

激光雷达：汽车智能化中的黄金赛道

智能驾驶深度系列（三）

华西计算机团队

2022年8月14日

分析师：刘泽晶

SAC NO: S1120520020002

邮箱：liuzj1@hx168.com.cn

核心逻辑

◆ 爆发前夕，车载激光雷达千亿市场弹射起跳。

- ✓ 2022年，多款激光雷达量产车型重磅发布，新势力开启“军备竞赛”，激光雷达进入普及元年。
- ✓ 在多传感器融合方案中，激光雷达精度远高于其他传感器，能够进一步确保长尾场景安全性。
- ✓ 根据我们的测算，我国乘用车领域激光雷达市场规模未来3年复合增速能达到200%+，2025年至2030年复合增速达到30%+。

◆ 激光雷达模块解构与技术路径拆解：激光雷达的核心部件包括激光器、探测器、光学系统、扫描系统、主控芯片等。（1）发射器方面，由EEL向VCSEL发展；（2）探测器方面，未来SPAD/SiPM替代APD是大势所趋；（3）扫描类型方面，由机械式向纯固态式发展；MEMS激光雷达或为中期主流方案，OPA距离商用还有一定距离，FLASH激光雷达有望率先实现商用；（4）测距方式方面，FMCW激光雷达有望突围。

◆ 产业链梳理：整机厂如何构建护城河？

- ✓ 激光雷达的成本主要包含研发成本、BOM成本及生产成本，研发成本与生产成本可随量产规模的扩大显著分摊；
- ✓ **芯片集成设计能力将成为整机厂核心竞争壁垒。**芯片化将整个系统简化为几颗芯片，装配工艺完全可以自动化；同时大幅降低物料及调试成本。芯片化是重要的降本途径，也是实现激光雷达高性能、高可靠性的关键效技术。主控芯片将从FPGA向高集成度的ASIC/SoC方案发展。
- ✓ **“软”实力重要性凸显：**部分激光雷达企业希望通过提供软硬件结合的服务方式提升竞争力，从硬件供应商向感知解决方案供应商发展。

◆ 投资建议：激光雷达爆发前夕，整机厂及上下游均有望受益。受益标的包括：经纬恒润、万集科技、奥比中光、光库科技、长光华芯、炬光科技、永新光学、福晶科技、腾景科技、蓝特光学、水晶光电、联创电子、天孚通信、湘油泵等。

◆ 风险提示：1) 智能驾驶渗透不及预期；2) 激光雷达上车进度不及预期；3) 激光雷达技术迭代不及预期；4) 市场系统性风险等。



目录

01 车载激光雷达起跳前夕

02 模块解构与技术路径拆解

03 产业链梳理：整机厂如何构建护城河？

04 投资建议与风险提示



01 车载激光雷达起跳前夕

1.1 激光雷达进入普及元年

- ◆ 2021年10月，小鹏P5作为全球首款量产激光雷达智能汽车正式下线交付，激光雷达产业进入商业化落地阶段。
- ◆ **2022年，多款激光雷达量产车型重磅发布，新势力开启“军备竞赛”，激光雷达进入普及元年。**
- ✓ 截止目前，国内宣布搭载激光雷达的车型已超过20款，包括蔚来ET7、理想L9、极狐αS HI、阿维塔11、智己L7等。
- ✓ **2022年中国乘用车激光雷达安装量将超8万颗。**据佐思汽研统计，2022年H1国内乘用车新车激光雷达安装量达到2.47万颗；2022年下半年，国内拟交付的激光雷达新车达10余款，包括小鹏G9、威马M7等，将大幅提升激光雷达上车量，预计全年总安装量有望突破8万颗。

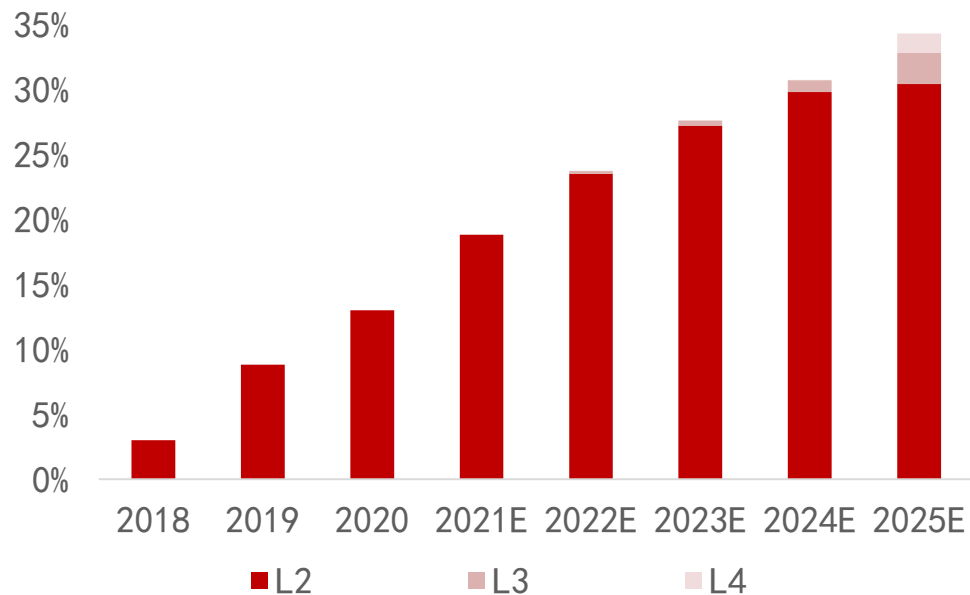
国内激光雷达前装量产计划



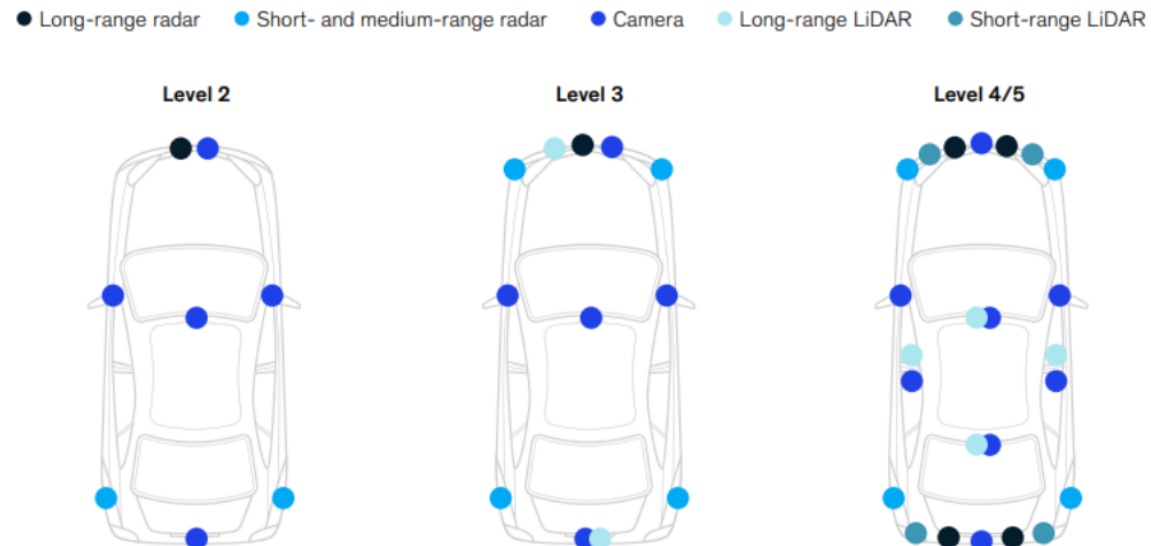
1.1 激光雷达进入普及元年

- ◆ **ADAS加速渗透，L3初步导入，智能驾驶不断向更高级别渗透。**
 - ✓ 根据IDC的数据，2022Q1中国L2级自动驾驶乘用车新车渗透率达23.2%，较2021年一季度的7.5%大幅提升。根据工信部《智能网联汽车技术路线图（2.0版）》指引，国内2025年L2级和L3级新车要达到50%，到2030年要超过70%，且L4占比20%。
- ◆ **高级别自动驾驶对传感器搭载数量提出更高要求。** 根据麦肯锡，从L2到L4/L5级，车载传感器的数量将从约8个上升到约24个，其中激光雷达搭载数量将从0上升至约4颗。

2018-2025年中国自动驾驶渗透率预测



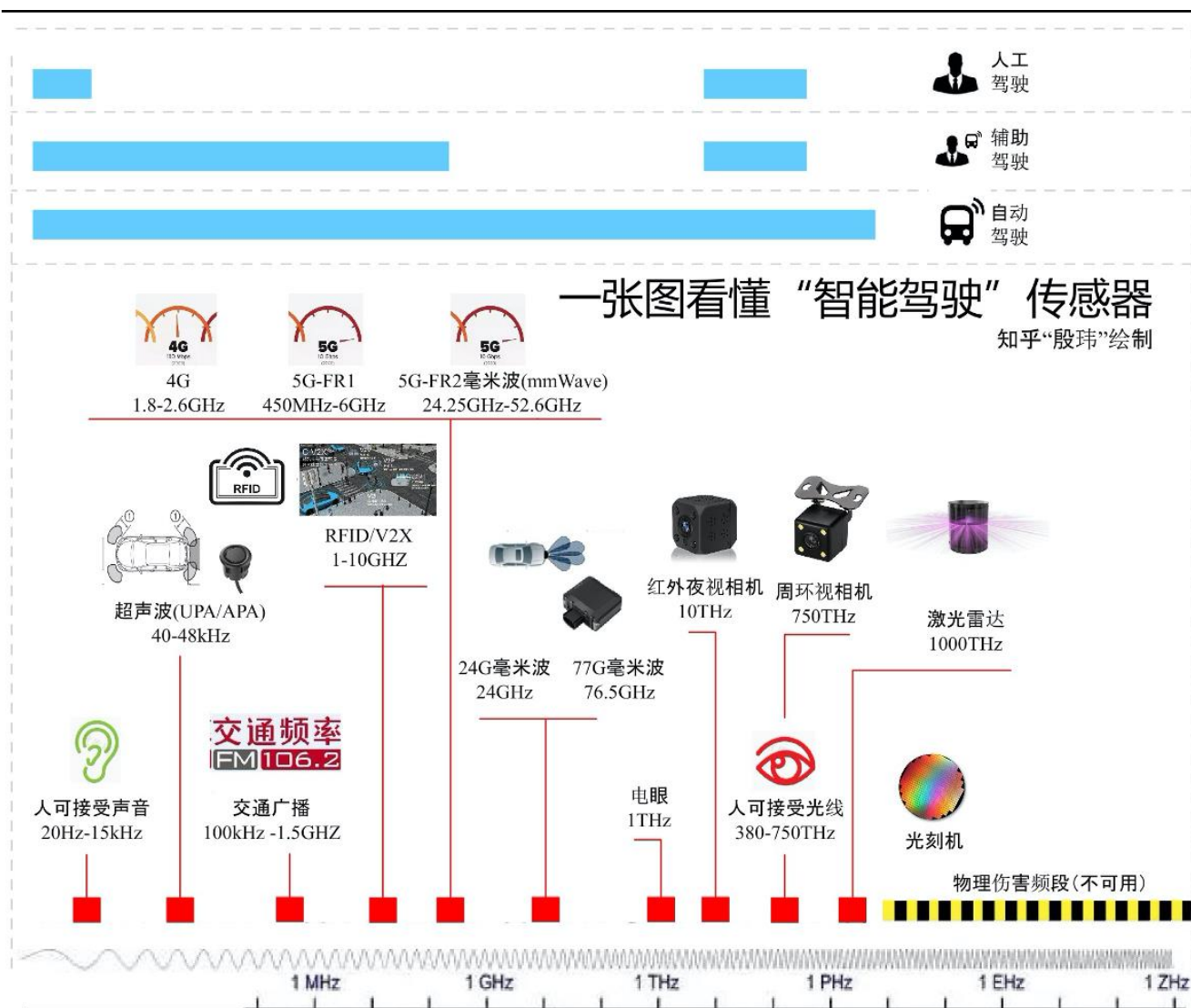
不同级别自动驾驶所需传感器数量



1.2 激光雷达必要性：从智能驾驶路径说起

- ◆ 目前全球范围内智能驾驶拥有两种技术路径，“弱感知+超强智能”与“强感知+强智能”，其明显差距之一在于是否使用激光雷达。
- ◆ 一、弱感知+超强智能
 - ✓ 不使用激光雷达：该路径下智能驾驶传感器不使用激光雷达，仅用摄像头进行车周围环境的感知，搭配AI模拟人眼。
 - ✓ 代表企业：特斯拉。
- ◆ 二、强感知+强智能
 - ✓ 大部分车企使用激光雷达：增强感知能力，以补充AI软件智能的不足。
 - ✓ 代表企业：谷歌Waymo、国内新势力等大部分车企路线。
- ◆ 无激光雷达的可行性：
 - ✓ 激光雷达探测频率略高于摄像头，而摄像头是完全模拟人眼来工作。
 - ✓ 搭配超强的智能，完全模拟人力驾驶，理论可行。

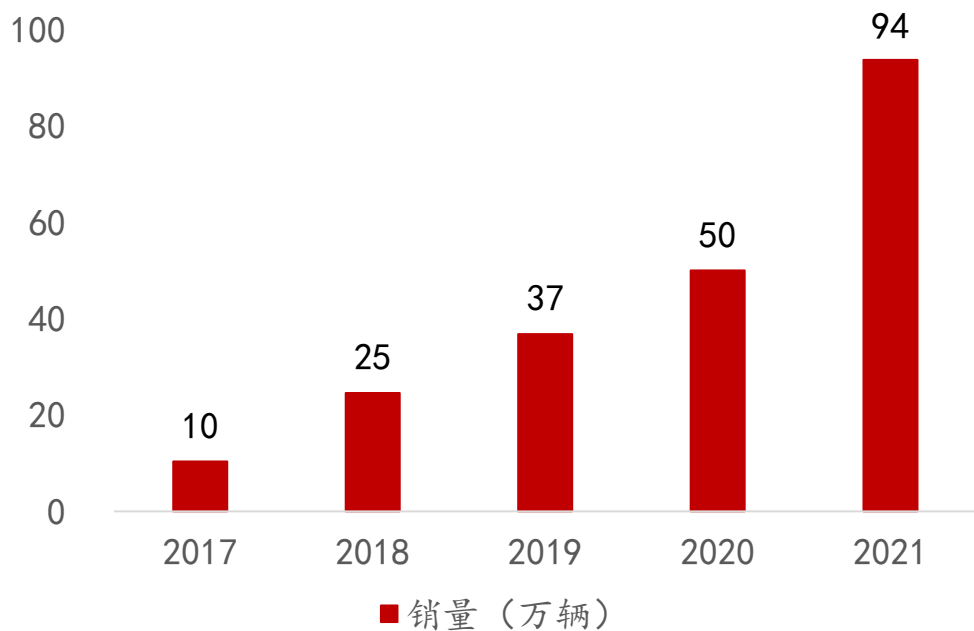
智能驾驶传感器工作频段从低到高排序



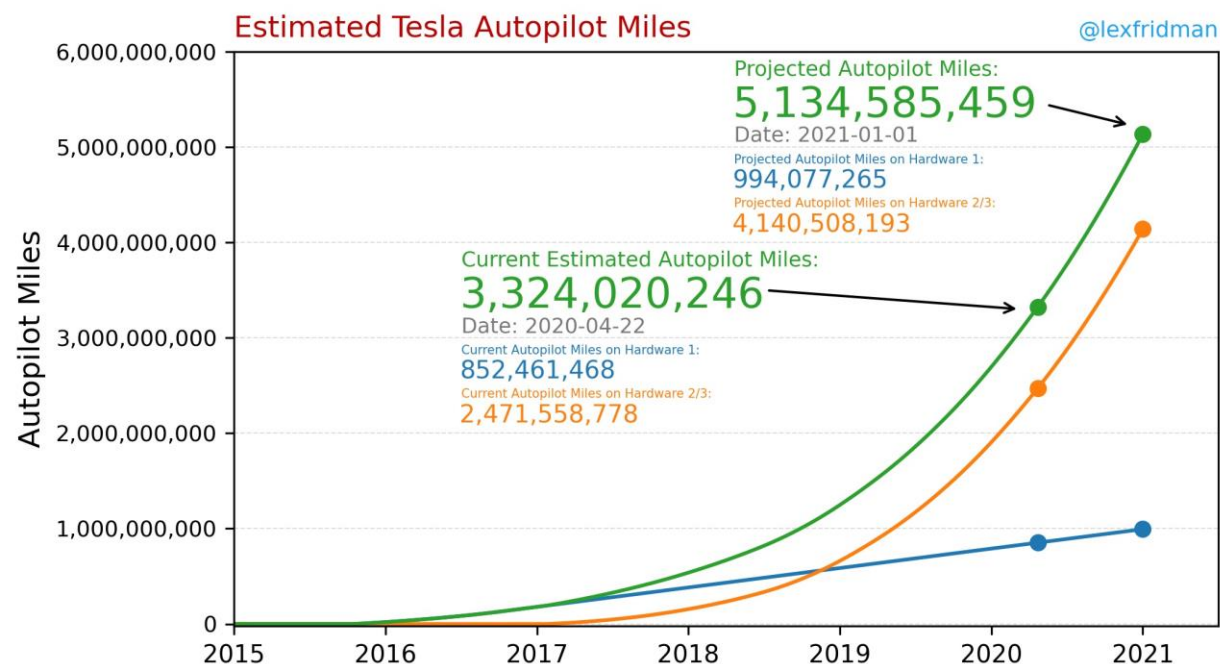
1.2 弱感知+超强智能：特斯拉具有数据优势+算法优势

- ◆ 特斯拉保有量远超竞争对手，数据优势+算法优势下构建“超强智能”，该特殊性是其选择弱感知路线的保障。
- ✓ **数据优势：累计总行程里程超100亿英里，远超竞争对手。** 2021年11月，根据特斯拉官方宣布，特斯拉车主使用Autopilot辅助驾驶功能行驶的里程超过10亿英里，相当于特斯拉汽车总行驶里程的10%。
- ✓ **算法优势：影子模式帮助覆盖长尾场景。** 所谓的“影子模式”是指无需车辆启动Autopilot自动驾驶系统，该系统也可以在后台运行，系统不采取实际动作，但是会记录自己应该采取什么动作。这样在人类驾驶员的操作导致交通事故后就可以对比分析自动驾驶是否可以避免事故。特斯拉汽车在“影子模式”下，即使Autopilot自动驾驶系统被关闭也可以收集数据流，来训练Autopilot自动驾驶系统的神经网络。

特斯拉全球销量



特斯拉Autopilot Miles推测

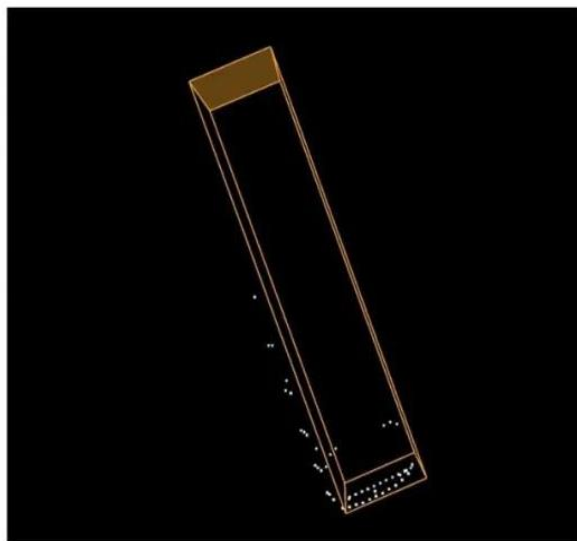


1.2 弱感知+超强智能：目前纯视觉方案存在固有缺陷

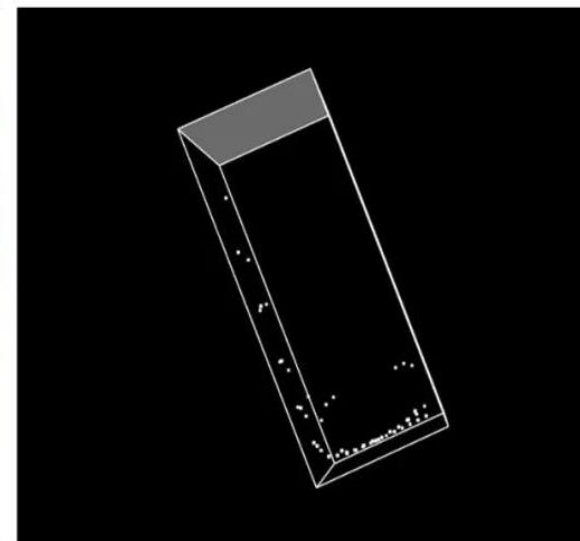
- ◆ **摄像头本身存在对环境因素敏感、算法复杂、识别稳定性较差等缺点。**
 - ✓ 摄像头的缺点包括：（1）在黑暗、炫光等场景下处理能力不足；（2）恶劣天气下易失效；（3）三维立体空间感不强；（4）相机镜头自身存在畸变，需要大量的规则约束去实现测距，为后续算法开发带来诸多弊端。

- ◆ **人工智能与深度学习还未完善。**深度学习算法看到的东西比我们自己的眼睛看到的更多，但与人类不同的是，他们并不能真正理解这个世界，需要长时间积累训练。另外，受现实生活中长尾场景的影响，现实环境中视觉AI识别错误率将远高于实验室环境。

智能驾驶中纯视觉方案



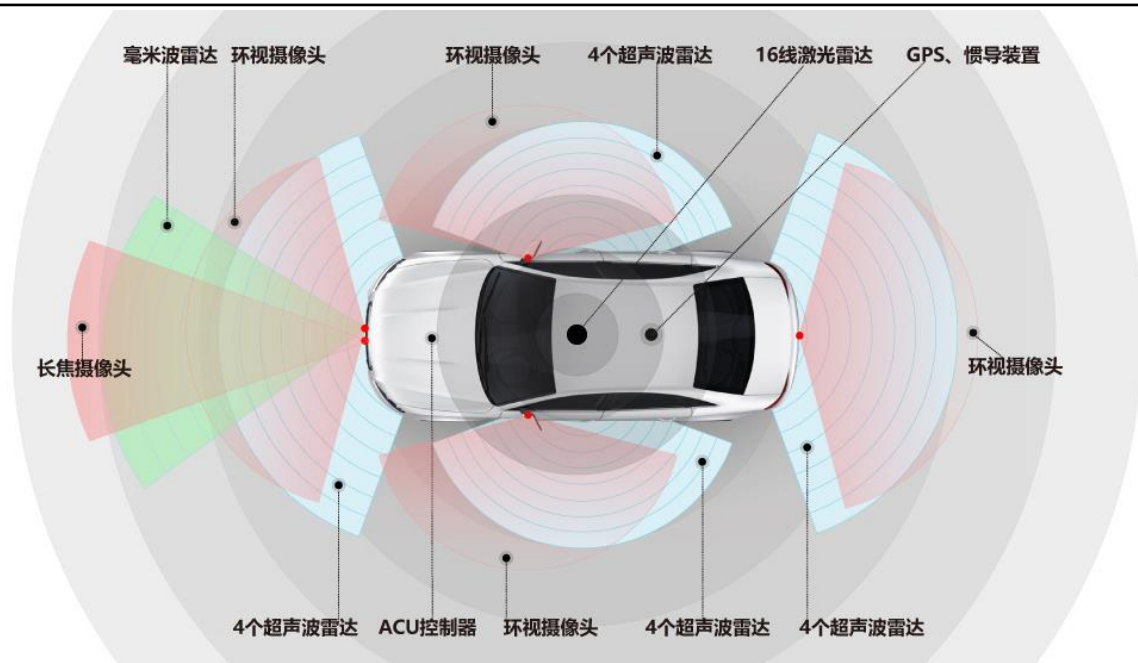
智能驾驶中视觉+激光雷达方案



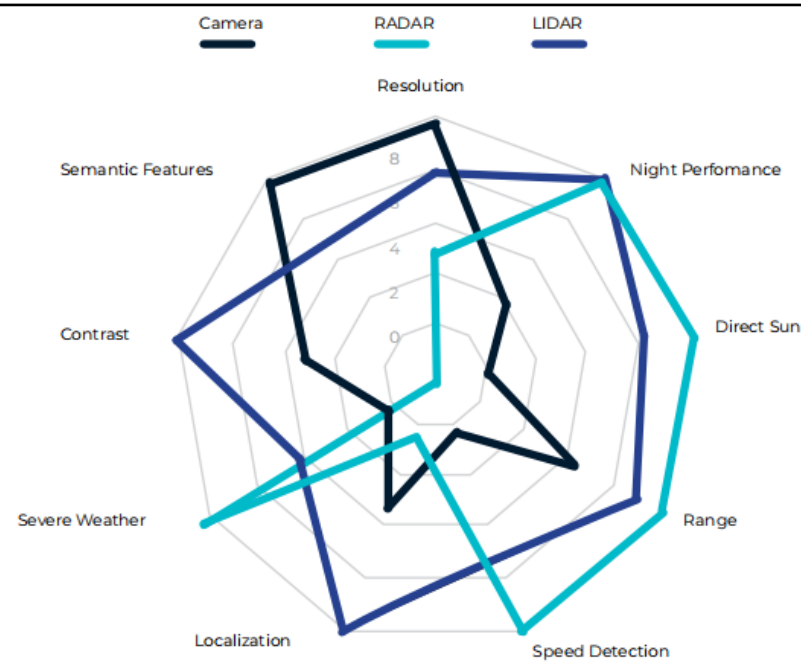
1.2 强感知+强智能：多传感器融合方案成为主流

- ◆ **多传感器融合弥补数据和算法不足，成为大部分车企的选择。** 目前主流车企数据和算法能力不足，仅摄像头信息很难支撑其自动驾驶功能的实现。多传感器方案能够获取更深度的3D空间信息，对于位置、距离、大小的感知也更直接准确，点云转化算法、算力要求较低，能够帮助大部分车企实现自动驾驶的快速落地。
- ◆ **多传感器结合降低感知误差，将自动驾驶车辆打造成“九变形战士”。**
- ✓ 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，误差无法避免。在实际应用中，SOTIF车规要求感知模型除输出识别判断外，还需输出判断的自信程度，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。

一种国内典型的多传感器方案



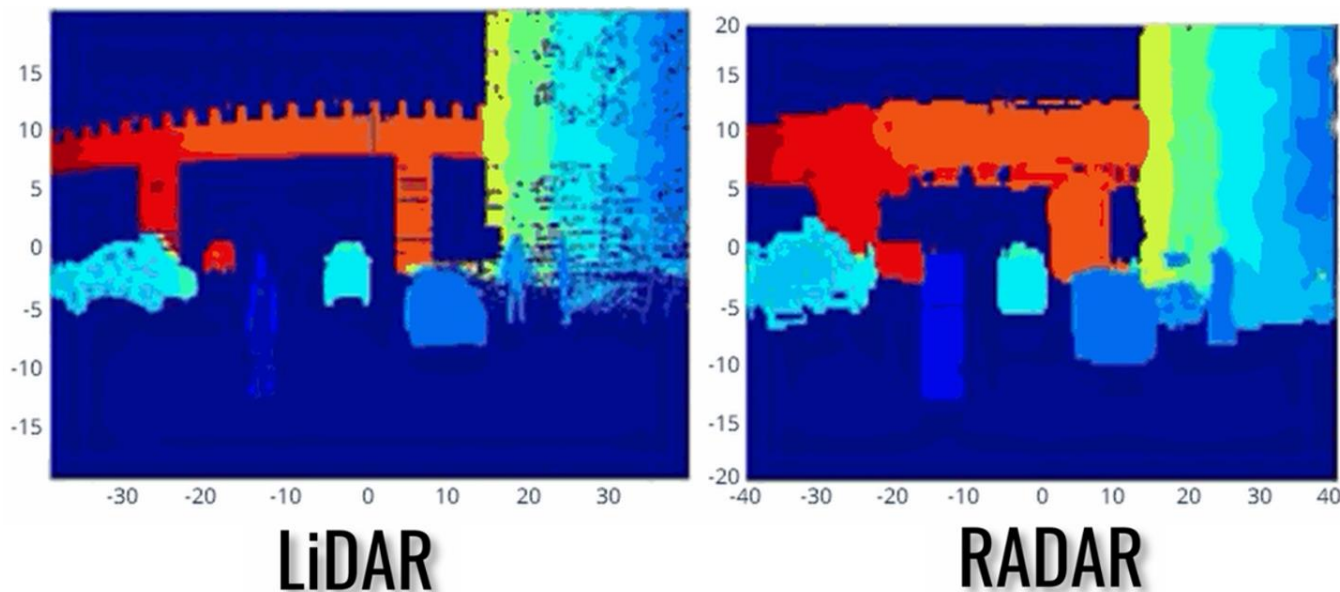
多传感器方案提升安全冗余



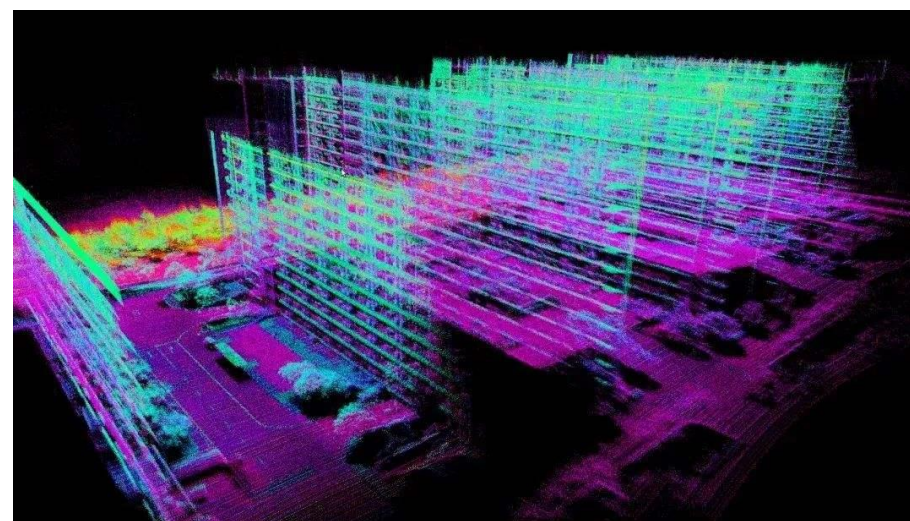
1.2 强感知+强智能：激光雷达精度远高于其他传感器

- ◆ **激光雷达精度高、探测范围广、稳定性强，并能够对周围环境进行实时3D建模。**
- ✓ 激光雷达目前探测范围在200-300米。探测精度小于3cm，远高于毫米波雷达和摄像头。
- ✓ **激光雷达vs毫米波雷达：**毫米波雷达的探测距离受到频段损耗的直接制约（远距离探测探测必须使用高频段雷达），也无法感知行人，且对周边所有障碍物无法进行精准的建模，特别是对高处物体及小物体检测效果不佳，但穿透性、抗干扰能力更强；目前主要应用于防撞场景。
- ✓ **超声波雷达vs毫米波雷达：**超声波雷达测距短，方向性差，受制于声波传输速度在高速场景中应用受限，主要应用在低速泊车及短距场景。

激光雷达精度远高于毫米波雷达



激光雷达3D建模



1.2 强感知+强智能：激光雷达确保长尾场景安全性

- ◆ **激光雷达进一步确保长尾场景安全性，在L3及以上自动驾驶路线中重要性愈发凸显。** 跟据ElecFans，搭载激光雷达自动驾驶系统安全性可达99.99%，而摄像头、毫米波雷达等传感器仅能保证99.0%。

不同车载传感器对比

| | 优势 | 劣势 | 障碍识别 | 精度 | 适用场景 |
|-------|--|--|------|----|---|
| 摄像头 | <ul style="list-style-type: none"> 技术成熟，价格便宜成本低； 图像信息包含丰富的色彩，纹理，轮廓，亮度信息，可取代人眼。 | <ul style="list-style-type: none"> 对光照变化敏感，成像质量易受等天气及环境影响； 在测距，测速性能表现不足。 | 强 | 一般 | 自适应巡航ACC、车道线偏离预警、行人车辆碰撞预警、自主泊车、监控驾驶员状态监测DMS |
| 毫米波雷达 | <ul style="list-style-type: none"> 环境适应性强，穿透能力强，抗雨、雾、灰尘等干扰能力强。 测速，测距能力强。 | <ul style="list-style-type: none"> 对横向目标敏感度低。 对行人分辨率不高，探测距离近。 对高处物体以及小物体检测效果不佳。 | 较强 | 较高 | 自适应巡航ACC、自动紧急制动AEB、前方碰撞预警FCW、生命体征探测ROA、监控驾驶员状态监测DMS |
| 超声波雷达 | <ul style="list-style-type: none"> 测距的方法简单，成本低。 短距离测量优势较大。 | <ul style="list-style-type: none"> 声波传播速度较慢，高速场景中误差较大。 方向性较差，在测量较远距离目标时影响测量精度。 | 一般 | 较高 | 自动泊车辅助系统、自动紧急制动、前方防碰撞预警、变道辅助、全速自适应巡航系统 |
| 激光雷达 | <ul style="list-style-type: none"> 测距远，且可以解决近距离的横向视觉盲区问题。 可轻易获取车周环境的实时三维信息，点云转化需求算力较低。 | <ul style="list-style-type: none"> 易受恶劣天气影响。 成本较高。 | 较强 | 极高 | 道路提取、环境建模、环境识别等；搭载激光雷达自动驾驶系统安全性可达99.99% |

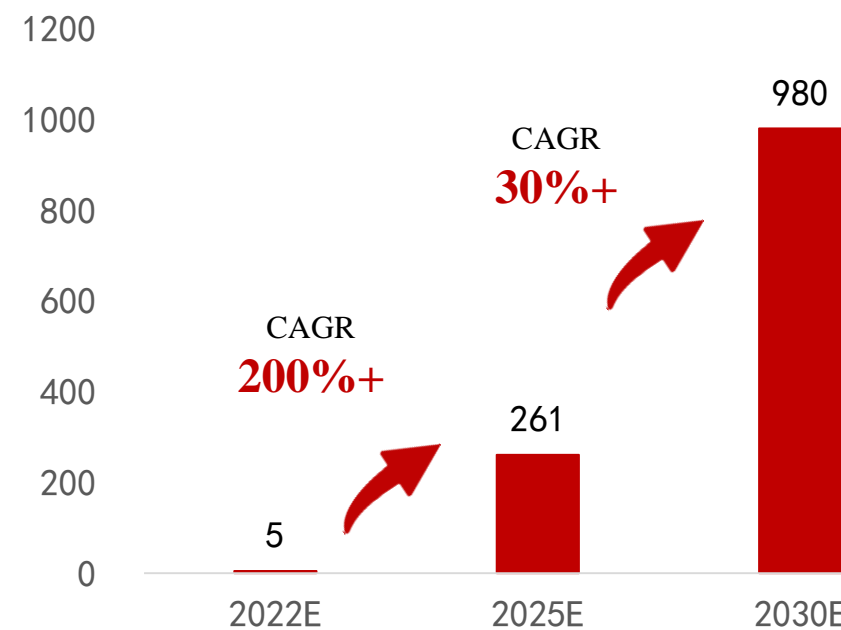
1.3 爆发前夕，车载激光雷达千亿市场弹射起跳

- ◆ 目前车载激光雷达市场处于爆发前夕，千亿市场正在开启。
- ✓ 根据我们的测算，预计我国乘用车领域激光雷达市场空间在2025年将达到261亿元，到2030年将达到980亿元。
- ✓ 我们预计车载激光雷达市场将受益于高级别自动驾驶渗透，维持高速增长。根据我们的测算，我国乘用车领域激光雷达市场规模未来3年复合增速能达到200%+，2025年至2030年复合增速达到30%以上。

国内乘用车领域激光雷达市场空间测算（亿元）

| | 2022E | 2025E | 2030E |
|-------------------|--------|-------|-------|
| 乘用车产量（万辆） | 2400 | 2600 | 3000 |
| 智能汽车渗透率 | L2 | 25% | 35% |
| | L2+/L3 | 0.3% | 15% |
| | L4/L5 | 0% | 1% |
| 激光雷达单车平均搭载数（个） | L2 | 0 | 0.2 |
| | L2+/L3 | 1.5 | 2 |
| | L4/L5 | 3 | 3.5 |
| 乘用车激光雷达出货量（万颗） | 10 | 1053 | 5700 |
| 激光雷达单颗价格（元） | 5000 | 2475 | 1719 |
| 乘用车领域激光雷达市场空间（亿元） | 5 | 261 | 980 |

国内激光雷达市场弹性大

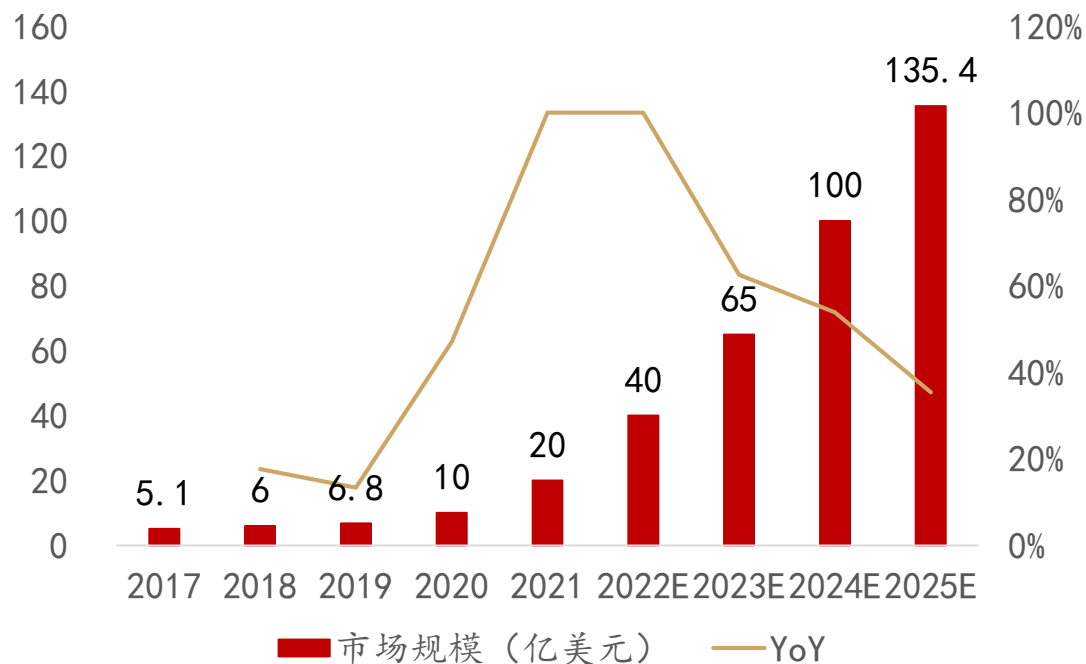


■ 中国乘用车激光雷达市场空间（亿元）

1.3 爆发前夕，车载激光雷达千亿市场弹射起跳

- ◆ 未来五年全球激光雷达市场规模复合增速达到60%以上。
- ✓ 随着智能化技术的持续突破和升级，受无人驾驶车队规模扩张、高级辅助驾驶中激光雷达应用渗透率提升、以及服务型机器人及智能交通建设等领域需求的推动，预计激光雷达市场规模将实现快速扩容。
- ✓ 据沙利文数据，2021年全球激光雷达市场规模达到20亿美元，同比增长100%，预计2025年全球激光雷达市场规模将达到135.4亿美元，2019-2025年的CAGR为64.6%。

全球激光雷达市场规模及预测（亿美元）



全球乘用车领域激光雷达市场空间测算（亿元）

| | 2022E | 2025E | 2030E | |
|--------------------|-----------------|--------|-------|-----|
| 乘用车产量 (万辆) | 6000 | 6200 | 6800 | |
| 智能汽车渗透率 | L2/L2+ | 15% | 36% | 40% |
| | L3 | 0.4% | 8% | 25% |
| | L4/L5 | 0% | 1% | 12% |
| | 激光雷达单车平均搭载数 (个) | L2/L2+ | 0 | 0.2 |
| | L3 | 1.5 | 2 | 3 |
| | L4/L5 | 3 | 3.5 | 4 |
| 乘用车激光雷达出货量 (万颗) | 32 | 1655 | 11084 | |
| 激光雷达单颗价格 (元) | 5500 | 2475 | 1719 | |
| 乘用车领域激光雷达市场空间 (亿元) | 17 | 410 | 1905 | |

资料来源：沙利文研究，华西证券研究所整理

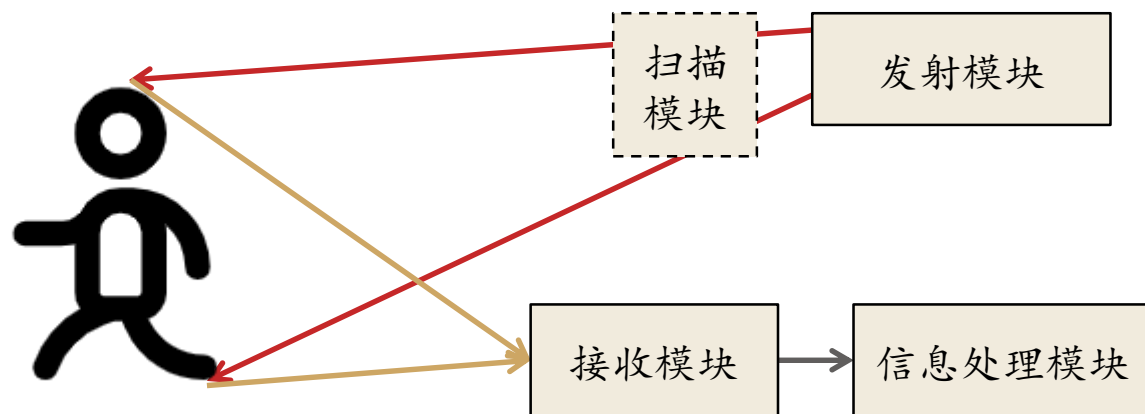


02 模块解构与技术路径拆解

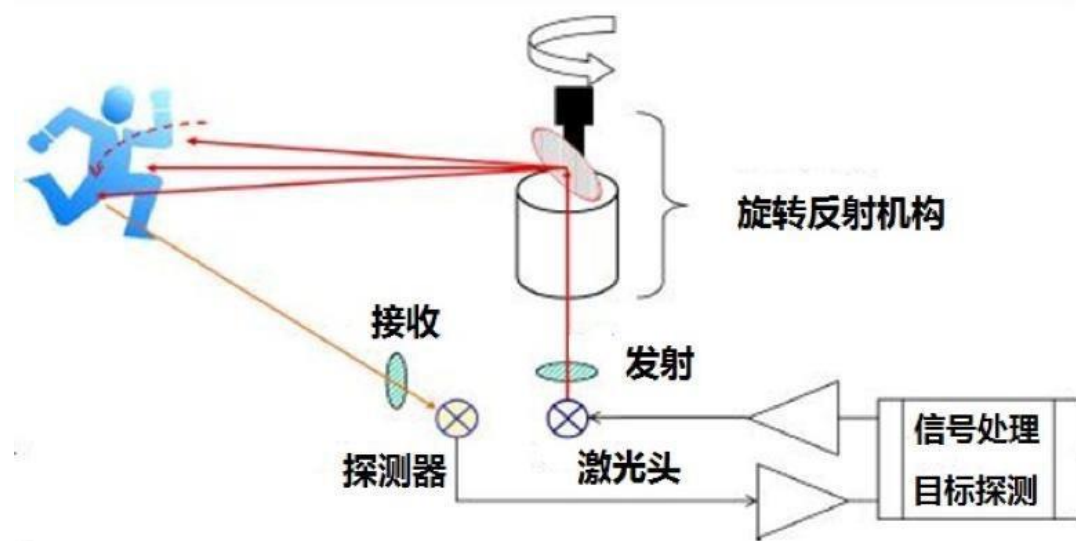
2.1 激光雷达拆解：激光发射+激光接收+扫描系统+信息处理

- ◆ **激光雷达=激光发射+激光接收+扫描系统+信息处理。**
 - ✓ **激光发射系统**：激光需要由人为制造生成，由激光发射器发出，通过光束控制器控制发射激光的方向和线数，最后通过发射光学系统发射；
 - ✓ **激光接收系统**：经接收光学系统，光电探测器接受目标物体反射回来的激光，产生接收信号；
 - ✓ **信息处理系统**：接收信号经过放大处理和数模转换，经由信息处理模块计算，获取目标表面形态、物理属性等特性，最终建立物体模型。
 - ✓ **扫描系统**：令发射源以一定轨迹运动，实现对所在平面的扫描，以扩大光源的探测范围，并产生实时的平面图信息。
-
- ◆ **激光雷达的基本原理**：向目标发射探测信号，然后将接收到的从目标反射回来的信号，与发射信号进行比较后获得目标的有关信息。

四个模块



一种激光雷达简单构成及原理



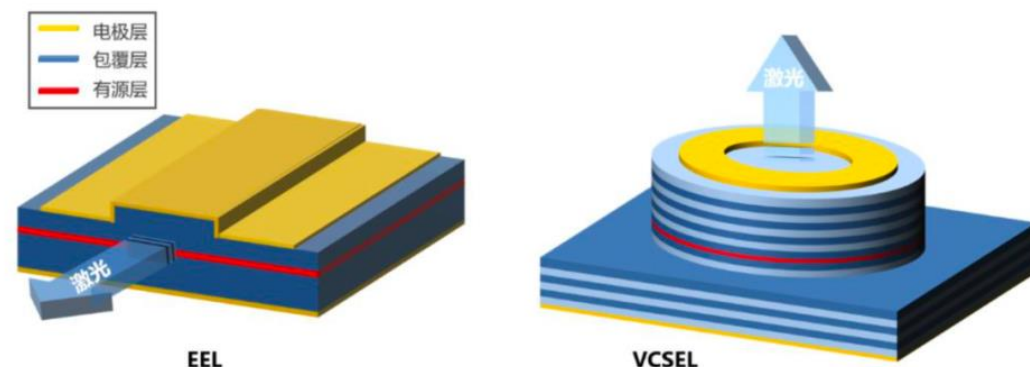
2.1.1 激光雷达拆解：激光发射/激光接收/扫描系统/信息处理

- ◆ **发射模块：核心部件为激光发射器和发射光学系统。**
- ◆ **光源的发生：激光发射器。**激光的全称是“由受激辐射的光放大而产生的光”，激光的产生来自于激光发射器，可以归类为半导体激光器、固体激光器、光纤激光器和二氧化碳气体激光器四种类型，如人类最早制造激光利用的红宝石为固体激光器的一种。
- ◆ **激光光源的选择需综合激光雷达技术方案、性能需求及成本需求进行考虑。**
 - ✓ 目前无人驾驶主流采用半导体激光器，有EEL（边发射激光器，激光由边缘发出）和VCSEL（垂直腔面发射激光器，激光垂直于顶面发出）两种。**趋势上由EEL向VCSEL发展**：EEL 具有高发光功率密度的优势，然而其生产极大依赖产线工人的手工装调技术，生产成本高且一致性较难保证；VCSEL 发射功率低，但可通过半导体加工设备保障精度，同时多层结 VCSEL 激光器的结构可将其发光功率密度提升5~10 倍。
 - ✓ 综合激光雷达技术方案，适用于1550nm波长的一般选用光纤发射器，适用于Flash雷达技术方案的选用固体激光器。

不同激光器性能对比

| 应用需求 | 激光器功能 | VCSEL | EEL | Fiber Laser |
|--------------|----------|-------|-----|-------------|
| 远距离投射高密度脉冲能力 | 功率密度 | 0 | + | + |
| | 高速度 | + | + | ++ |
| 在各种环境下的高分辨率 | 窄光谱 | + | + | ++ |
| | 稳定光谱 (T) | + | + | + |
| 针对高性能需求的稳健设计 | 高效率 | + | + | 0 |
| | 高导热系数 | 0 | 0 | n/a |
| 适用探测器类型 | | SPAD | APD | APD |

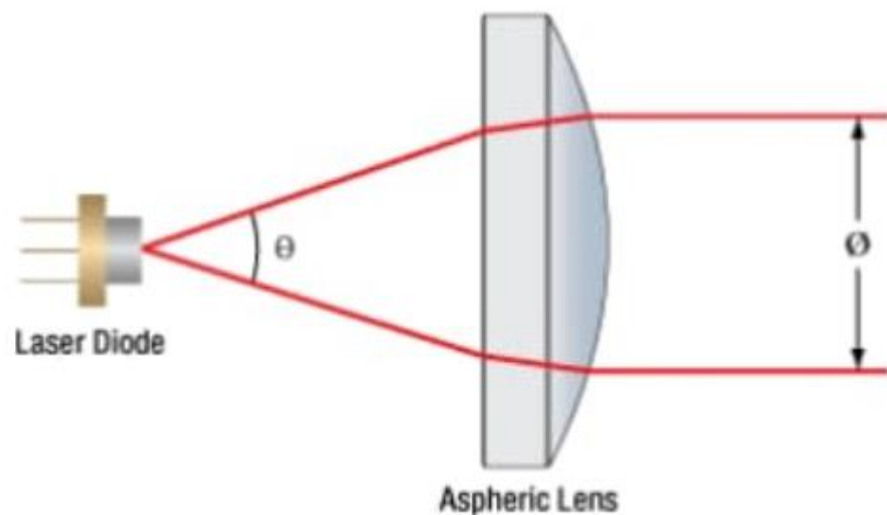
EEL与VCSEL图示



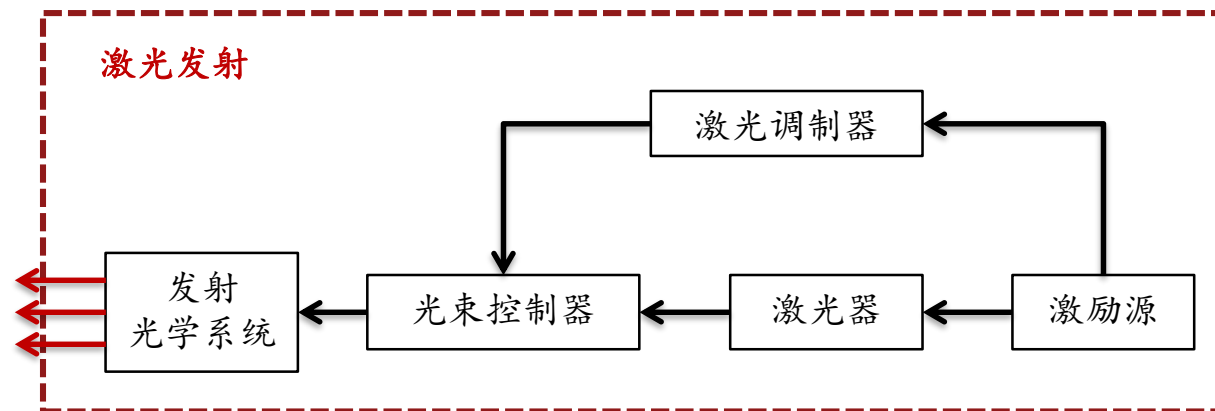
2.1.1 激光雷达拆解：激光发射/激光接收/扫描系统/信息处理

- ◆ **光源的校正：发射光学系统。** 由于各种激光器发射的激光束并不是绝对平行的，因此还需要一套透镜系统，即发射光学系统，对激光器的输出光束进行准直整形，通过改变发射光束的发散度、波束宽度和截面积，改善输出光束质量，同时使总功率保持不变。
- ◆ 发射光学系统主要由透镜、反射器件、衍射器件等光学元器件组成，主要包含了准直镜、分束器、扩散片等。
 - ✓ **准直镜：**解决激光器准直输出问题，利用光折射原理，将发散的光源通过透镜聚焦成平行光射出；
 - ✓ **分束器：**将一束光分成两束光或多束光；
 - ✓ **扩散片：**利用光的衍射原理，将点光源转换为散斑图案。

准直透镜示意图



激光发射系统简单构成



2.1.1 激光雷达拆解：激光发射（波长）/激光接收/扫描系统/信息处理

- ◆ **激光波长的选择：905nm或1550nm。** 波长是激光最关键的指标，目前车载激光雷达主流采用905nm和1550nm两种波长。
- ◆ 选择波长时一般会考量四个因素：人眼安全、与大气相互作用、可选用的激光器以及可选用的光电探测器。
- ✓ 905nm波长在成本及雨雪天气情况下占优，1550nm波长在人眼安全和光束质量方面占优，因此探测距离和物体识别性能上更强。
- ✓ 905nm和1550nm的各自优缺点都非常明显，**长期看二者会互补共存，但随着1550nm工艺成本的下降，其应用比例将会增加。**

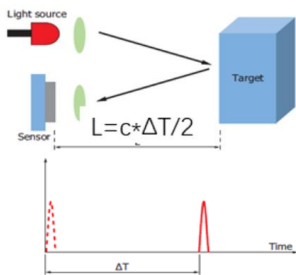
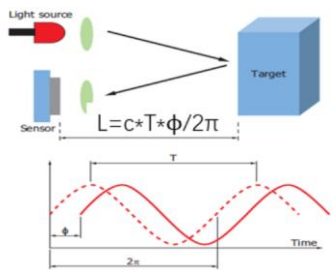
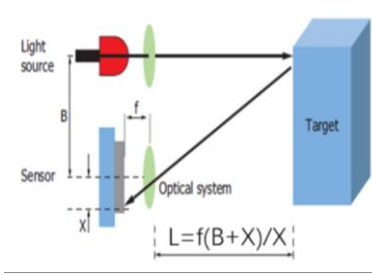
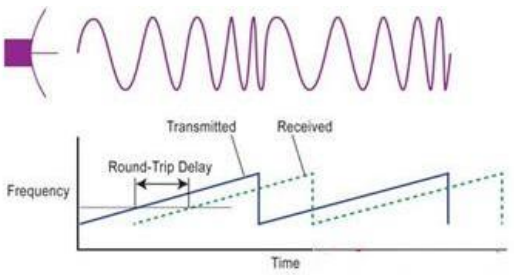
波长性能对比

| 波长 | 较优性能 | 原因 |
|--------|-------------------|--|
| 905nm | 成本 | 905波长可以用硅做接收器，成本低且产品成熟。而1550nm的波段硅无法探测，需要用Ge或者InGaAs探测器。并且1550nm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。 |
| | 雨雪天气 | 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。 |
| 1550nm | 人眼安全 →探测距离 | 人眼的可见光范围从390nm~760nm波长，1550nm对人眼更友好，从而光功率上限更高。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、抗干扰能力 →精度 | 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、光斑小，在100米外光斑直径仅为905nm的四分之一。 |

2.1.1 激光雷达拆解：激光发射（测距）/激光接收/扫描系统/信息处理

- 测距方式上，主要是TOF（飞行时间法，使用时间测量距离）及FMCW（调频连续波法，使用频率测量距离）两种路线。目前dTOF脉冲式为主流，FMCW凭借可直接获得速度信息、高信噪比、高灵敏度、强抗干扰能力、可实现高程度芯片化等优势也在尝试快速崛起。

车载激光雷达应用算法

| | dTOF: 脉冲式 | iTOF: 相位式 | 三角式 | FMCW |
|----|---|--|---|---|
| 图示 |  |  |  |  |
| 原理 | 直接根据脉冲发射和接收的时间差来测算距离。 | 发射端发射特定频率的调制红外光，接收端在一定积分/曝光时间内接受反射光，对每一个像素计算其对应的相位偏移。 | 利用光学反射规律和相似三角形原理，在接收透镜的物空间与像空间构成相似关系，利用边角关系计算出待测位移。 | 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，再通过频率差换算出目标物的距离。 |
| 优势 | 精度、成像帧率高，功率低，有效探测距离远，抗干扰能力强 | 原理简单，易集成，图像分辨率高 | 几何条件多，结构强，便于检核，成本低 | 点云包含速度信息；高信噪比，高灵敏度，抗干扰能力强，可实现高程度芯片化 |
| 劣势 | 接收SPAD工艺复杂；信噪比较低；图像分辨率较低 | 精度低，功耗大，抗干扰能力差，有效探测距离较短，标定相对复杂，成像帧率低 | 远距离测量精度较低，不适用于车载主激光雷达 | 成本高，对硅光芯片要求较高，1550nm激光器遇到雨水失灵 |
| 精度 | 高 | 低 | 远距离精度低 | 近距离精度较TOF高，远距离精度较TOF低 |

2.1.2 激光雷达拆解：激光发射/激光接收/扫描系统/信息处理

- ◆ **接收模块：由激光探测器和接收光学系统构成。**
 - ✓ 接收光学系统：主要作用是尽可能收集经目标反射后的光能量，将其汇集到探测器的光敏面上，主要由透镜、分束器、窄带滤光片等组成。

- ◆ **激光探测器是接收模块的核心，主要功能是将接收的光信号转化为电信号。**其本质是一种半导体器件，目前主要有硅和砷镓两种衬底材料。
 - ✓ 硅基材料技术更成熟成本更低，适用于905nm波段；1550nm波长的激光需要使用砷镓材料接收，但其目前整体成熟度较低，成本较高。
 - ✓ 按二极管布局主要分为PD、APD、SPAD和SiPM/MPPC四种。**当前市场APD应用更广泛，未来SPAD/SiPM替代APD是大势所趋。**APD目前为主流，但由于单点接收，灵敏度低，在增益能力和大尺寸阵列方面存在明显劣势；部分激光雷达已开始使用增益能力更强、能够实现大尺寸阵列的SPAD或SiPM，但SPAD以及SiPM技术仍待发展。

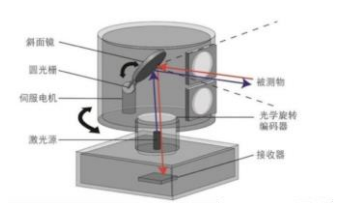
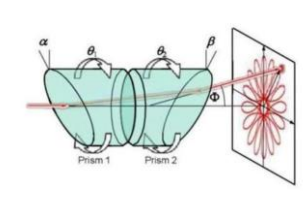
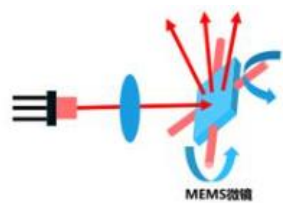
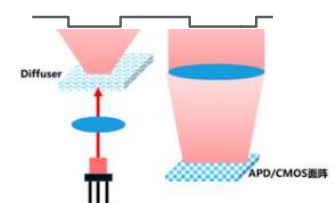
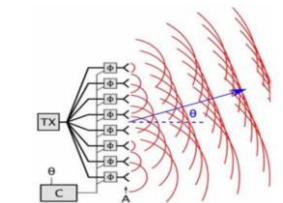
激光探测器对比

| 类别 | 名称 | 图示 | 增益能力 | 探测范围 | 噪声 | 探测速度 | 探测器成本 | 系统成本 | 适用情况 |
|-------------|----------|--|--------|------|----|------|-------|------|------------------|
| PIN PD | 光电二极管 |  单点接收  | 无 | 短 | 高 | 中 | 中 | 低 | 不需要增益的FMCW激光雷达 |
| APD | 雪崩二极管 |  单点接收  | <100 | 中 | 高 | 中 | 高 | 高 | 目前ToF激光雷达的主流选择 |
| SPAD | 单光子雪崩二极管 |  线阵接收  | 10^6 | 长 | 低 | 快 | 高 | 高 | 技术完善后有望替代APD成为主流 |
| SiPM (MPPC) | 硅光电倍增管 |  面阵接收  | 10^6 | 长 | 低 | 快 | 低 | 高 | |

2.1.3 激光雷达拆解：激光发射/激光接收/扫描系统/信息处理

- ◆ **扫描模块**：主要作用为通过扫描器的机械运动控制光的传播方向，实现对特定区域的扫描，扫描形式的选择主要影响探测范围广度及激光雷达整体的耐用及稳定性。**目前市面上的雷达类型多按扫描方式进行区分**：按照扫描方式有无机械转动部件可分为机械旋转、混合固态、纯固态三种；其中，混合固态分为MEMS、转镜，纯固态分为相控阵OPA、Flash。**整体发展趋势为从机械式向纯固态演变。**

激光发射系统简单构成

| | 机械式 | 半固态 | | 固态 | |
|-------|---|---|---|---|---|
| | | 转镜式 | MEMS | Flash | 光学相控阵OPA |
| 图示 |  |  |  |  |  |
| 原理 | 通过电机带动光机结构整体旋转，可实现360°扫描（半固态/固态式激光往往最高只能做到120°的水平视场扫描） | 转镜式保持收发模块不动让电机在带动转镜运动的过程中反射激光从而达到扫描探测效果。 | 采用MEMS微机电系统微振镜替代传统机械式旋转装置，由微振镜通过一定谐波频率振荡反射光形成较广的扫描角度和扫描范围 | 通过短时间内向各个方向发射大覆盖面阵激光，利用微型传感器阵列采集不同方向反射回来的激光束快速记录整个场景并绘制 | 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从而完成一定范围的扫描测量。 |
| 可靠性 | 不可靠 | 可靠 | 可靠 | 可靠 | 最可靠 |
| 成本 | 高，很难下降 | 较低 | 较低 | 低 | 高，随着技术提升可能下降 |
| 技术成熟度 | 高 | 中 | 中 | 中 | 低 |
| 发展趋势 | 成本高、生产周期漫长、影响车辆外观等，目前多应用于无人驾驶测试项目。 | 转镜方案最早通过车规，短期或将与MEMS并存。 | 综合性能较好，小巧、坚固可靠且成本较低，目前较为适合作为车载激光雷达配套汽车量产 | 避免了扫描过程中目标或激光雷达移动带来的各种问题；但由于探测范围较窄目前配套汽车有所受限。 | 产业链尚处起步阶段，目前采用率较低，但其集成度高且量产标准化程度高，成本下探后有较大潜力。 |
| 代表厂商 | Velodyne、Ouster、禾赛、速腾聚创、镭神智能等 | 华为、大疆览沃、Luminar、图达通、法雷奥、禾赛、镭神智能等 | Innoviz、Luminar、禾赛、速腾聚创、一径科技等 | Ibeo、Quster、北醒光子、北科天绘等 | Quanergy、力策科技等 |

2.1.4 激光雷达拆解：激光发射/激光接收/扫描系统/信息处理

- ◆ **信息处理模块**：主要任务是对信号进行处理、计算，完成三维图像重构，主要采用集成电路和计算机完成，可利用FPGA、高速DSP等技术。
- ◆ **信息处理模块主要包含放大器、数模转换器以及软件算法。**
- ✓ **放大器**：探测器将光信号转换为电信号，电信号经过放大器放大，降低噪声和干扰。
- ✓ **数模转换器**：数模转换器将数字式的电信号转换为模拟式信号，再进行处理和计算。
- ✓ **软件算法**：高效的算法对激光雷达十分重要，目前应用于无人驾驶的激光雷达算法主要分为三类，点云分割算法、目标跟踪与识别算法、即时定位与地图构建算（SLAM）；目前不同的算法往往针对某个特定场景开发，解决不同场景下的问题，适应性较差。

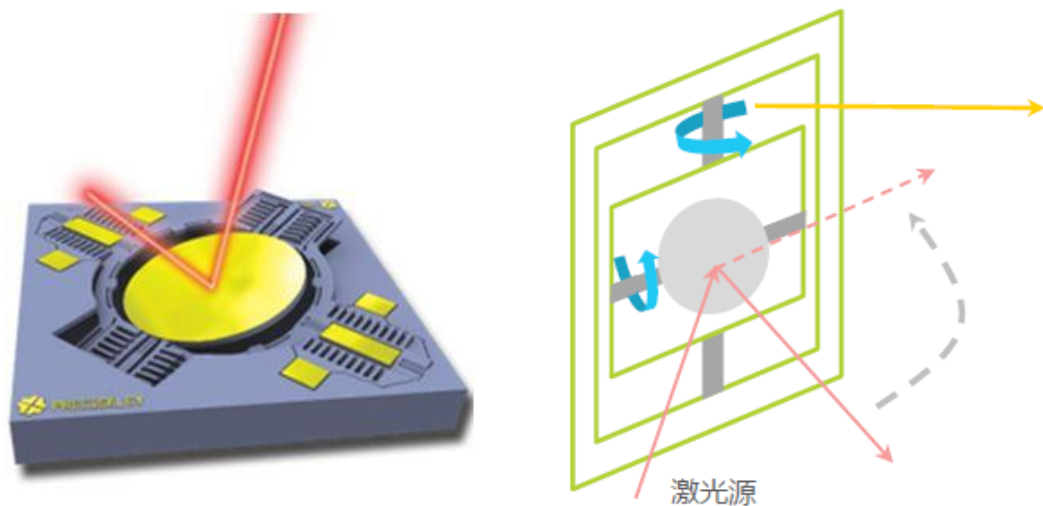
车载激光雷达应用算法

| 类别 | 功能 | 算法名称 | 关键技术 | 特点 |
|-----------|-----------------------|------------|---------------------|-----------------|
| 点云分割 | 将原始3D点云分组为非重叠区域 | 非模型投影法 | 地面投影法、虚拟像平面投影法 | 简单高效，不适用于复杂形体分割 |
| | | 聚类法 | K-means聚类等 | 分割准确性高，较复杂 |
| 目标跟踪与识别 | 实现对汽车周围障碍物运动状态和几何特征判断 | 检测与跟踪 | 物体级检测与跟踪 | 实时性好，不适用于复杂环境 |
| | | 分类与识别 | 栅格单元级检测与跟踪 | 跟踪精度高，计算效率低 |
| | | | 基于全局特征的目标分类与识别 | 识别速度快，受环境遮挡影响大 |
| 即时定位与地图构建 | 实现汽车的精准定位与可通行路径规划 | 基于滤波器的SLAM | 扩展卡尔曼滤波器，Fast SLAM等 | 较准确，不适用于大场景 |
| | | 基于图优化的SLAM | 位姿图优化等 | 全局优化，对初始值要求高 |

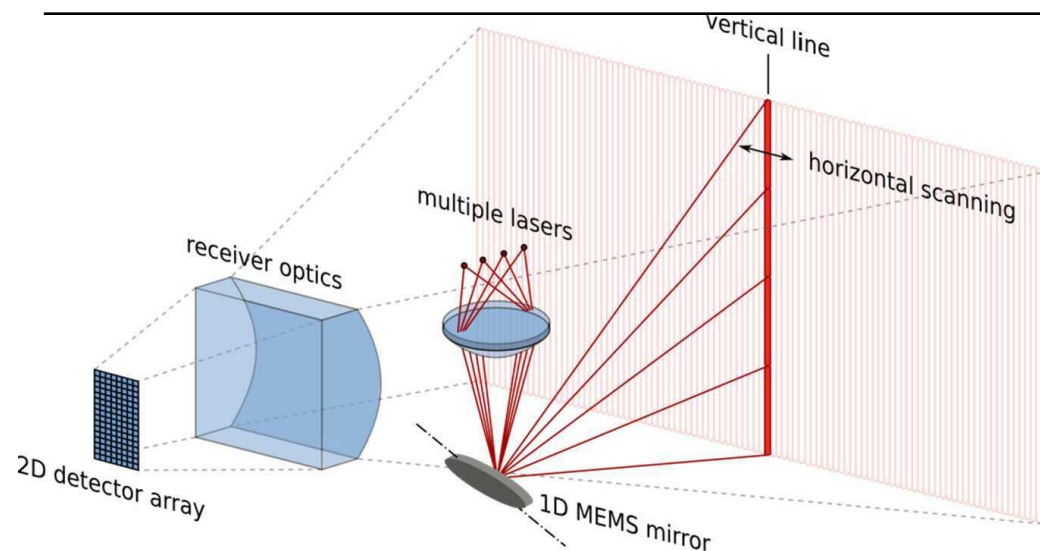
2.2.1 激光雷达技术发展现状：MEMS激光雷达为中期主流方案

- ◆ **MEMS 激光雷达将是当下及未来5年内的主流方案。** 虽然业界普遍认为纯固态将是激光雷达的最终形态，从目前产品和技术的成熟度来看，OPA和FLASH方案还有待进一步完善、降本，我们认为，MEMS 激光雷达将是当下及未来5年内的主流方案。
- ◆ **MEMS激光雷达扫描系统的核心部件是MEMS微镜。**
 - ✓ MEMS微镜本质上是一种硅基半导体元器件，特点是内部集成了“可动”的微型镜面，采用静电或电磁驱动方式。
 - ✓ **优势：**摆脱了传统旋转电机和扫描镜等机械运动装置，大大减少激光雷达的尺寸，同时也可以减少激光器和探测器的数量，降低成本。
 - ✓ **劣势：**MEMS微镜属于振动敏感性器件，车载环境的振动和冲击容易对它的使用寿命和工作稳定性产生影响，另外MEMS的光学口径、扫描角度、视场角也比较小。

MEMS振镜扫描模块图示



MEMS激光雷达原理图示



2.2.1 激光雷达技术发展现状：MEMS激光雷达为中期主流方案

- ◆ **转镜及MEMS振镜产品性能已均可满足ADAS功能需求。**
- ✓ 在目前已商用的半固态激光雷达中，国内外厂商产品在性能上较为接近，且不同扫描方案产品在性能上已达到ADAS功能的感知要求。
- ✓ 随着MEMS振镜技术的成熟，主机厂对MEMS方案的青睐度有所提升，上车品牌逐渐增多。目前国内激光雷达厂商的客户以对自动驾驶探索更为积极的国内新势力品牌为主，在主要依赖工程经验作为改进基础的半固态激光雷达上更具迭代优势，可通过与国内汽车品牌更高效的沟通反馈实现对产品的高效更新。

当前量产上车方案主要是转镜和MEMS

| 品牌/车型 | 上市时间 | 价格 (万元) | 厂商 | 技术类型 | 搭载数量 |
|------------|----------|---------|---------|------|------|
| 合众哪吒S | 2022年7月 | 20 | 华为 | 转镜 | 2颗 |
| 上汽飞凡R7 | 2022年H2 | 30 | Luminar | 转镜 | 1颗 |
| 阿维塔11 | 2022年8月 | 35 | 华为 | 转镜 | 3颗 |
| 极狐 α S HI版 | 2022年5月 | 39 | 华为 | 转镜 | 3颗 |
| 理想L9 | 2022年6月 | 46 | 禾赛 | 转镜 | 1颗 |
| 长城机甲龙 | 2022年H2 | 49 | 华为 | 转镜 | 4颗 |
| 高合HiPhi Z | 2022年7月 | 60 | 禾赛 | 转镜 | 1颗 |
| 埃安LX Plus | 2022年1月 | 23 | 速腾聚创 | MEMS | 3颗 |
| 智己L7 | 2022年H2 | 41 | 速腾聚创 | MEMS | 2颗 |
| 蔚来ET7 | 2022年3月 | 45 | 图达通 | MEMS | 1颗 |
| 小鹏G9 | 2022年9月 | - | 速腾聚创 | MEMS | 2颗 |
| 威马M7 | 2022年10月 | - | 速腾聚创 | MEMS | 3颗 |

全球各类车载激光雷达产品厂商数量

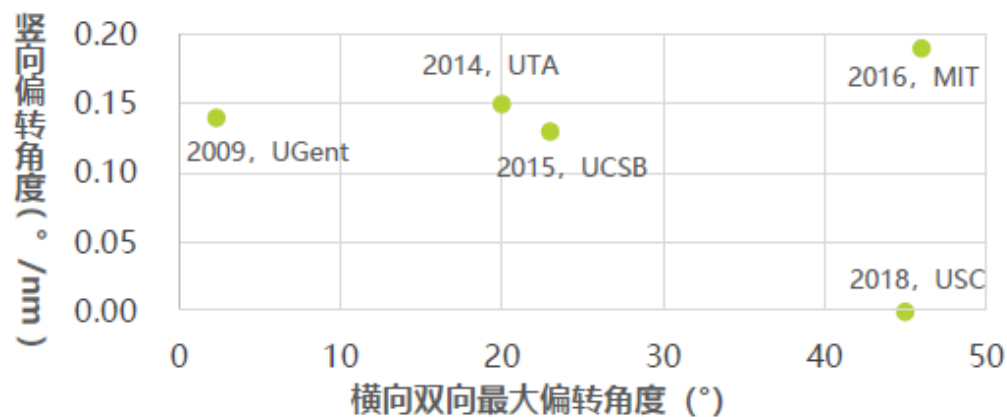
| 波长范围 | 8xx - 9xx nm | | 14xx - 15xx nm | |
|-----------------------|--------------|--------------|----------------|--------------|
| | 扫描式 | 非扫描式 (Flash) | 扫描式 | 非扫描式 (Flash) |
| ToF - 线性式 (APD探测器) | ~50家 (2家*) | ~5家 (2家*) | ~5家 (1家*) | - |
| ToF - 光子计数式 (SPAD探测器) | ~5家 (1家*) | ~2家 | ~1家 (1家*) | - |
| FMCW | - | - | ~10家 (2家*) | - |

注：*号为主机厂/Tier 1供应商自有或收购激光雷达厂商数量。

2.2.2 激光雷达技术发展现状：FLASH激光雷达有望率先实现商用

- ◆ **OPA：一维OPA扫描器仍需解决竖向偏转角度及商用成本问题。**光学相控阵（OPA）的扫描方式中，MEMS式不属纯固态范畴，液晶式难以到达车载扫描要求，因此硅光式是较为可行的研发路径。目前实验室阶段OPA扫描的横向偏转角度逐年保持较大进步，角分辨率已实现突破；但加工制造要求目前实现商用仍成本较高，同时对于后端算法的要求进一步提高，因此**距离商用仍有一定距离。**
- ◆ **FLASH：收发模块同步发展帮助FLASH激光雷达提升探测距离。**Flash激光雷达的优点在于直接去除了扫描模块，但由于是面光源（MEMS等扫描方式为点光源），因此能量相比点光源较为发散，难以到达远距离探测。影响Flash激光雷达性能的部件主要是发射模块的垂直腔面发射激光（VCSEL）及接收模块中的单光子雪崩二极管（SPAD）。VCSEL方面，目前商用VCSEL发射功率不断提升，同时VCSEL阵列实现相同峰值功率下对车辆前方更远距离的探测。SPAD方面，其发展目前同样沿着摩尔定律式的性能曲线移动，**随着SPAD的快速发展FLASH激光雷达有望率先成为商用于中距离探测的固态式激光雷达。**

09 - 19年全球实验室一维OPA扫描器可实现最大偏转角度及角分辨率（1550nm光源）



● 实验成果

2016 - 2021年SPAD像素分辨率发展进度

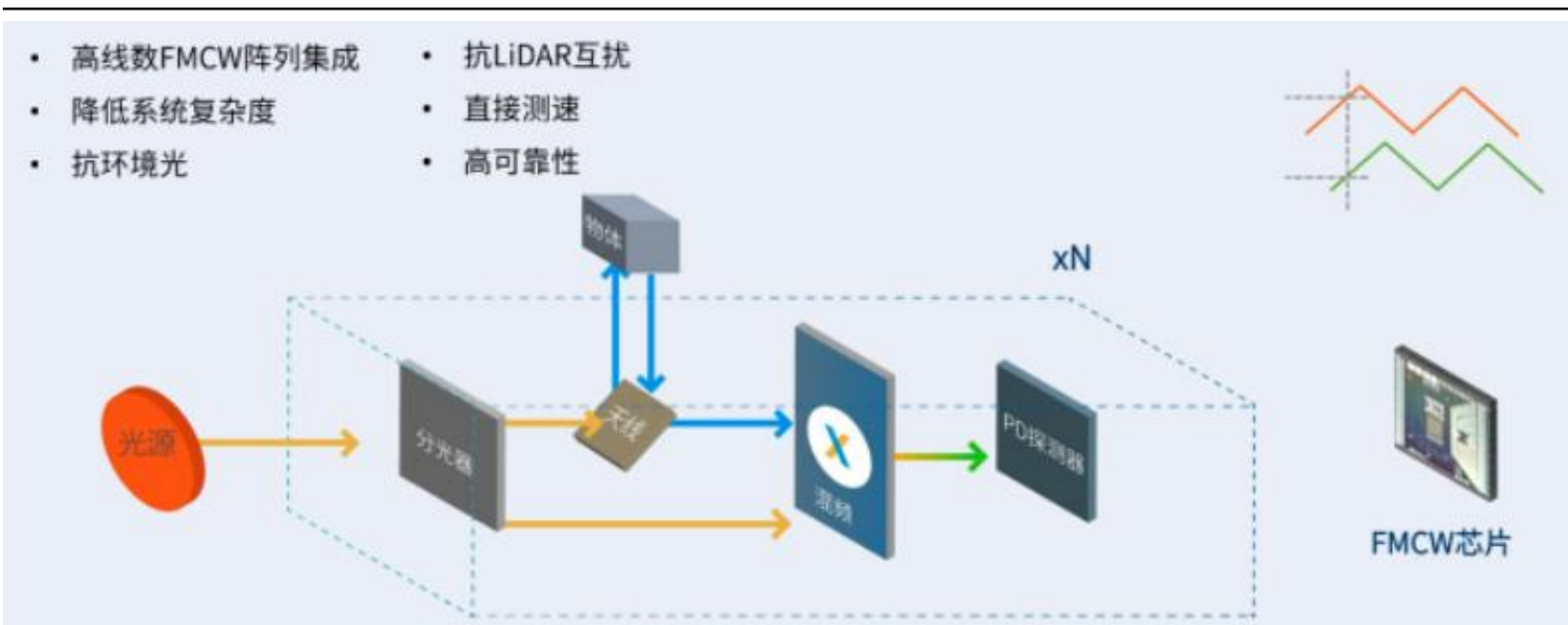


● 实验成果

2.2.3 激光雷达技术发展现状：FMCW激光雷达有望突围

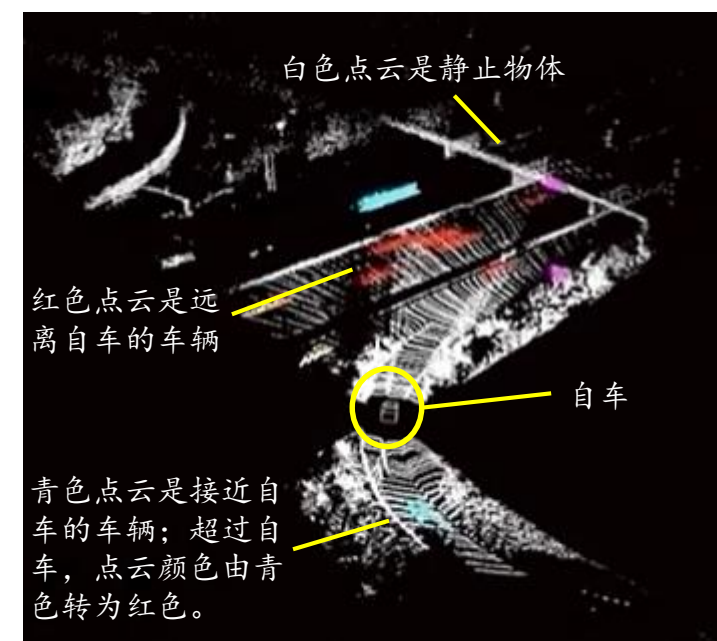
- ◆ **FMCW激光雷达相比TOF具有诸多优势**：1) TOF的光波容易受环境光干扰，而FMCW的抗干扰能力很强；2) TOF的信噪比过低，而FMCW的信噪比很高；3) TOF的速度维数据质量低，而FMCW可获取每个像素点的速度维数据；4) TOF很难跟OPA扫描结构兼容，而FMCW天然更适合OPA；5) FMCW 可实现更高层次的“芯片化”。
- ◆ **2017年之后成立的激光雷达公司往往选择FMCW路线做突围**。2017年之后成立的公司，几乎都没有做TOF产品，而是从一开始就走FMCW路线，创业公司普遍认为TOF路线比较成熟，机会已经不多；并且，TOF技术路线具有一些局限性，也需要通过一种新的技术路线来做补充。

洛微科技FMCW连续波调频相干探测方案



资料来源：九章智驾，洛微科技，知乎@奚庆新，华西证券研究所

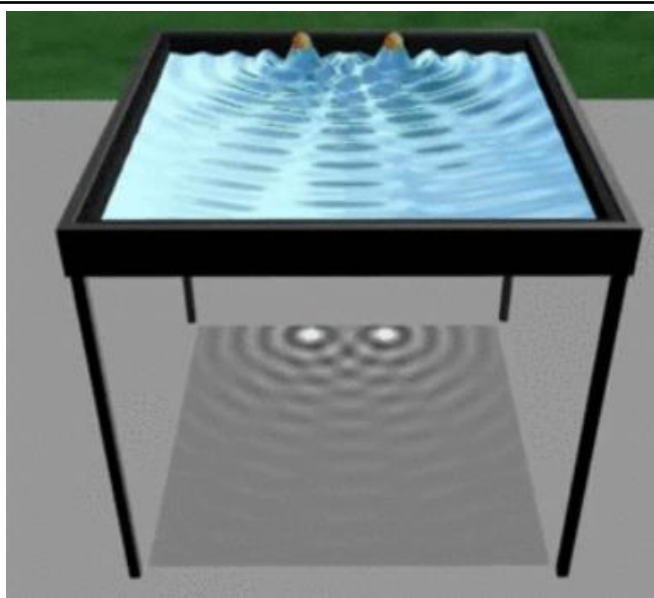
FMCW激光雷达输出的每个点云都有速度



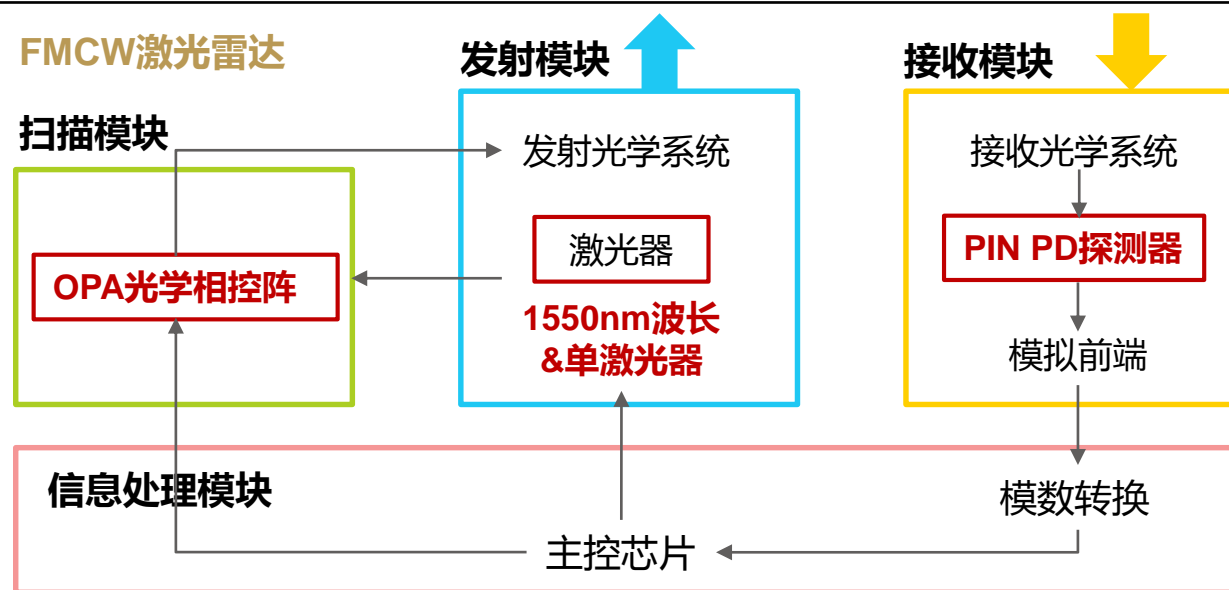
2.2.3 激光雷达技术发展现状：FMCW激光雷达有望突围

- ◆ 在结构选择上，FMCW激光雷达与TOF除光学镜头有相同之处，几乎是两个完全不同的品类。
- ✓ 1) **激光器波长：1550nm**。在光通信领域，跟FMCW搭配的都是基于1550nm波段的器件，这些器件的供应链相对成熟，成本也可控。
- ✓ 2) **单激光器**：速度维数据和高信噪比，共同降低了FMCW激光雷达对点频的要求，厂商一味将点云密度做高的意义不大。实践中，厂商们出于成本考虑，往往只会用1个激光器，再利用分光器协助增加实际发出线数。
- ✓ 3) **低成本的探测器：PIN**。在FMCW中，光束在发出去之前，留了一半在本地，可以完成“相干增益”，而不需要探测器额外增益。
- ✓ 4) **扫描方案：OPA是终极形态**。OPA扫描通常基于硅光芯片，而TOF的峰值功率过高，硅光芯片往往承受不住；FMCW的信噪比很高，即便使用很低的功率，也可以获得足够多的“有效信号”。业界认为OPA只有在FMCW成熟之后才可以应用在车载激光雷达上。

OPA光学相控阵干涉原理与水波叠加类似



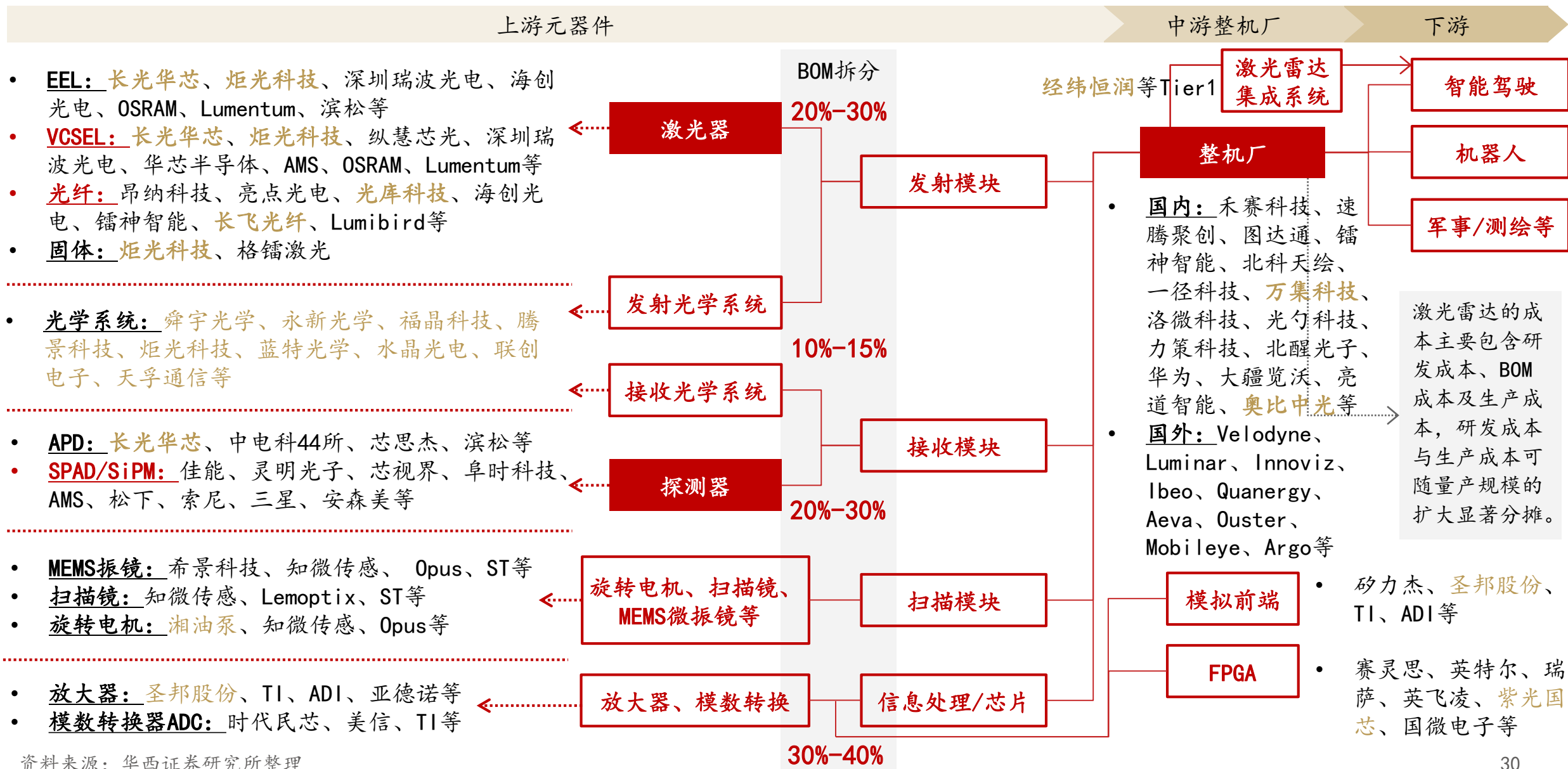
FMCW激光雷达的主流结构选择





03 产业链梳理：整机厂如何构建护城河？

3.1 激光雷达产业链一张图



资料来源：华西证券研究所整理

3.2 激光雷达整机厂布局

FMCW激光雷达的主流结构选择

| | | 机械 | 转镜 | MEMS | OPA | Flash | FMCW | | | 机械 | 转镜 | MEMS | OPA | Flash | FMCW |
|--------|----------|----|----|------|-----|-------|------|---------------------|------------------|----|----|------|-----|-------|------|
| 国内厂商 | 禾赛科技 | ● | ● | ● | | | | 国外厂商 | Velodyne | ● | | ● | | | |
| | 速腾聚创 | ● | | ● | ● | | | | Luminar | | ● | | | | |
| | 图达通 | | ● | | | | | | Innoviz | | | ● | | | |
| | 镭神智能 | ● | ● | ● | | | | | Ibeo | | | | | ● | |
| | 北科天绘 | ● | | | | ● | | | Quanergy | ● | | | ● | | |
| | 一径科技 | | | ● | | | | | Aeva | | | | | | ● |
| | 万集科技 | ● | | ● | ● | | | | Ouster | ● | | | | ● | |
| | 洛微科技 | | | | ● | | ● | | LeddarTech | | | | | ● | |
| | 光勺科技 | | | | | | ● | | Pioneer | | | ● | | | |
| | 力策科技 | ● | | | | ● | | | Strobe (GM) | | | | | | ● |
| | 北醒光子 | | ● | ● | | ● | | | Aurora | | | | | | ● |
| | 华为 | | ● | ● | | | | | Analog Photonics | | | | ● | | ● |
| | 大疆览沃 | | ● | | | | | | Voyant Photonics | | | | ● | | ● |
| | 亮道智能 | | | | | ● | | | Baraja | | | | | | ● |
| 自动驾驶公司 | Argo | | | | | ● | | Bridger Photonics | | | | | | ● | |
| | Waymo | ● | | | | | | Scantinel Photonics | | | | ● | | ● | |
| | Mobileye | | | | | | ● | SiLC Technologies | | | | | | ● | |

3.3 整机厂竞争力分析：集成化、芯片化是降本关键

◆ **集成化、芯片化是实现激光雷达高性能、低成本、高可靠性的关键效途径。**

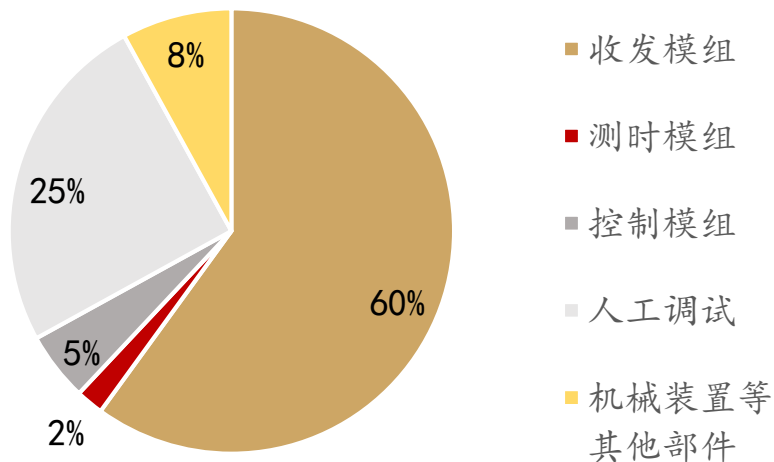
✓ 激光雷达的性能主要取决于收发模块；可靠性取决于扫描模块；成本由二者决定。其中扫描模块仍在持续演进，但对激光雷达厂商而言，收发模块技术是相对通用的，可以进行芯片化与集成化。高集成化减少器件数量，降低因单一器件失效而导致系统失效的概率，提升可靠性。

◆ **光学模块集成化、芯片化是激光雷达降本关键。**

✓ 芯片化将整个系统简化为几颗芯片，装配工艺完全可以自动化；同时大幅降低物料及调试成本。

✓ 根据禾赛科技招股书，其自研多通道发射芯片使得发射端驱动电路成本降低约70%，自研多通道模拟前端芯片使得接收端模拟电路成本降低约80%。

传统分立式激光雷达成本



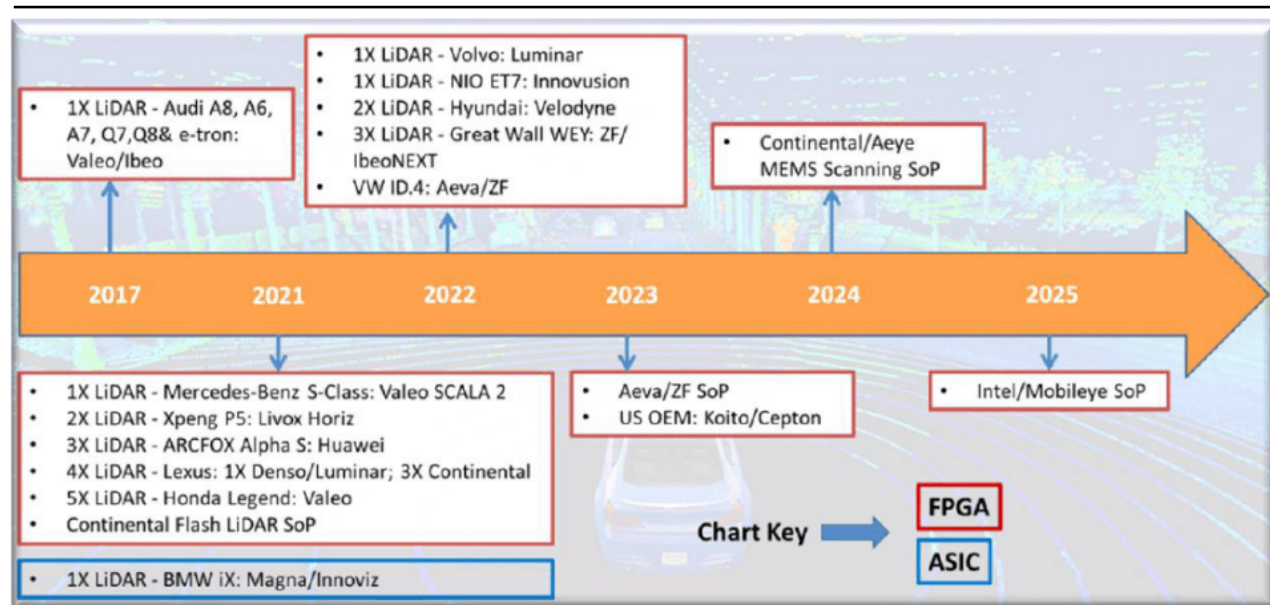
激光雷达价格下降曲线



3.3 整机厂竞争力分析：芯片集成设计能力将成为核心竞争壁垒

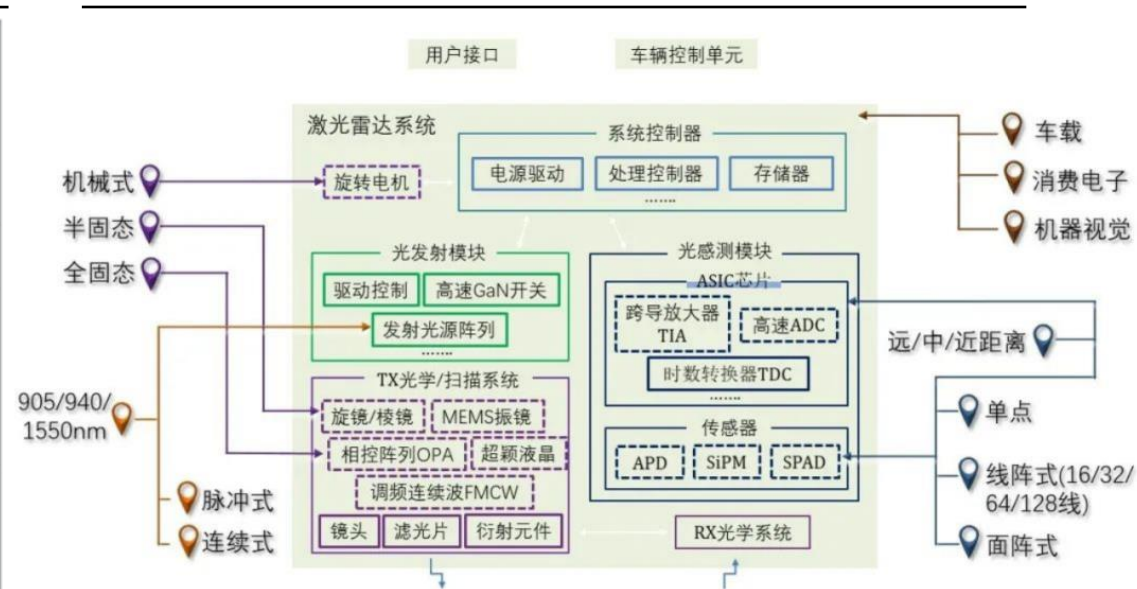
- ◆ **FPGA为当前激光雷达主控芯片的主流方案。**
 - ✓ 由于车载激光雷达目前统一的技术路线尚未确定，因此当前厂商在芯片制造上主要以基于FPGA的解决方案为主。FPGA适用于需要频繁修改和升级的系统架构，芯片可以随算法的开发而定制，以此响应汽车激光雷达系统不断演进的设计与性能要求。
- ◆ **主控芯片将从FPGA向高集成度的ASIC/SoC方案发展。**
 - ✓ 基于ASIC的解决方案更适用于永久性应用，使用ASIC芯片则意味着激光雷达厂商对于现阶段的产品系统设计已形成标准化方案，可以利用ASIC大批量量产的成本效益降低激光雷达产品成本。
 - ✓ SoC 芯片具有集成度高、适合大规模量产、器件自主可控的优势。

车载激光雷达投产时间轴：FPGA仍是主流



资料来源：Strategy Analytics，阜时科技，华西证券研究所

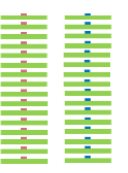
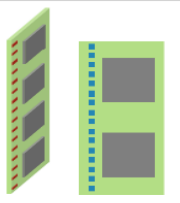
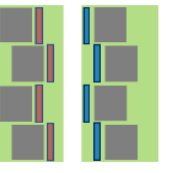
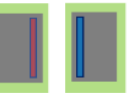
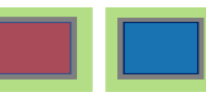
激光雷达芯片结构



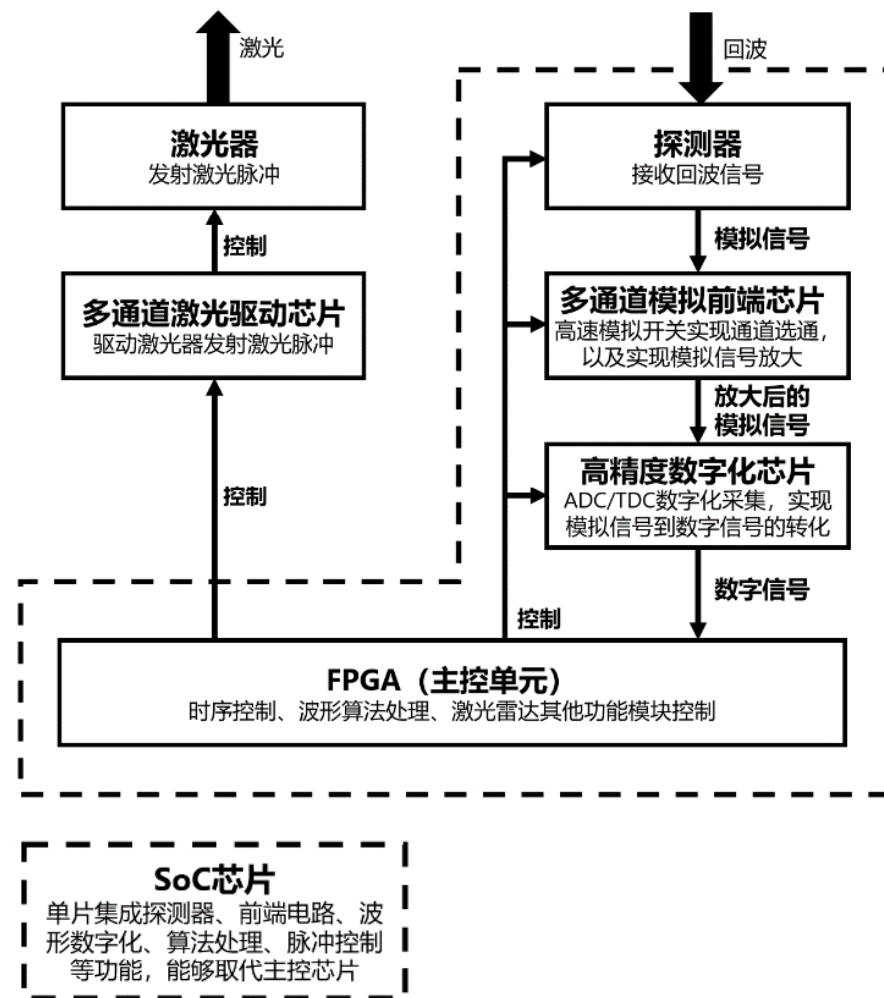
3.3 整机厂竞争力分析：禾赛科技将芯片化作为重要战略布局

- ◆ 禾赛科技将芯片化作为其两大战略布局之一，2018年以来持续投入研发SoC 芯片。
- ✓ (1) 芯片化V1.5架构将完成开发适配VCSEL 的多通道驱动芯片、适配SiPM的多通道模拟前端芯片以及高精度TDC芯片。(2) 从芯片化V2.0开始，SoC将取代FPGA。芯片化v2.0发射端采用VCSEL线阵，接收端由SiPM升级为SPAD阵列，实现在CMOS工艺下的探测器和电路功能模块的集成，线阵式SoC单片集成光电探测器、前端电路、波形数字化、波形算法处理、激光脉冲控制等功能模块，可以取代FPGA。(3) V3.0接收端采用面阵式SoC 芯片，能够实现对单光子信号进行片内处理得到点云数据。

禾赛科技芯片化路线图

| 扫描式架构 | | | 面阵式架构 | |
|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |
| 发射 接收 | 发射 接收 | 发射 接收 | 发射 接收 | 发射 接收 |
| | | | 图例： ■ 激光器 ■ 探测器 ■ 专用芯片 ■ 电路板 | |
| EEL+分立多通道驱动 APD+分立多通道TIA | EEL+多通道驱动IC APD+多通道模拟前端IC 高精度ADC芯片 | VCSEL+多通道驱动IC SiPM+多通道模拟前端IC 高精度TDC芯片 | VCSEL+多通道驱动IC SPAD阵列+线阵SoC | VCSEL面阵+面阵驱动IC SPAD阵列+面阵SoC |
| 分立器件 | 芯片化V1.0 | 芯片化V1.5 | 芯片化V2.0 | 芯片化V3.0 |

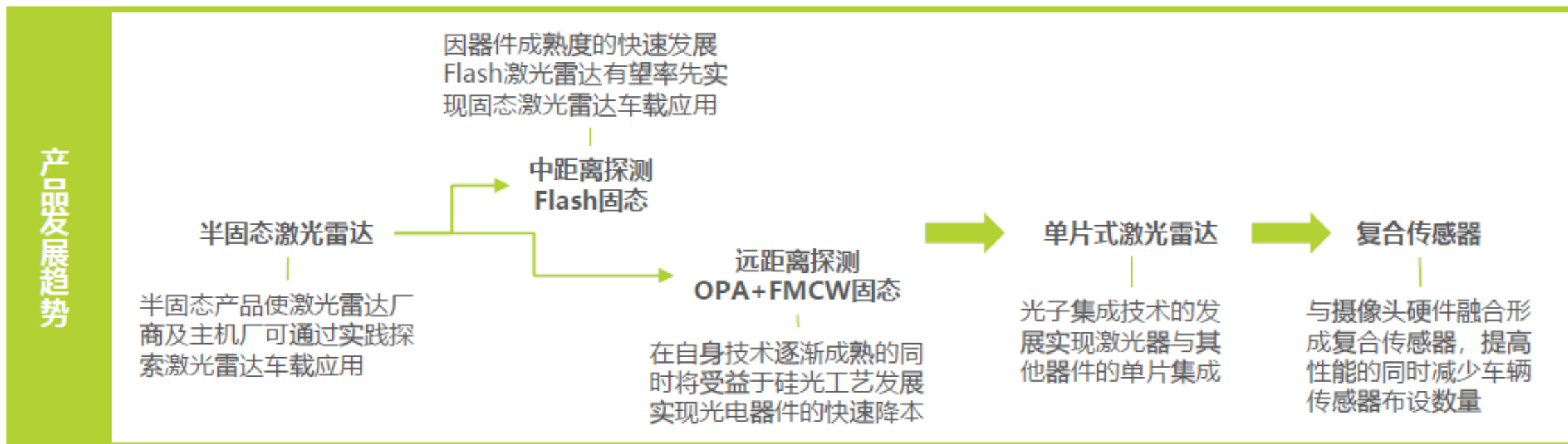
禾赛科技激光雷达专用芯片及功能模块示意图



3.3 整机厂竞争力分析：芯片化有利于整机厂保持可观的毛利率

- ◆ 禾赛科技通过芯片化技术平台，控制批量采购成本，提升生产自动化。
- ✓ 打造共用的芯片化技术架构。根据禾赛科技招股书，禾赛科技未来会通过芯片化技术构建激光雷达产品的核心架构，构建技术中台，让服务于不同市场的产品线共用一套架构。共用架构会使得不同产品的物料和生产线尽量保持一致，通过规模化效应降低物料采购成本。
- ✓ 保持可观的毛利率。芯片化的架构同时有助于自动化产线的建设，将手工的精准装调转化为由半导体设备保障精度，且保持不同产品的自动化产线间的一致性，进而降低自动化产线的开发难度和生产成本。

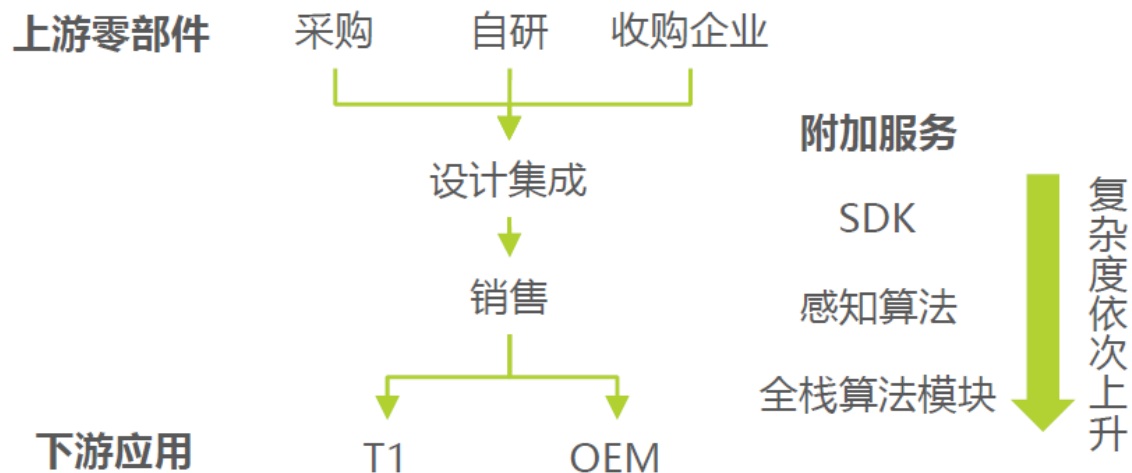
激光雷达产品发展趋势



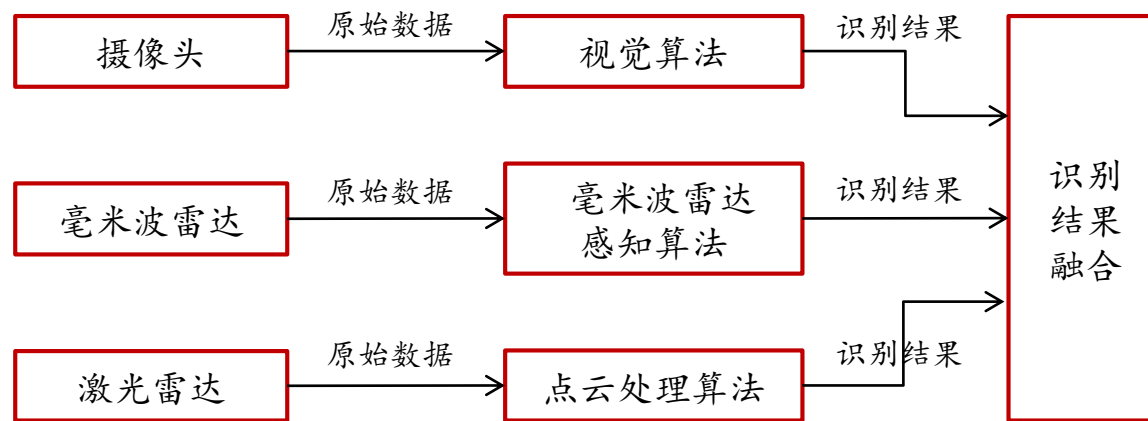
3.3 整机厂竞争力分析：软硬结合提供感知或融合算法

- ◆ 部分激光雷达企业希望通过提供软硬件结合的服务方式提升自身竞争力。
- ✓ 从长期看，各车企之间自动驾驶能力的差异点在于决策算法而非感知环节，因此提供感知算法可增加自身产品对未计划或不具备自研感知算法主机厂的附加值。
- ✓ 各激光雷达厂商或从硬件供应商向感知解决方案供应商发展。从提供SDK到感知、决策、执行全栈算法模块，其整体目标是向Tier 1供应商靠拢，不仅是单纯的零部件供应商，而是为主机厂提供整套感知解决方案，降低后者的二次开发成本。

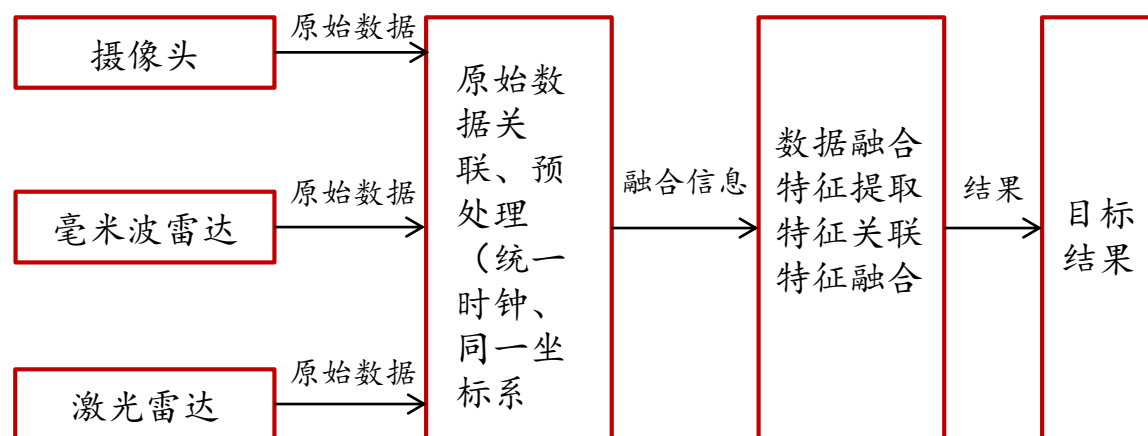
车载激光雷达厂商商业模式



后融合算法



前融合算法





04 投资建议与风险提示

4.1 投资建议

- ◆ **投资建议**：激光雷达爆发前夕，整机厂及上下游均有望受益。受益标的包括：经纬恒润、万集科技、奥比中光、光库科技、长光华芯、炬光科技、永新光学、福晶科技、腾景科技、蓝特光学、水晶光电、联创电子、天孚通信、湘油泵等。

重点公司盈利预测与估值

| 公司名称 | 股票代码 | 收盘价 | 市值(亿元) | EPS(元) | | | PE(倍) | | |
|---------|-----------|-----------|-----------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 2022/8/15 | 2022/8/15 | 2021 | 2022E | 2023E | 2021 | 2022E | 2023E |
| 经纬恒润-W | 688326.SH | 208.00 | 249.60 | 1.22 | 1.84 | 2.94 | 170.5 | 113.0 | 70.7 |
| 万集科技 | 300552.SZ | 25.12 | 53.54 | 0.22 | - | - | 114.2 | - | - |
| 奥比中光-UW | 688322.SH | 36.78 | 147.12 | -0.86 | -0.46 | -0.25 | - | - | - |
| 光库科技 | 300620.SZ | 48.02 | 78.79 | 0.80 | 1.00 | 1.34 | 59.8 | 48.2 | 35.9 |
| 长光华芯 | 688048.SH | 142.00 | 192.55 | 1.13 | 1.42 | 2.16 | 125.2 | 99.8 | 65.7 |
| 炬光科技 | 688167.SH | 156.00 | 140.34 | 1.00 | 1.35 | 2.20 | 156.0 | 115.5 | 70.8 |
| 永新光学 | 603297.SH | 114.30 | 126.28 | 2.39 | 2.43 | 3.23 | 47.8 | 47.1 | 35.4 |
| 福晶科技 | 002222.SZ | 17.70 | 75.67 | 0.45 | 0.53 | 0.63 | 39.5 | 33.7 | 28.1 |
| 腾景科技 | 688195.SH | 33.83 | 43.76 | 0.43 | 0.58 | 0.92 | 78.7 | 58.0 | 36.8 |
| 蓝特光学 | 688127.SH | 24.38 | 98.21 | 0.35 | 0.36 | 0.77 | 69.7 | 68.5 | 31.8 |
| 水晶光电 | 002273.SZ | 14.08 | 195.80 | 0.34 | 0.41 | 0.52 | 41.4 | 34.0 | 27.1 |
| 联创电子 | 002036.SZ | 18.22 | 193.65 | 0.11 | 0.34 | 0.51 | 165.6 | 53.6 | 35.5 |
| 天孚通信 | 300394.SZ | 36.61 | 143.79 | 0.79 | 1.06 | 1.36 | 46.4 | 34.6 | 27.0 |
| 湘油泵 | 603319.SH | 20.94 | 43.72 | 1.20 | 1.15 | 1.58 | 17.5 | 18.3 | 13.3 |

注：除经纬恒润外，2022、2023年盈利预测来自Wind一致预期，PE根据8月15日收盘价计

4.2 风险提示

- ◆ 智能驾驶渗透不及预期
- ◆ 激光雷达上车进度不及预期
- ◆ 激光雷达技术迭代不及预期
- ◆ 市场系统性风险等

分析师与研究助理简介

刘泽晶（首席分析师）2014-2015年新财富计算机行业团队第三、第五名，水晶球第三名，10年证券从业经验

分析师承诺

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，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，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

评级说明

| 公司评级标准 | 投资评级 | 说明 |
|--------------------------------|------|--------------------------------|
| 以报告发布日后的6个月内公司股价相对上证指数的涨跌幅为基准。 | 买入 | 分析师预测在此期间股价相对强于上证指数达到或超过15% |
| | 增持 | 分析师预测在此期间股价相对强于上证指数在5%—15%之间 |
| | 中性 | 分析师预测在此期间股价相对上证指数在-5%—5%之间 |
| | 减持 | 分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数5%—15%之间 |
| | 卖出 | 分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数达到或超过15% |
| 行业评级标准 | | |
| 以报告发布日后的6个月内行业指数的涨跌幅为基准。 | 推荐 | 分析师预测在此期间行业指数相对强于上证指数达到或超过10% |
| | 中性 | 分析师预测在此期间行业指数相对上证指数在-10%—10%之间 |
| | 回避 | 分析师预测在此期间行业指数相对弱于上证指数达到或超过10% |

华西证券研究所：

地址：北京市西城区太平桥大街丰汇园11号丰汇时代大厦南座5层

网址：<http://www.hx168.com.cn/hxqz/hxindex.html>

华西证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具备证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司签约客户使用。本公司不会因接收人收到或者经由其他渠道转发收到本报告而直接视其为本公司客户。

本报告基于本公司研究所及其研究人员认为的已经公开的资料或者研究人员的实地调研资料，但本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载资料、意见以及推测仅于本报告发布当日的判断，且这种判断受到研究方法、研究依据等多方面的制约。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及预测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息始终保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者需自行关注相应更新或修改。

在任何情况下，本报告仅提供给签约客户参考使用，任何信息或所表述的意见绝不构成对任何人的投资建议。市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告视为做出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在任何情况下，本报告均未考虑到个别客户的特殊投资目标、财务状况或需求，不能作为客户进行客户买卖、认购证券或者其他金融工具的保证或邀请。在任何情况下，本公司、本公司员工或者其他关联方均不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告而导致的任何可能损失负有任何责任。投资者因使用本公司研究报告做出的任何投资决策均是独立行为，与本公司、本公司员工及其他关联方无关。

本公司建立起信息隔离墙制度、跨墙制度来规范管理跨部门、跨关联机构之间的信息流动。务请投资者注意，在法律许可的前提下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的前提下，本公司的董事、高级职员或员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

所有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、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为华西证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

THANKS

