

# 智能驾驶系列报告之二：智能汽车千里眼，激光雷达未来可期

## ——行业深度报告

### 报告导读

激光雷达是高级自动驾驶的核心传感器，其系统由激光光源、接收探测器、扫描系统、信号主控板等部分组成。随着汽车智能化加速，L3+自动驾驶快速导入，激光雷达整机及其上游产业链将迎来百亿美元市场。

### 投资要点

- **激光雷达是高级自动驾驶的核心传感器，市场机会广阔**  
高级自动驾驶推动更高感知需求，多传感器结合降低感知误差。激光雷达兼具测距远、角度分辨率优、受环境光照影响小的特点，且无需深度学习算法，可直接获得物体的距离和方位信息，是高级自动驾驶的核心传感器之一。当前L3+高级自动驾驶渗透率正在进入快速提升阶段，激光雷达将迎来巨大的市场机会。
- **半固态转镜方案更适合车规，1550nm 波长、VCSEL/光纤激光器、SPAD/SiPM 的应用比例逐渐提升，零部件系统国产替代机会较大**  
激光雷达方案众多，从成本、可靠性、测量距离、技术成熟度等角度考虑，当前半固态转镜方案更能满足车规要求。激光光源和接收器件将会从 905nm 波长、EEL 光源和 APD 接收，部分向 1550nm 波长、VCSEL/光纤激光器、SPAD/SiPM 演进。在芯片（FPGA、数模转换芯片）等领域，外资巨头占据主导地位，未来国产替代机会较大。
- **激光雷达整机市场玩家众多，竞争格局未定，整机价格向千元以下演进**  
激光雷达整机参与方众多，有传统 Tier1 巨头如法雷奥、大陆等，也有国内外众多创业公司如 Luminar、禾赛科技、镭神智能等，还有华为、大疆等新进入者。当前市场格局未定，未来市场份额将向技术能力强，能提供符合车规级产品的头部企业靠拢。随着规模化量产、国产替代能因素叠加，未来激光雷达整机价格有望向千元以下演进。
- **投资建议**  
**重点关注：**永新光学、舜宇光学科技、长光华芯、炬光科技、德明利、镭神智能（非上市）、禾赛科技（非上市）
- **风险提示**  
下游市场需求波动的风险、激光雷达行业竞争的风险。

### 行业评级：看好(维持)

分析师：程兵  
执业证书号：S1230522020002  
chengbing01@stocke.com.cn

### 相关报告

- 1 【智能驾驶系列报告之一】智能时代，域控先行--2022.07.28

## 智能驾驶系列之二：激光雷达



## 正文目录

<b>1 激光雷达：智能驾驶汽车的千里眼</b>	<b>5</b>
1.1 L3+自动驾驶时代即将到来	5
1.2 激光雷达是高级自动驾驶的必备	6
1.3 车企积极使用激光雷达作为主要智驾传感器	8
<b>2 激光雷达系统：多种方案并存，半固态仍是中短期主流方案，零部件国产替代空间较大</b>	<b>9</b>
2.1 激光器：VCSEL 和光纤激光器逐渐取代 EEL，1550nm 波长应用比例逐渐提升	10
2.2 扫描方式：中短期内半固态仍是主流，转镜方案或更适合车规落地	12
2.2.1 半固态激光雷达：转镜方案更容易满足自动驾驶车规要求	12
2.2.2 固态激光雷达：长期看好，短期内技术和生产问题难以解决	15
2.3 测距方式：ToF 成熟度高，FMCW 仍需解决调频机制及商用成本等难题	16
2.4 接收探测器：APD 是当前主流，未来 SPAD/SiPM 占比上升	17
2.5 主控板：外资主导，核心芯片国产化率低	19
<b>3 激光雷达整机：竞争格局未定，市场空间广阔，量产等因素带来成本持续下降</b>	<b>19</b>
3.1 竞争格局及市场：国内厂商成长迅速，市场格局不确定性较强，2025 年百亿美金市场空间	19
3.2 激光雷达演进方向：产品性能向看得更远、看得更清、寿命更长演进，量产等因素带来成本持续下降	21
<b>4 投资建议</b>	<b>23</b>
4.1 投资标的	23
4.2 永新光学：依托光学领域深厚积淀，在细分环节树立稳定壁垒	23
4.3 镭神智能：1550nm 光纤激光器实践先行者	26
<b>5 风险提示</b>	<b>28</b>

## 图表目录

图 1: 我国 L2、L3 级智能网联汽车渗透率将不断提高 .....	6
图 2: 2020-2022 上半年我国 L2 级辅助驾驶乘用车渗透率 .....	6
图 3: 特斯拉自动驾驶解决方案 .....	8
图 4: 特斯拉硬件配置升级路径 .....	8
图 5: 激光雷达扫描探测示意图 .....	8
图 6: 激光雷达 3D 点云图 .....	8
图 7: 激光雷达分类 .....	9
图 8: 转镜激光雷达内部拆解图 .....	10
图 9: 转镜激光雷达成本结构 .....	10
图 10: EEL 激光器结构图 .....	10
图 11: MEMS 微振镜效果图 .....	13
图 12: 一维转镜方案示意图 .....	14
图 13: 二维转镜方案示意图 .....	14
图 14: 转镜激光雷达 .....	14
图 15: 相控阵雷达原理示意图 .....	15
图 16: Flash 激光雷达原理 .....	16
图 17: ToF 与 FMCW 探测原理 .....	17
图 18: 激光雷达探测器结构图 .....	18
图 19: 激光雷达探测器技术路线迭代 .....	18
图 20: 激光雷达主控板结构图 .....	19
图 21: 2021 年全球车载激光雷达市场份额 .....	20
图 22: 2021-2025 年中国车载激光雷达市场规模 (亿元) .....	21
图 23: 全球激光雷达市场规模预测 (亿美元) .....	21
图 24: 激光雷达技术/成本发展趋势 .....	22
图 25: Ouster 所有数字激光雷达均具有相同的核心架构 .....	23
图 26: Aeva LiDAR-on-Chip 技术 .....	23
图 27: 2021 年永新光学主要产品及业务结构 .....	24
图 28: 永新光学为嫦娥二号研制的星载镜头 .....	25
图 29: 永新光学与多所高校建立稳定的产学研合作关系 .....	25
图 30: 2015-2021 年永新光学营收情况 (单位: 亿元) .....	26
图 31: 2015-2021 年永新光学归母净利润情况 (单位: 亿元) .....	26
图 32: 镭神智能 905/1550nm 车规混合固态激光雷达 .....	26
图 33: 镭神智能 LS 系列 512 线点云图 .....	26
图 34: 镭神智能激光雷达产品矩阵齐全 .....	27
图 35: 镭神智能入选工信部人工智能产业创新揭榜优胜单位 .....	27
图 36: 镭神智能荣获 2020 年度国家科技进步二等奖 .....	27
图 37: 镭神智能客户分布情况 .....	28

表 1: 《汽车驾驶自动化分级》国家标准.....	5
表 2: 不同车载传感器技术特点对比.....	7
表 3: 国内外车载激光雷达前装量产情况.....	9
表 4: 不同光源激光器对比.....	11
表 5: 不同波长激光对比.....	12
表 6: 布局 1550nm 光源的部分厂商及产品情况.....	12
表 7: 转镜方案激光雷达厂商与产品情况.....	15
表 8: OPA 激光雷达特点.....	15
表 9: Flash 激光雷达特点.....	16
表 10: FMCW 激光雷达特点.....	17
表 11: 主控板芯片主要参与者.....	19
表 12: 不同激光雷达厂商采用的技术路线不同.....	20
表 13: 激光雷达产业链相关公司估值表.....	23
表 14: 永新光学镀膜技术积淀充分.....	25

# 1 激光雷达：智能驾驶汽车的千里眼

## 1.1 L3+自动驾驶时代即将到来

**L3级是自动驾驶等级中的分水岭。**2022年3月起实施的《汽车驾驶自动化分级》国家标准，参考了国际汽车工程师协会发布的工程建议J3016，将自动驾驶技术划分为L0级（纯由驾驶员控制）至L5级（完全自动驾驶）。其中，L3级是自动驾驶等级中的分水岭，其驾驶责任的界定最为复杂，若自动驾驶功能开启，环境监控主体从驾驶员变成了传感器系统，驾驶决策责任方由驾驶员过渡到了汽车系统。

表1: 《汽车驾驶自动化分级》国家标准

分级	名称	持续的车辆横向和纵向运动控制	目标和事件探测与响应	动态驾驶任务后援	设计运行范围
0级	应急辅助	驾驶员	驾驶员及系统	驾驶员	有限制
1级	部分驾驶辅助	驾驶员和系统	驾驶员及系统	驾驶员	有限制
2级	组合驾驶辅助	系统	驾驶员及系统	驾驶员	有限制
3级	有条件自动驾驶	系统	系统	动态驾驶任务后援用户 (执行接管后为驾驶员)	有限制
4级	高度自动驾驶	系统	系统	系统	有限制
5级	完全自动驾驶	系统	系统	系统	无限制

资料来源：市场监管总局（标准委），浙商证券研究所

**全球交通法规修订推动L3级自动驾驶落地。**2019年，日本《道路交通法案》修正案获得通过，允许L3级自动驾驶车辆在公共道路上使用。2020年1月，韩国国土交通部发布《自动驾驶汽车安全标准》(修订版)，制定L3级自动驾驶安全标准和商用化标准。2020年6月，联合国的欧洲经济委员会通过《ALKS 车道自动保持系统条例》，这是全球范围内第一个针对L3级自动驾驶具有约束力的国际法规。2022年6月，深圳发布《深圳经济特区智能网联汽车管理条例》，为我国首部L3级自动驾驶的法规。

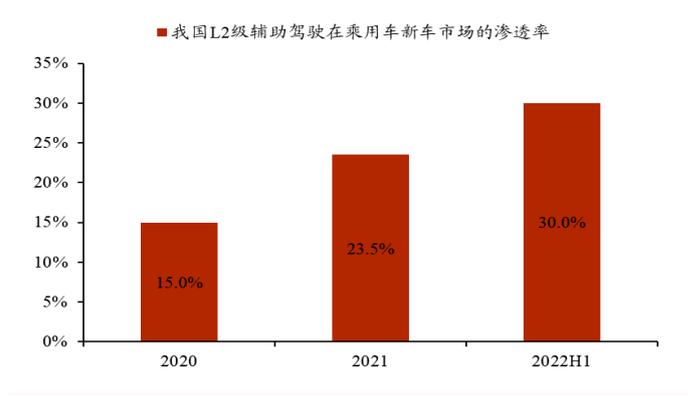
**L3+自动驾驶时代即将到来。**随着自动驾驶技术日渐成熟，消费者对于自动驾驶功能的关注度持续高涨，自动驾驶功能渗透率将逐年攀升。根据工信部的信息，2021年我国L2级辅助驾驶在乘用车新车市场的渗透率已达23.5%，2022年上半年更提升至30%。预计L2级在未来几年内仍将占据主流，同时L3+自动驾驶时代即将到来。根据《智能网联汽车技术路线图2.0》的研判，到2025年我国L2、L3级智能网联汽车渗透率超过50%，L4级汽车开始进入市场；到2030年我国L2、L3级渗透率超过70%，L4级渗透率超过20%并在高速公路广泛应用、在部分城市道路规模化应用。

图1：我国 L2、L3 级智能网联汽车渗透率将不断提高



资料来源：《智能网联汽车技术路线图 2.0》，浙商证券研究所

图2：2020-2022 上半年我国 L2 级辅助驾驶乘用车渗透率



资料来源：国家工信部，浙商证券研究所

## 1.2 激光雷达是高级自动驾驶的必备

### ➢ 自动驾驶推动更高感知需求，多传感器结合降低感知误差

自动驾驶功能的升级离不开车辆对周围环境感知能力的提升，而感知能力提升的基础则是对各类传感器软硬件的不断开发组合。传感器感知模型是基于概率的弱推理产出最小化误差的强决策模型，因此误差的产生无法避免。ISO 21448 SOTIF 则是为了将误差的出现概率降至可接受风险范围内而设立的标准，其要求感知模型同时输出识别判断及判断的自信程度，旨在减少传感器局限性的影响。因此，当某一传感器感知模型自信程度较低时，最直接的做法便是采用其他自信程度更高的模型输出，即多传感器结合以降低感知误差。

**感知层是实现自动驾驶的起点，车企预埋多传感器。**感知层中的传感器采集并传输信息与数据，车辆才能具备感知路面、车辆以及建筑物等各种影响汽车驾驶安全因素的能力，完成环境和车辆定位。尽管当前自动驾驶仍处于 L2 级阶段，但车企选择预埋以超声波雷达、毫米波雷达、摄像头、激光雷达等为主的多传感器，提升产品力的同时确保自动驾驶场景下的安全冗余，以 L3/L4 级配置降维应用并推入市场，为高级自动驾驶预热。

**单一传感器存在局限，难以满足自动驾驶的要求。**例如，超声波雷达的有效探测距离太短；毫米波雷达的角度分辨能力通常较弱，无法辨识物体的细节，且在人车混杂的场景下对行人的探测效果不佳；车载摄像头受光照影响大，黑夜和强光下的探测效果不佳，此外识别效果依赖深度学习算法，无法做到完全准确。

**激光雷达兼具测距远、角度分辨率优、受环境光照影响小的特点，且无需深度学习算法，可直接获得物体的距离和方位信息，与其他传感器互补结合使用可帮助感知系统减小探测误差，因而被大多数整车厂、Tier 1 认为是 L3 级及以上自动驾驶必备的传感器。**根据 Yole 对不同自动驾驶等级对传感器需求的分析，L3 级自动驾驶需搭载 1 个激光雷达，L4 级搭载 2-3 个，L5 级搭载 4-6 个。

表2: 不同车载传感器技术特点对比

	超声波雷达	毫米波雷达	车载摄像头	激光雷达
工作原理	向外发送超声波, 利用接收时的时间差来测距	利用毫米波测定和分析反射波。根据多普勒效应以及天线的阵列方式实现速度和方位的测量	摄像头采集外部图像, 利用算法进行识别	通过激光发射和接收装置, 基于ToF/FMCW原理获得目标物体位置和速度等特征数据
探测距离	一般小于5m	一般在60-250m范围内	一般在50-250m范围内	一般在100-250m范围内
探测角度	水平120°	水平120°, 垂直15°	水平150°, 垂直60°	机械式水平360°, 其他120°, 垂直20°-40°
优势	价格便宜, 功能简单	全天候全天时工作, 大规模适用于中短程探测	技术成熟, 价格低	分辨率高, 探测距离长, 精度高, 反馈数据多, 且通过光线探测不会受到物体材质的影响
劣势	受传播速度限制, 只能进行近距离探测	无法对目标对象的类别进行精准的识别	对光照天气等条件敏感, 且需要强大算法支持	价格昂贵, 工作受极端天气影响较大
应用场景	自动泊车、停车辅助	自适应巡航控制、前向防撞报警、盲点检测、辅助停车、辅助变道等	辅助驾驶	高级自动驾驶

资料来源: 盖世汽车研究院, 头豹研究院, 浙商证券研究所

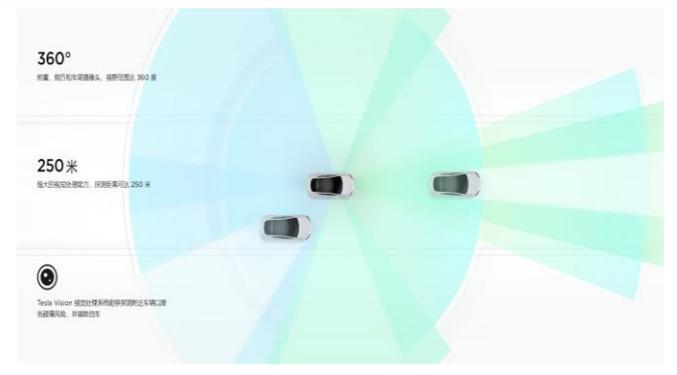
### ➤ 两大主流方案: 以摄像头主导的“纯视觉感知”方案&以激光雷达为主导的“多传感融合”方案

“纯视觉感知”方案是以车载摄像头为主导的解决方案, 通过拍摄周围环境画面利用深度学习算法进行建模预测。与目前单颗过万元的激光雷达相比, 单颗车载摄像头仅数百元, 视觉感知方案成本优势较大, 可大规模交付商用。但由于摄像头技术以及算法 Corner Cases 的影响, 视觉感知在 L3 级及以上高级自动驾驶中存在明显局限性。

特斯拉目前已经形成“车辆-数据-算法”的闭环, 构筑“纯视觉感知”护城河。该方案的代表为特斯拉, 以 Model 3 为例, 全车共配置 3 个前置摄像头、4 个侧视摄像头、1 个后置摄像头、1 个毫米波雷达和 12 个超声波传感器, 并通过 Autopilot 3.0 和自研 FSD 芯片计算处理数据 (目前北美版已开始取消毫米波雷达)。

为解决纯视觉方案自身技术局限, 从 2014 年开始, 特斯拉收集全球车队的真实行驶数据, 2016 年发布“影子模式”收集驾驶员操作数据, 目前数据超过 160 亿公里, 其中包括超 16 亿公里 Autopilot 行驶里程, 路测数据丰富度高, 数据库完善, 道路上可能会遇到的各种形式状态都有相对应的模型及算法。

图3： 特斯拉自动驾驶解决方案



资料来源：特斯拉官网，浙商证券研究所

图4： 特斯拉硬件配置升级路径



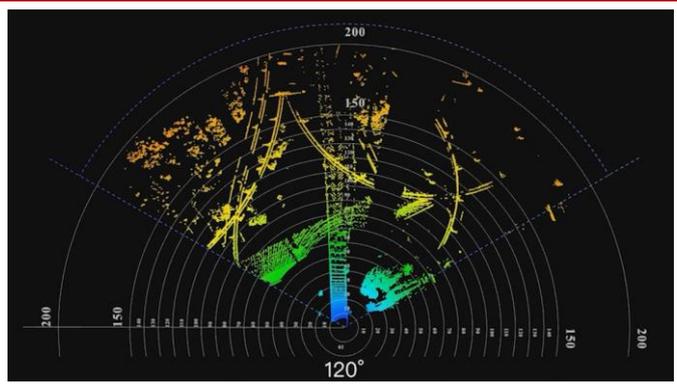
资料来源：头豹研究院，浙商证券研究所

➢ 由于数据和算法壁垒，复制纯视觉方案可能性极小，激光雷达是高级自动驾驶不可或缺的最优解

摄像头本身的壁垒不高，但其背后的数据和算法才是整个感知方案的核心。由于车辆行驶过程中的随机性和不确定性极高，若没有相关背景下对应的数据进行模型训练及学习，感知准确率将大大降低。为保障感知的实时性，对驾驶场景下的数据积累和对应的算法算力要求高。目前大多数整车厂没有充足的数据量，且难以打破算法算力壁垒，同时考虑到摄像头本身及算法提升的局限性，能够直接提供距离信息从而解决 Corner Cases 的激光雷达是短期内实现高级自动驾驶的最优解。

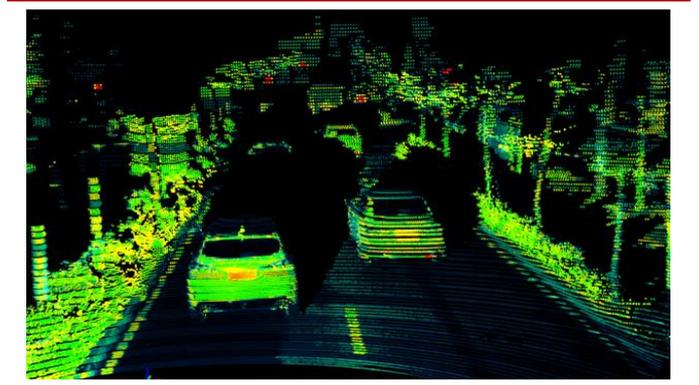
“多传感融合”方案主要依靠激光雷达实现 3D 点云扫描，感知精准度高，与摄像头、毫米波雷达等补充传感器形成互补。激光雷达在 L3+ 的应用确定性强，未来将形成以激光雷达为主导的多传感融合方案，感知硬件互相配合确保行驶过程中的安全冗余。随着激光雷达量产价格下降，未来车载应用前景广阔。

图5： 激光雷达扫描探测示意图



资料来源：禾赛科技，浙商证券研究所

图6： 激光雷达 3D 点云图



资料来源：镭神智能，浙商证券研究所

### 1.3 车企积极使用激光雷达作为主要智驾传感器

车企加速布局高级自动驾驶，激光雷达已开启批量上车步伐。随着技术和生产效率的进步，激光雷达成本近年快速下降，各主机厂已逐步将其纳入 ADAS 传感器方案中，并为新车增添科技卖点。2021 年为激光雷达的定点元年，多款车宣布将搭载激光雷达。并预计于 2022 年交付。未来随着激光雷达集成化的发展，将进一步扩展激光雷达的车载应用前景，助推激光雷达量产元年加速到来。

表3: 国内外车载激光雷达前装量产情况

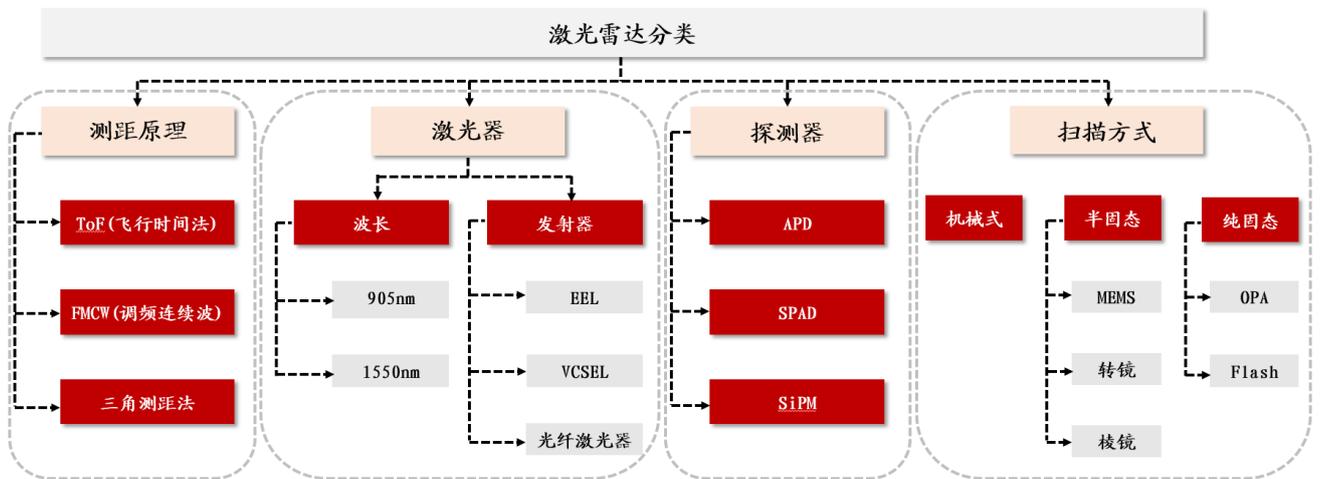
车型	激光雷达供应商	搭载数量	量产时间
小鹏 P5	大疆览沃	2	2021 年
极狐阿尔法 S	速腾聚创	3	2021 年
蔚来 ET7	图达通	1	2022 年
长城摩卡	Ibeo	3	2022 年
上汽 RES33	Luminar	1	2022 年
阿维塔 11	华为	3	2022 年
理想 L9	禾赛科技	1	2022 年
极狐阿尔法 S 华为 HI 版	华为	3	2022 年
合众哪吒 S	华为	3	2022 年
本田 Legend	法雷奥	5	2021 年
雷克萨斯 LS	Denso	1	2021 年
奥迪 A8	法雷奥	1	2022 年
奔驰新 S 级	法雷奥	1	2022 年
奔驰 EQS	法雷奥	1	2022 年
极星 3	Luminar	1	2022 年

资料来源: 佐思汽研, 公开资料整理, 浙商证券研究所

## 2 激光雷达系统: 多种方案并存, 半固态仍是中短期主流方案, 零部件国产替代空间较大

激光雷达种类众多, 实现原理各不相同。在测距原理方面, 有 ToF 法和 FMCW 法, 当前 ToF 法是主流; 在扫描方式方面, 有机械式、半固态 MEMS、半固态转镜、固态 OPA、固态 Flash 等, 当前 MEMS 和转镜方案是主流。在激光光源方面, 主流的波长有 905nm 和 1550nm 两种, 发射器有 EEL、VCSEL 和光纤激光器三种; 在接收探测器方面, 主要有 APD、SPAD 和 SiPM 三种。

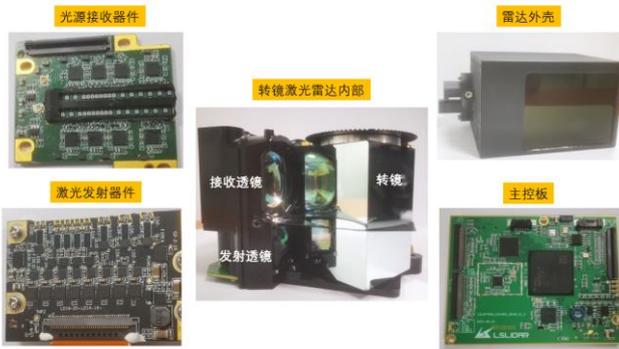
图7: 激光雷达分类



资料来源: 头豹研究院, 公开资料整理, 浙商证券研究所

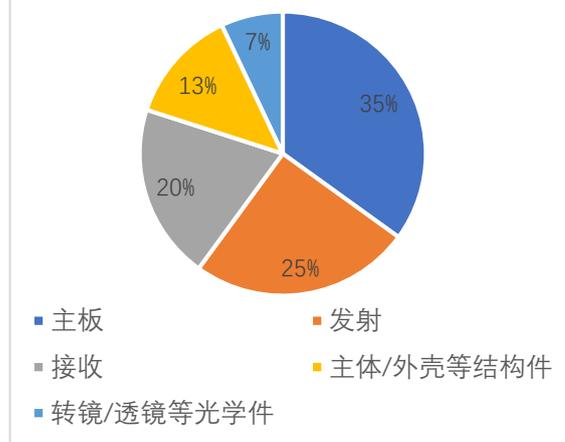
以转镜半固态激光雷达为例，雷达系统可以拆解成以下几大部分：激光发射、光源接收、转镜/透镜等光学件、主控板、雷达外壳等其他结构件。不同激光雷达成本差异较大，参考镭神智能转镜激光雷达，各部分成本占比如下。

图8： 转镜激光雷达内部拆解图



资料来源：镭神智能，浙商证券研究所

图9： 转镜激光雷达成本结构



资料来源：镭神智能，浙商证券研究所

## 2.1 激光器：VCSEL 和光纤激光器逐渐取代 EEL，1550nm 波长应用比例逐渐提升

如上文所述，激光器是激光雷达发射模块的重要组成部分，主要方案有边发射激光器(EEL)、垂直腔面发射激光器(VCSEL)和光纤激光器三种，其中 EEL 和 VCSEL 属于半导体激光器。以当前市场主流的 EEL 光源为例，激光发射模块的成本占雷达整机约 25%。

图10： EEL 激光器结构图



资料来源：镭神智能，浙商证券研究所

### ➤ 当前 EEL 是主流，未来 VCSEL 和光纤激光器的使用占比将提升

**EEL:** 通过脉冲电流驱动，输出窄脉宽且高功率激光束，作为探测光源具有发光面积更小且光功率密度更高(约  $60000\text{W}/\text{mm}^2$ )。另外 EEL 慢轴发散角较小，约为 10 度(快

轴发散角与 VCSEL 相近，约为 20 度以上)。但 EEL 激光器因为其发光面位于半导体晶圆的侧面，使用过程中需要进行切割、翻转、镀膜、再切割的工艺步骤，往往只能通过单颗一一贴装的方式和电路板整合，极大地依赖产线工人的手工装调技术，生产成本高且一致性难以保障。但在光通信行业应用多年，产业链成熟，成本低。

**VCSEL:** 光路与器件垂直，其所形成的激光器阵列易于与平面化的电路芯片键合，贴装自由度高，易于实现大规模阵列及光电集成；激光波长温度依赖性低，波长温漂系数约为  $0.07\text{nm}/^\circ\text{C}$ 。但在同等出光功率条件下，VCSEL 发光面积更大且光功率密度较 EEL 低，导致只在探测距离要求近的应用领域有相应的激光雷达产品（通常  $<50\text{m}$ ）。过去 VCSEL 的功率密度通常只能达到几百  $\text{W}/\text{mm}^2$ 。近年来国内外多家 VCSEL 激光器公司纷纷开发了多层结 VCSEL 激光器，将其发光功率密度提升了数倍。长光华芯在发布的投资者活动记录中表示，公司的 VCSEL 芯片功率密度已经达到了 1200 瓦每平方毫米。随着 VCSEL 功率密度的不断提升，未来应用比例将会大大提高。

**光纤激光器:** 通常光纤激光器使用 1550nm 波长激光，该技术在通信领域相对比较成熟，寿命较长，而且激光波束好，发散性弱、光斑小，在 100 米外光斑直径仅为其他光源的四分之一。但光纤激光器技术相对更复杂，在光源及探测器成本、雷达体积以及供应链成熟度上还有明显的不足。并且由于功耗相对较高，所以对于激光雷达的散热性同样是一个考验。

表4: 不同光源激光器对比

	EEL	VCSEL	光纤激光器
优点	发光面积更小且光功率密度更高；慢轴发散角较小，约为 10 度	表面发射，贴装自由度高，易于 SMD 封装，易于实现大规模阵列及光电集成；激光波长温度依赖性低	功率大，波束好，寿命长，更适合做 1550nm
缺点	SMD 封装困难，阵列上不是最好的选择；激光波长温度依赖性高，波长温漂系数约为 $0.28\text{nm}/^\circ\text{C}$	同等出光功率条件下，发光面积更大且光功率密度较 EEL 低	成本高，散热性差
主要参与	艾迈斯欧司朗、中国电科第十三研究所、瑞波光电、罗姆 (ROHM)	LUMENTUM、艾迈斯欧司朗、老鹰半导体、长光华芯、新亮光子等	Luminar、镭神智能等
未来趋势	随着 VCSEL 功率密度提升、光纤激光器成本下降，未来两者市场份额将会大幅提升		

资料来源：镭神智能，公开资料整理，浙商证券研究所

#### ► 短期内 1550nm 与 905nm 互补共存，长期来看 1550nm 的应用比例会提升

由于要避免可见光对人眼的伤害，激光雷达选用的激光波长有两种选择，一个是 1000nm 以内的，典型值是 905nm，还有一种是 1000 到 2000 纳米之间的，典型值是 1550nm。目前 905nm 是主流波长，相比而言 1550nm 波长具备穿透能力强、人眼安全等优点，但同时也有价格昂贵、雨雪天效果差等缺点，因此我们认为车载激光雷达这两个波段对于车载传感器来说，短期内是一个互补共存的状态，长期来看随着 1550nm 技术的不断迭代和成本下降，1550nm 的应用比例会持续上升。

表5: 不同波长激光对比

性能指标	最优波长	原因
技术成本	905nm	905nm 波长可以用硅做接收器, 成本低且产品成熟。而 1550nm 波段硅无法探测, 需要用 Ge 或者 InGaAs 探测器, 另外 1550 nm 激光雷达一般采用光纤激光器作为光源, 技术相对更复杂, 在光源及探测器成本、雷达体积以及供应链成熟度上还有明显的不足。并且由于功耗相对较高, 所以对于激光雷达的散热性同样是一个考验。
人眼安全和探测距离	1550nm	在同等功率下, 1550nm 的人眼安全性提升可达 40 倍, 可以允许输出更高功率, 实现更远探测距离。
光束质量/大气穿透能力	1550nm	1550nm 波长激光抗干扰能力强、光束准直度更好、光源亮度高, 这几个优点也让激光的发射和接收更高效, 可以实现更精细的物体识别。同时 1550nm 波长激光发散性弱、光斑
雨雪天气	905nm	由于雨水可以吸收 1550nm 波长光束, 在雨雪天气下 1550nm 的穿透能力相对 905nm 较弱

资料来源: 镭神智能, 浙商证券研究所

近几年积极布局 1550nm 光源的企业有图通达、Luminar 和镭神智能等。2022 年国内开始有采用 1550nm 波长光源的激光雷达开始交付。从下表可以看出, 目前采用 1550nm 波长光源的主要为图通达猎鹰激光雷达, 2022 年 Q1 开始给蔚来 ET7 交付; 一径科技 ML-XS, 应用于赢彻科技干线物流车上, 预计 2022 年-2023 年才交付; 镭神智能自研光纤激光器, 也发布了 LS 系列 1550nm 半固态激光雷达产品。

表6: 布局 1550nm 光源的部分厂商及产品情况

厂商	产品	类型	探测距离		光源波长		1550nm 光源布局
			(m@10%)	(nm)	交付时间		
速腾聚创	RS-LiDAR-M1	MEMS	150	905	2021H1		-
一径科技	ML-XS	MEMS	200	1550	2022-23 年		采用外部光源
禾赛科技	AT128	转镜	200	905	2022 年		自研光纤激光器
镭神智能	LS128S1	转镜	250	1550	2022 年		自研光纤激光器
图通达	猎鹰	MEMS	250	1550	2022Q1		采用外部光源
昂纳科技	Dolphin	转镜	250	1550	2022 年		光通信厂商, 自研自产, 外供光源
华为	96 线	转镜	150	905	2022 年		-

资料来源: 滴水石开订阅号, 公开资料整理, 浙商证券研究所

## 2.2 扫描方式: 中短期内半固态仍是主流, 转镜方案或更适合车规落地

根据扫描方式不同, 激光雷达可以分为: 机械式、半固态和固态。最早期的机械式激光雷达由于成本高, 体积大, 难以满足车规要求。当前主流的扫描方式是半固态的 MEMS 和转镜方案, 固态方案由于技术成熟度低, 还处于探索开发阶段。

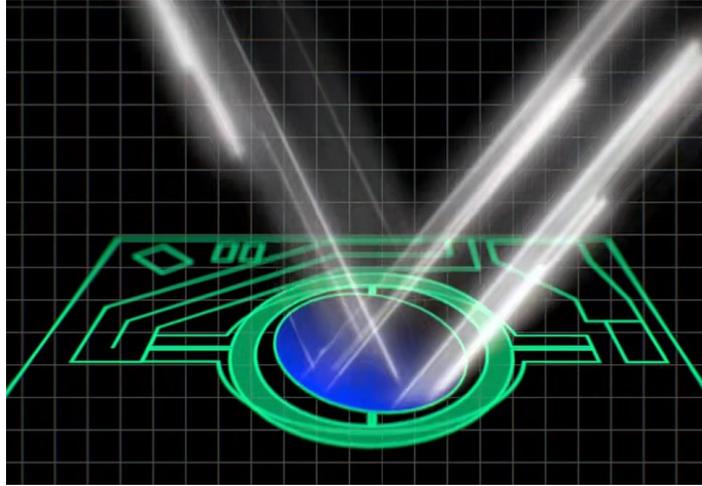
### 2.2.1 半固态激光雷达: 转镜方案更容易满足自动驾驶车规要求

#### MEMS 方案体积小, 成本低, 满足车规要求仍存在一定技术难题

MEMS 方案采用高速振动的二维振镜实现对空间一定范围的扫描测量, 核心在于在硅基芯片上集成体积十分精巧的微振镜。其核心结构是尺寸很小的悬臂梁, 反射镜悬浮在前

后左右各一对扭杆之间以一定谐波频率振荡（X轴和Y轴上的移动），只需一束激光就可以通过微振镜不同角度的反射来让激光束发射到不同方向，从而实现扫描探测。

图11: MEMS 微振镜效果图



资料来源：品驾，浙商证券研究所

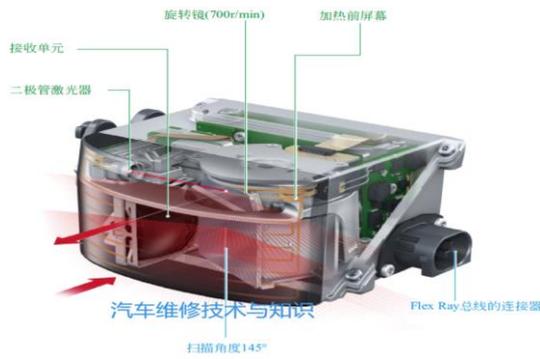
MEMS 可芯片化、无机械组件，毫米级尺寸的微振镜大大减小了产品体积，同时减少了激光收发单元的数量，有效降低成本。但以下几个问题导致 MEMS 难以满足车规要求：

- 1) **镜面直径越来越大，悬臂梁结构难以支撑：**成熟工艺的硅基 MEMS 镜面直径仅 1mm 左右，其质量非常轻，可靠性通常没有问题。但是，镜面尺寸与雷达测距能力攸关，采用同轴方案的硅基 MEMS 镜面直径一般至少要 5mm，面对过大尺寸的镜面，硅基 MEMS 的悬臂梁结构实际非常脆弱，要满足车用 5 万小时的寿命，悬臂梁快轴要来回扭动约 2700 亿次，因快轴超高频的扭转和大幅变形以致材质疲劳度过大而断裂的现象，很容易在数小时内发生。
- 2) **车规温度很难达到：**硅基 MEMS 对温度极为敏感，车规要求的工作环境为 -40℃ ~85℃，硅基 MEMS 微振镜在雷达的密闭机壳里面，85℃ 的环境温度下雷达里面温度至少上升 20℃，所以硅基 MEMS 微振镜的耐热温度至少要做到 105℃，对于当前工艺而言这是个很大的挑战。
- 3) **发射器寿命较短：**硅基 MEMS 微振镜可以实现激光雷达线束的快速扫描，其等效线束能够轻易突破一百线甚至是两百线，因此硅基 MEMS 激光雷达需要的激光发射器数量往往比机械式或混合固态激光雷达要少很多。但是激光发射器数量少致占比高，会使雷达寿命减少。

➤ **转镜方案更容易满足车规要求**

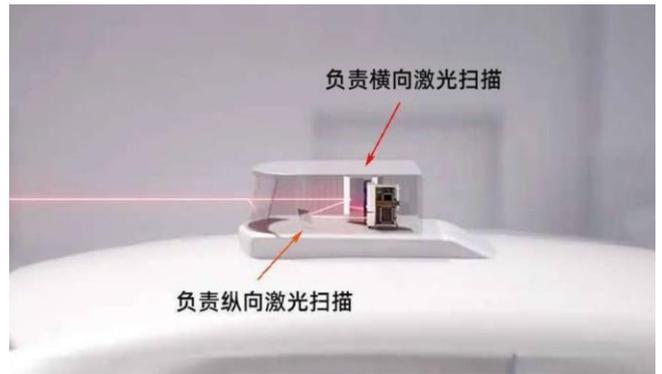
转镜方案中收发模块保持不动，电机在带动转镜运动的过程中将 光束反射至空间的一定范围，从而实现扫描探测。在转镜方案中，存在一面扫描镜（一维转镜）、两面扫描镜（一纵一横，二维转镜）及多面镜等多种细分技术路线。

图12: 一维转镜方案示意图



资料来源: 法雷奥, 汽车维修技术网, 浙商证券研究所

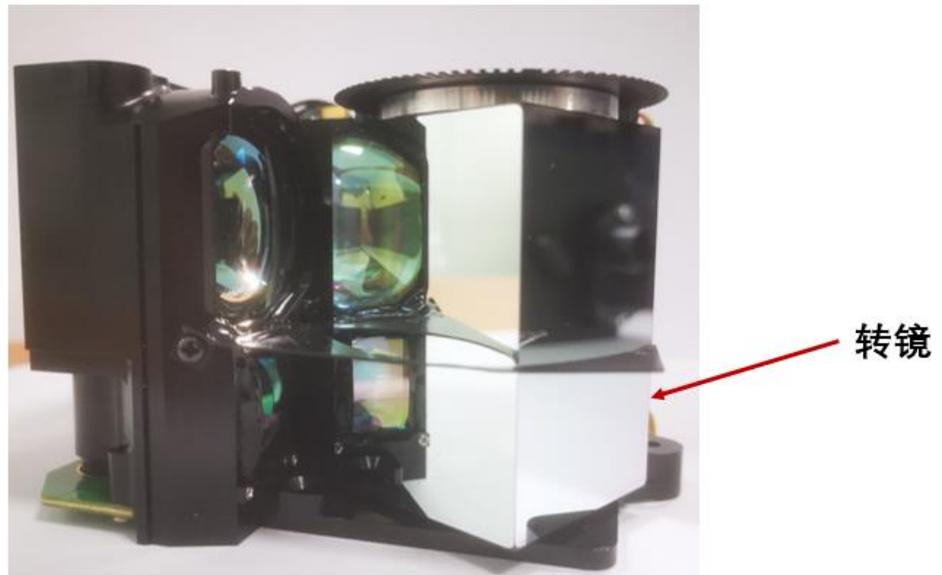
图13: 二维转镜方案示意图



资料来源: 汽车之家, 浙商证券研究所

**转镜方案更易满足车规要求。**转镜方案的收发模块固定, 虽有机电模块但较小, 可在降低成本的同时减小产品体积, 系统运行更稳定, 寿命更长, 更容易符合自动驾驶车规要求。但其技术难点在于电机、光学系统控制机制和转轴精度等, 存在视场角受限, 内部的机械结构在长期运行后稳定性、准确性依然会受到影响问题。通常在转镜激光雷达方案中, 转镜/透镜及光学系统的成本占主雷达成本 7%左右, 转镜单价在 5-15 美元之间。

图14: 转镜激光雷达



资料来源: 镭神智能, 浙商证券研究所

**主流量产激光雷达基于转镜方案。**2017年, 全球首款量产的 L3 级别自动驾驶乘用车奥迪 A8 已搭载法雷奥的 SCALA, 据法雷奥披露, 其基于转镜方案的激光雷达已经量产超过 17 万套, 稳居市场第一。禾赛科技的 AT128 获理想、高合等车企定点, 将于 2022 年大批量交付。镭神智能目前已获东风悦享(无人驾驶接驳小巴)前装定点。华为也在积极布局激光雷达产品, 其自研主推的产品也是基于转镜方案。

表7: 转镜方案激光雷达厂商与产品情况

方案	厂商	产品	探测距离 (m@10%)	搭载车型
转镜	法雷奥	SCALA	150	奔驰新 S 级、奥迪 A8、本田、Stellantis 等
	禾赛科技	AT128	200	理想 L9、高合 HiPhi Z
	镭神智能	CH128X1/LS 系列	200	东风悦享等
	华为	96 线	--	阿尔法 S Hi 版、阿维塔 11、机甲龙、哪吒 S

资料来源: 各公司官网, 公开资料整理, 浙商证券研究所

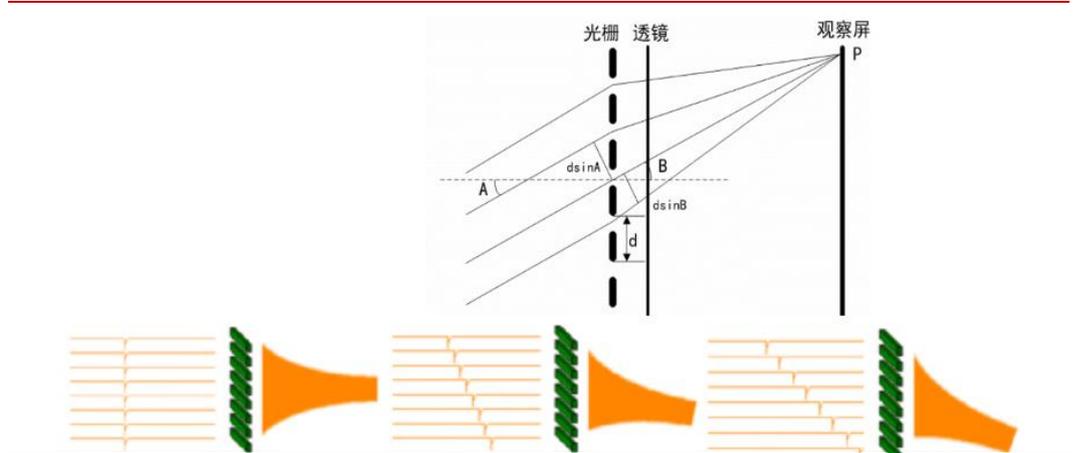
2.2.2 固态激光雷达: 长期看好, 短期内技术和生产问题难以解决

目前主流在研的固态激光雷达有相控阵 (OPA) 激光雷达和 Flash 激光雷达。

➤ OPA 激光雷达: 依赖硅光技术, 距离商用还比较远

光相控阵雷达原理: 主要利用光的干涉, 通过改变不同缝中入射光线的相位差即可改变光栅衍射后中央明纹 (主瓣) 的位置, 如下图所示。

图15: 相控阵雷达原理示意图



资料来源: 汽车 ECU 开发订阅号, 浙商证券研究所

OPA 激光雷达具有在成本、量产性、可靠性、可集成性方面的巨大潜力, 但是同时还存在扫描角度有限、旁瓣、加工难度大等其他技术问题。而且 OPA 技术将原本的产业链打破而转为硅光芯片设计/加工的模式, 具有很高的技术门槛。总结而言, OPA 激光雷达目前距离商用还比较远, 技术成熟度低, 开发仍存在一定不确定性。

表8: OPA 激光雷达特点

相控阵的优点	缺点	主要要求
结构简单: 可以大大压缩雷达的结构和尺寸, 并降低成本, 产品一致性好	扫描角度有限: 调节相位最多只能让中央明纹改变约 $\pm 60^\circ$	硅光芯片技术
标定简单: 可以通过软件进行调节	旁瓣: 光栅衍射除了中央明纹外还会形成旁瓣, 分散激光的能量	
扫描速度快: 一般都可以达到 MHz 量级, 扫描精度高	加工难: 阵列单元的尺寸必须不大于 500nm, 而且阵列密度越高, 能量也越集中, 加工难度更大	

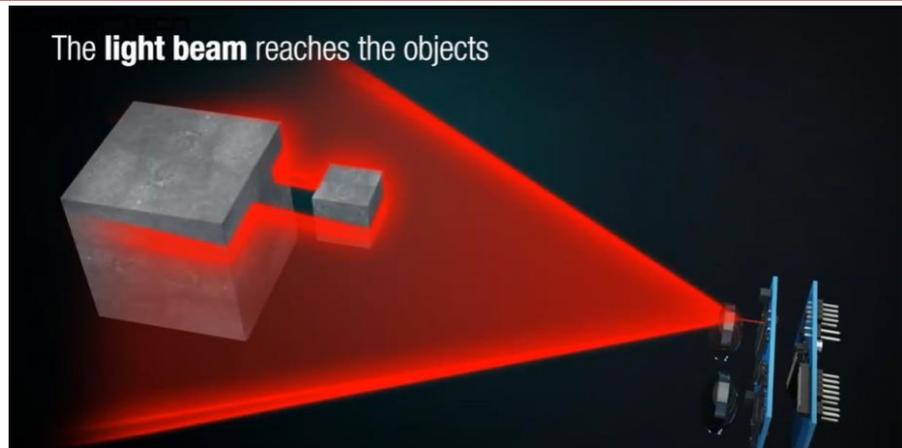
资料来源: 汽车 ECU 开发、广东省激光协会订阅号, 浙商证券研究所

第一家 OPA 激光雷达公司是 Quanergy，这家 2012 年创立于硅谷的初创公司估值高达 20 亿美元。此外，OPA 技术的发明人，前 MIT 的教授 Michael Watt 也创立了 Analog Photonics 公司，也在开发布局 OPA 激光雷达产品。

➤ **Flash 激光雷达：探测距离短，产业链不成熟**

Flash 的原理类似 TOF 相机，在短时间直接发射出一大片覆盖探测区域的激光，再以高度灵敏的接收器，来完成对环境周围图像的绘制，如下图所示。

图16: Flash 激光雷达原理



资料来源: LeddarTech 官网, 浙商证券研究所

Flash 激光雷达具有集成度高、量产成本低、易于满足车规要求等优势，但同时又存在功率密度较低、FoV (扫描角度)-探测距离-探测精度三者难以兼顾、产业链发展不成熟等问题，短期之内难以商业落地。

表9: Flash 激光雷达特点

Flash 的优点	缺点	主要要求
集成度高、量产成本低	发射端和接收端上游元器件不够成熟	VCSEL+SPAD/SiPM
加工简单容易满足车规要求	探测距离短，难以满足自动驾驶要求	
扫描频率高，其帧率与脉冲频率有关	探测精度不够	

资料来源: 广东省激光协会订阅号, 浙商证券研究所

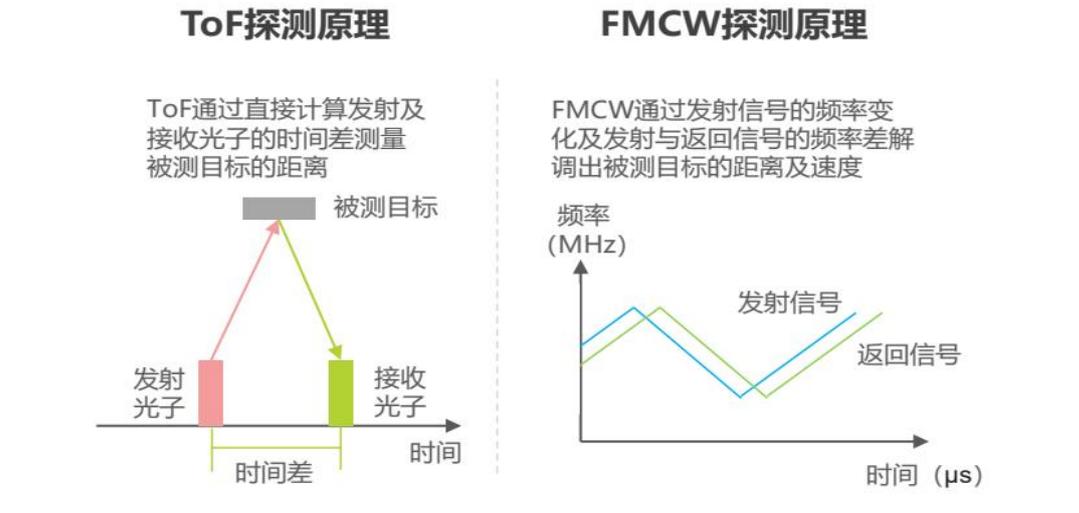
目前推出 Flash 激光雷达的主要是大陆集团、Ibeo、Ouster 三家公司，其他参与者还要 Argo、LeddarTech、TriLumina 和国内的速腾、华为、禾赛等。

**2.3 测距方式：ToF 成熟度高，FMCW 仍需解决调频机制及商用成本等难题**

激光雷达的物体探测方式主要分为飞行时间 (ToF) 及调频连续波 (FMCW) 两种方式，其中 ToF 的主要优点是技术成熟度高，直接根据光源发射及返回的时间差通过光速测量距离，在制造工艺上，除激光器外的主要部件均可采用硅基 CMOS 工艺，成本可快速下降。

与 ToF 路线不同，FMCW 主要通过发送和接收连续激光束，把回光和本地光做干涉，并利用混频探测技术来测量发送和接收的频率差异，通过分析中频信号，可以得到目标物体的距离、速度和角度等信息。

图17: ToF 与 FMCW 探测原理



资料来源: 艾瑞咨询, 浙商证券研究所

中长期 ToF 方案主导, FMCW 仍需解决调频机制及商用成本等问题。目前 FMCW 主要面临调频机制未解决的问题, 内调制方式的难点在于高调谐速率和窄线宽是一对无法同时满足的指标。另外 FMCW 需要的特殊器件, 无论是调频方式还是调相方式都需要使用窄线宽激光器, 线宽 100KHz 左右, 这类激光器价格较普通激光器高很多。同时 FMCW 雷达的光路需要使用保偏光纤和保偏的光器件 (隔离器、合束器、分束器等), 这类器件成本也较普通单模光纤、光器件要高。鉴于 FMCW 激光雷达高度依赖于硅光的产业链, 因此, FCMW 激光雷达公司的成长节奏也在很大程度上受制于硅光产业链的成熟度。

表10: FMCW 激光雷达特点

FMCW 优势	FMCW 劣势	FMCW 玩家
TOF 的光波容易受环境光干扰, 而 FMCW 的抗干扰能力很强	FMCW 依赖硅光技术, 相比于半导体技术, 硅光还需要很长时间才能真正成熟起来。	1. 聚焦于 FCMW 路线的公司, 如 Aeva、Mobileye、Blackmore、LightIC、Strobe、Analog Photonics、Baraja、Scantinel Photonics、Bridger Photonics、Insight LiDAR、SiLC、OURS、光勺科技、光珀、洛微、微源光子等;  2. Waymo、禾赛、华为等现阶段以 ToF 路线为主的公司
TOF 的信噪比过低, 而 FMCW 的信噪比很高	但在短期内, FMCW 的成本反而更高。导致成本居高不下的, 不仅有 1550 纳米激光器, 还有接收器、光学元器件、电子元器件等	
TOF 的速度维数据质量低, 而 FMCW 可获取每个像素点的速度维数据	FMCW 激光雷达对系统集成、信号处理算法方面要求严格	

资料来源: 九章智驾, 浙商证券研究所

## 2.4 接收探测器: APD 是当前主流, 未来 SPAD/SiPM 占比上升

激光雷达探测器主要分为: 雪崩二极管 APD、硅光电倍增管 SiPM/MPPC、单光子雪崩二极管 SPAD 三种。整个接收探测系统占雷达成本约 20%, 其中探测器成本约占 60-70%。

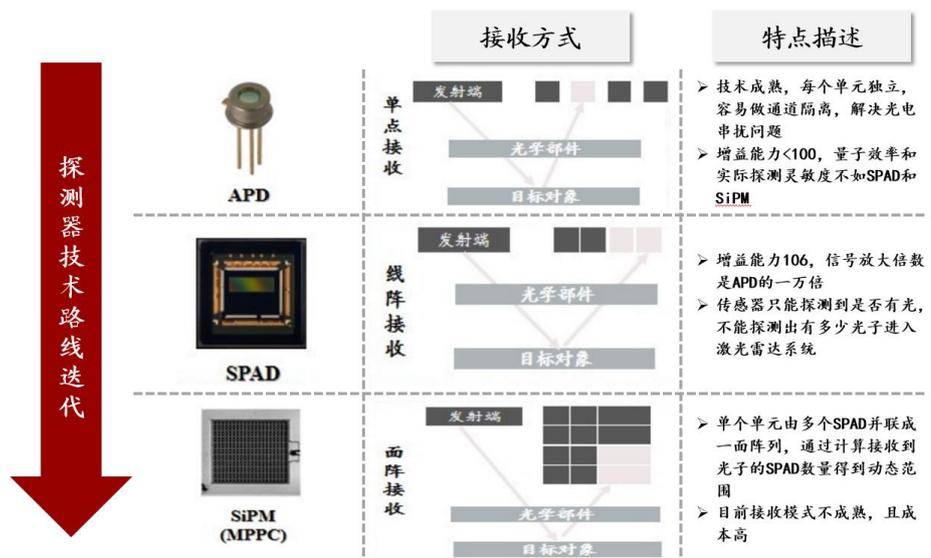
图18: 激光雷达探测器结构图



资料来源: 镭神智能, 浙商证券研究所

目前 APD 是主流, 未来 SPAD/SiPM 替代 APD 是趋势。APD 的优势在于技术成熟, 成本低, 但是在增益能力方面存在明显劣势。SPAD 的增益能力强, 信号放大倍数是 APD 的一万倍, 目前已经逐渐被主流厂家采用, 如 Ouster 采用 VCSEL+SPAD, 禾赛科技采用 VCSEL+SiPM 等。但 SPAD 和 SiPM 的技术应用仍不成熟, 还存在串扰带来的噪声、光子探测效率等问题。

图19: 激光雷达探测器技术路线迭代



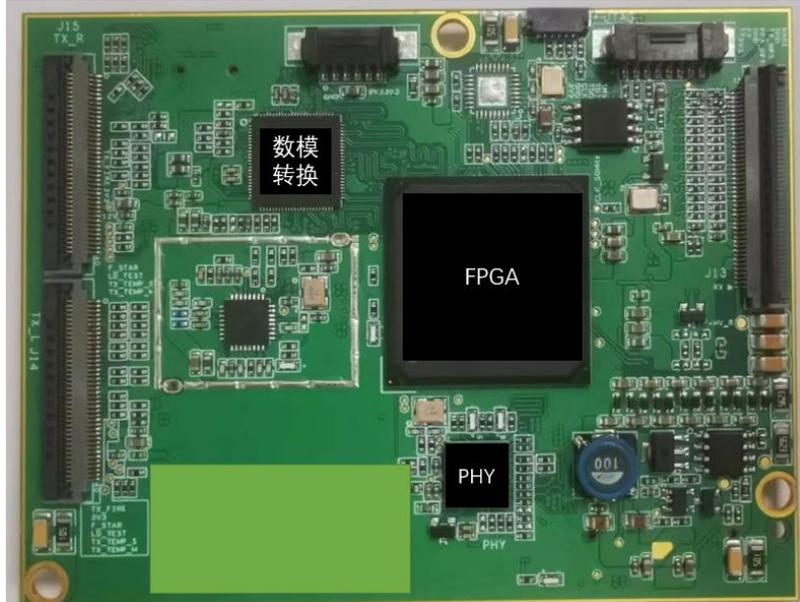
资料来源: 头豹研究院, 浙商证券研究所

探测器件供应商仍以外资为主, 国产替代有望加速。无论是 APD 还是 SPAD/SiPM, 国外厂商均占据主导地位, 代表公司有日本的滨松和美国的安森美, 这些公司产品品类全, 产品成熟度高, 对下游议价能力较强。国内供应商主要有芯视界和灵明光子等。

## 2.5 主控板：外资主导，核心芯片国产化率低

主控板是激光雷达运算处理的核心，其成本可以占到整个激光雷达的 35%，是激光雷达最核心的组成。主控板上主要包括处理芯片（通常是 FPGA）、数模转换芯片、PHY 芯片、CAN 收发器、电源管理等等，这些芯片的价格在 5-30 美元之间。

图20： 激光雷达主控板结构图



资料来源：镭神智能，浙商证券研究所

目前主控板上芯片主要被外资把控，在处理芯片方面，赛灵思的 FPGA 在激光雷达市场上具有统治地位，其他主要供应商仍为外资巨头如英特尔、莱迪思和瑞萨等，国内 FPGA 仍处于起步阶段，供应商主要有安路科技、紫光国微等。在模拟芯片方面，与 FPGA 类似，国外供应商如德州仪器、亚德诺半导体等巨头拥有强大的技术和经验优势，占据市场主导。国内供应商有矽力杰、圣邦微电子等，但是在车载产品上与主流产品差距较大。

表11： 主控板芯片主要参与者

器件	国外	国内
FPGA 芯片	赛灵思、英特尔、莱迪思	安路科技、紫光国微
数模转换芯片	德州仪器、亚德诺	矽力杰、圣邦微电子
CAN 收发器	博通、NXP	-

资料来源：公开资料整理，浙商证券研究所

## 3 激光雷达整机：竞争格局未定，市场空间广阔，量产等因素带来成本持续下降

### 3.1 竞争格局及市场：国内厂商成长迅速，市场格局不确定性较强，2025 年百亿美金市场空间

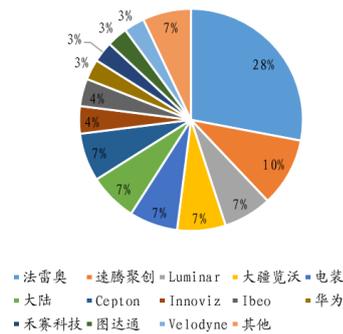
#### ➤ 新老玩家众多，市场格局未定

当前市场格局未定，参与者多样化。激光雷达行业仍处于早期爬坡阶段，整体市场格局未定。赛道参与者多样化，不仅有专注于激光雷达的高科技初创公司，如速腾聚创、禾赛科

技、镭神智能等；也有在消费电子领域积累了大量技术经验、资金雄厚且供应链整合能力强的科技巨头，如华为、大疆等；还有传统的汽车行业 Tier 1，如法雷奥、大陆、电装等。众多的参与者加剧了竞争格局的不确定性。

**量产交付助推梯队划分，赛道将加速洗牌。**根据 Yole 的统计，2021 年全球车载激光雷达市场中，法雷奥以 28% 的市占率稳居第一，国内企业速腾聚创、大疆览沃、华为、禾赛科技、图达通分别以 10%、7%、3%、3%、3% 份额占得一席之地。随着今明年前装定点逐渐量产交付，预计激光雷达赛道将加速洗牌，进一步助推梯队划分。未来，市场份额将向技术能力强，能提供符合车规级产品的头部企业靠拢。

图21: 2021 年全球车载激光雷达市场份额



资料来源: Yole, 浙商证券研究所

以 Luminar、法雷奥为代表的国外激光雷达厂商具有先发优势，技术较为成熟，合作的 OEM 大多为老牌国际车企；国内厂商起步稍晚，早期研发制造的激光雷达多用于地形测绘等领域，随着智能网络汽车的快速发展，各大厂商加入激光雷达赛道竞争，加大研发投入并逐渐完成技术追赶，目前定点及量产订单多为国内造车新势力。

表12: 不同激光雷达厂商采用的技术路线不同

厂商	产品	类型	光源 (nm)	视场角	角分辨率	探测距离	搭载车型	
国外	Luminar	Iris	MEMS	1550	120° x 26°	0.05° x 0.05°	250	极星 3、非凡 R7、上汽 R ES33
	法雷奥	SCALA	转镜	905	133° x 10°	0.25° x 0.6°	150	本田 Legend、奔驰新 S 级、奥迪 A8
	Ibeo	NEXT	Flash	905	60° x 30°	0.09° x 0.07°	140	长城 WEY 摩卡
	Innoviz	One	MEMS	905	115° x 25°	0.1° x 0.1°	-	宝马 7 系
	速腾聚创	RS-LiDAR-M1	MEMS	905	120° x 25°	0.2° x 0.2°	150	广汽 AION LX Plus、小鹏 G9、威马 M7、智己 L7
	禾赛科技	AT128	转镜	905	120° x 25.4°	0.1° x 0.2°	200	理想 L9、高合 HiPhi Z、集度汽车
国内	镭神智能	CH128X1/LS 系列	转镜	905/1550	120° x 25°	0.09° x 0.1°	200	东风悦享
	大疆览沃	HAP	棱镜	905	120° x 25°	0.18° x 0.23°	150	小鹏 P5、一汽解放 J7
	华为	96 线中 长距	转镜	905	120° x 25°	0.25° x 0.26°	150	阿维塔 11、哪吒 S、沙龙机甲龙
	图达通	猎鹰 Falcon	MEMS	1550	120° x 25°	0.05° x 0.05°	250	蔚来 ET7

资料来源: 艾瑞咨询, 公开资料整理, 浙商证券研究所

➤ 2025 年全球激光雷达市场达 135.4 亿元，复合增速高达 64.5%

早期机械式激光雷达难以应用于乘用车上，半固态激光雷达仍处于车规验证中，因此上车进展缓慢。进入 2022 年，半固态激光雷达的成熟使其在乘用车市场逐渐爆发，随着主机厂对激光雷达功能开发的深入以及激光雷达成本的降低，激光雷达搭载车型数量将在短时间内保持较高增速；而 Robotaxi 也在政府及下游企业的共同推动下持续开城，测试及运营车队数量将保持稳定增长。

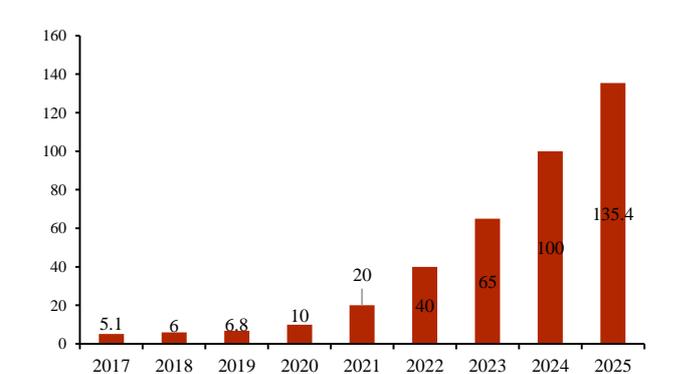
根据艾瑞咨询的预测，我国车载激光雷达市场有望自 2021 年 4.6 亿元增长至 2025 年 54.7 亿元，复合增速高达 85.8%。根据 Yole 的预测，至 2026 年全球高级辅助驾驶系统/无人驾驶汽车板块的市场规模分别达到 23 亿美元、5.75 亿美元，2021-2026 年的复合增速为 94%/32%。根据沙利文研究的统计预测，激光雷达在高级自动驾驶渗透率增加，以及智能交通建设等领域需求的推动，到 2025 年激光雷达全球市场规模为 135.4 亿美元，较 2019 年可实现年均 64.5%的复合增长率。

图22: 2021-2025 年中国车载激光雷达市场规模 (亿元)



资料来源: 艾瑞咨询, 浙商证券研究所

图23: 全球激光雷达市场规模预测 (亿美元)



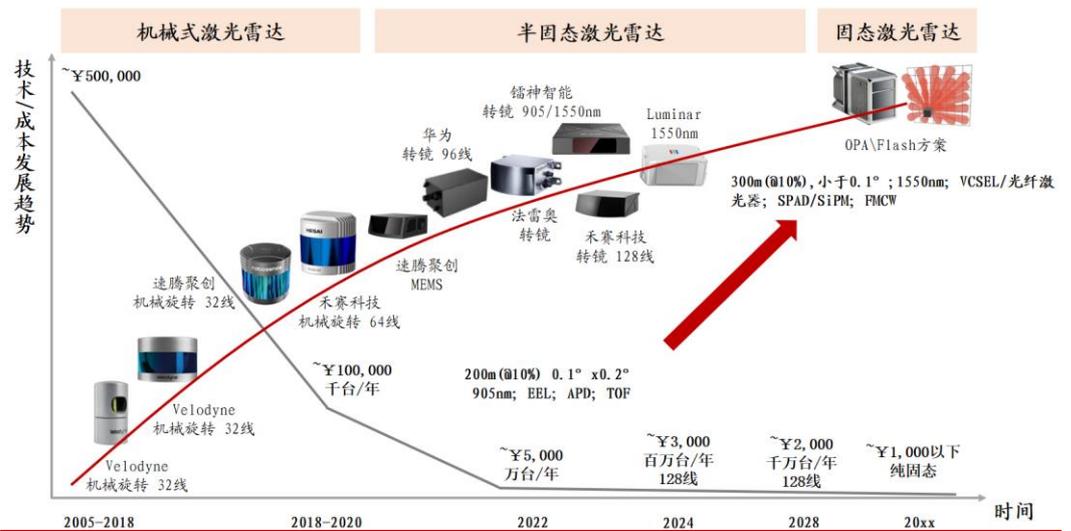
资料来源: 沙利文研究, 华经产业研究院, 浙商证券研究所

3.2 激光雷达演进方向: 产品性能向看得更远、看得更清、寿命更长演进, 量产等因素带来成本持续下降

➤ 产品技术演进方向: 看得更远、看得更清、寿命更长

激光雷达始终沿着看得更远、看得更清、寿命更长等方向持续演进。从过去的机械式, 到当前主流的半固态扫描, 未来纯固态会逐渐占据主导。为了更好地支撑高级自动驾驶, 雷达探测距离也会从当前的约 200m, 分辨率 0.1-0.2°, 向 300m 以上, 0.1° 以下分辨率演进。相应的激光光源和接受探测器也会持续升级, FMCW、1550nm 波长、VCSEL 和光纤激光器、SPAD/SiPM 的应用比例会大幅上升。

图24： 激光雷达技术/成本发展趋势



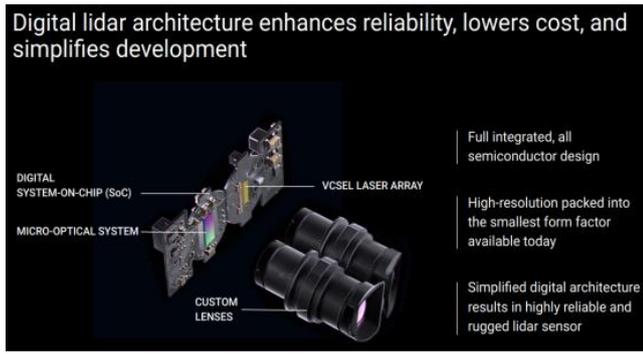
资料来源：镭神智能，公开资料整理，浙商证券研究所

➤ 量产、国产替代、关键器件自研、芯片化集成等因素推动激光雷达成本向千元以下演进

未来推动激光雷达成本下降的主要因素有以下几点：

- 1) **大规模量产摊薄生产制造成本**：智能驾驶推动激光雷达需求提升，车载激光雷达产量有望从万台倍增至百万台量级，量产将带来较大的成本下降空间；
- 2) **自研关键器件**：由于激光雷达产业链成熟度低，很多器件如芯片甚至外壳的规格都没有做到统一，外购成本较大。根据禾赛科技招股书，禾赛自研的发射端驱动芯片和接收端模拟前端芯片已批量生产，有望实现对TI等芯片的替代。镭神智能也通过自研光纤激光器、激光驱动芯片等降低采购成本。
- 3) **产业链国产替代**：如上文所述，无论是激光器、接收元器件还是主控芯片等，核心技术主要掌握在外资巨头手里。随着中国激光雷达市场的快速发展，国产上游元器件厂商迎来较大的国产替代机会，我们也看到了很多积极的进展，比如长光华芯的VCSEL芯片，永新光学的光学元器件等已经在激光雷达上搭载使用。
- 4) **芯片化发展助力成本下降**：激光雷达内部有数百个分立器件，物料成本及光学装调的成本较高。芯片化的激光雷达可将数百个分立器件集成于一颗芯片，有效缩小产品尺寸，是降低成本，推动量产的重要方向。例如，Ouster所有的数字激光雷达均具有相同的核心架构，该架构包括了两块芯片和一个微光学系统，取代了传统模拟激光雷达内部成百上千个分立元件，提升了可靠性，降低了价格（ES2量产价格为600美元）。Aeva，于2022年2月推出第二代FMCW芯片激光雷达Aeries II，采用LiDAR-on-Chip技术：将所有关键组件（包括发射器、接收器和光学器件）整合到单个紧凑模块中的硅光子上(无光纤设计)，实现可靠、可扩展的生产，尺寸仅为上一代四分之一，预计2023年量产。

图25: Ouster 所有数字激光雷达均具有相同的核心架构



资料来源: Ouster, 浙商证券研究所

图26: Aeva LiDAR-on-Chip 技术



资料来源: Aeva, 浙商证券研究所

## 4 投资建议

### 4.1 投资标的

综上所述,中长期我们看好半固态转镜方案的发展,并认为 VCSEL/光纤激光器以及 SPAD/SiPM 的应用比例会逐渐上升。因此我们建议重点关注:

**转镜/透镜:** 永新光学、舜宇光学科技;

**激光器:** 长光华芯、炬光科技、德明利;

**激光雷达整机(非上市公司):** 镭神智能、禾赛科技

表13: 激光雷达产业链相关公司估值表

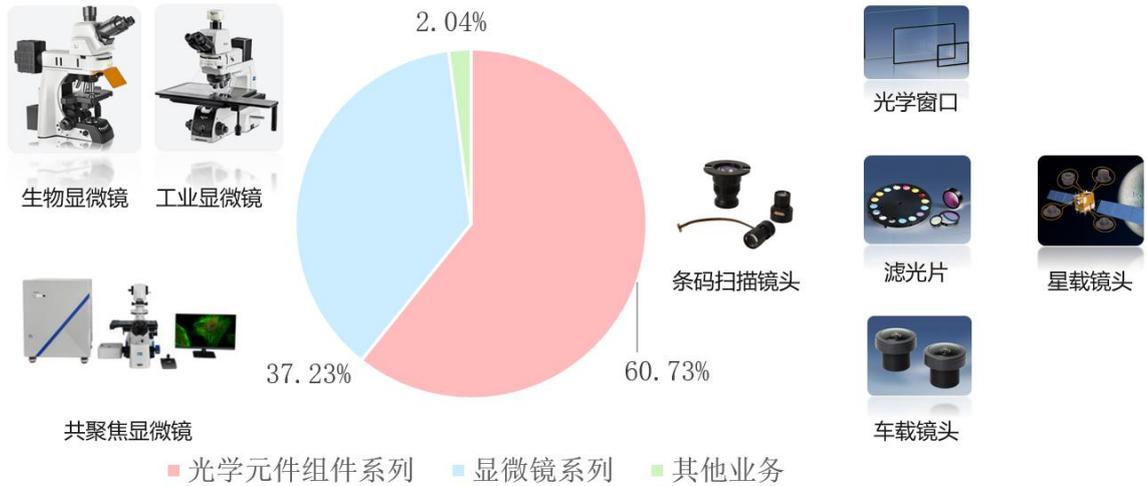
证券名称	股票代码	日期: 2022/8/10		EPS				PB			
		股价(元)	总市值(亿元)	2021A	2022E	2023E	2024E	2021A	2022E	2023E	2024E
永新光学	603297.SH	118	130	2.4	2.4	3.2	4.3	50	49	36	28
舜宇光学科技	2382.HK	111	1,221	4.6	3.7	4.7	5.7	24	30	24	19
长光华芯	688048.SH	145	197	1.1	1.4	2.2	3.1	128	102	67	46
炬光科技	688167.SH	165	148	0.8	1.4	2.2	3.1	220	122	75	53
德明利	001309.SZ	72	58	1.6	-	-	-	44	-	-	-

资料来源: Wind, 浙商证券研究所(舜宇光学科技 EPS 为浙商证券研究所预测,其他公司 EPS 均为 Wind 一致预期)

### 4.2 永新光学: 依托光学领域深厚积淀, 在细分环节树立稳定壁垒

永新光学是激光雷达转镜、棱镜、视窗等核心光学元件的主要供应商,针对各类技术方案均有布局。从行业属性、环节属性、公司属性三个层面,我们认为永新光学在激光雷达光学元件这一细分赛道中,具备相对稳定的竞争壁垒。

图27: 2021年永新光学主要产品及业务结构



资料来源: Wind, 公司官网, 浙商证券研究所

- 行业属性上，车企的长认证周期和较稳定的供应关系决定了激光雷达的零部件选择相对固化，公司率先入局具备先发优势

依托自身在光学器件市场多年的技术积淀，公司率先切入激光雷达光学元件市场。公司先后与 Quanergy、禾赛科技、Innoviz、麦格纳、图达通、北醒光子等激光雷达领域的国内外知名企业建立合作，2021年获得定点合作项目超10家、激光雷达业务收入超千万元。

- 环节属性上，光学元件在激光雷达产业中“高技术难度+低价值占比+多产品分布”的环节特点决定公司在竞争中存有天然壁垒，具备独特的产业链价值

一是激光雷达光学元件的技术壁垒高，追赶者缺乏能力。激光雷达中的光学元件要在承担激光高能量扫射的同时，精准完成光路的接收和传递，对制造工艺有着极高要求。

二是激光雷达光学元件价值量相对低，追赶者缺乏动力。激光雷达目前的主要成本集中在激光器和芯片，光学元件价值量占比大约在20%左右。掌握芯片和激光器的自研技术才是降本增效的关键。

三是激光雷达光学元件产品分布多元，追赶者缺乏精力。激光雷达中所搭载的光学元件涵盖MEMS振镜、反射镜、透镜、棱镜/转镜、滤光片、视窗、防护罩等多类部件，具备多品类布局的企业相对更占优势。

- 公司属性上，公司目前具备的能力和行业属性所提出的要求高度契合，有望继续在光学元件这一细分环节提升优势

镀膜是制造激光雷达光学元件的核心技术，能起到减少杂散光、提高透光率的作用，并令镜片具备反射、偏振、滤光等功能，直接影响镜头的工作稳定性和成像质量。公司早在2011年就掌握了磁控溅射镀膜的技术专利，镀膜层数可达200层，远远超过一般几十层的水平。

2014年，公司引入美国光学精密镀膜领域知名专家、国家千人计划创新人才张克奇博士，设立镀膜技术中心，在高陡度、深截止滤光片镀膜技术、硬质镀膜技术、防水镀膜技术等方面储备充分，令光学元件具备防磨损、防雨淋、高透光的性能特点，高度适配车载光学元件应用环境的技术要求。

表14: 永新光学镀膜技术积淀充分

技术名称	主要内容
高陡度、深截止滤光片镀膜技术	在高真空环境下,利用低温气相沉积技术溅射成膜,制备出的超硬膜具有极高的硬度(23GPa以上)、优异的抗摩擦磨损性能、极低的摩擦系数和热膨胀系数,同时在薄膜设计中着重降低了膜层的表面剩余反射率,使超硬薄膜在可见光与近红外区域具有优良的光学透过率。 <b>保证半球类透镜镀膜均匀,达到反射率低于 0.25%,平均吸收小于 0.05%。(符合车载镜头要求)</b>
硬质镀膜技术	在高真空环境下,利用低温气相沉积技术溅射成膜,制备出的超硬膜具有极高的硬度(23GPa以上)、优异的抗摩擦磨损性能、极低的摩擦系数和热膨胀系数,同时在薄膜设计中着重降低了膜层的表面剩余反射率,使超硬薄膜在可见光与近红外区域具有优良的光学透过率。 <b>可以使镜头在沙尘等恶劣环境下使用时,防止镜片表面磨损,始终保持高性能像质的要求。(符合车载镜头要求)</b>
泼水(防水)镀膜技术	研发和掌握对有机镀膜药材超高蒸发附着工艺,泼水膜的滴水角能够达到 115 度,膜层质量环境耐受性,高于国内同行水平,达到国际先进水平。 <b>可以使镜头在雨淋情况下,镜片表面不会产生水珠而对成像产生影响。(符合车载镜头要求)</b>

资料来源:公司招股说明书,浙商证券研究所

依托在显微镜等市场的技术复用,公司切入激光雷达市场的边际成本较低,低价值量占比下仍具备布局性价比。镀膜是光学器件间的共用技术,公司以显微镜业务起家,其镀膜技术、研磨技术、高分辨荧光技术、光学与数码成像匹配技术等均和镜头工艺高度相关。公司在显微镜领域中十余年的技术积淀降低了公司向车载光学赛道进行切换的技术成本,实现了业务间技术的高度复用。

图28: 永新光学为嫦娥二号研制的星载镜头



资料来源:公司官网,浙商证券研究所

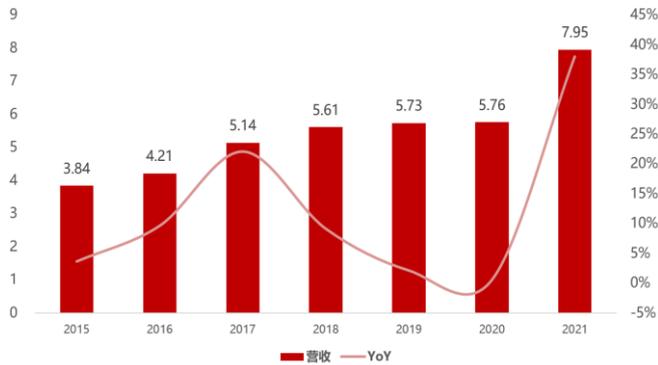
图29: 永新光学与多所高校建立稳定的产学研合作关系



资料来源:公司官网,浙商证券研究所

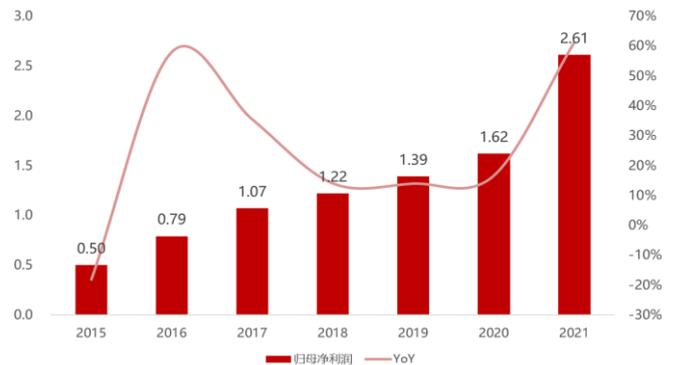
随着新市场切入和业务结构改善,公司营收和归母净利润步入快速提升阶段。2021年,公司实现营业收入7.95亿元,归母净利润2.61亿元,分别同比增长38.02%、61.11%。未来,随着公司在车载和激光雷达领域的继续渗透,以及光学元件环节的稳定壁垒,我们认为公司具备较为广阔的成长空间。

图30: 2015-2021年永新光学营收情况(单位:亿元)



资料来源: Wind, 浙商证券研究所

图31: 2015-2021年永新光学归母净利润情况(单位:亿元)



资料来源: Wind, 浙商证券研究所

### 4.3 镭神智能: 1550nm 光纤激光器实践先行者

镭神智能是国内领先的全场景激光雷达及解决方案供应商,全球第二家成功研发车规混合固态激光雷达并实现规模化量产的公司,获 ASIL D 最高等级认可。公司成立于 2015 年,总部位于深圳,设有深圳和上海研发中心,并在深圳和徐州拥有近 3 万 m<sup>2</sup> 自动化及半自动化生产基地。公司的激光雷达解决方案覆盖九大领域,包括智能驾驶、智慧交通、轨道交通、三维测绘、服务机器人、港口、工业自动化以及安防应用,其中在智能驾驶领域目前已获得东风 L4 无人小巴定点。

图32: 镭神智能 905/1550nm 车规混合固态激光雷达



资料来源: 镭神智能, 浙商证券研究所

图33: 镭神智能 LS 系列 512 线点云图



资料来源: 镭神智能, 浙商证券研究所

**激光雷达产品矩阵齐全。**公司是全球唯一一家同时掌握 ToF、FMCW、相位法以及三角法四种测量原理的激光雷达公司,目前主要产品为 905nm 车规级混合固态激光雷达(128/120/114/80/64/32/16 线),其中 CH32 是国内首个、全球第二个正式通过车规检测的激光雷达。此外,公司今年也发布了 1550nm 光纤激光车规混合固态激光雷达,预计 2022 年 8 月量产面世。未来,公司将通过在半导体封装工艺、核心器件和自动化产线环节的自研来打造产品性价比。

图34: 镭神智能激光雷达产品矩阵齐全

激光雷达分类		预研	研发	样机	量产	产品图片	应用场景	
四种 测量 原理	TOF原理 激光雷达	车规级混合固态 16/32/64/80/120/ 128/160/200线激光雷达 (905nm)			64线大视场 角补盲激光 雷达	128/120/1 14/80/64/ 32/16线激 光雷达		自动驾驶 车路协同
		车规级混合固态激光雷达 (1550nm)			√			轨道交通
		远距离测距激光雷达 (1550nm)			√			低速智能驾驶 智慧交通
		单线/4/8/16/32/64/128 线360°激光雷达		64/ 128线		单线和4/8/ 16/32线		机器人 AGV
		测绘型激光雷达				120°/360° 激光雷达		无人叉车
		FLASH激光雷达		√				三维测绘
		OPA激光雷达	√					智慧安防
	FMCW激光雷达	FMCW激光雷达		√			..	
	相位法激光雷达				√		机器人, AGV	
	三角法激光雷达					√	机器人...	

资料来源: 镭神智能, 浙商证券研究所

**团队技术背景深厚, 研发实力强。**公司现有研发人员 220 余人, 聚集了行业顶尖激光雷达专家、电子专家、激光器专家、软件专家、自动化专家。公司创始人胡小波从业 22 年, 为原国内最大光纤激光器公司创鑫激光的创始人, 团队拥有产品从小规模实验室走向批量规模化生产的经验。目前公司已申请专利 463 项, 其中发明专利 195 件; 授权专利 242 项, 其中发明 39 件; 已获批软件著作权 35 项; 已授权集成电路版图设计 3 项; 并参与制定十余项标准。公司入选广东省 13 个项目入选工业和信息化部新一期人工智能产业创新重点任务揭榜优胜单位, 与华为, 腾讯同列; 2019 年, 由广东省科技厅认定为“广东省激光雷达工程技术研究中心”; 2020 年, 公司荣获国家科学技术进步二等奖。

图35: 镭神智能入选工信部人工智能产业创新揭榜优胜单位



资料来源: 镭神智能, 浙商证券研究所

图36: 镭神智能荣获 2020 年度国家科技进步二等奖



资料来源: 镭神智能, 浙商证券研究所

**客户遍布全球, 优质客户众多。**目前公司已接触过万家客户, 其中超过 1200 家客户已购买公司产品, 超过 1000 家客户正在测试阶段。2019 和 2020 年公司连续两年出货量超万台, 2021 年出货量过两万台, 预计今年有望获得乘用车定点, 并预计达到两亿元的销售规模。

图37: 镭神智能客户分布情况



资料来源: 镭神智能, 浙商证券研究所

## 5 风险提示

**下游市场需求波动的风险。**激光雷达行业市场处于起步阶段, 尽管无人驾驶领域已开始应用, 但无人驾驶车队的运营和发展情况及 ADAS 等领域对激光雷达的市场需求的发展速度若不及预期, 则可能导致激光雷达的需求出现下滑。

**激光雷达行业竞争的风险。**面对激光雷达良好的市场前景, 目前国内外从事激光雷达的企业较多, 包括激光雷达厂商、视觉传感器公司、汽车行业一级供应商及其他高科技公司等, 激烈的竞争可能导致激光雷达产品定价压力和利润减少。

## 股票投资评级说明

以报告日后的6个月内，证券相对于沪深300指数的涨跌幅为标准，定义如下：

1. 买入：相对于沪深300指数表现+20%以上；
2. 增持：相对于沪深300指数表现+10%~+20%；
3. 中性：相对于沪深300指数表现-10%~+10%之间波动；
4. 减持：相对于沪深300指数表现-10%以下。

## 行业的投资评级：

以报告日后的6个月内，行业指数相对于沪深300指数的涨跌幅为标准，定义如下：

1. 看好：行业指数相对于沪深300指数表现+10%以上；
2. 中性：行业指数相对于沪深300指数表现-10%~+10%以上；
3. 看淡：行业指数相对于沪深300指数表现-10%以下。

我们在此提醒您，不同证券研究机构采用不同的评级术语及评级标准。我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重。

建议：投资者买入或者卖出证券的决定取决于个人的实际情况，比如当前的持仓结构以及其他需要考虑的因素。投资者不应仅仅依靠投资评级来推断结论。

## 法律声明及风险提示

本报告由浙商证券股份有限公司（已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格，经营许可证编号为：Z39833000）制作。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但浙商证券股份有限公司及其关联机构（以下统称“本公司”）对这些信息的真实性、准确性及完整性不作任何保证，也不保证所包含的信息和建议不发生任何变更。本公司没有将变更的信息和建议向报告所有接收者进行更新的义务。

本报告仅供本公司的客户作参考之用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告仅反映报告作者的出具日的观点和判断，在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及/或其关联人员均不承担任何法律责任。

本公司的交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。本公司没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。本公司的资产管理公司、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的意见或建议不一致的投资决策。

本报告版权均归本公司所有，未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、发布、传播本报告的全部或部分内容。经授权刊载、转发本报告或者摘要的，应当注明本报告发布人和发布日期，并提示使用本报告的风险。未经授权或未按要求刊载、转发本报告的，应当承担相应的法律责任。本公司将保留向其追究法律责任的权利。

## 浙商证券研究所

上海总部地址：杨高南路729号陆家嘴世纪金融广场1号楼25层

北京地址：北京市东城区朝阳门北大街8号富华大厦E座4层

深圳地址：广东省深圳市福田区广电金融中心33层

上海总部邮政编码：200127

上海总部电话：(8621) 80108518

上海总部传真：(8621) 80106010

浙商证券研究所：<https://www.stocke.com.cn>