

3C 设备

3C 设备系列报告（二）

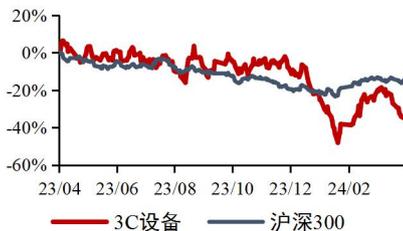
领先大市-A（维持）

苹果 XR 有望引领新周期，重点利好 Micro OLED、Pancake 设备需求

2024 年 4 月 16 日

行业研究/行业专题报告

3C 设备板块近一年市场表现



资料来源：最闻，山西证券研究所

相关报告：

【山证机械】3C 设备产业链专题报告：
掘金千亿级市场，折叠屏、钛合金兼具规模与高 α 属性 2024.1.19

分析师：

杨晶晶

执业登记编码：S0760519120001

邮箱：yangjingjing@sxzq.com

投资要点：

- XR 规模化蓄势待发，预计 24-27 年全球 VR 出货量 CAGR 达 52%。伴随着生态成熟与新品迭现，特别是在苹果 Vision Pro、Meta Quest 3 头显带动下，XR 市场存在引爆的可能性，预计 2024 年将成为复苏之年，2027 年有望出现飞跃式增长。根据艾瑞咨询预测，2024 年全球 VR 终端设备出货较去年将有小幅上涨，预计超过 810 万台；2027 年将同比飙升 80% 至 2865 万台。
- 苹果 Vision Pro 中国内地供应链比例高达 60% 以上，显示屏+光学模组占整机成本近 6 成，相关生产制造设备有望充分受益。根据 Wellsenn XR，苹果 Vision Pro 核心部件显示屏、光学、计算和存储、结构件和交互传感器分别占到整机成本的 43.9%、15.0%、14.4%、8.1% 和 6.5%。苹果 Vision Pro 中国内地供应链比例高达 60% 以上，叠加我国政策多方位支持，国产 3C 自动化设备需求有望受益于虚拟现实行业生态建设加速、技术提升、成本下降等因素影响迈入高速成长期。
- 渗透率提升推动规模扩大，预计 XR 领域 Micro OLED 2023-2030 年市场规模 CAGR 达 80.6%，平板显示自动化设备乘风而上，A 股设备标的集中于后段制程。Micro OLED 契合近眼显示技术需求，逐步成为头部 XR 品牌主流选择。全球 XR 行业 Micro OLED 出货量中，索尼独占 78% 市场份额，国内厂商目前处于加速产线布局、技术水平快速提升阶段，硅基 OLED 成本有望逐步下降，驱动其在 XR 领域加速渗透。目前，平板显示器件前段制程设备市场基本被日本、韩国企业垄断，在后段制程生产设备领域，易天股份、联得装备、华兴源创、精测电子等国内企业在不同的细分领域具备优势产品。
- Pancake 有望成为主流 VR 光学方案，预计 24-27 年市场规模 CAGR 达 72%，看好相关设备步入高壁垒高成长赛道。随着采用 Pancake 技术路线的 VR 新品陆续发售，Pancake 方案渗透率有望大幅走高。经过模型测算，我们预计 2027 年全球 VR 头显用 Pancake 市场规模可达 123 亿元，2024-2027 年 CAGR 达 72%，设备订单有望受益高增长。目前 Pancake 存在材料、工艺、设备三大壁垒，以深科达、杰普特、荣旗科技等为代表的国产设备厚积薄发迎破局。
- 行业投资建议：苹果 MR 头显的发布有望带动消费电子行业进入新一轮的产业创新周期，3C 自动化设备需求也有望受益于行业生态建设加速、技术提升、成本下降等因素影响迈入高速成长期。重点推荐整机成本占比较高、受益渗透率提升逻辑的两大细分领域：Micro OLED、Pancake，相关设备有望享受成长红利。随着新技术迭代成熟、降本增效带来供给侧扩容，叠加



苹果 Vision Pro 对新技术的引领效应影响，相关平板显示模组设备有望迎来广阔的增量市场空间。

➤ **重点公司关注：**建议关注已进入苹果 Vision Pro 供应链的设备厂商，及具有 XR 设备核心技术储备、布局领先的设备标的：（1）组装设备：博众精工、易天股份、联得装备、赛腾股份；（2）检测设备：智立方、华兴源创、精测电子、深科达、杰普特、荣旗科技、科瑞技术；（3）蒸镀设备：奥来德；（4）镀/贴膜设备：博硕科技。

风险提示：全球经济周期性波动和贸易政策、贸易摩擦的风险；XR 市场需求不及预期的风险；市场竞争加剧的风险；技术未能形成产品或实现产业化的风险；技术人才流失风险；原材料价格波动的风险等。

目录

1. XR 规模化蓄势待发，预计 24-27 年全球 VR 出货量 CAGR 达 52%.....	6
2. 苹果 Vision Pro 显示屏+光学成本占比近 6 成，国产供应链比例超 60%.....	8
2.1 苹果 Vision Pro Bom 拆解，显示屏+光学模组占整机成本近 6 成.....	8
2.2 多项政策驱动我国 XR 产业发展，国产供应链占比有望持续提升.....	9
3. Mirco OLED 显示屏幕加速渗透 XR，利好平板显示自动化设备投资加快增长.....	11
3.1 需求端：Micro OLED 有望主导 XR 显示屏幕.....	11
3.1.1 Micro OLED 契合近眼显示技术需求，已成为头部 XR 品牌主流选择.....	11
3.1.2 预计 23-30 年市场规模 CAGR 达 81%，VR 领域渗透率提升至 50%.....	13
3.2 供给端：Micro OLED 初步量产，大陆厂商奋起直追，有望降本扩容.....	13
3.2.1 索尼独占鳌头，国内视涯、云南创视界较为领先.....	13
3.2.2 材料体系仍不完善，产业发展受低良率&高成本制约.....	15
3.3 平板显示自动化设备乘风而上，A 股设备标的集中于后段制程.....	16
3.3.1 Micro OLED 项目设备投资占比近 7 成，Array & Cell 段设备贡献主要增量.....	16
3.3.2 前段设备主要被日韩厂商垄断，模组段国产设备具备细分优势.....	19
4. Pancake 有望成为主流 VR 光学方案，看好相关设备步入高壁垒高成长赛道.....	23
4.1 Pancake 方案成各大厂商新一代 VR 头显首选.....	23
4.2 材料、工艺、设备三大壁垒高筑，国产设备厚积薄发迎破局.....	25
4.3 预计 24-28 年市场规模 CAGR 达 40%，设备端有望受益高增长.....	28
5. 行业投资建议.....	30
6. 风险提示.....	31

图表目录

图 1： XR/VR/AR/MR 定义与特点.....	6
图 2： 2018 年-2023 年全球 VR 年度销量统计表.....	7



图 3: 2018 年-2023 年全球 AR 年度销量统计表.....	7
图 4: 苹果 Vision Pro 拆解和 BOM 清单.....	8
图 5: 苹果 Vision Pro 生产制造过程.....	10
图 6: VR 屏幕发展历程及核心参数对比.....	12
图 7: 2016 年-2023 年主流 VR 显示方案演变.....	12
图 8: 全球 XR 市场硅基 OLED 屏幕市场规模及同比增长率.....	13
图 9: 2022 年全球 XR 行业硅基 OLED 市场份额（按出货量统计）.....	14
图 10: 京东方 A 云南创视界光电 12 英寸硅基 OLED 项目工艺设备投资占比近 7 成.....	17
图 11: 平板显示器件生产设备产业链示意图.....	18
图 12: 硅基 OLED 总工艺流程图.....	19
图 13: VR 光学发展历程.....	23
图 14: 折叠式光路 Pancake 方案 VR 眼镜一览.....	25
图 15: Pancake 模组生产加工流程.....	25
图 16: Pancake 方案光路具体工作原理.....	26
图 17: Pancake 光学贴膜工艺方案.....	27
图 18: 2023 年全球 VR 光机模组出货量结构（按技术路线划分）.....	29
表 1: 近年来我国虚拟现实行业重要政策梳理.....	9
表 2: 目前主流 Micro OLED 上市厂商产能情况梳理.....	15
表 3: 新型显示产业关键设备垄断情况.....	20
表 4: 蒸发源设备行业内主要企业.....	21
表 5: 国内平板显示器件后段制程设备主要企业所处领域及优势产品.....	22
表 6: VR 光学方案对比.....	24



表 7: 全球 VR 头显用 Pancake 市场规模测算.....30

1. XR 规模化蓄势待发，预计 24-27 年全球 VR 出货量 CAGR 达 52%

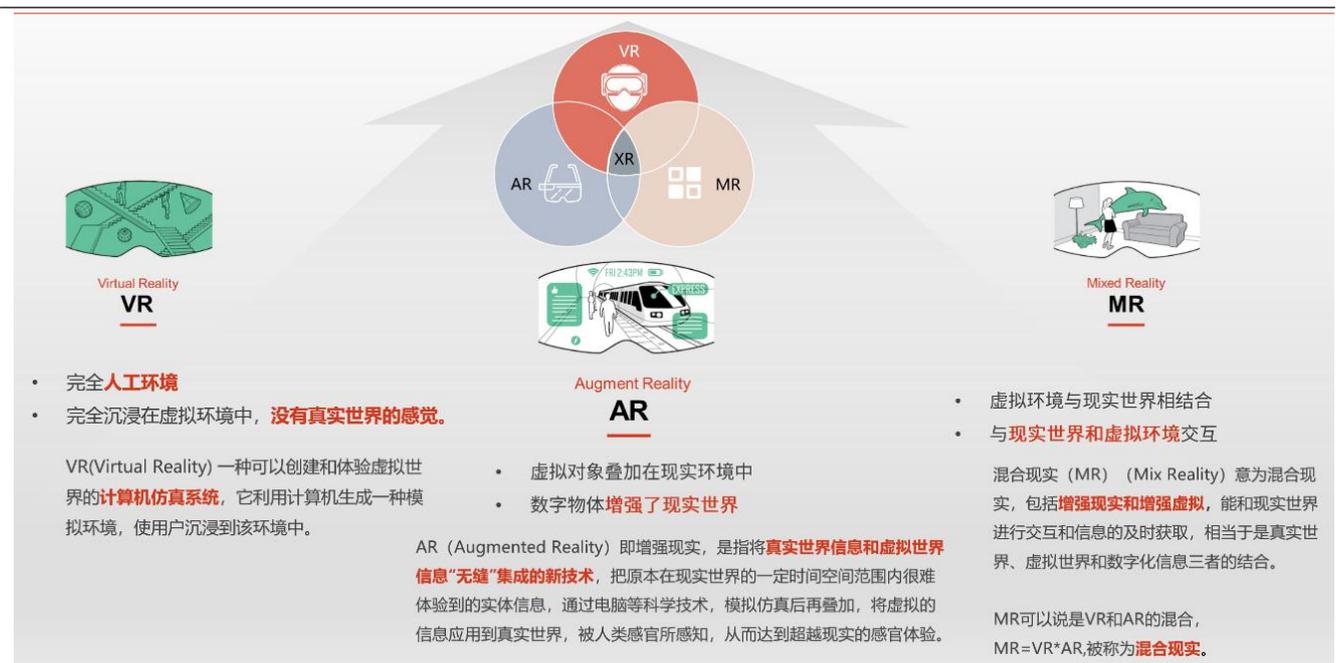
XR (Extended Reality)，扩展现实，是虚拟现实 (VR)、混合现实 (MR) 和增强现实 (AR) 等沉浸式技术或设备的总称。XR 是新一代信息技术的重要前沿方向，是数字经济的重大前瞻领域，将深刻改变人类的生产生活方式。

VR (Virtual Reality)：虚拟现实，完全人工环境；完全沉浸在虚拟环境中，没有真实世界的感觉。VR 指一种可以创建和体验虚拟世界的计算机仿真系统，它利用计算机生成一种模拟环境，使用户沉浸到该环境中。

AR (Augment Reality)：增强现实，虚拟对象叠加；在现实环境中数字物体增强了现实世界，指将真实世界信息和虚拟世界信息“无缝”集成的新技术，把原本在现实世界的一定时间空间范围内很难体验到的实体信息，通过电脑等科学技术，模拟仿真后再叠加，将虚拟的信息应用到真实世界，被人类感官所感知，从而达到超越现实的感官体验。

MR (Mixed Reality)：混合现实，虚拟环境与现实世界相结合与现实世界和虚拟环境交互。MR 意为混合现实，包括增强现实和增强虚拟，能和现实世界进行交互和信息的及时获取，相当于是真实世界、虚拟世界和数字化信息三者的结合。

图 1：XR/VR/AR/MR 定义与特点



资料来源：群智咨询官网，山西证券研究所

目前，AR/VR 行业正处于规模化应用的关键阶段。近年来，随着行业内光学、显示、交互等技术方案的持续升级以及内容生态的不断完善，AR/VR 头显产品加速迭代，产业链逐步趋于成熟。经过数年的用户培育，终端品牌厂商对 XR 运用情景的认知更加深刻，用户对可穿戴设备的接受程度更高，市场渗透率逐步提升。

根据维深信息 wellsenn XR 调研统计，2023 年全球 VR 销量为 753 万台，较 2022 年下滑 24%；2023 年全球 AR 销量为 51 万台，较 2022 年增长 38%。基于游戏为核心应用场景的 VR 在 2023 年遇到了增长瓶颈：换机周期长，缺乏重点内容驱动硬件升级和消费者换新，是近两年 VR 市场负增长的主要原因。其中，VR 国内市场销量为 53 万台，海外市场为 700 万台，整体来看海外市场销售体量远超国内；C 端销量为 683 万台，较 2022 年下滑 25%，B 端销量为 69 万台，基本与 2022 年持平。2023 年 AR 头显 C 端、B 端销量分别为 40 万台、11 万台。

伴随着生态成熟与新品迭现，特别是在苹果 Vision Pro、Meta Quest 3 头显带动下，XR 市场存在引爆的可能性，预计 2024-2027 年全球 VR 出货量 CAGR 达 52%，2024 年将成为复苏之年，2027 年有望出现飞跃式增长。根据艾瑞咨询预测，2024 年全球 VR 终端设备出货较去年将有小幅上涨，预计超过 810 万台。屏幕、光学模组和芯片等 VR 核心硬件构成的工艺成熟与量产进程对设备出货有重要影响，叠加苹果等头部厂商的产品迭代规划，整体出货预计在 2027 年实现飞跃，将同比飙升 80%至 2865 万台，2024-2027 年出货量 CAGR 达 52%。

图 2：2018 年-2023 年全球 VR 年度销量统计表



资料来源：Wellsenn XR 公众号、维深信息 wellsenn XR 《VR/AR 产业 2023 年度销量跟踪报告》，山西证券研究所

图 3：2018 年-2023 年全球 AR 年度销量统计表



资料来源：Wellsenn XR 公众号、维深信息 wellsenn XR 《VR/AR 产业 2023 年度销量跟踪报告》，山西证券研究所

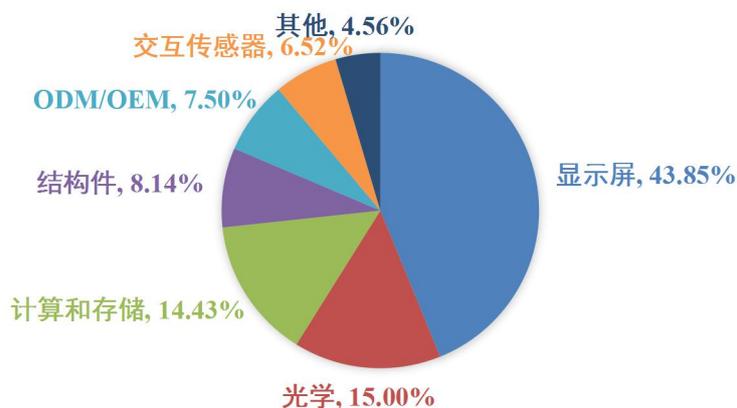
2. 苹果 Vision Pro 显示屏+光学成本占比近 6 成，国产供应链比例超 60%

2.1 苹果 Vision Pro Bom 拆解，显示屏+光学模组占整机成本近 6 成

根据 Wellseenn XR 雪球专栏对苹果 Vision Pro 的 Bom 拆解，苹果 Vision Pro 的整机成本为 1733 美元，分别由 10 个部分构成——计算和存储（250 美元）、显示屏（760 美元）、光学（260 美元）、交互传感器（113 美元）、结构件（141 美元）、连接件（32 美元）、电池（18 美元）、声学（14 美元）、包装附件（15 美元）和 ODE/OEM（130 美元），按照价值量占比由高到低排序，Vision Pro 核心部件显示屏、光学、计算和存储、结构件和交互传感器分别占到整机成本的 43.9%、15.0%、14.4%、8.1%和 6.5%，此外，OEM/ODM 环节也占到整机成本的 7.5%。

Vision Pro 显示屏+光学模组占整机成本近 6 成，相关生产制造设备、组装设备、检测设备等有望充分受益。Vision Pro 最贵的部件是内侧的两块 Micro OLED 显示屏，单块价格 350 美元，总成本 700 美元。Vision Pro 将接近 50%的成本花费在 Micro OLED 内屏上，因此显示屏的技术升级与降本增效，对于苹果 MR 产品的迭代与应用落地至关重要。同时，光学模组作为连接显示屏和人眼的重要桥梁，直接影响到最终的显示效果与使用体验，也是 VR 设备结构中最关键的组件之一。

图 4：苹果 Vision Pro 拆解和 BOM 清单



资料来源：Wellseenn XR 雪球专栏，山西证券研究所

2.2 多项政策驱动我国 XR 产业发展，国产供应链占比有望持续提升

近年来，工信部等单位多次发布虚拟现实与行业应用融合发展行动计划等文件，从基础通用、内容生产、内容分发、测试评价等多方面推动行业标准统一。兼容困难，格式差异、成本高昂仍是全行业需要共同解决的问题。2022 年 11 月，工信部等 5 部门印发《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划（2022—2026 年）》提出，到 2026 年，我国虚拟现实产业总体规模（含相关硬件、软件、应用等）超过 3500 亿元，虚拟现实终端销量超过 2500 万台，培育 100 家具有较强创新能力和行业影响力的骨干企业，打造 10 个具有区域影响力、引领虚拟现实生态发展的集聚区，建成 10 个产业公共服务平台。2023 年 7 月，国家发改委、工信部、财政部等 7 部委印发《关于促进电子产品消费的若干措施》，明确指出要依托虚拟现实、超高清视频等新一代信息技术，提升电子产品创新能力，培育电子产品消费新增长点。

表 1：近年来我国虚拟现实行业重要政策梳理

时间	法规/政策	发布机构	相关内容
2020 年	《中共中央关于制定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的建议》	国务院	加快壮大新一代信息技术、生物技术、新能源、新材料、高端装备、新能源汽车、绿色环保以及航空航天、海洋装备等产业。推动互联网、大数据、人工智能等同各产业深度融合。引导和支持“VR+”发展，推动虚拟现实技术产品在制造、教育、文化、健康、商贸等行业领域的应用，创新融合发展路径，培育新模式、新业态，拓展虚拟现实应用空间。
2021 年	《“十四五”信息通信行业发展规划》	工信部	完善数字化服务应用产业生态，加强产业链协同创新。引导基础电信企业、互联网企业、硬件制造企业、信息通信技术集成企业等协同开展关键技术攻关、终端产品研发和融合应用探索，共建优势互补、合作共赢的产业生态。支持传统线下文化、娱乐业态向线上拓展，丰富超高清视频、VR/AR 等新型多媒体内容源。开展 5G 新空口（NR）+广播电视试点示范，推进 5G+广播电视业务产业链发展。
2021 年	《中国电子元器件行业“十四五”发展规划（2021-2025）》	工信部	瞄准智能手机、穿戴式设备、无人机、VR/AR 设备、环境监测设备等智能终端市场，推动微型片式阻容元件、微型大电流电感器、微型射频滤波器、微型传感器、微特电机、高端锂电等片式化、微型化、轻型化、柔性化、高性能的电子元器件应用。
2022 年	《“十四五”数字经济发展规划》	国家发改委	创新发展“云生活”服务，深化人工智能、虚拟现实、8K 高清视频等技术的融合，拓展社交、购物、娱乐、展览等领域的应用，促进生活消费品质升级。
2022 年	《虚拟现实与行业应用融合发展行动计划（2022 年-2026 年）》	工信部、教育部、文化和旅游部等	到 2026 年，我国虚拟现实产业总体规模（含相关硬件、软件、应用等）超过 3500 亿元，虚拟现实终端销量超过 2500 万台，培育 100 家具有较强创新能力和行业影响力的骨干企业，打造 10 个具有区域影响力、引领虚拟现实生态发展的集聚区，建成 10 个产业公共服务平台。

时间	法规/政策	发布机构	相关内容
			台。全面提升虚拟现实关键器件、终端外设、业务运营平台、内容生产工具、专用信息基础设施的产业化供给能力。研发高性能虚拟现实专用处理芯片、近眼显示等关键器件，促进一体式、分体式等多样化终端产品发展，提升终端产品的舒适度、易用性与安全性。
2023 年	《关于促进电子产品消费的若干措施》	国家发改委、工信部、财政部等	依托虚拟现实、超高清视频等新一代信息技术，提升电子产品创新能力，培育电子产品消费新增长点。

资料来源：领益智造关于向不特定对象发行可转换公司债券募集说明书（2024-01-15）、鹏鼎控股 2022 年度向特定对象发行股票募集说明书（2023-08-23）、亿道信息 2023 半年报，山西证券研究所

苹果 Vision Pro 中国内地供应链比例高达 60%以上，叠加我国政策多方位支持，国产 3C 自动化设备需求有望受益于虚拟现实行业生态建设加速、技术提升、成本下降等因素影响迈入高速成长期。根据界面新闻消息，跟此前 iPhone 15 系列产品的内地零部件占比低不同，苹果 Vision Pro 中国内地供应链比例已经大幅度提高至 60%左右。Vision Pro 一反近几年 iPhone 大举采购国际零部件的常态，重新倚重中国内地供应链。这显出尽管当前中美地缘政治紧张局势导致全球供应链加速重组，但苹果对中国大陆供应链的依赖度和信心依然很高。2024 年随着 Apple Vision Pro 上市，国产供应链加速切入。从供应链布局看，在整机组装、图像芯片、显示屏幕、扬声器、电池等多个环节中，国产占比有望持续提升。

图 5：苹果 Vision Pro 生产制造过程



资料来源：腾讯网，山西证券研究所

3. Micro OLED 显示屏幕加速渗透 XR, 利好平板显示自动化设备投资 加快增长

3.1 需求端：Micro OLED 有望主导 XR 显示屏幕

3.1.1 Micro OLED 契合近眼显示技术需求，已成为头部 XR 品牌主流选择

显示屏幕作为 XR 设备的核心零部件，是 XR 沉浸体验的基础，决定了 XR 沉浸水平的体验层级，也是制约当前 XR 发展的关键零部件。XR 设备最基本、最核心的特征是沉浸式体验，体验层级的提升包含了包括显示、内容交互等等技术之和，屏幕分辨率是 XR 沉浸体验的基础，决定了 XR 沉浸水平的体验层级。以 VR 为例，要达到完全沉浸的体验层级，需要单目屏幕分辨率达到 8K 的水平，目前，VR 显示正在从单目 2K 向单目 4K 升级，离单目 8K 还有一定的距离。

VR 屏幕的发展持续往更高 PPI、高分辨率迭代进步，Micro OLED 具有高亮度、高分辨率、高刷新率、高对比度、体积小、低功耗等特点，为近眼显示的最佳选择。Micro OLED 微显示技术，是 OLED 显示技术的一个分支，采用单晶硅晶圆（Wafer）为背板，又被称作“硅基 OLED”，除具有 OLED 自发光、厚度薄、质量轻、视角大、响应时间短、发光效率高等特性外，更容易实现高 PPI、体积小、易于携带、功耗低等优异特性，主要用于近眼式显示系统，是近眼式显示系统的核心器件，特别适合应用于头盔显示器、立体显示镜以及眼镜式显示器等 AR/VR 显示设备。相比传统的 LCD 和 OLED，Micro OLED 具有高解析度、低功耗、高亮度、高对比、高色彩饱和度、反应速度快、厚度薄、寿命长等特性，功率消耗量可低至 LCD 的 10%、OLED 的 50%，Micro OLED 成为 VR 实现轻量化双目 8K、12k、16K 水平的必经选择。

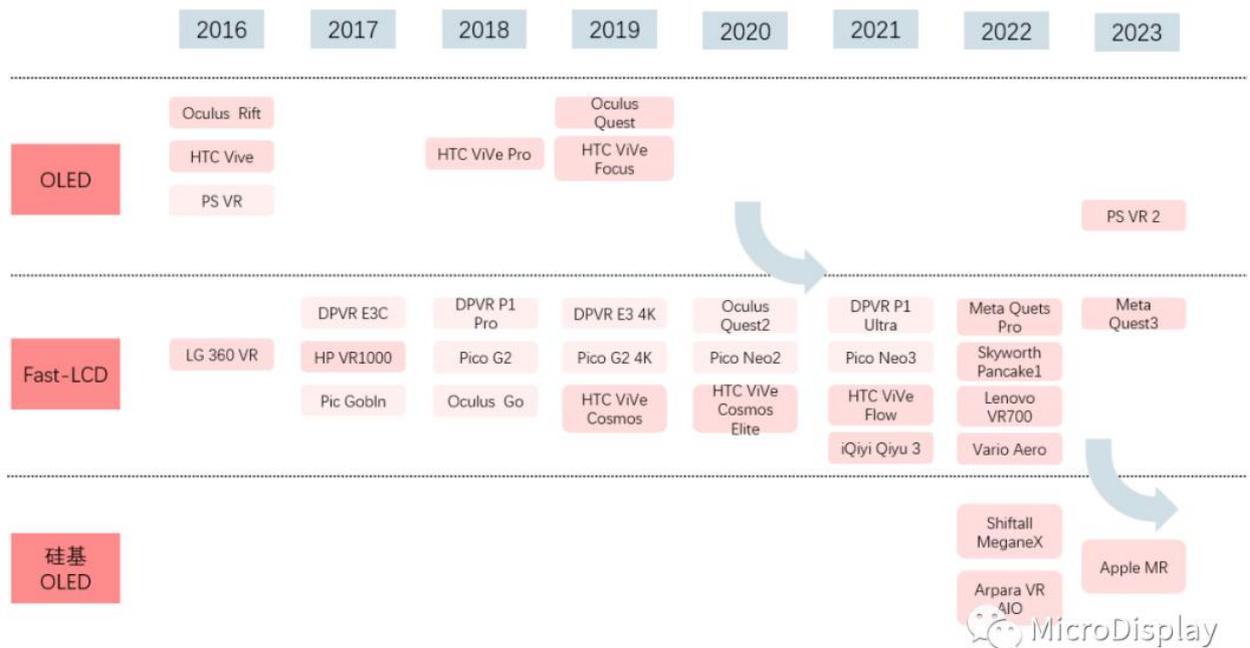
Micro OLED 已成为主流 XR 品牌的升级主线。苹果 Vision Pro 对 Micro OLED 屏幕的应用，有望带动更多 XR 品牌应用高端 Micro OLED 屏幕。在 XR 头显中，苹果 Vision Pro 是首家搭载硅基 OLED 屏幕的主流产品，PPI 大于 4000，其分辨率达到了单眼 4K、双眼 8K 水平，假设其 FOV 在 100° 左右，则对应 PPD 约为 40。目前主流产品如 PICO4、Quest2 等显示器分辨率均在 2K 左右，FOV 约 100°，对应 PPD 为 20，存在一定的“纱窗效应”，而苹果 Vision Pro 约 2 倍的 PPD 有望实现近乎“视网膜”级别的清晰度，大幅削弱颗粒感，提高渲染画面对现实场景的拟真感，从而提供无缝的虚实融合体验。

图 6：VR 屏幕发展历程及核心参数对比



资料来源：Wellsenn XR 公众号、维深信息 wellsenn XR 《XR 显示屏幕系列研究报告——开篇：通往沉浸之路》，山西证券研究所

图 7：2016 年-2023 年主流 VR 显示方案演变



资料来源：MicroDisplay 公众号，山西证券研究所

3.1.2 预计 23-30 年市场规模 CAGR 达 81%，VR 领域渗透率提升至 50%

渗透率提升推动规模扩大，XR 领域 Micro OLED 有望实现高速增长，预计 2023-2030 年市场规模 CAGR 达 80.6%。根据 Wellseenn XR 的调研统计和预测，2022 年 XR 领域 Micro OLED 屏幕市场规模为 0.25 亿美元，同比增长 78.6%，2025 年-2030 年，Micro OLED 在 VR 领域的市场份额将由 9%扩大至 50%，预计 2025 年 XR 领域 Micro OLED 屏幕市场规模将达到 6 亿美元，同比增长 172.7%，到 2030 年市场规模将增长至 94 亿美元。

图 8：全球 XR 市场硅基 OLED 屏幕市场规模及同比增长率



资料来源：Wellseenn XR 公众号、维深信息 wellseenn XR 《XR 显示屏幕系列研究报告——开篇：通往沉浸之路》，山西证券研究所

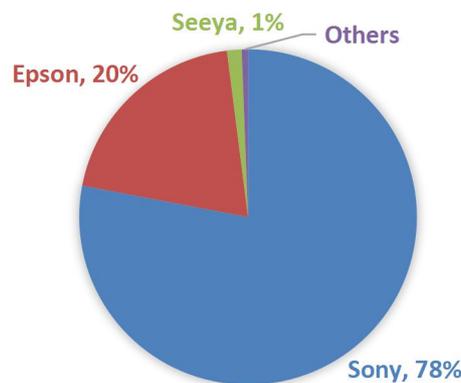
3.2 供给端：Micro OLED 初步量产，大陆厂商奋起直追，有望降本扩容

3.2.1 索尼独占鳌头，国内视涯、云南创视界较为领先

截至目前，在全球范围内，只有为数不多的“玩家”具备硅基 OLED 技术的研发和量产能力。硅基 OLED 微型显示器的应用领域可分为专业市场和消费电子市场。根据群智咨询不完全统计，全球有 20 家企业已涉足硅基 OLED 面板产业，其中除 eMagin、奥雷德、Micro OLED、国兆等主要面向非消费市场，其他均面向消费市场，消费电子市场制造商主要包括日本索尼、美国 Kopin、合肥视涯、云南创视界光电等。硅基 OLED 在消费品市场的主要应用场景包括 HMD、HUD、EVF 等，其中仅有索尼凭借其在消费电子领域的优势地位推出了用于自身品牌的 EVF 及 HMD，其余参与者仍处于持续提高工艺水平、提升良品率的阶段。

全球 XR 行业硅基 OLED 出货量中，索尼独占鳌头，占据 78% 市场份额，国内厂商在技术和量产上还处于追赶地位。目前可以量产硅基 OLED 的厂商依然较少，主要来自索尼(Sony)、爱普生(Epson)和视涯(Seeya)，2022 年全球 XR 领域硅基 OLED 出货量占比分别为 78%、20%、1%。索尼拥有十年以上的自研经验，产品规格、技术能力均居全球领先地位。索尼的硅基 OLED 面板制造均是 in-house 完成，拥有全流程的研发、技术、制造能力，采用 12 英寸晶圆。爱普生主要供应旗下 AR 头显品牌使用，外销较少。国内 Micro OLED 核心厂商包括视涯科技、云南创视界等。其中视涯科技 12 英寸产线处于行业领先地位，此外，湖畔光电、芯视佳、昆山梦显、观宇科技和南京昀光等公司也在布局 Micro OLED 产品。

图 9：2022 年全球 XR 行业硅基 OLED 市场份额（按出货量统计）



资料来源：群智咨询公众号，山西证券研究所

目前，各大厂商均处于加速产线布局、技术水平快速提升阶段。随着各大厂商新建产能逐步落地，硅基 OLED 成本有望逐步下探，驱动其在 XR 领域加速渗透。目前我国硅基 OLED 产线少，尚未全面量产，索尼、京东方、视涯等国内外厂商逐步推出适合 VR 规格的硅基 OLED 屏幕，其尺寸都在 1.3-1.4 寸之间，分辨率接近 4K 水平，预计 2024 年以后将会有更多 VR 采用硅基 OLED 屏幕，并将双目的分辨率提高至 8K 的水平。此外，三星和 LG 等韩国供应商也对这项技术表现出了兴趣，多方巨头入局，产业化、规模化和技术创新三管齐下，或将推动硅基 OLED 成本价格下降。

表 2：目前主流 Micro OLED 上市厂商产能情况梳理

厂商	国别	制造产能
索尼 (SONY)	日本	2009 年开始研发 Micro OLED 显示技术，2011 年产出第一代 Micro LED 显示器，前期主要用于相机取景器。受 AR/VR 市场催化，公司大力投入 Micro OLED 产品开发，分辨率从 VGA 提高到 1080P、2K、4K。公司 Micro OLED 产品不仅具备 OLED 固有的特色，且融合了公司招牌的高附加值技术，基于公司丰富的研发和量产实绩形成的成熟的 OLED 技术以及通过图像传感器器件积累的背板技术两大优势，产品兼具高清晰度、高对比度、广色域以及高速响应性的高画质，产品搭载超过 50% 的 AR 眼镜。
eMagin	美国	全球首家实现 Micro OLED 批量生产的厂商。公司具备设计、开发、制造和销售 Micro OLED 的端到端能力，主要客户为军工企业。
Kopin	美国	面向军队、工业和消费领域的可穿戴显示方案技术商。歌尔股份 2017 年斥资 2460 万美元买入 Kopin 接近 10% 的股份。2022 年 CES 上 Kopin 展示了新一代 1.3 英寸 2.6Kx2.6K 硅基 OLED 显示器。目前已经具备量产能力，已搭载松下 VR Glass。
LGD	韩国	据韩媒 The Elec 报道，LGD 与 Meta 签署协议于 2023 年 2 月开始合作开发 Micro OLED。Meta 负责设计芯片，SK 海力士将生产用于芯片的晶圆，LG 负责将 OLED 有机发光材料蒸镀在晶圆上，然后切割成 Micro OLED 面板。
三星	韩国	作为全球消费电子显示屏最大的供应商之一，三星在 Micro OLED 领域布局较晚，其计划在 2023 年开始建设第一条生产线，2024 年量产 Micro OLED 显示器，并在 2025 年扩大产能，以便在 2026 年实现全面商业化。
京东方 (000725)	中国	京东方合作投资的云南创视界 8 英寸 Micro OLED 生产线于 2019 年 8 月实现量产。京东方是国内唯一一家同时布局 8 英寸和 12 英寸 Micro OLED 大规模生产线的企业，2022 年 5 月 24 日，京东方在实现屏幕尺寸仅 0.39 英寸的基础上，率先推出了目前业界最高 5644ppi 超高分辨率，可以达到对比度 100000:1 的硅基 OLED 屏幕。
视涯科技	中国	视涯科技从 2017 年开始建设耗资 3 亿美元的 Micro OLED 300 毫米微显示器生产线，是目前全球范围内规模较大的、专注于 12 英寸晶圆硅基 OLED 微型显示组件研发生产基地。公司 Micro OLED 产品已经进入华为等龙头 VR 厂商供应链，2022 年大疆发布的 FPV 飞行眼镜 Goggles 2 采用了视涯研发和生产 Micro OLED 微型显示屏。
清越科技 (688496)	中国	公司 8 英寸 Micro OLED 显示器生产线于 2021 年一季度完成了产品点亮，实现了硅基 CMOS 驱动电路与高效有机发光 OLED 器件的有效集成，并于 2021 年 6 月实现了首次产品出货。

资料来源：MicroDisplay 公众号，山西证券研究所

3.2.2 材料体系仍不完善，产业发展受低良率&高成本制约

总体而言，硅基 OLED 显示器行业处于发展早期，由于配套材料、技术、良率、成本等多方面存在的瓶颈和限制，目前 VR 领域出货量较少，渗透率较低。

(1) 目前材料体系仍不完善。硅基 OLED 需要的材料体系和产业链仍不完善：晶圆背板方面，由于产业规模较小，尚无专用的晶圆产线，整体良率较其他晶圆产品偏低。OLED 制程中，硅基 OLED 目前采用的是 AM-OLED 通用的材料体系。而硅基 OLED 由于像素尺寸小，通过的像素电流较小，对有机材料体系的光电响应速度要求比现有材料体系更高，现有材料体

系难以完全满足硅基 OLED 产业需求。但硅基 OLED 市场规模较小，材料需求规模有限，材料厂商进行专用材料体系的研发积极性较低。

(2) 硅基 OLED 面板的制造工艺还不够成熟，良率水平较低，生产成本较高。硅基 OLED 生产工艺虽然可借鉴 AM-OLED，但由于使用硅衬底及像素尺寸小等特殊性的，其生产环节中包括硅衬底清洗、ITO 沉积、有机层蒸镀和产品封装等均存在不同程度的挑战；尤其是产品封装工艺，对产品寿命和良率影响很大，是硅基 OLED 生产中良率最低的环节之一。硅基 OLED 是集成电路和新型显示两种技术的结合，其中集成电路制程占据了器件成本的 70%到 80%，随着市场需求的不断增长，现有的生产方式还有待探索和磨合。具体到 VR 领域，为满足沉浸感和宽视场角的需求，VR 头显应用对 Micro OLED 面板尺寸要求较高，在目前的光学方案下，需要 1 英寸乃至 2 英寸的大尺寸 Micro OLED 器件结构品配合才有机会实现，但由于大面积硅基的成本高和复杂的生产工艺，Micro OLED 造价成本相对较高，因此出货量较少。根据群智咨询数据统计，2022 年全球 XR 头显用面板出货中，硅基 OLED 占比约为 4%。

因此，Micro OLED 是目前影响 Vision Pro 成本效率、扩大出货规模中最具决定性的关键零部件。苹果 Vision Pro 主要采用索尼的 Micro OLED 方案，成本相对较高。而 Micro OLED 的量产和降价可能是苹果 MR 系列打入消费级市场的关键。根据 TrendForce 集邦咨询，Micro OLED 目前生产良率仍仅约五成，除了导致两片 Micro OLED 面板的售价高达 700 美元，也限缩今年索尼实际能供货的面板数量（预估约 100 万片），因此增加 Micro OLED 供应商成为苹果供应链管理的当务之急。除了索尼，据了解苹果也积极的评估中国 Micro OLED 大厂视涯，预计最快 2024Q3 视涯就有机会以第二供应商的姿态加入供应行列。

苹果 Vision Pro 的发布有望驱动 Micro OLED 技术成熟与量产。随着苹果 VR 眼镜引入 Micro OLED 及其行业产能的不断提升，叠加 Micro OLED 在观影类 BB 方案 AR 眼镜中得到进一步应用，多方面积极因素将拉动 Micro OLED 的市场规模增长及成本下降。

3.3 平板显示自动化设备乘风而上，A 股设备标的集中于后段制程

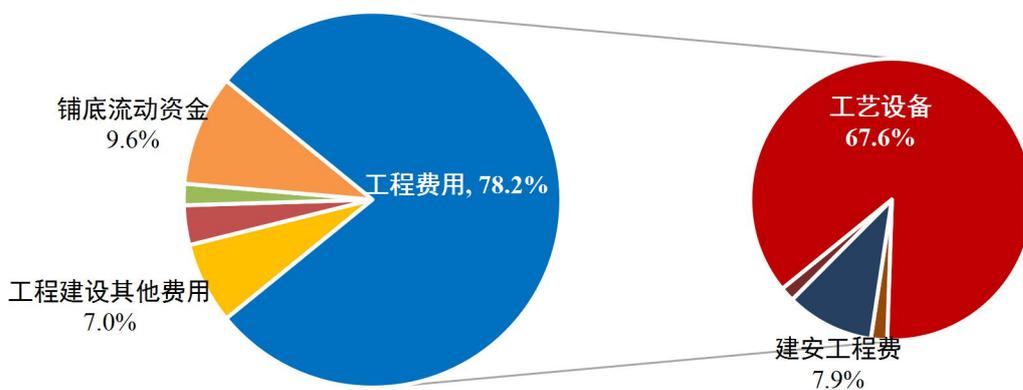
3.3.1 Micro OLED 项目设备投资占比近 7 成，Array & Cell 段设备贡献主要增量

随着搭载 Micro OLED 显示屏的 XR 产品需求增长，相关平板显示自动化设备有望迎来新的发展机遇。显示产业的下游新兴需求促进了显示器件性能的迭代更新，一定程度上将引导

上游设备加速发展。

在 12 英寸硅基 OLED 项目中，工艺设备投资金额占比接近 7 成。根据京东方 A 非公开发行 A 股股票申请文件反馈意见的回复(修订稿)，云南创视界光电 12 英寸硅基 OLED 项目将新增年平均生产 523 万片 OLED 微型显示器的产能，总投资 34 亿元，其中，工艺设备所需投资金额近 23 亿元，占比达 67.6%，关键工艺设备包括硅片清洗系统、有机发光材料镀膜机、硅片 i-Line 曝光机、硅片涂光胶机、硅片光胶清洗机、电子束蒸镀机、无机化学蒸镀机、POD 氮气箱、高精度点胶贴片机等。

图 10：京东方 A 云南创视界光电 12 英寸硅基 OLED 项目工艺设备投资占比近 7 成



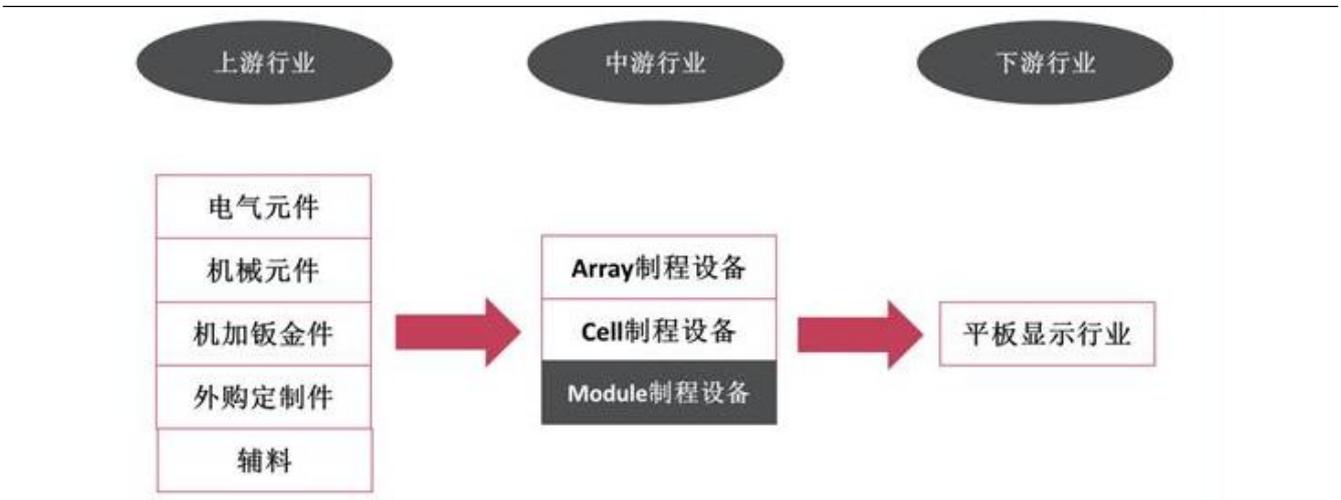
资料来源：京东方 A 非公开发行 A 股股票申请文件反馈意见的回复(修订稿)，山西证券研究所

平板显示器件生产设备产业链上游主要为电气元件、机械元件、机加钣金件、外购定制件、辅料等生产制造业；下游直接客户为大型显示面板和功能模组生产厂商，终端则用于智能手机、平板电脑、笔记本电脑、智能电视、可穿戴设备、车载显示器、智能家居、商用显示电子白板等产品。

平板显示器件的生产主要分为“阵列制程 (Array)”“成盒制程 (Cell)”和“模组制程 (Module)”，Array & Cell 制程的设备投入占比合计达到 95%。根据 CINNO Research 数据，整个平板显示产业设备可以分为 17 大类，其中设备投资占比前三的分别为蒸镀类设备、曝光机和沉积设备。其中，检测设备贯穿三大制程，国内厂商相对擅长的模组制程设备主要包括邦定设备、贴合设备和检测设备等。根据新浪财经，在 OLED 面板制作中，Array、Cell、Module 三个制程的设备投入占比分别约为 70%：25%：5%。Micro OLED 制造过程中涉及的主要设

备具体包括：蒸镀设备、光刻设备、显影/刻蚀设备、薄膜沉积设备等。

图 11：平板显示器件生产设备产业链示意图

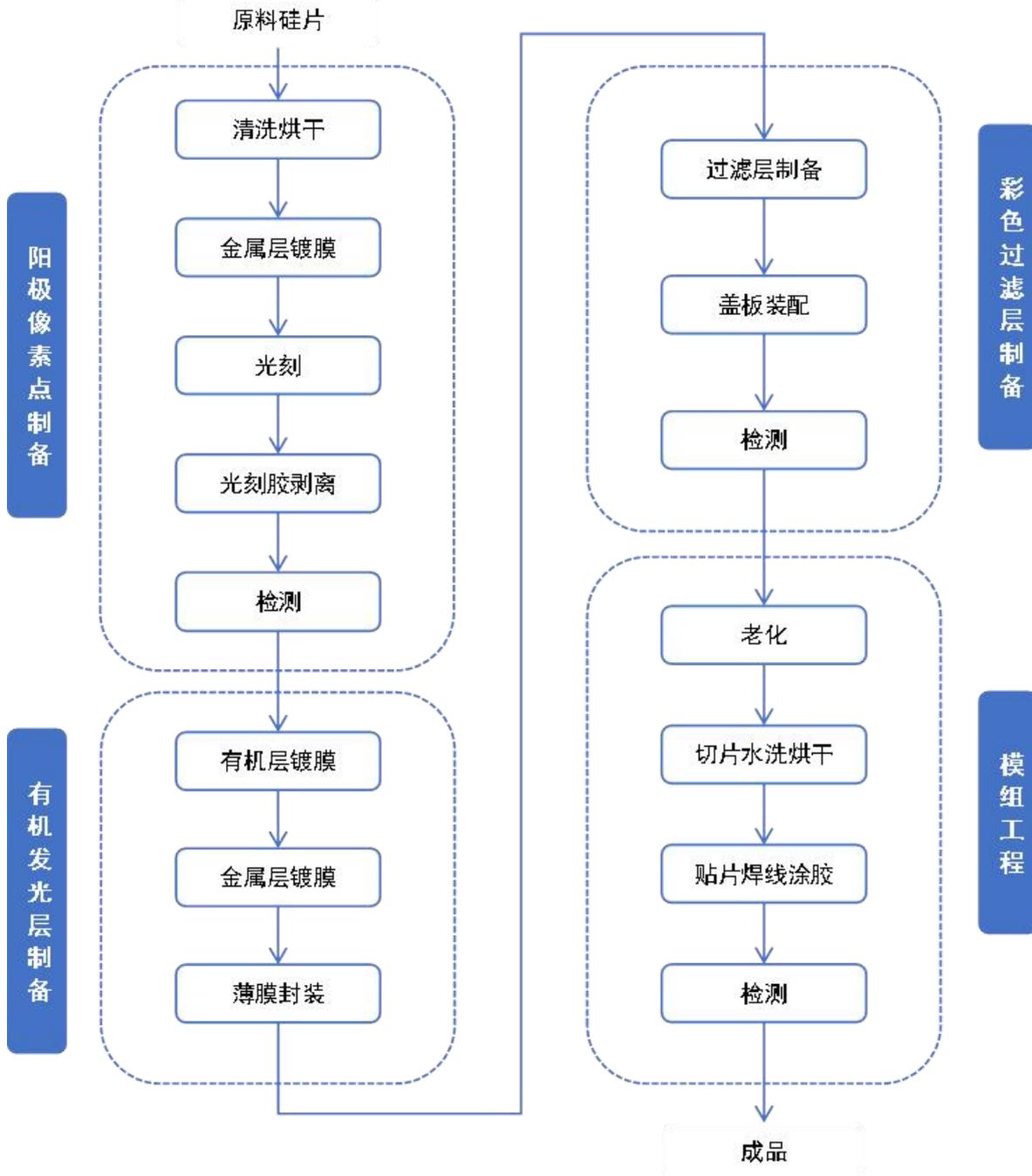


资料来源：深科达招股说明书，山西证券研究所

根据 MicroDisplay 公众号，Micro OLED 器件制造主要包含四个步骤实现：（1）硅基 IC 设计与制造：主要涉及集成电路的设计和制造，分别由 IC 设计团队和晶圆厂完成；（2）OLED 制程：主要包括 OLED 微腔顶发射技术、阳极材料技术、全彩化技术等；（3）OLED 封装制程：包括薄膜封装、玻璃 cover 贴合封装等；（4）显示驱动与系统：与第一部分设计制造紧密相连。

目前大多数投资的 Micro OLED 项目，主要是外购的半成品硅片，然后制作阳极像素点、有机发光层和彩色过滤层，然后进行分色绑定芯片成模组这四道工序，具体包括：（1）阳极像素点制备，核心节点包括水洗烘干、阳极金属层镀膜、光刻（包括涂胶、曝光、显影）和光刻胶剥离（2）有机发光层制备，核心节点包括有机材料蒸镀、阴极金属层蒸镀（OLED）和薄膜封装。（3）彩色过滤层制备，核心节点包括彩色过滤层制备和玻璃盖板装配。（4）模组工程，核心节点包括切片、水洗、干燥、贴片、焊线和涂保护胶。

图 12：硅基 OLED 总工艺流程图



资料来源：MicroDisplay 公众号，山西证券研究所

3.3.2 前段设备主要被日韩厂商垄断，模组段国产设备具备细分优势

目前阵列和蒸镀段制造设备主要被日韩厂商垄断，模组段组装设备、检测设备等国产化

进程较快。我国的平板显示产能目前已成为全球第一，但我国平板显示器件生产设备起步较晚，虽然近几年快速发展，和国际一流大厂相比依然存在一定的差距。蒸镀类设备、曝光机和沉积设备等长期被国外巨头垄断，目前国产设备突破依然局限在后段制程自动化组装设备、检测设备等领域。近年来在显示面板大厂的推动下，模组贴合、邦定等设备渗透率的快速提升增强了国产设备厂商的信心，但在前段制程设备领域，国内设备厂商依然需要直面技术差距。

（1）前段制程设备行业竞争格局

平板显示器件前段制程所需核心设备的生产领域进入门槛较高，一方面由于设备本身对工艺创新、环境控制、技术先进性、结构复杂度和运行精度都有极高的要求；另一方面设备的生产还需要完善的配套产业链支撑；此外，相关设备的研发投入大，研发周期长；加之国外相关企业对自身技术严格保密，故而国内进入该领域的企业较少。

国内平板显示器件前段制程设备市场基本被日本、韩国企业垄断。我国显示器件工艺水平总体达到全球先进，但在关键材料、设备和元器件等环节存在较多短板，关键核心材料与高端设备对外依存度仍居高不下。例如前段制程中用到的溅射设备、刻蚀机、显影设备、沉积设备、激光退火设备等核心制程设备，基本由佳能、尼康、日立、东京电子等日本企业以及 Avaco、Jusung、Viatron、AP system 等韩国企业垄断，只有在前段制程工序中的部分检测设备领域，本土精测电子和华兴源创等企业通过多年的努力，实现了技术突破，占据了一定的市场份额。

蒸镀机被誉为“卡住 OLED 面板咽喉”，其在整体生产过程中会直接影响到 OLED 面板质量问题，全球市场呈现寡头垄断格局。业界普遍认为 Canon Tokki 是最佳量产设备，三星、京东方、LG、维信诺等大型面板厂商均采用的是 Tokki 蒸镀机。韩国设备企业在三星、LG 等大公司的扶持下先行一步，形成了一批各有特色的中小设备企业。国内部分企业实现了高精度蒸镀机国产化，合肥欣奕华已完成国内首台自主研发的 12 英寸硅基 OLED 蒸镀机量产交付。

表 3：新型显示产业关键设备垄断情况

设备类型	国别	主要企业	核心设备垄断情况
OLED 蒸镀设备	日本	佳能 Tokki	核心设备方面，曝光机、刻蚀设备、蒸镀机、激光退火设备、激光剥离设备及设备及其上游关键零部件均被国际巨头垄断。 即便在本土化率已相对较高的领域，高端产品如阵列段 AOI 检测设备等仍无法实现完全自给。
曝光机	日本	佳能、尼康	
薄膜沉积设备	日本、美国	爱发科、佳能 Anelva、应用材料	
AOI 设备	以色列	奥宝科技	

资料来源：奥来德招股说明书、MicroLEDDisplay 公众号、赛迪智库《2024 年我国新型显示产业发展形势展望》、乌兰察布市中小企业公共服务平台，山西证券研究所

蒸发源是蒸镀设备的核心部件，对材料的蒸镀效果、面板良品率起到决定性的作用，目前日韩企业占据领先地位。蒸发源的使用周期预计在十年左右，使用周期内，厂商会对蒸发源提供备件更换（如坩埚、角度板等）、维修保养、易损件或消耗品的更换（如加热丝、热电偶等）等服务。国内面板厂家在建设 OLED 产线时，首先选择蒸镀机厂商，对蒸镀机厂商选择结束后，面板厂家与蒸镀机厂商和蒸发源厂商进行三方会议，确定其所搭配蒸发源尺寸以及接口排布等规格参数，此过程由面板厂家进行主导。国内企业奥来德实现了蒸发源的国产化，目前是国内是唯一可提供 6 代线性蒸发源的企业，在国内市场适配 Tokki 蒸镀机的蒸发源中，市占率约在 80%左右。奥来德的主要竞争对手为国外蒸发源生产企业，如日本爱发科、韩国 YAS、韩国 SNU。

表 4：蒸发源设备行业内主要企业

公司名称	基本情况	主要产品	OLED 设备业务特点
日本爱发科	成立于 1952 年，日本上市公司，全球领先的真空应用设备生产商，其设备主要应用于面板和半导体制造业和其他一般产业。	蒸镀设备	拥有丰富的应用程序，可适用于新开发的蒸发源，对应基板的尺寸在 2 代线以上。
韩国 YAS	成立于 2002 年，韩国上市公司，OLED 工艺设备制造商	蒸镀设备	与 LG 合作，合作开发高世代蒸镀设备
韩国 SNU	成立于 1998 年，韩国上市公司，OLED 以及 LCD 行业相关设备制造商	蒸镀设备与检测设备	在 5 代线以上量产型 OLED 蒸镀设备市场上占有率较少。

资料来源：奥来德招股说明书，山西证券研究所

（2）后段制程设备行业竞争格局

在平板显示器件后段制程生产设备领域，我国平板显示器件生产设备企业已实现了突破性进展，国产设备的性能、质量已完全可以满足平板显示模组组装工艺的需求，国内设备企业的迅速崛起与发展正逐步打破日本、韩国企业在平板显示模组组装设备领域的垄断地位，早期全面采购进口设备的平板显示行业企业加大了国产设备的采购比例，进口替代进程正在加速，国产设备市场份额不断提高。

国内主要企业大多在不同的细分领域具备各自的优势产品，体现出错位竞争的特点。

组装设备——易天股份在 XR 显示设备领域提供 Micro OLED 晶圆显示偏光片贴附设备、PF 膜材贴附设备、OCA 贴合设备、HTH 全贴合设备等设备，基本涵盖了 VR/AR/MR 工艺段中模组组装和后段组装工艺段所需的相关设备，相关产品现已取得合肥视涯等客户的认可，同时，公司推出的 VR/AR/MR 制造工艺中所需膜材制造的覆膜设备，获得三利谱、歌尔股份等

客户的认可，并已展开合作。**联得装备**在 VR/AR/MR 显示设备领域提供其显示器件生产工艺中所需的设备，相关产品已与合肥视涯等客户建立了合作关系；公司具备硅基 OLED 相关技术储备，可提供 Micro OLED 绑定设备、贴合设备、偏贴设备、覆膜设备、检测设备等相关设备；公司掌握了大尺寸绑定技术、柔性 OLED/折叠屏的绑定技术及贴合技术、高精密点胶技术、高精度视觉检测等方面技术，目前已实现面板后段制程整线设备的独立研发与生产，在大尺寸屏绑定设备上有了新的突破并实现了销售订单，整体上在后段设备研发中公司的技术水平处于业界领先地位。

检测设备——华兴源创在平板检测领域覆盖显示、触控、光学、信号等多项平板显示器核心技术指标；公司 Micro OLED 系列检测设备已获得终端客户量产订单，公司积极布局 Micro-LED 及 Micro-OLED 等新一代显示检测技术，研发储备不断增加，Micro OLED 系列测试设备正在积极配合多家终端客户进行产品测试和新产品研发。**精测电子**主力产品色彩分析仪、成像式闪烁频率测仪、成像式亮度色度仪、AR/VR 测量仪等核心产品打破国外垄断；公司是国内首屈一指进入 Micro OLED Cell 段的检测方案提供商，与全球顶尖客户取得突破性研发进展，在 Micro OLED 模组检测端也与全球顶尖客户达成相关合作协议，目前项目进展顺利，Micro OLED、光学显示模组（Eyecup）等配套检测均已收获全球顶尖客户批量订单，并完成部分交付；在 Micro OLED 领域，从晶圆段到模组段，公司可以提供全制程检测、修复设备以及关键光学仪器仪表等相关产品。**深科达**平板显示器件生产设备主要包括平板贴合设备、绑定设备、检测设备和辅助设备，公司与京东方、天马微电子、华星光电、业成科技、维信诺等一大批境内外优势龙头企业建立了良好的合作关系；目前公司 VR 相关贴合设备已有样机在客户端进行试用，客户试用的效果反馈良好。

表 5：国内平板显示器件后段制程设备主要企业所处领域及优势产品

公司	所处领域	优势产品
联得装备	平板显示器件后段制程设备领域	贴合设备、邦定设备
易天股份	平板显示器件后段制程设备领域	偏光片贴附设备
集银科技	平板显示器件后段制程设备领域	邦定设备、背光源组装设备
鑫三力	平板显示器件后段制程设备领域	邦定设备
精测电子	主要处于平板显示器件后段制程设备领域，涉及部分前段制程设备领域	检测设备
华兴源创	主要处于平板显示器件后段制程设备领域，涉及部分前段制程设备领域	检测设备
深科达	平板显示器件后段制程设备领域	贴合设备、检测设备

资料来源：深科达招股说明书，山西证券研究所

4. Pancake 有望成为主流 VR 光学方案，看好相关设备步入高壁垒高成长赛道

4.1 Pancake 方案成各大厂商新一代 VR 头显首选

VR 光学的发展经历了从非球面透镜、菲涅尔透镜和 Pancake 方案三个阶段，Pancake 方案作为新兴技术路线，目前渗透率还比较低。目前市场上所见的光学模组主要采用菲涅尔透镜组或双曲面多透镜组，性能上具有边缘成像清晰度差、视场角相对较小的缺点，且体积大、重量大，因此严重影响了消费者佩戴舒适性和实际沉浸体验感。Pancake 方案采用折叠光路设计，可以细分为单片式、两片式和多片式折返方案。根据 Wellsenn XR 公众号，2022 年全球 VR 头显出货中 94% 采用菲涅尔透镜方案，Pancake 方案占比仅为 4.9%。

图 13：VR 光学发展历程



资料来源：Wellsenn XR 公众号、维深信息 wellsenn XR 《VR 光学专题研究报告--从菲涅尔到 Pancake》，山西证券研究所

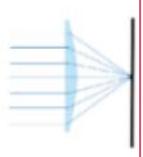
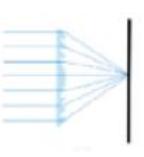
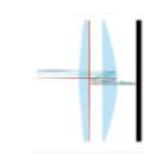
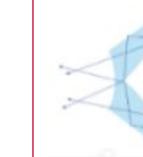
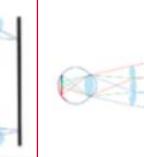
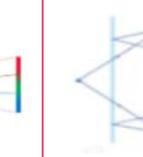
随着 VR 在消费级市场逐步渗透和起量，C 端消费者对 VR 的轻薄、以及成像质量、佩戴体验提出了更高的要求，Pancake 方案以轻薄、优秀的成像质量以及逐步成熟的量产工艺，逐渐成为消费级 VR 光学的发展和进化方向。

(1) 轻薄：Pancake 光学的核心思路是压缩屏幕与透镜之间的距离，通过多片光学镜片让光路多次折返，扩大光路总长，使其可以达到合焦的同时扩大视场角，从而缩小整个光学模组总长。与非球面透镜和菲涅尔透镜方案相比，其 TTL 能大幅降低的原因是压缩了屏幕与透镜之间的距离。目前非球面透镜和菲涅尔透镜的 TTL 约为 40-50mm，Pancake 光学方案 TTL 基本为 18-25mm 左右。

(2) 成像质量好：Pancake 光学方案中，通过透镜组合，可以提高透镜边缘成像质量，降低图像畸变，提高成像的对比度、清晰度、细腻度。

(3) 支持屈光度调节：由于 Pancake 光学方案是组合透镜（单片式除外），因此可以通过控制其中的一片透镜进行屈光度调节，目前普遍 Pancake 模组的调节范围在 0-700° 之间，对于需要佩戴眼镜的用户而言，可以调整到适合自己的度数，摘掉眼镜佩戴。

表 6：VR 光学方案对比

光学方案	非球面透镜	菲涅尔透镜	折叠光路 Pancake	多叠折返式 自由曲面	异构微透镜 阵列	液晶偏振全 息	超表面/超透 镜
光学原理							
常规 FOV	90° -180°	90° -120°	70° -100°	80° -100°	150° -180°	60° -100°	80° -150°
常规 TTL	40-50mm	40-50mm	15-20mm	40-45mm	20-30mm	5-10mm	1-2mm
成像质量	边缘成像好	容易产生伪影和畸变	边缘成像质量好但容易产生伪影	容易产生畸变	视场角超大但容易产生伪影和畸变	FOC 和 Eyebox	色差小
优点	成本便宜	较轻薄便宜	轻薄成像质量好	有利于眼动元器件布置	轻薄超大视场角	超薄可实时变焦	超薄光路可定制
量产价格	5-10 元	15-20 元	120-180 元	50-100 元	-	-	-
发展阶段	淡出市场	主流选择	即将大规模应用	小众市场	前沿研究	前沿探索	前沿探索
代表产品	VR 盒子 PS VR 等	Meto Quest 2 Pico neo 3 等	华为 VR Glass 苹果 MR 等	Lynx	暂无	暂无	暂无

资料来源：Wellsenn XR 公众号、维深信息 wellsenn XR 《VR 光学专题研究报告--从菲涅尔到 Pancake》，山西证券研究所

近年来，头部企业 VR 新品普遍采用 Pancake 技术路线，Pancake 方案已成为各家厂商的主要布局方向，在未来有望得到更广泛的应用。2016 年，国内厂商多睐（Dlodlo）推出首款基于 Pancake 方案的 VR 头显，2019 年 3Glasses 发布 Pancake 方案的 VR 眼镜产品 X1，随后 2019 年 9 月份华为发布的 VR Glass 也采用了 Pancake 光学方案，2020 年 Pico 也展示了 Pancake 方案的 Pico VR Glass，随后创维、松下、华硕、HTC 等也发布了相关的产品。2022 年下半年，Meta 代号为 proicet cambira 的 Pancake 方案头显正式发布上市，同时苹果 Vision Pro 也采用 Pancake 方案，此外 Pico、创维、大朋等国内各大 VR 整机厂商也都即将推出 Pancake 方案的头显，并且价格定位在中高端。

图 14：折叠式光路 Pancake 方案 VR 眼镜一览



资料来源：Wellsenn XR 公众号、维深信息 wellsenn XR 《VR 光学专题研究报告--从菲涅尔到 Pancake》，山西证券研究所

4.2 材料、工艺、设备三大壁垒高筑，国产设备厚积薄发迎破局

Pancake 光学模组生产主要包括光学设计、透镜加工、透镜贴膜、组装、检验和封装六个流程。其中，镀/贴膜主要包括平面贴膜、曲面贴膜两种方式。组装流程包括屏幕组装、透镜组装和遮光结构件组装。调整主要包括透镜 AA（主动调整）、显示屏 AA（主动调整）。检验主要包括 MFT 检测、点亮检测、气密性测试、VID 测试和 Ghost 检测等。

图 15：Pancake 模组生产加工流程



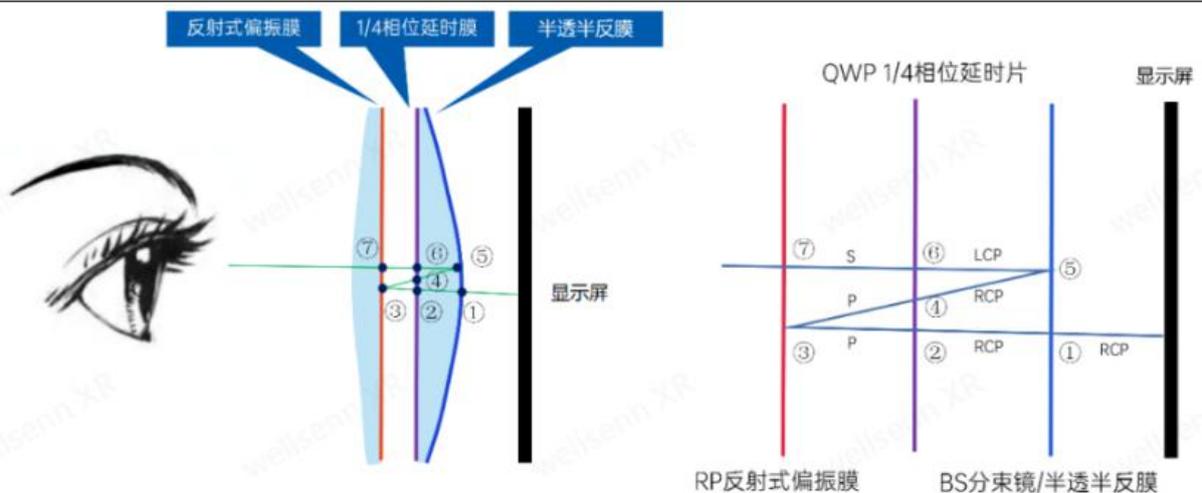
资料来源：Wellsenn XR 公众号、维深信息 wellsenn XR 《VR 光学专题研究报告--从菲涅尔到 Pancake》，山西证券研究所

Pancake 模组的关键壁垒主要包括：

(1) 材料端——光学膜材：**Pancake** 光学方案中最核心的是光学膜，膜材成本高且被海外光学膜巨头垄断，是当前 VR 光学发展的一大桎梏。Pancake 光学对 1/4 相位延长片、反射偏振片等光学膜材料的性能和贴膜工艺要求高，全球只有 3M、旭化成等少数企业的产品能够达到 Pancake 设计要求。目前，一组透镜（单目）的光学膜成本接近 100 元人民币，对贴膜或者镀膜的形状精度和平滑度要求很高，因此依赖人工贴膜，效率较低。此外，由于伪影需要增加透镜或者改变透镜的材料和形状来改善，也会增加材料成本。相比之下，目前单片菲涅尔透镜价格约为 15-20 元，单个 Pancake 光学模组价格约 150-200 元，成本是菲涅尔方案的 7-8 倍。

(2) 工艺端——贴膜工艺：**Pancake** 光学的关键工艺是贴膜，反射偏振膜和 1/4 相位延时片的质量，以及贴膜的工艺是成像质量的关键因素。按照光路设计原理，Pancake 的折叠光路需依赖偏振光特性达成，因此偏振膜材是光路设计的重要原材，而膜材需贴附于镜片表面。其核心难点在于屏幕和折叠光路复合光学膜的贴合，多层高精密光学膜片叠加贴覆需要考虑精度、杂散光、光轴对准调焦、脏污等问题，每一层膜片都有精准极致的贴合要求，以确保光路在高度放大折射后仍有身临其境的真实感官，其中，最困难的环节在于曲面贴膜。苹果 Vision Pro 不仅使用了三片透镜，且采用超贴合技术。相比传统三透镜 Pancake，苹果眼镜的透镜间距进一步缩小，Pancake 模组体积得到一步压缩，但也导致设计制造工艺难度更高，成本更高。

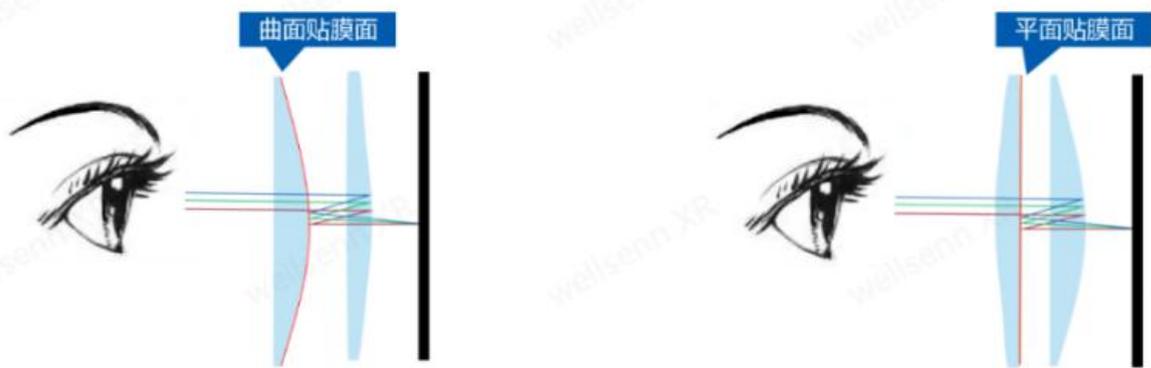
图 16: Pancake 方案光路具体工作原理



资料来源：Wellsenn XR 公众号、维深信息 wellsenn XR 《VR 光学专题研究报告--从菲涅尔到 Pancake》，山西证券研究所

根据光学设计方案，贴膜的方式主要包括曲面贴膜和平面贴膜两种，平面贴膜技术难度较低，但是会牺牲部分光学性能和成像质量。曲面贴膜工艺通过事先制备好的平面膜层然后通过热弯成型技术使其成为特定的二维曲面，贴于透镜表面，曲面贴膜可以带来更大的 FOV 和更优质的成像质量，但是曲面贴膜工艺难度较大，容易边缘褶皱和翘起，良率低由于工艺要求高，膜供应商 3M 等开始推出了贴膜交付方案。

图 17: Pancake 光学贴膜工艺方案



资料来源：Wellsenn XR 公众号、维深信息 wellsenn XR 《VR 光学专题研究报告--从菲涅尔到 Pancake》，山西证券研究所

(3) 设备端——除了上述镀/贴膜设备的工艺壁垒外，Pancake 方案光路设计复杂，对组装设备、检测设备等的要求也很高，细微差异便会导致光学模组整体的光路变化。首先，碍于工艺技术限制，目前市面产品多以镜片平面设计贴附膜材为主，导致光路设计自由度降低并且牺牲模组的光学性能，且目前在 Pancake 光学模组端的贴合设备国产率较低。其次，Pancake 光路精度高敏感，对位要求严苛，在进行屏幕、透镜等组装时需严格按照既定光路设计完成，否则细微角度差异就会对最终成像效果产生很大影响，因此高精度 AA 设备在 Pancake 组装过程中起到关键作用。同时，随着显示图像通过光学系统被放大以填充用户的视野（FOV），显示缺陷也会被放大，亮度和色彩的均匀性、坏点、线条缺陷、浑浊度和图像位置等问题对于眼睛距离显示屏仅几厘米的用户来说变得更加明显，因此需要检测设备模拟人眼视锥系统的近似大小、位置和视场的光圈特性，来检验包括亮度、色度及其均匀性、图像对比度、FOV 等一系列显示特性。

镀/贴膜——深科达已能提供用于 VR 眼镜 Pancake 光学模组生产端的 3DVR 热成型贴合设备、3DAA 胶合设备以及 IJP 设备等，目前正在研发曲面贴膜设备、stretch 贴膜设备，应用

于 Pancake 方案中的 LP/RP/QWP 和非球面 Lens 贴合的设备，正在研发的单双目测试设备、虚像距测试设备、Lens 曲面覆膜设备等可适用于 VR 眼镜、VR 头显的生产。博硕科技应用于 MR 产品中的 Pancake 镀膜贴合设备目前已在核心客户取得重大突破，样机送样已通过并开始报价。欧菲光自主开发新型贴膜设备，拥有多种贴膜方式，可适用不同镜片曲率，实现偏振膜与镜片曲面均匀贴合，是国内少数掌握曲面贴膜技术并可实现量产的光学企业。

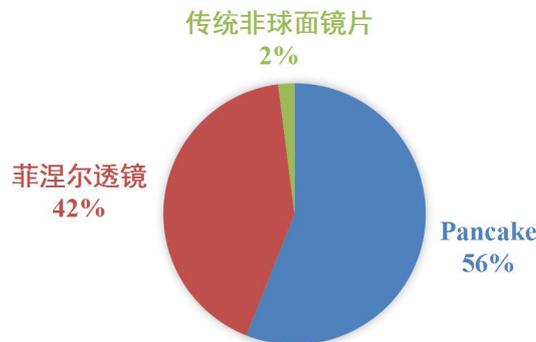
组装、调整——欧菲光自主开发 VR 单目 AA 设备，采用仿人眼视觉系统设计，搭配高精度 AA 六轴平台，拥有 AA 核心算法，并使用高精度 AOI，具备异形画胶及自动胶线检测功能，能够实现自动抓取、AA、画胶、检测、固化等动作。

检测设备——杰普特 MR 眼镜模组测试机可应用于 MR 透镜成像畸变检测，可精确测量出位于透镜光学中心的荧幕像素位置，进行双眼成像畸变差异的分析，有效减轻用户佩戴 VR/AR 设备时的眩晕感。该设备可针对 MR 设备成像缺陷的多个参数进行测试，包括：成像畸变、成像清晰度、屏幕缺陷、屏幕亮度差异、对比度、瞳孔游移、镜片焦距、鬼影等，已可满足客户对高准确度和高重复性的测试的需求；已于 22 年获得消费电子行业头部客户的订单且完成大部分产品交付验收，2023 上半年协助客户开发二代 MR 产品，第二代 VCSEL 模组检测设备已完成小批量交付与验收。**荣旗科技**为客户研发定制镜片全外观 AI 检测设备，可实现全自动上下料及分 Bin，多组光学方案配合可检测多种类型缺陷。**科瑞技术**近年来持续布局并积累 AR/VR 相关检测及装备设备品类的技术储备及能力，目前已为多家领先品牌客户提供 AR/VR 整机功能相关检测设备及装备设备，产品覆盖从 AR/VR 零件模组到整机测试的全制程，主要包括摄像头模组及成品测试、显示模组及终端成品近眼显示测试、双目显示自动合像、双目显示模组激光人眼安全测试、激光 LIV 测试、Inside-out 标定测试、传感器检测、3D VCSEL 测试等。

4.3 预计 24-28 年市场规模 CAGR 达 40%，设备端有望受益高增长

随着采用 Pancake 技术路线的 VR 新品陆续发售，Pancake 方案渗透率有望大幅走高，预计 2023 年全球 VR 领域出货量渗透率提升至 56% (yoy+50pct)。根据群智咨询调查统计显示，2022 年全球 VR 光机模组出货约 2100 万片，其中 Pancake 市场份额仅占约 6%，而到 2023 年后 Pancake 方案将开始取代单片的菲涅尔镜片，进一步带动 VR 光学模组的市场规模增长，预计将占到全球出货量的约 56%。

图 18：2023 年全球 VR 光机模组出货量结构（按技术路线划分）



资料来源：群智咨询、智通财经，山西证券研究所

VR 光学作为 VR 头显的核心零部件之一，其市场规模取决于 VR 头显出货量规模以及光学模组的价格。

（1）量：根据艾瑞咨询最新报告及预测数据，2024-2027 年全球 VR 头显出货量分别为 816、1061、1592、2865 万台，同比增长率分别为 6.7%、30.0%、50.0%、80.0%。根据群智咨询调查统计显示，2023 年 VR 领域 Pancake 方案渗透率为 56%，我们合理假设 2024-2027 年渗透率分别达到 62%、68%、72%、74%，对应的 VR 领域 Pancake 模组需求量分别为 1012、1443、2292、4240 万台，同比增长率分别为 18.1%、42.6%、58.9%、85.0%。

（2）价：根据 Wellsenn XR 的统计，目前产业链单片非球面透镜的价格约为 5-10 元，单片菲涅尔透镜的价格约为 15-20 元，单个 Pancake 光学模组的价格约为 150-200 元（不含屏幕），成本是菲涅尔方案的 7-8 倍。一方面，随着苹果 Vision Pro 产能及销量提升，市场份额逐步扩大，Pancake 光学模组的单价将被逐步拉高；另一方面，随着未来 Pancake VR 光学方案渗透率逐年提高，叠加未来 Pancake 方案的逐步完善和产量提升，Pancake 光学模组的成本有望逐渐下降，综合以上两方面因素，我们判断未来几年 Pancake 光学模组的单价将呈现“先升后降”趋势，预计 2024-2027 年单个 Pancake 光学模组的单价分别为 240、270、300、290 元。

经过模型测算，我们预计 2024-2027 年全球 VR 头显用 Pancake 市场规模 CAGR 达 72%，受益于下游需求释放，Pancake 模组相关制造设备订单有望实现高速增长。综合考虑量价方面多重影响因素，我们测算 2024-2027 年全球 VR 头显用 Pancake 市场规模可达 24.28、38.96、68.77、122.97 亿元，同比增长率分别为 41.7%、60.4%、76.5%、78.8%。

表 7：全球 VR 头显用 Pancake 市场规模测算

	2022	2023	2024	2025	2026	2027
全球 VR 头显出货量（万台）	986	765	816	1061	1592	2865
同比增长率		-22.4%	6.7%	30.0%	50.0%	80.0%
VR 领域 Pancake 方案渗透率	6%	56%	62%	68%	72%	74%
VR 领域 Pancake 模组需求量（万台）	118	857	1012	1443	2292	4240
同比增长率		624.1%	18.1%	42.6%	58.9%	85.0%
Pancake 模组单价（元）	190	200	240	270	300	290
全球 VR 头显用 Pancake 市场规模（亿元）	2.25	17.14	24.28	38.96	68.77	122.97
同比增长率		662.3%	41.7%	60.4%	76.5%	78.8%

资料来源：Wellsenn XR 公众号、维深信息 wellsenn XR 《VR/AR 产业 2023 年度销量跟踪报告》、《VR 光学专题研究报告--从菲涅尔到 Pancake》；艾瑞咨询公众号、艾瑞咨询《2024 年中国虚拟现实（VR）行业研究报告》、群智咨询、智通财经，山西证券研究所

5. 行业投资建议

苹果 MR 头显的发布有望带动消费电子行业进入新一轮的产业创新周期。相关 3C 自动化设备需求也有望受益于行业生态建设加速、技术提升、成本下降等因素影响迈入高速成长期。在行业政策支持、硬件/软件技术的不断提升以及应用场景的拓宽下，苹果、Meta、Pico 等头部玩家不断发布新品，XR 行业有望在头部品牌的引领下进入持续高速发展的阶段，从硬件、软件系统、内容生态、应用场景等多维度、全方位协同融合发展。XR 有望成为继智能手机之后又一划时代终端品类，成为消费电子领域未来十年的黄金赛道，从而带动消费电子行业及设备订单重回高速增长。

重点推荐整机成本占比较高、受益渗透率提升逻辑的两大细分领域：**Micro OLED、Pancake**，相关设备有望享受成长红利。苹果 Vision Pro 显示屏+光学模组占整机成本近 6 成，随着新技术迭代成熟、降本增效带来供给侧扩容，以及苹果 Vision Pro 对新技术的引领效应影响，相关平板显示模组设备有望迎来广阔的增量市场空间。

(1) Micro OLED 制造过程中涉及的主要设备具体包括：蒸镀设备、光刻设备、显影/刻蚀设备、薄膜沉积设备等。渗透率提升推动规模扩大，XR 领域 Micro OLED 有望实现高速增长，预计 2023-2030 年市场规模 CAGR 达 80.6%，利好平板显示自动化设备投资加快增长。目前阵列和蒸镀段制造设备主要被日韩厂商垄断，模组段组装设备、检测设备等国产化进程较快，国产设备的性能、质量已完全可以满足平板显示模组组装工艺的需求，早期全面采购进口设备

的平板显示行业企业加大了国产设备的采购比例，国产设备市场份额不断提高。在后段制程生产设备领域，易天股份、联得装备、华兴源创和精测电子等国内企业在不同的细分领域具备优势产品。

(2) Pancake 光学模组生产主要包括光学设计、透镜加工、透镜贴膜、组装、检验和封装六个流程。Pancake 方案光路设计复杂，对组装设备、检测设备等的要求也很高，细微差异便会导致光学模组整体的光路变化。随着采用 Pancake 技术路线的 VR 新品陆续发售，Pancake 方案渗透率将大幅走高，预计 2023 年全球 VR 领域出货量渗透率提升至 56% (yoy+50pct)。经过前文模型测算，我们预计 2027 年全球 VR 头显用 Pancake 市场规模可达 123 亿元，2024-2027 年 CAGR 达 72%，受益于下游需求释放，Pancake 模组相关制造设备订单有望实现高速增长。以深科达、杰普特、荣旗科技等为代表的国产设备厚积薄发迎破局。

个股方面，我们建议重点关注已进入苹果 Vision Pro 供应链的设备厂商，及具有 XR 设备核心技术储备、布局领先的设备标的：(1) 组装设备：博众精工、易天股份、联得装备、赛腾股份；(2) 检测设备：智立方、华兴源创、精测电子、深科达、杰普特、荣旗科技、科瑞技术；(3) 蒸镀设备：奥来德；(4) 镀/贴膜设备：博硕科技。

6. 风险提示

全球经济周期性波动和贸易政策、贸易摩擦的风险

目前全球经济仍处于周期性波动当中，尚未出现经济全面复苏趋势，依然面临下滑的可能，全球经济放缓可能对消费电子产品带来一定不利影响，进而间接影响公司业绩。此外，若未来国际贸易摩擦持续加深，或相关国家贸易政策变动、贸易摩擦加剧，可能会对本行业企业产品销售产生一定不利影响，进而影响到公司未来经营业绩。

XR 市场需求不及预期的风险

电子消费类产品的需求受到宏观经济形势、产品的更新换代以及人们的偏好改变等因素的影响。如果 XR 产品销售不及预期，设备供应商的下游客户对生产设备的需求会发生一定的波动，进而影响到设备供应商的产品销售与收入。

市场竞争加剧的风险

在平板显示自动化设备行业、光学模组制造设备行业中，国外厂商凭借其技术优势在行业竞争中处于优势地位，国内厂商由于技术积累相对薄弱，因此普遍面临着较为严峻的市场竞争形势，本行业企业的客户主要为下游国际知名厂商，因此长期以来直接面对国外厂商较为激烈

的竞争，并需要依靠技术及品牌优势获取市场份额。同时，由于我国智能装备制造领域前景广阔，新进入者投资意愿较强，因此未来国内市场的竞争也将日趋激烈。

技术未能形成产品或实现产业化的风险

设备制造商面向的下游行业发展变化和市场培育存在一定的不确定性，新技术、新产品的研发具有一定的前瞻性、先导性，如果设备制造商对产品发展趋势和技术发展路径的判断存在偏差，导致出现研发方向与成果不被市场接受的情形，设备制造商将面临技术无法形成产品，研发投入无法转化为经营成果的风险，从而对设备制造商的业绩持续增长造成负面影响。

技术人才流失风险

平板显示自动化设备行业、光学模组制造设备行业具有人才密集型特征，是一个涉及多学科跨领域的综合性行业，本行业企业需要大批掌握机械系统设计、电气自动化控制系统设计、深刻理解下游行业技术变革的高素质、高技能以及跨学科的专业技术人员。上述技术人员对于新产品设计研发、产品成本控制以及提供稳定优质的技术服务具有至关重要的作用。如果本行业企业未来不能在薪酬福利、内部晋升、个人成长等方面为相关人才持续提供具有竞争力的发展平台，可能会造成技术人才队伍的不稳定，从而对生产经营造成一定影响。

原材料价格波动的风险

本行业企业生产使用的主要原材料为机械零部件、电气及电子元器件等。全球经济环境变化及通货膨胀加剧，或将导致包括芯片在内的众多原材料价格波动、交付周期延长。原材料价格的上涨、交付周期的延长会对设备制造商的生产成本产生直接的不利影响，有可能带来设备制造商毛利率水平和利润水平下滑的风险。

分析师承诺：

本人已在中国证券业协会登记为证券分析师，本人承诺，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本人对证券研究报告的内容和观点负责，保证信息来源合法合规，研究方法专业审慎，分析结论具有合理依据。本报告清晰地反映本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点直接或间接接受到任何形式的补偿。本人承诺不利用自己的身份、地位或执业过程中所掌握的信息为自己或他人谋取私利。

投资评级的说明：

以报告发布日后的 6--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。

无评级：因无法获取必要的资料，或者公司面临无法预见的结果的重大不确定事件，或者其他原因，致使无法给出明确的投资评级。（新股覆盖、新三板覆盖报告及转债报告默认无评级）

评级体系：

——公司评级

- 买入： 预计涨幅领先相对基准指数 15%以上；
- 增持： 预计涨幅领先相对基准指数介于 5%-15%之间；
- 中性： 预计涨幅领先相对基准指数介于-5%-5%之间；
- 减持： 预计涨幅落后相对基准指数介于-5%- -15%之间；
- 卖出： 预计涨幅落后相对基准指数-15%以上。

——行业评级

- 领先大市： 预计涨幅超越相对基准指数 10%以上；
- 同步大市： 预计涨幅相对基准指数介于-10%-10%之间；
- 落后大市： 预计涨幅落后相对基准指数-10%以上。

——风险评级

- A： 预计波动率小于等于相对基准指数；
- B： 预计波动率大于相对基准指数。

免责声明：

山西证券股份有限公司(以下简称“公司”)具备证券投资咨询业务资格。本报告是基于公司认为可靠的已公开信息，但公司不保证该等信息的准确性和完整性。入市有风险，投资需谨慎。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。在任何情况下，公司不对任何人因使用本报告中的任何内容引致的损失负任何责任。本报告所载的资料、意见及推测仅反映发布当日的判断。在不同时期，公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。公司或其关联机构在法律许可的情况下可能持有或交易本报告中提到的上市公司发行的证券或投资标的，还可能为或争取为这些公司提供投资银行或财务顾问服务。客户应当考虑到公司可能存在可能影响本报告客观性的利益冲突。公司在知晓范围内履行披露义务。本报告版权归公司所有。公司对本报告保留一切权利。未经公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯公司版权的其他方式使用。否则，公司将保留随时追究其法律责任的权利。

依据《发布证券研究报告执业规范》规定特此声明，禁止公司员工将公司证券研究报告私自提供给未经公司授权的任何媒体或机构；禁止任何媒体或机构未经授权私自刊载或转发公司证券研究报告。刊载或转发公司证券研究报告的授权必须通过签署协议约定，且明确由被授权机构承担相关刊载或者转发责任。

依据《发布证券研究报告执业规范》规定特此提示公司证券研究业务客户不得将公司证券研究报告转发给他人，提示公司证券研究业务客户及公众投资者慎重使用公众媒体刊载的证券研究报告。

依据《证券期货经营机构及其工作人员廉洁从业规定》和《证券经营机构及其工作人员廉洁从业实施细则》规定特此告知公司证券研究业务客户遵守廉洁从业规定。

山西证券研究所：

上海

上海市浦东新区滨江大道 5159 号陆家嘴滨江中心 N5 座 3 楼

太原

太原市府西街 69 号国贸中心 A 座 28 层
电话：0351-8686981
<http://www.i618.com.cn>

深圳

广东省深圳市福田区林创路新一代产业园 5 栋 17 层

北京

北京市丰台区金泽西路 2 号院 1 号楼丽泽平安金融中心 A 座 25 层

