

2021 10

总 34 期

光电科技
情报网



光电科技快报

Opto-electronics Science
& Tech Letters

- 激光雷达产业概述
- 法国计划投资 300 亿欧元发展高科技和新能源等产业
- 2021 年硅晶圆出货量将同比增长 13.9%
- 可应用于 6G 通讯器件的新材料研发成功



中国科学院光电情报网工作组

中国科学院光电情报网内参

光电科技快报

Opto-electronics Science & Tech Letters

(2021 年第 10 期 总 34 期)

中国科学院光电情报网工作组

2021.10

中国科学院光电情报网介绍：

中国科学院光电情报网(简称光电情报网)是在中国科学院文献情报系统“学科情报服务协调组”的整体组织和指导下,由中国科学院武汉文献情报中心牵头组建,联合中国科学院光电领域相关研究所、东湖新技术开发区(中国光谷)、国内相关光电企业、省科学院联盟相关成员单位,共同搭建的情报研究资源共享及协同服务的非营利性情报研究及服务团体。通过“协同开展情报研究服务、组合共建情报产品体系、促进情报资源交流共享、提升整体情报保障能力”的工作方式,创新院所协同、院地合作的情报研究和服务保障模式,更好支撑中国科学院、地方的发展规划布局,坚实保障各个层面的战略决策、智库咨询、科学研究和产业创新情报需求,从而有效推动光电领域科技进步和产业发展。

中国科学院光电情报网工作组：

- 组长单位：中国科学院武汉文献情报中心
- 副组长单位：中国科学院长春光学精密机械与物理研究所
中国科学院上海光学精密机械研究所
中国科学院光电技术研究所
中国科学院合肥物质科学研究院
中国科学院成都文献情报中心
- 组员单位：中国科学院西安光学精密机械研究所
中国科学院海西研究院
中国科学院光电研究院
中国科学院国家空间科学中心
中国科学院国家天文台南京天文光学技术研究所
中国科学院苏州生物医学工程技术研究所
中国科学院上海技术物理研究所
- 特邀单位：安徽科学技术研究院
安徽光电技术研究所

目 录

特别关注	2
激光雷达产业概述	2
战略规划	12
法国计划投资 300 亿欧元发展高科技和新能源等产业	12
北京市“十四五”时期高精尖产业发展规划	12
江西省聚焦新材料产业 推动中部地区高质量发展	15
行业观察	17
2021 年硅晶圆出货量将同比增长 13.9%	17
全球半导体资本支出创新高 2021 年预计达 1500 亿美元	17
中国企业级外置存储市场增速持续领先全球	17
研究进展	19
可应用于 6G 通讯器件的新材料研发成功	19
科学家展示在 SOI 上生长的用于硅光子学的高性能光电探测器	19
提升 InGaN 基红光 Micro LED 效率，法国这一团队有新进展	21
研究人员开发了新的纳米线结构 提高了芯片小型化能力	23

本期责编：胡思思

本期编辑：李海燕（上海光机所） 朱立禄（长春光机所） 王亚军（西安光机所） 张甫
（安徽光机所） 章日辉 曹 晨 刘美蓉

联系电话：027-87199007 87199372

特别关注

激光雷达产业概述

激光雷达被广泛用于无人驾驶汽车和机器人领域，被誉为广义机器人的“眼睛”，是一种通过发射激光来测量物体与传感器之间精确距离的主动测量装置。激光雷达通过激光器和探测器组成的收发阵列，结合光束扫描，可以对广义机器人所处环境进行实时感知，获取周围物体的精确距离及轮廓信息，以实现避障功能；同时，结合预先采集的高精地图，机器人在环境中通过激光雷达的定位精度可达厘米量级，以实现自主导航。

表 1 激光雷达主流的三大应用场景

比较条目		无人驾驶	高级辅助驾驶	机器人
应用场景说明	场景复杂度	高（L4/L5）	中（L2/L3，功能开启场景有限）	低/中（封闭园区，应用较多） 高（城市道路，应用较少）
	承载装置行驶速度	中（城市道路）	中（城市道路）	低（封闭园区）
		高（高速场景）	高（高速场景）	中（城市道路）
对激光雷达的要求	最远测距要求	远	中/远（取决于ADAS 功能）	中/远（取决于应用场景）
	与承载装置的外观集成度*	低	高	中
	价格敏感度	低	高	中/高
	对激光雷达供应商的算法需求度	低	高	低
	车规化要求	中（当前） 高（预期）	高	低

全球激光雷达发展趋势和市场现状

激光雷达应用范围广，可以用于无人驾驶、ADAS、服务机器人、车联网等各个领域，特别是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。激光雷达是 L3 及以上自动驾驶汽车的关键传感器，伴随 L3 汽车逐步量产，激光雷达将迎来市场放量。L3、L4 车辆分别平均搭载激光雷达数为 1 个、2-3 个、4-6 个，伴随成本逐渐下降、预计未来激光雷达将渗透至 L2 车辆。

自 2017 年奥迪 A8 首次搭载 SCALA 的激光雷达后，2021 年多款搭载激光

雷达的新车型发布，除了蔚来、小鹏、极狐等造车新势力，更有奔驰、本田等传统车厂实现激光雷达上车，预计这些车型将于 2021 年底开始陆续量产交付，可以期待 2022 年成为激光雷达放量元年。

根据沙利文的统计及预测，未来受到 L3-L5 自动驾驶普及，车路协同的智慧城市，专业服务机器人等领域需求的拉动，全球激光雷达市场于 2019~2025 年的复合增长率达 64.5%，从 2020 年的 10-12 亿美元，增长超过 10 倍以上到 2025 年的 135.4 亿美元。

根据另一研究机构 TrendForce 的预测，2030 年全球激光雷达前装量产市场出货量将超过 1.2 亿个，2021~2030 年复合出货量增长率达 120%，2030 年全球激光雷达前装量产市场规模将达 233 亿美元，2021~2030 年复合增长率近 90%。按照全球 9000 万辆汽车、一辆车搭载 4 个激光雷达、单个激光雷达售价 500 美元计算，Luminar 预计全球激光雷达总市场规模达 1800 亿美元。

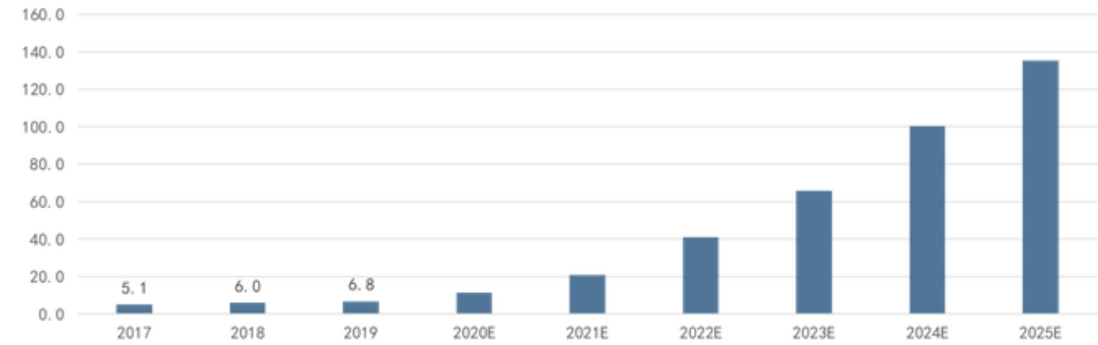


图 1 全球激光雷达市场规模 (亿美元)，来源：Frost & Sullivan

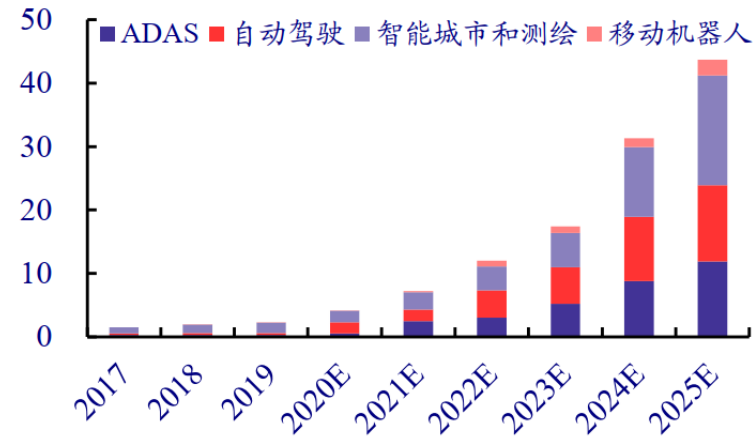


图 2 中国激光雷达市场规模 (单位：亿美元)，资料来源：沙利文研究

国外的激光雷达产业起步较早，竞争日益激烈，明星企业都有自己的独特优势技术，同时在 2020 年纷纷开始上市之路。其中 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。

表 2 海外激光雷达主要厂商，资料来源：传感器专家网

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
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

其中 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 3 海外激光雷达厂商技术对比，资料来源：汽车之心

	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

中国激光雷达产业情况

尽管国外企业具有先发优势，但国产企业在成本和精度上相比国外同档次产品依然拥有优势。

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，所以这个领域国产厂商有望超车。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 2021 年第 4 季度实现量产；洛微科技则已初步完成样品设计。机械旋转雷达领域，主要是速腾聚创、禾赛科技、镭神智能三家明星企业，但目前已经开始向前装固态领域转型。

表 4 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	-----	-----	-----

表 5 主要企业技术路径及应用场景统计, 资料来源: 青桐资本

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		✓		✓			✓	✓			✓	

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。激光雷达成本的迅速下降更得益于中国相关产业链的成熟与完善，将成本迅速降低。特别是中游激光雷达已经有不少国产厂商如禾赛科技、大疆、华为、速腾聚创、镭神智能等。

表 6 激光雷达产业链

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款 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、科大讯飞等各行业的龙头企业。

从产业链的角度看，中国激光雷达产业链完备，各环节都有参与者，跟随国际领先厂商发展。国外厂商在上游光源、探测器和光束操纵等领域具有优势。上游激光器国产厂商有瑞波光电、纵慧芯光半导体，探测器国产厂商有灵明光子、芯视界等，国外厂商在成熟度和可靠性更好，国内的厂商的产品性能目前已经基

本接近国外供应商水平，且在价格上具有竞争优势。FPGA 芯片目前国内厂商主要有紫光同创、高云半导体、复旦微电子等，在产品性能上与国外厂商还有比较大的差距，不过 FPGA 不是唯一选择可以通过 MCU 和 DSP 作为替代方案；在模拟芯片领域国内供应商主要包括矽力杰、圣邦微电子等，在产品成熟度和水平纯在一定差距；光学部件国内供应链已经达到或者超越国外供应链水准，且成本优势明显已经可以完全替代。中游激光雷达已经有不少国产厂商如禾赛科技、大疆、华为、速腾聚创、镭神智能等。下游国产厂商参与者也较多，无人驾驶国内有小马智行、文远知行、Momenta、百度、商汤等，服务机器人国内厂商有高仙、优必选、白犀牛等，车联网国产方案提供商有百度、大唐、金溢科技等。

表 7 中国激光雷达主要企业

公司名称	大疆	大疆	华为	禾赛科技	Luminar	Velodyne	速腾聚创
产品型号	Tele-15	Horizon	96 线中长距激光雷达	PandarGT	300 线	Velarray H800	RS-LiDAR-M1
技术路线	OPA	OPA	MEMS	MEMS		MEMS	MEMS
探测距离 @10% 反射率	320m	260m	短距: 80m 中距: 150m 长距: 220m	300m	250m	200m	180m
测量精度	2cm	2cm		±2cm		±3cm	±5cm
扫描频率				10Hz,20Hz		10Hz,20Hz,25Hz	15Hz
垂直视场角	16.2°	25.1°	短距: 25° 中距: 38°	20°	30°	35°	25°
垂直角分辨率	0.12°	0.28°	0.07°	最小 0.16°		0.05° ~0.5°	平均 0.2°
水平视场角	14.5°	81.7°	短距: 140° 中距: 130°	60°	120°	120°	120°
水平角分辨率	0.02°	0.03°				0.12° ~0.2°	0.2°
价格 (美元)	1000	1385	≤200	5000	500-1000	≤500	

国产激光雷达技术全球领先行列，价格优势明显。在机械激光雷达领域，国产厂商禾赛科技、速腾聚创等企业已经形成规模销售，且产品性能处于全球领先水平。在半固态领域华为、大疆等企业的激光雷达在售价和成本方面相比于国外厂商拥有巨大的优势。

激光雷达技术发展趋势

激光雷达按照测距方法可以分为飞行时间（ToF）测距法、基于相干探测的 FMCW 测距法、以及三角测距法等，其中 ToF 与 FMCW 能够实现室外阳光下较远的测程（100~250m），是车载激光雷达的优选方案。激光雷达按照光束操纵方式可分为机械式、半固态及固态式。总体来讲，机械式目前最为成熟、产量最高，主要应用于无人驾驶，但使用寿命限制难过车规要求；微振镜、转镜、棱镜等半固态式激光雷达陆续通过车规，并已少量前装量产，近年内或形成放量；长期来看 FLASH、OPA 均可能成为主导路线。

表 8 不同的厂商技术路线对比

公司	技术路线	发展阶段	产品成熟度	市场地位
禾赛科技 中国	在售产品包括不同架构的机械旋转方案的多线激光雷达。有（半）固态和纯固态激光雷达技术储备	成立于 2014 年 10 月，已申请科创板上市	多线机械旋转雷达的多个产品已形成规模销售	产品广泛用于全球头部无人驾驶项目，同时也服务于机器人及车联网领域
Velodyne 美国	主要为机械旋转方案的多线激光雷达；已发布（半）固态产品	2020 年 9 月完成 NASDAQ 上市	多线机械旋转雷达的多个产品已形成规模销售	产品广泛应用于服务机器人、无人驾驶领域
Luminar 美国	产品使用 1550 nm 激光器、InGaAs 探测器、以及扫描转镜；	2020 年 12 月完成 NASDAQ 上市	无公开批量售卖产品	面向无人驾驶测试及研发项目。
Aeva 美国	布局芯片 FMCW 连续波调频激光雷达	计划 2021 年第一季度完成 NYSE 上市	无公开批量售卖产品	当前尚无信息显示规模化应用。
Innoviz 以色列	半固态方案，选用二维微振镜作为扫描器件	计划 2021 年第一季度完成 NASDAQ 上市	市场上无公开批量售卖产品	与宝马达成供应协议，为 2021 年推出的 L3 量产车提供激光雷达
Ouster 美国	机械旋转式，采用 VCSEL 和 SPAD 阵列芯片技术；	计划 2021 年上半年完成 NYSE 上市	多线机械旋转雷达的多个产品已形成规模销售	中、近距离激光雷达的主要供应商之一。产品主要应用于服务机器人、无人驾驶等领域。
Ibeo 德国	在售产品采用转镜方案；已发布基于 VCSEL 和 SPAD 阵列的纯固态产品	自 2016 年，德国 ZF（采埃孚）持有其 40% 股份	半固态激光雷达已形成规模销售；纯固态方案无公开批量售卖产品	SCALA 是目前 ADAS 领域唯一在量产车上使用的多线激光雷达
速腾聚创 中国	机械旋转方案和微振镜方案，同时销售激光雷达的环境感知算法解决方案	2018 年 10 月公布 3 亿元人民币战略融资，此前已完成至 C 轮融资	多线机械旋转雷达的多个产品已形成规模销售	主攻机器人市场

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。



图 3 激光雷达发展路线，资料来源：麦姆斯咨询

机械式激光雷达是当前自动驾驶汽车应用最主流的产品。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令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。

表 9 主流激光雷达产品概况

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
	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

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。

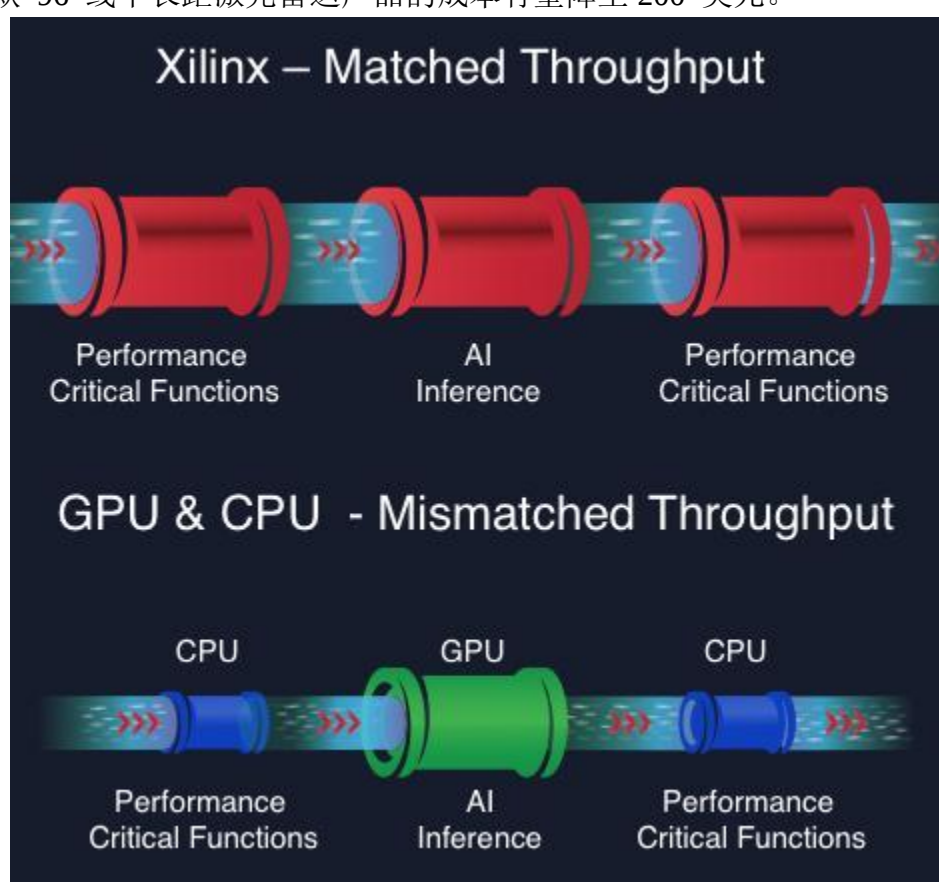


图 4 FPGA vs GPU&CPU

在激光雷达产业链中，FPGA 芯片通常被用作激光雷达的主控芯片。激光雷达在扫描到大量讯息后，其中包含距离，方位，高度，速度，形状的各种大数据，会先传送信息给低延迟（FPGA's 3ms vs. CPU/GPU's 50ms 延迟）的 FPGA 或 ASIC 主控芯片来做低延迟的边缘深度学习推理，如自动过滤杂讯，及时决策，反应突发状况等。虽然车厂像特斯拉开发自己的 ASIC 芯片来取代 FPGA, GPU, CPU，但若是自有需求量不足，开发自用芯片的成本，风险，周期会远高于 FPGA，这解释了为何赛灵思目前的 FPGA 产品在激光雷达主控芯片市场的占有率超过

80%。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。

总结

综合来看，激光雷达领域国外厂商布局较早，已经掌握了比较成熟的技术，且于 2020 年开始加快上市进程，另一方面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。

技术路线方面，由机械向固态混合、固态发展。不管是国外还是国内的产商，当前的技术重点都放在成本低、车规级、可量产的固体激光雷达上。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。

成本方面，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，激光雷达产业化进程将迎来实质加速。

应用层方面，应用场景逐渐丰富，从最初用于测绘和军事，逐渐发展到 VR/AR、智慧交通、3D 打印、自动驾驶、机器人等，特别是 L3 级别以上的自动驾驶，激光雷达是必备的传感器。

竞争格局方面，海外企业起步较早，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，未来竞争格局将更加激烈。

值得一提的是，激光雷达产业链上游的部分核心元件仍被国外垄断，如 FPGA、模拟芯片等，但是国产供应链厂商也在迅速发展，在产品的定制化上有一定的灵活性，价格也有一定优势。

信息来源: eefocus

战略规划

法国计划投资 300 亿欧元发展高科技和新能源等产业

法国总统马克龙 10 月 12 日在总统府爱丽舍宫公布了一项 300 亿欧元的投资计划，主要涉及半导体、生物制药、核能、电动汽车、农业等领域，旨在提高法国通过创新实现经济增长的能力。

根据这项名为“法国 2030”的计划，法国将投资近 60 亿欧元，应对半导体短缺并确保法国工业在该领域的独立性，使法国电子产品产量在 2030 年前增加一倍。

此外，法国还计划在交通运输领域投资约 40 亿欧元，促进电动汽车和混合动力汽车生产，并在 2030 年前生产首架低排放飞机。

马克龙还宣布，将在 2030 年前向核能领域投资 10 亿欧元，以开发“颠覆性技术”，特别是“更加模块化”和“更加安全的”小型核反应堆。同时，法国将大力发展氢能源，在钢铁、水泥和化工等产业部门用氢能源替代化石燃料，帮助这些行业脱碳。

根据该计划，法国在 2030 年前将至少投资 20 亿欧元用于农业创新。同时，还将加大对生物医药行业的投资，在 2030 年前开发至少 20 种对抗癌症、新发疾病和慢性病的药物。

此前，法国推出总额 1000 亿欧元的经济复苏计划，其中近 400 亿欧元为欧盟提供的拨款。法国政府表示，经济复苏计划资金将侧重于支持生态转型和数字经济，此外还将用于提高企业竞争力和促进就业。

信息来源：新华社

北京市“十四五”时期高精尖产业发展规划

2021 年 8 月 18 日，北京市人民政府发布《北京市“十四五”时期高精尖产业发展规划》（京政发〔2021〕21 号）。

《发展规划》指出以自主突破、协同发展为重点，构建集设计、制造、装备和材料于一体的集成电路产业创新高地，打造具有国际竞争力的产业集群。重点布局北京经济技术开发区、海淀区、顺义区。

（1）集成电路创新平台。以领军企业为主体、科研院所为支撑，建立国家

级集成电路创新平台；支持新型存储器、CPU、高端图像传感器等重大战略领域基础前沿技术的研发和验证，形成完整知识产权体系。

（2）集成电路设计。重点布局海淀区，聚力突破量大面广的国产高性能 CPU、FPGA、DSP 等通用芯片及 EDA 工具的研发和产业化；面向消费电子、汽车电子、工业互联网、超高清视频等领域发展多样化多层次行业应用芯片；支持技术领先的设计企业联合产业链上下游建设产业创新中心。

（3）集成电路制造。坚持主体集中、区域集聚，围绕国家战略产品需求，支持北京经济技术开发区、顺义区建设先进特色工艺、微机电工艺和化合物半导体制造工艺等生产线。

（4）集成电路装备。支持北京经济技术开发区建设北京集成电路装备产业园，建设国内领先的装备、材料验证基地，打造世界领先的工艺装备平台企业和技术先进的光刻机核心部件及装备零部件产业集群；加快完善装备产业链条，提升成熟工艺产线成套化装备供给能力以及关键装备和零部件保障能力。

《规划》还提出抢先布局一批未来前沿产业。包括：

（1）量子信息领域完善量子信息科学生态体系，加强量子材料工艺、核心器件和测控系统等核心技术攻关，推进国际主流的超导、拓扑和量子点量子计算机研制，开展量子保密通信核心器件集成化研究，抢占量子国际竞争制高点。

（2）光电子领域积极布局高数据容量光通信技术，攻克光传感、大功率激光器方向材料制备、器件研制、模块开发等关键技术，推动硅基光电子材料及器件、大功率激光器国产化开发。

（3）新型存储器领域开展先进 DRAM 技术研发，推进 17nm/15 纳米 DRAM 研发与量产，突破 10 纳米 DRAM 部分关键技术。

《北京市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》提出，重点发展集成电路产业。

（1）以设计为龙头，以装备为依托，以通用芯片、特色芯片制造为基础，打造集成电路产业链创新生态系统。

（2）开发 IP 库和工具软件，建设集成电路装备工艺验证与技术创新平台，建成中关村集成电路设计园二期、中国移动国际信息港、北京经济技术开发区集成电路装备产业基地二期和国家信创园。

（3）支持先进工艺、制造材料、EDA、碳基集成电路等一批突破性项目，实施集成电路制造业新生产力布局项目和集成电路装备产业基地项目，支持 8

英寸晶圆产线和 8 英寸 MEMS 高端产线落地, 夯实“研发线+量产线”协同格局。

(4) 支持创新企业共同组建光刻机研发中心, 积极发展 7/5/3 纳米刻蚀设备、薄膜设备、离子注入机等高端装备, 支持光刻机中光学镜头、光源及工件台等自主可控项目建设。

(5) 鼓励企业开展 AI 芯片、高端传感器等人工智能细分领域应用, 建设国家高端仪器和传感器产业基地。

(6) 加快基础制造工艺、元器件等技术攻关, 培育核心零部件、高端装备制造工业。

北京经开区(亦庄)

2021 年 7 月发布的《“十四五”时期北京经济技术开发区发展建设和二〇三五年远景目标规划》指出, “十四五”期间, 北京经开区在产业链创新链上将进一步发力, 以“白菜心”工程等重大攻坚项目为抓手, 继续强化集成电路制造和装备环节优势, 确立北京经开区在全国集成电路全产业链发展的领导地位。

《目标规划》指出, 引领集成电路自主可控发展。

(1) 以自主可控为导向, 率先组织开展集成电路产学研用一体化突破, 推动芯片设计、先进制造、关键设备、零部件、核心材料、先进封测等集成电路全产业链发展

(2) 重点布局图像传感器、超高清显示、存储、车规、国产 CPU、IGBT 等芯片设计细分领域。强化制造领域引领地位, 加快中芯国际产能提升, 支持存储器芯片快速量产。

(3) 提升关键设备核心竞争力, 实现刻蚀、薄膜、离子注入等关键装备全布局, 形成区域集中、协同发展的集群效应。

(4) 联合攻关金属部件、硅基及陶瓷等非金属部件、电子部件的供应安全问题, 重点关注光刻机核心部件, 支持光学镜头、激光光源、工件台及计算光刻软件等规模化应用, 探索光刻机整机测试平台建设。

(5) 填补核心材料产业空白环节, 实现光刻胶、溅射靶材和专用气体等材料国产化突破。

(6) 加速先进封装工艺和测试能力落地, 满足国产 CPU、显示驱动和 5G 射频产品封测需求, 补齐区域短板。

信息来源: 北京市人民政府

江西省聚焦新材料产业 推动中部地区高质量发展

9月16日，江西省人民政府发布的《关于江西在新时代推动中部地区高质量发展中加快崛起的实施意见》中提到，聚焦新材料等六个优势产业，力争在航空复合材料、集成电路、中医药提取和新药研制、高性能金属新材料、高端精密制造、高性能储能材料等领域取得一批重大科技成果。其中，与光电相关的内容如下：

（十）增强中心城市竞争力和县城承载力。以人为核心、以提升质量为导向，依托中心城市和重点县城，加快推进以城市群为主体形态、县城为重要载体的新型城镇化建设。全面增强赣州省域副中心城市综合实力和竞争力，加快推动中心城区发展，提升重点产业发展规模和层次，建设赣粤闽湘四省通衢区域中心城市。加速壮大上饶和宜春区域性中心城市，重点提升上饶“两光一车”和宜春新能源（锂电）、生物医药、先进装备制造等产业发展水平，不断增强对周边区域的辐射带动能力。提升其他重点城市发展能级，夯实产业基础，优化城市品质，加快塑造空间结构清晰的城镇组团。鼓励各市县因地制宜发展特色经济，推进县城补短板强弱项，促进公共服务设施、环境卫生设施、市政公用设施、产业配套设施提级扩能。加快建设新宜吉六县转型合作示范区，推动融合发展、协作共赢。

（二十）推进新型基础设施建设。聚焦信息基础设施、融合基础设施和创新基础设施三大方向，统筹推进、科学布局新型基础设施建设。加快发展物联网感知、高速智能信息网络、大数据中心等新一代信息基础设施，推动互联网协议第六版（IPv6）与信息基础设施融合发展，推进重点城镇及以上地区第五代移动通信技术（5G）网络全覆盖，建设新一代超大容量、超长距离、智能调度的光传输网，实现行政村千兆光纤网络全覆盖，力争在南昌设立国家级互联网骨干直联点，在符合条件的设区市建设国际互联网数据专用通道。深入实施“智慧+”示范应用工程，加快交通物流、公共服务、环境保护、应急管理等重点领域融合应用步伐，全面建成南昌、九江、赣州、鹰潭、吉安等地“城市大脑”，打造智慧校园、智慧医疗、智慧旅游、智慧应急等一批智慧公共服务基础设施。

（二十二）构建现代能源体系。加快应急备用和调峰电源布局，推进瑞金二期、丰城三期、信丰电厂、新余二期等项目建设。积极引入区外优质电力，有序建设南昌至长沙、南昌至武汉等特高压交流工程，研究推进赣闽联网工程。加大清洁能源开发利用力度，因地制宜发展绿色小水电、分布式光伏发电，到2025年，风电、光伏、生物质发电装机容量分别达到700万千瓦、1600万千瓦、100

万千瓦以上。强化电力调峰和存储能力，推进火电机组深度调峰灵活性改造，建设奉新等抽水蓄能电站，因地制宜发展储能电站。积极开展氢能利用试点。提升电力输送能力，持续完善 500 千伏骨干网架，扩大 220 千伏电网覆盖范围，改造提升农村电网。推进樟树——萍乡、赣州——瑞金等成品油管道建设，构建“十”字形输油主网架。推进川气东送二线江西支干线（安庆——景德镇）等国家输气管道建设，完善省级天然气管网，早日实现县县通管输气。

信息来源：江西省人民政府

行业观察

2021 年硅晶圆出货量将同比增长 13.9%

国际半导体产业协会（SEMI）10 月 19 日发布了半导体行业年度硅晶圆出货量预测报告。2021 年硅晶圆出货量将同比增长 13.9%，达到近 14000 百万平方英寸（millionsquareinch,MSI）的历史新高。

SEMI 预计到 2024 年，全球硅晶圆出货量将实现强劲增长。SEMI 的行业研究与统计市场分析师 InnaSkvortsova 表示：“在多个终端市场对半导体的强劲长期需求推动下，我们看到硅晶圆出货量显著增加。预计未来几年增长势头将继续，但可能会受到宏观经济复苏步伐放缓以及晶圆制造产能何时增加以因应不断地增长需求的影响。”

信息来源：SEMI

全球半导体资本支出创新高 2021 年预计达 1500 亿美元

近日，美国半导体行业协会（SIA）发布了《2021 美国国家半导体行业报告》。《报告》认为，由于新冠疫情引起的芯片短缺现象已经遍布全球，给包括汽车行业在内的终端市场带来了很大影响。为应对缺芯危机，除了提高晶圆厂的利用率之外，提高资本支出才是长期应对之策。近两年全球半导体行业的资本支出已经创下了历史新高，2021 年的行业资本支出预计将达到近 1500 亿美元，2022 年将超过 1500 亿美元。

资料来源：SIA

中国企业级外置存储市场增速持续领先全球

2021 年以来，中国外置存储市场保持了较快的增长，2021 年上半年同比增长率达到 33.5%，市场规模达到 23.9 亿美元；2021 年第二季度同比增长为 33.3%，市场规模为 14.6 亿美元。

IDC 近日发布《中国企业级外部存储市场季度跟踪报告，2021 年第二季度》。报告显示，全球外置存储市场从 2021 年一季度开始回温，在二季度得到更强增长，同比上升 9.7%，市场规模达 69 亿美元；从存储阵列看，全闪存系统在二季

度同比增长 7.6%，总规模超过 27 亿美元。

从存储系统看，软件定义存储（SDS）以及超融合存储系统（HCI）仍会推动中国企业级外部存储市场的增长。2021 年上半年，存储币、起亚币等挖矿项目仍推动 SDS 产品的出货；HCI 也在第二季度开始支撑例如 BZZ Swarm 项目为代表的挖矿场景。同时，传统行业的需求，如来自医疗行业的 PACS 系统分布式存储需求和金融行业的上云需求等仍会在未来几个季度推动 SDS 和 HCI 产品的出货。目前，软件定义存储以及超融合存储系统的硬件收入在整体外置存储市场占比已超过 44%，2021 年上半年同比增长超过 53%。全闪存存储系统在 2021 年上半年同比增长 45.4%，金融和政府贡献了全闪存存储系统 60%左右的出货，随着“双碳”目标的推进，更多用户将追求建立更高效节能的未来数据基础设施，“全闪存数据中心”成为数据基础设施建设的目标，其他传统行业如制造、教育和交通等行业将继续加大对全闪存阵列的采购。

IDC 预测，中国外置存储市场的未来五年复合增长率将达到 12.6%，规模将在 2025 年达到 96 亿美元，其中软件定义存储硬件以及超融合硬件都将在未来五年达到 16%以上的复合增长率；2021 年全闪存存储市场的增长速率仍将超过 30%，市场占有率逐渐提升。

IDC 中国企业研究部研究经理杨煦表示，2021 年第三季度中国企业级外置存储市场仍将保持 25%左右的快速增长，政府政策仍将继续引导市场加快数字基础设施建设，在包括 5G、工业互联网、大数据中心、人工智能等七个领域中推动“新基础设施投资计划”，鼓励最终用户投资于数据中心和 IT 基础设施，这将使许多企业升级他们的 IT 基础设施，使他们的业务和应用数字化，并最终影响数据消费和存储支出。建议存储技术供应商继续关注各省市地区，特别是对涉及疫情防控和公共卫生的重大项目建设，以及工业投资和交通基础设施投资，深入行业场景进行技术研发，协助企业机构升级数字基础设施。

资料来源：IDC

研究进展

可应用于 6G 通讯器件的新材料研发成功

日前,天津大学微电子学院本科生战宇在业内权威期刊《合金与化合物杂志》发表论文《锂基介质陶瓷的宽温稳定性研究》,面向 5G 毫米波器件成功研发出一种具有优异宽温稳定性的介质材料,相关技术同样具有应用于 6G 无线通讯器件设计开发的潜力。

6G——即第六代移动通信技术,具备智慧内生、安全内生、多域融合、算网一体四大特征,将助力人类社会走向智能时代。尽管 5G 目前也只在少数国家推广,距离全球普及还需时日,但很多国家和厂商已不约而同地开始 6G 技术预研,布局未来抢跑。2020 年,我国《6G 无线热点技术研究白皮书》提到,6G 将完成“海量物联”和“万物智联”,在陆地、海洋和天空中搭建大量的互联终端设备。

作为无线通信系统中的核心器件,天线肩负着电磁能量转换的重要使命,而天线和其他无源器件的载体——介质基板作为“高楼地基”,其稳定性将直接影响天线的工作性能。6G 时代的网络设施将是一种“空天地海一体化”全覆盖网络,由于物理环境差异性,通信器件的温度稳定性具有重要意义。基于此,战宇考虑到环境温度差异性对天线性能的影响,进行了介质基板温度稳定性的研究,在满足超低损耗的同时,成功制备出了具有宽温稳定性的介质材料。这种新材料有望保证相关太赫兹介质器件在-40℃到 120℃温度区间性能稳定,大幅减少外界温度变化给设施带来的影响,从而克服全覆盖网络建设所伴随的物理环境差异难题,使 6G 使用者的网络体验不因基材性能的变化而受到影响。

据战宇介绍,这种新材料具有重量轻、损耗低、稳定性高等优势,且成本低廉,未来有望广泛应用于 6G 时代无线通讯系统搭建。该项目目前已通过第十七届“挑战杯”全国竞赛网评阶段,拿到了全国总决赛终审的“入场券”。

信息来源: 天津大学

科学家展示在 SOI 上生长的用于硅光子学的高性能光电探测器

香港科技大学的研究团队最近开发了一种新的半导体沉积方案,并展示了绝

缘衬底上的硅 (SOI) 上生长的, 用于硅光子学的高性能光电探测器 (PD)。这些 III-V 光电探测器是硅光子学中高速数据通信的合格候选者。这些结果为未来在 SOI 平台上单片集成 III-V 族有源器件和基于硅的无源器件提供了一个实用的解决方案。相关研究发表在《Optica》上。

日益增长的通信量将传统的电子互连推向了极限。硅光子学以其高速和大带宽能力, 以及可扩展和高通量制造被视为解决这一紧迫问题的使能技术。高性能 PDs 是硅光子集成电路 (Si-PIC) 中至关重要的光学构件。除了高响应度、低暗电流、大带宽、宽波段工作、与硅波导的有效光耦合外, PDs 也需要 CMOS 兼容性等特性。长期以来, III-V 族光电探测器一直部署在基于 InP 的光子集成电路 (PIC) 中, 因为它们具有出色的器件性能, 包括在宽工作频带内的高响应度、大带宽和低暗电流。最近, 对在 Si 上生长的 III-V PD 的兴趣开始蓬勃发展, 补充了在 Si 上集成 III-V 激光器的研究以及在 Si 光子学平台上集成高性能 III-V 光子学的最终目标。

硅上 III-V PD 的毯式异质外延产生极低的暗电流, 然而, 用于减少缺陷的厚缓冲层使其与 Si 波导的光耦合具有挑战性, 并且这些 PD 的 3 dB 带宽通常落在 10 GHz 以下的范围内。或者, 由于其独特的缺陷管理和促进有效光耦合到 Si 波导, 在 Si 上选择性异质外延 III-V PD 会导致无缓冲 PD。同时, 随着相关尺寸的减小, 高速性能也可以得到显著提高。垂直纵横比捕获 (ART) 和纳米脊工程 (NRE) 等技术产生具有垂直配置的 III-V 族 PD, 而模板辅助选择性外延 (TASE) 和横向 ART 等方法构建具有面内结构的 PD 配置。尽管通过垂直 ART 和 NRE 方法在 Si 上生长的垂直 III-V PD 表现出低暗电流和高响应率, 但 III-V 和 Si 之间的高度差异阻碍了光耦合效率。此外, 通过有缺陷的 III-V/Si 界面进行载流子收集的电气路径也限制了这些设备的高速性能。

相比之下, 通过 TASE 和横向 ART 方法在 SOI 上生长的 III-V 族材料具有 Si 器件层的面内配置, 并且有缺陷的 III-V/Si 异质界面被排除在 p-i-n 器件结构之外。最近, 使用 TASE 方法, 证明了 III-V 族纳米线 PD 在 O 波段工作, 3 dB 带宽超过 25 GHz。尽管高频结果令人印象深刻, 但深亚波长尺度的器件尺寸限制了产生的光电流量, 并使随后的光与 Si 波导接口具有挑战性。

香港科技大学团队开发了在单片 InP/绝缘体上硅 (SOI) 平台上生长的高性能 III-V PD, 该平台满足上述 Si 光子学中 PD 的标准。研究人员首先通过协同模板辅助选择性外延 (TASE) 和 ART 方案, 创建了具有 InP 亚微米棒和大

尺寸 InP 膜的单片 InP/SOI 平台。基于此 InP/SOI 平台构建，设计并制造了各种尺寸的 III-V PD。这些 PD 表现出超过 40 GHz 的 3 dB 带宽、1550 nm 处 0.3 A/W 和 1310 nm 处 0.8 A/W 的响应度、0.55 nA 的暗电流以及从 1240 nm 到 1650 nm 的宽工作频带。通过设计 PD 的长度，可以针对各种应用调整光电流。最后，通过设计波导耦合 PD 模拟了将 PD 与 Si 波导接口的可行性。

该团队首次展示了在单片 InP/SOI 平台上生长的 III-V 光电探测器（论文发表在 *Light: Science and Application*）上，以满足硅光子学中 PD 的严格标准。论文作者刘教授说“这是通过我们最新开发的具有亚微米 InP 条和大尺寸 InP 膜的单片 InP/SOI 平台实现的。我们团队对器件物理和生长机制的综合专业知识和洞察力使我们能够完成具有挑战性的任务外延生长、材料特性和器件性能的交叉相关分析。”这项工作中的器件制造技术是在香港科技大学位于清水湾校区的纳米系统制造厂（NFF）开发的。这项工作得到了香港研究资助局和香港创新科技基金的支持。这项工作最近发表在 *Optica* 上。

信息来源：香港科技大学

提升 InGaN 基红光 Micro LED 效率，法国这一团队有新进展

随着 MicroLED 逐步走近大众视野，跨越瓶颈问题显得愈加迫切，其中就包括红光 MicroLED 的生产和效率问题。

InGaN 材料潜力大，但效率提升仍受限

多项研究表明，基于磷化物结构的红光 LED，外量子效率等性能会随着芯片尺寸缩小而降低，尤其是当尺寸微缩至 10 μ m 以下时，因长载流子扩散长度及侧壁高密度表面缺陷，性能损失会更为严重。不过，这一难题在近年来接连取得重要突破。

美国加州大学圣塔芭芭拉分校（UCSB）、阿卜杜拉国王科学技术大学（KAUST）、GaNMicroLED 材料开发商 Porotech、半导体材料商 Soitec、首尔伟傲世、晶能光电等不少全球学者、研究者和技术开发商的研发成果均表明，基于 InGaN 材料制造的红光 MicroLED 拥有更好的性能，在助力实现 MicroLED 全彩化方面前景可期。

但需要注意的是，现阶段红光 MicroLED 的效率仍受限，特别是尺寸小于 10 μ m 以下的芯片效率还远远达不到 AR/VR、智能眼镜、抬头显示器等 MicroLED 终端显示设备的要求。上述提及的 UCSB、KAUST、晶能光电等当下也在积极

通过优化生产步骤、提升材料质量等不同方式来提升外量子效率。

法国团队开发新型结构，有助于提升红光芯片效率

最近，由 Soitec 与格勒诺布尔-阿尔卑斯大学(University Grenoble Alpes, UGA)组成的研究团队在基于隐埋氧化物的 InGaN 层上采用外延层沉积技术开发 InGaN 基红光 LED，相比在传统衬底生长的红光 LED，产生的应力更少。换句话说，通过减少 InGaN 层的应力，可以提升 InGaN 基红光 MicroLED 的效率。

据介绍，这个结构是通过 Soitec 专有的 SmartCut 工艺构成，由于面内晶格参数增高，铟合并能力增强，InGaN 量子阱能够跨越整个可见光光谱范围。与此同时，InGaN 结构还能够降低器件活动区的内部电场，有利于实现更高的效率。

去年，该法国研究团队公布了基于 InGaNSmartCut 衬底的红光 MicroLED 的研究成果，彼时研发的芯片尺寸范围为 $300\mu\text{m} \times 300\mu\text{m}$ 到 $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 。而最新的研究成果获得了突破，芯片尺寸缩小至 $10\mu\text{m}$ 。

在最新研究中，研究者团队采用两个变量。一个是铟含量为 8% 的 InGaN 种子层，厚度为 120nm；另一个是铟含量为 11% 的 InGaN 种子层，厚度同样是 120nm。两种都具有曲面台阶衬底形状及 V 形缺陷，缺陷密度及尺寸会随着铟含量的增加而提高。例如，铟含量增加使得 V 形凹面的尺寸从 $3 \times 10^7 \text{cm}^{-2}$ 及 100nm 扩大至 $2 \times 10^8 \text{cm}^{-2}$ 及 130nm。

在芯片生产过程中，首先是将衬底装载在 MOCVD 反应腔中，再沉积一个包括 15 周期超晶格的外延堆叠层、一个多量子阱活动区及一个电子阻挡层。

上图展示的是超晶格的细节图，N 型 $\text{In}_{0.03}\text{Ga}_{0.97}\text{N}/\text{GaN}$ 为活动区提供基础，包含了 5 层 2nm 厚的 $\text{In}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{N}$ 量子阱，由 7.5nm 厚的 $\text{In}_{0.03}\text{Ga}_{0.97}\text{N}$ 阻挡层隔开。其中，15nm 厚的电子阻挡层由 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 制成。用高清透射式电子显微镜观察该异质结构，能够发现由于局部应力松弛，活动区及电子阻挡层中有额外的错位。

此前，研究团队采用传统 LED 芯片制备工艺来生产 $300\mu\text{m} \times 300\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ 的 LED。而之前制备的器件组合受 V 形缺陷的限制，即当它们经过整个结构时，就会从阳极到阴极之间产生一个电气通路。为了解决这个问题，用于生产最新一代发射器的制造工艺包括增加一层保形层，通过化学机械抛光实现平面化。

同时，光致发光测量表明，衬底中铟含量的提升可推动 MicroLED 发射峰从 635nm 升高至 653nm，波长更长，晶格参数就更高。

光提取效率、工作电压、晶体质量是关键影响因素

从终端应用层面来看，MicroLED 要在潜力较大的 VR/AR 显示器等应用中采用，尺寸需要缩小至 10 微米以下，且据 UCSB 介绍，外量子效率应至少为 2%-5% 才能满足 MicroLED 显示器的需求。

研究团队指出，10 μ m 的 MicroLED 芯片在 8A $\cdot$ cm⁻² 条件下，外量子效率最高仅为 0.14%，低于 UCSB 团队 0.2% 的研发成果，而这主要是受光提取效率低的影响。

具体而言，法国研究团队制备的 MicroLED 芯片，光从背面收集，但与 P 型接触的衬底没有覆盖所有顶层的结构，也没有金属能够阻止光从侧壁流失。同时，由于经过背面的光需穿过超晶格、隐埋氧化物及蓝宝石衬底，这一过程也影响了光提取效率。因此，光提取效率的实际数值难以预估，不过根据模拟显示，光提取效率小于 4%。

下一步，研究团队还需努力提升光提取效率、降低工作电压以及提高 LED 的晶体质量，才能改善 MicroLED 芯片的性能。尽管提升红光 MicroLED 芯片效率道阻且长，但相信在研究团队和技术开发商的共同努力下，只要“对症下药”，未来终将取得更进一步的胜利。

信息来源: LEDinside

研究人员开发了新的纳米线结构 提高了芯片小型化能力

EPFL 研究员 ValerioPiazza 在半导体材料实验室工作，主要研究纳米级的半导体。他特别关注纳米线和使用半导体材料构建的纳米结构，研究的目的是将晶体管改进到超过当前的饱和点。晶体管是现代设备的关键部件，从汽车到智能手机和厨房电器，以及其他设备都广泛运用。

由于接近饱和的设计，晶体管的微型化正在达到极限。据 Piazza 称，主要的挑战是与克服饱和点有关的处理能力。

他认为我们可以利用纳米线和其他类型的纳米结构来克服当前的饱和状态。目前的改进来自于微加工方法的进步，使工程师能够开发出紧凑而复杂的电子设备。随着晶体管尺寸的缩小，可以在电路上安装更多的晶体管，提高其处理能力。

电子设备能有多小，受限于晶体管的尺寸。Piazza 致力于开发基于纳米线的新型晶体管，以用于量子计算机。量子计算机依赖于被称为量子比特的基本元素，即最小的内存单位，这个亚微米级别是皮亚杰的研究重点。

实验室里正在制造的导线由周期表第三组和第五组的原子组成,包括镓、铝、铟、氮、磷和砷。今天设备中使用的晶体管的尺寸约为 10 纳米,而实验室中创建的水平纳米线的尺寸相同,但有望根据晶体质量提高电性能。

研究人员使用的方法是在基底表面蚀刻纳米导体,以创建不同的图案,从而对各种结构的性能进行测试。

该研究目前正专注于确定可以改善该过程的因素。

信息来源: *cnBeta*



2021 年第 10 期
总 34 期

光电科技快报

Opto-electronics Science
& Tech Letters

中国科学院光电情报网工作组
地址：武汉市武昌区小洪山西 25 号
电话：027-87199007 87199372

