

自动驾驶加速驶来，车载激光雷达开启百亿蓝海市场

核心观点

- **自动驾驶向高级别进阶，激光雷达装车小高潮来临。**2021 年以来，L3 级别自动驾驶能力的蔚来 ET7、ET5、小鹏 P5，L2-L4 级别华为极狐等相继发布，“渐进式”车企逐渐跨越 L2 高级辅助驾驶和 L3 自动驾驶的分水岭。IDC 预计 24 年 L3 及以上自动驾驶乘用车出货量将增至 86 万辆，20-24 CAGR 高达 128%。另一方面伴随 Robotaxi / Robotruck 的商业化落地，未来该领域的车队规模将加速扩大，沙利文研究预计 2025 年新落地车队规模将突破 60 万辆。在“渐进式”和“跨越式”的双轮驱动下，自动驾驶加速驶来，激光雷达作为实现高级别自动驾驶的关键感知技术，也将迎来广阔发展空间。沙利文研究预测，至 25 年全球激光雷达市场规模为 135 亿美元，19-25E CAGR 65%；其中无人驾驶和 ADAS 领域市场规模将分别增至 35/46 亿美元，19-25E CAGR 为 81%/84%，25 年车载激光雷达将占整体激光雷达市场比重超 6 成。
- **技术路线快速迭代，供给侧壁垒逐一攻破。**当前激光雷达技术路线未见终局，各个技术路线差异大，同源性低，呈百花齐放的态势，各方势力、各个技术流派共同助推激光雷达降本增效。目前看来机械式激光雷达成本高昂，更适用于无人驾驶等研发测试类项目，短期内半固态转镜式、MEMS 率先上车，主导中远距离激光雷达，Luminar、法雷奥、华为、大疆 Livox、速腾聚创等国内外企业均有产品率先满足车规落地量产。长远来看，工艺级别更高的固态 Flash、OPA 技术成熟后或将成为主流方向。同时伴随着芯片化、阵列化技术的持续发展，Livox 预计未来激光雷达价格有望下探至百元级别，助力激光雷达规模化装车前行。
- **国内产业链日趋成熟，开启百亿美元蓝海市场。**据 Yole 统计，21 年全球车载激光雷达市场中，国内企业速腾聚创 /Livox/ 华为 / 禾赛科技 / 图达腾分别以 10%/7%/3%/3%/3% 份额占得一席之地，其中速腾聚创和 Livox 排名全球第 2/4，属于国内第一梯队。在政策以及下游市场环境的双重驱动下，国内激光雷达企业开始崭露头角，发展迅猛，叠加华为、大疆等科技大厂跨界入局，带动我国激光雷达产业链日趋成熟，在需求侧与供给侧的双重作用下，汽车激光雷达产业有望开启百亿蓝海市场。伴随我国智能电动车产业的蓬勃发展以及激光雷达企业在全中国范围内的后来居上，相关上游配套元器件供应商有望凭借较强的工艺控制与成本控制能力、更贴近客户、灵活响应配套等优势，深度受益于汽车电子的供应链重塑机遇。

投资建议与投资标的

- 我们看好激光雷达作为实现高级别自动驾驶的不可或缺的传感器，将受益于高级别自动驾驶的加速驶来，迎来规模化装车需求。我们认为激光雷达产业正处于爆发拐点，建议关注产业链中上游具有相关技术沉淀，与车企紧密展开合作的企业。建议关注车载镜头和模组领军企业舜宇光学、光学精密仪器及元件制造商永新光学、精密光学元件方案商水晶光电、高功率半导体激光器企业炬光科技、光学元件和光纤器件制造商腾景科技、热电制冷技术企业富信科技、激光雷达电机生产商湘油泵。

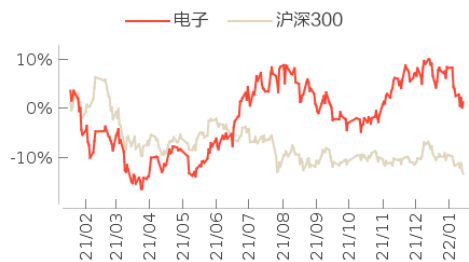
风险提示

- 自动驾驶渗透率不及预期；激光雷达技术发展不及预期；激光雷达成本下降幅度不及预期。

行业评级

看好（维持）

国家/地区 中国
行业 电子行业
报告发布日期 2022 年 01 月 17 日



证券分析师

蒯剑 021-63325888*8514
kuaijian@orientsec.com.cn
执业证书编号：S0860514050005
香港证监会牌照：BPT856

姜雪晴 jiangxueqing@orientsec.com.cn
执业证书编号：S0860512060001

马天翼 021-63325888*6115
matianyi@orientsec.com.cn
执业证书编号：S0860518090001

唐权喜 021-63325888*6086
tangquanxi@orientsec.com.cn
执业证书编号：S0860521070005

联系人

李庭旭 litingxu@orientsec.com.cn
韩潇锐 hanxiaorui@orientsec.com.cn
袁俊轩 yuanjunxuan@orientsec.com.cn

相关报告

半导体创新与国产化并重，汽车、VR/AR 空间广阔：——电子行业 2022 年投资策略 2021-12-07

电动化和智能化共振，车载 PCB 需求全方位成长 2021-11-30

自动驾驶驶入快车道，车载摄像头迎放量价齐升 2021-07-05

目录

1. 自动驾驶渐行渐近，激光雷达规模化装车前夜已至	5
1.1 多方势力推动，高阶自动驾驶呼之欲出	5
1.2 多传感器融合大势所趋，激光雷达必不可少	9
1.3 首款激光雷达量产车问世，拉开规模化装车序幕	11
2. 技术路径快速迭代，助力激光雷达装车前行	13
2.1 激光雷达类型多样，技术发展日新月异	13
2.2 扫描模块：半固态、固态后来居上	16
2.2.1 机械式激光雷达：高精度伴随高成本、难量产瓶颈	17
2.2.2 半固态激光雷达：率先上车，是当下之选	18
2.2.3 固态激光雷达：技术待成熟，是未来之选	20
2.3 收发模块：核心硬件集成化、芯片化架构势在必行	22
3. 产业链日益成熟，国内厂商初露锋芒	25
3.1 上游决定产品性能，海外厂商领跑国内厂商紧跟	26
3.2 中游竞争加剧，国内市场百花齐放	27
4. 投资建议	28
舜宇光学：全球车载镜头龙头，布局激光雷达加码车载业务	28
永新光学：光学精密仪器领先供应商，车载光学增添新动能	29
水晶光电：深耕产业链向解决方案商升级，车载业务持续突破	30
炬光科技：高功率半导体激光器领军企业，布局汽车业务打开成长空间	30
腾景科技：光学元件和光纤器件双轮驱动，掌握光学光电子核心技术	31
富信科技：国内半导体冷热器件领导者，切入激光雷达高端应用领域	32
湘油泵：子公司东兴昌科技深耕电机产品，具备激光雷达电机配套能力	33
5. 风险提示	34

图表目录

图 1：自动驾驶发展两种路径	5
图 2：造车新势力车型迭代历程	5
图 3：传统车企自动驾驶规划	6
图 4：全球自动驾驶汽车出货量及增长率预测（千辆）	7
图 5：自动驾驶车道路测试数据	7
图 6：自动驾驶车企发展历程	8
图 7：感知层传感器性能比较	9
图 8：感知层传感器优势比较	10
图 9：自动驾驶感知解决方案对比	10
图 10：各类传感器需求量逐级提升	11
图 11：自动驾驶车激光雷达配置情况	11
图 12：各家车型搭载激光雷达情况	12
图 13：2017-2025E 全球激光雷达市场规模（单位：亿元）	13
图 14：2025 年激光雷达市场应用分布	13
图 15：激光雷达工作原理及构成模块	14
图 16：激光雷达按照不同依据分类	14
图 17：激光雷达按照不同依据分类	15
图 18：激光雷达按扫描方式分类	15
图 19：各类激光雷达产品	16
图 20：激光雷达性能比较	16
图 21：激光雷达发展迭代路径	16
图 22：汽车激光雷达发展路线图	16
图 23：机械式激光雷达结构图	17
图 24：Velodyne Puck VLP-16 16 线 BOM 约 950 美元	17
图 25：转镜式激光雷达结构图	18
图 26：华为 96 线中长距离激光雷达	18
图 27：MEMS 激光雷达工作原理图	19
图 28：MEMS 微振镜工作示意图	19
图 29：大疆 Livox 转镜式激光雷达结构图	19
图 30：Livox 和小鹏合作量产汽车级激光雷达	19
图 31：固态 Flash 激光雷达结构图	20
图 32：大陆 Flash 激光雷达	20
图 33：OPA 激光雷达原理图	21
图 34：Quanergy S3 OPA 激光雷达	21

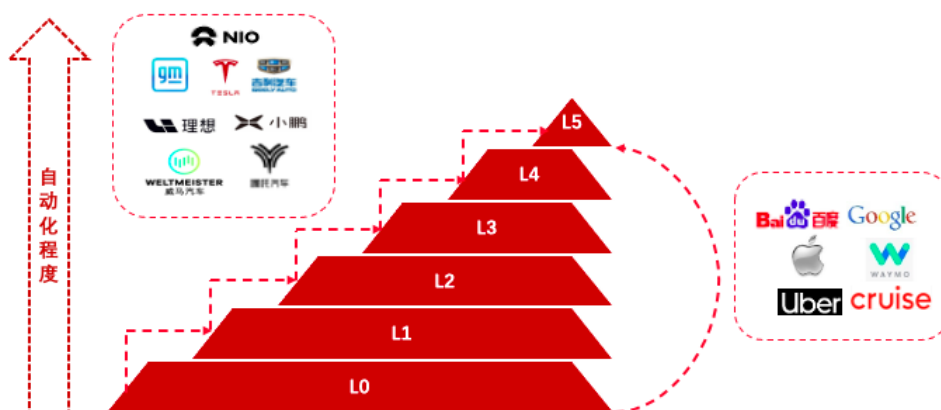
图 35：激光雷达各个技术路线总结	21
图 36：EEL 与 VCSEL 发光面示意图	23
图 37：VCSEL 光束质量更高	23
图 38：SPAD&APD 性能比较	23
图 39：汽车激光雷达技术发展趋势	23
图 40：激光雷达专用芯片及功能模块示意图	24
图 41：激光雷达芯片化发展路线	24
图 42：激光雷达产业链	25
图 43：激光雷达成本分布	26
图 44：禾赛科技 2020.01-2020.09 原材料采购成本分布	26
图 45：激光雷达公司竞争格局	27
图 46：2019 全球激光雷达市场地域分布	27
图 47：2021 车载激光雷达市场份额	27
图 48：主要汽车激光雷达企业介绍	28
图 49：公司激光雷达主要产品	29
图 50：公司主要服务的激光雷达种类	29
图 51：公司车载光学布局	29
图 52：公司光学业务收入增长加速（单位：百万元）	29
图 53：19 Q1-21 Q3 公司收入及归母净利润（单位：百万元）	30
图 54：公司汽车电子产品布局	30
图 55：公司汽车业务产品布局	31
图 56：2017-21 H1 公司主营业务收入（单位：百万元）	31
图 57：2017-2020 公司营收情况（单位：百万元）	31
图 58：公司核心技术	32
图 59：公司主要产品	32
图 60：公司主要业务及产品	32
图 61：热电制冷技术国内外企业竞争及布局情况	32
图 62：公司主要电机产品	33
图 63：2017-21 H1 公司营收情况	33

1. 自动驾驶渐行渐近，激光雷达规模化装车前夜已至

1.1 多方势力推动，高阶自动驾驶呼之欲出

自动驾驶两种路径殊途同归，共同推动高级别自动驾驶加速落地。当前自动驾驶正沿着两种路径向我们驶来，一种是以造车新势力领衔，传统车企紧跟的渐进式发展路径，从高级辅助驾驶（ADAS）逐渐实现 L3+自动驾驶；另一种则是以百度、谷歌等为代表的科技力量，采取跨越式的技术发展路线，直接研发 L4/L5 级别自动驾驶/无人驾驶。尽管发展路径有所不同，在科技公司、造车新势力、传统车企等多方势力的助推下，自动驾驶硬件和软件技术愈发成熟，共同指向高级别自动驾驶落地。

图 1：自动驾驶发展两种路径



资料来源：今日头条、电子发烧友、东方证券研究所整理

渐进式车企普遍实现 L2 高级别辅助驾驶，向 L3 级别自动驾驶级别迈进。在历经几年的技术积累后，各家智能汽车车型密集发布并实现交付量产，开始步入收获期。步入 2021 年，L3 级别自动驾驶能力的蔚来 ET7、ET5，小鹏 P5 相继发布，满足 L2-L4 级别的华为极狐阿尔法 S 也于 21 年 4 月发布，行业开始进入 L3+自动驾驶时代。

图 2：造车新势力车型迭代历程

厂商	车型	首发时间	交付时间	自动驾驶系统	自动驾驶级别	自动驾驶芯片	总算力 (TOPS)
特斯拉	model 3	2016.04	国际：2017.07 国产：2020.01	最新采用 AutopilotHW 3.0	L2+	自研 FSD	144
	model Y	2019.03	国际：2020.06 国产：2021.01				
蔚来	EC6	2019.12	2020.09	NIO Pilot	L2	Mobileye EyeQ4	2.5
	ET7	2021.01	2022 Q1	NAD	L3	NVIDIA Drive Orin	1016
	ET5	2021.12	2022 Q3	NAD	L3	NVIDIA Drive Orin	1016

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责申明。

理想	One	2018.10	2019.11	理想 AD	L2	Mobileye EyeQ4	2.5
	One 2021	2021.05	2021.06	理想 AD	L2	地平线征程 3	10
小鹏	P7	2019.04	2020.07	XPILOT 3.0	L2	NVIDIA Xavier	30
	P5	2021.04	2021 Q4	XPILOT 3.5	L3	NVIDIA Xavier	30

资料来源：各公司官网、互联网公开信息整理、东方证券研究所

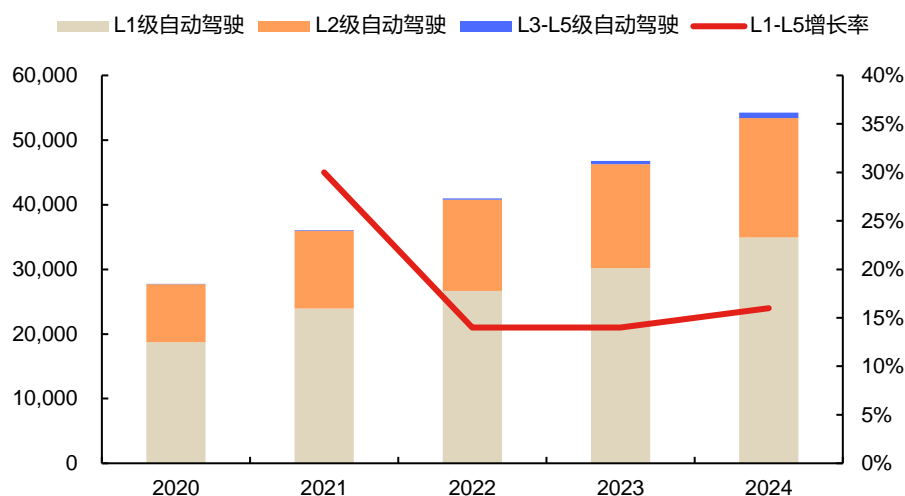
图 3：传统车企自动驾驶规划

区域	企业	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
欧美	宝马	L2				L3			L4		
	奔驰	L2			L3				L4		
	沃尔沃	L2				L4					
	大众	L2				L4					
	通用	L2			L4						
	福特	L2			L4						
日本	丰田	L2			L4						
	本田	L2			L3						
	日产	L2				L3					
	现代起亚	L2				L4					
中国	上汽	L2				L3	L4				
	一汽	L2			L3	L4				L5	
	长安	L2			L3		L4				
	东风	L2			L3						L4
	北汽	L2			L3	L4					
	广汽	L2	L3								
	吉利	L2			L3				L4		
	长城	L2			L3		L4				
	奇瑞	L2			L3						

资料来源：盖世汽车、东方证券研究所

全球自动驾驶市场有望迎来高速增长期。根据 IDC，全球具备自动驾驶乘用车的出货量有望从 20 年的 2774 万辆增长到 2024 年的 5425 万辆，其中 L3 级别及以上自动驾驶车辆出货量从 20 年的 3.2 万辆增长到 24 年的 86.3 万辆，20-24 年 CAGR 高达 128%。

图 4：全球自动驾驶汽车出货量及增长率预测（千辆）



资料来源：IDC、东方证券研究所

而在另一边，无人驾驶技术也愈发成熟。截至目前共七家企业获得加州全无人驾驶牌照，包括中国系的安途、百度、文远知行和美国系的 GM Cruise、Nuro、Waymo、Zoox（亚马逊旗下）。根据加州车辆管理局 2019 年与 2020 年发布的《自动驾驶接管报告》，Waymo 与 GM Cruise 凭借着极高的总里程数以及平均每次接管里程数领先；安途（AutoX）、文远知行（WeRide）等紧随其后。对比 2019 与 2020 的测试数据，各家公司的车均接管次数明显降低，平均每次接管间的总里程显著上升。

图 5：自动驾驶车道路测试数据

制造商	总接管次数（次/年）		总里程（万英里）		平均每次接管间行驶里程（万英里/次）		测试车总数（辆）		每台车平均接管次数（次/辆）	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
Waymo LLC	110	21	145.4	62.9	1.3	3.0	148	239	0.7	0.1
CRUISE LLC	68	27	83.1	77.0	1.2	2.9	228	137	0.3	0.2
安途	3	2	3.2	4.1	1.1	2.0	8	8	0.4	0.3
文远知行	39	2	0.6	1.3	0.0	0.7	8	9	4.9	0.2
Nuro, Inc	34	11	6.9	5.5	0.2	0.5	33	20	1.0	0.6
Zoox, Inc	42	63	6.7	10.3	0.2	0.2	32	45	1.3	1.4
百度	6	-	10.8	-	1.8	-	4	-	1.5	-

资料来源：加州机动车管理局官网、东方证券研究所

自动驾驶商业化步伐开启。经历了多年的无人驾驶技术积累后，自动驾驶已经开始在无人出租车出行服务、无人配送车以及长途货物运输等场景率先落地应用。在国内，百度、安途、滴滴、文远之行、小马智行等均已推出无人驾驶打车业务，步入试运营阶段，其中百度 Apollo 无人驾驶

Robotaxi 成为中国首批“共享无人车”，正式开启常态化商业运营，向公众全面开放。在海外，Waymo Robotaxi 早在 18 年便开启商业化运营，车队规模不断扩大。

图 6：自动驾驶车企发展历程

公司	时间	事件
Google	2010.09	谷歌公司宣布，正在开发自动驾驶汽车
	2012.05	获得了美国首个自动驾驶车辆许可证
	2016.12	谷歌汽车项目更名为 Waymo，并独立运营
	2018.10	获得加州首个全无人驾驶测试牌照
	2018.12	Waymo 正式在美国亚利桑那州推出 Waymo One 无人驾驶出租车服务，无人驾驶在出租车领域首次实现商业化
	2019.11	Waymo One 成为全球首个无安全员的无人驾驶出租车服务
	2020.01	Waymo 与 UPS 正式建立合作伙伴关系，共同开发无人驾驶取件车辆
	2020.07	Waymo 与 FCA 扩大合作关系，共同研发 L4 自动驾驶技术
	2020.01	Waymo 搭载 L4 自动驾驶技术 Robotaxi 正式上线
GM Cruise	2014.01	选择淘汰 RP-1，着手生产 L4 级日产 LEAF
	2020.01	L4-L5 级 Cruise Origin 亮相，并计划于 2023 年量产
	2020.1	获得加州全无人驾驶测试牌照
	2021.1	与微软合作，进行无人驾驶汽车商业化
	2021.4	与迪拜道路和运输管理局签订协议，2029 年底前成为当地自驾出租车与叫车服务独家运营商
安途	2019.03	携手比亚迪发布 L4 级纯电动比亚迪秦 ProX
	2020.07	获得加州全无人驾驶测试牌照
	2021.05	全无人 Robotaxi 向公众全面开放
	2021.07	发布第五代全无人驾驶系统 AutoX Gen5 以及 L4-L5 级无人驾驶计算平台 AutoX XCU
	2021.11	AutoX 首个中国全区、全域、全车无人驾驶的 RoboTaxi 运营区在深圳建成
文远知行	2018.01	在广州开启国内首个 L4 级自动驾驶常态化试运行
	2019.03	发布 L4 级日产 LEAF 2
	2019.11	Robotaxi 广州试运营
	2021.02	中国第一家拥有网约车运营资质的自动驾驶企业
	2021.04	获得加州全无人驾驶测试牌照
	2021.06	公布 C 轮融资信息，融资总金额达到了 3.1 亿美元（约合人民币 20 亿元）
	2021.09	宣布与广汽集团及旗下移动出行平台如祺出行达成战略合作，共同打造具备无人驾驶能力的 Robotaxi 产品
小马智行	2021.05	L4 级重卡小马智卡获颁道路运输经营许可，正式开展商业运营
	2021.05	获得加州全无人驾驶测试牌照
百度	2015.12	无人驾驶汽车首次在北京五环进行测试
	2019.09	在长沙获得 45 张自动驾驶牌照配套 45 辆 Apollo 与一汽红旗联合研发 L4 级红旗 EV，自动驾驶出租车队 Robotaxi 在长沙开启试运营
	2021.01	获得加州全无人驾驶测试牌照
	2021.06	与极狐合作发布 L4 级 Apollo Moon, 预计 2024 年落地 1000 台
	2021.11	获国内首个自动驾驶收费订单
滴滴	2019.08	将其自动驾驶部门升级为独立公司，专注于自动驾驶研发、产品应用及相关业务拓展

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责申明。

2021.04	宣布携手沃尔沃打造自动驾驶测试车队
2021.05	与广汽集团完成新一轮融资，融资额共计 2 亿美元

资料来源：互联网公开信息、东方证券研究所整理

尽管自动驾驶仍处初步商业化阶段，离大规模商业化仍有一段距离，但随着 Robotaxi 从有限的测试场景逐渐走向更多元化的运营场景，从有安全员随时准备接管向完全无人驾驶演进，从免费体验发展到付费运营，自动驾驶在 Robotaxi 及其他场景下的应用生态将愈发成熟。

1.2 多传感器融合大势所趋，激光雷达必不可少

摄像头技术成熟且成本低，成为率先装车且用量最大的感知硬件。车载摄像头是 ADAS 系统的主要视觉传感器，也是最为成熟的车载传感器之一。然而由于摄像头与人眼一样，属于被动地接收可见光，因此在逆光或者光影复杂的情况下视觉效果较差，且易受恶劣天气影响。

毫米波雷达受天气环境的影响最小，全天候性能最佳。毫米波雷达与激光雷达工作原理相似，目前车载领域常用的毫米波雷达频段为 24GHz、77GHz 和 79GHz，分别对应短、长、中距离雷达。毫米波雷达由于波长够长，绕物能力好，受天气环境的影响最小，但同时由于波长过长，探测精度大大下降。

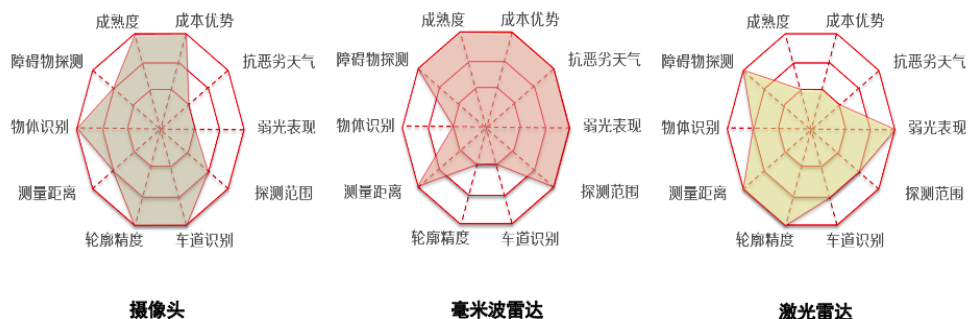
激光雷达精度最佳，满足 L3-L5 自动驾驶需求。激光雷达以激光作为载波，波长比毫米波更短，因此探测精度高、距离远。激光雷达还能通过回收不同方向激光尺的信息，以点成线，以线成面，形成障碍物 3D “点云”图像。受限于技术难度大、成本高，目前还未实现大规模装车，随着未来产业链的日趋成熟，成本下探后，激光雷达产业或将迎来爆发。

图 7：感知层传感器性能比较

分类	最远距离	工作原理	优势	劣势
摄像头	≥ 50 米	通过摄像头采集外部信息并根据算法进行图像识别	唯一可以读取“内容”信息的传感器	受光线干扰；算法要求高；丢失深度信息
毫米波雷达	≥ 250 米	反射及接受毫米波，分析折返时间测算距离	具备绕物能力；受天气和环境的影响最小；全天候全天时测距远	精度下降，不能清晰呈现目标物点云；数据稳定性差；对金属敏感
激光雷达	≥ 200 米	反射及接受激光，分析折返时间测算距离	探测距离远，精度高；响应速度灵敏；形成三维还原	在不良天气下的表现不佳；价格昂贵

资料来源：半导体行业观察、CSDN、东方证券研究所整理

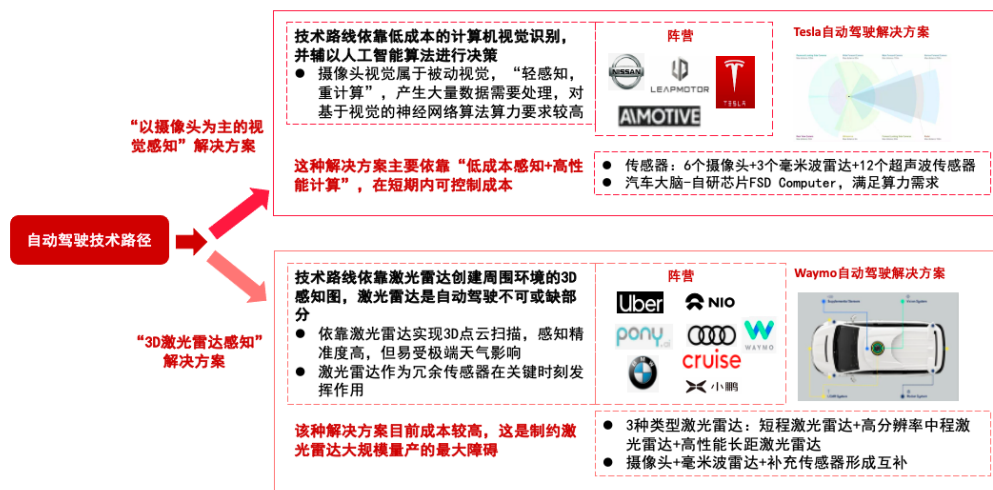
图 8：感知层传感器优势比较



资料来源：东方证券研究所整理

多传感器融合大势所趋，激光雷达必不可少。在自动驾驶感知技术领域，目前主要形成两大阵营，以特斯拉为代表的“视觉感知”和以 Waymo、蔚来、小鹏等为代表的“3D 激光雷达融合感知”解决方案。前者“轻感知，重算法”，采用低成本的摄像头进行环境感知，辅以高性能计算，对基于视觉的神经网络算法算力要求较高；后者主要依靠激光雷达创建周围环境感知的 3D 环境图，形成“摄像头+毫米波雷达+激光雷达”融合冗余的感知方案。

图 9：自动驾驶感知解决方案对比



资料来源：盖世汽车、东方证券研究所

尽管纯视觉方案具备一定的成本优势，能够满足当前 L2 级别 ADAS 感知需求，但随着自动驾驶的逐级演进，感知层数据量呈指数级增长，弱感知将对芯片的性能和算力提出更高的要求，增加实现难度。此外摄像头本身性能和识别精度的欠缺（如不能直接给出距离、将三维世界降至二维成像、受制于天气等）也制约了纯视觉感知解决方案在高等级自动驾驶中的发展普及。我们认为为了实现无人驾驶功能性与安全性的全面覆盖，传感器的融合与冗余将成为未来的主旋律，而激

光雷达作为其中探测精度、分辨率更高的关键一环，其技术工艺的不断迭代成熟，成本的逐渐下探，也将促进其在 L3 及以上车型的规模化装车应用。

图 10：各类传感器需求量逐级提升



资料来源：麦姆斯、东方证券研究所

1.3 首款激光雷达量产车问世，拉开规模化装车序幕

Robotaxi 是此前激光雷达主战场。相较于乘用车领域，Robotaxi 定位于 L4-L5 级别无人驾驶，因对感知层探测性能要求最高。同时由于车辆的所有者无人运营驾驶公司往往是资本实力雄厚的汽车/科技大厂，所以对激光雷达价格及与车身的集成度要求相对较低，多家运营商的 Robotaxi 均已配置激光雷达，是此前激光雷达的主战场。

图 11：自动驾驶车激光雷达配置情况

自动驾驶公司	发布时间	激光雷达供应商	装车时间	产品名	性能	颗数	类型
Waymo	2019	旗下 Laser Bear	2019	Honeycomb	最远探测距离 75m，视场角 360° * 95°	5	机械式
GM Cruise	2017	并购 Strobe	/	/	360° 水平视场角	5	/
百度	2020	Velodyne	2020	Alpha Prime	最远探测距离 300m，视场角 360° * 40°，3cm 距离精度，0.11° 角度精度	1	机械式
小马智行	2021	Luminar	2023	Iris	最远探测距离 600m，视场角 120° * 26°，1cm 距离精度	1	混合固态 (MEMS)
安途	2020	大疆 Livox	2020	Horizon	最远探测距离 260m，视场角 81.7° * 25.1°，2cm 距离精度，0.05° 角度精度	5	混合固态 (棱镜式)
	2020		2020	Tele 15	最远探测距离 500m，视场角 14.5° * 16.2°，2cm 距离精度，<0.03° 角度精度	/	

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并阅读本证券研究报告最后一页的免责声明。

文远知行	2020.	自研	2020	LCS	最远探测距离 250m, 360° 水平视场角	1	/
------	-------	----	------	-----	----------------------------	---	---

资料来源：各公司官网、互联网公开信息、东方证券研究所整理

乘用车迎来激光雷达装车小高潮。L3 级别自动驾驶能力的蔚来 ET7、ET5，小鹏 P5，L2-L4 级别的华为极狐阿尔法 S 等四款车相继发布，均配备了激光雷达，其中小鹏 P5 是全球首款搭载激光雷达的量产车。随着“渐进式”智能汽车企业逐步实现从 L2 辅助驾驶到 L3 自动驾驶的跨越，激光雷达装车需求迎来高潮，将步入集中装车阶段，乘用车也将成为激光雷达未来主战场。

图 12：各家车型搭载激光雷达情况

企业	车型	发布时间	交付时间	供应商	产品名	性能	颗数	类型
奥迪	A8	2017.07	2017	Valeo(scala)	Scala 1	4 线激光雷达，最远探测距离 150m，水平视场 145°	1	混合固态 （转镜式）
奔驰	S 级	2020.09	2021.Q1	Valeo(scala)	Scala 2	16 线激光雷达。最远探测距离 150m，水平视角 133°	1	
本田	Legend	2021.03	/	Valeo(scala)	Scala 2	16 线激光雷达。最远探测距离 150m，水平视角 133°	5	
蔚来	ET7	2021.01	2022Q1	Innovusion	Falcon	最远探测距离 500m，水平视角 120°，最高分辨率 0.06° *0.06°	1	
蔚来	ET5	2021.12	2022Q3					
上汽	飞凡 R7	2021.03	2022	Luminar	Iris	探测距离最远 250m，分辨率达 300PPD，角分辨率为 120° * 30°	1	
上汽	智己 L7	2021.01	2022H1	速腾聚创 （预计）	-	-	3	
北汽	极狐阿尔法 S HI 版	2021.04	2021Q4	华为	-	96 线激光雷达，探测最远距离 150m，视场角 120° * 25°，分辨率 0.25° * 0.26°	3	
长安	阿维塔 E11	2021	2022Q3	华为	-		3	
小鹏	P5	2021.04	2021Q4	大疆 Livox	Horiz、HAP	最远探测距离达 150m ³ ，覆盖前方横向 150° 视野，测距精度厘米级，角度分辨率达 0.16° * 0.2°	2	混合固态 （棱镜式）
Lucid Motors	Lucid Air	2016	2021Q2	速腾聚创	RS-LiDAR-M1	最远探测距离 200m，视场角 120° * 25°，分辨率为 0.2° * 0.2°	1	混合固态 （MEMS）
长城	摩卡	2021.01	2021.11	IBEO	ibeoNEXT	最远探测距离不少 260m，分辨率达 0.05°，可根据客户需求选配检测范围的角度	3	Flash 固态

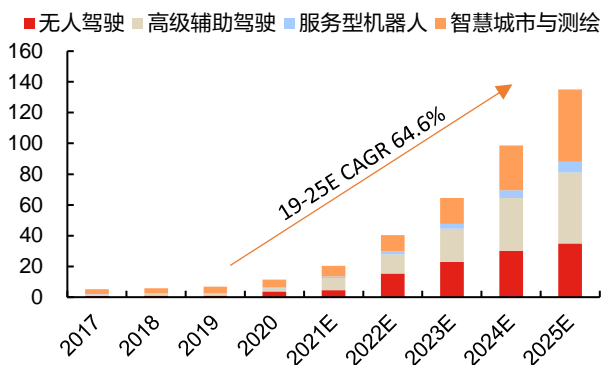
资料来源：各公司官网、互联网公开信息、东方证券研究所整理

“渐进式”、“跨越式”双轮驱动，激光雷达开启集中装车，市场规模高速增长。一方面随着自动驾驶的逐级演进，传感器的融合与冗余成为解放驾驶员双手与双脚并确保其安全性的关键所在，

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并阅读本证券研究报告最后一页的免责声明。

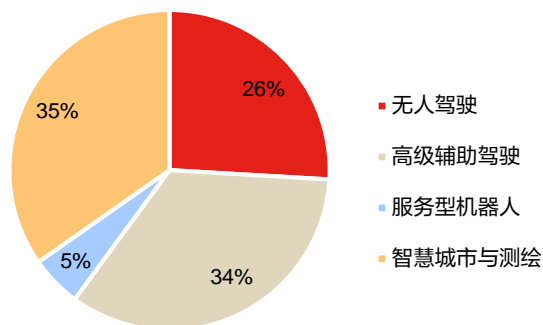
激光雷达将成为不可或缺的感知硬件；另一方面随着 Robotaxi / Robotruck 的商业化落地，未来该领域的车队规模将加速扩大，沙利文研究预计，至 2025 年新落地车队规模将突破 60 万辆，给激光雷达的应用带来广阔下游空间，二者将共同驱动激光雷达市场迎来繁荣。沙利文研究预计，至 25 年全球激光雷达市场规模为 135 亿美元，19-25E CAGR 65%；其中无人驾驶和 ADAS 领域市场规模将分别增至 35/46 亿美元，19-25E CAGR 为 81%/84%，将占激光雷达总规模的约 6 成。

图 13：2017-2025E 全球激光雷达市场规模（单位：亿元）



数据来源：Frost & Sullivan、禾赛科技招股书、东方证券研究所

图 14：2025 年激光雷达市场应用分布



数据来源：Frost & Sullivan、禾赛科技招股书、东方证券研究所

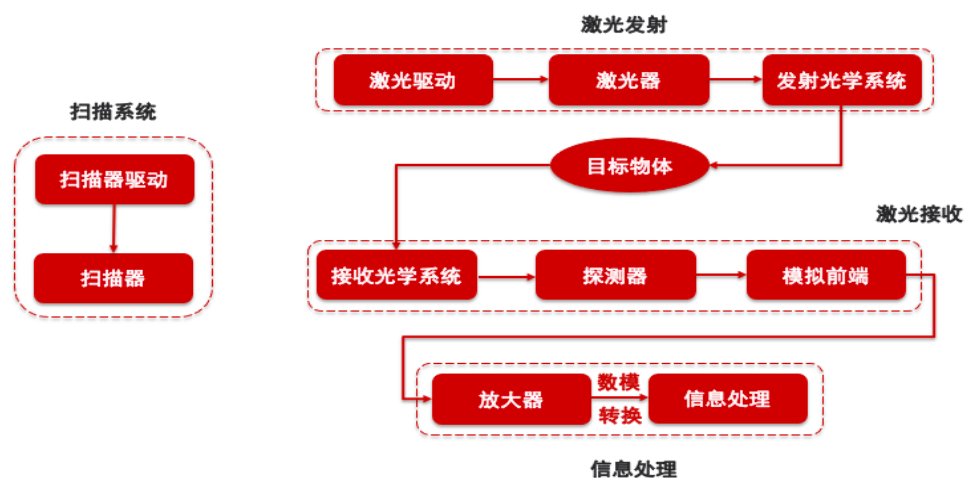
2. 技术路径快速迭代，助力激光雷达装车前行

2.1 激光雷达类型多样，技术发展日新月异

激光雷达是利用激光来实现精确测距的传感器，在广义上可以认为是带有 3D 深度信息的摄像头，被誉为“机器人的眼睛”。激光雷达产业自诞生以来，紧跟底层器件的前沿发展，呈现出了技术水平高的突出特点。从在无人驾驶技术中获得广泛认可的多线扫描激光雷达，再到技术方案不断创新的固态激光雷达、FMCW 激光雷达，以及近年来朝向芯片化、阵列化持续发展，激光雷达一直以来都是新兴技术发展及应用的代表。

激光雷达结构精密且复杂，主要由激光系统、接收系统、信号处理单元和扫描模块四大核心组件构成。激光器以脉冲的方式点亮发射激光，照射到障碍物后对物体进行 3D 扫描，反射光线经由镜头组汇聚到接收器上。信号处理单元负责控制激光器的发射，并将接收到的模拟信号转为数字信号，最后进入主控芯片进行数据的处理和计算。

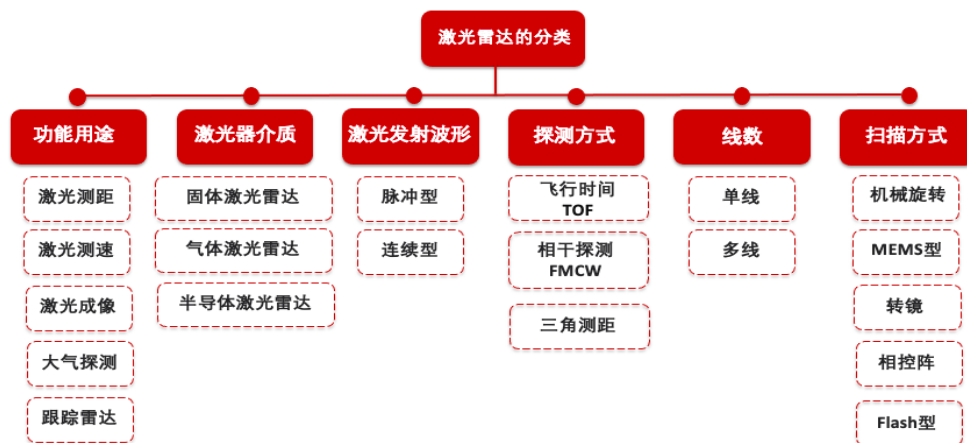
图 15：激光雷达工作原理及构成模块



资料来源：禾赛科技招股书、东方证券研究所

由于激光雷达各个功能模块均有多种技术实现方式，在各个分类依据的不同组合下激光雷达种类繁多，技术路线正处于快速发展迭代阶段。

图 16：激光雷达按照不同依据分类



资料来源：CSDN、东方证券研究所整理

按测距方式：激光雷达可以分为飞行时间(Time of Flight, ToF)测距法、基于相干探测的调频连续波(FMCW)测距法、以及三角测距法等。其中 ToF 与 FMCW 能够实现室外阳光下较远的测程(100~250m)，是车载激光雷达的优选方案。ToF 是目前市场车载中长距激光雷达的主流方案，未来随着 FMCW 激光雷达整机和上游产业链的成熟，ToF 和 FMCW 激光雷达或将在市场上并存。

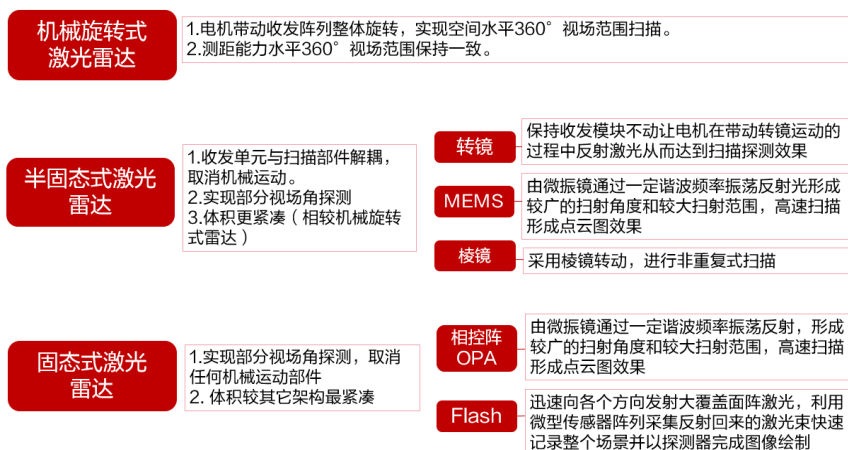
图 17：激光雷达按照不同依据分类

测距方法	主要特点	优点	缺点
ToF	通过直接测量发射激光与回波信号的时间差，基于光在空气中的传播速度得到目标物的距离信息	响应速度快； 探测精度高； 发展成熟	探测距离有限； 容易受太阳光子干扰；
FMCW	将发射激光的光频进行线性调制，通过回波信号与参考光进行相干拍频得到频率差，从而间接获得飞行时间反推目标物距离	更高的探测灵敏度和准确性； 可直接测量物体速度； 更优越的探测距离性能	复杂度更高，因此更昂贵； 对激光光源要求更严格；

资料来源：CDSN、禾赛科技招股书、高工智能汽车、东方证券研究所

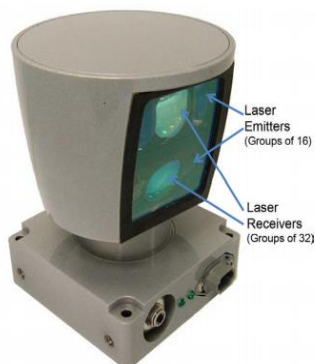
按扫描方式：激光雷达可以分为整体旋转的机械式激光雷达、收发模块静止的半固态激光雷达和固态式激光雷达，区别在于有无活动组件。**1) 机械式激光雷达：**通过机械旋转实现激光扫描，在电机驱动下持续旋转，竖直面内的激光光束由“线”变成“面”再形成多个激光“面”，从而实现探测区域内 360° 3D 扫描。**2) 半固态方案：**包括 MEMS、转镜式、棱镜式三种，其特点是收发单元与扫描部件解耦，收发单元不再进行机械运动，体积小、成本低，是目前主流选用方案。**3) 固态激光雷达：**主要包括光学相控阵(OPA) 和闪光(Flash)型两种实现方式，其完全取消了机械扫描结构，内部没有任何运动部件，水平和垂直方向的激光扫描均通过电子方式实现，大幅减少了激光收发器件，从而降低成本，微型化的结构也提升了性能稳定性，未来有望凭借更优的性价比占据主导地位。

图 18：激光雷达按扫描方式分类

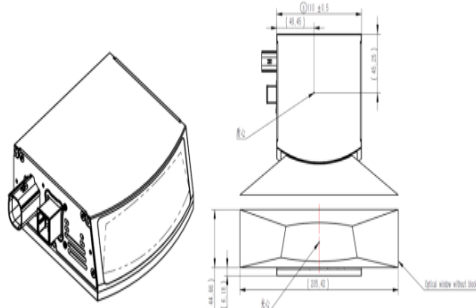


数据来源：佐思汽研、禾赛科技招股书、东方证券研究所

图 19：各类激光雷达产品



Velodyne 机械式雷达



速腾聚创半固态 MEMS 激光雷达



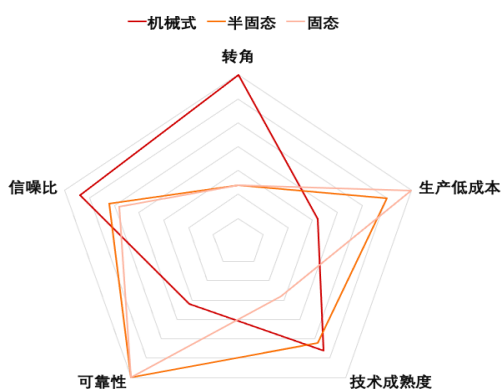
IBEO 纯固态 FLASH 激光雷达

资料来源：各公司官网、东方证券研究所

2.2 扫描模块：半固态、固态后来居上

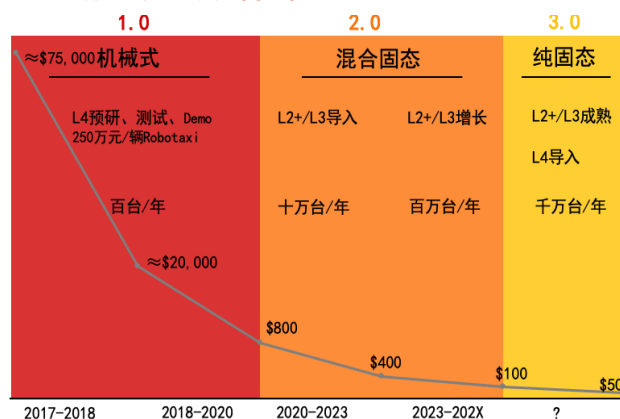
对于整车厂或方案商而言，车规级、可量产、成本可控是激光雷达大规模装车的主要考量。激光雷达技术路线差异大，同源性低，目前来看车载激光雷达正沿着机械式—半固态—固态的发展路径不断迭代，机械式激光雷达由于成本高昂，更适用于无人驾驶等研发测试类项目，在量产车、乘用车领域仍待检验，短期内半固态有望率先上车，主导中远距离激光雷达，长远来看，待技术工艺级别最高的固态 Flash、OPA 成熟后，或将成为主流技术方向。

图 20：激光雷达性能比较



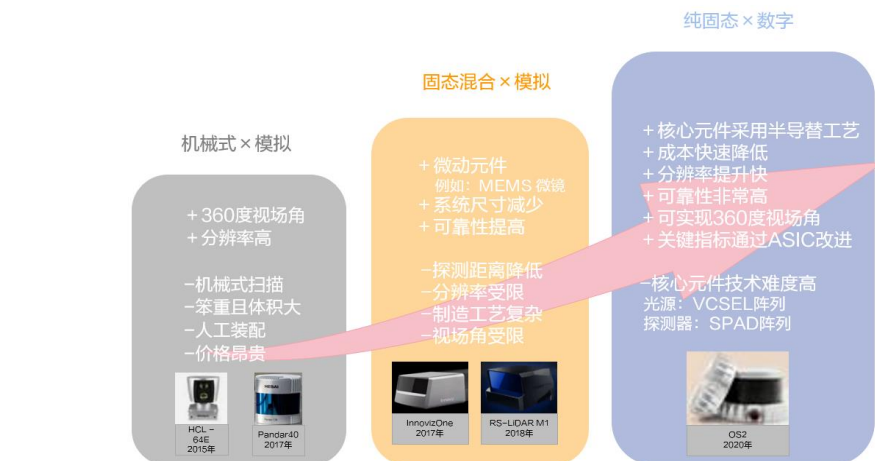
数据来源：禾赛科技招股书、东方证券研究所

图 21：激光雷达发展迭代路径



数据来源：览沃科技、东方证券研究所

图 22：汽车激光雷达发展路线图



数据来源: 麦姆斯咨询、东方证券研究所

2.2.1 机械式激光雷达: 高精度伴随高成本、难量产瓶颈

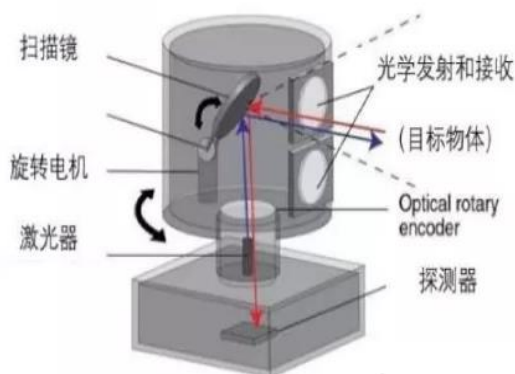
性能: 机械式激光雷达是研发最早、技术最成熟的产品, 凭借其原理简单、易驱动、易实现水平360° 扫描等优点成为无人驾驶项目传感器的首选。

成本: 成本高昂, 降价空间小。机械式激光雷达内部结构精密, 零件数多, 组装工艺复杂, 尤其对于高线束激光雷达而言, 线束越多, 需要相应地增加发射与接收模块的数量, 叠加后期维护费用, 致使成本高居不下, 高线束激光雷达成本难低于3000美元。

车规: 较难满足车规级。高频的转动和复杂的机械结构致使其旋转部件易磨损, 对探测精度产生影响。当前大多产品平均的失效时间仅1000-3000小时, 难以达到车规级设备最低13000小时的要求。

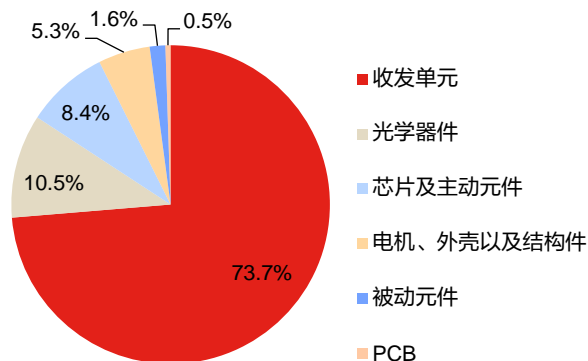
量产: 机械式对于成本不敏感的Robotaxi/无人驾驶企业来说是可选项, 但对于整车厂和方案商而言, 大规模量产有较大难度。领军企业Velodyne 2007年便推出了64线机械式激光雷达产品, 2010年谷歌首测的无人驾驶汽车便采用了Velodyne激光雷达方案, 如今产品方案广泛应用于百度、Uber等自动驾驶的测试车型中。

图 23: 机械式激光雷达结构图



数据来源: 搜狐、东方证券研究所

图 24: Velodyne Puck VLP-16 16 线 BOM 约 950 美元



数据来源: 汽车之家、东方证券研究所

2.2.2 半固态激光雷达：率先上车，是当下之选

半固态式激光雷达收发模块静止、仅扫描器发生机械运动，由转镜、MEMS 微振镜等替代此前机械式当中的旋转扫描仪。体积更小、集成度更高、成本更低，适合前装量产车型需求，是当下部分主流车厂的选择。

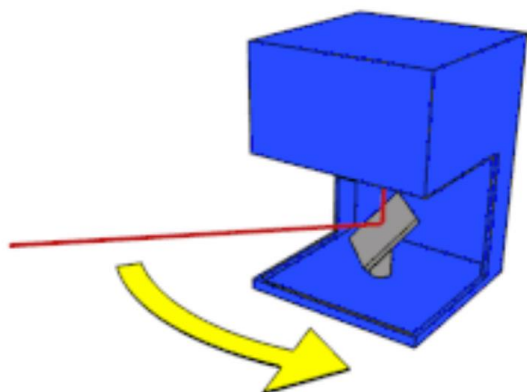
➤ 半固态转镜式：一维转镜技术向二维发展，成为主流激光雷达产品

性能：转镜式激光雷达功耗比较低，散热难度低，因此可靠性较高，而劣势在于难以集成化来进一步降低成本，且一维转镜扫描线数较少，扫描角度无法达到 360° ，通过二维转镜实现少发射器多线束功能。

成本/价格：以图达通（Innovusion）即将量产、搭载于蔚来 ET7 的图像级超远距激光雷达猎鹰为例，其大规模量产价格约在 500-1000 美元。

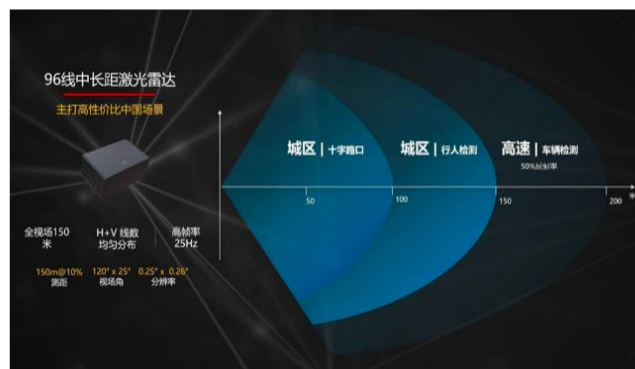
车规&量产：法雷奥在 2017 年量产的第一代 SCALA 是全球首个通过车规级认证的激光雷达，同年被首发搭载在奥迪 A8 上，因而成为第一个过车规、成本可控，可满足车企性能要求，且实现批量供货的技术方案，SCALA 系列目前出货量已超 15 万颗，客户包括宝马、奔驰等；20 年 10 月，镭神智能 CH32 成为全球第二个获得车规认证的激光雷达。21 年，华为自研的 96 线激光雷达也已在极狐阿尔法 S 华为 HI 版率先装车。

图 25：转镜式激光雷达结构图



数据来源：易车、汽车人、东方证券研究所

图 26：华为 96 线中长距离激光雷达



数据来源：网易、东方证券研究所

➤ 半固态 MEMS 微振镜：已满足车规要求，落地进程加速

采用半导体“微动”器件代替宏观机械式扫描器作为激光光束扫描元件，通过控制微小的镜面平动和扭转往复运动，改变单个发射器的发射角度进行扫描，形成较广的扫描角度和较大的扫描范围，从而以超高的扫描速度形成高密度的点云图。

性能：体积小，集成度更高。MEMS 微振镜帮助激光雷达摆脱了笨重的马达、多棱镜等机械运动装置，毫米级尺寸的微振镜大大减少了激光雷达的尺寸，极大的简化了扫描器结构，使其具有高性能、稳定可靠、易于生产制造等优点。但 MEMS 微振镜激光雷达会出现信噪比低，有效距离短等问题。

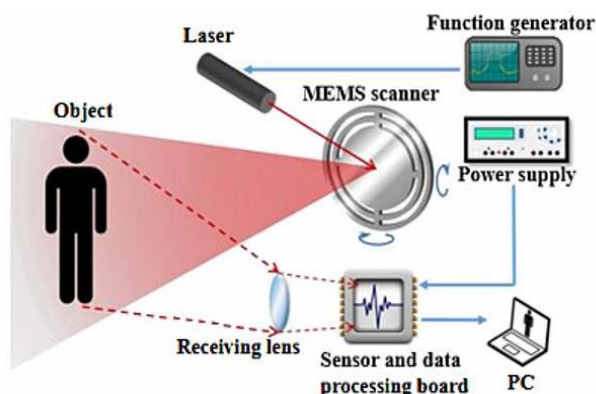
成本/价格：减少激光器和探测器数量，降低成本。传统的机械式激光雷达要实现多少线束，就需要多少组发射模块与接收模块。而微振镜精确控制偏转角度，通过控制扫描路径达到等效机械式更多线束激光雷达的覆盖区域和点云密度，极大地降低成本。MEMS 微振镜在投影显示领域商用

有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责申明。

化应用多年，上游供应链相对成熟，Luminar 的 MEMS 半固态激光雷达将制造成本降低到 500-1000 美元，使规模量产成为可能。镭神智能 MEMS 激光雷达 LS20B 系列 20 年售价\$999/\$1299。

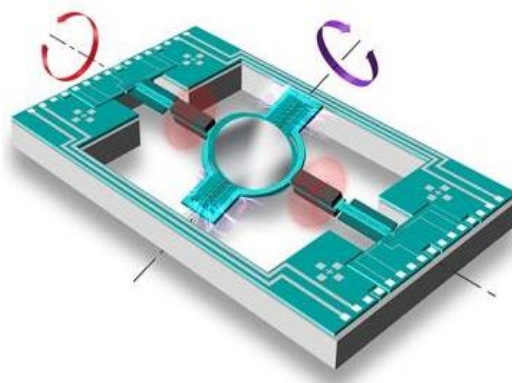
车规&量产：国产品牌率先落地。MEMS 激光雷达能够兼顾车规量产与高性能的需求，速腾聚创的 MEMS 激光雷达 RS-LiDAR-M1 于 20 年 12 月批量出货，成为全球首款批量交付的车规级 MEMS 激光雷达，和广汽埃安、威马、极氪等 11 家车企建立合作。海外方面，Luminar 全球范围内已拥有 50 多位行业合作伙伴，包括沃尔沃、上汽飞凡汽车、小马智行等。

图 27：MEMS 激光雷达工作原理图



数据来源：MEMS.me、东方证券研究所

图 28：MEMS 微振镜工作示意图



数据来源：MEMS.me、东方证券研究所

➤ 半固态棱镜：Livox 一枝独秀，自建产能绑定小鹏

采用双楔形棱镜结构，激光在通过两个楔形棱镜后发生两次偏转，只要控制两面棱镜的相对转速便可以控制激光束的扫描形态。

性能：点云密度高，可探测距离远。棱镜激光雷达扫描轨迹呈花瓣状，在扫描转速控制得当的情况下，同一位置长时间扫描几乎可以覆盖整个区域，从而避免了传统旋转激光雷达的多次校准。

价格：Livox Horizon 官网定价 7199 元。

车规&量产：Livox 自 21 年起为小鹏量产的新车型提供车规级激光雷达技术，Livox Horiz（Horizon 定制版）于 21 年开始在其自有汽车级制造中心量产，年均产能达 10 万台级别，并可基于前装量产客户的增长需求在 3 个月之内实现扩线。新产品 HAP 已与小鹏汽车和一汽汽车建立合作伙伴关系，于 21 Q4 量产。

图 29：大疆 Livox 转镜式激光雷达结构图

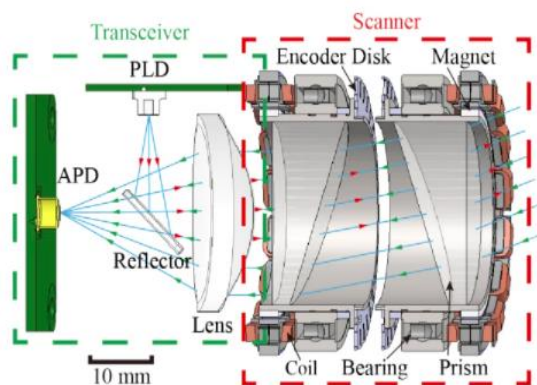


图 30：Livox 和小鹏合作量产汽车级激光雷达



有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并请阅读本证券研究报告最后一页的免责申明。

数据来源：搜狐、东方证券研究所

数据来源：Livox 官网、东方证券研究所

2.2.3 固态激光雷达：技术待成熟，是未来之选

从性能看，固态激光雷达内部没有任何移动部件，可靠性有很大提升。同时，因部件可以 IC 化，能够进行高度自动化的组装和调校，相比之下也更容易实现批量化生产，并大幅降低量产成本，因此也被公认为是激光雷达实现大规模车载化的主流演进路线。**从技术角度看**，固态激光雷达对零部件要求高，整合制造工艺难度大，目前两种技术路线 Flash 和 OPA 尚不成熟，还需要匹配大功率的激光器、高性能的光电探测器等部件，离真正落地仍有一段差距。

➤ 纯固态 Flash：一次闪光全局成像，达成全球首个固态激光雷达车规量产合作

Flash 激光雷达指利用快闪原理达成一次闪光（激光脉冲）成像的激光雷达，在发射端采用垂直腔面发射器（VCSEL），短时间发射出一大片覆盖探测区域的面阵激光，再以高度灵敏的接收器，来完成对环境周围图像的绘制。

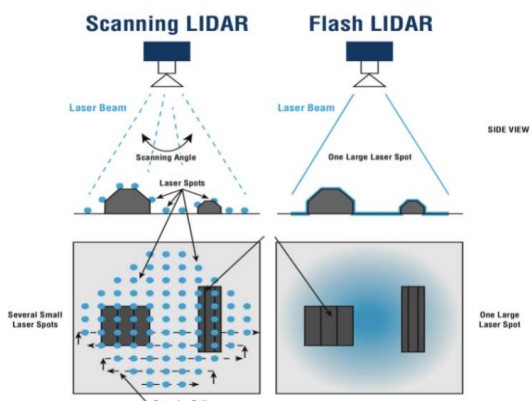
性能：瞬时记录，集成度高，但探测距离近，分辨率低。Flash 激光雷达的优势在于没有扫描器件，能够快速记录整个场景，避免了扫描过程中目标或激光雷达自身运动带来的误差，并且集成度高，体积小，具有芯片级工艺，适合量产。但是 Flash 激光雷达的功率密度低，导致其有效距离一般难以超过 50 米，分辨率也比较低。

成本：目前 Flash 技术还不成熟，价格相应较高，未来有下探空间。以 Ouster 2020 年公布的 Flash 激光雷达 ES2 为例，其面向车规量产项目的初始价格将为 600 美元，目标是降至 100 美元，计划于 2024 年实现大批量生产。

车规：体积小、高稳定，不含任何机械组件，技术成熟后有望满足高等级车规要求。

量产：由于探测距离受限，Flash 方案主要用于较低速的无人驾驶车辆，例如无人外卖车、无人物流车等对探测距离要求较低的自动驾驶解决方案中。长城汽车 WEY 品牌系列下的摩卡车型确定将搭载 IBEO 的 Flash 激光雷达 IbeoNEXT，成为全球首个纯固态激光雷达的车规量产合作。

图 31：固态 Flash 激光雷达结构图



数据来源：汽车之家、东方证券研究所

图 32：大陆 Flash 激光雷达



数据来源：公司官网、东方证券研究所

➤ 纯固态 OPA：高系统集成度的光学相控阵技术

OPA 激光雷达利用相干原理（类似两圈水波相互叠加后，有的方向会相互抵消，有的会相互增强），采用多个光源组成阵列，通过调节发射阵列中每个发射单元的相位差来改变激光的出射角度，控制各光源发射的时间差，从而合成角度灵活、精密可控的主光束，实现对不同方向的扫描。

性能：体积小、扫描速度快、精度高。OPA 实现一种无任何机械元件的光束扫描，调控速度可以非常快，容易达到 MHz 甚至 GHz 的点扫描速度，同时功耗很小。其次，OPA 采用阵列光栅收发结构，避免了后期对准工艺，也可以采用半导体工艺实现探测系统的集成，进一步缩小体积、降低成本。

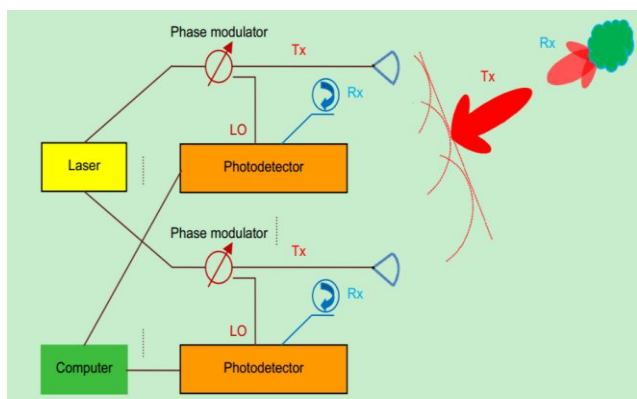
技术发展：加工工艺、扫描角度、距离等问题尚待突破。光束经过光学相控阵器件后的光束合成实际是光波的相互干涉形成的，易形成阵列干扰，使得激光能量被分散（旁瓣效应）。当前 OPA 激光雷达在减小旁瓣效应、加工工艺、探测距离等技术难题上还不成熟。

成本：当前 OPA 技术水平壁垒高，未来成本下降空间大。OPA 激光雷达前期研发成本较高，未来技术成熟后将带动激光雷达产品价格向下。2016 年 CES 展上，Quanergy 发布了“全球第一款 OPA 固态激光雷达”S3，尺寸仅为 90*60*60mm，体积小、功耗低，成本低，每台成本仅需 200 美元，但公司尚未量产。

车规：体积小、高稳定，不含任何机械组件，技术成熟后有望满足高等级车规要求。

量产：技术尚未成熟，量产仍需时日。虽然 OPA 技术相当先进，但对于相关组件的尺寸和精度要求很高，例如激光雷达的波长在 1 微米左右，为了弱化旁瓣带来的影响，阵列相邻单元间距需要小于 500nm，整合制造难度大，预计真正落地还需 5 年左右。

图 33：OPA 激光雷达原理图



数据来源：CSDN、东方证券研究所

图 34：Quanergy S3 OPA 激光雷达



数据来源：公司官网、东方证券研究所

图 35：激光雷达各个技术路线总结

技术路线	性能	是否过车规	成本/价格	代表公司
机械式	<ul style="list-style-type: none"> • 精度高成本高 • 单台实现 360 度扫描，信噪比高 	否，仅限于自动驾驶研发测试项目	高，且下降空间有限	国外：Velodyne、Ouster、Waymo 国内：禾赛科技、速腾聚创、镭神智能
半固态-转镜	<ul style="list-style-type: none"> • 功耗低可靠性高 • 扫描线数少，扫描角度非 360 度 	是	较低	国外：法雷奥、Velodyne 国内：镭神智能、大疆 Livox、禾赛科技、图达通 Innovusion、华为
半固态-MEMS 振镜	<ul style="list-style-type: none"> • 体积小性能高 • 信噪比低，探测距离与视角有限 	是	较低	国外：Innoviz、Luminar、Pioneer、法雷奥 国内：镭神智能、一径科技、速腾聚创、禾赛科技、图达通 Innovusion
半固态-棱镜	<ul style="list-style-type: none"> • 点云密度高 • 可探测距离远 	是	较低	大疆 Livox
纯固态-Flash	<ul style="list-style-type: none"> • 瞬时记录，集成度高 • 探测的距离近，分辨率低 	否	低，远期预计降至 100 美元	国外：Leddar tech、Ouster、IBEO、大陆 国内：北科天绘、北醒光子
纯固态-OPA	<ul style="list-style-type: none"> • 扫描性能好 • 体积小成本低 • 探测距离短，加工难度大 	否	低，远期预计降至 200 美元	国外：Quanergy、Analog、Photonics 国内：力策科技

数据来源：互联网公开信息整理、东方证券研究所

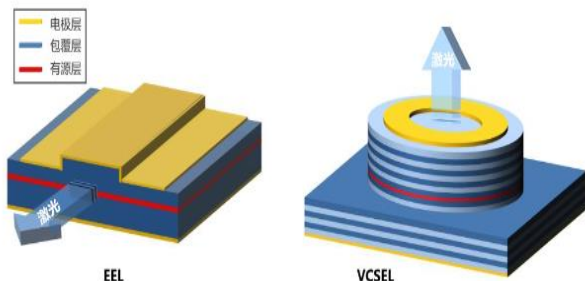
2.3 收发模块：核心硬件集成化、芯片化架构势在必行

➤ 发射端平面化，从边缘发射到垂直发射

半导体发射器可分为 EEL（边缘发射激光器）和 VCSEL（垂直腔面发射激光器）。此前 VCSEL 激光器存在发光功率密度低的缺陷，导致只能应用于对测距要求近的场景（通常 <50 m）。近年来随着多层结 VCSEL 激光器的开发，将其发光功率密度提升了 5~10 倍，这为应用 VCSEL 开发长距激光雷达提供了可能。结合其平面化所带来的生产成本和产品可靠性方面的收益，VCSEL 未来将有望逐渐取代 EEL。

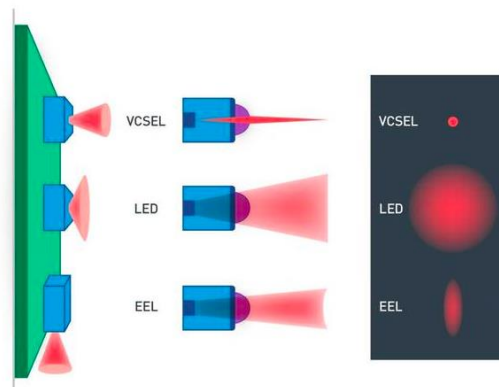
发射端逐渐采用平面化的激光器器件。EEL 作为探测光源具有高发光功率密度的优势，但其发光面位于半导体晶圆的侧面，使用过程中需要进行切割、翻转、镀膜、再切割的工艺步骤，往往只能通过单颗一一贴装的方式和电路板整合，而且每颗激光器需要使用分立的光学器件进行光束发散角的压缩和独立手工装调，极大地依赖产线工人的手工装调技术，生产成本高且一致性难以保障。VCSEL 发光面与半导体晶圆平行，具有面上发光的特性，其所形成的激光器阵列易于与平面化的电路芯片键合，在精度层面由半导体加工设备保障，无需再进行每个激光器的单独装调，且易于和面上工艺的硅材料微型透镜进行整合，提升光束质量。

图 36: EEL 与 VCSEL 发光面示意图



数据来源：禾赛科技招股书、东方证券研究所

图 37: VCSEL 光束质量更高



数据来源：瑞淀光学系统、东方证券研究所

➤ 接收端采用 CMOS 工艺的单光子探测器

APD（雪崩式光电二极管）和 SPAD（单光子雪崩二极管）是两种将光能转换成电流的光电探测器，SPAD 阵列化工艺成熟，有望取代 APD。和 APD 相比，SPAD 具有单光子探测能力，在生物医学的荧光探测领域和核磁影像领域广泛应用。但 SPAD 因其输出信号幅值相同，所以无法测量光强，而 APD 则输出模拟信号，能够获得目标的灰度信息，且动态范围较大，导致 SPAD 在激光雷达接收端的测量灵敏度不及当前在激光雷达中广泛使用 APD。

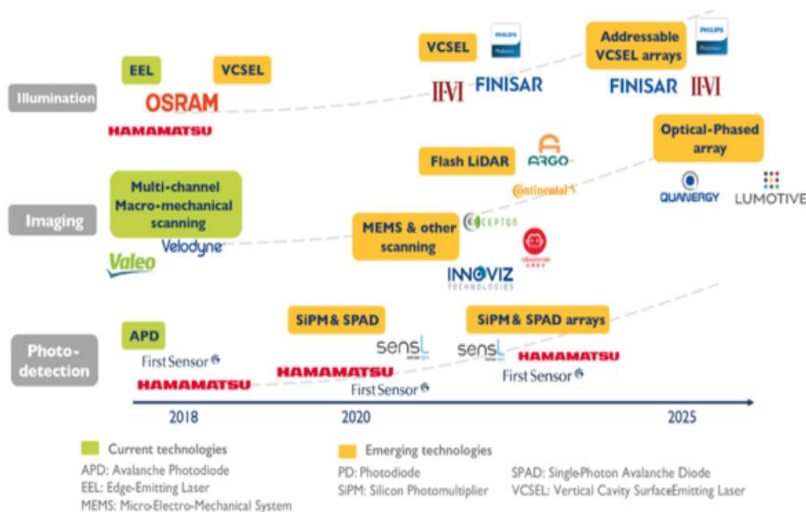
近年来，国内外多家探测器公司不断优化单光子器件在近红外波段的量子效率，在实际探测灵敏度方面已经逐渐超越了 APD。此外 SPAD 的 CMOS 阵列化工艺则较为成熟且易于配置，APD 则由于需要专门的技术较难实现阵列化。未来随着设计和工艺的进一步优化，SPAD 对 APD 性能的优势将越发明显。

图 38: SPAD&APD 性能比较

类型	APD	SPAD
成像输出	SPAD 的输出信号幅值相同，相当于只输出 1 或 0 电平信号	输出模拟信号，能够获得目标的灰度信息
过去优势应用场景	激光雷达	生物医药、核磁影像
CMOS 阵列化	需要专门的技术，较难实现	工艺较为成熟、易于配置
增益能力	100	10^6 以上
信号敏感度	较弱	能够检测低强度信号（低至单光子）
放电特性	电流产生有限会迅速自淬灭	可由单光子激活，并引起连续的电流
设计	偏置电压小于击穿电压	偏置电压远高于击穿电压

资料来源：电子工程世界、mems.me、半导体行业观察、东方证券研究所整理

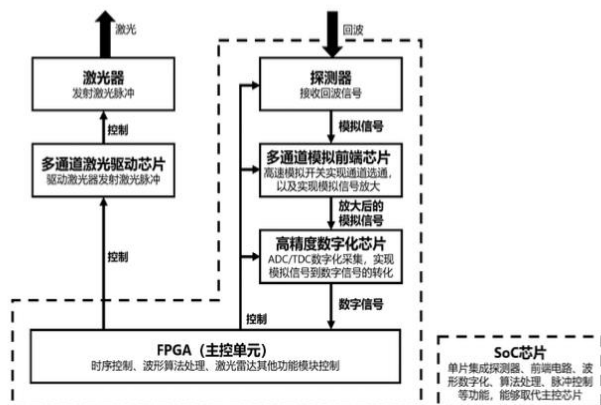
图 39: 汽车激光雷达技术发展趋势



数据来源：Yole、汽车人、东方证券研究所

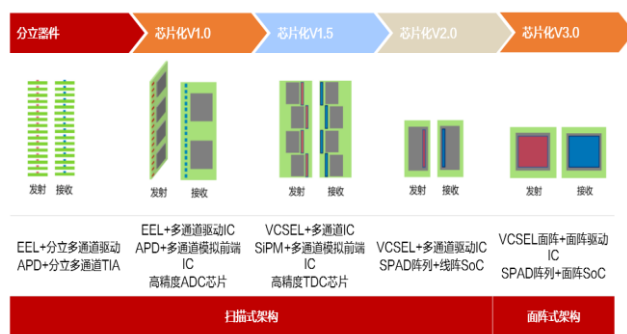
硬件集成化、芯片化架构势在必行，降本增效关键所在。激光雷达系统中核心的激光器、探测器、控制及处理单元均能从半导体行业的发展中受益。目前激光雷达仍存在零部件多、生产成本低、可靠性低等问题。收发单元阵列化以及核心模块芯片化是未来的发展趋势。芯片化架构的激光雷达可将数百个分立器件集成于一颗芯片，在降低物料成本的同时，省去了对每一个激光器进行独立光学装调的人力生产成本。此外，器件数量的减少，可以显著降低因单一器件失效而导致系统失效的概率，提升了可靠性。因此核心硬件和模块的集成化、芯片化是实现激光雷达小型化、轻量化、满足车规要求的关键所在，为激光雷达降本增效，大规模应用带来质变。

图 40：激光雷达专用芯片及功能模块示意图



数据来源：禾赛科技招股书、东方证券研究所

图 41：激光雷达芯片化发展路线



数据来源：禾赛科技招股书、东方证券研究所

在发射端，定制开发 VCSEL 专用模拟数字芯片。VCSEL 多通道驱动芯片通过采用高压 CMOS 工艺，可以提供数十安培的峰值电流以及纳秒级的窄脉宽驱动能力，满足激光雷达探测的需求。而且未来通过 VCSEL 阵列和驱动芯片封装级别的集成，能够进一步减小驱动环路的寄生电感，获得更窄的脉宽和更高的电光转换效率，从而进一步提升激光雷达的测距精度和测远能力。

在接收端和信息处理单元，实现 CMOS 工艺下探测器和电路功能模块的单片集成 SoC。单光子接收端片上集成 SoC 芯片，通过片内集成探测器、前端电路、算法处理电路、激光脉冲控制等模块，能够直接输出距离、反射率信息，逐步代替主控芯片 FPGA 的功能。未来随着线列、面阵规

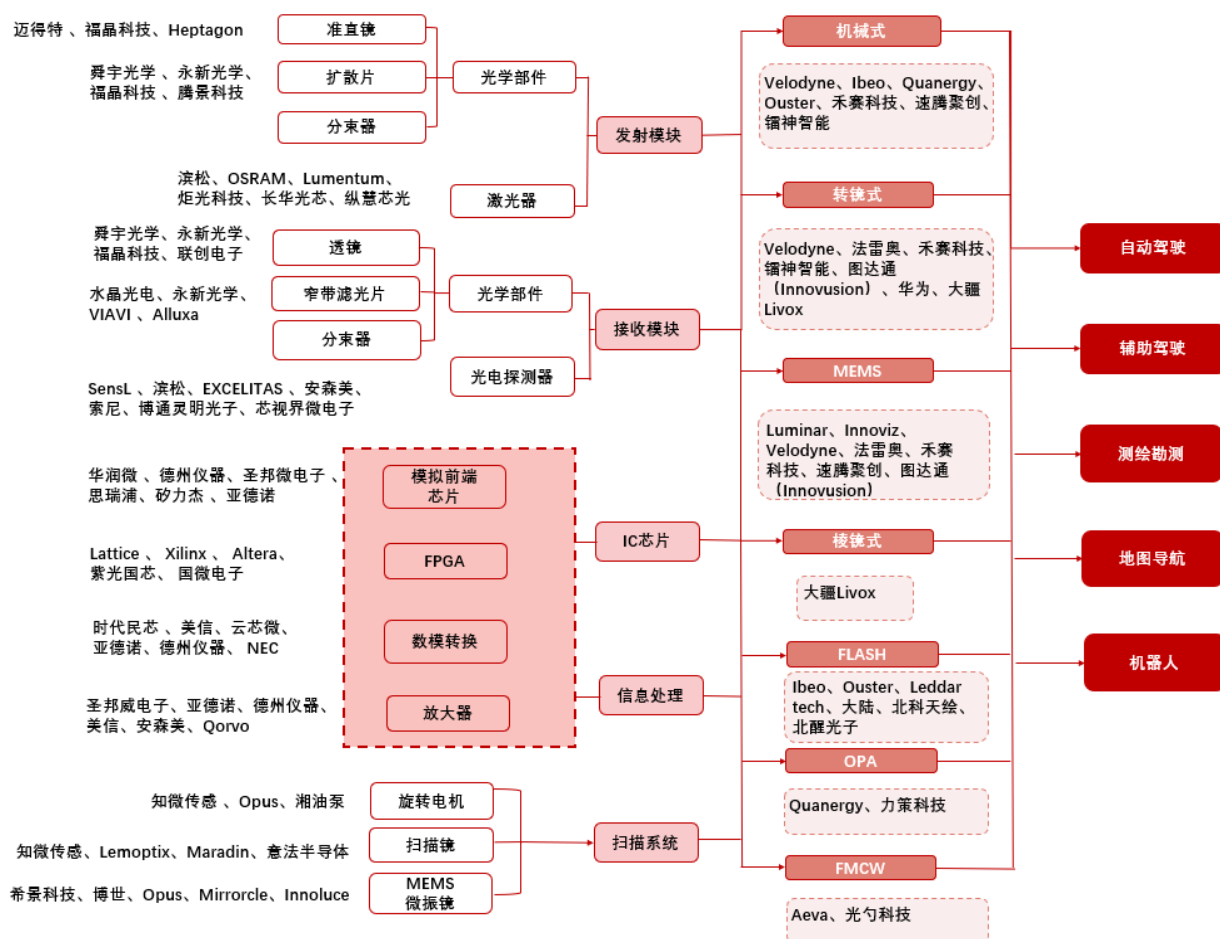
有关分析师的申明，见本报告最后部分。其他重要信息披露见分析师申明之后部分，或请与您的投资代表联系。并阅读本证券研究报告最后一页的免责声明。

模的不断增大，逐步升级 CMOS 工艺节点，单光子接收端 SoC 将实现更强的运算能力、更低的功耗和更高的集成度。

3. 产业链日益成熟，国内厂商初露锋芒

上下游共振，激光雷达产业链走向成熟。激光雷达产业链上游厂商负责提供激光发射、激光扫描、激光接收和信息处理所需的光电零部件，由中游厂商进行整合生产，最后应用到自动驾驶、ADAS、地图勘测等多个领域，形成完整产业链。**在需求侧，下游产业蓄势待发。**自动驾驶的快速崛起为激光雷达产业发展带来新的机遇；**在供给侧，中上游企业技术不断发展。**上游光电器件供应商技术工艺不断迭代升级、中游激光雷达企业技术路径快速迭代驱动产业链的日趋成熟，也推动了激光雷达产品的加速落地。

图 42：激光雷达产业链



资料来源：禾赛科技招股书、互联网公开信息、东方证券研究所整理

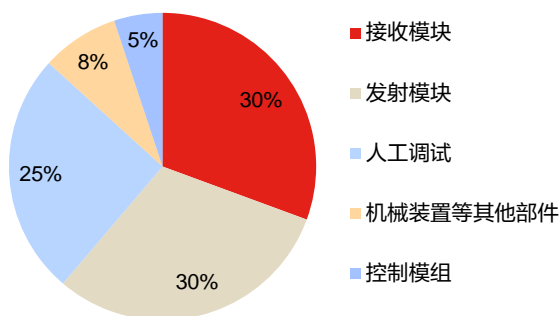
3.1 上游决定产品性能，海外厂商领跑国内厂商紧跟

上游决定产品性能和成本。激光雷达本质是一个由多种光电部件组成的光机电系统，包括由光路设计、激光器、探测器、扫描模块、光学部件、光学驱动芯片及主控芯片等组成的光电系统约占激光雷达整机成本超七成，因此与激光雷达的探测性能、成本及其可靠性都息息相关。

此外，激光雷达价格昂贵很大部分原因在于校准工作上。多线束激光雷达在生产制造过程中，需要将多块发射、接收电路板安装到精密构造的金属壳体中，同时在调试过程中，工人需要调试每一束激光的发射与接收，保证其在不同的测试距离上的测距精准度，因此自动化、高精度的检测和追溯设备也至关重要。

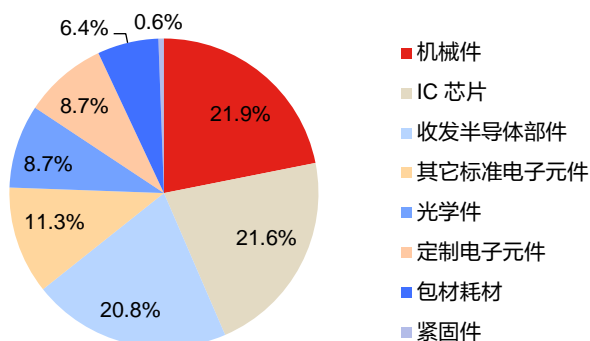
海外厂商整体领先，国内企业初露锋芒，光学部件国内厂商具有优势。上游精密仪器、芯片等核心元器件厂商，目前基本被国外大厂所垄断，在技术和客户群等方面都领先于国内厂商，但在政策以及下游市场环境的双重驱动下，国内厂商近年来奋起直追，在细分领域取得突破。

图 43：激光雷达成本分布



数据来源：禾赛科技招股书、东方证券研究所

图 44：禾赛科技 2020.01-2020.09 原材料采购成本分布



数据来源：禾赛科技招股书、东方证券研究所

在芯片领域，FPGA 主要由 Xilinx、英特尔旗下 Altera、Lattice 三家海外厂商领跑，国内主要的供应商有紫光国芯等。模拟芯片供应商则由亚德诺半导体（ADI）、德州仪器（TI）主导，国内厂商如华润微、圣邦微电子积极布局，在车规级产品丰富度和技术水平上追赶。

激光器和探测器是激光雷达的重要部件，往往需要满足不同技术路线的定制化需求。激光器由欧美企业艾麦斯（AMS）、Lumentum 等主导，探测器主要公司包括滨松光子、安森美、索尼等，我国则有瑞波光子（激光器）、芯视界（扫描器）、灵明光子（探测器）等企业开始崭露头角且发展迅速，产品性能已经基本接近国外供应链水平，并已经有通过车规认证(AEC-Q102)的国产激光器和探测器出现，且更具备定制化的灵活性。

光学部件方面，激光雷达光学部件主要由激光雷达公司自主研发设计，选择光学零部件制造公司完成生产和加工工序，或由头部光学企业参与相关设计。光学部件的车规化是车规级激光雷达实现的基础，目前国内光学部件供应链的技术水平已经完全达到或超越国外供应链的水准，且我国制造企业有着天然的贴近下游市场的优势，本身在成本方面也更具竞争力，已经可以完全替代国外供应链和满足产品加工的需求，国内光学技艺沉淀深厚的龙头企业如舜宇光学、水晶光电、永新光学等有望长期深度受益。

3.2 中游竞争加剧，国内市场百花齐放

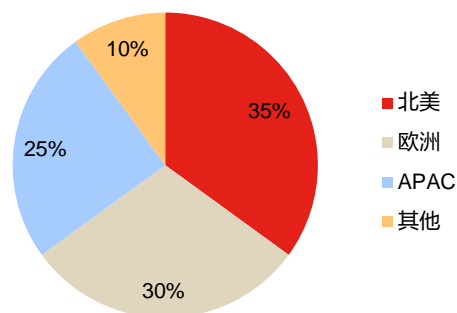
中游竞争加剧，参与企业多元化。随着激光雷达产业的蓬勃发展，赛道也变得更加繁荣，新进参与者及其技术路线更加多元，海外以 Velodyne、IBEO、Quanergy 等品牌为代表，国内有禾赛科技、速腾聚创、镭神智能等知名初创企业，更有华为、大疆等科技企业跨界入局，国内市场呈现百花齐放之势。

图 45：激光雷达公司竞争格局



数据来源：互联网、东方证券研究所

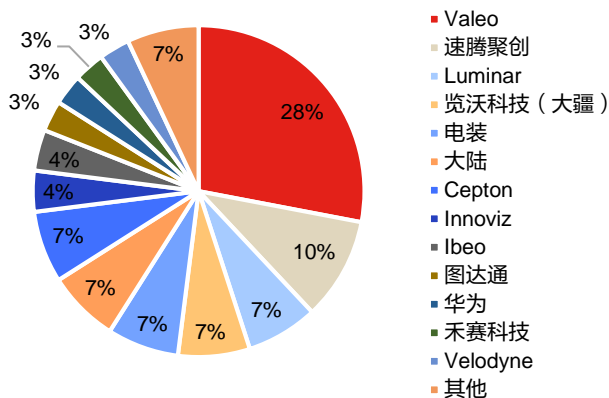
图 46：2019 全球激光雷达市场地域分布



数据来源：MarketsandMarkets、前瞻产业研究院、东方证券研究所

国外企业先行，步入上市热潮。国外激光雷达产业起步较早，包括老牌厂商 Velodyne、法雷奥、IBEO 及后起之秀 Luminar、Ouster、Innoviz 等。Velodyne 在 2005 年推出 360° 旋转式 64 线激光雷达后，一跃成为全球领先的激光雷达供应商，其产品被谷歌、百度等无人驾驶领军企业广泛使用，一度占据全球 80% 以上的激光雷达订单，近年来也积极布局混合固态、固态激光雷达，促进产品落地量产。法雷奥是全球最大的汽车零部件供应商之一，19 年从四家全球主流车企获得价值约 5 亿欧元订单。在近期 CES 展上发布了第三代 SCALA 激光雷达，预计将于 24 年上市。区别于前两代微转镜方案，SCALA 3 开始采用 MEMS 技术。20 年以来，Velodyne、Luminar 等 6 家海外知名激光雷达公司通过 SPAC 合并上市，Quanergy、Cepton 也正筹备上市，标志着海外激光雷达产业有望进入更加成熟的阶段。

图 47：2021 车载激光雷达市场份额



数据来源：Yole、东方证券研究所

国内激光雷达企业崭露头角。据 Yole 统计，21 年全球车载激光雷达市场中，国内企业速腾聚创/Livox/华为/禾赛科技/图达腾分别以 10%/7%/3%/3%/3% 份额占得一席之地，其中速腾聚创和 Livox 排名全球第 2/4，属于国内第一梯队。禾赛科技、速腾聚创主要聚焦机械式激光雷达，成功抢占部分 Velodyne 市场份额的同时，也已开始积极布局半固态激光雷达路径。华为、大疆跨界入局转镜/棱镜式半固态方案，且产品已成功量产，科技大厂的加入也有助于我国提升技术水平、丰富技术路线。固态激光雷达领域我国也有研发实力雄厚的初创企业如北醒光子（Flash）、洛微科技（OPA）、国科光芯（FMCW）等深耕细作，各方势力百花齐放，共同推动我国激光雷达产业持续繁荣，缩小与国外差距。

图 48：主要汽车激光雷达企业介绍

	国家	成立时间	机械式	半固态			固态	客户/合作伙伴
				转镜	MEMS	棱镜		
Velodyne	美国	1983	√	√			√	福特、Uber、通用等 300+ 客户
Ibeo	德国	1998	√				Flash	日产、奥迪、长城等
Quanergy	美国	2012	√				OPA	吉利等
Valeo 法雷奥	法国	1923		√	√			奔驰、宝马、奥迪等
Luminar	美国	2012			√			沃尔沃、上汽、Mobileye 等 50+ 合作伙伴
Innoviz	以色列	2016			√			宝马及 Tier1 麦格纳、安波福等
Ouster	美国	2015	√				Flash	-
禾赛科技	中国	2014	√	√	√			滴滴、百度、理想、集度、路特斯、上汽等
速腾聚创	中国	2014	√		√			广汽、威马、极氪、上汽、吉利比亚迪、斑马智行等
镭神智能	中国	2015	√	√				东风等
图达通 (Innovusion)	中国	2016		√	√			蔚来等
华为	中国	1987		√				北汽蓝谷等
大疆 Livox	中国	2016		√		√		小鹏、一汽、东风等

数据来源：互联网公开信息整理、东方证券研究所

4. 投资建议

激光雷达作为实现高级别自动驾驶的重要传感器，将伴随 L3+ 自动驾驶的加速驶来，迎来规模化装车需求。伴随我国智能电动车产业的蓬勃发展以及我国激光雷达企业在全范围内的后来居上，产业链中上游具有相关技术沉淀，与下游整车企、方案商紧密展开合作的企业有望深度受益于终端国产化带来的供应链重塑机遇。

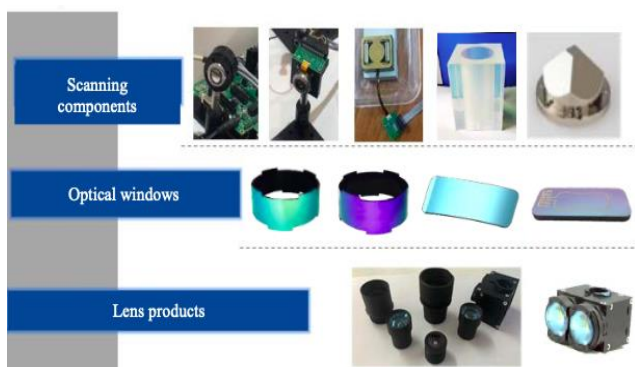
舜宇光学：全球车载镜头龙头，布局激光雷达加码车载业务

舜宇光学科技(02382，买入)深耕光学领域近三十年，业务涵盖三大类 1) 光学零组件：包括玻璃/塑料镜片、平面产品、手机镜头、车载镜头、安防监控镜头及其他各种镜头；2) 光电产品：包括手机摄像模组、3D 光电模组、车载模组及其他光电模组；3) 光学仪器：包括显微镜及智能检测设备。公司龙头地位稳固，车载镜头市占率自 2012 年起连续九年排名第一。

围绕“汽车+光学”深度布局，拓宽车载光学赛道。除了车载摄像头，光学技术在智能汽车上有诸多应用。舜宇瞄准 HUD、激光雷达以及大灯照明产品领域，利用其在光学领域的深厚积累为客户提供光学解决方案。

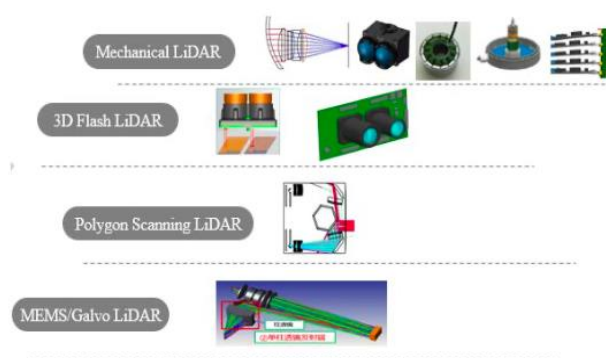
激光雷达定位“光学部件+光学系统设计制造”。公司为棱镜机械式扫描、3D Flash 等多款激光雷达产品提供包括镜头、视窗、扫描光学组件在内的多款核心光学零部件。此外公司也提供激光雷达光学系统的设计及工业化解方案。公司此前宣布与加拿大一流固态 Flash 激光雷达方案商 Leddar Tec 展开合作，舜宇将提供光学系统方面的车规级设计和工业化能力，以及光学零组件方面的制造服务，合作打造一流激光雷达解决方案。截至 21 H1，公司已完成激光雷达光学视窗、旋转多棱镜的研发并进入小批量生产阶段，公司亦建立了收发模块的量产线并投入使用。

图 49：公司激光雷达主要产品



数据来源：公司公告、东方证券研究所

图 50：公司主要服务的激光雷达种类



数据来源：公司公告、东方证券研究所

永新光学：光学精密仪器领先供应商，车载光学增添新动能

永新光学(603297，买入)中国精密仪器及核心光学部件领先供应商。永新光学成立于 1997 年，在光学精密制造领域拥有数十年的研发经验和技術积累，已成为国内光学显微镜行业龙头企业和核心光学部件细分领域优势企业，主要产品包括生物显微镜及工业显微镜、条码扫描仪镜头、平面光学元件、专业成像光学镜片及镜等，是光电行业多个细分领域国际知名企业的核心光学部件核心供应商。

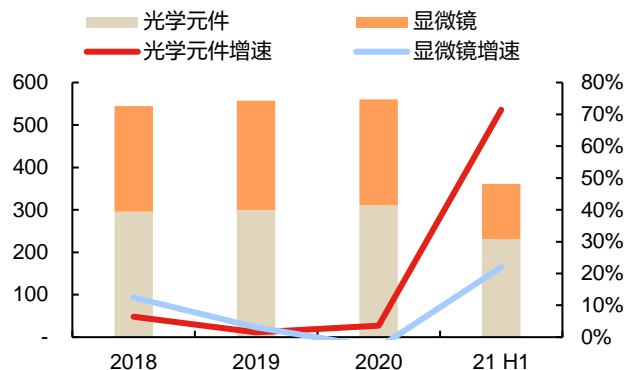
公司积极把握光学元件在物联网、自动驾驶、人工智能等下游领域的发展机遇。在车载激光雷达方面，公司开发多款应用于机械旋转式、混合固态式、固态式车载激光雷达光学镜头及光学元件，并且已经完成了历项试制产品，具备应对客户要求的技术研发和工艺制造能力，与禾赛、Innoviz 等国内外多家激光雷达方案商建立合作，并已进入麦格纳的指定产品供应商名单。未来公司有望凭借在光学精密仪器方面的技术优势在车载和激光雷达镜头领域取得突破，增添新动能。

图 51：公司车载光学布局

图 52：公司光学业务收入增长加速（单位：百万元）



数据来源：公司官网、东方证券研究所



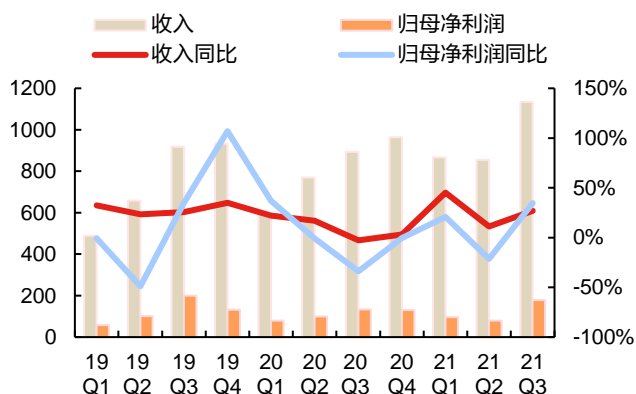
数据来源：公司公告、东方证券研究所

水晶光电：深耕产业链向解决方案商升级，车载业务持续突破

水晶光电(002273, 买入)作为领先的消费电子精密光学元件制造商，不断拓宽产品种类及应用领域。手机方面，智能手机光学创新升级趋势仍在延续，随着多摄、潜望式摄像等应用趋势，手机摄像头成本持续提升，带动公司各类产品潜在渗透的单机价值量不断提升。与此同时，公司产品应用已从手机延伸至智能汽车、智能家居、智能安防、智能制造等领域，未来有望带来业绩新突破口。公司围绕光学产业链紧密布局，已经形成从光学核心元器件/组件—模组—客户解决方案的一体化能力，打造一站式平台，助力公司由元器件制造厂商向方案供应商转型升级，在汽车智能座舱、智能驾驶、AR 成像等领域为客户提供多品类、多场景的解决方案。

公司深耕汽车电子领域，与国内主要整车厂商建立密切合作，项目涵盖 AR-HUD（已获得多客户项目定点）、W-HUD、激光雷达保护罩（已量产）、环视摄像头、驾驶员状态监控、智能像素大灯等，预计 22-23 年将有更多搭载公司产品的车型量产上市，带来收入与利润的显著提升。

图 53：19 Q1-21 Q3 公司收入及归母净利润（单位：百万元）



数据来源：Wind、东方证券研究所

图 54：公司汽车电子产品布局



数据来源：公司官网、东方证券研究所

炬光科技：高功率半导体激光器领军企业，布局汽车业务打开成长空间

炬光科技(688167, 未评级)聚焦激光行业上游的高功率半导体激光元器件(“产生光子”)、激光光学元器件(“调控光子”),并逐步向中游光子应用模块和系统拓展,产品广泛应用于先进制造、医疗健康、科学研究、汽车应用、信息技术五大领域。其中汽车业务作为公司近年来培育的新兴业务,近年来表现出良好增势,公司与德国大陆集团在智能驾驶激光雷达技术领域开展合作,框架协议总金额预计约4亿元,受益于此,20年公司汽车业务收入近0.3亿元,yoy+28%,公司汽车激光雷达逐渐迎来稳定上升的量产订单。

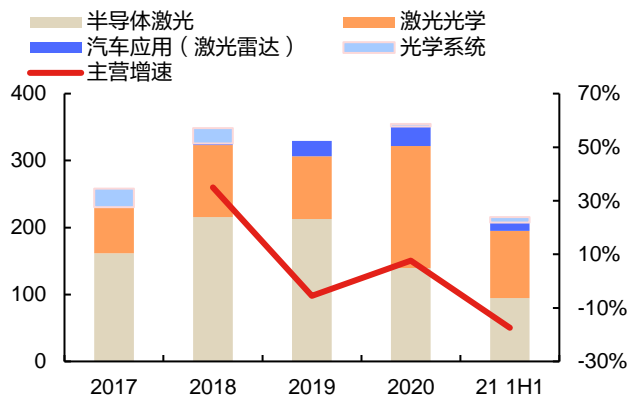
拥有车规级汽车应用(激光雷达)核心能力。公司围绕激光雷达、智能舱内驾驶员监控系统(DMS)等汽车创新应用场景拓展核心能力,主要产品包括激光雷达面光源、激光雷达线光源、激光雷达光源光学组件等。截至20年9月末,公司已与北美、欧洲、亚洲多家知名企业达成合作,包括Velodyne、Luminar、福特旗下知名无人驾驶公司Argo AI、德国大陆集团等。用于激光雷达面光源的光束扩散器及高峰值功率固态激光雷达光源模块已于20年量产,高峰值功率固态激光雷达面光源已与德国大陆集团签订批量供货合同,并进入批量生产阶段。

图 55: 公司汽车业务产品布局



数据来源: 公司官网、东方证券研究所

图 56: 2017-21 H1 公司主营业务收入(单位: 百万元)



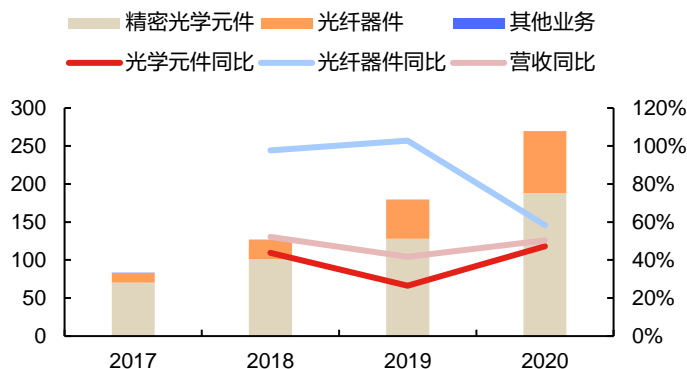
数据来源: 公司公告、东方证券研究所

腾景科技: 光学元件和光纤器件双轮驱动, 掌握光学光电子核心技术

腾景科技(688195, 未评级)产品主要包括精密光学元件、光纤器件两大类,主要应用于光通信、光纤激光等领域,其他少量应用于量子信息科研、生物医疗、消费类光学、汽车等领域。公司先后成功量产球面光学元件(包含柱面镜与透镜等产品)、高功率偏振分束器(PBS)、薄膜窄带滤光片等产品,在光学薄膜、精密光学、模压玻璃非球面以及光纤器件等相关技术上均实现突破。同时,公司于16年切入光通信领域,与Lumentum、Finisar以及光迅科技等国际厂商建立合作,并于19年成为华为直接供应商。受益于近年来5G技术的商用和规模部署,公司业绩快速增长,20年取得营收2.7亿元,yoy+50%;归母净利润0.7亿元,yoy+55%。

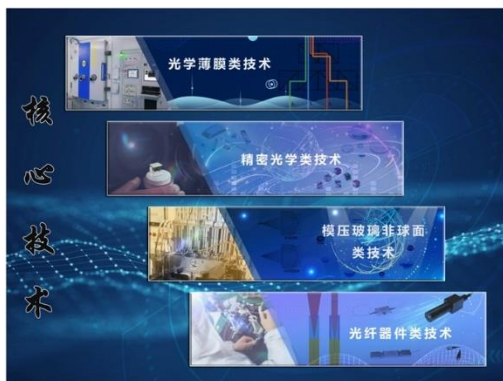
汽车领域,公司已通过IATF16949汽车行业质量管理体系认证,为激光雷达客户配套提供精密光学元件,处于持续送样及小批量验证阶段。

图 57: 2017-2020 公司营收情况(单位: 百万元)



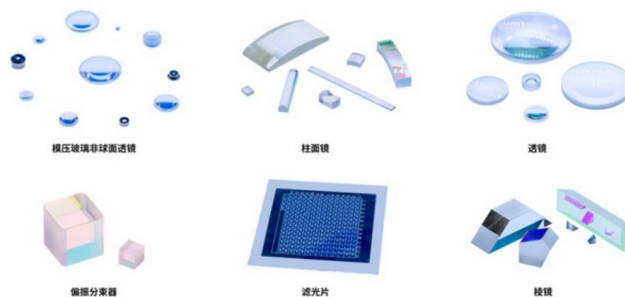
数据来源：公司公告、Wind、东方证券研究所

图 58: 公司核心技术



数据来源：讯石光通讯网、东方证券研究所

图 59: 公司主要产品



数据来源：讯石光通讯网、东方证券研究所

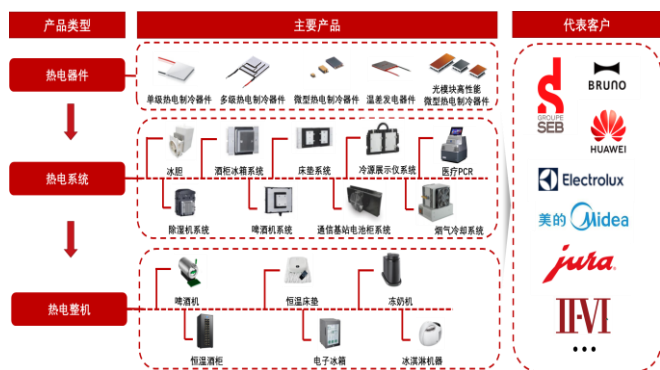
富信科技：国内半导体冷热器件领导者，切入激光雷达高端应用领域

富信科技(688662，未评级)是国内外少数全产业链半导体热电技术解决方案及应用产品提供商之一，集半导体热电器件、系统及其整机应用为一体，产品广泛应用于各类通用及新兴消费电子场景，高端应用场景方面，公司 micro TEC 已拓展到激光雷达等领域。

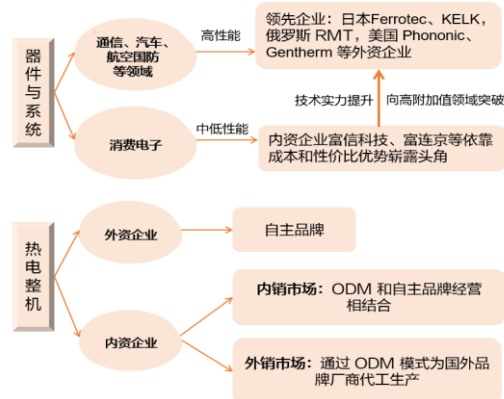
相比较传统 TEC，超微型热电制冷器件（Micro TEC）采用高性能热电材料及先进的自动化生产工艺制作，具有高精度微型化、高转换效率和高可靠性等特点，主要应用于对光器件及光模块的精准温度控制。公司成功突破技术瓶颈，产品成功导入汽车激光雷达等领域。用于高端应用领域的 micro TEC 技术难度高，产品毛利率较高，目前这些领域主要被日本小松及大和、美国富泰等公司占据，公司受益技术突破和国产替代。

图 60: 公司主要业务及产品

图 61: 热电制冷技术国内外企业竞争及布局情况



数据来源：公司招股书、东方证券研究所



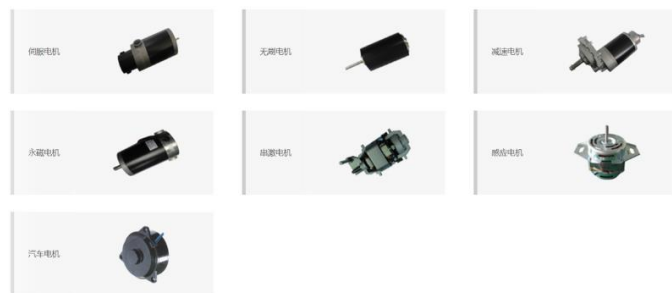
数据来源：公司招股书、东方证券研究所

湘油泵：子公司东兴昌科技深耕电机产品，具备激光雷达电机配套能力

湘油泵(603319, 未评级)产品主要包括机油泵、冷却水泵、燃油泵、变速箱阀板、电子泵五大系列，其他子公司产品包括齿轮、减速机、电磁阀、电子真空泵、电机、汽车铝铸件以及汽车零部件自动化生产线装备等。为了拓展业务范围，满足公司电动水泵、油泵类电机的需求，2019年8月公司携手世成国际发展有限公司合资建立子公司东兴昌科技，公司持股比例为51%。目前东兴昌科技已拥有专业的电机技术研发团队和先进的科研设备及智能检测系统，并与中科院深圳先进研究院建立了研发合作，已拥有60余项电机相关专利及2项软件著作权，电机产品功率范围涵盖18W-1500W，已具备超低噪音、高性能、高效率直流无刷电机的量产配套能力。东兴昌科技电机产品除了在湘油泵集团内部实现自主配套，也同时为日本松下、法国SEB集团、美国ElectroCraft、英国Powakaddy、美国CISCO、以色列Roboteam等国内外客户提供配套服务。受益于变速箱/变速器油泵、电子泵类、电机等业务的快速发展，公司20年取得营收14.09亿元，同比增长41%；归母净利润1.67亿元，同比增长79%；其中电机业务营收1.95亿元，同比增长457%；毛利0.22亿元，同比增长280%。

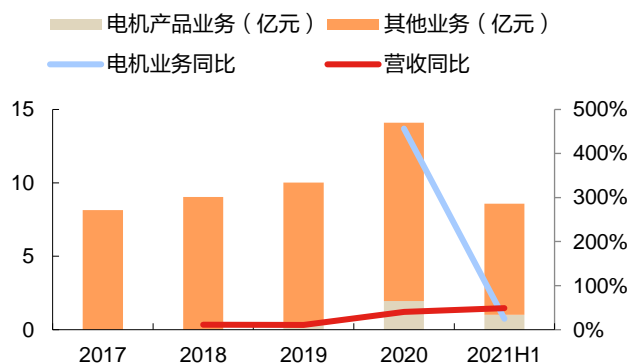
据公司上证e互动平台，其激光雷达电机产品已实现对全球图像级激光雷达领先企业的配套供货，并实车装配于国内某家新能源车企。

图 62：公司主要电机产品



数据来源：东兴昌电机官网、东方证券研究所

图 63：2017-21 H1 公司营收情况



数据来源：公司公告、Wind、东方证券研究所

5. 风险提示

自动驾驶渗透率不及预期：如果自动驾驶渗透率不及预期，会导致激光雷达出货量减少，对产业链公司产生负面影响。

激光雷达技术发展不及预期：当前激光雷达各类技术路线仍处于快速迭代阶段，如果激光雷达技术发展进度不及预期，会导致激光雷达产品规模化落地不及预期，对产业链公司产生不利影响。

激光雷达成本下降不及预期：当前成本较高是阻碍激光雷达规模化装车的因素之一，如果激光雷达产品价格降幅不及预期，会导致车载激光雷达搭载量减少。

分析师申明

每位负责撰写本研究报告全部或部分内容的研究分析师在此作以下声明：

分析师在本报告中对所提及的证券或发行人发表的任何建议和观点均准确地反映了其个人对该证券或发行人的看法和判断；分析师薪酬的任何组成部分无论是在过去、现在及将来，均与其在本研究报告中所表述的具体建议或观点无任何直接或间接的关系。

投资评级和相关定义

报告发布日后的 12 个月内的公司的涨跌幅相对同期的上证指数/深证成指的涨跌幅为基准；

公司投资评级的量化标准

- 买入：相对强于市场基准指数收益率 15%以上；
- 增持：相对强于市场基准指数收益率 5% ~ 15%；
- 中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；
- 减持：相对弱于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级 —— 由于在报告发出之时该股票不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该股票的研究状况，未给予投资评级相关信息。

暂停评级 —— 根据监管制度及本公司相关规定，研究报告发布之时该投资对象可能与本公司存在潜在的利益冲突情形；亦或是研究报告发布当时该股票的价值和价格分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确投资评级；分析师在上述情况下暂停对该股票给予投资评级等信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该股票的投资评级、盈利预测及目标价格等信息不再有效。

行业投资评级的量化标准：

- 看好：相对强于市场基准指数收益率 5%以上；
- 中性：相对于市场基准指数收益率在-5% ~ +5%之间波动；
- 看淡：相对于市场基准指数收益率在-5%以下。

未评级：由于在报告发出之时该行业不在本公司研究覆盖范围内，分析师基于当时对该行业的研究状况，未给予投资评级等相关信息。

暂停评级：由于研究报告发布当时该行业的投资价值分析存在重大不确定性，缺乏足够的研究依据支持分析师给出明确行业投资评级；分析师在上述情况下暂停对该行业给予投资评级信息，投资者需要注意在此报告发布之前曾给予该行业的投资评级信息不再有效。

免责声明

本证券研究报告（以下简称“本报告”）由东方证券股份有限公司（以下简称“本公司”）制作及发布。

。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。本报告的全体接收人应当采取必要措施防止本报告被转发给他人。

本报告是基于本公司认为可靠的且目前已公开的信息撰写，本公司力求但不保证该信息的准确性和完整性，客户也不应该认为该信息是准确和完整的。同时，本公司不保证文中观点或陈述不会发生任何变更，在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的证券研究报告。本公司会适时更新我们的研究，但可能会因某些规定而无法做到。除了一些定期出版的证券研究报告之外，绝大多数证券研究报告是在分析师认为适当的时候不定期地发布。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测只提供给客户作参考之用，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人作出邀请。

本报告中提及的投资价格和价值以及这些投资带来的收入可能会波动。过去的表现并不代表未来的表现，未来的回报也无法保证，投资者可能会损失本金。外汇汇率波动有可能对某些投资的价值或价格或来自这一投资的收入产生不良影响。那些涉及期货、期权及其它衍生工具的交易，因其包括重大的市场风险，因此并不适合所有投资者。

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所引致的任何损失负任何责任，投资者自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

本报告主要以电子版形式分发，间或也会辅以印刷品形式分发，所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面协议授权，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。不得将报告内容作为诉讼、仲裁、传媒所引用之证明或依据，不得用于营利或用于未经允许的其它用途。

经本公司事先书面协议授权刊载或转发的，被授权机构承担相关刊载或者转发责任。不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

提示客户及公众投资者慎重使用未经授权刊载或者转发的本公司证券研究报告，慎重使用公众媒体刊载的证券研究报告。

东方证券研究所

地址：上海市中山南路 318 号东方国际金融广场 26 楼

电话：021-63325888

传真：021-63326786

网址：www.dfzq.com.cn