



欲穷“千米”目，更上一层楼

——激光雷达（LiDAR）行业报告

2021年1月



分析师 |

刘凯（执业证书编号：S0930517100002）
倪昱婧，CFA（执业证书编号：S0930515090002）
邵将（执业证书编号：S0930518120001）



证券研究报告

📌 L3+级汽车自动驾驶将成趋势，激光雷达产业空间巨大

- 1) 智能电动车行业快速增长，L3级已处于突破临界点；
- 2) 激光雷达的应用趋势或愈发明确（预计2025E全球ADAS与无人驾驶的激光雷达市场规模约81亿美元；其中，国内约占30%达23亿美元，2020E-2025E年化增速60%+）；
- 3) 从应用趋势分拆来看，预计全球/国内基于ADAS的激光雷达需求将分别于2021E/2022E快速抬升；当前，国内整车主要涉及造车新势力以及自主品牌车企。

📌 相较机械式雷达，集成化及降成本将推动固态激光雷达加速渗透

- 1) 集成化、降成本是激光雷达技术发展的主要驱动力，固态LiDAR具有可集成化的优势，体积小，规模量产后成本可降至百元美金量级，是激光雷达未来发展的方向。
- 2) 机械式、固态雷达在技术特点上各有侧重，在Robotaxi以及ADAS领域各自具有优势。LiDAR量产化的核心在于前装车规级要求，新势力车厂相比传统车企对前沿技术的使用意愿更强，将可能更快推动激光雷达行业技术及市场渗透率不断突破。

📌 建议关注：小鹏汽车（增持）、蔚来（增持）、以及激光雷达厂商禾赛科技等

📌 风险提示：车企L3+车型推进、以及激光雷达产业技术升级/量产不及预期等

证券代码	公司名称	收盘价 (市场货币)	目标价 (市场货币)	Non-GAAP EPS(元)			P/S(x)			P/B(x)			投资评级	
				19A	20E	21E	19A	20E	21E	19A	20E	21E	本次	变动
XPEV.N	小鹏汽车	54.31	56.97	-13.29	-9.25	-8.60	56.8	47.9	18.8	NA	66.3	97.3	增持	维持
NIO.N	蔚来	58.34	65.25	-10.63	-3.09	-1.85	49.9	36.9	20.0	NA	32.8	31.4	增持	维持
NA	禾赛科技	NA												



一

激光雷达(LiDAR)行业概况

二

LiDAR核心技术与发展趋势

三

激光雷达产业链

四

投资建议与风险提示

01 行业概况

- ▣ 自动驾驶向高等级稳步发展
- ▣ 激光雷达探测优势明显，应用场景快速增长
- ▣ 车企搭载激光雷达情况一览
- ▣ 激光雷达行业规模及市场空间

1.1、自动驾驶等级分类

当前全球汽车自动驾驶功能尚处于L2/L2+级，即将突破L3级（有条件的自动驾驶）。

在L3级的应用场景中，环境监控主体从驾驶员转变至传感器系统，驾驶决策责任方从驾驶员过渡至汽车系统信息，对应硬件传感器读取物体信息的精准度要求更高，软件/算法能力需进一步增强（3D环境构图等）。

自动驾驶等级	名称	驾驶员	车辆	软硬件要求
L0	完全人类驾驶	驾驶员必须完成所有驾驶操作	车辆仅对驾驶员指令做出响应，但可提供有关环境的警报和瞬时辅助（比如主动刹车、盲点监测、车身稳定系统等）	
L1	辅助驾驶	驾驶员必须完成所有驾驶操作（包括车辆周边监控和接管等均为驾驶员自己完成），但车辆可提供某些情况下的辅助	可以提供诸如紧急情况下自动制动、自适应巡航、车道偏离修正等基本辅助功能	最远测距较短；环境感知传感器采用百元级别的毫米波雷达和单目摄像头，车辆电子构架采用CAN总线通讯的多ECU嵌入式电子构架，计算能力约3Tops左右
L2	部分自动驾驶	驾驶员必须负责周边检测和随时准备接管车辆，但车辆可承担一些基本的驾驶任务	在某些特定情况下，车辆能够自动转向、加速和制动，主要包括功能有ACC自动巡航、自动跟车、自动泊车等等。	
L3	有条件的自动驾驶	当系统功能请求时，驾驶员必须接管车辆	在某些特定情况下，可完全自动转向、加速和制动等驾驶操作和周边监控，不需要驾驶员自己操作	最远测距增加；传感器增加激光雷达或AI多目摄像头（两条不同的技术路径），车辆电子构架采用以太网支持的域控制器，自动驾驶域控制器具备30Tops以上的计算能力，地图信息支持自动驾驶功能
L4	高度自动驾驶	当系统无法继续运行时，驾驶员需要在接到通知后接管车辆	可在大多数情况下承担全部驾驶任务，可完成驾驶操作、周边监控、自主接管反应等动作，而无需驾驶员干预。但情况受一些条件限制，比如车速限制、行驶区域限制等	场景复杂度、车规化要求高，最远测距长；需要高精地图支持+车载电脑级别的中央控制架构（中央计算机、5G边缘云）
L5	全自动驾驶	无需驾驶员，方向盘可有可无	能够在所有情况下承担全部驾驶任务，无需驾驶员干预	

资料来源：盖世汽车，光大证券研究所整理

1.2.1、激光雷达探测优势明显

基于L3级场景的应用存在两大技术分支，分别为：1) 视觉算法（特斯拉/日产）、以及2) 激光雷达+高精地图（其他车企或Tier-1供应商）。

我们判断，1) 智能电动车行业快速增长，L3级智能驾驶功能的推进或已迫在眉睫；2) 激光雷达在读取物体信息（包括探测距离/角度分辨率等）方面优势突出且无需依赖深度算法，预计或将成为L3级传感器应用的主流趋势。

传感器	原理	功能	最远探测距离	优势	劣势	成本	主要供应商
高清摄像头	通过摄像头采集外部图像信息、以及算法进行图像识别	利用计算机视觉识别周围环境与物体、判断前车距离	50m	角度分辨率优异	受光照影响大，黑夜和强光下的探测效果不佳；依赖深度学习算法，识别行人稳定性欠佳	\$20-\$30	Panasonic, Valeo, Fujitsu, Continental, Magna, Sony
毫米波雷达	利用波长1-10mm, 频率30G-300GHz毫米波, 通过测定和分析反射波实现功能	感知大范围内车辆的运行情况, 多用于自适应巡航系统	300m	兼具测距和测速功能, 有效探测距离长; 在车载测距领域性价比比较高	角度分辨能力较弱, 无法辨识物体的细节; 对金属的探测灵敏度远高于非金属材料, 在人车混杂场景下对行人的探测效果不佳	\$10-\$15	Bosch, Continental, Denso, Hella, ZF TRW, Delphi, Autoliv
超声波雷达	通过超声波发射装置向外发出超声波, 到通过接收器接收到发送过来超声波时的时间差来测算距离	倒车	10m	成本低; 环境影响小; 近距离探测精度高	探测距离短, 无法对中远距离物体进行测量	\$10-\$15	Valeo, Bosch, Nicera, Murata, Denso, Mitsubishi, Panasonic
激光雷达	通过透镜/激光发射和接收装置, 基于ToF获得目标物体位置、速度等特征数据	障碍检测、动态障碍检测识别与跟踪、路面检测、定位和导航、环境建模	300m	测距远/角度分辨率优, 环境光照影响小; 无需深度学习算法	恶劣天气使用效果受到影响	1) 机械旋转式: \$3,000-\$80,000; 2) 固态式 (尚处于发展阶段): 规划降至<\$1,000 (最终量产价格或降至\$100)	Velodyne, Luminar, Aeva, Ouster, Innoviz, Ibeo, 速腾聚创, 禾赛科技

资料来源：禾赛科技招股说明书，光大证券研究所整理

请务必参阅正文之后的重要声明

1.2.2、激光雷达应用场景广泛

从应用场景来看，激光雷达可适用于汽车的ADAS（高级辅助驾驶，L3级）与无人驾驶（L4/L5级）、V2X、以及服务机器人等领域；其中，汽车场景的应用是核心。

我们判断，随着步入L3级对应的激光雷达逐步车规量产、性能优化/成本下降、以及L4/L5级推进，激光雷达在汽车场景的应用趋势或愈加明确。

激光雷达不同领域的场景与要求比较

	ADAS	无人驾驶	服务型机器人
应用场景			
场景复杂度	中（L2/L3，应用场景有限）	高（L4/L5，开放式场景）	低/中（封闭式园区）
承载装置行驶速度	中（城市道路）	中（城市道路）	低（封闭式园区）
对激光雷达的要求			
最远测距要求	中/远（取决于ADAS功能）	远	中/远（取决于应用场景）
与承载装置的外观集成度	高	低	中
价格敏感度	高	低	中/高
对激光雷达供应商算法需求度	高	低	低
车规化要求	高	中（当前）/高（预期）	低
激光雷达搭载数量			
搭载数量要求	1个	2-3个（L4），4-6个（L5）	中/低

资料来源：禾赛科技招股说明书，光大证券研究所整理

1.3、激光雷达车企搭载一览表

企业	车型	上市或规划上市时间	激光雷达供应商	激光雷达数量	配置
奥迪	奥迪A8	2017年	Valeo (Scala)	1	搭载1个4线激光雷达、1个前视摄像头、4个环视摄像头、1个长距离毫米波雷达和4个中距离毫米波雷达
奔驰	S级	2021年	Valeo (Scala)	1	搭载1个ScaLa第二代激光雷达
北汽Arcfox	HBT	2021年	华为	3	搭载3个96线中距激光雷达、6个毫米波雷达、12个摄像头、13个超声波传感器
小鹏汽车	NA	2021年	大疆 (Livox)	NA	或搭载2个激光雷达
长安汽车	方舟架构	2021年	华为	5	预埋36个传感器 (包含5个激光雷达)
长城汽车	WEY摩卡	2021年	Ibeo	3	搭载3个激光雷达 (水平角分辨率0.05度)
蔚来	ET7	2021年	Innovusion	1	搭载33个高精度传感器 (包含11个800万高清摄像头、12个超声波雷达、5个毫米波雷达、1个激光雷达等)
本田	Legend	2021年	NA	5	预计将搭载5个激光雷达
宝马	宝马iX	2021年	Innoviz	NA	NA
上汽智己	一款轿车, 一款SUV	轿车2021年 SUV2022年	NA	NA	预埋激光雷达传感器 (或包含3个激光雷达)
沃尔沃	XC90	2022年	Luminar	NA	NA
Lucid Motors	Lucid Air	2022年	NA	NA	或搭载125线激光雷达

资料来源: 汽车之家, 各公司官网, 光大证券研究所整理

1.4.1、全球激光雷达市场规模

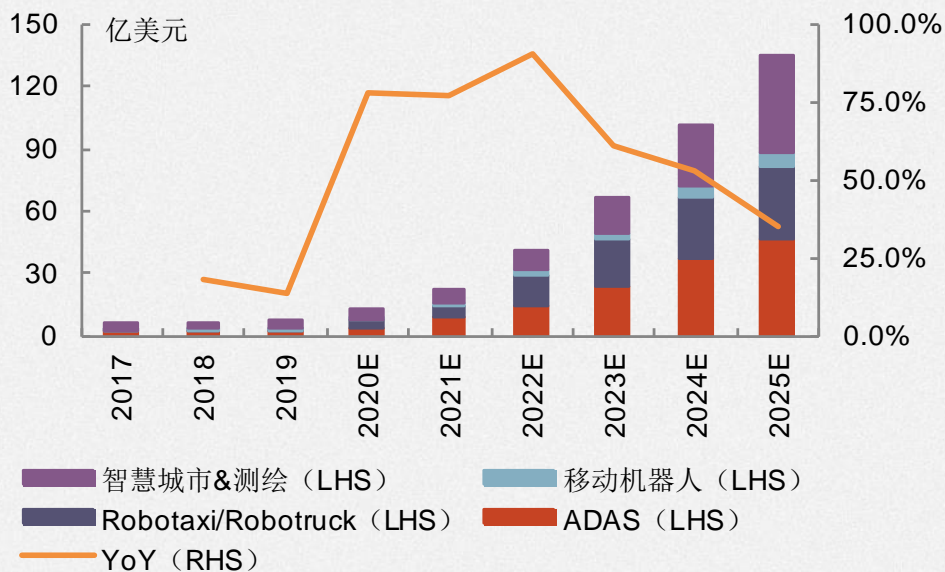


ADAS和ROBO是自动驾驶的主要细分市场。根据沙利文的预测，预计2025E全球激光雷达的市场规模或近136亿美元（2020E-2025E年化增速约62%），其中汽车ADAS与Robotaxi/Robotruck的市场规模或近81亿美元（2020E-2025E年化增速约66%）。

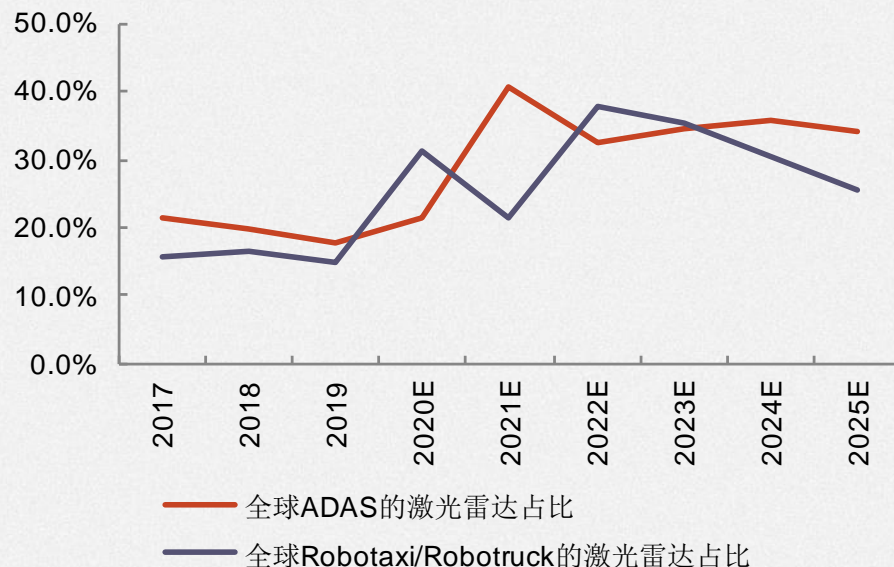


自动驾驶等级不断提升，ADAS、ROBO需求逐渐释放。根据沙利文预测，2021年开始，全球基于ADAS的激光雷达需求（L2/L3）将快速提升，成为激光雷达行业主要细分市场；2023年开始，全球基于无人驾驶（Robotaxi/Robotruck）的需求将随着自动驾驶等级的不断提升（L4/L5）而开始快速增长，成为激光雷达下游的另一个重要构成部分。

2017-2025E全球激光雷达各细分市场的规模



2017-2025E全球ADAS与Robotaxi/Robotruck的激光雷达占比



资料来源：沙利文研究，光大证券研究所整理

1.4.2、国内激光雷达市场规模

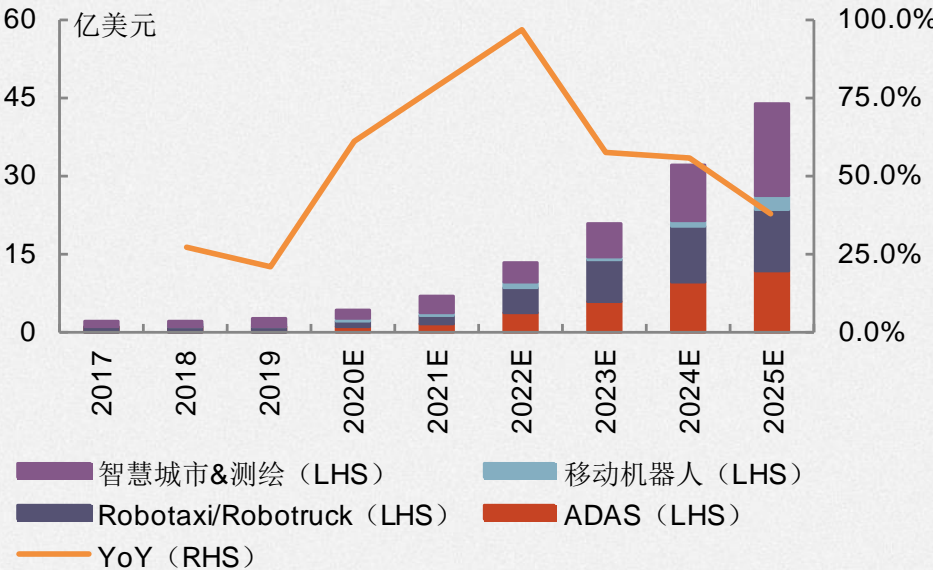


根据沙利文统计预测，预计2025E国内激光雷达的市场规模或近44亿美元（2020E-2025E年化增速约64%），其中汽车ADAS与Robotaxi/Robotruck的市场规模或近23亿美元（2020E-2025E年化增速约65%），全球占比约30%。

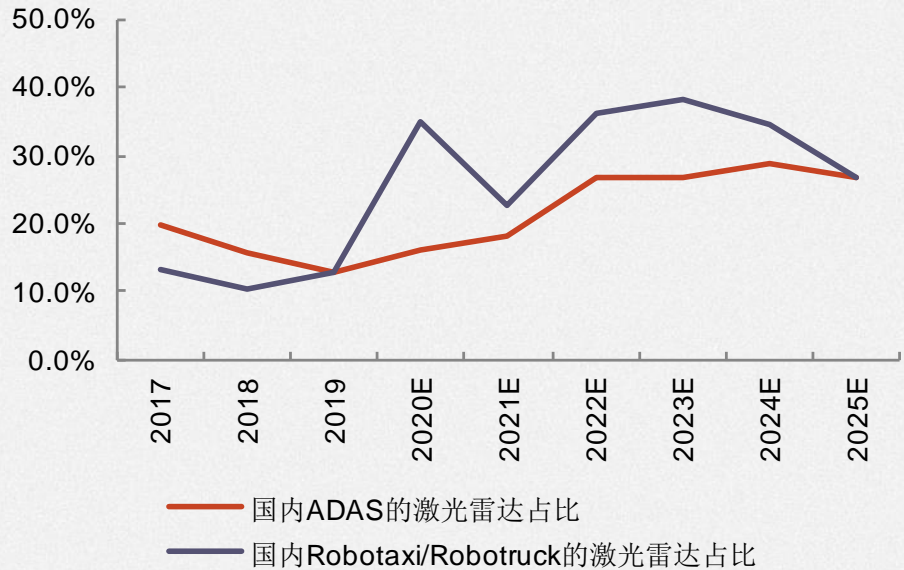


从细分市场来看，国内基于ADAS的激光雷达需求自2019年起快速发展（2022E ADAS的激光雷达国内市场占比上升至约27% vs. 2020E/2021E分别约16%/18%）；从整车搭载规划来看，造车新势力、自主品牌车企是激光雷达下游的主要需求推动力。

2017-2025E国内激光雷达各细分市场的规模



2017-2025E国内ADAS与Robotaxi/Robotruck的激光雷达占比



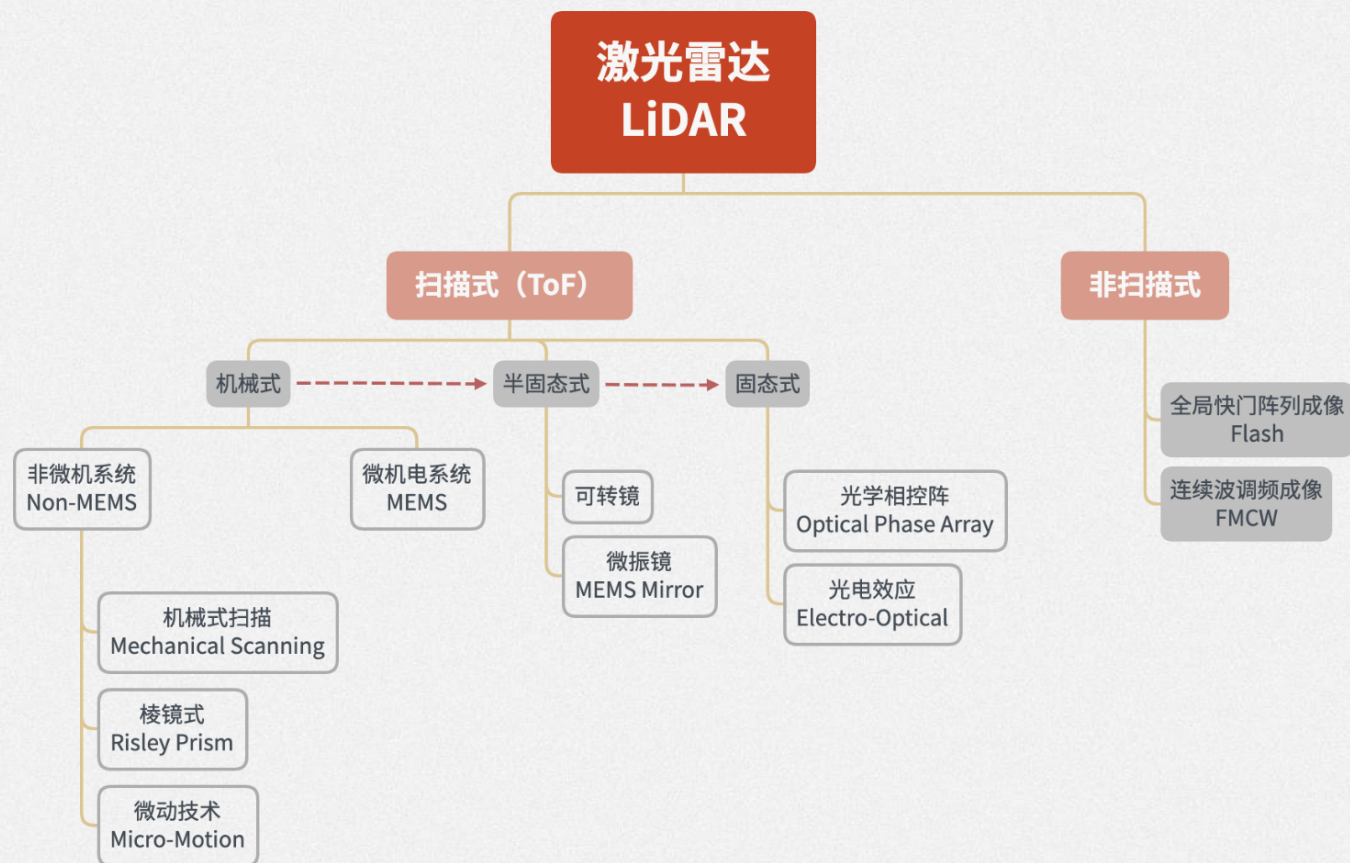
资料来源：沙利文研究，光大证券研究所整理

- ▣ LiDAR技术核心：大量高频测距和测速，构建清晰3D图像
- ▣ 集成和降本将推动固态激光雷达快速增长
- ▣ 激光雷达探测模块发展趋势
- ▣ 信号处理端：硬件集成化，算力、算法不断迭代

2.1.1、激光雷达的分类



激光雷达（LiDAR, Laser Detecting and Ranging），是指利用激光雷达进行探测和测距。其核心优势在于利用激光的高频特性进行大量、高速的位置及速度信息测量，形成准确清晰的物体3D建模；根据测距（Ranging）以及探测（Detecting）方法对应不同的技术分支。



资料来源：Yole，光大证券研究所整理

请务必参阅正文之后的重要声明



2.1.2、LiDAR核心衡量指标



衡量LiDAR 关键参数包括测远能力、测距精度、集成度、角分辨率、视场角范围、光源波长以及点频等。我们判断是否通过车规、规模量产、以及成本等因素是车企是否选配的核心。

参数	描述	说明	产品技术水平
*反射率	通常根据获取发射器打到目标物体的发射功率和接收器所接收的目标物体的接收功率计算物体的反射率	影响物体表面反射率的因素主要有物体表面颜色和表面类型（亚光，高亮，平滑，粗糙等）。120m/80m（10%反射率）代表正常情况下激光的有效距离为120m，对于反射率为10%的反射物，激光的有效距离为80m	PandarXT 最远测距达到120米，80米处探测10%反射率目标，探测概率大于90%
*角分辨率	激光雷达相邻两个探测点之间的角度间隔，分为水平角度分辨率与垂直角度分辨率	相邻探测点之间角度间隔越小，对目标物的细节分辨能力越强，越有利于进行目标识别	Velodyne于2018年发布的的高性能128线机械式激光雷达Alpha Prime，最高水平角分辨率和最高垂直角分辨率均为0.1°
*测远能力	一般指激光雷达对于 10%低反射率目标物的最远探测距离	激光雷达测远能力越强，距离覆盖范围越广，目标物探测能力越强，留给系统进行感知和决策的时间越长；相同距离下，反射率越低越难进行探测	禾赛科技于2019年发布的半固态激光雷达PandarGT在10%反射率下测距可达300m
测距精度	测距精度激光雷达对同一距离下的物体多次测量所得数据之间的一致程度	精度越高表示测量的随机误差越小，对物体形状和位置的描述越准确，对目标物探测越有利	禾赛科技PandarXT 测距准度典型值可达±1 cm，测距精度典型值可达 0.5 cm
集成度	直观体现为产品的体积和重量	在探测性能类似的情况下，集成度越高搭载于车辆或服务机器人时灵活性更高	Velodyne于2020年推出固态激光雷达Velabit，其体积比一副扑克牌更小，几乎可以嵌入车辆、机器人、无人机和基础设施中的任何地方
视场角范围	激光雷达探测覆盖的角度范围，分为水平视场角范围与垂直视场角范围	视场角越大说明激光雷达对空间的角度覆盖范围越广	禾赛科技正在开发的机械式激光雷达Pandar128，水平视场角为360°，垂直视场角为40° Ibeo正在开发的固态激光雷达ibeoNEXT，水平视场角为60°，垂直视场角为30°
光源波长	激光雷达光学参数，通常为纳米级别	传统激光雷达以905nm波长近红外激光为主，成本较低，探测距离受限；1550nm波长对人眼更加安全,背景光干扰问题相对较小,可以实现远距离探测	Innovusion推出光源波长为1550nm的固态激光雷达，将搭载在蔚来ET7车型上
点频	激光雷达每秒完成探测获得的探测点的数目	点频越高说明相同时间内的探测点数越多，对目标物探测和识别越有利	Ouster第二代长距激光雷达OS2，每秒点频数为2,621,440（128线）/1,310,720（64线）

资料来源：禾赛科技招股书，各公司官网，光大证券研究所整理。注：*所标注为关键参数。

请务必参阅正文之后的重要声明



2.2.1、固态化是发展主要趋势



机械式、至半固态、再至纯固态：从目前各厂商的布局来看，激光雷达正从机械式、至半固态、再至纯固态的趋势快速演进（以机械式激光雷达为代表的美国Velodyne、Luminar，国内禾赛科技等也正向固态方向积极布局）。固态式激光雷达具有可以规模化量产，可动部件较少，成本较低的特点，是激光雷达行业技术发展的主流趋势。

激光雷达分类		技术特点	适合测距	体积	量产成本	技术成熟度	主要供应商
机械旋转式		通过点击带动收发阵列进行整体旋转，实现对空间水平360°市场范围的扫描，测距能力在水平360°市场范围内保持一致。扫描速度快，接收视场小，抗光干扰能力强，信噪比高	中远距离	大	结构复杂，成本较高且难下降	高	Velodyne, Valeo, SureStar, Ouster, Ocular, Neptec, Cepton, Luminar, Panasonic, 速腾聚创, 禾赛科技, 镭神智能
半固态式	微振镜方案	收发单元与扫描部件解耦，收发单元（如激光器、探测器）不再进行机械运动，采用高速振动的二维振镜实现对空间一定范围的扫描测量	中远距离	小	较低	中	Velodyne, LedderTech, Innoviz, Innoluce
	转镜方案	收发模块保持不动，电机在带动转镜运动的过程中将光束反射至空间的一定范围，从而实现扫描探测	中远距离	小	较低	中	
固态式	Flash面阵式	不再包含任何机械运动部件，非扫描式，发射面阵光，以二维或三维图像为重点输出内容	近距离	较小	低	中	Argo, Sense Photonics, Continental, TetraVue, Xenometix, IFM
	OPA光学相控技术	不再包含任何机械运动部件，通过施加电压调节每个相控单元的相位关系，利用相干原理，实现发射光束的偏转，完成系统对空间一定范围的扫描测量	中远距离	较小	目前较高，未来或较低	低	Quanergy, Blackmore, 速腾聚创

资料来源：禾赛科技招股书，光大证券研究所整理



2.2.2、基于FMCW的激光雷达

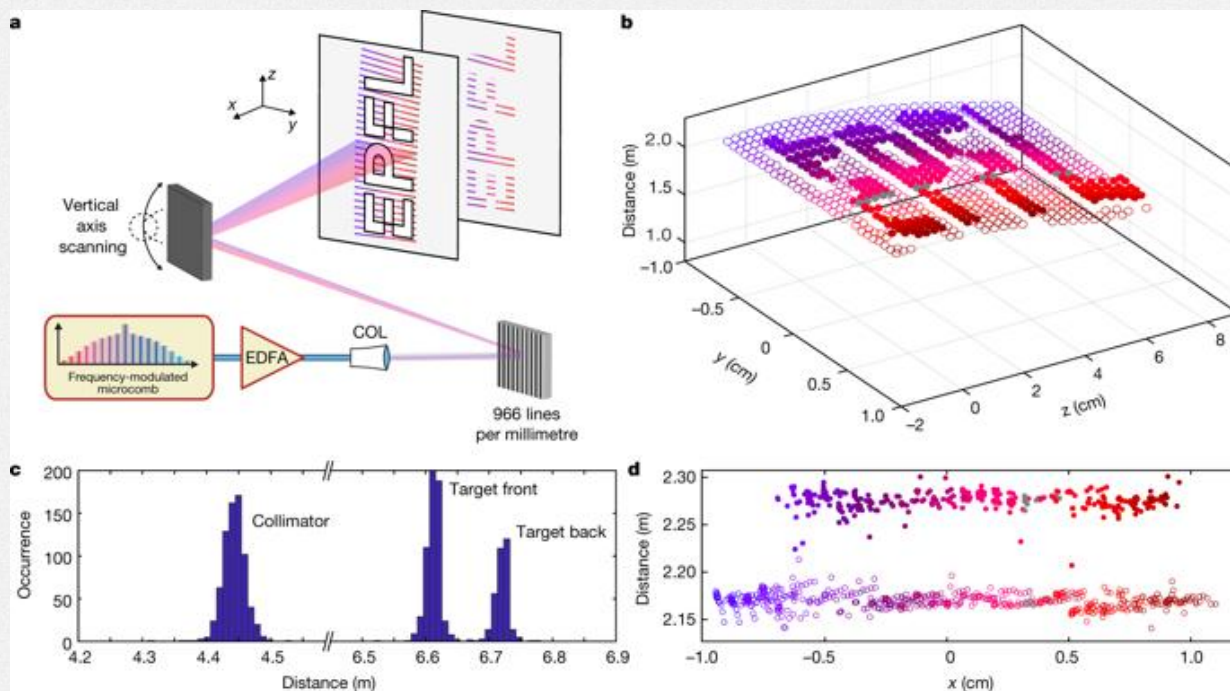


FMCW（连续波调频）光源不直接测量激光的反射时间，而是通过相干探测的方法测量发射、接收信号的相位与频率，进而精确定位物体的距离、速度。目前主要使用该技术的厂商包括 Aeva、Aurora等。



FMCW解决方案比当前脉冲式dToF激光雷达解决方案的峰值激光功率低四个数量级以上，在测量距离、瞬时速度、环境抑制、多用户无干扰操作等方面优势明显。

FMCW激光雷达3D成像装置成像原理及效果图



资料来源：Nature 581, 164–170 (2020); a为FMCW原理的3D成像装置，b为3D成像效果图，c为相干检测后混频信号FFT后出现的峰值，d为转换后对应测量物体的位置信息

2.2.3、基于Flash的激光雷达



Flash（全局快门阵列成像）属于非扫描式雷达，原理上类似ToF，但Flash是一次照射成像，即在短时间内发射出大片覆盖探测区域的激光，再以高度灵敏的接收器完成对环境周围图像的绘制（国内Flash LiDAR的厂商包括镭神智能、国科光芯以及洛微科技）。



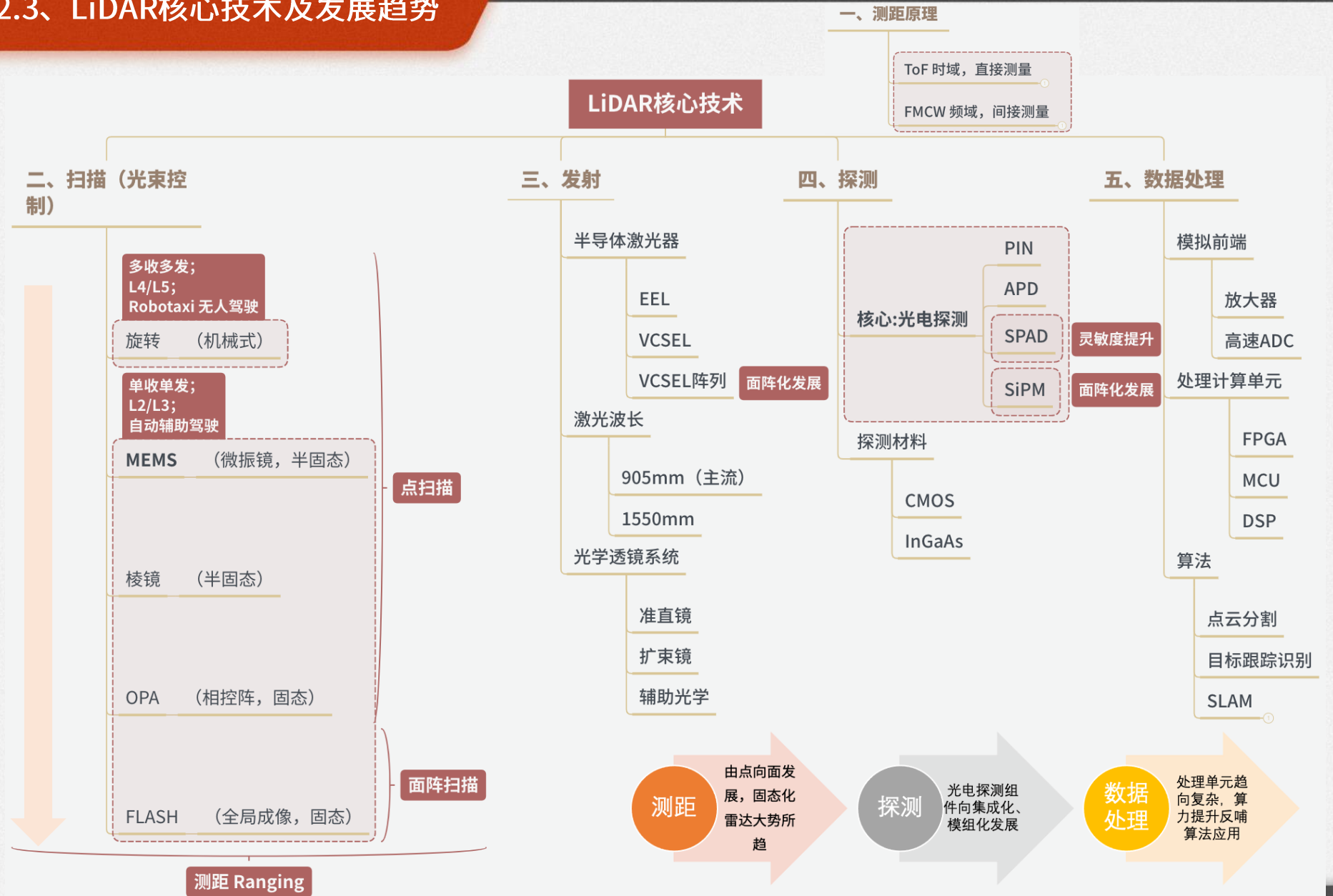
从技术比较来看，Flash优点在于全固态、发射端方案较成熟、以及更容易通过车规级检验；缺点为探测距离较近，难以对远距离物体形成高反射率。

Flash LiDAR产品工作示意图（红色部分为Flash探测激光覆盖区域）



资料来源：ittbank, LeddarTech, 光大证券研究所整理

2.3、LiDAR核心技术及发展趋势



资料来源: 汽车人公众号, Yole, 光大证券研究所整理
请务必参阅正文之后的重要声明



从测距方法来看，当前大部分激光雷达公司仍使用ToF（FMCW实现难度依然较大）；但从技术比较来看，FMCW与OPA的深度结合，在远距离探测和抗干扰能力上优势更为明显。

测距原理比较	技术特点	优劣势	量产能力	发展趋势
飞行时间 ToF 法	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 分立器件存在零部件多、生产成本低、可靠性低等问题	已实现量产，是目前的技术主流	发射端采用平面化的激光器器件，接收端采用CMOS工艺的单光子探测器，定制开发VCESL和单光子器件的专用芯片，提升系统性能，增强可靠性，降低成本
调频连续波 FMCW 法	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	可以直接测量速度信息；抗干扰（包括环境光和其他激光雷达）能力强	未实现量产，处于概念机阶段	使用基于硅光技术的锗硅探测器实现单片集成BPD阵列，在保证接收模块器件一致性的同时，可以和系统中其他硅基器件进行单片集成，显著降低系统的尺寸和成本

资料来源：禾赛科技招股说明书，光大证券研究所整理



2.3.2、激光雷达探测 (Detecting)

三大模块：发射、扫描、传感器

探测 Detecting	一、发射				
	1、EEL	Edge Emitting Laser		边缘发射激光器	
	2、VCSEL	Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser		垂直腔面发射激光器	
	主流波长	905nm	1550nm		
	光学透镜系统	1.准直镜	2.扩束镜	3.辅助光学	
	二、扫描（光束控制）				
				是否有运动物件	特点
	点扫描	旋转	机械式	是	环形扫描，多线激光设计
		MEMS	半固态	否（小幅度运动）	在硅基芯片上集成体积小的微振镜，由旋转的微振镜来反射激光光线
		OPA	固态	否	短时间发射大片覆盖探测区域的激光
	面阵扫描	Flash	固态	否	多个光源组成阵列，通过控制光源的相位差，合成具有特定方向的主光束
	三、探测				
	核心：光电探测器	1.PIN	探测材料	1.CMOS	波长：905nm
		2.APD			
		3.SPAD		2.InGaAs	波长：1550nm
4.SiPM					
分类	系统复杂度	特点	性能		
直接探测	简单	直接解调光信号	低		
相干探测	复杂	光能转换为可测量物理量	高		

资料来源：汽车人公众号，光大证券研究所整理

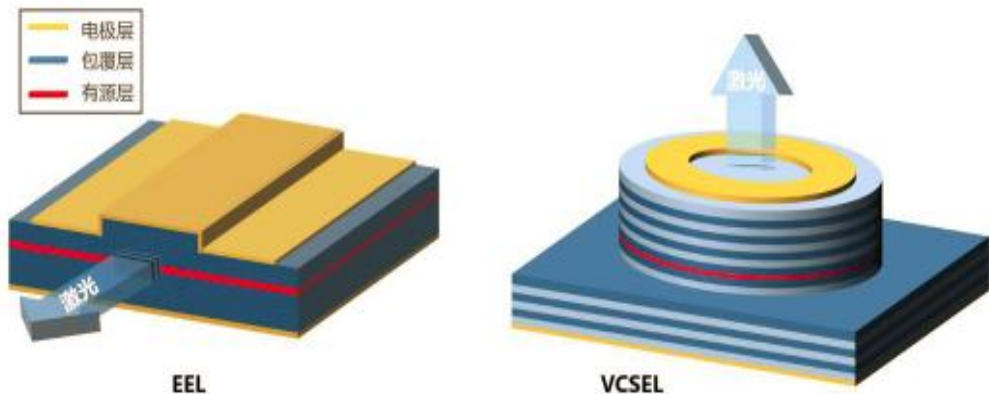
请务必参阅正文之后的重要声明



2.3.2、激光雷达发射模块： 从平行光到垂直发射集成

- EEL (Edge Emitting Laser, 边缘发射激光器) 作为探测光源具有高发光功率密度的优势, 但由于其工艺步骤的复杂和繁琐, 极大的依赖产线工人的手工装调技术, 生产成本低且一致性难以保障。
- VCSEL (Vertical-Cavity Surface-Emitting Laser, 垂直腔面发射激光器) 发光面与半导体晶圆平行, 其形成的激光阵列易于与平面化的电路芯片键合, 精度层面由半导体加工设备保障, 无需对激光器单独装调, 易于和面上工艺的硅材料整合, 提升光束质量。
- 从传统VCSEL到多层结VCSEL: 传统VCSEL激光器存在发光密度功率低的缺陷, 近些年多家激光器公司开发出多层结VCSEL激光器, 将发光功率密度提升了5-10倍。凭借在成本以及可靠性方面的优势, 我们预计未来VCSEL有望逐步取代EEL。

EEL与VCSEL发光面示意图



EEL与VCSEL参数对比

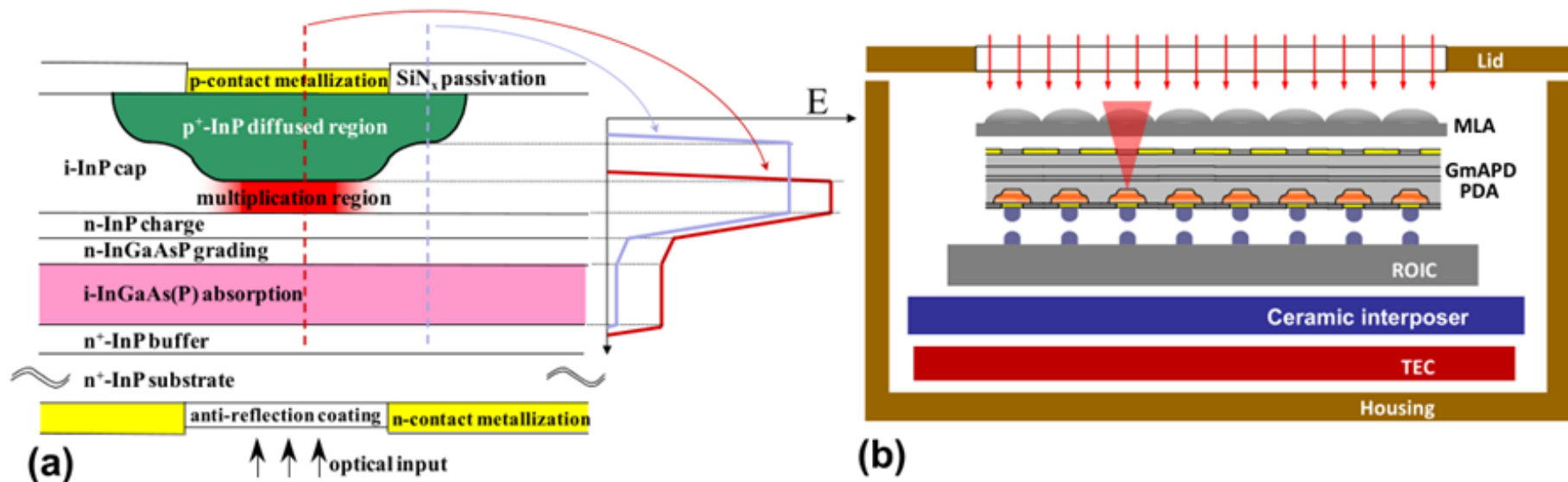
	VCSEL	EEL
功率	<10W, 与面积成比例	<120W
光束质量	低发散, 对称	中等发散, 不对称
温度漂移	0.07nm/K	0.25nm/K
光谱宽度	1-2nm	1-2nm
散斑	低	高
切换时间	高	高
装调	简单	复杂
成本	低	高

资料来源: 禾赛科技招股说明书, MEMS咨询, 光大证券研究所整理

2.3.3、激光雷达接收传感器： 从传统PIN到单光子SPAD

- 由于硅材料对激光雷达所采用的近红外光波段的吸收系数较弱，传统硅基CMOS的感光阵列难以有效进行激光的接收传感。单光子器件具有极强的感光能力，已经在生物医学和核磁影响领域取得了广泛应用，SPAD单光子雪崩式二极管具有极其敏感的激光探测能力。
- SPAD相较于APD的优势逐渐凸显：近些年，经过国内外诸多家探测器公司不断优化，单光子器件在实际探测灵敏度方面已经逐渐超越了传统APD，未来随着设计和工艺的进一步优化，单光子探测器SPAD相较于APD的优势将会更加明显。

InGaAs/InP单光子探测阵列结构

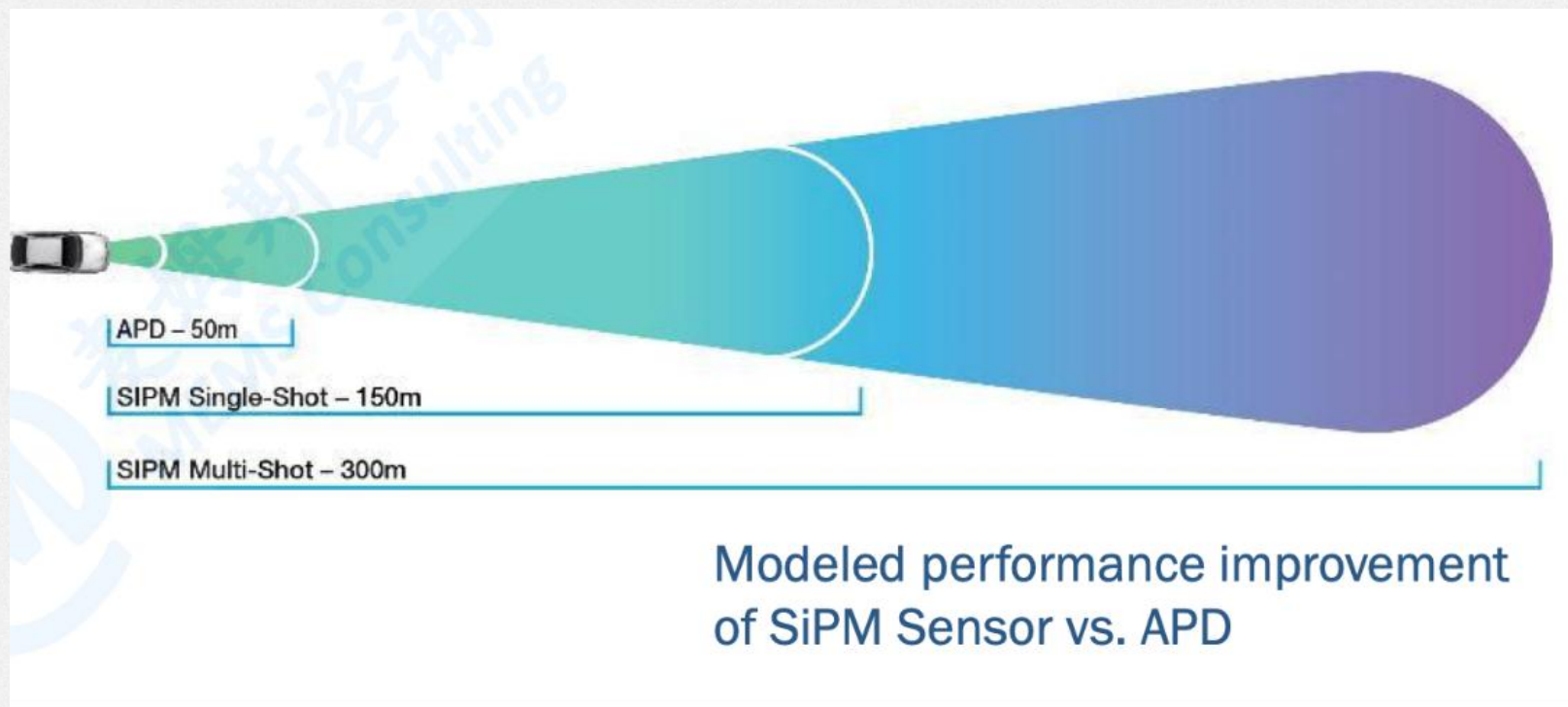


资料来源：MEMS咨询，光大证券研究所整理

2.3.4、激光雷达接收传感器： 面阵化发展

- 面阵化的优势：收发器件面阵化及核心模块芯片化为高性能、低成本、高集成度、高可靠性的激光雷达提供了可靠的发展方向。
- SiPM有望成为主流光电传感器：SiPM满足自动驾驶状态下对LiDAR在长距离上的要求，同时SiPM的集成化也将有利于集成入固态激光雷达、降低成本。

SiPM 相对APD在测量距离上具有明显优势



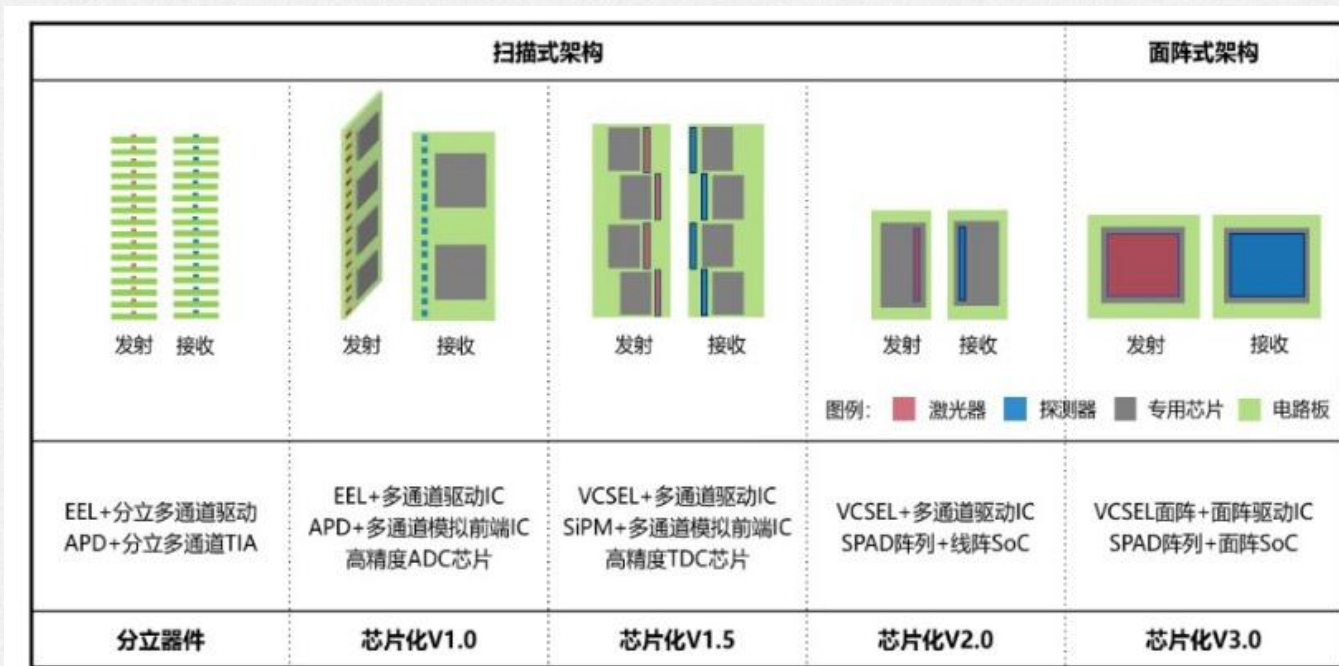
资料来源：安森美半导体，MEMS咨询，光大证券研究所整理

2.4、激光雷达信号处理： 硬件集成化，算力、算法快速迭代



集成芯片化是信号处理端的发展趋势：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，有利于实现关键元器件的自主可控，是未来发展趋势。其中，单光子接收端芯片上集成芯片（SoC）通过片内集成探测器、前端算法、前端电路、算法处理电路、激光脉冲等控制模块，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。

禾赛科技芯片化发展路线

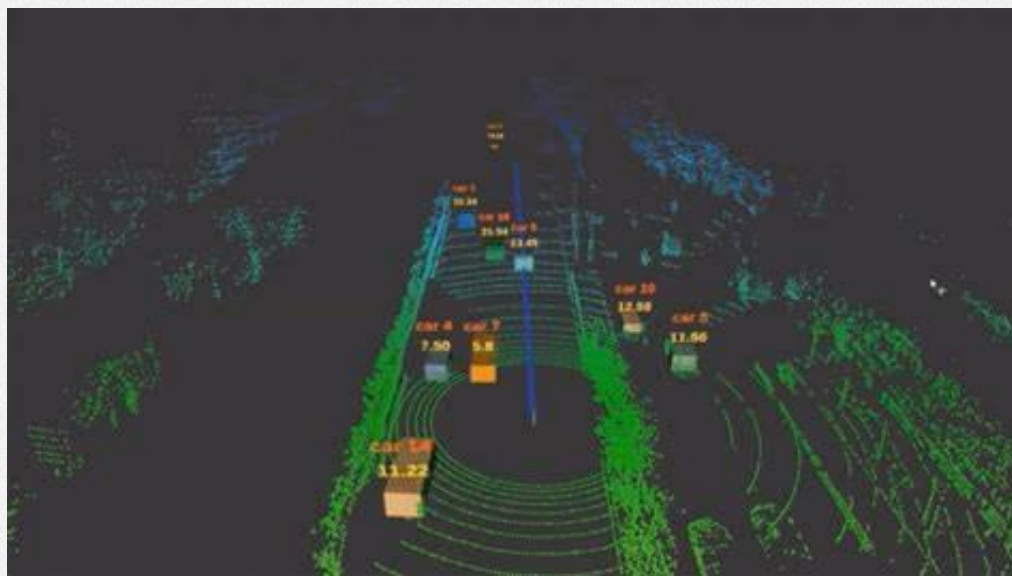


资料来源：MEMS咨询，光大证券研究所整理

2.4、激光雷达信号处理： 硬件集成化，算力、算法快速迭代

- ❑ **算法有助于激光雷达信号处理：**激光雷达结合智能算法，能够提供高精度的位置、形状、姿态等信息，实现对交通状况进行全局性的精确把控，对车路协同功能的实现至关重要。
- ❑ **路端应用对算力提出高要求：**尽管激光雷达兼具测距远、角度分辨率优、受环境光照影响小的特点，且无需深度学习算法，但是路端应用需要基于激光雷达点云实现目标物(车辆、行人、自行车等)聚类 and 跟踪，因而对激光雷达供应商提供配套感知算法的能力提出了较高的要求。
- ❑ **未来随着激光雷达产业的发展，将有更多算法提供商加入激光雷达产业链，同时将增加相应对算力的需求，算力的增长也将有助于算法实现落地。**

激光雷达感知算法示意图



- ▣ LiDAR核心技术及发展趋势
- ▣ LiDAR产业链中上游公司一览
- ▣ 主要激光雷达公司

3.1、LiDAR产业链中上游企业一览

上游

光电探测器及接收IC	位置和导航系统	激光器	扫描器及光学组件
<p>光电探测器: 滨松 STM 夜视集团</p> <p>放大器: 亚德诺 思佳讯 圣邦微电子</p> <p>模数转换器: 德州仪器 亚德诺 瑞萨 时代民芯 苏州云芯微</p> <p>FPGA: 赛灵思 英特尔 莱迪思 紫光 同创 高云半导体 安路信息</p>	<p>GPS: 霍尼韦尔 北斗星通 天卫领 航 路明导航 Garmin TomTom</p> <p>IMU: 博世 村田 松下 STM</p>	<p>光迅科技 富士通 昂纳科技 华芯科技 滨松</p>	<p>扫描镜、旋转电机: 知微传 Lem optix Microvision 深圳芯视微系统 常州创微 微奥科技</p> <p>窄带滤波片: 水晶光电 VIAVI Alluxa</p> <p>准直镜头: Heptagon 迈得特 福晶科技</p>

中游

激光雷达

Velodyne

ibeo
automotive



INNNOVIZ™
TECHNOLOGIES

Pioneer



VIE

大族激光
HAN'S LASER



中海达
HI-TARGET

耀神智能
LeiShen Intelligent System



应用

无人驾驶	高级辅助驾驶	服务机器人	车联网
------	--------	-------	-----

资料来源: MEMS咨询, 各公司官网, 光大证券研究所整理

请务必参阅正文之后的重要声明



3.2、主要激光雷达公司

行业内主要的激光雷达公司包括美国的 **Velodyne**、**Luminar**、**Aeva**、**Ouster**，以色列的 **Innoviz**，以及国内的禾赛科技。

截至当前，**Velodyne**和**Luminar**已经完成纳斯达克上市，其余四家均已计划上市。

激光雷达行业上市/待上市公司情况简介（单位：美元）

公司名称	发展阶段	技术路线	主要产品	累计融资	营收 20E	营收 25E	EBITDA 20E	EBITDA 25E	市值	PS 25E
Velodyne	2020年9月完成NASDAQ上市	在售产品主要为机械旋转方案的多线激光雷达；已发布（半）固态产品，已布局ADAS软件解决方案，预计22年前装量产。	128线机械式激光雷达Alpha Prime，固态激光雷达Velarray M1600等	2.25亿	1.01亿	6.84亿 24E	-0.52亿	1.49亿 24E	38.80亿	5.5倍
Luminar	2020年12月通过SPAC完成NASDAQ上市	产品使用1550nm 激光器、InGaAs 探测器、以及扫描转镜已布局算法感知软件方案，预计22年前装量产。	固态MEMS激光雷达Iria和Hydra等	4.2亿	1500万	8.37亿	-6100万	3.65亿	70.83亿	11.6倍
Aeva	计划2021年第一季度完成NYSE上市	布局芯片化FMCW续波调频激光雷达，预计24年前装量产。	基于FMCW测距法的4D芯片激光雷达等	4850万	500万	8.80亿	-2700万	3.47亿	21亿 上市前	2.4倍
Innoviz	计划2021年第一季度完成NASDAQ上市	发布产品为半固态方案，选用二维微振镜作为扫描器件；已布局感知算法解决方案，预计22年前装量产。	固态激光雷达InnovizOne等	2.51亿	500万	5.81亿	-6500万	1.79亿	14亿 上市前	7.8倍
Ouster	计划2021年上半年完成NYSE上市	在售产品为机械旋转式，采用VCSEL和SPAD阵列芯片技术；已布局纯固态方案，预计22年前装量产。	全固态数字激光雷达ES2，长距激光雷达OS2等	1.32亿	1900万	15.84亿	-4000万	5.69亿	16亿 上市前	1.0倍
禾赛科技	已申请科创板上市	在售产品包括机械旋转方案的多线激光雷达，布局激光雷达的芯片化架构，以应用于（半）固态和纯固态激光雷达产品	128线机械式激光雷达Pandar128，半固态激光雷达PandarGT等	2.30亿 C轮前	3900万元 RMB 前三季度	-	-	-	-	-

资料来源：Velodyne、Luminar、禾赛科技等招股书，汽车之家，Velodyne和Luminar公司市值数据截至2021/1/21，预测数据引自各公司招股书，光大证券研究所整理

请务必参阅正文之后的重要声明



- ▣ 小鹏汽车 (XPEV.N)
- ▣ 蔚来 (NIO.N)
- ▣ 禾赛科技 (已提交A股科创板IPO)
- ▣ 风险提示

4.1、小鹏汽车 (XPEV.N)

- **基本面持续改善趋势有望延续，智能驾驶驱动业绩与估值溢价：**2020小鹏全年总交付量约2.7万辆（P7约1.5万辆）。我们判断，1) 鉴于3Q20小鹏已实现新车毛利率转正，预计销量爬坡/规模效应有望带动新车毛利率持续改善（vs. 3Q20约3.2%），研发费用率/SG&A费用率或持续下降。2) 小鹏的发展路径与特斯拉更为相近（2021E首款搭载激光雷达的量产车型有望上市，预计或通过基于中国路况/全栈自研的智能驾驶系统进行差异化竞争；其中，预计L3+级的激光雷达/高精地图技术路径在自动上下匝道方面存在短期超越特斯拉的可能性），我们预计小鹏长期业绩/估值溢价或在于自动驾驶对应的软件部分（XPilot选装率与售价）。
- **维持“增持”评级：**我们预计1Q21E软件收入结转的开启或逐步提振业绩；综合考虑新车型爬坡（2021E G3平台A+级轿车、以及2022E P7平台 B级SUV）、以及补贴退坡等因素（2023E补贴正式取消），预计2H23E小鹏或将实现Non-GAAP经营层面扭亏为盈。我们维持2020E/2021E/2022E Non-GAAP归母亏损分别约人民币31.9亿/31.5亿/19.0亿（预计4Q20E Non-GAAP归母亏损约人民币9.1亿）；维持目标价US\$56.97（对应约20.0x 2021E PS），维持“增持”评级。
- **核心风险：**供应链产能/年降幅度不及预期；销量/毛利率爬坡不及预期；市场竞争加剧（特斯拉进一步降价）；成本费用控制不及预期；新车型上市不及预期；Capex/产能利用率不及预期；服务收入增长/毛利率改善程度不及预期；持续融资与市场风险等。

	2018	2019	2020E	2021E	2022E
总收入（百万人民币）	4	2,171	5,299	14,119	23,705
总收入增长率	NA	52181.0%	144.1%	166.4%	67.9%
Non-GAAP 归属母公司净亏损/净利润（百万人民币）	-2,255	-4,643	-3,185	-3,150	-1,896
Non-GAAP归属母公司净利润增长率	NA	NA	NA	NA	NA
Non-GAAP EPS（人民币）（摊薄）	-6.83	-13.29	-9.25	-8.60	-6.64
Non-GAAP ROE	NA	NA	-20.8%	-28.9%	-17.6%
P/S	28065.8	56.8	47.9	18.8	11.5
P/B	NA	NA	66.3	97.3	101.6

资料来源：Wind（数据截至2021/1/21，1美元=6.5人民币），光大证券研究所预测

4.2、蔚来 (NIO.N)

- **全新技术与首款轿车ET7亮相**：2021/1/9 Nio Day亮相首款轿车ET7（规划1Q22E交付），配有AQUILA超感系统（包括1个超远距离高精度激光雷达）、ADAM超算平台（配置4颗英伟达Orin芯片）、以及按月付费制的NAD自动驾驶服务功能等。
- **蔚来差异化定位路径愈发清晰，维持“增持”评级**：2020蔚来全年交付量约4.4万辆（ES6约2.8万辆）。我们判断，蔚来为当前市场定位、平台与车型规划、业务模式与运营管理、以及技术储备等最清晰的新势力之一；1) 已通过ES6爬坡，明确其偏向于国内中高端智能电动车的市场定位；2) 已通过Nio Day公布的全新技术/ET7亮相，明确其在核心智能领域的技术储备能力；3) 已通过4Q19以来的有效成本费用控制，明确其管理机制/运营效率的改善；4) 已通过BaaS（车电分离）、以及二手车业务规划，明确其产业链业务延伸对应的非整车收入/毛利率改善前景。鉴于其车型较高的市场定位、以及销量爬坡/规模效应，我们预计2H22E蔚来或将实现Non-GAAP经营层面扭亏为盈。我们维持2020E/2021E/2022 Non-GAAP归母亏损约人民币48.2亿/29.5亿/7.6亿；维持目标价至US\$65.25（对应约22.7x 2021E PS），维持“增持”评级。
- **核心风险**：供应链产能/交付量不及预期；毛利率爬坡不及预期；行业与市场竞争加剧；成本费用控制不及预期；BaaS/换电业务不及预期；服务收入增长/毛利率改善程度不及预期；持续融资/摊薄风险；市场与金融风险等。

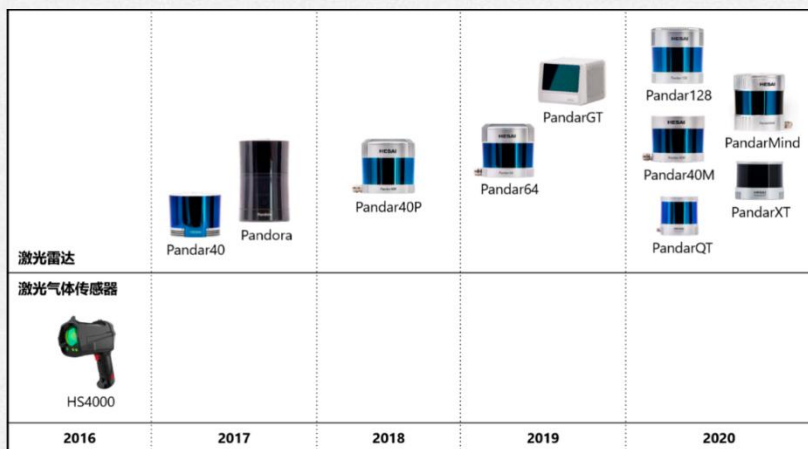
	2018	2019	2020E	2021E	2022E
总收入（百万人民币）	4,951	7,825	16,076	30,352	44,414
总收入增长率	NA	58.0%	105.5%	88.8%	46.3%
Non-GAAP 归属母公司净亏损/净利润（百万人民币）	-8,918	-10,953	-4,824	-2,952	-764
Non-GAAP归属母公司净利润增长率	NA	NA	NA	NA	NA
Non-GAAP EPS（人民币）（摊薄）	-26.85	-10.63	-3.09	-1.85	-0.46
Non-GAAP ROE	-130.4%	NA	-26.6%	-15.2%	-3.4%
P/S	25.4	49.9	36.9	20.0	14.1
P/B	18.5	NA	32.8	31.4	27.6

资料来源：Wind（数据截至2021/1/21，1美元=6.5人民币），光大证券研究所预测

4.3、禾赛科技

- **全球无人驾驶激光雷达“隐形冠军”追求极致**：目前公司芯片化V1.0 成果多通道激光驱动芯片及多通道模拟前端芯片已完成量产，并已经应用于多个激光雷达研发项目和 PandarXT 的量产项目。目前公司产品已实现高线数与低线数、高端和中低端市场全覆盖，并且产品各方面指标处于市场前列。
- **卧“芯”尝胆，先高端渗透，再低维打击**：2020年10月推出针对中低端市场的搭载自有芯片的PandarXT，128线产品高端产品性能全市场领先。2020年1-9月，禾赛激光雷达销量达5022套，2017年/2018年/2019年/2020年1-9月销售均价11.38/10.42/11.36/8.94万元，2017年/2018年/2019年毛利率分别为74.52%/75.61%/76.21%，毛利率保持较高水平，相较国际龙头具有价格优势。1) 发展路径从高端切入，从进入激光雷达初始公司便选择针对远距离的高端激光雷达产品入手，打入高端市场，客户已经覆盖无人驾驶行业多个龙头2) 高端渗透后向低维打击，PandarXT瞄准中低端市场，客户选择更多，有利于覆盖多元客户，随着公司激光雷达芯片化程度发展，有利于产品规模化生产并进一步降低成本。
- **核心风险**：行业/市场竞争加剧；客户拓展失败；国际政治/贸易政策变化；研发失败及研发成果无法量产；核心技术人才流失等。

禾赛科技产品发展历程







禾赛科技2017~2019年激光雷达销售情况

	2017	2018	2019
激光雷达销售额 (万元)	1433.57	12840.8	32843.12
销量 (套)	126	1232	2890
激光雷达销售均价 (万元/套)	11.38	10.42	11.36

资料来源：禾赛科技招股说明书

请务必参阅正文之后的重要声明

4.4、风险提示

-  **整车风险：**智能电动车行业需求不及预期（市场接受度回落）；车企推进L3+级的速度趋缓；智能电动新车上市与销量爬坡趋势不及预期；
-  **产业链风险：**产业链供应瓶颈；上游零配件成本降幅不及预期；激光雷达量产而出现价格整体下降，毛利率爬坡不及预期；Capex投入高于预期（较高研发投入需求等）；产能利用率不及预期；
-  **技术风险：**下游产业市场对激光雷达的需求与激光雷达行业选择的技术路径不同；研发失败或研发结果无法产业化；
-  **其他风险：**持续融资/摊薄风险；市场与金融风险等。

衷心 感谢

光大证券研究所



电子与汽车研究团队

刘凯

📄 执业证书编号：S0930517100002

☎ 电话：021-52523849

✉ 邮件：kailiu@ebscn.com

倪昱婧，CFA

📄 执业证书编号：S0930515090002

☎ 电话：021-52523852

✉ 邮件：niyj@ebscn.com

邵将

📄 执业证书编号：S0930518120001

☎ 电话：021-52523869

✉ 邮件：shaoj@ebscn.com

分析师声明

本报告署名分析师具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。负责准备以及撰写本报告的所有研究人员在此保证，本研究报告中任何关于发行商或证券所发表的观点均如实反映研究人员的个人观点。研究人员获取报酬的评判因素包括研究的质量和准确性、客户反馈、竞争性因素以及光大证券股份有限公司的整体收益。所有研究人员保证他们报酬的任何一部分不曾与、不与、也将不会与本报告中具体的推荐意见或观点有直接或间接的联系。

行业及公司评级体系

买入—未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数15%以上；

增持—未来6-12个月的投资收益率领先市场基准指数5%至15%；

中性—未来6-12个月的投资收益率与市场基准指数的变动幅度相差-5%至5%；

减持—未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数5%至15%；

卖出—未来6-12个月的投资收益率落后市场基准指数15%以上；

无评级—因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。

基准指数说明：A股主板基准为沪深300指数；中小盘基准为中小板指；创业板基准为创业板指；新三板基准为新三板指数；港股基准指数为恒生指数。

特别声明

光大证券股份有限公司（以下简称“本公司”）创建于1996年，系由中国光大（集团）总公司投资控股的全国性综合类股份制证券公司，是中国证监会批准的首批三家创新试点公司之一。根据中国证监会核发的经营证券期货业务许可，本公司的经营范围包括证券投资咨询业务。

本公司经营范围：证券经纪；证券投资咨询；与证券交易、证券投资活动有关的财务顾问；证券承销与保荐；证券自营；为期货公司提供中间介绍业务；证券投资基金代销；融资融券业务；中国证监会批准的其他业务。此外，本公司还通过全资或控股子公司开展资产管理、直接投资、期货、基金管理以及香港证券业务。

本报告由光大证券股份有限公司研究所（以下简称“光大证券研究所”）编写，以合法获得的我们相信为可靠、准确、完整的信息为基础，但不保证我们所获得的原始信息以及报告所载信息之准确性和完整性。光大证券研究所可能将不时补充、修订或更新有关信息，但不保证及时发布该等更新。

本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次发布时光大证券研究所的判断，可能需随时进行调整且不予通知。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。客户应自主作出投资决策并自行承担投资风险。本报告中的信息或所表述的意见并未考虑到个别投资者的具体投资目的、财务状况以及特定需求。投资者应当充分考虑自身特定状况，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，本公司及作者均不承担任何法律责任。

不同时期，本公司可能会撰写并发布与本报告所载信息、建议及预测不一致的报告。本公司的销售人员、交易人员和其他专业人员可能会向客户提供与本报告中观点不同的口头或书面评论或交易策略。本公司的资产管理子公司、自营部门以及其他投资业务板块可能会独立做出与本报告的意见或建议不相一致的投资决策。本公司提醒投资者注意并理解投资证券及投资产品存在的风险，在做出投资决策前，建议投资者务必向专业人士咨询并谨慎抉择。

在法律允许的情况下，本公司及其附属机构可能持有报告中提及的公司所发行证券的头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或正在争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。投资者应当充分考虑本公司及本公司附属机构就报告内容可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一信赖依据。

本报告根据中华人民共和国法律在中华人民共和国境内分发，仅向特定客户传送。本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、复制、转载、刊登、发表、篡改或引用。如因侵权行为给本公司造成任何直接或间接的损失，本公司保留追究一切法律责任的权利。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

光大证券股份有限公司版权所有。保留一切权利。