

# 车载激光雷达：完善 ADAS 与自动驾驶传感器全套方案

2021 年 9 月 7 日

## 报告摘要

目前，超过 100 家不同的开发公司已投入约 10 亿美元，用于开发高分辨率激光雷达传感器。随着多家 OEM 厂商宣布将激光雷达解决方案纳入畅销车型，其在汽车市场中的应用也将提速。本文探讨了车载激光雷达传感器的优势、所面临的挑战以及市场预测。

## 目录

1. 摘要.....	3
2. 汽车生态系统合作伙伴的重要性.....	5
3. ASIC 与 FPGA 激光雷达处理性能对比.....	8
3.1 基于 FPGA 的解决方案.....	9
3.2 ASIC 解决方案.....	10
4. 激光雷达预测.....	12
4.1 高分辨率激光雷达.....	12
5. 结论.....	14
6. 分析师联系方式.....	14

## 附录

附录 1.1 车载 ADAS 传感器对比.....	3
附录 1.2 车载激光雷达投资商.....	4
附录 2.1 车载激光雷达生态系统合作伙伴.....	7
附录 3.1 车载激光雷达投产时间轴.....	11
附录 4.1 高分辨率激光雷达需求预测.....	13

## 1. 执行摘要

车载激光雷达 (Light Detection And Ranging) 传感器，有望完善高度自动化驾驶解决方案所需的全套传感器。各种传感器用于提供环境（含目标检测与跟踪）与定位感知输入，从而实现高级驾驶辅助系统 (ADAS) 和自动驾驶路线规划与车辆控制功能。自动驾驶采用的典型传感器包括超声波、摄像头、雷达和激光雷达。

附录 1.1 车载 ADAS 传感器对比

传感器类型	成本	天气敏感性	低光照性能	距离	分辨率	传感器尺寸
超声波	极低	低	良好	短	低	小
摄像头	低	中	差	中低 <100 米	高	小
雷达	中	低	良好	远 200m+	中	中
激光雷达	高	中	良好	远 200- 300 米+	高	大

来源：Strategy Analytics

当前，典型的 ADAS 系统依靠摄像头和雷达输入来实现自动紧急制动 (AEB) 等功能。随着自动化水平更高的功能（如车道保持辅助系统 (LKAS)）和动态驾驶辅助技术（如交通拥堵辅助和高速公路驾驶/驾驶员系统）的落地，激光雷达输入将提升摄像头和雷达传感器的输入。激光测距用于确定传感器到目标的距离。在与同一个传感单元确定的方向相结合时，每个点的 3D 位置会成为扫描的“点云”的组成部分。由于激光雷达能够从短距离到长距离以高分辨率检测行人、骑行者和车辆等目标，其真正成为完善自动驾驶汽车传感器全套方案的、极具吸引力的解决方案。

激光雷达传感器的主要优势包括：

- 精确的距离/深度和速度测量
- 空间分辨率 - 高分辨率 3D 对象特征化
- 200 米+ 检测距离
- 为方位角和仰角提供宽视角 (FoV) 和角度分辨率

为了支持未来自动驾驶应用对高分辨率传感的要求，市场预测激光雷达的需求将保持增长势头。

因此，超过 10 亿美元资金已投向多达 100 家不同企业，利用各种新技术开发高分辨率激光雷达传感器，包括不同的激光二极管、扫描方法、集成芯片组、接收器技术等。

- 一些情况下，OEM 厂商和一级供应商会投资一个以上的开发商，以便利用不同技术满足特定传感应用需求，或对冲某家开发商未能进入市场的风险。
- Alphabet、谷歌、Waymo 和 Mobileye 等技术公司已宣布，将推出自主研发的激光雷达解决方案。
- 一些投资商同时也是激光雷达开发商的技术合作伙伴或供应商。
- 随着全自动驾驶系统 (SAE L4 & L5) 商业化变得更具挑战性，OEM 投资正推动市场需求的转移，从高分辨率激光雷达转向高性能 ADAS 和半自动驾驶应用 (SAE L2 & L3)。

## 附录 1.2 车载激光雷达投资商

激光雷达开发商 (或供应商)	主要投资商
Aeva	大众
AEye	空中客车、大陆集团、通用汽车、海拉、英特尔、LG电子、SK海力士、斯巴鲁
Baraja	红杉资本 (也投资 Zoox)
Blackmore	宝马 (前投资商)、丰田 (前投资商)
Blickfeld	大陆集团、Fluxunit (OSRAM)
Cepton	日本株式会社小糸制作所
禾赛科技	百度、微软、安森美
Innoviz	安波福、麦格纳、Naver、三星、软银
图达通	蔚来
LeddarTech	安波福、玛瑞利、OSRAM
Luminar	戴姆勒卡车、格雷森集团、沃尔沃汽车
Ouster	星座、考克斯企业
Quanergy	安波福、戴姆勒、三星
速腾聚创	北汽集团、菜鸟 (阿里巴巴)、上汽集团
SOS Lab	万都
TetraVue	博世、富士康、三星
TriLumina (垂直腔面发射激光器 (VCSEL) 供应商)	卡特彼勒、电装
Velodyne	百度、福特、格拉夫工业公司、尼康

来源：Strategy Analytics

激光雷达在过去一直处于不利地位，因其成本高、在大雨或大雪天气条件下性能会下降，并且仍然需要与摄像头等其他类型的传感器融合，才能在“传感解决方案”中发挥作用，正如某些激光雷达厂商对自己的定位。然而，技术和生产效率的进步降低了激光雷达的成本，汽车制造商已开始将这项技术纳入其 ADAS 传感器套件中。

- 在性能与低功耗（限制成本与传感器模块尺寸以满足热管理要求）、尺寸、重量、处理器和接收器光电二极管功能（具备相关激光脉冲率）以及与其他光源的串扰之间，通常需要权衡取舍。
- 激光雷达的开发极具挑战性，因其需要不同传感域之间的紧密合作（一个域的变化会影响其他域），而且传感器本身的开发也相当复杂。
- 激光雷达需要高算力，用于 3D 点云的高数据速率图像处理。3D 点云由每秒超过 100 万个数据点构成，数据量远超摄像头和雷达传感器。
  - 激光雷达 3D 点云数据处理的步骤为：通过移除不需要的数据进行数据预处理；过滤相关数据并将点云分段；最终识别并分类特征。
- 此外，激光雷达设计必须符合大规模量产的商业要求，且价格合理。平台设计已被一些开发者用于满足其他行业领域的需求。

## 2. 汽车生态系统合作伙伴的重要性

由于激光雷达的开发依赖于众多不同的传感域之间的技术协助，因此，想成功开发出最终的传感器模块，与大量其他公司的合作就显得至关重要。通常情况下，激光雷达初创企业会与一家成熟的一级供应商合作，将该技术投放大众市场，实现大批量车辆生产。

- 与其他类型的传感器相比，开发高分辨率激光雷达更具挑战性，这是因为解决一系列问题的过程中需要很多复杂且不成熟的新技术概念，如环境光照（也属于噪声）。

- 鉴于激光雷达结构复杂且开发成本高昂，因此必须与其他公司组成合作伙伴（特别是与汽车一级供应商），才能借助合作伙伴提供的宝贵经验和专业知识，按汽车标准验证传感器并实现传感器的商品化以投入大规模生产。
- 一级供应商的地位特殊在于，他们也开发自己的传感器技术，因而能够判断哪种新技术概念能够满足汽车需求。初创型激光雷达开发企业在推广自身技术概念时，往往拥有非一般的热情，然而，他们普遍缺乏一级供应商所具备的必要经验和兼容所有技术的通用方法。

激光雷达的开发极具挑战性，因为它需要不同传感域之间的紧密合作（一个域的变动会影响其他域），而且也传感器的开发也相当复杂。需要具备的专业知识包括：

- 光学（激光器、接收器、波束控制）
- 芯片 MEMS 微反射镜、点云数据处理以及存储器应用
- 电子（电子部分的反馈控制和质量保证）
- 热管理
- 封装集成经认证、汽车级传感器

由于传感器涉及多种域，激光雷达开发企业能否与其各个合作伙伴展开协作，也是能否取得成功的关键因素。

一级供应商在激光雷达传感器的开发中占据重要位置。因为他们拥有向汽车制造商供货的经验，能够辨别哪些新技术能满足汽车行业的需求和标准。在高分辨率激光雷达领域，一些技术概念业已成熟并投入生产，而具有高性能前景的新概念，在后期成熟之前仍需进一步发展。

## 附录 2.1 车载激光雷达生态系统合作伙伴

激光雷达开发商 (或供应商)	合作伙伴	活动
Aeva	采埃孚、大陆集团	一级制造商
AEye	爱信、LG电子	一级集成商
AEye	ANSYS、Hella Aglaia、Intvo	软件（仿真）与机器学习
AEye	英飞凌	处理器
AEye	豪威、安森美、达因、e2v	图像传感器（传感器融合；ToF）
AEye	OSRAM	激光二极管
Blickfeld	SensL（安森美）	光电探测器（SiPM、SPAD）
Blickfeld	赛灵思	处理器
Cepton	日本株式会社小糸制作所	一级集成（前照灯模块）
电装	TriLumina	激光二极管（VCSEL）
IBEO（采埃孚）	ams	发送器与激光二极管（VCSEL）
IBEO（采埃孚）	采埃孚	一级制造商
Innoviz	安波福、哈曼（三星）、恒润科技、麦格纳	一级集成商
Innoviz	麦格纳	ECU 制造商（封装 Innoviz 接收器、反射镜和 Maui ASIC）
LeddarTech	安波福、玛瑞利、法雷奥	一级集成商
LeddarTech	佛吉亚歌乐	一级制造商
LeddarTech	瑞萨、德州仪器	处理器
LeddarTech	SensL（安森美）、第一传感器	光电探测器
LeddarTech	意法半导体	MEMS 微反射镜
LeddarTech	TriLumina	激光二极管（VCSEL）
Luminar	电装	一级制造商
Ouster	赛灵思	图像处理
Quanergy	戴姆勒、吉利	OEM 厂商
Quanergy	哈曼（三星）、森萨塔	一级集成商
速腾聚创	菜鸟（阿里巴巴）、京东、美团、真机智能	OEM 厂商（自动驾驶送货车）
速腾聚创	地平线机器人	软件（机器学习）
速腾聚创	赛灵思	处理器（FPGA）
SiLC	伟瑞柯	一级集成（前照灯模块）
SOS Lab	PHIX	ASIC 设计
SOS Lab	万都	一级制造商
Velodyne	Apex.ai、Deepen AI	赛灵思图像处理
Velodyne	AutonomouStuff	一级集成商
Velodyne	EPC	激光器驱动器（氮化镓）
Waymo	EPC	激光器驱动器（氮化镓）
Xenom atiX	考斯沃斯、玛瑞利	一级集成商
Xenom atiX	Smart Me Up（玛瑞利）	软件（机器学习）
ZVISION	赛灵思	处理器

来源：Strategy Analytics

Strategy Analytics 观察到，更高性能和更高分辨率的新一类激光雷达单元正崭露头角。较之用于自动紧急制动 (AEB) 解决方案等低端 ADAS 功能的、更简单的现有激光雷达，新一类激光雷达的售价也更高。低分辨率、低性能的激光雷达解决方案正被基于摄像头的系统所取代。此外，为支持自动驾驶应用，也可在一部汽车上安装多个新类型的高分辨率激光雷达传感器。

- 这类高分辨率激光雷达传感器中的首款是法雷奥/Ibeo SCALA 单元，最初安装于奥迪 A8 中，现已安装至其他奥迪车型中，包括 A6、A8、Q7、Q8 和 e-tron。
- 如下面的附录 3.1 所示，从 2021 年到 2025 年，预计将有多家 OEM 厂商推出高分辨率激光雷达。

## 3. ASIC 与 FPGA 激光雷达处理性能对比

激光雷达点云的实时处理可包含每秒超过 100 万个数据点，因此需要高水平算力为点云深度学习算法加速。激光雷达 3D 点云数据处理的步骤分为：通过移除不需要的数据进行数据预处理；过滤相关数据并将点云分段；最终识别并分类特征。

在选择采用专用集成电路 (ASIC) 或现场可编程门阵列 (FPGA) 之间，激光雷达系统开发者必须进行权衡。目前，大多数已投入使用的 ASIC 主要用于模拟光电，而非数字信号处理：

- NRE - 研究、设计、开发和测试新产品或产品强化的一次性成本
- 性能和功耗 - 功耗预算 vs. 芯片性能
- 上市进程
- 成本
- 芯片封装尺寸

在提及车用 ASIC 和 FPGA 时，存在一些被广泛引用的概括和不准确说法。许多情况下，需要在每种解决方案的定义中排查这些说法。在为激光雷达应用选择 ASIC 或 FPGA 前，建议先咨询芯片厂商，澄清这些归纳概括和不准确说法。



一些这类概括包含：

- **有关 ASIC 的概括：**（优化的性能、功率效率、开发时间长/上市进程慢、可定制性水平低）
- **有关 FPGA 的概括：**（成本过高、高功耗、未针对应用进行优化、开发者资源有限、仅用于研究/测试车辆、不适合大规模投产）

### 3.1 基于 FPGA 的解决方案

与 CPU 和 GPU 中的串行架构不同，FPGA 和基于 FPGA 的多处理器片上系统 (MPSoC) 受益于并行处理架构。FPGA 所具备的灵活性使其适用于需要频繁修改和升级的应用与设备，而 ASIC 则更适用于永久性应用。

- FPGA 提供了灵活性、差异化、灵活应变能力，以及低时延、高吞吐量和快速上市进程。由于 ADAS 和自动驾驶系统的性能、标准和算法时刻发生改变，激光雷达领域非常注重灵活性和灵活应变能力。例如，FPGA 能够进行配置和重配置，以平衡能效和性能要求。
- FPGA 能够提供 AI 应用所需的额外性能和处理效率，包括激光雷达点云处理，以及实现可编程性，从而强化系统灵活性、硬件复用和开发成本下降。
  - FPGA 是一个颇具吸引力的选择，特别是在感知算法仍处于开发阶段时，因为芯片可以随算法的开发而定制，避免了昂贵的 ASIC 解决方案重新设计的潜在成本。
- FPGA 最初被用作加速器器件，以强化基于 CPU 的 SoC 的性能。然而，FPGA 正日益成长为 MPSoC 中的主要处理器件。

FPGA 已从基础的可编程逻辑发展至包含多个嵌入式处理器、计算引擎、存储器和接口的复杂 SoC 器件，所有这些都高能效。

以赛灵思解决方案为例，不同类型的 FPGA 示例如下：

- FPGA：Artix-7 系列、Kintex-7 系列
- SoC：Zynq-7000 系列
- MPSoC - Zynq UltraScale+ MPSoC
- RFSoc - Zynq UltraScale+ RFSoc

## 3.2 ASIC 解决方案

许多开发者已将开发专用集成电路 (ASIC) 作为提高集成度、降低成本和功耗的手段。与 GPU 和 FPGA 相比，典型的 ASIC 解决方案普遍具有更高的效率、更小的芯片尺寸以及更低的功耗。此外，激光雷达开发企业还必须权衡 ASIC 开发周期长、灵活性欠佳的问题。

ASIC 芯片解决方案只能用于其设计所针对的特定用途，不能通过重新编程或修改，执行其他功能或应用。ASIC 是针对特定功能而设计的，且只针对该特定功能。

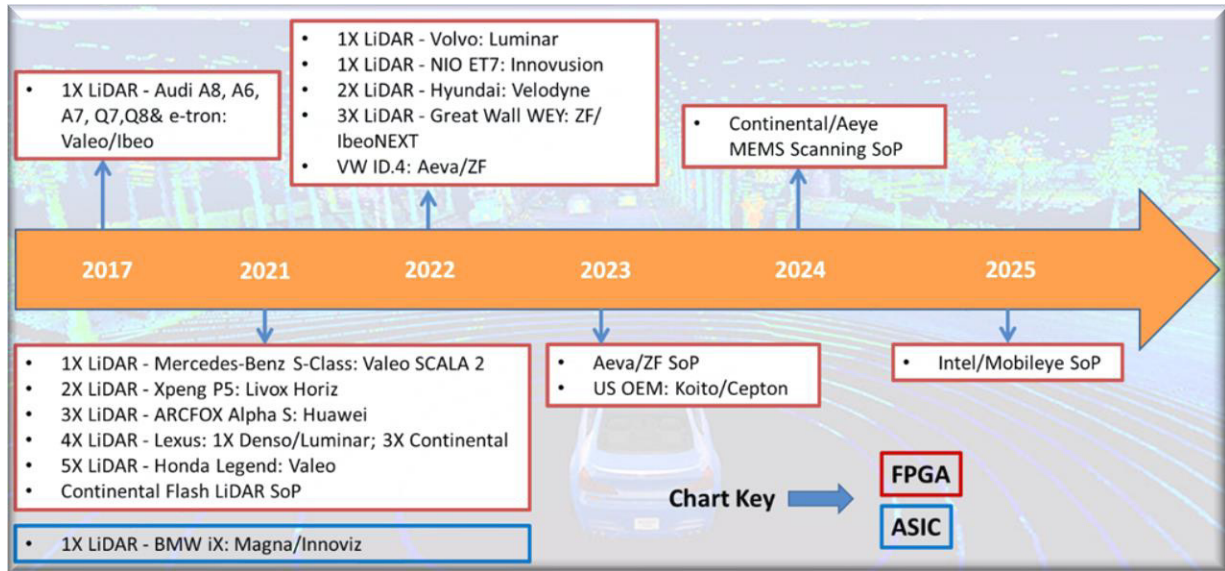
随着功能的完善和产量的增加，ASIC 可以降低成本和功耗。为特定功能设计和构建的专用 ASIC 并非没有潜在隐患，因其不能重新编程，并且需要持续的 NRE 投入。设计、测试、验证和制造 ASIC 还需要掌握专业知识的设计团队，而这可能会导致整个项目成本的增加并延长数月的开发时间。

ASIC 通常情况下：

- 适合大众市场，以及特别适合设计需求的大批量设计
- 较之 FPGA 更节能
- 用于大批量应用时更具成本效益 (ASIC 的单位成本普遍低于 FPGA)
- 封装尺寸小于 FPGA

由于其固有的设计灵活性，FPGA 允许工程师更改内部电路，以响应汽车激光雷达系统不断演进的设计与性能要求。如下列时间轴所示，与基于 ASIC 的设计相比，FPGA 解决方案已跻身投产汽车激光雷达处理应用的主流。

附录 3.1 车载激光雷达投产时间轴



来源：Strategy Analytics

Innoviz 是唯一一家设计获得投产车型采用，同时又能自主设计 MEMS 模块、芯片探测器和信号处理 ASIC（名为 Maui）等关键激光雷达系统组件的主要激光雷达公司。宝马将结合 Innoviz 激光雷达技术与一级供应商麦格纳（提供一体化系统解决方案）的技术。Innoviz 声称自主设计关键组件，不采用现成的商用组件，与激光雷达同类技术或替代技术相比，可提供有保障且可持续的技术差异性。Innoviz 认为，迈入车载激光雷达市场的一大重要阻碍在于，是否掌握大批量生产紧凑型精密传感产品的工艺和技术。

Innoviz 16nm Maui 信号处理 ASIC。

- 控制激光脉冲发射，这些激光脉冲反射出场景中的物体，并返回至探测器采集的位置；
- 接收并处理来自上述探测器的模拟信号，并创建从激光雷达流出的点云；
- 内置用于控制 MEMS 反射镜以保持正确扫描模式的逻辑（可由软件进行配置），同时保持各个单独反射镜之间的同步，这对于保障激光雷达的性能非常重要。
- Maui 内置用于过滤环境光等噪声和提取信号的技术，这对激光雷达的性能至关重要。

- 此外，Maui 还内置硬件和 CPU 核心，用于满足系统必须符合的功能安全性和 ISO26262 要求，达成自动驾驶汽车的安全目标。
- 来源：<https://sec.report/Document/0001193125-21-006347/>

## 4. 激光雷达预测

自动驾驶应用中所需的更高分辨率传感与对高分辨率激光雷达的需求息息相关。

- Strategy Analytics 每年都会发布其 Autonomous Vehicles and Sensors Market Scenarios 报告。从半自动驾驶 SAE L3 到全自动驾驶 SAE L4 和 L5，各等级的自动驾驶应用都需要高分辨率激光雷达。
- 目前，只有激光雷达具备厘米级分辨率，能够检测到路缘石等物体的位置，同时还能识别行人等对象。成像雷达的分辨率无法与激光雷达相提并论（雷达的角度分辨率为  $1^\circ$ ，而激光雷达的角度分辨率为  $0.1^\circ$ ），Mobileye 的“VIDAR”概念也才刚起步。
- 然而，尽管日本以及近期的德国和欧洲已允许汽车制造商在新型轻量级车型上安装此类半自动驾驶系统，但允许 L3 应用上路行驶的监管许可始终很缓慢。

### 4.1 高分辨率激光雷达

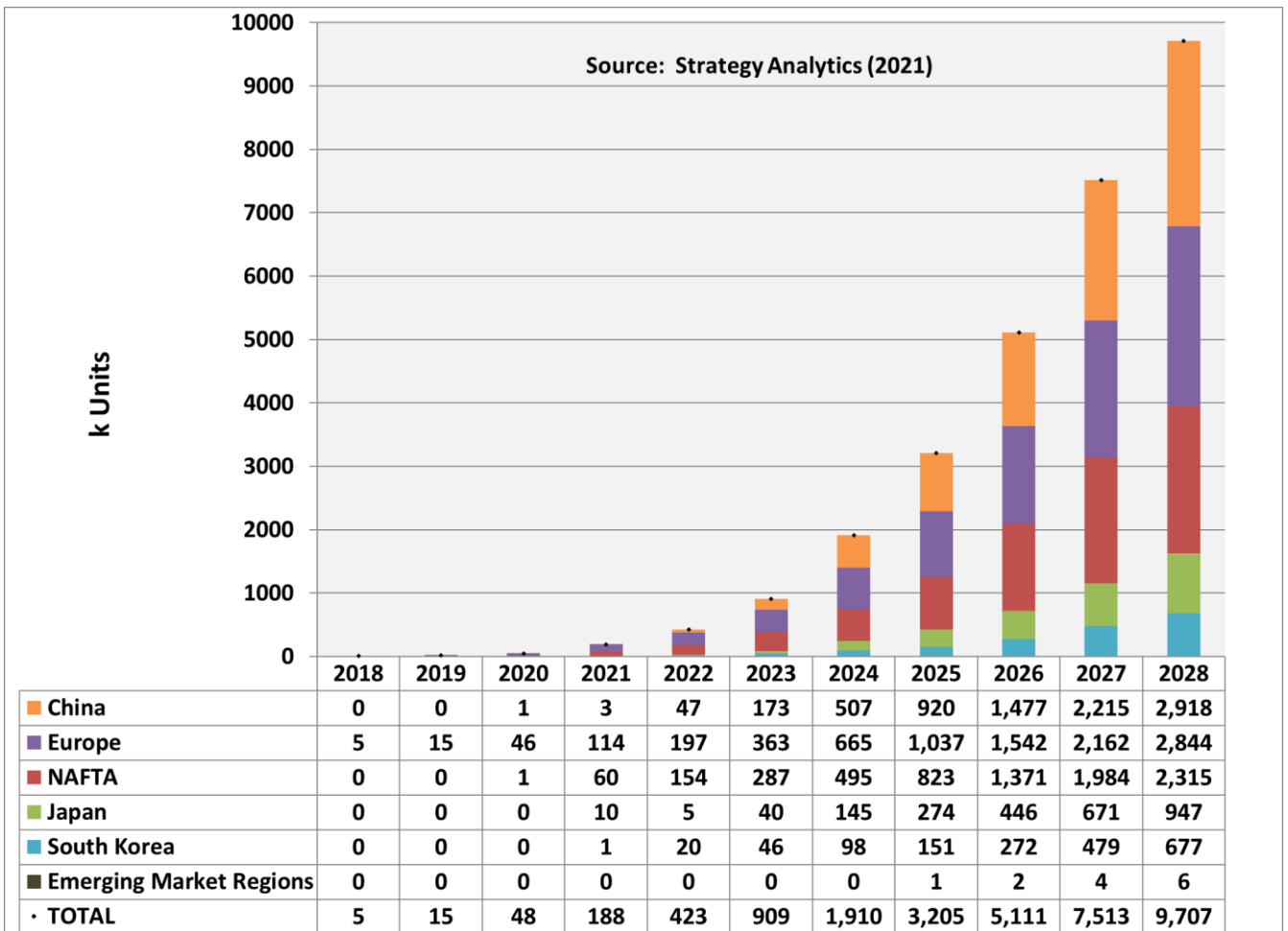
请注意，高分辨率激光雷达的传感器发展预测，仅包括总重 6 吨以下的新型轻量级车型的装配情况，不涉及自动驾驶测试车辆改装、自动化最后一英里摆渡车和公路外行驶的自动驾驶货车。

随着全自动驾驶系统的商品化变得更具挑战性，加之 OEM 厂商正在撤回相关投资，对高分辨率激光雷达的需求正转向 ADAS 应用和半自动驾驶应用。直到最近，SAE L3 应用才获得监管机构审批。高分辨率激光雷达的部署已也因而推迟至今。只有当新技术概念通过汽车行业认证、赢得行业接受并迈向成熟，新型激光雷达才会在未来投入使用。

- 所有激光雷达均部署于距离告警应用中，特别是用于自动巡航控制。

- 从终端车辆制造地的角度观察激光雷达市场，欧洲市场的重要性显而易见，它代表着激光雷达市场目前的最大需求，参见附录 4.1。
- 中国制造的轻量级车型上安装的激光雷达数量，预计将从 2014 年的 2% 增长到 2028 年的 30%。

附录 4.1 高分辨率激光雷达需求预测



来源：Strategy Analytics

## 5. 结论

- 车载激光雷达 (Light Detection And Ranging) 传感器有望完善高度自动化驾驶解决方案所需的全套传感器。
- 因此，多达 100 家不同企业已获得约 10 亿美元投资，运用不同的激光二极管、扫描方法、集成芯片组、接收器技术等各种新技术开发高分辨率激光雷达传感器。
- 高分辨率激光雷达已进入汽车市场，首款产品为最初安装于奥迪 A8 上的法雷奥/Ibeo SCALA 单元，该单元现已安装到其他奥迪车型上。从 2021 年到 2025 年，预计将有多家 OEM 厂商推出高分辨率激光雷达。
- 搭载高分辨率激光雷达的自动驾驶轻量级车型，将从 2020 年的不足 5 万辆增至 2028 年的 970 万辆以上。
- 基于 FPGA 的激光雷达解决方案已在汽车市场上发售。

## 6. 分析师联系方式

可以通过 [mfitzgerald@strategyanalytics.com](mailto:mfitzgerald@strategyanalytics.com) 或拨打下列电话号码联系本报告的作者 Mark Fitzgerald：

其他联系人：

**Kevin Mak**，电子邮件：[kmak@strategyanalytics.com](mailto:kmak@strategyanalytics.com)

**Ian Riches**，电子邮件：[iriches@strategyanalytics.com](mailto:iriches@strategyanalytics.com)

**Angelos Lakrintis**，电子邮件：[alakrintis@strategyanalytics.com](mailto:alakrintis@strategyanalytics.com)

**Roger Lanctot**，电子邮件：[rlanctot@strategyanalytics.com](mailto:rlanctot@strategyanalytics.com)

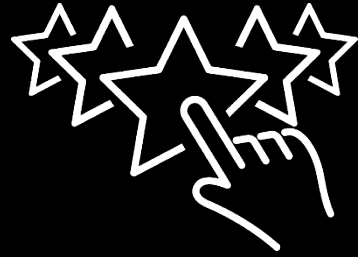
# 欢迎向 Strategy Analytics 寻求帮助

与 Strategy Analytics 合作，您将收获赢得成功所需的知识。



## 理解您的客户

业务机会层出不穷。  
但是哪些才适合您和您的客户？  
哪些将为您提供优势？



## 优化您的用户体验

优化您的产品，  
为您的用户提供最佳体验，  
同时为您提供市场优势。



## 分析市场

借助我们无与伦比的知识  
和世界一流的数据分析技术，  
了解机遇的性质以及您的产品的定位。

## 探索您的未来发展

与我们合作将有助于明晰您的  
决策方向。借助我们的洞察力以及  
预测相关的专业知识，您将做出  
帮助您赢得成功的正确的战略决策。

如有任何疑问，或需要进一步了解我们如何与您合作，根据您的具体需求开发定制解决方案，  
请通过 [custom@strategyanalytics.com](mailto:custom@strategyanalytics.com) 联系我们。