

VST 技术引领头显进化升级，光学显示屏迭代打造硬件基石

VR/MR 行业深度

● 核心观点

预计 2030 年全球 VR 头显出货量有望达到 5500 万台。Meta 苹果等海外大厂入局形成示范效应，凭借各自优势分别切入 C 端与 B 端赛道，随着其产品升级迭代将推动 VR 头显出货量加速增长。预计到 2030 年，全球 VR 头显(含 MR 头显)出货量有望达到 5500 万台，2024-2030 年 CAGR 达到 33.8%。

VST 是 MR 核心技术，三大维度促成技术落地。透视技术是 VR 头显升级为 MR 的关键，分为 OST 和 VST 两种解决方案。但 OST 不适配高沉浸式场景，而 VST 综合性能更为成熟，更适配当下主流 MR 头显。环境数字化重构、虚实边界消融和自然交互是 VST 技术落地的三个关键维度。其中环境数字化重构是虚实边界消融的必要前提，在此基础之上叠加虚实空间配准，方能实现虚实边界消融的效果。此外，VST 强调眼球追踪和手势识别等自然交互方式，本质上是虚实边界消融在交互维度的直接体现，两者相辅相成。

光学方案和显示屏的升级迭代是支撑 VST 充分实现的硬件基石。Pancake 光学方案可在大幅提高边缘成像质量的同时，实现光学模组的显著轻量化，成为适配目前 MR 头显的最佳选择。镀膜/贴膜是 Pancake 方案的核心工艺，也是主要壁垒，目前主要被美日厂商垄断，国产化替代需求日益迫切。Pancake 方案因光损较高，需要搭配高亮度的显示屏才能弥补光损，此外 VST 技术对于高分辨率、高对比度以及低延迟的要求较高，因此 Mini LED 背光及 MicroOLED 显示屏将在 MR 头显显示方案中扮演主要角色。Mini LED 背光显示屏相较 MicroOLED 成本优势显著，同时在重点显示效果方面达到中高端 MR 头显的可用阈值，主打中端消费级场景，预计 Mini 背光在 MR 头显领域中的渗透率将快速提升。MicroOLED 显示屏旨在主打视网膜级显示效果，在手术导航和工业设计等专业可视化应用领域发挥着不可替代的作用，主打高端企业级场景。MicroOLED 显示面板全球市场仍被索尼垄断，随着国产厂商 12 英寸产线加码，面板成本有望稳步下降。预计 Mini 背光和 MicroOLED 显示屏有望携手主宰未来 3-5 年的 MR 头显市场。

相关公司：1)三利谱是大陆首家具有 VR 领域 Pancake 光学膜材量产能力的厂商，通过持续布局光学膜研发，市占率有望进一步提升；2)斯迪克凭借OCA光学胶国产化突破与光路控制材料创新，已深度嵌入国际头部VR厂商供应链，通过工艺升级实现大幅降本，有望打破海外大厂垄断；3)鸿利智汇是Mini LED背光模组龙头，有望深度受益于Mini LED背光显示屏在MR头显领域渗透率的快速提升。4)清越科技是国产MicroOLED领先厂商，8英寸产能占国内总验收产能近1/3，已供货国产优质AR厂商，有望受益于MicroOLED在XR领域渗透率的持续抬升以及国产化突围趋势。

风险提示：1) MR 下游内容生态配套不及预期的风险；2) 关键零部件国产化替代进程不及预期的风险。

证券研究报告

投资评级

行业评级 优于大市

评级变动 首次

近 1 年行业走势



分析师

程宇婷 S0650525030002

联系邮箱: chengyuting@mgzq.com

联系人

王焜 S0650125030002

联系邮箱: wangkun@mgzq.com

相关研究

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

正文目录

一、VR 头显全球出货量有望加速增长	5
1.1 海外大厂带动叠加技术升级，VR 头显市场规模有望加速增长	5
1.2 竞争格局：行业集中度极高，先入局玩家先发优势强	5
1.3 应用多点开花，从 C 端逐渐向 B 端渗透	6
二、VST 技术促成 VR 头显进化为 MR 头显	7
2.1 OST 或为未来透视方案首选，但当下 VST 技术为最优选	7
2.2 三大关键维度促成 VST 技术落地	9
三、光学显示屏迭代升级推动 VST 发展	10
3.1 光学：Pancake 方案助力 MR 头显实现大幅减重	11
3.1.1 VR 光学方案过去主要采用垂直光路	11
3.1.2 Pancake 模组厚度大幅减薄，且边缘成像质量更好	12
3.1.3 膜材制备和镀贴膜是 Pancake 核心工艺，也是主要壁垒	14
3.2 显示屏：Mini LED 背光与 MicroOLED 携手打造 MR 显示新时代	19
3.2.1 Pancake 光学方案需搭配高亮度显示屏	20
3.2.2 Mini LED 背光主打中端消费级市场	21
3.2.3 MicroOLED 主导高端企业级场景	25
四、相关公司梳理	28
五、风险提示	29

图表目录

图 1：预计 VR/MR 头显全球出货量有望超过 5000 万台	5
图 2：23H1 中国 VR 头显市场竞争格局	6
图 3：24 年全球 VR/MR 头显市场竞争格局	6
图 4：VR/MR 下游应用多点开花	6
图 5：VST 技术原理图	7
图 6：OST 技术原理图	7
图 7：《Gravity Lab》游戏画面，可用现实中的墙壁、桌面等作为道具	8
图 8：OST 视觉效果图	8
图 9：OST 用于手术导航场景效果图	8
图 10：VST 技术实现虚实边界消融的流程	9
图 11：Vision Pro 的眼球追踪与手势识别功能	10

图 12: VST 技术充分实现所需四大要素	11
图 13: VR 光学方案演进路径	11
图 14: 非球面透镜可改善球面透镜球差的问题	12
图 15: 菲涅尔透镜结构示意图	12
图 16: 菲涅尔透镜通过图像预畸变来抵消光学畸变, 以提高成像精度	12
图 17: Pancake 模组相比菲涅尔透镜厚度减少一半	13
图 18: Pancake 方案通过光路折返实现更短距离的同等光面积	13
图 19: 非球面透镜可改善球面透镜球差的问题	13
图 20: 历代 VR 头显主机重量对比	14
图 21: 曲面贴膜与平面贴膜对比图	14
图 22: Pancake 镀/贴膜工艺各环节目前主要由美日大厂垄断	15
图 23: 2024-2030 年全球 Pancake 用偏光片市场规模 CAGR 有望达到 44.1%	16
图 24: 三利谱 VR 产品量产时间线	17
图 25: 2024-2030 年全球 Pancake 用OCA 光学胶市场规模 CAGR 有望达到 42.4%	18
图 26: 斯迪克与国际头部客户进行嵌入式研发, 持续迭代 VR 产品	19
图 27: Vision Pro 成本拆分	20
图 28: PSVR2 成本拆分	20
图 29: Meta Quest3 成本拆分	20
图 30: Pico4 Ultra 成本拆分	20
图 31: VR 显示技术路径发展进程	21
图 32: 2025 年中国大陆 MiniLED 背光电视渗透率有望达到 40%	22
图 33: 2024-2030 年全球 VR 头显用 Mini LED 背光模组 CAGR 有望达到 135.8%	24
图 34: 搭载 Mini LED 背光模组的 MR 头显色彩显示显著优于传统 VR 头显	24
图 35: MicroOLED 背板模拟驱动芯片架构	26
图 36: 2023 年全球 MicroOLED 面板出货量格局, 索尼占比 87%	26
图 37: MicroOLED 显示面板结构拆分	27
图 38: 清越科技硅基 OLED 微显示器产品矩阵	28
图 39: 清越科技控股子公司昆山梦显 8 英寸 MicroOLED 产能规模显著高于国内同行	28
表 1: VST&OST 技术特点对比	8
表 2: 不同厂商根据应用场景侧重选择技术优化方向	10
表 3: VR 光学方案参数对比	14
表 4: 部分国产厂商在 Pancake 光学膜领域实现局部突破	15

表 5: Pancake 用偏光片市场空间测算.....	16
表 6: 三利谱是 VR 头显国产龙头 Pico 偏光片核心供应商.....	17
表 7: Pancake 用 OCA 光学胶市场空间测算.....	18
表 8: 斯迪克 OCA 光学胶产品性能参数	19
表 9: 历代显示技术各项性能参数对比	21
表 10: Mini LED 背光和 MicroLED 成本对比	22
表 11: VR 头显用 Mini LED 背光模组市场空间测算.....	23
表 12: 鸿利智汇近期 Mini LED 背光主要研发项目.....	25
表 13: 头部国产厂商 12 英寸 MicroLED 面板投产情况.....	27
表 14: MR 产业链重点公司.....	29

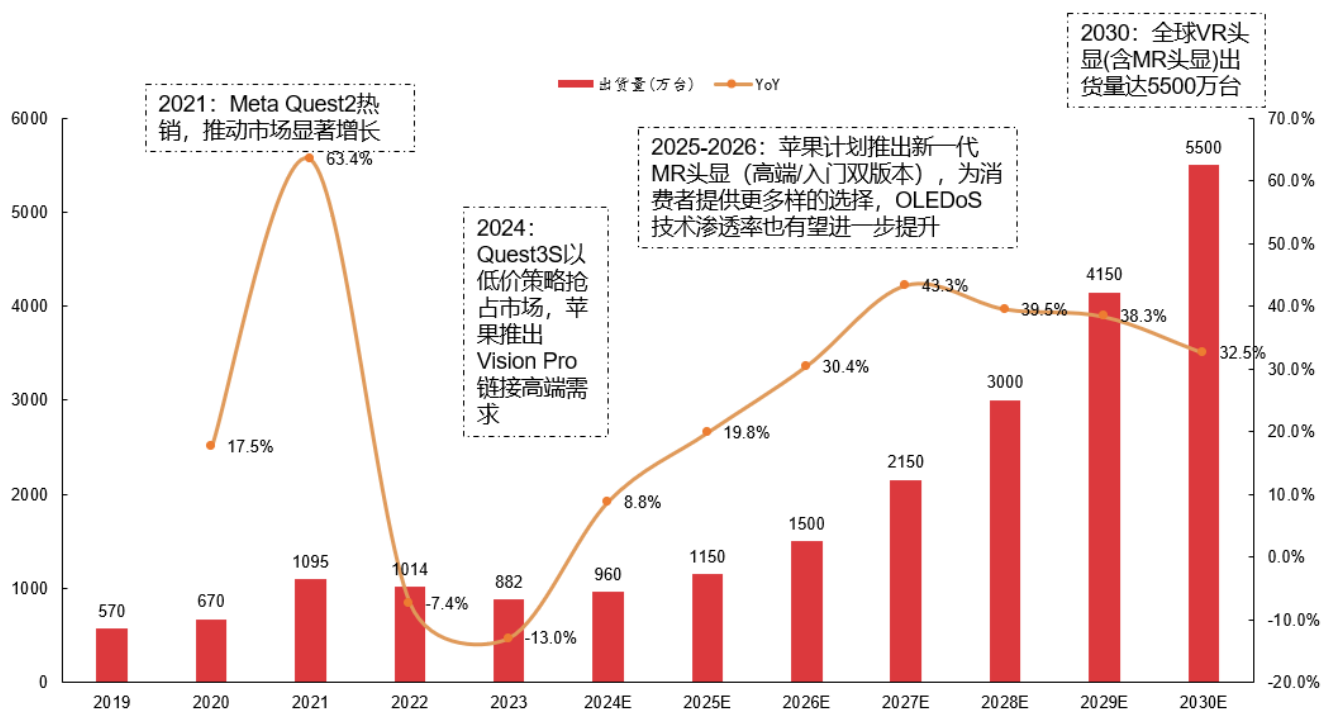
一、VR 头显全球出货量有望加速增长

1.1 海外大厂带动叠加技术升级，VR 头显市场规模有望加速增长

Meta 凭借低价策略抢占市场，苹果以 Vision Pro 切入高端 ToB 应用场景。根据 Trendforce 集邦咨询数据，2024 年，VR(含 MR)头显全球出货量预计达到 960 万台，同比增长 8.8%。其中 Meta 主打低价策略，Quest3S 以 299 美元的价格进一步扩大份额；苹果则凭借 Vision pro 首发的影响力贡献 48 万台出货量，其中三分之二为 B 端应用场景。

Meta 和苹果凭借自身优势巩固各自领域，叠加技术升级迭代，未来 VR 头显全球出货量有望加速增长。从 VR 头显全球历史出货量趋势来看，2019-2021 年期间增速较快，尤其在 2021 年实现了爆发式的增长，主要系 Meta Quest2 成为了一个爆款产品，叠加新冠疫情导致居家娱乐需求激增所致；2022 和 2023 年出货量则有所下滑，主要系全球消费电子市场景气度周期下行，以及 Meta Quest3 初期定价过高而销量表现不佳所致；2024 年 Meta 推出 Quest3S，以低价策略占领中端消费级市场，而苹果推出 Vision Pro 链接高端企业级需求，VR 头显市场迎来明显回暖。根据 Trendforce 集邦咨询和中商产业研究院预测，2025-2026 年，苹果预将推出高端/入门双版本头显，为消费者提供更丰富选择的同时，OLEDoS 技术渗透率也有望进一步提升；而预计到 2030 年，全球 VR 头显(含 MR 头显)出货量有望达到 5500 万台，2024-2030 年 CAGR 达到 33.8%。

图1：预计 VR/MR 头显全球出货量有望超过 5000 万台

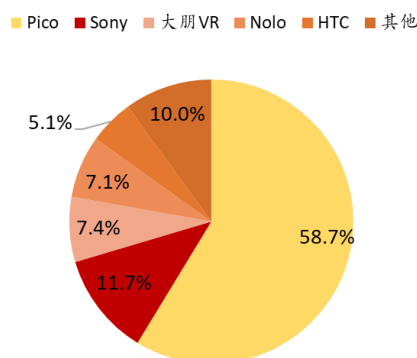


资料来源：Trendforce 集邦咨询，Ofweek VR，VR 陀螺，IDC，华经产业研究院，中商产业研究院，麦高证券研究发展部

1.2 竞争格局：行业集中度极高，先入局玩家先发优势强

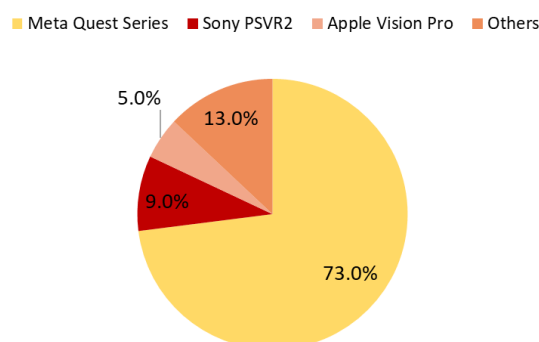
VR 头显市场集中度极高，头部玩家占据绝大部分份额。根据 IDC 数据，2023H1，中国 VR 头显设备出货量为 26 万台，其中头部玩家 Pico、Sony、大朋 VR、Nolo、HTC 市占率分别为 58.7%、11.7%、7.4%、7.1%和 5.1%，CR5 达到 90%。根据 Trendforce 集邦咨询估计，2024 年全球 VR 头显市场中 Meta Quest 系列一骑绝尘，占据 73% 的份额，Sony PSVR2 占比 9%，Apple Vision Pro 占比 5%，CR3 高达 87%。

图2：23H1 中国 VR 头显市场竞争格局



资料来源：IDC，麦高证券研究发展部

图3：24 年全球 VR/MR 头显市场竞争格局



资料来源：Trendforce 集邦咨询，麦高证券研究发展部

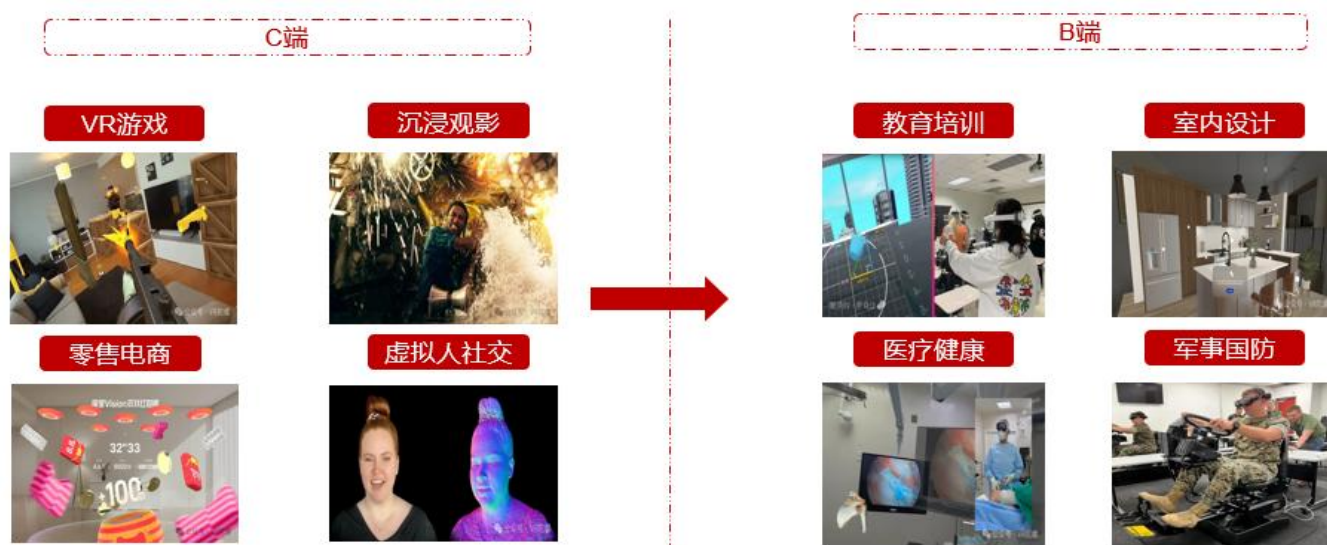
多因素叠加形成系统性壁垒，VR 行业先入局玩家具有明显先发优势：

- (1) **头部厂商核心技术专利垄断。**先入局企业(如 Meta、索尼等)早期投入大量资源研发核心技术(如 Pancake 光学方案、手势追踪算法)，并通过专利布局形成护城河，新进入者需支付高额授权费，研发成本陡增。
- (2) **关键零部件厂商优先供应头部客户。**VR 头显核心零部件厂商具有垄断地位，如高通占据 VR 头显主控芯片绝大部分市场份额，其骁龙 XR 系列芯片与 Meta 深度绑定，优先供应头部客户，新厂商通常需转向二线供应商，导致性能落后或成本上升。
- (3) **先入局玩家具有政策与行业标准主导权。**在 Meta 推动之下，OpenXR 已成为行业通用规范，该标准某种程度上限制竞品兼容性，后来者需在此框架下开展业务。

1.3 应用多点开花，从 C 端逐渐向 B 端渗透

C 端仍占主导，B 端有望加速渗透。VR 头显的下游应用场景中，C 端的娱乐(含游戏)场景是最大的下游应用领域，占据超过 50% 的市场份额。B 端应用主要集中在工业制造、医疗、教育、军事等领域，B 端客户为高价值场景付费意愿更强，随着主打高端赛道的苹果 Vision pro 产品迭代升级，B 端应用将释放增长潜力，未来有望加速渗透。

图4：VR/MR 下游应用多点开花



资料来源：VR 陀螺，OFweek VR，麦高证券研究发展部

二、VST 技术促成 VR 头显进化为 MR 头显

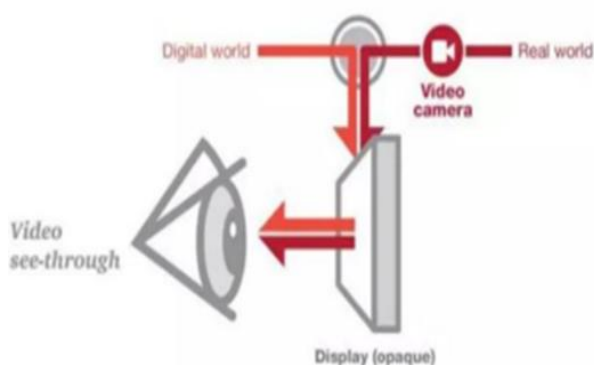
2.1 OST 或为未来透视方案首选，但当下 VST 技术为最优选

透视技术打破传统 VR 头显封闭式限制，使用户实现对虚拟与现实世界的同时感知。传统 VR 头显给用户提供了一个封闭式的虚拟三维空间，通过感知单元提供视觉、触觉、听觉等感官交互，使用户进入一个完全沉浸的虚拟世界。但传统 VR 头显具有一个明显的缺点，就是用户在完全沉浸状态下与外部真实世界相隔绝，无法与现实周围环境进行交互。而透视技术(See Through)则打破了传统 VR 设备的这种限制，通过相机采集周围环境的实时视图并通过屏幕进行显示，让用户在感知虚拟世界的同时，也能与周围环境进行实时交互，甚至让虚拟与现实完全融为一体，让人难以区分虚拟与现实的边界。

VR 头显通过透视技术升级为 MR 头显，显著提高了头显体验的安全性、丰富性和可持续性。透视技术最初的目的是为了解决 VR 使用的安全问题，因为玩家在封闭的 VR 空间中游戏时一旦过分投入，往往会忽略了身边的环境，有可能导致危险和意外的发生。当用户接近虚拟空间的边界时，透视功能将自动开始显示来自相机采集的实时图像，以增加用户对周围环境的感知。同时透视功能可以让用户在不摘除头显的情况下，实现与外部现实世界的行为交互，例如触摸和打开控制器，甚至签收快递、收发短信等等，增强了头显体验的丰富性和可持续性，也使得 VR 头显成功进化为 MR 头显。

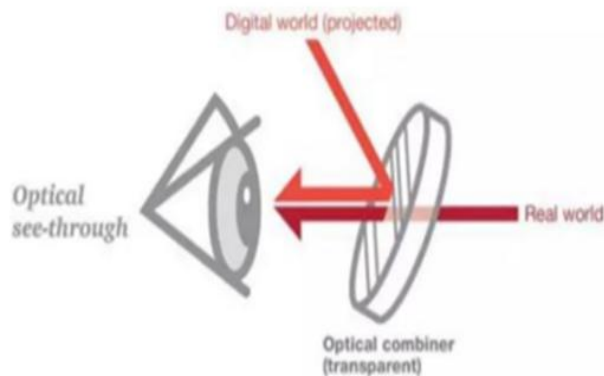
透视技术有两种解决方案，分为视频透视(Video See Through, VST)和光学透视(Optic See Through, OST)。视频透视(VST)是通过头显外置摄像头实时捕捉现实画面，与计算机生成的虚拟内容叠加后显示在屏幕上，实现虚拟与现实的融合。使用视频透视，算法可以完全控制视觉集成，允许虚拟和真实物体之间的完全遮挡，甚至可以对真实物体进行更高级别的修改。光学透视(OST)是通过透明光学元件(如波导片)让用户直接看到真实环境，同时叠加虚拟图像反射到用户的眼睛里。光学透视的优点在于不易产生晕屏(cybersickness)的风险，同时还有着与真实世界接近的极高分辨率。

图5: VST 技术原理图



资料来源：艾邦 AR/VR 网，麦高证券研究发展部

图6: OST 技术原理图



资料来源：艾邦 AR/VR 网，麦高证券研究发展部

VST 更强调虚实交融，虚拟物体与现实场景产生相互影响，可增强游戏的趣味性和沉浸感。以《Gravity Lab》(国内译名：重力实验室)为例，它是一款基于物理学和电子学的解谜游戏，在更新透视模式的同时，还追加了9个全新的关卡。在解谜时，往往需要摆放各种道具，使射出的小球满足反弹、滚动等需求，而玩家所处的现实环境，也可以实现相应的功能——比如现实中的桌面，可以用来让小球滚到下一个机关处，墙壁可以用于反弹等等。解谜不再局限于使用游戏里提供的道具，而且玩家还可以将整个机关的尺寸缩放，缩小至桌面大小来游玩。这样便能通过杯子、文具、书本等小尺寸的物体，来实现相同的效果，颇为有趣。游戏《Gravity Lab》通过 VST 识别真实桌面，虚拟物体可沿现实边缘滚动，物理规则与虚拟特效结合，增强沉浸感和可玩性。

图7: 《Gravity Lab》游戏画面, 可用现实中的墙壁、桌面等作为道具



资料来源: VR陀螺, 麦高证券研究发展部

OST 可实现超精细显示效果, 适配手术导航等对精度要求极高的场景。OST 的现实环境亮度可达 6600 尼特以上 (远超 VST 的 600 尼特), 且真实环境分辨率由人眼视网膜极限决定 (单眼等效 24K), 可实现超精细显示。OST 方案极为精细的显示效果, 使其在专业度极高的手术导航和工业装配等细分场景中起到不可替代的作用。

图8: OST 视觉效果图



资料来源: 互联网观察人, 麦高证券研究发展部

图9: OST 用于手术导航场景效果图



资料来源: 灵智妙境, 麦高证券研究发展部

OST 不适配高沉浸式场景, 而 VST 综合性能更为成熟, 更适配当下主流 MR 头显。AR 眼镜的透视主要采用 OST 方案, AR 眼镜轻便灵活且适配 AI 功能叠加, 但 OST 主流视场角 (FOV) 仅 30-70 度, 使其难以适配高沉浸式场景; 沉浸式场景需要更大视场角, VST 主流视场角在 90-120 度, 在实现沉浸感方面显著优于 OST 方案。此外, OST 方案实现虚像与实景的精确光学对齐较难, 虚拟内容对比度低 (需与环境光竞争); 而 VST 在遮挡效果、虚实匹配、配准、亮度匹配等方面更为成熟, 更适配当下主流 MR 头显。

表1: VST&OST 技术特点对比

技术类型	现实环境亮度	现实环境分辨率	虚实融合效果	FOV	画面延迟	焦平面
OST	6600nit 或更高	单眼 24K	相对粗糙, 色彩失真	30-70°	虚拟信息有延迟, 现实信息无延迟	无数个焦平面
VST	100-660nit	单眼 2K-4K	像素级遮挡控制, 合成效果逼真	90-120°	虚拟与现实均有延迟	一个焦平面

资料来源: Wellsenn XR, 麦高证券研究发展部

2.2 三大关键维度促成 VST 技术落地

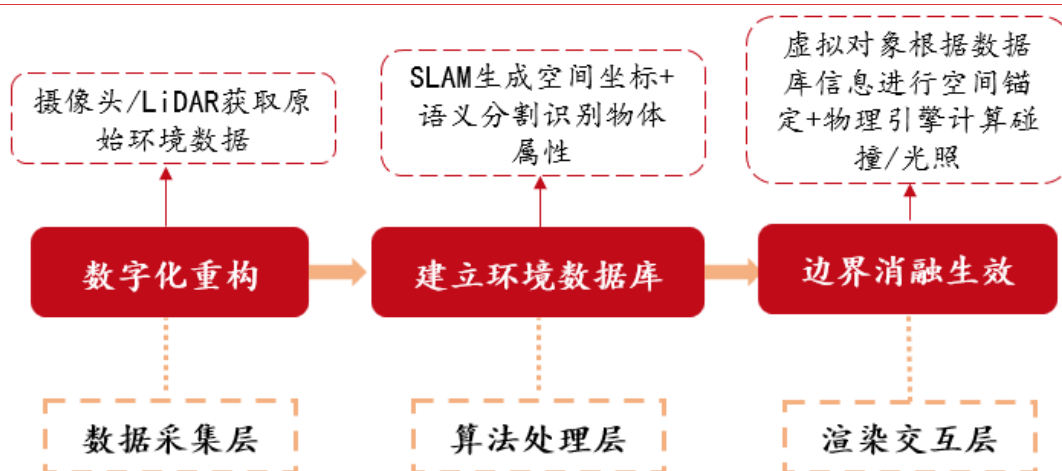
VST 技术的核心价值在于其对物理世界的深度感知与虚实融合能力的突破，其中环境数字化重构、虚实边界消融和自然交互是技术落地的三大关键维度。

VST 的环境数据采集系统由多传感器阵列、并行计算架构和空间建模算法构成。VST 通过多模态传感器（双目 RGB 摄像头、LiDAR、ToF 深度传感器）实时采集物理空间的几何结构、动态对象及光照信息，构建毫米级精度的三维环境模型。例如，苹果 Vision Pro 的 12 颗摄像头与激光雷达协同工作，可以在 12 毫秒内处理传感器数据，比眨眼快 8 倍，为虚拟元素的精准空间锚定提供基础。

虚实边界消融的核心是通过 VST 技术实现环境数字化重构与虚实空间配准。传统 AR/VR 中，虚拟对象与真实环境的互动受限于预设规则（如碰撞体积、物理材质）。VST 技术通过动态语义分割与物理引擎融合，使虚拟物体能够感知真实环境的物理属性。例如，Meta Quest 3 的 VST 系统可识别真实桌面材质（木质/金属），虚拟水杯倾倒时水流会根据桌面倾斜角度实时变化。

环境数字化重构是虚实边界消融的必要前提，但高精度重构并不必然导致边界消融。二者既有技术逻辑的递进关系，也存在应用目标的本质差异。

图10：VST 技术实现虚实边界消融的流程



资料来源：麦高证券研究发展部整理

不同厂商根据自身产品应用场景的定位，侧重选择了不同的技术优化方向。苹果 Vision Pro 和 Meta Quest3 在两个维度取得了相对平衡，但也出现过有厂商在二者之间冲突的情况。PICO 4 早期版本因仅支持无深度 VST（二维透视），虽能完成环境数字化重构（生成 2D 平面图），但无法实现虚拟物体与真实桌面的遮挡效果，导致边界消融失败。HoloLens 2 采用 OST 方案，虽在虚实叠加延迟（<10ms）上优于部分 VST 设备，但因缺乏环境重构能力（依赖标记点定位），难以支持高精度工业装配场景。

表2：不同厂商根据应用场景侧重选择技术优化方向

厂商/产品	环境数字化重构优先级	虚实边界消融优先级	典型场景
苹果 Vision Pro	高，极致精度	高，12 毫秒内光子到光子延迟	高端设计、医疗
Meta Quest Pro	中高，动态场景适应性（运动物体追踪）	中高，物理交互实时性（低延迟碰撞反馈）	游戏、工业培训
PICO 4	中，生成 2D 平面模型	低，无法实现虚实遮挡效果	建筑测绘
微软 HoloLens 2	低，缺乏环境重构能力	高，虚实叠加延迟 <10ms	虚拟社交

资料来源：Wellseenn XR，映维网，各公司官网，麦高证券研究发展部

MR 头显强调手势、眼动等自然交互。VST 技术通过摄像头捕捉用户动作并与虚拟界面联动，取代传统手柄操控。例如，用户凝视虚拟按钮即可触发操作，手部动作直接“抓取”全息模型。眼球追踪和手势识别，本质上是虚实边界消融在交互维度的直接体现，两者相辅相成。眼动/手势追踪的实现需从虚实边界消融中获取空间基准数据，同时其获取的数据又能反哺虚实融合的交互系统，形成闭环。

图11：Vision Pro 的眼球追踪与手势识别功能



直观工具：眼睛、双手和语音就可以

资料来源：VRPinea，麦高证券研究发展部

三、光学显示屏迭代升级推动 VST 发展

轻量化、低延迟、高分辨率和高动态对比度的头显是实现 VST 技术的关键。轻量化是 MR 头显设备发展的必然要求，设备重量的降低和佩戴舒适度的提高，也将有效延长 MR 头显的连续使用时间，从而能适配更加多元化的场景。VST 虚实融合的实现依赖于实时渲染、色彩失真的解决和动态模糊的消除，实时渲染要求屏幕的动态对比度达到 100 万:1 的级别，满足 VST 的虚实融合精度；低分辨率屏幕（如 1080p）在 VST 模式下难以呈现真实环境的细节（如文字、纹理等），导致虚拟物体与真实环境色彩失真；虚实叠加延迟较高，会导致虚拟物体与真实环境的错位，从而用户容易产生晕动症。

光学和显示屏的迭代是支撑 VST 充分实现的基础。传统光学模组在 VR 头显中重量和体积占比较高，因此轻量化的需求主要依赖于光学模组的进化；低延迟、高分辨率和动态对比度等参数的提升则更多依靠显示屏的优化升级。

图12: VST 技术充分实现所需四大要素



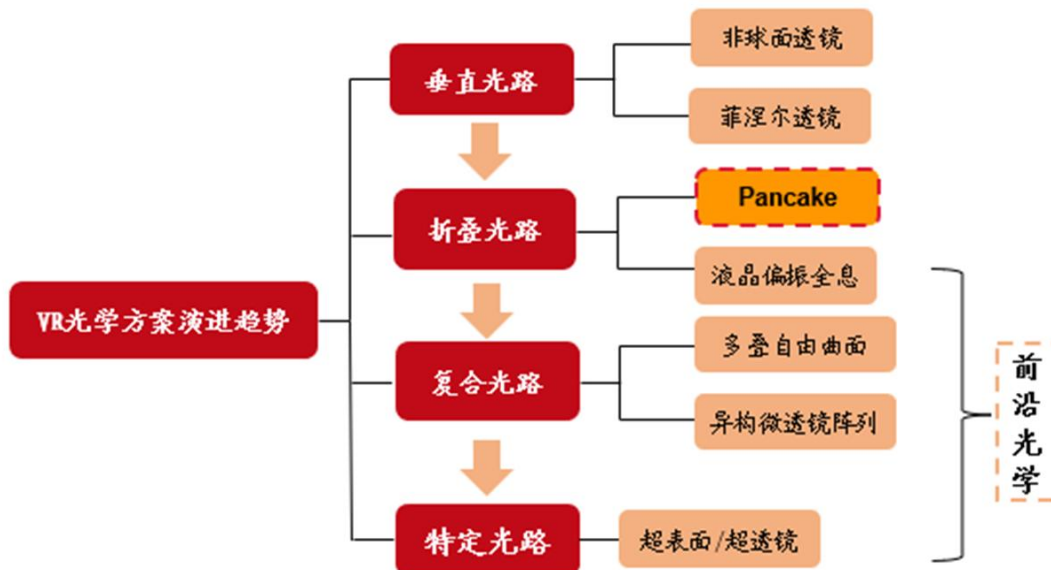
资料来源：麦高证券研究发展部整理

3.1 光学：Pancake 方案助力 MR 头显实现大幅减重

3.1.1 VR 光学方案过去主要采用垂直光路

VR 光学方案经历了从垂直光路(非球面透镜、涅菲尔透镜)到折叠光路(Pancake)的阶段，折叠光路中的液晶偏振全息技术目前还较为前沿，未来 VR 光学技术还将往复合光路和特定光路的方向演进。过往折叠光路技术不成熟，VR 光学方案主要采用垂直光路。

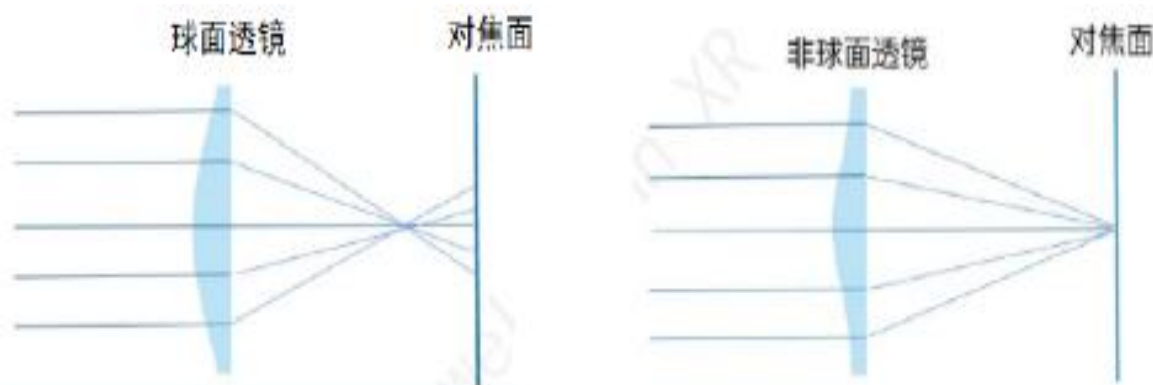
图13: VR 光学方案演进路径



资料来源：Wellisenn XR，麦高证券研究发展部

非球面透镜可更精确控光，提高边缘成像质量。非球面透镜是基于传统的球面透镜优化而来，非球面透镜优点是减少球差，当镜头无法将所有入射光畸变聚焦在同一点上时，就会发生球差，球差会导致成像模糊，特别是边缘成像模糊。即使将其加工到理论极限，标准的球面透镜也永远无法达到非球面镜提供的精确聚焦水平，非球面不规则表面形状的本质就是使其能够更精确地同时操纵多种波长的光，从而获得更清晰的图像，特别是边缘的成像质量。

图14：非球面透镜可改善球面透镜球差的问题



资料来源：WellSenn XR，麦高证券研究发展部

菲涅尔透镜去掉非球面透镜直线传播的部分，只保留发生折射的曲面。菲涅尔透镜少了非球面透镜镜头曲面下额外部分，保留了用来折射光线的镜头曲面，省下大量材料同时达到相同的聚光效果。菲涅尔透镜看上去像一片有无数多个同心圆纹路（即菲涅尔带）的玻璃，却能达到凸透镜的效果。

但菲涅尔透镜相比非球面透镜更容易产生畸变。菲涅尔透镜削减了透镜厚度，但是付出的代价是成像质量会下降，更容易产生桶形畸变或枕形畸变的问题。解决方案是通过逆向映射实现图像逆畸变，从而抵消透镜产生的相应图像畸变。

图15：菲涅尔透镜结构示意图

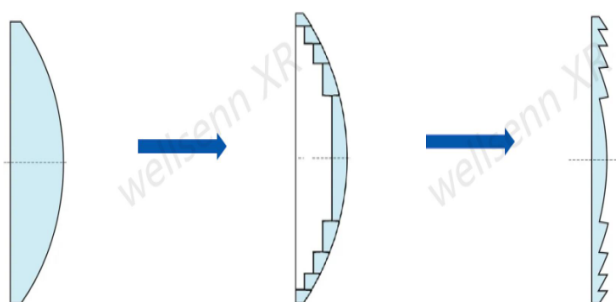
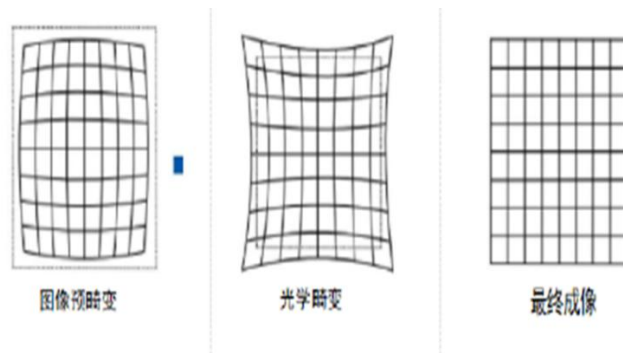


图16：菲涅尔透镜通过图像预畸变来抵消光学畸变，以提高成像精度



资料来源：WellSenn XR，麦高证券研究发展部

资料来源：WellSenn XR，麦高证券研究发展部

3.1.2 Pancake 模组厚度大幅减薄，且边缘成像质量更好

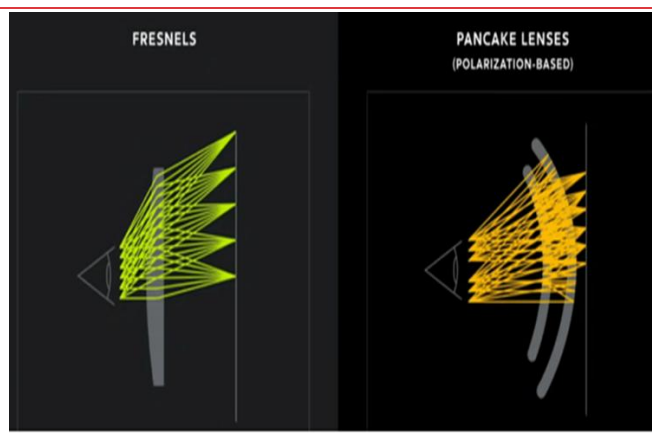
Pancake 方案通过使光路多次折返的设计使得模组厚度大幅减薄。要想在有限的距离内把一片光源的面积尽可能放大，一种方法是使用放大镜，另一种方法需要借助两面镜子进行反射。在获得同等光面积的情况下，后者的路线会比前者更短。Pancake 光学方案因其形状类似“薄饼（Pancake）”而得名，原因在于其采用了半反半透膜（BS）、相位延迟膜（QWP）和反射式偏振膜（RP）等多种膜片的组合，实现光线在射入人眼前的多次折返，从而使得光学模组总长度大幅缩短，使得 Pancake 模组的厚度相比于传统方案减少了一半。

图17: Pancake 模组相比菲涅尔透镜厚度减少一半



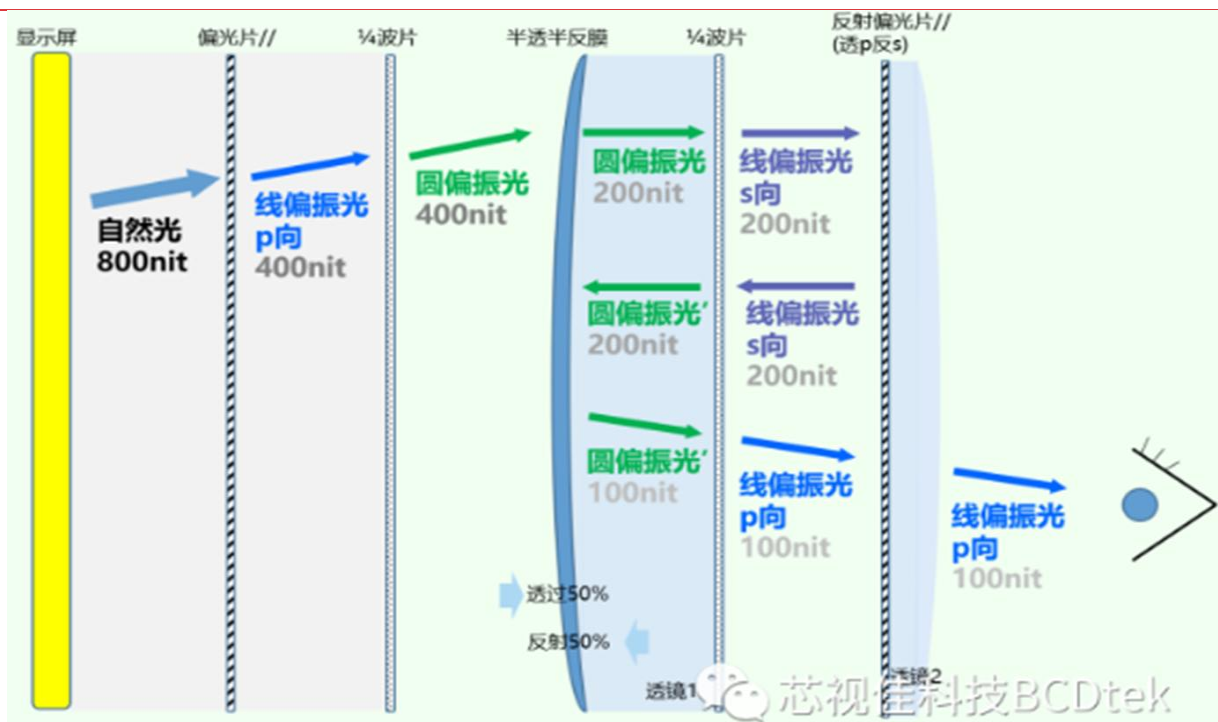
资料来源: 芯视佳科技, 麦高证券研究发展部

图18: Pancake 方案通过光路折返实现更短距离的同等光面积



资料来源: AR 眼镜图, 麦高证券研究发展部

图19: 非球面透镜可改善球面透镜球差的问题



资料来源: 芯视佳科技, 麦高证券研究发展部

Pancake 方案是当前 VR 设备实现轻便化的主要途径。从历代头显产品重量对比来看，Pancake 方案重量大致在 200-300g 的区间，而搭载非球面透镜和菲涅尔透镜的头显重量大致在 500-700g 的区间，Pancake 方案带来的减重将显著提升头显佩戴的舒适性，极大缓解长时间使用带来的疲劳感。

Pancake 方案边缘成像质量更好，且支持屈光度调节。Pancake 方案成像质量更好，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、清晰度和细腻度。Pancake 方案支持屈光度调节（菲涅尔透镜无此功能），由于 Pancake 光学方案是组合透镜，因此可以控制其中一片透镜进行屈光调节，对近视用户友好。

图20：历代 VR 头显主机重量对比

非球面透镜方案			菲涅尔透镜方案			Pancake方案		
Oculus Rift CV1		470g	Meta Quest2		503g	华为VR Glass		166g
HTC Vive		550g	HTC Vive Focus3		785g	Aoxue Vision Max		295g
爱奇艺奇遇Dream		610g	Pico Neo3		620g	创维MR PANCAKE2		230g

资料来源：公开资料整理，麦高证券研究发展部

表3：VR 光学方案参数对比

镜片类型	边缘畸变率	常规 FOV(视场角)	常规 TTL(镜头总长)	成像质量	屈光度调节范围	代表性产品
非球面透镜	8%-15%	90° -180°	40-50mm	边缘成像好	不支持	VR 盒子、PSVR
菲涅尔透镜	8%-15%	90° -120°	40-50mm	容易产生伪影和畸变	不支持	Meta Quest2、Pico neo3
Pancake	<5%	70° -100°	18-25mm	边缘成像质量好，但容易产生伪影	支持动态调节，范围 0-700°	Vision Pro、华为 VR Glass

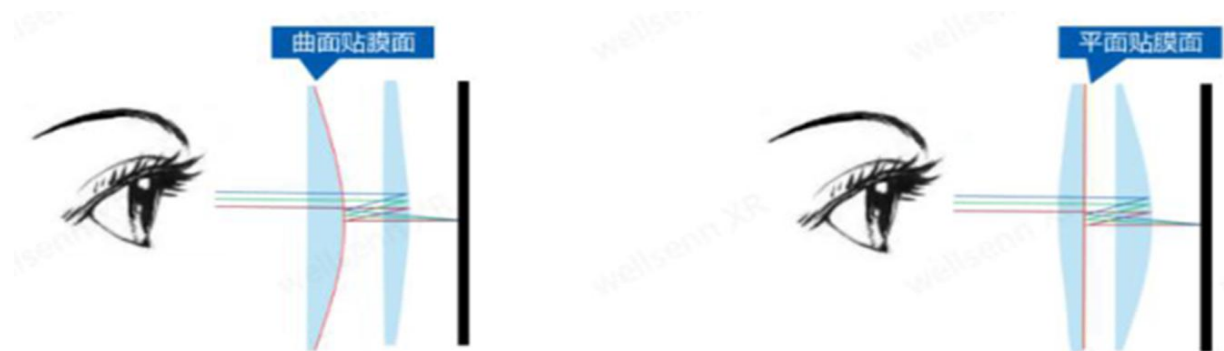
资料来源：头豹研究院，麦高证券研究发展部

3.1.3 膜材制备和镀贴膜是 Pancake 核心工艺，也是主要壁垒

光学膜材的制备和镀贴膜工艺是 Pancake 模组偏振光实现折返的关键。Pancake 光学方案通过偏振光折叠光路实现设备轻薄化，而这一目标的实现高度依赖于镀膜和贴膜工艺的精度与可靠性，包括反射式偏振膜（RP）、1/4 相位延时片（QWP）等关键膜材的制备与精密贴合。

曲面贴膜工艺难度远高于平面贴膜。Pancake 模组为扩大视场角（FOV），普遍采用曲面贴膜而非平面贴膜，而曲面贴膜工艺难度极高。热弯成型技术：平面膜材需通过高温（>150℃）和压力成型为曲面，但热膨胀系数差异易导致边缘翘曲或褶皱，目前仅有 3M 和旭化成等国际企业能完成交付方案。

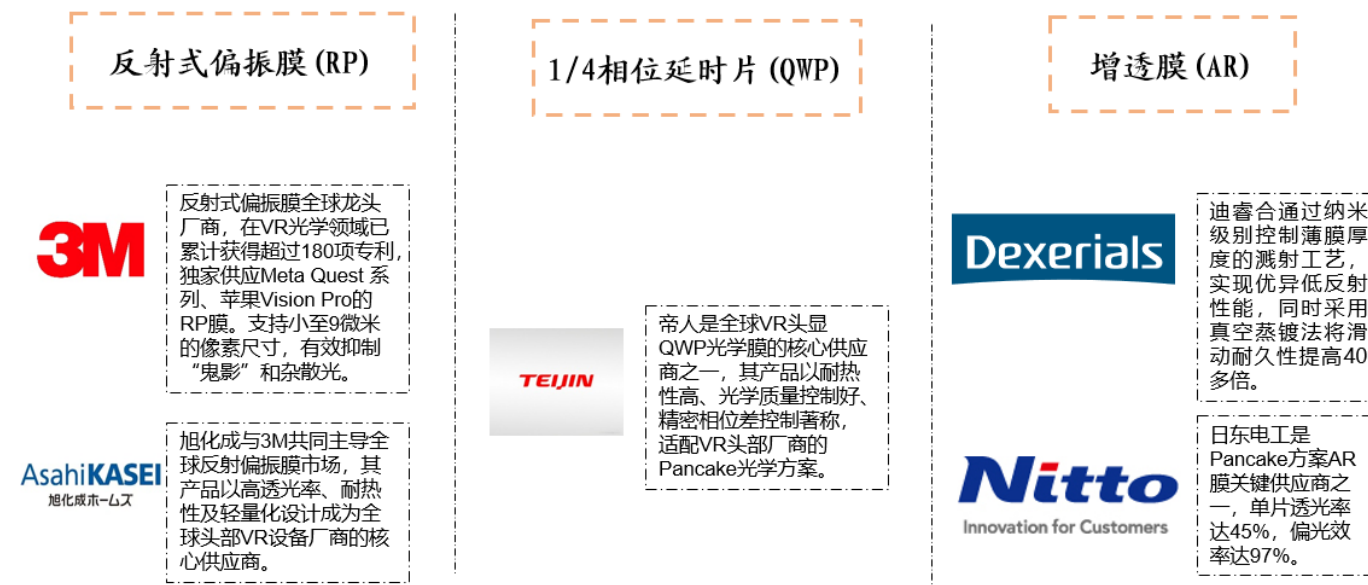
图21：曲面贴膜与平面贴膜对比图



资料来源：Wellseenn XR，麦高证券研究发展部

目前 Pancake 核心膜材以及设备的研发和量产仍由海外材料巨头主导。海外厂商在材料配方、专利壁垒（3M 在 RP 膜领域相关专利超 180 项）等方面形成护城河，先发优势明显。

图22: Pancake 镀/贴膜工艺各环节目前主要由美日大厂垄断



资料来源：各家公司官网，麦高证券研究发展部

国产厂商局部突破，从低端向中高端逐步渗透。尽管核心膜材仍依赖进口，但国内企业在贴合设备、中低端膜材、工艺创新等环节已实现局部突破。三利谱在 Pancake 模组的近眼端和显示端的偏光片均有产品布局，且开发出了搭载 3M 高对比 RP 膜的 48%透过率的偏光片，客户送样测试中；斯迪克自主研发 OCA 光学胶，由单层交付转变为多层贴合交付，为客户提供综合解决方案，其与北美头部客户共同开发的光路控制核心材料，已在多种机型中量产，并持续优化迭代中。

表4: 部分国产厂商在 Pancake 光学膜领域实现局部突破

技术类型	公司名称	技术突破	最新进展
膜材研发	三利谱	近眼端(线偏侧贴合+QWP 侧贴合)和显示端提供多种 Pancake 解决方案，低反射(AR<0.5%)、逆色散、Tr~42.5%±1%、PE>99.9%	开发出了搭载 3M 高对比 RP 的 48%透过率的偏光片，客户送样测试中
	斯迪克	自主研发 OCA 光学胶，由单层交付转变为多层贴合交付，为客户提供综合解决方案；与北美头部客户共同开发的光路控制核心材料，已在多种机型中量产	已完成一款高透高雾 OCA 光学胶膜开发；一款高耐磨可折叠抗反射 AR 膜开发中

资料来源：三利谱，斯迪克，艾邦 VR 产业资讯，麦高证券研究发展部

Pancake 光学模组的核心成本来自光学膜材料，而偏光片是其中的关键组成部分。光学膜在 Pancake 模组中的成本占比约为 70%，其中偏光片（包括反射式偏振片、线偏振片等）又占据主导地位，大约占膜材料总价值量的 80%左右，因此偏光片在 Pancake 模组中价值量占比约为 50%-60%。主流 Pancake 方案通常采用双片式，单目光学膜材成本约 100 元，可以得到一个 MR 头显中使用的偏光片价值量约为 160 元，预计 2027 年以后降至 150 元。

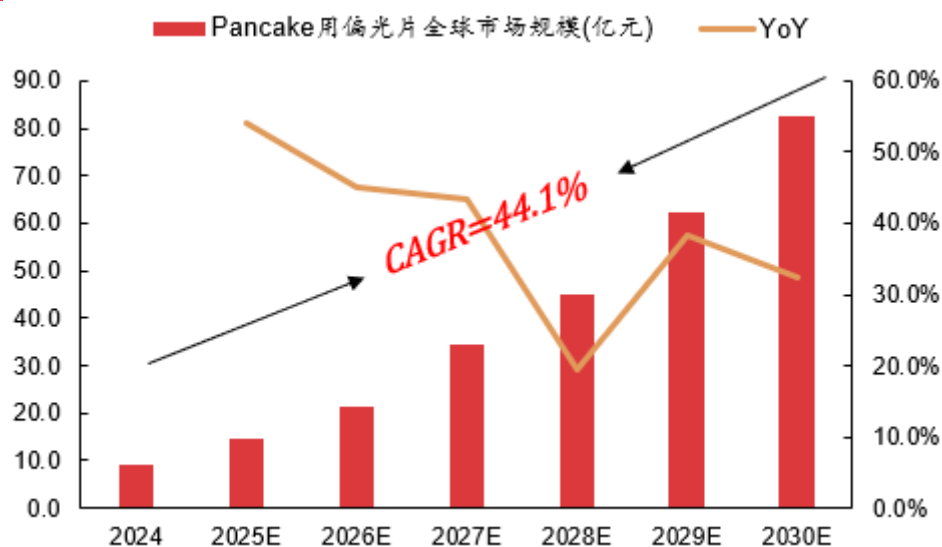
预计 2030 年 Pancake 用偏光片市场规模达 66 亿元。我们预计 Pancake 模组渗透率在 2024 年达到 60%，2025 年将达到 80%左右，2026 年达到 90%，2027 年后将达到 100%。测算得到 Pancake 偏光片市场规模将从 2024 年的 9.2 亿元，增长到 2030 年的 82.5 亿元，期间 CAGR 达到 44.1%。

表5: Pancake 用偏光片市场空间测算

	2024	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
MR 头显全球出货量(万台)	960	1150	1500	2150	3000	4150	5500
YOY		19.8%	30.4%	43.3%	39.5%	38.3%	32.5%
Pancake 模组渗透率	60%	80%	90%	100%	100%	100%	100%
单台 MR 头显 Pancake 用偏光片价值量(元)	160	160	160	160	150	150	150
Pancake 用偏光片市场规模(亿元)	9.2	14.7	21.6	34.4	45.0	62.3	82.5
YOY		54.0%	44.9%	43.3%	19.6%	38.3%	32.5%
CAGR				44.1%			

资料来源：麦高证券研究发展部测算

图23: 2024–2030 年全球 Pancake 用偏光片市场规模 CAGR 有望达到 44.1%



资料来源：麦高证券研究发展部测算

代表公司：三利谱——大陆首家 VR Pancake 偏光片量产厂商

三利谱率先在 VR 领域布局 Pancake 方案光学膜材，为大陆首家具有该产品量产能力的厂商。三利谱在 VR 头显领域的产品布局以折叠光路（Pancake）用偏光片为核心，同时涉及光学膜材处理与贴合技术。公司折叠光路用偏光片专为 Pancake 光学方案设计，用于光路折叠过程中的偏振态控制，适配 VR 头显的轻薄化需求。

三利谱在 Pancake 光学方案中提供的偏光片主要包括线偏振片（LP）、四分之一波片（QWP）和反射式偏振片（PBS），并根据应用场景细分为两类解决方案：显示端偏光片和近眼端贴合偏光片。

图24：三利谱 VR 产品量产时间线



资料来源：三利谱，麦高证券研究发展部

三利谱在 Pancake 模组用偏光片领域已打入国内头部 VR 品牌。Pico 作为字节跳动旗下 VR 品牌，在国内市占率超过 50%，公司是其偏光片核心供应商。

表6：三利谱是 VR 头显国产龙头 Pico 偏光片核心供应商

头部客户	供应产品
Pico	国产 VR 头显龙头厂商，三利谱是其偏光片主力供应商

资料来源：三利谱，麦高证券研究发展部

OCA 光学胶是 Pancake 光学模组的重要组成部分。Pancake 模组总成本中，光学膜材料占比约 70%，而 OCA 胶作为膜材间的粘接层，约占光学膜成本的 15-20%，以单台 MR 设备光学膜总成本约 200 元计算，OCA 胶价值量约 30-40 元/台。

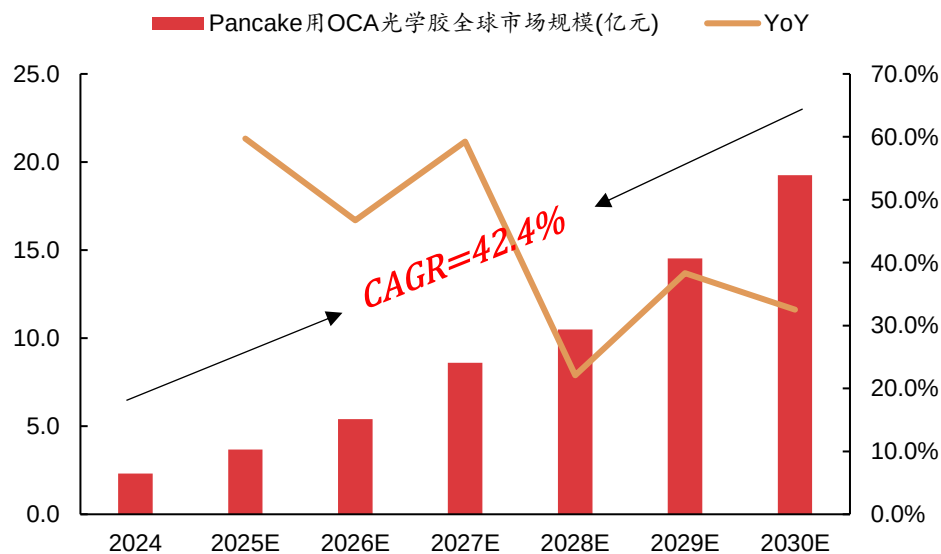
预计 2030 年 Pancake 用 OCA 光学胶市场规模达 19.3 亿元。从中长期来看，OCA 光学胶的价格会受益于良率突破和垄断格局缓解而下降，我们预计 2024 年单台 Pancake 模组中光学胶价值量为 40 元，2027 年以后降至 35 元。测算得到，2024 年 Pancake 用 OCA 光学胶市场规模达到 2.3 亿元，2030 年将达到 19.3 亿元，期间 CAGR 达到 42.4%。

表7: Pancake 用 OCA 光学胶市场空间测算

	2024	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
VR 头显全球出货量(万台)	960	1150	1500	2150	3000	4150	5500
YOY		19.8%	30.4%	43.3%	39.5%	38.3%	32.5%
Pancake 模组渗透率	60%	80%	90%	100%	100%	100%	100%
单台 MR 头显 Pancake 用 OCA 光学胶价值量(元)	40	40	40	40	35	35	35
Pancake 用 OCA 光学胶市场规模(亿元)	2.3	3.7	5.4	8.6	10.5	14.5	19.3
YOY		59.7%	46.7%	59.3%	22.1%	38.3%	32.5%
CAGR				42.4%			

资料来源: 麦高证券研究发展部测算

图25: 2024-2030 年全球 Pancake 用 OCA 光学胶市场规模 CAGR 有望达到 42.4%



资料来源: 麦高证券研究发展部测算

代表公司: 斯迪克——OCA 光学胶国产替代先行者

斯迪克凭借 OCA 光学胶国产化突破与光路控制材料创新, 成为国内 VR 光学材料领域的领航者。斯迪克在 VR 头显领域的产品布局围绕光学胶 (OCA)、光路控制材料和多层贴合模组三大核心方向展开。斯迪克的 OCA 光学胶具有高透光率 ($\geq 95\%$)、雾度低、耐湿热和抗黄变特性, 千级/百级洁净环境下加工, 洁净度极优; 同时具备良好的金属匹配性。粘接光滑或纹理表面粘结强度高, 固化收缩率低, 拥有优良的段差填补能力。此外, 公司对 OCA 光学胶进行了多种不同设计以满足不同应用场景的需求。

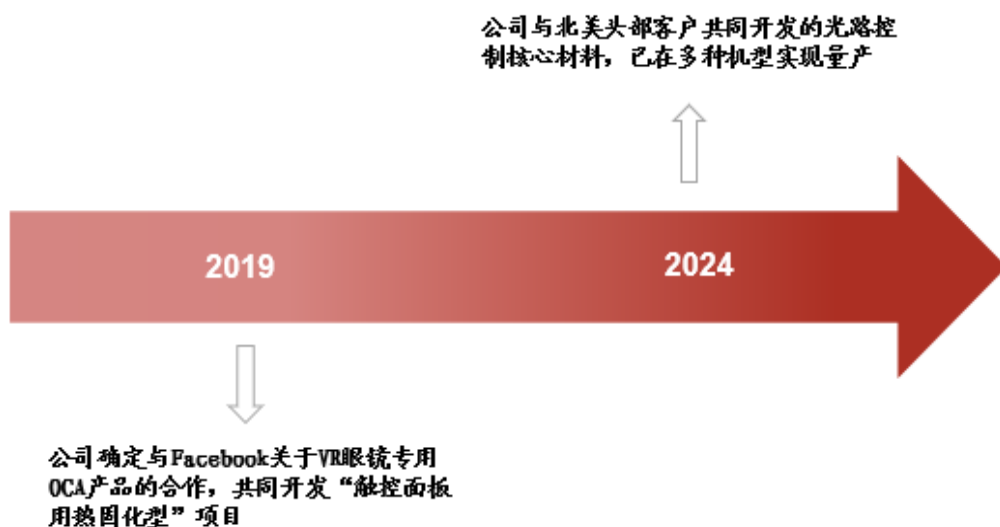
表8：斯迪克 OCA 光学胶产品性能参数

产品类型	总厚度 (μm)	特殊性能
普通弹性	10-200	高粘接力 优良的加工分切性能
段差填补	10-200	UV 和非 UV 两类产品 可覆盖>30%厚度

资料来源：斯迪克，麦高证券研究发展部

公司深度绑定全球 VR 龙头厂商，推动技术持续创新。在 VR 领域，公司早在 2019 年便已确定与 Facebook(现 Meta) 关于 VR 眼镜专用的 OCA 产品合作，开发“触控面板用热固化型”项目，根据客户需求进行技术研究攻关。2024 年，公司与北美头部客户共同开发的光路控制核心材料，已在多种机型实现量产，推动技术持续创新迭代。

图26：斯迪克与国际头部客户进行嵌入式研发，持续迭代 VR 产品



资料来源：斯迪克，麦高证券研究发展部

Pancake 光学方案显著改善 MR 头显的重量与厚度，随着大厂新品迭代以及供应链的持续优化，该方案规模化商用趋势已越发明朗。

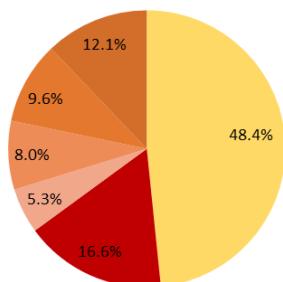
3.2 显示屏：Mini LED 背光与 MicroOLED 携手打造 MR 显示新时代

显示屏通常位列 MR 头显零部件成本比例前二。

Vision Pro 和 PSVR2 中显示屏价值量占比最高。根据 WellSenn XR 数据，苹果 Vision Pro 整机 BOM 成本约为 1509 美元，其中显示屏成本占比最高，达到 48.4%；芯片成本次之，达到 16.6%。Sony PSVR2 的整机 BOM 成本约为 247 美元，其中显示屏成本仍然最高，占比达到 32.4%；芯片占比次之为 26.8%；紧随其后的是摄像头与传感器，占比 13.8%。苹果是因为采用自研芯片，而 Sony 则是与游戏生态兼容算力，所以这两家芯片成本占比相对较低，同时都采用了较为高端的显示屏。

图27: Vision Pro 成本拆分

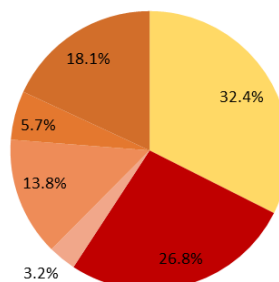
■ 显示屏 ■ 芯片 ■ 光学模组 ■ 摄像头与传感器 ■ 结构件 ■ 其他



资料来源: WellSenn XR, 麦高证券研究发展部

图28: PSVR2 成本拆分

■ 显示屏 ■ 芯片 ■ 光学模组 ■ 摄像头与传感器 ■ 结构件 ■ 其他



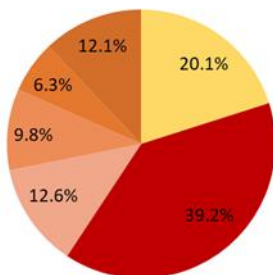
资料来源: WellSenn XR, 麦高证券研究发展部

Meta Quest3 和 Pico4 Ultra 中显示屏价值量仅次于芯片。

根据 WellSenn XR 数据, Meta Quest3 整机 BOM 成本约为 398 美元, 其中芯片成本占比最高, 为 39.2%; 显示屏成本本次之, 占比为 20.1%; 然后是光学模组, 占比 12.6%。Pico4 Ultra 整机 BOM 成本约为 431 美元, 成本占比最高的是芯片, 达到 40.9%; 显示屏成本位居第二, 占比 19.5%; 然后是摄像头与传感器, 占比 11.6%。

图29: Meta Quest3 成本拆分

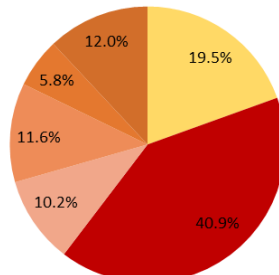
■ 显示屏 ■ 芯片 ■ 光学模组 ■ 摄像头与传感器 ■ 结构件 ■ 其他



资料来源: WellSenn XR, AIGC 学派, 麦高证券研究发展部

图30: Pico4 Ultra 成本拆分

■ 显示屏 ■ 芯片 ■ 光学模组 ■ 摄像头与传感器 ■ 结构件 ■ 其他

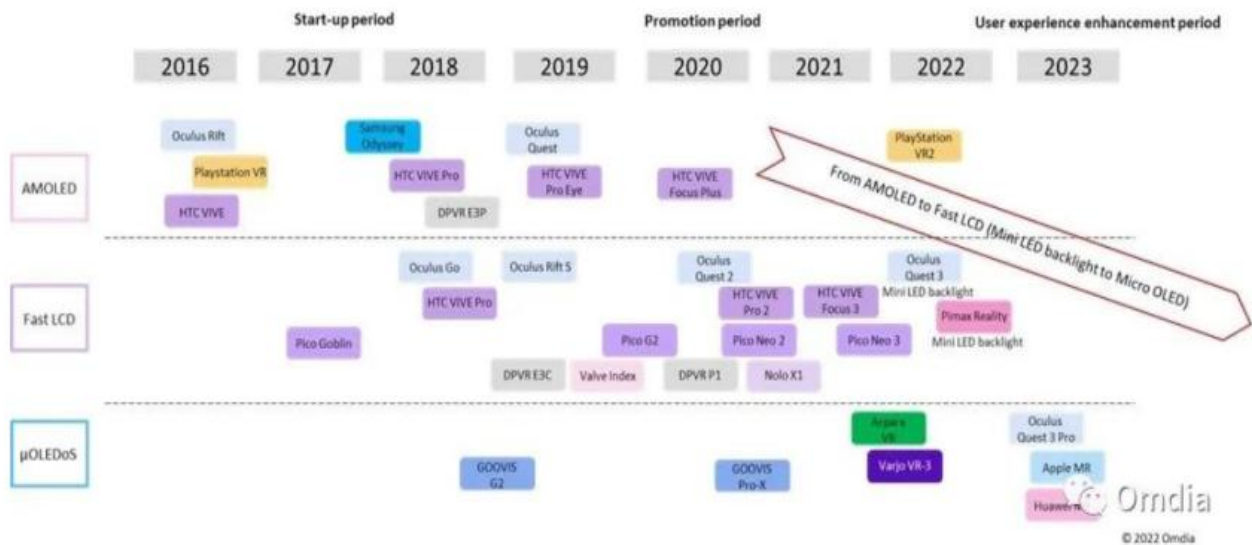


资料来源: WellSenn XR, 麦高证券研究发展部

3.2.1 Pancake 光学方案需搭配高亮度显示屏

Pancake 方案光损较高, 需要亮度较高的显示屏搭配。Pancake 光学方案中, 光线经过 2-3 次折返才能通过透镜射入人眼, 每次经过半反半透膜光效便会损失 50%, 而每次通过反射式偏振膜也会损失 10%, 因此最终到达人眼的光效仅为光线原始亮度的 10%-20%。因此如果要达到与原来等效的亮度, 屏幕原始亮度需要传统方案的 5-10 倍。Mini LED 背光亮度通常比传统 LED 高 5 倍以上, 而 MicroOLED 亮度最高可高达传统 OLED 亮度的数十倍, 完美适配 Pancake 方案对于弥补光损的需求。

图31：VR 显示技术路径发展进程



资料来源：Omdia, IT之家, 麦高证券研究发展部

除了亮度之外，Mini LED 背光和 MicroOLED 显示屏在对比度、延迟、像素密度等多项参数上优于普通背光 LCD 屏与普通 OLED 屏，与 VST 技术对于显示性能的要求更加契合。

表9：历代显示技术各项性能参数对比

显示技术	Fast-LCD (普通背光)	Fast-LCD (Mini LED 背光)	OLED	MicroOLED	Micro LED
对比度	1000:1	100 万:1	理论上无穷大	理论上无穷大	100 万:1
亮度(nit)	200-350	1000-3,000	800-1000	5,000-60000	100 万-1000 万
响应速度	毫秒级(ms)	毫秒级(ms)	微秒级(us)	微秒级(us)	纳秒级(ns)
PPI	>300	>300	>300	>3000	>3000
厚度	厚	厚	较薄	较薄	薄
功耗	高	中	中	中	低
工作温度℃	0~60	0~60	-20~70	-46~70	-100~120
使用寿命	长	长	较短	较短	长
良品率	高	中	高	较低	低

资料来源：公开资料整理, 麦高证券研究发展部

3.2.2 Mini LED 背光主打中端消费级市场

Mini 背光方案相较 MicroOLED 成本优势显著，同时在重点显示效果方面显著优于传统方案。通过 Quest Pro 和 Vision Pro 的成本对比来看，Quest Pro 两块 Mini LED 背光显示屏合计 106 美元，Vision Pro 两块 MicroOLED 显示屏合计 700 美元，Mini LED 背光仅占 MicroOLED 显示屏成本的约 1/7。早期的 VR 设备中普遍使用 2k 的分辨率，这个分辨率下显示屏的纱窗效应明显，同时刷新率较低可能会引起用户出现头晕等不适症状。Mini LED 高像素密度和分区控光技术有效解决了过去 VR 设备存在的纱窗效应和低刷新率问题，为用户在游戏、观影以及其他交互方式中

提供了更友好的使用体验。

表10: Mini LED 背光和 MicroLED 成本对比

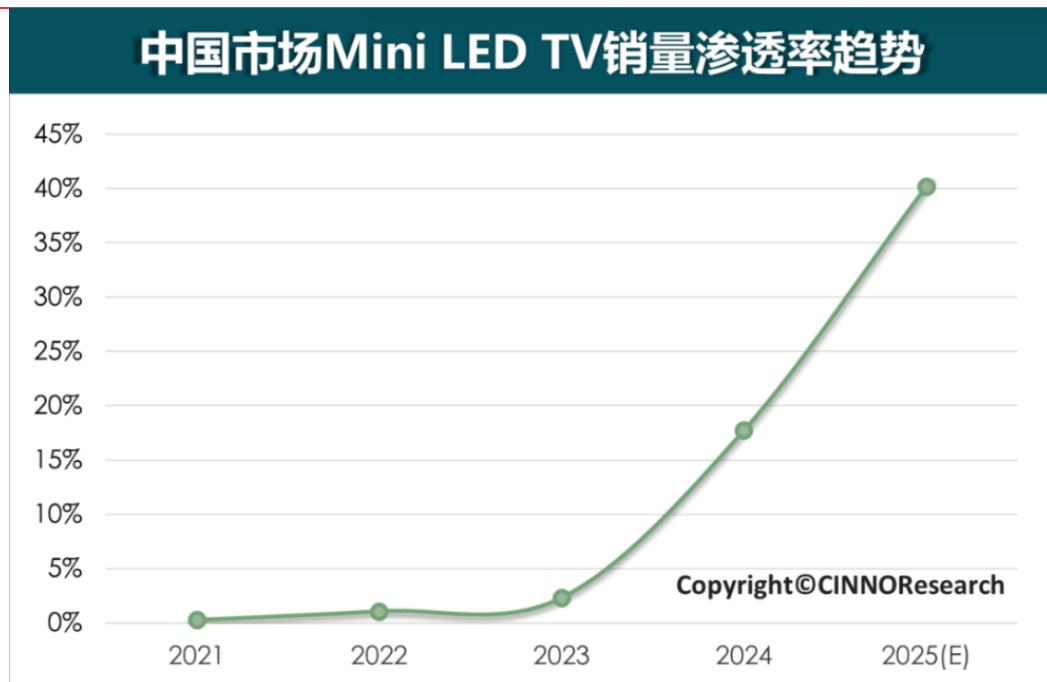
成本(双屏)	面板成本	背光模组	总成本
Fast-LCD+Mini LED 背光(Quest Pro)	70 美元	36 美元	106 美元
MicroLED (Vision Pro)	700 美元	无 (自发光无需背光)	700 美元

资料来源: Wellseenn XR, 智东西, 麦高证券研究发展部

Mini LED 产业链上下游实现协同整合, 头部厂商逐渐形成生态闭环。芯片端,; 三安光电、华灿光电等企业突破 Mini LED 芯片量产技术, 良率达 92%封装端, 鸿利智汇 Mini LED 背光良率达到 95%, Mini LED 直显良率达到 90%以上, 其中巨量转移良率高达 99.99%, 产能覆盖 VR、车载等诸多场景; 面板端, 京东方、TCL 华星通过 10.5 代线产能优化, 实现 55 英寸 Mini LED 面板成本下降 40%; 应用端, 华为、利亚德等企业推出的商显产品已应用于北京冬奥会、央视 4K 演播厅等国家级项目。

Mini LED 背光已在电视领域大规模商用, 渗透率呈指数级增长。2024 年 Mini LED 正式迈入规模化商用阶段, 背光应用领域呈现爆发式增长, 其中 Mini LED TV 凭借高对比度、高亮度和高刷新率等优势, 逐渐成为高端电视市场的主流选择。得益于 2024 年 8 月国补政策助力叠加背光产业链上游降本增效, 2024 年全年 Mini LED 背光电视销量渗透率大幅增长至 18%, 销量同比翻近 7 倍。Cinno Research 预计 2025 年国内市场 Mini LED TV 销量渗透率或达 40%。

图32: 2025 年中国大陆 MiniLED 背光电视渗透率有望达到 40%



资料来源: CINNO Research, 麦高证券研究发展部

Mini LED 背光+Fast-LCD 方案之所以成为当前 MR 头显的性价比最优解, 源于以下闭环逻辑:

(1) **性能达标:** 通过分区调光和 Fast-LCD 驱动, 在亮度、对比度、响应时间上达到 VR/MR 近眼显示的阈值 (如 90Hz 刷新率、1000 尼特亮度)。

(2) **成本可控:** 规模化生产和国产化替代使双目方案成本控制在 200 美元以内, 远低于 Micro LED。

(3)生态成熟：从芯片（三安光电）、封装（鸿利智汇）到终端（Meta），产业链协同降本已基本实现。

(4)场景适配：中端消费级 MR 设备对极致分辨率需求低于专业级，更看重综合性价比。

预计 VR 头显用 Mini LED 背光显示屏渗透率将快速提升。2024 年 VR 头显仍以传统 LCD 或 OLED 显示屏为主，Mini LED 背光渗透率还很低；随着 Meta 等厂商中高端产品放量，渗透率将快速提升，我们预计 25 年渗透率突破 5%，26 年达到 10%-15%，27 年达到 25%；预计 2030 年 Mini LED 背光成本有望降至 OLED 的 80%，渗透率有望达到 40%以上。

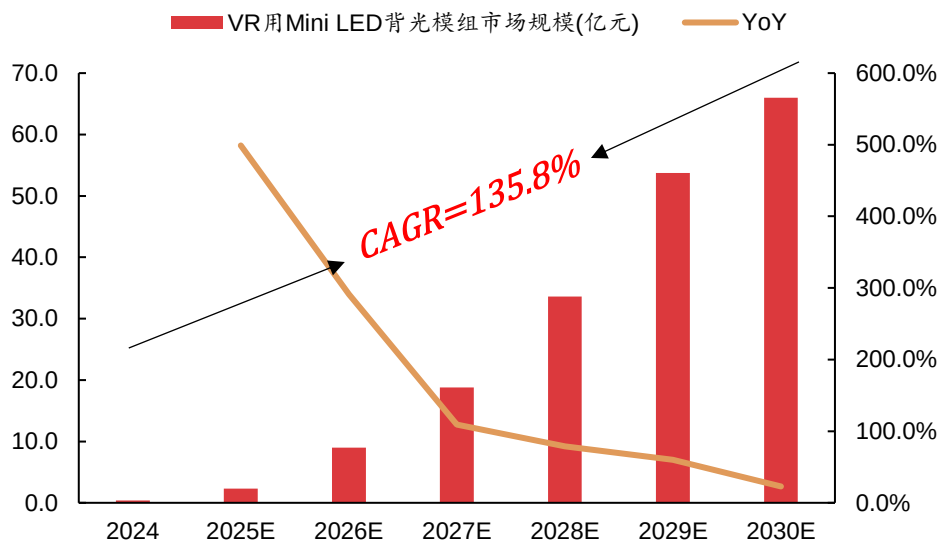
2030 年 VR 头显用 Mini LED 背光模组市场规模有望达到 66 亿元，CAGR 有望超过 130%。Mini LED 显示屏成本由背光模组和显示面板构成，显示屏总价大约 700 元 RMB(以 Quest Pro 为例)，其中背光模组占显示屏总成本 60-70%。受益于 Mini LED 背光显示屏在 MR 头显中的渗透率快速提升，Mini 背光模组市场规模有望从 2024 年的 0.4 亿元增至 2030 年的 66 亿元，CAGR 超过 130%。

表11：VR 头显用 Mini LED 背光模组市场空间测算

	2024	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E
VR 头显全球出货量(万台)	960	1150	1500	2150	3000	4150	5500
YOY		19.8%	30.4%	43.3%	39.5%	38.3%	32.5%
Mini LED 背光显示屏渗透率	1%	5%	15%	25%	32%	37%	40%
VR 用 Mini LED 背光模组单价(元)	400	400	400	350	350	350	300
VR 用 Mini LED 背光模组市场规模(亿元)	0.4	2.3	9.0	18.8	33.6	53.7	66.0
YOY		499.0%	291.3%	109.0%	78.6%	59.9%	22.8%
CAGR				135.8%			

资料来源：麦高证券研究发展部测算

图33：2024-2030 年全球 VR 头显用 Mini LED 背光模组 CAGR 有望达到 135.8%



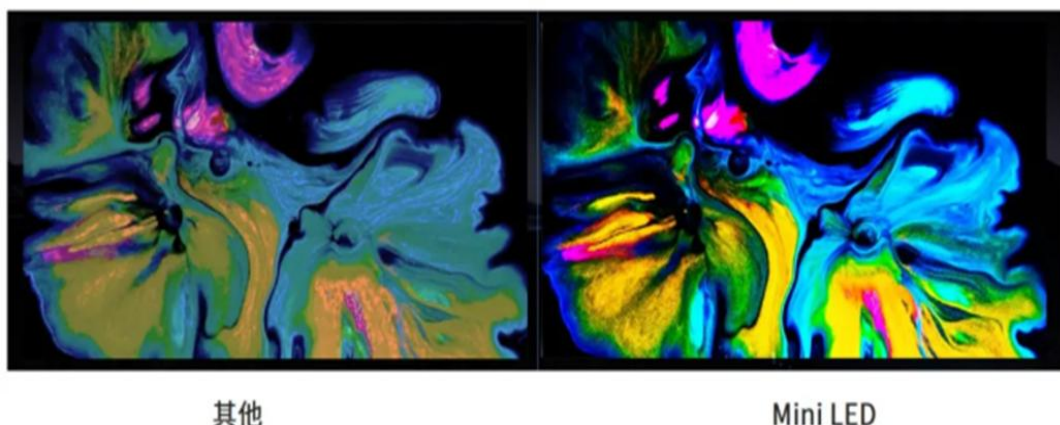
资料来源：麦高证券研究发展部测算

代表公司：鸿利智汇——Mini LED 背光模组国产化先驱

鸿利智汇早早入局 Mini LED 背光模组，VR 领域先发优势强，已实现全球范围内大量出货。公司从 2019 年开始独立研发和设计 Mini LED 背光模组，并配合国内外品牌客户量产制造了多款 VR 背光产品，规格包含 2.48"、2.56"、3.2"、3.59"等，从 2022 年 3 月到 2024 上半年，公司的 Mini LED 背光 VR 显示模组累计出货超 170 万片。

公司 Mini LED 背光模组技术领先，适配 MR 头显对于动态场景的高要求。公司 Mini LED 背光模组采用全倒装 COB 封装技术，具有高墨色一致性，高亮度，高对比度（100 万:1），可无限拼接，高稳定、低能耗，178° 超宽视觉等特点，支持像素级区域调光，适配 MR 头显对动态场景近眼超清的高要求。公司产品规格覆盖 P0.7-P1.5，均可实现大规模量产。2024 年某国产超高清 MR 头显采用了公司 Mini LED 背光产品，该头显屏幕分辨率达到双目 8K，刷新率高达 120Hz，且相较于传统 VR 设备的色彩显示效果更为丰富逼真。

图34：搭载 Mini LED 背光模组的 MR 头显色彩显示显著优于传统 VR 头显



资料来源：行家说 Display 公众号，麦高证券研究发展部

公司持续深耕 Mini LED 背光领域研发，积极推动技术革新以引领市场升级。公司通过对 VR 背光产品的成本分析，从驱动设计、原材料、封装工艺等方面的研究，开发出了可分区调光的低成本 VR 背光开发方案。此外，公司开发出一种匀光 Mini LED 灯板，可减少 LED 和膜材用量，大幅降低背光成本，同时减薄背光厚度，灯影效果改善，提升产品市场竞争力。

公司持续深耕 Mini LED 背光领域研发，积极推动技术革新以引领市场升级。公司通过对 VR 背光产品的成本分析，从驱动设计、原材料、封装工艺等方面的研究，开发出了可分区调光的低成本 VR 背光开发方案。此外，公司开发出一种匀光 Mini LED 灯板，可减少 LED 和膜材用量，大幅降低背光成本，同时减薄背光厚度，灯影效果改善，提升产品市场竞争力。

表12：鸿利智汇近期 Mini LED 背光主要研发项目

研发项目名称	项目介绍	项目进展	项目预计效果
可分区调光的低成本 VR 背光开发	通过对 VR 背光产品的成本分析，从驱动设计、原材料、封装工艺等方面的研究，开发出可分区调光的低成本 VR 背光开发。	产品设计完成，已做出样品并送样给客户确认产品亮度及均匀性能满足客户需求。	丰富公司产品多元化，在 VR 市场稳步前行，降价成本保持产品竞争优势。
一种匀光 Mini LED 灯板开发	开发一款 16 寸左右的 NB 类背光产品，LED 数量在 4000pcs 左右，搭配 2—3 张匀光膜实现匀光效果，产品亮度 25000nit，背光灯板功耗在 25W 以内。产品成本由现有量产项目的 400 元/pcs 降至 200 元以内，Bom 成本由 300 元降至 140 元以内。该项目属于背光类产品，主要应用于 NB/Pad 背光，有取代传统背光源的趋势。	技术参数已经初步达到开发要求，样品客户已确认。	已有客户明确要求使用白盖印刷技术的产品，且有较迫切的应用到产品上的需求；LED 和膜材都减少，能够大幅降低背光成本，同时背光厚度减薄，灯影效果改善，提升产品的市场竞争力。

资料来源：鸿利智汇年报，麦高证券研究发展部

3.2.3 MicroOLED 主导高端企业级场景

苹果启用 MicroOLED 屏幕，旨在打造视网膜级显示效果。Vision Pro 定位为“空间计算设备”，需通过极致显示性能构建生态壁垒。MicroOLED 带来的视网膜级显示效果是苹果定义下一代交互体验的核心硬件支撑。苹果 Vision Pro 搭载的 MicroOLED 屏幕具有 2300 万像素，像素间距仅 7.5um(对应 3386PPI)，实现单眼 4K（双眼 8K）显示效果。而从响应速度来看，MicroOLED 的 us 级灰阶响应时间远超 Mini LED 背光方案的 ms 级，可进一步减少高速动态画面拖影，这对 MR 头显的沉浸感至关重要。

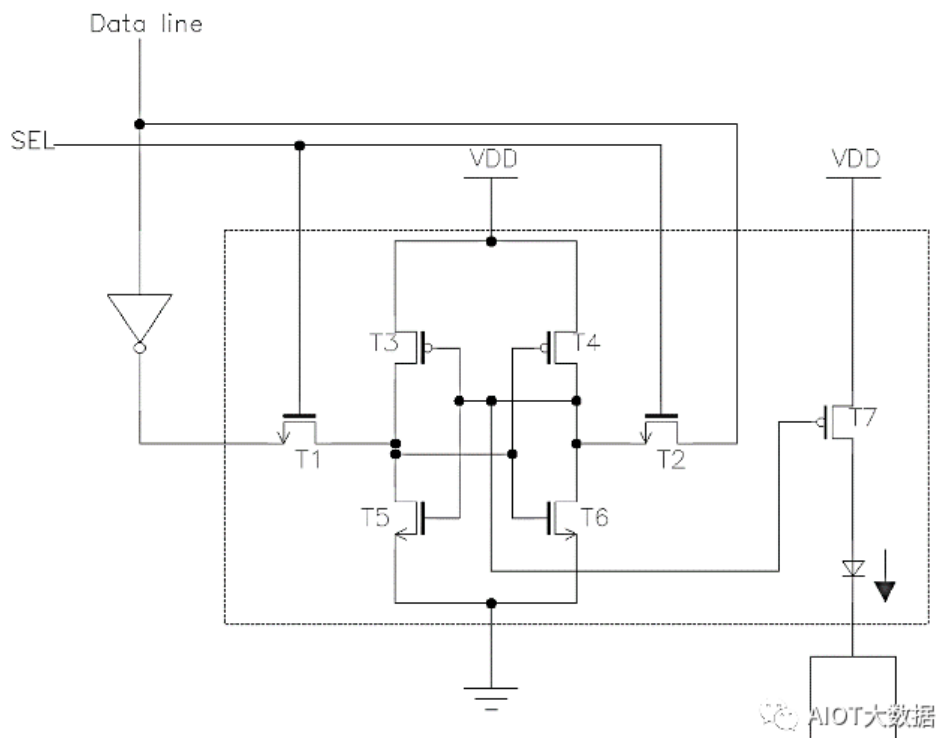
MicroOLED 和 Mini LED 的成本差距短期难以弥合。当前 MicroOLED 单屏成本约 350 美元 (Vision Pro 案例)，而 Mini LED 背光方案仅 50-100 美元，因硅基背板制造涉及半导体工艺，而 Mini LED 背光依托成熟的 LCD 产业链，短期内成本差距难以显著缩小。

从应用场景来看，两者也有天然区隔。MicroOLED 聚焦需要超高像素密度（如虚拟视网膜投影）的 AR/MR 融合设备，以及专业可视化领域。例如医疗场景下，MicroOLED 可显示 0.1mm 级血管结构，而 Mini LED 背光方案受纱窗效应限制无法满足。而 Mini 背光则在中端消费市场通过“性能够用+成本可控”策略持续渗透。

MicroOLED 采用 CMOS 工艺，技术复杂度远高于传统 OLED。MicroOLED 是在单晶硅衬底上集成驱动电路，采用半导体级的 CMOS 工艺，技术难度远超传统 OLED 玻璃基板 (TFT 工艺)：

- (1) 从驱动电路架构来看，传统 OLED 采用 2T1C（2 晶体管 1 电容）结构，而 Micro OLED 需升级至 6T2C 以支持局部亮度增强 (LBE) 和动态刷新，晶体管密度达 $10^8/\text{cm}^2$ ，接近 CPU 级别。
- (2) 从蒸镀对准误差来看，有机材料蒸镀需与 CMOS 电路精准对准，误差需控制在 $\pm 0.1 \mu\text{m}$ 以内（传统 OLED 为 $\pm 1 \mu\text{m}$ ），否则会引发串扰或暗点。

图35: MicroOLED 背板模拟驱动芯片架构

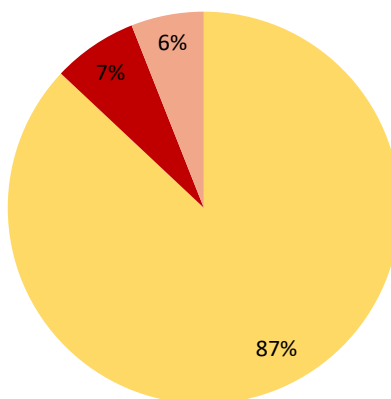


资料来源: AIOT 大数据, 电子发烧友, 麦高证券研究发展部

索尼凭借全流程自研+12 英寸晶圆切割技术, 垄断全球 MicroOLED 面板市场。索尼在全球 XR 设备 Micro OLED 出货量中占据 87% 的比例, 也是苹果 Vision Pro 显示屏独家供应商, 其全流程自研能力和 12 英寸晶圆产线是核心壁垒。索尼垂直整合了半导体与显示技术, 包括 CMOS 背板自主设计、晶圆级薄膜封装以及自研蒸镀设备等。索尼在日本熊本工厂拥有月产能 10K 的 12 英寸晶圆产线, 专为 Micro OLED 定制。

图36: 2023 年全球 MicroOLED 面板出货量格局, 索尼占比 87%

■ 索尼 ■ 视涯科技 ■ 其他



资料来源: 群智咨询, 麦高证券研究发展部

国产厂商积极布局 MicroOLED 面板产能, 有望打破索尼垄断格局。国内头部厂商也已在 2024 年引入了 12 英寸晶圆产线, 视涯科技 6k 片/月已实现满产, 京东方完成 2k 片/月验收, 宏禧科技一期晶圆产能 0.8k 片/月已量产。随着未来国产厂商产能不断扩充, 索尼在 MicroOLED 面板的壟

断格局有望被打破。

表13：头部国产厂商 12 英寸 MicroOLED 面板投产情况

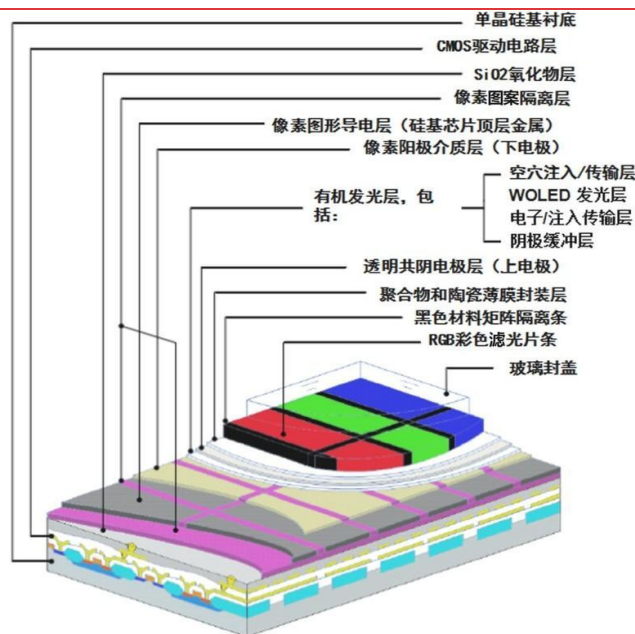
	12 英寸已验收产能 (K/M)	投产节点	技术特点
京东方	2	2022 年实现稳定交付	0.99 和 1.31 英寸两种规格，最高可达 4K 分辨率
视涯科技	6	2023 年完成全场验收	0.4-1.03 英寸多种规格，最高分辨率可达 2560 × 2560
宏禧科技	0.8	2025 年进入商业化量产阶段	有完全自主 IC 设计能力，同知名晶圆厂商深度合作

资料来源：Trendbank, Witsview, Displaytimes, 36 氪, 麦高证券研究发展部

MicroOLED 现阶段降本主要依赖晶圆尺寸的升级。随着晶圆尺寸增大，单次可切割的屏幕数量越多，每块屏幕分摊的晶圆基础成本会显著降低。同时晶圆尺寸增大，良率的改善对于降本的影响会同比例放大。

材料与设备折旧成本瓶颈短期难以突破。在 MicroOLED 显示面板成本结构中，CMOS 驱动芯片（半导体级工艺，晶圆厂代工）、有机发光材料（蓝光材料纯度要求高）和设备折旧（蒸镀设备单台价值量上亿）价值量占比较高，且具有极高技术壁垒，短期内难以快速降本。

图37：MicroOLED 显示面板结构拆分



资料来源：太平洋科技, 麦高证券研究发展部

代表公司：清越科技——国内领先的 MicroOLED 厂商，产能充沛以待需求释放

公司是国内 OLED 先驱，持续深耕 MicroOLED 技术。公司是国内最早专业从事 OLED 研发制造的企业之一，核心业务涵盖 PMOLED（被动矩阵有机发光二极管）、电子纸模组及 MicroOLED 微显示器三大领域，产品广泛应用于智能家居、医疗健康、车载工控、消费电子、近眼显示 XR 等领域。在 Micro OLED 领域，公司积累了高密度阳极像素点制作技术、高效 OLED 材料及器件技术、高可靠性游膜封装技术、彩色化显示技术等技术储备。

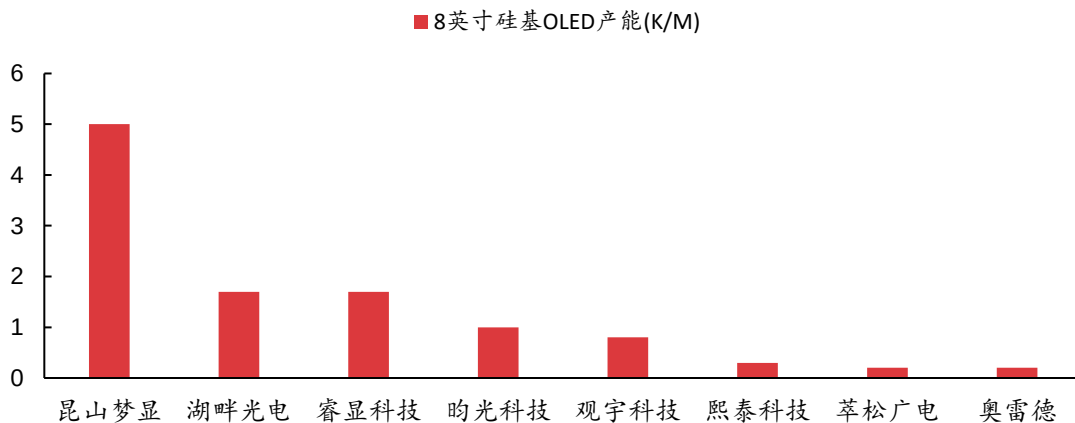
图38：清越科技硅基 OLED 微显示器产品矩阵

 023NHD+ 对角线尺寸 0.23 inch 分辨率 640*400 亮度 300nit~1000nit 色彩 全彩 接口 MIPI 可视区域(AA) 5.05mm*3.29mm	 039XGA 对角线尺寸 0.39 inch 分辨率 1024*768 亮度 150nit~800nit 色彩 全彩 接口 RGB 可视区域(AA) 8.13mm*6.17mm	 039XGA 对角线尺寸 0.39 inch 分辨率 1024*768 亮度 200nit~500nit 色彩 全彩 接口 RGB 可视区域(AA) 7.905mm*5.91mm
 039XGA 对角线尺寸 0.39 inch 分辨率 1024*768 亮度 250nit~500nit 色彩 全彩 接口 MIPI 可视区域(AA) 7.905mm*5.91mm	 0605VGA 对角线尺寸 0.60 inch 分辨率 800*600 亮度 100nit~1000nit 色彩 全彩 接口 RGB 可视区域(AA) 12.06mm*9.06mm	 0605XGA 对角线尺寸 0.60 inch 分辨率 1280*1024 亮度 200nit~1000nit 色彩 全彩 接口 RGB 可视区域(AA) 12.28mm*9.895mm
 071FHD 对角线尺寸 0.71 inch 分辨率 1920*1080 亮度 200nit~1500nit 色彩 全彩 接口 MIPI 可视区域(AA) 15.84mm*9.04mm	 0965XGA+ 对角线尺寸 0.96 inch 分辨率 1400*1050 亮度 300nit~2000nit 色彩 单绿 接口 16 bit 串行 I/F 可视区域(AA) 19.035mm*15.035mm	 071FHD 对角线尺寸 0.71 inch 分辨率 1920*1080 亮度 350nit~500nit 色彩 全彩 接口 MIPI 可视区域(AA) 15.84mm*9.04mm

资料来源：清越科技公众号，麦高证券研究发展部

公司 8 英寸产能国内领先，已供货国内优质 AR 厂商。据 MicroDisplay 统计，公司控股子公司昆山梦显 8 英寸 MicroOLED 产能达到 5K/M，占到国内 8 英寸已验收总产能的近 1/3；且生产线已全面打通，年产能 900 万片微显示器，2024 年已供货传音 AR Pocket Vision 和蒙通智能 AR 智能眼镜。

图39：清越科技控股子公司昆山梦显 8 英寸 MicroOLED 产能规模显著高于国内同行



资料来源：MicroDisplay，麦高证券研究发展部(因统计口径原因，此处为不完全统计)

四、相关公司梳理

随着 Meta、苹果等大厂 MR 产品的推陈出新，以及供应链的技术升级，市场对 VR/MR 的关注度有望回升。我们建议优先关注 MR 设备供应链中的光学和显示屏环节，其中 Pancake 光学方案以及 Mini LED 背光&MicroOLED 显示屏有望成为确定性产业趋势，产业链相关公司包括三利谱(Pancake 模组偏光片)、斯迪克(Pancake 模组 OCA 光学胶)、鸿利智汇(MR 头显用 Mini LED 背光显示模组)、清越科技(MR 头显用 MicroOLED 显示模组)。

表14: MR 产业链重点公司

供应链类别	公司名称	相关业务
Pancake 偏光片	三利谱	大陆首家具有 VR 领域 Pancake 光学膜量产能力的厂商，通过持续布局光学膜研发，市占率有望进一步提升
Pancake 光学胶	斯迪克	公司深度嵌入国际头部 VR 厂商供应链，通过工艺升级实现大幅降本，有望打破海外大厂在OCA 光学胶领域的垄断
Mini LED 背光显示模组	鸿利智汇	公司是 Mini LED 背光模组龙头，早早入局 VR 领域，有望深度受益于 Mini LED 背光显示屏在 MR 头显领域渗透率的快速提升
MicroOLED 显示模组	清越科技	公司 8 英寸产能国内领先，占国内总验收产能的 1/3，已供货国产优质 AR 厂商，有望受益于 MicroOLED 在 XR 领域渗透率的持续抬升以及国产化突围趋势

资料来源：麦高证券研究发展部

五、风险提示

- 1、MR 下游内容生态配套不及预期的风险：**用户购买 MR 头显不仅仅是为了硬件设备本身，更重要的是为了获得丰富的应用和内容体验，如果内容配套不足，用户可能会因为缺乏吸引力和实用性而放弃购买，导致销量下滑。
- 2、关键零部件国产化替代进程不及预期的风险：**光学和显示屏等零部件是支撑 MR 头显设备升级的关键，国产化替代进程不及预期会导致终端厂商的成本难以下降，从而影响头显销量。

【投资评级说明】

本报告中投资建议所涉及的评级分为公司评级和行业评级（另有说明的除外）。评级标准为报告发布日后 6 个月内的相对市场表现，即：以报告发布日后 6 个月内公司股价（或行业指数）相对于同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅作为基准。其中：A 股市场以沪深 300 指数为基准；香港市场以恒生指数为基准；美国市场以纳斯达克综合指数或标普 500 指数为基准。

我们在此提醒您，不同机构采用不同的评级术语及评级标准，我们采用的是相对评级体系，表示投资的相对比重。

公司评级

买入：未来 6 个月内，个股相对于同期基准指数涨幅在 15%以上；

增持：未来 6 个月内，个股相对于同期基准指数涨幅在 5%到 15%之间；

中性：未来 6 个月内，个股相对于同期基准指数涨幅在-5%到 5%之间；

减持：未来 6 个月内，个股相对于同期基准指数涨幅在-15%到-5%之间；

卖出：未来 6 个月内，个股相对于同期基准指数涨幅在-15%以下。

行业评级

优于大市：未来 6 个月内，行业相对于同期基准指数涨幅在 5%以上；

同步大市：未来 6 个月内，行业相对于同期基准指数涨幅在-5%到 5%之间；

弱于大市：未来 6 个月内，行业相对于同期基准指数涨幅在-5%以下。

【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，并在中国证券业协会注册登记为证券分析师。本报告所采用的数据、资料的来源合法、合规，分析师基于独立、客观、专业、审慎的原则出具本报告，并对本报告的内容和观点负责。报告结论未受任何第三方的授意或影响。分析师承诺不曾、不因、也将不会因报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接获取任何形式补偿。

【重要声明】

麦高证券有限责任公司（以下简称“本公司”）具有中国证券监督管理委员会核准的证券投资咨询业务资格。

本公司与作者在自身所知范围内，与本报告中所评价或推荐的证券不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。本公司或关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券并进行交易，并在法律许可的情况下不进行披露；可能为这些公司提供或争取提供投资银行或财务顾问服务。

本报告中的信息均来源于公开资料，本公司对这些信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的价格、价值及投资收入可升可跌，过往表现不应作为日后的表现依据。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告，本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

参考，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的证券买卖建议。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载信息和意见并自行承担风险。本公司及其雇员不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，在任何情况下，本公司及其雇员对任何人使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。

本公司签约客户使用，若您并非本公司签约客户，为控制投资风险，请取消接收、订阅或使用本报告中的任何信息。本公司也不会因接收人收到、阅读或关注自媒体推送本报告中的内容而视其为客户。若本公司客户（以下简称“该客户”）向第三方发送本报告，则由该客户独自为此发送行为负责。提醒通过此途径获得本报告的投资者注意，本公司不对通过此种途径获得本报告所引起的任何损失承担任何责任。

本报告版权归本公司所有，未经本公司书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制发表或引用。如征得本公司同意进行引用、刊发的，须在本公司允许的范围内使用，且不得对本报告及附录进行有悖原意的引用、删节和修改，并注明本报告的发布人和发布日期，提示使用本报告的风险。未经授权刊载或者转发本报告的，本公司将保留向其追究法律责任的权利。

麦高证券有限责任公司研究发展部

	沈阳	上海
地址	沈阳市沈河区热闹路 49 号	上海市浦东新区滨江大道 257 弄 10 号
邮编	110014	陆家嘴滨江中心 T1 座 801 室

麦高证券机构销售团队

姓名	职务	手机	邮箱
张旭	机构销售	18195120376	zhangxu01@mgzq.com
刘惠莹	机构销售	17860610172	liuhuiying@mgzq.com
王佳瑜	机构销售	15393708503	wangjiayu@mgzq.com