

汽车电子系列之一：激光雷达将迎产业化拐点

电子行业

推荐 (维持评级)

核心观点：

- **激光雷达将在 L3 及以上自动驾驶中发挥关键作用，市场空间广阔**
目前大多数自动驾驶车企已能够基本实现 L2 级自动驾驶，并开始推出初步具备 L3 功能的车型。由 L2 到 L3 级是重要的转折点，标志着自动驾驶汽车可以进行无人驾驶操作，相应对环境感知提出了更高要求，激光雷达将发挥关键作用。根据沙利文的预测和统计，激光雷达在 2025 年的全球市场规模可以达到 135.4 亿美元，较 2019 年可实现 64.5% 的年均复合增长，行业市场空间广阔。
- **海外巨头陆续上市，车规级产品逐渐落地，激光雷达迎来产业化拐点**
海外 Velodyne、Luminar 已于 2020 年通过借壳方式实现上市，Aeva、Innoviz 以及 Ouster 计划于 2021 年上市，资产证券化步伐加快。激光雷达的价格不断下探，由最初的数万美元逐渐降低至数百美元，如华为发布的车规级 96 线中长距激光雷达产品的成本有望降至 200 美元。与此同时，越来越多的激光雷达通过了车规级验证，下游车企也纷纷宣布将在量产高端车型中搭载激光雷达，我们认为激光雷达产业化进程将迎来实质加速。
- **技术路线方面，由机械向固态混合、固态发展，MEMS 有望最先得到广泛采用，OPA、FLASH、FMCW 发展值得期待**
尽管机械式激光雷达探测性能优越、技术成熟，是当前的主流，但其高昂的成本和相对较短的使用寿命令其在车规级量产方面并不具有优势，低成本、高可靠性的固态化激光雷达是未来趋势。短期内，MEMS 雷达技术相对成熟，成本可控，最有希望得到广泛应用。中长期看，OPA、FLASH、FMCW 方案技术上更为先进，未来产业化进程决定于技术成熟度与量产能力。
- **竞争格局方面，海外企业起步较早，国内企业在价格、本土化应用方面具有优势，随着大疆、华为等科技巨头加入，未来竞争更加激烈**
国外的激光雷达产业起步较早，Velodyne 在机械式雷达方面具有显著优势，占有较大份额；Luminar 在 MEMS 激光雷达方面较为领先；Aeva 是唯一采用 FMCW 技术路径的厂商。国内激光雷达呈百花齐放格局，初创企业禾赛科技、速腾聚创、镭神智能在机械雷达方面较为领先，并向固态雷达发展，大疆、华为等科技巨头凭借在光学光电子等领域技术优势也进入激光雷达领域，未来也有望成为市场重要的参与者。
- **投资建议：**我们认为激光雷达迎来产业化拐点，除了技术路线的选择，产品迭代能力与商业化量产能力是未来企业突围的关键。建议关注与车企合作紧密，且在车规产品量产方面具备先发优势的企业，如禾赛科技、速腾聚创、镭神智能、一径科技等。
- **主要风险因素：**无人驾驶进展不及预期的风险；激光雷达的成本下降不及预期的风险；技术替代的风险。

分析师

傅楚雄

☎：010-80927623

✉：fuchuxiong@chinastock.com.cn
分析师登记编码：S0130515010001

王恺

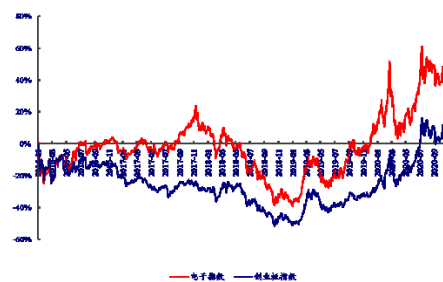
☎：010-80927627

✉：wangkai_yj@chinastock.com.cn
分析师登记编码：S0130520120001

特此鸣谢：实习生 隋雨薇

行业数据

2021-01-28



资料来源：Wind，中国银河证券研究院整理

相关研究

《2021 年投资策略报告_新时代、新格局，电子投资新格局》
2020-12-14

目 录

一、自动驾驶渐行渐近，激光雷达是不可或缺的智车之眼.....	2
（一）自动驾驶市场广阔，国内外厂商加速布局.....	2
（二）激光雷达是实现 L3 以上自动驾驶重要的感知设备.....	5
（三）机械式仍占据主流，固态激光雷达将快速渗透.....	7
二、激光雷达产业处于爆发前期，市场空间广阔.....	10
（一）价格降至千元级别，激光雷达有望加速渗透.....	10
（二）市场空间广阔，未来五年超百亿规模.....	11
三、海外厂商占据优势，国内企业快速崛起.....	13
（一）国外激光雷达企业陆续登陆资本市场.....	14
（二）国内企业快速崛起，呈百花齐放格局.....	17
（三）上游核心元件仍被国外垄断，国内企业开始布局.....	19
四、投资建议.....	21
五、风险提示.....	22
插图目录.....	23

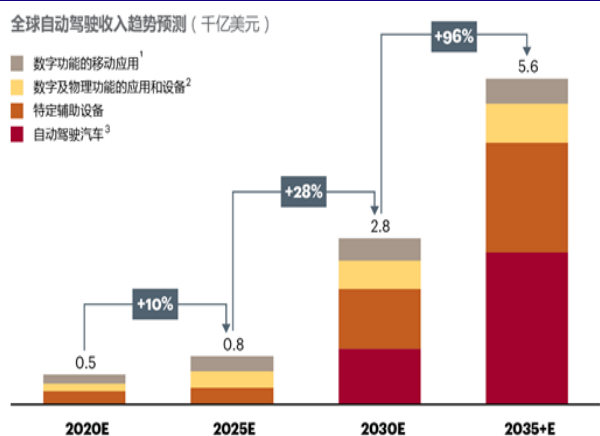
一、自动驾驶渐行渐近，激光雷达是不可或缺的智车之眼

(一) 自动驾驶市场广阔，国内外厂商加速布局

全球自动驾驶市场规模广阔。随着人工智能、5G 技术的逐渐普及，无人驾驶、高级辅助驾驶快速发展，这些技术的实现能够大幅减少人为失误带来的交通风险、提高交通运输效率、提升道路通行能力、改变汽车生产消费模式，实现交通运输安全、高效、绿色的发展愿景。同时能够缓解社会老龄化带来的劳动力短缺的问题，提高生产力水平、提升生活品质。根据 IHS 的预测，自动驾驶汽车将在 2025 年前后开始一轮爆发式增长，到 2035 年，道路行驶车辆将有一半实现自动驾驶，届时自动驾驶整车及相关设备、应用的收入规模总计将超过五千亿美元。

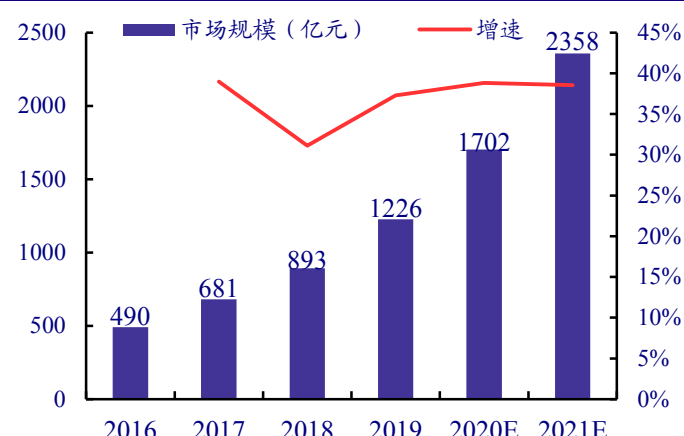
中国自动驾驶市场快速增长。据发改委最新《智能汽车创新发展战略》，到 2020 年，中国标准智能汽车的技术创新、产业生态、路网设施、法规标准、产品监管和信息安全体系框架基本形成，智能汽车新车占比达到 50%，中高级别智能汽车实现市场化应用。据中商产业研究院数据，2016 年-2019 年中国智能驾驶市场规模从 490 亿元增长到 1226 亿元，复合增速为 35.8%，到 2021 年市场规模将进一步增长至 2358 亿元。

图 1.全球自动驾驶市场规模



资料来源: IHS, 中国银河证券研究院

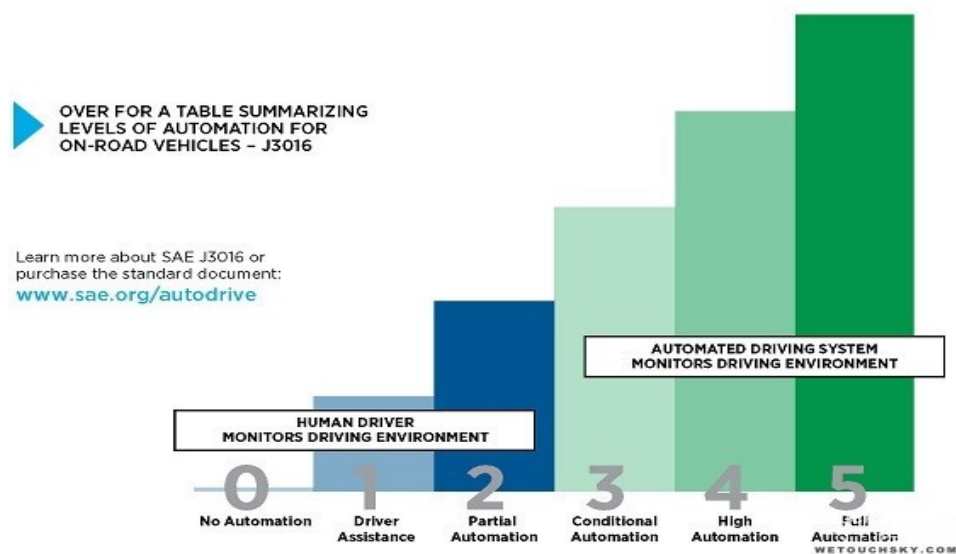
图 2.中国智能驾驶市场规模 (单位: 亿元)



资料来源: 中商产业研究院, 中国银河证券研究院整理

L3 是自动驾驶技术升级的重要转折。参照 SAE 国际汽车工程师协会以及国内工信部制定的自动驾驶分级标准，可以根据人类驾驶者的参与程度，将自动驾驶分为 L0 至 L5 各个等级。数值越高，代表自动驾驶的成熟度就越高，L0 是应急辅助，L1、L2 分别为部分驾驶辅助与组合驾驶辅助，L3-L5 分别为有条件自动驾驶、高级自动驾驶和完全自动驾驶。其中由 2 级到 3 级的跨度是重要的转折点，标志着自动驾驶汽车完全可以进行无人驾驶操作，相应对环境感知提出了更高要求。

图 3. SAE 自动驾驶等级划分



资料来源：SAE 官网，中国银河证券研究院

目前大多数自动驾驶厂商能够基本实现 L2 级自动驾驶，并开始推出初步具备 L3 功能的车型。外资车企中，当前国外技术水平最高的自动驾驶汽车为谷歌的 Waymo，全车搭载了多个激光雷达、毫米波雷达、摄像头以及高精度自动定位仪，整车可达到 L5 级别的自动驾驶。而奥迪于 2018 年推出的奥迪 A8 是全球第一款量产 L3 级别的自动驾驶汽车。除此之外，Uber、Toyota、Cruise 等国外厂商的自动驾驶汽车也都分别搭载了不同数量和种类的各式传感器，并可实现 L2 级别的自动驾驶。

表 1. 国外车企自动驾驶规划

企业	自动驾驶级别	项目进展	未来规划
Waymo	L5	发布了第五代无人车平台——Waymo Driver。	将会在得克萨斯州测试自动驾驶卡车。
Cruise	L4	2020 年推出了首款自动驾驶汽车“Origin”。	“Origin”将会实现量产，而不只是停留在概念车阶段。
奥迪	L3	奥迪 A8 是全球首款实现 L3 级别的量产车型。	将 L3 级技术的研发提升到大众集团层面。
Toyota	L3	发布了基于雷克萨斯 LS500 改造的自动驾驶车辆 TRI-P4，该车配备了 360 度观察车辆周围的 4 个摄像头，以及 8 个激光雷达。	在 2020 年实现高速公路上的辅助自动驾驶；2020-2030 年前期，实现拥堵路段的自动驾驶技术应用；2020-2030 年后期，实现高速公路上的完全自动驾驶、在其他道路实现部分自动驾驶。
本田	L3	本田 L3 乘用车已经从日本国土交通省获得了认可，这是世界首个在国家层面批准 3 级自动驾驶车投入实用的车型。	计划在 2021 年 3 月底前开始销售全球首款量产 L3 级自动驾驶汽车——本田 Legend。
奔驰	L3	奔驰 GLE 的驾驶辅助系统被欧洲 NCAP 与其安全研究和测试合作伙伴评定为“非常好”。	2021 年下半年推出 L3 级别新 S 级车型。
宝马	L3	已建立专门的“自动驾驶研发中心”。	2021 年量产的 BMW i NEXT 将提供 L3 自动驾驶功能，并计划在包括中国在内的全球主要市场开展 L4 级自动驾驶车队测试。

资料来源：中国银河证券研究院整理

全国政协经济委员会苗圩副主任在 2021 中国电动汽车百人会云论坛上表示, 2020 年国内 L2 级别自动驾驶的渗透率已近 15%。车企相继推出具备 L3 功能的自动驾驶车型。相关厂商的部分 L3 级别车型已经投入量产, 如小鹏 P7、长安 UNI-T、上汽 MARVEL-R, 2020 年亦成为国内的 L3 车型量产元年。除此之外, 国内各厂商已经将更高级别的自动驾驶规划提上日程。

表 2. 国内车企自动驾驶规划

车企	自动驾驶规划
广汽	2022 年, 实现 L4 车型率先量产; 2023 年, 实现 L4 级别自动驾驶的区域示范运营。
北汽	2022 年, 实现 L3/L4 级别车型的测试、示范和量产。
一汽	2030 年实现全工况、全天候的自动驾驶。
长城	2023 年计划量产 L4 级商品车; 2025 年推出达到 L5 级自动驾驶商品车。
奇瑞	2025 年计划实现 L4 级别的自动驾驶。
吉利	个人车辆方面, 将于 2021 年在结构道路实现高度自动驾驶; 2023 年之前, 在开放道路实现高度自动驾驶。公共交通工具方面, 将于 2022 年在结构道路实现完全自动驾驶; 2022 年亚运会核心区域, 提供智能出行服务; 2025 年之前, 在开放道路上实现完全自动驾驶。
小鹏	2024 年或 2025 年, 研发出 L4 级别的车型。
蔚来	2022 年初具备 L3 自动驾驶的车型 ET7, 实现从辅助驾驶到自动驾驶的飞跃。

资料来源: 各公司官网, 中国银河证券研究院整理

在道路测试方面, 据 DWM 公布的 2019 年加州自动驾驶路测相关数据, 国外部分车企的测试里程数优势明显。已获得加州自动驾驶路测牌照的公司及其测试车辆在 2019 年度累计测试 288 万英里, 同比增长 38.46%。其中谷歌的 Waymo 测试里程超过 145 万英里, 通用 Cruise 测试里程达到 83.1 万英里, 二者总里程数占约 80%。小马智行与百度分别测试里程达 17.48 万英里和 10.8 万英里。

表 3. 美国 DWM 部分路测情况

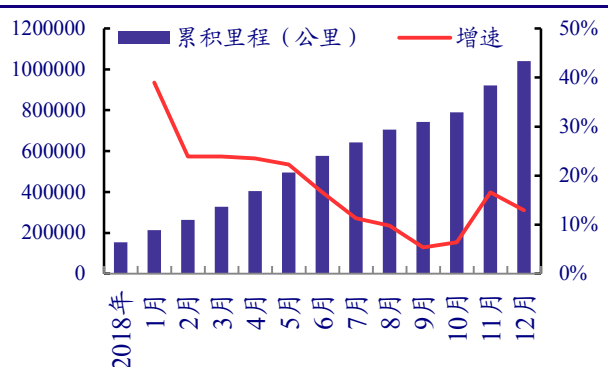
主体	路测里程(英里)	脱离次数	每“脱离”一次的里程(英里)
谷歌 Waymo	1454137.32	110	13219
通用 Cruise	831039.88	68	12221
小马智行	174845.29	27	6476
百度 USA	108300.20	6	18050
AutoX	32054.00	3	10685
Tesla	12.20	0	

资料来源: 美国加州车辆管理所 DWM, 中国银河证券研究院整理

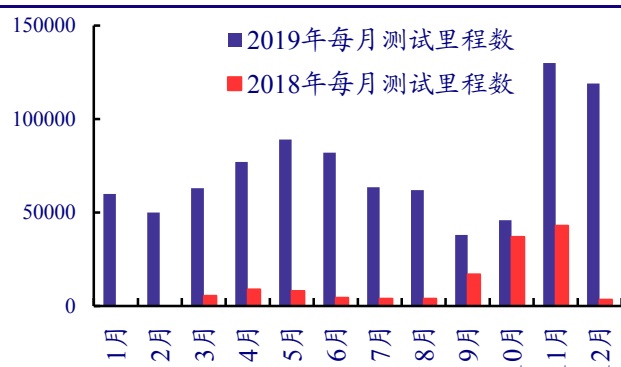
国内自动驾驶测试里程数逐年增多, 道路测试规模逐渐加大。北京是我国自动驾驶推进较为领先的城市, 其道路测试里程总数处于全国领先地位, 道路测试环境相对安全可控。2018 年, 北京市已为百度、蔚来、北汽新能源、小马智行、戴姆勒、腾讯、滴滴、奥迪共 8 家企业的 56 辆自动驾驶车辆发放了道路临时测试牌照, 自动驾驶车辆道路测试里程达 153565 公里。

请务必阅读正文最后的中国银河证券股份有限公司免责声明。

而根据北京市智能车联发布的《北京市自动驾驶车辆道路测试报告（2019）》显示，截止2019年底，北京市道路测试里程突破1040221公里，相比2018年同比增长577%。

图 4. 2019 年北京市道路测试累计里程统计


资料来源：《北京市自动驾驶车辆道路测试报告（2019）》，中国银河证券研究院

图 5. 2019 年北京市每月道路测试里程情况


资料来源：《北京市自动驾驶车辆道路测试报告（2019）》，中国银河证券研究院

根据《北京市自动驾驶车辆道路测试报告（2019）》，2019年百度的累计测试里程达89.39万公里，整体优势明显；其次为小马智行的12.13万公里。同时百度的已发放牌照车辆数达52辆，在所有测试主体占比超过65%。其他相关企业如蔚来、腾讯等，它们的表现也都有较大进展。

表 4. 北京市测试牌照发放与道路测试情况

测试主体	已发放牌照车辆	累计测试里程数	2019 测试里程数
百度	52	89.39	75.40
蔚来	2	0.35	0.11
北汽新能源	1	0.02	0.00
戴姆勒	2	0.09	0.04
小马智行	7	12.13	11.12
腾讯	1	0.42	0.39
滴滴	2	0.14	0.13
奥迪	1	0.10	0.09
北京智行者	2	0.14	0.14
重庆金康	1	0.00	0.00
北京四维	1	0.12	0.12

资料来源：《北京市自动驾驶车辆道路测试报告（2019）》，中国银河证券研究院整理

（二）激光雷达是实现 L3 以上自动驾驶重要的感知设备

自动驾驶的环境监测传感器主要包括摄像头、毫米波雷达、超声波雷达与激光雷达。摄像头是传统视觉解决方案的基础，价格较低，而且可以根据不同功能的要求安装在不同位置上。毫米波雷达是指工作在毫米波段探测的雷达，波长 1~10mm，介于微波和厘米波之间，兼具微波制导和光电制导的优点。超声波雷达是利用超声波从发射到反射接收的时间差来计算与

障碍物之间的距离，常用在泊车系统中。激光雷达主要通过发射激光束来探测目标的位置、速度等特征量。

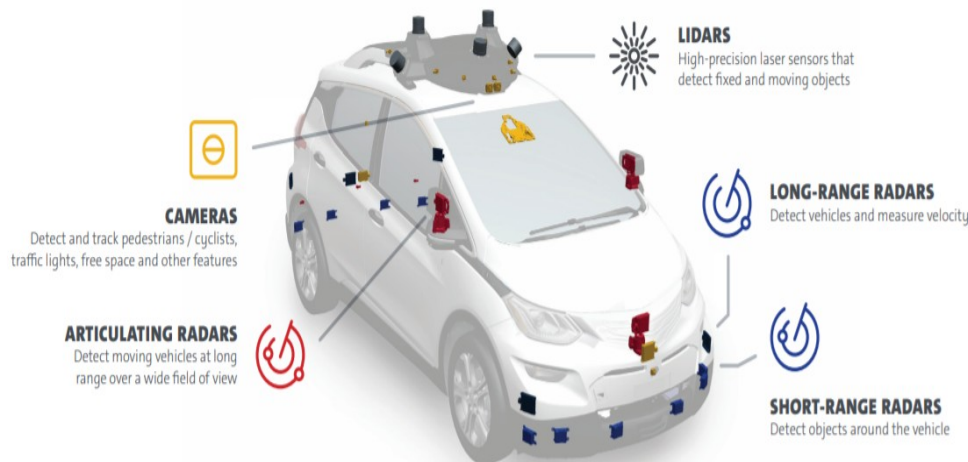
表 5. 各类传感器的对比情况

分类	工作原理	目前主要应用方向	优势	劣势
摄像头	通过摄像头采集信息，并进行算法识别	车道偏离预警 (LDW)、交通标志识别 (TSR) 等	应用广泛；价格低廉	受天气影响大；依赖于样本；算法复杂；稳定性差
毫米波雷达	发射并接收毫米波，根据相差时间测算距离	自适应巡航 (ACC)、自动紧急制动 (AEB) 等	测距测速能力突出	无法辨识行人和对周围障碍物进行精准的建模
超声波雷达	通过超声波发射与反射接收的时间差来计算距离	自动泊车	价格低廉；近距离探测精度高；不受光线条件影响	不适合长距离测量
激光雷达	发射和接受激光，以此测算距离	道路提取、环境建模、障碍物识别等	精度高；采集信息丰富；实时性好	工艺要求水平高；目前车规级少

资料来源：电子发烧友，CSDN，中国银河证券研究院整理

多传感器交叉融合是无人驾驶的必经之路。考虑到各类传感器都有自己的优点与劣势，无人驾驶需要融合不同类型传感器实现优势互补。目前国内外车企在自身的新款自动驾驶汽车上也基本都采用了多种传感器交叉融合的方案。以通用 Cruise AV 为例，通用目标是实现 L4 级别的自动驾驶，全车搭载 5 个 Velodyne 的 VLP16 16 线激光雷达、21 个毫米波雷达(其中有 12 个由日本 ALPS 提供的 79GHz 的毫米波雷达)以及 16 个摄像头。

图 6. 通用 Cruise AV 的传感器配置情况



资料来源：通用汽车官网，中国银河证券研究院

激光雷达是实现 L3 以上自动驾驶重要的环境感知设备。对于自动驾驶传感器的选择，目前市场上分成了两大阵营：一类是基于视觉的解决方案，即由摄像头主导并辅以低成本元件，如 Mobileye 搭配的是视觉处理芯片，特斯拉搭配的是毫米波雷达，百度也在 2019 年公开了全国唯一自动驾驶纯视觉城市道路闭环解决方案——百度 Apollo Lite；另一阵营则更倾向于由激光雷达主导，如谷歌 Waymo、通用 Cruise、华为、百度 Apollo (除 Apollo Lite) 等，他们认为基于视觉解决方案难以满足更高等级的自动驾驶，需要精度更高的激光雷达来作为传感器主导。

请务必阅读正文最后的中国银河证券股份有限公司免责声明。

基于视觉的解决方案在成本方面具有优势，但在精度、稳定性等方面存在一定局限性。首先，在精度方面，视觉方案的测距精度低且需要依赖的项目较多，算法固定时提高精度会导致视场角变小或最近距离变远。其次，若要在当前的视觉方案基础上实现优化，需要足够好的算法甚至专门的芯片辅佐，实现难度较大，对算力的要求非常高。最后，视觉方案还存在着视野较小的问题，比如双目系统最多能覆盖目标方向 60 度的视野，而激光雷达可以实现 360 度。

图 7. 特斯拉 Model Y 的视觉方案



资料来源：特斯拉官网，中国银河证券研究院

激光雷达价格的快速下降与车规级验证通过将促进其在 L3 自动驾驶方面得到广泛采用。目前，激光雷达价格已从过去数万美元逐渐下探到 1000 美元之内。例如华为首次发布的车规级 96 线中长距激光雷达产品的成本有望降至 200 美元，Velodyne 的 Velabit 激光雷达价格只有 100 美元。未来，随着技术的迭代与量产规模的提升，价格将进一步下降。同时，越来越多的激光雷达通过车规级验证，使得车载量产成为可能。

全球车载摄像头龙头 Mobileye 宣布布局激光雷达领域。在 2021 年 CES 大会上，Mobileye 宣布将与母公司 Intel 合作开发激光雷达单芯片系统 (SoC)，并在 2025 年之前将其应用在在自动驾驶汽车中。根据半导体观察报道，该技术属于调频连续波(FMCW)激光雷达，这将使得 Mobileye 拥有独立的激光雷达传感器技术，并且能够自定义激光雷达软件，从而进一步降低制造成本，配合原有的雷达，为更多的汽车产品提供更高阶的自动驾驶技术。实际上，Mobileye 过往主要依靠摄像头开发自动驾驶系统，在车载摄像头识别领域 Mobileye 的市场份额达到 70% 以上，其车载摄像头解决方案已为 Volvo、奥迪、宝马、日产等众多国内外车厂供货。我们认为 Mobileye 的强势入局，可以看做激光雷达产业化进程加速的标志之一。

虽然目前激光雷达在成本方面不占优势，但 L3 及以上自动驾驶需要高可靠性的环境感知方案，激光雷达将扮演重要角色，同时激光雷达价格快速下探，车规级激光雷达陆续量产，我们认为其将在 L3 级以上自动驾驶中发挥关键作用，产业处于爆发前期。

(三) 机械式仍占据主流，固态激光雷达将快速渗透

激光雷达主要包括光源、测距原理、探测器和光束操纵四大要素。激光发生器和光路发射

出多线光束，光束到达目标物之后，光束发射或者折射返回到达接收器，再经光电探测器形成信号接收，最后经信号处理之后即可得到目标物的距离、速度、形状等信息。

图 8. 激光雷达四大构成要素



资料来源：麦姆斯咨询，中国银河证券研究院

从扫描方式来看，激光雷达可以分为机械式激光雷达和固态激光雷达。机械式激光雷达内部装配了机械旋转部件，可以实现最多 360 度的扫描，但硬件成本高、量产困难；固态激光雷达在外观上看不到旋转，具体可以分为 MEMS、Flash 和 OPA。从测距方式看，主要包括 ToF 和 FMCW。ToF 是根据发射激光与回波信号的时间差来计算得到目标物的距离信息，而 FMCW 则是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。目前主流激光雷达大多采用 ToF 方案，FMCW 虽然具有灵敏度高，抗干扰能力强，功耗低等优点，但技术成熟度仍然较低。从发射光源看，主要包括 905nm 和 1550nm。905nm 光源使用硅材料和半导体激光器，成本较低，技术成熟度较高，但是其穿透能力弱、探测距离近、安规测试较为严格，目前大部分主流厂商采用 905nm 光源，如 Velodyne。1550nm 光源使用 InGaAs 材料和光纤激光器，成本较高，但其穿透能力强、探测距离远、人眼安全性高，目前 Luminar、华为等少部分厂商采用。

机械式激光雷达是当前自动驾驶汽车应用最主流的产品。相比于固态，机械式激光雷达率先发展起来且已经过了不断的迭代，技术已经趋于成熟，通过叠加线束即可获得更高的分辨率和测距距离，认可度更高、应用范围更广，所以 Robotaxi 等高级自动驾驶玩家为主的主流选手目前更倾向于选择传统的机械式产品。通过旋转的方式获取 360° 的环境数据，因为个头大又必须“看得清”车身周围，放在车顶上是唯一合适的方式。一般在进行路测的 Robotaxi 车顶上安装的类型圆柱型的产品就是机械式激光雷达。

图 9. 滴滴无人车采用机械式激光雷达



资料来源：汽车之家，中国银河证券研究院

图 10. Waymo 无人车采用机械式激光雷达



资料来源：汽车之家，中国银河证券研究院

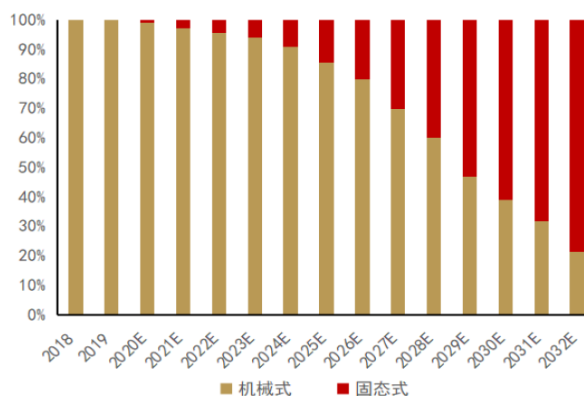
尽管机械式激光雷达探测性能优越、技术成熟，但其高昂的成本和较短的使用寿命使其在短时间内车规级量产的可能性较低。机械式激光雷达结构精密，零件数多、组装工艺复杂、制造周期长，因此生产成本居高不下；内部含有大量可动部件，易受车辆振动影响，在行车环境下磨损严重，长期使用可靠性差，难以满足汽车厂商的要求。

图 11. 激光雷达发展路线



资料来源：麦姆斯咨询，中国银河证券研究院

图 12. ADAS 领域机械式 / 固态式激光雷达销售额占比及预测



资料来源：Yole Development，中国银河证券研究院

低成本、高可靠性的固态化激光雷达是未来趋势。固态激光雷达又可以分为 MEMS、OPA、Flash。因 MEMS 扫描镜兼具“固态”和“运动”两种属性，所以 MEMS 也被业界称为“混合固态”。OPA 则完全取消了机械结构，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。Flash 激光雷达的原理如名字所示，为“快闪”，不进行扫描，有些类似于黑夜中的照相机，光源由自己主动发出。综合来看，固态激光雷达寿命、稳定性更高，而且可以很好的解决机械式面临的造价成本高以及难以量产的难题，未来有望逐渐取代机械式雷达。在固态激光雷达中，MEMS 雷达技术相对成熟，成本可控，短期内最有希望得到广泛应用。

表 6. 不同类型激光雷达的比较情况

类型	工作原理	探测距离	成熟度	优势	劣势
机械式	通过不断旋转发射头，将速度更快、发射更准的激光从“线”变成“面”，并在垂直方向上排布多束激光，形成多个面，达到动态扫描并动态接收信息的目的。	中远距离	高	技术成熟；性能优越	工艺复杂；造价昂贵；长期使用可靠性差
MEMS	用半导体“微动”器件（如 MEMS 扫描镜）来代替宏观机械式扫描器，在微观尺度上实现雷达发射端的激光扫描方式。	中远距离	中	成本低；适合大规模应用	视野有限
OPA	运用相干原理，采用多个光源组成阵列，通过控制各光源发光时间差，合成具有特定方向的主光束，然后再加以控制，主光束便可以实现对不同方向的扫描。	中远距离	低	扫描速度快；可控性好；精度高；体积小	易形成旁瓣，影响光束作用距离和分辨率；生产难度高
Flash	通过在短时间内直接发射出一大片覆盖探测区域的激光，辅以高度灵敏的接收器，来完成对周围图像的绘制。	近距离	中	记录速度快；成本低	探测距离较近，不适合远程探测；可靠性存疑

资料来源：中国银河证券研究院整理

二、激光雷达产业处于爆发前期，市场空间广阔

（一）价格降至千元级别，激光雷达有望加速渗透

成本快速下探，千元级产品逐渐走向市场。一直以来，高昂的成本作为激光雷达最大痛点之一导致其难以量产，如 Velodyne 在 2007 年推出的 64 线机械式激光雷达的售价高达 8 万美元。在过去的十几年里，激光雷达供应商不断创新技术路线，争取在提升性能的同时降低成本。如大疆子公司 Livox 采用的光电系统解决方案均使用经过验证且易于获得的光学元件，只需少量的激光收发模组即可取得高线束的扫描效果，极大降低了成本，其在 CES 2020 上推出的 Horizon 和 Tele-15 两款产品分别仅需 6499 元和 8999 元，但却可以分别达到 64 线和 128 线机械式激光雷达的效果。2020 年 12 月，华为首次面向行业正式发布车规级高性能激光雷达产品和解决方案，并且这款 96 线中长距激光雷达产品的成本有望降至 200 美元。

表 7. 市场上主要激光雷达产品的对比情况

厂商	型号名称	发布时间	主要技术方案	售价
Velodyne	HDL-64E	2007 年	机械式	8 万美元
	HDL-32E	2007 年	机械式	4 万美元
	VLP-16	2007 年	机械式	8000 美元
北科天绘	R-Fans-32	2016 年	机械式	150000 元
速腾聚创	RS-LiDAR-32	2017 年	机械式	128000 元
	RS-LiDAR-M1	2019 年 1 月	MEMS	1898 美元
Livox	Horizon	2020 年 1 月	非重复扫描	6499 元
	Tele-15	2020 年 1 月		8999 元
镭神智能	LS20B	2020 年 1 月	MEMS	999 美元
	LS20D	2020 年 1 月		868 美元

请务必阅读正文最后的中国银河证券股份公司免责声明。

	LS20E	2020年1月		888 美元
Velodyne	Velabit	2020年1月	MEMS	100 美元
华为	96 线中长距激光雷达	2020年12月	MEMS	可降至 200 美元以下

资料来源：各公司官网，中国银河证券研究院整理

满足车用苛刻条件，车规级激光雷达陆续量产。激光雷达从研发到量产有三个关键认证：ISO16750 道路车辆电气和电子装备的环境条件和试验、IATF 16949 质量管理体系认证、ISO26262 道路车辆功能安全国际标准认证。只有拿到了车规级的认证，企业才算是迈入量产的门槛。目前，行业内对于前装车规级量产的激光雷达有一些相对明确的要求，如测距范围需要 200-300 米，分辨率及视场角需要分别达到 0.1-0.2 度和 120-180 度。除了满足性能，激光雷达还面临诸多可靠性问题，如在零下 40 度到零上 85 度的范围之内保证正常工作，有足够的对机械振动冲击的稳健性，满足 10 年车规寿命要求等。以华为为例，在推出其 96 线中长距激光雷达产品之前，针对车规级要求的高低温湿热、水压、振动、盐雾、人眼安全、EMC（电磁兼容）、碎石冲击等场景都进行了严苛的测试。目前，法雷奥 ScaLa 激光雷达已被搭载在奥迪 A8 上，实现了车规级量产，许多其他厂商的产品也已经完成了车规级要求的测试。

表 8.国内满足车规级要求的部分激光雷达产品介绍

厂商	产品型号	最远探测距离	激光安全等级	工作温度	已通过的认证
速腾聚创	RS-LiDAR-M1	200m	Class 1	-40°C ~ +85°C	IATF 16949
Livox	Horizon	260m	Class 1	-40°C ~ +85°C	IATF 16949
	Tele-15	500m	Class 1	-40°C ~ +85°C	IATF 16949
镭神智能	CH32	300m	Class 1	-40°C ~ +85°C	IATF 16949
北科天绘	C-Fans-128	200m	Class 1	-40°C ~ +85°C	IATF 16949
一径科技	ML-X	200m	Class 1	-40°C ~ +85°C	IATF-16949
华为	96 线中长距激光雷达	220m	-----	-----	-----

资料来源：各公司官网，中国银河证券研究院整理

多家车企计划在量产高端车型中搭载激光雷达。小鹏透露已与 Livox 合作，计划于 2021 年推出全球首款搭载激光雷达的量产智能汽车；2021 年 1 月 9 日，蔚来发布其重磅新车 NIO ET7，其独有的 AQUILA 蔚来超感系统已经搭载了超远距高精度激光雷达；计划于 2021 年亮相发布的极狐 HBT 将搭载 3 颗来自华为的 96 线激光雷达。

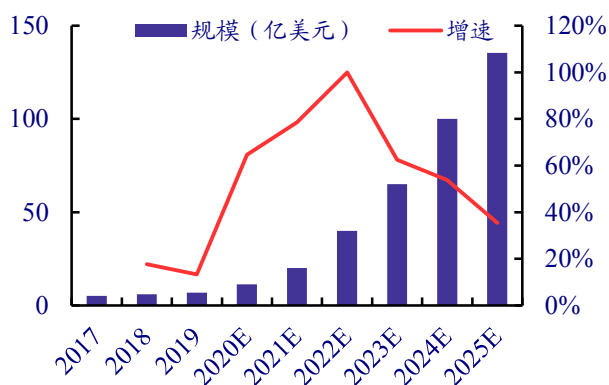
应用场景逐渐丰富。激光雷达最初只是一个小众市场，主要用于测绘和军事，市场规模较小。随着技术的不断发展，激光雷达从最初的激光测距，逐步发展出激光测速、激光扫描成像等技术，应用领域不断广泛，如 VR/AR、智慧交通、3D 打印等。但真正让其成为投资焦点的，除了自动驾驶，便是机器人。一般来说，L3 级别以上的自动驾驶，激光雷达是必备的传感器。自动定位导航是机器人实现自动行走的必备技术，以激光雷达 SLAM 为基础的方案可以帮助其实现自主建图、路径规划、自主避障等任务。

（二）市场空间广阔，未来五年超百亿规模

全球激光雷达市场快速增长。自动驾驶技术的成熟发展与推动创造了对激光雷达市场的

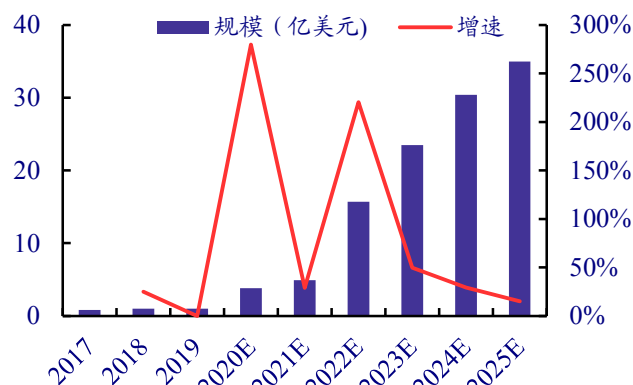
庞大需求，全球各大制造商均将激光雷达的研发与应用作为其发展重心，自动驾驶汽车的普及与降价也为激光雷达市场的发展创造了条件，将有力推动全球激光雷达市场的扩大以及激光雷达技术的量产及应用。根据沙利文的统计及预测，激光雷达在 2025 年的全球市场规模可以达到 135.4 亿元，较 2019 年可实现 64.5% 的年均复合增长率。这一整体高速增长态势源自很多因素，如无人驾驶车队规模的扩张、激光雷达在 ADAS 中渗透率的增加以及服务型机器人和智能交通建设等领域需求的推动。

图 13. 全球激光雷达市场规模 (单位: 亿美元)



资料来源: 沙利文研究, 禾赛科技招股书, 中国银河证券研究院

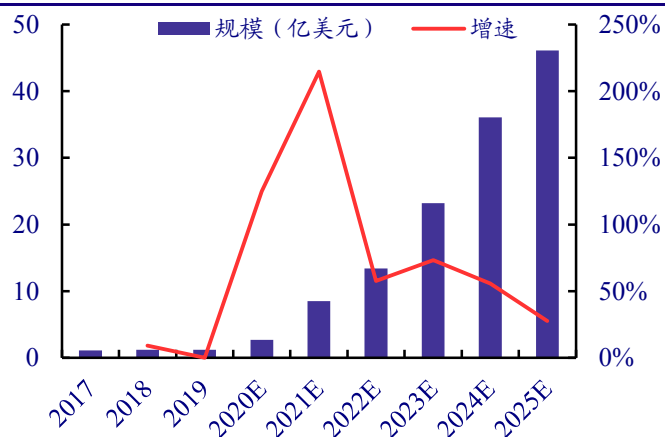
图 14. 全球激光雷达在无人驾驶领域的市场规模 (单位: 亿美元)



资料来源: 沙利文研究, 禾赛科技招股书, 中国银河证券研究院

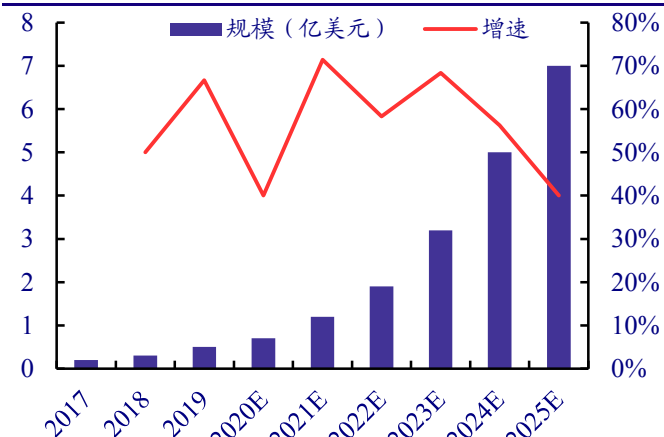
无人驾驶与高级辅助驾驶是激光雷达的主要市场。据 ReportLinker 研究估计, 到 2025 年, 全球包括运送乘客和货物在内的 L4/L5 级无人驾驶的车辆数目将会达到 53.5 万辆。随着无人驾驶的逐步发展, 无人驾驶领域的全球激光雷达市场也会随之实现高速增长。根据沙利文的测算, 无人驾驶领域激光雷达市场在 2025 年预计达到 35 亿美元, 较 2019 年的年均复合增长率可达 80.9%。

图 15. 全球激光雷达在 ADAS 领域的市场规模 (单位: 亿美元)



资料来源: 沙利文研究, 禾赛科技招股书, 中国银河证券研究院

图 16. 全球激光雷达在机器人领域的市场规模 (单位: 亿美元)



资料来源: 沙利文研究, 禾赛科技招股书, 中国银河证券研究院

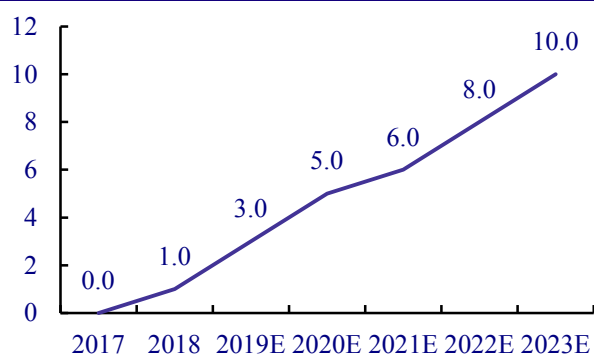
高级辅助驾驶是增速最高的细分领域。据 Yole 的研究测算, 每年会有将近 600 万辆新车搭载激光雷达, 照此趋势, 全球乘用车新车市场 L3 级自动驾驶的渗透率将达约 6%。未来 5 年里, 在高级辅助驾驶领域, 激光雷达的市场规模将会保持高速增长。根据沙利文的预计, 高

级辅助驾驶领域激光雷达的市场规模在 2025 年预计将达到 46.1 亿美元,较 2019 年可实现 83.7% 的年均复合增长率,是增速最高的细分领域,未来也将成为激光雷达最主要的应用方向。

智能服务机器人的普及也将为激光雷达增长注入动能。目前市场上的智能机器服务机器人的技术越来越成熟,其业务范围和辐射半径不断增大,搭载了激光雷达的无人运送、无人清扫、无人巡检智能机器人在降低运营成本以及提升服务效率等方面的优势愈发明显,市场对此类产品的需求也将大幅提升。随着全球智能服务机器人出货量的增加以及激光雷达在该领域渗透率的提升,全球激光雷达市场在智能机器人的市场规模在 2025 年预计会达到 7 亿美元,较 2019 的年均复合增长率为 57.9%。

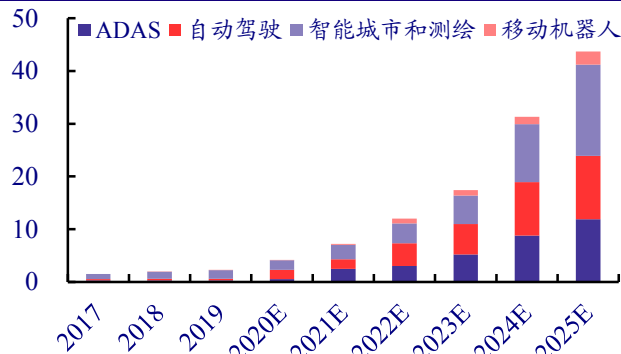
国内市场起步较晚,但潜力巨大。相较于发达国家,我国激光雷达行业发展起步较晚,市场规模相对较小,但我国庞大的汽车市场决定了我国激光雷达市场的发展潜力。随着我国国产企业的相继崛起以及激光雷达行业研发水平的提高,我国激光雷达覆盖率将稳步提升,根据头豹研究院预测,2023 年我国激光雷达市场覆盖率将达 10%,与激光雷达行业领先国家的差距将逐步缩小。从市场规模看,据沙利文的测算,中国激光雷达市场规模在 2025 年预计将达到 43.1 亿美元,较 2019 年可实现 63.1% 的年均复合增长率。从领域分布看,包含无人驾驶与高级辅助驾驶的车载领域占比最大。

图 17. 中国激光雷达市场渗透率及预测 (单位: %)



资料来源: 头豹研究院, 中国银河证券研究院

图 18. 中国激光雷达市场规模 (单位: 亿美元)



资料来源: 沙利文研究, 禾赛科技招股书, 中国银河证券研究院

三、海外厂商占据优势, 国内企业快速崛起

激光雷达产业链包括上游芯片供应、中游激光雷达整机与下游激光雷达应用。上游芯片包括激光器、光学探测器、光束操控元件、集成电路与功率器件等; 中游激光雷达整机包括机械式、混合固态、固态激光雷达; 下游应用包括自动驾驶、机器人、军事等。从价值量看, 中游激光雷达整机积聚大量价值, 也是国内外厂商竞争的焦点。目前激光雷达领域的全球市场份额仍主要集中在国外企业手中, 海外企业在技术和客户群等具有优势, 但近几年国内企业纷纷加入到激光雷达领域的研发与拓展中, 取得了许多突破性的进展, 中国势力逐步崛起。

图 19. 激光雷达产业链及主要厂商



资料来源：麦姆斯咨询，中国银河证券研究院

(一) 国外激光雷达企业陆续登陆资本市场

国外的激光雷达产业起步较早，企业数目众多，竞争日益激烈，明星企业都有自己的独特优势技术。在无人驾驶领域，Velodyne、Quanergy、Ibeo 三家国外企业发展历史较长、技术成熟。Velodyne 是一家成立于 1983 年的美国企业，其在 2007 年推出的 64 线机械式激光雷达在 DARPA 无人车挑战赛上火爆一时，是车载激光雷达行业的鼻祖，已于 2020 年 9 月在纳斯达克上市。Quanergy 于 2012 年成立于美国加州，致力于将激光雷达固态化、小型化、低成本化，在 OPA 固态激光雷达领域技术领先。Ibeo 是一家成立于 1998 年的德国公司，其与法雷奥合作研发的 ScaLa 已被搭载于奥迪 A8 上，这也令其成为全球第一个实现车规级激光雷达量产搭载的企业。

表 9. 国外主要激光雷达企业

公司	成立时间	国家	主要技术路线及产品	应用领域
Velodyne	1983 年	美国	机械式雷达方面具有优势，近年来逐渐覆盖固态式雷达。主要产品包括 HDL-64E、HDL-32E、VLP-16、Ultra Puck Auto 等	无人驾驶
Quanergy	2012 年	美国	OPA 固态，激光雷达 S3	无人机、机器人、安防
Ibeo	1998 年	德国	MEMS 固态，激光雷达 Scala	无人驾驶
Luminar	2012 年	美国	MEMS 固态，激光雷达 Iris	无人驾驶
Aeva	2017 年	美国	采用 FMCW 的技术路线，产品包括 Aeries 等	无人驾驶
Innoviz	2016 年	以色列	MEMS 固态，产品包括 Innoviz One、Innoviz Pro、Innoviz Two	无人驾驶、机器人
Ouster	2015 年	美国	近似于 Flash 的技术路线，产品包括 OS-0、OS-1、OS-2、ES2	无人驾驶、机器人、测绘





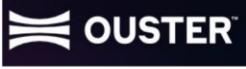
请务必阅读正文最后的中国银河证券股份公司免责声明。

Sick	1946 年	德国	机械式激光雷达, 拥有 SICK TIM 及 LMS 系列产品	无人机、AGV
Riegl	1978 年	奥地利	独特的在线波形处理技术, 产品包括 VUX-1UAV 激光雷达等	无人机
Trimble	1978 年	美国	机械式激光雷达, 如 Trimble MX 系列	无人车
Leddar Tech	2007 年	加拿大	Flash 路线, 产品包括 Vu8 激光雷达、LeddarCore LCA2 芯片等	无人驾驶

资料来源: 传感器专家网, 各公司官网, 中国银河证券研究院整理

2020 年以来国外激光雷达企业迎来密集上市潮。Velodyne、Luminar 已于 2020 年通过借壳方式实现上市, Aeva、Innoviz 以及 Ouster 计划于 2021 年上市, 资产证券化步伐加快。Velodyne 在机械式雷达方面具有显著优势, 占有较大份额; Luminar 在 MEMS 激光雷达方面较为领先; Aeva 是唯一采用 FMCW 技术路径的厂商; Innoviz、Ouster 主要聚焦固态激光雷达研发。

表 10. 2020 年成为激光雷达企业上市元年

已上市 (2020 年)	拟上市 (2021Q1)
	
	
	

资料来源: 公司官网, 中国银河证券研究院

Velodyne: 全球激光雷达第一股。

Velodyne 于 1983 年成立, 最早从事音响开发生产, 2005 年开始专注研究激光雷达, 并在 2007 年的 DARPA 无人车挑战赛上爆红, 后续成为自动驾驶激光雷达领域的领头羊。Velodyne 在激光雷达领域的研究时间最长, 积累了非常多的专利成果, 尤其在机械式激光雷达方面具有较强的先发优势, 近年来也积极布局混合固态式、固态式激光雷达, 形成了较为全面的产品体系。根据 Velodyne 财报, 其累计客户数已经超过 300 个。众多主流无人驾驶厂商是 Velodyne 的客户, 如谷歌在 2010 年首测的无人汽车使用的激光雷达便是由 Velodyne 提供。

2020 年 9 月, Velodyne 在纳斯达克上市, 股票代码为“VLDR”。上市后, Velodyne 融资获得的数亿美金现金流将会为其新产品的研发以及大规模量产提供支持。根据公布的数据, Velodyne 从 2020 年到 2024 年预计收入超过 8 亿美元, 利润和自由现金流将会在 2022 年后扭亏为盈。Velodyne 的技术优势会借此得到进一步扩大, 有利于在激光雷达领域保持行业领先地位。Velodyne 的成功上市为全球激光雷达厂商树立了良好的典范。

请务必阅读正文最后的中国银河证券股份公司免责声明。

图 20. Velodyne 的主要产品图示



资料来源: Velodyne 官网, 中国银河证券研究院

Luminar: 车载激光雷达市场的颠覆者。

Luminar 创立于 2012 年, 其创始人 Austin Russell 是公认的天才。Luminar 在扫描器方面沿用了传统的 MEMS 双轴振镜扫描, 但是消除了传统 MEMS 信噪比低的缺点, 并且在技术上遥遥领先, 主要有三大创新: 采用 1550nm 激光以降低对人眼的伤害、通过铟镓砷激光接收器降低成本、实行软硬件一体, 这三项创新都有非常深的壁垒。这种颠覆性的创新让 Luminar 获得了主流汽车厂商的认可, 几乎所有大的自动驾驶玩家都要测试 Luminar 的产品。2020 年 12 月, Luminar 于纳斯达克上市, 股票代码为“LAZR”

Luminar 的主要产品 Iris 不超过 1000 美元, 并且支持 L4 驾驶, 预计于 2022 年推出量产。2020 年 5 月 6 日, 公司与沃尔沃达成合作, 为其下一代无人驾驶汽车提供激光雷达感知技术。

Aeva: 来自苹果的创新基因。

Aeva 由两位苹果前工程师于 2017 年创立, 采用的技术路径是 FMCW, 不同于市场上的其他公司。Aeva 在 2020 CES 上展出了 4D 激光雷达芯片系统, 尺寸与二十五美分硬币相当, 最远探测距离可达 300m, 预计量产后的售价为 500 美元。目前, 公司正在与 InterPrivate Acquisition Corp. 合并, 预计 2021 年第一季度在纽约证券交易所上市。

Innoviz: 来自以色列, 受到中国资本的青睐。

Innoviz 成立于 2016 年, 其核心团队和技术来自以色列情报总队精英技术部门, 在 B 轮融资中便收获了来自中国的耀途资本的投资。Innoviz 专注于研究固态激光雷达, 采用的是 MEMS 微振镜技术, 可以保持低成本和稳定性能, 目前已经推出了 Innoviz One、Innoviz Pro 和 Innoviz Two, 其中, Innoviz One 将于 2021 年在宝马 (BMW) 量产车型中获得首次批量应用。Innoviz 计划 2021 年第一季度完成纳斯达克上市。

Ouster: 技术与苹果 iPhone 的 ToF 有众多相似之处。

Ouster 于 2015 年创立于美国, 目前主要有 4 款产品: OS-0、OS-1、OS-2 以及最新推出的 ES2。ES2 是全球首款高分辨率、长距、全固态数字激光雷达, 起售价仅为 600 美元, 预计于 2024 年实现大批量生产。Ouster 目前的技术路线为 Flash 激光雷达, 并采用大功率的 VCSEL 和 SPAD 改进了传统 Flash 激光雷达分辨率较低的问题。Ouster 在 2020 年与中国自动驾驶公司

惠尔智能签订战略合作，正式进军中国市场。目前，公司正在与 Colonnade Acquisition Corp. 合并，预计于 2021 年上半年完成纽交所上市。

表 11. 海外主要激光雷达企业对比情况

	Velodyne	Luminar	Aeva	Innoviz	Ouster
市值/估值	41 亿美金	107 亿美金	21 亿美金	14 亿美金	19 亿美金
核心技术	微缩小型激光阵列 (MLA)	光通讯激光功率放大与高灵敏度 1550 纳米激光二极管	线性激光调频芯片 (FMCW)	MEMS	VCSEL+SPAD 全半导体真固态
技术成熟度	高	高	低	高	一般
量产车载产品性能	佳	佳	佳	一般	一般 (IBEO 可以做到最佳)
量产车载产品成本	机械式较高	低	高	低	低
量产车载产品信噪比	一般	最高	高	低	一般 (IBEO 可以做到最佳)
车规难易度	易	难	易	易	最容易
体积	固态较小	较大	较大	较大	较小
有效距离	远	最远	远	一般	近 (IBEO 可以做到很远)
合作伙伴	现代、福特、维宁尔	丰田、沃尔沃、Mobileye	奥迪、采埃孚	宝马、麦格纳、安波福	英伟达、赛灵思

资料来源：汽车之家，半导体行业观察，中国银河证券研究院，市值截至 2020 年 12 月 24 日

(二) 国内企业快速崛起，呈百花齐放格局

国内产品精度价格更具优势，前景广阔。在激光雷达领域，国外企业具有先发优势，走在前沿，但目前国产企业在精度和价格上与国外同档次产品相比拥有优势。以无人驾驶领域为例，目前国内自动驾驶公司使用的激光雷达大部分都是禾赛、速腾聚创等公司的国产雷达。

表 12. 国内部分无人驾驶公司激光雷达装车情况

序号	公司	技术领域	使用雷达数量	主要供应商	其他供应商
1	百度	L4 级无人出租车	数百台	禾赛光电	Velodyne
2	文远知行	L4 级无人出租车	上百台	禾赛光电	Velodyne
3	AutoX	L4 级无人出租车	数百台	禾赛、速腾、大疆 Livox	禾赛、速腾、大疆 Livox
4	图森未来	L4 级无人卡车	暂无数据	禾赛/速腾	Velodyne
5	新石器	无人配送车/售货车	数百台	速腾聚创	北科天绘、Velodyne
6	高仙机器人	无人扫地车	暂无数据	速腾聚创	SICK
7	智行者	无人扫地车/配送车	(订购) 过千台	Velodyne	无其他供应商
8	京东	无人配送车	上百台	前期速腾，后期 Velodyne	暂无信息
9	易控智驾	无人矿车	十几台 (估计)	Velodyne	SICK

资料来源：车东西，中国银河证券研究院

请务必阅读正文最后的中国银河证券股份公司免责声明。

三家明星企业产品以机械旋转雷达为主，逐步向前装固态领域覆盖。速腾聚创、禾赛科技、镭神智能三家明星企业是选择与 Velodyne 相同发展路径的代表厂商，产品以机械旋转雷达为主，但都在逐步向前装固态领域覆盖，这三家公司在满足车规级要求同时主打性价比，核心策略是以价格优势抢占 Velodyne 市场份额。具体比较这三家公司，禾赛科技在高速自动驾驶领域具有较高的市场占有率，而在低速自动驾驶领域则是速腾聚创占据优势。

初创公司大量入场，聚焦前瞻固态激光雷达技术。现在固态激光雷达领域还没有公认的成熟解决方案，所有企业基本是齐头并进的竞争，尤其是中国企业积极布局固态式激光雷达，未来极有可能赶超或在全球范围内首先将车规级固态激光雷达搭载在量产车型上。新入场的初创公司大多直接锁定固态激光雷达路径，采用不同的扫描方式来探究在探测距离、探测精度方面性能的提升可能性，以期未来能够登上前装市场。以采用 FMCW 技术的公司为例，目前有 3 家公司采取该技术：光勺科技、国科光芯、洛微科技。据公司官方数据，光勺科技计划今年第 4 季度实现量产；洛微科技则已初步完成样品设计。

表 13. 主要企业技术路径及应用场景统计

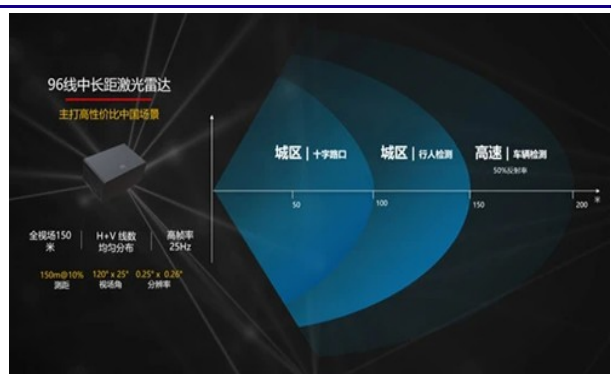
企业	技术路径			扫描方式			探测方式		应用场景			
	机械式	混合固态	固态	MEMS	Flash	OPA	FMCW	无人驾驶	消费机器人	AGV	移动终端	无人机
速腾聚创	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓		✓
禾赛科技	✓		✓	✓			✓	✓	✓			
镭神智能	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
北科天绘	✓		✓		✓		✓	✓				✓
北醒光子			✓		✓		✓	✓	✓	✓		✓
力策科技			✓			✓	✓	✓	✓			✓
光勺科技							✓	✓				
国科光芯			✓				✓	✓	✓		✓	
洛微科技			✓				✓	✓	✓	✓	✓	
探维科技		✓		✓			✓	✓		✓		
大疆		✓					✓	✓	✓			
华为		✓		✓			✓	✓			✓	

资料来源：青桐资本，中国银河证券研究院

科技巨头“跨界”入场，加入前装量产装车战局。随着 L3 级自动驾驶乘用车于 2020 年起逐步进行量产，市场对车规级固态激光雷达的需求迎来了一个高潮，大疆、华为等消费电子硬件巨头相继“跨界”拿出了自己的激光雷达新品，加入战局，进一步加剧了激光雷达市场竞争的激烈程度。2020 年大疆、华为先后发布采用旋转扫描架构的混合固态激光雷达。大疆内部孵化的 Livox 公司在 CES 2020 上发布了 Horizon 和 Tele-15 两款激光雷达。2020 年 12 月华为首次发布了车规级高性能激光雷达产品和解决方案，这是一款 96 线中长距激光雷达产品，属于 MEMS 激光雷达范畴。而且，华为表示已经建立了一条车规级激光雷达的 Pilot 产线，按照年产 10 万套/线的规划推进。

请务必阅读正文最后的中国银河证券股份公司免责声明。

图 21. 华为车规级激光雷达主要技术参数



资料来源：腾讯网，中国银河证券研究院

图 22. 华为激光雷达研发进程



资料来源：搜狐网，中国银河证券研究院

综合来看，国外厂商布局较早，已经掌握了比较成熟的技术，且于 2020 年开始加快上市进程；国内厂商也紧追不舍，产品的精度和价格占据优势，且仍有初创公司不断加入，未来国内市场的竞争将会更加激烈；大疆、博世、华为等科技巨头的加入进一步推动了激光雷达的产业化进程。不管是国外还是国内的产商，当前的技术重点都放在固态激光雷达上，可见未来固态激光雷达代替现有的机械式是大势所趋，成本低、车规级、可量产的固态激光雷达更是车企关注的重点方向。

（三）上游核心元件仍被国外垄断，国内企业开始布局

激光雷达行业的上游产业链包括激光器、光学探测器、扫描系统、信号处理等。国外供应商在激光器、探测器、FPGA 等芯片领域耕耘较久，产品的成熟度和可靠性上有更多的实践经验和优势，客户群体也更为广泛。国内供应商近些年发展迅速，产品性能持续提升，部分激光器、探测器产品已经通过车规认证（AEC-Q102）。同时，相比国外供应商，国内供应商在产品的定制化上有较大的灵活性，价格也有一定优势。

表 14. 激光雷达上游产业链主要国内外厂商

上游环节	地域	公司名称	发展概况
激光器	国外	OSRAM	首次推出第一款用于激光雷达的激光二极管，提供全面产品组合，2020 年 2 月推出的新型红外激光器创下了 70%效率的新纪录。
		AMS	致力于推动对小型外观、低功耗、高灵敏度、多传感器集成有要求的应用，打造一站式传感器平台，推出的垂直腔表面发射激光器（VCSEL）能够在高达 150° C 的环境温度下正常工作。
	国内	瑞波光电	由深圳清华大学研究院与国内外技术专家共同创建，拥有半导体激光芯片的全套核心技术，可根据客户的需求进行量身定制，开发了带自动偏振测试功能的 RB-CT1004X 激光器测试设备系列，该型设备集成了 LIV、光谱、远程发散角、偏振度自动测试功能，是目前市面上功能最全的半导体激光器测试设备。
探测器	国外	First Sensor	致力于研发和制造各类具有高灵敏度和低暗电流的高速光电检测器，适用于紫外线光、可见光、红外光和电离辐射等领域，推出的 APD 产品 Series 9 非常适合采用传播延迟方法进行光学距离测量和物体识别的激光雷达系统。
		滨松	于 1953 年成立于日本，产品品类丰富，是世界上科技水平最高、市场占有率最大的光科学、光产业公司，推出的 InGaAs 探测器在稳定性上具备独特优势。
	国内	芯视界	成立于 2018 年，拥有自主研发的 SPAD（单光子雪崩二极管）和独特的采集和处理技术，而

请务必阅读正文最后的中国银河证券股份有限公司免责声明。

上游环节	地域	公司名称	发展概况
			且已推出多款针对不同应用的固态激光雷达。
扫描系统	国外	ST	提供符合 AEC-Q100 标准的汽车传感器产品组合，全部采用数字输出。
	国内	知微传感	成立于 2016 年，提供集成 MEMS 振镜及其驱动、闭环反馈控制位置检测的扫描模组，可根据用户需求提供定制化的产品和服务，推出的 P11 系列模组可提供微振镜的实时扫描角度，并以脉冲的形式输出。
		Opus	15 年 MEMS 芯片研发经验，在 2016 年研发了全球最小的高清二维 MEMS 扫描镜，已经建立了 MEMS 激光扫描芯片批量生产的供应链。
FPGA	国外	Xilinx	首创了现场可编程逻辑阵列（FPGA）这一创新性的技术，并于 1985 年首次推出商业化产品，满足了全世界对 FPGA 产品一半以上的需求，可提供 4 个系列的成本优化型产品组合，分别面向特定性能优化。
	国内	紫光同创	紫光集团下属子公司，推出的 Titan 系列是中国第一款国产自主产权千万门级高性能 FPGA 产品，Logos 系列高性价比 FPGA 采用了全新 LUT5 结构，Compact 系列低功耗 CPLD 具备低功耗、低成本、小尺寸特性。
		高云半导体	广东高云半导体科技股份有限公司是一家专业从事国产现场可编程逻辑器件（FPGA）研发与产业化为核心的高技术企业，2015 年量产出国内第一块产业化的 55nm 工艺 400 万门的中密度 FPGA 芯片，并开放开发软件下载。2016 年第一季度又顺利推出国内首颗 55nm 嵌入式 Flash SRAM 的非易失性 FPGA 芯片。
模拟芯片	国外	TI	率先完成了从真空管到晶体管、再到集成电路（IC）的过渡，是全球领先的模拟芯片供应商，可提供采样速度高达 10.4GSPS 的高速器件和分辨率高达 32 位的精密器件。
	国内	圣邦微电子	A 股上市首家专注于模拟芯片领域的半导体企业，已有 1000 余款产品，全部符合欧盟 RoHS 标准以及绿色环保标准。
		思瑞浦	公司的产品以信号链模拟芯片为主，并逐渐向电源管理模拟芯片拓展，产品已进入众多知名客户的供应链体系，其中不乏如中兴、海康威视、哈曼、科大讯飞等各行各业的龙头企业。

资料来源：各公司官网，中国银河证券研究院

激光器和探测器是激光雷达的重要部件，很大程度上决定了激光雷达的性能、成本、可靠性。位于激光雷达产业链中游的生产厂商的产品大多具有独特的系统设计，因此对激光器和探测器的规格、性能等会提出定制的要求，因此上游供应商大多有能力与其进行深度合作，根据客户要求要求进行量身定制。

国外对激光器和探测器的研究开发得较早，技术较为成熟；国内起步较晚，但近几年发展较快。国外多数大型厂商可以同时提供激光器和探测器，甚至其他配套的光学元件，如滨松、AMS、OSRAM 等，这些厂商大多在上个世纪就在该领域有所成就，在国际上一直享有盛名。近年来，国内也涌现了大批优秀企业，如瑞波光电、芯视界等，由国内外专家共同设立，致力于推出并应用先进的自研成果。

国内在扫描系统方面取得了一定突破。知名的企业有知微传感、Opus 等，二者在 MEMS 微振镜和芯片等方面的研发成果较为突出，如 Opus 拥有 15 年 MEMS 芯片研发经验，在 2016 年研发了全球最小的高清二维 MEMS 扫描镜，推出之后轰动业界。国外也有很多大型公司生产相关产品，如 ST、Maradin 等，多为成立时间较长的大型公司，提供的产品品类较为丰富。

FPGA 芯片通常被用作激光雷达的主控芯片。国外的 Xilinx 在这一领域成就颇深，首创

了现场可编程逻辑阵列（FPGA）这一创新性的技术，并于 1985 年首次推出商业化产品，满足了全世界对 FPGA 产品一半以上的需求。国内的紫光同创推出的系列产品虽性能不敌国外领先产品，但可以满足激光雷达的需求。

图 23. 知微传感的 MEMS 芯片



资料来源：知微传感官网，中国银河证券研究院

图 24. 紫光同创的 Titan 系列 FPGA 芯片



资料来源：紫光同创官网，中国银河证券研究院

模拟芯片用于搭建激光雷达系统中发光控制、光电信号转换，以及电信号实时处理等关键子系统。国外在该领域耕耘多年，积累了较为丰富的成果，在技术和产能方面都领先于国内，如德州仪器（TI）、英飞凌（Infineon）等具有雄厚的实力。TI 率先完成了从真空管到晶体管、再到集成电路（IC）的过渡，蝉联国际模拟芯片市场供应商首位。国内模拟芯片企业目前还主要集中在中低端市场，在价格上竞争激烈。

表 15. 2019 年全球模拟芯片 TOP10 供应商排名

排名	公司	2018 年销售额 (\$M)	2019 年销售额 (\$M)	变动幅度	所占市场份额
1	Texas Instruments	10,801	10,223	-5%	19%
2	Analog Devices	5,505	5,169	-6%	10%
3	Infineon	3,810	3,755	-1%	7%
4	ST	3,373	3,283	-3%	6%
5	Skyworks Solutions	3,686	3,205	-13%	7%
6	NXP	2,645	2,564	-3%	5%
7	Maxim	2,215	1,850	-13%	4%
8	ON Semi	1,990	1,740	-13%	4%
9	Microchip	1,389	1,532	10%	3%
10	Renesas	900	860	-4%	2%

资料来源：ICInsights，中国银河证券研究院

四、投资建议

激光雷达将在 L3 及以上自动驾驶中发挥关键作用，市场空间广阔。目前大多数自动驾驶车企已能够基本实现 L2 级自动驾驶，并开始推出初步具备 L3 功能的车型。由 L2 到 L3 级是重要的转折点，标志着自动驾驶汽车可以进行无人驾驶操作，相应对环境感知提出了更高要求，激光雷达将发挥关键作用。根据沙利文的预测和统计，激光雷达在 2025 年的全球市场规模可

以达到 135.4 亿美元，较 2019 年可实现 64.5% 的年均复合增长，行业市场空间广阔。

技术路线方面，由机械向固态混合、固态发展，MEMS 有望最先得到广泛采用，OPA、FLASH、FMCW 发展值得期待。尽管机械式激光雷达探测性能优越、技术成熟，是当前的主流，但其高昂的成本和相对较短的使用寿命令其在车规级量产方面并不具有优势，低成本、高可靠性的固态化激光雷达是未来趋势。短期内，MEMS 雷达技术相对成熟，成本可控，最有希望得到广泛应用。中长期看，OPA、FLASH、FMCW 方案技术上更为先进，未来产业化进程决定于技术成熟度与量产能力。

国外的激光雷达产业起步较早，2020 年以来迎来密集上市潮。Velodyne、Luminar 已于 2020 年通过借壳方式实现上市，Aeva、Innoviz 以及 Ouster 计划于 2021 年上市，资产证券化步伐加快。Velodyne 在机械式雷达方面具有显著优势，占有较大份额；Luminar 在 MEMS 激光雷达方面较为领先；Aeva 是唯一采用 FMCW 技术路径的厂商；Innoviz、Ouster 主要聚焦固态激光雷达研发。

国内激光雷达呈百花齐放格局。初创企业禾赛科技、速腾聚创、镭神智能在机械雷达方面较为领先，并向固态雷达发展，大疆、华为等科技巨头凭借在光学光电子等领域技术优势也进入激光雷达领域，未来也有望成为市场重要的参与者。**产业链上游的部分核心元件仍被国外垄断，如 FPGA、模拟芯片，但是国内瑞波光电、芯世界等企业也在迅速发展，在产品的定制化上有一定的灵活性，价格也有一定优势。**

我们认为激光雷达迎来产业化拐点，除了技术路线的选择，产品迭代能力与商业化量产能力是未来企业突围的关键。建议关注与车企合作紧密，且在车规产品量产方面具备先发优势的企业，如禾赛科技、速腾聚创、镭神智能、一径科技等。同时，建议关注在产业链上游有实质布局或与激光雷达企业有深度合作的企业，如德赛西威（002920.SZ）、紫光国微（002049.SZ）、高云半导体、瑞波光电等。

五、风险提示

全球的政治与经济形势的影响；无人驾驶的进展不及预期的风险；激光雷达的成本下降不及预期的风险；技术替代的风险。

插图目录

图 1.全球自动驾驶市场规模	2
图 2.中国智能驾驶市场规模 (单位: 亿元)	2
图 3. SAE 自动驾驶等级划分	3
图 4. 2019 年北京市道路测试累计里程统计	5
图 5. 2019 年北京市每月道路测试里程情况	5
图 6. 通用 Cruise AV 的传感器配置情况	6
图 7. 特斯拉 Model Y 的视觉方案	7
图 8. 激光雷达四大构成要素	8
图 9. 滴滴无人车采用机械式激光雷达	9
图 10. Waymo 无人车采用机械式激光雷达	9
图 11. 激光雷达发展路线	9
图 12. ADAS 领域机械式 / 固态式激光雷达销售额占比及预测	9
图 13. 全球激光雷达市场规模 (单位: 亿美元)	12
图 14. 全球激光雷达在无人驾驶领域的市场规模 (单位: 亿美元)	12
图 15. 全球激光雷达在 ADAS 领域的市场规模 (单位: 亿美元)	12
图 16. 全球激光雷达在机器人领域的市场规模 (单位: 亿美元)	12
图 17. 中国激光雷达市场渗透率及预测 (单位: %)	13
图 18. 中国激光雷达市场规模 (单位: 亿美元)	13
图 19. 激光雷达产业链及主要厂商	14
图 20. Velodyne 的主要产品图示	16
图 21. 华为车规级激光雷达主要技术参数	19
图 22. 华为激光雷达研发进程	19
图 23. 知微传感的 MEMS 芯片	21
图 24. 紫光同创的 Titan 系列 FPGA 芯片	21

表格目录

表 1. 国外车企自动驾驶规划	3
表 2. 国内车企自动驾驶规划	4
表 3. 美国 DWM 部分路测情况	4
表 4. 北京市测试牌照发放与道路测试情况	5
表 5. 各类传感器的对比情况	6
表 6. 不同类型激光雷达的比较情况	10
表 7. 市场上主要激光雷达产品的对比情况	10
表 8. 国内满足车规级要求的部分激光雷达产品介绍	11
表 9. 国外主要激光雷达企业	14
表 10. 2020 年成为激光雷达企业上市元年	15

表 11. 海外主要激光雷达企业对比情况	17
表 12. 国内部分无人驾驶公司激光雷达装车情况	17
表 13. 主要企业技术路径及应用场景统计	18
表 14. 激光雷达上游产业链主要国内外厂商.....	19
表 15. 2019 年全球模拟芯片 TOP10 供应商排名.....	21

分析师承诺及简介

本人承诺，以勤勉的执业态度，独立、客观地出具本报告，本报告清晰准确地反映本人的研究观点。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也将不会与本报告的具体推荐或观点直接或间接相关。

分析师：傅楚雄

金融学硕士，浙江大学工学学士。11年证券从业经验。2014年-2016年新财富最佳分析师、水晶球最佳分析师团队成员。擅长宏观把握，自上而下挖掘产业链各个不同环节、不同行业所蕴藏的投资机会；对行业景气度及产业链变化理解深入，善于把握边际变化及周期拐点；以独特视角挖掘具有潜力的投资标的。

分析师：王恺

中国科学院大学工学博士，上海交通大学工学硕士，中国人民大学经济学硕士，天津大学工学学士。2018年加入中国银河证券研究院，主要从事电子行业、科技产业研究。曾就职于航天科技集团。

评级标准

行业评级体系

未来6-12个月，行业指数（或分析师团队所覆盖公司组成的行业指数）相对于基准指数（交易所指数或市场中主要的指数）

推荐：行业指数超越基准指数平均回报20%及以上。

谨慎推荐：行业指数超越基准指数平均回报。

中性：行业指数与基准指数平均回报相当。

回避：行业指数低于基准指数平均回报10%及以上。

公司评级体系

推荐：指未来6-12个月，公司股价超越分析师（或分析师团队）所覆盖股票平均回报20%及以上。

谨慎推荐：指未来6-12个月，公司股价超越分析师（或分析师团队）所覆盖股票平均回报10%-20%。

中性：指未来6-12个月，公司股价与分析师（或分析师团队）所覆盖股票平均回报相当。

回避：指未来6-12个月，公司股价低于分析师（或分析师团队）所覆盖股票平均回报10%及以上。

免责声明

本报告由中国银河证券股份有限公司（以下简称银河证券）向其机构客户和认定为专业投资者的个人客户（以下简称客户）提供，无意针对或打算违反任何地区、国家、城市或其它法律管辖区域内的法律法规。

本报告所载的全部内容只提供给客户做参考之用，并不构成对客户投资咨询建议，并非作为买卖、认购证券或其它金融工具的邀请或保证。客户不应单纯依靠本报告而取代自我独立判断。银河证券认为本报告所载内容及观点客观公正，但不担保其内容的准确性或完整性。本报告所载内容反映的是银河证券在最初发表本报告日期当日的判断，银河证券可发出其它与本报告所载内容不一致或有不同结论的报告，但银河证券没有义务和责任去及时更新本报告涉及的内容并通知客户。银河证券不对因客户使用本报告而导致的损失负任何责任。

本报告可能附带其它网站的地址或超级链接，对于可能涉及的银河证券网站以外的地址或超级链接，银河证券不对其内容负责。链接网站的内容不构成本报告的任何部份，客户需自行承担浏览这些网站的费用或风险。

银河证券在法律允许的情况下可参与、投资或持有本报告涉及的证券或进行证券交易，或向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务在内的服务或业务支持。银河证券可能与本报告涉及的公司之间存在业务关系，并无需事先或在获得业务关系后通知客户。

银河证券无需因接收人收到本报告而视其为客户。若您并非银河证券客户中的机构专业投资者，为保证服务质量、控制投资风险、应首先联系银河证券机构销售部门或客户经理，完成投资者适当性匹配，并充分了解该项服务的性质、特点、使用的注意事项以及若不当使用可能带来的风险或损失，在此之前，请勿接收或使用本报告中的任何信息。

银河证券已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。除非另有说明，所有本报告的版权属于银河证券。未经银河证券书面授权许可，任何机构或个人不得以任何形式转发、转载、翻版或传播本报告。特提醒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。

银河证券版权所有并保留一切权利。

联系

中国银河证券股份有限公司 研究院

深圳市福田区金田路3088号中洲大厦20层

上海浦东新区富城路99号震旦大厦31层

北京市丰台区西营街8号院1号楼青海金融大厦15层

公司网址：www.chinastock.com.cn

机构请致电：

深广地区：崔香兰 0755-83471963 cuixianglan@chinastock.com.cn

上海地区：何婷婷 021-20252612 hetingting@chinastock.com.cn

北京地区：耿尤磊 010-80928021 gengyouyou@chinastock.com.cn