

智能汽车与无人驾驶系列之二

无人驾驶传感器融合是趋势，激光雷达不可或缺

● 研究逻辑：无人驾驶传感器融合成为趋势，国内传感器企业加速追赶

近期特斯拉汽车的撞车事故对现有的 ADAS 与无人驾驶方案提出了警示，要做到完全的无人驾驶，仅靠单种类型的传感器难以实现，未来方向一定是多种传感器的融合，摄像头、毫米波雷达、激光雷达等传感器不可缺少。另一方面，从无人驾驶三大环节感知层、算法层、执行层来看，算法层属于软件层面，互联网厂商具备优势；执行层是汽车控制与安全中枢，整车厂以及 Tier 1 厂商把控很严，其他企业很难切入；而感知层的零部件供应链分散，厂商切入难度相对较低。因此，我们认为国内新进入企业的主要机会在于感知层的供应链，尤其是激光雷达、毫米波雷达以及摄像头等附加值高、国内企业有望实现弯道超车的领域。

● 激光雷达：高精度的传感器，与 ADAS 及无人驾驶形成良好搭配

激光雷达 (LiDAR) 是通过发射激光束来探测目标位置、速度等特征量的雷达系统，具有测量精度高、方向性好等优点，在军事领域以及民用的地理测绘等领域都有广泛的应用。由于激光雷达可以形成精度高达厘米级的 3D 环境地图，因此在 ADAS 及无人驾驶系统中具有重要作用。从当前车载激光雷达来看，机械式的多线束激光雷达是主流方案，但受制于价格高昂的因素尚未普及开来。

● 行业格局：国外企业仍然领先，低成本化时代国内企业迎来发展机会

目前，高精度的车用激光雷达产品的生产厂商主要集中于国外，包括美国的 Velodyne、Quanegy 以及德国的 IBEO 公司等。国内的激光雷达产品目前相对落后，主要以 2D 激光雷达为主，多用于地形测绘、建筑测量等领域。随着 ADAS 以及无人驾驶的兴起，对 3D 高精度激光雷达的需求也快速增长，国内以镭神智能、思岚科技等创业型公司以及巨星科技、大族激光等上市公司为代表的企业也开始逐步进入车用激光雷达行业。同时，由于机械式多线束 (64 线) 激光雷达昂贵的价格成为车用激光雷达市场推广的最大障碍，因此未来固态多线束 (32 线) 的低成本激光雷达是其未来主要的发展趋势，国内企业有望在这一过程中获得弯道超车的机会。

● 重点关注标的

我们持续看好无人驾驶与智能汽车行业的发展趋势，看好国内企业在激光雷达领域的发展机会。重点关注国内独家与 Mobileye 深度合作的得润电子、国内激光加工设备及自动化设备龙头大族激光，以及星宇股份、索菱股份、双林股份、四维图新 (广发计算机联合覆盖)；建议关注亚太股份、万安科技、金固股份等。

● 风险提示

技术发展不及预期的风险；政策法规的风险；重大突发事件的风险。

行业评级

买入

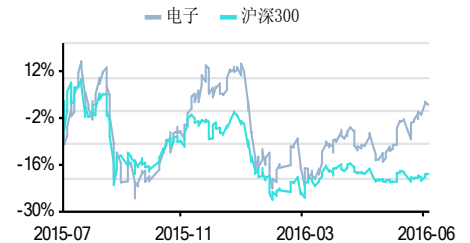
前次评级

买入

报告日期

2016-07-03

相对市场表现



分析师：许兴军 S0260514050002



021-60750532



xxj3@gf.com.cn

相关研究：

电子行业周观点:实业逻辑下 2016-06-26

的行业选择

电子行业:汽车半导体:汽车电 2016-06-26

子化提升, 风正帆悬国货启航

电子行业:NB-IoT 标准化吹响 2016-06-20

物联网号角, 半导体领域迎来
新机遇

联系人：余高

yugao@gf.com.cn

目录索引

研究逻辑	4
激光雷达：高精度的传感器，与 ADAS 及无人驾驶形成良好搭配	5
激光雷达的原理与结构：基于 TOF 飞行时间的高精度测量	5
激光雷达的发展历程：从机械走向固态，从单线束走向多线束	6
激光雷达与 ADAS 及无人驾驶形成良好搭配	7
车用激光雷达的产业格局和发展趋势	8
国外企业破风而行，不断寻求技术突破	8
国内企业加速追赶，目标产品逐步成型	12
低成本化时代来临，路径选择求同存异	14
投资建议	15
风险提示	15

图表索引

图 1: 激光雷达工作原理图	5
图 2: 激光雷达系统结构图	5
图 3: 机械激光雷达	6
图 4: 固态激光雷达	6
图 5: 单线激光雷达与多线激光雷达对比	7
图 6: 2.5D 激光雷达	7
图 7: 3D 激光雷达	7
图 8: 主要类型的 ADAS 传感器	7
图 9: 不同类型的 ADAS 传感器性能对比	8
图 10: Velodyne 激光雷达产品及主要参数	9
图 11: HDL-64E 正面构造	9
图 12: HDL-64E 背面构造	9
图 13: Ultra Puck 产品计划	10
图 14: Ultra Puck 内部结构	10
图 15: Quanergy 公司的 The Mark VIII 激光雷达	10
图 16: The Mark VIII 激光雷达的主要参数	10
图 17: Quanergy 公司的 S3 固态激光雷达	11
图 18: S3 固态激光雷达主要参数	11
图 19: IBEO 车用激光雷达产品	11
图 20: LUX-4L 激光路径	11
图 21: LUX-8L 激光路径	11
图 22: 镭神智能激光雷达产品	12
图 23: 思岚科技激光雷达产品	13
图 24: 华达科捷 3D 激光雷达	13
图 25: 激光雷达低成本化的主要路径	14

研究逻辑

近期，在无人驾驶领域，两个重大事件值得关注：一个是宝马与芯片行业巨头英特尔、ADAS龙头Mobileye联合宣布，未来将合作开发自动驾驶汽车，量产版将在2021年正式推出；另一个是特斯拉的Model S汽车在自动巡航（Autopilot）模式下发生撞车事故，导致司机身亡。

前者是无人驾驶领域令人振奋的消息，全球整车厂、芯片、ADAS领域的三大巨头通力合作，无人驾驶技术将实现加速发展，迎来真正的突破；后者则在某种程度上意味着，无人驾驶尚不成熟，未来仍然任重而道远，**要做到完全的无人驾驶，仅靠一种类型的技术方案或传感器是难以实现的，未来无人驾驶的方向一定是多种传感器的融合。**

无人驾驶与智能汽车一直是我们坚定看好的产业链大趋势。无人驾驶将重塑现有的汽车产业，基本上已经成为整车厂、Tier 1供应商、互联网企业的共识，未来的智能汽车和无人驾驶时代，各个参与方都将扮演重要角色。我们始终看好智能汽车的创新周期作为技术弯道而带来的产业链投资机会。

我们此前曾推出智能汽车与无人驾驶系列报告之一《从ADAS到无人驾驶：风口来临，群雄逐鹿》，详细论述了ADAS及无人驾驶行业的发展历程、无人驾驶产业链构成以及未来的发展趋势。

从无人驾驶产业链来看，感知层和执行层属于硬件层面，主要由整车厂以及各类零配件供应商掌握；而算法层属于软件层面，互联网厂商具备相对优势。具体到硬件层面，执行层是汽车控制与安全的中枢，整车厂以及博世、大陆等Tier 1厂商把控很严，其他企业很难切入；而感知层的零组件供应链分散，厂商切入难度相对较低。因此，我们认为国内新进入企业主要的机会在于感知层的供应链，尤其是激光雷达、毫米波雷达以及摄像头等附加值高、国内企业有望实现弯道超车的领域。

本篇报告重点关注激光雷达行业的最新发展以及投资机会。我们对激光雷达的发展历程、技术原理等进行了详细的阐述，并通过国内外企业优劣势的对比，指出国内企业尽管目前处于相对落后，但随着激光雷达低成本化时代的来临，国内企业仍有机会实现对国外企业的追赶。

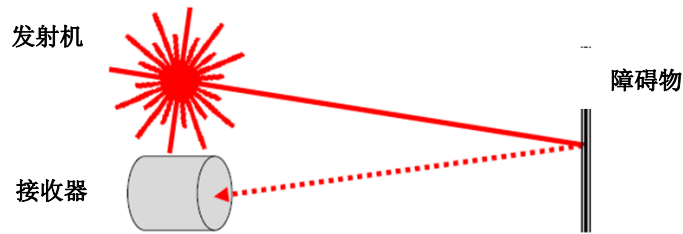
我们持续看好无人驾驶与智能汽车行业的发展趋势，看好国内企业在激光雷达领域的发展机会。重点关注国内独家与Mobileye深度合作的得润电子、国内激光加工设备及自动化设备龙头大族激光，以及星宇股份、索菱股份、双林股份、四维图新（广发计算机联合覆盖）；建议关注亚太股份、万安科技、金固股份等。

激光雷达：高精度的传感器，与 ADAS 及无人驾驶形成良好搭配

激光雷达的原理与结构：基于 TOF 飞行时间的高精度测量

LiDAR (Light Detection and Ranging)，即激光探测及测距系统，通过发射激光束来探测目标位置、速度等特征量的雷达系统。激光雷达自1960年诞生以来由于其测量精度高、方向性好及不受地面杂波干扰等特点广泛应用于军事领域，而激光雷达商业化时代的来临则要追溯到上世纪90年代——民用领域地理测绘行业开始快速发展。2010年以来，随着高级辅助驾驶系统（ADAS）技术不断进步，激光雷达在智能汽车产业也得到越来越多的重视。

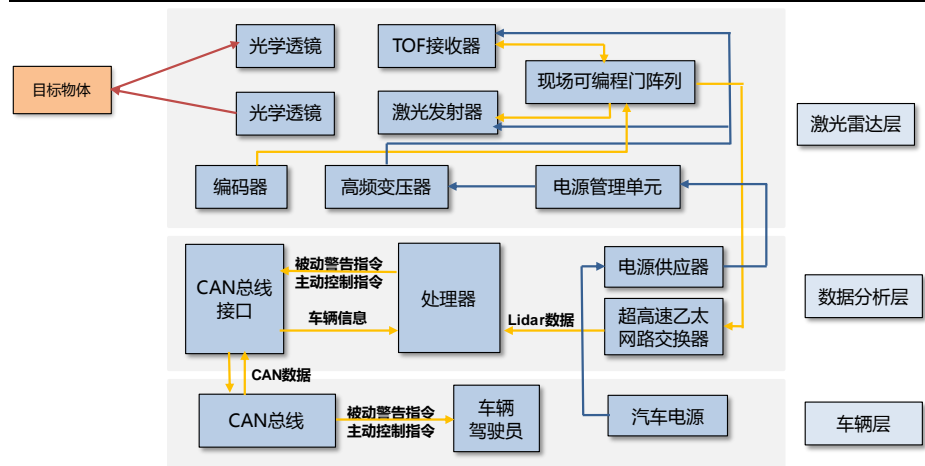
图1：激光雷达工作原理图



数据来源：Yumpu，广发证券发展研究中心

与雷达原理相似，激光雷达使用的技术是飞行时间（TOF，Time of Flight）。具体而言，就是根据激光遇到障碍物后的折返时间，计算目标与自己的相对距离。激光光束可以准确测量视场中物体轮廓边沿与设备间的相对距离，这些轮廓信息组成所谓的点云并绘制出3D环境地图，精度可达到厘米级别，从而提高测量精度。

图2：激光雷达系统结构图



数据来源：Yumpu，广发证券发展研究中心

在ADAS系统中，激光雷达通过透镜、激光发射及接收装置，基于TOF飞行时间原理获得目标物体位置、移动速度等特征数据并将其传输给数据处理器；同时，汽

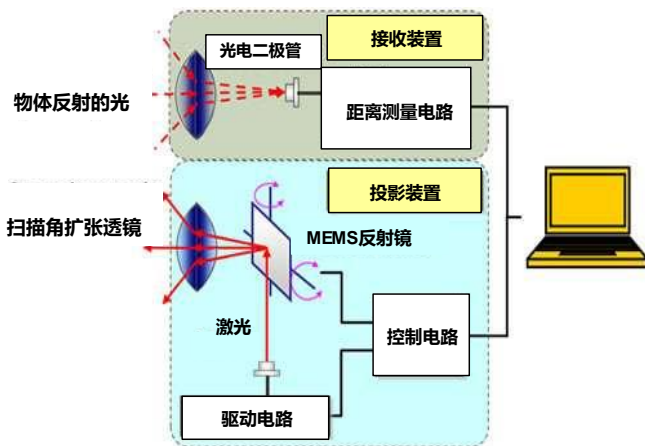
车的速度、加速度、方向等特征数据也将通过CAN总线传输到数据处理器；数据处理器对目标物体及汽车本身的信息数据进行综合处理并根据处理结果发出相应的被动警告指令或主动控制指令，以此实现辅助驾驶功能。

激光雷达的发展历程：从机械走向固态，从单线束走向多线束

激光雷达按有无机械旋转部件分类，包括机械激光雷达和固态激光雷达。机械激光雷达带有控制激光发射角度的旋转部件，而固态激光雷达则依靠电子部件来控制激光发射角度，无需机械旋转部件。目前，市场上相对成熟的激光雷达产品只有Quanergy公司的S3属于固态激光雷达，其余基本上都属于机械激光雷达。Velodyne公司新发布的激光雷达——固态混合超级传感器(Solid-State Hybrid Ultra PUCK Auto)1.5版虽然名称中带有“固态”，但其仍带有机械旋转部件，只是将其隐藏于外壳中，因此它本质上仍然属于机械激光雷达。

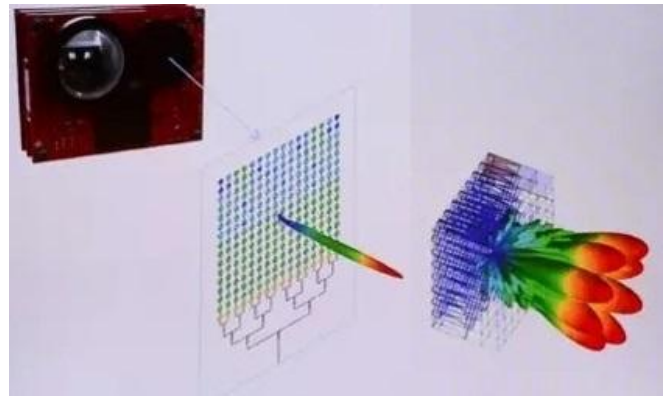
机械激光雷达由光电二极管、MEMS反射镜、激光发射接受装置等组成，其中机械旋转部件是指图3中可360°控制激光发射角度的MEMS发射镜。固态激光雷达与机械雷达不同，它通过光学相控阵列（Optical Phased Array）、光子集成电路（Photonic IC）以及远场辐射方向图（Far Field Radiation Pattern）等电子部件代替机械旋转部件实现发射激光角度的调整。由于内部结构有所差别，两种激光雷达的体积大小也不尽相同。机械激光雷达体积较大、价格昂贵、测量精度相对较高，一般置于汽车外部。固态激光雷达尺寸较小、性价比较高、测量精度相对低一些，但可隐藏于汽车车体内，不会破坏外形美观。

图3：机械激光雷达



数据来源：百度图片，广发证券发展研究中心

图4：固态激光雷达



数据来源：百度图片，广发证券发展研究中心

根据线束数量的多少，激光雷达又可分为单线束激光雷达与多线束激光雷达。顾名思义，单线束激光雷达扫描一次只产生一条扫描线，其所获得的数据为2D数据，因此无法区别有关目标物体的3D信息。不过，由于单线束激光雷达具有测量速度快、数据处理量少等特点，多被应用于安全防护、地形测绘等领域，其代表性生产厂家有德国SICK、日本北阳（HOKUYO）等。

多线束激光雷达扫描一次可产生多条扫描线，目前市场上多线束产品包括4线束、8线束、16线束、32线束、64线束等，其细分可分为2.5D激光雷达及3D激光雷达。

前者以德国IBEO公司为业界代表，后者以美国Velodyne公司为行业翘楚。2.5D激光雷达与3D激光雷达最大的区别在于激光雷达垂直视野的范围，前者垂直视野范围一般不超过10°，而后者可达到30°甚至40°以上，这也就导致两者对于激光雷达在汽车上的安装位置要求有所不同。

图5: 单线激光雷达与多线激光雷达对比

名称	维度	作用	特征
单线激光雷达	2D	<ul style="list-style-type: none"> 只测车的信息，并不注重对路面和环境信息采集 获取数据为2D数据，无法区别高度信息,精度±4cm 	<ul style="list-style-type: none"> 测距速度快、数据处理量少 多应用于安全防护领域、地形测绘、城市建筑测量等
多线激光雷达	2.5D	<ul style="list-style-type: none"> 主要分别测量路面和环境信息 用最实用的方案提取最有效信息，精度±5cm 	<ul style="list-style-type: none"> 垂直视角较小，范围在8°以内 安装位置在进气格栅处左右40cm左右
	3D	<ul style="list-style-type: none"> 主要分别测量路面和环境信息 环境建立，持续反馈，精度在±2m。 	<ul style="list-style-type: none"> 垂直视角较大，可达到30°以上 安装位置可以在车顶、挡风玻璃等位置

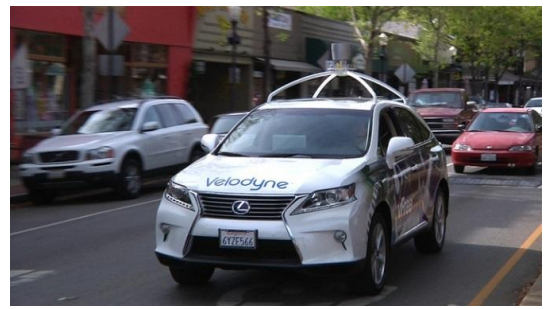
数据来源：说客网，广发证券发展研究中心

图6: 2.5D激光雷达



数据来源：百度图片，广发证券发展研究中心

图7: 3D激光雷达

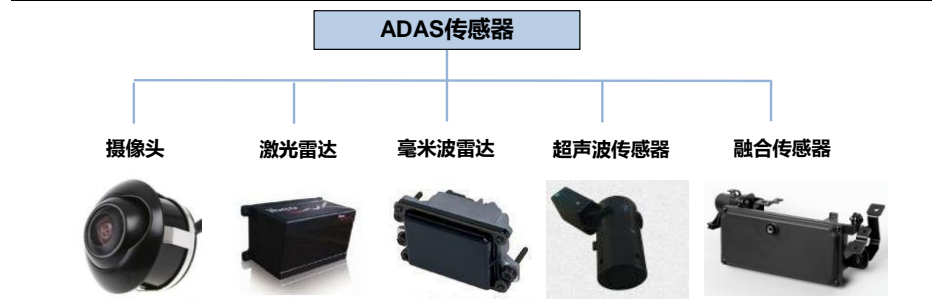


数据来源：百度图片，广发证券发展研究中心

激光雷达与 ADAS 及无人驾驶形成良好搭配

激光雷达在ADAS及无人驾驶系统中占据着重要地位。无人驾驶系统由感知输入系统、计算处理系统、控制系统、汽车信号系统及其他辅助系统等组成。其中，感知输入系统是无人驾驶技术的核心之一，是机器取代驾驶员的关键，通过大量智能传感器获取当前车身周围的图像信息、位置信息、信号信息、车速信息等，以数据类型的输入取代原本驾驶员的视野、经验类型的输入。

图8: 主要类型的ADAS传感器



数据来源：电子产品世界，广发证券发展研究中心

ADAS及无人驾驶系统中常用的环境传感器包括摄像头、激光雷达、毫米波雷达

等。相比于摄像头，激光雷达的最大优势在于使用环境限制较小，即不管在白天或是夜晚都能正常使用。对于标准车在雷达及毫米波雷达，当其所发射的电磁波在传播路径上遇到尺寸比波长小的物体时，将会发生衍射现象，即波的大部分能流绕过物体继续向前方传播，反射回来可供雷达接收的能量则很小，因此，无法探测大量存在的小型目标，即使是毫米波雷达，也探测不到直径很小的线状目标。而用于雷达系统的激光波长一般只有微米的量级，因而它能够探测非常微小的目标，测量精度也远远高于毫米波雷达及其他车载标准雷达。

不过，激光雷达也存在着价格昂贵等劣势。激光雷达的测量精度与其雷达线束的多少有关，线束越多，测量精度越精准，ADAS无人驾驶系统的安全性也越高。但同时，线束越多，其价格也越昂贵。目前，虽然低成本化是激光雷达的一大趋势，但出于对驾驶安全性的考虑，高价激光雷达仍然占据主流。

图9：不同类型的ADAS传感器性能对比

环境感知类型	硬件	优点	缺点
视觉传感	机器视觉	信息址丰富、实时性好、体积小、能耗低	易受光照影响、三维信息测量精度较低
激光传感	激光雷达	方向性好、测量精度高、不受地面杂波干扰	体积较大、价格昂贵、不便于车载集成
微波传感	毫米波雷达	直接获取三维距离信息、实时性好、体积较小	无法感知平面目标信息
超声波传感	超声波传感器	方向性好、数据处理简单快捷、	环境适应性差、精度低
融合传感	多种传感器	信息收取丰富、环境适应性能好	电路复杂、难于集成、造价昂贵

数据来源：电子产品世界，广发证券发展研究中心

车用激光雷达的产业格局和发展趋势

目前，车用激光雷达的产品及生产厂商主要集中于国外，包括美国Velodyne公司、美国Quanegy公司以及德国IBEO公司等。国内的激光雷达产品主要以2D激光雷达为主，多用于地形测绘、建筑测量、家用服务机器人等领域。不过，国内以镭神智能、思岚科技等创业公司以及巨星科技、大族激光等上市公司为代表的企业也开始尝试逐步进入车用激光雷达行业。同时，由于目前昂贵的价格成为车用激光雷达市场推广的最大障碍，因此低成本化是其未来最主要的发展趋势。

国外企业破风而行，不断寻求技术突破

Velodyne: 车用激光雷达的行业先导

美国Velodyne公司成立于1983年，以头戴式耳机、低音音箱以及3D激光雷达为主要业务。近年来，Velodyne的3D激光雷达业务发展迅猛，谷歌在其最早的自动驾驶原型汽车中所使用的LiDAR传感器就是由该公司开发的，其产品的测量精度在全行业领域内处于标杆地位，性能优越。Velodyne的3D激光雷达产品种类丰富，包括16线束、32线束及64线束等，其中还有专门为智能驾驶汽车设计的Ultra Puck激光雷达。

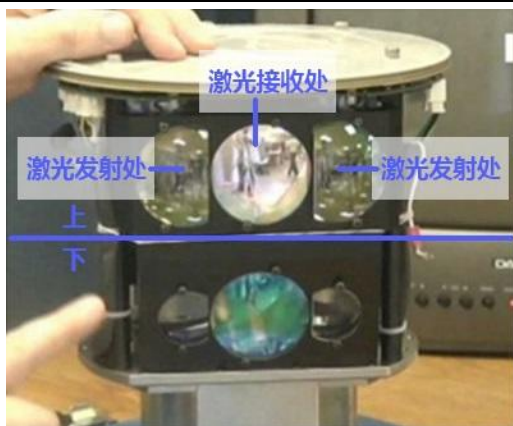
图10: Velodyne激光雷达产品及主要参数

	HDL-64E	HDL-32E	VLP-16/PUCK	Ultra Puck- 32A
售价	50-100万	10-30万元	7999美元	500美元的目标价格 (大规模量产)
特点	性能佳, 价格贵	体积更小, 更轻	适用于无人机	汽车专用
激光器数	64	32	16	32
尺寸	203mm x 284mm	86 mm x 145mm	104 mm x 72mm	104mm x 72mm
重量	13.2KG	1.3KG	0.83KG/0.53KG	0.8KG~1.3KG
激光波长	905nm	905nm	905nm	905nm
水平视野	360°	360°	360°	360°
垂直视野	26.8°	41.34°	30°	28°
	(+2°~-24.6°)	(+10.67°~-30.67°)	(+15°~-15°)	
输出频率	130万点/秒	70万点/秒	30万点/秒	70万点/秒
测量范围	100-120M	80M-120M	100M	200M
距离精度	<2cm	<2cm	<3cm	<2cm
水平分辨率	5Hz: 0.08°	5Hz: 0.08°	5Hz: 0.1°	
	10Hz: 0.17°	10Hz: 0.17°	10Hz: 0.2°	
	20Hz: 0.35°	20Hz: 0.35°	20Hz: 0.4°	
垂直分辨率	0.4°	1.33°	2.0°	
防护标准	IP67	IP67	IP67	IP67



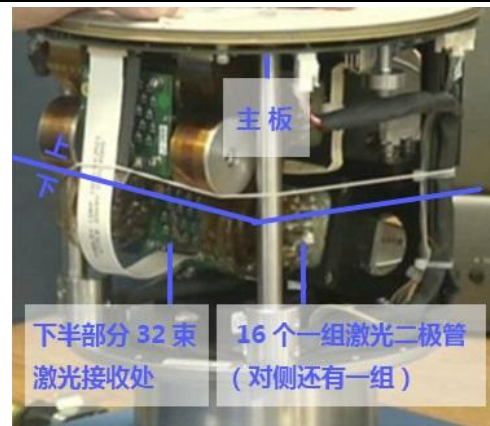
数据来源: 公司官网, 广发证券发展研究中心

图11: HDL-64E正面构造



数据来源: 雷锋网, 广发证券发展研究中心

图12: HDL-64E背面构造



数据来源: 雷锋网, 广发证券发展研究中心

在2016年1月的美国CES消费电子展上, Velodyne发布了其第一款汽车专用的3D激光雷达混合固态超级冰球(Solid-State Hybrid Ultra Puck Auto), 这款产品为32线束激光雷达, 体积小巧、便于汽车安装携带, 同时价格低廉, 未来在大规模量产的情况下, 其目标价格可降至500美元, 性价比较高。但这款激光雷达目前的版本只是车企测试版, 而非最终供货版本, 正式量产版本要到2018年才能面世。

Ultra Puck不仅在外形及价格成本上有较大突破, 在专业技术上也有所改进。Velodyne对该款产品激光发射装置设置了2微秒时差, 即32个激光发射器并非同时发射激光, 而是以2微秒的时间间隔按顺序发射激光, 这种设置可防止高发射率物体使激光雷达致盲, 产品的性能得到提升。

图13: Ultra Puck产品计划

版本	描述
1.5版	2016年已供全球车企采购, 包括北美、欧洲及日本的主要车企, 国内两大互联网车企百度、腾讯已在等待交货 仅有6-8个月的产品投放期 目前仅供车企装车测试
2.0版	根据车厂反馈进行产品升级, 并预计于2017年推出2.0版 再度供测试批量装车测试
3.0版	预计2018年第四季度面市 3.0版才是最终工业供货版

数据来源: 腾讯汽车, 广发证券发展研究中心

图14: Ultra Puck内部结构



数据来源: 车云网, 广发证券发展研究中心

Quanergy: 全固态激光雷达的开拓者

2012年底, 以3D激光雷达传感器为主要产品的Quanergy公司在硅谷成立。2014年9月, Quanergy和奔驰达成战略合作, 为奔驰研发车内传感系统和无人车。2014年10月, 该公司获得了3000万美元的A轮融资。2015年10月, Quanergy公司宣布与Delphi公司合作, 为无人驾驶汽车开发一种新型的激光雷达系统, 每台单价低于1000美元。目前, Quanergy共推出了两款3D激光雷达产品, 一款是安装在奔驰智能驾驶测试车上的The Mark VIII, 另一款就是第一款专为智能驾驶汽车设计的全固态激光雷达S3。

图15: Quanergy公司的The Mark VIII激光雷达



数据来源: 百度图片, 广发证券发展研究中心

图16: The Mark VIII激光雷达的主要参数

参数	规格	参数	规格
安全类别	人眼安全	雷达种类	机械激光雷达
测量技术	Time of Flight (TOF)	工作温度	-40°C 至+85°C
测量范围	100m(10%) 300m(80%)	功率	20 W
测量精度	1.5 cm	输出频率	86.4万点/秒
角坐标分辨率	0.1°	激光波长	905 nm
空间分辨率	17.5 cm at 100 m	重量	1 kg
激光器数	8	体积	直径3.5" x 高3"
视野 (FOV)	水平: 360° ; 垂直: 20° (+3°/-17°)	防护标准	IP69K
数据更新率	10-30 Hz	数据输出连接	1 Gbps Ethernet

数据来源: Yumpu, 广发证券发展研究中心

S3全固态激光雷达基于相控阵技术代替了机械激光雷达的外部旋转部件, 大幅度缩小了产品体积, 便于在汽车上安装且不占据过多空间。同时, 约250美元的价格也易于让市场更接受。但是, 由于其使用的有关电子部件不能像机械旋转部件一样360° 旋转, 只能探测前方不超过180° 的视角范围, 因此一辆智能汽车一般至少需要4至6个S3激光雷达。

实际上, 该款全固态激光雷达对Quanergy公司来说还是一个“早产儿”, 其在测量精度、水平视野等参数特性上还有待进一步提升。S3激光雷达是Quanergy公司与Delphi公司合作后所推出的中间产品, 并非最终供货产品。虽然该产品暂时只是作为研究成果存在, 并未上市推广, 但其全固态技术突破对于车用激光雷达的发展却有着重大的意义。

图17: Quanergy公司的S3固态激光雷达



数据来源: 公司官网, 广发证券发展研究中心

图18: S3固态激光雷达主要参数

参数	规格	参数	规格
雷达种类	全固态雷达	价格	250美元
安全类别	人眼安全	核心技术	相控阵激光雷达技术
数据更新率	30Hz	体积	9cm*6cm*6cm
激光器数	8	重量	<11盎司(约0.32千克)
测量范围	10cm-150m (8%)	视野 (FOV)	水平: 120° ; 垂直: 120°
距离精度	<5cm	输出频率	100万点/秒
特征	1.价格便宜,且性价比较高; 2.不能360度旋转,只能探测前方,探测范围不足; 3.可以用数量来弥补,在车身四角布置四台或六台S3;		

数据来源: 公司官网, 广发证券发展研究中心

IBEO: 全球领先的激光雷达生产商

德国IBEO公司1998年在汉堡成立,主要从事高性能激光雷达方面的研发。2000年IBEO成为传感器制造商SICK公司的独立部门,2009年从SICK公司独立至今。目前,公司共推出四款激光雷达,分别是miniLUX、SCALA、LUX-4L及LUX-8L。其中,LUX-4L与LUX-8L专门用于ADAS无人驾驶系统。

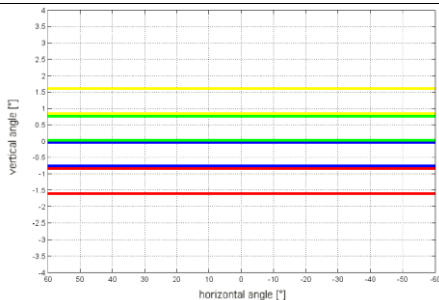
图19: IBEO车用激光雷达产品

参数	LUX-4L	LUX-8L
售价	\$\$\$\$	\$\$\$\$\$
主要功能	自适应巡航系统、行人检测系统	功能与LUX-4L相似,获得信息更加丰富
激光等级	人眼安全	人眼安全
激光器数	4	8
尺寸	164.5 x 93.2 x 88 mm	164.5 x 93.2 x 88 mm
激光波长	905nm	905nm
水平视野	2层: 110°; 4层: 85°	110°
垂直视野	3.2°	6.4°
功率	8 W (平均), < 10 W	8 W (平均), < 10 W
测量范围	标准: 平均200m ; 50m(10%); HD : 90m(90%) ; 30m(10%) ;	200m 平均距离; 50m在10%反射率;
距离精度	<10 m	<10 m
水平分辨率	0.125°	0.125°
垂直分辨率	0.8°	0.8°
距离分辨率	4cm	4cm
数据更新率	12.5 / 25.0 / 50.0Hz	6.25 / 12.5 / 25.0Hz
波束倾斜	—	1.6°



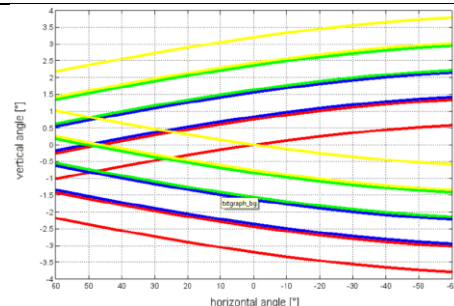
数据来源: 公司官网, 广发证券发展研究中心

图20: LUX-4L激光路径



数据来源: 公司官网, 广发证券发展研究中心

图21: LUX-8L激光路径



数据来源: 公司官网, 广发证券发展研究中心

LUX-4L与LUX-8L除了激光器数的不同外，其最大区别在于前者所发射的激光没有波束倾斜，而后者有 1.6° 的波束倾斜。这使得LUX-4L所发射的激光与地面平行，而LUX-8L所发射的激光有一个 3.2° 的张角，进而能够探测到地面目标信息。因此，LUX-8L除了具备LUX-4L所拥有的行人保护、碰撞预警、自动紧急制动、适应巡航、交通堵塞辅助等功能外，还能够实现车道标线、道路边缘的检测及地形测绘、地表扫描等功能。

国内企业加速追赶，目标产品逐步成型

国内与国外比起来，在多线激光雷达上有较大差距，但是应用于服务机器人、扫地机器人的激光雷达并没有太大差别。国内的激光雷达产品多用于服务机器人、地形测绘、建筑测量等领域，尚未研制出可用于ADAS及无人驾驶系统的3D激光雷达产品。不过，随着智能汽车的浪潮从国外涌向国内，以镭神智能等为代表的多家国内企业也开始尝试进入车用激光雷达这个新兴行业。

镭神智能

镭神智能成立于2015年年初，获得了北极光创投的投资。公司设立至今共推出了4款雷达产品，主要包括室内机器人激光雷达、汽车防撞激光雷达等。

其中，远距离2D激光雷达是单线束雷达，因此体积较小、成本较低，可用于汽车防撞、无人机自主导航避障等，但测量精度与国外产品相比较差，且无法绘制出3D图像，目前还不能用于复杂的ADAS无人驾驶系统中。不过，镭神智能表示，对于用于汽车防撞单线雷达，会先将其原理系统做好，未来会继续研发8线束、16线束及32线束激光雷达，并预计于年底研发出一款16线束激光雷达。

图22：镭神智能激光雷达产品

特性	室内2D激光雷达	远距离2D激光雷达	固态360°激光雷达	固态60°激光雷达
售价	2280元	—	—	—
扫描范围	6m	200m	6m	6m
精度	2cm	5cm	0.2cm	0.2cm
数据频率	2000点/秒	20000点/秒	—	—
扫描角度	360°	360°	360°	60°
扫描频率	3-11Hz	5-15Hz	15-30Hz	15-30Hz



数据来源：公司官网，广发证券发展研究中心

思岚科技

思岚科技成立于2013年10月，前身为业内具有较高知名度的PoboPeak团队。公司主要产品是模块化自主定位导航解决方案、低成本2D激光雷达和通用机器人移动平台，目前一共推出了2款激光雷达产品，RPLidar A1和RPLidar A2。2015年公司融资共计6000万元，估值3.6亿元。

图23: 思岚科技激光雷达产品

特性	RPLidar A1	RPLidar A2
产品售价	2400元	3276元
扫描范围	0.2-6m	0.15-6m
扫描角度	360°	360°
数据频率	2000点/秒	4000点/秒
距离分辨率	<0.2cm	<0.2cm
角度分辨率	1°	0.9°
扫描频率	1/5.5/10Hz	5/10/15Hz
激光波长	785nm	785nm
产品体积	98.5mm*70mm*60mm	直径75mm*40.5mm
产品重量	170g	190g
产品应用	即时定位与地图构建 (SLAM) ; 3D扫描与模型构建; 障碍物检测与规避安防; 多点触摸与人机交互;	



数据来源: 公司官网, 广发证券发展研究中心

巨星科技

华达科捷与欧镭激光是巨星科技旗下专门从事激光雷达业务的子公司, 巨星科技分别持有华达科捷与欧镭激光的65%与48%的股权。华达科捷是高端激光测量传感设备研发与制造企业, 掌握高端激光测量技术, 已研发出适用于AGV、巡检机器人等使用的32线束激光雷达。它能够根据扫描到的点云数据快速绘制3D全景图形, 是实现无人驾驶汽车等自主导航式移动机器人的重要设备。欧镭激光是集团未来激光雷达的研发中心及智能装备研发平台, 致力于2D及3D激光雷达、移动测绘设备、激光投影显示模组等产品的研发生产和销售。

图24: 华达科捷3D激光雷达



数据来源: 百度图片, 广发证券发展研究中心

大族激光

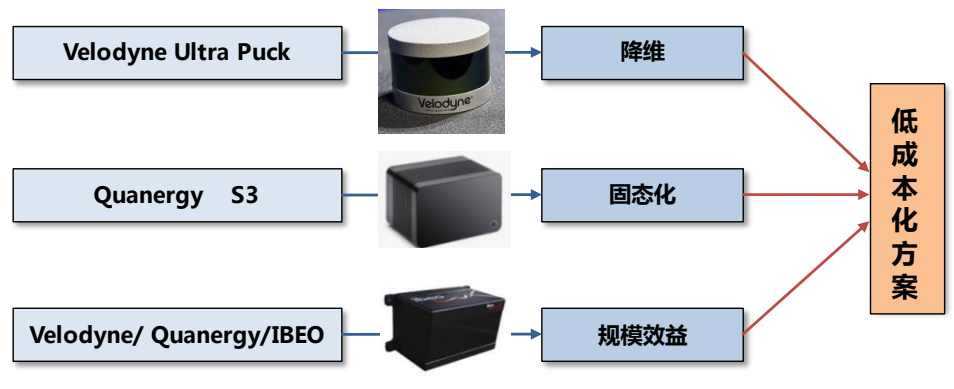
大族激光是国内激光装备行业的领军企业, 主要从事激光加工设备的研发、生

生产和销售。公司先后引进激光雷达及激光传感器技术人才，成立了三家关键技术公司——大族锐波、大族精密、大族锐视。其中，大族锐波致力于高端光电传感产品的开发，目前已展开激光传感核心器件研发，未来有望应用于物联网、可穿戴设备、智能装备等领域，填补国内产业空白；大族锐视以激光雷达为切入点，着力于机器人感知系统的开发，已完成以AGV导航为代表的工业级激光雷达的研发，现已开展无人驾驶领域所涉及的多线激光雷达的预研工作。

低成本化时代来临，路径选择求同存异

目前，应用于智能汽车的车用激光雷达尚未能够步入大规模量产阶段。除了技术、法律等因素外，高昂的价格也是阻止车用激光雷达市场化的障碍之一。以谷歌无人驾驶汽车为例，其使用的激光雷达就是Velodyne公司研制生产的64线束激光雷达，价格至少50万元人民币。而Velodyne公司认为，车用激光雷达价格至少下降到1万元人民币以下，才有望实现大规模应用。因此，低成本化是车用激光雷达未来发展的基本方向。

图25：激光雷达低成本化的主要路径



数据来源：中国光电网，广发证券发展研究中心

目前行业有三种方式来降低整个激光雷达的成本与价格：

- 1) 降维，即使用低线束低成本激光雷达配合其他传感器；
- 2) 用全固态激光雷达代替机械激光雷达。
- 3) 通过规模效益降低激光雷达的单个成本。

Velodyne公司选择了路径1，将原先的64线束激光雷达降低为32线束，最初Ultra Puck的设计方案是16线束，但3D绘图效果不尽如人意，因此最终使用了32线束。虽然Ultra Puck在测量精度与3D绘图效果方面不如HDL-64E，但考虑到性价比因素，前者更适合应用于无人驾驶汽车。

而Quanergy公司采用了固态化的低成本方案。S3激光雷达就是其推出的第一款全固态激光雷达，尽管在水平视野等参数上还略有缺陷，但激光雷达固态化趋势势必推动产品成本及价格大幅下降。

路径3的实现依靠前两条方案的成功，目前激光雷达的应用仍然较小，未来无人驾驶汽车的产量大幅上升将给激光雷达行业带来极大的规模效应。

投资建议

我们持续看好无人驾驶与智能汽车行业的发展趋势，看好国内企业在激光雷达领域的发展机会。重点关注国内独家与Mobileye深度合作的得润电子、国内激光加工设备及自动化设备龙头大族激光，以及星宇股份、索菱股份、双林股份、四维图新（广发计算机联合覆盖）；建议关注亚太股份、万安科技、金固股份等。

风险提示

技术发展不及预期的风险；政策法规的风险；重大突发事件的风险。