

通信

行业研究/深度报告

激光雷达或成元宇宙核心场景

深度研究报告/通信

2021 年 12 月 20 日

报告摘要:

● L3级自动驾驶取得历史性突破，激光雷达未来可期

奔驰 L3 级自动驾驶将于德国落地，搭载法雷奥激光雷达。这是全球首个真正意义上面向私人市场的 L3 级乘用车量产车型。中国市场已有明确指引，预计 2025 年 L2~L3 级车占比达 50%，2030 年 L2~L3 级车占比超 70%，同时 L4 级及以上车占比达 20%。我们认为奔驰率先落地有望带动更多具备技术优势的主机厂在法规趋于开放的前提下启用自身自动驾驶服务，激光雷达作为核心传感器配套车型数量增长明显，更多主机厂已开始逐步接纳，未来有望充分受益自动驾驶进程推进。

● 半固态为乘用车主流方案，未来或将向固态拓展

激光雷达发展路径可类比磁盘，由机械式向固态逐步演进。我们认为 C 端市场机械式激光雷达受制外观、成本、使用寿命等因素难以配套乘用车规模量产，固态产品目前技术尚不成熟落地受限，因而短期内乘用车激光雷达方案仍将以半固态（转镜、MEMS）为主。

● 激光雷达厂商竞争激烈，配套核心主机厂的供应商有望突围

目前车载激光雷达尚处发展较为早期阶段，国内外主要厂商均已发布各自核心产品。我们认为于当前时间节点暂未有明确产品标准制定，因而与下游合作更为紧密厂商有望在未来具备较强竞争优势。B 端市场我们认为已有成熟机械式产品布局厂商有望率先受益，建议关注 Velodyne、禾赛科技、速腾聚创；C 端面向量产乘用车我们认为半固态厂商短期具备优势，建议关注法雷奥、禾赛科技、速腾聚创、华为等厂商产品进程。业绩方面由于前期研发等投入较高且暂时产品尚未实现大规模量产，因而短期内业绩或将承受部分压力，未来有望在配套汽车放量后达到盈利拐点。

● 投资建议

终端产品方面建议关注已发布车载 128 线数半固态激光雷达产品厂商万集科技，同时我们认为未来随着下游激光雷达放量，上游细分领域，如光学元器件、激光器件/模组，有望迎来业绩加速释放，成长空间广阔。建议重点关注光学元器件领域的天孚通信、腾景科技、福晶科技、永新光学，聚焦激光器件/模组领域的炬光科技、光库科技。

● 风险提示

自动驾驶技术发展不及预期；自动驾驶政策支持不及预期；激光雷达降本幅度不及预期；激光雷达技术发展不及预期；主机厂对激光雷达接受程度不及预期。

盈利预测与财务指标

代码	重点公司	现价	EPS			PE			评级
		12 月 17 日	TTM	2021E	2022E	TTM	2021E	2022E	
300394	天孚通信	32.86	0.71	0.90	1.14	46.22	36.47	28.72	推荐
300620	光库科技	48.20	0.69	0.90	1.51	69.98	53.64	31.95	推荐
688195	腾景科技	30.16	0.42	0.51	0.98	72.51	58.83	30.71	推荐

资料来源：公司公告、民生证券研究院

注：数据截至 2021 年 12 月 17 日收盘

推荐

维持评级

行业与沪深 300 走势比较



资料来源：Wind，民生证券研究院

分析师：马天诣

执业证号：S0100521100003

电话：021-80508466

邮箱：matianyi@mszq.com

研究助理：马佳伟

执业证号：S0100121100028

电话：021-80508467

邮箱：majiawei@mszq.com

研究助理：崔若瑜

执业证号：S0100121090040

电话：021-80508469

邮箱：cuiyu@mszq.com

相关研究

1. 行业深度研究：雄狮少年——元宇宙在汽车行业的探讨
2. 行业深度研究：元宇宙之眼——光器件横向从 B 向 C 拓展，行业有望迎全面爆发

目录

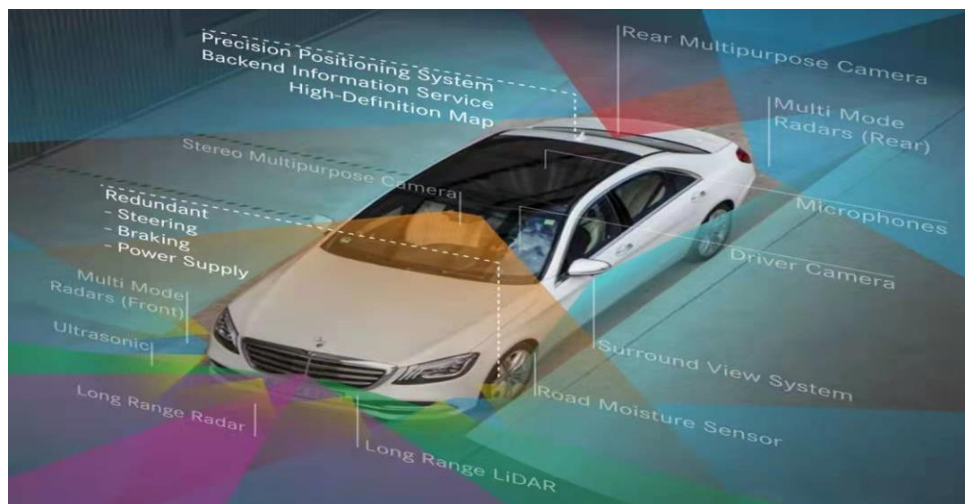
1	L3级自动驾驶取得历史性突破，激光雷达未来可期	3
1.1	L3级自动驾驶已于德国落地，中国市场路线图提出明确指引	3
1.2	车展作为车市风向标提供重要指引，激光雷达上车进程加速	4
1.3	多传感器融合可实现优势互补，激光雷达性能优势凸显	6
1.4	中国智能网联高速推进，2026年激光雷达空间有望达百亿	8
2	当前半固态为乘用车主流方案，未来或将向固态拓展	10
2.1	激光雷达演进路径可类比磁盘，均由机械式逐步向固态转变	10
2.2	短期上车方案仍以半固态为主，未来逐步向固态发展演绎	11
2.3	后续方向：定制开发专用芯片降本增效，产品细节不断优化	13
2.4	海外国内厂商各有千秋，行业竞争日趋激烈	14
3	激光雷达位于产业链中游，推荐上游光学核心标的	22
3.1	激光雷达位于产业链中游，上游光学领域部件构成主要成本	22
3.2	炬光科技：夯实激光行业上游元器件核心优势，发力向中游延伸把握激光雷达发展机遇	23
3.3	天孚通信：平台型的光器件一站式解决方案提供商，积极切入C端激光雷达市场拓展成长空间	24
3.4	光库科技：稀缺光芯片及器件制造商，铌酸锂与光纤激光器件业务双轮驱动	25
3.5	腾景科技：精耕精密光学元件及光纤器件，发力拓展C端应用场景积蓄成长动力	26
3.6	万集科技：车载激光雷达新品打开公司第二成长曲线	27
3.7	淳中科技：音视频显控设备领军者，降本拓新增长在即	27
4	风险提示	28
	插图目录	29
	表格目录	30

1 L3 级自动驾驶取得历史性突破，激光雷达未来可期

1.1 L3 级自动驾驶已于德国落地，中国市场路线图提出明确指引

奔驰 L3 级自动驾驶将于德国落地，搭载法雷奥激光雷达。2021 年 12 月，奔驰官方宣布将正式成为首个在德国合法启用 L3 级驾驶辅助系统的厂商。目前，搭载最新一代 DRIVE PILOT 的奔驰 S 级和 EQS 已经通过了德国相关监管部门的审批，搭载一颗法雷奥长距离激光雷达，融合摄像头、毫米波雷达与超声波雷达，可以被允许在德国高速上以不高于 60km/h 的条件启用。这是继本田推出限量版 L3 之后，全球首个真正意义上面向私人市场的 L3 级乘用车量产车型。DRIVE PILOT 系统将从 2022 年开始正式搭载新车或者通过 OTA 方式进行功能释放，系统可以实现驾驶员的“脱手脱眼”。目前由于 L3 仍是有条件的自动驾驶，驾驶员仍需要对道路保持注意力，做好接管的准备。同时奔驰正在计划寻求两年内在法规和监管允许下开拓美国等其他市场，目前这套系统正在德国以外的地区进行相关测试。我们认为奔驰率先落地有望带动更多具备技术优势的主机厂在法规趋于开放的前提下启用自身自动驾驶服务。

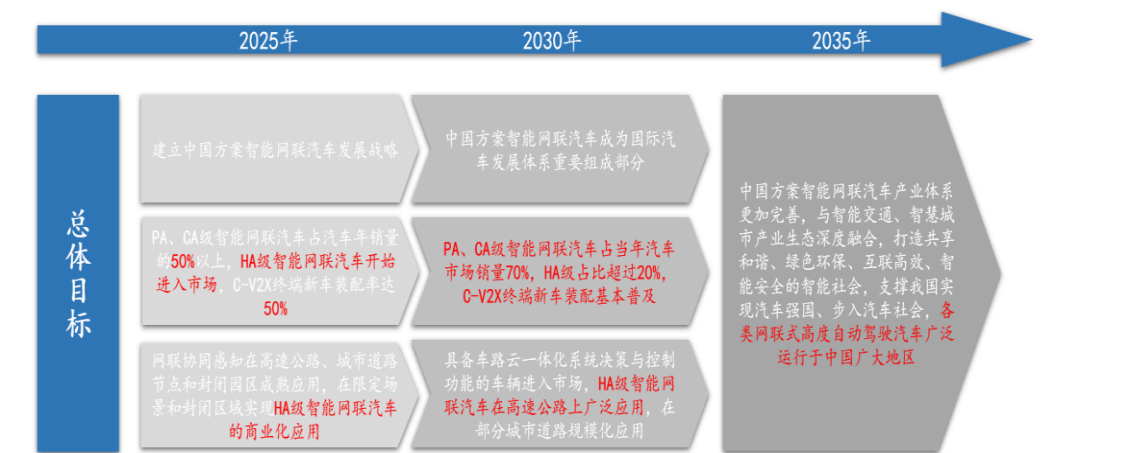
图1：奔驰 L3 级自动驾驶将于德国落地



资料来源：佐思汽车研究，民生证券研究院

路线图指引下预计中国市场 2025 年 L2~L3 级车占比达 50%，2030 年 L2~L3 级车占比超 70%，同时 L4 级及以上车占比达 20%。中国汽车工程学会发布节能与新能源汽车技术路线图 2.0，对我国智能网联汽车发展总体路线提出明确指引，2025 年 PA、CA 级智能网联汽车销量占比超 50%，C-V2X 终端新车装配率达 50%；2030 年 PA、CA 级占比超 70%，HA 级占比超 20%，C-V2X 终端新车装配基本普及。预计到 2035 年中国方案智能网联汽车产业体系更加完善，各类网联式高度自动驾驶汽车广泛运行。

图2：汽车智能网联总体路线图



资料来源：《节能与新能源汽车技术路线图 2.0》，民生证券研究院

1.2 车展作为车市风向标提供重要指引，激光雷达上车进程加速

我们认为历年车展可视为车市风向标，对当前汽车行业发展现状与后续行业走向有明显指示作用。政策对智能驾驶提出明确指引后，我们由今年两次车展看到的最核心边际变化：更多的主机厂愿意将激光雷达作为主要传感器之一，应用于具备较强自动驾驶/高等级辅助驾驶功能的车辆中。

上海车展信号：自主品牌已开始拥抱激光雷达。2021年4月上海车展中小鹏推出XPiLOT 3.5自动驾驶辅助系统以及Xmart OS 3.0车载智能系统，蔚来推出NIOPilot自动辅助驾驶系统，华为与北汽新能源合作推出极狐阿尔法S HI，电动化+智能化成为新车热门题材。自主品牌表现亮眼，小鹏P5、蔚来ET7、北汽极狐α等可支持较高等级自动驾驶水平的汽车产品发布，可支持的自动驾驶等级可达L3~L4级，在传感器领域应用摄像头、毫米波雷达、超声波雷达的通俗，也根据自身自动驾驶整体方案的选择，分别应用1-3颗激光雷达。

表 1：上海车展部分车型情况

品牌	车型	外观图	可支持自动驾驶等级	配置个数				预计上市时间	售价
				激光雷达	毫米波雷达	超声波雷达	摄像头		
小鹏	P5		L3.5	2	5	5	12	2021年10月	15.79万起
蔚来	ET7 (亮相)		NAD 蔚来自动驾驶技术	1	5	12	11	2022年一季度	44.80-52.60万
上汽智己	L7 (高端款)		L3	3	5	12	15	2022年上半年	40.88万

找报告，上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群（18610100296）同步分享更新

极狐	阿尔法 S HI		L2.5	3	6	12	12	2022 年上半年	38.89-42.99 万
哪吒	哪吒 Eureka 03		部分场景下 L4 级	3	5	12	18	2022 年	-
上汽 R	ES33		高阶智能驾驶 PP-CENTM	1	12	8	12	2022 年下半年	33 万起

资料来源：汽车之家，上海车展，民生证券研究院

广州车展相较上海车展，搭载激光雷达的汽车产品与主机厂数目显著提升。对比上海车展，11 月广州车展中小鹏新车 G9 继续沿用激光雷达、同时威马、长安、长城、高合、哪吒、理想、非凡等发布新车均采用激光雷达路线，长城沙龙新车机甲龙搭载 4 颗激光雷达，其余多数自动驾驶新车型均搭载了 1-3 颗激光雷达，多数车型预计将于 2022 年上市。

表 2：广州车展部分车型情况

品牌	车型	外观图	可支持自动驾驶等级	配置个数				预计上市时间	售价
				激光雷达	毫米波雷达	超声波雷达	摄像头		
小鹏	G9		L3-L4	2	5	12	12	2022 年中	-
威马	M7		L3-L4	3	5	12	7 (800 万摄像头) +4 (环视摄像头)	2022 年	-
长安阿维塔	E11		-	3	6	12	9 (ADS 摄像头) +4 (环视摄像头)	2022 年第三季度	-
理想	X01		L4	1	5	12	12 (800 万摄像头)	2022 年中	35-50 万
哪吒	哪吒 S		L3-L4	2	5	12	13	2022 年底	-
上汽非凡	R7		L3	共 33 个，包括激光雷达、4D 成像雷达、5G-V2X、高精地图、视觉摄像头、毫米波雷达				2022 年下半年	-
长城沙龙	机甲龙		L3-L4	4	5	12	7 (800 万摄像头) +4 (环视摄像头)	限量版预售	48.8 万
高合	HiPhi Z		L4	1	5	-	4	-	-

找报告，上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群 (18610100296) 同步分享更新

广汽 埃安	LX Plus		L3-L4	3	6	12	8	-	22.96-34.96 万
----------	------------	---	-------	---	---	----	---	---	---------------

资料来源：汽车之家，广州车展，民生证券研究院

更多主机厂将激光雷达纳入产品感知端方案，有望带来激光雷达产业正循环。我们认为价格因素仍为制约激光雷达大规模上车的主要因素之一，而造成激光雷达价格较高的核心原因在于量无法得到释放因而对于前期研发生产等投入无法有效分摊。2021 年已有多家主机厂选择激光雷达作为量产汽车产品的主要传感器，我们认为更多主机厂开始将激光雷达纳入自身产品感知端传感器方案将有望带来激光雷达产业正循环，以增量需求带动降本，进而打开更广阔的需求空间。

图3：2021 年已有多家主机厂选择激光雷达方案



资料来源：Innoviz，民生证券研究院

1.3 多传感器融合可实现优势互补，激光雷达性能优势凸显

各传感器性能均有优劣，多传感器融合方案可实现优势互补。

对比雷达和摄像头，摄像头直接成像能力较雷达较差，但核心优势在于可识别物体的内容，在辨别指示牌与道路标识上具备较高必要性；无光条件下摄像头表现受限，毫米波雷达和激光雷达在黑暗无光的情况下也能够实现较高水平测量。

对比三类雷达，测距和速度方面以毫米波雷达为最优，分别能够达到 400m 和 1000km/h，故对于高速公路跟车等场景，毫米波雷达更能发挥优势；精度和探测角度方面以激光雷达为最优，分别能够达到 1mm 和 15-360°，针对远距小障碍物、近距离加塞、隧道、车库等复杂场景，激光雷达能够充分发挥其高精度、高分辨率、能够创建 3D 地图的特点，但在雨雾天气的探测能力较差且成本较高。超声波雷达最具成本优势，价格低至 15-20 美元/颗，但超声波测量较远距离目标时回波信号较弱，高速行驶情况下误差较大。

找报告，上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群（18610100296）同步分享更新

表 3：各传感器优劣势对比

	超声波雷达	77GHz 毫米波雷达	激光雷达	摄像头
测距	0.1-3m	部分已可达 400m	200m 左右	理论上可达 300m
精度	差	10mm	最小 1mm	-
探测角度	120°	10-70°	15-360°	30°
速度范围	<=100km/h	>=1000km/h	>=300km/h	-
温度稳定性	一般	好	好	-
天气影响	较小	小	较大	大
成本	低, 15-20 美元/颗	较高, 300-500 美元/颗	高, 当前半固态约 1000 美元/颗	低, 35-50 美元/颗
优点	防水防尘、成本优势	精度高, 天线尺寸小, 带宽分辨率高	高精度, 高分辨率, 能创建 3D 点云环境感知图	利用机器视觉 CV 与 AI, 2D-3D 环境图
缺点	高速情况下受影响	传输损耗大, 制作工艺高, 芯片价格贵	天气影响较大, 价格高	需要后端运算, 受天气影响较大
主要功能	泊车、倒车	自适应巡航, 自动紧急刹车, 前向碰撞预警	高等级自动驾驶	高级辅助/自动驾驶, 倒车影像, 360 环视

资料来源：民生证券研究院整理

基于各传感器各自优劣势，自动驾驶车载感知方案将更多采用多传感器融合方案，其中。**激光雷达凭借性能优势，或将成为主流车企重要选择。**纯视觉领域特斯拉利用海量车主驾驶数据进行神经网络训练，不断覆盖更多的工况和场景，使其视觉方案接近人类判断。目前多数车企并不具备大量底层数据及软件算法，因而更倾向于选择激光雷达+高精度地图作为 L3 及以上级别自动驾驶感知端解决方案。在雷达的选择上，**激光雷达在复杂场景具备不可替代性，成像效果更优且更直接：**毫米波雷达的金属反射电磁波性能远比人体高，因此针对类似自行车或行人等反射物在距离检测车辆 1.5 米左右时，普通采用 3 发 4 收单片 3D 毫米波雷达检测效果不佳，即便是成像毫米波雷达，对于行人、锥桶这类物体成像效果也难以应用；而激光雷达则可实现较高清晰度的成像效果，同时在当前自动驾驶系统无法解决的一些边缘场景也均可应用，如车辆切入、检测车后突出物、道路中的异形物等。

图4：纯视觉方案成像


资料来源：知乎，民生证券研究院

图5：激光雷达成像


资料来源：知乎，民生证券研究院

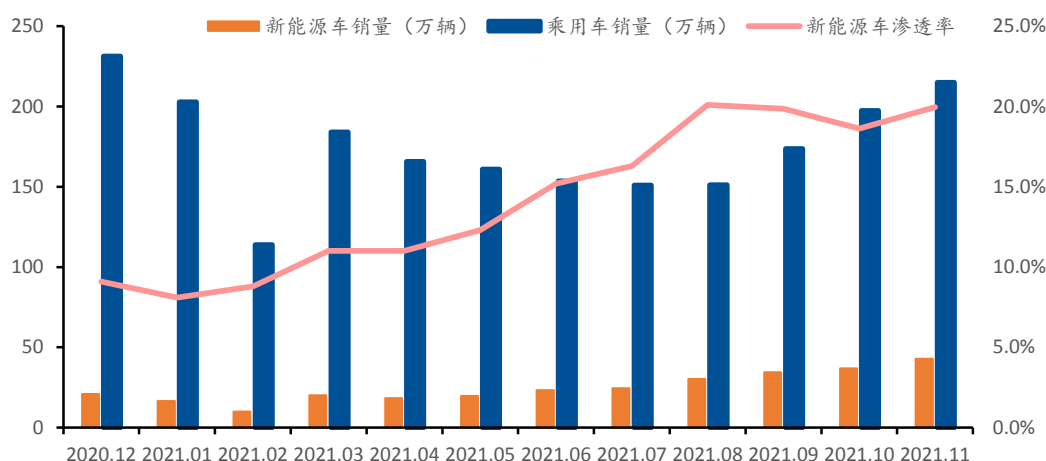
找报告，上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群（18610100296）同步分享更新

1.4 中国智能网联高速推进，2026 年激光雷达空间有望达百亿

新能源车加速渗透，为智能网联推进提供广阔空间。2021 年以来我国新能源车渗透率持续走高，已由 2020 年 12 月的 9.1% 提升至 2021 年 11 月的 20%，增长明显。2021 年 1-11 月我国新能源乘用车销量已达 280.7 万辆，渗透率达 14.7%，较 2020 年 1-11 月的 5.9% 提升明显。我们认为伴随新能源车销量持续提升及渗透率不断走高，有望依托新能源汽车电子电气架构变革为智能网联汽车推进带来广阔成长空间。

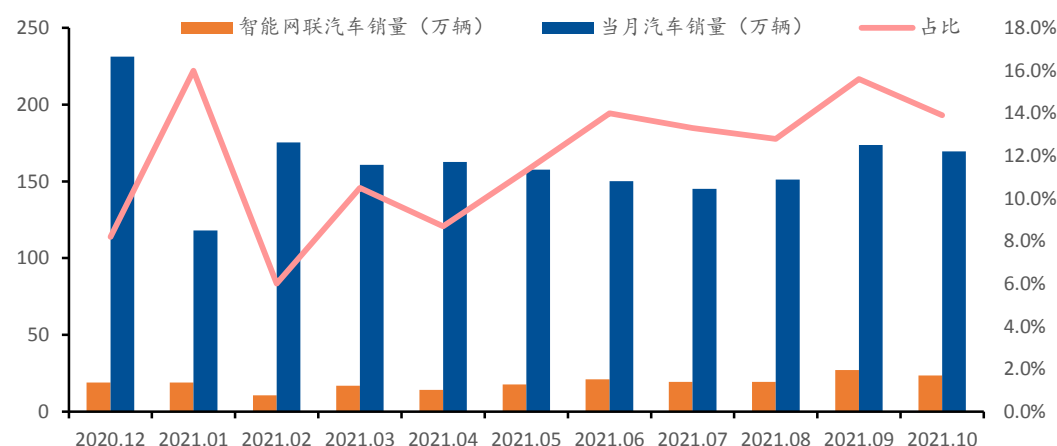
图6：新能源车渗透率持续走高



资料来源：wind，乘联会，民生证券研究院

智能网联乘用车销量占比整体呈现上升趋势，目前单月渗透率已近 14%。目前统计口径中智能网联乘用车必须配备有 L2 级以上辅助驾驶能力，并同时具备车联网、OTA 升级功能。目前智能网联乘用车销量占比整体虽有波动但仍呈现上升趋势，据我们统计测算 10 月智能网联乘用车零售终端渗透率已达 13.94%。

图7：智能网联汽车占比整体呈现上升趋势



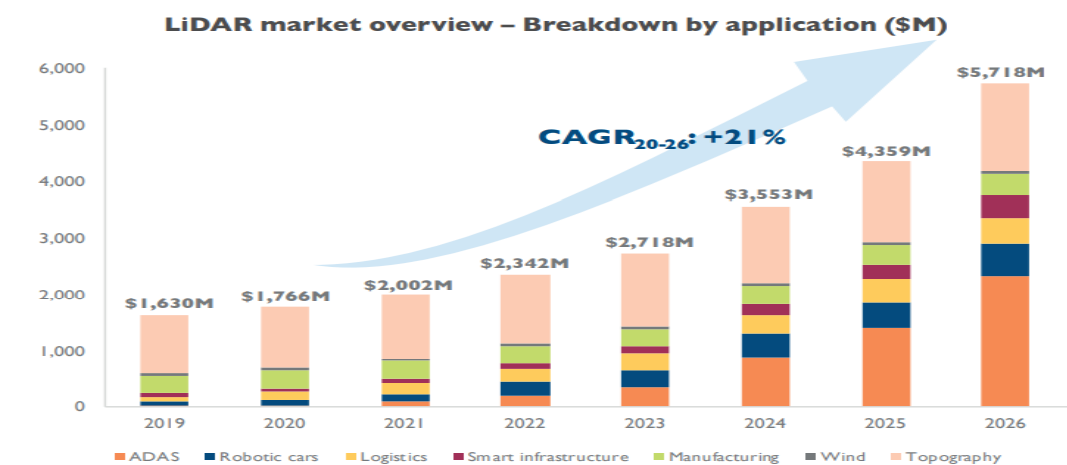
资料来源：wind，车云，乘联会，民生证券研究院

找报告，上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群 (18610100296) 同步分享更新

全球激光雷达于 ADAS 和 Robotaxi 等相关领域 2026 年市场空间合计将达近 30 亿美元，中国市场有望占据半壁江山。据权威机构 Yole Development 预计，2025 年激光雷达在汽车和工业应用领域的市场预计将从 2020 年的 17.7 亿美元增长至 2026 年的 57 亿美元，CAGR 为 21%。其中 2020 年用于 ADAS 中的激光雷达占汽车和工业激光雷达市场的 1.5%。预计 2026 年 ADAS 的比例将达到 41%，CAGR 将达到 111%，市场规模将达到 23 亿美元。同时 Robotaxi 等自动驾驶汽车领域预计到 2026 年市场规模将达 5.75 亿美元，2020-2026 年 CAGR 为 33%。我们认为当前中国市场于电动化和智能网联领域均处于全球领先地位，且中国具备全球最大的终端汽车消费市场，因而我们认为中国有望在未来占据 ADAS 与 Robotaxi 相关领域激光雷达市场需求的半壁江山，2026 年激光雷达中国市场需求空间有望达百亿元人民币。

图8：激光雷达市场空间预测



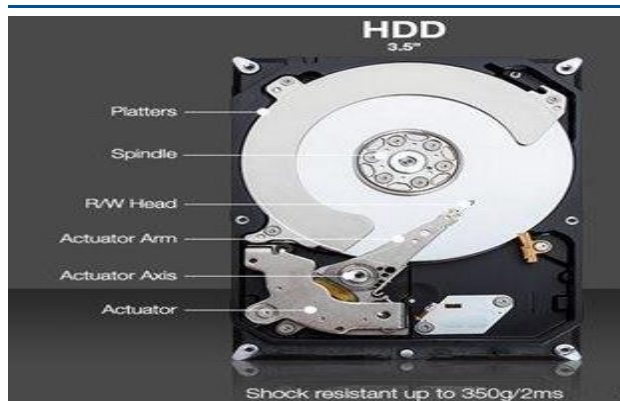
资料来源：Yole，民生证券研究院

2 当前半固态为乘用车主流方案，未来或将向固态拓展

2.1. 激光雷达演进路径可类比磁盘，均由机械式逐步向固态转变

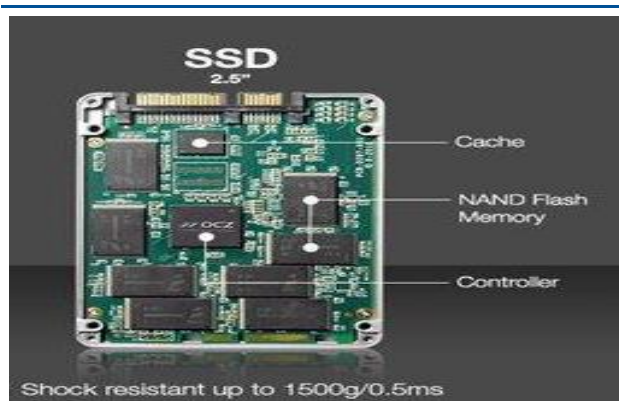
磁盘演进以存储介质为区别要素，从宏观向微观转变。HDD 机械硬盘和 SSD 固态硬盘是目前两大常见的计算机外存储设备。机械硬盘以磁盘为核心存储介质，工作时磁盘绕主轴高速转动，产生的气流使得磁头停留在磁盘上方一个微小的距离并以磁化的方式读取磁盘上对应位置的数据。固态硬盘的存储介质则是被称为闪存颗粒的半导体材料，通过主控运行固件程序来控制数据读写，工作时依靠传递电信号的方式进行数据的传输而不发生任何机械运动。

图9：机械硬盘内部构造示意图



资料来源：CSDN，民生证券研究院

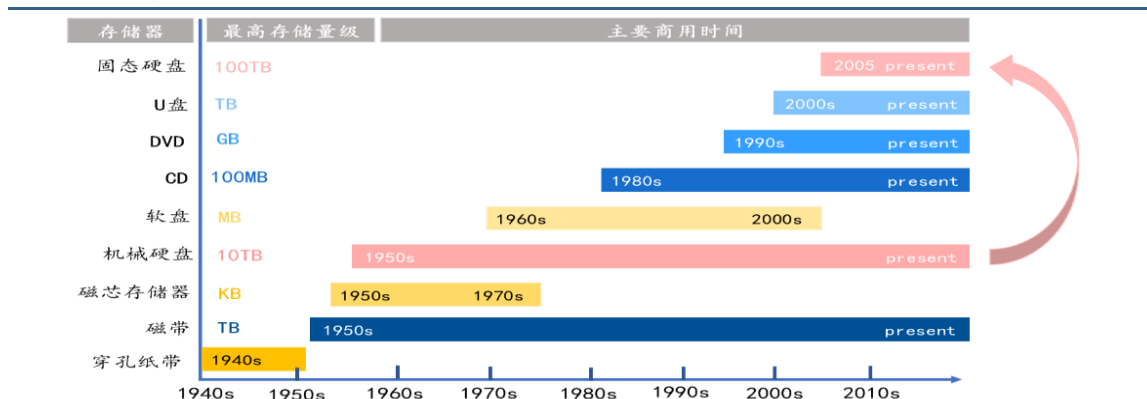
图10：固态硬盘内部构造示意图



资料来源：CSDN，民生证券研究院

固态硬盘于消费级市场迅速普及，有望逐步实现机械硬盘的替代。线代硬盘雏形诞生于1956年，1973年确立温式架构，随着硬盘容量的不断提升，家用PC硬盘快速增长，1990起硬盘存储密度大幅提升，民用级硬盘进入GB时代。21世纪初，垂直存储技术进一步提高了硬盘的存储密度，容量突破TB级别，硬盘厂商也进入整合期。2010年HDD产业达到顶峰，此后机械硬盘受制于自身体积难以缩小且成本较高，加之采用NAND Flash技术的SSD日趋成熟，具备更快的读写速度、更低的功耗和发热程度等优势，二者价格差也逐渐缩小，硬盘市场逐渐被SSD占领。2020年全球HDD机械硬盘的出货量为3.5亿个，SSD固态硬盘出货量未3.2亿个，2021年SSD或有望实现反超。

图11：全球计算机外存储器演进历程



资料来源：艾瑞咨询，民生证券研究院

找报告，上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群（18610100296）同步分享更新

表 4: 机械硬盘和固态硬盘性能和价格对比

	机械硬盘	固态硬盘
时延	2ms	0.02ms
5 年返还率	13.40%	0.80%
功耗	10w	3w
平均寿命	49.6 个月	12.7 个月
重量	较重	较轻
噪音	有	无
防震抗摔	较差	较好
价格	较低, 2T 的机械硬盘价格在 350 到 500 元之间	较高, 80G Intel 固态硬盘, 价格为 4000 元左右

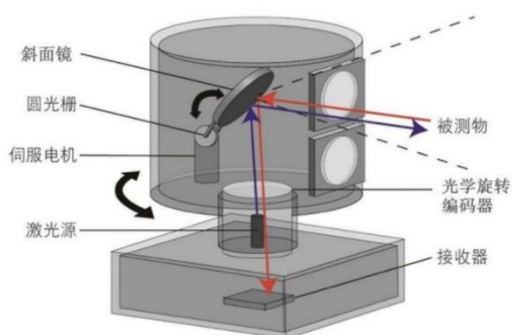
资料来源: 中国信通院, 搜狐网, 知乎, 民生证券研究院

激光雷达的演进可类比机械硬盘到固态硬盘。按照光束操纵方式的不同, 激光雷达可分为机械式、半固态和固态。对硬盘和激光雷达演化历程进行对比可以发现: 从原理层面, 激光雷达同样经历了从宏观机械运动到微观运动的转变, 由宏观机械式地转动发射头向半固态 MEMS 的微幅振镜、Flash 型的传感器阵列演进。从市场层面, 固态硬盘和固态激光雷达都处于相对较高价格区间, 二者都有望通过技术演进或成本调整带来价格下降, 从而促进产品渗透率提升。

2.2. 短期上车方案仍以半固态为主, 未来逐步向固态发展演绎

机械式激光雷达可量产性低且成本高, 多用于测试项目。机械式激光雷达在竖直方向上排布多组激光线束, 发射模块以一定频率发射激光, 通过不断旋转发射头将激光从“线”变成“面”, 实现动态扫描。其技术已经相对成熟, 能够实现 360° 扫描, 高线束也带来了更高的分辨率和测距距离。但其分离的收发组件导致生产过程要人工光路对准, 且旋转部件体积和重量庞大, 难以满足车规的严苛要求, 难以量产。此外, 其元器件成本较高, 故应用多集中在自动驾驶测试项目与 B 端自动驾驶车辆 Robotaxi、Robobus、无人物流车等。

图12: 机械式激光雷达原理示意图



资料来源: 滨松公司, 民生证券研究院

图13: 机械式激光雷达外观图



资料来源: 新浪财经, 民生证券研究院

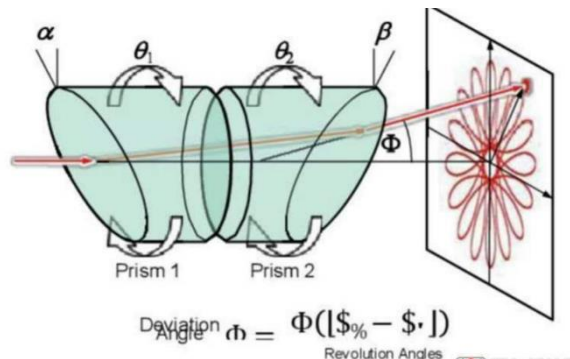
转镜方案率先解决车规级需求, 短期或将与 MEMS 并存。转镜式保持收发模块不动, 让电机在带动转镜运动的过程中反射激光从而达到扫描探测效果。转镜方案的激光雷达最早是法雷奥 Scala 于 2017 年在奥迪 A8 上应用, 目前蔚来 ET7 上搭载的 InnoVision 激光雷达也属于转镜式激光雷达。转镜依托于精度和成本优势有望最早通过车规, 但缺点在于电机驱动带来了

找报告, 上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群 (18610100296) 同步分享更新

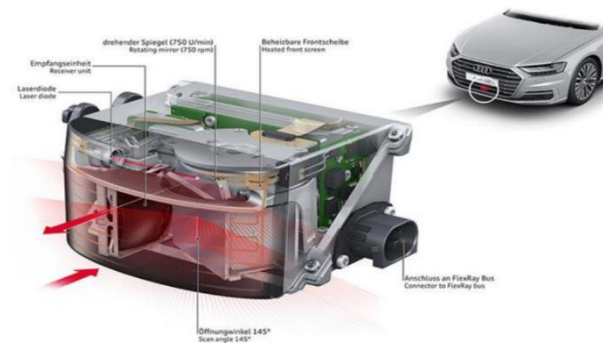
一定的功耗、稳定性不足和光源能量分散等。

图14: 转镜式激光雷达原理示意图



资料来源: 面包板社区, 民生证券研究院

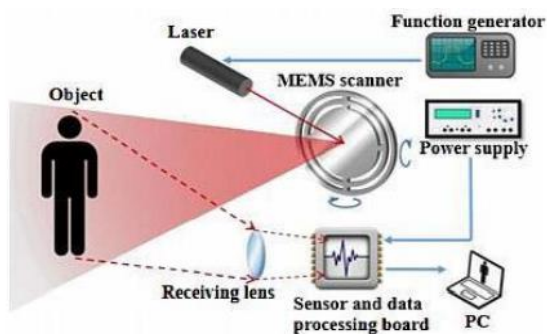
图15: 转镜式激光雷达外观及内部结构



资料来源: 麦姆斯咨询, 民生证券研究院

MEMS 综合优势明显, 或将成为主流方案。半固态激光雷达又可分为 MEMS 激光雷达和旋转扫描镜激光雷达等。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激光形成较广的扫描角度和较大扫描范围, 高速扫描形成点云图效果。在同样的点云密度时, 硅基 MEMS Lidar 的激光发射器数量比机械式旋转 Lidar 少很多, 极大降低了成本且提高了系统可靠性, 因此受到整车厂商青睐, 未来短期内或占据主导地位。其缺点在于光学口径和扫描角度有限, 从而限制了测距能力和 FOV。

图16: MEMS 激光雷达原理示意图



资料来源: 滨松公司, 民生证券研究院

图17: MEMS 激光雷达外观图



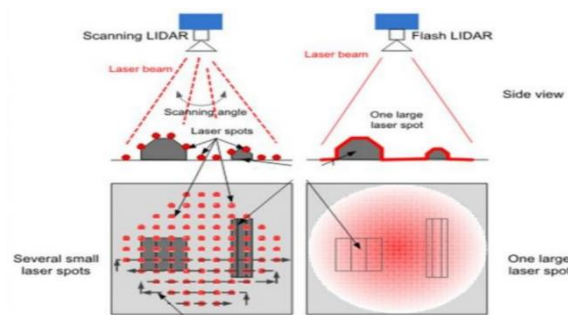
资料来源: robosense, 民生证券研究院

Flash 型激光雷达远程探测难度高, 应用受限。Flash 可以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。其优点是一次性实现全局成像来完成探测, 无需考虑运动补偿; 且 Flash 激光雷达采用的是垂直腔面发射激光器, 比其他激光器更小、更轻、更耐用、更快、更易于制造, 并且功率效率更高。缺点在于激光功率受限, 探测距离近, 且信噪较差, 因此应用受到限制。

找报告, 上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群 (18610100296) 同步分享更新

图18: 固态-Flash 激光雷达原理示意图



资料来源: GeekCar, 民生证券研究院

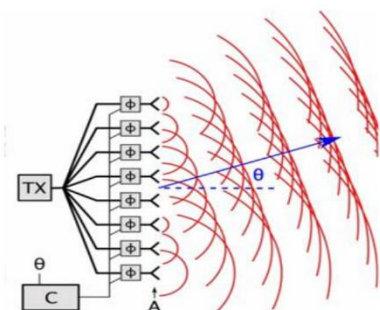
图19: 固态-Flash 激光雷达外观图



资料来源: LeddarTech, 民生证券研究院

OPA 受芯片成熟度牵制, 落地尚有距离。OPA 技术原理与相控阵雷达类似, 它由元件阵列组成, 通过控制每个元件发射光的相位和振幅来控制光束, 无需任何机械部件。OPA 方案的优势在于是纯固态 Lidar, 体积小, 易于车规; 扫描速度快, 一般可达到 MHz 量级以上; 精度高, 可以做到 μrad 量级以上; 可控性好, 能够在感兴趣的目标区域进行高密度扫描。但由于产业链尚处于起步阶段, 上游零部件多数需要激光雷达厂商自研, 且制造工艺要求较高存在一定壁垒, 短期内无法实现量产。

图20: 固态-OPA 激光雷达原理示意图



资料来源: 维科网, 民生证券研究院

图21: 固态-OPA 激光雷达外观图



资料来源: Quanergy, 民生证券研究院

2.3. 后续方向: 定制开发专用芯片降本增效, 产品细节不断优化

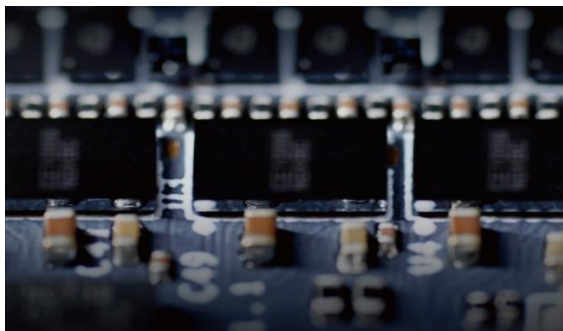
定制化开发专用芯片将实现降本增效双重提升。针对激光雷达应用特点, 定制开发 VCSEL 和单光子器件的专用芯片能够进一步提升系统性能、增强可靠性以及降低成本, 且有利于实现关键元器件的自主可控, 是未来的主要发展趋势。VCSEL 多通道驱动芯片通过采用高压 CMOS 工艺, 可提供数十安培的峰值电流以及纳秒级的窄脉宽驱动能力, 满足激光雷达探测需求。未来通过 VCSEL 阵列和驱动芯片封装级别的集成, 可进一步减小驱动环路的寄生电感, 获得更窄脉宽和更高电光转换效率, 提升激光雷达的测距精度和测远能力。单光子接收端片上集成芯片通过片内集成探测器、前端电路、算法处理电路、激光脉冲控制等模块, 能够直接输出距离、反射率信息, 而且能够逐步代替主控芯片 FPGA 的功能。未来随着线列、面阵规模的不断增

找报告, 上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群 (18610100296) 同步分享更新

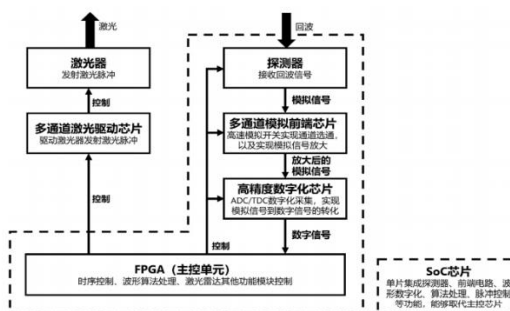
大，逐步升级 CMOS 工艺节点，单光子接收端 SoC 将实现更强的运算能力、更低的功耗和更高的集成度。

图22：禾赛科技自主研发的激光雷达专用芯片组



资料来源：禾赛科技官网，民生证券研究院

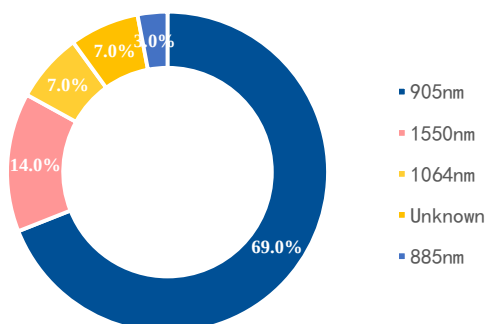
图23：激光雷达专用芯片及功能模块示意图



资料来源：禾赛科技招股说明书，民生证券研究院

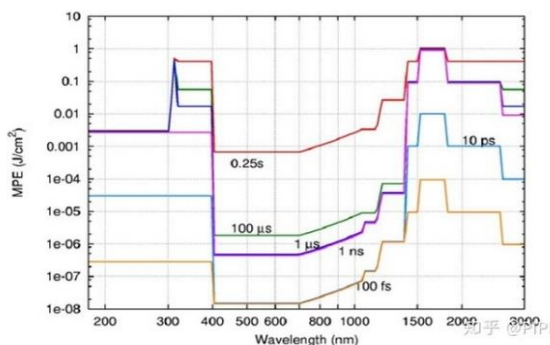
1550nm 激光雷达性能更优，未来或与 905nm 产品占据不同细分市场。车载激光波长主要有 905nm 和 1550nm 两种。由于透镜会将激光聚焦到眼睛的视网膜上而引起潜在危险，即使在较低功率下，905nm 及更短波长的准直激光束，对行人是有风险的。而在 1550nm 波段，大部分光在到达视网膜之前就会被眼球的透明部分吸收，这降低了对视网膜损失，因此 1550nm 激光雷达的激光器功率可达到传统 905nm 激光雷达的 40 倍。但由于前者采用铟镓砷 (InGaAs) 近红外探测器，比后者所使用的硅基光电探测器更昂贵，故生产成本相对较高。目前 905nm 波长的激光雷达依托于成本优势在汽车领域仍为主流，占比达到 65%。我们预计后续高端车系或倾向于采用基于 1550nm 波长的 FMCW 激光雷达，中低端品牌或更倾向采用 905nm 产品。

图24：按波长划分的全球 LiDAR 市场结构



资料来源：Yole，民生证券研究院

图25：150nm 波段可降低对视网膜损失



资料来源：知乎，民生证券研究院

2.4. 海外国内厂商各有千秋，行业竞争日趋激烈

激光雷达产品厂商竞争激烈，看好配套核心主机厂的供应商实现突围。目前车载激光雷达尚处发展较为早期阶段，国内外主要厂商均已发布各自核心产品。我们认为于当前时间节点暂未有明确产品标准制定，因而与下游合作更为紧密厂商有望在未来具备较强竞争优势。业绩方面由于前期研发等投入较高且暂时产品尚未实现大规模量产，因而短期内业绩或将承受部分压力，未来有望在配套汽车放量后达到盈利拐点。B 端市场我们认为具备机械式产品厂商有

找报告，上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群 (18610100296) 同步分享更新

望受益，建议关注 Velodyne、禾赛科技、速腾聚创；C 端面向量产乘用车我们认为布局半固态（转镜/MEMS）厂商将在短期具备优势，建议关注法雷奥、禾赛科技、速腾聚创、华为等厂商产品进程。

表 5：各激光雷达厂商基本情况概览

公司	主要产品	类型	量产情况	合作企业
Velodyne	HDL-64E	机械式	2007 年	谷歌、百度、福特、奔驰
	HDL-32E	机械式	2016 年	
	VLP-16	机械式	2018 年	
	VelarrayH800	半固态	未明确	
	VelarrayM1600	半固态	未明确	
Luminar	Iris	MEMS	预计 2022 年	7 家 Top10 整车厂，如上汽、沃尔沃等
	Hydra	MEMS	-	
Aeva	Aeries	半固态	-	奥迪、保时捷
Innoviz	Innoviz One	半固态	2021 年	宝马、陕汽
	Innoviz Two	半固态	预计 2022 年	
Valeo	Scala1	转镜	2017 年	-
	Scala2	转镜	2020 年发布	
	Scala3	转镜	-	
Ouster	ES2	Flash	预计 2024 年	宝马
禾赛科技	Pandar40	机械式	2017 年发布	上汽、戴姆勒、百度、理想、爱驰、新石器、
	Pandar40P	机械式	2018 年发布	
	Pandar 40M	机械式	2020 年发布	
	Pandar128	机械式	2020 年发布	
	PandarQT	机械式	2020 年发布	
	PandarGT	半固态	2020 年	
	AT128	半固态	2022 年	
速腾聚创	RS-LiDAR-16	机械式	-	上汽、吉利、一汽、极氪
	RS-LiDAR-32	机械式	-	
	RS-LiDAR-M1	MEMS	2021 年	
大疆 Livox	Horizon	双棱镜	2020	小鹏、解放
	Tele-15	转镜	2020	
	AVIA	半固态	2020 年发布	
	MID-70	半固态	2020 年发布	
	HAP	转镜	2021 年发布	
华为	96 线激光雷达	转镜	2021	北汽新能源、长安、广汽、哪吒

资料来源：民生证券研究院整理

Velodyne 为全球机械式激光雷达头部企业。Velodyne 成立于 1983 年，位于硅谷，2016 年 Velodyne 将核心业务激光雷达部门剥离，成立新公司 Velodyne LiDAR，已成为车载激光雷达产业的龙头。公司提供“硬件+软件”解决方案，其中硬件产品占比达 90%以上，激光雷达产品主要包括旋转机械式、混合固态式、固态式等多种产品（波长以 905nm 为主）。公司为激光雷达先驱，市场占有率较高，用户遍及了汽车主机厂、自动驾驶研究机构和三维测绘等领域。

找报告，上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群（18610100296）同步分享更新

自 2007 年推出第一款 3D 激光雷达以来，截至 2020 年底，据公司披露激光雷达产品累计出货量达 5.16 万台。其中，2020 年出货量为 1.16 万台。公司在全球拥有 300 多家客户，在汽车领域与谷歌、百度、Uber、福特、通用、奔驰等知名的无人驾驶技术代表均有合作。

图26: Velodyne 产品矩阵图



资料来源: Velodyne 官网, 民生证券研究院

图27: Velodyne 合作伙伴



资料来源: Velodyne 公告, 民生证券研究院

法雷奥: ADAS 全球领导者, 激光雷达已与多核心主机厂实现合作。法雷奥成立于 1923 年, 专注于汽车行业的汽车零部件、集成系统和模块的设计、生产和销售, 同时供应于主机配套及售后维修市场。公司共有四大事业部: 舒适及驾驶辅助系统 CDA 事业部 (包括驾驶辅助系统和内部控制系统)、动力系统 PTS (包括传动系统和电力系统) 事业部、热系统 THS (包括热动力系统和空调控制) 事业部、视觉系统 VIS (包括雨刮系统和灯光系统) 事业部。公司以“创新+地理扩张”为核心战略和核心优势, 创新方面, 公司在全球 126 个国家/地区中, 共有 7.8 万件专利申请, 其中激光雷达相关专利超过 500 项, 已经生产了超过 15 万颗激光雷达, 在全球配备激光雷达的量产车中绝大多数所使用的是法雷奥的产品; 地理扩张方面, 法雷奥销售地遍布全球, 正在加强中国市场开拓, 有望充分受益于中国在汽车出行方面的引领变革作用。与公司合作的汽车品牌包括宝骏、红旗、吉利、江淮、路虎、启辰、长安等。

图28: 法雷奥激光雷达产品概览



资料来源: 法雷奥官网, 民生证券研究院

图29: 法雷奥加强开拓中国市场



资料来源: 汽配圈, 民生证券研究院

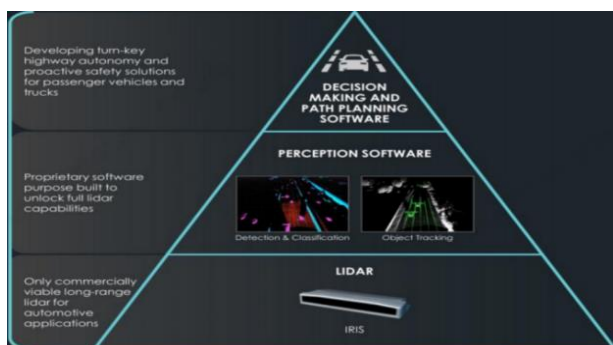
Luminar: 深耕 1550nm 铟镓砷激光雷达技术, 产品性能优秀。Luminar 成立于 2012 年,

找报告, 上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群 (18610100296) 同步分享更新

总部位于美国硅谷，于 2020 年 12 月在纳斯达克以 SPAC 方式上市。公司产品覆盖了激光雷达 ASIC 芯片、两款固态 MEMS 激光雷达 IRIA&HYDRA、自动驾驶感知软件及一体化解决方案，深耕波长为 1550nm 的激光雷达并在该领域具备绝对优势。Luminar 凭借强大的技术研发能力和前景获得了较高的市场认可度，目前已经和超过 50 多家车企、自动驾驶公司以及相关行业企业达成合作。在乘用车市场，全球前 10 家 OEM 厂商中有 7 家是 Luminar 的客户，公司披露在中国市场已拿下上汽 R 汽车 ES33 和小马智行下一代 Robotaxi 两张订单，已有订单总额超过 13 亿美金。

图30: Luminar 产品 Iris



资料来源: Luminar 上市宣传材料, 民生证券研究院

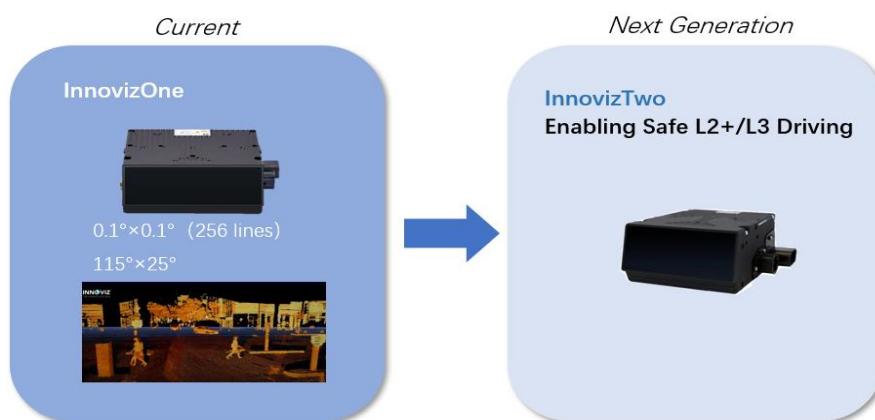
图31: Luminar 在各细分市场合作伙伴



资料来源: Luminar 上市宣传材料, 民生证券研究院

Innoviz: 重点布局 MEMS，与宝马深度合作。Innoviz 于 2016 年在以色列成立，2020 年在纳斯达克上市。公司已公布的激光雷达产品有 InnovizOne 和 InnovizTwo，二者均采用 ToF 测距原理、905nm 波长叠加 MEMS 方案。Innoviz 通过多版本产品适配乘用车、货车、工业无人机等多样化应用场景，短期内聚焦后装市场，2022-2023 年起更大的增长将来自前装量产市场。车规级 MEMS 激光雷达产品的研发和量产是 Innoviz 的核心优势，Innoviz 是第一家拥有汽车 OEM 客户（宝马）的固态激光雷达制造商，2021 年 InnovizOne 首次批量生产。

图32: Innoviz 产品概览



资料来源: Innoviz, 民生证券研究院

Innovusion: 行业领先的图像级激光雷达企业。Innovusion（图达通）成立于 2016 年，

找报告，上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群（18610100296）同步分享更新

总部位于美国硅谷，是一家图像级远距离激光雷达自动驾驶与智慧交通解决方案提供商，是世界领先的 300 线激光雷达高新企业。公司主要产品包括猎鹰 Aquila 激光雷达、捷豹精英版交通激光雷达以及 OmniSense 软件解决方案。公司研发的激光雷达属于混合固态激光雷达，采用 1550nm 光源，在智能驾驶汽车、智慧交通、智慧高速、轨道交通、无人矿卡等领域均有应用。公司核心优势在于通过比较成熟的电机和转镜、摆镜的方案组合，在达到高性能的同时更容易形成量产。公司整体激光雷达出货量近千颗，2022 年预计破万颗。目前已拿到蔚来等客户订单，蔚来 ET7 预计将在 2022 年初交付。

图33: Innovusion 激光雷达产品

捷豹精英系列			
	分辨率	探测距离	探测精度
	300线	280m/400m	<3cm
	角分辨率	视场角	工作温度
	0.09° * 0.13°	100° / 65° * 40°	-40℃ ~ 85℃
猎鹰			
	角分辨率	最远探测距离	探测精度
	0.06° * 0.06°	500m	<3cm
	感兴趣区域大小	视场角	可配置帧率
	40° * 4.8°	120° * 25°	10 FPS

资料来源: Innovusion 官网, 第一电动, 民生证券研究院

图34: Innovusion 已拿到蔚来 ET7 订单



资料来源: GeekNEV, 民生证券研究院

Ouster: VCSEL+SPAD 解决方案打破传统激光雷达桎梏。Ouster 成立于 2016 年，总部位于美国旧金山。其主要产品包括 OS0 超广角激光雷达、OS1 中距激光雷达和 OS2 长距激光雷达。Ouster 的核心优势即其 VCSEL+SPAD 解决方案，将系统所需的所有 SPAD 集成到单颗 ASIC 芯片中，帮助激光雷达在一秒钟的时间里处理超过 1 万亿光子，产生 260 万个数据点，再将上述结构整体与旋转装置集成在一起实现大范围扫描。此外，Ouster 采用 Multi-beam Flash（多光束闪光）核心专利技术，通过精确光束而非泛光来照明整个场景并收集光线，从而提升激光雷达整体效率。Ouster 的这一方案既降低了成本，又让整体结构更为紧凑牢固。2021Q3，Ouster 激光雷达传感器出货量超过 1630 个，同比上涨 127%；与战略客户的合同数量增加到 62 个。Ouster 目前拥有超过 600 个来自全球各地的合作伙伴，其中有 30%来自自动驾驶领域。

图35: Ouster 激光雷达产品



资料来源: Ouster 官网, 民生证券研究院

图36: Ouster 长距、中距、短距激光雷达搭载位置



资料来源: Ouster 官网, 民生证券研究院

找报告, 上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群 (18610100296) 同步分享更新

禾赛科技：聚焦自动驾驶，重点布局机械与半固态激光雷达。禾赛科技于2014年在上海创立。公司拥有激光雷达和激光气体传感器两大产品线，在激光雷达方面公司秉承“长、中、短距兼备，机械、固态方案并进”的立体化产品矩阵。其中ToF、机械旋转式激光雷达产品已经得到了广泛应用；长距半固态激光雷达 AT128 主要面向即将兴起的乘用车高级辅助驾驶市场，将于2022年大规模量产交付。禾赛科技的优势主要体现在产品力方面，公司坚持技术导向，招股书显示其产品研发费用占到了总体营收的64%，保持了技术的前瞻性和产品性能的领先性。公司市场认可度高，百度、美团无人配送、Aurora、小马智行、Nuro、文远知行、Zoox等在内的Robotaxi或无人配送领军企业均为公司合作伙伴。

图37：各年度公司新增可销售产品型号演变



图38：禾赛科技部分下游合作伙伴



资料来源：禾赛科技招股书，民生证券研究院

资料来源：禾赛科技官网、公告，民生证券研究院

速腾聚创：激光雷达硬件+AI 感知算法双线并行。公司创立于2014年，总部位于深圳。公司硬件产品以ToF测距、905nm、波长、机械式激光雷达为主，同时积极开拓MEMS技术，相关产品RS-LIDAR-M1已达到车规级并获得了首个北美车企定点客户。公司核心优势在于融合了激光雷达硬件与AI点云算法技术，形成的解决方案在ADAS乘用车、Robotaxi、Robotruck、无人巴士、无人配送等领域均有应用。公司出货量保持每年三倍以上增长，已实现五位数的年出货量，领先于行业。其产业链合作伙伴覆盖了全球顶级半导体与芯片制造商、OEMs、一级供应商、自动驾驶科技公司等，整车领域包括上汽、一汽、广汽、吉利汽车等。

图39：激光雷达硬件+AI 感知算法双线并行



图40：公司部分合作伙伴



资料来源：半导体行业观察，民生证券研究院

资料来源：全球智能网，民生证券研究院

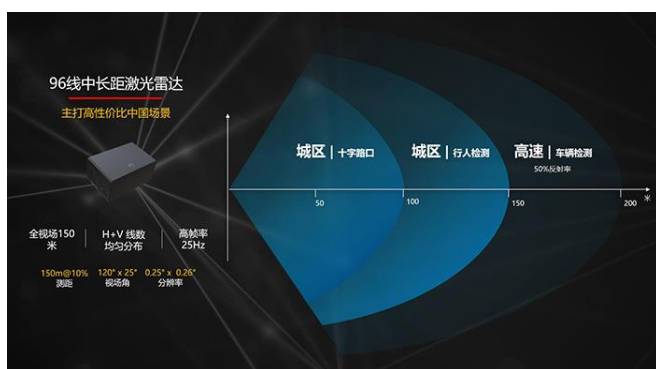
华为：定位前装量产，未来或实现价格下探。华为自2016年开始技术预研，没有选择从

找报告，上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群（18610100296）同步分享更新

传统旋转机械式激光雷达切入，而是直接主攻难度较高的车规级前装激光雷达，2020 年开始量产，目前有单颗、2 颗、3 颗等三种激光雷达上车配置方案。华为针对 MEMS 激光雷达功率较低的问题，采用多线程微振镜激光测量模组进行改进，在性能、可靠性和成本三方面形成平衡：性能方面实现 $25^{\circ} \times 150^{\circ}$ 大视野，水平和垂直线束均匀分布，稳定性强；可靠性方面按照 ISO 国际标准严格执行。同时华为引入前融合感知技术进一步简化算法，为行车提供安全冗余。华为凭借在光电领域的技术积累优势显著提升了激光雷达的有效距离和 FOV，同时通过投资供应链企业形成成本优势从而实现量产。据华为官微，华为将按年产 10 万套的产能推动激光雷达前装上车，与之合作的主机厂包括北汽、长安、广汽、长安、赛力斯、哪吒等。

图41：华为 96 线中距激光雷达



资料来源：半导体行业观察，民生证券研究院

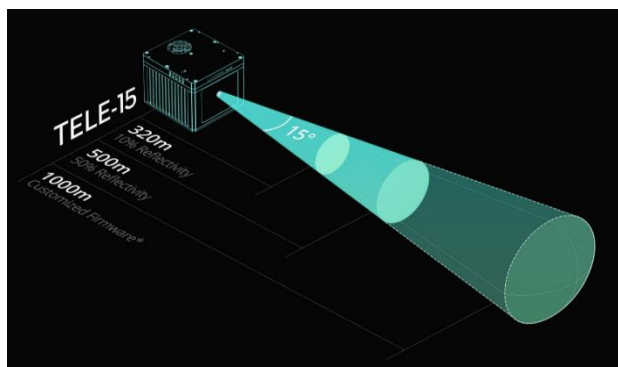
图42：华为部分合作伙伴



资料来源：全球智能网，民生证券研究院

大疆 Livox：视觉能力储备深厚，车规级激光雷达价格优势显著。Livox 在 2016 年成立，是大疆在激光雷达领域子公司。Livox 在软件方面将无人机的核心视觉识别能力转移到自动驾驶技术上，硬件产品激光雷达在转镜半固态方案的基础上进行优化。Livox 在自动驾驶领域的主要产品为 Tele-15 和 Horizon：前者在 905 纳米波段下，能够做到人眼安全且同时达到 500 米（反射率为 80%），帮助汽车“看得更远”，后者的水平视场（HFOV）为 81.7° ，能够帮汽车“看得更宽”，二者价格分别为 9000 元和 6499 元，较其他厂商上市产品有明显价格优势。Livox 在自动驾驶技术方面与大众合作，整车合作伙伴则包括小鹏、东风汽车、一汽解放等。

图43：Tele-15 产品性能



资料来源：Livox 官网，民生证券研究院

图44：Livox 部分合作伙伴



资料来源：Livox 官网，民生证券研究院

找报告，上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群（18610100296）同步分享更新

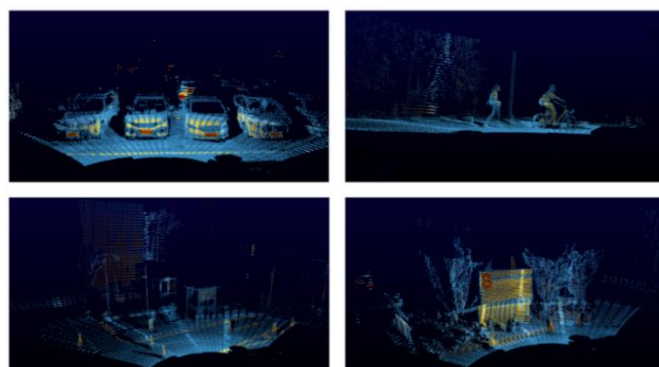
一径科技：面向 L3 级别以上自动驾驶的 MEMS 激光雷达解决方案提供商。一径科技 2017 年成立于北京，2019 年发布首款 ML-30 固态激光雷达，2020 年全球首发面向车规级量产的 MEMS 激光雷达全套解决方案。公司产品主要包括远场和近场两个系列共款 MEMS 激光雷达，以及高分辨率输出的点云算法。公司的核心竞争优势在于其产品已通过 ISO-16750 多项车规级可靠性实验，达到了商用车的可靠性标准，具备了稳定批量供货能力。2020 年 7 月公司常熟工厂投产，2020 年公司激光雷达产量达到数千台，主要应用于无人车和 L3 级自动驾驶卡车方面，2021 年保守估计产量可达到上万台，2023 年乘用车激光雷达有望在前装量产上市。公司的重点客户包括通用、吉利、福特、广汽等。

图45：公司激光雷达产品序列



资料来源：一径科技官网，民生证券研究院

图46：公司产品高分辨率点云输出



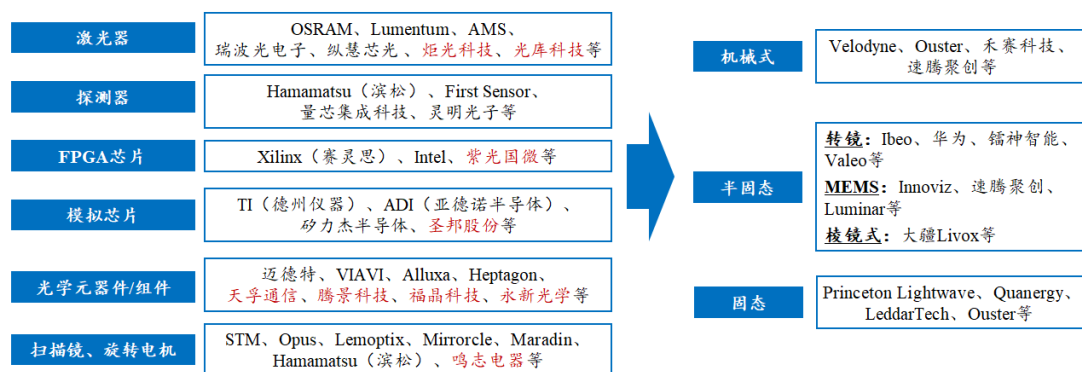
资料来源：一径科技官网，民生证券研究院

3 激光雷达位于产业链中游，推荐上游光学核心标的

3.1. 激光雷达位于产业链中游，上游光学领域部件构成主要成本

激光雷达的上游包括了激光器、探测器、FPGA 芯片、模拟芯片、核心光学元件/组件、扫描镜、旋转电机。当前，可投资的 A 股标的包括了光学元器件领域的天孚通信、腾景科技、福晶科技、永新光学等，激光器领域的炬光科技、光库科技，FGPA 芯片领域的圣邦股份，模拟芯片领域的紫光国微，电机领域的鸣志电器等。

图47：激光雷达产业链情况

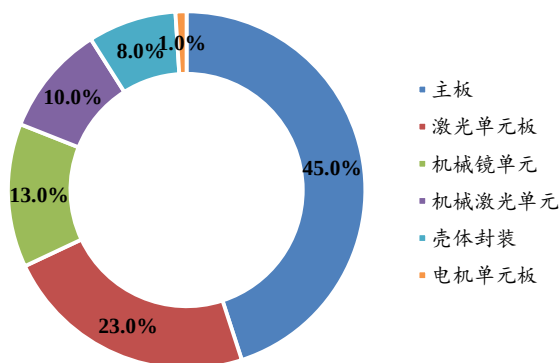


资料来源：民生证券研究院整理

注：A股上市已标红

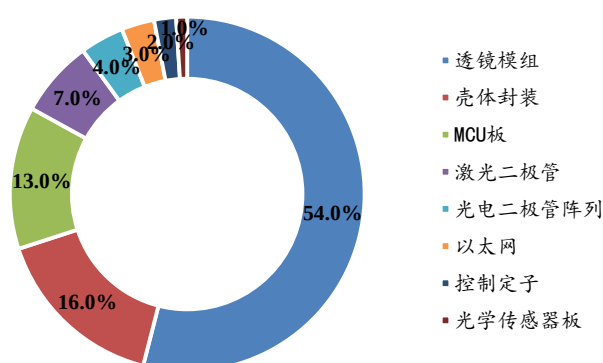
从激光雷达成本拆解的角度，光学部分的占比在不同方案中不尽相同。以 Valeo 的 Scala 为例，该产品属于转镜式激光雷达，其机械镜单元、机械激光单元成本占比 23%，两者中均包含一定的光学元器件产品。与之相较，在 Livox 的 Horizon（棱镜式）激光雷达中，光学部分占比更高，透镜模組的成本占比高达 54%。

图48：Valeo Scala 成本拆解



资料来源：Systemplus，民生证券研究院

图49：Livox Horizon 成本拆解



资料来源：Systemplus，民生证券研究院

找报告，上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群（18610100296）同步分享更新

3.2. 炬光科技：夯实激光行业上游元器件核心优势，发力向中游延伸把握激光雷达发展机遇

深耕激光行业上游半导体激光/激光光学元器件，业务领域向中游延伸拓展成长空间。公司成立于 2007 年，将于 2021 年底在科创板上市。起步期聚焦于高功率半导体激光器领域，产品聚焦半导体激光元器件，2017 年通过并购 LIMO 从而将业务范围拓展至激光光学元器件，LIMO 是业内领先的激光光学元器件、光子应用模块和系统研发及生产商，曾获得国际光学工程学会（SPIE）颁发的全球光电行业最高荣誉之一 Prism Awards 棱镜奖。公司自并购 LIMO 以来，实现了市场、品牌及产品资源的有效整合，目前已形成 Focuslight 和 LIMO 两大品牌，其中“产生光子”相关产品属于 Focuslight 品牌，“调控光子”相关产品属于 LIMO 品牌。在此基础上，公司当前进一步向市场空间更大的中游光子应用模块和系统领域拓展（“提供解决方案”，包括激光雷达发射模组和 UV-L 光学系统等）。因而目前的业务可分为四大块，即半导体激光元器件、激光光学元器件、汽车应用业务（激光雷达发射模组）、光学系统业务，2021 年上半年，前两者的占比近 90%。半导体业务的客户主要有中科院、以色列飞顿、必盛激光、创鑫激光、LDX Optronics、青岛奥美克医疗、H 公司、英诺激光科技、AMPLITUDE SYSTEMES 等；激光光学元器件业务的客户主要有创鑫激光、锐科激光、相干公司、Velodyne、TeraDiode、苏州长光华芯等；汽车应用业务的客户主要有德国大陆集团、Argo AI、T 公司等；而光学系统业务的客户主要有韩国 APS、韩国 LG 电子、RayVis 等。

当前重点聚焦激光雷达领域，充分把握行业发展机遇。公司在激光雷达领域的客户是激光雷达制造商，产品具体包括了激光雷达面光源（AL01 系列光源模组、AT01/02 系列 VCSEL 光源模组）、激光雷达线光源（LE01 905nm EEL 线光源模组）、激光雷达光源光学组件（AOP190001/AOP190002 LiDAR 光源光学组件）。根据公司公告，当前已通过 IATF16949 质量管理体系认证、德国汽车工业协会 VDA6.3 过程审核，拥有车规级激光雷达发射模组设计、开发、可靠性验证、批量生产等核心能力。并通过首个量产项目积累了大量可靠性设计及验证经验。客户方面，已与北美、欧洲、亚洲多家知名企业达成合作意向或建立合作项目，包括美国纳斯达克激光雷达上市公司 VelodyneLiDAR、Luminar、福特旗下知名无人驾驶公司 Argo AI 等，其中激光雷达线光源产品已与多家客户建立新产品开发项目，2016 年起开始研发的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，现已进入批量生产阶段。

上市募资助力积极扩产，助力业绩加速释放。公司“炬光科技东莞微光学及应用项目（一期工程）”和“激光雷达发射模组项目”的总投资额分别达 2.65 亿元和 1.67 亿元，其中募集资金投入额分别为 2.44 亿元和 1.67 亿元。前者用于投建激光光学元器件生产基地，项目规划总建筑面积 20565 平方米，建设期为 24 个月，设计的激光光学元器件年产能 2600 万只。后者将用于建设激光雷达发射模组生产基地以更好地满足市场对车载激光雷达发射模组的需求。项目规划建筑面积约 12000 平方米，建设期同样为 24 个月，设计的激光雷达发射模组年产能 3069917 台。随着项目的推进，未来有望助力公司业绩加速释放。

3.3. 天孚通信：平台型的光器件一站式解决方案提供商，积极切入 C 端激光雷达市场拓展成长空间

业界领先的光器件一站式解决方案提供商，平台属性显著。公司成立于 2005 年，2015 年在创业板挂牌上市。上市前，精耕于三大基础光无源器件（陶瓷套筒、光纤适配器和光收发组件），上市后公司内生外延并举，在横向和纵向持续发展，成长路径清晰。横向上，积极拓展高端光器件品类，不断提升公司产品在光模块中的价值占比，并促进产品版图内的协同效应。纵向上，将光无源器件与有源封装业务有机耦合，实现纵向产业链协同，公司由此成为国内稀缺的能提供光模块产业链上游一站式解决方案的平台型供应商。当前，公司共布局了十三大产品线，八大方案（高端无源器件整体解决方案和高速光器件封装 OEM 方案）。

聚焦研发，夯实光器件领域的技术优势。2020 年，公司启动定增项目聚焦打造光引擎封装平台，当前产品已转入批量生产。除此之外，公司在研项目包括了 5G 用 MWD 用 TOSA 器件开发，50GBIDI 光器件研发、保偏光器件研发、800G 光器件研发等二十余个研发方向。

以激光雷达为代表的前瞻应用布局持续推进，构筑未来成长空间。天孚在夯实 B 端传统电信市场/数通市场的基础上，加速向 C 端新型应用领域拓展。这些领域所用光器件等产品虽在产品设计、参数要求、性能指标上与光通信领域有所区别，但技术平台、产线具有一定复用性，因而相关技术与能力能够实现跨领域的复制和延伸。在激光雷达领域，公司产品包括了基础元件类产品和集成封装器件产品，当前已成立了专门的销售团队和项目组持续跟进开发。

投资建议：公司传统无源业务实力强劲，有源封装业务与无源业务实现纵向产业链协同，是国内稀缺的能提供光模块产业链上游一站式解决方案的平台型供应商。未来，随着下游以激光雷达为代表的新型应用领域持续拓展，将为公司提供较大的增量空间。我们预测公司 2021-2023 年营收分别达 11.89、16.00、21.32 亿元，归母净利润 3.52、4.47、5.72 亿元，对应 PE 倍数 36x、29x、22x。选取光器件行业内的太辰光、光库科技，博创科技、腾景科技作为可比公司。根据 wind 一致预期，目前可比公司 2021 年与 2022 年的平均 PE 在 49x 和 32x。维持“推荐”评级。

风险提示：传统电信/数通市场的需求不及预期，新型应用领域的需求不及预期

表6：天孚通信盈利预测与财务指标

项目/年度	2020	2021E	2022E	2023E
营业收入（百万元）	873	1,189	1,600	2,132
增长率（%）	67.0%	36.1%	34.6%	33.3%
归属母公司股东净利润（百万元）	279	352	447	572
增长率（%）	67.5%	26.1%	27.0%	28.0%
每股收益（元）	1.41	0.90	1.14	1.46
PE（现价）	23.33	36.47	28.72	22.44
PB	7.72	4.79	4.10	3.47

资料来源：wind、民生证券研究院

注：数据截至 2021 年 12 月 17 日收盘价

找报告，上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群（18610100296）同步分享更新

3.4. 光库科技：稀缺光芯片及器件制造商，铌酸锂与光纤激光器业务双轮驱动

深耕光器件行业二十载，不断扩展业务布局。公司成立于 2000 年，2017 年在创业板挂牌上市。2007 年在公司发展进入瓶颈之际，引入了王兴龙博士带领的技术管理团队，自此开启加速发展期。重点聚焦高功率、高壁垒赛道，高功率隔离器及高功率光纤光栅的全球市占率均超 50%。2017 年上市后，考虑到传统业务市场规模有限，遂开启外延扩张步伐，一方面收购加华微捷完善在光器件领域的布局。另一方面，重点发力向铌酸锂调制器芯片及器件领域拓展。当前，业务分光纤激光器件、光通讯器件、铌酸锂调制器及光子集成产品三大方向。

收购优质资产向稀缺光芯片商转型，公司竞争优势明显，定增扩产加速业绩释放。流量显著增长驱动相干技术从骨干网下沉，用于相干领域的铌酸锂调制器将迎发展机遇，而未来随薄膜铌酸锂技术发展成熟，市场空间将更广阔。公司 2020 年初完成对 Lumentum 旗下铌酸锂调制器产线相关资产的收购，正式切入该领域。该领域门槛高，主要竞争对手仅富士通及住友，公司将充分受益于在封测方面的成本优势及需求侧国产化替代带来的机遇。2020 年 12 月公司启动定增项目扩产 8 万件铌酸锂调制器芯片及器件产能，随定增项目推进将加速业绩释放。

光纤激光器是激光雷达的技术方案之一，公司在光纤激光器件领域深耕多年，有望获得较大的增长空间。在光纤激光器中，公司不涉及光源，而是聚焦其内的光纤激光器件产品。产品布局全面，包括了合束器、光耦合器、光准直器、保偏分路器、环形器、光纤跳线、光学子模块封装等，目前与某海外激光雷达厂商有深入合作。

投资建议：公司积极转型国内稀缺的铌酸锂光芯片及器件供应商，技术储备丰富。定增有望推动公司向铌酸锂光芯片的 IDM 模式发展。未来，公司将充分受益于薄膜铌酸锂优异性能所带来的较大市场空间及国产替代趋势所带来的竞争格局改善机遇，定增所扩产能有望为公司提供较强的业绩增长动力。我们预测公司 2021-2023 年营收分别达 6.59、9.98、13.53 亿元，归母净利润 1.47、2.47、3.48 亿元，对应 PE 倍数 54x、32x、23x。选取 MCU 龙头乐鑫科技、兆易创新、中颖电子，SoC 龙头晶晨股份、同为光器件行业内的腾景科技作为可比公司。根据 wind 一致预期，目前可比公司 2021 年与 2022 年的平均 PE 在 62x 和 43x。维持“推荐”评级。

风险提示：铌酸锂扩产进度不及预期，行业竞争加剧，薄膜铌酸锂路线发展不及预期

表7：光库科技盈利预测与财务指标

项目/年度	2020	2021E	2022E	2023E
营业收入（百万元）	492	659	998	1,353
增长率（%）	25.8%	34.0%	51.6%	35.5%
归属母公司股东净利润（百万元）	59	147	247	348
增长率（%）	3.0%	149.0%	67.9%	40.5%
每股收益（元）	0.55	0.90	1.51	2.12
PE（现价）	87.27	53.64	31.95	22.74
PB	3.21	4.86	4.22	3.56

资料来源：wind，民生证券研究院

注：数据截至 2021 年 12 月 17 日收盘价

找报告，上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群（18610100296）同步分享更新

3.5. 腾景科技：精耕精密光学元件及光纤器件，发力拓展 C 端应用场景积蓄成长动力

精耕细作，专注精密光学元件及光纤器件领域。公司成立于 2013 年，2021 年在科创板上市。公司发展分三阶段，成立初期聚焦于平面光学元件，重点服务光纤激光领域。2015 年开始，公司自主研发技术突破了高功率光学元件和光纤器件技术，实现了高功率镀膜光纤线量产，进入了锐科激光等知名光纤激光器厂商的供应链体系。同时公司开始将产品拓展至光通信领域，与下游的 Lumentum、Finisar、苏州旭创和光迅科技等厂商建立了合作关系。2018 年至今，公司进入第三个发展阶段，公司通过了华为的供应商认证，正式成为华为的直接供应商。在巩固传统领域地位的同时，逐步与生物医药、消费类光学等领域厂商形成合作，开拓应用领域。当前，公司业务整体分为精密光学元件和光纤器件两大块，2020 年营收占比分别为 70% 和 30%。

光学领域基础实力突出，部分产品达到行业领先水平。公司凭借在光学光电子领域的技术沉淀，构建了四大核心技术平台，依托自身技术实力，公司在滤光片、透镜、方形非球面透镜、高功率镀膜光纤线、声光器件以及准直器等产品性能指标达到行业先进水平。

加速 C 端应用领域拓展，为未来成长蓄力。医疗领域，公司的各类光学元器件，可应用于内窥镜系统、流式细胞仪、DNA 测序仪、拉曼光谱仪等生物医疗器械和设备。消费类光学领域，精密光学是 AR 应用的关键支撑技术之一，腾景科技开发的滤光片等光学元件，可应用于 AR 等新兴消费电子产品。汽车领域，相关光学元器件产品可应用于激光雷达。整体而言，未来随着下游多个相关应用领域产品的加速放量，将给予公司较大业绩弹性，成长空间广阔。

投资建议：公司精耕光通信产业链上游的精密光学元件及光纤器件，技术水平国内领先，细分领域竞争格局良好。随着下游光模块产能逐步从国外向国内迁移，公司有望持续替代国外厂商份额。除了传统光通信领域，公司同样不断拓展自身光学元器件产品的下游应用场景，未来随着应用于下游多个领域的产品加速放量，将进一步赋予公司业绩弹性，成长空间广阔。我们预测公司 2021-2023 年营收分别达 3.02、4.98、6.97 亿元，归母净利润 0.66、1.27、1.79 亿元，对应 PE 倍数 59x、31x、22x。选取光器件行业内的光库科技，精密光学元件领域的永新光学、蓝特光学作为可比公司。根据 wind 一致预期，目前可比公司 2021 年与 2022 年的平均 PE 在 53x 和 42x。维持“推荐”评级。

风险提示：电信/数通市场需求不及预期，行业竞争加剧，新型应用领域发展不及预期

表8：腾景科技盈利预测与财务指标

项目/年度	2020	2021E	2022E	2023E
营业收入（百万元）	269	302	498	697
增长率（%）	50.4%	12.2%	64.9%	39.9%
归属母公司股东净利润（百万元）	71	66	127	179
增长率（%）	55.3%	-6.5%	91.6%	41.2%
每股收益（元）	0.73	0.51	0.98	1.39
PE（现价）	41.32	58.83	30.71	21.75
PB	0.00	4.24	3.72	3.18

资料来源：wind、民生证券研究院

注：数据截至 2021 年 12 月 17 日收盘价

找报告，上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群（18610100296）同步分享更新

3.6. 万集科技：车载激光雷达新品打开公司第二成长曲线

万集科技定位智能交通生态综合服务提供商，处于细分领域龙头地位。公司是专业从事智能交通系统（ITS）技术研发、产品制造、技术服务的国家级高新技术企业，为公路交通和城市交通客户提供专用短程通信（ETC）、激光产品、智能网联、动态称重系列产品的研发和生产，在智能交通信息采集与处理细分领域处于龙头地位。经过 27 年的不断成长，公司同时在车联网、大数据、云平台、边缘计算及自动驾驶等多个领域积累了大量自主创新技术，为智慧高速、智慧城市提供全方面综合的解决方案。此外，公司在全国有 32 个技术服务中心，具备全国性业务承接能力。

公司智能网联研发投入加大，车规级全固态激光雷达赋能未来。目前，公司形成了四大产品系列。公司在 ETC 领域先后攻克了包括 ETC 多车道自由流技术在内的一系列技术难题，市场份额连续 5 年位列前三。近年来公司加大对前装 ETC-OBUs 的研发投入，将“滤波屏蔽拟合技术”、“OBU 自诊断技术”应用于前装 ETC-OBUs 中。智能网联方面，公司相关研发投入持续加大，已经完成了基于 LTE-V2X 通信模组的 V2X 车载通信终端和 V2X 路侧通信终端的开发，推动实现车、路、云一体化解决方案。激光领域，公司已累计获得专利 259 项，截至 2020 年公司激光雷达出货量已超过 10 万台，2021 年 12 月公司发布了混合固态 128 线车规级激光雷达，这是按照既定规划面向高阶自动驾驶发布的一款高线束激光雷达，产品发布将进一步完善公司在前装车规级激光雷达产品布局，满足量产自动驾驶车辆的技术研发需求。动态称重领域，公司创新性融合动态称重设备、传感设备等开发超限超载非现场执法系统。

3.7. 淳中科技：音视频显控设备领军者，降本拓新增长在即

淳中科技是业内领先的专业音视频控制设备及解决方案提供商。公司自 2011 年成立以来便专注于专业音视频显控设备的设计、研发、生产和销售。公司产品分为设备类和平台类，设备类产品包括拼接处理类、信号传输类、矩阵切换类、边缘融合类、接口配件类产品等，平台类产品包括坐席协作类、中央控制类、音频会议类、可视化智能管理平台等。公司产品被广泛应用于社会各行业的指挥控制中心、会议室及展览展示等多媒体视讯场景，并为一系列标志性项目提供了解决方案。公司产品位于显控系统产业链中游，并向上游芯片领域延伸。基于公司在研发方面的不懈投入，目前累计已获授权专利 49 项，其中发明专利 22 项。

芯片自研持续顺利推进，规划布局车载视频领域带来成长机会。公司在自主可控音视频处理芯片方面持续加大投入，努力提高国产音视频控制产品的竞争优势，自研的视频处理芯片目前进展顺利，预计明年交付工厂流片，有望在芯片短缺的大环境下带来成本优势，提升竞争力。随着汽车智能座舱的不断普及，将会大量增加音视频的采集和显示模块，公司凭借在高清和超清数字视频方面的深耕以及软硬件协同优势，已在规划和布局车载视频应用等领域，未来有望充分受益于车联网崛起之势，叠加 5G 新基建和超高清视频规划等政策利好，实现新一轮快速增长。

4 风险提示

1、**自动驾驶技术发展不及预期**：自动驾驶技术发展若不及预期将延缓下游整车自动驾驶应用进程；

2、**自动驾驶政策支持不及预期**：政策支持力度不及预期将会影响自动驾驶推进与传感器等零部件整体需求；

3、**激光雷达降本幅度不及预期**：激光雷达成本若降低幅度不及预期将影响需求释放；

4、**激光雷达技术发展不及预期**：激光雷达技术迭代进程若不及预期将影响放量进程；

5、**主机厂对激光雷达接受程度不及预期**：若愿意使用激光雷达的下游主机厂数目较少则会对激光雷达产业链产生影响。

插图目录

图 1: 奔驰 L3 级自动驾驶将于德国落地.....	3
图 2: 汽车智能网联总体路线图.....	4
图 3: 2021 年已有多家主机厂选择激光雷达方案.....	6
图 4: 纯视觉方案成像.....	7
图 5: 激光雷达成像.....	7
图 6: 新能源车渗透率持续走高.....	8
图 7: 智能网联汽车占比整体呈现上升趋势.....	8
图 8: 激光雷达市场空间预测.....	9
图 9: 机械硬盘内部构造示意图.....	10
图 10: 固态硬盘内部构造示意图.....	10
图 11: 全球计算机外存储器演进历程.....	10
图 12: 机械式激光雷达原理示意图.....	11
图 13: 机械式激光雷达外观图.....	11
图 14: 转镜式激光雷达原理示意图.....	12
图 15: 转镜式激光雷达外观及内部结构.....	12
图 16: MEMS 激光雷达原理示意图.....	12
图 17: MEMS 激光雷达外观图.....	12
图 18: 固态-Flash 激光雷达原理示意图.....	13
图 19: 固态-Flash 激光雷达外观图.....	13
图 20: 固态-OPA 激光雷达原理示意图.....	13
图 21: 固态-OPA 激光雷达外观图.....	13
图 22: 禾赛科技自主研发的激光雷达专用芯片组.....	14
图 23: 激光雷达专用芯片及功能模块示意图.....	14
图 24: 按波长划分的全球 LiDAR 市场结构.....	14
图 25: 150nm 波段可降低对视网膜损失.....	14
图 26: Velodyne 产品矩阵图.....	16
图 27: Velodyne 合作伙伴.....	16
图 28: 法雷奥激光雷达产品概览.....	16
图 29: 法雷奥加强开拓中国市场.....	16
图 30: Luminar 产品 Iris.....	17
图 31: Luminar 在各细分市场的合作伙伴.....	17
图 32: Innoviz 产品概览.....	17
图 33: Innovusion 激光雷达产品.....	18
图 34: Innovusion 已拿到蔚来 ET7 订单.....	18
图 35: Ouster 激光雷达产品.....	18
图 36: Ouster 长距、中距、短距激光雷达搭载位置.....	18
图 37: 各年度公司新增可销售产品型号演变.....	19
图 38: 禾赛科技部分下游合作伙伴.....	19
图 39: 激光雷达硬件+AI 感知算法双线并行.....	19
图 40: 公司部分合作伙伴.....	19
图 41: 华为 96 线中长距激光雷达.....	20
图 42: 华为部分合作伙伴.....	20
图 43: Tele-15 产品性能.....	20
图 44: Livox 部分合作伙伴.....	20

找报告，上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群（18610100296）同步分享更新

图 45: 公司激光雷达产品序列.....	21
图 46: 公司产品高分辨率点云输出.....	21
图 47: 激光雷达产业链情况.....	22
图 48: Valeo Scala 成本拆解.....	22
图 49: Livox Horizon 成本拆解.....	22

表格目录

表 1: 上海车展部分车型情况.....	4
表 2: 广州车展部分车型情况.....	5
表 3: 各传感器优劣势对比.....	7
表 4: 机械硬盘和固态硬盘性能和价格对比.....	11
表 5: 各激光雷达厂商基本情况概览.....	15
表 6: 天孚通信盈利预测与财务指标.....	24
表 7: 光库科技盈利预测与财务指标.....	25
表 8: 腾景科技盈利预测与财务指标.....	26

分析师与研究助理简介

马天诣，民生证券研究院通信行业首席分析师；北京大学数学系硕士，证券从业7年，曾任职于安信证券/国泰君安证券/中关村科技园区管委会/北京股权交易中心；2018-2020年财经国际最佳top3通信分析师。研究领域：前瞻研究改变人类工作/生活/通信方式的伟大科技企业，重点研究符合中国制造业发展方向的硬科技企业。

马佳伟，民生证券研究院通信行业研究员；上海交通大学材料学学士&博士，曾任职于东方证券，2021年加入民生证券，重点覆盖光模块、云计算等领域。

崔若瑜，民生证券研究院通信行业研究员；新南威尔士大学金融硕士，西安交通大学电气工程学士，曾任职于德邦证券，2021年加入民生证券，重点覆盖汽车智能网联等领域。

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 12 个月内公司股价的涨跌幅为基准。	推荐	分析师预测未来股价涨幅 15%以上
	谨慎推荐	分析师预测未来股价涨幅 5%~15%之间
	中性	分析师预测未来股价涨幅-5%~5%之间
	回避	分析师预测未来股价跌幅 5%以上
行业评级标准		
以报告发布日后的 12 个月内行业指数的涨跌幅为基准。	推荐	分析师预测未来行业指数涨幅 5%以上
	中性	分析师预测未来行业指数涨幅-5%~5%之间
	回避	分析师预测未来行业指数跌幅 5%以上

民生证券研究院：

上海：上海市浦东新区浦明路8号财富金融广场1幢5F； 200120

北京：北京市东城区建国门内大街28号民生金融中心A座18层； 100005

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

找报告，上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群（18610100296）同步分享更新

免责声明

本报告仅供民生证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。

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

本报告所载的全部内容只提供给客户做参考之用，并不构成对客户的投资建议，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所载的内容而取代个人的独立判断。本公司也不对因客户使用本报告而导致的任何可能的损失负任何责任。

本公司未确保本报告充分考虑到个别客户特殊的投资目标、财务状况或需要。本公司建议客户应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。

本公司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参与本报告所提及的公司的金融交易，亦可向有关公司提供或获取服务。本公司的一位或多位董事、高级职员或/和员工可能担任本报告所提及的公司的董事。

本公司及公司员工在当地法律允许的条件下可以向本报告涉及的公司提供或争取提供包括投资银行业务以及顾问、咨询业务在内的服务或业务支持。本公司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。

若本公司以外的金融机构发送本报告，则由该金融机构独自为此发送行为负责。该机构的客户应联系该机构以交易本报告提及的证券或要求获悉更详细的信息。

未经本公司事先书面授权许可，任何机构或个人不得更改或以任何方式发送、传播本报告。本公司版权所有并保留一切权利。所有在本报告中使用的商标、服务标识及标记，除非另有说明，均为本公司的商标、服务标识及标记。

找报告，上“数据理河”

微信小程序、知识星球、www.bj-xinghe.com、微信群（18610100296）同步分享更新