

华金证券电子团队一走进“芯”时代系列深度之七十七“XR”

身处人文与科技十字路口，开启空间计算时代

分析师：孙远峰 S0910522120001

分析师：王海维 S0910523020005

2024年03月12日



本报告仅供华金证券客户中的专业投资者参考
请仔细阅读在本报告尾部的重要法律声明

- ◆ **Vision Pro有望带动Micro OLED在XR领域加速渗透，Micro OLED为其降本&扩产关键零部件。**对于混合现实（MR）头盔来说，需要兼顾沉浸感、舒适性和交互性，对FOV、对比度、分辨率和延时等多方面要求都非常高，Micro OLED凭借高分辨率、响应速度快、轻量化/低功耗等特点有望成为当前XR设备主流选择。Vision Pro搭配单目4K屏幕，开启VR显示从单目2K向单目4K升级时代。集邦咨询表示，Micro OLED是当前影响Vision Pro压缩成本效率及扩大出货规模中最具决定性关键零部件，目前生产良率仍仅约五成。屏幕尺寸一定下，晶圆尺寸越大，切出晶圆越多，单位成本下降，以1.03寸屏幕为例，12寸晶圆切割的屏幕数量（120块）是8寸晶圆（48块）的2.5倍，故具备12寸晶圆能力厂商更具备量产竞争力。国内视涯完成12寸Micro OLED晶圆全场验收，熙泰设计布局18K/M产能。
- ◆ **光学方案进一步确立，VR向Pancake，AR向光波导。**Pancake光学方案具有轻薄/高成像质量/可调节屈光等优势，其核心思路是压缩屏幕与透镜之间距离，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。由于Pancake光学方案是组合透镜（单片式除外），可通过控制其中一片透镜进行屈光度调节（0-700°）。光波导通过全反射将光传输到眼睛前方再释放出来，可将显示屏和成像系统远离眼镜移到额头顶上部或者侧面，这极大降低光学系统对外界视线的阻挡，并且使得重量分布更符合人体工程学，从而改善设备佩戴体验。
- ◆ **瞳距调节系统由手动分段调节向电动无极调节演进。**VR眼镜内用多个红外线LED照射眼球，同时用红外摄像头拍摄眼球。眼动追踪算法根据瞳孔图像及红外LED反光位置图像，计算得出瞳孔位置、大小及瞳距等信息，并将IPD数据发至IPD调节机械结构驱动电路，机械驱动电路驱动微型电机、行星齿轮减速机、丝杠等机构，推动VR光学机构位移，对准人眼。

- ◆ **多厂商进击空间计算，AR发展多元化。**（1）Apple：助力XR设备重定位，打造空间计算终端，影音娱乐体验全新升级 + 远程办公帮手。（2）Meta：产品历经迭代，Quest系列头显销量累计将近2000万台。XR2 Gen 2 + Fast-LCD双屏 + Pancake，定位社交娱乐终端。（3）Rokid：搭配Station向AR空间计算终端迁移，定位移动办公+巨幕显示+空间影音娱乐。（4）雷鸟创新：切入消费级真·AR眼镜赛道，定位搭载AI大模型的可穿戴设备。
- ◆ **瞄准内容生态完善&硬件产品迭代，以期空间放量。**（1）内容：空间计算概念兴起，抓住内容开发高速增长窗口。（2）硬件：产品迭代升级下，供应链/技术储备厂商有望持续受益，关注MR头部厂商代工以及国产芯片机会。Vision Pro第一代产品推出，第1代设计语言形态仍处于迭代状态，把握VR硬件微创新趋势窗口，如①LCD→Micro OLED→Micro-LED；②菲涅尔透→Pancake, Birdbath →光波导；③交互技术升级推动传感器发展；④专用芯片迭代升级。
- ◆ **投资建议：**自2023年6月苹果携Vision Pro入局后，XR行业从传统的虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术向混合现实（MR）技术转变，且其作为全球消费电子龙头，苹果终端设备配置将为各大厂商所对标。建议关注国内终端设备龙头、进入各XR供应链或有相关技术储备厂商。如：兆威机电（IPD）、智立方（光学检测设备）、立讯精密（OEM）、华灿光电（显示）、天键股份（ODM）、华兴源创（Micro OLED检测）、深科达（镀膜设备）、荣旗科技（镜片检测）、杰普特（眼镜模组检测）、歌尔股份（ODM/显示模组）、视涯科技（显示）、欧菲光（光学）、京东方（显示）、长盈精密（结构件）、JBD（显示）、亿道信息（ODM）、Rokid（终端厂）、雷鸟创新（终端厂）、Xreal（终端厂）。
- ◆ **风险提示：**技术演进轨道与产业生态尚未定型风险；对前瞻重点技术产业化进程敏感性不强风险；内容生态建设不及预期风险；下游需求不及预期风险。

- 01 XR：科技与人文十字路口，模糊虚拟与现实界限
- 02 技术：屏幕/光学/交互/芯片全面发展，向深度沉浸迈进
- 03 产品与应用：多厂商进击空间计算，AR发展多元化
- 04 投资线条：瞄准内容生态完善&硬件产品迭代，以期空间放量
- 05 相关标的
- 06 风险提示

01

XR：科技与人文十字路口，模糊虚拟与现实界限

- 1.1 XR：虚中有实，实中有虚
- 1.2 发展：Vision Pro为XR行业注入活力，开启“空间计算”时代
- 1.3 技术：技术演进轨道尚未定型，技术供需面临多重挑战
- 1.4 需求：沉浸式&舒适性为当前XR硬件最大痛点
- 1.5 现状：技术与产业双向奔赴，实现虚拟融入现实
- 1.6 市场：2023年国外市场更为活跃，AR领域投资占比大幅超越VR
- 1.7 销量：23年全球VR销量下降24%，AR销量增长21%
- 1.7 销量：国内AR百花争艳，VR一家独大

02

技术：屏幕/光学/交互/芯片全面发展，向深度沉浸迈进

- 2.1 显示：屏幕分辨率为XR沉浸式体验基础
 - 2.1.1 显示方案（OST）：用户能够直接看到真实环境
 - 2.1.1 显示方案（VST）：虚拟场景与真实场景进行融合呈现给用户
 - 2.1.2 屏幕路线：AMOLED→OLED→LCD→Micro OLED→Micro-LED
 - 2.1.2 屏幕路线：硅基OLED渐为序曲，Micro-LED则为终章
 - 2.1.3 显示技术（硅基OLED）：CMOS + OLED = Micro OLED

- 2.1.3 显示技术（硅基OLED）：干湿法工艺交错，加剧制程复杂性
- 2.1.3 显示技术（硅基OLED）：更大尺寸晶圆，更小尺寸屏幕有利于成本下降
- 2.1.3 显示技术（硅基OLED）：XR中索尼Micro OLED 出货量近80%，国内建设如火如荼
- 2.1.3 显示技术（硅基OLED）：视涯完成12寸Micro OLED晶圆全场验收，熙泰设计布局18K/M产能
- 2.1.4 显示技术（Micro LED）：高密度集成的LED阵列
- 2.1.4 显示技术（Micro LED）：电荷复合，激子放光
- 2.1.4 显示技术（Micro LED）：全彩化技术为该领域研究难点
- 2.1.4 显示技术（Micro LED）：巨量转移为当前技术难点之一
- 2.2 光学（VR）：轻薄化+沉浸感+性价比三元悖论
 - 2.2.1 原理：在人眼面前放置一个凸透镜，起到放大+聚焦的作用
 - 2.2.1 原理：双眼视差构建立体视觉
 - 2.2.2 菲涅尔透镜：技术成熟并可大规模量产，无法满足高沉浸感
 - 2.2.3 Pancake：通过各类膜片组合控制光线偏振实现光路折返
 - 2.2.3 Pancake：轻薄/高成像质量/可调节屈光为优势，但鬼影/高光损不可避免
 - 2.2.3 Pancake：贴合三片式Pancake光学方案间距更小
 - 2.2.3 Pancake：Pancake光学的关键工艺是贴膜
 - 2.2.3 Pancake：国内光学厂商有部分产品进入VR产业链
 - 2.2.4 IPD调节：理想状态下人眼、透镜和屏幕中心在同一直线上
 - 2.2.4 IPD调节：眼动追踪数据驱动IPD调节机械结构
- 2.3 光学（AR）：尚未有统一确定技术路线可满足全天候消费级AR眼镜全部需求
 - 2.3.1 Birdbath：利用光学元件半透半反特性，将部分显示光反射到人眼
 - 2.3.2 光波导原理：通过全反射将光传输到眼睛前方再释放出来

- 2.3.3 阵列光波导：由阵列排布的反射或折射棱镜组成
- 2.3.3 阵列光波导：制备难点主要在于镀膜与胶合工艺
- 2.3.4 表面浮雕光栅波导：表面浮雕光栅代替传统折反射元件
- 2.3.4 表面浮雕光栅波导：小批量用刻蚀，大批量用纳米压印
- 2.3.5 体全息光栅波导：折射率的周期性变化来对光进行选择 and 反射
- 2.3.6 其他：PVG衍射光波导&全息光学元件方案
- 2.3.7 产业：国内Birdbath/阵列光波导进入量产阶段，积极布局全息光波导
- 2.4 交互：语音、裸手交互、眼动追踪三大自然交互协同
 - 2.4.1 6DOF：3个方向旋转+3个方向移动=6自由度
 - 2.4.1 6DOF：单摄像头最为简单、运用边缘计算效果最好
 - 2.4.2 手势交互：通过手势直接/间接与虚拟景象交互
 - 2.4.2 直接手势交互：直接对操作对象进行操作
 - 2.4.2 非直接手势交互：影响当前获得焦点的对象进行操作
 - 2.4.3 手势追踪：便携可穿戴可交互设备有望成为消费级主要方案
 - 2.4.4 眼动追踪：瞳孔角膜反射向量法应用最为广泛
 - 2.4.5 感知交互：感知交互技术升级推动传感器发展
- 2.5 芯片：核心计算芯片正向XR专用芯片发展，“双芯”为大势所趋

03

产品与应用：多厂商进击空间计算，AR发展多元化

- 3.1 Apple: 助力XR设备重定位，打造空间计算终端
 - 3.1.1 重量：总重629克（不含电池），镜腿/面罩/Pancake模组+内屏/中框占前四
 - 3.1.2 配置：M2&R1双芯片+实时传感系统+空间音频+显示技术
 - 3.1.3 交互：三维空间环境+眼睛/双手/语音自然交互
 - 3.1.4 定位：影音娱乐体验全新升级 + 远程办公帮手
 - 3.1.5 使用体验：空间互动模糊显示与虚拟界限
 - 3.1.5 使用体验：沉浸模式赋能全景照片凸显像素价值
 - 3.1.5 使用体验：Persona（个人虚拟形象）仍存改进空间
- 3.2 Meta: 产品历经迭代，Quest系列头显销量累计将近2000万台
 - 3.2.1 配置：XR2 Gen 2 + Fast-LCD双屏 + Pancake
 - 3.2.2 交互：头部空间定位+手柄+裸手识别+语音交互
 - 3.2.3 定位：社交娱乐终端
- 3.3 Rokid: 搭配Station向AR空间计算终端迁移
 - 3.3.1 配置：Rokid AR Studio = Rokid Max Pro + Rokid Station Pro
 - 3.3.2 交互：微手势+头手联动 = 一“触”即发
 - 3.3.3 定位：移动办公+巨幕显示+空间影音娱乐
- 3.4 雷鸟创新: 切入消费级真·AR眼镜赛道
 - 3.4.1 配置：Micro LED + 光波导 + 骁龙XR2
 - 3.4.2 交互：镜腿触摸+戒指射线+语音交互
 - 3.4.3 定位：搭载AI大模型的可穿戴设备

投资线条：瞄准内容生态完善&硬件产品迭代，以期空间放量

- 4.1 内容：空间计算概念兴起，抓住内容开发高速增长窗
 - 4.1.1 数量：Quest商店APP共计540款，仅6款为MR专用内容
 - 4.1.2 类型：MR在工具软件中得到应用，联机/社交内容快速增长
 - 4.1.3 人气：动作幅度较大游戏/应用与MR更适配，易受大众欢迎
- 4.2 硬件：产品迭代升级下，供应链/技术储备厂商有望持续受益
 - 4.2.1 Vision Pro BOM：处理器/显示屏/结构件及ODM/OEM为主要成本构成，多中国厂商进入该设备产业链
 - 4.2.1 Vision Pro芯拆解：美国为主，国内环旭电子/兆易创新进入
 - 4.2.2 Quest 3拆解：国产供应商价值量接近40%，高价值量品类仍以海外为主
 - 4.2.3 Ray Ban Meta拆解：国产供应商价值量接近40%，高价值量品类仍以海外为主
 - 4.2.4 关注：MR头部厂商代工以及国产芯片机会
- 4.3 市场空间
 - 4.3.1 空间计算终端：作业环境从平面到立体，空间可借鉴个人电脑
 - 4.3.2 娱乐终端：着重于游戏/视频体验，可借鉴平板电脑
 - 4.3.3 移动屏幕：随时随地/即插即用的“口袋巨幕”，需求与掌机/手机强相关
 - 4.3.4 可穿戴终端：真·AR眼镜，可见借鉴智能手表/TWS耳机

相关标的

- 5.1兆威机电（IPD）：微型传动系统可应用于XR多子系统，为苹果提供IPD调节模组
- 5.2长盈精密（结构件）：Vision Pro结构件供应商
- 5.3立讯精密（OEM）：深度绑定苹果，Vision Pro代工厂
- 5.4深科达（镀膜设备）：VR光学模组生产端主要客户为国际一线知名客户，MR生产设备处于验证阶段
- 5.5荣旗科技（镜片检测）：视觉检测/功能检测等工艺环节实现重大突破，成为苹果、亚马逊产业链重要设备供应商
- 5.6杰普特（眼镜模组检测）：领先的光电精密检测及激光加工智能装备提供商
- 5.7华兴源创（Micro OLED检测）：国内外面板一站式检测解决方案提供商
- 5.8智立方（光学检测设备）：聚焦行业前沿发展，进入苹果等公司供应链
- 5.9歌尔股份（ODM/显示模组）：推出多款AR/VR显示模组，为多家XR终端客户提供代工
- 5.10华灿光电（显示）：具备Micro LED像素器件批量交付能力，开发0.12英寸Micro LED微显示屏样品
- 5.11京东方（显示）：Micro OLED已有产品推出，未来有望具备多种技术应对XR需求
- 5.12视涯科技（显示）：专注于12寸晶圆生产Micro OLED
- 5.13JBD（显示）：自主研发及制造世界上超微型显示面板
- 5.14欧菲光（光学）：光学镜头/影像模组/光机/组装多领域布局
- 5.15亿道信息（ODM）：AX162可看作青春版Apple Vision Pro
- 5.16天键股份（ODM）：已经满足相关AR眼镜产线量产条件，为莫界ODM合作商
- 5.17Rokid（终端厂）：Rokid AR Station切入空间计算
- 5.18雷鸟创新（终端厂）：全球首款消费级真AR眼镜塑造者
- 5.19Xreal（终端厂）：探索增强现实无限场景应用的全功AR眼镜

- 01 XR：科技与人文十字路口，模糊虚拟与现实界限
- 02 技术：屏幕/光学/交互/芯片全面发展，向深度沉浸迈进
- 03 产品与应用：多厂商进击空间计算，AR发展多元化
- 04 投资线条：瞄准内容生态完善&硬件产品迭代，以期空间放量
- 05 相关标的
- 06 风险提示

1.1 XR: 虚中有实, 实中有虚

		Virtual Reality, 虚拟现实	Augmented Reality, 增强现实
不同点	技术原理	计算机绘制虚拟图像, 显示方面强调画面逼真、高清晰度	计算机基于对现实世界的理解绘制虚拟图像, 显示方面强调与现实交互
	终端形态	头显设备、定位追踪设备、动作捕捉设备、交互设备	必须借助摄像头实现与现实的交互、AR眼镜
	体验特点	封闭式、沉浸式体验, 用户与虚拟世界实时交互	增强现实体验, 用户处于现实与虚拟世界的交融之中
相同点	用户感知	用户实际使用两种技术产品或服务时, 认为都是“虚拟现实”体验, 不会严格区分“完全虚拟”或是“增强现实”	
	共性技术	VR/AR在图像渲染、网络传输、内容制作、感知交互等底层技术方面存在共性, 侧重点各有不同	
	产业链构成	都可划分为硬件、软件、内容、应用四大组成部分	

融合趋势

VR/AR技术融合硬件产品已出现

- 2015年微软推出HoloLens, 总体上属于AR产品, 但如果配置调节“挡风玻璃”透光度的API, 那么当其调成完全不透光时, 就能够实现沉浸式的虚拟现实效果, 实现VR和AR融合及实时切换。

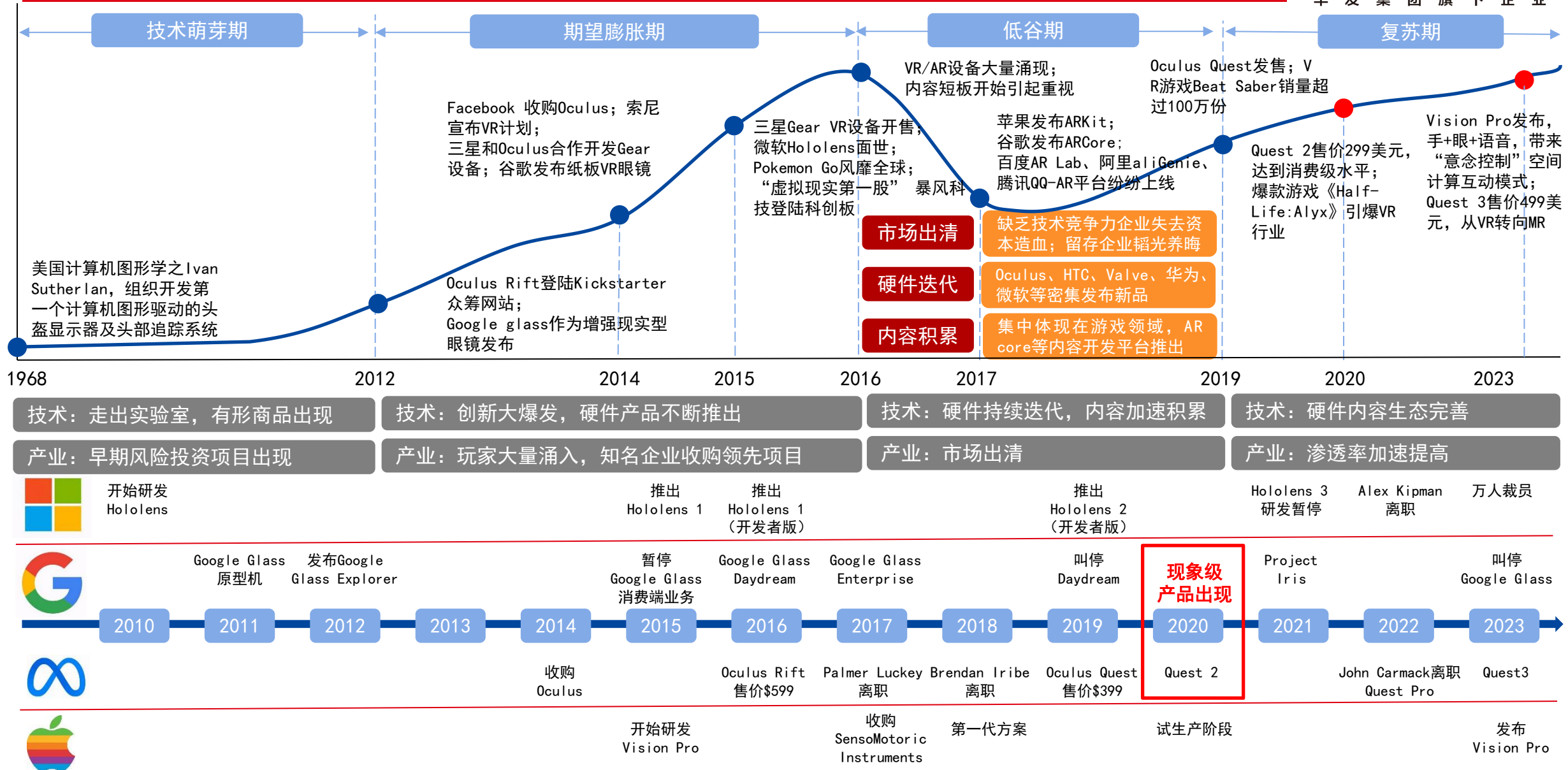
VR/AR技术融合硬件产品已出现

- 5G网络推动万物互联, 能够实现大规模机器间的相互通信, 创造出多种VR/AR融合模式。
- VR/AR融合本质上是AI和视觉体验的融合。如果AI能理解真实世界并构建VR场景, 就能打通VR和AR。

应用融合

<p style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px; margin: 0;">AR 叠加虚拟于现实</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 强调实用性, 定位效率工具, 可同时显示物理和虚拟世界信息。目前部分企业开始融入交互功能, 与MR有一定重叠。 ● AR产品: Google Glass, Magic Leap one等 	<p style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px; margin: 0;">MR 虚拟与现实交互</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 强调交互性, 用户可操控虚拟事物, 且虚拟事物可根据物理世界变化做出相应的真实反馈。 ● MR产品: HoloLens 2, Vision Pro等 	<p style="background-color: #0056b3; color: white; padding: 2px; margin: 0;">VR 脱离现实的完全虚拟</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 强调沉浸感, 配合VR外接设备, 利用视觉和听觉系统骗过大脑, 使用户具有身临其境的沉浸感 ● VR产品: Oculus Quest, Pico Neo 3等
---	--	---

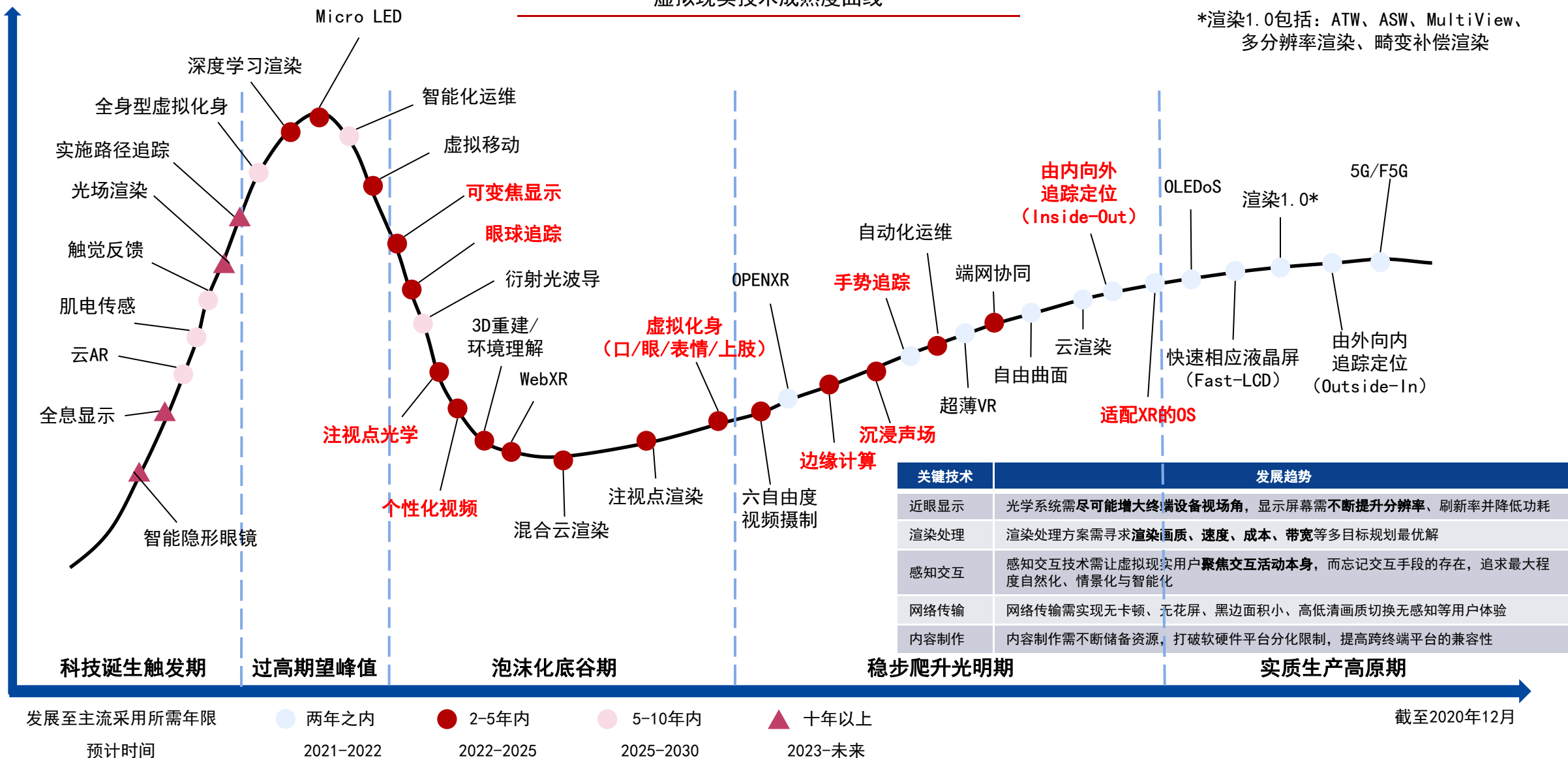
1.2 发展：Vision Pro为XR行业注入活力，开启“空间计算”时代



1.3 技术：技术演进轨道尚未定型，技术供需面临多重挑战

虚拟现实技术成熟度曲线

*渲染1.0包括：ATW、ASW、MultiView、多分辨率渲染、畸变补偿渲染



1.4 需求：沉浸式&舒适性为当前XR硬件最大痛点

- ◆ XR硬件的用户需求从迫切程度由高到低可分为**沉浸性**、舒适性、互通性和经济性；其中沉浸性更是设备性能重要的衡量标准，交互系统和光学系统将共同驱动XR硬件沉浸感的提升和优化。
- ◆ 视觉、听觉、触觉、运动与嗅觉的临场感，为用户营造多重**感官感受**，提升虚拟场景**逼真程度**。

虚拟现实头显当前痛点、相关硬件配置及未来趋势（沉浸感）

行业痛点	相关系统	当前阶段	当前硬件方案	理想状态	未来趋势
交互不自然	交互系统	VR: 头手 6DoF交互; Inside-out定位 AR: 手势追踪、图像追踪、平面检测	手柄、摄像头	手势识别、眼动追踪等	更多传感器, 算力提升, 算法优化
分辨率低、视场角小	光学系统	单眼视场角约100° ; PPD (视角分辨率) 约20	VR: 菲涅尔透镜、Pancake AR: 棱镜、自由曲面、BirdBath 和光波导	单眼视场角约150° ; PPD约60	VR: Pancake等超短焦光学方案 AR: 光波导
	显示系统	刷新率: 90-120Hz; 分辨率单眼: 2K; PPI (像素密度): 约1000	VR: Fast LCD、Micro OLED AR: LCoS、Micro OLED、Micro LED、DLP	刷新率: 120-240Hz; 单眼分辨率: 4K-8K; PPI: 2000-4000	3-5年内: VR以Fast LCD 为主, AR 以 LCoS与单色Micro LED为主 (2022年为基准) 5年后: VR/AR均采用彩色Micro LED 显示器
音频沉浸感待提升	音频系统	空间音频, 延迟较高 (几百毫秒)	主芯片+IMU+场景预判	空间音频、主动降噪、自均衡等, 低延迟 (50毫秒以内)	主芯片+IMU+多麦克风
算力不够、流畅性差、场景渲染效果差	计算系统	AI 算力15TOPS; 支持8K、60fps 视频播放; 5G	高通骁龙 XR2	功耗低、算力强、连接稳定等	兼顾成本与功耗, 进一步提升算力

1.4 需求：沉浸式&舒适性为当前XR硬件最大痛点

- ◆ XR硬件的用户需求从迫切程度由高到低可分为沉浸性、**舒适性**、互通性和经济性；降低光学系统的体积和重量、减轻眩晕感是当前解决舒适性痛点的重点方向。
- ◆ 舒适性涉及用户具体**佩戴感受**，包含设备**重量**和尺寸、**减轻眩晕感**、电池续航以及线缆连接等规格性能问题。

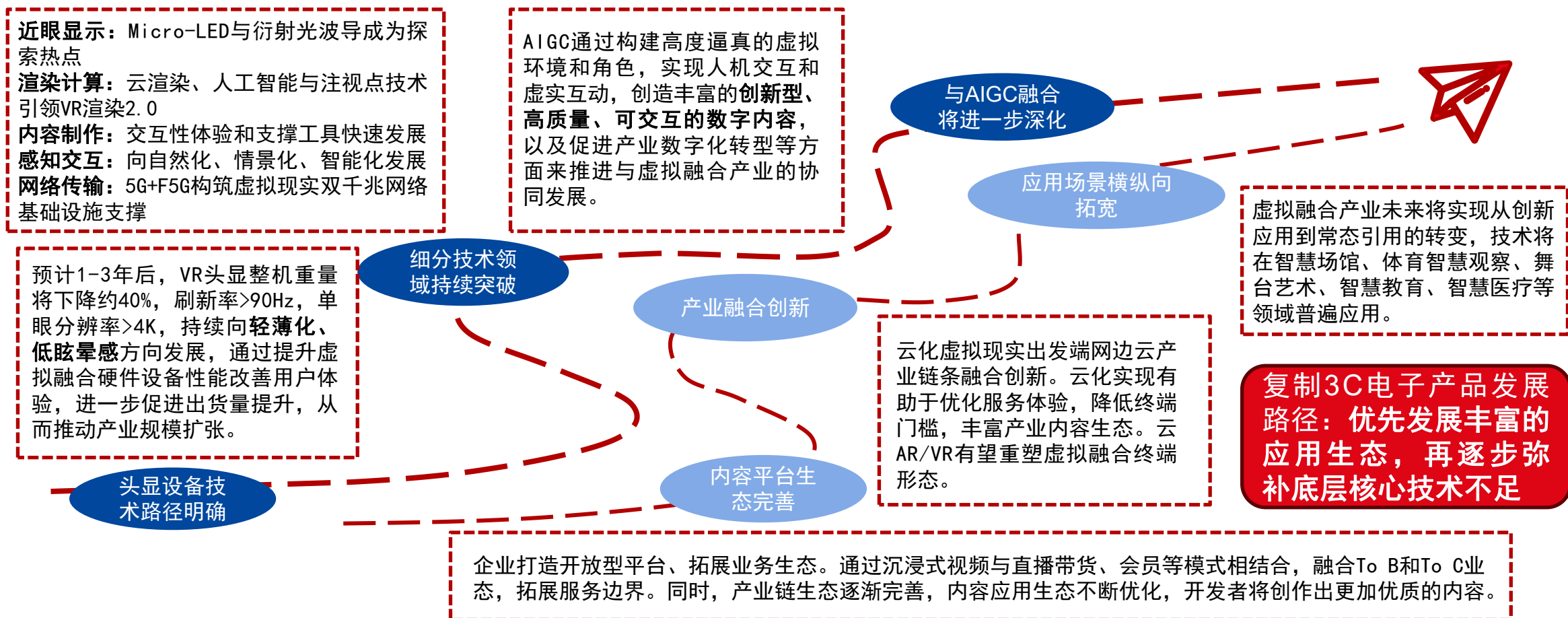
虚拟现实头显当前痛点、相关硬件配置及未来趋势（舒适感）

行业痛点	相关系统	当前阶段	当前硬件方案	理想状态	未来趋势
佩戴不舒适头显重量超300g	光学系统	以Quest 2为例，光学模组重量约133g， 占比达26%	VR：菲涅尔透镜、 Pancake AR：棱镜、自由曲面、 BirdBath 和 光波导	VR：100g左右 AR：30g以下	VR：Pancake方案 AR：光波导
	电池系统	以Quest 2为例，电池约63g， 占比13%	锂离子电池（4000-6000mAh）		能量密度提高
	结构件	以Quest 2为例，结构件约250g，占比50%	塑料、金属为主		结构设计更紧凑，用料更少，采用更轻量、坚固材料
眩晕感	光学系统	研发阶段	研发阶段	无明显眩晕感	机械式可变焦、可变焦液晶透镜
串流效果差数据传输慢	连接系统	有线+无线并行，其中一体式VR以无线为主，外接式VR以有线为主；AR眼镜以有线为主。	USB：USB 3.0 级以上规格；WiFi：WiFi5 主流，少数WiFi6/6E；蓝牙：蓝牙5.0+BLE，少数蓝牙5.2+BLE	带宽升级、传输速率提升等	USB 3.0+；WiFi6/6E、蓝牙5.2+BLE
续航时间短	电池系统	续航约2-3h	锂离子电池（4000-6000mAh）	更长续航时间	电池容量增大、新形态电池
	计算系统	AI 算力15TOPS；支持8K、60fps 视频播放；5G	高通骁龙 XR2	功耗低、算力强、连接稳定等	兼顾成本与功耗，进一步提升算力

1.5 现状：技术与产业双向奔赴，实现虚拟融入现实

- ◆ 中国虚实融合产业发展趋势良好。技术层面，融合创新需求迅速提升，细分领域技术逐渐突破，技术体系逐渐成型。产业层面，内容平台建设趋于完善，产业融合加强，下游应用进一步拓展和深化。

虚实融合技术和产业发展趋势



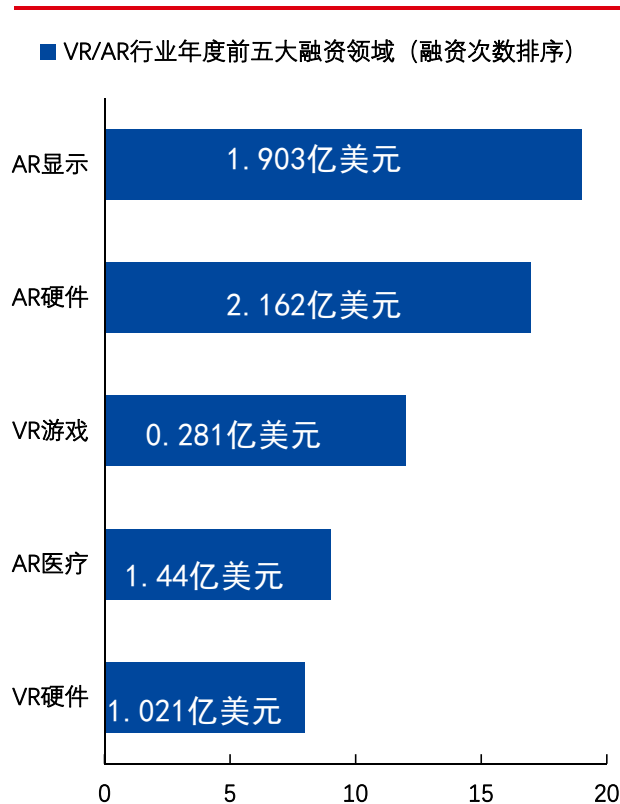
1.6 市场：2023年国外市场更为活跃，AR领域投资占比大幅超越VR

- ◆ 国外XR融资环境优于国内市场，投资金额较为分散。2023年VR/AR行业总融资金额高达12.70亿美元，共有137笔融资，其中国内市场完成46笔融资，金额高达2.76亿美元，国外市场完成91笔融资，金额高达9.95亿美元。
- ◆ AR领域投资占比大幅超越VR。AR显示、AR硬件、VR游戏为2023年最受投资人青睐TOP3细分领域，平均每月皆有融资事件发生，其中AR显示融资次数高达19笔，是2023年最热门VR/AR行业融资细分领域，AR硬件融资次数虽然不及AR显示，但融资金额却高于后者。

2023年度VR/AR行业全球各月份融资概况

月份	项目	国内笔数	国内金额 (亿美元)	国外笔数	国外金额 (亿美元)
1		4	0.5904	8	0.4377
2		4	0.288	9	0.4578
3		6	N.A.	7	0.969
4		5	0.3547	9	0.5227
5		2	0.238	6	0.4473
6		3	N.A.	13	1.9899
7		4	0.1	4	0.1248
8		4	N.A.	8	1.58
9		2	N.A.	3	1.406
10		3	N.A.	5	1.015
11		5	1.185	12	0.693
12		4	N.A.	7	0.303
合计		46	2.7561	91	9.9462

2023年度VR/AR行业五大热门融资领域



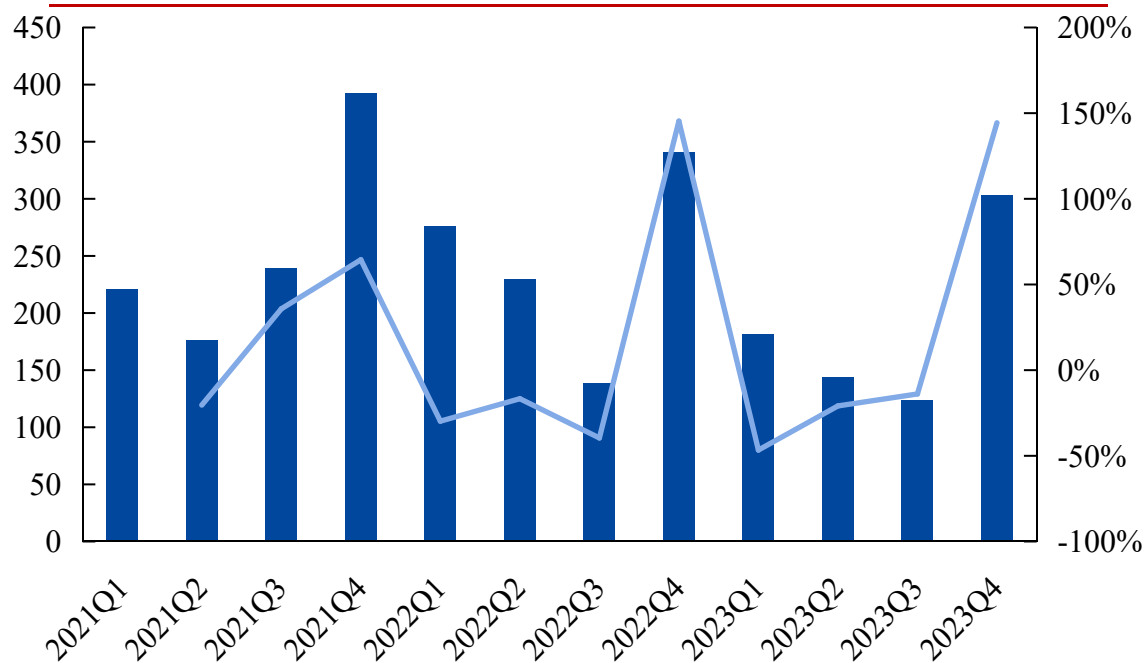
2023年度VR/AR行业全球十大融资

序号	公司名称	融资金额	轮次	领域
1	Rokid	1.12亿美元	C	AR硬件
2	Envisics	1亿美元	C	AR显示
3	CoStudent	9500万美元	战略	VR教育
4	Augmedics	8250万美元	D	AR医疗
5	Red 6	7000万美元	B	AR培训
6	Mojo Vision	4350万美元	A	AR显示
7	Transfr	4000万美元	C	VR培训
8	XPANCEO	4000万美元	种子	AR硬件
9	Virtualitics	3700万美元	C	XR数据分析
10	XPSPACE	2500万美元	未知	XR内容

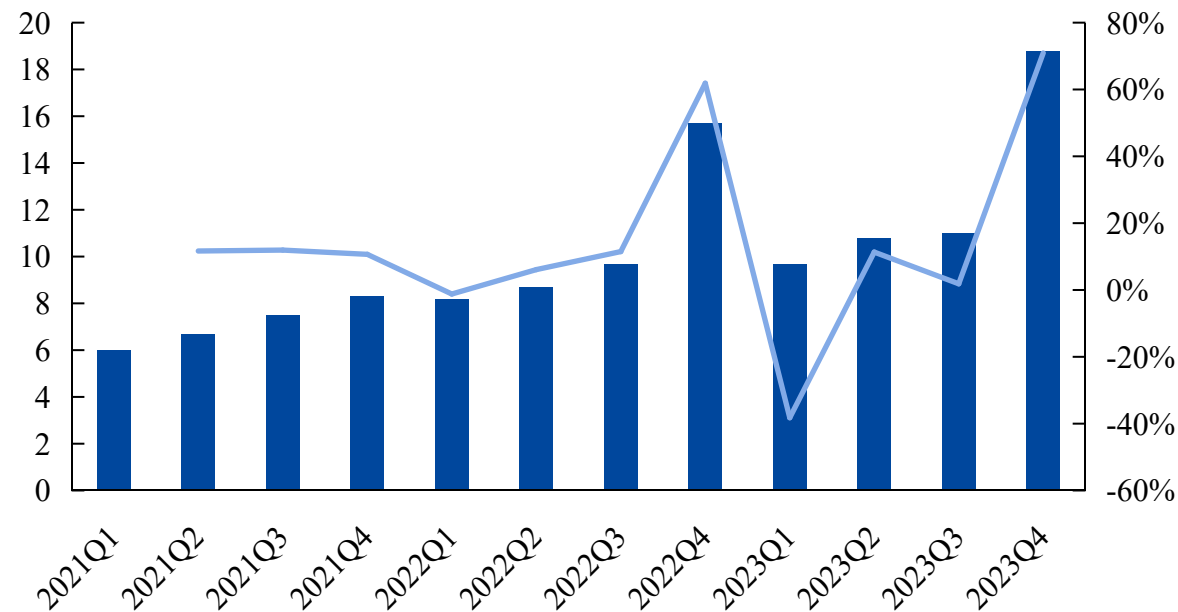
1.7 销量：23年全球VR销量下降24%，AR销量增长21%

- ◆ 受Meta、Pico等头部品牌销量下降影响，全球VR设备销量下降24%。2023年全球VR销量为753万台，较2022年下降24%，主因是Meta、Pico等头部品牌销量双双下滑。2023年Meta全年销量约为534万台，较2022年同比下滑32%，Pico全年销量为26万台，较2022年下滑73%。
- ◆ 观影AR眼镜&信息提示类眼镜为23全年AR销量主要增长来源。2023年全球AR销量为51万台，较2022年增长21%，消费级AR是主要增长来源，增长主力来自于雷鸟、Rokid、Xreal、Viture、ARknovv等品牌观影AR眼镜，以及影目、雷鸟、星纪魅族、李未可、奇点临近、Vuzix等信息提示类眼镜。

2021Q1-2023Q4全球VR季度出货量及环比（万台/%）



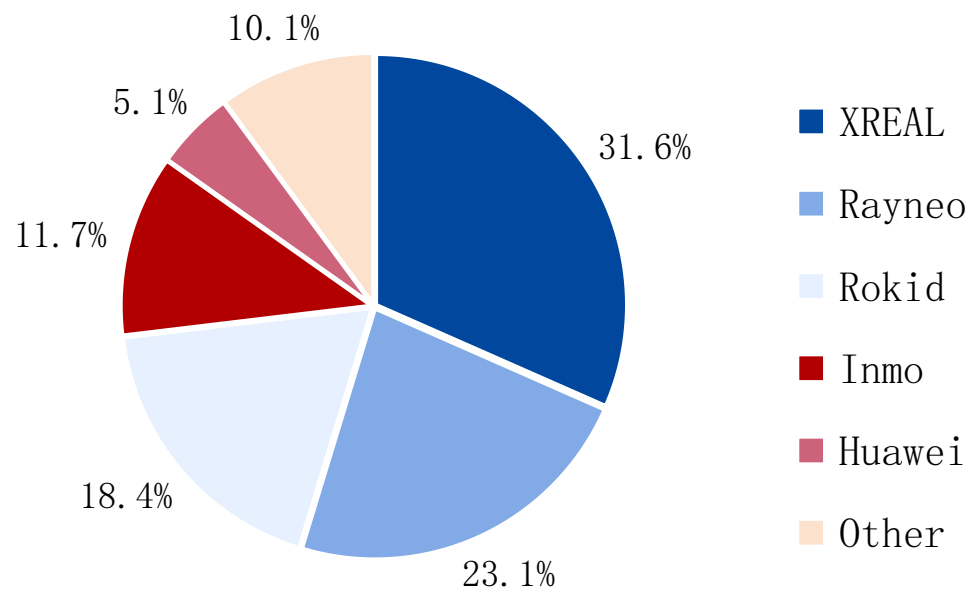
2021Q1-2023Q4全球AR季度出货量及环比（万台/%）



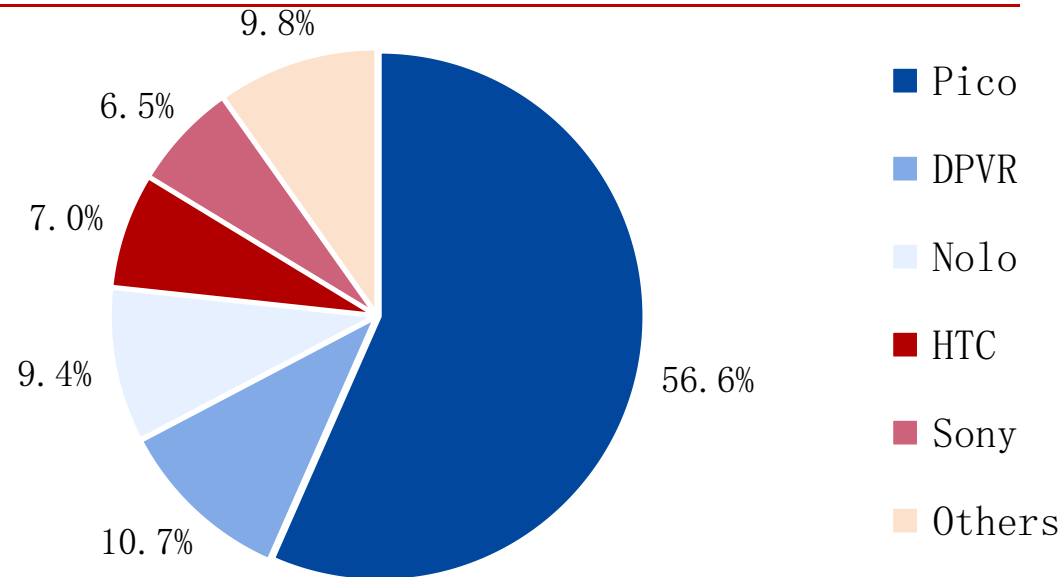
1.7 销量：国内AR百花争艳，VR一家独大

- ◆ 23年中国VR销量同比下降57.9%，AR销量同比增长154.4%。根据IDC数据，2023年国内AR/VR设备出货量72.5万台，其中VR设备出货量46.3万台，AR设备出货量26.2万台。从趋势上看，2023年国内VR市场进入下行阶段，同比下滑57.9%。而AR市场进入增长快车道，同比上涨154.4%。
- ◆ 生成式AI带来发展XR机遇，Micro OLED有望加速渗透。生成式AI的技术应用，结合AR的交互、显示，围绕细分场景，可打造出更多样的产品应用。索尼特供Vision Pro的Micro OLED屏幕有望在24年6月开始供货第三方，以超清显示为主打的VR、MR设备或将带动这一市场的发展。

2023年中国AR市场主要厂商市场份额（按出货量，%）



2023年中国VR市场主要厂商市场份额（按出货量，%）



1.8 产业链：屏幕/光学显示/芯片占主要成本

◆ XR设备产业链包括上游基础硬件/零部件/软件厂商，中游的终端设备厂商及ODM/OEM厂商，以及下游的零售商、ToB和ToC应用场景。预计2024年苹果头显产品商用后，将极大程度影响中游终端设备厂商竞争格局。在AR设备中，光学显示成本最高为43%，在VR设备中，屏幕成本最高为34%。



元器件

处理器、传感器、显示屏、光学模组、通信模块、声学模组、电源管理芯片、连接器芯片、存储芯片、接口芯片、电池等

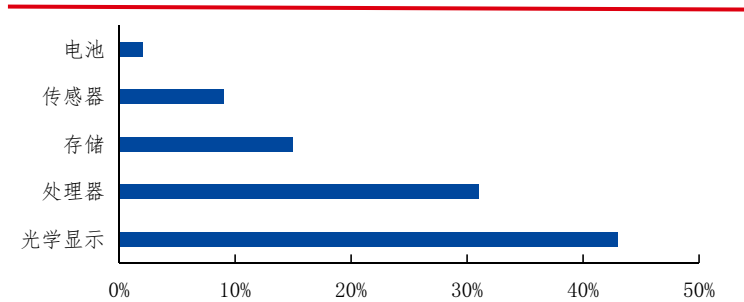
芯片：高通、英伟达、AMD、华为、晶晨、瑞芯微、全志科技等
传感器：博世、索尼、TDK、艾迈斯欧司朗、ST、歌尔股份、韦尔股份、灿瑞科技、奥比中光、炬佑智能等
显示屏：京东方、JBD、TCL、天马、南京芯视元、镭昱半导体、天马、诺视科技、长信科技等
光学：联创光电、歌尔声学、舜宇光学、福晶科技、苏大维格、永芯光学、光峰科技、耐德佳、灵犀微光、欧菲光、爱慕科技、惠牛科技等
声学：楼氏电子、歌尔股份、新唐科技、瑞声科技、共达电声等
WiFi、蓝牙芯片：Nordic、博通、瑞昱、晶晨、恒玄、乐鑫、博通集成等
USB集线器控制器：英飞凌、Silicon Labs、Microchip、瑞萨电子等

终端

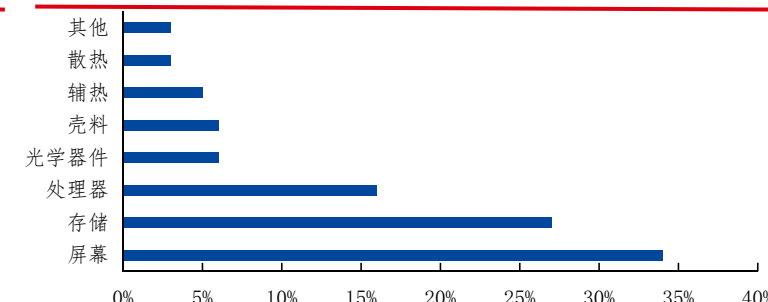
PC端、移动端、一体机、智能眼镜、智能头环等

苹果、小米、华为、OPPO、VIVO、索尼、韶音、大鹏VR、HTC、Rokid、Nreal、Quest、PICO、创维、影目科技、爱奇艺、VYR等

AR硬件成本占比 (%)



VR硬件成本占比 (%)



资料来源：电子发烧友、VR陀螺、华金证券研究所

- 01 XR：科技与人文十字路口，模糊虚拟与现实界限
- 02 技术：屏幕/光学/交互/芯片全面发展，向深度沉浸迈进
- 03 产品与应用：多厂商进击空间计算，AR发展多元化
- 04 投资线条：瞄准内容生态完善&硬件产品迭代，以期空间放量
- 05 相关标的
- 06 风险提示

2.0技术：屏幕/光学/交互/芯片全面发展，向深度沉浸迈进

技术体系	技术指标	体验层级			
		初级沉浸	部分沉浸	深度沉浸	完全沉浸
近眼显示	单目屏幕分辨率门槛	接近1K	1.5-2K	3K-4K	≥8K
	视场角 (FOV)	90-100度	100-120度	140度左右	200度
	角分辨率 (PPD)	≤15	15-20	30左右	60左右
	可变焦显示	否	否	是	是
内容制作	360全景视频分辨率-弱交互	4K	8K	12K	24K
	游戏等内容分辨率-强交互	2K	4K	8K	16K
	虚拟化身	/	/	虚拟化身	精细化虚拟化身
渲染处理	渲染计算	2K/60FPS	4K/90FPS	8K/120FPS	16K/240FPS
	渲染优化	/	/	注视点渲染	
感知交互	追踪定位	Outside-in	Inside-out		
	眼动交互	/	/	眼球追踪	
	声音交互	/	沉浸声	个性化沉浸声	
	触觉交互	/	触觉反馈		精细化触觉反馈
	移动交互	/	虚拟移动 (行走、定向等)		高性能虚拟移动


2.1 显示：屏幕分辨率为XR沉浸式体验基础

- ◆ AR: 视野越大→所需解析度与像素密度越高→像素尺寸越小→挑战制程能力。
- ◆ VR: 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还有一定距离。

AR显示器要求与相应PPI计算

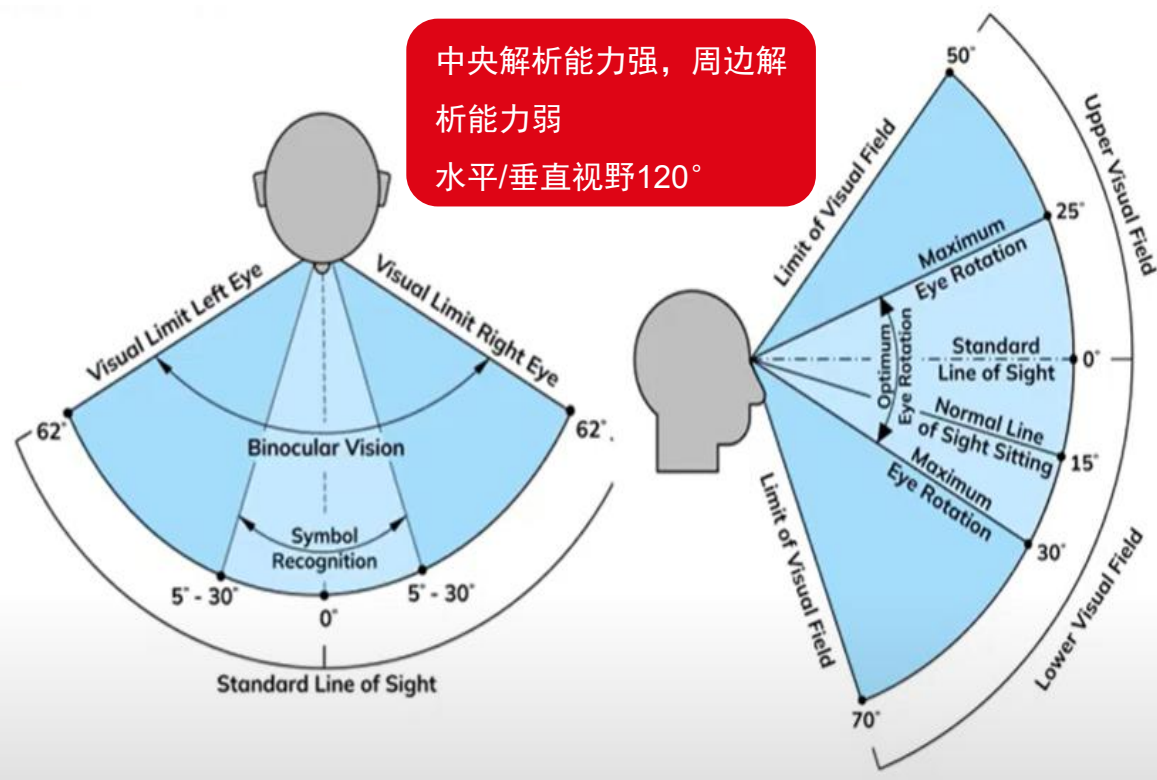
- 视野:
- 45° 内最佳
 - 舒适范围: 注视点左右的10° -20° 内
- 屏幕亮度:
- 室内>500nits; 室外>10000nits
- 刷新率
- 屏幕刷新率>60 Hz

像素密度 VS 视野(尺寸为9mm):


$$60 \text{ PDD} \times 20^\circ = 1200 \text{ pixels}$$
$$\frac{1200 \text{ pixels}}{0.9 \text{ cm (0.35 inch)}} = 3429 \text{ PPI}$$
$$\frac{0.9 \text{ cm (9000}\mu\text{m)}}{1200} = 7.5\mu\text{m}$$

PPD: 1° 内含有多少像素点
60 PPD相当于视力1.0

人眼视野 (Field of View, FOV)



VR显示器要求与相应像素计算

- 视野:
- FOV>120°
- 屏幕亮度:
- 不需要考虑环境光干扰
 - 可能需要考虑使用前后的适应
- 刷新率
- 屏幕刷新率>120 Hz

考虑人眼视野FOV~120°:

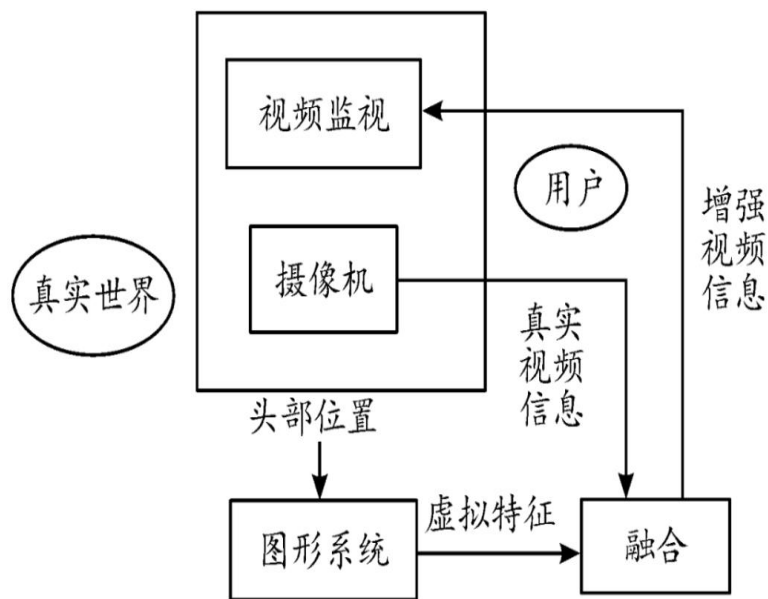
- 以45 PPD为标准
水平像素=45 PPD × 120° = 5400pixels
垂直像素=45 PPD × 120° = 5400pixels
- 以60 PPD为标准
水平像素=60 PPD × 120° = 7200pixels
垂直像素=60 PPD × 120° = 7200pixels

建议: 单眼~8K

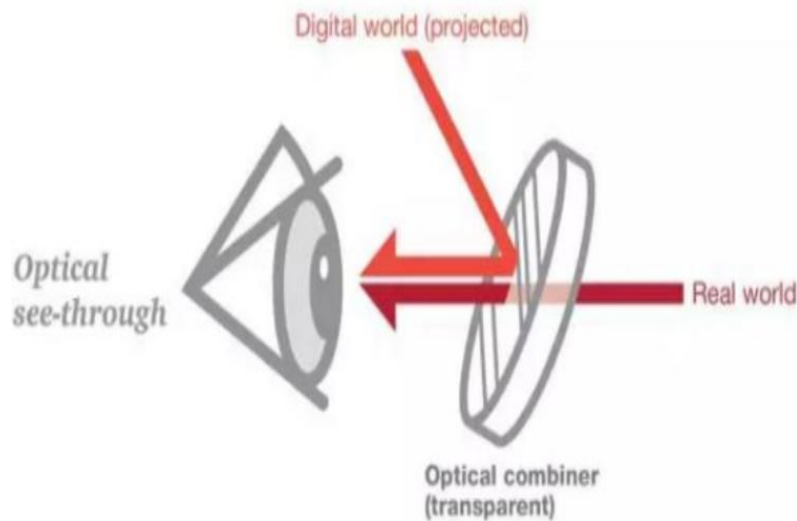
2.1.1 显示方案（OST）：用户能够直接看到真实环境

- ◆ 光学透视，OST（Optical See-Through）的特点是让用户能够直接看到真实的环境，在用户眼睛前面放置部分透明的光学合成器，用户透过它可以直接看到真实世界。合成器又是部分反射的，用户同时可以看到从头戴显示器反射到合成器上产生的虚拟图像。
- ◆ 光学透视的优点在于不易产生晕屏的风险，同时还有着与真实世界接近的极高分辨率。代表产品有Hololens、Rokid Max Pro等，它可以通过一层玻璃，让人看到的永远是真实世界，在此基础上构建虚拟物品，可以和现实世界产生交互。

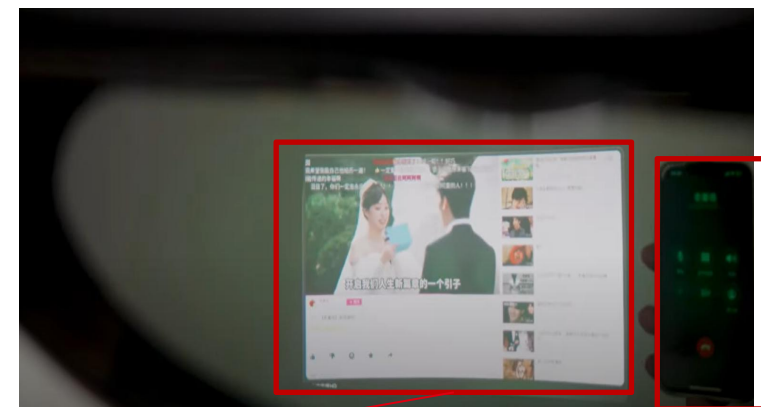
光学透视原理框图



OST（Optical see-through）结构图



OST方案现实显示效果图（Rokid Max Pro）



Rokid Max Pro显示内容

现实中物体（iPhone）

用户可以透过屏幕看到现实世界

2.1.2 屏幕路线：AMOLED→OLED→LCD→Micro OLED→Micro-LED

VR AR	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
AMOLED	Oculus Rift, DPVR M2 Pro	DPVR E3B, Samsung Odyssey, Snapdragon 835 VR Development Kit	Snapdragon 845 VR Development Kit, HTC Vive Pro	Varjo VR-1, Varjo VR-2, HTC Vive Focus, HTC Vive Pro Eye	Julbo EVAD-1	Engo Eyewea	Cosmo Vision		
OLED	HTC Vive	EverySight Raptor, ANTVR Cyclop, VRgineers VRHero 5K Plus	Shadow Creator Halomini, Pimax 5K XR	Shadow Creator Action One, Oculus Quest	Nreal Light, MAD Gaze Glow Plus, Vuzix M400	AjnaLens AjnaX, Guangli Holoswim	NuEyes Pro 3e, Vuzix M400C, Guangli Holoswim 2, TQSKY T1	PlayStation VR2	
LCD	Meta 2, Razer OSVR HDK2, 3Glasses BluburS1, LG 360 VR, PlayStation VR	Pimax 4K, DPVR E3C, ClassVR, VRgineers VRHero 5K, Woxter Neo VR100, RealWear HMT-1, Lenovo Explorer, HP VR1000, Medion Erazer X1000	Pico Goblin, Fujitsu FMVHDS, 3Glasses Blubur S2, Asus HC102, Oculus Go, Lenovo Mirage Solo, Xiaomi Mi VR, RealWear HMT-1Z1, DPVR P1, Pico P1	Valve Index, HP Reverb, Pico G2 4K, DPVR E3 4K, HTC Vive Cosmos, Acer OJO 500, DPVR P1 Pro 4K, Huawei VR Glass, HP Reverb	StarVR One, Pico Neo 2, Realmax Qian, Reverb G2, Snapdragon XR2 HMD Reference Design, Mirage VR S3, Skyworth W1, QWR VRone, Nreal Light, Pico G2 4K Enterprise, Pico Neo 2 Eye	Varjo XR-3, Pico Neo 3, HP Reverb G2 Omnicapt Edition, HTC Vive Pro 2, DPVR P1 Ultra 4K, Huawei VR Glass 6DoF, HTC Vive Flow, iQIYI Qiyu 3, Skyworth W1 Pro, RealWear Navigator 500	iQIYI Qiyu Dream Pr, YVR 1, Pico Neo 3 Link, Lenovo Legion VR700, VRgineers XTAL 3, Pico 4, Skyworth Pancake 1C, Lynx R1, Pico 4 Enterprise, Pico 4 Pro, RealWear Navigator 520	RealWear Navigator 520, Pico G3, HTC Vive XR Elite, DPVR E4C, ThinkReality VRX, Pimax Portal View, AjnaLens AjnaXR, Quest 3	
Fast-LCD			VRgineers XTAL		VRgineers XTAL 8K, Quest 2				
Micro OLED						TCL NXTWEAR G, Rokid Air, Arpara VR	Rokid Air Pro, Dream Glass Flow, Brilliant Monocle, Nubia Neovision Glass, Bigscreen Beyond, Apple Vision Pro	雷鸟 Air Plus, Rokid AR Studio, 创维XR	
Micro LED						Canon MREAL S1	Oppo Air Glass, Vuzix Shield, Xiaomi Smart Glasses		

2.1.2 屏幕路线：硅基OLED渐为序曲，Micro-LED则为终章

- ◆ AR：屏幕亮度为AR第一要素，由于采用OST显示方案，故需考虑环境光对显示画面的影响。
- ◆ VR：分辨率及刷新率综合考虑，由于采用VST，为防止用户使用过程中产生晕眩，故需要屏幕显示效果应模拟人眼效果以欺骗大脑，故需要高分辨率/刷新率屏幕（视力1.0需要单眼8K，人眼可做到200Hz，90Hz为基本配置）。

AMOLED Vs. Fast-LCD Vs. Micro OLED Vs. Micro-LED

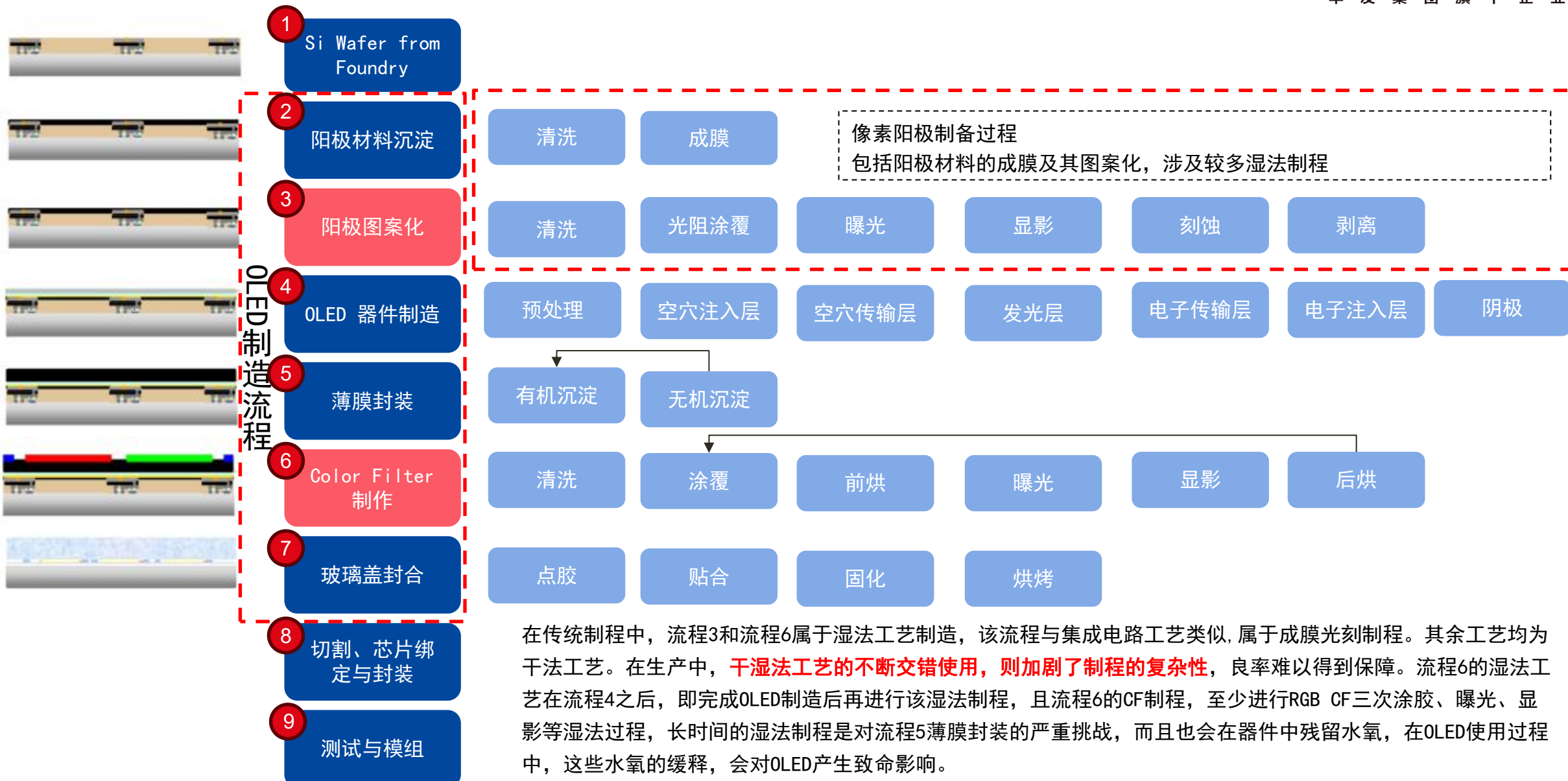
显示技术	AMOLED	Fast-LCD	Micro OLED	Micro-LED
技术类型	主动发光	被动发光	主动发光	主动发光
对比度	10,000:1	1,500:1	10,000:1	100,000:1
色域			>100%NTSC	140%NTSC
亮度 (nit)	3000	3000	1,000-6,000	100,000 (全彩)
反应时间	10 μs	1-5ms	10 μs	10ns
PPI	1000	1000	2000-5000	2000-5000
寿命 (小时)			<10,000	>100,000
运行温度			-50° C-70° C	-100° C-120° C
刷新率	75-120Hz	75-90Hz	75-120Hz	75-120Hz
功耗	中	高	低	低
制作工艺			复杂	复杂
良品率			较低	低
成本			较高	高
产业化程度			近期逐步量产	研究阶段

优势在我

VR与AR屏幕发展路线



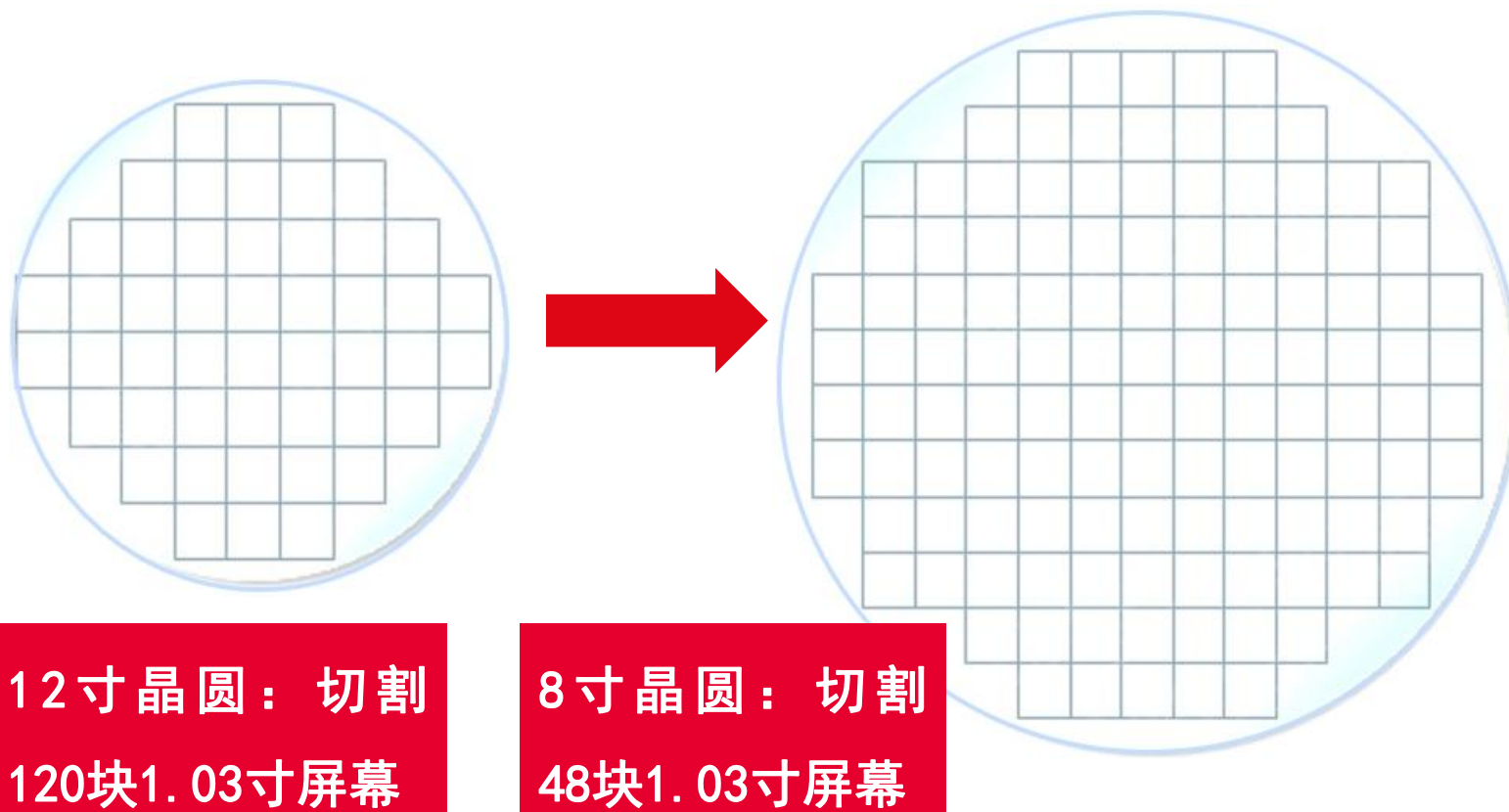
2.1.3 显示技术（硅基OLED）：干湿法工艺交错，加剧制程复杂性



2.1.3 显示技术（硅基OLED）：更大尺寸晶圆，更小尺寸屏幕有利于成本下降

- ◆ 屏幕尺寸一定下，晶圆尺寸越大，切出晶圆越多，单位成本下降。以1.03寸屏幕为例，12寸晶圆切割的屏幕数量（120块）是8寸晶圆（48块）的2.5倍，故具备12寸晶圆能力厂商更具备量产竞争力。

8英寸晶圆 Vs. 12英寸晶圆切1.03寸屏幕切割数目对比

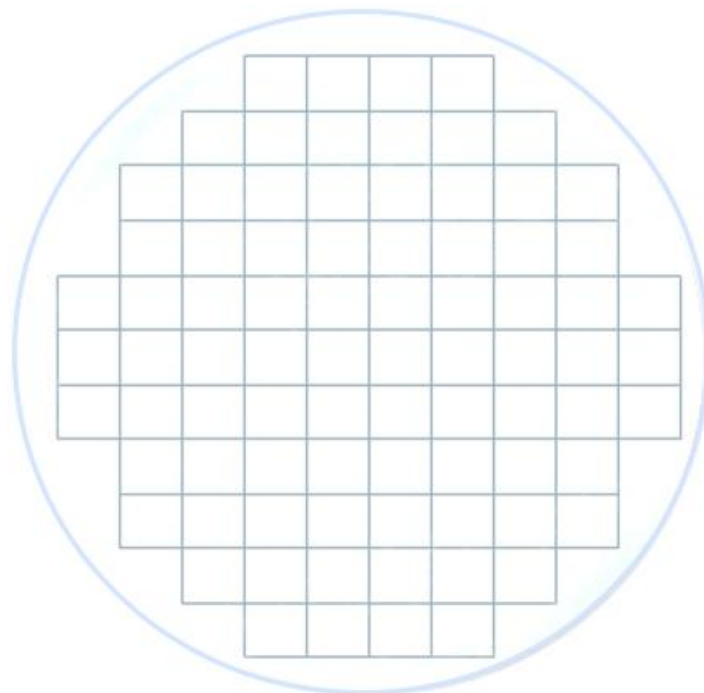


Vision Pro所采用的Micro OLED显示器，现阶段是以台积电CMOS背板，搭配日本大厂Sony进行蒸镀制程的组合独家供应。TrendForce集邦咨询表示，Micro OLED目前生产良率**仍仅约五成**，导致两片Micro OLED屏幕售价高达700美元，且限制今年Sony实际能供货的面板数量，**预估约100万片**，Micro OLED是当前影响Vision Pro压缩成本效率及扩大出货规模中最具决定性关键零部件。

2.1.3 显示技术（硅基OLED）：更大尺寸晶圆，更小尺寸屏幕有利于成本下降

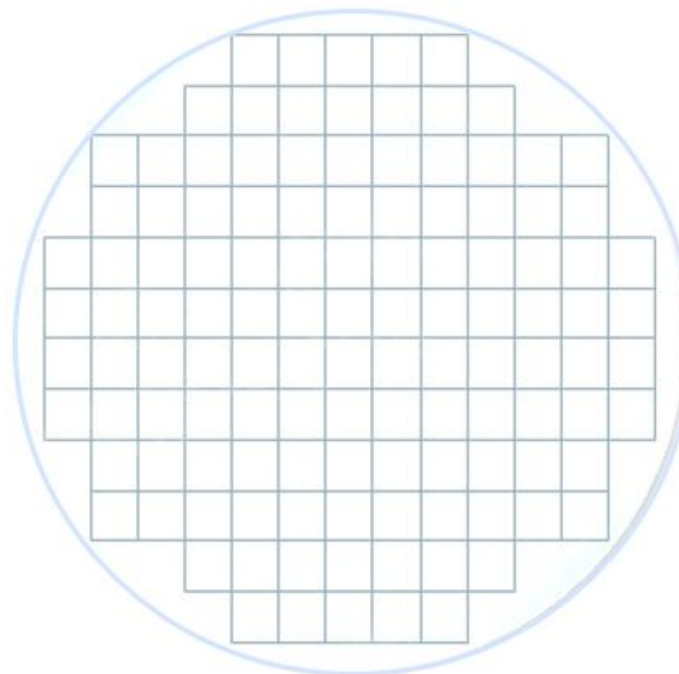
- ◆ 同分辨率前提下，尺寸越小，能切出更多片屏幕，且屏幕PPI更高。一片12英寸晶圆，屏幕尺寸越小可以切更多屏幕，1.3寸屏幕可切除82块，1.03寸屏幕可切120块，后者数量是前者的1.46倍。在分辨率一致的前提下（2560*2785），1.3寸屏幕PPI为2785，1.03寸屏幕PPI为3515。

12英寸晶圆切1.3寸屏幕(分辨率：2560*2560)



**12寸晶圆：切割
82块1.3寸屏幕
PPI : 2785**

12英寸晶圆切1.03寸屏幕(分辨率：2560*2560)

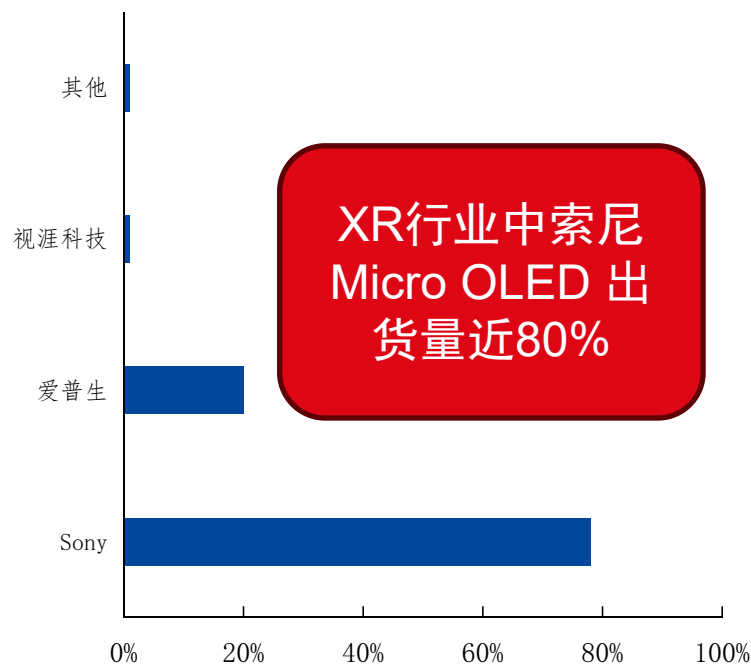


**12寸晶圆：切割
120块1.03寸屏幕
PPI : 3515**

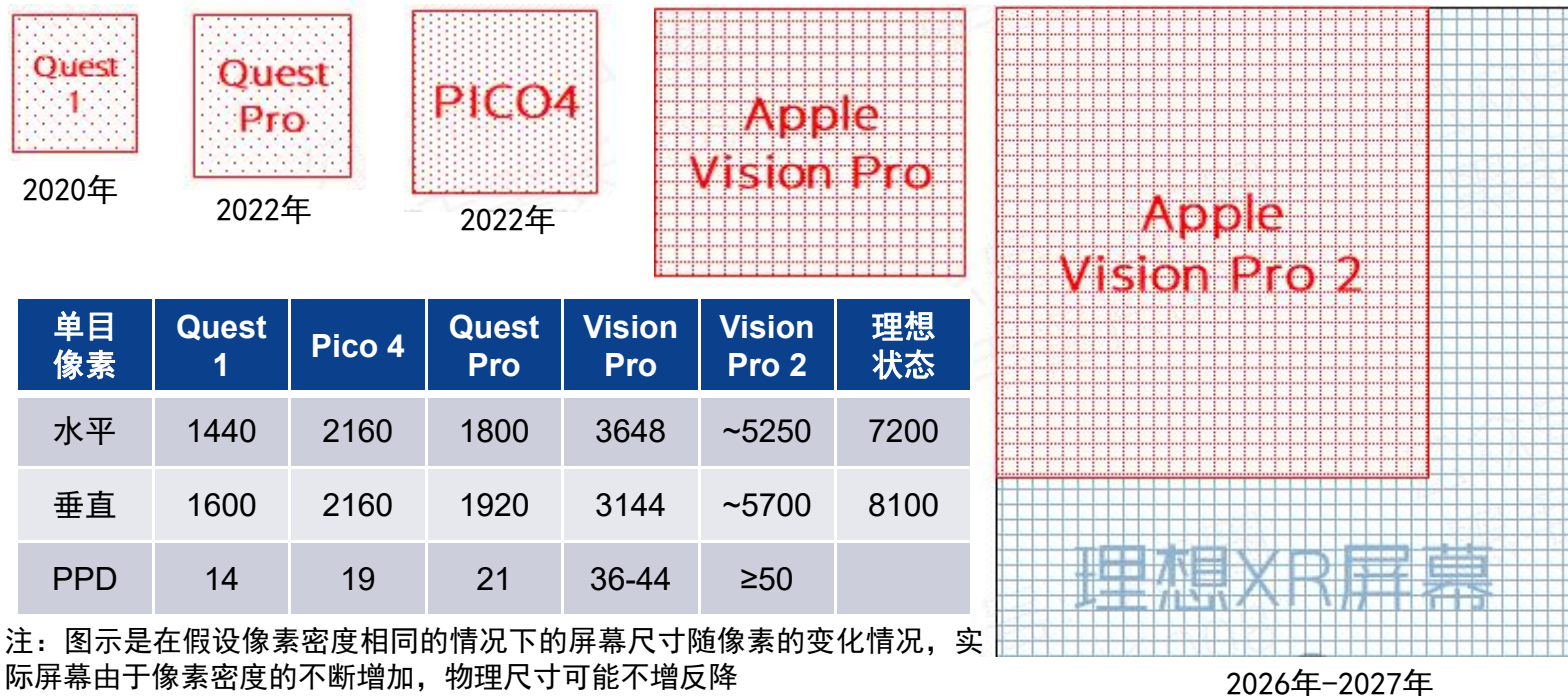
2.1.3 显示技术（硅基OLED）：XR中索尼Micro OLED 出货量近80%，国内建设如火如荼

- ◆ 从近眼显示面板出货的竞争格局（不包含军工用产品出货）来看，目前可以量产硅基OLED（Micro OLED）的厂商依然较少。根据群智咨询数据，在全球XR行业硅基OLED出货量市场份额中，Sony占78%，爱普生和视涯分别占20%和1%。
- ◆ 全球从事开发、生产硅基OLED显示屏的厂商较少，欧美公司较早进入市场，主要为美国eMagin、日本Sony、美国Kopin、法国Microoled、德国Fraunhofer IPMS以及英国MED公司。中国从事硅基OLED显示屏的公司，主要以视涯、北方奥雷德、云南创视界（京东方投资）等为主。清越光电、熙泰智能、湖畔光电、芯视佳、昆山梦显和南京昀光等公司也在布局硅基OLED产线和产品中。

全球XR行业Micro OLED出货量市场份额（%）



XR屏幕升级主线：提升像素&功耗下降



2.1.3 显示技术（硅基OLED）：视涯完成12寸Micro OLED晶圆全场验收，熙泰设计布局18K/M产能

◆ 根据潮电穿戴统计，目前国产硅基Micro OLED产线主要有京东方、熙泰科技、奥雷德、睿显科技、国兆光电、萃松光电和清越的7座8吋工厂，以及已有的宏禧科技、视涯的2座12吋工厂，现在再加上在建的熙泰科技和芯视佳的2座12吋工厂，还有华睿光电、湖畔光电、观宇科技（创王）规划的12吋工厂，有8座国产12吋硅基Micro OLED工厂，6吋和8吋加起来，中国将有15座硅基Micro OLED工厂。

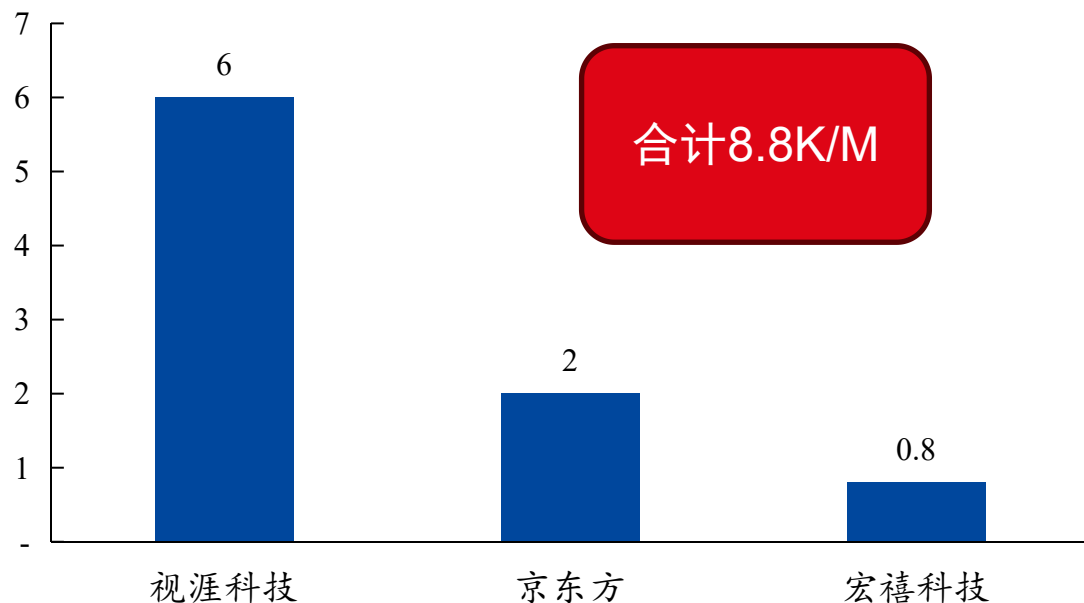
公司	简介	产品	应用端
索尼	索尼硅基 OLED 微显示器种类多、出货量大，月产能约 30 万片，显示屏出货量已累计超过 100 万片，是目前在消费级电子产品市场最大供应商	0.39"1024*768、0.5"1600*1200、0.64"2048*1536、0.7"1920*1080等	雷鸟、Nreal、小米、GOOVISG3Max等，将成为苹果MR 设备硅基 OLED的核心供应商
爱普生	在 2000 年推出微型显示器，是全球首家进入 OLED 微显示领域的厂商；拥有超 42000 平方英尺的先进制造空间；产品具有低功耗、尺寸小、对比度高等特点	9.3μm2048*2048、9.6μm1920*1920、12μm1280*1024 等	适用于所有应用的有源矩阵 OLED 微型显示器：9.3 微米至 15 微米（像素间距）、300000 至 4000000 个（彩色像素）、0.47"至 1.06"（显示对角线）、单色或全彩
京东方	参股公司云南创视界光电(82.76%)，云南创视界 8 英寸硅基 OLED 产线已建成，12英寸产线，分三个阶段实施，项目第一阶段由京东方自有资金进行投资，2021 年起已实现小批量量产出货，2022年实现稳定交付，正常运营中；项目第二阶段及第三阶段暂未安排启动。	0.39"1920*1080、0.71"1920*1080	N.A.
视涯科技	专注 12 英寸晶圆硅基 OLED，合肥一期项目工厂面积达 40000m2，月投产量可达9000片，满产时年产值可达 30 亿元	1.03"2560x2560、0.72"1920x1200、0.49"1920x1080等	已进入大疆 FPV 飞行眼镜 Goggles2、高通无线 AR 智能眼镜参考设计华为、努比亚等产品
奥雷德	目前国内唯一一家批量生产多规格型号主动式 OLED 微型显示器的公司。	800X 600SVGA、1280 X 1024SXGA、2048X2048 等	N.A.
清越光电	主要生产0.39 寸、0.61 寸白光、彩色硅基 OLED 显示器件	N.A.	N.A.

公司	国家	工厂	应用领域
京东方	中国	8寸	消费者
		12寸	消费者
视涯科技	中国	12寸	消费者
Hengxu	中国	8寸	消费者
		12寸	消费者
熙泰智能	中国	8寸	消费者
		12寸	消费者
奥雷德	中国	8寸	军队
昆山梦显	中国	8寸	消费者
AOL	中国	8寸	消费者
国兆光电	中国	8寸	军队
Cuisong	中国	8寸	消费者
Sony	日本	12寸	消费者
eMagin	美国	12寸	军队/消费者
MicroOLED	法国	8寸	军队/消费者
台积电	中国	8/12寸	消费者
芯视佳	中国	12寸	消费者
Csor	中国	8寸	消费者
湖畔光电	中国	8寸	消费者
		12寸	消费者
瑞云科技	中国	8寸	消费者
LGD	韩国	12寸	消费者
SDC	韩国	12寸	消费者
宏禧科技	中国	12寸	消费者

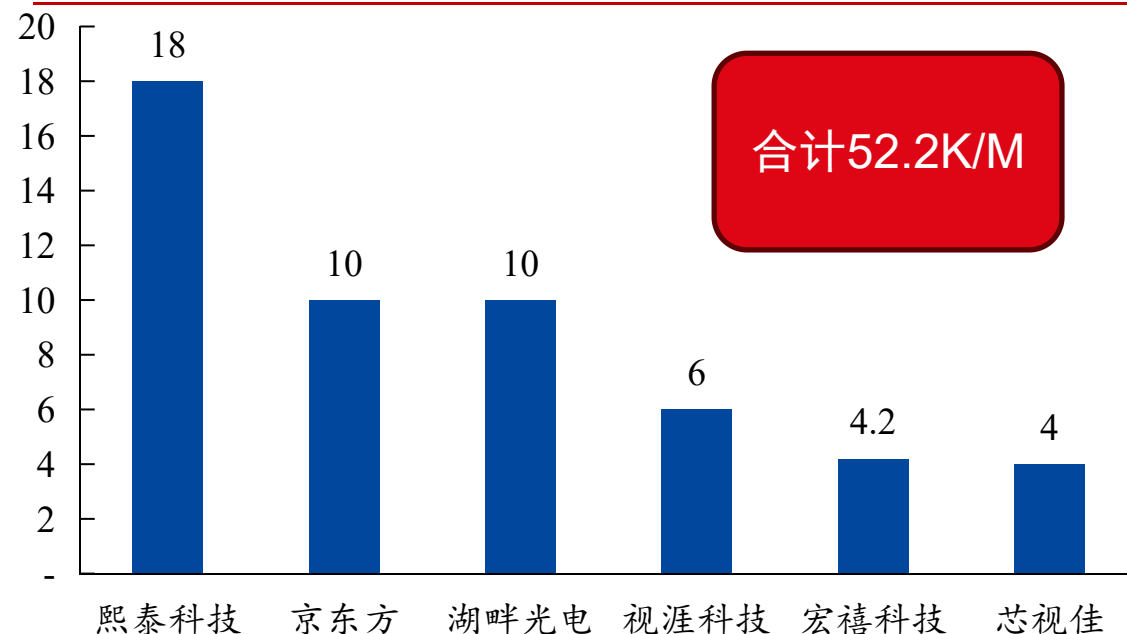
2.1.3 显示技术（硅基OLED）：视涯完成12寸Micro OLED晶圆全场验收，熙泰设计布局18K/M产能

◆ Micro OLED 12英寸晶圆制备要求远高于8英寸Micro OLED，目前国内已验收完毕的企业只有三家，按产能排名分别是视涯、京东方和宏禧科技。根据势银（TrendBank）统计，视涯位居第一，于2023年1月完成全场验收，产能占比超过50%，为6K/M；京东方在规划8英寸Micro OLED的基础上，12英寸Micro OLED于2022年实现产能2K/M；宏禧科技占总产能的9.09%，产能为0.8K/M。熙泰规划总产能为18K/M，其中6K/M将在2023年完成验收；京东方预计在两年内分别增加4K/M的产能，达到10K/M，与湖畔光电并列第二；视涯保持6K/M产能不变；宏禧科技预期增添产能4.2K/M；2024年芯视佳预估验收产量为4K/M（截至2023H1）。

12寸 Micro-OLED晶圆企业产能情况（已验收项目）



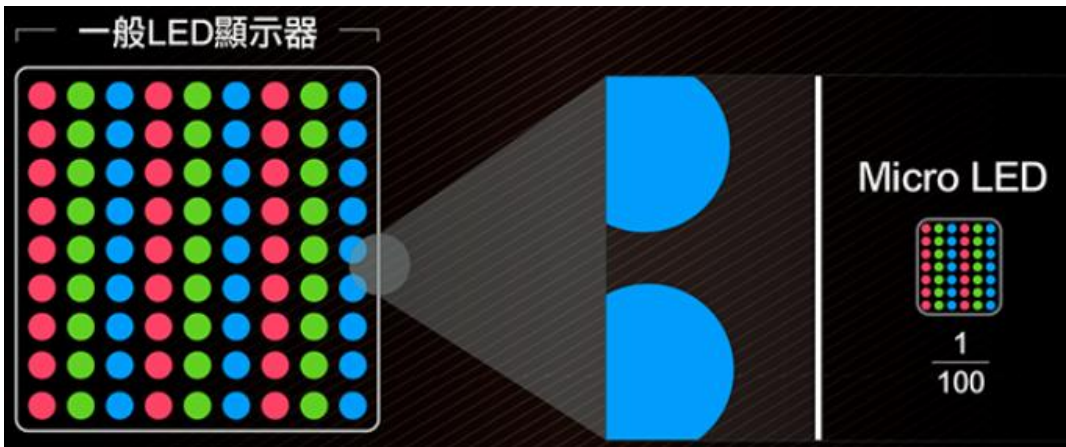
12寸 Micro-OLED晶圆企业产能情况（包含已验收和计划中项目）



2.1.4 显示技术（Micro LED）：高密度集成的LED阵列

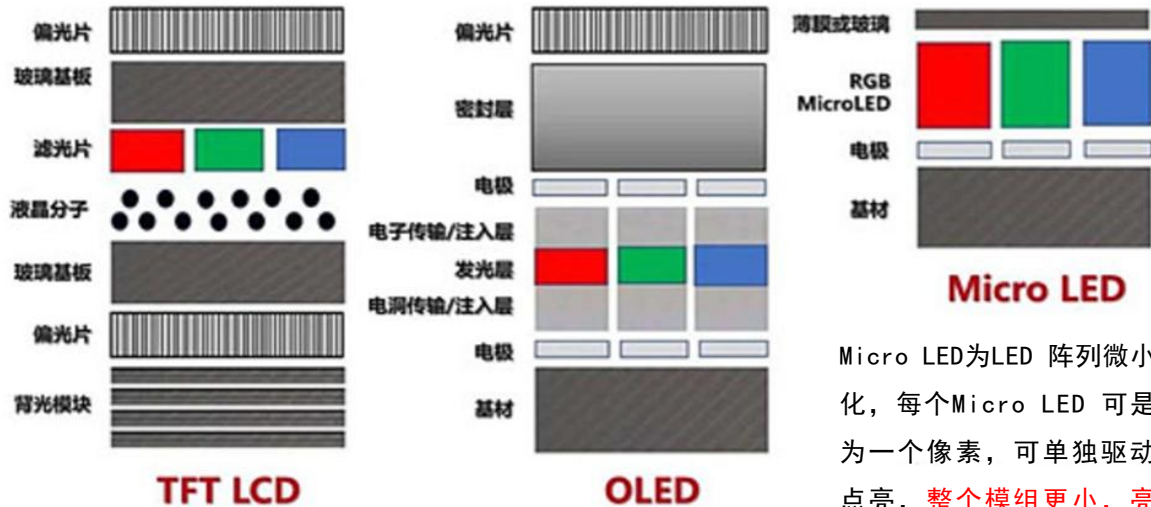
◆ Micro-LED又称微型发光二极管，是指高密度集成的LED阵列，阵列中的LED像素点距离在10微米量级，每一个LED像素都能自发光。LED微缩化和矩阵化技术指在一个芯片上集成高密度微小尺寸LED阵列。LED显示屏每一个像素可定址、单独驱动点亮，可看成是户外LED显示屏的微缩版，将像素点距离从毫米级降低至微米级。该技术将传统的无机LED阵列微小化，每个尺寸在10微米尺寸的LED像素点均可以被独立的定位、点亮。Micro-LED的显示方式十分直接，将10微米尺度的LED芯片连接到TFT驱动基板上，从而实现对每个芯片放光亮度的精确控制，进而实现图像显示。

一般LED Vs. Micro LED显示器



Micro LED技术是将LED微缩至长度仅100um以下，是原本LED的1%，且通过巨量转移技术，将微米等级的RGB 三色的Micro LED搬移到基板上，形成各种尺寸的Micro LED示器。

TFT-LCD Vs. OLED Vs. Micro LED



TFTLCD是通过液晶通电、分子转移，搭配彩色滤光片与背光源，让每个像素含有红、蓝、绿三原色，可混合出各式颜色光。

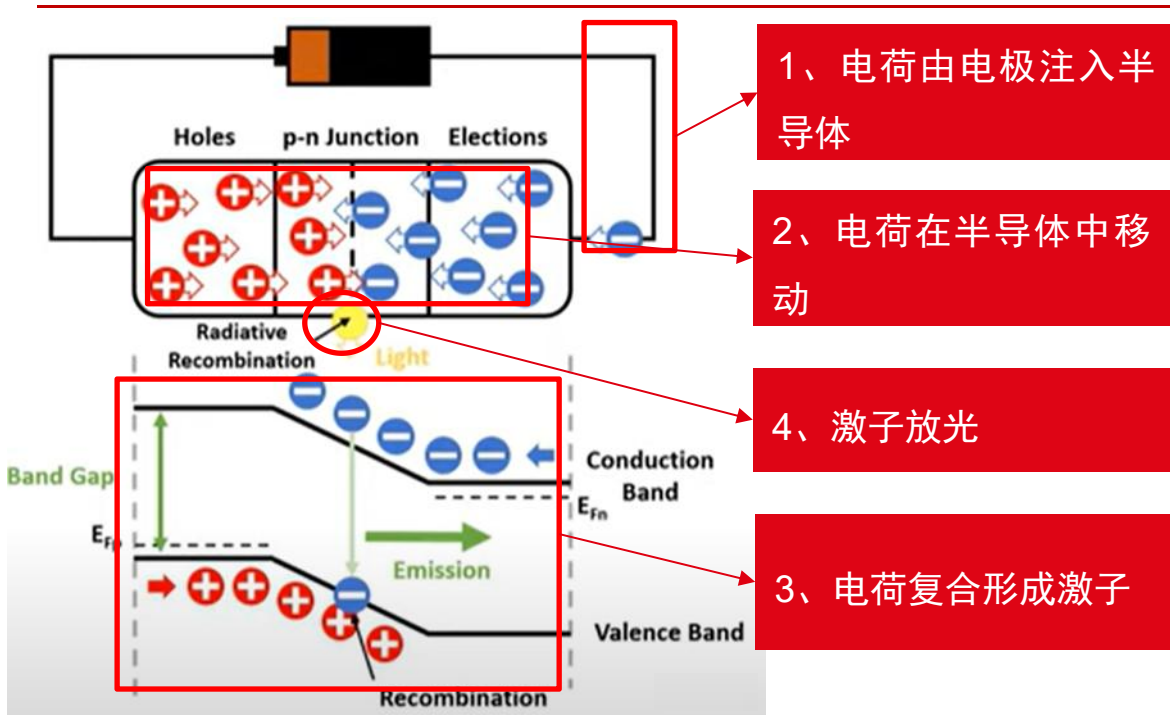
OLED是由电流驱动有机薄膜自发光，可发出红、蓝、绿等单色光混色，颜色较一般液晶屏幕更为鲜艳。

Micro LED为LED 阵列微小化，每个Micro LED 可是为一个像素，可单独驱动点亮，整个模组更小，亮度、画质、反应速度都能有更好的提升。

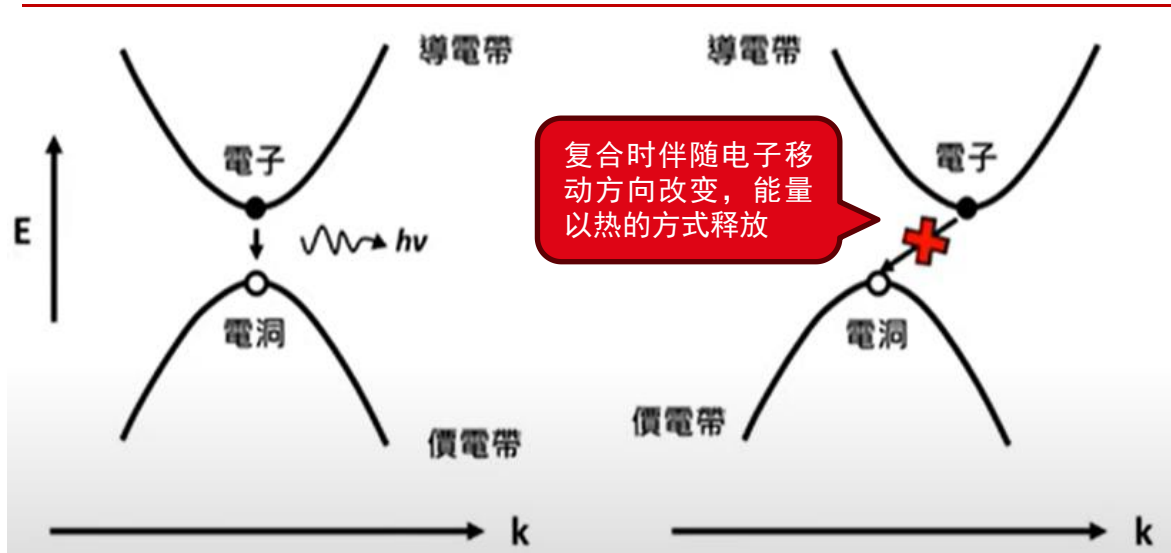
2.1.4 显示技术（Micro LED）：电荷复合，激子放光

- ◆ 同LED一样，Micro LED典型结构是一个半导体器件，由直接能隙半导体材料构成。半导体晶片由两部分组成，一部分是P型半导体，在它里面空穴占主导地位，另一端是N型半导体，在这边主要是电子。但这两种半导体连接起来的时候，它们之间就形成一个P-N结。当电流通过导线作用于这个晶片的时候，电子就会被推向P区，在P区里电子跟空穴复合，然后就会以光子的形式发出能量。
- ◆ 放光颜色取决于材料的能隙，如磷化铟镓（InGaP）→红、黄LED，氮化铟镓（InGaN）→蓝、绿LED。

Micro LED工作原理图



直接能隙 Vs. 间接能隙



材料导电带最低点与价电带最高点在同一K值，称为直接能隙
粒子间交互作用：能量守恒，动量守恒

2.1.4 显示技术（Micro LED）：全彩化技术为该领域研究热难点

Micro LED全彩化技术路线

RGB三色LED法

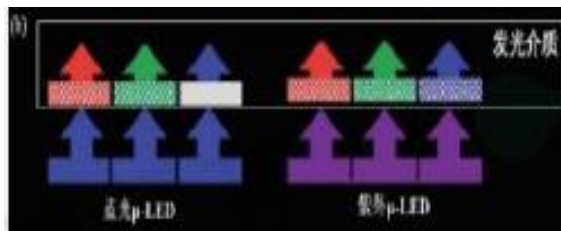


- 显示器件的每个像素由红色Micro-LED、绿色Micro-LED和蓝色Micro-LED组成。
- 技术挑战：**三次巨量转移难度大**

布局厂商

苹果、友达光电、华星光电、GLO、kyocera京瓷、LG、Mikro Mesa、三星、PlayNitride、**天马微电子、维信诺、JBD**

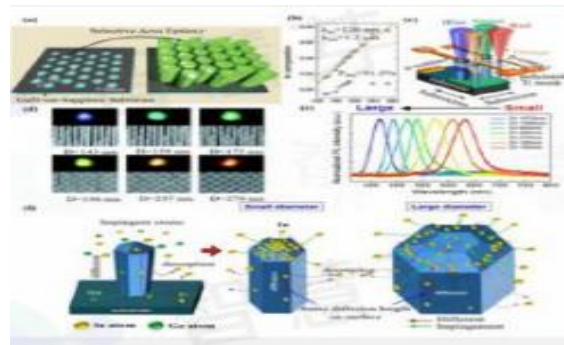
波长转换法



- 蓝光/紫外Micro-LED作为激发光照射到**量子点材料**分别辐射出红光和绿光，因而由蓝光/紫外Micro-LED、红光量子点、绿光量子点即可实现全彩显示的功能
- 技术挑战：**量子转换效率和光串扰问题**

Aledia、友达光电、株式会社eLux（日本）、群创光电、康佳、LG、Saphlux、夏普、三星显示、**天马微电子、维信诺**、应用材料、日本V-TECH

3D纳米线法

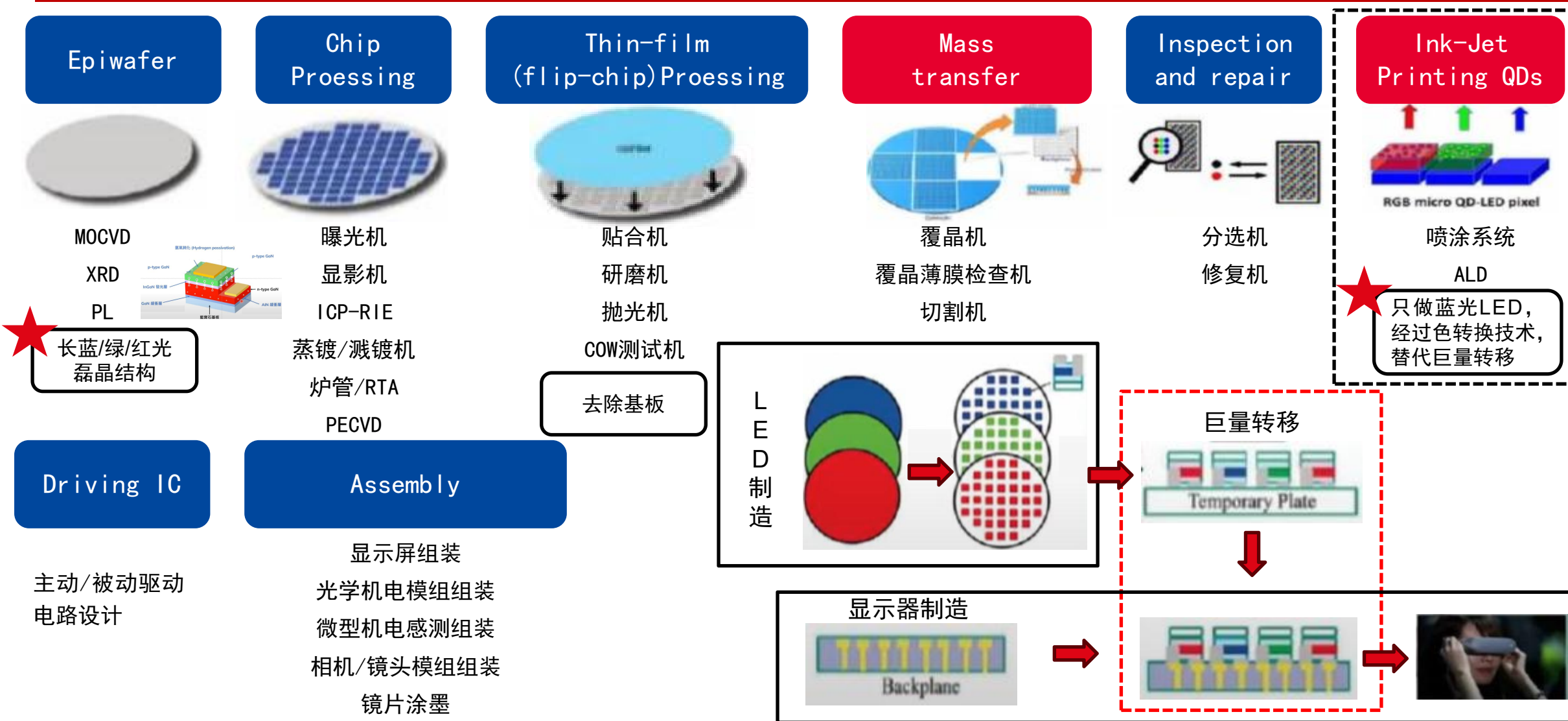


- GaN与不同含量的In/Al合金化时，其发光范围可覆盖RGB光谱，生长InGaN/GaN纳米线像素，调节纳米线直径以及对纳米线LED中的In含量进行精确控制来调节光谱，In掺杂量减少，发射波长蓝位移（频率升高，波长缩短）。
- 技术挑战：**In含量难精确控制**，难配置驱动电路的阵列

Aledia、GLO、英特尔、JDI公司、NS Nanotech（美国公司）、欧司朗、三星、SDP

2.1.4 显示技术（Micro LED）：巨量转移为当前技术难点之一

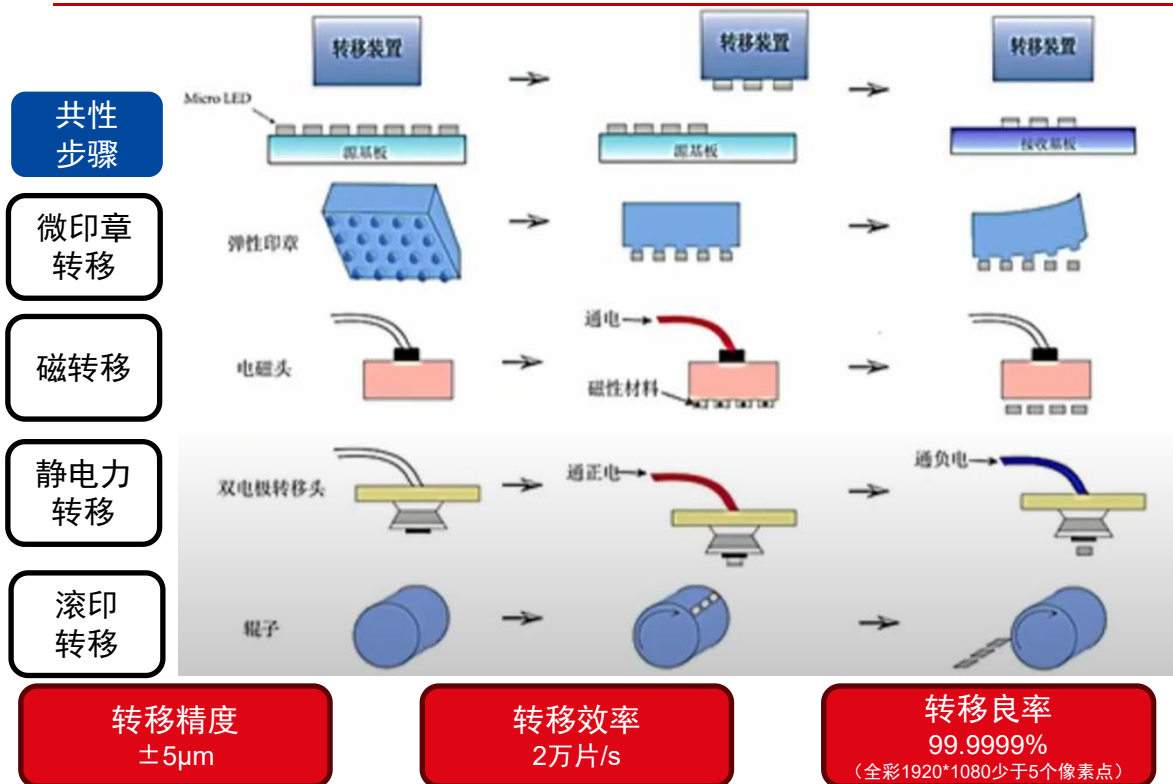
Micro LED显示器制造流程图



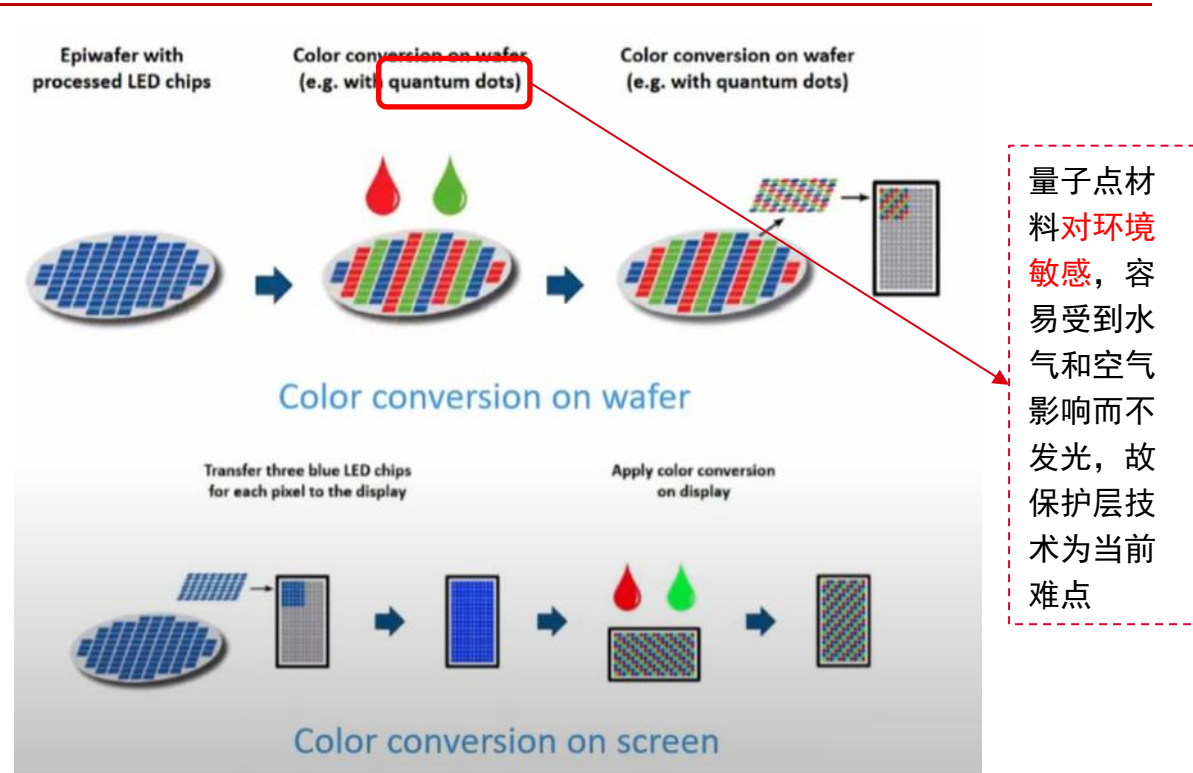
2.1.4 显示技术（Micro LED）：巨量转移为当前技术难点之一

- ◆ 由于Micro-LED发光层和驱动基板生长工艺差异，很难通过生长工艺将显示阵列和驱动器件集成起来，所以需要转移步骤将制作好的Micro-LED晶粒转移到驱动电路基板上。以一个4K电视为例，需要转移的晶粒就高达2400万颗（以4000x2000 X RGB三色计算），即使一次转移1万颗，也需要重复2400次，转移过程中转移效率/精度、良率问题将重点影响转移后显示性能。

巨量转移技术类别

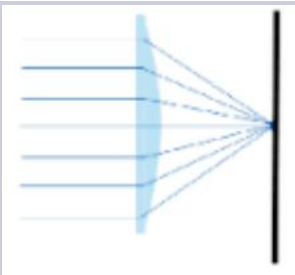
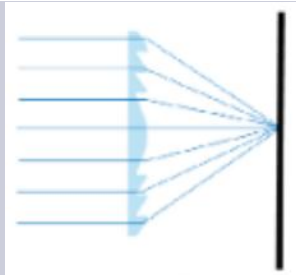
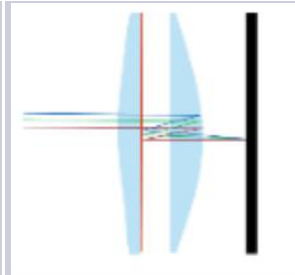
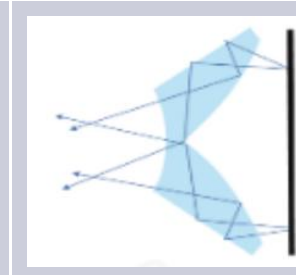
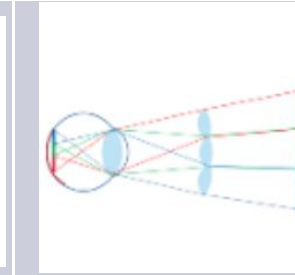
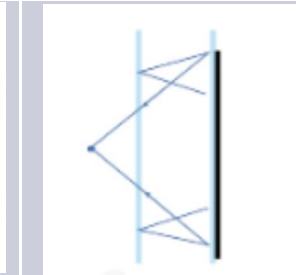
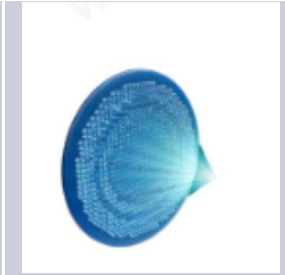


色彩转换技术



2.2 光学 (VR)：轻薄化+沉浸感+性价比三元悖论

- ◆ 光学元件的重点需求包括设备轻薄化、提供高沉浸感、高性价比，由于三个原则之间互相制约，光学元件的优化方向需根据产品定位进行权衡。

	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		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	Meta Quest 2 Pico neo 3等	华为VR Glass 苹果MR等	Lynx	暂无	暂无	暂无

2.2.1 原理：在人眼面前放置一个凸透镜，起到放大+聚焦的作用

- ◆ 从聚焦的角度来看，该透镜允许当物距小于25cm时，增加额外的屈光实现人眼视网膜清晰成像（对于正常视力的人眼来讲，能够看清楚的距离大概为25cm到无穷远）。
- ◆ 从放大的角度来看，该透镜放大物体（也就是VR的屏幕），增加用户沉浸感。

人眼可看清的焦距范围（cm）

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

u-物距
v-像距
f-焦距

物距为物体到人眼的距离，像距为人眼中晶状体和角膜到视网膜的距离，基于人眼结构，像距保持固定不变（成人约为1.7-2.5cm，假设为2cm）。

人眼看向远点（物距无穷大）

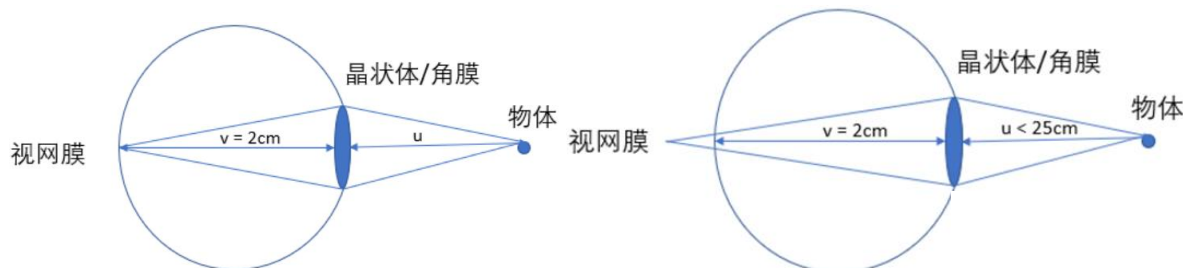
人眼看向近点（ $u < 25\text{cm}$ ）

$$\frac{1}{\infty} + \frac{1}{2} = \frac{1}{f}$$

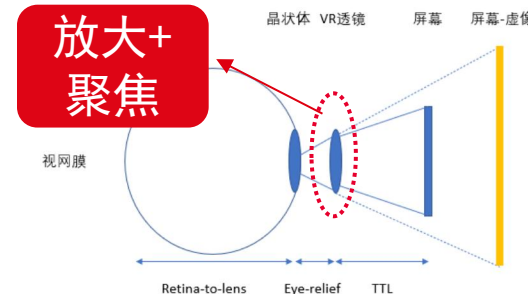
$$1.85 < f < 2$$

$$\frac{1}{25} + \frac{1}{2} = \frac{1}{f}$$

当人眼从远看向近处物体时，焦距可以从2cm减小至1.85cm，这也是人眼可以调节的焦距的变化范围。当物距小于25cm，由于人眼屈光度有限，焦距最小为1.85cm，而像距则固定为2cm，导致无法清晰成像，而显得模糊不清。

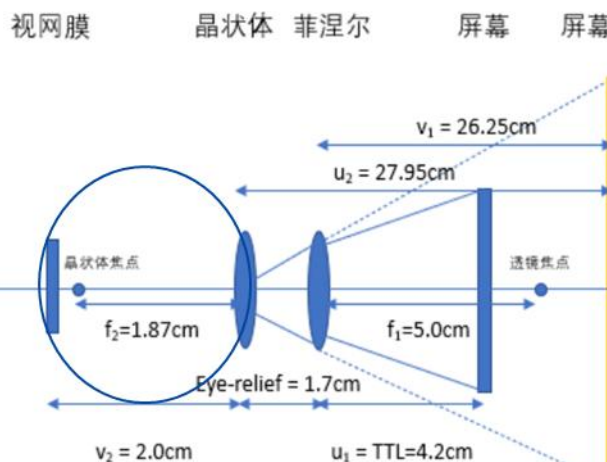


VR光学原理



TTL: 屏幕到透镜的距离，如果有多个透镜，则为屏幕到人眼最后一块透镜的距离

Eye Relief: 透镜到人眼的距离，出瞳距离影响视角，距离越小，用户看到的视角更广，但如果出瞳距离过小，不利于佩戴近视眼镜的用户



假设： $f_1 = 5\text{cm}$ ， $u_1 = 4.2\text{cm}$
 （菲涅尔透镜焦距约为40mm-50mm。基于成像放大原理，我们推测菲涅尔透镜光学模组的聚焦略大于TTL，假设为50mm。TTL，即光学模组厚度，减去部分屏幕和透镜厚度）

$$\frac{1}{4.2} + \frac{1}{v} = \frac{1}{5} \quad v_1 = -26.25\text{cm}$$

放大

由于物距小于焦距，在屏幕同侧距离菲涅尔透镜约26.25cm处形成放大虚像（ $\frac{v_1}{v_2} = \frac{26.25}{2.64} = 6.25$ 倍）。

聚焦

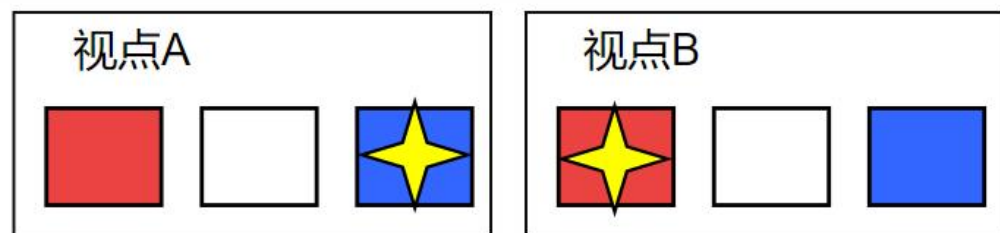
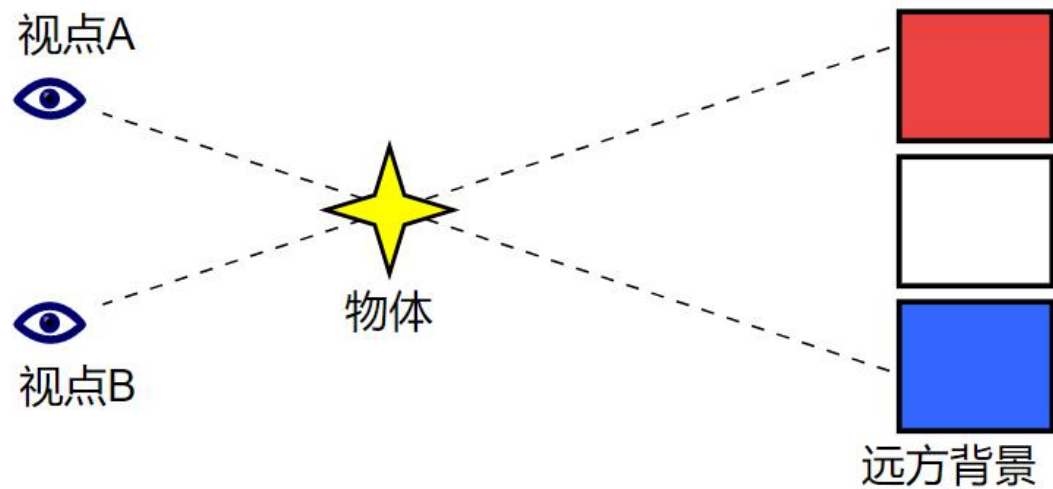
$$\frac{1}{26.25 + 1.7} + \frac{1}{2} = \frac{1}{f} \quad f_2 = 1.87\text{cm}$$

人眼的焦距介于1.85cm和2cm之间，因此可以清晰成像

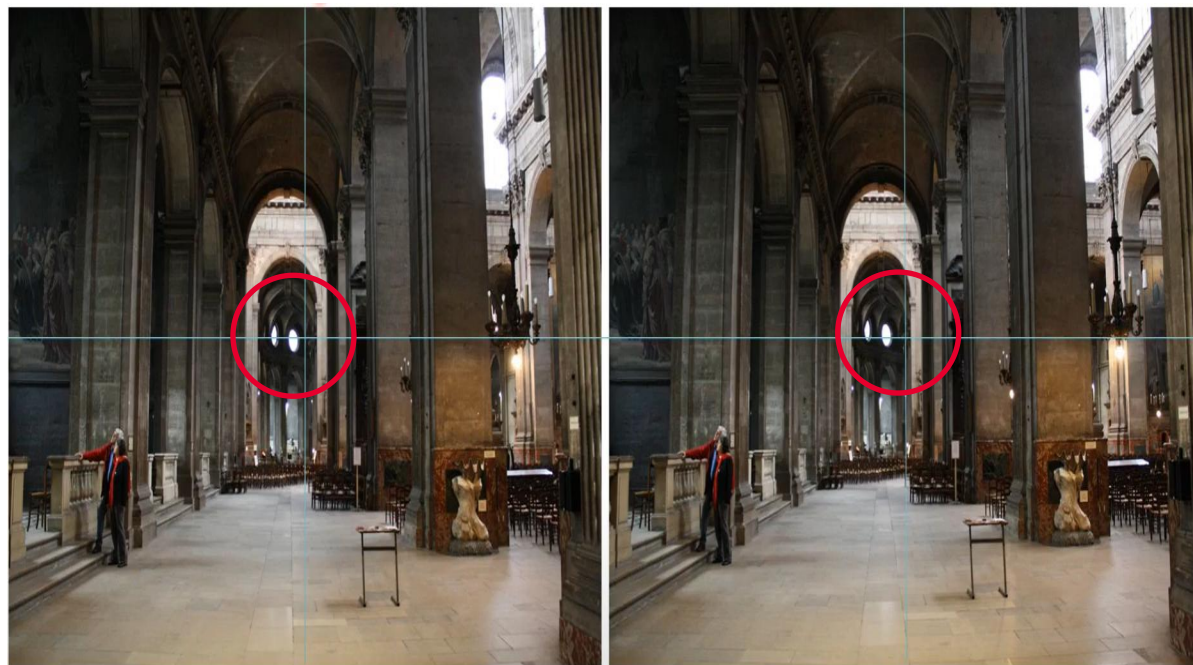
2.2.1 原理：双眼视差构建立体视觉

- ◆ 左右两只眼睛对于不同远近物体会会有不同视角，大脑利用双眼视差构建立体视觉。人眼在观看物体时，左右眼看到的图像是不完全一样的，称为视差。左右眼看到的带有视差的图像传给大脑，大脑就可以判断物体距离远近，越近的物体视差就越明显。VR眼镜将左右屏幕分开，分别呈现含有视差的左右图像，在屏幕上具有不同的视差，在观看时，就有虚拟3D感觉。

单眼看物体视角不同



VR左右屏幕所呈现的视差图片样例

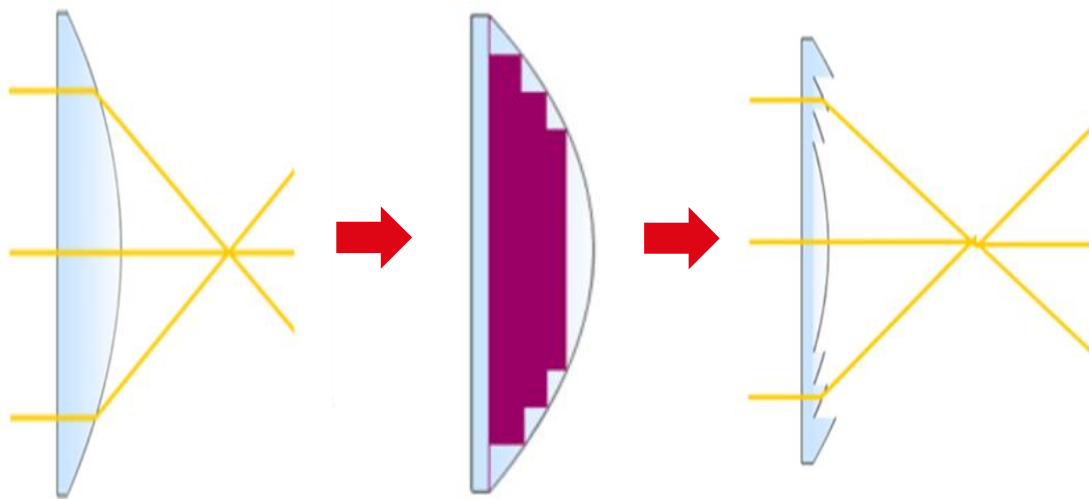


左边图片两个窗子更多处于第三象限，
右边图片则是第二象限

2.2.2 菲涅尔透镜：技术成熟并可大规模量产，无法满足高沉浸感

- ◆ 菲涅尔透镜是普通凸透镜连续的曲面被截为一段一段曲率不变的不连续曲面，从正面看像一圈圈的螺纹。
- ◆ 优点：成像更加清晰，可获得更大视场角，基本大于 100° ，量产难度低，成本低；
- ◆ 缺点：搭载菲涅尔透镜的设备体积更大，且容易产生畸变，增多螺纹可以看到更清晰的图像但是会影响曲率和光线聚焦，减少的螺纹则会影响清晰度，易出现杂散光、眩光。

菲涅尔透镜形成原理

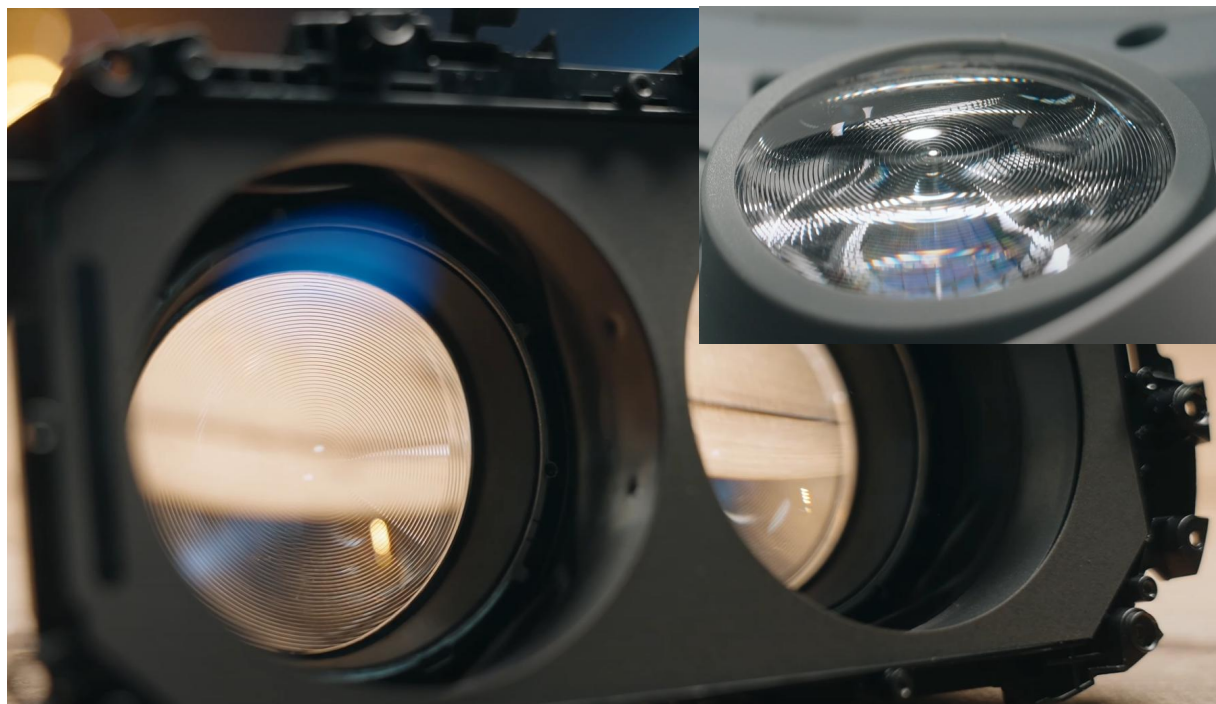


光经过透镜的曲面处发生折射

去掉不改变光路的部分，将曲面部分保留，将剩余部分平移至透镜底部

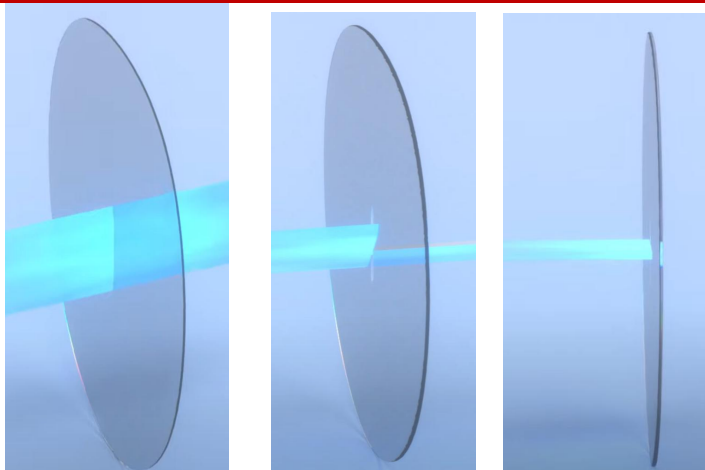
光线同样可以汇聚，不过焦距变短了

菲涅尔透镜产品图



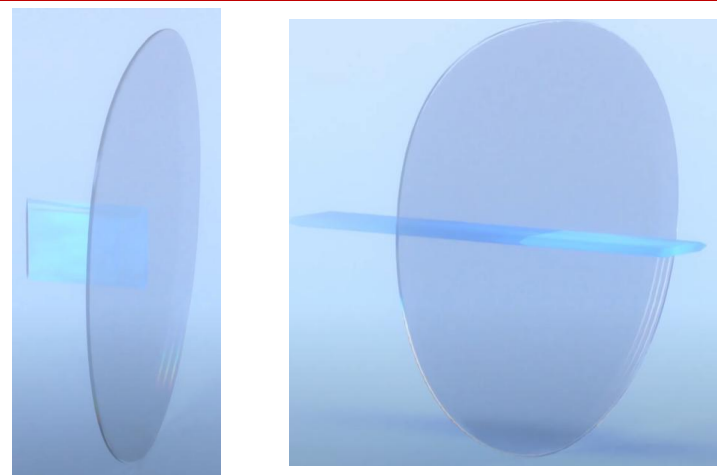
2.2.3 Pancake: 通过各类膜片组合控制光线偏振实现光路折返

偏振片



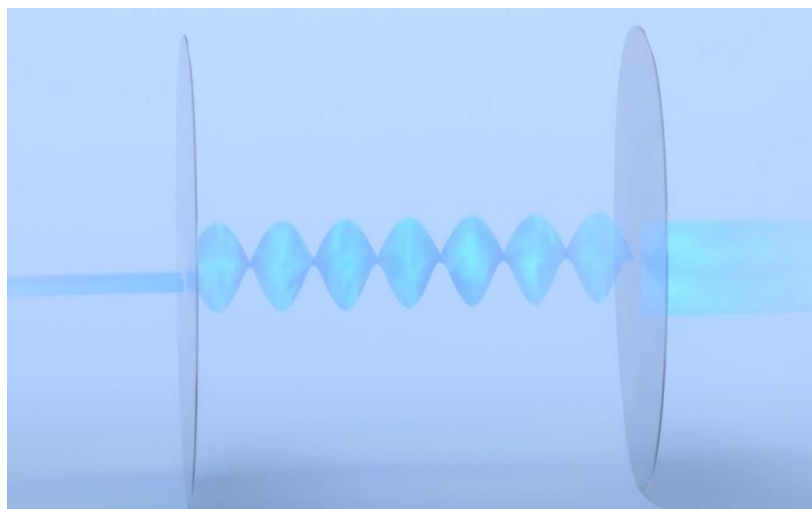
作用：**允许通过与其检偏方向相同的线偏振光**，如果线偏振光方向与偏振片检偏方向垂直，则无法通过偏振片。光源需要发出特定方向的偏正光，

反射偏振膜



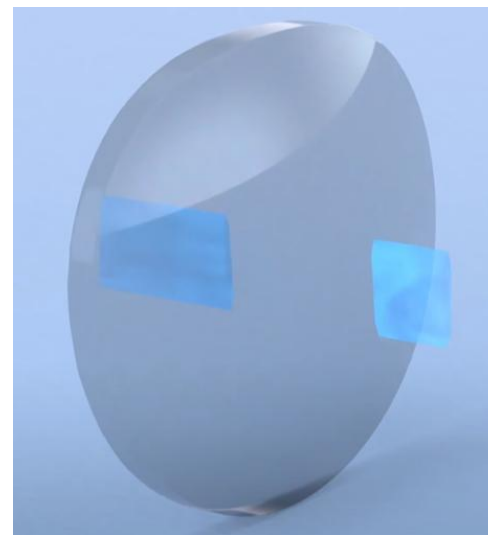
作用：**根据光线的偏振方向，决定光线反射还是通过**。遇到反射偏振膜的如果是垂直线偏振光，则将被反射回去。如果是水平线偏振光，光线则会通过反射偏振膜

1/4 波片



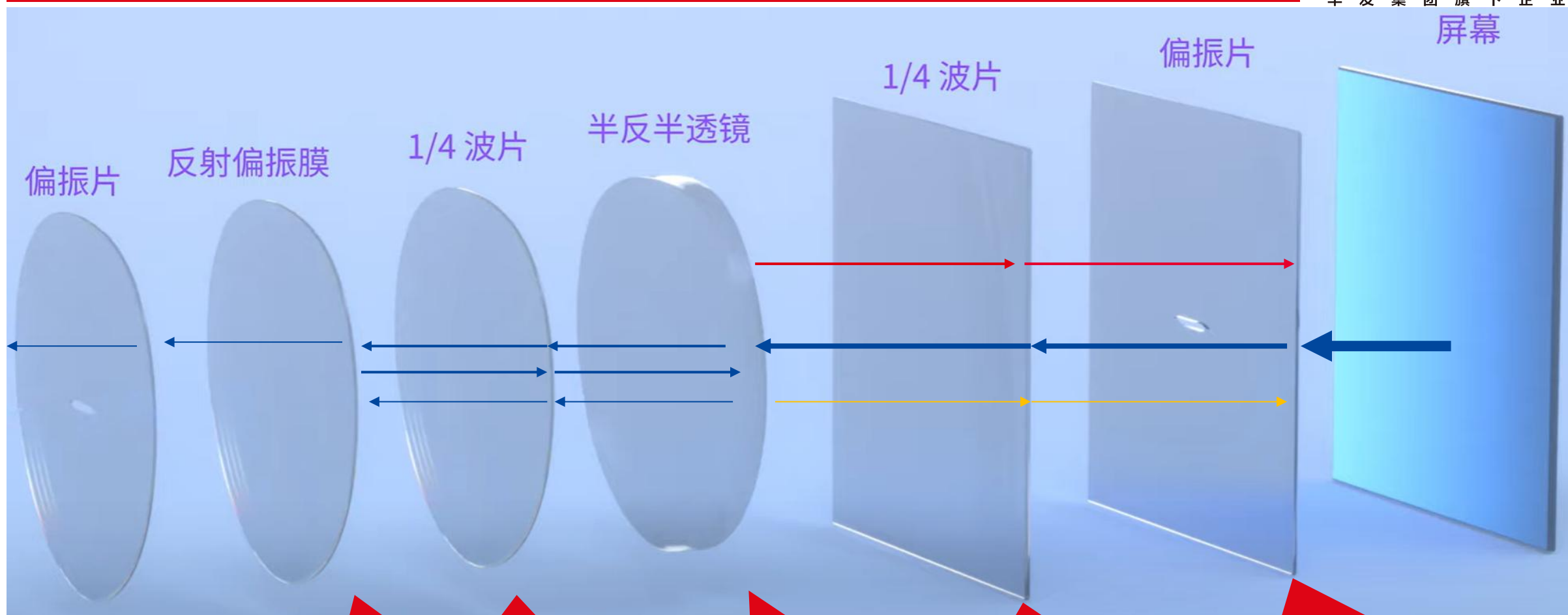
作用：**在光路设计中1/4波片一般是成对使用**。通过1/4波片的线偏振光会变成圆偏振光，圆偏振光再通过一次1/4波片就会重新变回线偏正光，但**震荡方向被旋转了90°**。

半反半透膜



作用：经过半反半透膜的光线有一般会被反射，一半会被通过。半反半透膜被镀在Pancake模组透镜的内侧。

2.2.3 Pancake: 通过各类膜片组合控制光线偏振实现光路折返



折叠光路缩短光学TTL（光学路径），减轻光学模组厚度

垂直偏正光被折返，再次通过1/4波片、半反半透镜，变为水平线偏振光。

光路第二次经过1/4波片，圆偏振光会转变成线偏振光，且变为垂直方向。

来到透镜内侧的半反半透镜，此时一半光线被反射，一半光线通过。

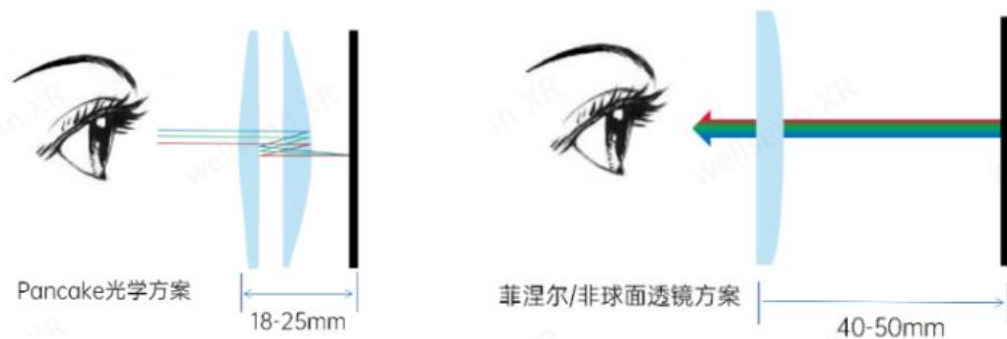
第一次通过贴在屏幕上的1/4波片，线偏振光会转变成圆偏振光

为了让光学膜片发挥作用，光源需要发出特定方向的偏正光，需要在屏幕外侧贴水平方向偏正片，让屏幕发出的光线都是水平线偏振光。

2.2.3 Pancake：轻薄/高成像质量/可调节屈光等优势，但鬼影/高光损不可避免

- ◆ 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。
- ◆ 由于Pancake光学方案是组合透镜（单片式除外），可通过控制其中一片透镜进行屈光度调节，对于需要佩戴眼镜的用户而言（0-700°），可以调整到适合自己的度数，摘掉眼镜佩戴。

Pancake与传统光学方案TTL（光学路径）对比

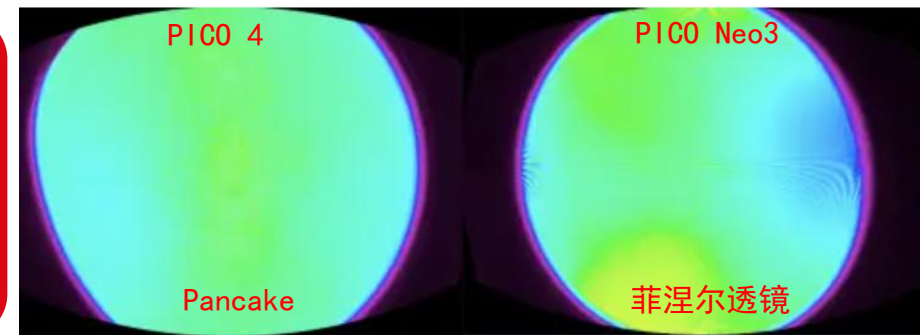


Pancake与传统光学方案实际模组厚度对比

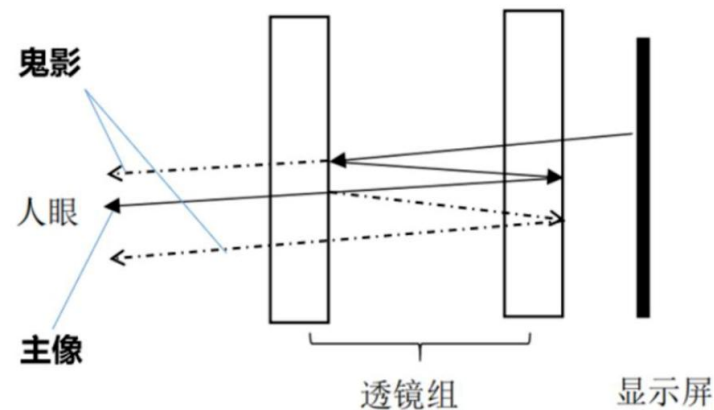


Pancake与传统光学方案入眼亮度对比

PICO 4 入眼亮度更均匀，可以更好还原画面图像色彩。入眼亮度的均匀分布，还能在视力保护方面有一定功效



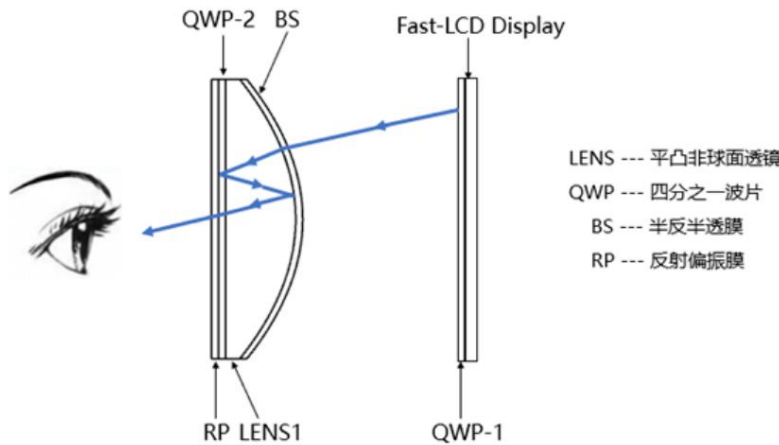
Pancake鬼影产生原理



由于 Pancake 折叠光路的光学性质，导致光源在折返过程中，存在偏振漏光等形成的杂散光，从而影响到最终入眼成像效果。在 Pancake 折叠光路设计中，鬼影只能降低弱化，不能完全消除。

2.2.3 Pancake：贴合三片式Pancake光学方案间距更小

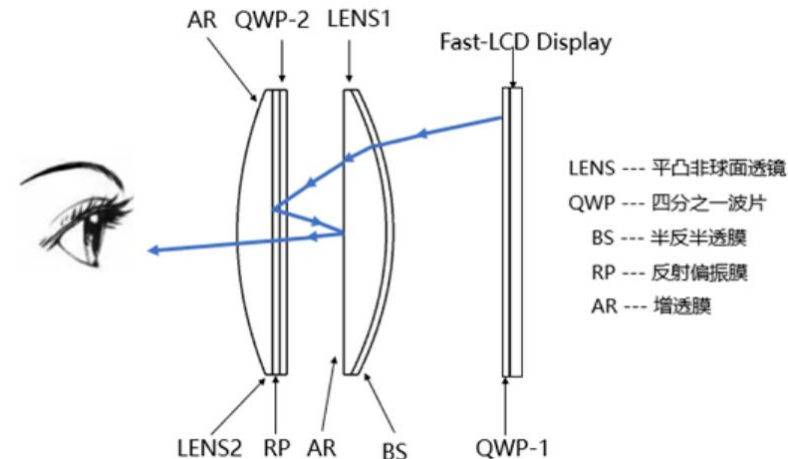
单片式Pancake光学方案的光路图



该方案为单片式Pancake，透镜材质PMMA；透镜形状为平面-凸非球面，靠近显示屏的非球面贴合半透半反膜，靠近人眼的平面依次平贴1/4波片和反射式偏振膜。

PICO 4: 水平FOV105°，模组厚度约**30mm**，显示屏为2.56英寸Fast-LCD

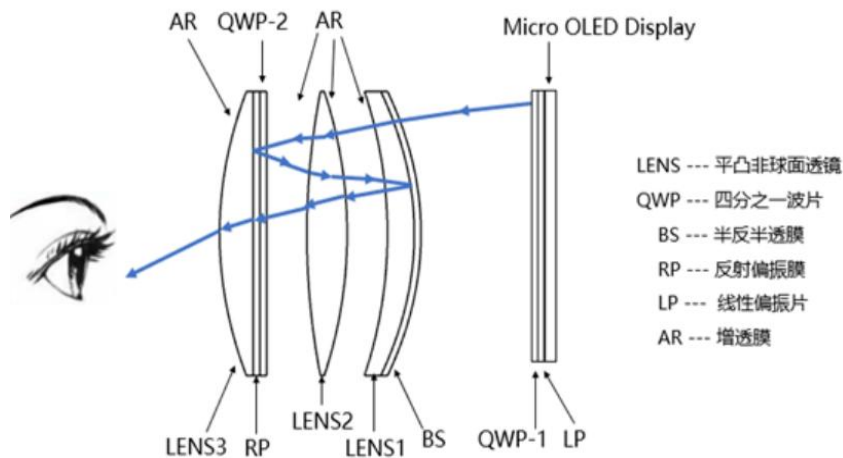
双片式Pancake光学方案的光路图



该方案为两片式Pancake，两片透镜形状都为平面-凸非球面，且平面相对，靠近显示屏的LENS1的凸非球面贴半透半反膜，LENS2的平面依次平贴反射式偏振膜和贴1/4波片，其余面镀增透膜。

Quest Pro: 水平FOV106°，垂直FOV96°，模组厚度约**26mm**，显示屏为2.48英寸Fast-LCD。

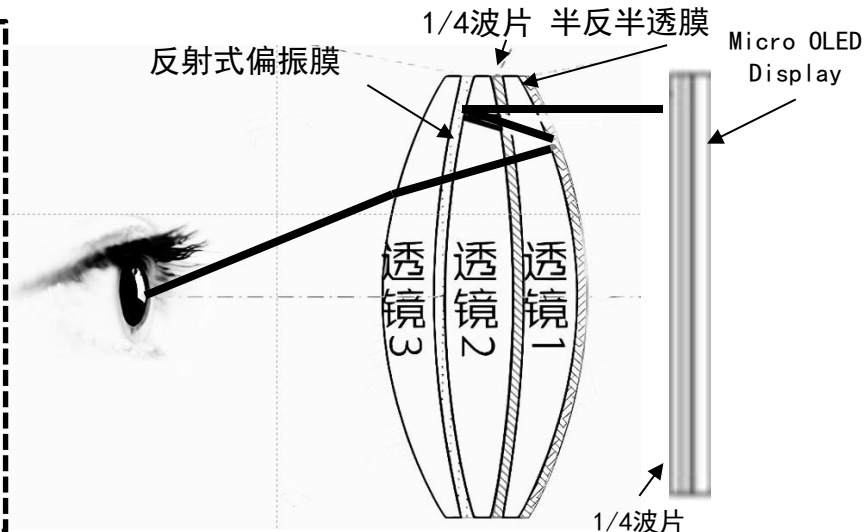
三片式Pancake光学方案的光路图



三片式Pancake，靠近显示屏的LENS1的形状为凹非球面-凸非球面，靠近显示屏的一面贴半透半反膜，LENS2的形状为双凸非球面，靠近人眼的LENS3为凸非球面-平面，LENS3的平面依次平贴反射式偏振膜和1/4波片，其余面镀增透膜。

以一个典型的三片式Pancake光学方案为例，水平FOV100°，模组厚度约**18mm**，显示屏为2.1英寸Micro OLED

三片式贴合Pancake光学方案的光路图



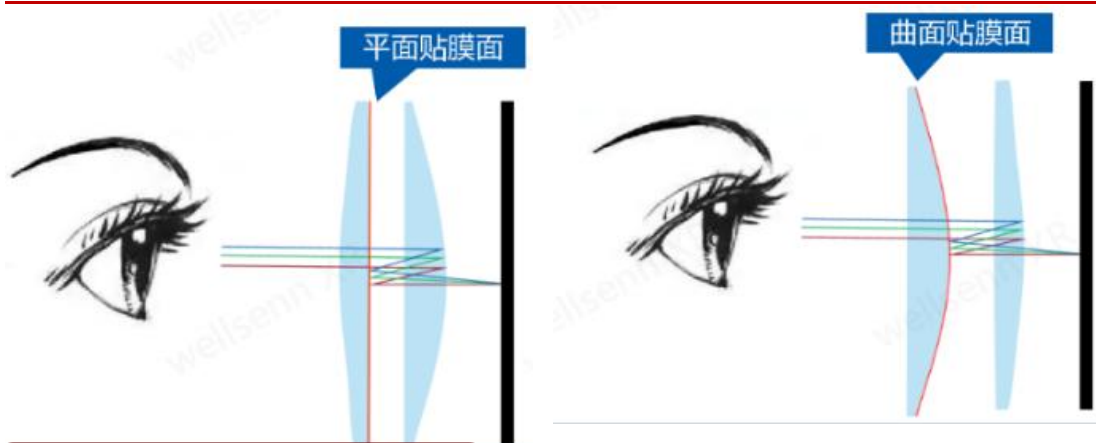
从AVP的Pancake结构图中，有两片透镜采用非规则设计，靠近显示屏的透镜顶部薄、中间厚，中间的透镜顶部厚、中间薄，并且这两个透镜都具有旋转对称性。AVP克服了1/4波片需要平贴，能够曲面设计并在整个透镜中提供相对均匀的延迟

AVP采用贴合三片式Pancake光学方案，水平FOV105°，显示屏为1.41英寸Micro OLED

2.2.3 Pancake: Pancake光学的关键工艺是贴膜

◆ Pancake光学的关键工艺是镀/贴膜，反射偏振膜和1/4波片的质量，以及贴膜的工艺是成像质量的关键因素。目前，高质量的达标的反射式偏振膜和1/4波片以海外为主，包括**3M、旭化成等**，成本高昂，一组透镜的贴膜材料成本达到70-100元。

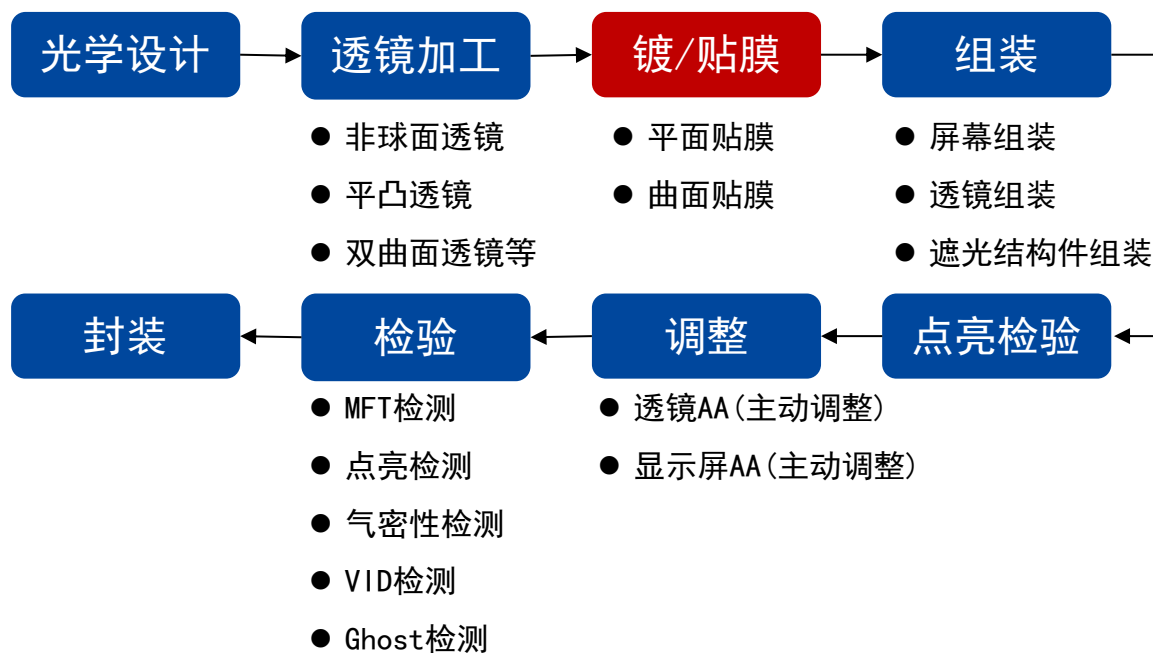
Pancake光学贴膜工艺方案



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



Pancake模组加工流程



Pancake方案所需光学膜材及要求

偏振片	<ul style="list-style-type: none"> ● 偏振度 > 99° ● 透过率 > 43% ● 线偏正光稳定产生 	反射偏振膜	<ul style="list-style-type: none"> ● 高偏振对比度 ● 低吸收、低散射 ● 精准选择偏振态
1/4波片	<ul style="list-style-type: none"> ● 任何入射波长，相位延迟均为1/4波长 ● 色散现象随入射波长变化而变化 	减反射/增透膜	<ul style="list-style-type: none"> ● 界面防反射涂层 ● 降低杂散光 ● 高光效

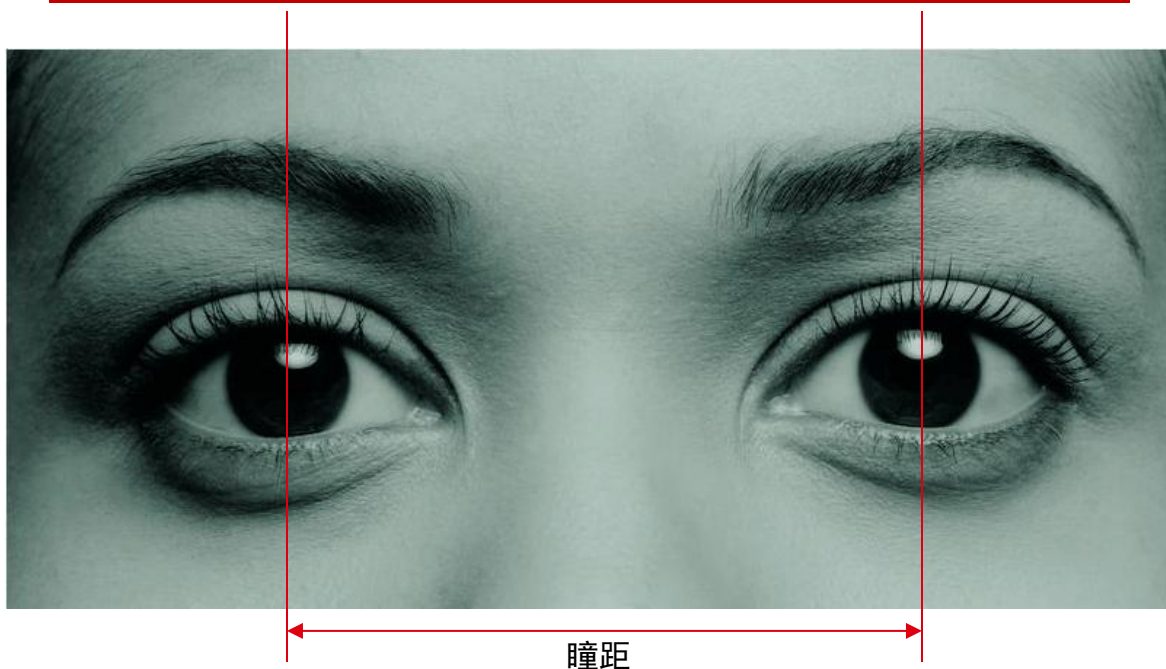
2.2.3 Pancake：国内光学厂商有部分产品进入VR产业链

参数	歌尔股份	欧菲光	视涯技术	耐德佳	惠牛	鸿蚁光电	多普光电
产品图例							
模组口径	50mm	48mm		49mm	37.8mm		33.4mm
FOV	80°	96°	90°	96°	90°	100°	68°
Eye relief	13mm	12mm	12mm	11mm		10mm	12.6mm
Eyebox		8mm	8mm	10mm		8mm	11mm
TTL	18mm	20mm		19mm	21mm	21.2mm	34.2mm
屏幕类型	LCD	LCD	硅基OLED	LCD	硅基OLED	LCD	硅基OLED
屏幕尺寸	2.1寸	2.1寸	1.03寸	2.1	1.03寸	2.1寸	0.71寸
单眼分辨率		2280*2280			2560*2560	1600*1600	1920*1080
屈光度		0-800°	0-500°	0-700°	0-800°	0-800°	-1200° -500°
重量	<20g	<20g		<30g	46g	<23g	<30g
光学畸变		-24.1%	-25.3%			-14.5%	
代表产品	华为VR Glass		arpara 5K		创维 S6		

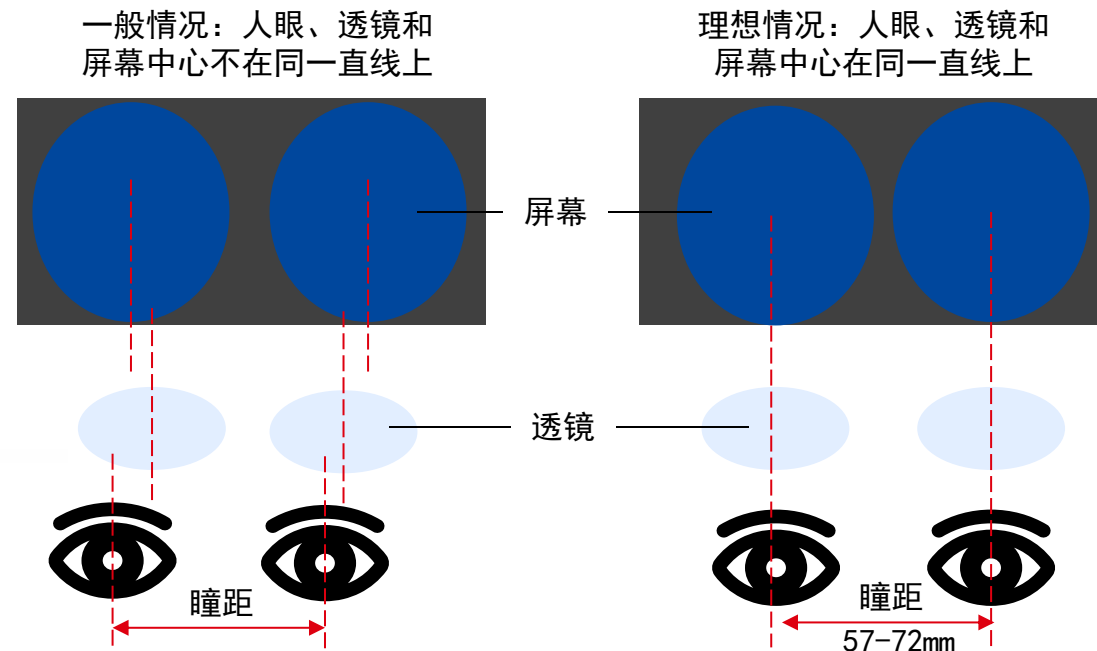
2.2.4 IPD调节：理想状态下人眼、透镜和屏幕中心在同一直线上

- 瞳距全称瞳孔距离（IPD），是指两眼瞳孔中心点之间的距离，即左右眼瞳距中心点之间的距离。每个人的瞳距都是不一样，就像人的体型一样有高矮胖瘦，一般范围是57-72mm目前VR头显的光学为双目显示，如果人眼、透镜和屏幕中心不一致，会导致人的两只眼睛无法落在Eyebox上，导致图像变形或者模糊，同时也会造成人眼的生理不适甚至损伤视力等情况。理想的状态是人眼、光学透镜和屏幕处于处于同一中轴线上，由于每个人的瞳距不一样，因此，VR头显需要支持瞳距调节功能，以适应不同用户。

光学瞳距IPD示意图

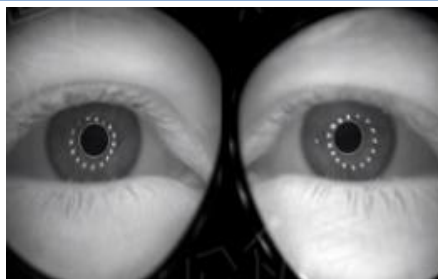


VR光学瞳距IPD调节示意图

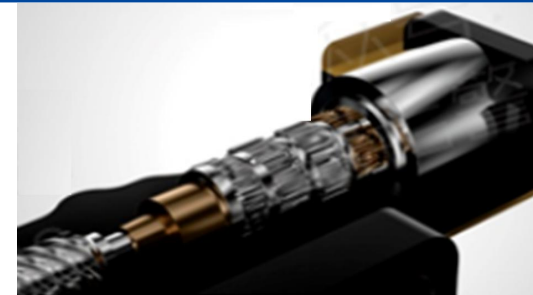


2.2.4 IPD调节：眼动追踪数据驱动IPD调节机械结构

眼动追踪



微型齿轮组



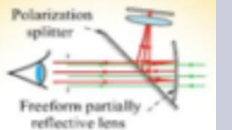
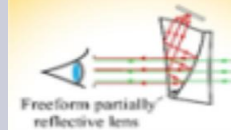

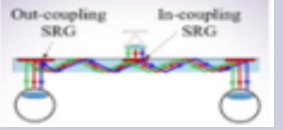
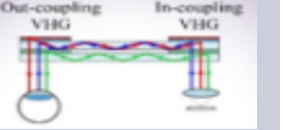
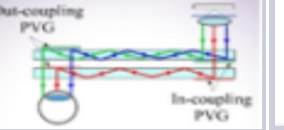
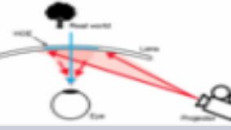
VR眼镜内用多个红外线LED照射眼球，同时用红外摄像头拍摄眼球。（人眼无法感知红外线，视觉不受红外LED影响）

红外摄像头获取眼球瞳孔位置及眼球反射的红外LED位置图像。眼动追踪算法根据瞳孔图像及红外LED反光位置图像，计算得出瞳孔位置、大小及瞳距等信息，并将IPD数据发至IPD调节机械结构驱动电路。

机械驱动电路驱动微型电机、行星齿轮减速机、丝杠等机构，推动VR光学机构位移，对准人眼

品牌	型号	时间	价格	手动/自动	电机驱动	分段/无极	是否单目独立调节
苹果	Vision Pro	2023年6月	2.5万	自动调节	Yes	无极调节	单目独立调节
PICO	4 Pro	2022年9月	~7千				手动调节
Varjo	XR3	2020年10月	~10万	手动调节	No	3档可调	
PICO	4	2020年9月	~3千				手动调节
Meta	Quest Pro	2022年10月	~8千	手动调节	No	3档可调	
PICO	Neo 3	2021年5月	~2千				手动调节
Meta	Quest 2	2020年9月	~3.4千	手动调节	No	3档可调	

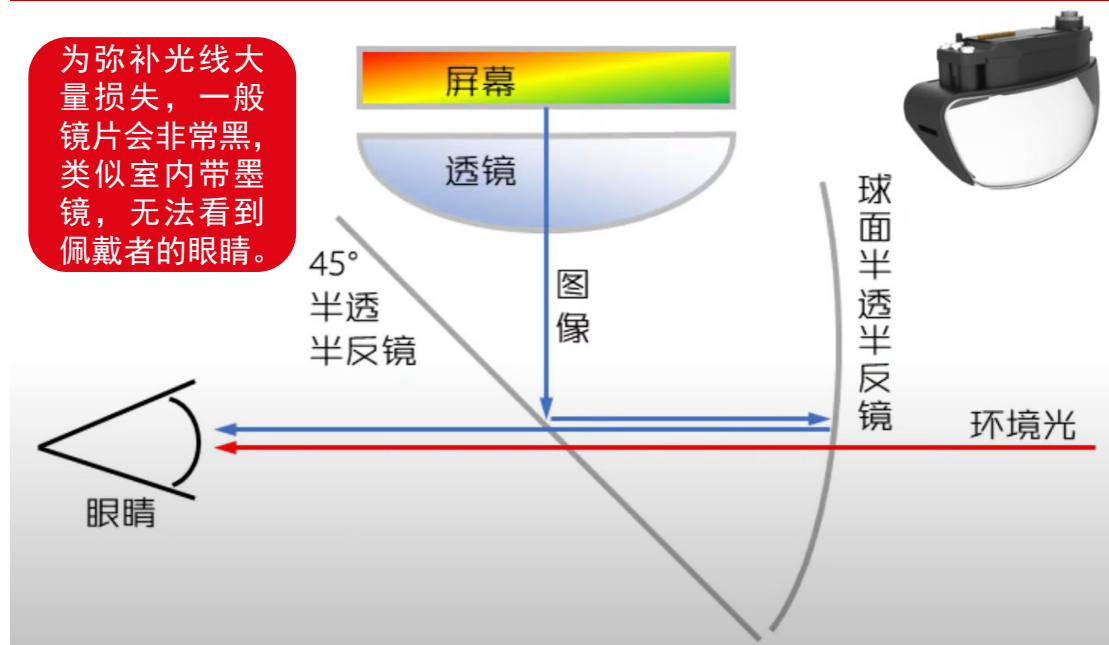
2.3 光学 (AR)：尚未有统一确定技术路线可满足全天候消费级AR眼镜全部需求

参数	传统几何光学		波导光学				HOE
	棱镜	自由曲面/Birdbath	几何波导	衍射光波导			
			阵列波导	表面浮雕光栅 (SRG)	全息体光栅 (VHG)	偏振全息体 (PVG)	
原理图							
体积	大	大	1D大, 2D小	小	小	小	小
厚度	>10mm	>8mm	<2mm	<3mm	<3mm	<3mm	<1mm
视场角 (FOV)	15°	20° ~50°	20° ~50°	30° ~80°	25° ~40°	30° ~50°	30° ~80°
眼动范围 (Eyebox)	小	小	大	大	大	大	大
画面效果	较好	好	较好	较好	较好	一般	一般
能量利用率	~50%	~15%	~10%	~1%	~10%	~4%	~10%
漏光率	/	~5%	<5%	~40%	~10%	~10%	~5%
制造工艺	传统透镜冷加工工艺	传统透镜冷加工工艺	采用镀膜、切割、研磨、抛光、黏合/键合等工艺	电子束/离子束刻蚀、纳米压印	湿法涂布、全息曝光	湿法涂布、偏振全息曝光	全息曝光
量产产能	高	较高	较低	高	中	中	高
量产良品率	高	较高	较低	高	/	/	/
量产成本	低	较低	较高	较低	很低	低	极低
主要瓶颈	体积大；视窗小	体积大；厚；透光率低；无法看到佩戴者的眼睛	纱窗效应；2D阵列波导量产难度大；成本高	彩虹效应；光效低；工艺难度高；设备投资成本高	光栅带宽窄；视场角小	单层全彩色设计难度大	单层全彩色感光材料供应链不成熟；RGB串扰、色差问题较难攻克
代表公司	Google Glass	ODG、Nreal、惠牛、鸿蚁光电、水晶光电	Lumus、珑璟、理湃	Microsoft、Magic Leap、WO、至格、鲲游、珑璟、驭光、奥来、光舟	Sony、Digilens、TruLife、Akonia (苹果收购)、三极光电、奥提赞、灵犀微光、Holographic	Meta、Microsoft、平行视界	Meta、North Focals、Metamaterial Inc、杭州光粒

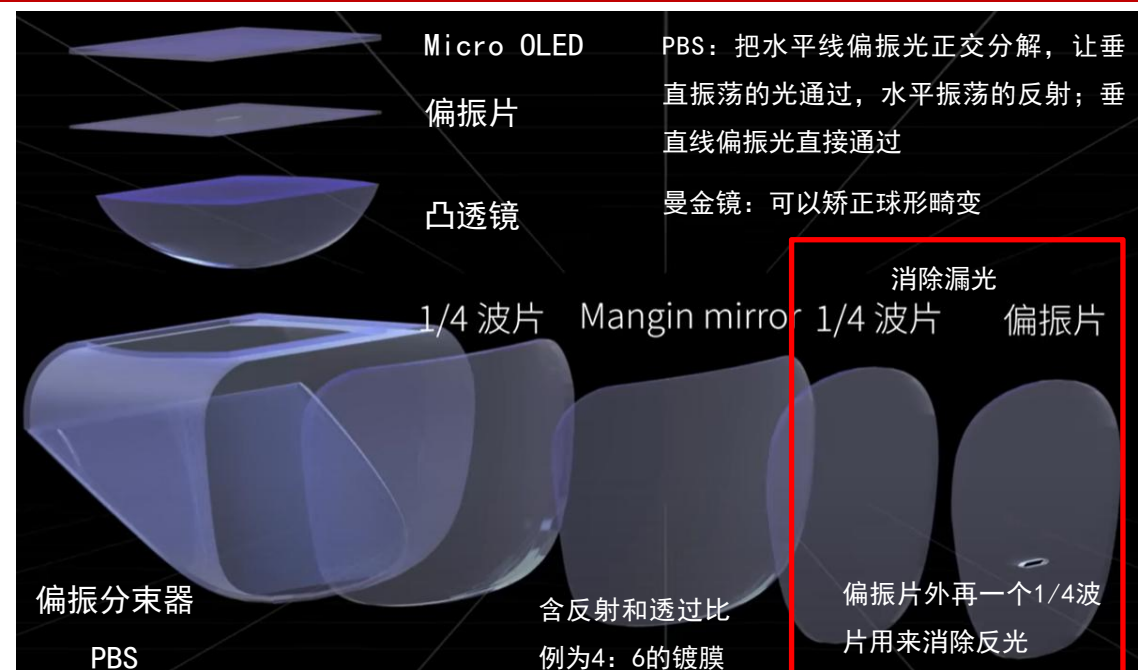
2.3.1 Birdbath: 利用光学元件半透半反特性, 将部分显示光反射到人眼

- ◆ 原理: 屏幕位于Birdbath结构顶部, 屏幕输出的光线, 经过透镜进行准直。然后投射到45度半透半反镜上, 一部分光线就会被反射到一个球面的半透半反镜上。经过球面的反射, 光线再次回到 45° 半透半反镜, 穿透半透半反镜的光线, 最终进入眼睛, 形成图像。另外, 环境光也能够通过球面和 45° 的半透半反镜进入眼睛。最终实现屏幕和环境光均可进入眼睛。
- ◆ 优点: FOV可达到50°, 对比度高, 分辨率高; 成本较低, 量产程度高; 模组较轻, 整机可以做到100g以下; 可以显著降低像差。缺点: 对环境光的透射率低, 光损大。

Birdbath光学结构



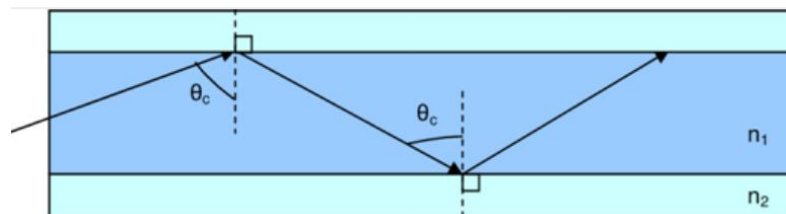
Nreal air Birdbath光学模组分解



2.3.2 光波导原理：通过全反射将光传输到眼睛前方再释放出来

- ◆ 光机完成成像过程后，波导将光耦合进玻璃基底中，通过“全反射”原理将光传输到眼睛前方再释放出来。这个过程中波导只负责传输图像，**一般情况下不对图像本身做任何加工(如放大缩小等)**，可以理解为“平行光进，平行光出”，所以它是独立于成像系统而存在的一个单独元件。可以将**显示屏和成像系统远离眼镜移到额头顶部或者侧面**，这极大降低了光学系统对外界视线的阻挡，并且使得重量分布更符合人体工程学，从而改善设备佩戴体验。

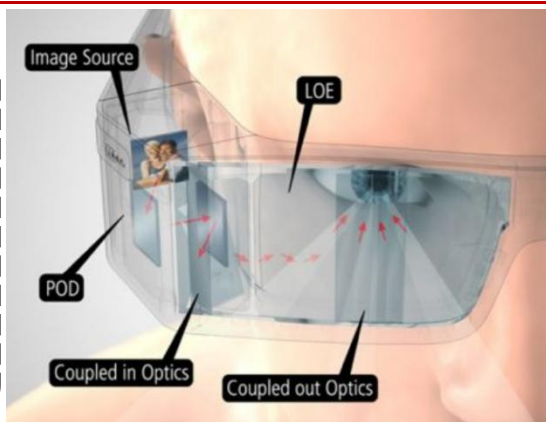
全反射原理示意图



- 传输介质即波导材料需要具备比周围介质高的折射率 ($n_1 > n_2$)
- 光进入波导的入射角需要大于临界角 θ_c

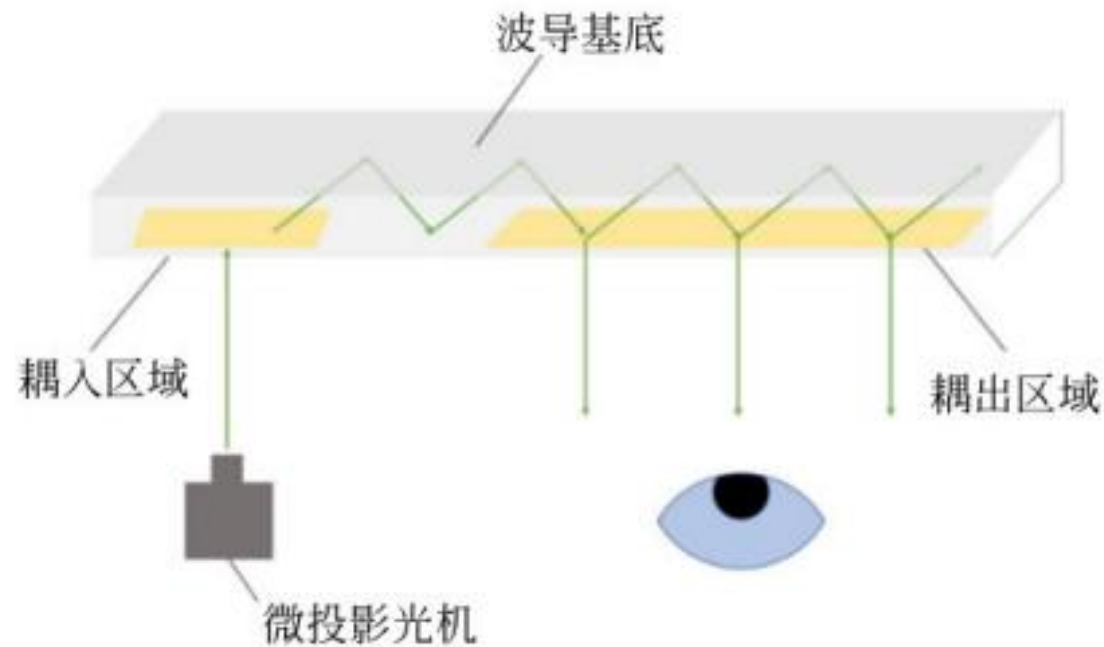
基于波导的AR眼镜外观原理示意图

- 增大动眼框范围从而适应更多人群，改善机械容差
- 成像系统旁置，不阻挡视线并且改善配重分布



- 外观形态更像传统眼镜，利于设计迭代 - 波导形态一般是平整轻薄的玻璃片
- 层波导片可以堆叠在一起，每层提供一个虚像距离(3D)

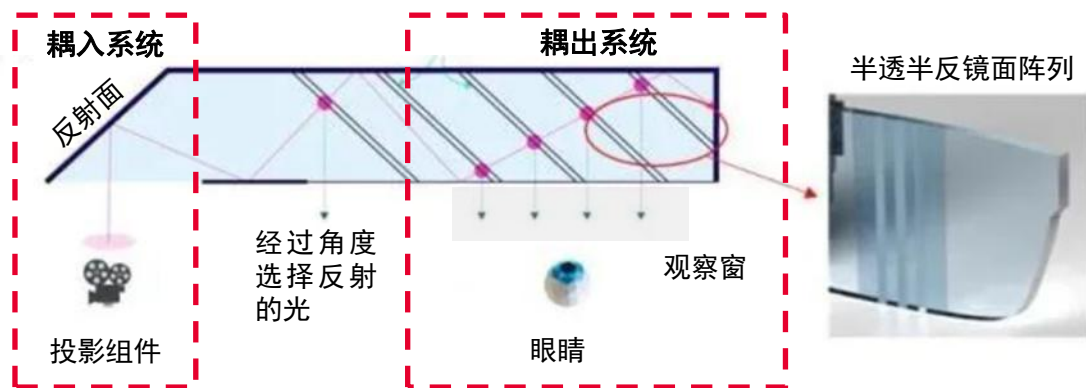
光波导的基本原理



2.3.3 阵列光波导：由阵列排布的反射或折射棱镜组成

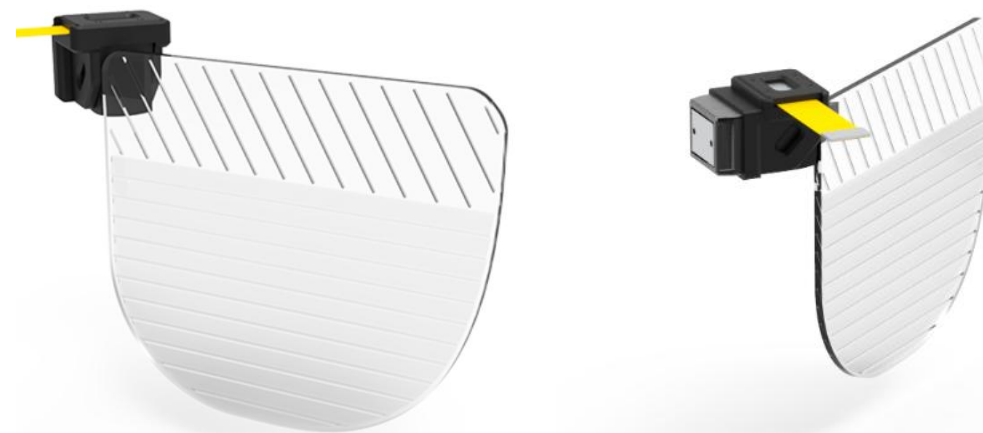
- ◆ 阵列波导的耦入区域将图像耦入进波导后，通过全内反射连续传输，当图像入射到部分反部分透射镜面时，一部分被反射进入人眼，一部分透射后继续传输，直至遇到下一个镜面被部分反射，部分透射继续传输，直至所有光全部反射进入人眼。
- ◆ 由于几何阵列波导基于传统的折反射光学原理，不存在衍射带来的色散问题，可以做到接近Birdbath的图像质量、颜色均匀度，光效可达10%以上，具有高分辨率、全彩显示、超薄、大视场角和大Eyebox等优点。

阵列波导成像原理示意图



耦合光在多轮全反射后会遇到一个半透半反射面阵列，每个镜面会将部分光线反射出波导进入人眼。阵列光波导有**轻薄、较大的视场和眼动范围且色彩均匀**的优势，但是同时繁冗的制造工艺流程导致总体良率较低，大规模量产成本高。

二维几何波导产品（理湃光晶光学显示模组-G3-E）

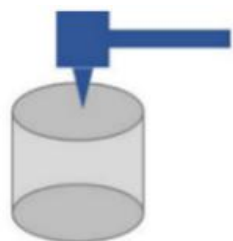


二维扩瞳阵列光波导方案通过在X、Y轴方向对光线进行多次扩展，能**同时实现垂直和水平双向出瞳扩展**，从而有效的增加出瞳距离和eyebox大小，显著**减少耦入部分投影光机的体积**。

2.3.3 阵列光波导：制备难点主要在于镀膜与胶合工艺

- ◆ 首先通过切割玻璃基材获得各种规格的波导小棱镜，然后对小棱镜进行粗磨、精磨与抛光，之后在小棱镜上分别镀不同膜系的薄膜获得不同的反射/透射比，最后对小棱镜进行胶合将它固定为表面光滑的波导片，并通过测角仪、干涉仪等仪器对波导片进行检测。
- ◆ 目前光学镀膜、光学切割、纳米研磨、纳米抛光、精雕加工等工艺已经十分成熟。在光学元件组装上，理湃光晶、珑璟光电等光学模组企业已实现针对光学玻璃的分子键合工艺，以替代传统的胶水胶合加工工艺。

阵列光波导加工流程



切割玻璃基材



研磨抛光



镀膜



胶合

分子键合工艺则在分子层面使贴合层形成新的稳定的分子键，以分子作用力使贴合面紧密平整地结合在一起，从而加强键合强度、提升贴合面平整度、减小相对间距，有利于提升产品的键合良率和显示效果。另外，分子键合工艺采用自动化设备加工，可以同时完成多批次、大批量的生产，从而解决产品的量产性，并大幅度提高生产良率。

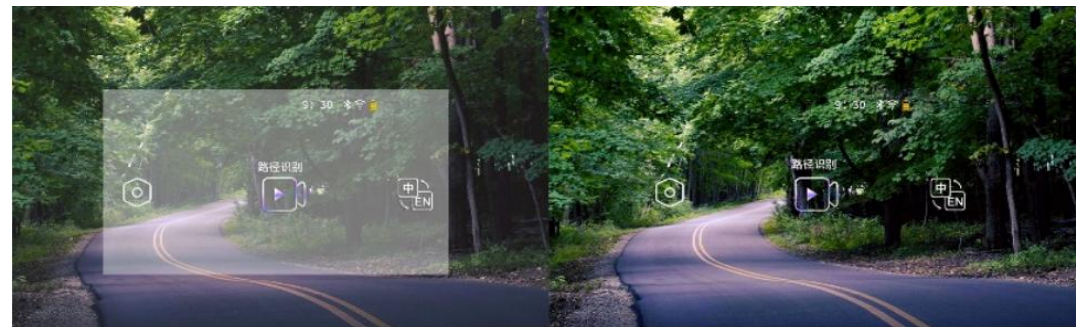
为保证光束在镜面阵列中耦入耦出过程中的均匀性需在镜面上镀**不同层数**的膜以**控制多个膜层的反射率和透射率**（不同镜面的反射透射比R/T不同）

粘合多镜面堆叠的胶水对折射透射光的影响难以把控为保证图像的高清晰度，工艺对波导片粘合后的平行度要求极高，胶合难度大需人工完成难以自动化，**多膜层难度叠加使得总良率难以保证**

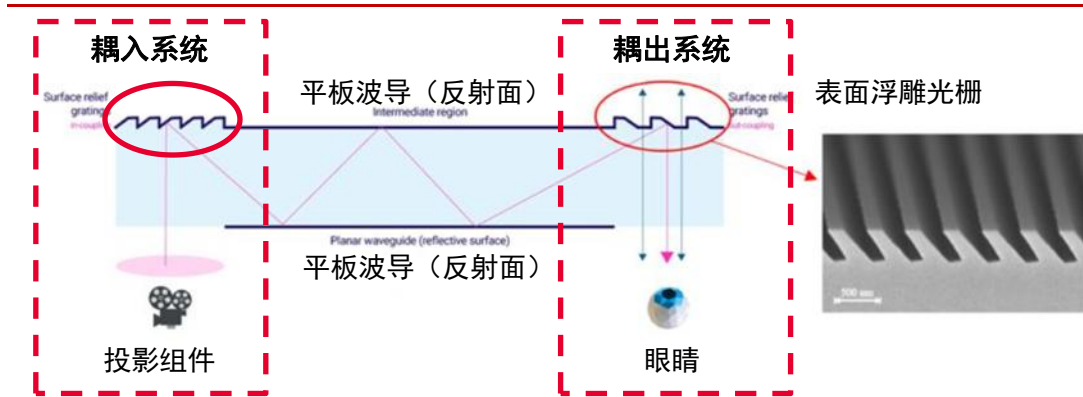
2.3.4 表面浮雕光栅波导：表面浮雕光栅代替传统折反射元件

- ◆ 使用浮雕光栅（SRG）利用光学衍射原理代替传统的折反射光学器件作为波导方案中耦合、耦合和出瞳扩展器件。SRG具有大视场和大眼动范围的优势，但也会带来视场均匀性和色彩均匀性的挑战。光栅制造过程采用纳米压印技术，相关的微纳加工工艺挑战巨大。SRG光效极低，需要搭配亮度极高的光机。

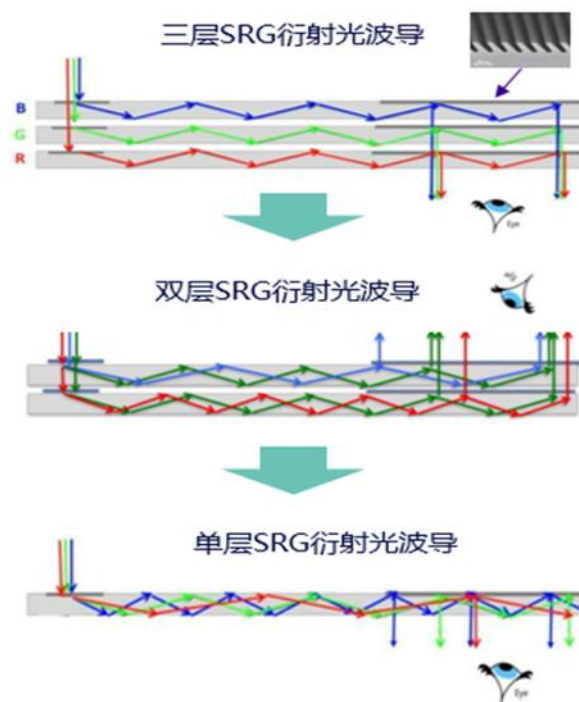
衍射波导显示效果图(左) Vs. 理湃光晶2D阵列波导显示效果图



表面浮雕光栅波导原理示意图



SRG波导堆叠方式图



三层波导堆叠实现全彩色显示，每层波导之间有空气间隙来保证不同层传输不同颜色的光。设计比较简单，但三层波导叠加导致波导厚度较厚、重量较重，且视场角只有34°

双层蝶形波导堆叠的方式来实现全彩色显示，一层传输RG，另一层传输BG，视场角可达52°。实际显示效果相比于2D阵列波导仍有一定差距，尤其是色散、图像均匀性等问题。

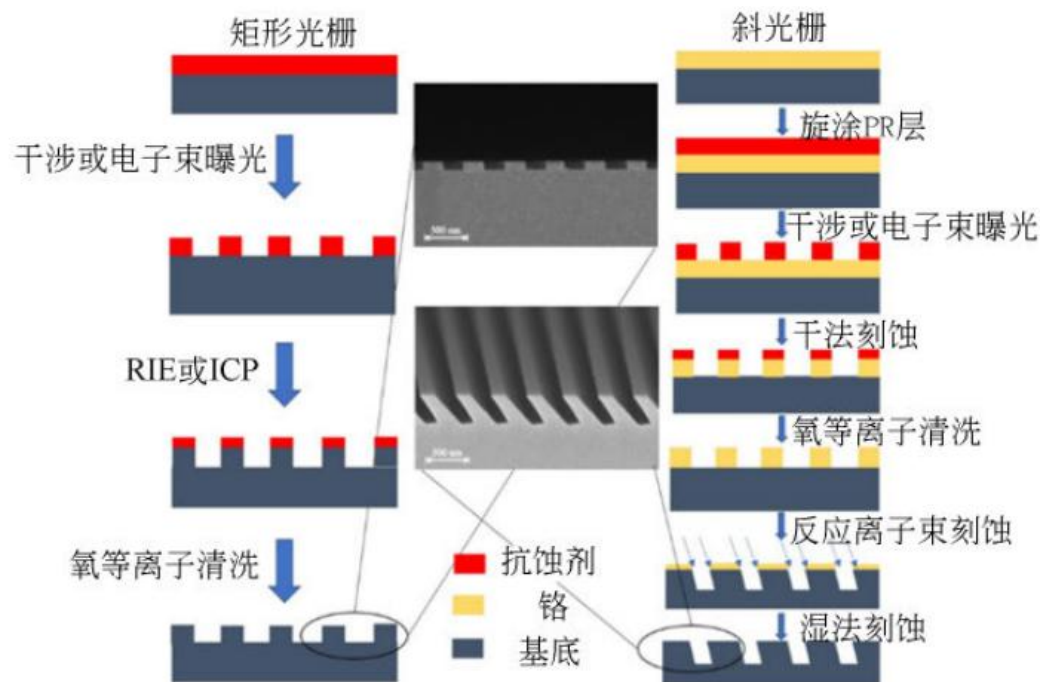
Dispelix已有产品实现单片波导全彩色显示，视场角可达50°，厚度仅为0.8mm，重量约为8g。

在表面浮雕光栅波导里，传统的光学折反射元件被平面的表面浮雕衍射光栅（SRG）取代，这个纳米级别的光学元件，根据凹槽的轮廓和倾角等结构参数将光进行选择并反射和透射，这种微光学技术能够有效节省光学系统的空间。不同波长的光，其衍射角度是不同的，单片光栅很难耦合多色光，需要多片光栅。

2.3.4 表面浮雕光栅波导：小批量用刻蚀，大批量用纳米压印

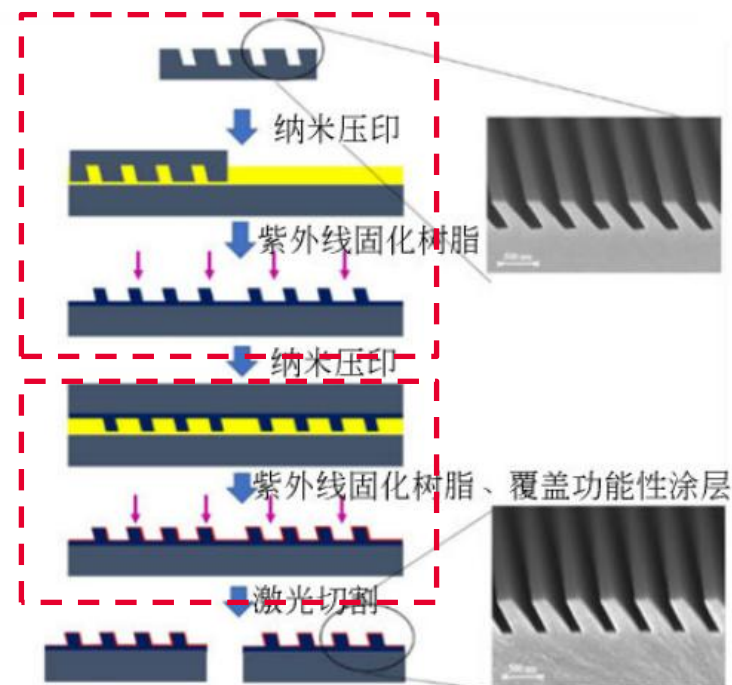
- ◆ 矩形光栅的制备工艺较为成熟，首先在基底上旋涂抗蚀剂层，通过干涉曝光或电子束曝光等方法实现光栅的图案化，之后利用反应离子刻蚀或电感耦合等离子体刻蚀将图案转移到基底，并将抗蚀剂层去除，完成矩形光栅的制备。
- ◆ 在硅基底上通过电子束曝光和离子刻蚀等工艺制成光栅的压印模具，然后这个压印模具可以通过纳米压印技术，在玻璃基底上涂覆的一层均匀的树脂上压印出成千上万个光栅。

表面浮雕光栅模板或小批量制备工艺流程



表面浮雕光栅大批量复制量产工艺流程

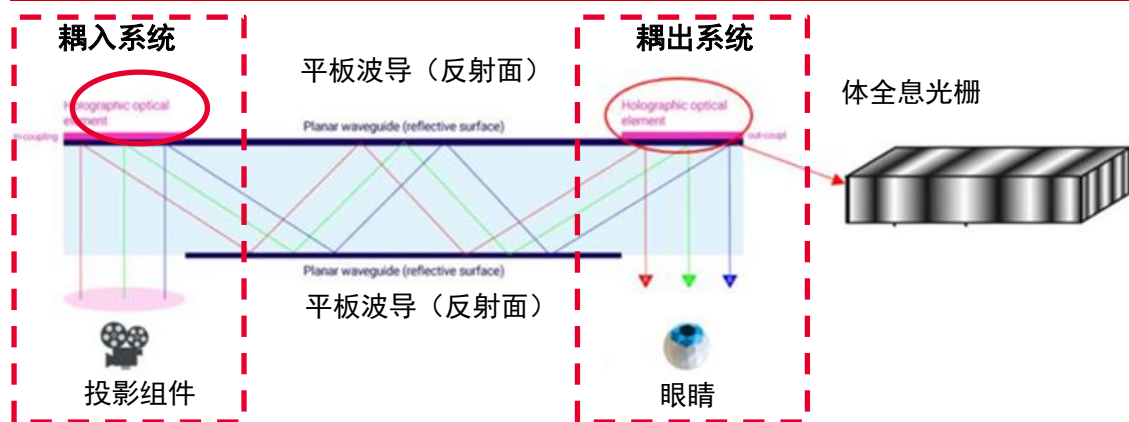
- 1 做母版
 - 2 大量生产
- 氧化硅模板
 - 树脂
 - 固化树脂
 - ↓ 紫外线



2.3.5 体全息光栅波导：折射率的周期性变化来对光进行选择 and 反射

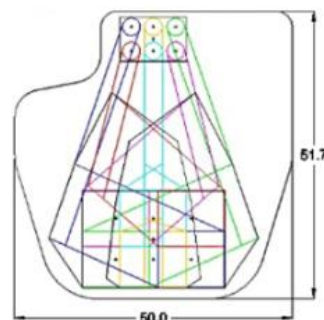
- ◆ 体全息光栅波导（VHG）采用体全息光栅作为波导的耦入和耦出器件。体全息光栅是一种内部折射率周期性变化的光学元件，通过对入射光发生衍射作用，从而改变光的传输方向。VHG具有较大的动眼范围 and 良好色彩表现，但是目前视场角仍然非常受限，光效和SRG一样都只有10%，同样需要搭配高亮度光机。
- ◆ 目前VHG技术领先的公司有DigiLens和被苹果收购的Akonis，国内的三极光电、鲲游光电和珑璟光电也有在该领域发力，但是尚无规模量产产品。

衍射式光波导-体全息光栅（VHG）原理示意图



体全息光栅（VHG）通过材料的不同制作光栅，采用全息技术在材料内部曝光形成**明暗干涉条纹**，引起折射率 n 的周期性变化来对光进行选择 and 反射，理论上衍射效率可以达到100%，但对材料合成技术要求极高，**目前无法量产**。

DigiLens的全彩VHG波导



工作原理图



产品示意图



实际显示效果图

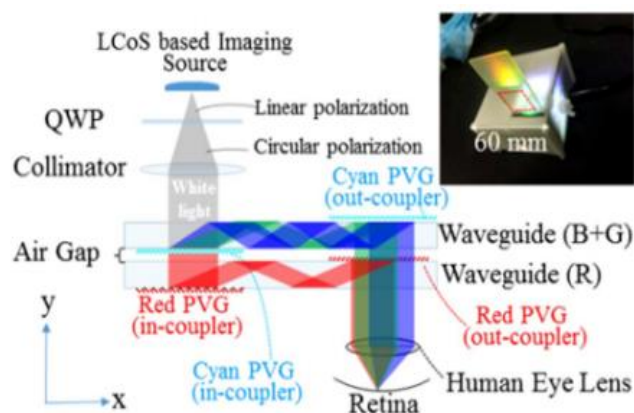
Design v1由平行玻璃板作为电极，中间含有光聚合物和液晶材料，通过改变施加的电压来改变液晶分子的方向，从而实现折射率调制和衍射效率控制。视场角为 50° ，透明度超过80%，光效超过 325nits/lm 。

2.3.6 其他：PVG衍射光波导&全息光学元件方案

◆ PVG衍射光波导：PVG光波导的耦入/耦出区域是偏振体全息光栅。产业界除了Meta、Microsoft等国际公司在该方向有专利布局和概念性产品推出外，国内主要有南京平行视界专注该方向的产品研究，其技术孵化源于东南大学显示技术研究中心张宇宁教授团队。

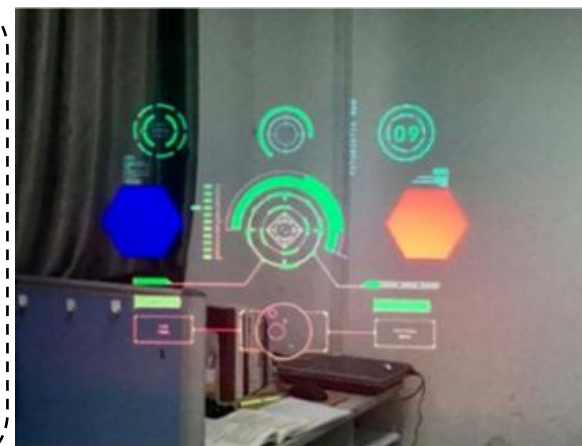
◆ 全息光学元件方案：而全息光学元件方案是将人眼也视为系统的组成部分，通过两束激光相互干涉，在全息（聚合物）感光膜上曝光形成体全息结构，只需控制制备时的波长和角度，并与后期使用的条件匹配即可。

双层PVG波导工作原理图及产品示意图



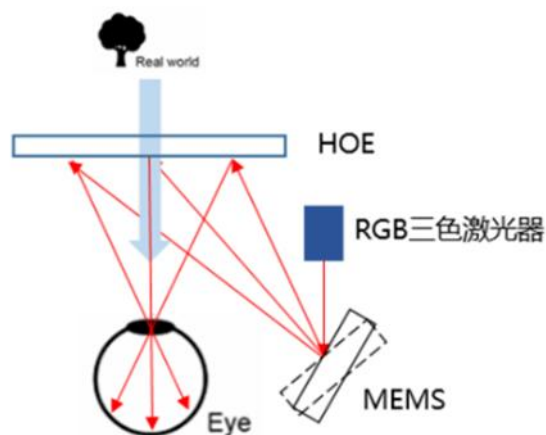
结构示意图

张宇宁教授团队PVG波导样品，采用双层方案，一层波导片传输BG，另一层波导片传输R，全彩色显示的视场角可达35°，衍射效率均超过80%。



实际图像效果图

全息光学元件方案工作原理图及产品示意图



视网膜投影显示工作原理图

该视网膜成像由于是激光束直接作用于视网膜，当激光束瞄准并直接穿过眼睛瞳孔时，用户才可观察到清晰的图像，这也导致AR眼镜的Eyebox很小。



North Focals产品的图像效果图

2.3.7 产业：国内Birdbath/阵列光波导进入量产阶段，积极布局全息光波导

- ◆ AR光学模组涉及全新光学，传统光学厂商由光学元器件生产、代工组装业务，积极向AR领域延伸，如舜宇光学(表面浮雕、体全息光波导)、歌尔股份(表面浮雕光波导)、水晶光电(Birdbath、阵列光波导、表面浮雕光波导)等，处于内部研发阶段，尚未实现规模量产。国内初创光学模组厂商在光学设计、量产方面领先于行业，以布局阵列光波导和表面浮雕光波导为主，已逐步落地、稳定出货并产生实际订单。目前AR光学方案仍处于百家争鸣、最终方案尚未有定论的快速发展阶段，多厂商开始尝试研发体全息光波导以满足市场需求。

国内初创AR光学模组企业光学方案落地情况

	自由曲面	Birdbath	阵列光波导	表面浮雕光波导	体全息光波导
珑璟光电			规模量产	小规模试产	研发阶段未落地
理湃光晶			规模量产		
鳃游光电				规模量产	
灵犀微光			规模量产		研发阶段未落地
谷东科技			规模量产		
至格科技				规模量产	
驭光科技				研发阶段未落地	
三极光电					小规模试产
惠牛科技		规模量产			
耐德佳	规模量产	规模量产			研发阶段未落地
鸿蚁光电		规模量产			

2.4 交互：语音、裸手交互、眼动追踪三大自然交互协同

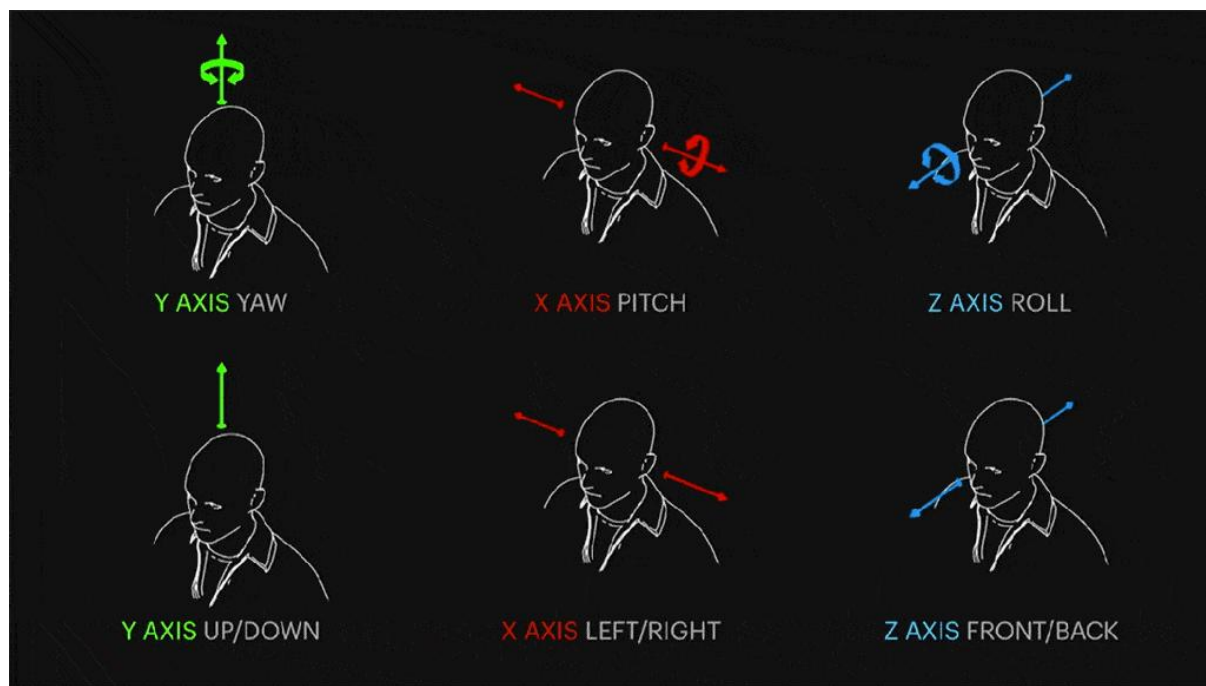
- ◆ 当前VR交互多以头显、手柄6DoF交互技术为核心，自然交互为辅助，Quest系列硬件为当中标杆。Vision Pro舍弃6DoF手柄，选择语音、裸手交互、眼动追踪三大自然交互协同，将加速市场对自然交互的应用。

时期	2020年至今	2020年至今	2021年至今	2021年至今	视频透视（VST）	震动反馈
VR自然交互						
VR交互方式	手势识别	语音	面部追踪	眼动追踪	虚实融合	震动
实现工具	深度摄像头（+手柄压力传感器）	麦克风	摄像头+红外传感器	摄像头+红外传感器	（彩色）摄像头+红外传感器	触摸感应器+震动马达
操作	手部动作触发	语音触发	自动触发	自动触发	自动触发	自动触发
代表厂商	Meta	Meta	HTC Vive	Tobbi、七鑫易维	Meta、Apple官网	索尼、NOLO
代表设备	Quest系列	Quest系列	Vive Cosmos、PSVR2、PICO 4 Pro	Vive Cosmos、PSVR2、Quest Pro、Pico 4 Pro	Quest Pro、Vision Pro	PSVR2、NOLO Sonic
VR内容	手势交互游戏/应用	声音互动	虚拟形象	虚拟形象、注视点渲染	安全保护、虚实融合	手柄交互均适用
主要内容类型	卡牌、拼图、虚拟键盘	社交、多人类游戏	社交类游戏	社交类、大场景类游戏	MR游戏	运动等（普适）

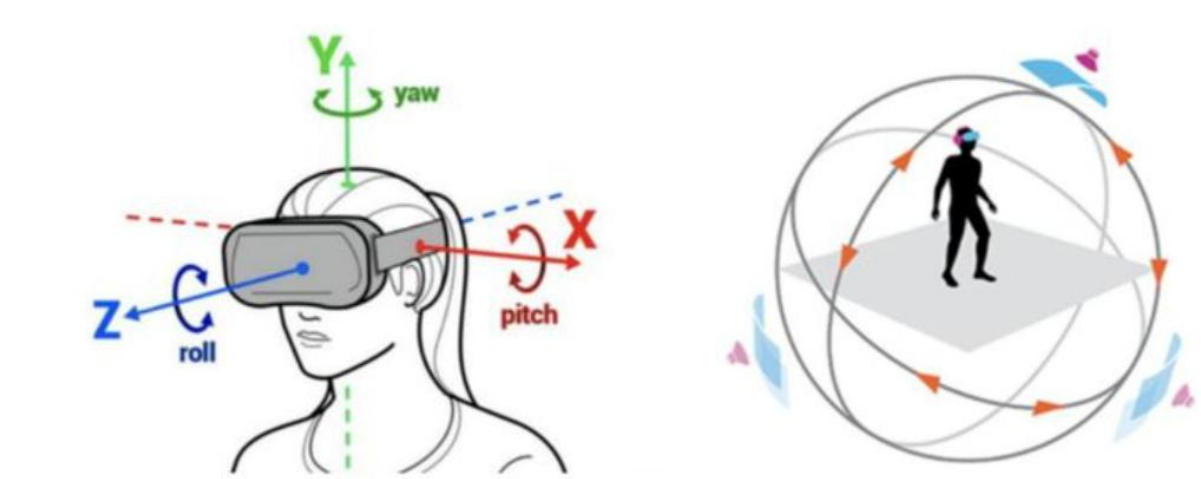
2.4.1 6DOF：3个方向旋转+3个方向移动=6自由度

- ◆ 6DoF追踪是虚拟世界与现实世界建立联系的基础。如果说3DoF解决了X、Y、Z三轴的旋转能力，那么6DoF则在此基础上解决X、Y、Z三轴移动能力（XYZ分别代表三个方向的侧倾、俯仰和偏航）。故支持6DOF的XR设备，可以对所有的头部动态进行模拟。并且利用位移数据，可以标定用户身高，使用者可以摆脱标识图的束缚，进行实时定位与地图构建，从而在虚拟内容上产生更加沉浸和逼真的体验。
- ◆ 在6DoF加持下，头显的主要作用除环境感知外，还增强了主动性行为，如：微动作（歪头、缩脖子、半身前倾等）、主体移动（可以走、跳、蹲甚至躺）等，进行近乎自然的虚拟现实交互体验。

6DOF展示图



3DoF 与 6DoF 技术对比图



只有旋转坐标，没有位移坐标，只能以设定好的虚拟头部为中心点，一切观察的基点都源于头部的视角。

在3DOF基础上再增加“上下、前后、左右”等3个位置相关的自由度

2.4.1 6DoF：单摄像头最为简单、运用边缘计算效果最好

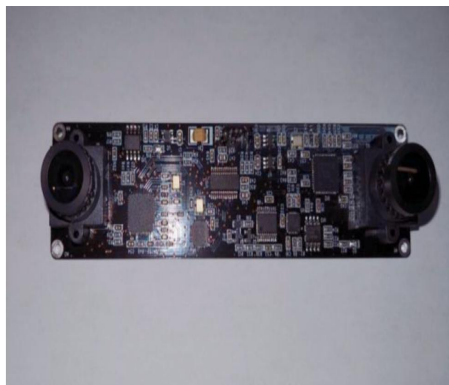
6DoF追踪解决方案（单摄像头）



硬件成本低、易于集成到多种眼镜设计中、适用于偏静态场景

- 视频摄像头是 AR 眼镜的常用组件，主要用于拍摄高分辨率的照片和视频。在外观和可用性方面，将单个相机安装在眼镜上相对简单。
- 但是，视频摄像机通常以低频率（<60fps，大多数<30fps）运行，无法在运动中捕捉的高质量图像。“果冻效应”和其他扭曲使得位置追踪失败。

6DoF追踪解决方案（双目鱼眼摄像头）

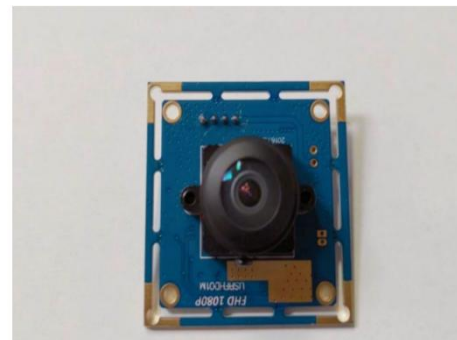


追踪、尺度估算准确

- 提供实时的地图初始化、强大的追踪和对环境尺度的准确测量
- 双目鱼眼摄像头可以更快地扩展场景，并能更准确的测量环境尺度从而防止漂移。即使传感器数量加倍，计算复杂度也不比单眼视觉系统高很多。但该方案的实现需要高质量优化和定制工作，并且功耗高、发热大，需要更强的系统和硬件支持。

两个具有计算视觉功能3D环境传感器

6DoF追踪解决方案（单眼鱼眼摄像头）



持续高频刷新 6DoF 追踪结果

- 为设备提供更好的6DoF追踪效果。鱼眼摄像头的高相机帧更新率（> 90fps）和全局快门功能，可以使得 SLAM 系统在运动场景中保持可靠的追踪位置。但单个鱼眼摄像机应放置在眼镜前面，这会产生一些设计限制。
- 支持的场景规模有限。一旦移动范围过大，SLAM 系统就容易产生尺度漂移，导致虚拟对象在场景中意外移动。

6DoF追踪解决方案（运用边缘计算）



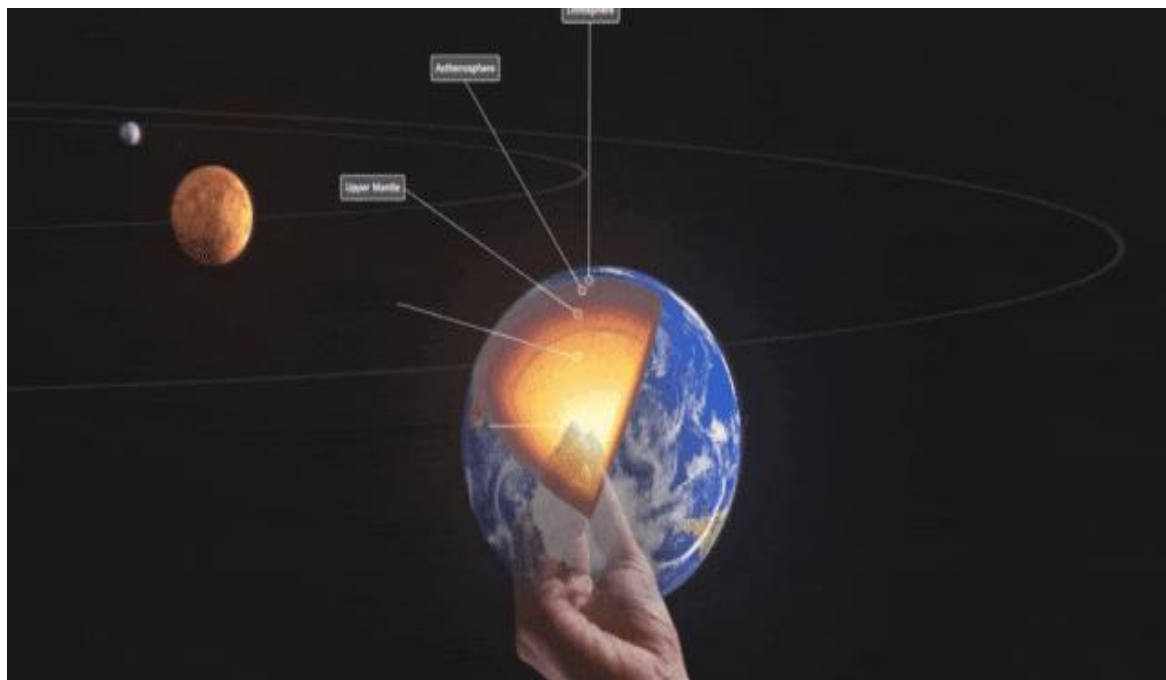
稳定性高，可兼容不同平台；稳定性高，可兼容不同平台

- 对于轻量级 AR 眼镜，通过边缘计算来运行 SLAM 不仅可以减少计算负荷，还可以使 AR 眼镜兼容不同类型的主机平台。
- 轻量级AR眼镜上的芯片通常仅设计用于驱动显示器并传输传感器数据而无剩余资源用于其他计算工作。因此可行的解决方案是将成熟的 6DoF 追踪模块集成到AR眼镜板上。

2.4.2 手势交互：通过手势直接/间接与虚拟景象交互

- ◆ 直接手势：直接与空间对象进行触控，属于近距离可触达的交互，用户用手指靠近虚拟对象来轻触它。例如，对空间中虚拟物体进行移动、缩放、轻触点击等。直接手势的方式下，用户必须将手靠近交互对象。
- ◆ 非直接手势：远距离情形下对当前获得焦点的对象产生互动。获取焦点的方式有很多种，常见的是通过眼睛注视、手部射线来锁定空间中的某一个对象或组件来获取焦点。用户聚焦到某个对象或控件后，可以用一个或多个手指动作快速操作对象。

直接手势展示图



非直接手势展示图



2.4.2 直接手势交互：直接对操作对象进行操作

2D面板操作手势

触控



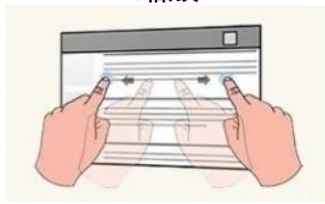
使用食指按下某个超链接或按钮

滚动



使用食指上下滚动面板内容

缩放



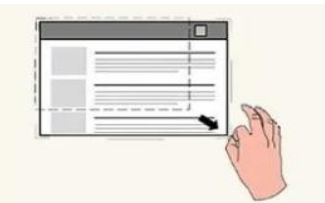
根据两根食指的相对运动来放大和缩小小面板内容

移动



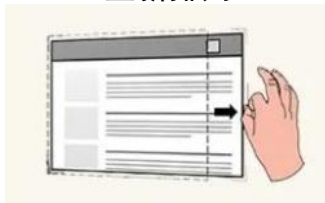
将手移近边角和边缘，显示最靠近的可视操作元素。抓取 2D 面板顶层的全息条，以移动整个面板板。

缩放



抓取操作视觉元素，通过边角视觉元素执行统一的缩放。

重新排列



抓取操作视觉元素，通过编译视觉元素进行重排。

直接手势物体的选择与移动



直接手势进行输入

3D对象操作

移动



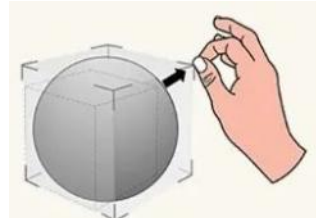
用户手靠近某个 3D 对象，就会显示边界框和最靠近的视觉元素。用户可以抓取边界框来移动整个对象。

旋转



用户可以抓取边缘视觉元素执行旋转操作。

缩放



用户可以抓取边角视觉元素进行统一缩放。



2.4.2 非直接手势交互：影响当前获得焦点的对象进行操作

HoloLens非直接手势操作

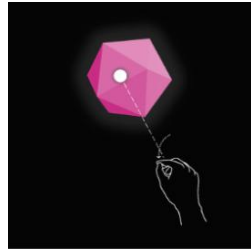
“默认(观察)状态”



“目标(悬停)状态”



“按下状态”



对象的默认空闲状态。光标不在对象上。未检测到手。

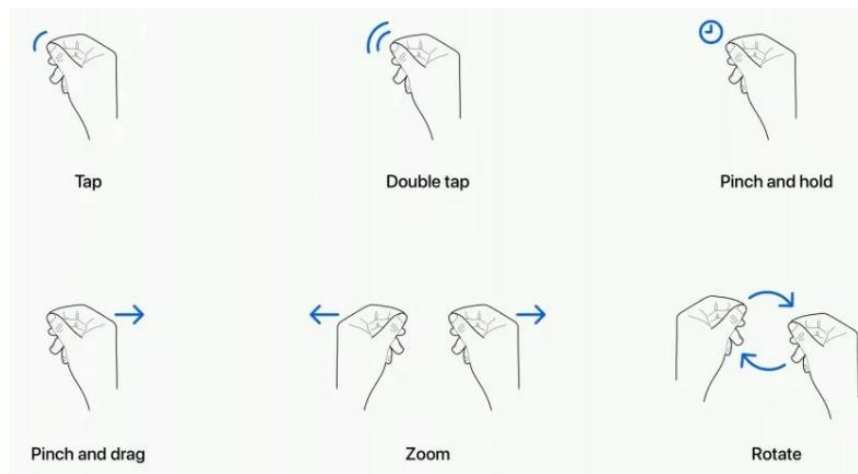
当使用凝视光标、手指接近程度或运动控制器指针定位对象时。光标在对象上。检测到手，准备就绪。

当使用隔空敲击手势、手指按下或运动控制器选择按钮按下对象时。光标在对象上。检测到手，进行隔空敲击。

其他非直接手势操作媒介



非直接手势基础交互



手势交互的逻辑与多点触控手势的逻辑类似，因此容易上手，用户通过单手、双手的捏合动作，就能实现单击、双击、抓取、拖放、放大、旋转等操作

非直接手势操作案例



2.4.3 手势追踪：便携可穿戴可交互设备有望成为消费级主要方案

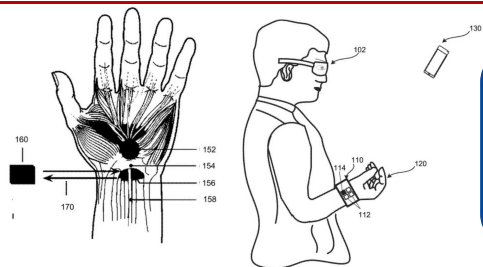
类型	产品案例	时间	核心技术方案
裸手追踪	PICO 4 VR	2022Q3	视觉追踪 (红外摄像头)
	HoloLens 2	2019Q4	视觉追踪 (深度摄像头)
可穿戴设备	数据手套 Manus Prime X 手套	2021Q2	弯曲传感器追踪 惯性追踪
	Quantum Metagloves手套	2022Q2	磁性追踪 惯性追踪
	腕带 HTC VIVE	2022Q3	视觉追踪 (红外摄像头) 惯性追踪



技术方案	传感器类型	优点	局限性
视觉追踪	红外摄像头	易检测到目标区域，适用环境更广	功耗较大、成本不易控制
	灰度摄像机	FOV较大、帧率高、覆盖范围大、适应性强、成本较低	区分手部区域和环境背景难度较大
	RGB摄像机	通过颜色区分较易识别手部区域	FOV小、帧率较低
	深度摄像头	更易识别手部区域和姿势	FOV小、帧率低、功耗较大、成本高、适用范围有限
惯性追踪	加速度计、陀螺仪等惯性传感器	准确性、可靠性相对较高，成本相对较低	易受磁场干扰影响，容易漂移，需要定期重新校准
弯曲传感器追踪	弯曲传感器	对手的局部动作追踪精度较高，不受视觉范围局限	无法区分运动引起的变形和接触引起的变形，穿戴舒适度较低
磁性追踪	磁性传感器	精度较高，不受视觉范围局限	延迟和电磁干扰

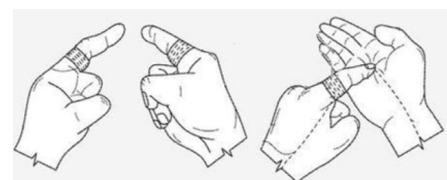
通过其他媒介进行手势追踪

腕带式追踪



利用传感器将手腕部位的神经信号转换成数字命令识别手势变化，甚至可提前预测手指运动，实现对设备的操作

指环式追踪



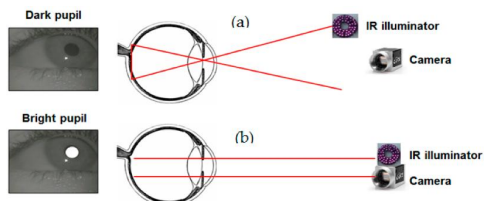
该设备上诸如力传感器、超声波传感器、惯性测量单元、光学传感器、触摸传感器等可采集来自用户的输入，实现用户对XR设备的操控



Vinsic Pro配备两个高分辨率主摄像头、六个追踪摄像头、四个眼动追踪摄像头、TrueDepth 摄像头、激光雷达扫描、四个惯性测量单元、Flicker 传感器、环境光传感器

2.4.4 眼动追踪：瞳孔角膜反射向量法应用最为广泛

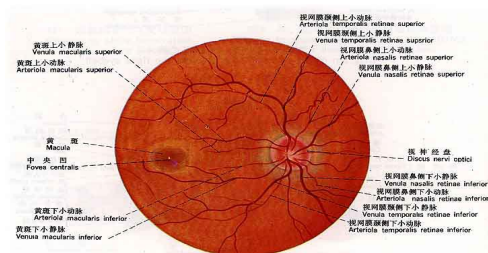
瞳孔角膜反射向量法



通过角膜中心和瞳孔中心的连线进行眼动追踪

(1) 使用红外线照射眼睛；2) 使用摄像机采集从角膜和视网膜上反射的红外光线；(3) 根据角膜与瞳孔反射光线之间的角度可以计算出眼动的方向。

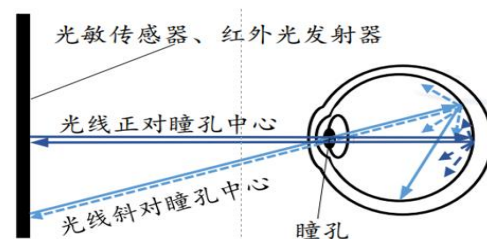
视网膜影像法



通过计算视网膜上生理结构形成的图案变化来进行眼动追踪

光波导采集视网膜反射的红外光以获取视网膜影像，通过计算视网膜上的血管、中央凹、视盘、黄斑等生理特征的变化可以获取眼球运动的方向。

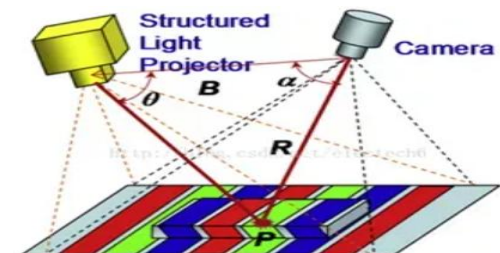
反射光强度建模法



通过光敏传感器检测眼睛反射光的强度确定眼球运动的方向

视网膜反射：激光通过瞳孔和角膜中心射在视网膜时反射强度最大；
角膜反射：激光射在角膜中心时反射强度最大。

重建三维模型法

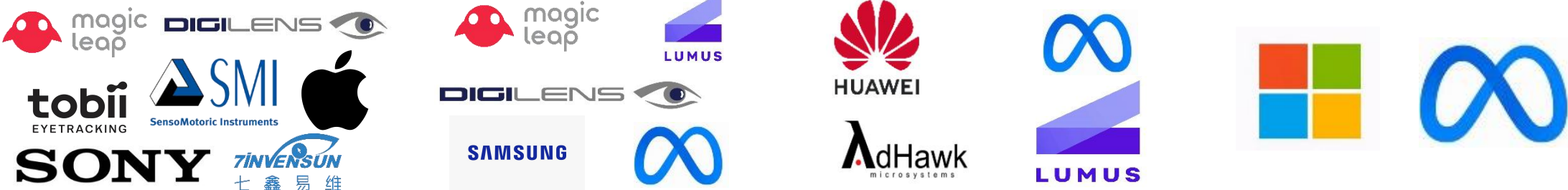


结构化光发射器将结构化光图案照射至眼睛，光场摄像机基于捕获图像中明显的失真来检测结构光入射到眼睛表面的形状为眼球重建三维模型，再计算眼球运动方向。

技术原理

零部件

代表公司



2.4.5 感知交互：感知交互技术升级推动传感器发展

	类型	用途	代表企业
运动传感器	RGB全彩摄像头	捕捉三种彩色信号，用于获得全彩图像	
	VGA摄像头	支持VGA分辨率640*480的摄像头	
	灰度摄像头	采集所有波长的光子，可以获得黑白图像	
	光场摄像头	用于捕捉光强度数据和光线方向	
	红外摄像头	用于捕捉红外光源	
	深度摄像头	可分为ToF、RGB双目、结构光三种不同类型，通过不同的工作原理测量深度信息	
	光敏传感器	对外界光信号有所响应，感知光线的强弱变化	
	陀螺仪	通过角动量守恒的理论来感测与维持方向	
	加速度计	如重力感应器，用于测量物体加速度，感应物体的运动	
	压力传感器	用于感知压力及触摸行为	
	弯曲传感器	用于测量弯曲强度	
	磁力传感器	感知磁性能变化以测量电流、位置、方向等物理参数	
生物信号	血压/血氧/心率传感器	通过力敏、光敏等芯片感知血压、血氧、心率的等信息	
	温度传感器	用于测量生物、物体温度信息	
	肌电传感器	用于检测肌肉本身发出的电活动信号，感知生物活动反馈	
	脑电波传感器	利用电极检测电压变化，感知脑电波信息	
声音信号	麦克风	用于捕捉声音信息	

2.5 芯片：核心计算芯片正向XR专用芯片发展，“双芯”为大势所趋

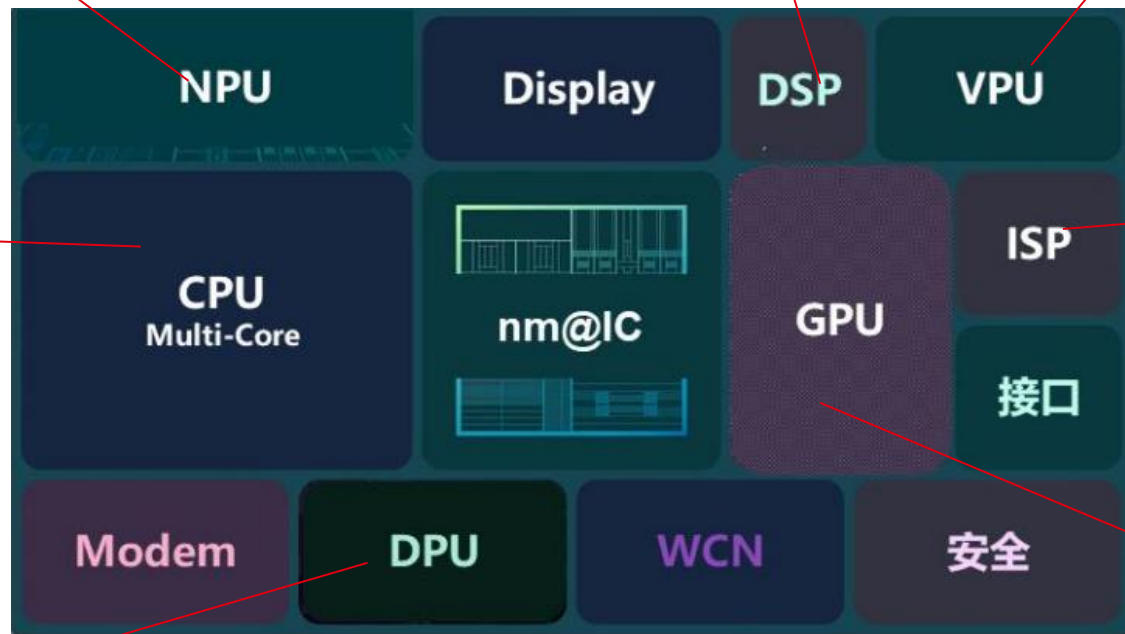
- ◆ 根据扩展现实头显设备特有功能和更高性能要求（如更高算力以支撑高品质图像处理、丰富交互功能、多传感器信息融合，功耗和散热），其核心计算芯片正向XR专用芯片发展。

NPU是神经网络处理单元，本质是一个AI加速器，目前主流平台均达到2.4TOPs以上AI算力。为满足高效高品质的图形渲染，**AI算力或将需要达到15TOPS乃至更高水平**

DSP，数据信号处理，为避免眩晕实时显示，其对计算过程时间有较高要求（一般不超过20ms）。XR中的DSP性能要求较高，**需要具备较强的计算能力和低延迟。**

VPU是用于压缩和解压缩数字视频的专用电路。人类视网膜中央凹最大能达到60PPD的可视度，在水平120度与垂直135度的FOV下，双眼需要约1.2亿像素数，未来芯片理想状态是**满足16K渲染能力，至少72Hz的可变刷新率。**

XR核心计算芯片CPU至少满足**四核A7X及以上，且主频2GHz以上能力**，且需要更先进的生产工艺。



ISP要负责对接入的多个摄像头数据的处理，4个SLAM算法摄像头，1个See Through摄像头，2个眼球追踪红外摄像头，要求**ISP至少支持7路摄像头数据输入。**

DPU是显示处理单元，未来要支持单眼8K，DPU需要支持16K的输入，**可能需要不止一个DPU的支持。**

为保证XR内容流畅显示和高清屏驱动，以及XR基本像素填充率、纹理速率等，需要GPU高速计算支撑，**GPU能力至少支持512GFLOPS图形渲染能力**，支持singlebuffer, multiview2, FOV渲染, context小粒度抢占等。

2.5 芯片：核心计算芯片正向XR专用芯片发展，“双芯”为大势所趋



骁龙 XR2+



骁龙 AR1



M2 + R1

基于第二代骁龙XR2进一步升级

- 支持 **4.3k** 单眼显示分辨率 90FPS
- GPU频率提升¹ **15%**
- CPU频率提升¹ **20%**
- 12路+** 并行摄像头
- Google **SAMSUNG**

同时拥有第二代骁龙XR2的强大性能

- GPU性能提升² **2.5倍**
- GPU能效提升² **50%**
- 空间扭曲 游戏超级分辨率
- AI性能提升² **8倍**
- MR和VR 参考设计平台
- 12ms** 全彩视频透视
- 下一代 **Spectra ISP**
- Wi-Fi 7 | Wi-Fi 6 | 6E

- Wi-Fi 7 峰值速度 **5.8Gbps**
- AI 眼镜侧AI 视觉搜索 定向音频采集 实时翻译
- 支持全彩双目显示
- 照片拍摄: **1200万像素**
- 视频录制: **600万像素**
- 顶级 **14-bit ISP** 计算HDR 人像模式 自动人脸检测 自动曝光
- 可视化通知提醒 **3DOF**
- 1280x1280** 单眼分辨率
- Hexagon NPU **第三代 Hexagon NPU**
- AI辅助的 噪音和回声消除 立体声扬声器 多达8个 麦克风

独特的双芯片设计可在 Apple Vision Pro上实现空间体验。强大的M2芯片同时运行VisionOS，执行先进的计算机视觉算法，并提供令人惊叹的图形。全新的**R1芯片**专门用于处理来自摄像头、传感器和麦克风的输入，在12毫秒内将图像传输到显示器，从而实现几乎无延迟的实时世界视图。

- 01 XR：科技与人文十字路口，模糊虚拟与现实界限
- 02 技术：屏幕/光学/交互/芯片全面发展，向深度沉浸迈进
- 03 产品与应用：多厂商进击空间计算，AR发展多元化
- 04 投资线条：瞄准内容生态完善&硬件产品迭代，以期空间放量
- 05 相关标的
- 06 风险提示

3.1 Apple: 助力XR设备重定位, 打造空间计算终端

◆ 智能手机的重新定义——第一代iPhone。iPhone的3个核心价值：1. iPod - 影音，2. Phone/Face Time - 通讯，3. Internet Browser - 兼容大量已有应用（在2007年还没有App概念。一个一个的网站，比如Amazon, Facebook, 微博，就是一个一个应用）。



影音



社交通讯



向后兼容
应用



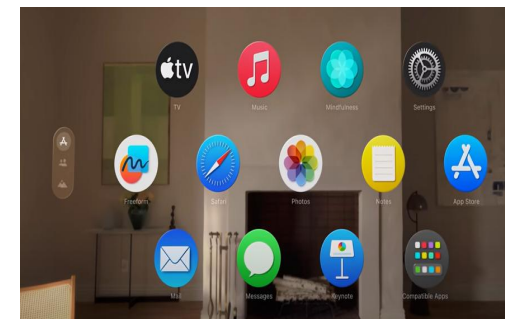
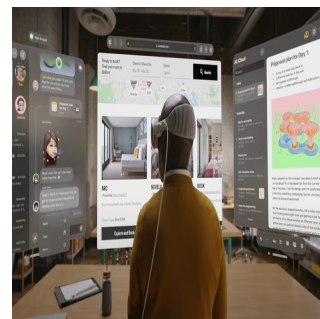
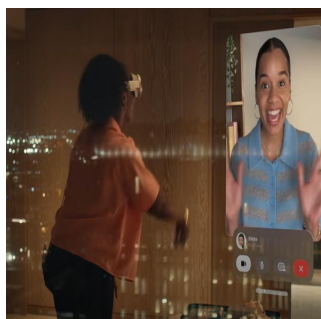
内容生产
(2D拍, 2D看)



为新平台开发
新应用

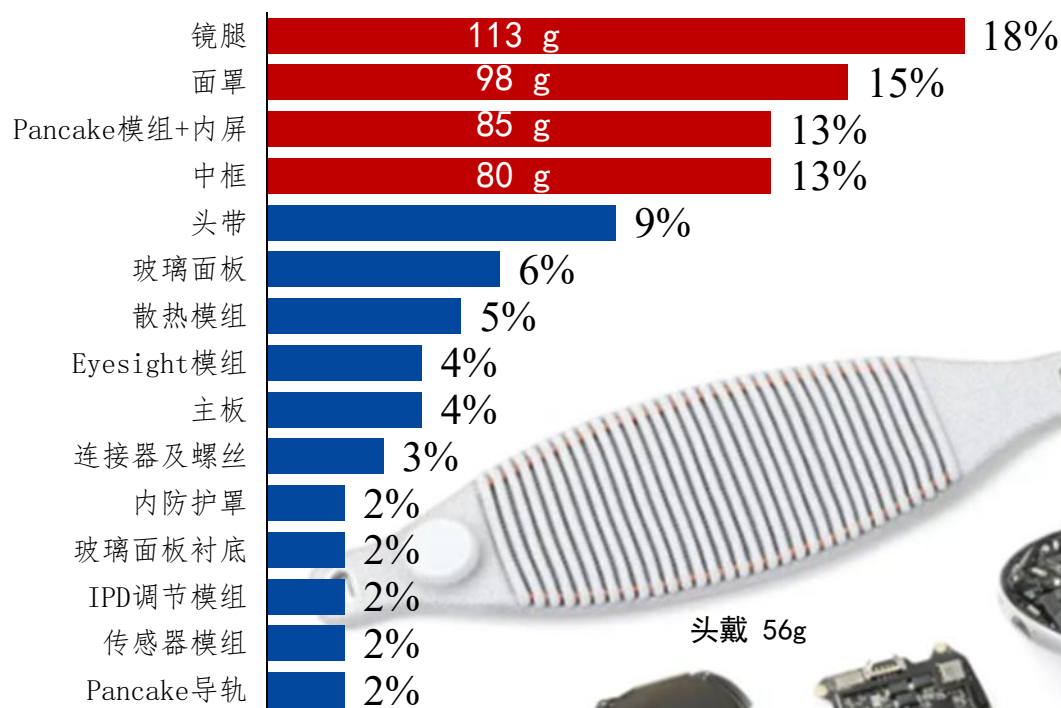


Vs.



影音+通讯+应用核心未变, 体验完成平面到空间的转变

3.1.1 重量：总重629克（不含电池），镜腿/面罩/Pancake模组+内屏/中框占前四



3.1.2 配置：M2&R1双芯片+实时传感系统+空间音频+显示技术



Micro OLED



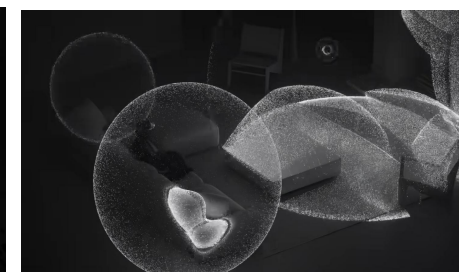
3片式贴合Pancake

显示系统

音频系统



双驱动单元音频组件



个性化空间音频

Micro OLED显示屏**像素达2300万**，像素间距为7.5 μm，**单眼分辨率4K**，支持92%的DCI-P3色域覆盖率，支持**90Hz、96Hz和100Hz**刷新率，提供24fps和30fps的视频播放。

集成的双驱动单元音频组件位于每只耳朵旁边，可提供有环境感的空间音频。Vision Pro的音频光线追踪技术可**分析空间特征，使声音适配用户房间。**



传感器系统

超强计算性能



复杂的传感器阵列



眼球追踪技术

6颗SLAM摄像头+2颗主摄像头+激光雷达+2结构光

两圈LED阵列+4颗红外相机

一对高分辨率摄像头每秒向显示屏传输超过10亿像素，该系统有助于提供精确的头部和手部跟踪以及实时3D映射，同时从各种位置理解用户手势。

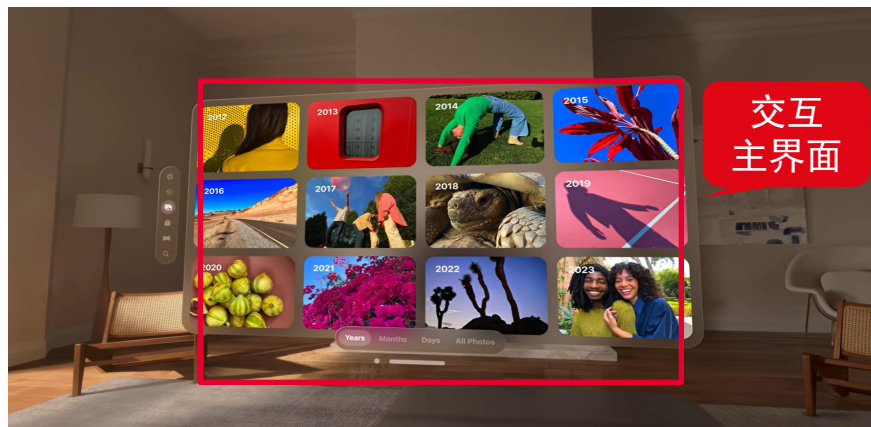
由LED和红外摄像头组成的高性能眼球追踪系统将不可见光图案投射到眼睛上。可提供超精确输入，只需查看元素即可准确选择它们。



M2+R1双芯片设计

独特的双芯片设计可在Apple官网Vision Pro上实现空间体验。强大的M2芯片同时运行VisionOS，执行先进的计算机视觉算法。R1芯片专门用于**处理来自摄像头（12）、传感器（5）和麦克风（6）的输入**，在12毫秒内将图像传输到显示器，从而实现几乎无延迟的实时世界视图。

3.1.3 交互：三维空间环境+眼睛/双手/语音自然交互



交互
主界面

三维互
动界面

空间
环境

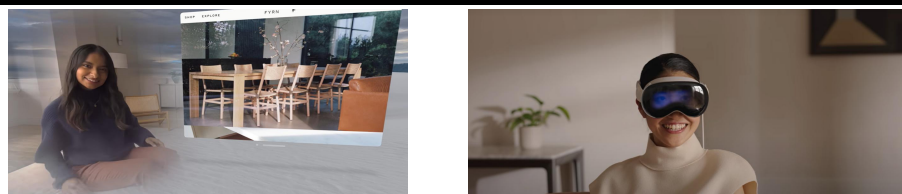


真实环境
(模拟)

背景环境
(拍摄)

通过体积和动态光线变化（阴影），用户可以感受各元素的大小及距离，界面不受空间限制，可以像移动真实物体般自然，可自由放大缩小，甚至填满整个环境。

空间环境能无线延展并变化用户所处空间，空间环境背景拍摄时保留了其体积感，通过旋转数码旋钮，调整沉浸感的程度。



眼睛：在系统导航中只要动眼睛，App图标会在用户看它们时微微显现以回应用户。



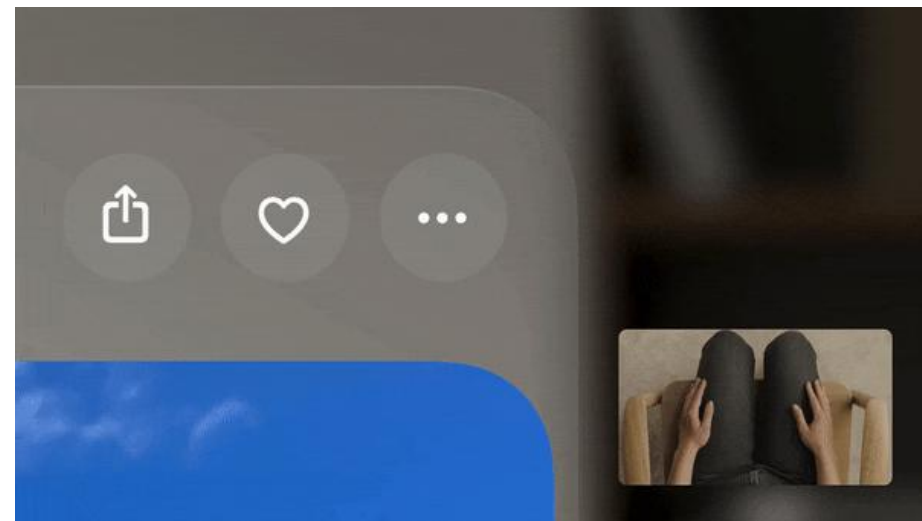
双手：捏合手指就能选择，轻浮就能滚动。将每一种操作手势，设计得简单自然，用户的手可以自如放在腿上或沙发上。



语音：当用户注释搜索栏时，便可语音输入。

交互
逻辑

交互
展示



3.1.4 定位：影音娱乐体验全新升级 + 远程办公帮手



影音

游戏



3D
相机

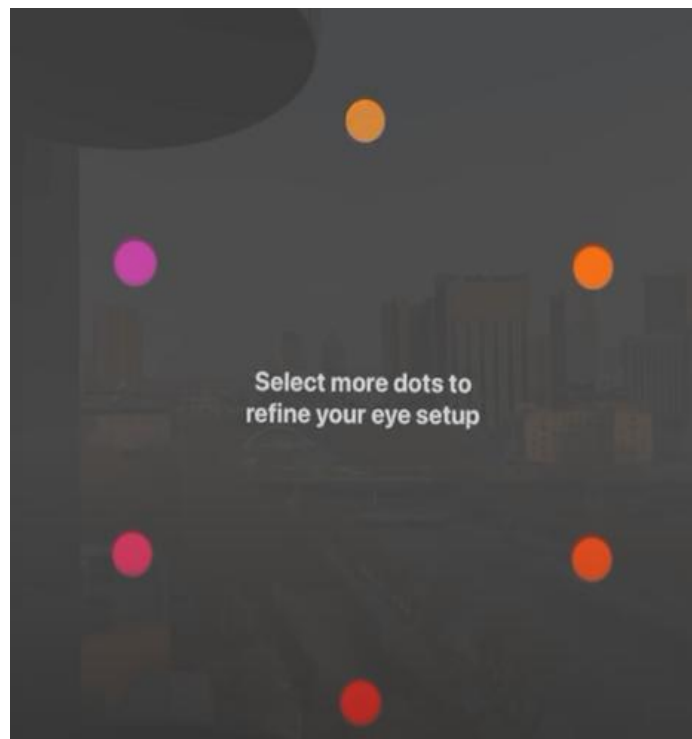
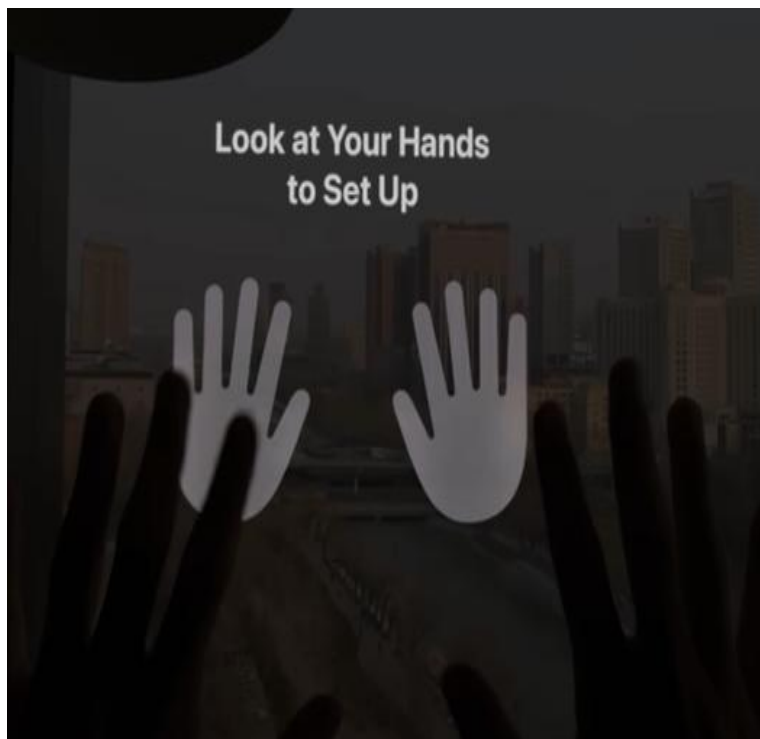
远程
办公



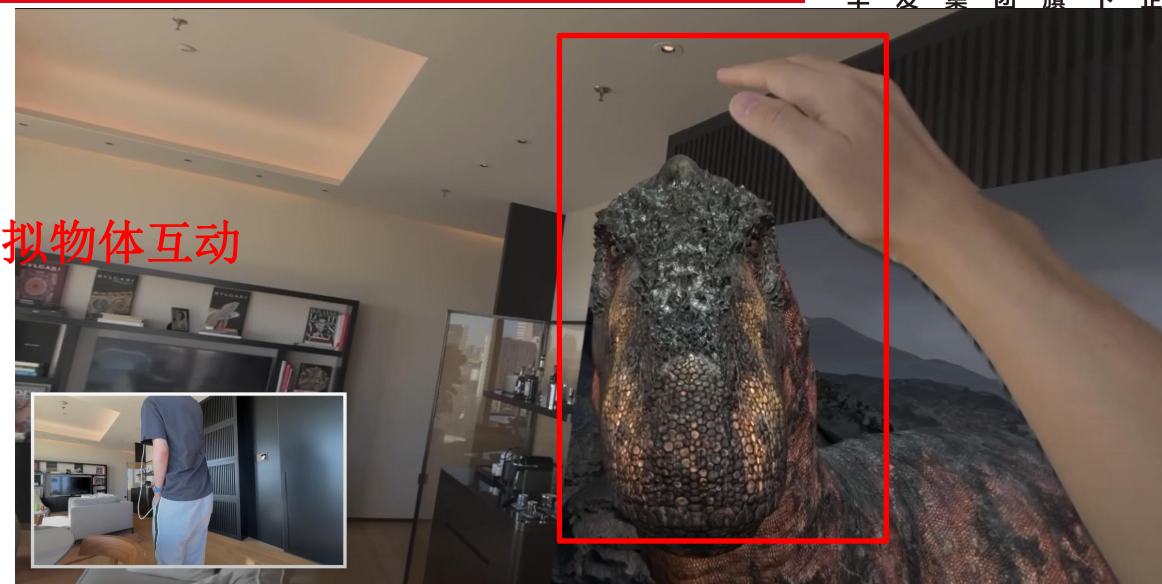
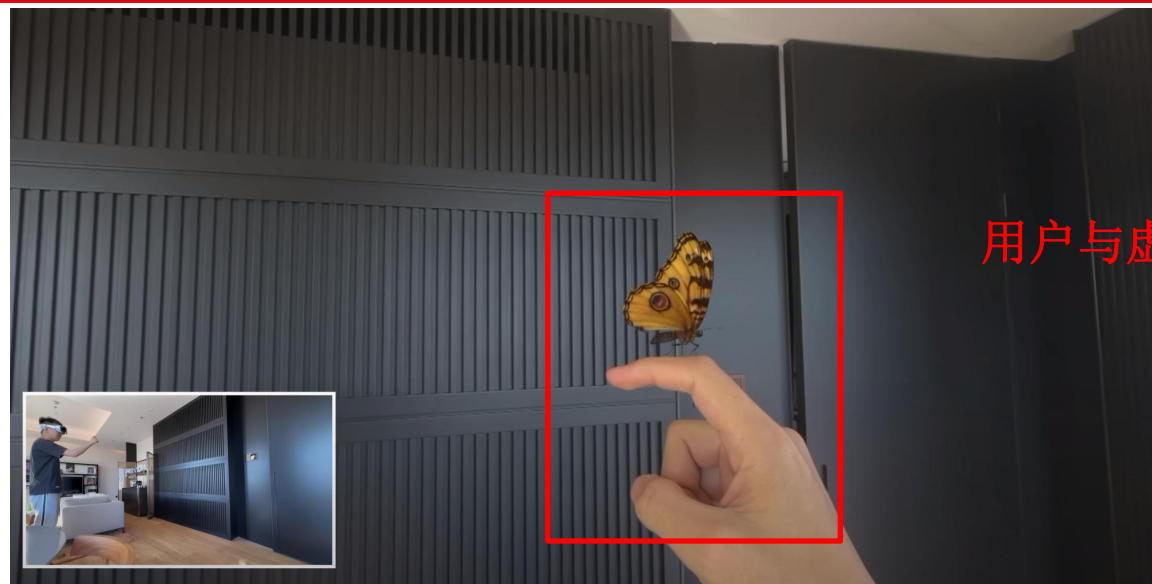
3.1.5 使用体验：眼动追踪+手部追踪学习成本略高于iPad

- ◆ 佩戴设备后，系统会依次出现手部追踪与眼动追踪设置。（1）手部追踪设置：观察界面会出现一双五指分开的手，用户只需五双手五指分开，放到对应位置即可。（2）眼动追踪：观察界面会出现一圈原点（6个左右），用户需要依次注释各个点，并双指捏合选中（此步骤要进行多轮）。设置完成后，用户便可使用眼睛及手进行选择与确认。随着使用时长增加，用户眼球感受到疲劳，眼动追踪灵敏度降低。

手动/眼动追踪设置、主界面及照片App界面展示



3.1.5 使用体验：空间互动模糊显示与虚拟界限



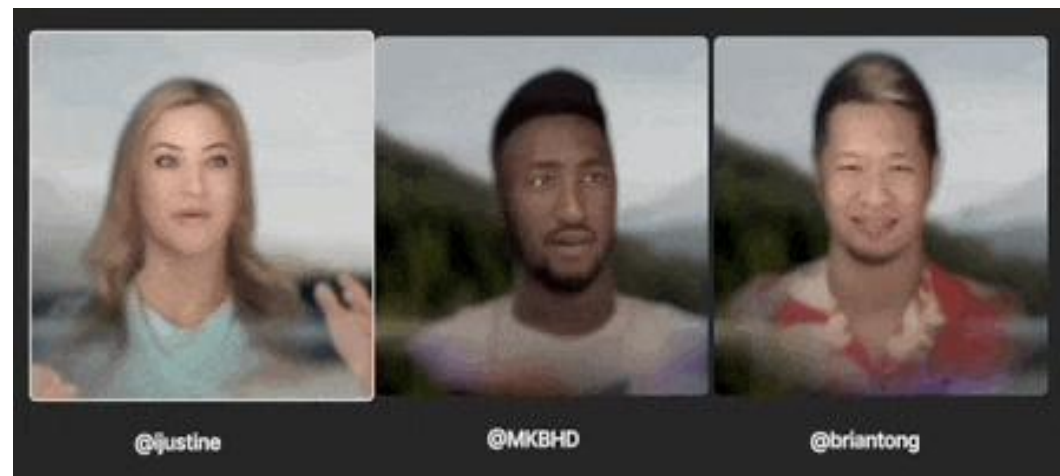
3.1.5 使用体验：沉浸模式赋能全景照片凸显像素价值



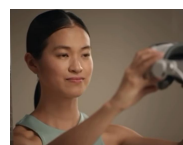
3.1.5 使用体验：Persona（个人虚拟形象）仍存改进空间

- ◆ Persona——Vision Pro可以通过摄像头创建一个与用户相似的数字化身。这个代表用户的数字版化身可用于FaceTime等一系列的社交应用。在设置过程中，用户首先需要确保人脸没有任何遮挡，然后摘下Vision Pro并用Eyesight显示屏水平对准自己。接下来，系统会扫描人脸，并通过语音指示来要求用户完成左右摇头，露齿笑，不露齿笑，闭合眼睛等动作。

Vision Pro Persona实时效果



Vision Pro Persona形象与现实对比



3.2 Meta: 产品历经迭代, Quest系列头显销量累计将近2000万台

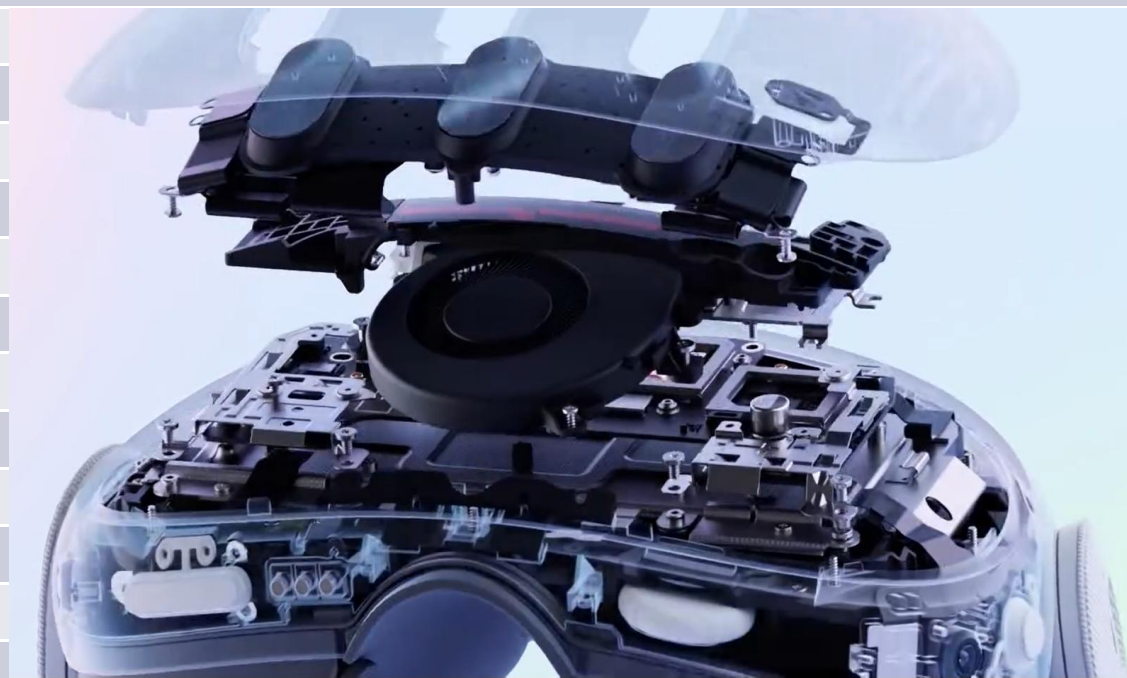


累计销量超1800万台

	Oculus Go	Oculus Quest	Quest 2	Quest 3
价格	\$199	\$399	\$299	\$499
光学	菲涅尔透镜	菲涅尔透镜	菲涅尔透镜	Pancake
屏幕	Single LCD	2 x OLED	Fast switch LCD	2 x LCD
分辨率	1280x1440 per-eye	1440x1600 per-eye	1832x1920 per-eye	2064x2208 per-eye
刷新率	60 Hz	72 Hz	120 Hz	120 Hz
可视角度	水平 89° ; 垂直90°	水平 93° ; 垂直93°	水平 97° ; 垂直93°	水平 110° ; 垂直96°
追踪类型	3 DoF	<ul style="list-style-type: none"> 6 DoF Inside-out via 4 integrated cameras 手部追踪 	<ul style="list-style-type: none"> 6 DoF Inside-out via 4 integrated cameras 手部追踪 	<ul style="list-style-type: none"> 6 DoF Inside-out via 4 integrated cameras (包括深度传感器) 手部追踪 身体追踪
重量	468 g	571 g	503 g	515 g

3.2.1 配置：XR2 Gen 2 + Fast-LCD双屏 + Pancake

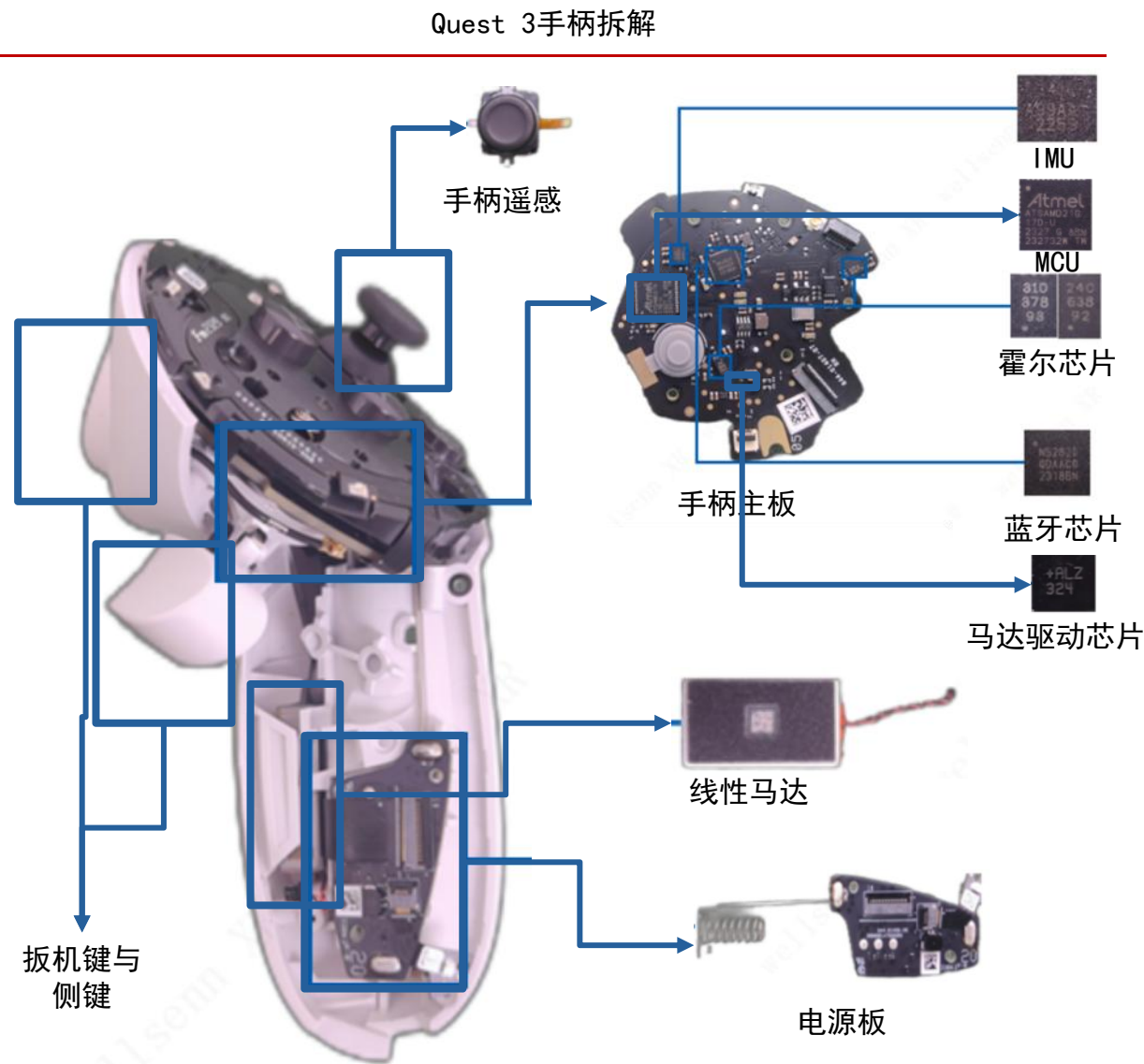
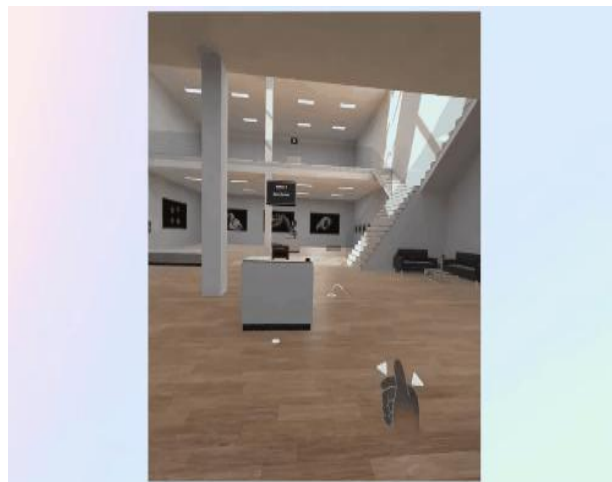
类别	细分子类	简介
计算平台	CPU	高通 XR2 Gen 2, 4nm制程工艺, Kryo核心, 6核64位, 最高主频3.2GHz
	GPU	Adreno 740
	内存	8GB LPDDR5, 3200MHz
	闪存	128GB/512GB
	Wi-Fi	Wi-Fi 6E, 2 x2 MIMO, 802.11 a/b/g/n/ac/ax, 2.4GHz/5GHz/6GHz 三频, 支持无线串流 PC Steam MR 游戏
	蓝牙	蓝牙5.2, 支持低功耗蓝牙5.1/蓝牙mesh/NFC/Thread/Zigbee/2.4GHz私有协议等
	操作系统	Android
显示	屏幕	Fast-LCD双屏
	分辨率	4128x2208, 1201PPI, 25PPD
	刷新率	90Hz/120Hz
光学	视场角	水平110°, 垂直96°
	镜片和材质	Pancake
	近视调节	不支持物理调节, 兼容佩戴眼镜
	瞳距调节	调节间距58mm-70mm, 支持IPD范围为53mm-75mm
传感器	头盔 6轴传感器	1KHz 采样频率, 实现头部精准 6DoF
	头盔 P-Sensor	人脸佩戴感应, 用于屏幕休眠控制
摄像头	追踪定位摄像头	OV7251-1F
	VST 摄像头	IMX471
	深度传感器	双目结构光



3.2.2 交互：头部空间定位+手柄+裸手识别+语音交互

- ◆ 通过Inside-Out Body Tracking提供高保真和自然的运动。在Quest 3中，Meta提供一种内向外身体追踪。这是一种利用头显摄像头来精确追踪上半身的方法，并产生比Quest 2和Quest Pro更准确和自然的追踪系统，后者只是使用手和/或控制器，以及头显的运动来推断用户身体姿势。
- ◆ Touch Plus控制器允许用户激活各种各样的振动和先进触觉，使用户获得反馈。

Quest 3手势追踪（左）及微手势（右）展示



3.2.3 定位：社交娱乐终端



根据newzoo数据，VR游戏收入将从2022年的18亿美元增长到2024年的32亿美元。

游戏

影音

YouTube VR



根据The Brainsy Insights数据，预计到2032年，全球蓬勃发展的虚拟和在线健身市场将达到2,569.7亿美元



将全息专业舞者直接传送到Meta Quest 3用户的个人空间

健身

社交

探索数千种全新体验，并与世界各地用户交流联系。



3.3 Rokid: 搭配Station向AR空间计算终端迁移



Rokid Air

无限视界

43° 视场角, 0-500° 连续屈光调节功能, 单目分辨率达1920×1080, 刷新率为60Hz。定位于通勤/办公/影音等使用场景所推出的精简化产品。



Rokid Max Pro

空间计算

空间办公: 空间多任务处理, 图片、视频、文档灵活切换, 一览无余; 并可根据需要调整显示区域的大小, 工作效率倍增。

眼镜终端

计算终端



强大的空间算力源于空间计算主机 Station Pro该主机搭载了第一代骁龙®XR2+平台、12G RAM + 128G ROM, 支持Wi-Fi 6/6E和BT5.1, 带来更佳的性能表现, 可以达到厘米级6DoF跟踪精度和极低MTP渲染延迟。空间计算机: 从电子屏幕进化到空中虚拟多屏的呈现, 每一寸空间都可成为屏幕; 而计算机传递的内容也实现了从二维到三维的跨越: 空间办公、空间影音娱乐等成为可能。



交互系统

生态合作



YodaOS-Master桌面应用列表

- 国内首创单摄像头即可实现SLAM、3D裸手交互、视觉定位VPS 等能力, 混合现实录制、第一视角分享;
- 围绕感知、理解、交互、展现、协同和数字创作五个方面, 从芯片、硬件设计、数据流程、软件架构、AR 算法、创作工具等诸多方面都做了大量优化和升级



Rokid第二届AR应用开发大赛



- 内容生态, 携手影牛牛打造全新的 3D 电影专区, 与随乐游合作打造游戏频道, 与阿里云无影合作打造云办公双系统双桌面;
- 硬件生态, 分别与 arpara、Goovis 合作, 完成超高清 VR 头显与 Rokid Station AR 主机的接入;
- 开发者生态, 更多线下开发者活动, 更多高校课程培训和应用开发大赛。

3.3.1 配置: Rokid AR Studio = Rokid Max Pro + Rokid Station Pro

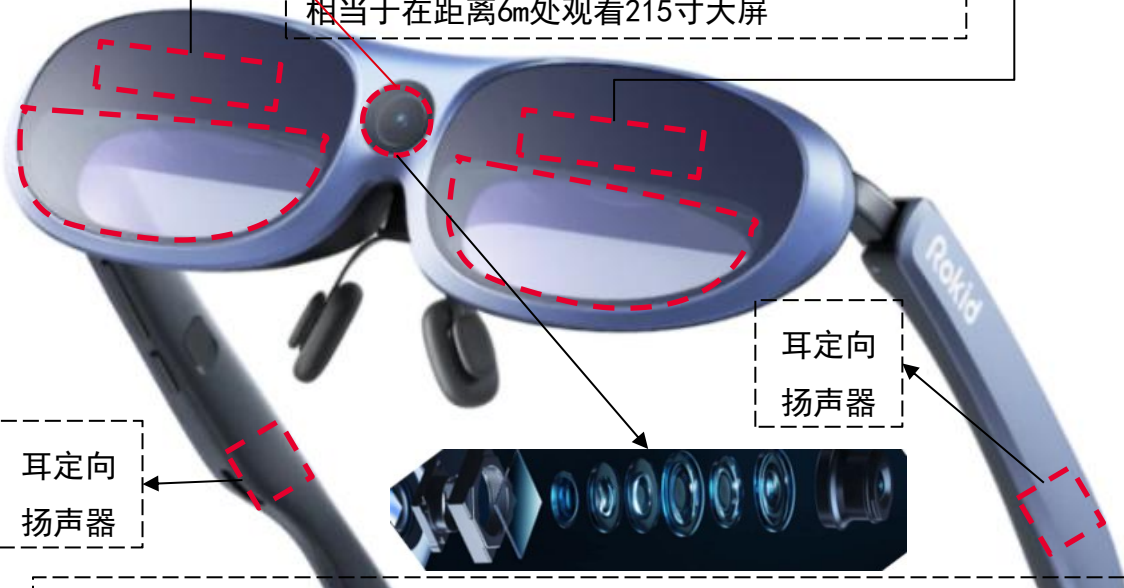
Rokid Max Pro



Rokid Station Pro

全球创新，
实现单摄
空间交互

索尼半导体科技Micro OLED屏幕
单眼1920x1200像素，108% sRGB色域
8-bit depth，可显示1670万种颜色
入眼亮度默认500尼特，最高入眼亮度600尼特
100,000:1对比度
约50° 视场角 (FoV)，45角分辨率 (PPD)
最高刷新率120Hz
相当于在距离6m处观看215寸大屏



相较于骁龙XR2平台，可以带来**30%散热性能提升**和**50%续航能力提升**。同时具有更佳散热和更高性能，可达到**厘米级6DoF跟踪精度**和极低渲染延迟。



Sony IMX586
115° 超广角
双色温闪光灯



传感器

9轴IMU
(陀螺仪，加速计，磁力计)



RAM: 12GB LPDDR5
ROM: 128GB



27W快速充电



全实体按键

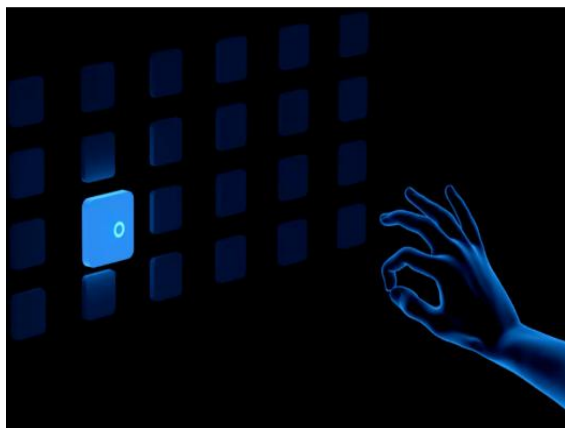


定制大视场角摄像头，进而实现厘米级精度；AI深度学习，快速跟踪定位

3.3.2 交互：微手势+头手联动 = 一“触”即发

◆ 人机交互方面，Rokid AR Studio可实现不依赖手柄或遥控器，只用眼睛、手势和声音，进行实时操控。在手势识别中，Rokid采用了微手势的交互方式，手指一捏，即可进行点击和选中；手势左右拨动，还可对正在浏览的界面或内容进行切换。目前，Rokid的手势识别在3D空间中可实现多种操作，包括点、捏、抓、握、拖、拉等等，完全可以满足AR交互应用需求。例如，戴上Rokid Max Pro，伸出手，在眼前张开手掌即可呼出菜单。

Rokid点击和选中手势操作原理及演示



Rokid裸手空间交互测试



Rokid交互类别

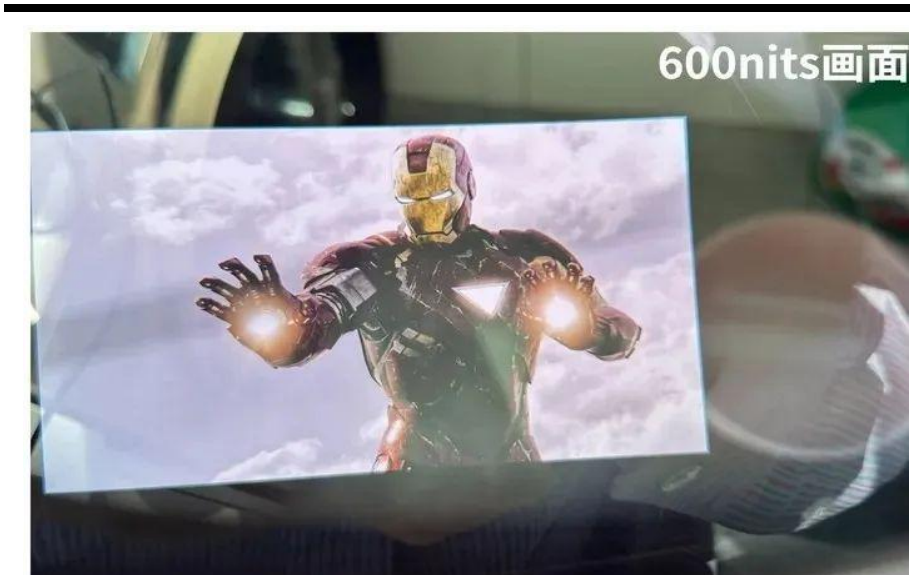
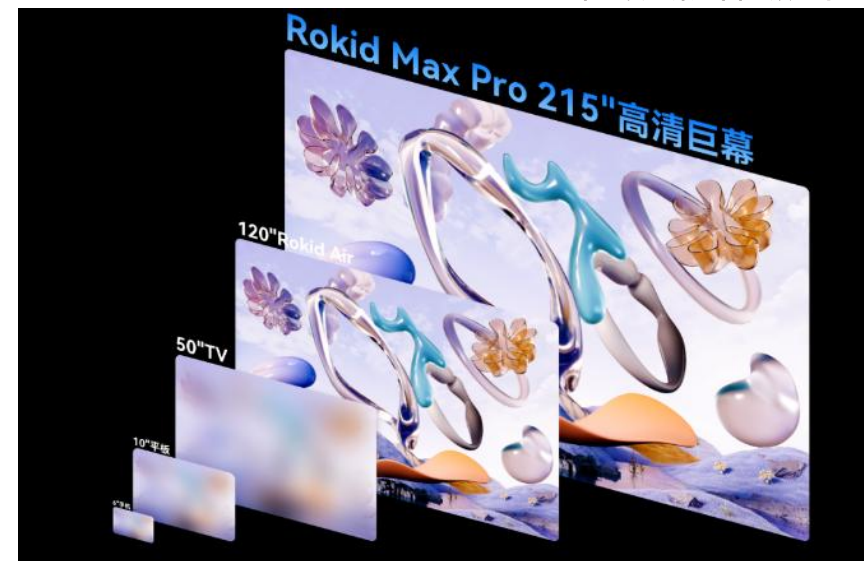


3.3.3 定位：移动办公+巨幕显示+空间影音娱乐



移动
办公

巨幕
+
空间
影音



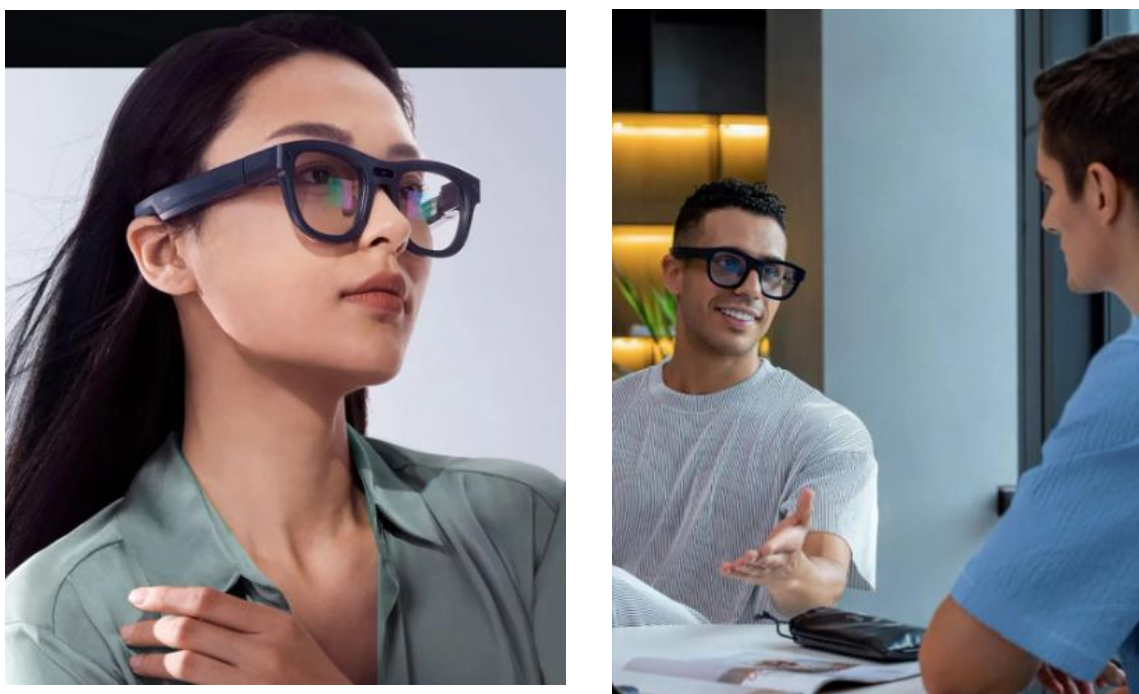
中午阳台光线很强
环境下使用效果
(左开机, 右关机)
注: 此处使用Rokid Max+
Rokid Station展示



3.4 雷鸟创新：切入消费级真·AR眼镜赛道

- ◆ **全彩双目+本地计算能力+虚拟现实内容交互。**此类产品透光率很高，能够很清晰地看清前方的现实环境，从底层逻辑上来说，**需要超过1000nits的高亮度投影方案+高透光性模组。**产品通常为全彩双目，且具备一定**本地计算能力**。这类真·AR眼镜能够通过眼镜上的摄像头，使虚拟内容和现实世界产生一定的交互。如用户通过眼镜使用地图导航时，眼镜看到的目标是跟现实道路实时重合的。

雷鸟X2产品展示



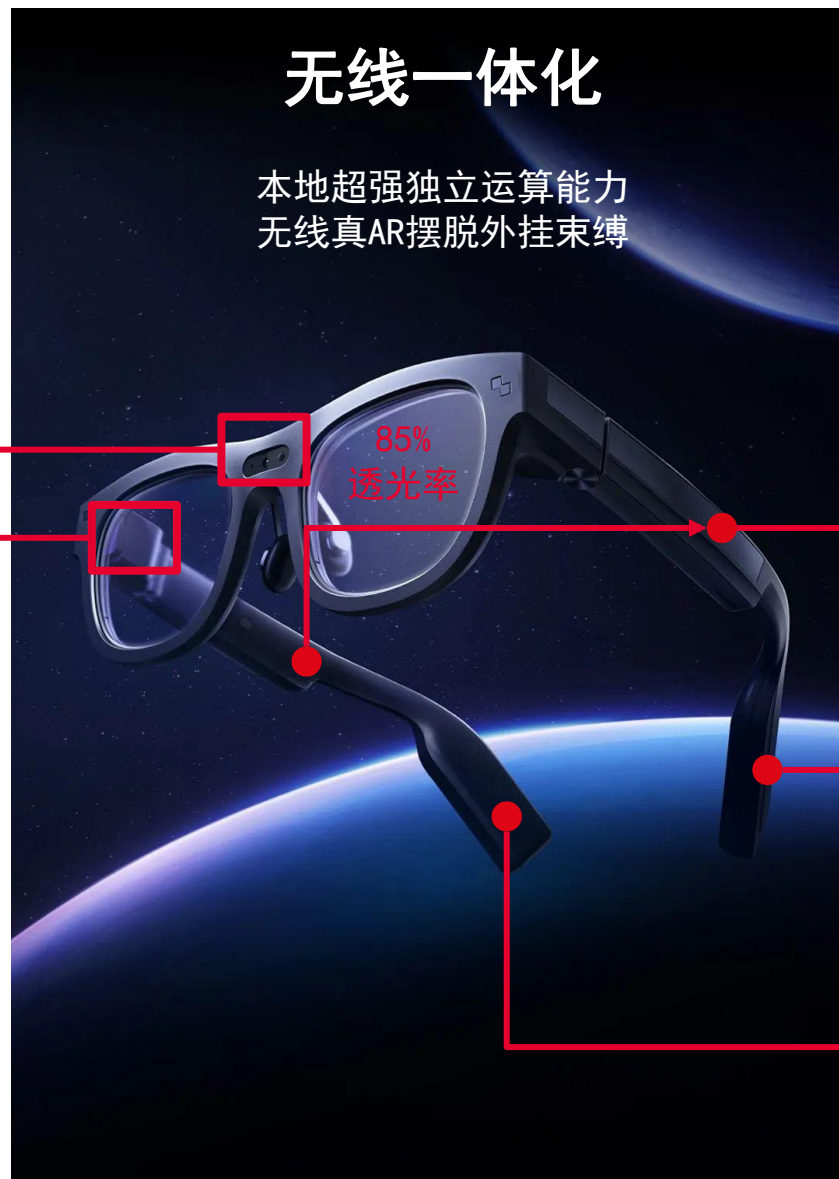
资料来源：雷鸟XR、VRPinea、华金证券研究所

消费级真·AR眼镜3+1要素



请仔细阅读在本报告尾部的重要法律声明 92

3.4.1 配置：Micro LED + 光波导 + 骁龙XR2



1600万高清摄像头



光学显示系统

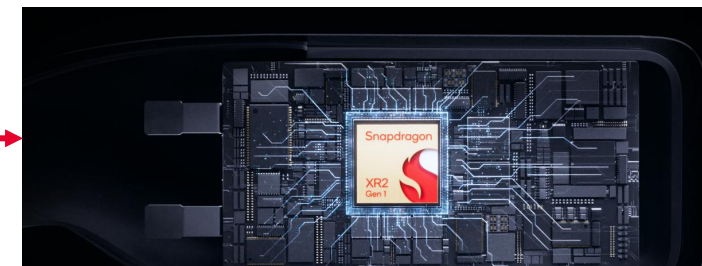


音频系统



0.4mm超线性冲程单元，持续输出清透平衡的动人音质。

高通骁龙XR2



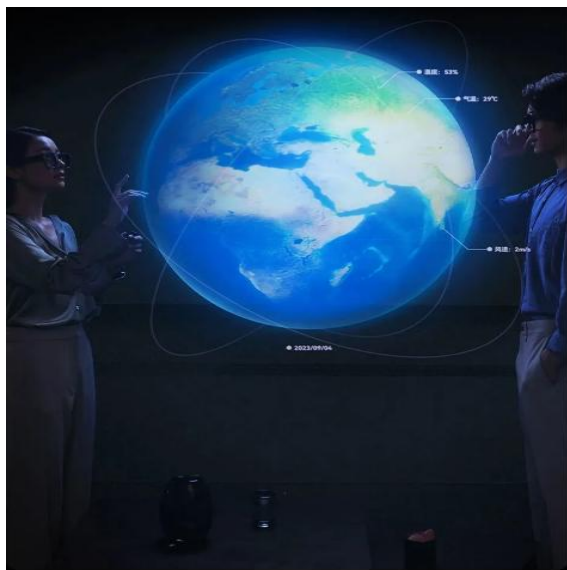
7 nm 8核8线程 6+128GB

工艺制程 澎湃算力 内存

590 mah容量电池

根据VRPinea测试，不间断使用场景下，可实现2-3小时的续航；纯待机时间则在30小时左右。

3.4.2 交互：镜腿触摸+戒指射线+语音交互

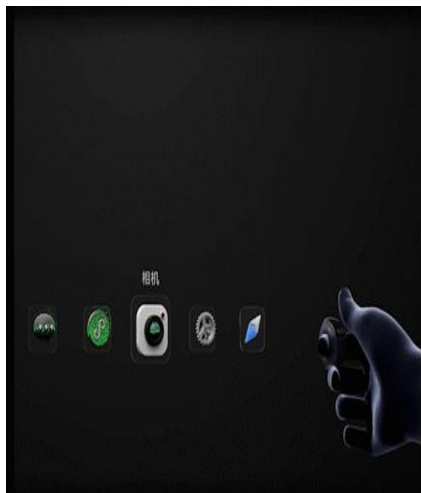


得益于高通骁龙XR2的澎湃算力，雷鸟自研的SLAM算法可实现300ms快速响应、高精度（1%漂移误差）和低功耗（<400mW）。

自研SLAM算法

镜腿触摸

触控区分布于镜腿两侧，使用滑动触控等简单高效的方式，使用中能快速完成指令，左侧镜腿媒体控制，右侧镜腿系统控制。



戒指射线

语音交互

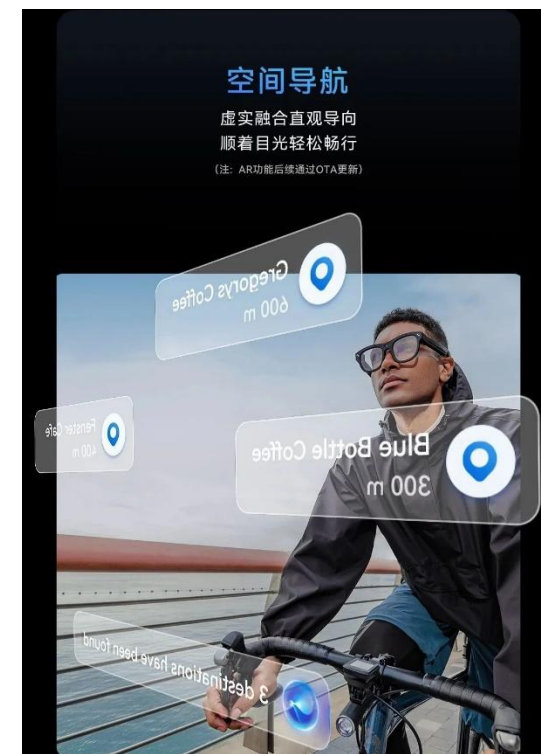
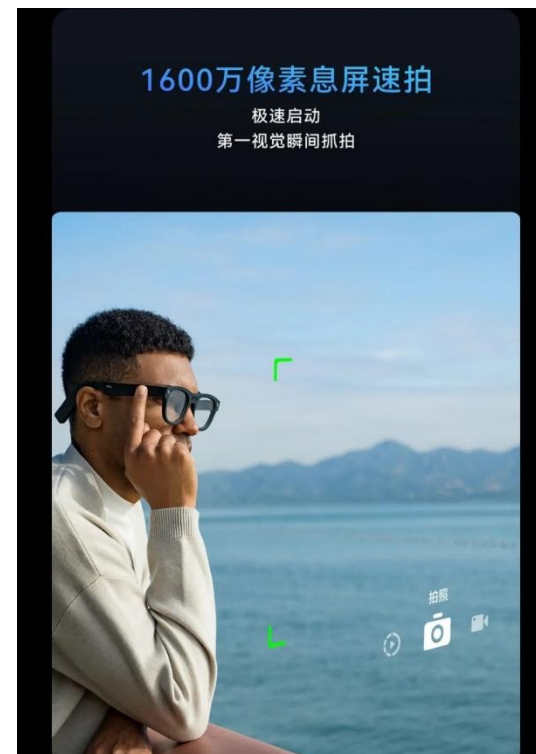
用自然的语音唤醒，实现系统应用的开启使用，快速响应如接听来电等信息处理。

雷鸟指环独有的3Dof射线，体验精准的AR空间交互。

3.4.3 定位：搭载AI大模型的可穿戴设备

- ◆ 依托于雷鸟创新自研的 AI大模型中控平台，Rayneo AI在传统语音助手功能的基础上，进一步加入了多轮自然语言对话、行程规划、便捷百科问答、头脑风暴等多项能力。配合雷鸟X2真AR眼镜，Rayneo AI将以一种更加自然、智能和无感的方式，真正成为用户的能力延伸。AI与AR眼镜的深度融合，能够让AR眼镜成为用户的实时“外脑”，能够适应更多的场景，并成为用户的能力延伸。

雷鸟X2场景生态展示



- 01 XR：科技与人文十字路口，模糊虚拟与现实界限
- 02 技术：屏幕/光学/交互/芯片全面发展，向深度沉浸迈进
- 03 产品与应用：多厂商进击空间计算，AR发展多元化
- 04 **投资线条：瞄准内容生态完善&硬件产品迭代，以期空间放量**
- 05 相关标的
- 06 风险提示

4.1 内容：空间计算概念兴起，抓住内容开发高速增长窗口

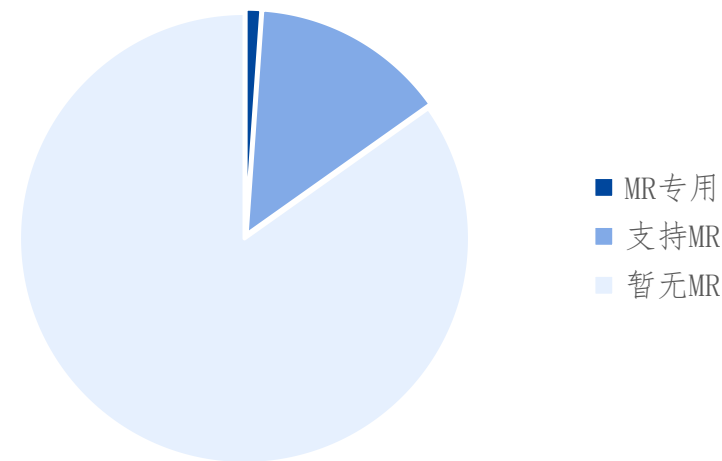
2008.07-2023.07 Apple App Store 中可用应用程序数量 (个/%)



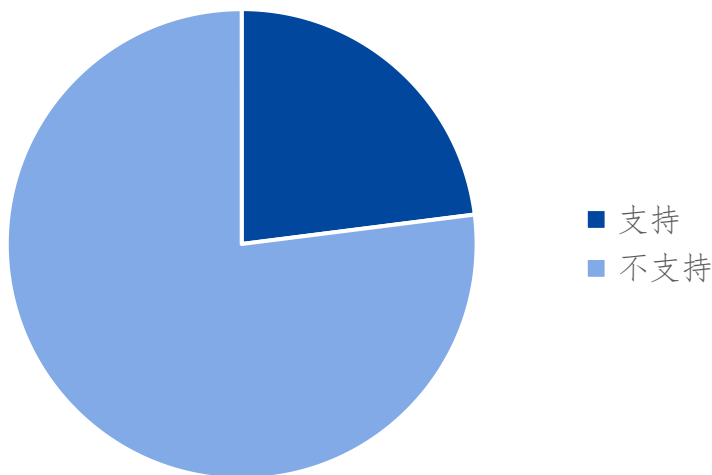
4.1.1 数量：Quest商店APP共计540款，仅6款为MR专用内容

- ◆ 截至2023年11月8日，Quest商店内容总数共540款，包含MR功能的内容为82款，其中MR专用内容为6款。
- ◆ 目前绝大部分MR内容都是在VR内容原有的基础上追加混合现实模式，从最基础的穿透功能(Passthrough)，到具有场景识别、空间锚点、虚实互动能力的MR玩法。专门为MR开发的内容还比较少。不过从不少2019年，2020年发布的老作品也趁势推出MR模式可以看出，该功能所具备的吸引力。

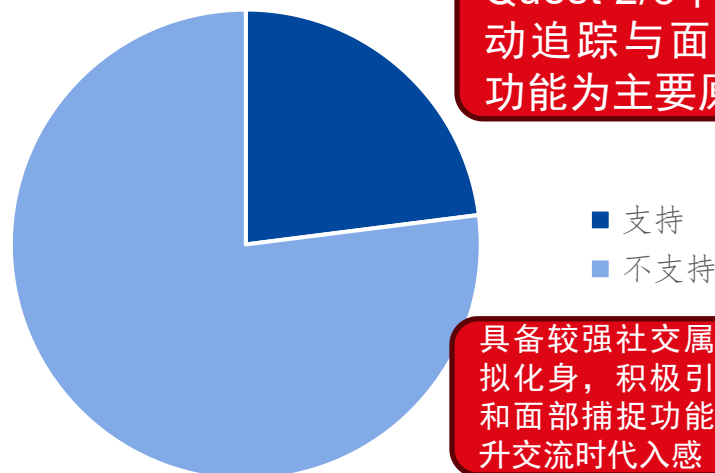
Quest 商店MR内容占比情况



Quest 商店MR内容手势追踪支持情况



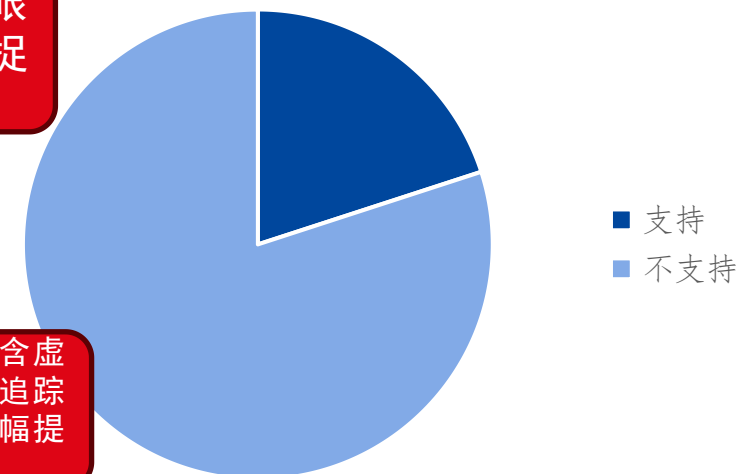
Quest 商店MR内容眼动追踪支持情况



Quest 2/3不支持眼动追踪与面部捕捉功能为主要原因

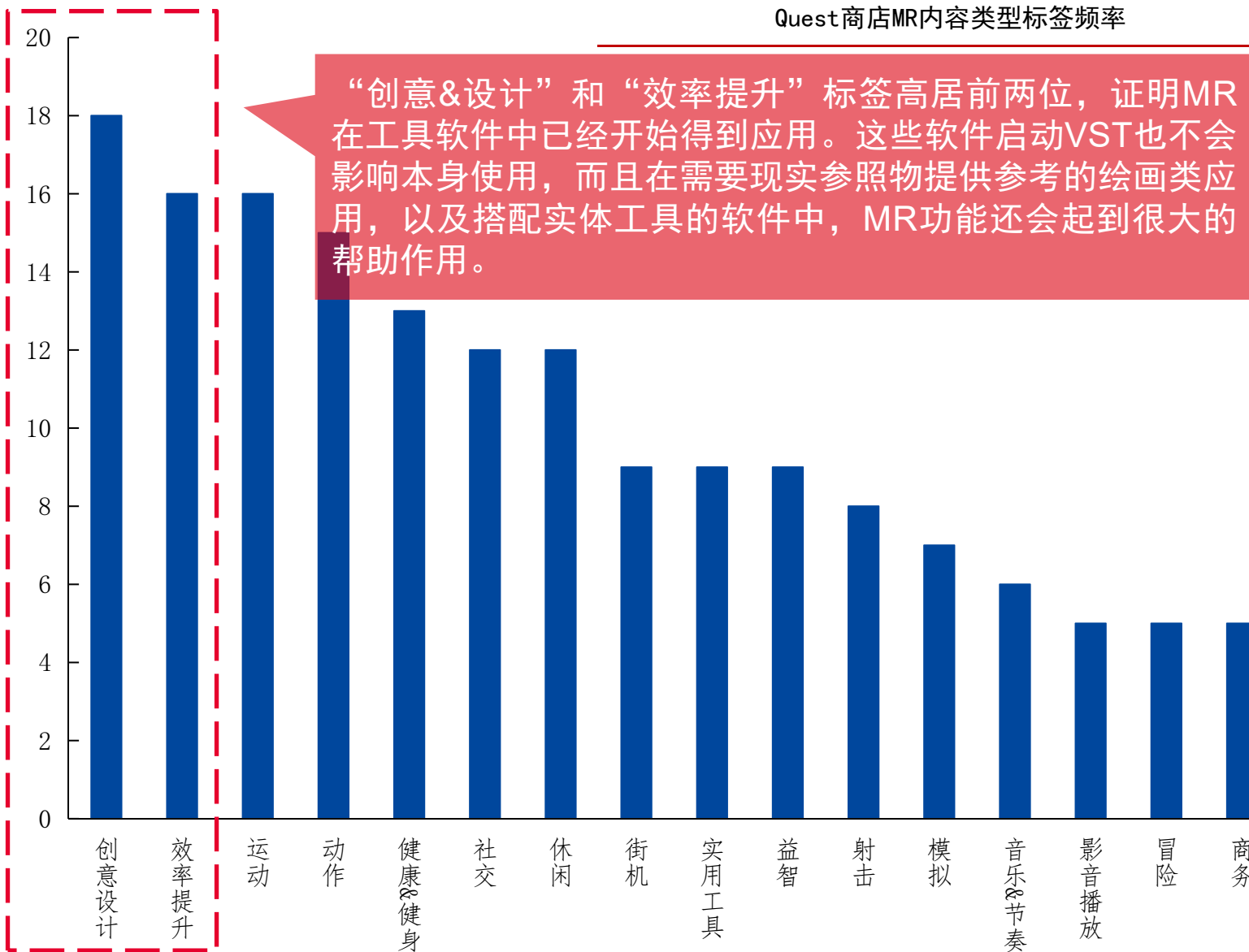
具备较强社交属性、内含虚拟化身，积极引入眼动追踪和面部捕捉功能，能大幅提升交流时代入感

Quest 商店MR内容面部捕捉支持情况



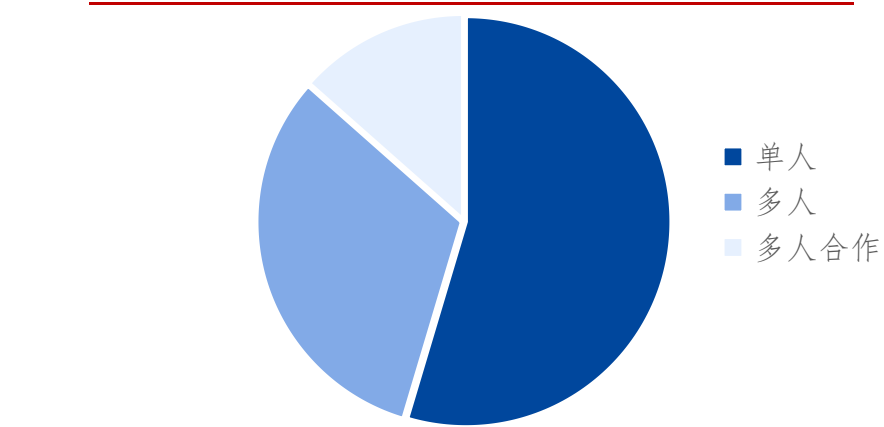
4.1.2 类型：MR在工具软件中得到应用，联机/社交内容快速增长

Quest商店MR内容类型标签频率



“创意设计”和“效率提升”标签高居前两位，证明MR在工具软件中已经开始得到应用。这些软件启动VST也不会影响本身使用，而且在需要现实参照物提供参照的绘画类应用，以及搭配实体工具的软件中，MR功能还会起到很大的帮助作用。

Quest商店MR内容支持使用人数



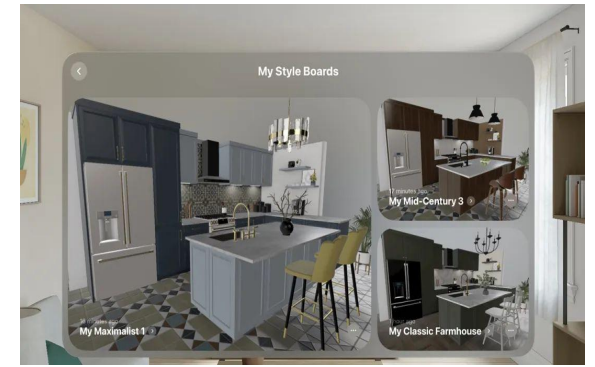
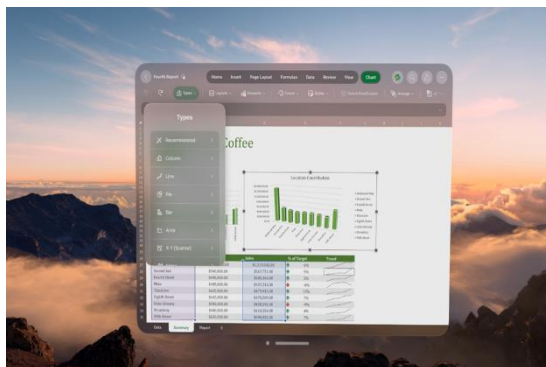
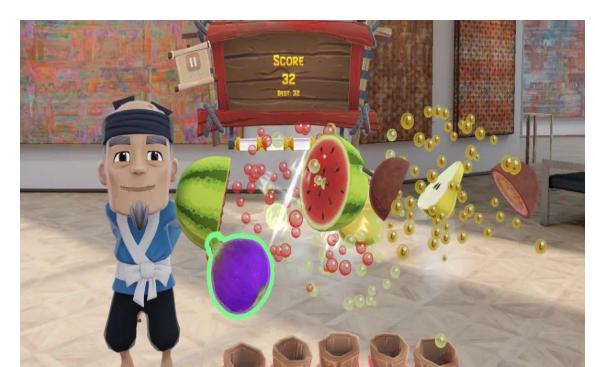
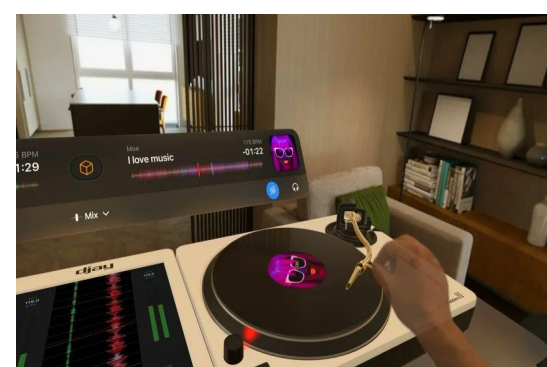
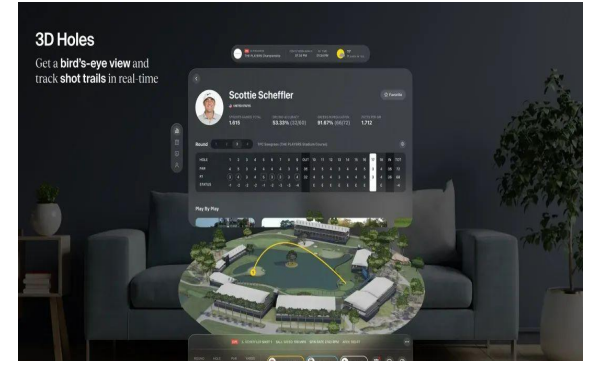
“多人”一般指联机对战的竞技类玩法“多人合作”则包括联机组队类游戏和协作类工具软件。无论对战还是合作、游戏还是工具，包含联机、社交元素的MR内容数量正在快速增长，这与VR内容的发展趋势一致。

4.1.3 人气：动作幅度较大游戏/应用与MR更适配，易受大众欢迎

Ouest商店MR内容评论人气排名TOP20



4.1.4 Apple Vision Pro部分应用展示



4.2 硬件：产品迭代升级下，供应链/技术储备厂商有望持续受益

2007-2021年全球iPhone销量（万台）



4.2.1 Vision Pro BOM: 处理器/显示屏/结构件及ODM/OEM 为主要成本构成, 多中国厂商进入该设备产业链

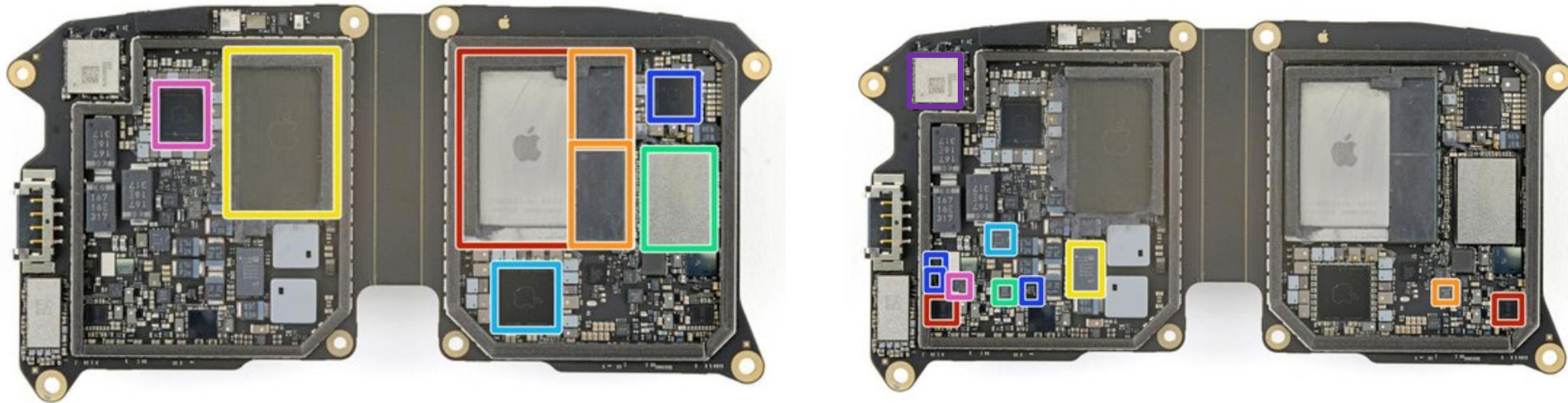
分类	器件名称	规格型号	供应商	单价 (美元)	数量 (个)	总价 (美元)
计算和存储	主处理器	M2系列	苹果	120	1	120
	协处理器	R1	苹果	60	1	60
	ROM	UFS4.0 512G	三星/铠侠	20	1	20
	RAM	LPDDR5 12G	海力士/三星	30	1	30
	WiFi SIP	WiFi 6	博通/skyworks	6	1	6
	BLE	蓝牙5.3	博通/skyworks	2	1	2
	PMIC		苹果/ST/TI等			4
	其他	含codec、音频PA、LED驱动、电机驱动、电容电阻等				8
显示屏	外屏	异形柔性屏AMOLED	LG	30	1	30
	内屏	硅基OLED	索尼	350	2	700
光学	光学	pancake 3P	玉晶光/扬明光	30	2	60
	IPD电动调节模组		兆威机电	10	2	20
交互传感器	6DOF追踪	鱼眼IR 索尼IMX418	Lens:大立光/模组:高伟	5	4	20
	VST摄像头	RGB	Lens:大立光/模组:高伟	8	2	16
	眼动追踪	WLO封装	索尼	12	2	24
	面部追踪	WLO封装	索尼	12	2	24
	躯干追踪	鱼眼IR 索尼IMX418	Lens:大立光/模组:高伟	5	2	10
	手势追踪	单目结构光RX+TX	Lens:大立光/模组:富士康	10	1	10
	TOF	dTOF sonyIMX611	Lens:玉晶光/模组:LG	10	1	10
	IMU		TDK	3	1	3
	震动马达			2	2	4

4.2.1 Vision Pro BOM: 处理器/显示屏/结构件及ODM/OEM 为主要成本构成, 多中国厂商进入该设备产业链

分类	器件名称	规格型号	供应商	单价 (美元)	数量 (个)	总价 (美元)
结构件	结构件	含中框、外壳等, 部分碳纤维/钛合金材质	长盈精密/领益制造	120	1	120
	散热模组	含导热片和风扇		9	1	9
	其他	含密封胶带、泡棉等		8	1	8
连接件	PCB		鹏鼎	8	1	8
	FPC		鹏鼎	6	1	6
电池	外置电源线			3	1	3
	头显电池	约500毫安		3	1	3
	外置电池	约1万毫安	德赛电池	15	1	15
声学	MIC		美律	1	3	3
	SPK		歌尔	2	4	8
包装附件		外包装、电池收纳包等		15	1	15
ODM/OEM			立讯精密	130	1	130
				合计 (美元)		1509

4.2.1 Vision Pro芯拆解：美国为主，国内环旭电子/兆易创新进入

Vision Pro主板正面芯片级拆解



红色：苹果 APL1109/339S01081E M2 八核应用处理器和图形处理单元

橙色：美光 MT62F1G64D8WT-031 XT:B 8 GB LPDDR5 SDRAM 内存

黄色：苹果 APL1W08/339S01186 R1 传感器协处理器

绿色：铠侠 K5A4RC2097 256 GB NAND 闪存

天蓝：苹果 APL109C/343S00627 电源管理芯片

蓝色：苹果 APL109D/343S00628 电源管理芯片

淡紫：苹果 APL1004/343S00629 电源管理芯片

红色：苹果 338S00521-B0 电源管理

橙色：德州仪器 LMK1C1104 时钟缓冲器

黄色：ADI LT8652S 8.5 A / 18 V 双通道同步降压转换器

绿色：德州仪器TPS62125 300 mA 降压转换器

天蓝：德州仪器 TPS61045可调升压转换器

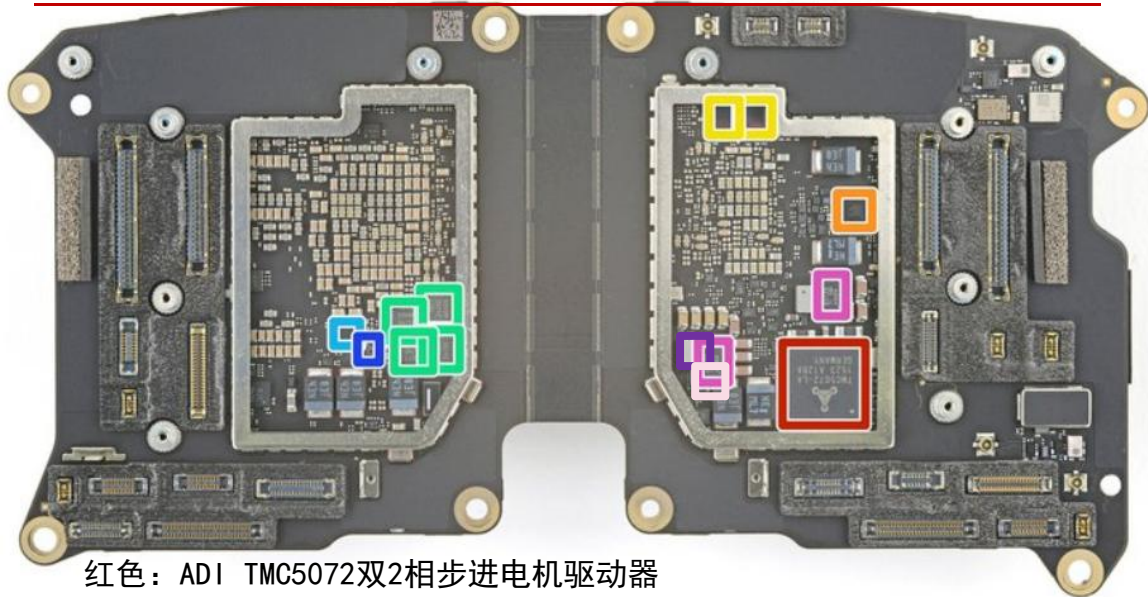
蓝色：安森美 FPF2895C 限流开关

淡紫：德州仪器 TPS70936 150 mA/3.6 V LDO 稳压器

紫色：USI（环旭电子）339S01015 WiFi/蓝牙模块

4.2.1 Vision Pro芯拆解：美国为主，国内环旭电子/兆易创新进入

Vision Pro主板背面芯片级拆解



红色：ADI TMC5072双2相步进电机驱动器

橙色：莱迪思半导体 ICE5LP4K iCE40 Ultra FPGA

黄色：可能是 Cirrus Logic CS46L11 音频编解码器

绿色：Diodes Incorporated PI2DBS16212A 2:1 多路/解路复用器

天蓝：德州仪器 TMUX1575 四路SPDT模拟开关

蓝色：德州仪器 TS5A23159 双 SPDT 模拟开关

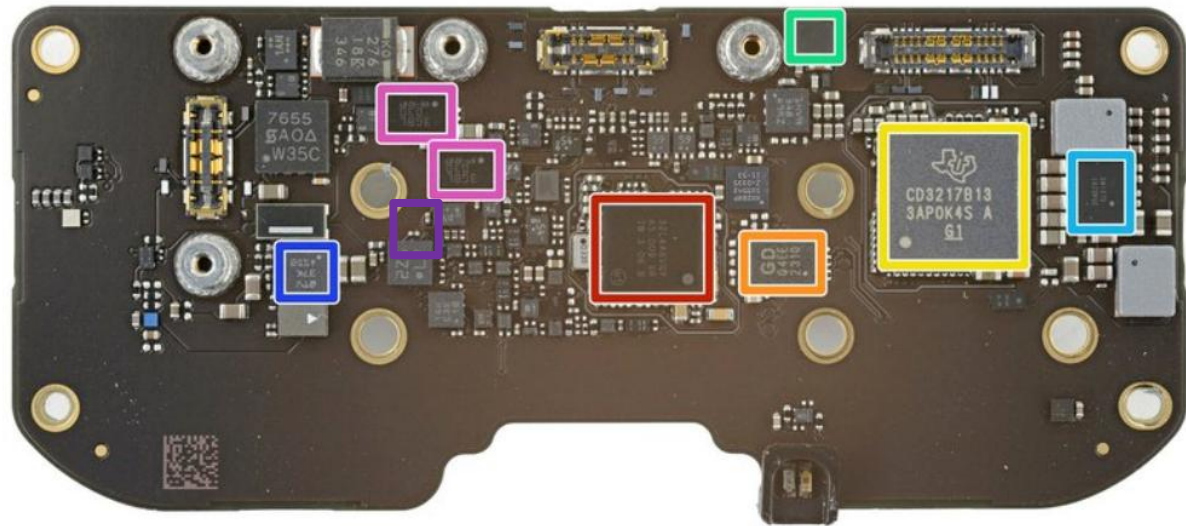
淡紫：德州仪器 TPS62135 4 A 降压转换器

紫色：德州仪器 TLV6703 比较器，带集成基准功能

粉红：安森美 FPF2895C 限流开关

资料来源：iFixit、MicroDisplay、华金证券研究所

Vision Pro充电板正面芯片级拆解



红色：意法半导体 STM 32L4A6VG Arm Cortex-M4微控制器

橙色：兆易创新 GD25Q80E 1 MB 串行 NOR 闪存

黄色：德州仪器 CD3217B13 USB Type-C 控制器

绿色：德州仪器 TPD4S311A USB Type-C 端口保护器

天蓝：德州仪器 TPS62180 6 A 同步降压转换器

蓝色：德州仪器 TPS62160 1 A 降压转换器

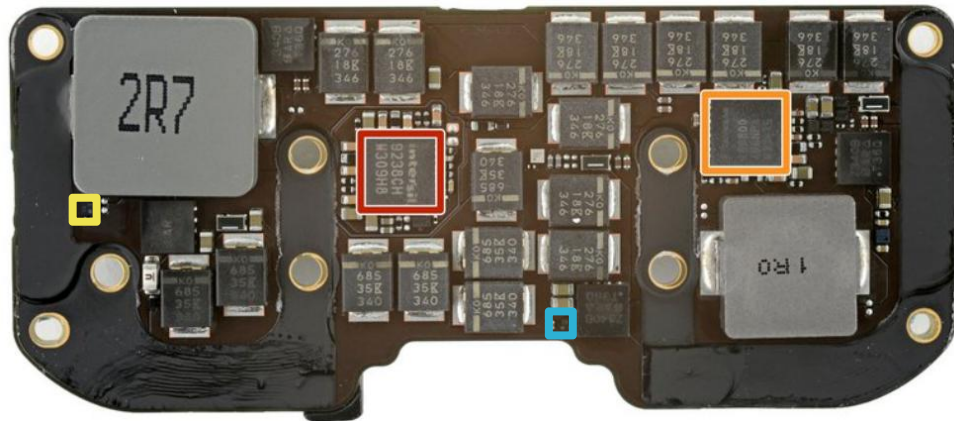
淡紫：安森美 FPF2895C 限流开关

紫色：博世 Sensortec 加速度计

请仔细阅读在本报告尾部的重要法律声明 106

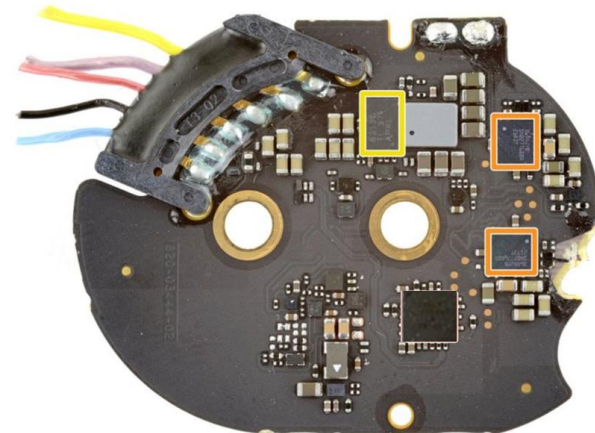
4.2.1 Vision Pro芯片拆解：美国为主，国内环旭电子/兆易创新进入

Vision Pro充电板背面芯片级拆解



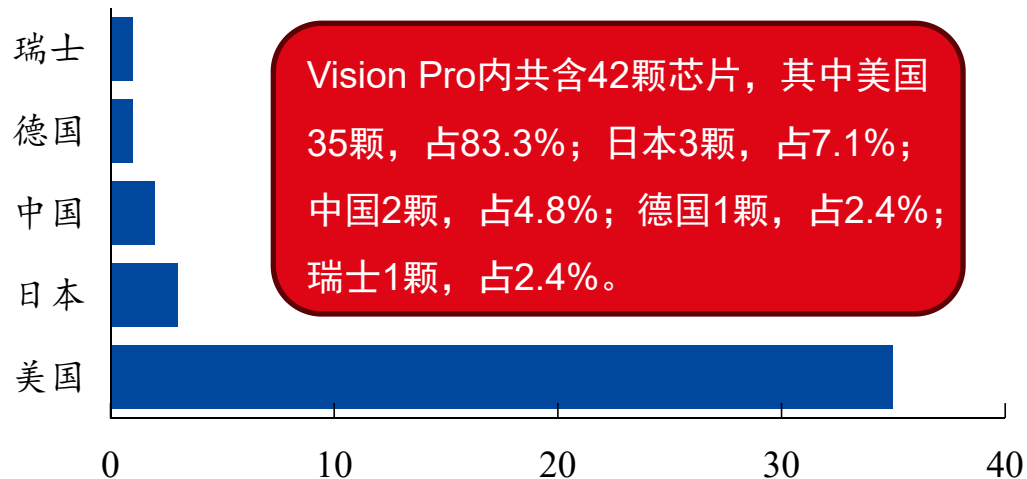
红色：瑞萨 ISL9238C 升降压电池充电器 黄色：德州仪器TMP103A温度传感器
 橙色：瑞萨 RAA489800 双向升降压稳压器 天蓝：德州仪器TMP103B温度传感器

Vision Pro扬声器主板芯片级拆解

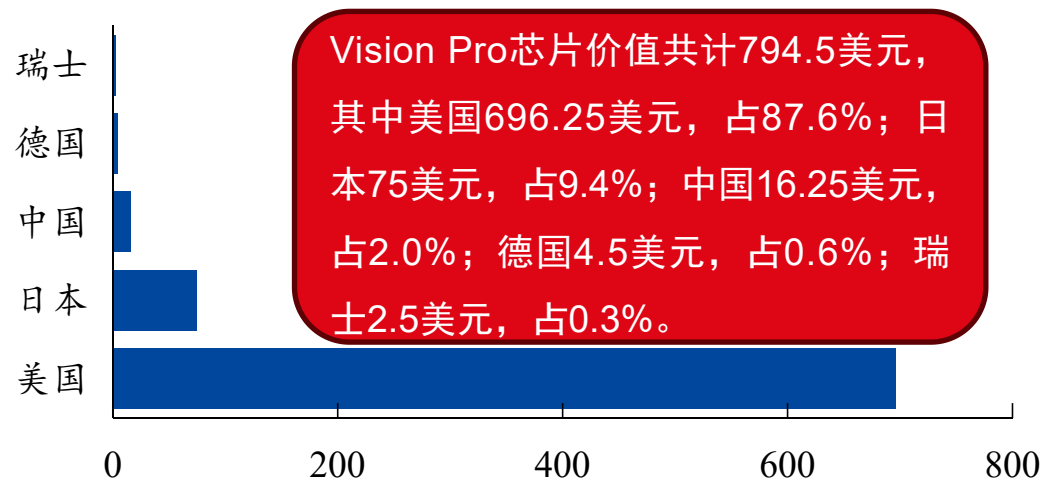


橙色：德州仪器 SN02776B0A 音频放大器 黄色：德州仪器 TPS62135 4 A 降压转换器

Vision Pro各国芯片数量占比



Vision Pro各国芯片价值量占比



4.2.1 Vision Pro芯拆解：国外为主，国内环旭电子/兆易创新进入

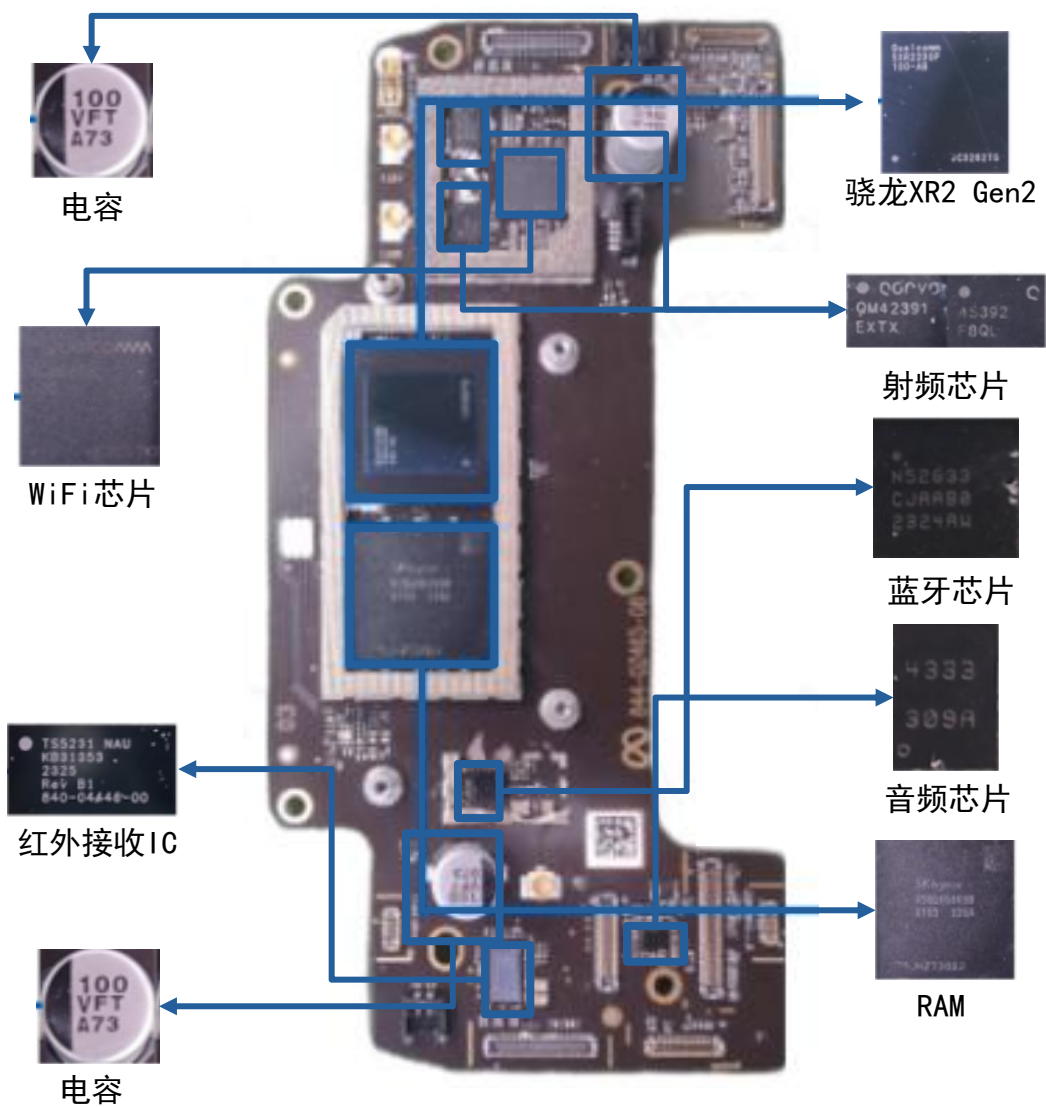
序号	品牌	国家	型号	功能	数量	单价下沿 (\$)	单价上沿 (\$)	单均值沿 (\$)	总价 (\$)
1	苹果	美国	M2	八核应用处理器与图形处理单元	1	200	400	300	300
2	美光	美国	MT62F1G64D8WT	8 GB LPDDR5 SDRAM 内存	1	30	60	45	45
3	苹果	美国	R1	传感器协处理器	1	100	300	200	200
4	铠侠	日本	K5A4RC2097	256 GB NAND 闪存	1	40	80	60	60
5	苹果	美国	APL109C/343S00627	电源管理	1	5	10	7.5	7.5
6	苹果	美国	APL109D/343S00628	电源管理	1	5	10	7.5	7.5
7	苹果	美国	APL1004/343S00629	电源管理	1	5	10	7.5	7.5
8	苹果	美国	338S00521-B0	电源管理	1	5	10	7.5	7.5
9	德州仪器	美国	LMK1C1104	时钟缓冲器	1	2	5	3.5	3.5
10	亚德诺	美国	LT8652S	8.5 A/18 V 双通道同步降压转换器	1	5	15	10	10
11	德州仪器	美国	TPS62125	可调升压转换器	1	1	3	2	2
12	德州仪器	美国	TPS61045	电流限制开关	1	1	3	2	2
13	安森美	美国	FPF2895C	电流限制开关	1	0.5	2	1.25	1.25
14	德州仪器	美国	TPS70936	150 mA /3.6 V 线性调节器	1	0.5	2	1.25	1.25
15	环旭电子	中国	339S01015	WiFi/蓝牙模块	1	10	20	15	15
16	亚德诺	美国	TMC5072	双2相步进电机驱动器	1	10	20	15	15
17	格兰特	美国	ICE5LP4K iCE40 Ultra	现场可编程门阵列	1	10	30	20	20
18	瑞思科技	美国	CS46L11	音频编解码器	1	5	15	10	10
19	达尔科技	美国	PI2DBS16212A	2:1 多路复用器/解复用器	1	0.5	2	1.25	1.25
20	德州仪器	美国	TMUX1575	四通道SPDT模拟开关	1	0.5	2	1.25	1.25

4.2.1 Vision Pro芯拆解：国外为主，国内环旭电子/兆易创新进入

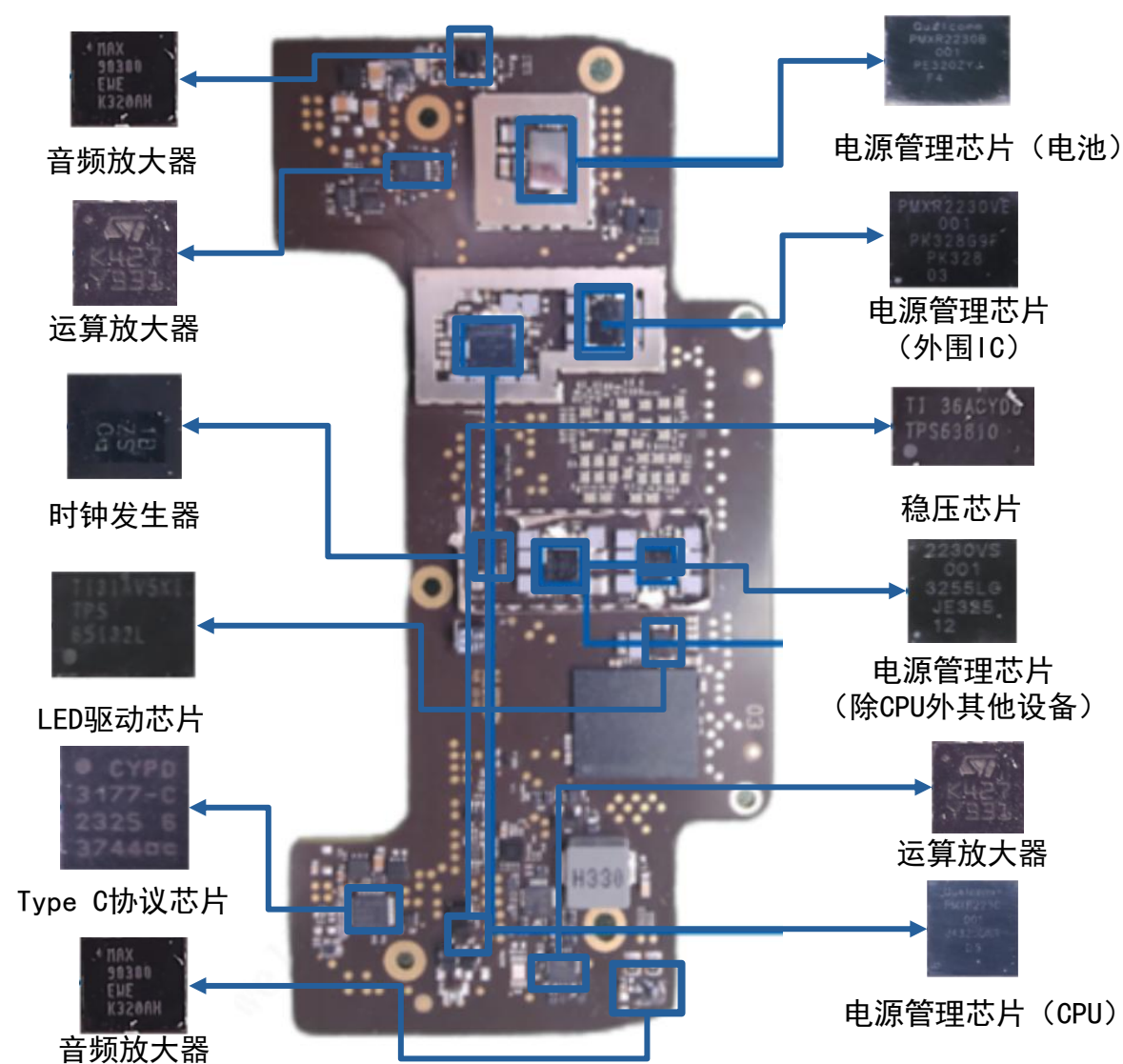
序号	品牌	国家	型号	功能	数量	单价下沿 (\$)	单价上沿 (\$)	单均值沿 (\$)	总价 (\$)
21	德州仪器	美国	TS5A23159	双通道SPDT模拟开关	1	0.5	2	1.25	1.25
22	德州仪器	美国	TPS62135	4 A 降压转换器	1	2	5	3.5	3.5
23	德州仪器	美国	TLV6703	带集成参考的比较器	1	0.5	2	1.25	1.25
24	安森美	美国	FPF2895C	电流限制开关	1	0.5	2	1.25	1.25
25	意法半导体	瑞士	STM32L4A6VG	Arm Cortex-M4 微控制器	1	3	6	4.5	4.5
26	兆易创新	中国	GD25Q80E	1 MB 串行NOR闪存	1	0.5	2	1.25	1.25
27	德州仪器	美国	CD3217B13	USB Type-C 控制器	1	3	7	5	5
28	德州仪器	美国	TPD4S311A	USB Type-C 端口保护器	1	0.5	2	1.25	1.25
29	德州仪器	美国	TPS62180	6 A 同步降压转换器	1	2	5	3.5	3.5
30	德州仪器	美国	TPS62160	1 A 降压转换器	1	1	3	2	2
31	安森美	美国	FPF2895C	电流限制开关	1	0.5	2	1.25	1.25
32	博世感测器	德国	加速度计	加速度计	1	1	4	2.5	2.5
33	瑞萨电子	日本	ISL9238C	升降压电池充电器	1	5	10	7.5	7.5
34	瑞萨电子	日本	RAA489800	双向升降压电压调节器	1	5	10	7.5	7.5
35	德州仪器	美国	TMP103A	温度传感器	1	0.5	2	1.25	1.25
36	德州仪器	美国	TMP103B	温度传感器	1	0.5	2	1.25	1.25
37	瑞思科技	美国	CS46L11	音频编解码器	2	5	15	10	20
38	德州仪器	美国	SN02776B0A	音频放大器	2	1	3	2	4
39	德州仪器	美国	TPS62135	4 A 降压转换器	2	2	5	3.5	7
合计									794.5

4.2.2 Quest 3拆解：国产供应商价值量接近40%，高价值量品类仍以海外为主

Quest3 主板正面拆解图

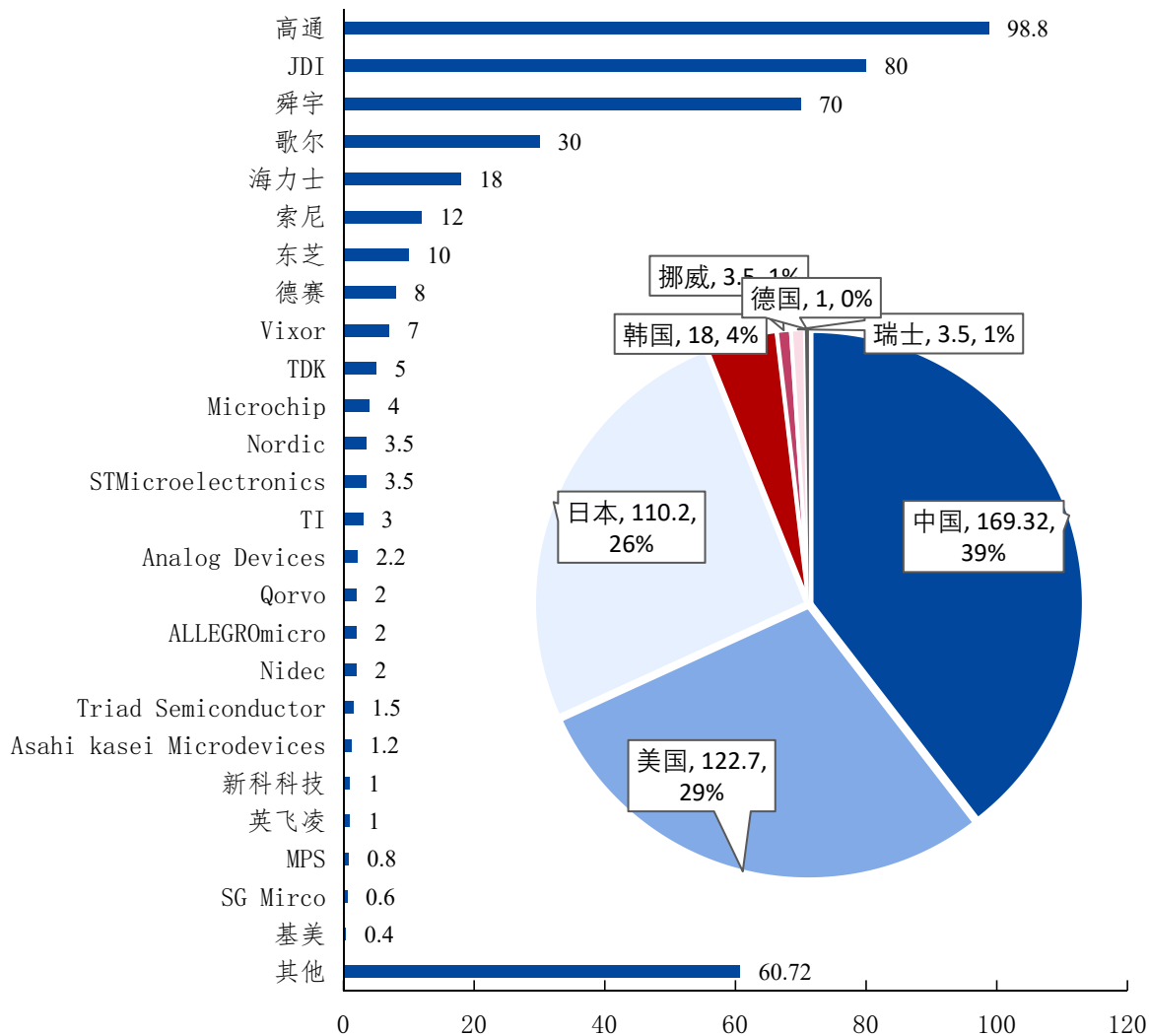


Quest3 主板背面拆解图

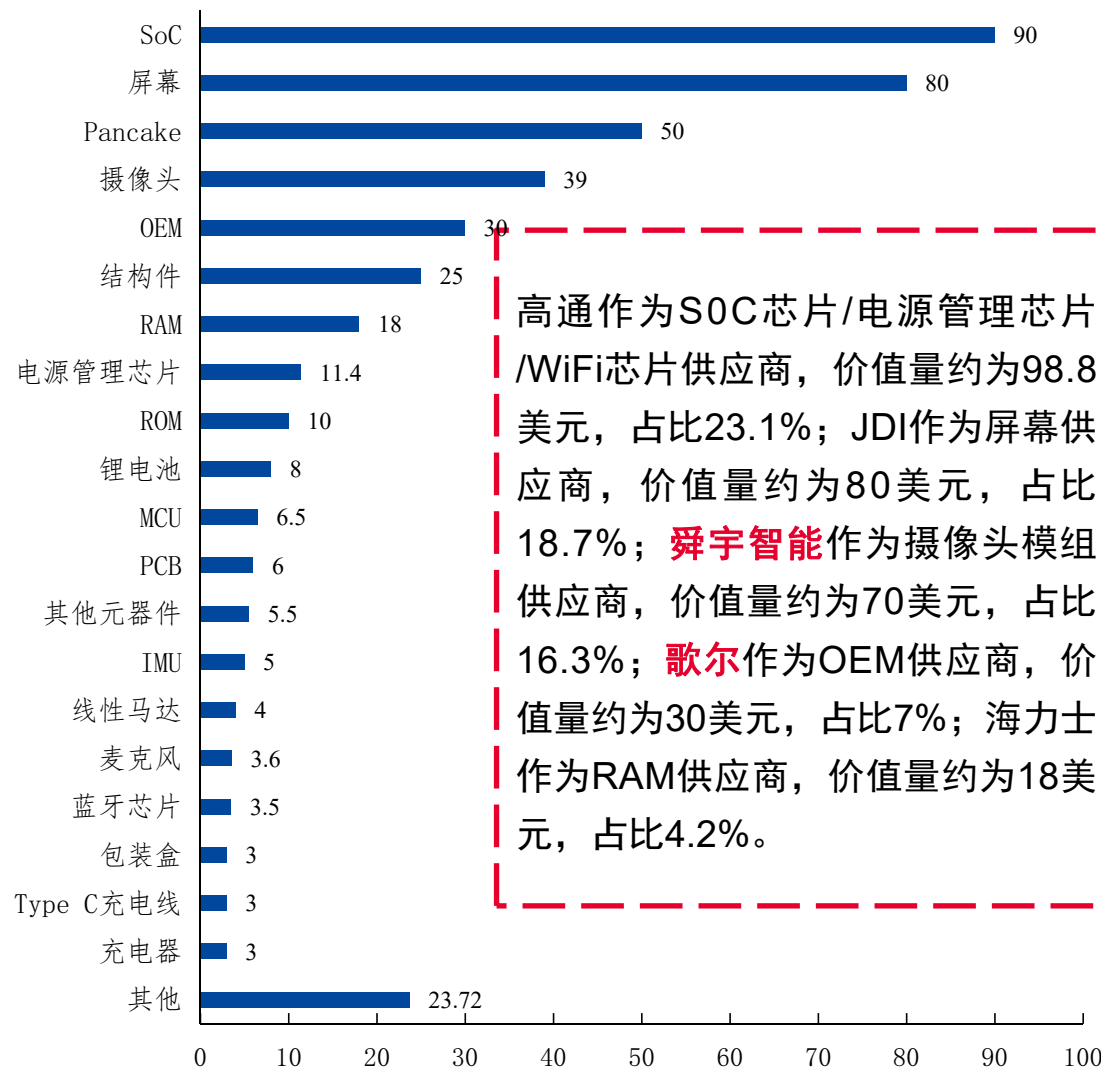


4.2.2 Quest 3拆解：国产供应商价值量接近40%，高价值量品类仍以海外为主

Quest3 硬件综合成本结构（按厂商，美元）



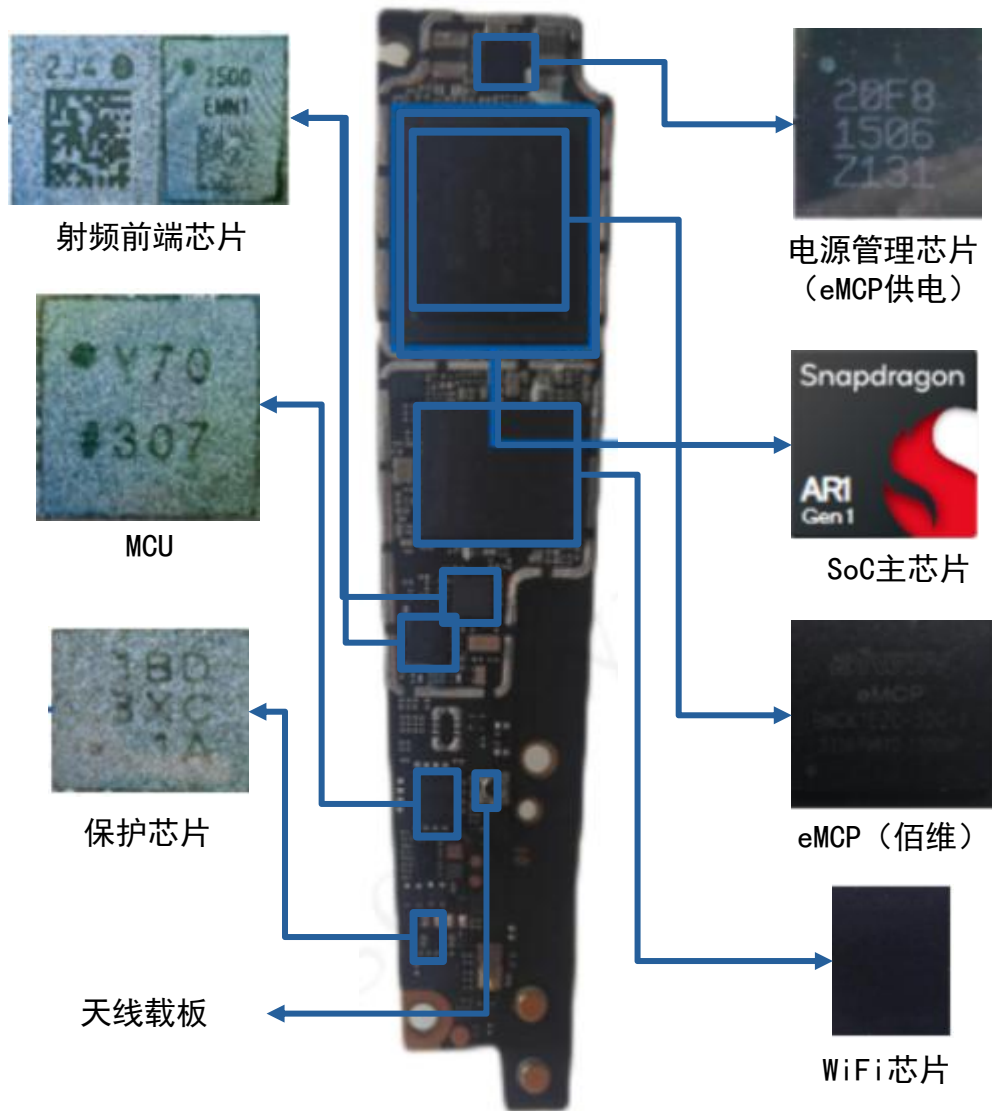
Quest3 硬件综合成本结构（按品类，美元）



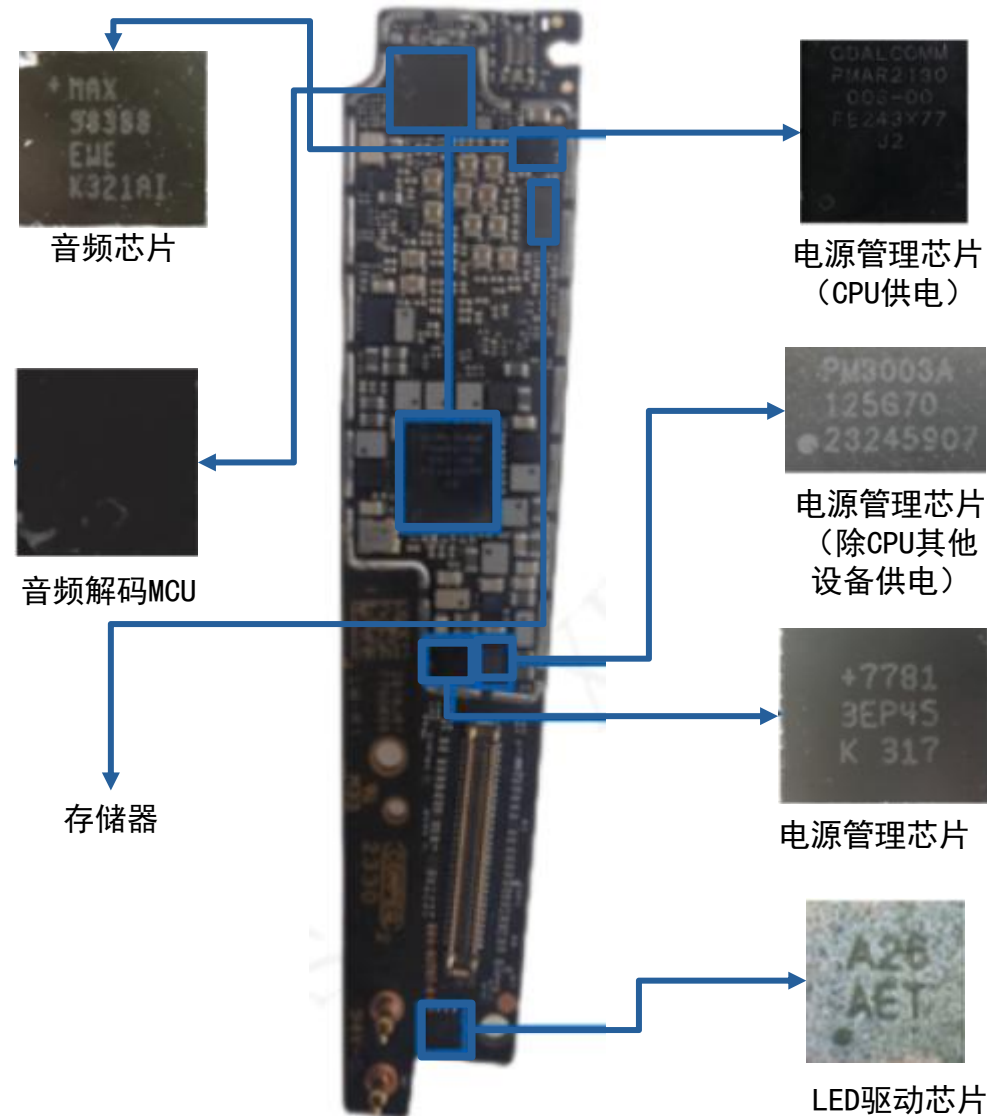
高通作为SoC芯片/电源管理芯片/WiFi芯片供应商，价值量约为98.8美元，占比23.1%；JDI作为屏幕供应商，价值量约为80美元，占比18.7%；舜宇智能作为摄像头模组供应商，价值量约为70美元，占比16.3%；歌尔作为OEM供应商，价值量约为30美元，占比7%；海力士作为RAM供应商，价值量约为18美元，占比4.2%。

4.2.3 Ray Ban Meta拆解：国产供应商价值量接近40%，高价值量品类仍以海外为主

Ray Ban Meta 主板正面拆解图

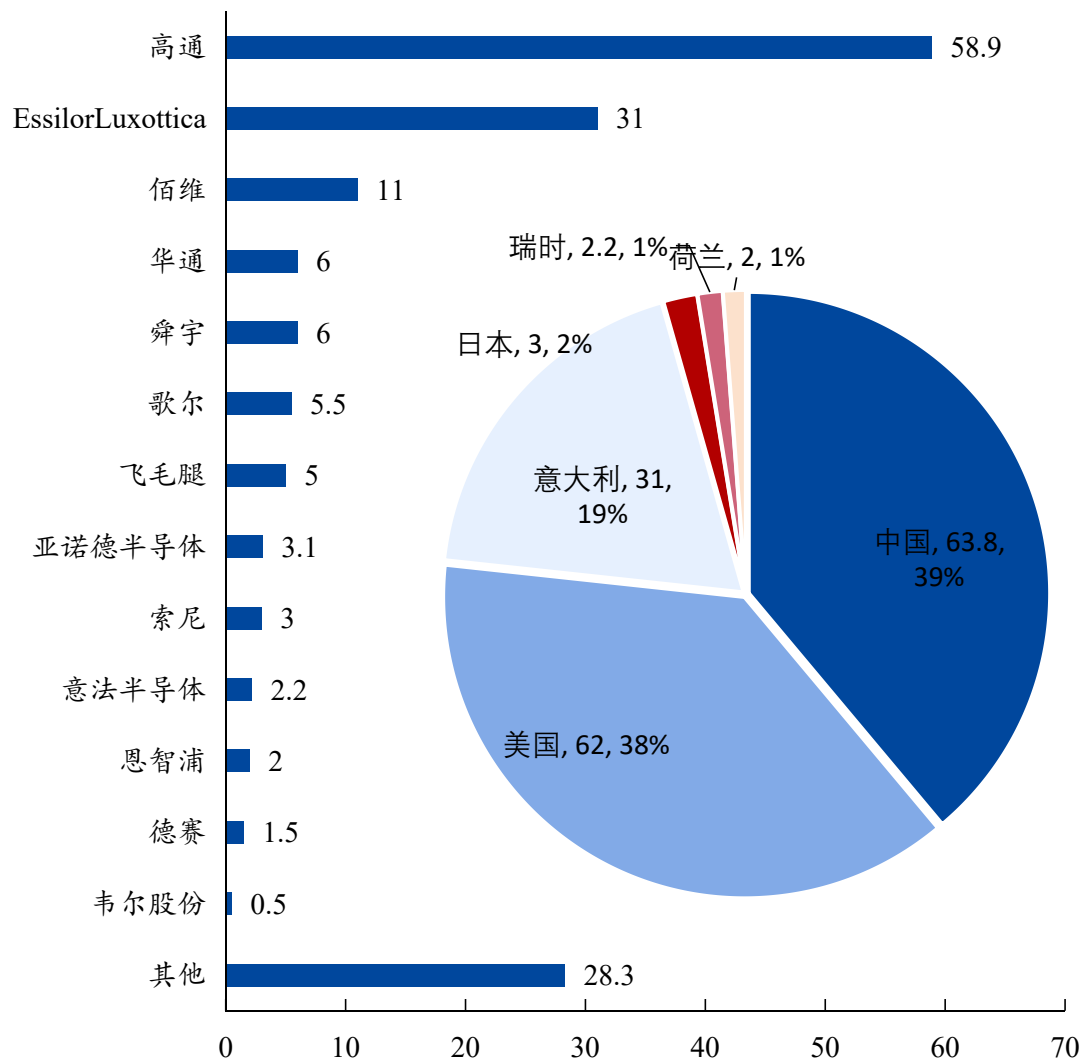


Ray Ban Meta 主板背面拆解图

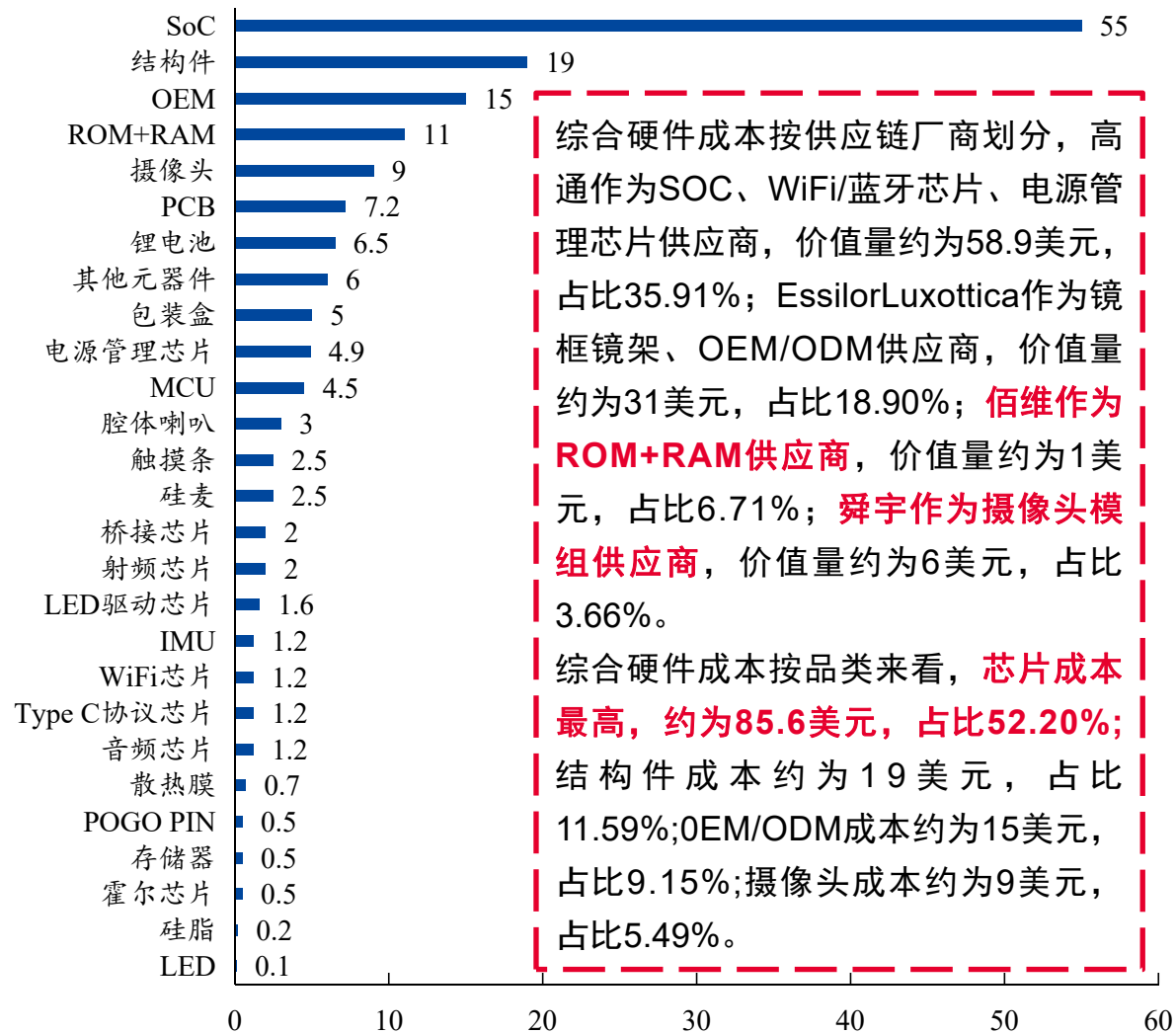


4.2.3 Ray Ban Meta拆解：国产供应商价值量接近40%，高价值量品类仍以海外为主

Ray Ban Meta硬件综合成本结构（按厂商，美元）



Ray Ban Meta 硬件综合成本结构（按品类，美元）



综合硬件成本按供应链厂商划分，高通作为SOC、WiFi/蓝牙芯片、电源管理芯片供应商，价值量约为58.9美元，占比35.91%；EssilorLuxottica作为镜框镜架、OEM/ODM供应商，价值量约为31美元，占比18.90%；佰维作为ROM+RAM供应商，价值量约为1美元，占比6.71%；舜宇作为摄像头模组供应商，价值量约为6美元，占比3.66%。

综合硬件成本按品类来看，芯片成本最高，约为85.6美元，占比52.20%；结构件成本约为19美元，占比11.59%；OEM/ODM成本约为15美元，占比9.15%；摄像头成本约为9美元，占比5.49%。

4.2.4 关注：MR头部厂商代工以及国产芯片机会

厂商名称	合作模式	终端客户	厂商业务布局
歌尔股份	ODM	Meta、索尼、Pico、爱奇艺、华为、三星、KOPIN、OPPO	公司智能硬件业务包括AR/VR设备业务板块，可为下游终端客户提供一站式“整机+精密制造”解决方案。
舜宇光学	-	爱奇艺	公司在AR/VR业务方面主要包括光学模组、摄像头模组和整机代工三块业务。
广达	ODM	Meta、微软、谷歌、Lumus	广达在XR行业的布局包括近眼显示器的关键光机模块，以及头戴显示器技术的整合与制造。
和硕 (华硕子公司)	ODM	微软、谷歌、苹果	或为苹果第一代VR头显提供整机代工，工厂已出售给立讯。
闻泰科技	ODM	高通、暴风魔镜、创维	为AR/VR智能硬件品牌科技提供高中低端产品ADM（研发与智造）服务。
立讯精密	OEM	苹果	无论是AR、VR零件还是整机，都有所布局，或为苹果第一代VR头显提供整机代工。
工业富联 (即富士康)	OEM	大朋、蚁视、谷歌	富士康正在开发基于Micro LED的AR眼镜。
捷普科技	ODM	Magic Leap	与AR公司Magic Leap签订合作协议。
欣旺达	ODM	暴风魔镜、掌网科技、华为	公司目前有VR技术研发团队，其次公司有做VR代工，主要是做VR眼镜及相关外设配件。
佳禾智能	合作研发+ODM	Realwear	公司与Realwear合作开发的AR眼镜已经于22Q2出货。
联合光电	-	乐相、小派、亮亮视野、纳德等	公司目前拥有集零部件与整机组装的一体化能力，同时已储备AR/VR相关硬件产品的核心技术，2022H1公司VR/AR出货量超4万台。
亿境Emdoor VR	ODM	爱奇艺、微软	主要业务分为：各档次VR一体/分体机、XR专用运算单元、VR/AR产品ODM服务三个部分。
创通联达	ODM	高通、暴风魔镜、创维	创通联达在虚拟现实设备等智能硬件领域不断深耕。
龙旗	ODM	小米、爱奇艺、Meta	专注于VR/AR的设计、研发、制造与服务。

4.2.4 关注：MR头部厂商代工以及国产芯片机会

芯片/模块	产品	厂商	典型料号	主要ARVR客户	备注
主控	SoC	华为海思	麒麟9000系列	自用	2017年开始布局
		瑞芯微	RK3399/3288及RMSL201-1301等	-	-
		全志科技	H8及VR9等	爱奇艺等	暂无后续动作
	MCU	兆易创新	GD32系列	字节跳动、爱奇艺及大朋等	国内MCU龙头厂商
		中微半导体	CMS32F03x系列	爱奇艺等	-
声学	音频芯片	华为海思	Hi3518CV200和Hi3518CV300等	自用为主	国内主要音频解码方案集成商
显示	LED驱动IC	集创北方	ICND8603、ICND2200等	字节跳动及爱奇艺等	-
		联咏	NT3770等	爱奇艺等	-
通信	WiFi芯片	乐鑫科技	ESP8266和ESP32-S系列等	-	具备低功耗、高速数据传输和低延迟等特点
		华为海思	Hi3516C、Hi3518C等	自用为主	-
	蓝牙芯片	华为海思	Hi3360和Hi3361等	自用为主	集成Wi-Fi、蓝牙及SLE等
马达	马达驱动芯片	兆易创新	GD32F330K8U6等GD32系列	字节跳动、爱奇艺及大朋等	-

4.3 市场空间：产品定位及功能决定市场空间



Apple Vision Pro



Rokid AR Studio

空间
计算
终端

娱乐
终端



Mate Quest 3



PICO 4

空间计算本质是**空间数字化**，围绕空间数字化产生的计算价值，以及空间计算需要的硬件设备、AI能力、系统软件、3D空间交互等等，目前代表产品如Apple Vision Pro、Rokid AR Studio、Xreal Air 2 Ultra。

主要细分应用在于**游戏、视频、个人影院**等。VR优势是在环境创造方面，可以尽情的勾勒虚拟空间，创造某些现实不具备的环境或者比较难遇到环境。目前代表产品如，Mate Quest 3、PICO 4。



雷鸟Air 2



XREAL Air 2

移动
屏幕

可穿戴
终端



雷鸟X2



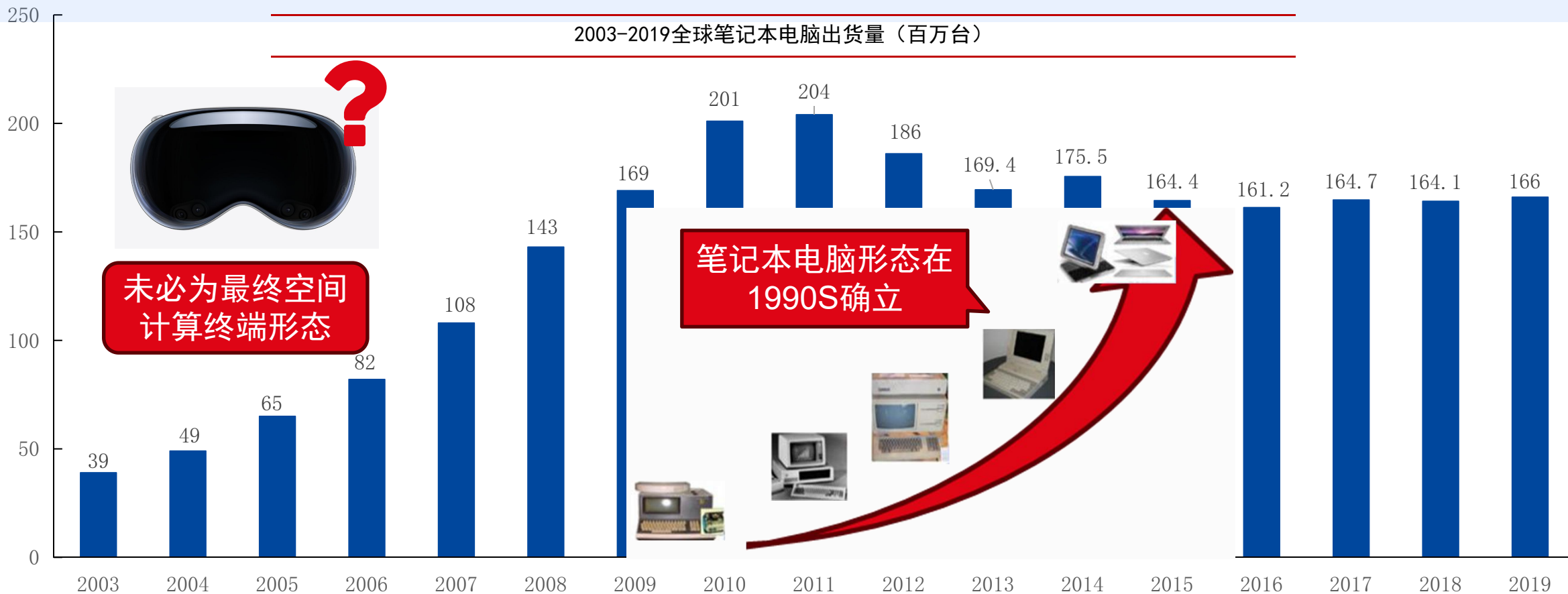
INMO Air 2

该产品主要定位为**智能投屏眼镜**，其主要功能是基于手机、电脑、游戏主机或专用设备进行画面投屏，主要产品如雷鸟创新的Air、Air 1S、Air Plus，Rokid的Air、Max、Max Pro，XREAL的Air、Air 2，Dream Glass Flow等。

该产品定位**真·AR眼镜**，用更自动化、更智能的方式，让AR眼镜更加丝滑无缝地渗入日常生活中，通过眼镜上的摄像头，使虚拟内容和现实世界产生一定的交互，如雷鸟X2、INMO Air、ARkonvyv A1。

4.3.1 空间计算终端：作业环境从平面到立体，空间可借鉴个人电脑

◆ 新交互带来应用革命性创新，改变现有作业环境。空间计算可以让真实世界和数字世界无缝融合，在XR、图形、机器视觉、物联网、体感、AIGC等技术的加持下，用户可以摆脱以往键盘与鼠标等的束缚，从而身临其境地实现虚拟现实交互。基于Vision Pro等空间计算终端加持下的全新交互方式，应用开发将迎来革命性的创新时刻，进而使得多个领域的工作流得以优化升级。



注：XR设备与借鉴设备定位相似，需考虑消费者接受度、渗透率、产品价格等众多关系，并没有数量关系

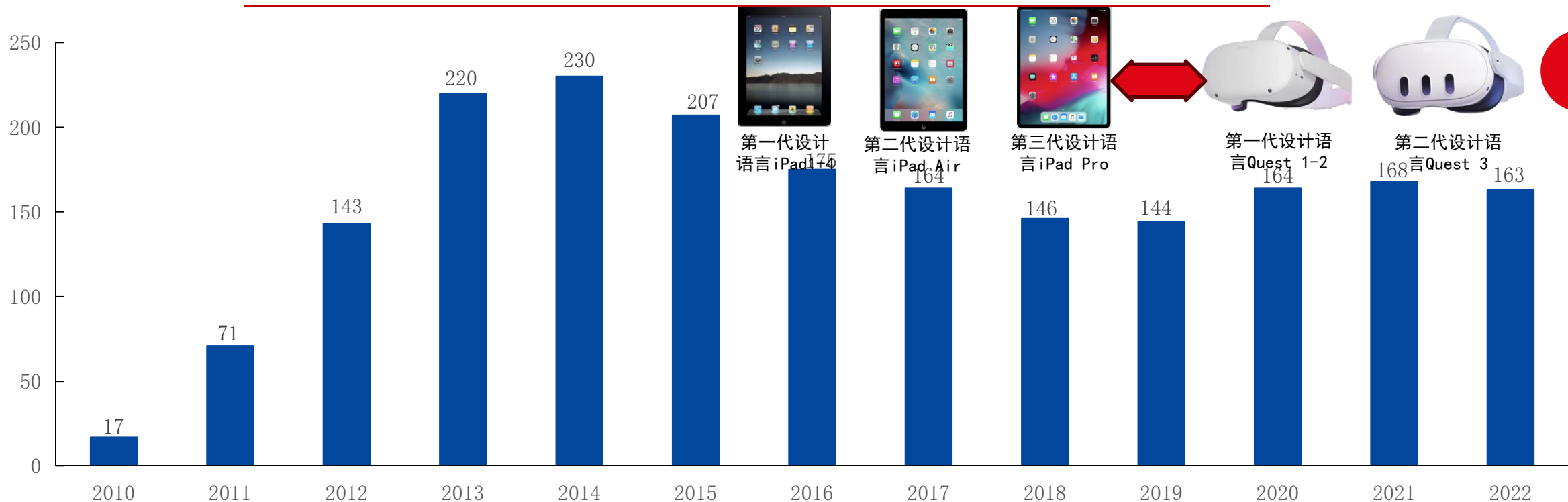
资料来源：前瞻研究院、智研咨询、VRPinea、华金证券研究所

请仔细阅读在本报告尾部的重要法律声明 117

4.3.2 娱乐终端：着重于游戏/视频体验，可借鉴平板电脑

- ◆ 泛娱乐为平板电脑最大使用场景。根据CBNData调研数据，疫情下，在平板的使用需求中，娱乐（看剧、听歌、打游戏）使用场景占比达到77%，疫情前娱乐使用场景占比为65%。
- ◆ 游戏、直播、视频为中国VR设备前三应用场景，合计87%。根据共研产业咨询数据，中国VR设备应用场景聚焦于游戏、直播、视频，占比分别为50%/20%/17%，泛娱乐合计87%。当前VR设备的应用场景正在不断横向拓展，应用内容也在不断丰富，不在局限于单一游戏场景，开始向社交、教育、直播以及影视等方面发挥虚拟现实的仿真技术优势。

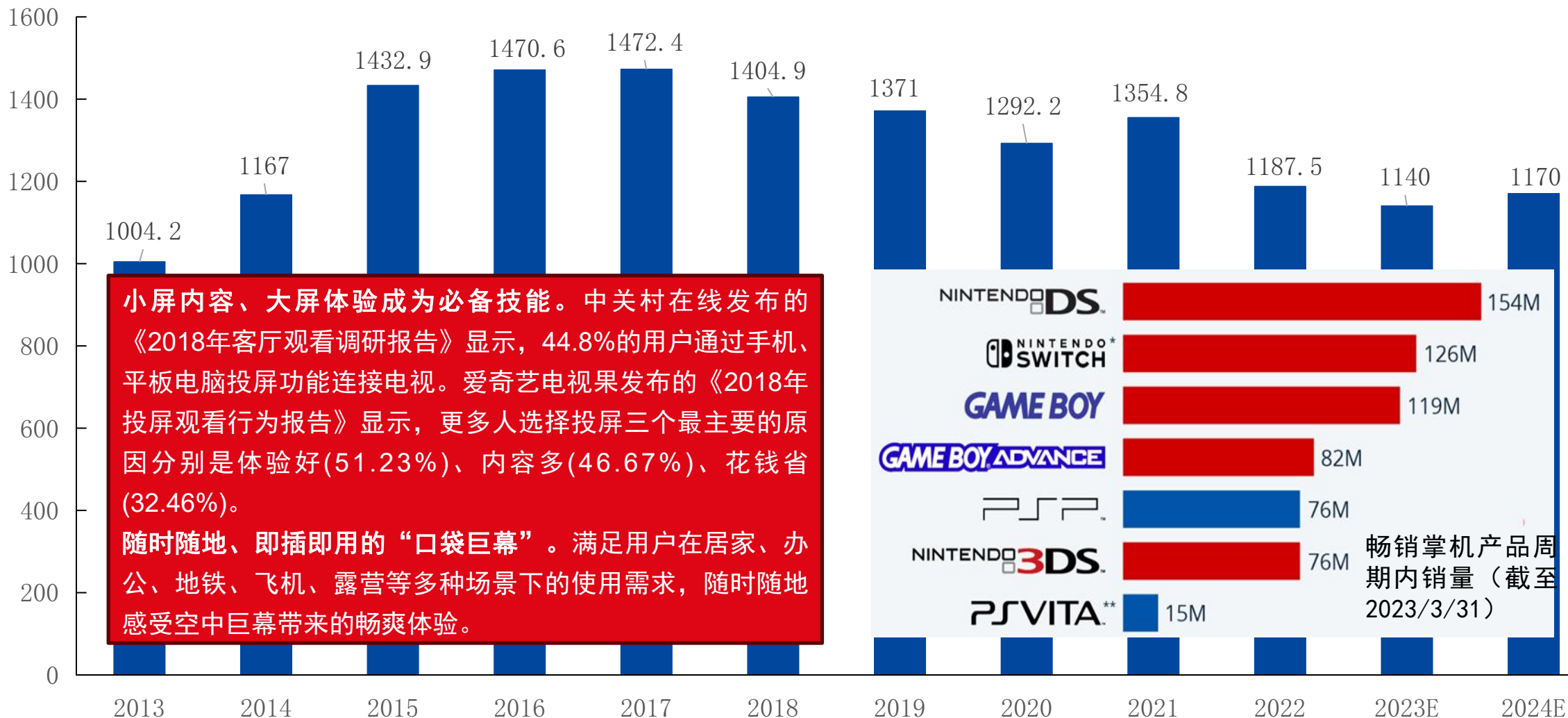
2010-2022全球平板电脑出货量（百万台）



注：XR设备与借鉴设备定位相似，需考虑消费者接受度、渗透率、产品价格等众多关系，并没有数量关系

4.3.3 移动屏幕:随时随地/即插即用的“口袋巨幕”,需求与掌机/手机强相关

2013-2024E全球智能手机销量(百万台)



小屏内容、大屏体验成为必备技能。中关村在线发布的《2018年客厅观看调研报告》显示,44.8%的用户通过手机、平板电脑投屏功能连接电视。爱奇艺电视果发布的《2018年投屏观看行为报告》显示,更多人选择投屏三个最主要的原因分别是体验好(51.23%)、内容多(46.67%)、花钱省(32.46%)。

随时随地、即插即用的“口袋巨幕”。满足用户在居家、办公、地铁、飞机、露营等多种场景下的使用需求,随时随地感受空中巨幕带来的畅爽体验。

畅销掌机产品周期内销量(截至2023/3/31)

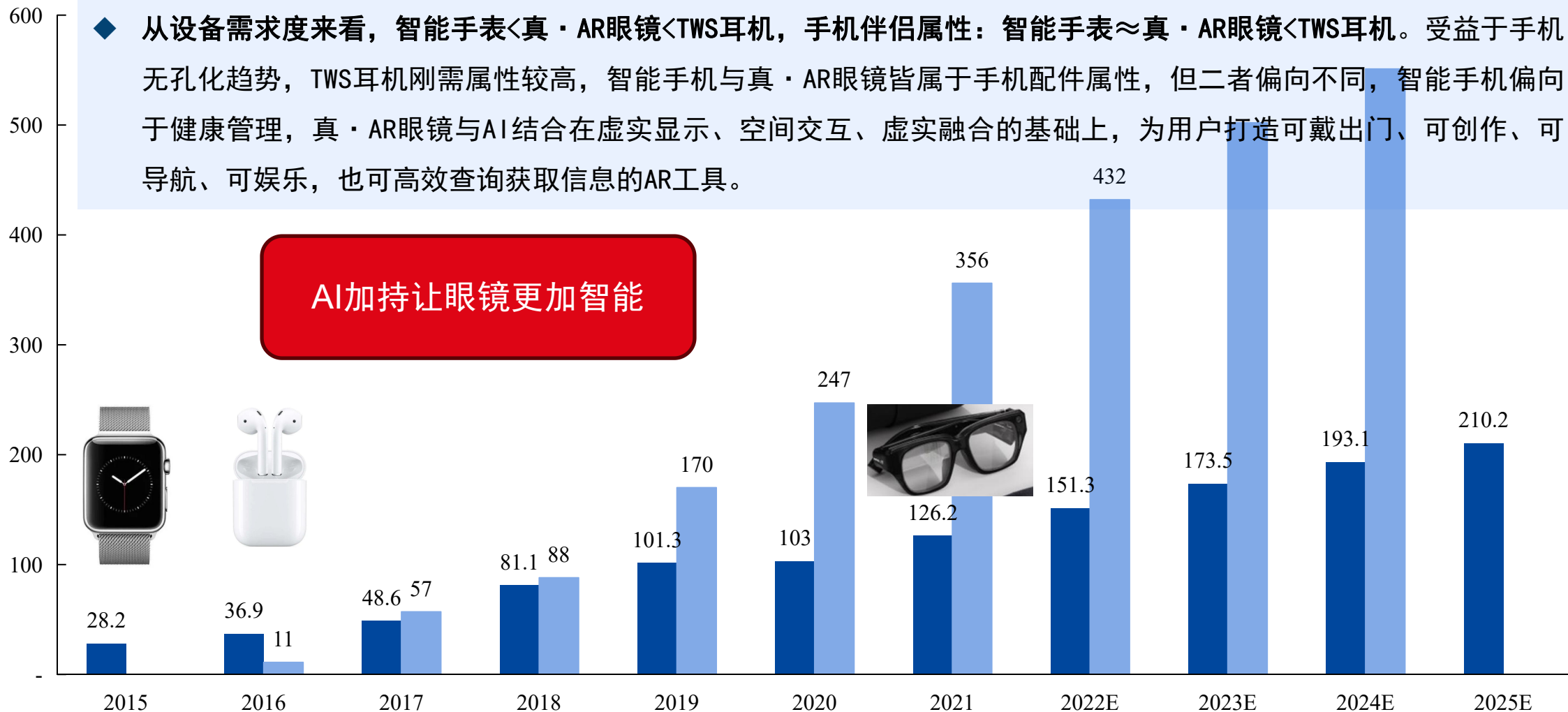
注:XR设备与借鉴设备定位相似,需考虑消费者接受度、渗透率、产品价格等众多关系,并没有数量关系

资料来源:芯存社、Canalys、statista、流媒体网、华金证券研究所

4.3.4 可穿戴终端:真·AR眼镜, 可见借鉴智能手表/TWS耳机

2015-2025E 全球智能手表、TWS耳机出货量 (百万台)

■ 全球智能手表出货量 ■ 全球TWS耳机出货量



注: XR设备与借鉴设备定位相似, 需考虑消费者接受度、渗透率、产品价格等众多关系, 并没有数量关系; 2021年TWS规模为预测值

- 01 XR：科技与人文十字路口，模糊虚拟与现实界限
- 02 技术：屏幕/光学/交互/芯片全面发展，向深度沉浸迈进
- 03 产品与应用：多厂商进击空间计算，AR发展多元化
- 04 投资线条：瞄准内容生态完善&硬件产品迭代，以期空间放量
- 05 相关标的
- 06 风险提示

5.0相关标的汇总

类别	公司	领域
进入国际一线知名客户供应链厂商	兆威机电	微型传动系统可应用于XR多子系统，为苹果提供IPD调节模组
	长盈精密	Vision Pro结构件供应商
	立讯精密	深度绑定苹果，Vision Pro代工厂
	深科达	VR光学模组生产端主要客户为国际一线知名客户，MR生产设备处于验证阶段
	荣旗科技	视觉检测/功能检测等工艺环节实现重大突破，成为苹果、亚马逊产业链重要设备供应商
	杰普特	领先的光电精密检测及激光加工智能装备提供商
	华兴源创	国内外面板一站式检测解决方案提供商
	智立方	聚焦光学测试前沿发展，进入苹果等公司供应链
	歌尔股份	为Vision Pro提供SPK，推出多款AR/VR显示模组，为多家XR终端客户提供代工

类别	公司	领域
有相应技术存储厂商	华灿光电	具备Micro LED像素器件批量交付能力，开发0.12英寸Micro LED微显示屏样品
	京东方	Micro OLED已有产品推出，未来有望具备多种技术应对XR需求
	视涯科技	专注于12寸晶圆生产Micro OLED
	JBD	自主研发及制造世界上超微型显示面板
	欧菲光	光学镜头/影像模组/光机/组装多领域布局
	亿道信息	AX162可看作青春版Apple Vision Pro
	天键股份	已经满足相关AR眼镜产线量产条件，为莫界ODM合作商
终端厂	Rokid	Rokid AR Station切入空间计算
	雷鸟创新	全球首款消费级真AR眼镜塑造者
	Xreal	探索增强现实无限场景应用的全功AR眼镜

5.1兆威机电（IPD）：微型传动系统可应用于XR多子系统，为苹果提供IPD调节模组

- ◆ 公司微型传动系统可以应用于AR/VR领域，相关应用如磁感应系统、瞳距调节驱动系统、头部自动松紧装置、智能眼镜隐藏式微型扬声器等。兆威机电推出的眼镜调节齿轮箱技术，可根据双眼不同近视度数调节XR设备物距，有效解决这一问题。且兆威机电的精密齿轮箱采用塑料粉末注塑成型法制成，相比传统的金属机加工切削成型法，产品更轻。根据Well senn XR报告，公司为苹果提供IPD电动调节模组（20美元），XR厂商有望追随苹果脚步，单目独立调节IPD将成为主流，公司产品需求扩大。

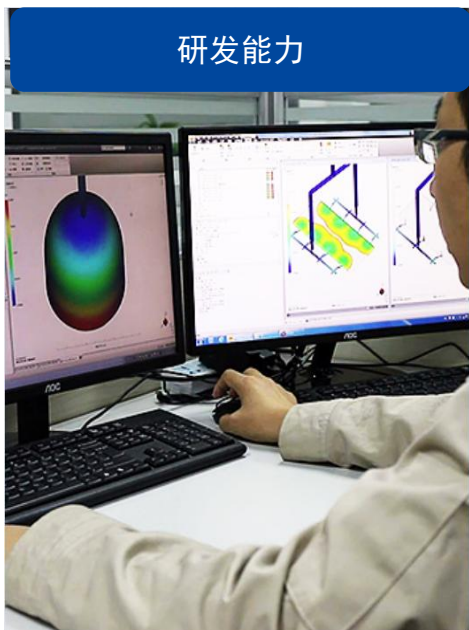
兆威机电XR相关产品展示



5.2长盈精密（结构件）：Vision Pro结构件供应商

- ◆ 国内领先的精密电子零组件制造商，主要从事手机机构配套件，LED精密支架，精密模具等的开发、设计、制造、销售，如手机系列连接器、屏蔽件、滑轨、转轴、金属外观件；表面贴装式LED精密支架；电子产品包装材料。公司拥有精密的模具制造、高速精密冲压、精密塑胶成型以及精密连接器自动化生产设备开发所需全系列引进生产设备和实验测试仪器。根据WellSenn XR报告，公司为苹果提供结构件（120美元），产品更易进入其余终端厂商，公司相关产品需求扩大。

JBD Micro LED彩色化方案



研发能力

6大研发平台、5000+研发工程师
2100+授权专利、1000+一流实验设备



精密模具制造

1000台/套精密加工设备、精度可达±2微米、模具年产能10000+套



自动化集成

自动化打磨线100+条、镭雕线50+条、检测线50+条、组装线10+条、工业机械手3000+只



全制程

掌握与熟练应用50多种工艺、制程



技术创新能力

领先的智能装备创新及工艺创新能力

5.3立讯精密（OEM）：深度绑定苹果，Vision Pro代工厂

- ◆ 致力于为消费者电子产品、汽车领域产品以及企业通讯产品提供从核心零部件、模组到系统组装的一体化智能制造解决方案，其中XR是消费电子领域重要产品线，公司在零部件、模组和整机端均有相关布局。根据WellSenn XR报告，公司为苹果Vision Pro提供代工服务（130美元），随着苹果产品迭代，公司将持续持续受益。立讯精密目前为苹果提供iPhone、Apple Watch、AirPods和Apple Vision Pro等产品的开发和制造服务，从多元化的零部件、模组到整机系统组装，提供一体化的综合解决方案。

立讯精密智能制造优势

自动化

自动化技术聚焦高效率生产模式，通过自动化的设备和系统，采取生产过程的无人操作和闭环数字化管理，大大提升了生产效率和质量控制，实现了精细化生产和柔性生产，提升了我们的竞争力。

模组化

工厂模组化的先进性体现在提高设备利用率、缩短加工时间、降低资产投资压力，提高生产灵活性和提升产品质量等多个方面，为工厂带来了更高效、可持续和竞争力的生产解决方案。



AI场景化

利用AI技术系统性提升工厂产品品质的全流程闭环监控优势，包括快速故障诊断、智能维修建议、预测性维护和自动化维修操作等，明显降低对操作人员的依赖程度，从而提高生产的稳定性和效率，并大幅降低成本。

智能化

智能化工厂赋能产品跨界开发和应用，促进合作创新、加速产品开发、满足个性化需求、创造商业价值，推动工业发展，提升竞争力，实现可持续发展。

5.4深科达（镀膜设备）：VR光学模组生产端主要客户为国际一线知名客户，MR生产设备处于验证阶段

- ◆ 公司主要为半导体封测厂商、显示面板生产企业、消费类电子厂商等企业提供智能装备，公司生产制造的半导体类设备主要包括 IC 器件、分立器件测试分选机以及晶圆固晶机等；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；摄像头模组类设备主要包括全自动镜座贴合机、芯片贴合设备等；数码喷绘设备主要包括 UV 打印设备；智能装备关键零部件主要包括直线电机、直线模组、直线导轨、线性滑台、变频器等。公司通过近几年在VR生产设备的研发，目前已能提供3DVR热成型贴合设备、3DAA胶合设备以及IJP设备等，上述设备用于VR眼镜Pancake光学模组生产端，主要客户为国际一线知名客户，MR生产设备目前在客户端进行验证。

曲面热成型贴合设备



适用于曲面镜片的光学膜贴合，将QWP/RP/LP/复合膜贴附在曲面的镜片上，兼容凹面和凸面的贴合，设备集成了自动清洁、撕膜、光学对准、预成型、成型等功能。

镜片3D胶合设备



适用于曲面镜片的胶合，在多P结构Pancake镜片，需要把不同的镜片通过胶水黏合在一起。该设备具备自动清洁产品、自动点胶、胶水HV bonding、自动六自由度对准、自动光轴对位和自动UV固化等功能。

5.5 荣旗科技（镜片检测）：视觉检测/功能检测等工艺环节实现重大突破，成为苹果、亚马逊产业链重要设备供应商

- ◆ 公司基于光学检测技术、精密机械电气技术、功能检测技术、智能算法技术、分析控制软件技术等核心技术矩阵，通过技术功能相互交叉组合，并与客户生产制造流程相结合，研发了视觉检测装备、功能检测装备和智能组装装备等三大系列智能装备，并推出了视觉、功能检测“双位一体”的一体化智能检测装备，取得了较好的市场反映。
- ◆ 近年来，公司选择智能制造发展最快的消费电子行业作为重点市场，在视觉检测、功能检测等工艺环节实现了重大突破，占据了一定的市场竞争优势，现已成为苹果、亚马逊产业链的重要设备供应商，并为华为、谷歌、Facebook、宁德时代等品牌提供智能装备。

曲面镜片全外观 AI 检测设备



设备采用模块化设计，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，传统算法与深度学习结合可检测包括点伤、划伤、异物、气泡、崩边、脏污、异色、镀膜剥离等缺陷。设备使用高分辨率视觉检测系统，像素精度达到3.75um，且响应速度极快。采用小景深、逐层扫描镜片方式可以区分表面及夹层缺陷并获取缺陷深度信息。

5.6杰普特（眼镜模组检测）：领先的光电精密检测及激光加工智能装备提供商

- ◆ 公司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，增加使用舒适度。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。
- ◆ 在消费电子领域，公司与行业头部客户保持长期密切沟通，在2022年向其交付MR光学校准检测设备的基础之上又为其研发更多用于其MR光学模组光学检测的设备。相关设备将能够进一步提升用户在使用MR设备时的整体体验，提升客户MR设备产品竞争力。2023年上半年公司协助客户开发其二代MR产品，计划加入更多的光学检测项目。

杰普特部分激光/光学智能设备



透光度检测仪

1. 超快检测速度，UPH 高达720
2. 可定制的测试光斑形状及尺寸，适应不同检测对象需求
3. 人性化的软件 UI 界面，即使是第一次接触也能轻松操作
4. 定制化的输出结果，在全面的数据里挑选并处理出你关心的重点信息，实时监控
5. 多种可扩展功能模组：扫码/视觉定位/自动上下料/温度控制等，满足多样化的需求



高压测试机

1. 采用定制光纤激光器，为客户提供最优性价比
2. 自主研发量测 / 控制系统，拥有自主知识产权
3. 自主研发软件操作系统，满足客户定制化需求
4. 检测阻值范围1Ω-1MΩ
5. 利用RS-232界面，可对AC/ DC电源供应器进行编程

5.7 华兴源创（Micro OLED检测）：国内外面板一站式检测解决方案提供商

- ◆ 公司是行业领先的工业自动化测试设备与整线系统解决方案提供商。基于在电子、光学、声学、射频、机器视觉、机械自动化等多学科交叉融合的核心技术为客户提供芯片、SIP、模块、系统、整机各个工艺节点的自动化测试设备。公司产品主要应用于LCD与OLED平板显示及新型微显示、半导体集成电路、智能可穿戴设备、新能源汽车等行业。
- ◆ 平板事业部是为显示面板制造过程中涉及的显示、触控、信号、光学等方面提供驱动、测试、筛选和补偿修复、信赖性等相关设备。自主研发的产品实现了关键核心技术攻关，为国内外高端智能手机、平板、车载显示屏等面板制造商提供一站式检测解决方案。

华兴源创Micro OLED测试设备



- 业内领先的Micro OLED电性能测试设备
- 8工位，每小时产出180片
- 实现了关键核心技术攻关
- 行业2家龙头企业双指定产品

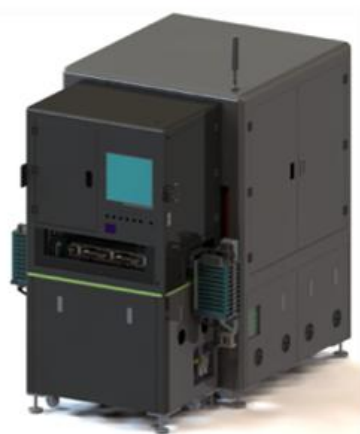


- 行业领先的Gamma+De-Mura自动化测试整合方案
- 便利的灵活性可单独或组合使用
- 百级洁净度
- 行业2家龙头企业双指定产品

5.8智立方（光学检测设备）：聚焦行业前沿发展，进入苹果等公司供应链

◆ 公司围绕精度、速度、稳定性三项工业自动化设备性能的关键指标，先后开发出光学成像球面分布属性测试技术、光学感应灵敏度标定测试技术、光学测量与校准技术、成像模组自动调焦技术、高稳定性成像模组定位技术、振动模拟仿真控制技术、精密滑台及相关机构组件技术等多项核心技术，形成技术优势及产品先发优势，系行业内较早的一批追踪下游客户高端光学测试设备需求的企业，并在特定光学测试领域成为下游核心客户的重要合作伙伴。公司深耕行业多年，积累了大量优质客户资源如苹果公司、歌尔股份、鸿海集团、立讯精密、捷普集团、和硕集团等。

智立方光学测试系列及消费电子产品装配系列产品（部分）



光学感应测试设备

应用于测试智能无线耳机、可穿戴设备、智能手机等光学感应、红外感应灵敏度功能



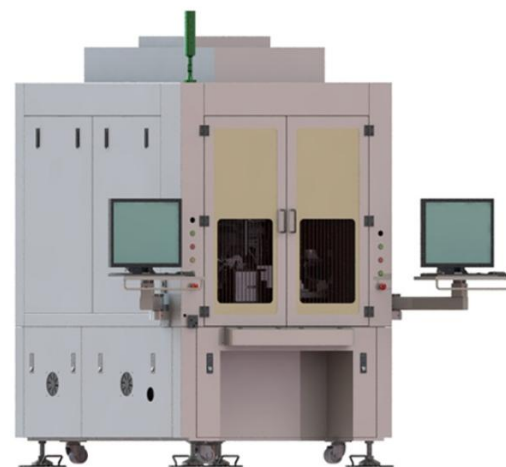
光学识别测试设备

应用于测试智能手机、平板电脑等电子产品的结构光摄像头特征识别性能



自动光学缺陷检测设备

应用于检测智能手机、平板电脑等电子产品的外观缺陷（如屏幕、产品外观质量等）



显示屏检测& 镜头贴合一体机

自动撕膜：显示屏放入夹具后，自动撕取表面保护膜

屏幕点亮：进入检测工位，自动点亮屏幕，使之按检测需求显示

缺陷检测：检测小型显示屏来料缺陷,包含坏点,异物,亮度不均等

精确对位：上下多相机高精度视觉对位,准确识别产品位置

数控保压：贴合完成后,以恒定压力对镜头与显示屏保压

百级防尘：镜面不锈钢框架,高效空气过滤单元构建洁净空间

5.9歌尔股份（ODM/显示模组）：推出多款AR/VR显示模组，为多家XR终端客户提供代工

- ◆ 在VR领域，推出高性能Pancake显示模组星际M41，联合3M公司首次采用基于COC材料的模内注塑技术，并将FOV提升至105°，VR显示效果提升显著；还有星际 C31和星际P31 Pancake显示模组等，均可适配4K高画质Micro OLED屏幕。
- ◆ 在AR领域，展出多款全新升级的全彩衍射光波导显示模组，主打小体积、超高亮、全彩显示等特性。其中，30° FOV单层全彩衍射光波导显示模组Star E，成功突破高折射率光栅加工工艺，并引入电致变色技术，透光率10%-90%可调。
- ◆ 代工领域，根据芯八哥统计，公司为Meta、索尼、Pico、爱奇艺、华为、三星、KOPIN、OPPO等众多XR终端客户提供代工服务，经验丰富。

VR/AR光学能力



提供非球面透镜、菲涅尔透镜、折叠光路模组等多种VR光学解决方案，以及Freeform, Birdbath、棱镜等AR光学解决方案，并在衍射光波导、微显示等前沿AR/VR光学技术上持续进行研发投入。

VR光学解决方案



依托在光学方面强大的集成整合能力，歌尔具备VR专用镜片的设计制造能力和量产经验，保障VR产品的图像质量。

全面的VR系统解决方案



提供一站式垂直整合的系统解决方案，包括光学、ID、结构、电子电路、射频、软件在内的整体设计方案，以及零部件，模具，注塑，校准，组装，自动化在内的整体制造方案。

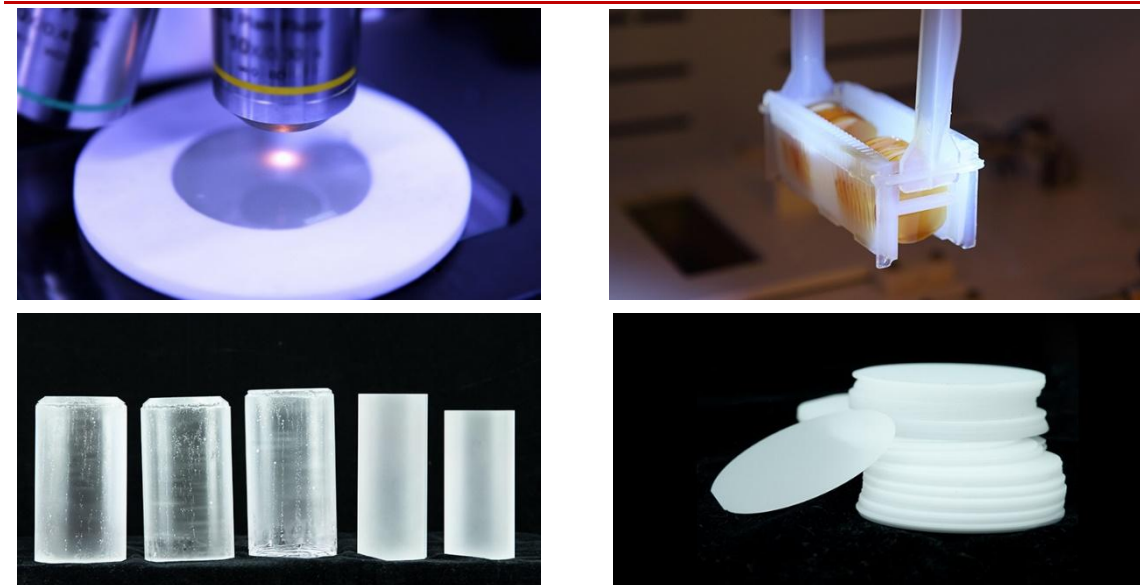
5.10 华灿光电（显示）：具备Micro LED像素器件批量交付能力，开发0.12英寸Micro LED微显示屏样品

- ◆ 公司与国内外知名消费类和科技类头部企业持续合作推进各类Micro LED终端产品落地。用于AR近眼显示的微显示屏幕已实现多色样品屏幕动态画面展示，公司巨量转移技术与设备厂商联合开发，良率持续提升，进展顺利。2023年上半年，公司已向行业内龙头显示企业完成小批量Micro LED像素器件交付，无论是在技术上还是产能上，公司已具备Micro LED像素器件批量交付能力。目前正在开发0.12英寸的Micro LED微显示屏样品。
- ◆ 京东方华灿Micro LED晶圆制造和封装测试基地项目封顶，今年12月有望量产。按照规划，项目建成后可实现Micro LED晶圆产能5.88万片组/年，Micro LED像素器件产能45,000.00kk颗/年，将满足大尺寸电视、商用显示、AR/VR头戴式显示设备和可穿戴设备等超大、超小尺寸高清显示应用领域的需求。

华灿光电珠海MicroLED晶圆制造和封装测试基地项目喜迎封顶



华灿光电产品示意图



5.11京东方（显示）：Micro OLED已有产品推出，未来有望具备多种技术应对XR需求

◆ **FastLCD显示产品和Micro OLED显示已有产品实现量产出货。**产品包含Micro OLED显示模组和Fast LCD模组，尺寸包含0.39inch至5.5inch，具有高分辨率，快速响应，高刷新率等特点，可应用于多种微显示场景。公司在昆明的Micro OLED生产线对应的部分产品，能够满足中高端XR消费市场的需求。同时，为进一步强化布局正在高速发展的“元宇宙”市场，公司在北京建设采用LTPO技术的第6代新型半导体显示器件生产线项目，主要生产元宇宙核心器件的VR显示屏等。未来公司将具备LTPS LCD、LTPO LCD、Micro OLED甚至Micro LED等多重技术来对应不同的XR产品需求。

产品	5.46''	2.56''	2.1''	0.49''	0.5''	1.35''
分辨率	1920*3664	2160*2160	1600*1600	1920*1080	1600*1200	3552*3840
显示技术	LCD	LCD	LCD	Micro OLED	Micro OLED	Micro OLED
PPI	773	1192	1058	4496	4032	3822
响应时间(G to G)	≤5.5ms	≤5ms	≤5.5ms	≤1ms	≤1ms	≤1ms
对比度(typ)	650:1	650:1	650:1	>50,000:1	>100,000:1	>200,000:1
色域(typ)	70.80%	85% NTSC	70.80%	≥80% DCI-P3	≥90% SRGB	≥95% DCI-P3
亮度(typ)	100nit	700nit	480nit	2000nit	1000nit	6000nit
刷新率(typ)	90Hz	90Hz	90Hz	60-90Hz	120Hz	60-90Hz
状态	MP	Sample	MP	MP	Sample	Sample

5.12视涯科技（显示）：专注于12寸晶圆生产Micro OLED

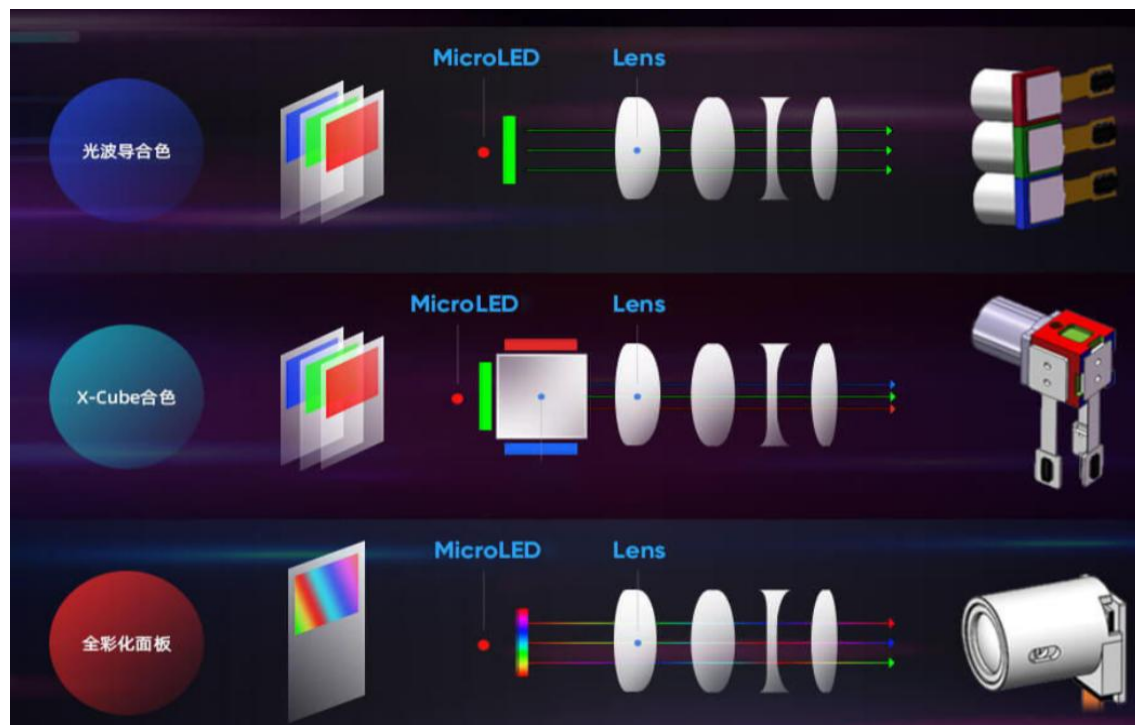
- ◆ 视涯科技致力于打造OLEDoS显示应用生态链，为客户提供端到端微显示相关解决方案。视涯科技总部坐落于合肥保税区，一期工厂面积超过40,000平方米，是全球为数不多的专注于12英寸晶圆上生产OLEDoS显示器的产业基地之一。

产品类型	分辨率	显示比率	颜色	对比度	亮度	接口	刷新率
1.03"	2560×2560	1:1	FULL RGB	500,000:1	1800cd/m ²	MIPI	90Hz
	2560×2560	1:1	FULL RGB	500,000:1	3000cd/m ²	MIPI	90Hz
	2560×2560	1:1	MONO-G	500,000:1	20000cd/m ²	MIPI	90Hz
0.83"	2560×1440	16:9	FULL RGB	500,000:1	1800cd/m ²	MIPI	90Hz
0.62"	1280×1024	5:4	FULL RGB	500,000:1	1800cd/m ²	MIPI or RGB	90Hz
	1280×1024	5:4	FULL RGB	500,000:1	3000cd/m ²	MIPI or RGB	90Hz
	1280×1024	5:4	MONO-G	500,000:1	20000cd/m ²	MIPI or RGB	90Hz
0.57"	800×600	4:3	FULL RGB	500,000:1	1800cd/m ²	MIPI or RGB	90Hz
	800×600	4:3	FULL RGB	500,000:1	3000cd/m ²	MIPI or RGB	90Hz
	800×600	4:3	MONO-G	500,000:1	20000cd/m ²	MIPI or RGB	90Hz
0.72"	1920×1200	16:10	FULL RGB	500,000:1	1800cd/m ²	MIPI	60Hz
	1920×1200	16:10	FULL RGB	500,000:1	3000cd/m ²	MIPI	60Hz
0.49"	1920×1080	16:9	FULL RGB	50,000:1	1800cd/m ²	MIPI	90Hz
	1920×1080	16:9	FULL RGB	50,000:1	3000cd/m ²	MIPI	90Hz
	1920×1080	16:9	MONO-G	50,000:1	20000cd/m ²	MIPI	90Hz
0.4"	1440×1080	4:3	FULL RGB	50,000:1	1800cd/m ²	MIPI or RGB	90Hz
	1440×1080	4:3	MONO-G	50,000:1	20000cd/m ²	MIPI or RGB	90Hz

5.13JBD（显示）：自主研发及制造世界上超微型显示面板

- ◆ 上海显耀显示科技有限公司（JBD）成立于2015年。JBD一直在 MicroLED 微显示面板领域深耕细作，拥有自主的IC设计、MOCVD材料生长、Micro LED微显示技术加工制造、封装测试、软件硬件驱动设计等技术，其自主研发及制造世界上超微型显示面板，强力推动混合现实领域、汽车、半导体设备等领域的技术发展。基于掌握显示屏的核心技术，JBD实现“芯屏契合”，具体产品主要包括单色/三色显示板，AM- μ LED微显示开发套件，AM- μ LED显示屏，AM- μ LED光引擎、光模组等。

JBD Micro LED彩色化方案



JBD部分产品展示



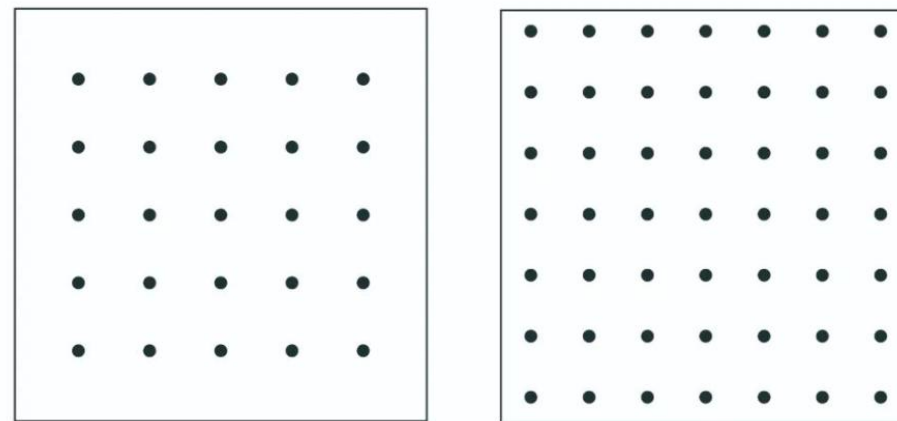
5.14欧菲光（光学）：光学镜头/影像模组/光机/组装多领域布局

- ◆ 在光学镜头方面，公司可以提供VR非球面透镜、VR/AR镜头组、VR目镜等产品；在影像模组方面，公司凭借手机影像模组和3D感知模组的技术研发优势，拓展FPV摄像模组、SLAM双摄模组、VR眼动追踪模组和VR定位摄像头模组；在VR/AR光机方面，公司成立专门团队，对LCOS光波导模组、Birdbath双目光机模组、LED光波导模组和Pancake光机方案等技术路线进行布局；同时，公司也布局VR/AR眼镜和头戴式设备的整机组装制造服务。
- ◆ 在VR Pancake光机领域，欧菲光开发Pancake VR光机平贴、曲贴两套方案，并根据合作伙伴的需求提供ODM/JDM/OEM服务。

欧菲光VR Pancake光机模组



PPD（像素密度）效果对比图



PPD16

PPD25

模组使用单眼2K屏，并搭配欧菲光VR Pancake 3P镜片设计，可使得PPD提高至25，整体影像更加细腻，解析度上升。

5. 15亿道信息（ODM）：AX162可看作青春版Apple Vision Pro

- ◆ 亿道信息旗下子公司亿境虚拟（EmdoorVR）负责其虚拟现实业务板块，拥有丰富的全球客户资源与渠道。亿境虚拟专注于近眼显示、三维显示与空间计算的VR产品的研发与交付服务。通过与高通等上下游厂商的紧密合作，亿境虚拟多款VR/AR/MR产品服务国内多家知名企业和全球行业客户，并以实现规模化出货，赢得国内外客户的广泛信任。

亿境虚拟AX162产品简介



- 120寸近4K高清巨幕
- 沉浸私密的观影神物，打造私人空间



- 多任务处理系统，机舱式环绕三屏显示
- 云电脑办公，解放生产力



- 增强现实的VST视频透视
- 双RGB鱼眼Camera，私享3D摄影



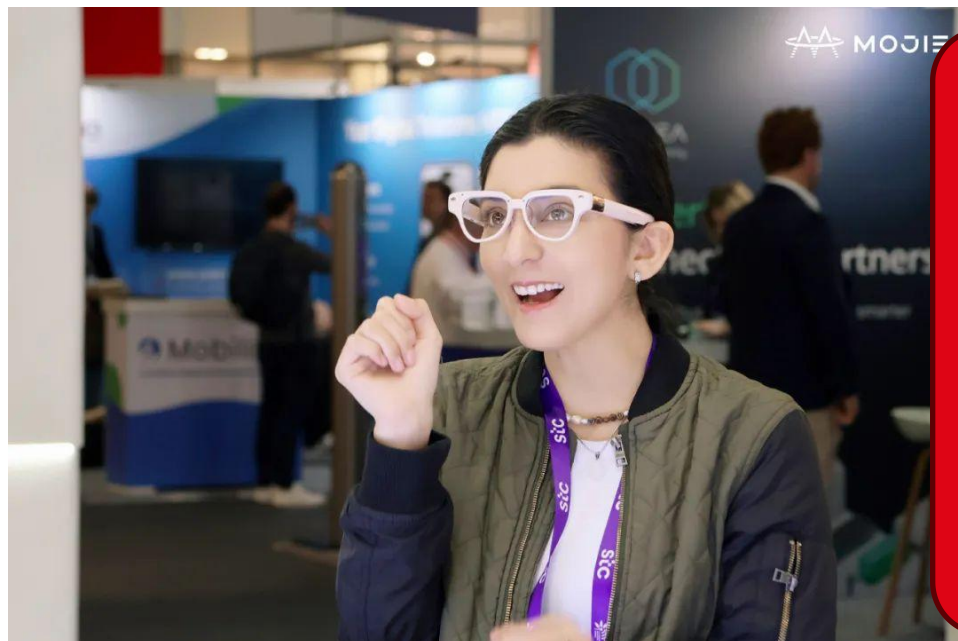
- 直连式手柄操作，一触即发
- 支持原生眼镜佩戴，自适应焦距



5. 16天键股份（ODM）：已经满足相关AR眼镜产线量产条件，为莫界ODM合作商

- ◆ 公司已从智能耳机生产商衍生至智慧医疗、AR/VR 等声光电结合产品的方案提供商。空间音频功能是 AR/VR 甚至脑机接口的基础技术，当前主要以AR/VR主设备做相关空间运算，不能根据本地佩戴环境去做最优化。公司应用空间音频技术的耳机或相关可穿戴产品将提供主设备可调用的API 端口，使产品可以作为 AR/VR 设备的边缘运算终端，节省主设备的算力。公司与莫界的合作为ODM模式，公司主要负责整机装配、生产、测试等方面。产能方面，公司赣州和中山的两个生产基地均有充足的储备进行生产。

莫界科技产品佩戴效果



双目树脂衍射光波导+体积仅为0.33cc的自研四代Micro LED光引擎，让AR眼镜的重量已与普通眼镜无异，而前框全自动合像组装机工艺则令信息及图像呈现更为清晰。

莫界科技产品展示



5.17Rokid（终端厂）：Rokid AR Station切入空间计算

◆ Rokid作为行业的探索者、领跑者，目前致力于AR眼镜等软硬件产品的研发及以YodaOS操作系统为载体的生态构建公司通过语音识别、自然语言处理、计算机视觉、光学显示、芯片平台、硬件设计等多领域研究，将前沿的AI和AR技术与行业应用相结合，为不同垂直领域的客户提供全栈式解决方案，有效提升用户体验、助力企业增效、赋能公共安全其AI、AR产品已在全球八十余个国家和地区投入使用。

Rokid发展历程



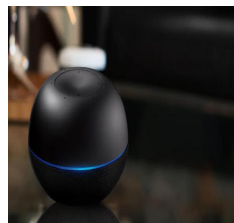
2014

Rokid公司成立，总部位于杭州西溪湿地。



2016

智能陪伴机器人 (Rokid Alien)，智能音箱 (Rokid Pebble) 发布。



2018

一体式AR眼镜Rokid Glass 发布。



2019

首个全栈开源AI操作系统 YodaOS 上线。



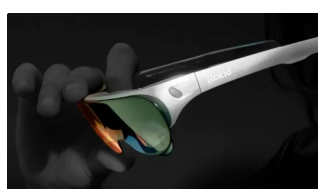
2020.01

国内首款分体式单目光波导AR眼镜二代发布。



2020.11

全球首款工业5G一体双目AR眼镜X-Craft，防爆AR头盔发布。



2021.09

消费级AR眼镜 Rokid Air 发布



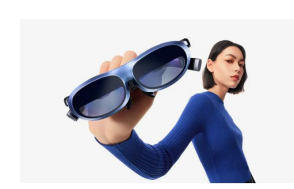
2021.10

展陈文旅AR眼镜 Rokid Air Pro发布



2022

元宇宙新物种Rokid Station发布



2023.03

消费级AR“大”时代 Rokid Max发布。



2023.08

AR空间计算套装 Rokid AR Station发布

5.18雷鸟创新（终端厂）：全球首款消费级真AR眼镜塑造者

- ◆ 雷鸟创新成立于2021年10月，由TCL电子（01070.HK）孵化，公司核心团队来自腾讯、大疆、Meta、OPPO、爱奇艺，以及各类新锐创业公司，在近眼显示光学设计、自研AI算法模型，以及多模态人机交互等领域拥有深厚积累，并且在供应链及生产工艺方面具有较高水平。2023年，雷鸟创新在半年内完成两轮融资，并发布全球首款消费级真AR眼镜「雷鸟X2」，这也是业内首款发布和量产的双目全彩MicroLED+光波导AR眼镜。

雷鸟Air 2产品介绍



雷鸟X2应用场景



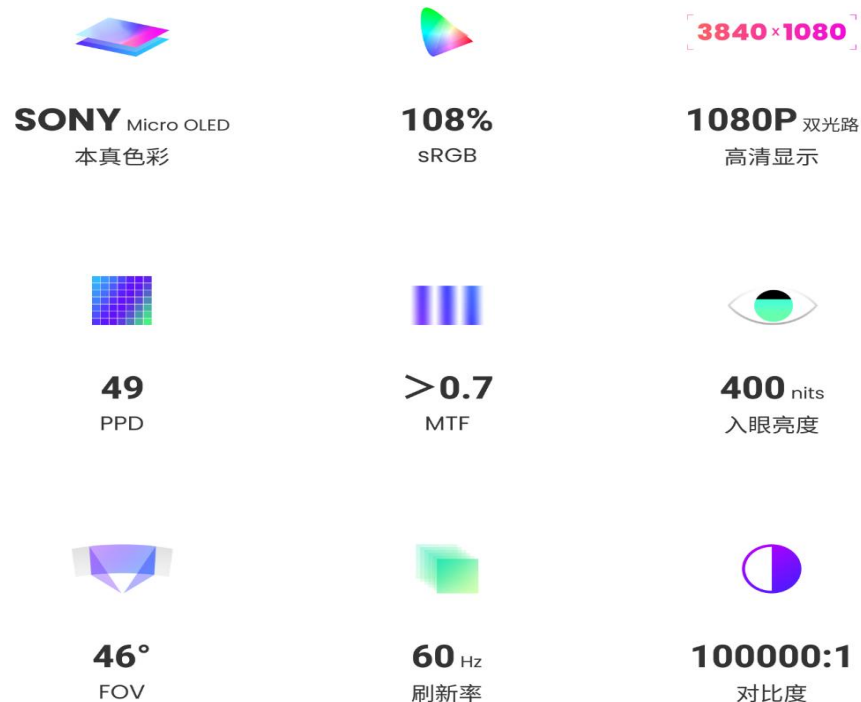
5.19Xreal（终端厂）：探索增强现实无限场景应用的全功AR眼镜

◆ XREAL成立于 2017年中国北京，由来自 Magic Leap、Google 和 AMD 的前员工创立。在探索消费级 AR 之路上开创多项行业核心创新，包括全球领先的自研空间感知算法和光学引擎。XREAL首创将 AR眼镜与现有智能终端（如智能手机、游戏机、个人电脑、智能汽车等）连接的概念；并是首个推出消费者可以日常佩戴的，超轻时尚设计的 AR 眼镜公司。XREAL还为用户提供了AR的核心技术体验——XREAL空间屏，这是一项定义了消费级AR体验未来的变革性技术。除面向消费者的产品，XREAL还为开发者提供软件开发工具包，并打造一个充满活力的开发者社区。

Xreal 产品X特性



Xreal air特性



- 01 XR：科技与人文十字路口，模糊虚拟与现实界限
- 02 技术：屏幕/光学/交互/芯片全面发展，向深度沉浸迈进
- 03 产品与应用：多厂商进击空间计算，AR发展多元化
- 04 投资线条：瞄准内容生态完善&硬件产品迭代，以期空间放量
- 05 相关标的
- 06 风险提示

- ◆ **技术演进轨道与产业生态尚未定型风险：**现阶段虚拟现实技术演进轨道与产业生态尚未定型，产业供需面临双重挑战。一方面，对于 VR/AR 企业，显著生存压力与其超长的产业链条致使创新投入力不从心。另一方面，现实效果与用户预期存在较为显著的落差，如何助力打破虚拟现实“展厅级、孤岛式、小众性、雷同化”的发展瓶颈，实现“产业级、网联式、规模性、差异化”的发展目标成为当前各地虚拟现实产业统筹布局的共性挑战。
- ◆ **对前瞻重点技术产业化进程敏感性不强风险：**部分企业以产品开发视同技术创新，以产品特性视同技术趋势，片面追求单一性能参数，对于云、网、边、端、用、人等多领域间的融合创新与技术断点投入不够。然而，对于虚拟现实诸多阶梯化、多层次与分场景的用户需求，部分技术指标存在潜在冲突，特定单一指标的局部最优难以支撑虚拟现实用户体验所须的全局最优。此外，多数企业产品研发模式以对国外标杆的技术跟随为主，缺少对重点发展路径的投入储备与技术产业化进程的前瞻预判，致使企业发展容易受到短期市场环境波动的冲击。
- ◆ **内容生态建设不及预期风险：**现阶段业内缺少常态化的内容制作基地，从业者对虚拟现实内容设计编排与开发制作经验尚在摸索积累，内容制作成本较高，鲜见令人耳目一新的内容体验。
- ◆ **下游需求不及预期风险：**XR设备目前作为一个新消费级设备，当前内容较少且现阶段产品定位不够清晰，高端产品价格昂贵，或影响消费者需求，将对行业景气度，产业链向下游公司造成影响。

附件（一）2023年全球AR眼镜统计表

序号	产品	推出时间	产品形态	光显方案	FOV	单眼分辨率	重量	售价
1	麦耘maeyun-xr1代	1月	分体式 (颈部挂主机)	Micro-OLED+Birdbath	双目50°	1280×1440	90g	6999元
2	nubia Neovision Glass	2月	分体式	Micro-OLED+Birdbath	双目43°	1920×1080	79g	529美元
3	小米无线AR眼镜探索版	2月	一体式 (骁龙 XR2)	Micro-OLED+自由曲面导光棱镜	不详	不详	126g	未上市
4	荣耀观影眼镜	3月	分体式	Micro-OLED+Birdbath	双目46°	1920×1080	80g	2499元
5	Rokid Max	3月	分体式 (选配主机盒子)	Micro-OLED+Birdbath	双目50°	1920×1080	75g	2999元
6	INMO Air2	4月	一体式 (紫光展锐W517)	Micro-OLED+垂直阵列光波导	双目显示 单目26°	640×400	99g	3999元
7	雷鸟Air Plus	5月	分体式 (选配主机盒子)	Micro-OLED+Birdbath	双目49°	1920×1080	87g	2499元
8	nubia Neo Air	6月	一体式	单绿Micro-LED+树脂衍射光波导	双目28°	640×480	50g	未上市
9	联想晨星G2 light	6月	分体式	Micro-OLED+自由曲面光学	不详	1920×1080	不详	B端
10	ARknow A1	7月	分体式	Micro-OLED+自由曲面钻石Pro	双目38°	1920×1080	68g	2988元
11	Xrany X1	8月	分体式 (标配主机盒子)	Micro-OLED+Birdbath	双目46°	1920×1080	89g	B端
12	Rokid Max Pro	8月	分体式 (选配主机盒子)	Micro-OLED+Birdbath	双目50°	1920×1200	76g	4999元
13	Minimis Glass	8月	一体式 (高通QCM2290)	Micro-OLED+衍射光波导	双目30°	1920×1080	90g	699美元
14	联想 Legion Glasses	9月	分体式	Micro-OLED+自由曲面	不详	1920×1080	142g	499美元
15	XREAL Air 2	9月	分体式 (选配主机盒子)	Micro-OLED+Birdbath	双目46°	1920×1080	72g	2499元

附件（一）2023年全球AR眼镜统计表

序号	产品	推出时间	产品形态	光显方案	FOV	单眼分辨率	重量	售价
16	XREAL Air 2 Pro	9月	分体式 (选配主机盒子)	Micro-OLED+Birdbath	双目46°	1920×1080	79g	2999元
17	INMO Go	9月	一体式	单绿Micro-LED+衍射光波导	单目30°	640×480	52g	1999元
18	Holoswim 2S	9月	一体式	OLED+全息树脂光波导	单目25°	128×64	70g	990元
19	Dream Glass Lead FLY	9月	一体式	LCD+自由曲面离轴反射	双目90°	1920×1080	170g	2999元
20	雷鸟X2	10月	一体式 (高通骁龙 XR2)	全彩Micro-LED+衍射光波导	双目25°	640×480	119g	4999元
21	雷鸟Air 2	10月	分体式 (选配主机盒子)	Micro-OLED+Birdbath	双目46°	1920×1080	76g	2499元
22	INAIR Pro	10月	分体式 (颈环挂主机)	Micro-OLED+Birdbath	双目51°	1920×1200	80g	3999元
23	SeerLens™ II B50R Pro AR Glasses	10月	分体式	Micro-OLED+Birdbath	47° ±2	1920×1080	260g	B端
24	李未可Meta Lens S3	11月	一体式	单绿Micro-LED+衍射光波导	双目30°	640×480	93g	1999元
25	Nimo Glass套装	11月	分体式 (标配主机盒子)	不详	双目45°	1920×1080	不详	1299美元
26	QIDI ONE	11月	一体式 (骁龙W5 Gen1)	LCoS+阵列光波导	双目30°	1280×720	80g	4999元
27	MYVU	11月	一体式	单绿Micro-LED+树脂衍射光波导	双目30°	640×480	43g	2499元
28	MYVU Discovery	11月	一体式 (骁龙W5 Gen1)	全彩Micro-LED+树脂衍射光波导	双目30°	640×480	71g	9999元
29	谷东科技 C2000	11月	一体式	Micro-OLED+单目阵列光波导	不详	不详	不详	B端
30	中国电信5G AR眼镜	12月	分体式	Micro-OLED+Birdbath	双目41°	1920×1080	70g	1999元

附件（二）2023年全球VR眼镜统计表

产品名称	发布日期	产品形态	显示技术	光学技术	分辨率	POV	主机重量	PPI	PPD	交互	RGB VST	刷新率	售价
大朋E4企业版	12.15	PCVR	Fast-LCD	菲涅尔透镜	3664*1920	116°	325g	-	-	6DoF、VSLAM视觉定位	-	72Hz/90Hz/120Hz	5888元
Varjo XR-4 Focal版	11.27	PCVR	mini-LED	非球面镜片	3840*3744	120° *105°	-	-	51 (51 PPD直通)	6DoF inside-out追踪、眼动追踪	支持	90Hz	9990美元
Varjo XR-4	11.27	PCVR	mini-LED	非球面镜片	3840*3744	120° *105°	-	-	51 (33 PPD直通)	6DoF inside-out追踪、眼动追踪	支持	90Hz	3999美元
Varjo XR-4 安全版定焦	11.27	PCVR	mini-LED	非球面镜片	3840*3744	120° *105°	-	-	51 (33 PPD直通)	6DoF inside-out追踪、眼动追踪	支持	90Hz	-
Varjo XR-4 安全版自动对焦	11.27	PCVR	mini-LED	非球面镜片	3840*3744	120° *105°	-	-	51 (51 PPD直通)	6DoF inside-out追踪、眼动追踪	支持	90Hz	-
大朋E4C	10.19	PCVR	Fast-LCD	菲涅尔透镜	3664*1920	116°	450g	773	-	3DoF	-	72Hz/90Hz	2999元
Meta Quest 3	9.28	一体机	LCD	Pancake	2064*2208 (单目)	水平110° 垂直96°	515g	1218	25	手部和身体追踪	支持	72Hz/80Hz/90Hz/120Hz	499美元
IWEIER S6	8.16	一体机	-	Pancake	4560*2280	95° -105°	-	1512	-	6DoF	-	90Hz	-
Apple Vision Pro	6.5	一体机	Micro OLED	Pancake	大于4K (单目)	-	约454g	-	-	手部追踪、眼睛、面部追踪	支持	90Hz	3499美元
PICO 4 Pro VR一体机	4.16开售	一体机	Fast-LCD	Pancake	4320*2160	105°	304g (不含绑带)	1200	20.6	眼动追踪、面部追踪、6DoF空间定位、裸手识别	支持	72Hz/90Hz	3799元
Vidda VR 一体机 XR-V3	4.1	一体机	Fast-LCD	菲涅尔透镜	3664*1920	100°	620g (整机)	-	-	6DoF、手柄追踪、SLAM	-	90Hz	-
VIVE XR精英套装	1.6	一体机	定制LCD	Pancake	3840*1920	110°	625g (整机)	-	-	6DoF inside-out追踪、手部追踪	支持	90Hz	9888元

附件（三）Meta Quest平台混合现实内容一览

发售时间	名称	价格	类型标签	使用人数	手势	眼动	面部	评论次数	评分	开发商
2019.05.17	Vegas infinite	免费	休闲、社交、赌场&扑克	多人	×	○	○	25519	3.93	Lucky VR
2019.05.21	Keep Talking and Nobody Explodes	14.99	益智、社交	多人合作	×	×	×	542	4.56	Steel Crate Games
2019.05.21	Virtual Desktop	19.99	实用工具、影音播放、效率提升	单人	○	○	○	8041	4.30	Virtual Desktop
2019.05.21	FitXR	免费	健康&健身	单人、多人	×	×	×	8510	4.00	FitXR
2019.05.21	Beat Saber	29.99	休闲、音乐&节奏	单人、多人	×	×	×	49097	4.55	Beat Games
2019.07.18	Gravity Sketch	免费	创意&设计	单人	×	○	○	1046	4.09	Gravity Sketch
2019.07.25	Please,Don't Touch Anything	9.99	恐怖、益智	单人	×	×	×	1462	3.80	Four Quatters Escalation Studios ForwardXP
2019.08.08	DeoVR Video Streaming	免费	影音播放	单人	○	×	×	1149	2.57	DeoVR
2019.09.19	Tribe DJAcademy	免费	创意&设计	单人、多人、多人合作	×	○	○	969	4.33	Tribe XR
2019.10.17	Knockout League	19.99	冒险、动作、格斗	单人	×	×	×	464	3.70	Grab Games
2019.10.24	The Thrill of the Fight	9.99	格斗、运动	单人	×	×	×	2765	4.75	Sealost Interactive
2019.10.31	Synth Riders	24.99	动作、街机、音乐&节奏	单人、多人	×	×	×	2765	4.71	Kluge Interactive
2019.12.05	Waltz of the Wizard	19.99	冒险、角色扮演、模拟	单人	○	○	○	2324	4.44	Aldin Dynamics

附件（三）Meta Quest平台混合现实内容一览

发售时间	名称	价格	类型标签	使用人数	手势	眼动	面部	评论次数	评分	开发商
2019.12.19	TRIPP	免费	健康&健身、放松&冥想、 旅游&探索	单人	×	×	×	2539	4.12	TRIPP
2020.01.09	2MD: VR Football Unleashed ALL☆STAR	14.99	街机、模拟、运动	单人	×	×	×	2380	4.38	Truant Pixel
2020.02.20	OhShape	19.99	休闲、音乐&节奏	单人	×	×	×	822	4.07	Odders Lab
2020.02.27	Eleven Table Tennis	29.99	模拟、社交、运动	单人、多人	×	×	×	9446	4.65	For Fun Labs
2020.07.23	Immersed	免费	实用工具、影音播放、效率 提升	单人、多人、 多人合作	○	○	○	1926	4.24	Immersed
2020.08.13	vSpatial	免费	商务、实用工具	单人、多人	×	○	×	227	3.65	Spatial
2020.08.20	Gravity Lab	14.99	益智	单人	×	×	×	130	4.16	Mark Schramm
2020.09.17	Cubism	9.99	教育、益智	单人	○	×	×	837	4.84	Thomas Van Bouwel
2020.10.08	Blaston	免费	动作、射击、运动	单人、多人	×	×	×	2573	4.42	Resolution Games
2020.11.12	ENGAGE	免费	商务、社交	多人	×	×	×	134	3.73	ENGAGE XR
2021.01.07	Holofit by Holodia	免费	健康&健身	单人、多人	×	×	×	866	3.67	Holodia
2021.03.04	Arthur	免费	实用工具、效率提升、社交	单人、多人、 多人合作	×	○	○	60	3.95	Arthur Technologies
2021.05.06	Demeo	39.99	冒险、角色扮演、策略	单人、多人、 多人合作	×	×	×	6600	4.69	Resolution Games
2021.05.27	ForeVR Bowl	19.99	街机、休闲、运动	单人、多人、 多人合作	×	×	×	1922	4.27	ForeVR Games

附件（三）Meta Quest平台混合现实内容一览

发售时间	名称	价格	类型标签	使用人数	手势	眼动	面部	评论次数	评分	开发商
2021.07.15	Noda	免费	创意&设计、效率提升	多人	○	○	○	169	3.42	Coding Leap
2021.07.20	YUKI Space Ranger	19.99	动作、街机、射击	单人	×	×	×	229	4.75	ARVORE Immersive Experiences
2021.08.10	Rezzil Player	9.99	健康&健身、运动	单人	×	×	×	162	3.93	Rezzil
2021.08.19	Meta Horizon Workrooms (Beta)	免费	商务、实用工具、效率提升	单人、多人	○	○	○	509	2.99	Meta
2021.09.02	Puzzling Places	14.99	益智	单人	×	○	×	1943	4.85	Realities.io
2021.10.21	Spacefolk City	19.99	休闲、模拟、策略	单人	×	×	×	224	4.47	Moon Mode
2021.10.21	Unplugged: Air Guitar	24.99	街机、休闲、音乐&节奏	单人	○	×	×	936	4.15	Anotherway
2021.11.11	ShapesXR	免费	创意&设计、实用工具、效率提升	单人、多人、多人合作	×	○	○	250	4.25	ShapesXR
2021.12.02	Smash Drums	19.99	动作、街机、音乐&节奏	单人、多人、多人合作	×	×	×	1844	4.52	PotamWorks SAS
2022.01.06	Hoame	免费	健康&健身	单人	×	×	×	200	3.24	Hoame
2022.01.27	MultiBrush	19.99	创意&设计、社交	多人	×	×	×	129	4.27	Rendever
2022.02.02	LES MILLS BODYCOMBAT	29.99	健康&健身	单人	×	×	×	2839	4.59	Odders Lab
2022.03.03	Litesport	免费	健康&健身、生活时尚、运动	单人	○	×	×	1946	3.99	Liteboxer
2022.03.10	Virtuoso	19.99	创意&设计	单人	×	×	×	270	4.23	Really Interactive

附件（三）Meta Quest平台混合现实内容一览

发售时间	名称	价格	类型标签	使用人数	手势	眼动	面部	评论次数	评分	开发商
2022.03.24	Vermilion	19.99	模拟	单人、多人、多人合作	×	○	×	723	4.81	Thomas van den Berge
2022.03.31	Arkio	免费	创意&设计、实用工具、效率提升	单人、多人、多人合作	○	○	○	169	3.87	Arkio
2022.04.07	iB Cricket	29.99	模拟、休闲、运动	单人、多人	×	×	×	924	4.44	ProYuga Advanced Technologies
2022.04.14	Painting VR	19.99	创意&设计、效率提升	单人、多人	×	○	○	531	4.30	Oisoi Studio
2022.07.07	PatchWorld – Multiplayer Music Maker	17.99	创意&设计	单人、多人、多人合作	×	×	×	186	4.73	PatchXR
2022.10.11	Xtadium	免费	影音播放、运动	单人、多人	×	×	×	102	3.90	Yerba Buena VR
2022.10.13	Arcaxer	24.99	动作、角色扮演、冒险	单人	×	×	×	165	4.72	Overrun Games
2022.10.25	Figmin XR Mixed Reality	19.99	创意&设计、效率提升、社交	单人、多人、多人合作	○	×	×	71	4.39	Overlay
2022.10.25	Woorld	免费	创意&设计、旅游&探索、社交	单人、多人、多人合作	○	○	○	223	3.53	Woorld
2022.10.25	Nanome	免费	实用工具、效率提升	单人、多人	×	×	×	16	38.1	Nanome
2022.10.27	IRON GUARD	14.99	策略、动作、射击	单人	×	×	×	211	4.67	Xlab Digital
2022.10.27	Zoe	免费	创意&设计、效率提升、社交	单人、多人	×	×	×	70	3.58	Zoe Immersive
2022.11.03	Kartoffl	14.99	动作、冒险、益智	单人	×	×	×	29	4.93	Breach
2022.11.17	ForeVR Pool	19.99	社交、休闲、运动	单人、多人、多人合作	×	×	×	540	4.02	ForeVR Games
2022.11.17	Espire 2: Stealth Operatives	29.99	动作、射击	单人、多人合作	×	×	×	404	4.32	Digital Lode Immersive Media

附件（三）Meta Quest平台混合现实内容一览

发售时间	名称	价格	类型标签	使用人数	手势	眼动	面部	评论次数	评分	开发商
2022.11.17	Broken Edge	9.99	动作、格斗	单人、多人	×	×	×	895	4.22	Trebuchet
2022.12.01	Noun Town Language Learning	19.99	效率提升、旅游&探索、生活时尚	单人	×	×	×	256	4.00	Noun Town
2022.12.08	Linelight	14.99	休闲、益智	单人	○	×	×	29	4.72	My Dog Zorro
2023.01.12	Home Design 3D VR	19.99	创意&设计	单人、多人	×	×	○	125	3.33	Koalabs
2023.02.09	PowerBeatsVR	22.99	健康&健身、生活时尚、运动	单人	×	×	×	649	4.64	Five Mind Creations
2023.02.17	Drop Dead: TheCabin	24.99	动作、射击、恐怖	单人、多人合作	×	×	×	498	4.02	Soul Assembly
2023.03.16	VR Workout	免费	健康&健身	单人、多人	○	×	×	137	3.83	XRWorkout
2023.04.20	Shave & Stuff	14.99	休闲	单人	×	×	×	743	4.39	HypervR Games
2023.04.27	StellarX	免费	创意&设计、实用工具、效率提升	单人、多人	×	○	○	42	4.17	OVA
2023.05.18	Rube Goldberg Workshop	9.99	休闲、益智	单人	○	×	×	47	3.91	Free Range Games
2023.06.08	Crazy Kung Fu	14.99	健康&健身、运动	单人、多人	×	×	×	330	4.70	Field of Vision
2023.06.15	Zombies Noir: Mixed Reality	9.99	动作、射击、街机	单人	×	×	×	68	3.44	Synodic Arc
2023.08.17	Softspace	免费	创意&设计、效率提升	单人	○	×	×	25	3.48	Softspace

附件（三）Meta Quest平台混合现实内容一览

发售时间	名称	价格	类型标签	使用人数	手势	眼动	面部	评论次数	评分	开发商
2023.09.28	ISLANDERS VR Edition	14.99	休闲、模拟、益智	单人	○	×	×	19	4.08	Coatsink Stage Clear GrizzlyGames
2023.10.10	CleanSheet	19.99	健康&健身、运动	单人、多人	×	×	×	607	4.81	INCISIV
2023.10.10	PianoVision	9.99	创意&设计、影音播放、 放松&冥想	单人、多人	○	×	×	318	4.29	ZarApps
2023.10.10	Hitstream	19.99	健康&健身、运动	单人、多人	×	○	×	114	4.78	And 7 Limited
2023.10.10	Naer	免费	创意&设计、商务、效率 提升	单人、多人	×	○	○	5	5.00	Naer
2023.10.10	Cybrix	14.99	运动	单人、多人、 多人合作	×	×	×	120	4.80	Holonau tic
2023.10.10	BAM	14.99	动作、射击、街机	单人、多人	×	×	×	69	4.62	I-Illusions
2023.10.12	Samba deAmigo: Party Central	29.99	动作、街机、音乐&节奏	单人、多人	×	×	×	131	4.85	SEGA
2023.10.19	Pickleball One	24.99	运动	单人、多人	×	×	×	79	Play	Playin Games
2023.10.26	Ghostbusters: Rise of The Ghost Lord	34.99	动作、射击、社交	单人、多人合作	×	×	×	262	3.72	nDreams
2023.10.26	Out Of Scale –A Kurzgesagt Adventure	14.99	社交	单人、多人	×	×	×	42	3.93	Schell Games in a nutshell -kurzgesagt
2023.11.02	Campfire	免费	创意&设计、商务、效率 提升	单人、多人、 多人合作	×	×	×	6	4.83	Campfire 3D
2023.11.02	Xponential+	免费	健康&健身	单人	○	×	×	1	4.00	XponentialPlus

- 1、芯时代之一_半导体重磅深度《新兴技术共振进口替代，迎来全产业链投资机会》
- 2、芯时代之二_深度纪要《国产芯投资机会暨权威专家电话会》
- 3、芯时代之三_深度纪要《半导体分析和投资策略电话会》
- 4、芯时代之四_市场首篇模拟IC深度《下游应用增量不断，模拟 IC加速发展》
- 5、芯时代之五_存储器深度《存储产业链战略升级，开启国产替代“芯”篇章》
- 6、芯时代之六_功率半导体深度《功率半导体处黄金赛道，迎进口替代良机》
- 7、芯时代之七_半导体材料深度《铸行业发展基石，迎进口替代契机》
- 8、芯时代之八_深度纪要《功率半导体重磅专家交流电话会》
- 9、芯时代之九_半导体设备深度《进口替代促景气度提升，设备长期发展明朗》
- 10、芯时代之十_3D/新器件《先进封装和新器件，续写集成电路新篇章》
- 11、芯时代之十一_IC载板和SLP《IC载板及SLP，集成提升的板级贡献》
- 12、芯时代之十二_智能处理器《人工智能助力，国产芯有望“换”道超车》
- 13、芯时代之十三_封测《先进封装大势所趋，国家战略助推成长》
- 14、芯时代之十四_大硅片《供需缺口持续，国产化蓄势待发》
- 15、芯时代之十五_化合物《下一代半导体材料，5G助力市场成长》
- 16、芯时代之十六_制造《国产替代加速，拉动全产业链发展》
- 17、芯时代之十七_北方华创《双结构化持建机遇，由大做强倍显张力》
- 18、芯时代之十八_斯达半导《铸IGBT功率基石，创多领域市场契机》
- 19、芯时代之十九_功率半导体深度②《产业链逐步成熟，功率器件迎黄金发展期》
- 20、芯时代之二十_汇顶科技《光电传感创新领跑，多维布局引领未来》
- 21、芯时代之二十一_华润微《功率半导专芯致志，特色工艺术业专攻》
- 22、芯时代之二十二_大硅片*重磅深度《半导体第一蓝海，硅片融合工艺创新》
- 23、芯时代之二十三_卓胜微《5G赛道射频芯片龙头，国产替代正当时》
- 24、芯时代之二十四_沪硅产业《硅片“芯”材蓄势待发，商用量产空间广阔》
- 25、芯时代之二十五_韦尔股份《光电传感稳创领先，系统方案展创宏图》
- 26、芯时代之二十六_中环股份《半导硅片厚积薄发，特有赛道独树一帜》
- 27、芯时代之二十七_射频芯片《射频芯片千亿空间，国产替代曙光乍现》
- 28、芯时代之二十八_中芯国际《代工龙头创领升级，产业联动芯火燎原》
- 29、芯时代之二十九_寒武纪《AI芯片国内龙头，高研发投入前景可期》
- 30、芯时代之三十_芯朋微《国产电源IC十年磨一剑，铸就国内升级替代》
- 31、芯时代之三十一_射频PA《射频PA革新不止，万物互联广袤无限》
- 32、芯时代之三十二_中微公司《国内半导刻蚀巨头，迈内生&外延平台化》
- 33、芯时代之三十三_芯原股份《国内IP龙头厂商，推动SiPaaS模式发展》
- 34、芯时代之三十四_模拟IC深度PPT《模拟IC黄金赛道，本土配套渐入佳境》
- 35、芯时代之三十五_芯海科技《高精度测量ADC+MCU+AI,切入蓝海赛道超芯星》
- 36、芯时代之三十六_功率&化合物深度《扩容&替代提速，化合物布局长远》
- 37、芯时代之三十七_恒玄科技《专注智能音频SoC芯片，迎行业风口快速发展》
- 38、芯时代之三十八_和而泰《从高端到更高端，芯平台创新格局》
- 39、芯时代之三十九_家电芯深度PPT《家电芯配套渐完善,增量机遇筑蓝海》
- 40、芯时代之四十_前道设备PPT深度《2021年国产前道设备，再迎新黄金时代》
- 41、芯时代之四十一_力芯微《专注电源管理芯片，内生外延拓展产品线》
- 42、芯时代之四十二_复旦微电《国产FPGA领先企业，高技术壁垒铸就护城河》
- 43、芯时代之四十三_显示驱动深度PPT《显示驱动芯—面板国产化最后1公里》
- 44、芯时代之四十四_艾为电子《数模混合设计专家，持续迭代拓展产品线》
- 45、芯时代之四十五_紫光国微《特种与安全两翼齐飞，公司步入快速发展阶段》
- 46、芯时代之四十六_新能源芯*PPT深度《乘碳中和之风，基础元件腾飞》
- 47、芯时代之四十七_AIoT *PPT深度《AIoT大时代，SoC厂商加速发展》
- 48、芯时代之四十八_铂科新材《双碳助力发展，GPU新应用构建二次成长曲线》
- 49、芯时代之四十九_AI芯片《AI领强算力时代，GPU启新场景落地》
- 50、芯时代之五十_江海股份《乘“碳中和”之风，老牌企业三大电容全面发力》
- 51、芯时代之五十一_智能电动车1000页PPT（多行业协同）《智能电动车★投研大全》
- 52、芯时代之五十二_瑞芯微PPT深度《迈入全球准一线梯队，新硬件十年前景可期》

- 53、芯时代之五十三_峰昭科技《专注BLDC电机驱动控制芯片，三大核心技术引领成长》
- 54、芯时代之五十四_纳芯微《专注高端模拟IC，致力国内领先车规级半导体供应商》
- 55、芯时代之五十五_晶晨股份《核心技术为躯，全球开拓为翼》
- 56、芯时代之五十六_国微&复微《紫光国微与复旦微的全面对比分析》
- 57、芯时代之五十七_国产算力SoC《算力大时代，处理器SoC厂商综合对比》
- 58、芯时代之五十八_高能模拟芯《高性能模拟替代渐入深水区，工业汽车重点突破》
- 59、芯时代之五十九_南芯科技《电荷泵翘楚拓矩阵蓝图，通用产品力屡复制成功》
- 60、芯时代之六十_AI算力GPU《AI产业化再加速，智能大时代已开启》
- 61、芯时代之六十一_瑞芯微②深度《人工智能再加速，AIoT SoC龙头多点开花》
- 62、芯时代之六十二_华峰测控《技术/产品为基石，SoC/模数/功率测试机助拓全球市场》
- 63、芯时代之六十三_裕太微《以太网PHY芯片稀缺标的，国产化渗透初期前景广阔》
- 64、芯时代之六十四_华虹公司《立足成熟制程，“特色IC+功率器件”代工龙头底部加码12寸》
- 65、芯时代之六十五_汇顶科技《指纹&触控保持市场领先，新品营收逐步起量》
- 66、芯时代之六十六_中科蓝讯《产品结构升级&品牌客户突破，八大产品线拓未来》
- 67、芯时代之六十七_2.5D/3D封装PPT《技术发展引领产业变革，向高密度封装时代迈进》
- 68、芯时代之六十八_显示驱动芯片PPT《显示驱动芯片——面板国产化最后一公里》
- 69、芯时代之六十九_菱电电控《双转战略促量价齐升逻辑凸显，T-BOX塑造第二增长极》
- 70、芯时代之七十_华海清科《国产CMP设备龙头，持续走向高端化、平台化》
- 71、芯时代之七十一_东芯股份《利基型存储国内领先，强周期属性2024年迎拐点》
- 72、芯时代之七十二_通富微电《VISionS技术护城河&AMD深度合作，在AI浪潮中更上层楼》
- 73、芯时代之七十三_长电科技《XDFOI™平台为支撑，吹响算力/存力/汽车三重奏》
- 74、芯时代之七十四_算力芯片PPT《以“芯”助先进算法，以“算”驱万物智能》
- 75、芯时代之七十五_半导4大材料PPT《万丈高楼材料起，夯实中国“芯”地基》
- 76、芯时代之七十六_HBM之设备材料PPT《HBM迭代，3D混合键合成设备材料发力点》
- 77、芯时代之七十七_XR深度《身处人文与科技十字路口，开启空间计算时代》

- ◆ 孙远峰：华金证券总裁助理&研究所所长&电子行业首席分析师，哈尔滨工业大学工学学士，清华大学工学博士，近3年电子实业工作经验；2018年新财富上榜分析师（第3名），2017年新财富入围/水晶球上榜分析师，2016年新财富上榜分析师（第5名），2013~2015年新财富上榜分析师团队核心成员；多次获得保险资管IAMAC、水晶球、金牛奖等奖项最佳分析师；2019年开始未参加任何个人评比，其骨干团队专注于创新&创业型研究所的一线具体创收&创誉工作，以“产业资源赋能深度研究”为导向，构建研究&销售合伙人队伍，积累了健全的成熟团队自驱机制和年轻团队培养机制，充分获得市场验证；2023年带领崭新团队获得《证券时报》评选的中国证券业最具特色研究君鼎奖和2023年Wind第11届金牌分析师进步最快研究机构奖；清华校友总会电子工程系分会副秘书长
- ◆ 王海维：电子行业联席首席分析师，华东师范大学硕士，电子&金融复合背景，主要覆盖半导体板块，善于个股深度研究，2018年新财富上榜分析师（第3名）核心成员，先后任职于安信证券/华西证券研究所，2023年2月入职华金证券研究所
- ◆ 王臣复：电子行业高级分析师，北京航空航天大学工学学士和管理学硕士，曾就职于欧菲光集团投资部、融通资本、平安基金、华西证券资产管理总部、华西证券等，2023年2月入职华金证券研究所
- ◆ 宋 鹏：电子行业助理分析师，莫纳什大学硕士，曾就职于头豹研究院TMT组，2023年3月入职华金证券研究所
- ◆ 吴家欢：电子行业助理分析师，吉林大学学士，博科尼大学硕士，电子&管理复合背景，2023年11月入职华金证券研究所

公司评级体系

收益评级：

买入 — 未来6个月的投资收益率领先沪深300指数15%以上；

增持 — 未来6个月的投资收益率领先沪深300指数5%至15%；

中性 — 未来6个月的投资收益率与沪深300指数的变动幅度相差-5%至5%；

减持 — 未来6个月的投资收益率落后沪深300指数5%至15%；

卖出 — 未来6个月的投资收益率落后沪深300指数15%以上。

风险评级：

A — 正常风险，未来6个月投资收益率的波动小于等于沪深300指数波动；

B — 较高风险，未来6个月投资收益率的波动大于沪深300指数波动。

行业评级体系

收益评级：

领先大市 — 未来6个月的投资收益率领先沪深300指数10%以上；

同步大市 — 未来6个月的投资收益率与沪深300指数的变动幅度相差-10%至10%；

落后大市 — 未来6个月的投资收益率落后沪深300指数10%以上；

风险评级：

A — 正常风险，未来6个月投资收益率的波动小于等于沪深300指数波动；

B — 较高风险，未来6个月投资收益率的波动大于沪深300指数波动。

分析师声明

孙远峰、王海维声明，本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格，勤勉尽责、诚实守信。本人对本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、研究观点独立公正、分析结论具有合理依据，特此声明。

本公司具备证券投资咨询业务资格的说明

华金证券股份有限公司（以下简称“本公司”）经中国证券监督管理委员会核准，取得证券投资咨询业务许可。本公司及其投资咨询人员可以为证券投资人或客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或间接的有偿咨询服务。发布证券研究报告，是证券投资咨询业务的一种基本形式，本公司可以对证券及证券相关产品的价值、市场走势或者相关影响因素进行分析，形成证券估值、投资评级等投资分析意见，制作证券研究报告，并向本公司的客户发布。

免责声明：

本报告仅供华金证券股份有限公司（以下简称“本公司”）的客户使用。本公司不会因为任何机构或个人接收到本报告而视其为本公司的当然客户。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但本公司不保证该等信息及资料的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映本公司于本报告发布当日的判断，本报告中的证券或投资标的价格、价值及投资带来的收入可能会波动。在不同时期，本公司可能撰写并发布与本报告所载资料、建议及推测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息及资料保持在最新状态，本公司将随时补充、更新和修订有关信息及资料，但不保证及时公开发布。同时，本公司有权对本报告所含信息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。任何有关本报告的摘要或节选都不代表本报告正式完整的观点，一切须以本公司向客户发布的本报告完整版本为准。

在法律许可的情况下，本公司及所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务，提请客户充分注意。客户不应将本报告为作出其投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代客户自身的投资判断与决策。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投资建议，无论是否已经明示或暗示，本报告不能作为道义的、责任的和法律的依据或者凭证。在任何情况下，本公司亦不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

本报告版权仅为本公司所有，未经事先书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发表、转发、篡改或引用本报告的任何部分。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“华金证券股份有限公司研究所”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。

华金证券股份有限公司对本声明条款具有惟一修改权和最终解释权。

风险提示：

报告中的内容和意见仅供参考，并不构成对所述证券买卖的出价或询价。投资者对其投资行为负完全责任，我公司及其雇员对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。

华金证券股份有限公司

办公地址：

上海市浦东新区杨高南路759号陆家嘴世纪金融广场30层

北京市朝阳区建国路108号横琴人寿大厦17层

深圳市福田区益田路6001号太平金融大厦10楼05单元

电话：021-20655588

网址：www.huajinsec.com