

► **AI 算力提升拉动光模块需求，上游材料有望受益。** AI 大模型训练刺激算力需求快速增长，拉动配套基础设施（服务器、交换机、光模块）建设需求，同时 AI 应用主要对应高速率光模块需求，驱动光模块往 400G/800G/1.6T 的高速率趋势迭代。拆分光模块材料成本结构，光器件成本占比约为 73%，电芯片占比约 18%，PCB 和外壳分别占比 5%、4%，其中光芯片（TOSA 和 ROSA）占光模块材料成本比重超 50%。受益 AI 算力提升拉动光模块需求，上游材料有望受益。

► **砷化镓：VCSEL 激光器芯片衬底材料。** 砷化镓是砷与镓的化合物，是重要的半导体材料，砷化镓衬底半导体器件具有高功率密度、低能耗、抗高温、高发光效率、抗辐射、高击穿电压等特性，因此被广泛用于生产 LED、射频器件、激光器等器件产品。砷化镓（GaAs）衬底可用于制作 VCSEL 面发射激光器芯片，主要应用于光通信（数据中心短距离传输）和消费电子（3D 感测）等领域。

► **磷化铟：光通信领域关键材料。** 磷化铟是磷和铟的化合物，是重要的半导体材料，磷化铟衬底半导体器件具有饱和电子漂移速度高、发光波长适宜光纤低损通信、抗辐射能力强、导热性好、光电转换效率高、禁带宽度较高等特性，因此磷化铟衬底被广泛应用于制造光模块器件、传感器件、高端射频器件等。在光通信领域，磷化铟衬底可用于制备激光器芯片、接收器芯片、电光调制器等。

► **铌酸锂：电光调制器重要材料。** 铌酸锂晶体是重要的无机材料，经过极化处理的铌酸锂晶体具有压电、铁电、光电、非线性光学、热电等多种特性，在声学滤波器中和光通信中都有重要应用。铌酸锂晶体可用于制作铌酸锂调制器芯片，包括体材料铌酸锂调制器和薄膜铌酸锂调制器，薄膜铌酸锂调制器克服了体铌酸锂调制器体积大的局限性，更加适用于电光调制器高速化、小型化的需求。

► **金属基复合材料：光芯片基座重要材料。** 金属基复合材料是重要的电子封装材料，热物理性能优异，具备高热导率和低膨胀性，在电子封装领域有重要应用。400G 以上光模块芯片对散热要求大幅提高，需要具有低膨胀更高导热特性的新材料来满足要求，不同成份的钨铜合金可以满足 400G、800G、1.6T 光模块需求，大于 1.6T 的光模块则需要往更优异性能的金金刚石/铜复合材料升级迭代。

► **投资建议：** 受益 AI 算力提升拉动数据中心等基础设施建设需求，同时 AI 驱动光模块往 400G/800G/1.6T 的高速率技术方向迭代，光模块产业得到快速发展，上游光芯片等光模块核心重要组件也受拉动。目前主要光芯片采用磷化铟、砷化镓、铌酸锂等材料制备，光芯片基座为钨铜合金材料制备，相关材料有望受益光模块行业需求快速发展带来成长机遇。建议关注：斯瑞新材\*（光模块光芯片基座）、东方钨业（铌酸锂原材料氧化铌）、云南锗业\*（化合物半导体材料砷化镓和磷化铟）、有研新材\*（化合物半导体材料砷化镓）、天通股份\*（铌酸锂晶体）。

► **风险提示：** 下游需求波动风险，新品研发不及预期。

#### 重点公司盈利预测、估值与评级

代码	简称	股价 (元)	EPS (元)			PE (倍)			评级
			2022A	2023E	2024E	2022A	2023E	2024E	
688102.SH	斯瑞新材*	10.91	0.2	0.21	0.31	55	52	35	-
000962.SZ	东方钨业	11.55	0.39	0.45	0.49	30	26	24	推荐
002428.SZ	云南锗业*	12.14	-0.1	0.02	0.05	-	607	243	-
600206.SH	有研新材*	11.79	0.32	0.38	0.55	37	31	21	-
600330.SH	天通股份*	8.21	0.54	0.36	0.46	15	23	18	-

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；

（注：股价为 2023 年 10 月 23 日收盘价；带\*为未覆盖公司，未覆盖公司数据采用 wind 一致预期）

## 推荐

维持评级



**分析师 邱祖学**

执业证书：S0100521120001

邮箱：qiu zuxue@mszq.com

**分析师 李挺**

执业证书：S0100523090006

邮箱：liting@mszq.com

## 相关研究

1. 有色金属周报 20231021：工业金属震荡，避险需求驱动贵金属价格上行-2023/10/21
2. 有色金属周报 20231015：巴以冲突驱动避险需求，贵金属价格大幅上行-2023/10/15
3. 真“锂”探寻系列 9：澳洲锂矿 23Q2 跟踪：供给持续放量，资源为王行业再现大并购-2023/10/12
4. 有色金属周报 20231008：非农数据大超预期，商品价格短期承压-2023/10/08
5. 有色金属周报 20230924：联储态度鹰派压制价格，期待国内需求“银十”来临-2023/09/24

# 目录

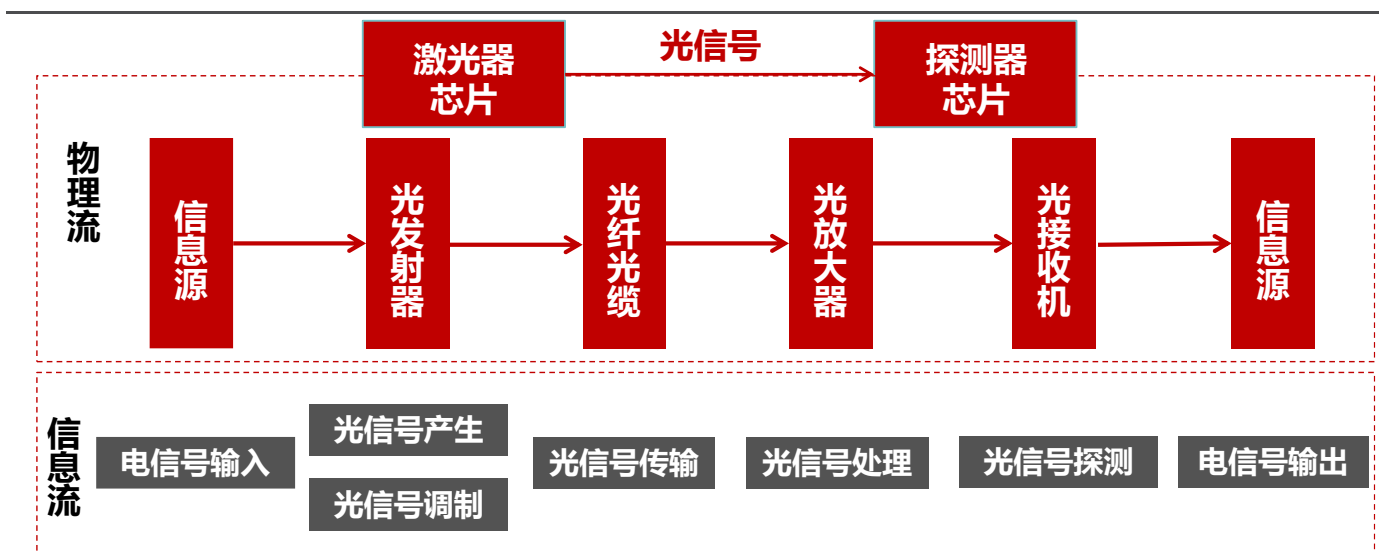
<b>1 AI 算力提升，光模块产业链深度受益</b> .....	<b>3</b>
1.1 光模块是光通信产业链核心 .....	3
1.2 AI 算力需求驱动数据中心需求增长，光模块市场受益快速发展 .....	6
1.3 海外光芯片技术领先，国内主要占据低端市场份额 .....	11
<b>2 砷化镓：VCSEL 激光器芯片衬底材料</b> .....	<b>14</b>
<b>3 磷化铟：光通信领域关键材料</b> .....	<b>19</b>
<b>4 铌酸锂：电光调制器重要材料</b> .....	<b>24</b>
<b>5 金属基复合材料：光芯片基座重要材料</b> .....	<b>30</b>
<b>6 投资建议</b> .....	<b>33</b>
6.1 行业投资建议 .....	33
6.2 重点公司 .....	33
<b>7 风险提示</b> .....	<b>38</b>
<b>插图目录</b> .....	<b>39</b>
<b>表格目录</b> .....	<b>39</b>

# 1 AI 算力提升，光模块产业链深度受益

## 1.1 光模块是光通信产业链核心

光通信是以光信号为信息载体，以光纤作为传输介质，通过电光转换，以光信号进行传输信息的系统。在传统的通信传输领域，早期的信号主要通过电缆传输，但电传输损耗大、中继距离短、承载数据量小、信号频率提升受限；在全球信息互联规模不断扩大的背景下，光通信凭借通信容量大、传输距离远、布设成本低、网络覆盖广、抗电磁干扰等优点已逐步替代电传输方式。光通信是以光信号为信息载体，以光纤作为传输介质，以光电子器件实现电光转换，在光通信系统传输信号过程中，发射端通过光发射组件进行电光转换，将电信号转换为光信号，经过光纤传输至接收端，接收端通过光接收组件进行光电转换，将光信号转换为电信号。

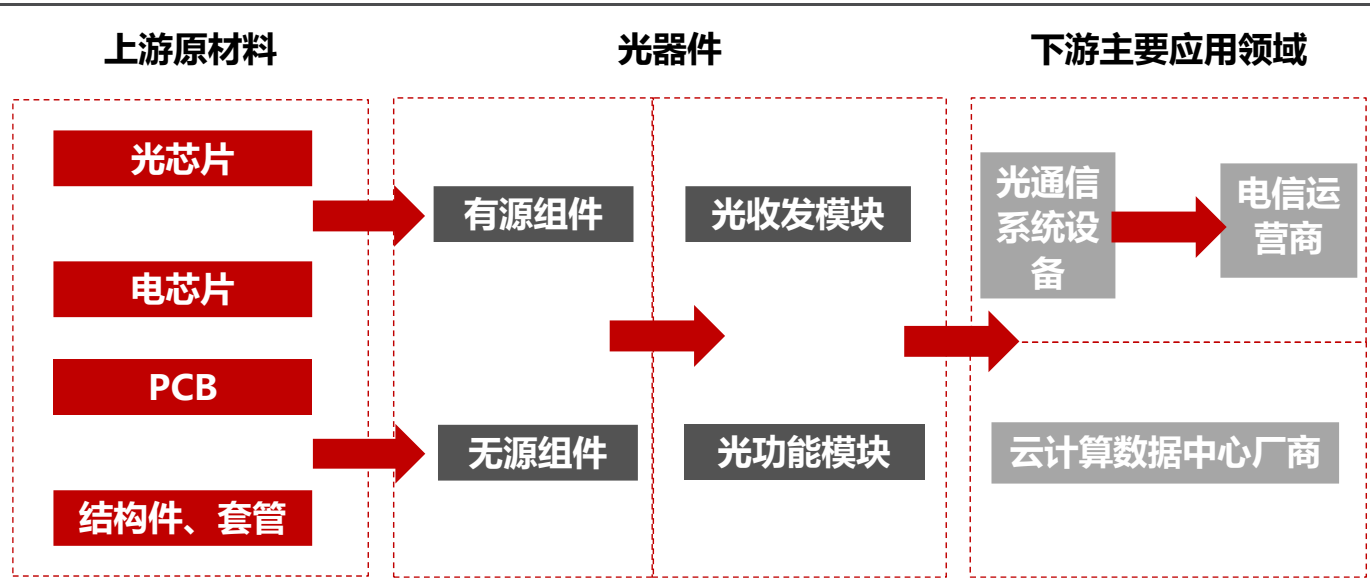
图1：光通信系统工作原理



资料来源：中国电子元件行业协会，民生证券研究院

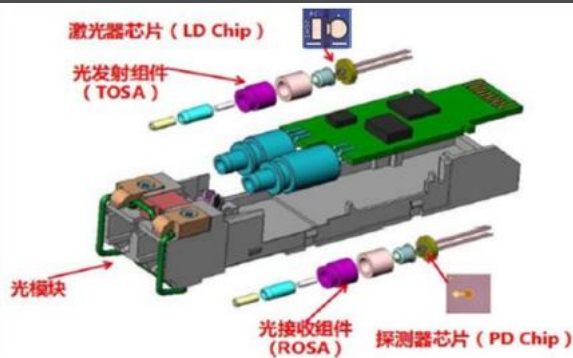
光模块是光纤通信中实现光电信号互相转换的光电子器件，主要由光收发组件、电芯片、结构件等组成。具体来看光通信产业链，光芯片、电芯片、PCB、结构件等构成光通信产业上游；光通信产业中游为光电子器件，包括光组件与光模块，光无源组件主要包括光隔离器、光分路器、光开关、光连接器、光背板等，光有源组件主要包括光发射组件、光接收组件、光调制器等，光模块由光收发组件、电芯片、结构件等进一步加工而成；光通信产业下游为电信设备制造商、数据通信设备制造商等光通信设备制造商，最终应用于电信市场，如光纤接入、4G/5G 移动通信网络、云计算和互联网厂商数据中心等领域。

图2：光通信产业链梳理



资料来源：源杰科技招股说明书，民生证券研究院

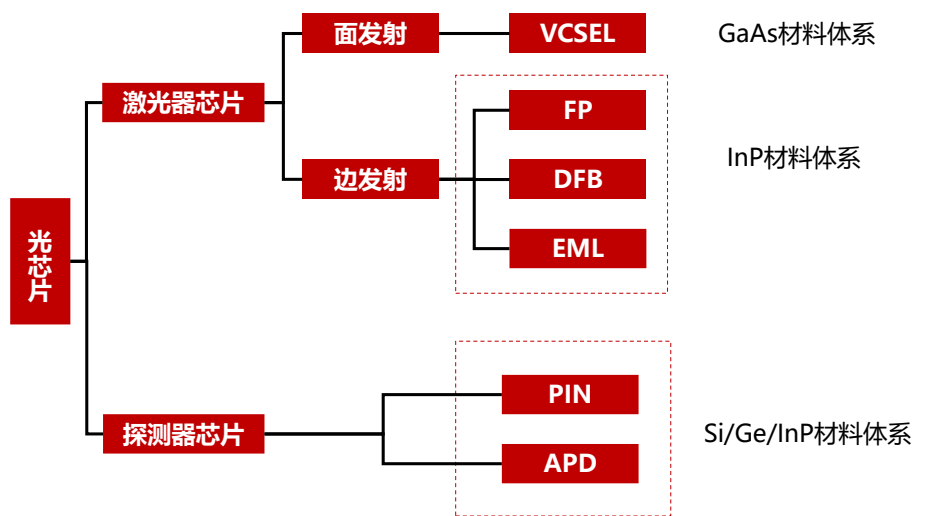
图3：光模块结构示意图



资料来源：源杰科技招股说明书，民生证券研究院

光芯片的性能直接决定光模块的传输速率，是光通信产业链的核心。光芯片按功能可以分为激光器芯片、探测器芯片以及调制器芯片，其中激光器芯片主要用于发射信号，将电信号转化为光信号，探测器芯片主要用于接收信号，将光信号转化为电信号，调制器芯片主要用于光信号的调制。激光器芯片按出光结构可进一步分为面发射芯片和边发射芯片，面发射芯片包括 VCSEL 芯片，边发射芯片包括 FP、DFB 和 EML 芯片；探测器芯片主要分为 PIN 和 APD 两类。光芯片按照材料分类可分为硅 (Si) 系列、磷化铟 (InP) 系列、砷化镓 (GaAs) 系列、铌酸锂 (LiNbO3) 系列等。磷化铟 (InP) 衬底用于制作 FP、DFB、EML 边发射激光器芯片和 PIN、APD 探测器芯片，主要应用于电信、数据中心等中长距离传输；砷化镓 (GaAs) 衬底用于制作 VCSEL 面发射激光器芯片，主要应用于数据中心短距离传输、3D 感测等领域，铌酸锂 (LiNbO3) 主要用于制作调制器芯片。

图4：光芯片分类



资料来源：源杰科技招股说明书，民生证券研究院

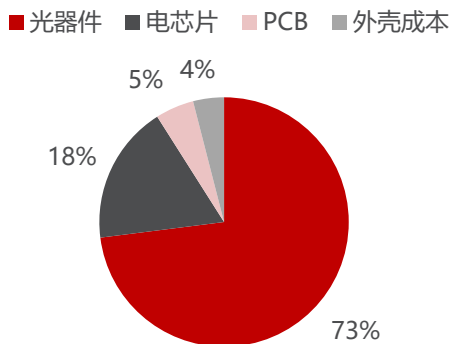
表1：光芯片产品介绍

产品	类别	工作波长	产品特性	应用场景
VCSEL	激光器芯片	800-900nm	线宽窄，功耗低，调制速率高，耦合效率高，传输距离短，线性度差	500米以内的短距离传输，如数据中心机柜内部传输、消费电子领域（3D 感应面部识别）
FP	激光器芯片	1310-1550nm	调制速率高，成本低，耦合效率低，线性度差	主要应用于中低速无线接入短距离市场，由于存在损耗大、传输距离短的问题，部分应用场景逐步被 DFB 激光器芯片取代
DFB	激光器芯片	1270-1610nm	谱线窄，调制速率高，波长稳定，耦合效率低	中长距离的传输，如 FTTx 接入网、传输网、无线基站、数据中心内部互联等
EML	激光器芯片	1270-1610nm	调制频率高，稳定性好，传输距离长，成本高	长距离传输，如高速率、远距离的电信骨干网、城域网和数据中心互联
PIN	探测器芯片	830-860/1100-1600nm	噪声小，工作电压低，成本低，灵敏度低	中长距离传输
APD	探测器芯片	1270-1610nm	灵敏度高，成本高	长距离单模光纤

资料来源：源杰科技招股说明书、民生证券研究院

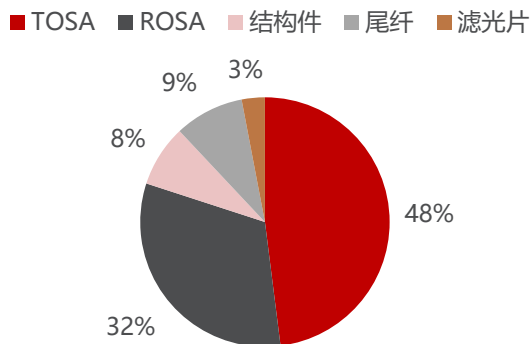
光芯片为光模块成本最主要的构成部分，占比超 50%。拆分光模块成本结构，光器件成本占比约为 73%，电芯片占比约 18%，PCB 和外壳分别占比 5%、4%。对光器件成本进一步分拆可知，在光器件成本中 TOSA（光发射机）和 ROSA（光接收机）占比分别为 48%、32%，由此可推算光芯片（TOSA 和 ROSA）占光模块的成本比重约超 50%。

图5：光模块成本结构分拆（2022）



资料来源：观研报告网，民生证券研究院

图6：光模块光器件成本结构分拆（2022）

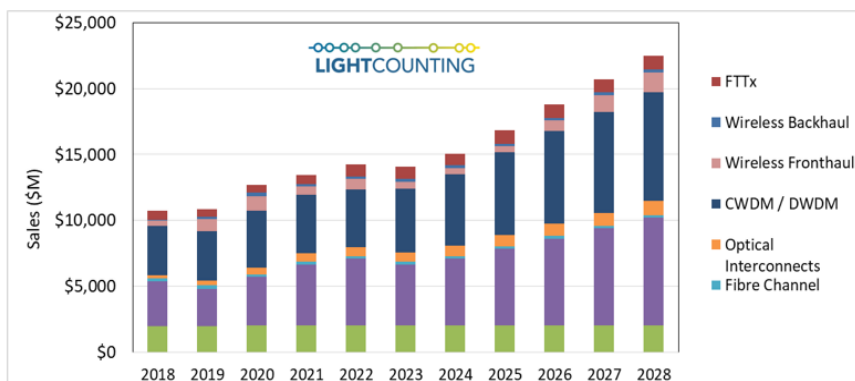


资料来源：观研报告网，民生证券研究院

## 1.2 AI 算力需求驱动数据中心需求增长，光模块市场受益快速发展

AI 算力需求快速增长，全球光模块市场规模有望持续攀升。AI 正引领新一轮科技革命，AI 大模型的训练大幅拉动了算力需求，AI 产业化的落地需要云厂商庞大的算力支持，而光通信网络是算力网络的重要基础和坚实底座，预计 AI 将进一步推动海外云巨头对于数据中心硬件设备的需求增长与技术升级；同时超高清视频、AR/VR 应用以及云服务应用也将继续推动数据中心需求增长，光模块市场有望快速发展。Lightcounting 预测，全球光模块的市场规模 2023-2028 年复合增速约 11%，2027 年将突破 200 亿美元。

图7：全球光模块市场规模及预测

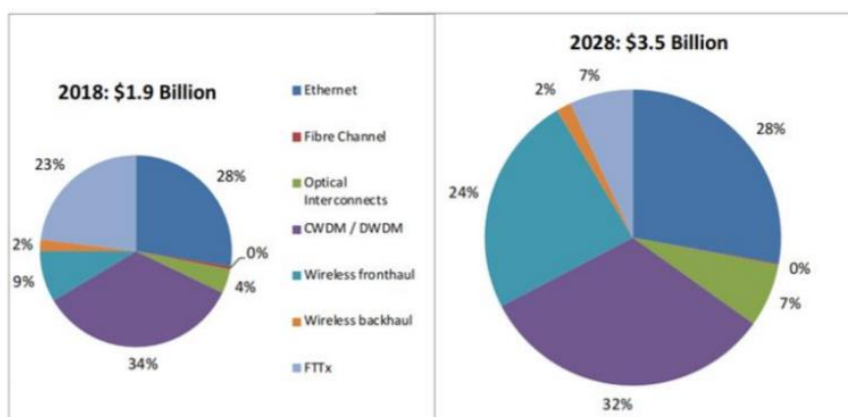


资料来源：LightCounting，中际旭创 2023 年半年报，民生证券研究院

国内数据中心建设驱动中国光模块市场快速发展。数字经济成为推动经济增

长的重要引擎，数字中国顶层设计的落地将带来算力提升能耗增长。伴随着“东数西算”战略的逐步落地，国内数据中心也同步加快新建、扩容步伐，而光模块作为数据中心内部设备互联的载体，在加大 AI 投入的背景下，光模块市场有望持续扩张。国家统计局数据显示，2023 年上半年，新型基础设施建设投资同比增长 16.2%，其中 5G、数据中心等信息类新型基础设施投资增长 13.10%，工业互联网、智慧交通等融合类新型基础设施投资增长 34.10%。Lightcounting 预计 2028 年中国光模块市场规模有望达 35 亿美元。

图8：中国光模块市场规模及预测



资料来源：LightCounting，中际旭创 2023 年半年报，民生证券研究院

光模块市场前十大厂商中，国产厂商占据七席。2022 年全球光模块市场中，中际旭创与 Coherent 并列第一，Acacia 排名第三，华为海思排名第四，光迅科技排名第五，海信宽带排名第六，新易盛排名第七，华工正源排名第八，Intel 排名第九，索尔思光电排名第十，国产厂商占据七席。

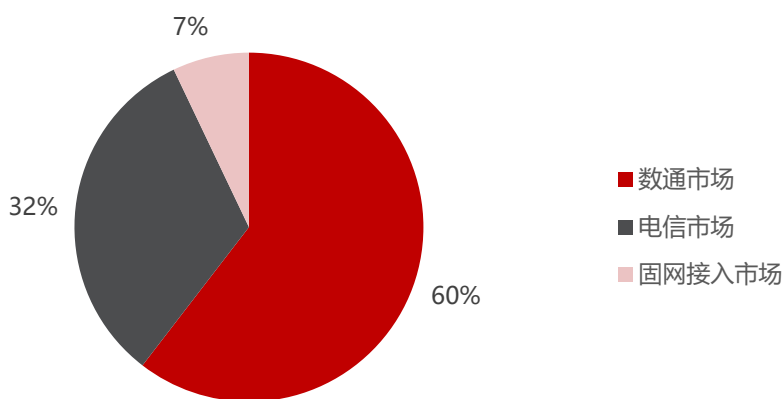
图9：全球前十大光模块市场竞争格局

Ranking of Top 10 Transceiver Suppliers				
2016	2018	2021	2022	
Finisar	Finisar	1	II-VI	Innolight & Coherent (tie)
Hisense	Innolight	2	&Innolight(tie)	
Accelink	Hisense	3	Huawei (HiSilicon)	Cisco (Acacia)
Acacia	Accelink	4	Cisco (Acacia)	Huawei (HiSilicon)
FOIT (Avago)	FOIT (Avago)	5	Hisense	Accelink
Oclaro	Lumentum/Oclaro	6	Accelink	Hisense
Innolight	Acacia	7	Broadcom	Eoptolink
Sumitomo	Intel	8	HGG	HGG
Lumentum	AOi	9	Eoptolink	Intel
Source Photonics	Sumitomo	10	Molex	Source Photonics

资料来源：LightCounting，中际旭创 2023 年半年报，民生证券研究院

**光模块细分市场包括数通市场、电信市场和固网接入市场。**数通市场占比最大,包括以太网 (Ethernet)、光互连 (Optical Interconnects) 和网状通道 (Fibre Channel) 等细分光模块市场,2020 年在光模块市场份额中占比达 60%;电信市场占比次之,包括无线前传 (Wireless Fronthaul)、无线回传 (Wireless Backhaul) 和核心波分(CWDM/DWDM)等细分光模块市场,2020 年在光模块市场份额中占比达 32%;固网接入市场占比最小,但是光模块用量最大,主要为 FTTx 光模块,2020 年在光模块市场份额中占比约 7%。

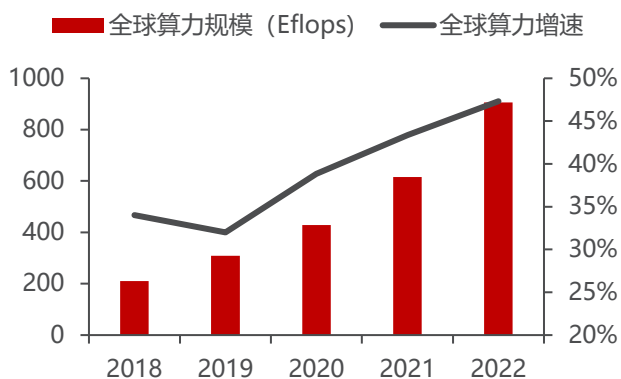
**图10: 2020 年光模块细分市场结构**



资料来源: LightCounting, 源杰科技招股说明书, 民生证券研究院

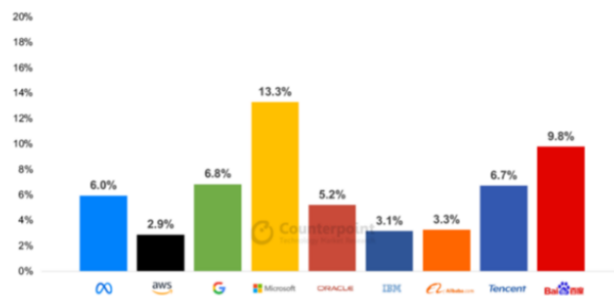
**云计算、人工智能、大数据等新一代信息技术对算力需求的大幅提升加快了新基建基础设施的建设速度,云厂商也纷纷加大 AI 领域资本开支。**云计算、AI 持续拉动数据中心建设需求,随着“东数西算”工程全面启动,我国算力基础设施建设也在持续提速。据工信部数据,截止至 2023 年上半年,我国算力总规模居全球第二,保持 30%左右的年增长率。光模块作为数据中心的重要零部件,伴随着数据传输量的显著增加,市场需求也将持续增加。据 Dell'Oro 统计数据,2022 年全球数据中心的资本支出增长了 15%,到 2026 年全球数据中心资本支出预计将达到 3500 亿美元。2023Q2,北美云厂商巨头(亚马逊、微软、谷歌、Meta、苹果)的整体资本开支合计为 361.75 亿美元,环比下降 1.9%,但减少的主要是非 AI 方向投资,同时这些公司都表示将继续加大对 AI 领域的投资力度。根据 Counterpoint 的估计,微软将在人工智能相关的基础设施上投入最多,其 13.3% 的资本支出将用于 AI 领域;其次是谷歌,约占 6.8%。

图11: 全球计算设备算力总规模



资料来源:《中国算力发展指数白皮书(2023)》, 民生证券研究院

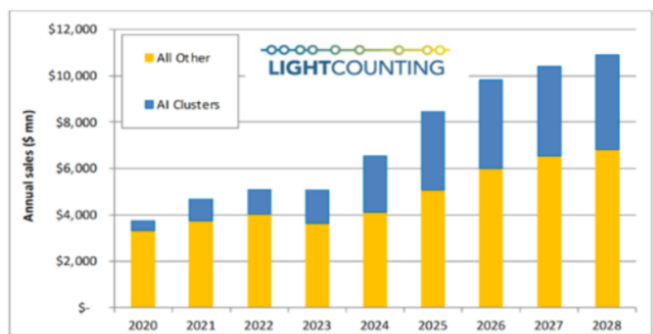
图12: 全球云厂商资本开支中 AI 占比情况 (2023)



资料来源: Counterpoint, 中际旭创 2023 年半年报, 民生证券研究院

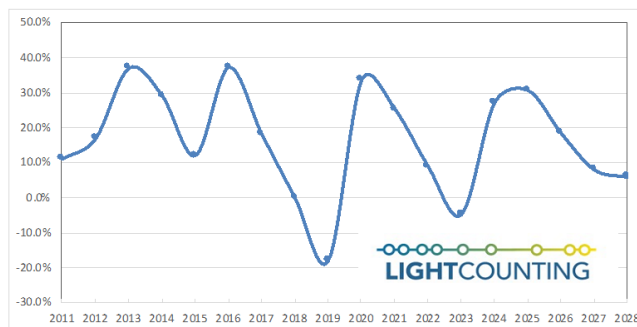
**数据中心建设持续增加, 带动以太网光模块市场需求快速攀升。**全球互联网业务及应用数据处理均集中在数据中心进行, 互联网及云计算的普及推动了数据中心的快速发展。AI 大模型训练需要大量的算力支持, 进一步刺激了数据中心等配套设施的建设需求。光模块是数据中心内部互连和数据中心相互连接的核心部件, 受益云计算和 AI 产业的发展市场规模有望显著增长。AI 算力需求的激增不仅增加了光模块的用量需求还加速了光模块的迭代节奏, 往 400G/800G/1.6T 的高速率趋势迭代。LightCounting 预测, 2023-2028 年, 用于人工智能集群的光模块销售总额将达到 176 亿美元。

图13: 以太网光模块市场规模预测



资料来源: LightCounting, 中际旭创 2023 年半年报, 民生证券研究院

图14: 以太网光模块市场未来增速展望

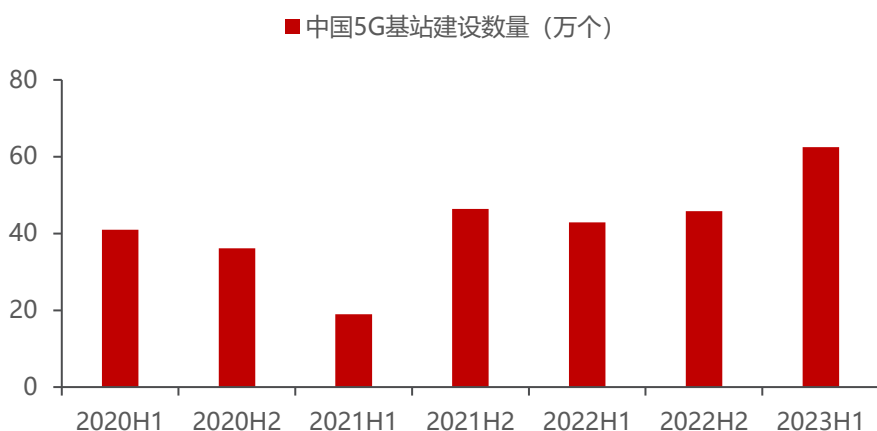


资料来源: LightCounting, 光通信 PRO, 民生证券研究院

**5G 移动通信网络建设及商用化促进电信侧光模块市场稳步增长。**5G 移动通信网络提供更高的传输速率和更低的时延, 各级光传输节点间的光端口速率明显提升, 要求光模块能够承载更高的速率。5G 移动通信网络可大致分为前传、中传、回传, 光模块也可按应用场景分为前传、中回传光模块, 前传光模块速率需达到 25G, 中回传光模块速率则需达到 50G/100G/200G/400G, 带动 25G 甚至更高

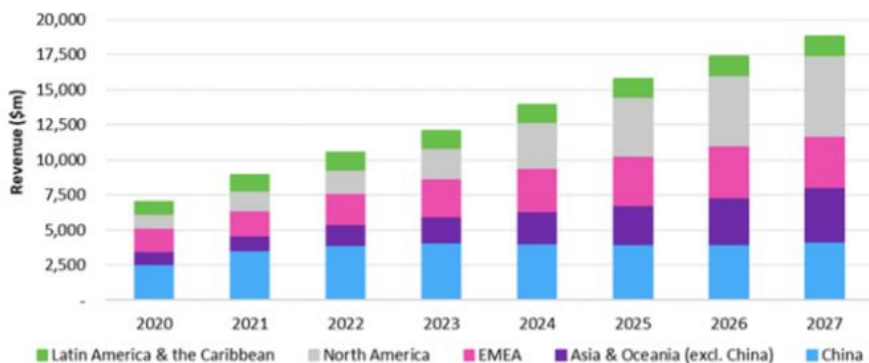
速率光芯片的市场需求。根据工信部统计,2022年我国新建5G基站88.70万个,累计建成并开通5G基站231.20万个,2023年上半年新建5G基站62.5万个,总数突破290万个。据GSMA数据,中国大陆是世界上最大的5G市场,5G连接数在2022年底已超过全球总量的60%。《“十四五”信息通信行业发展规划》规划提出,每万人拥有5G基站将从2020年的5个上升至2025年的26个,总数达到约390万个,5G用户普及率从2020年的15%提高到56%,5G基站的稳步建设将推动电信市场光模块保持稳定增长。

图15: 中国5G基站建设数量



资料来源: wind, 民生证券研究院

**宽带光纤接入网络建设驱动 FTTx 光模块市场稳步增长。**受制于电通信电子器件的带宽限制、损耗较大、功耗较高等,运营商逐步替换铜线网络为光纤网络,向全网光纤化演进。PON(无源光网络)技术是实现FTTx的最佳技术方案之一,主要包括APON/BPON、EPON、GPON和10G-PON几类,当前主流的EPON/GPON技术采用1.25G/2.5G光芯片,并向10G光芯片过渡。《“十四五”信息通信行业发展规划》明确提出“全面部署千兆光纤网络”和加快“千兆城市”建设,并规划到2025年实现:10G PON及以上端口数从2021年底的500多万个增长至2025年底1200万个;千兆宽带用户数也扩大近十倍至6,000万户。《“双千兆”网络协同发展行动计划(2021-2023年)》也提出计划用三年时间,基本建成全面覆盖城市地区和有条件乡镇的“双千兆”网络基础设施,AR/VR、超高清视频等高带宽应用进一步融入生产生活。Omdia数据显示,大多数国家的FTTH基础设施建设势头正在增强,预计到2027年,全球FTTH家庭渗透将超过12亿户;全球PON设备市场预计在2027年超过180亿美元。

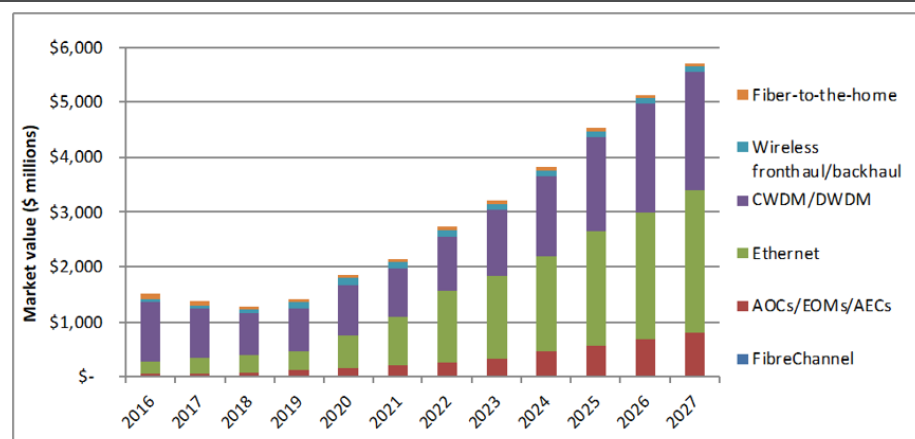
**图16：按地区/国家划分的 PON 设备市场预测**


资料来源：Omdia，中际旭创 2023 年半年报，民生证券研究院

注：2023 年及之后数据为 Omdia 预测数据

### 1.3 海外光芯片技术领先，国内主要占据低端市场份额

**全球光芯片市场规模有望快速增长。**得益于云计算、AI、5G 通信网络等市场快速发展拉动光模块需求，光芯片市场规模也得到快速增长。据 Lightcounting 预测，2022 年到 2028 年，光芯片市场规模预计将从约 26 亿美元增长到近 70 亿美元，年复合增长率约 18%。**高速率光芯片市场规模受益技术迭代升级快速增长。**全球流量快速增长、各场景对带宽的需求不断提升，带动高速率模块器件市场的快速发展。当前光芯片主要应用场景包括光纤接入、4G/5G 移动通信网络、数据中心等，都处于速率升级、代际更迭的关键窗口期。在数通市场，AI 算力提升需求驱动光芯片往 400G/800G/1.6T 升级迭代；在电信市场，从 4G 到 5G 的迭代带来无线前传、中传、回传环节应用光芯片往更高速率方向升级；在光纤接入市场，10G-PON 方案的推广驱动光芯片从 1.25G/2.5G 向 10G 光芯片升级。

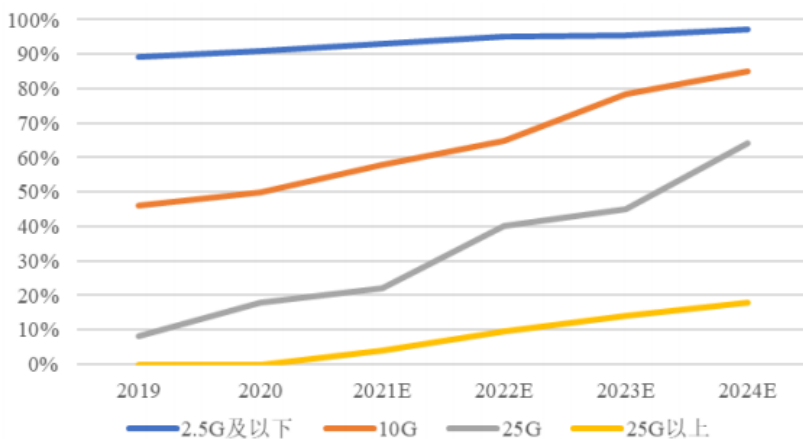
**图17：全球光芯片市场规模及预测**


资料来源：Lightcounting，光通信 PRO，民生证券研究院

注：2023 年及之后数据为 Lightcounting 预测数据

**海外厂商在高端光芯片市场占据优势。**海外领先光芯片公司普遍具有从光芯片、光收发组件、光模块全产业链覆盖能力，除了衬底需要对外采购，海外领先光芯片企业可自行完成芯片设计、晶圆外延等关键工序，可量产 25G 及以上速率光芯片。海外光芯片公司拥有先发优势，通过积累核心技术及生产工艺，逐步实现产业闭环，建立起较高的行业壁垒。国内的光芯片生产商普遍具有除晶圆外延环节之外的后端加工能力，而光芯片核心的外延技术并不成熟，高端的外延片需向国际外延厂进行采购，限制了高端光芯片的发展。中国光芯片企业已基本掌握 2.5G 光芯片的核心技术，已基本实现 2.5G 光芯片国产化，根据 ICC 测算 2021 年 2.5G 光芯片国产化率超过 90%；10G 光芯片市场国产化程度也较高，根据 ICC 测算 2021 年 10G 光芯片国产化率约 60%，但有部分型号存在较高技术门槛，仍旧依赖进口；25G 及以上光芯片方面，受到工艺稳定性、可靠性、供货能力及下游客户认证等因素影响，目前仍以海外光芯片厂商为主，根据 ICC 测算 2021 年 25G 光芯片的国产化率约 20%，25G 以上光芯片的国产化率约 5%。根据 ICC 预测，2019-2024 年，中国光芯片厂商销售规模占全球光芯片市场的比例将不断提升，中高速率光芯片增长更快。

**图18：2019-2024 年中国光芯片占全球光芯片市场比例预测**

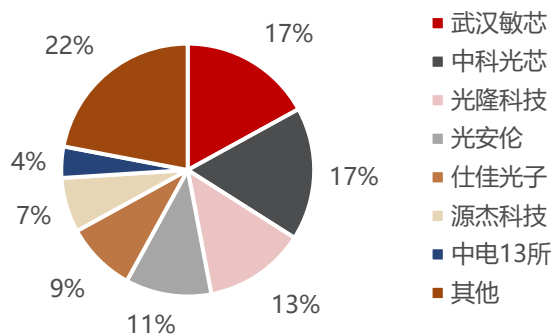


资料来源：ICC，源杰科技招股说明书，民生证券研究院

**国产厂商在低端光芯片市场份额较高。**2.5G 光芯片国产化程度高，主要应用于光纤接入市场，产品技术成熟，如 PON (GPON) 数据上传光模块使用的 2.5G 1310nm DFB 激光器芯片，国外光芯片厂商由于成本竞争等因素，已基本退出相关市场；部分可靠性要求高、难度大的产品，如 PON (GPON) 数据下传光模块使用的 2.5G 1490nm DFB 激光器芯片，国内可以批量供货的厂商仍较少。10G 光芯片市场，国内企业已基本掌握 10G 光芯片的核心技术，份额占比不低于海外

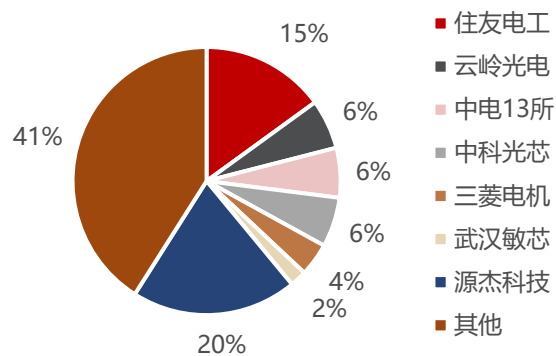
知名企业，但部分型号产品仍存在较高技术门槛，依赖进口。

图19: 全球 2.5G 及以下 DFB/FP 激光器芯片竞争格局 (2021)



资料来源: ICC, 源杰科技招股说明书, 民生证券研究院

图20: 全球 10GDFB 激光器芯片竞争格局 (2021)

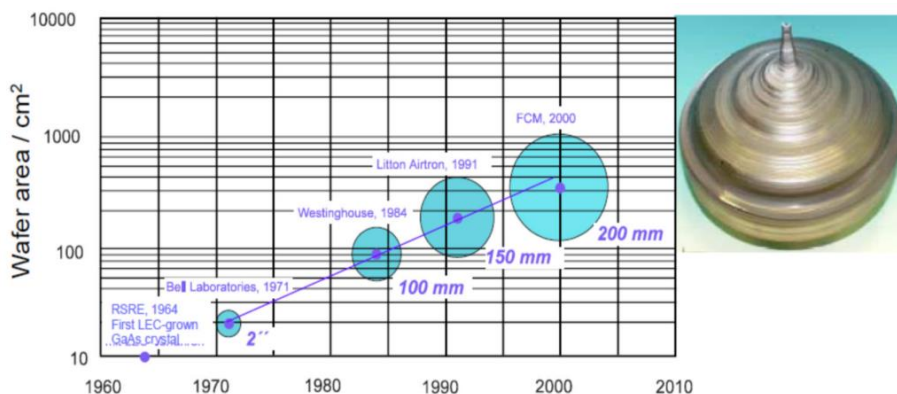


资料来源: ICC, 源杰科技招股说明书, 民生证券研究院

## 2 砷化镓：VCSEL 激光器芯片衬底材料

砷化镓衬底具有优良的特性，广泛应用于光电子和微电子领域。砷化镓是砷与镓的化合物，属于 III-V 族化合物半导体材料，使用砷化镓衬底制造的半导体器件，具备高功率密度、低能耗、抗高温、高发光效率、抗辐射、高击穿电压等特性，因此砷化镓衬底被广泛用于生产 LED、射频器件、激光器等器件产品。砷化镓衬底的应用可以分为三个阶段：第一阶段自 20 世纪 60 年代起，砷化镓衬底开始应用于 LED 及太阳能电池，并在随后 30 年里主要应用于航天领域；第二阶段自 20 世纪 90 年代起，随着移动设备的普及，砷化镓衬底开始用于生产移动设备的射频器件中；第三阶段自 2010 年起，随着 LED 以及智能手机的普及，砷化镓衬底进入了规模化应用阶段，2017 年 iPhoneX 首次引入了 VCSEL 激光器（垂直腔面发射激光器）用于面容识别，生产 VCSEL 需要使用砷化镓衬底，砷化镓衬底应用场景再次拓宽到消费电子市场。

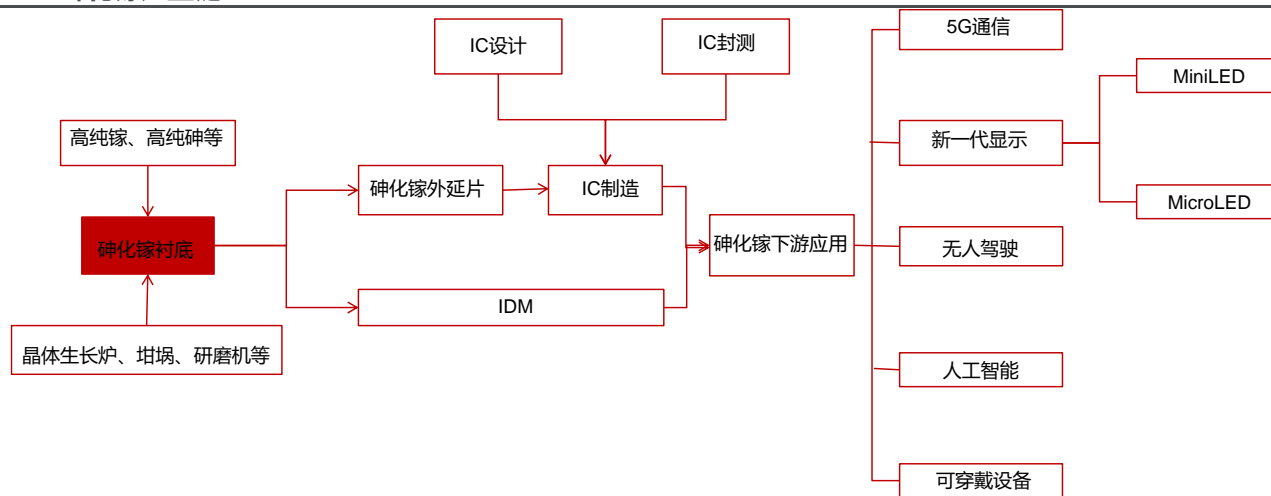
图21：砷化镓材料发展历程



资料来源：赵巧云《砷化镓材料发展状况概述》，民生证券研究院

砷化镓产业链上游为砷化镓晶体生长、衬底和外延片生产加工环节。衬底是外延层半导体材料生长的基础，在芯片中起到承载和固定的关键作用。生产砷化镓衬底的原材料包括金属镓、砷等，由于自然界不存在天然的砷化镓单晶，需要通过人工合成制备；砷化镓衬底生产设备主要涉及晶体生长炉、研磨机、抛光机、切割机、检测与测试设备等。砷化镓产业链下游应用主要涉及 5G 通信、新一代显示（Mini LED、Micro LED）、无人驾驶、人工智能、可穿戴设备等多个领域。

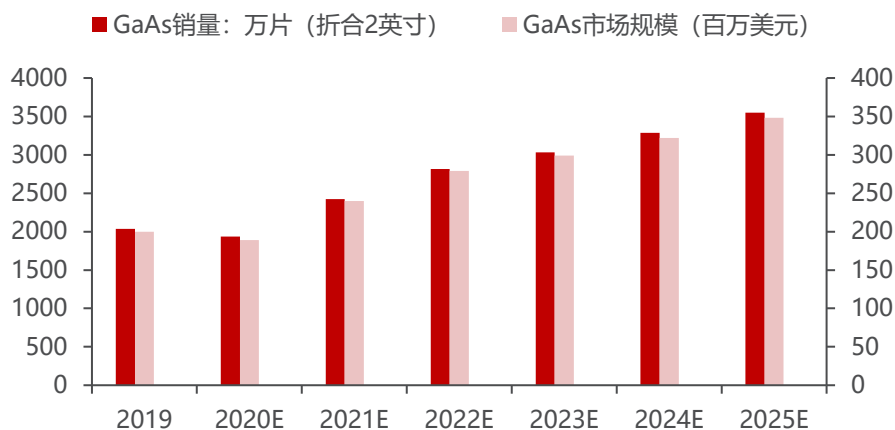
图22：砷化镓产业链



资料来源：北京通美招股说明书，民生证券研究院

**受益于下游市场需求不断拓宽，砷化镓衬底市场规模有望持续增长。**20世纪90年代以来，砷化镓技术得以迅速发展，并逐渐成为最成熟的半导体材料之一，但长期以来，由于下游应用领域的发展滞后，市场需求有限，砷化镓衬底市场规模相对较小。2019年后，在5G通信、新一代显示（MiniLED、MicroLED）、无人驾驶、人工智能、可穿戴设备等新兴市场需求的带动下，未来砷化镓衬底市场规模将逐步扩大。根据Yole测算，2019年全球折合二英寸砷化镓衬底市场销量约为2,000万片，预计到2025年全球折二英寸砷化镓衬底市场销量将超过3,500万片；2019年全球砷化镓衬底市场规模约为2亿美元，预计到2025年全球砷化镓衬底市场规模将达到3.48亿美元，2019-2025年复合增长率9.67%。

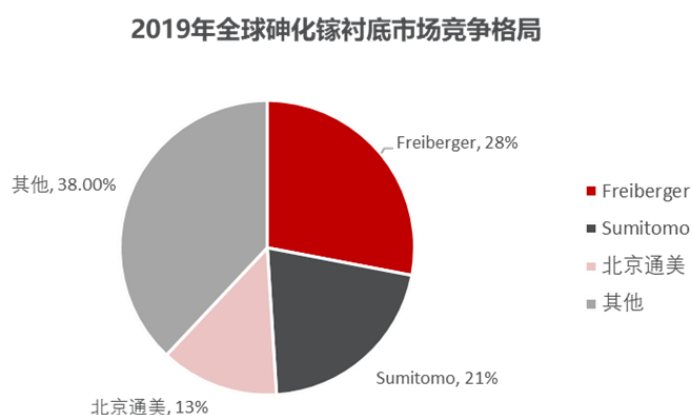
图23：2019-2025年全球砷化镓衬底销量和市场规模展望



资料来源：Yole，北京通美招股说明书，民生证券研究院

**全球砷化镓衬底市场集中度较高。**根据 Yole 统计，2019 年全球砷化镓衬底市场主要生产商包括 Freiberger、Sumitomo 和北京通美，其中 Freiberger 占比 28%、Sumitomo 占比 21%、北京通美占比 13%。目前砷化镓晶体主流生长工艺包括 LEC 法、HB 法、VB 法以及 VGF 法等，其中 Sumitomo 砷化镓单晶生产以 VB 法为主，Freiberger 以 VGF 和 LEC 法为主，而北京通美则以 VGF 法为主。目前国内涉及砷化镓衬底业务的公司较少，除北京通美外，广东先导先进材料股份有限公司等公司在生产 LED 的砷化镓衬底方面已具备一定规模。

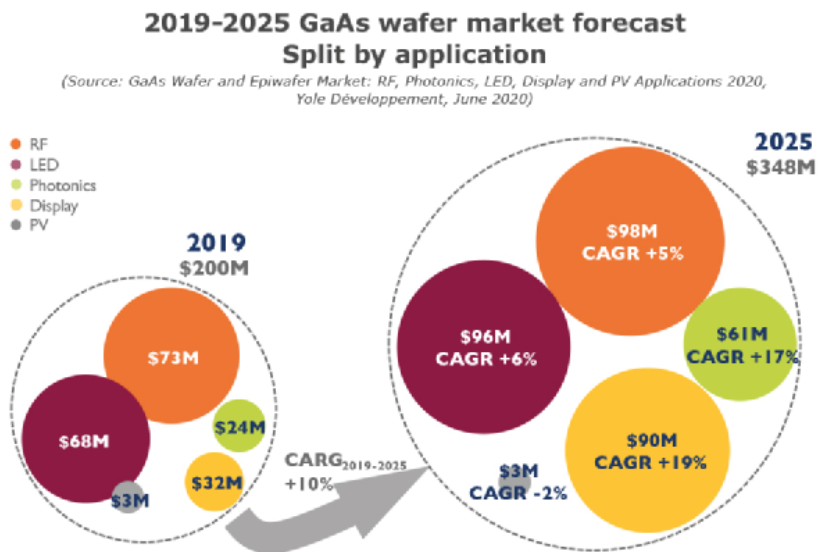
图24：2019 年全球砷化镓衬底市场竞争格局



资料来源：Yole，北京通美招股说明书，民生证券研究院

**砷化镓衬底下游应用包括射频器件、LED、显示、激光器等，其中射频和 LED 占比较大，显示和激光器未来增速较快。**据 Yole 数据显示，2019 年砷化镓衬底应用结构中射频占比最大，约 37%，其次是 LED，占比约 34%，显示（microLED 等）占比 16%，激光器占比约 12%，光伏占比约 2%。预计到 2025 年射频占比将下滑到约 28%，LED 占比约 28%，显示（microLED 等）占比 26%，激光器占比约 18%，光伏占比约 1%。

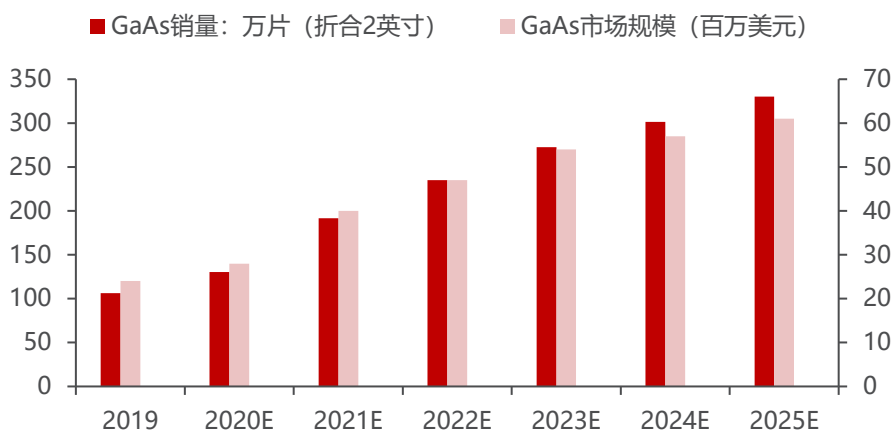
图25：全球砷化镓衬底应用分布结构



资料来源：Yole，北京通美招股说明书，民生证券研究院

激光器是使用受激辐射方式产生可见光或不可见光的一种器件，构造复杂，技术壁垒较高，是由大量光学材料和元器件组成的综合系统。利用砷化镓电子迁移率高、光电性能好的特点，使用砷化镓衬底制造的红外激光器、传感器具备高功率密度、低能耗、抗高温、高发光效率、高击穿电压等特点，可用于人工智能、无人驾驶等应用领域。根据 Yole 预测，激光器是砷化镓衬底未来五年最大的应用增长点之一。预计到 2025 年，全球激光器砷化镓衬底（折合二英寸）的市场销量将从 2019 年的 106.2 万片增长至 330.3 万片，年复合增长率为 20.82%；预计到 2025 年，全球激光器砷化镓衬底市场容量将达到 6100 百万美元，年复合增长率为 16.82%。

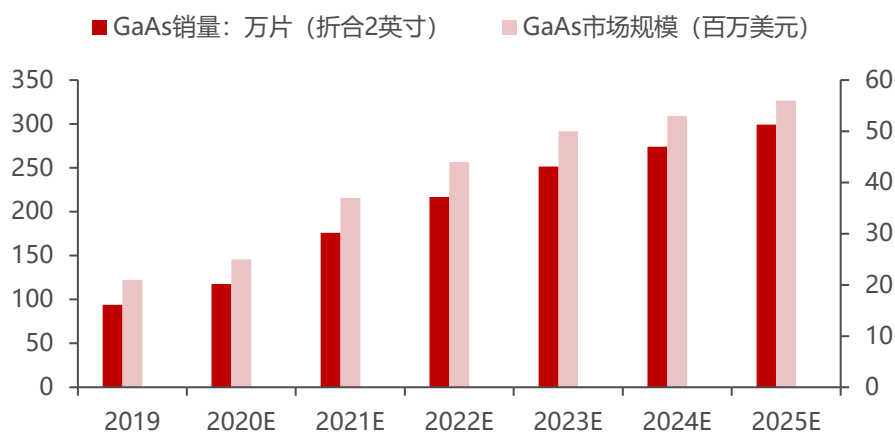
图26：2019-2025 年全球激光器砷化镓衬底销量和市场规模



资料来源：Yole，北京通美招股说明书，民生证券研究院

**未来五年激光器砷化镓衬底的需求增长主要由 VCSEL 的需求拉动。**VCSEL 是一种垂直于衬底面射出激光的半导体激光器，在应用场景中，常常在衬底多方向同时排列多个激光器，从而形成并行光源，用于面容识别和全身识别，目前已在智能手机中得到了广泛应用。VCSEL 作为 3D 传感技术的基础传感器，随着 5G 通信技术和人工智能技术的发展，同时受益于物联网传感技术的广泛应用，VCSEL 的市场规模不断增长，特别是以 VCSEL 为发射源的 3D 立体照相机将会迎来高速发展期，3D 相机是一种能够记录立体信息并在图像中显示的照相机，可以记录物体纵向尺寸、纵向位置以及纵向移动轨迹等。此外，VCSEL 作为 3D 传感器，在生物识别、智慧驾驶、机器人、智能家居、智慧电视、智能安防、3D 建模、人脸识别和 VR/AR 等新兴领域拥有广泛的应用前景。根据 Yole 预测，随着 3D 传感技术在各领域的深度应用，VCSEL 市场将持续快速发展，继而加大砷化镓衬底的需求。2019 年，全球 VCSEL 器件砷化镓衬底（折合二英寸）销量约为 93.89 万片，预计到 2025 年将增长至 299.32 万片，年复合增长率达到 21.32%；2019 年全球 VCSEL 器件砷化镓衬底市场规模约为 2100 万美元，预计到 2025 年全球砷化镓衬底市场规模将超过 5600 万美元，年复合增长率为 17.76%。

**图27：2019-2025 年全球 VCSEL 砷化镓衬底销量和市场规模**

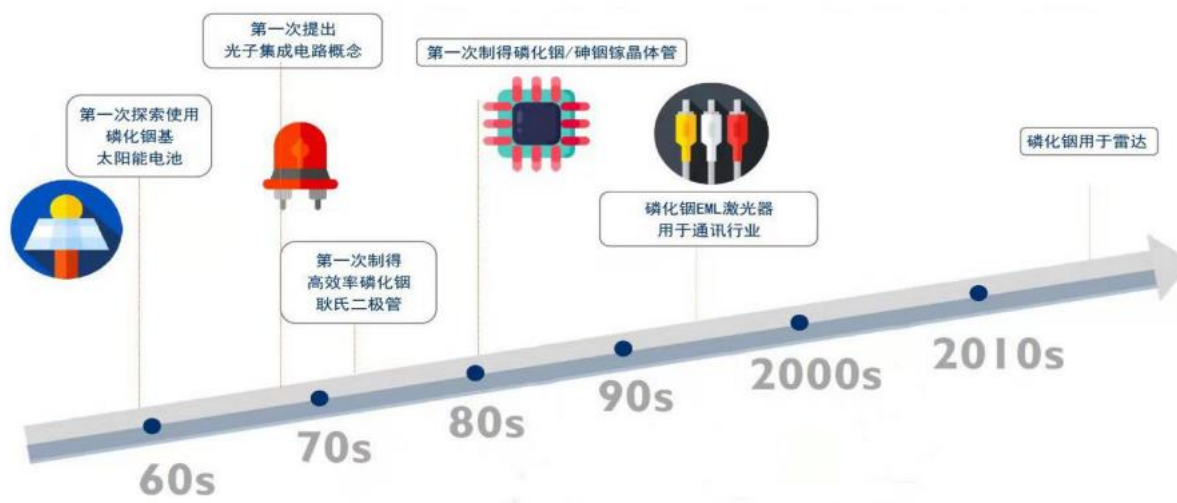


资料来源：Yole，北京通美招股说明书，民生证券研究院

### 3 磷化铟：光通信领域关键材料

磷化铟衬底光电性能好，电子迁移率高，可被广泛应用于制造光模块器件、传感器件、高端射频器件等。磷化铟是磷和铟的化合物，是 III-V 族半导体材料，使用磷化铟衬底制造的半导体器件，具备饱和电子漂移速度高、发光波长适宜光纤低损通信、抗辐射能力强、导热性好、光电转换效率高、禁带宽度较高等特性，因此磷化铟衬底可被广泛应用于制造光模块器件、传感器件、高端射频器件等。磷化铟最早于 20 世纪 60 年代应用于航天太阳能电池中；1969 年，磷化铟首次被用于二极管中；20 世纪 80 年代，磷化铟首次被用于晶体管中；20 世纪 90 年代，磷化铟被用于电信用电吸收调制激光器中，因其具有饱和电子漂移速度高、发光损耗低的特点，在光电芯片衬底材料中拥有特殊的优势，磷化铟开始在光通信市场实现商业化应用，成为光模块半导体激光器和接收器的关键材料。此外，由于磷化铟具有高频低噪、击穿电压高等特点，随着高电压大功率器件的应用频率提升，磷化铟在 2010 年以来开始应用于雷达激光器件和射频器件。

图28：磷化铟材料应用发展历程

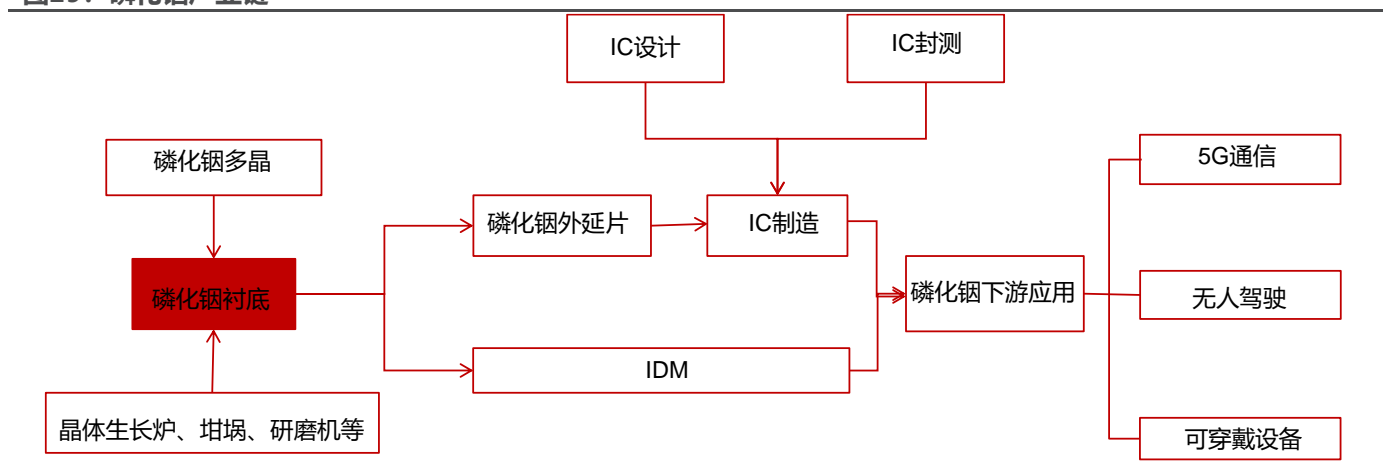


资料来源：Yole，北京通美招股说明书，民生证券研究院

磷化铟产业链上游为晶体生长、衬底和外延片的生产加工环节。从衬底生产的原材料和设备来看，其中原材料包括金属铟、红磷、坩埚等；生产设备涉及晶体生长炉、研磨机、抛光机、切割机、检测与测试设备等。产业链中游包括集成电路设计、制造和封测环节，产业链下游应用主要涉及光通信、无人驾驶、人工智能、可穿戴设备等多个领域。磷化铟产业链上游企业包括衬底厂商及外延厂商，如北京通美、日本 JX、Sumitomo 及其他国内衬底厂商，IQE、中国台湾联亚光电、中国台湾全新光电、II-VI、中国台湾英特磊等外延厂商，器件领域包括 Finisar、Lumentum、

AOI、Mitsubishi 等企业，下游主机厂商包括华为、中兴、Nokia、Cisco 等企业，终端应用包括中国移动、中国电信、中国联通、腾讯、阿里巴巴、Apple、Google、Amazon、Meta 等企业。

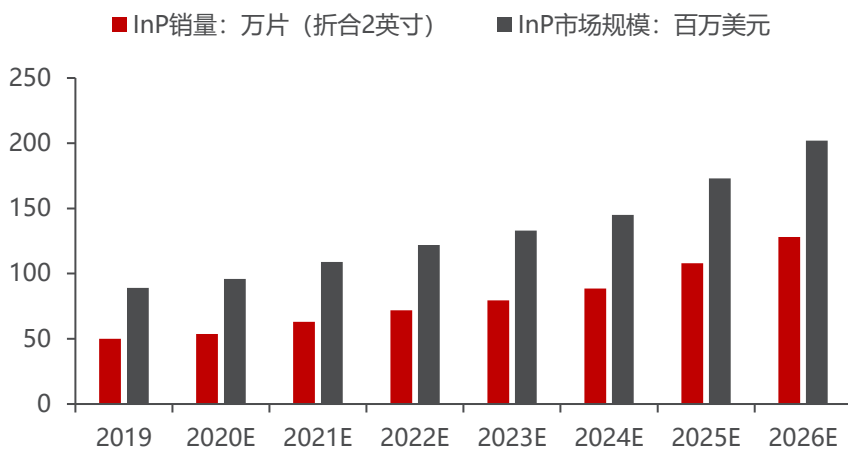
图29：磷化铟产业链



资料来源：北京通美招股说明书，民生证券研究院

受益于下游市场需求的增加，磷化铟衬底材料市场规模将持续扩大。根据 Yole 预测，2019 年全球磷化铟衬底（折合二英寸）销量为约 50 万片，2026 年全球磷化铟衬底（折合二英寸）预计销量为 128.19 万片，2019-2026 年复合增长率为 14.40%；2019 年全球磷化铟衬底市场规模为 0.89 亿美元，2026 年全球磷化铟衬底市场规模为 2.02 亿美元，2019-2026 年复合增长率为 12.42%。

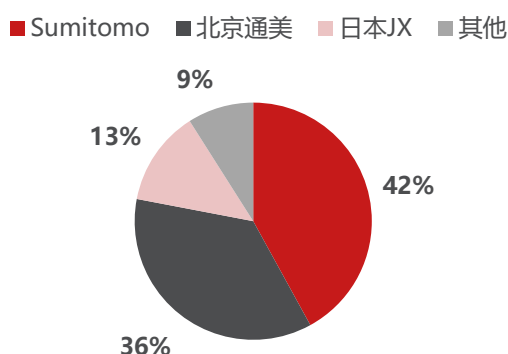
图30：2019-2026 年全球磷化铟衬底销量和市场规模



资料来源：Yole，北京通美招股说明书，民生证券研究院

从市场格局来看，磷化铟衬底材料市场头部企业集中度很高，主要供应商包括日本住友 (Sumitomo)、北京通美、日本 JX 等。据 Yole 数据显示，2020 年全球前三大厂商占据磷化铟衬底市场 90% 以上市场份额，其中日本住友为全球第一大厂商，占比为 42%；北京通美位居第二，占比 36%。磷化铟单晶批量生长的技术主要包括 LEC 法、VGF 法和 VB 法。北京通美和 Sumitomo 分别使用 VGF 和 VB 技术可以生长出直径 6 英寸磷化铟单晶，日本 JX 使用 LEC 技术可以生长出直径 4 英寸的磷化铟单晶。

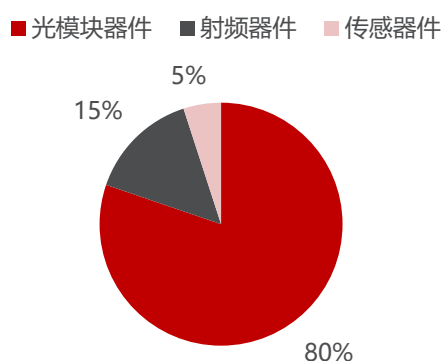
图31：全球磷化铟衬底市场竞争格局（2020）



资料来源：Yole，北京通美招股说明书，民生证券研究院

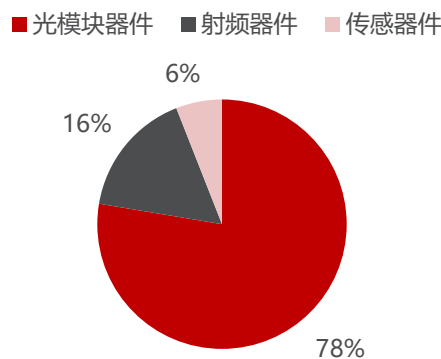
**光模块为磷化铟衬底下游最大应用领域。**磷化铟衬底主要应用下游器件包括光模块器件、传感器件、射频器件，对应下游终端领域包括 5G 通信、数据中心、人工智能、无人驾驶、可穿戴设备等领域，从全球磷化铟衬底应用情况来看，据 Yole 数据显示，2019 年光模块器件、传感器件、射频器件三者销量占比分别为 80%、5%和 15%，光模块器件和射频器件目前是磷化铟下游主要的應用。

图32：全球磷化铟衬底应用结构（销量口径）



资料来源：Yole，北京通美招股说明书，民生证券研究院

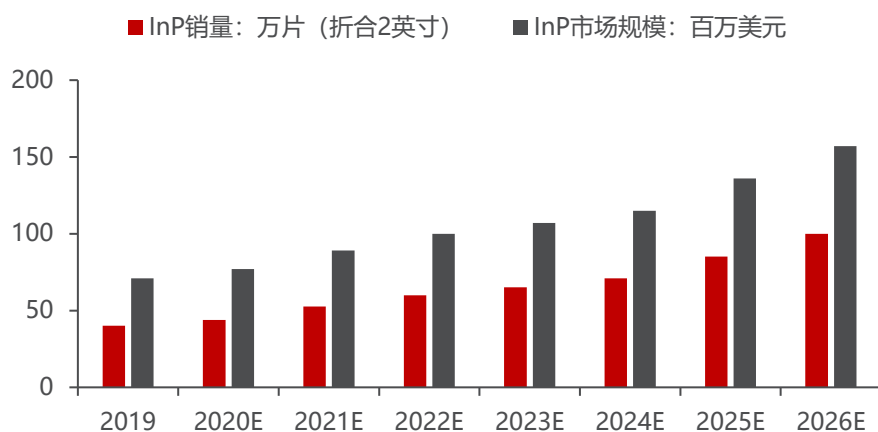
图33：全球磷化铟衬底应用结构（价值量口径）



资料来源：Yole，北京通美招股说明书，民生证券研究院

**受益 5G 通信、云计算、AI 等市场拉动光模块市场快速发展，光模块器件磷化铟衬底市场快速增长。**受益于全球范围内 5G 基站大规模建设的铺开，全球云计算产业快速发展和 AI 产业化的持续推进驱动全球范围内数据中心的大量建设，全球光通信行业将迎来重要发展机遇期，从而产生对光模块需求的持续增长。在 market 需求的带动及中国政府新基建等政策的影响下，全球光模块市场将保持快速增长态势。根据 Yole 统计显示，2019 年全球光模块器件磷化铟衬底（折合两英寸）销量约 40 万片，到 2026 年全球光模块器件磷化铟衬底（折合两英寸）预计销量将超过 100 万片，2019 年-2026 年复合增长率达 13.94%，2019 年全球光模块器件磷化铟衬底预计市场规模约 0.71 亿美元，2026 年全球光模块器件磷化铟衬底预计市场规模将达到 1.57 亿美元，2019-2026 年复合增长率达 13.94%。

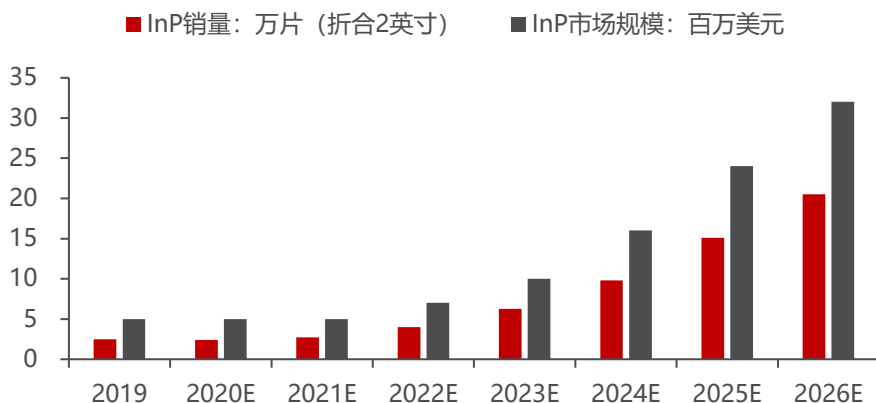
**图34：2019-2026 年全球磷化铟衬底光模块器件领域应用销量和市场规模**



资料来源：Yole，北京通美招股说明书，民生证券研究院

**受益于可穿戴市场稳步增长，传感器件磷化铟衬底市场有望快速增长。**由于磷化铟具备饱和电子漂移速度高、导热性好、光电转换效率高、禁带宽度较高等特性，使用磷化铟衬底制造的可穿戴设备具备脉冲响应好、信噪比好等特性，因此磷化铟衬底可被用于制造可穿戴设备中的传感器，用于监测心率、血氧浓度、血压甚至血糖水平等生命体征。此外，使用磷化铟衬底制造的激光传感器可以发出不损害视力的不可见光，可应用于虚拟现实（VR）眼镜、汽车雷达等产品中。根据 Yole 预测，2019 年应用于传感器件领域的磷化铟衬底（折合二英寸）销量约 2.5 万片，2026 年应用于传感器件领域的磷化铟衬底（折合二英寸）销量将达到 20.54 万片，2019-2026 年年均复合增长率为 35.14%，2019 年应用于传感器件领域的磷化铟衬底市场规模约 500 万美元，2026 年应用于传感器件领域的磷化铟衬底市场规模将达到 3,200 万美元，2019-2026 年年均复合增长率为 30.37%。

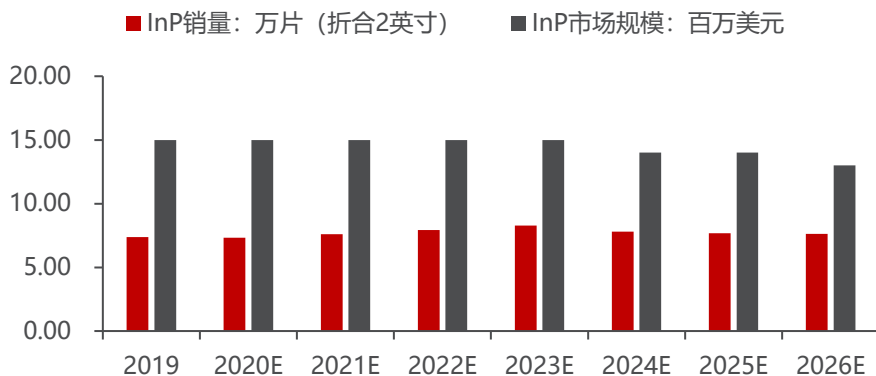
图35：2019-2026 年全球传感器器件磷化铟衬底销量和市场规模



资料来源：Yole, 北京通美招股说明书, 民生证券研究院

磷化铟衬底在制造高频高功率器件、光纤通信、无线传输、射电天文学等射频器件领域存在性能优势，射频器件磷化铟衬底市场保持稳步增长。使用磷化铟衬底制造的射频器件在卫星、雷达等应用场景中表现出优异的性能，磷化铟基射频器件在雷达和通信系统的射频前端、模拟/混合信号宽带宽电路方面具有较强竞争力，适合高速数据处理、高精度宽带宽 A/D 转换等应用。此外，磷化铟基射频器件相关器件如低噪声放大器、模块和接收机等器件还被广泛应用于卫星通信、毫米波雷达、有源和无源毫米波成像等设备中。在 100GHz 以上的带宽水平，使用磷化铟基射频器件在回程网络和点对点通信网络的无线传输方面具有明显优势，未来在 6G 通信甚至 7G 通信无线传输网络中，磷化铟衬底将有望成为射频器件的主流衬底材料。根据 Yole 预测，2019-2023 年应用于射频器件的磷化铟衬底市场规模较为稳定，保持在 1500 万美元的水平，到 2023 年应用于射频器件的磷化铟衬底（折合二英寸）销量将达到 8.28 万片。

图36：2019-2026 年全球射频器件磷化铟衬底销量和市场规模



资料来源：Yole, 北京通美招股说明书, 民生证券研究院

## 4 铌酸锂：电光调制器重要材料

铌酸锂晶体的压电性能、光电效应十分优异，是重要的无机材料。铌酸锂是一种无机物，化学式为  $\text{LiNbO}_3$ ，是一种负性晶体、铁电晶体，经过极化处理的铌酸锂晶体具有压电、铁电、光电、非线性光学、热电等多性能的材料，同时具有光折变效应。铌酸锂晶体是用途最广泛的新型无机材料之一，它是很好的压电换能材料，铁电材料，电光材料，在声学滤波器中和光通讯中都有重要应用。

表2：铌酸锂晶体分类

类型	产品优势	应用领域
光学级铌酸锂晶体	电光及非线性光学系数比较大；具有较宽的光透过窗口，321nm-5000nm 较大的双折射率 $A(\text{no-ne})=0.086@632.8\text{nm}$ ；能生长出 Kg 级的体块晶体；机械加工性能好，不潮解。	集成光学波导；波导型激光器；光隔离器用楔角片；电光波导相位调制器；电光波导强度调制器；准相位匹配激光倍频器件和光参量振荡器。
声学级铌酸锂晶体	优良的压电性能、热稳定性、化学稳定性和机械稳定器。	声表面波滤波器

资料来源：华经产业研究院，民生证券研究院

铌酸锂材料产业链包括上游晶体生长、中游制造加工和下游应用。上游材料端，首先通过氧化铌制备铌酸锂单晶，然后通过提拉法生长铌酸锂晶体，也可以通过离子切片等方法制备铌酸锂单晶薄膜；中游制造加工主要是铌酸锂调制器芯片及器件制造，包括体材料铌酸锂调制器和薄膜铌酸锂调制器；下游主要应用于光通信、光纤陀螺、超快激光器、有线电视等领域。

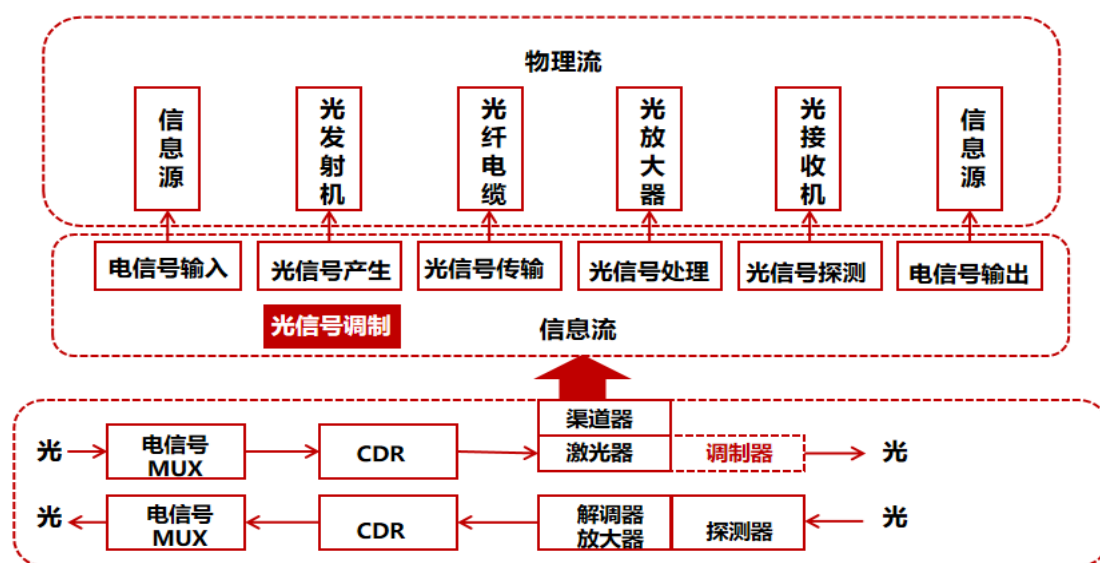
图37：光学级铌酸锂材料产业链梳理



资料来源：华经产业研究院，民生证券研究院

光信号调制是光模块的必要功能，电光调制器包括内调制和独立调制两种模式。光信号调制是光模块的必要功能，通过将信号加载在光波上，实现了可靠高速的光通信，但是调制器不是光模块中的必要器件，在短距离场景下，可以采用内调整的方式替代独立的调制器。内调制或直接调制是直接控制激光器泵浦源，从而使激光的某些参量得到调制；独立调制器进行的外调制是指光输出光源的振幅和频率作为光载波经过光调制器，光信号通过调制器来实现振幅、频率和光学载波的相位调整。在中长距光通信场景中，特别是相干通信中，独立的调制器是必要器件。

图38：光信号调制在光信号处理流程中的位置



资料来源：华经产业研究院，民生证券研究院

目前行业内的主流电光调制器有三种，其基底分别采用硅、磷化铟和铌酸锂材料，并且根据其优缺点不同，可适用于不同通信距离的应用场景。比较来看，铌酸锂方案具有高带宽、低插损、高可靠性、较高消光比、工艺成熟等优点。基于硅基的调制器期限速率约为 60-90Gbaud，基于磷化铟的调制器可达到 130Gbaud，而基于铌酸锂的调制器可能超过 130Gbaud。受材料性质所限，硅基方案存在插入损耗高、存在温漂等问题，因而主要应用在短距离；磷化铟方案主要是通过牺牲一定的参数从而在中短距离传输中替代铌酸锂。铌酸锂调制器在长途相干光传输和超高速数据中心的场景具备良好的竞争力，主要用在 100Gbps 以上的长距骨干网相干通讯和单波 100/200Gbps 的超高速数据中心中。

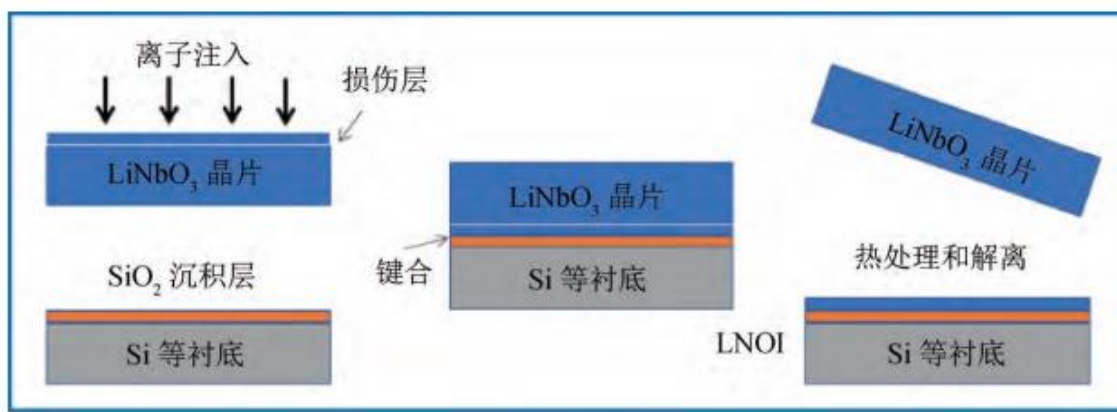
表3：光调制器对比

调制器类型	应用场景	优点	缺点
硅基调制器	短程的数据通信用收发模块	尺寸小	性能一般，高速长距离通信网络不适用
磷化铟基调制器	中距和长距光通信网络收发模块	调制效率高，驱动电压小，带宽可调制，器件结构紧凑	对材料和工艺要求高，成本和集成难度大
铌酸锂基调制器	100G 及以上长距骨干网相干通信	电光系数大、调制带宽大、波导传输损耗小、稳定性好，发展成熟	体积较大

资料来源：华经产业研究院，民生证券研究院

随着光通信系统的不断升级和流量继续快速攀升，当前的高速通信系统对铌酸锂调制器产生了新的要求，包括更高调制速率以及小型化、集成化，薄膜铌酸锂调制器优势凸显。传统块状铌酸锂制作的体铌酸锂电光调制器，存在着一些技术上的局限性：其一体积大，无法满足器件微纳化的发展需求；其二性能难提升，无法适应大容量通信网络的快速发展。薄膜铌酸锂调制器相比于体铌酸锂调制器，既能解决传统铌酸锂块材料器件尺寸过大、不利于集成的问题，又能兼容成熟的硅基光子学工艺，与其它集成光子学器件实现片上集成，在光通信高速率发展背景下优势凸显。

图39：离子切片法制备铌酸锂薄膜示意图



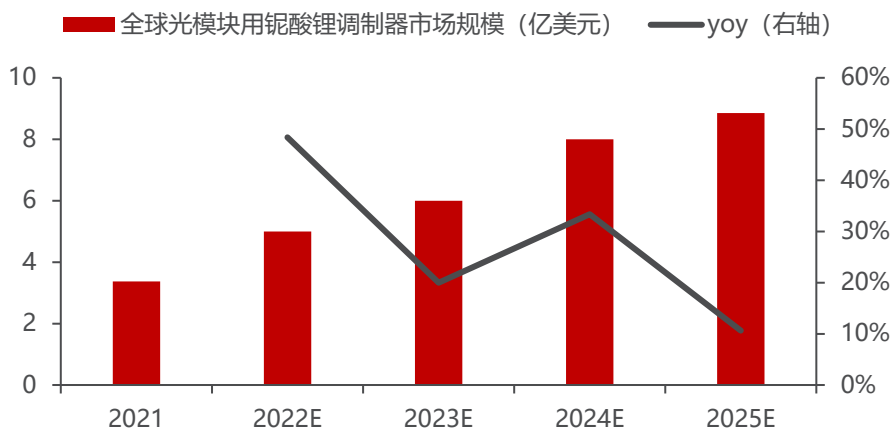
资料来源：《信息时代的铌酸锂晶体：进展与展望》刘宏，民生证券研究院

**AI 产业化趋势驱动光通信传输速率持续提升，打开铌酸锂调制器市场需求。**

铌酸锂调制器适合数据中心中高速传输应用场景，有望受益于 AI 产业化所拉动的巨大算力基础设施需求实现快速发展。同时薄膜铌酸锂调制器能实现更小尺寸的封装，适应于未来核心网络端口密度不断加大的需求，预计全球光模块用铌酸锂调

制器市场空间持续增长。据华经产业研究院数据，2021 年全球光模块用铌酸锂调制器市场规模约 3.37 亿美元，预计到 2025 年将达 8.85 亿美元，2021-2025 年 CAGR 约 27.3%。

图40：2021-2025 年全球光模块用铌酸锂调制器市场空间及展望



资料来源：华经产业研究院，民生证券研究院

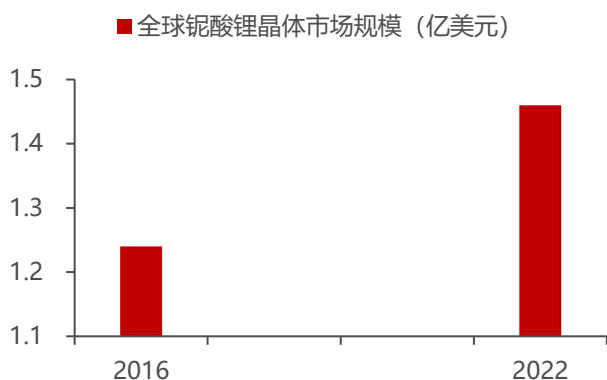
**铌酸锂调制器行业主要被日本企业占据主要份额。**由于铌酸锂系列高速调制器芯片及器件行业壁垒较高，全球仅有三家主要供应商可以批量供货，分别是日本的 Fujitsu（富士通）、日本的 Sumitomo（住友集团）和 Lumentum。2020 年光库科技通过收购 Lumentum 相关产品线进入该领域，目前是国内少数可以提供铌酸锂技术的厂家之一。受益于国内薄膜铌酸锂产业链逐渐成熟，随下游新易盛等厂商相继展示或推出薄膜铌酸锂光模块，国内厂商有望在薄膜铌酸锂调制器领域占据卡位优势。

表4：铌酸锂调制器行业主要公司

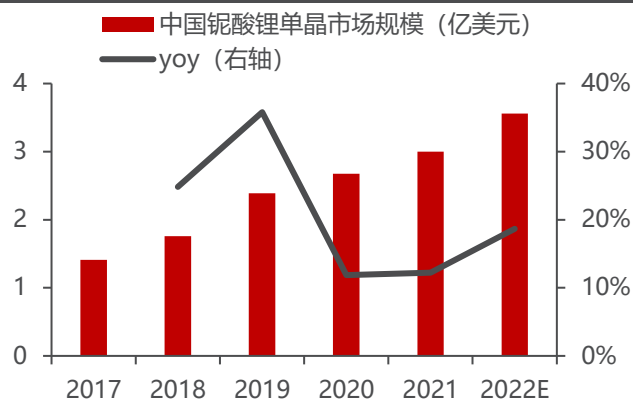
公司名称	国家	基本情况
Fujitsu (富士通)	日本	Fujitsu 的光器件业务（包括铌酸锂调制器业务）主要由子公司 Fujitsu Optical Components Limited 来运营，该子公司位于日本。2009 年成功推出世界第一个高速大容量光传输的铌酸锂调制器，2017 年推出 600G 铌酸锂调制器，全球市场份额约为 70%。
Sumitomo (住友集团)	日本	Sumitomo 的光器件业务（包括铌酸锂调制器业务）主要由子公司 Sumi tomo Osaka Cement CO.,Ltd 运营。
Lumentum (光库科技收购)	中国	Lumentum 是全球领先的光通信产品、消费市场和工业激光器提供商，2020 年光库科技收购 Lumentum 位于意大利 San Donato 及其代工厂的铌酸锂系列高速调制器产品线。

资料来源：光库科技公告，智研咨询，民生证券研究院

**铌酸锂晶体市场规模稳步增长。**随着下游 5G 通信、云计算等主要行业的持续发展，以及 AI 大模型的训练和应用带来数据中心等基础设施的增长需求，有望驱动光模块行业的用量增长和技术升级，上游铌酸锂晶体市场需求有望稳步增长。据华经产业研究院数据，2016 年全球铌酸锂晶体市场规模约 1.24 亿美元，2022 年增长至约 1.46 亿美元。光学级是铌酸锂晶体的主要类型，2022 年全球光学级铌酸锂晶体市场规模约 0.85 亿美元，约占全球铌酸锂晶体市场份额的 60%。近年来我国铌酸锂单晶市场规模同样在不断扩大，2021 年中国铌酸锂单晶市场规模约 3 亿元，预计 2022 年中国铌酸锂单晶市场规模将达到 3.56 亿元。

**图41：全球铌酸锂晶体市场规模**


资料来源：华经产业研究院，民生证券研究院

**图42：2017-2022 年中国铌酸锂晶体市场规模**


资料来源：华经产业研究院，民生证券研究院

**铌酸锂单晶行业主要被日本企业占据主要份额。**日本企业在滤波器以及铌酸锂调制器领域都占据主要份额，上游铌酸锂单晶材料领域同样是日本企业占据领先地位，代表企业包括日本信越化学、日本住友金属。国内铌酸锂单晶材料代表企业主要是天通股份和德清华莹。国内企业在铌酸锂单晶薄膜材料领域占据卡位优势，济南晶正在国际上率先开发出并产业化 300-900 纳米厚度铌酸锂单晶薄膜材料产品。

**表5：铌酸锂材料行业主要企业梳理**

公司	国家	基本情况
信越化学	日本	全球最大的硅材料生产商，LN、LT 晶体与基材产能位居全球前列。
住友金属	日本	日本硅材料头部企业的旗下公司，2018 年退出盈利不佳的蓝宝石基板转向 LN、LT 晶体。
台湾兆远科技	中国	中国台湾蓝宝石衬底头部厂商，2006 年后逐渐布局 LN、LT 晶体。

---

<b>天通股份</b>	中国	已形成 3/4/5 英寸 LN、LT 晶片量产能力，通过多个国内外企业验证，国内主要客户包括好达电子、中电 26 所。
<b>德清华莹</b>	中国	3、4 寸 LN、LT 晶体年产能达 18 吨，晶片年加工能力 100 万片。
<b>济南晶正</b>	中国	济南晶正电子科技有限公司成立于 2010 年,是一家致力于纳微米级厚度光电、压电单晶薄膜材料研发、生产及销售为一体的高新技术企业，在国际上率先开发出并产业化 300-900 纳米厚度铌酸锂单晶薄膜材料产品。

---

资料来源：华经产业研究院，济南晶正官网，民生证券研究院

## 5 金属基复合材料：光芯片基座重要材料

金属基复合材料可以将金属基体较高的热导率和增强相材料较低的热膨胀系数结合起来，通过改变增强相种类、体积分数、排列方式或者复合材料的热处理工艺，制备出热物理性能与电子器件材料相匹配的封装材料。在集成电路中，封装起着芯片保护、芯片支撑、芯片散热、芯片绝缘以及芯片与外电路连接的作用，电子封装材料的研究重点经历了金属、陶瓷、塑料、复合材料的变化，微电子和半导体器件对封装材料要求越来越高，加速了先进金属基复合材料的发展。金属基电子封装材料由基体和增强相两部分组成，基体一般为金属（如铝、铜、镁）及其合金，增强相主要为碳（如碳纤维、金刚石、碳纳米管）、陶瓷（如碳化硅、氮化铝）及金属（钨、钼）等。这些基体合金具有良好的导热性能、可加工性能以及焊接性能，而增强相具有较好的热膨胀性能、良好的化学稳定性、高强度、低密度以及与基体金属较好的润湿性，从而确保金属基复合材料具有优异的热物理性能和封装性能。

图43：电子封装金属基材料性能

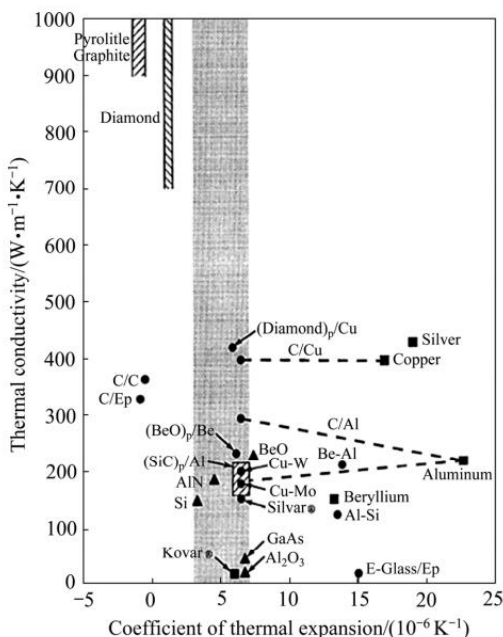
Matrix	Strengthening Phase	TC (W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup> )	CTE/ (10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup> )	Density (g·cm <sup>-3</sup> )
Al		230	23	2.7
Cu		400	17	8.9
	Si-C <sub>p</sub>	80-200	4	3.21
	Si <sub>p</sub>	150	4.1	2.3
	Diamond	1200-2600	1.3	3.52
	W	174	4.5	19.3
Al	Si-C <sub>p</sub>	120-250	4.5-11	2.3-2.7
Al	Si <sub>p</sub>	75-180	7-17	2.4-2.5
Al	Diamond	300-500	7-9	3
Cu	Si-C <sub>p</sub>	280-360	7-11	7-9
Cu	Diamond	410-920	4-6	4-5
Cu	W	140-210	5.6-9.1	15.6-17

资料来源：《电子封装用金属基复合材料的研究进展》曾婧，民生证券研究院

钨铜合金和钼铜合金为目前应用最广泛的金属基电子封装材料，铝碳化硅 (SiC/Al) 和铝硅 (Si/Al) 合金复合材料为新兴金属基电子封装材料，金刚石/铜复合材料有望成为下一代电子封装材料。早期采用 Kovar 合金等材料作为电子封装材料，伴随电子封装逐步往小型化、高密度、热量易散发的应用需求方向迭代，电子封装材料的性能要求也在不断提高。钨铜 (W/Cu)、钼铜 (Mo/Cu) 复合材料也称为钨铜、钼铜合金，即以金属颗粒 W、Mo 为增强相的金属基复合材料，

其热导率为 150~230W/(m·K)，热膨胀系数为  $5.7 \times 10^{-6} \sim 10 \times 10^{-6} K^{-1}$ ，是目前应用最广泛的金属基电子封装材料，主要应用于电子散热器以及热沉材料。我国 W/Cu、Mo/Cu 等传统电子封装材料的制备与应用技术较成熟，已进行大规模工业化生产，但这种材料的热导率已不能满足现代大功率器件的更高要求，特别是其密度大(W/Cu: 15~17g/cm<sup>3</sup>, Mo/Cu: 9.9~10.0g/cm<sup>3</sup>)，不适于在便携电子和航空航天装备中应用。在航空航天飞行器领域所需的电子管理设备中，在满足电子封装材料的基本要求的前提下，轻质是其最亟待解决的问题，铝碳化硅 (SiC/Al) 和铝硅 (Si/Al) 复合材料正好具有质量轻，热膨胀系数低，热传导性能良好，强度和刚度高等优越性能，成为新一代电子封装材料。金刚石是目前已知的在自然界中存在的最坚硬的物质，同时也是自然界中导热系数最高的物质之一，导热系数高达 1.2~2.6kW/(m·K)。铜的导热、导电、延展性都较好，热导率远高于铝、钼等金属，并且价格低廉，被广泛应用于集成电路领域。综合金刚石和铜的导热性能，金刚石/铜复合材料有望成为未来主流的高导热电子封装材料。

图44：电子封装常用复合材料性能比较

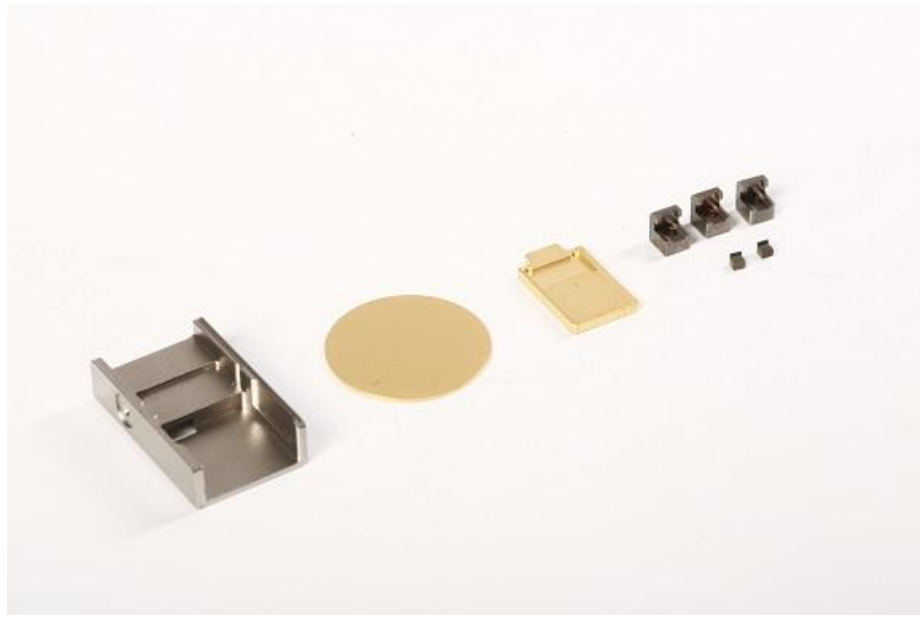


资料来源：《电子封装用金属基复合材料的研究进展》曾婧，民生证券研究院

**光芯片基座是光模块部件中重要的散热部件，光模块往高速率迭代驱动光芯片基座材料升级迭代。**光模块是 5G 承载网络、数据中心互联和全光接入网络的基础构成单元，它由光器件、功能电路和光接口组成，主要功能为完成光信号的光电、电光转换，主要用于电信传输、数据中心和 5G 基站。光模块中有三大核心部件，光芯片、激光器和光棱镜，此三大部件对光芯片基座载体材料的散热系数和热膨胀系数有着苛刻的要求。光模块目前主要以 200G 以下为主，200G 及以下对于芯片

基座材料的散热要求不高,低膨胀高导热的可伐合金(Kovar)可以满足要求,400G以上光模块芯片对散热要求大幅提高,需要具有低膨胀更高导热特性的新材料来满足要求,不同成份的钨铜合金可以满足400G、800G、1.6T光模块需求,大于1.6T的光模块需要更优异性能的金金刚石/铜复合材料才能满足要求。用于光模块芯片基座的钨铜材料主要技术要求是超细钨粉均匀弥散分布在铜相中,并且材料要求高洁净度、高致密度,不允许有任何气孔、夹杂、钨颗粒团聚,这些缺陷都会严重影响光模块组件焊接和使用性能。目前市场上普通的钨铜材料无法满足这些精细要求,而且良品率低。斯瑞新材采用3D打印骨架、真空熔渗定向凝固、微精密加工、自建专用镀金线满足了这一细分市场的特殊需求。在此基础上,斯瑞新材正在研发低成本批量生产金刚石/铜复合材料工艺,为1.6T以上光模块大批量应用储备能力,以支撑未来更高性能GPU的快速发展需求。

**图45: 光芯片基座示意图**



资料来源:斯瑞新材官网,民生证券研究院

## 6 投资建议

### 6.1 行业投资建议

受益 AI 算力提升拉动数据中心等基础设施建设需求，同时 AI 应用驱动光模块往 400G/800G/1.6T 的高速率技术方向迭代，光模块产业得到快速发展，上游光芯片等光模块核心重要组件也受拉动。目前主要光芯片采用磷化铟、砷化镓、铌酸锂等材料制备，光芯片基座为钨铜合金材料制备，相关材料有望受益光模块快速发展带来发展机遇。建议关注：斯瑞新材（光模块光芯片基座）、东方钽业（铌酸锂原材料氧化铌）、云南锗业\*（化合物半导体材料砷化镓和磷化铟）、有研新材\*（化合物半导体材料砷化镓）。

### 6.2 重点公司

#### 6.2.1 斯瑞新材：铜基合金技术为基，拓展光芯片基座享 AI 红利

公司是工信部认证的有色金属新材料领域“单项冠军”。公司专注于高强高导铜合金等细分领域的研发和制造，是一家以轨道交通、电力电子、医疗影像等高端应用领域为目标市场，向客户提供高强高导铜合金材料及制品、中高压电接触材料及制品、高性能金属铬粉、CT 和 DR 球管零组件等产品的高新技术企业。

**光模块技术迭代带来光芯片基座材料升级要求。**光模块是进行光电和电光转换的光电子器件，是支撑算力中心和数据中心的关键一环，目前主要以 200G 以下为主，200G 及以下对于芯片基座材料的散热要求不高，低膨胀高导热的可伐合金可以满足要求。400G 以上光模块芯片对散热要求大幅提高，需要具有低膨胀更高导热特性的新材料来满足要求，不同成份的钨铜合金可以满足 400G、800G、1.6T 光模块需求，大于 1.6T 的光模块需要更优异性能的铜金刚石材料才能满足要求。

**立足铜基合金技术拓展光芯片基座，产能配套扩充享 AI 发展红利。**用于光模块芯片基座的钨铜材料主要技术要求是超细钨粉均匀弥散分布在铜相中，并且材料要求高洁净度、高致密度，不允许有任何气孔、夹杂、钨颗粒团聚，这些缺陷都会严重影响光模块组件焊接和使用性能。目前市场上普通的钨铜材料无法满足这些精细要求，而且良品率低。公司采用 3D 打印骨架、真空熔渗定向凝固、微精密加工、自建专用镀金线满足了这一细分市场的特殊需求。目前公司主要客户有 Finisar、天孚通信、环球广电和东莞讯滔等，公司正在规划建设年产 200 万件产能。公司还在研发低成本批量生产金刚石铜工艺，为 1.6T 以上光模块大批量应用储备能力，以支撑未来更高性能 GPU 的快速发展需求。

## 6.2.2 东方钨业：钨酸锂上游厂商，有望受益钨酸锂调制器快速发展机遇

东方钨业深耕钨钼行业近 60 年，是国内唯一的从事钨钼矿石的湿法冶金、火法冶金、粉末制备、成型烧结、3D 打印、压力加工、机械加工、高真空热处理的全流程生产企业，是世界钨钼行业三强之一。

**布局冶炼到深加工，钨钼产品品类十分丰富。**公司生产线延伸较长，首先从海外采购钨钼矿石，然后对矿石进行冶炼，冶炼产成品大部分进入下一道加工环节，也有部分产品直接对外出售，接着冶炼产成品经过深加工环节形成附加值更高的钨钼产品。因此公司钨钼产品品类十分丰富，产业链上游产品包括氟钨酸钾、氧化钨、氧化钼等，产业链下游产品包括钨粉、钨丝、钨锭、钨靶材、超导钨材、射频超导腔等。氧化钨是钨酸锂上游主要原材料，利用氧化钨可以制备钨酸锂单晶，然后通过提拉法生长钨酸锂晶体，也可以通过离子切片等方法制备钨酸锂单晶薄膜。

**光通信持续往高速率迭代背景下，钨酸锂调制器市场需求有望快速增长。**目前行业内的主流电光调制器有三种，其基底分别采用硅、磷化铟和钨酸锂材料，钨酸锂调制器在长途相干光传输和超高速数据中心的场景具备良好的竞争力，主要用在 100Gbps 以上的长距骨干网相干通讯和单波 100/200Gbps 的超高速数据中心中，与光通信高速率发展趋势相匹配。传统块状钨酸锂制作的体钨酸锂电光调制器存在体积大、性能难再提升的局限性，薄膜钨酸锂调制器相比于体钨酸锂调制器既能解决传统钨酸锂块材料器件尺寸过大、不利于集成的问题，又能兼容成熟的硅基光子学工艺，与其它集成光子学器件实现片上集成，在光通信高速率发展背景下优势凸显。AI 产业化趋势驱动光通信传输速率持续提升，钨酸锂调制器适合数据中心中高速传输应用场景，有望受益于 AI 产业化所拉动的巨大算力基础设施需求实现快速发展。同时薄膜钨酸锂调制器能实现更小尺寸的封装，适应于未来核心网络端口密度不断加大的需求，预计全球光模块用钨酸锂调制器市场空间持续增长。钨酸锂产业链上游材料也有望深度受益。

**投资建议：**公司通过积极实施正向激励市场化改革和持续进行自主创新双轮驱动，国企改革成效显著；公司作为国内钨钼钨行业龙头，凭借过硬的技术实力，在高端应用领域不断取得突破，伴随定增项目有望扩充产能支持长期成长，公司业绩未来可期。预计公司 2023-2025 年归母净利润分别为 1.99/2.17/2.53 亿元，对应 10 月 23 日收盘价的 PE 分别为 26/24/20 倍，维持公司“推荐”评级。

**风险提示：**原材料价格波动风险、新品研发不及预期、下游需求不及预期。

**表6：东方钽业盈利预测与财务指标**

项目/年度	2022A	2023E	2024E	2025E
营业收入 (百万元)	986	1121	1331	1500
增长率 (%)	24.1	13.7	18.7	12.7
归属母公司股东净利润 (百万元)	171	199	217	253
增长率 (%)	111.1	16.8	9.0	16.6
每股收益 (元)	0.38	0.45	0.49	0.57
PE	30	26	24	20
PB	3.4	3.0	2.7	2.4

资料来源：Wind，民生证券研究院预测；(注：股价为 2023 年 10 月 23 日收盘价)

### 6.2.3 云南锗业：锗全产业链布局，拓展化合物半导体业务

公司是集锗矿开采、火法富集、湿法提纯、区熔精炼、精深加工及研究开发一体化产业链的锗生产企业，具有 40 余年的锗生产历史，锗产品产销量全国第一，是目前国内最大的锗系列产品生产商和供应商。

**公司拥有完整锗产业链布局，不仅拥有丰富、优质的锗矿资源，还具备锗产品精深加工工艺。**锗是一种稀散稀有金属，在半导体、航空航天测控、核物理探测、光纤通讯、红外光电、太阳能电池、化学催化剂、生物医学等领域都有广泛而重要的应用，是一种重要的战略资源。公司是一家集锗矿开采及深加工为一体的锗系列产品生产企业，公司主要业务为锗矿开采、火法富集、湿法提纯、区熔精炼、精深加工及研究开发。公司目前材料级锗产品主要为区熔锗锭、二氧化锗，光伏级锗产品主要为太阳能锗晶片，红外级锗产品主要为红外级锗单晶(光学元件)、锗镜片、镜头、红外热像仪，光纤级锗产品为光纤用四氯化锗。目前锗系列产品主要运用包括红外光电、太阳能电池、光纤通讯、催化剂、医疗保健等领域。锗资源方面，目前公司矿山锗金属保有储量约 600 吨，根据 2022 年公司年报公司材料级产品区熔锗锭产能为 47.60 吨/年，太阳能锗晶片产能为 30 万片/年(4 英寸)、20 万片/年(6 英寸)，光纤用四氯化锗产能为 60 吨/年，红外光学锗镜头产能为 3.55 万套/年。

**子公司鑫耀半导体布局磷化铟和砷化镓化合物半导体材料业务，努力打破国外垄断实现国产替代。**公司子公司云南鑫耀半导体材料有限公司主要生产化合物半导体材料砷化镓晶片(衬底)和磷化铟晶片(衬底)，主要用于生产垂直腔面发射激光器(VCSEL)、大功率激光器、光通信激光器和探测器等，应用领域包括 5G、数据中心、光纤通信、新一代显示(包括 Mini LED 及 Micro LED)、人工智能、无人驾驶、可穿戴设备等。根据 2022 年公司年报，公司砷化镓晶片产能为 80 万片/年(2—4 英寸)，磷化铟晶片产能为 15 万片/年(2—4 英寸)。目前华为旗下哈勃科技创业投资有限公司持有公司控股子公司云南鑫耀半导体材料有限公司 23.91% 股权，加深公司和下游客户合作联系。

#### 6.2.4 有研新材：“电磁光医”新材料布局，半导体材料代表企业

公司是主营业务定位在高纯金属靶材、先进稀土材料、特种红外光学及光电材料、生物医用材料等多个战略性新材料领域的有色金属新材料企业。

**有研新材业务布局覆盖“电磁光医”四大板块。**电板块主要包括集成电路用薄膜材料、贵金属等业务，磁板块包括稀土金属、磁性材料及磁体等业务，光板块包括特种红外光学、光电材料等业务，医板块包括生物医用材料及口腔医疗器械等业务，下游领域主要应用于新一代信息技术、高端装备制造、节能环保、生物医用材料等战略性新兴产业。

**有研国晶辉为有研新材布局光电材料领域重要子公司，掌握砷化镓技术工艺储备。**有研新材重要子公司有 5 家，有研亿金新材料有限公司主营高纯金属靶材业务，有研稀土新材料股份有限公司主营先进稀土材料业务，有研国晶辉新材料有限公司和山东有研国晶辉新材料有限公司主营特种红外光学及光电材料，有研医疗器械（北京）有限公司主营生物医用材料。有研国晶辉多年来专注于新型光电材料的生产研制，在锗单晶、硫化锌、硒化锌的生长和加工方面拥有一定技术优势，为国内外大型企业提供关键零部件和配套产品。1960 年，公司成功研制出中国第一根砷化镓单晶；1994 年，公司成功研制出 3 英寸水平砷化镓单晶；2001 年，公司成功研制出中国第一根 4 英寸半绝缘砷化镓；2016 年，公司成功研制出 4 英寸 VGF 砷化镓单晶。目前有研国晶辉建立了年产 15 吨锗单晶生产线，年产 10 吨硫化锌产品生产线，年产 5 吨硫系玻璃产品生产线，以及先进的光学加工生产线，规模和技术在国内领先。

#### 6.2.5 天通股份：铌酸锂晶体国内龙头，“材料+设备”协同发展

公司主要从事磁性材料、蓝宝石材料、压电晶体材料等电子材料的研发、生产和销售，以及专用装备的研发、制造和销售。公司坚持电子材料和智能装备互为支撑、协同发展的战略，坚持晶体材料和关键装备、粉体材料和关键装备两条业务发展主线。

**受益于 5G 通信和光模块市场快速发展机遇，铌酸锂晶体市场需求有望快速增长，国产替代需求迫切。**铌酸锂晶体是一种集压电、电光、光折变及激光活性等效应于一体的晶体，具有光电效应多、性能可调控性强、物理化学性能稳定、光透过范围宽等特点，基于铌酸锂晶体的声表面波滤波器、光调制器、相位调制器、光隔离器、电光调 Q 开关等器件在电子技术、光通信技术、激光技术等领域中得到广泛应用。以 ChatGPT 为代表的生成式 AI 的发展，在推动算力等强劲需求的同时，也催生了更大的宽带需求，基于薄膜铌酸锂的电光调制器凭借大带宽、低损耗的优点有望实现快速发展。移动通信从 4G 到 5G 升级推动滤波器市场快速发展，铌酸锂晶体作为滤波器基础材料其市场需求也获得持续增长。然而铌酸锂晶体目

前主要被日本企业占据主要份额，国产化缺口明显，未来进口替代和成长空间可期。

**公司作为国内铌酸锂晶体龙头，有望享行业红利快速发展。**公司依靠在晶体材料多年的技术积累，通过自主创新，掌握了大尺寸晶体生长、晶片黑化和抛光等关键核心技术，并自主研发长晶技术和长晶设备，制备出了和日美同等水平的晶片，满足了国内外客户的使用要求，实现技术自主可控，打破了国外的垄断。目前公司已批量成功开发出铌酸锂、钽酸锂晶棒，4-8 寸铌酸锂、钽酸锂晶片(包含普通白片 and 低静电黑化晶片)，产品质量稳定，已被多家国内、外公司认证通过。目前公司已占据国内 LT/LN 晶体材料 50%以上的市场份额，并开始小批量出口日韩市场。伴随滤波器市场以及光模块市场快速发展机遇，公司铌酸锂晶体业务有望得到快速发展。

## 7 风险提示

**1) 下游需求波动风险。**光模块市场需求可能会受到下游电信市场及数据中心市场需求变化影响。如果未来下游市场需求不及预期，出现需求大幅减弱甚至持续低迷的不利情形，光模块材料市场作为光模块产业链上游，材料市场需求可能存在波动的风险。

**2) 新品研发不及预期。**上游材料环节新产品研发具有投入大、周期长、风险高的特点。若新产品因成本高、可靠性弱、性能达不到下游客户需求等因素，进而导致新产品无法顺利通过下游客户的认证，则将会产生不利影响。

## 插图目录

图 1: 光通信系统工作原理	3
图 2: 光通信产业链梳理	4
图 3: 光模块结构示意图	4
图 4: 光芯片分类	5
图 5: 光模块成本结构分拆 (2022)	6
图 6: 光模块光器件成本结构分拆 (2022)	6
图 7: 全球光模块市场规模及预测	6
图 8: 中国光模块市场规模及预测	7
图 9: 全球前十大光模块市场竞争格局	7
图 10: 2020 年光模块细分市场结构	8
图 11: 全球计算设备算力总规模	9
图 12: 全球云厂商资本开支中 AI 占比情况 (2023)	9
图 13: 以太网光模块市场规模预测	9
图 14: 以太网光模块市场未来增速展望	9
图 15: 中国 5G 基站建设数量	10
图 16: 按地区/国家划分的 PON 设备市场预测	11
图 17: 全球光芯片市场规模及预测	11
图 18: 2019-2024 年中国光芯片占全球光芯片市场比例预测	12
图 19: 全球 2.5G 及以下 DFB/FP 激光器芯片竞争格局 (2021)	13
图 20: 全球 10GDFB 激光器芯片竞争格局 (2021)	13
图 21: 砷化镓材料发展历程	14
图 22: 砷化镓产业链	15
图 23: 2019-2025 年全球砷化镓衬底销量和市场规模展望	15
图 24: 2019 年全球砷化镓衬底市场竞争格局	16
图 25: 全球砷化镓衬底应用分布结构	17
图 26: 2019-2025 年全球激光器砷化镓衬底销量和市场规模	17
图 27: 2019-2025 年全球 VCSEL 砷化镓衬底销量和市场规模	18
图 28: 磷化铟材料应用发展历程	19
图 29: 磷化铟产业链	20
图 30: 2019-2026 年全球磷化铟衬底销量和市场规模	20
图 31: 全球磷化铟衬底市场竞争格局 (2020)	21
图 32: 全球磷化铟衬底应用结构 (销量口径)	21
图 33: 全球磷化铟衬底应用结构 (价值量口径)	21
图 34: 2019-2026 年全球磷化铟衬底光模块器件领域应用销量和市场规模	22
图 35: 2019-2026 年全球传感器件磷化铟衬底销量和市场规模	23
图 36: 2019-2026 年全球射频器件磷化铟衬底销量和市场规模	23
图 37: 光学级铌酸锂材料产业链梳理	24
图 38: 光信号调制在光信号处理流程中的位置	25
图 39: 离子切片法制备铌酸锂薄膜示意图	26
图 40: 2021-2025 年全球光模块用铌酸锂调制器市场空间及展望	27
图 41: 全球铌酸锂晶体市场规模	28
图 42: 2017-2022 年中国铌酸锂晶体市场规模	28
图 43: 电子封装金属基材料性能	30
图 44: 电子封装常用复合材料性能比较	31
图 45: 光芯片基座示意图	32

## 表格目录

重点公司盈利预测、估值与评级	1
表 1: 光芯片产品介绍	5

表 2: 铌酸锂晶体分类.....	24
表 3: 光调制器对比.....	26
表 4: 铌酸锂调制器行业主要公司.....	27
表 5: 铌酸锂材料行业主要企业梳理.....	28
表 6: 东方钽业盈利预测与财务指标.....	35

## 分析师承诺

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登记为注册分析师，基于认真审慎的工作态度、专业严谨的研究方法与分析逻辑得出研究结论，独立、客观地出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。本报告清晰地反映了研究人员的研究观点，结论不受任何第三方的授意、影响，研究人员不曾因、不因、也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

## 评级说明

投资建议评级标准	评级	说明
以报告发布日后的 12 个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的涨跌幅为基准。其中：A 股以沪深 300 指数为基准；新三板以三板成指或三板做市指数为基准；港股以恒生指数为基准；美股以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。	推荐	相对基准指数涨幅 15%以上
	谨慎推荐	相对基准指数涨幅 5% ~ 15%之间
	中性	相对基准指数涨幅-5% ~ 5%之间
	回避	相对基准指数跌幅 5%以上
行业评级	推荐	相对基准指数涨幅 5%以上
	中性	相对基准指数涨幅-5% ~ 5%之间
	回避	相对基准指数跌幅 5%以上

## 免责声明

民生证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。

本报告仅供本公司境内客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。本报告仅为参考之用，并不构成对客户的投资建议，不应被视为买卖任何证券、金融工具的要约或要约邀请。本报告所包含的观点及建议并未考虑个别客户的特殊状况、目标或需要，客户应当充分考虑自身特定状况，不应单纯依靠本报告所载的内容而取代个人的独立判断。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容而导致的任何可能的损失负任何责任。

本报告是基于已公开信息撰写，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。

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、咨询服务等相关服务，本公司的员工可能担任本报告所提及的公司的董事。客户应充分考虑可能存在的利益冲突，勿将本报告作为投资决策的唯一参考依据。

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。本报告不构成本公司向发送本报告金融机构之客户提供的投资建议。本公司不会因任何机构或个人从其他机构获得本报告而将其视为本公司客户。

本报告的版权仅归本公司所有，未经书面许可，任何机构或个人不得以任何形式、任何目的进行翻版、转载、发表、篡改或引用。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。本公司版权所有并保留一切权利。

## 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：广东省深圳市福田区益田路 6001 号太平金融大厦 32 层 05 单元； 518026