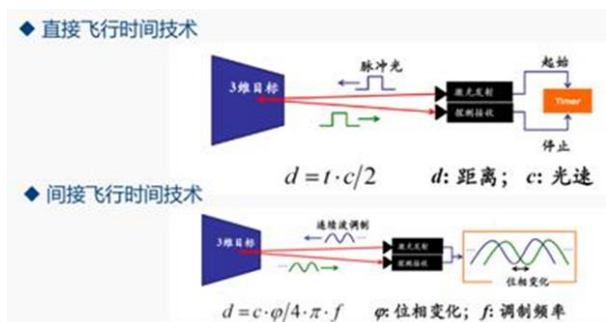
图 18：光束相干后无法避免旁瓣问题，旁瓣会分散光束能量



资料来源：松禾资本，民生证券研究院

从测距方法看，FMCW 调频连续波可能会是未来理想选项。测距方法包括 ToF 飞行时间法（直接测距）和 FMCW 调频连续波法（通过频率差间接测距）。目前主流方案采用 ToF 飞行时间法。FMCW 信噪比更高且消耗功率更低，但由于调谐频率是 THz 级别，其元件需要具备超高精度，需要测量仪器级的元件。这导致了目前 ToF 是性价比更高的选项，FMCW 性能上的潜力尚在挖掘。

图 19：ToF 飞行时间法和 FMCW 测距法原理对比



资料来源：MEMS 资讯，民生证券研究院

图 20：FMCW 方案可以进行高集成度的设计



资料来源：Aeva，民生证券研究院

扫描方式选择上，目前是性价比的竞争，未来 OPA+FMCW 的扫描方案选择值得关注。当前仍处于固态化的转变期，并未有完全成熟的车规级激光雷达方案，混固态是目前可以车规量产的折衷选择。混固态下不同方案各有优劣，性价比的考量以及整车厂的具体需求是竞争的关键点。长期看，OPA+FMCW 在技术成熟后可能会成为较完美的技术方案。

表 12：目前尚未有某种扫描方案占据

参数	ToF				FMCW		
	机械式扫描	混固态扫描		固态扫描			
	机械旋转	转镜	MEMS	棱镜	Flash	OPA	
信噪比	高	-	-	-	相对较低	-	高
量产成本	高	较高	-	-	-	-	-
集成度	低	较低	一般	一般	-	高	高
技术成熟	高	高	一般	一般	相对较低	低	相对较低
车规难度	高	线数越高，车规难度越高	较低	较低	低	低	-

资料来源：CSDN，佳光科技 Encradar，民生证券研究院

注：标红部分为该扫描方式优势点

3.2 光电系统迭代：元件性能升级随固态化方案需求演进

3.2.1 激光发射系统：多波长共存，激光器向 VCSEL 和光纤激光器演进

激光波长当前激光雷达产品主要使用 905nm 和 1550nm 的激光波长，也有部分企业会采用其它波段来降低干扰。1550nm 波长的激光对人眼损伤更少，因此可以使用更大的功率以获得更强的穿透能力，平均发射功率可达 905nm 的 40 倍，但使用 1550nm 激光所需的光纤发射器和 InGaAs 探测器则更昂贵。

我们认为采用这两种波长的产品目前来看短时间将共存，采用 1550nm 波长的厂商将致力于降低成本、推动量产，而采用 905nm 的厂商将致力于在功率限制下获得更好的性能表现。未来 1550nm 产业链成熟后，预计会成为主流方案。

表 13：905nm 更便宜，1550nm 探测效果更好绝对优势

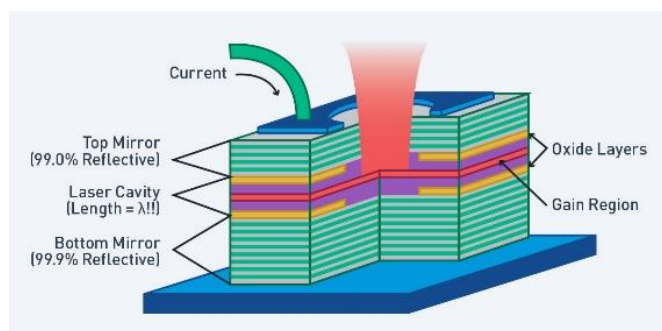
波长	安规限制	功率	测距能力	分辨率	温度耐受性	激光器价格	探测器价格	日光干扰	大气散射
905nm	大	低(可低于 20W)	有限制	一般	高	当前 EEL 为主，价格便宜	采用硅光子探测器，价格便宜	大	大
1550nm	小	高(50-60W)	强	高	低	光纤激光器，价格昂贵	采用 InGaAs 衬底，价格高企	小	小

资料来源：艾邦智造，民生证券研究院

注：标红部分为该波长激光优势点

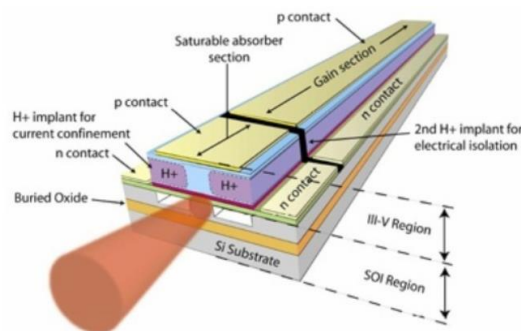
半导体激光器方面，未来随着 VCSEL 技术发展逐渐成熟，车规级激光雷达产品预计逐步转向 VCSEL 激光器。半导体激光器有 LED、EEL、VCSEL 等，目前主要是 EEL 和 VCSEL 间的竞争，EEL 能量密度和能效更高，VCSEL 在光束整形、集成度、温漂控制等具备优势。随着 VCSEL 技术迭代，能力密度提高，未来预计渗透率会逐渐提高。

图 21：ToF 飞行时间法和 FMCW 测距法原理对比



资料来源：MYVCSEL，民生证券研究院

图 22：FMCW 方案可以进行高集成度的设计



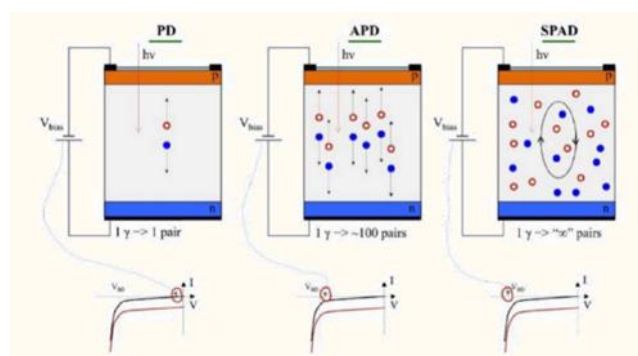
资料来源：MEMS 咨询，民生证券研究院

3.2.2 接收系统设计：由 PIN 向 SPAD 发展，布局由点向面发展

探测器逐步从 PIN 向 SPAD 发展。SPAD 为单光子雪崩二极管，工作在“盖革模式”（当偏置电压高于其雪崩电压时，SPAD 增益迅速增加，此时单个光子吸收即可使探测器输出电流达到饱和），具有单光子探测能力。SiPM 为硅光电倍增管，集成了成百上千个单光子雪崩二极管的光电探测器件，增益可是 APD 的一百万倍以上。

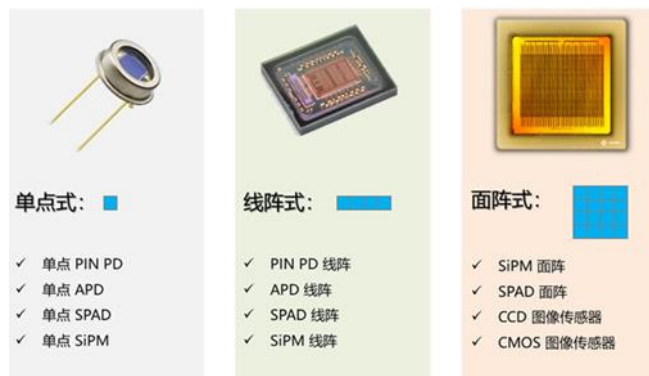
布局发展方向上，探测器需要逐步满足高敏感、广探测范围、低干扰和低成本等要求。因此，探测系统设计正在从点发射-点接收向面阵式转变。SiPM 作为 SPAD 的阵列形式，可通过多个 SPAD 获得更高的可探测范围以及配合阵列光源使用，且更容易集成 CMOS 技术。

图 23：PD、APD、SPAD 感应原理对比



资料来源：MEMS 咨询，民生证券研究院

图 24：探测器发展方向：由点到面

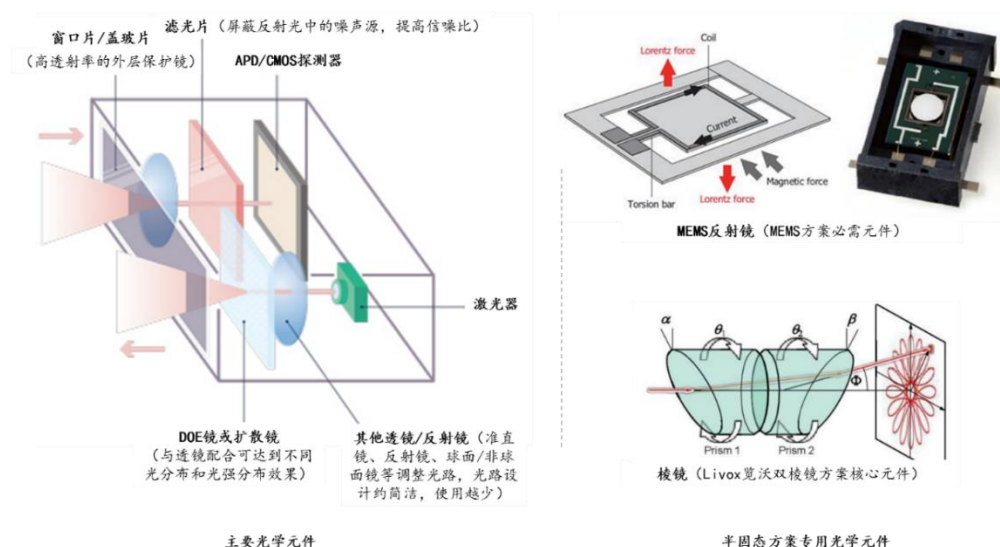


资料来源：MEMS 咨询，民生证券研究院

3.2.3 光路设计：随着固态化趋势逐渐简洁化

光学元件在激光雷达中应用广泛。激光器中需要激光晶体、非线性光学晶体；探测端需要滤光片、玻片等；光路设计中还需要窗口片、反射镜、偏振镜、微棱镜等。

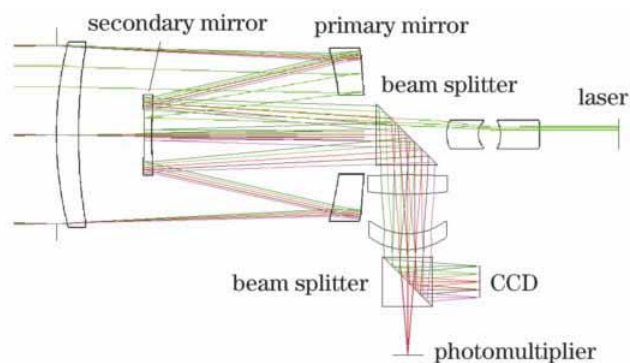
图 25：激光雷达光学元件



资料来源：AGC，Livox，民生证券研究院

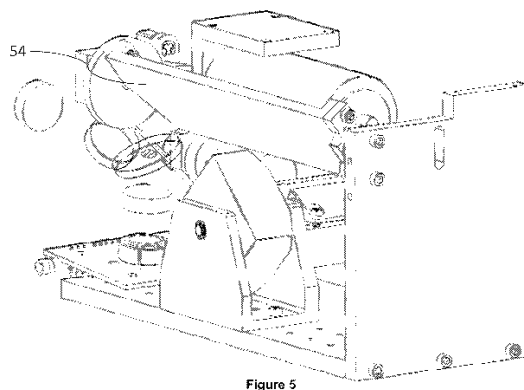
随着激光雷达固态化，光路设计将更简洁，混固态扫描光学元件减少。混固态和机械式方案中除了常规光路设计需要的窗口片、反射镜、滤光片外，根据方案的不同还需要偏振镜、微棱镜、其他球面/非球面镜等。随着扫描方式固态化，偏振镜、微棱镜、其他球面/非球面镜等的应用会减少，常规光路设计所需元件则仍然是刚性需求。

图 26：激光雷达光路设计需要大量光学元件



资料来源：折反射共光路多谱段激光雷达光学系统设计，民生证券研究院

图 27：Luminar 扫描系统中采用了多棱镜等元件



资料来源：芯智讯，民生证券研究院

3.3 信息处理系统迭代：从 FPGA+ADC 芯片转向自研

SoC

激光雷达信息处理系统主要包括主控芯片和模拟芯片，目前主控芯片主要采用 FPGA 芯片，模拟芯片主要采用 ADC 模数转换芯片。目前市场上以 CMOS 工艺制备的的 FPGA 芯片产品低成本、高算力，且提供可编程硬件，已可以满足多种技术路线的要求。

SoC 可以把探测器、电路、信息处理等多个模块集成到芯片上，通过自研 SoC，激光雷达系统集成度可以明显提升，同时系统复杂度的降低也可以提升良品率，从而推动产品上车量产。

表 14：自研 SoC 前期研发投入大，有望显著提升产品集成度

	FPGA 芯片	自研 SoC
功能	主控单元	集成激光收发、信息处理多个模块
集成度	一般	高
前期研发投入	低	高
后期产品成本	一般	高

资料来源：芯语，民生证券研究院

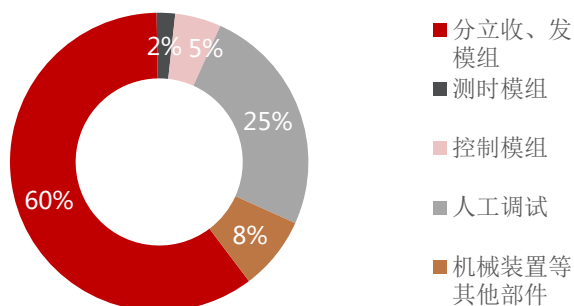
注：标红部分为该方案优势点

3.4 元器件供应：降本路径清晰，国产供应链初长成

3.4.1 光电系统占成本最高，降本路径清晰

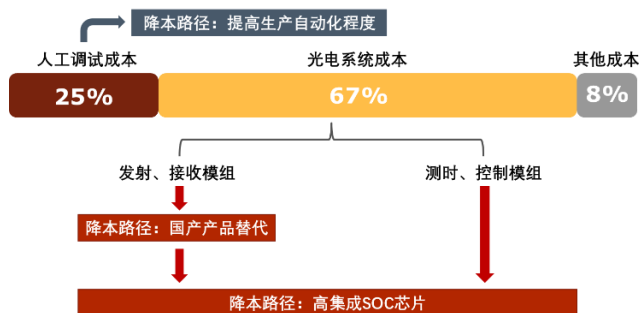
光电系统占激光雷达成本最高，国产化、高集成度和自动化生产为激光雷达成本主要下降路径。激光雷达本质是一个由多种部件构成的光机电系统，光电系统包括发射模组、接收模组、测时模组（TDC/ADC）和控制模组四部分构成，成本占比 67%，另人工调试成本占比 25%，其他成本占比 8%，国产化、高集成度和自动化生产为激光雷达成本主要下降路径。

图 28：激光雷达成本占比



资料来源：汽车之心，民生证券研究院

图 29：激光雷达降本路径



资料来源：汽车之心，民生证券研究院

不同元器件成本弹性不同，因此技术方案将会决定成本下降空间，固态化方案成本下降空间更大。针对汽车前装量产的激光雷达技术方案中，转镜方案成本下降空间较少，高集成度的固态化方案如 Flash 方案可以把激光、探测和数据处理系统集成到 SoC 芯片中，量产后具备更大的成本下降空间。

表 15：部分元器件成本下降空间

元器件	当前成本	量产成本（个/套）	成本下降空间
PLD	/	20-25 美元/个	低
光纤激光器	580-740 美元	/	一般
光学元件	单机近 100 美元	/	元件价格下降空间有限；元件数量具备下降空间
InGaAs			
ADC 芯片	/	约 30 美元	低
FPGA 芯片	/	约 14-22 美元	低
储存器	/	5 美元	低

资料来源：汽车之心，民生证券研究院

3.4.2 激光器与探测器供应链：国外“玩家”为主，国内厂商针对未

来趋势提前布局

目前激光雷达上游元器件“玩家”主要为国外厂商，光电元件主要为日、韩、德、美厂商，激光发射器方面较具代表性的厂商主要为滨松、Lumentum；接收系统主要有 FIRST SENSOR、滨松等。

激光器、探测器供应链未来有望出现国产替代，国内厂商针对产品迭代趋势提前布局。激光器方面有海创光电、纵慧激光、灵明光子等布局，探测器方面以创业公司为主，主要有芯视界和灵明光子等。激光器和探测器主要供应商往往布局多种产品，国内厂商由于起步较迟，直接布局 VCSEL 激光器、SiPM 探测器等未成熟产品领域以求弯道超车。

图 30：激光器与发射器供应链存在国产替代机会



资料来源：罗姆半导体，民生证券研究院

表 16：激光器主要供应商产品布局，国内厂商直接布局

	EEL	PCSEL	VCSEL	EEL/VCSEL 阵列	光纤激光器
HAMAMATSU					
OSRAM					
Lumentum					
瑞波光电					
炬光科技					
纵慧激光					
海创光电					

资料来源：各公司官网，民生证券研究院

注：标红部分为供应商在此布局

表 17：探测器主要供应商产品布局，国内厂商直接布局 SPAD 和 SiPM

	PIN	APD	APD 阵列	SPAD	SiPM	InGaAs	GaN
First sensor							
spectrolab							
hamamatsu							
EPC							
Onsemi							
芯视界							
灵明光子							

资料来源：各公司官网，民生证券研究院

注：标红部分为供应商在此布局

3.4.3 信息处理芯片：国外厂商垄断 FPGA 和 ADC 芯片，自研 SoC

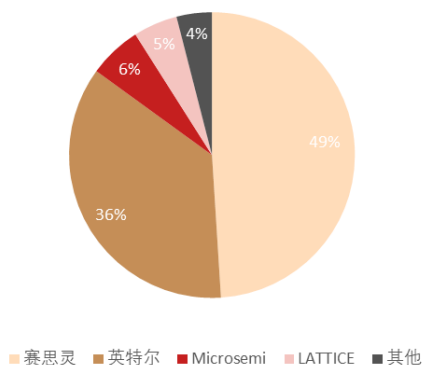
成趋势

激光雷达信息处理系统主要包括主控芯片和模拟芯片，目前主控芯片主要采用 FPGA 芯片，模拟芯片主要采用 ADC 模数转换芯片。目前市场上以 CMOS 工艺制备的的 FPGA 芯片产品低成本、高算力，且提供可编程硬件，已可以满足多种技术路线的要求。

FPGA、模数转换器由国外厂商垄断。FPGA 和模数转换器市场均为明显的寡头垄断格局，FPGA 芯片主要厂商为赛思灵和英特尔；ADC 芯片市场主要厂商为 ADI 和德州仪器。国内厂商在该领域距离行业龙头仍具备较大差距。

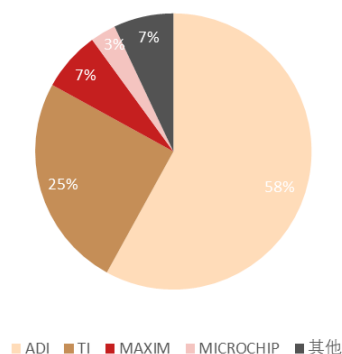
目前部分激光雷达厂家开始自研 SoC 以进一步提高集成度，未来可能成为趋势。SoC 可以把探测器、电路、信息处理等多个模块集成到芯片上。通过自研 SoC，激光雷达系统集成度可以明显提升，同时系统复杂度的降低也可以提升良品率，从而推动产品上车量产。

图 31：赛思灵和英特尔合计占 FPGA 芯片市场 85%份额（2018）



资料来源：芯智讯，民生证券研究院

图 32：ADI 和 TI 合计占数模转换器市场 83%份额（2018）



资料来源：新思界产业研究中心，民生证券研究院

激光雷达自动驾驶应用需求已成确定性趋势，上游元器件性能、成本和产能成关键制约因素。上游元器件供应商主要包括激光器、探测器、处理芯片、旋转电机和其他光学组件等厂商。产业链的机会：1）光学：视窗-永新光学、水晶光电；光学元件-蓝特光学、腾景科技、福晶科技等。2）电机：鸣志电器、湘油泵。3）发射端：发射端模组-炬光科技，激光芯片-长光华芯（拟 ipo）。4）PCB：景旺电子、四会富仕、迅捷兴。5）代工环节（立讯精密和速腾合作、舜宇-光学元件、组件、光机设计、代工均布局）。

图 33：车载激光雷达产业链图谱



资料来源：民生证券研究院整理

4 估值：技术-产能-品牌驱动，PS-PEG-PE 估值演进

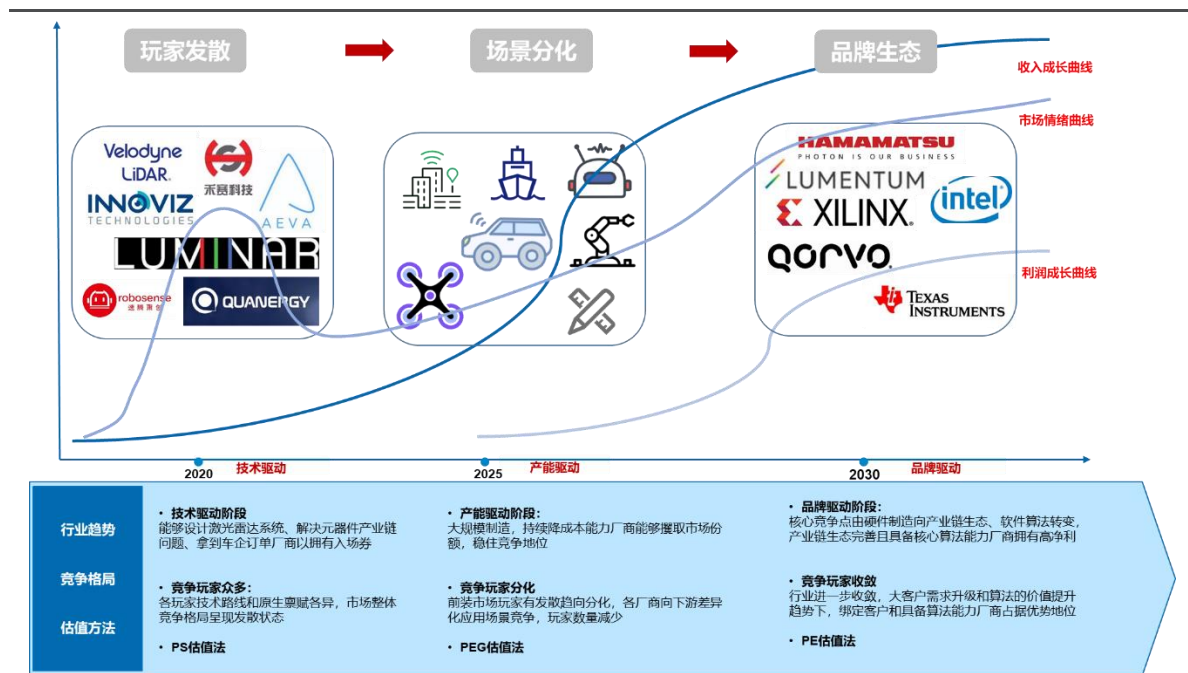
与激光雷达厂商间的技术方案竞争、成本竞争和资源竞争相对应的，激光雷达行业的发展预期大致可以分为三个阶段，分别为**技术驱动阶段**、**产能驱动阶段**和**品牌效应阶段**。

2020-2025 年为技术驱动阶段：该阶段为行业萌芽期，竞争“玩家”众多，且各“玩家”技术路线和原生禀赋各异，市场整体竞争格局分散。当前能够设计出激光雷达系统、解决元器件产业链问题、能够拿到车企订单的厂商拥有激光雷达 OEM 前装市场的入场券。考虑到 OEM 前装对成本条件要求较为严苛，激光雷达厂商经营情况呈亏损或微利，现阶段采取 PS 估值法。

2025-2030 年为产能驱动阶段：经过几年的技术迭代，行业内“玩家”很难再通过技术创新弯道超车，OEM 前装市场进入产能驱动阶段。在这个时期，激光雷达稳定大规模制造能力，以及持续降成本的能力能够进一步攫取市场份额，稳定竞争地位。对于那些在 OEM 前装市场没有话语权的激光雷达厂商会向其他应用场景分化，如车路协同、安防、军工等，成为细分领域的利基竞争者。当前阶段产业马太效应显现，激光雷达厂商降成本盈利能力提升，可采取 PEG 估值法。

2030 年之后为品牌驱动阶段：经过产能竞争的优胜劣汰，行业集中度进一步提高，到 2030 年格局相对稳定。激光雷达厂商的核心竞争力由硬件制造向产业链生态和软件算法转变，拥有优质客户资源、自研核心元器件及拥有软件算法能力的厂商在这个阶段可以不断强化竞争优势，提升净利率到 10-15%甚至更高。2030 年激光雷达依然是一个具备成长性的行业，行业已进入稳步提升期，可采取 PE 估值法。

图 34：激光雷达成长三阶段 PS-PEG-PE 演进



资料来源：民生证券研究院整理

5 投资建议

激光雷达市场星辰大海，2022 年为前装上车元年，产业链布局各厂商：1) 光学：视窗-永新光学、水晶光电；光学元件-蓝特光学、腾景科技、福晶科技等。2) 电机：鸣志电器、湘油泵。3) 发射端：发射端模组-炬光科技，激光芯片-长光华芯（拟 ipo）。4) PCB：景旺电子、四会富仕、迅捷兴。5) 代工环节（立讯精密和速腾合作、舜宇-光学元件、组件、光机设计、代工均布局）。

基于产业链布局，我们推荐已覆盖标的炬光科技，建议关注舜宇光学、永新光学、水晶光电、蓝特光学等相关上市公司。

6 风险提示

1) 汽车行业回暖不及预期，缺芯影响持续：21年Q4缺芯情况得到缓解，但缺芯存在周期的不确定性，下游汽车厂商出货量增速不佳的情况可能再次出现，进而影响国内汽车电子厂商的短期业绩释放。

2) 激光雷达技术路线跃迁风险：激光雷达目前技术路线百花齐放，有机械式、MEMS振镜、混合固态转镜、固态式等多种技术路线，只布局单一路线产品的厂商存在技术路线跃迁的风险。

3) 疫情反复风险：新冠疫情在全球范围内仍未得到有效控制，对于下游需求的恢复，以及企业的正常生产，有带来影响的风险。现在国内的疫情也有一定反复，对生产制造有一定影响。

插图目录

图 1：激光雷达工作原理.....	3
图 2：“视觉派”VS 多传感器融合方案.....	4
图 3：2021 年 1-11 月 ADAS 分功能搭载率（%）.....	4
图 4：车载传感器性能指标对比.....	5
图 5：激光雷达 3D 点云图.....	5
图 6：激光雷达市场 2021-2026 年复合增速为 23%.....	7
图 7：激光雷达市场份额占比：按扫描系统.....	9
图 8：激光雷达市场份额占比：按专利.....	9
图 9：各激光雷达厂商推出不同产品方案以求达到前装需求.....	11
图 10：Velodyne 软件收入占比预测.....	12
图 11：Luminar 软件收入占比预测.....	12
图 12：MEMS 微振镜结构.....	15
图 13：MEMS 激光雷达原理.....	15
图 14：双棱镜激光雷达方案.....	16
图 15：Flash 方案扫描原理.....	16
图 16：VCSEL 阵列可达到类似 Flash 扫描的效果，功率密度更高.....	16
图 17：OPA 光学相控阵原理.....	17
图 18：光束相干后无法避免旁瓣问题，旁瓣会分散光束能量.....	17
图 19：ToF 飞行时间法和 FMCW 测距法原理对比.....	17
图 20：FMCW 方案可以进行高集成度的设计.....	17
图 21：ToF 飞行时间法和 FMCW 测距法原理对比.....	19
图 22：FMCW 方案可以进行高集成度的设计.....	19
图 23：PD、APD、SPAD 感应原理对比.....	19
图 24：探测器发展方向：由点到面.....	19
图 25：激光雷达光学元件.....	20
图 26：激光雷达光路设计需要大量光学元件.....	20
图 27：Luminar 扫描系统中采用了多棱镜等元件.....	20
图 28：激光雷达成本占比.....	21
图 29：激光雷达降本路径.....	21
图 30：激光器与发射器供应链存在国产替代机会.....	22
图 31：赛思灵和英特尔合计占 FPGA 芯片市场 85%份额（2018）.....	23
图 32：ADI 和 TI 合计占数模转换器市场 83%份额（2018）.....	23
图 33：车载激光雷达产业链图谱.....	24
图 34：激光雷达成长三阶段 PS-PEG-PE 演进.....	25

表格目录

重点公司盈利预测、估值与评级.....	1
表 1：车载 ADAS 传感器优劣势.....	5
表 2：多款搭载激光雷达车型预计将于 2021-2022 年落地.....	6
表 3：激光雷达分类.....	8
表 4：激光雷达认证流程.....	10
表 5：激光雷达需要满足车规级标准.....	10
表 6：国内厂商 Livox、华为等产品性能逐渐接近 OEM 需求.....	11

表 7：激光雷达主流厂商受到下游企业高度关注	12
表 8：元器件成本高、生产工艺难度高导致良品率低是下一代产品面临的关键问题	13
表 9：激光雷达厂商成本控制能力、量产能力对比	13
表 10：激光雷达上市公司上游资源	14
表 11：激光雷达上市公司客户资源	14
表 12：目前尚未有某种扫描方案占据绝对优势	18
表 13：905nm 更便宜，1550nm 探测效果更好绝对优势	18
表 14：自研 SoC 前期研发投入大，有望显著提升产品集成度	21
表 15：部分元器件成本下降空间	21
表 16：激光器主要供应商产品布局，国内厂商直接布局 VCSEL 和光纤激光器	22
表 17：探测器主要供应商产品布局，国内厂商直接布局 SPAD 和 SiPM	23

分析师承诺

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并登记为注册分析师，基于认真审慎的工作态度、专业严谨的研究方法与分析逻辑得出研究结论，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。本报告清晰准确地反映了研究人员的研究观点，结论不受任何第三方的授意、影响，研究人员不曾因、不因、也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

评级说明

投资建议评级标准	评级	说明
以报告发布日后的 12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中：A 股以沪深 300 指数为基准；新三板以三板成指或三板做市指数为基准；港股以恒生指数为基准；美股以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。	推荐	相对基准指数涨幅 15%以上
	谨慎推荐	相对基准指数涨幅 5% ~ 15%之间
	中性	相对基准指数涨幅 -5% ~ 5%之间
	回避	相对基准指数跌幅 5%以上
公司评级	推荐	相对基准指数涨幅 5%以上
	中性	相对基准指数涨幅 -5% ~ 5%之间
	回避	相对基准指数跌幅 5%以上
行业评级	推荐	相对基准指数涨幅 5%以上
	中性	相对基准指数涨幅 -5% ~ 5%之间
	回避	相对基准指数跌幅 5%以上

免责声明

民生证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。

本报告仅供本公司境内客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告仅为参考之用，并不构成对客户的投资建议，不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，客户应当充分考虑自身特定状况，不应单纯依靠本报告所载的内容而取代个人的独立判断。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容而导致的任何可能的损失负任何责任。

本报告是基于已公开信息撰写，但本公司不保证该等信息的准确性或完整性。本报告所载的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，且预测方法及结果存在一定程度局限性。在不同时期，本公司可发出与本报告所刊载的意见、预测不一致的报告，但本公司没有义务和责任及时更新本报告所涉及的内容并通知客户。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问、咨询服务等相关服务，本公司的员工可能担任本报告所提及的公司的董事。客户应充分考虑可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一参考依据。

若本公司以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。本报告不构成本公司向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议。本公司不会因任何机构或个人从其他机构获得本报告而将其视为本公司客户。

本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、转载、发表、篡改或引用。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为本公司的商标、服务标识及标记。本公司版权所有并保留一切权利。

民生证券研究院：

上海：上海市浦东新区浦明路 8 号财富金融广场 1 幢 5F； 200120

北京：北京市东城区建国门内大街 28 号民生金融中心 A 座 18 层； 100005

深圳：广东省深圳市深南东路 5016 号京基一百大厦 A 座 6701-01 单元； 518001