

证券研究报告

2024年01月17日

行业报告 | 行业专题研究

消费电子

Vision Pro：消费科技新高度，空间计算新时代

作者：

分析师 孙谦 SAC执业证书编号：S1110521050004

分析师 潘暕 SAC执业证书编号：S1110517070005



天风证券

[综合金融服务专家]

行业评级：强于大市（维持评级）

上次评级：强于大市

请务必阅读正文之后的信息披露和免责声明

摘要

我们拆解Vision Pro的工业设计、关键技术和开发者相关内容，认为Vision Pro的产品力是头显行业中前所未有的新高度，很可能带来空间计算的新时代。

Vision Pro哪里不一样？

设计+硬件+应用三端均有突出亮点，Vision Pro是头显变革之作：1）硬件端：M2+R1双芯片性能强悍；Micro OLED4K屏幕+3P Pancake方案显示升级；12+5传感器配置奠定基础。2）设计端：眼动+裸手+语音三维交互是趋近直观的交互方式；Eyesight功能，打破传统头显的社交隔阂；旋钮调节+VST，防止现实信息丢失。3）应用端：预计开发者生态+全家桶或是最大护城河。

空间计算：历史的新起点

类比Mac将用户带入到个人计算时代，Iphone将用户带入移动计算时代，我们认为Apple Vision Pro有望带领用户进入空间计算时代。空间计算是人类与机器的交互，其中机器保存和操纵真实对象和空间的参照物。通俗点说，就是人机交互由2D升维到3D，现实+虚拟+人三者进行交互，本质上是拓展信息输入和输出的边界。我们认为空间视频/相机、流媒体、电商等多个行业都可能迎来颠覆性变化。

穿透关键零部件，洞察未来趋势

我们分零部件讨论了Apple Vision Pro推出可能引领的行业新趋势。屏幕中短期Micro OLED4K屏幕或成为高端头显主流，12寸晶圆成本优势明显；Pancake光学方案由单镜片走向多镜片；协处理器优势明显；新交互和新功能给传感器带来增量；散热高要求下石墨烯散热片性能表现优异

投资建议：XR行业变革时刻到来，建议持续关注苹果Vision Pro推出对行业的催化。短期优选苹果Vision Pro供应链，关注XR头显核心增量领域（MicroOLED显示、3D传感器、3D应用），长期关注产业竞争格局与产业趋势变化。

风险提示：宏观经济及消费电子行业景气度下滑；苹果Vision Pro推出效果不及预期；消费者接受意愿不及预期

目录

1 Visionpro哪里不一样?

- 1.1 Vision pro介绍
- 1.2 硬件端：
 - 1.2.1 M2+R1双芯片方案
 - 1.2.2 Micro OLED+3P Pancake 光学方案
 - 1.2.3 12摄像头+5传感器，多传感器配置为感知和交互提供基础
- 1.3 设计端：
 - 1.3.1 眼动+裸手+语音，趋于直觉的交互方式
 - 1.3.2 旋钮调节+VST方案，防止现实信息丢失
 - 1.3.3 Eyesight功能，打破传统社交隔阂
- 1.4 应用端：
 - 1.4.1 我们预计开发者生态+苹果全家桶或是最大护城河

2 空间计算：新历史的起点

- 2.1 空间计算
 - 2.1.1 人机交互由2D升维到3D
 - 2.1.2 Vision OS，专为空间计算打造的操作系统
- 2.2 可能涌现Killer App的赛道

3 穿透关键元器件，洞察未来趋势

- 3.1 屏幕：Micro OLED为中短期主流方案，12寸成本优势明显
- 3.2 光学方案：Pancake由单透镜向贴合式三透镜演进
- 3.3 芯片：协处理器优势明显
- 3.4 传感器：新交互与新功能带来新增量
- 3.5 瞳距调节：手动分段调节向电动无极调节演进
- 3.6 散热：石墨烯性能优异，从手机进入头显

4 附录

产业链梳理

5 风险提示

1 Visionpro哪里不一样?

1.1 Vision Pro介绍

Apple Vision Pro 整机爆炸图

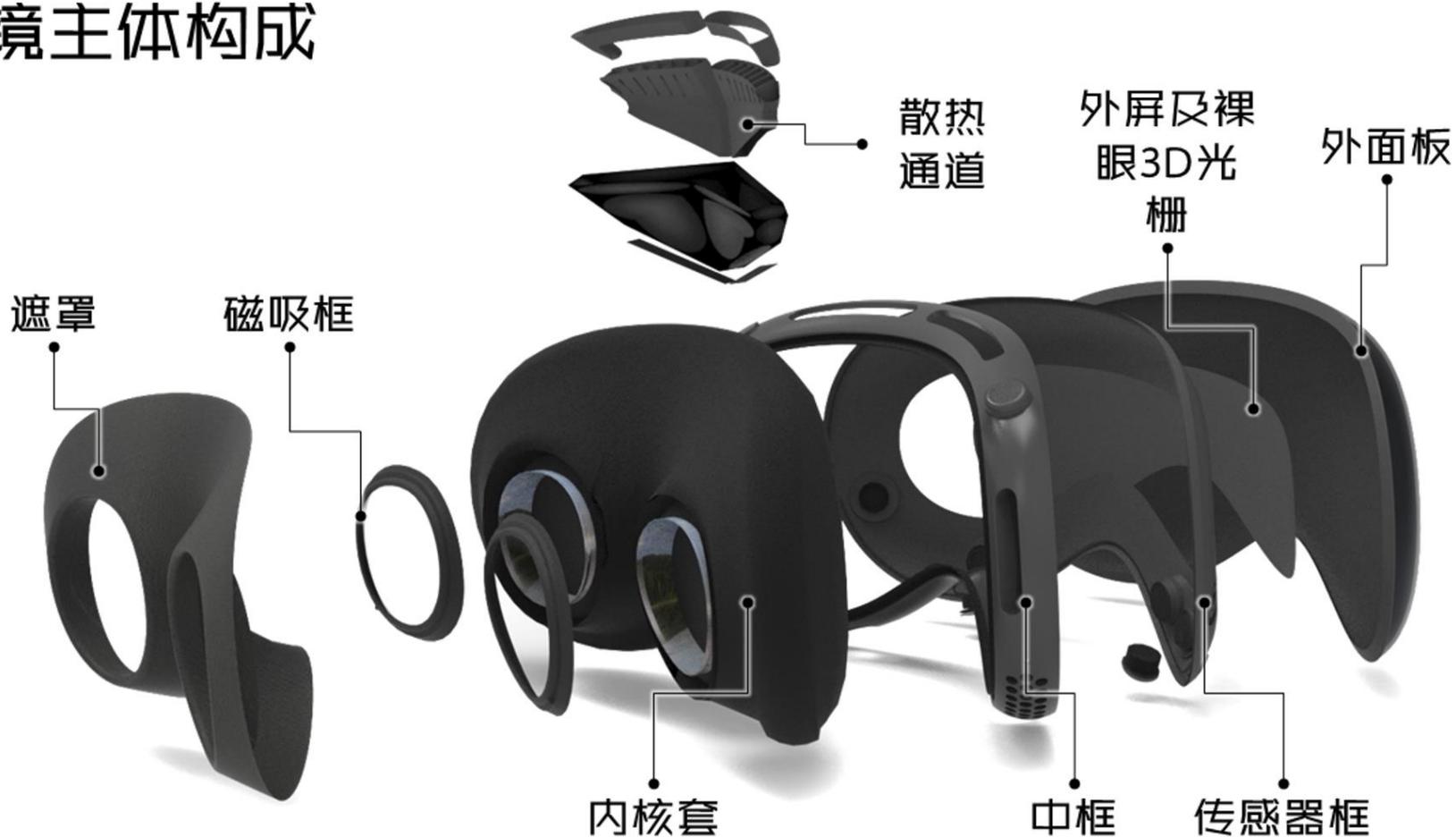


1.1 Vision Pro介绍

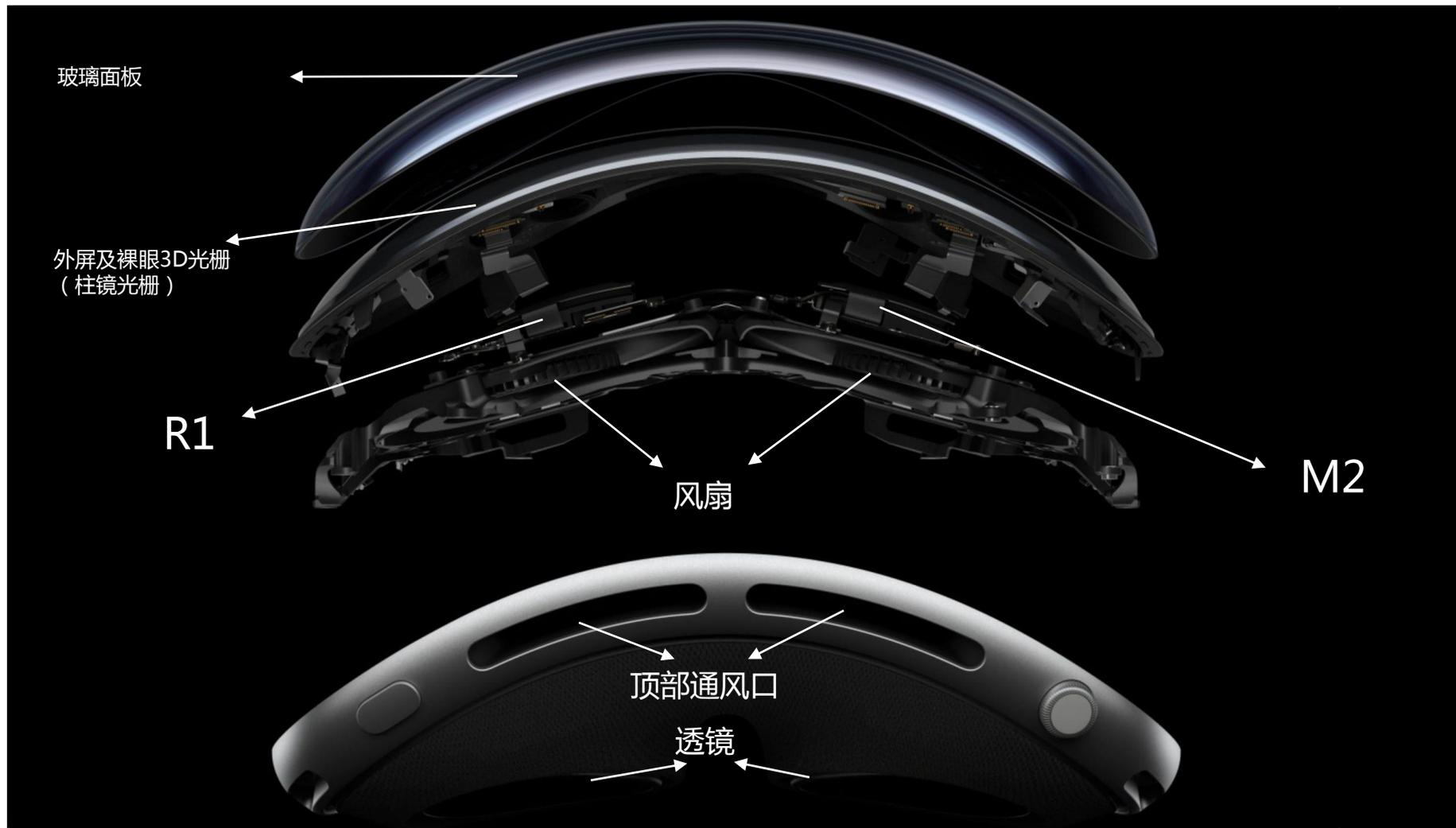


1.1 Vision Pro介绍

眼镜主体构成



1.1 Vision Pro介绍



1.1 Vision Pro介绍

- 硬件端亮点：M2+R1芯片；1.4英寸Micro OLED屏幕+ 3P Pancake光学方案；12摄像头+5传感器+6麦克风。堆料带来的是极大的用户体验升级。
- 设计端亮点：裸手+眼动+语音，趋于直觉的交互；Eyesight打破传统社交隔阂；旋钮调节+VST方案，防止现实信息丢失。
- 软件端亮点：我们认为开发者生态+苹果全家桶或是最大护城河。

市售旗舰级头显参数汇总

	苹果VisionPro	Meta Quest 3	Meta Quest Pro	Pico4 Pro	HTC ViveXR Elite
屏幕	2块1.42英寸定制Micro OLED内屏+1块OLED柔性外屏	LCD(2块)	LCD	LCD	OLED
刷新率	预计90Hz	90(120)Hz	90Hz	90Hz	90Hz
分辨率(单眼)	3648x3144	2064x2208	1800x1920	2160x2160	1920x1920
FOV	预计110°	110°	106°	104°	110°
芯片	Apple M2+Apple R1	高通骁龙XR2Gen2	高通骁龙XR2+	高通骁龙XR2	高通骁龙XR2
光学方案	3P Pancake	Pancake	Mini LED Pancake光学透镜	LCD Pancake光学透镜	LCD Pancake光学透镜
交互方式	眼动追踪+裸手交互+语音	裸手交互+手柄+语音	面部追踪+眼动追踪+手势控制手柄	面部追踪+眼动追踪+手柄	面部追踪+眼动追踪+手柄
摄像头数量	12颗摄像头	6颗摄像头	10颗摄像头	8颗摄像头	5颗摄像头
传感器数量	5个传感器	1个传感器	1个传感器	5个传感器	1个传感器
内容生态	工作、家居、游戏、观影	500多款游戏和应用	500多款游戏和应用		
重量	约450g	515g	722g	586g	625g
续航	外置电池 续航2小时	2.5小时续航	45W充电功率 2.5小时续航	20W充电功率 3小时续航	30W充电功率 2小时续航
价格	约¥25,000	约¥3,560	约¥7,098	¥3,799	约¥7,809

1.2.1 硬件端：M2+R1双芯片方案

- **M2芯片**是 Vision Pro 的主处理器，主要用于运行visionOS、执行计算机视觉算法等任务。基于ARM架构，采用台积电5nm工艺，包含200亿个晶体管，此前更多应用在13寸 MacBook Pro、13寸和15寸MacBook Air (M2 芯片机型) 当中。
- **R1芯片**与 Vision Pro 同时发布，是一颗协处理器，专注于实时传感器任务。它处理 12 个摄像头、5 个传感器和 6 个麦克风采集的数据，并在**12毫秒之内**将图像流式传输至显示屏，从而让我们在浏览真实世界的实时影像时，**几乎感受不到延迟**。
- **低延迟是影响头显体验的核心要素**：这将有助于减少消费者“眩晕”的可能性。如果人眼在戴着耳机四处走动时能检测到延迟，可能会开始感到眩晕和恶心，而Apple R1芯片就是防止这种情况的发生。

APPLE Vision Pro搭载双芯片方案



头显芯片参数对比

芯片型号	M2	骁龙XR2	骁龙XR1	AMD 6800U	Intel i7-1260P
核心频率	3.49GHz	1.8GHz	1.7GHz	2.9GHz	2.1GHz
CPU核心数量	8核	8核	8核	8核	12核
晶体管数量	200亿颗			131亿颗	210+亿颗
制程	第二代5nm	7nm	10nm	6nm	10nm

1.2.2 硬件端：Micro OLED+3P Pancake 光学方案

- 苹果Vision Pro的外屏为柔性AMOLED，内屏则是搭载了两块**1.42英寸Micro OLED显示屏**。
- 据苹果官方的数据，这组Micro OLED显示屏的像素密度约为**3400 PPI**，拥有**2300万+像素**，可提供**单目4K级分辨率**。相较于其他技术路径，Micro OLED显示屏具有自发光、能耗低和体积小等特性，可实现更高色域、分辨率及发光效率等优势，天然适配于近眼显示设备。
- 究其原因，Micro OLED采用单晶硅晶圆为背板，是在用造芯片的技术造屏幕。

Vision Pro拥有2300万像素



XR显示技术分类和特点

表现	LCD	OLED	Micro-LED	Mini-LED RGB	Mini-LED +LCD
亮度(cd/m ²)	500	1000	10 ⁷	3000	1000
发光效率	低	中	高	高	低
能耗	中	中	低	低	中
对比度	中(~1000:1)	(>10000:1)	非常高 (>10M:1)	非常高 (>10M:1)	高(>5000:1)
响应时间	ms	us	ns	ns	ms
工作温度/℃	0~60	-20~70	-50~120	-50~120	0~60
图像残留	低	高	无	无	低
寿命	中	低	高	高	中
透明性	低	中	高	低	低
折叠性	很差	好	好	中	很差
成本	低	中	高	高	低
适应尺寸	小中大	小中	无限制	大、超大	小中大
到达解析度	8K	4K	8K	8K	8K
到达PPI	≥300	≥300	≥1000	≥40	≥300

1.2.2 硬件端：Micro OLED+3P Pancake 光学方案

- 苹果Vision Pro的光学方案，选用的是目前逐渐成为主流的**Pancake折叠光路透镜**，不一样的点是，**Vision Pro采用了3P Pancake设计**。
- XR光学透镜发展路径基本可以视作单一路径的不断演化：**非球面透镜——菲涅尔透镜——Pancake折叠光路**。Pancake较之菲涅尔透镜，更加轻薄化，成像效果更好。相比于1P、2P Pancake，**3P Pancake可实现清晰度更高、畸变/鬼影更低、色差更小**。
- VR行业常用每1°视野中像素点（角分辨率，PPD）综合评判头戴设备的显示效果，达到人眼的效果需要到60。现在的设备普遍只有20左右，而Vision Pro做到了40。

光学方案对比

	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
常规FOV	90°-180°	90°-120°	70°-100°	80°-100°	150°-180°	60°-100°	80°-150°
常规TTL	40-50mm	40-50mm	15-20mm	40-45mm	20-30mm	5-10mm	1-2mm
成像质量	边缘成像好	容易产生伪影和畸变	边缘成像质量好但容易产生伪影	容易产生畸变	视场角超大但容易产生伪影和畸变	FOC和Eyebox	色差小
优点	成本便宜	较轻薄便宜	轻薄成像质量好	有利于眼动元器件布置	轻薄超大视场角	超薄可实时变焦	超薄光路可定制
量产价格	5-10元	15-20元	120-180元	50-100元	-	-	-
发展阶段	淡出市场	主流选择	即将大规模应用	小众市场	前沿研究	前沿探索	前沿探索
代表产品	VR盒子 PSVR等	MetaQuest2 Pico neo3等	华为VRGlass 苹果MR等	Lynx	暂无	暂无	暂无

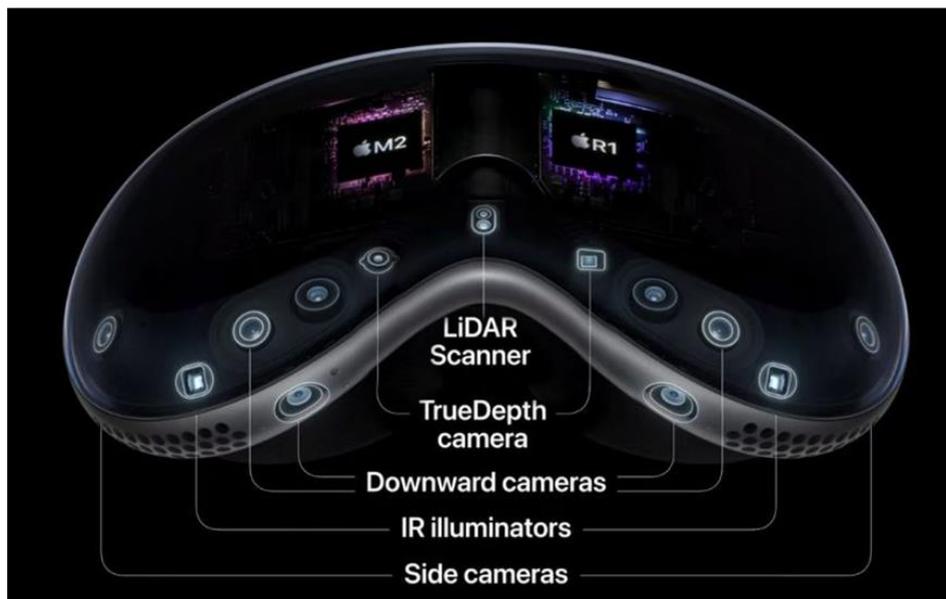
Vision Pro在虚拟环境中呈现的图像更清晰



1.2.3 硬件端：12摄像头+5传感器，多传感器为感知和交互提供基础

- 由于苹果Vision Pro选择采用手、眼、口结合的自然交互方式，以及对于VST透视功能的较强需求，Vision Pro在传感器上足足配置了12路摄像头和5路专用传感器。
- 传感器包括以下几类：RGB摄像头，红外摄像头，dToF激光雷达，结构光相机，以及鱼眼红外摄像头。

Apple Vision Pro部分传感器分布图



Vision Pro传感器统计

传感器	朝向	功能	数量
RGB摄像头	正前方	支持前向拍摄和VST	2
鱼眼红外摄像头	斜下方	6DOF追踪	2
鱼眼红外摄像头	左右两侧	6DOF追踪	2
红外摄像头	下方	支持躯干追踪和手势追踪	2
红外摄像头	内侧	眼球追踪、虹膜识别、眼部图像信息采集	4
dToF LiDAR	正前方	3D环境感知建模	1
TrueDepth Camera	正前方	支持FaceTime应用的面部扫描功能和前向区域的精细手势追踪	2
红外激光器	-	辅助红外摄像头和鱼眼红外摄像头对相应区域内活动单元的捕捉	2
总计			17

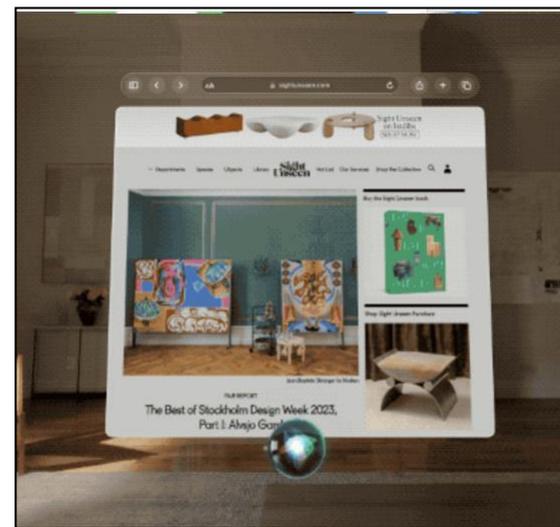
1.3.1 设计端：眼动+裸手+语音，趋于直观的交互方式

- Vision Pro，采取的是“手+眼+口”的自然交互模式，且这套交互模式是自成体系，相互可协同的。
- 手势交互：不仅限于**去手柄**，更是**脱离视觉范围**的交互。基于多方位摄像头，用户把手放在腿上，Vision Pro也能识别操作指令。手势操作被设计的简单自然，捏合手指就能选择，轻拂可以滚动，手眼的组合还能呈现出用意念控制一般的感觉。
- 眼动追踪：当眼睛注视到浏览器搜索框时，搜索框即进入听写输入状态，此时只需语音说出想要检索的内容，即可自动键入文本，进而进行搜索。
- **从深层次的交互逻辑来说，Vision Pro采取了趋于直观的交互方式**：传统的手柄操控模式下，“查找”、“选择”、“确认”等人机交互，只能单线程处理，即查找应用、选中图标、点击确认，是需要按流程一步步完成的。但就正常的人类交互逻辑来看，这些事情是可以多线程同步完成的。Vision Pro致力的人机交互逻辑，则是**通过三维的交互方式，实现一步到位**。

Quest3（左图）与Vision Pro（右图）手势识别对比



眼动+Siri语音控制



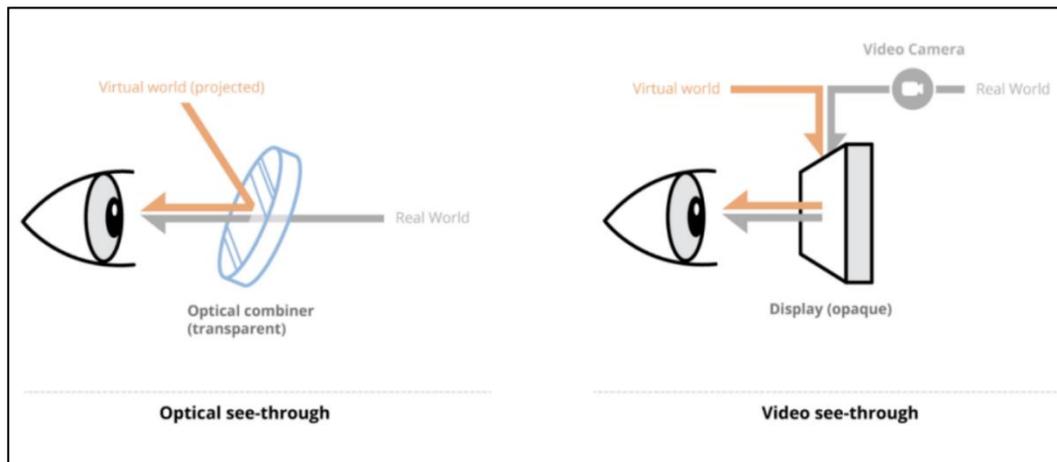
1.3.2 设计端：旋钮调节+VST方案，防止现实信息丢失

- Vision Pro可以通过**转动数码旋钮，调节沉浸程度**。就连UI界面也特地采用磨砂玻璃质感的底色，就是为了削弱虚拟内容与现实交融的“突兀感”，透过磨砂玻璃般的界面看现实环境，能给用户一种既有**认知顺延**的感觉。
- MR头显其实就是在VR头显的基础上增加视频穿透（VST）技术实现虚实交互，这是MR与AR的核心区别，通过摄像头将外部环境的光学信息转化为数字信息，并与虚拟世界的数字信息融合，实现虚实数字结合，产生一个全新的视觉信息给到人眼中。

Vision Pro宣传画面，同时把握虚拟与现实信息



OST与VST方案示意图



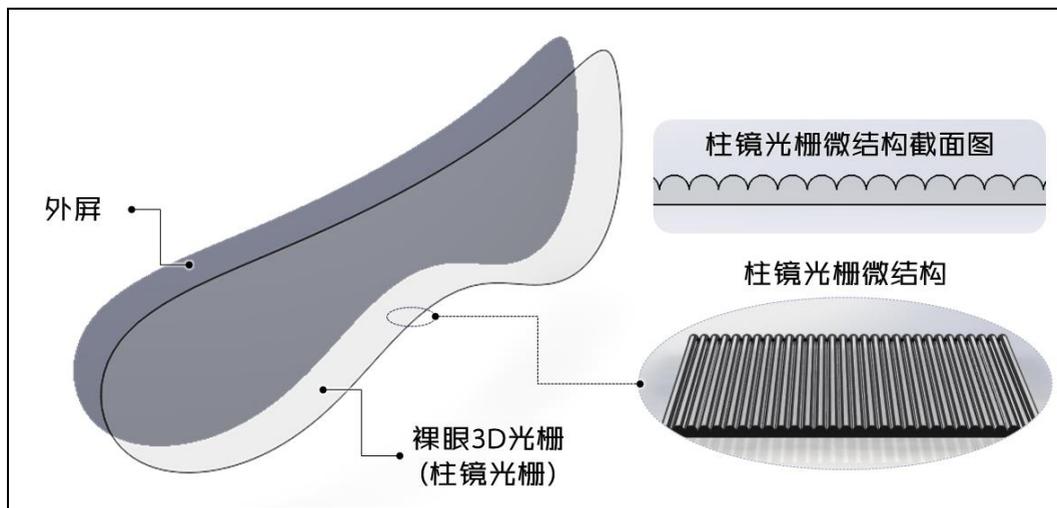
1.3.3 设计端：Eyesight功能，打破传统社交隔阂

- Eyesight 的设计则是为了打破传统VR设备的社交隔离问题。不仅戴上眼镜的用户能看到环境，环境中的人/物也应该能看到戴上眼镜的用户。
- Eyesight功能的实现主要运用了柱镜光栅的技术，眼镜的外屏显示系统生成的眼神图像。为支持裸眼3D，该图像实际上包含了多个不同角度的眼神图像。

Eyesight功能会将佩戴者眼睛显现出来



Vision柱镜光栅（裸眼3D）



1.4.1 应用端：我们预计开发者生态+苹果全家桶或是最大护城河

- 移植苹果生态：Vision Pro搭载的VisionOS建基于MacOS、iOS和iPadOS之上，这一点为Vision Pro可以正常使用苹果生态内的App提供了天然优势。Vision Pro的开发团队也一直在致力于使App Store中“数以百万计”的应用程序能够兼容VisionOS。值得一提的是，前些日子的微信iOS版本更新中，也明确表示可visionOS 1.0系统。
- 开发者生态：目前，全球共有8个Vision Pro开发者实验室投入使用，所在地包括：上海、库比蒂诺、伦敦、慕尼黑、新加坡、东京、纽约和悉尼。
- ARKit：7年时间已为苹果储备**超过14000款AR应用**。我们认为背后培养的大量AR开发者，以及所完成的用户教育，将成为苹果MR眼镜内容生态的巨大财富。

微信iOS版本Build信息界面

Build 信息	
发布日期	2023年10月7日
版本	8.0.43 (8.0.43.16)
大小	685.9 MB
过期时间	2024年1月5日 17:58
兼容性	要求 iOS 13.0 或更高版本和 visionOS 1.0 或更高版本。与 iPhone、iPod touch、iPad 和 Apple Vision Pro 兼容。 <u>需要 macOS 和配备 Apple 芯片的 Mac。</u>
Apple Watch	是
iMessage 信息	否
开发者	WeChat

“Apple Vision Pro Developer Labs” 官网截图



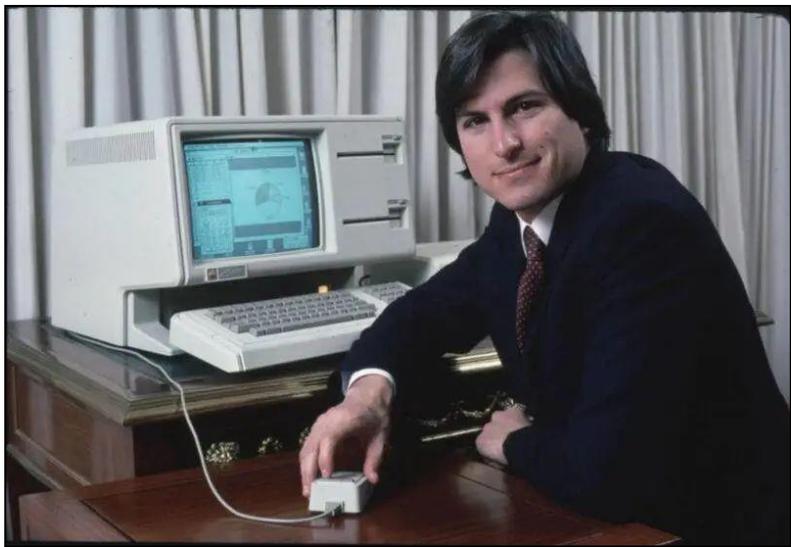
2

空间计算：历史新起点

2.1.1 空间计算：人机交互由2D升维到3D

- 类比Mac将用户带入到个人计算时代，Iphone将用户带入移动计算时代，我们预计Apple Vision Pro有望带领用户进入**空间计算时代**。
- 空间计算(spatial computing)技术可以参照现实的物理世界构建一个数字孪生世界，将现实的物理世界与数字的虚拟世界连接在一起。使我们能够进入并且操控 3D 空间，并用更多的信息和经验来增强现实世界。通俗点说，就是**人机交互由2D升维到3D**，现实+虚拟+人三者进行交互，**本质上是拓展信息输入和输出的边界**。
- 我们认为，空间计算的基础是强感知+强交互+强计算+强显示。

Mac 的图形界面让人机交互不局限代码输入，大大降低使用门槛，拓宽了使用场景



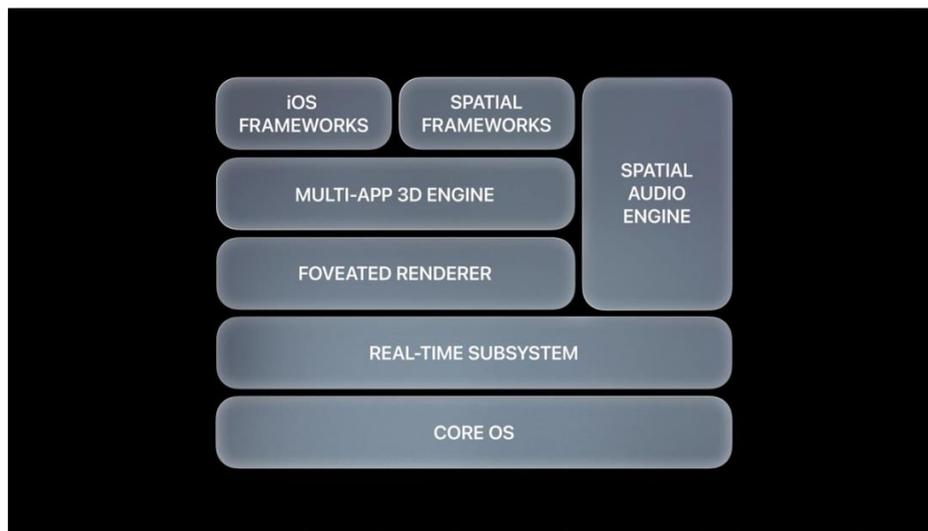
iPhone 的多点触控，让交互更加自然、直观和高效，让智能手机成为新一代计算中心



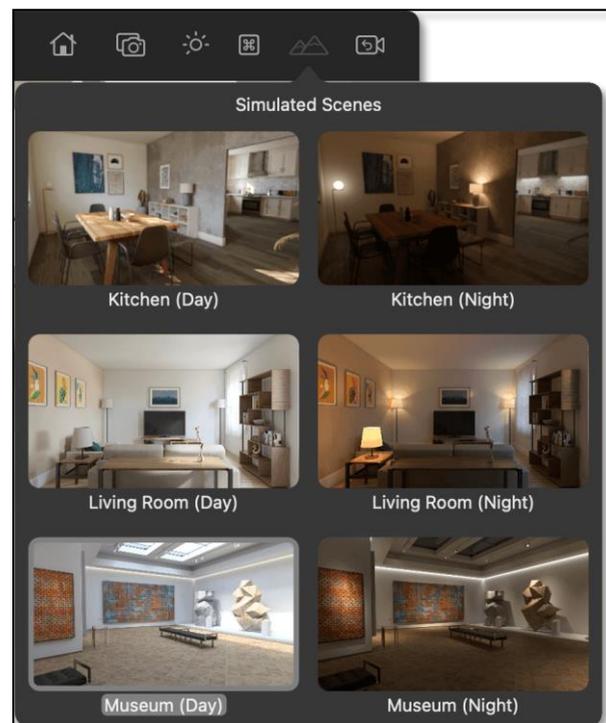
2.1.1 空间计算：Vision OS，专为空间计算打造的操作系统

- Vision OS，基于macOS、iOS和iPad OS的基础构建。
- 新增了空间计算支持：**实时执行引擎**-可担当高性能需求任务；**多应用3D引擎**-让不同的应用同时在一个3D空间中运行；**动态注视点渲染管线**-确保每一帧眼镜注视的地方都有最优的图像质量；给现有应用支持空间体验做拓展。
- 定位：彻底为空间计算打造的操作系统。

Vision OS专为空间计算打造的操作系统



Vision OS 模拟器提供多种场景供开发者测试



2.2 可能涌现Killer App的赛道

- **空间视频/相机**：尽管还未发售，但一众开发者、媒体人在体验过Vision Pro之后，大部分人都约而同提到了一个概念：Vision Pro的空间视频，更像是回忆而不是视频。简单来说，Vision Pro并不像传统VR头显那样过分强调虚拟现实的沉浸感，空间视频是以真实空间为核心，以“真”乱真。
- **iPhone15 pro+三方软件，将为空间视频带来平民时代**。以往 3D 拍摄需要专业的设备和技术，只有影视制作公司或专业机构、摄影师才能完成，而且成本高昂，播放方式也受限。这导致了 3D 视频内容的供给相对稀缺，主要以 PGC（专业生产内容）为主，而 UGC（用户生产内容）近乎没有，很少流通。iPhone 15 Pro 空间视频拍摄功能的出现，打破了这种局面，让 3D 拍摄的门槛降低到了手机，让普通用户也可以轻松拍摄出具有立体感和逼真感的视频，从而有利于促进 UGC 的发展，不仅可以丰富视频内容的多样性，也可以激发用户的创造力和参与度。

WWDC上展示的3D视频

3D video

A track or stream of frames

“3D video” = “stereoscopic video”

A left eye and right eye image
for every frame



Left eye image



Right eye image

iPhone拍摄空间视频



2.2 可能涌现Killer App的赛道

- **自然交互**：苹果想要通过Vision Pro实现的，是基于其自然交互逻辑，重塑XR头显的交互逻辑。这一点上，苹果有过很成功的先例，在物理按键/功能机的时代，成功依靠触摸屏/智能机闯出了一条通天大道。
- 《水果忍者》、《愤怒的小鸟》、《神庙逃亡》，这些耳熟能详的手机游戏，也正是乘着触摸屏新奇交互模式的东风大火的。当然，这些游戏能够获得那些成绩，肯定不止这一个方面的推动，但不可否认，智能触屏的交互方式，是其中的一大重要因素。
- 现如今，苹果再度推出了一套迥异于市场主流产品的自然交互逻辑。那么，能够适配Vision Pro这套交互体系的原生应用，或者说，能够最大限度呈现这种交互方式魅力的应用，未尝不可能成为下一个《水果忍者》。

《水果忍者》游戏画面



2.2 可能涌现Killer App的赛道

- **视频流**：基于Vision Pro强悍的视听效果，以视频流为核心的应用同样有很大潜力成为爆款。上个月，苹果在tvOS 17.2新版本的Apple TV Store中，上架了一系列兼容3D播放模式的电影作品；将现有2D作品进行三维化呈现，随身IMAX影音巨幕。
- Apple TV+的赛事直播，在Vision Pro的加持下，临场感将跃升一个台阶。Apple TV与NBA、美职联等均签订有直播合同，提供体育赛事的沉浸式观赛体验。
- WWDC发布会当天，迪士尼宣布与苹果公司就新款 Vision Pro 混合现实头显达成合作。迪士尼的流媒体服务 Disney + 将随同 Vision Pro 推出。

《夺宝奇兵》 / Apple TV Store



迪士尼与Vision Pro合作



2.2 可能涌现Killer App的赛道

- **基于空间计算的电商服务**：空间计算并不仅仅是简单引入立体感，而是能够实现真实空间与虚拟内容无缝融合的全新交互。
- 基于此，无论家居、服饰、美妆还是其他，“真人实景”的电商服务，能够提供的体验，都会是远超当前的。
- Snap平台的AR滤镜、宜家的AR购物等，都可以看做这种新型电商服务的初级模式，因为Vision Pro所能提供的体验，不是现有设备可以比拟的。

虚拟场景选购家居



虚拟试装

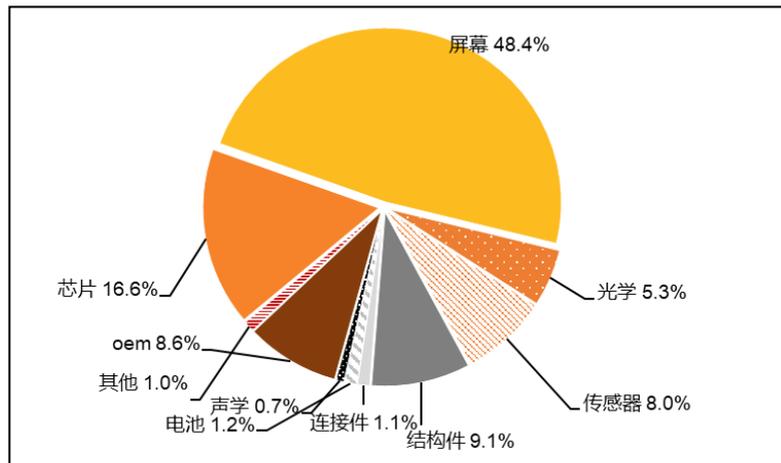


3 穿透关键零部件，洞察未来趋势

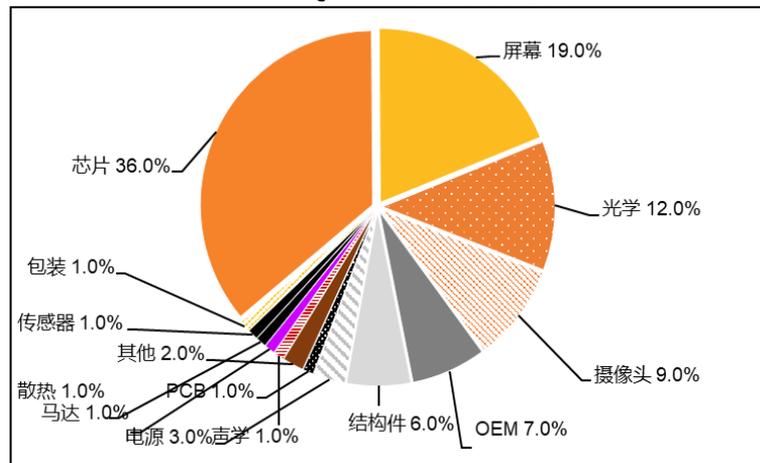
3. 穿透关键零部件，洞察未来趋势

- 对比Meta Quest3/Pro和Pico 4，可以看出Apple Vision Pro综合成本构成中主要差异的部件在于**屏幕**和**芯片**。芯片绝对成本并不比其他旗舰头显低，但自研仍有一定优势，同时Vision Pro加大了对显示硬件的投入。

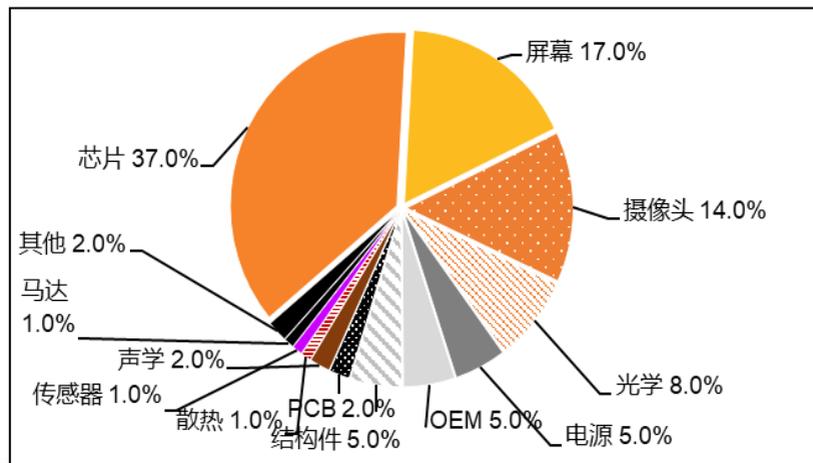
Vision Pro 综合成本构成



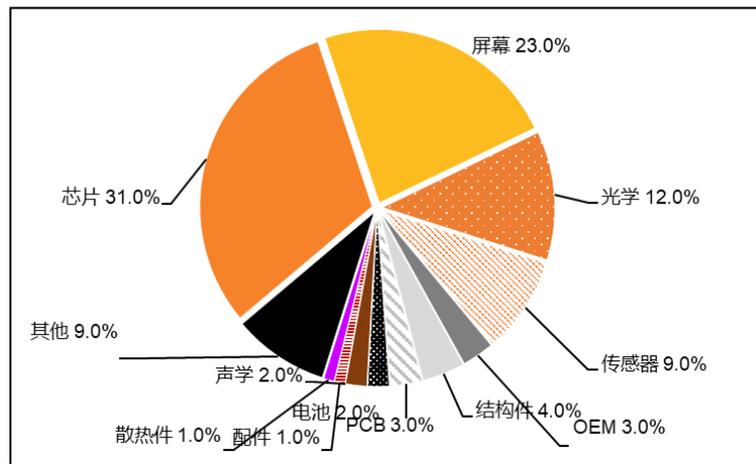
Meta Quest3 综合成本构成



Meta Quest Pro 综合成本构成



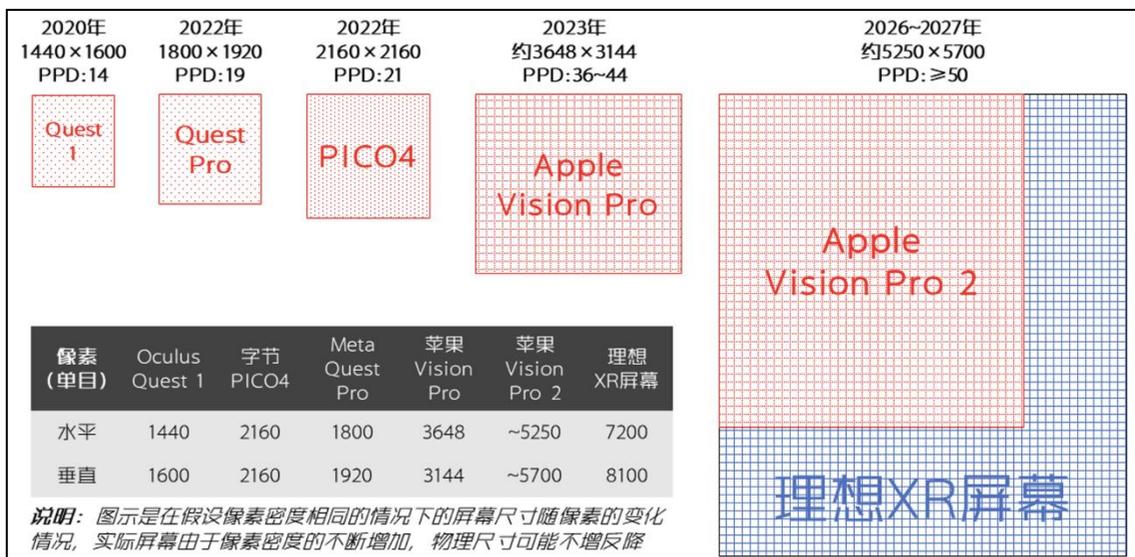
Pico 4 综合成本构成



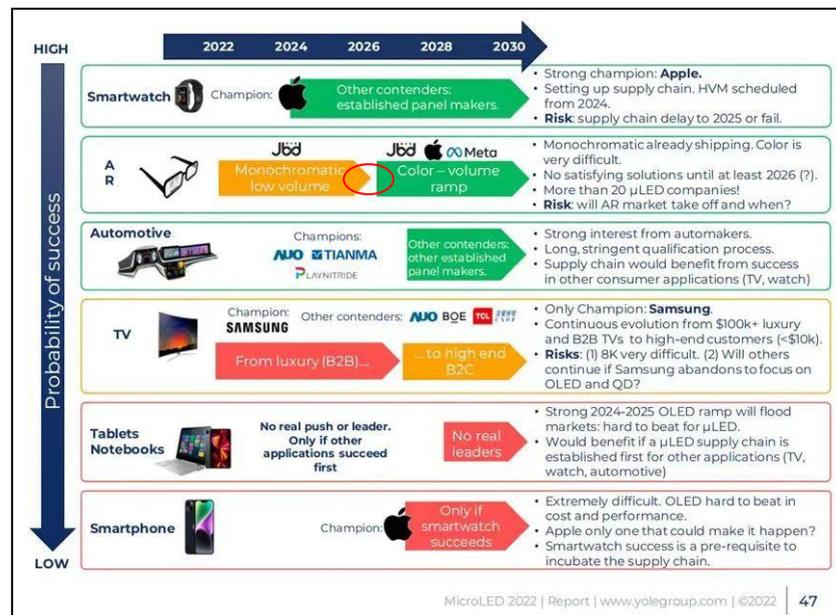
3.1 屏幕：Micro OLED为中短期主流方案，12寸成本优势明显

- Vision Pro的屏幕像素显著升级，但距离理想的XR屏幕仍有较大差距。以单目像素趋近8K，PPD接近人眼标准60的水平来看，当前方案仍有2-3年距离
- 对于VR头显来说，Micro OLED更高的PPD、高亮度、高分辨率、高填充系数、更高的效率和更长的寿命能力更能满足屏幕的需求。
- YOLE预测，在VR/AR显示技术上，2026年之前很难有相对成熟的Micro LED商业方案落地。

XR屏幕升级主线



YOLE预测2026年之前Micro LED难以落地



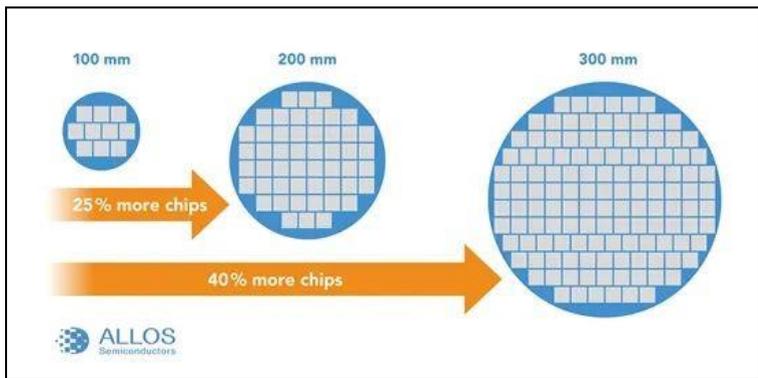
3.1 屏幕：Micro OLED为中短期主流方案，12寸成本优势明显

- **12英寸产线成本优势明显**：一方面，晶圆尺寸越大，在单片硅片上制造的屏幕数量越多，单位屏幕的成本随之降低。另一方面，晶圆尺寸越大，在圆形硅片上制造矩形屏幕造成的边缘无法被利用的损失会越小，有利于进一步降低屏幕的成本。
- 基于现实来看，12英寸晶圆切割效率比8英寸晶圆高2到3倍，在成本方面具有更大的竞争优势，所以12英寸的硅基OLED生产线将逐渐成为主流。

Micro OLED国内厂商产能

企业	应用领域	产线		
		尺寸	产线进展	产能情况
奥雷德	军事应用、医疗器械、工业控制	8英寸	2010年量产计划募资新建一条产线	现产能6.5万片显示器(2500片晶圆) 新产线设计产能60万片显示器/年
京东方(云南创视界)	消费电子	8英寸	2019年8月投产	投资11.5亿元
		12英寸	2019年12月开建，分三期建设，建设中	一期已投产，设计总产能为1万片晶圆/月
合肥视涯	消费电子	12英寸	一期2019年11月投产	现产能0.9万片晶圆/月，对应约为2000万片显示器
清越科技	消费电子	8英寸	2020年4月开建	2022年开始量产，计划产能6万片/年
熙泰智能	消费电子	8英寸	芜湖产线2019年6月开建，建设中	一期年产芯片20万颗
		12英寸	计划在湖州新建产线	总投资120亿元，设计产能25万片晶圆年
湖畔光电	消费电子	≤8英寸	2017年建设，2018年10月投产	设计月产能1万8片
		12英寸	23年5月开建	设计年产能20万微显示芯片
国兆光电(中电科55所)	军事应用，初步进入民用	≤8英寸	2019年1月成立后，扩建产线	总投资30亿元，一期投资30亿
芯视佳	消费电子		2023年6月硅基OLED工厂动工	设计年产晶圆1.5万片
宏禧科技	消费电子	12英寸	成立于2019年，从事硅基Micro OLED 微型显示器器件和模组研发、设计以及制造	一期投资15亿，计划2025年量产
				2023年9月 0.7英寸全高清硅基MicroOLED微型显示器进入量产阶段进入量产阶段

12英寸(300mm)成本优势明显

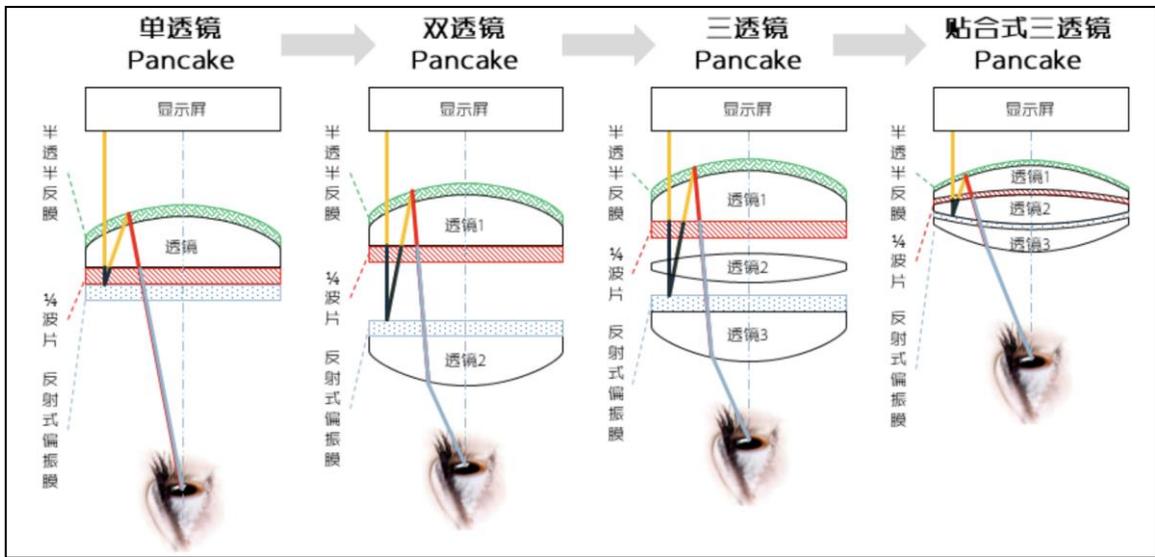


3.2 光学方案：Pancake由单透镜向贴合式三透镜演进

- Pancake光学方案是一种折叠光路方案。基于Pancake光学方案的VR眼镜，显示屏发出的光束进入半反半透功能的镜片BS(分束镜/半反半透膜)之后，光线在镜片、四分之一波片以及反射式偏振膜之间多次折返，最终从反射式偏振膜射出进入人眼。
- 相比传统的三片式Pancake光学方案，**AVP的贴合三片式Pancake光学方案的间距更小**。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。

3P Pancake方案示意图

Pancake建模仿真对比



3.2 光学方案：Pancake由单透镜向贴合式三透镜演进

- Pancake光学的**关键工艺是贴膜**，反射偏振膜和1/4相位延时片的质量、以及贴膜的工艺是成像质量的关键因素。目前，**高质量的达标的反射式片正膜和1/4相位延时片以海外为主**，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。
- 当前拥有Pancake专利或者模组厂商分几种类型，包括原光学厂商、屏幕厂商、整机厂商以及ODM/OEM厂商等。光学厂商，早期在光学设计、加工有长期的经验积累和优秀的研发设计团队，例如舜宇光学、欧菲光、多噪、惠牛、耐德佳、水晶光电、双莹光电、多普光电、鸿蚁光电等。屏幕厂商，这类厂商生产微型高分辨率的屏幕，例如美国硅基OLED厂商kopin，中国硅基OLED厂商视涯，TCL华星光电等，都有拥有Pancake的相关专利或模组。

部分Pancake光学模组参数

模组厂商	歌尔股份	欧菲光	视涯技术	耐德佳	惠牛	鸿蚁光电	多普光电
							
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	< 23克	< 30g
光学畸变		-24.1%	-25.3%			-14.5%	
代表产品	华为VR Glass		arpara 5K		创维 S6		

Pancake核心方案厂商

光学厂商

欧菲光 (002456.SZ)
舜宇光学(02382.HK)
多噪 (未上市)
水晶光电 (002273.SZ)
双莹光电 (未上市)

惠牛 (未上市)
耐德佳 (未上市)
多普光电 (未上市)

屏幕厂商

kopin (KOPN.O)
视崖科技 (未上市)
TCL (1070.HK)

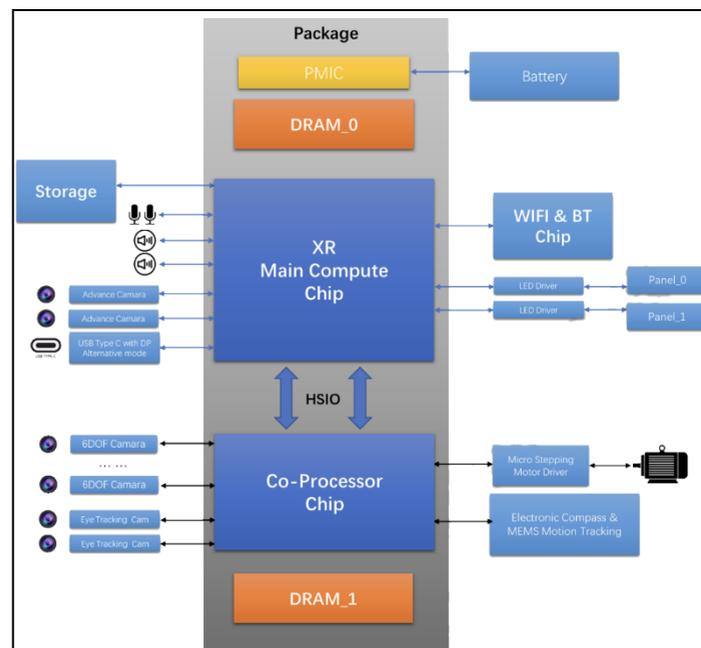
3.3 芯片：协处理器优势明显

- 从交互算法到数据传输再到显示渲染，协处理器将会显著改善VR/AR设备的延迟与功耗。
- 延迟这一参数主要取决于3个因素，一是交互算法，其中头部空间定位主要取决于SLAM技术；二是数据传输；三是显示渲染。
- 在有协处理器的情况下，SLAM视觉链路延迟会降低至13-14毫秒，这带来最大的好处是IMU积分的时间大幅缩短，对于诸如加速度器这样需要二次积分的传感器来说，不仅能提升传输精度，还能有效降低抖动。

有无协处理器的SLAM视觉链路延迟时间（毫秒）

视觉延迟	曝光时间	Readout	特征提取、匹配相关	基于滑窗的非线性优化或者滤波器方式解算6Dof的空间定位	合计延迟
传统XR一体机	约3	约7	约15	约10	约35
分体机					80（新增中间传输时间）
加入协处理器	约3	约7	无需缓存图像，过程隐藏在Readout时间内	约3	约13

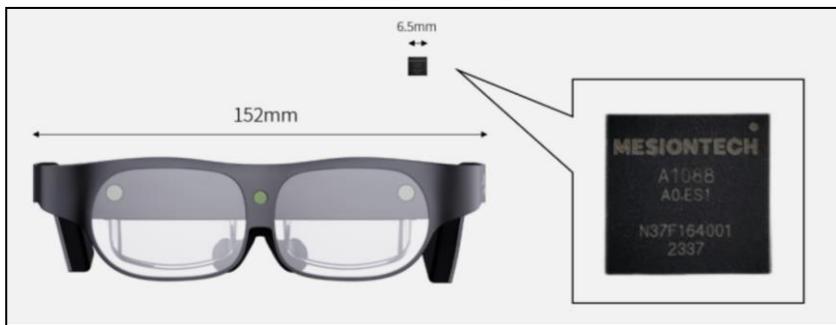
XR主芯片+协芯片原型平台



3.3 芯片：协处理器优势明显

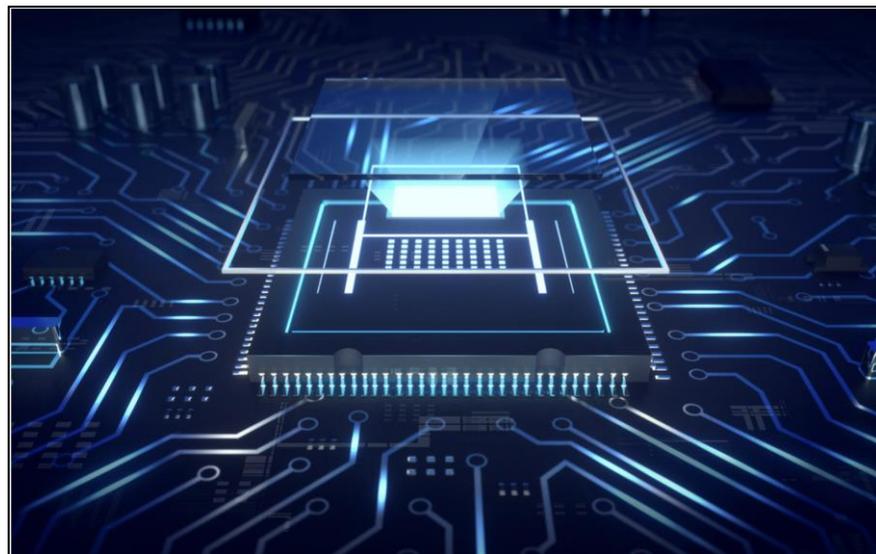
- 苹果R1芯片本质上是一个数字信号处理器（DSP），据外媒称，R1采用了集成更多晶体管的5nm芯片工艺，从而提高芯片的性能和效率，并且集成了1GB DRAM以支持高速处理。
- 目前，XR芯片厂商主要分两大类：一类是产品未出，芯片先行的品牌厂商们，另一类则是瞄准XR增量市场的三方芯片厂商的卷入。国外的高通、三星，国内的耀宇视芯、万有引力等都在积极推进产品落地。
- 23年10月，耀宇视芯推出自主研发的协处理芯片“启明”，是国内首款空间定位协处理芯片。在双目100fps+1000Hz IMU条件下，功耗维持在193mw左右；在VR典型场景下，四目30fps条件下功耗维持在200mw以内。

耀宇视芯A1088芯片



定位模式	摄像头帧率	IMU 频率	芯片功耗
双目 vSLAM	30 fps	1000 Hz	170 mW
单目 vSLAM	30 fps	1000 Hz	130 mW
单目 vSLAM	15 fps	1000 Hz	100 mW

万有引力GravityXR™ 仿生视觉芯片



3.4 传感器：新交互与新功能带来新增量

- 苹果的手眼交互模式对传感器数量有较高的要求。如前文所说，Vision Pro的手势互动不必要在头显正前方，这意味着传感器的必然增加，比如向下的两个红外摄像头，比如**结构光相机**用来支持前向区域的精细手势追踪。
- AVP的VST功能也对传感器提出了新要求。通过前向**高像素VST摄像头**代替人眼对外部真实环境进行拍摄，再通过VST技术将拍摄的画面显示在左右眼两个显示区域。为了实现VST和虚拟界面的最佳融合，虚拟阴影的最佳投射效果，**需要由LiDAR提供外部真实环境的深度信息**来实现最佳比例的透视关系。
- 不仅仅是终端头显设备，**上游的内容生产设备对3D影像硬件的需求也会随之增加**。比如苹果公司早早的就在iPhone中加入**dToF LiDAR**和**结构光相机**，用以支持手机端生产3D内容。

苹果公司iPhone影像系统的ISP架构



苹果和索尼合作的dToF LiDAR模组形态



3.4 传感器：新交互与新功能带来新增量

- 国内厂商主要在镜头、滤光片和模组环节具备优势。国产供应链方面，方案商有华为、奥比中光、聚芯微电子、炬佑智能等；模组厂商有欧菲光、舜宇光学、丘钛科技等；镜头供应商主要为大立光、水晶光电和舜宇光学等。

主流VR头显传感器供应商情况

	Apple Vision Pro	Meta Quset3	Pico 4
VST摄像头	2颗VST高像素摄像头，Lens由 大立光 提供，模组 高伟电子	Quest 3的RGB VST摄像头采用了 索尼 的IMX471 CMOS，1600万像素(4608x3456)，像素宽度1微米。摄像头封装厂商为 舜宇智能 。在Quest 3中主要用于透视功能中的图像采集	Pico 4 上线了RGB单目VST功能，摄像头使用了一颗1600万像素的 索尼 MX471 传感器，像素宽度 1微米，传感器尺寸 1/3.09英寸，FOV 130°，摄像头主要来自于 丘钛 和 舜宇
追踪摄像头	鱼眼红外摄像头， 索尼IMX418 ，Lens由 大立光 提供，模组 高伟电子	Quest 3的头部追踪定位采用了4颗IR摄像头做追踪定位，其采用了 豪威 OV7251-1F图像传感器，30万像素，640x480VGA分辨率，待机电流消耗仅为5mA。位于机身前面两颗还与中间的VCSEL组合成双目结构光，主要用于手势识别	头显4个边角各放置了一颗VGA摄像头，摄像头模组供应厂商为 舜宇光学 ，摄像头采用 豪威 OVM7251传感器，120fos、640x480 VGA分辨率相机模块
深度传感器	Lens： 大立光 /模组： 富士康	Quest 3采用了 欧司朗 旗下Vixar的(垂直腔面发射激光器) VCSEL，由 舜宇 封装，与左右两颗IR摄像头，搭配TS5231 定位芯片，构成整套双目结构光方案，主要用于手势识别	环境光距离三合一传感器，Sensor 置于镜片中间位置，仅使用了距离感应的功能，用于检查设备是否佩戴从而控制屏幕自动亮灭。环境光感应功能未使用
LiDAR	索尼 dToF LiDAR，收光端SPAD面阵芯片方案为IMX 590，是苹果公司与索尼的定制款芯片。发射端VCSEL芯片，由 Lumentum 和 WIN Semi 提供。发射端镜片由 水晶光 提供，模组 LG	-	-

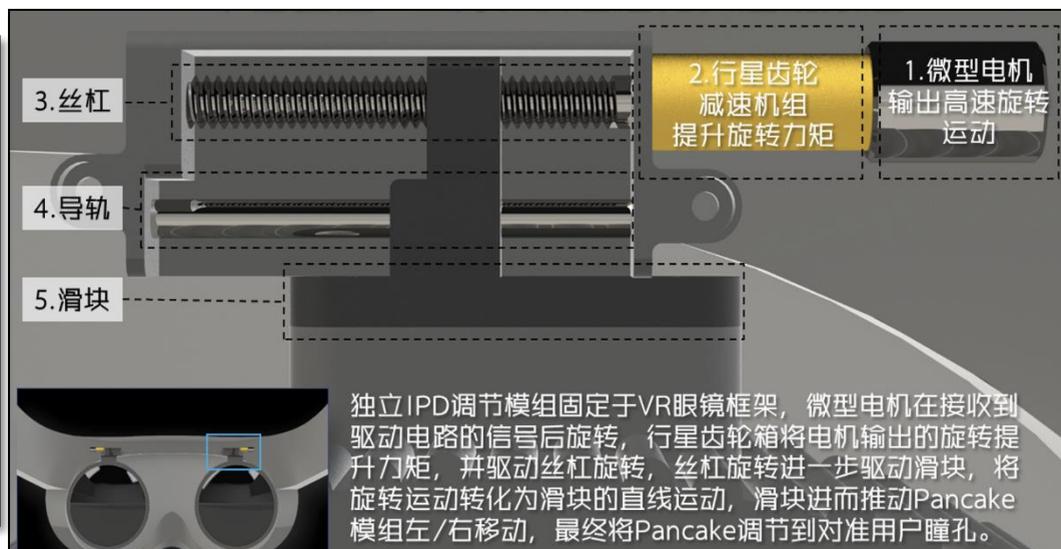
3.5 瞳距调节：手动分段调节向电动无极调节演进

- 瞳距调节是解决晕眩感和视野模糊问题的关键技术。
- 头显终端是双目独立成像，良好3D效果的呈现需要通过调整镜片之间的距离来匹配佩戴者的瞳距大小，保持光学中心的一致。
- 独立IPD调节模组固定于VR眼镜框架，微型电机在接收到驱动电路的信号后旋转，行星齿轮箱将电机输出的旋转提升力矩，并驱动丝杠旋转，丝杠旋转进一步驱动滑块，将旋转运动转化为滑块的直线运动，滑块进而推动Pancake模组左/右移动，最终将Pancake调节到对准用户瞳孔。

苹果IPD调节模组实物图



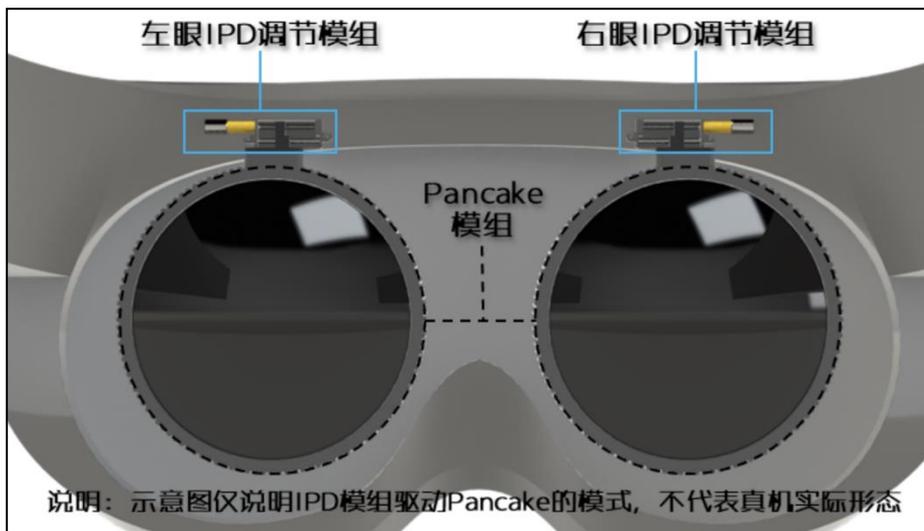
单目独立IPD调节模组结构



3.5 瞳距调节：手动分段调节向电动无极调节演进

- 在XR产品中，IPD调节主要通过调整双目光学模组间距来实现对人员瞳距的适配，目前以Quest2为代表的产品均采用手动机械调节的方式，而2022年9月发布的PICO4将电动调节引入主流产品，使得IPD调节过程更加便捷准确。
- 其技术发展方向是手动到自动、分段到无极，实现用户无感操作，达到透镜距离准确匹配瞳距。

单目调节模组示意图



主流型号头显调节方案

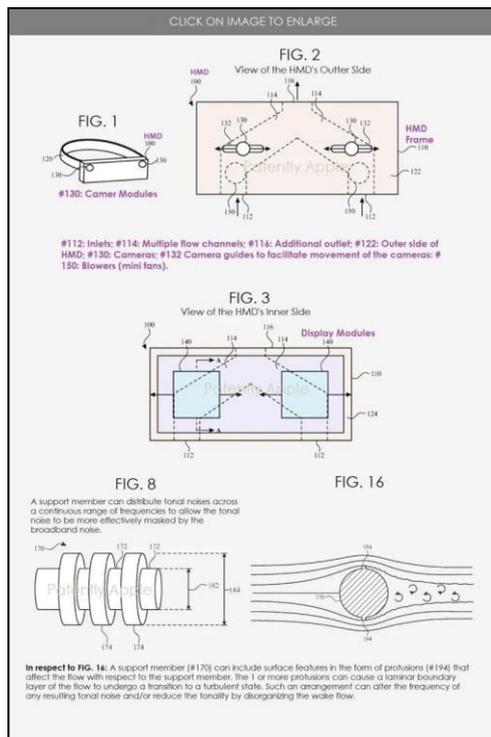


品牌	型号	价格(¥)	手动/自动	电机驱动	分段/无极	是否双目独立调节	时间
苹果	Vision Pro	2.5万	自动调节	Yes	无极调节	双目独立调节	2023年6月
PICO	4 Pro	~3.8千					2022年9月
PICO	4	~2.7千	手动调节	No	3档可调	-	2022年9月
Meta	Quest Pro	~8千					2022年10月
PICO	Neo 3	~2千					2021年5月
Meta	Quest 2	~3.6千					2020年9月

3.6 散热：石墨烯性能优异，从手机进入头显

- 散热性能是影响头显体验的核心要素之一。越是计算性能强悍的芯片，其发热问题就越需要引起重视，M2芯片带来强力算力的同时，Vision Pro的散热也越发需要引起重视。
- 苹果专门设计了一套能够有效降噪的散热管理系统，设备内部分设支撑件，可以通过流道将部件中的热量向外引出，并且在降温过程中产生的声调噪音将被支撑件自身频率中抵消或是掩盖。
- 自2018年首次被华为应用于Mate20X手机后，石墨烯散热膜逐渐被包括荣耀、努比亚、小米、OnePlus、OPPO、ROG、联想等众多手机厂商接受并使用，特别是在旗舰机和游戏机上，也拓展应用到平板电脑等电子产品，已经成为主流热管理方案之一。

苹果散热管理系统示意图



Quest3 使用石墨烯散热膜



4 附录

硬件

光学与显示模块

显示屏

视崖科技 (未上市)	索尼 (SONY.N)
京东方A (000725.SZ)	夏普 (6753.T)
熙泰科技 (未上市)	三星 (005930.KS)
LG (066570.KS)	宏禧科技 (未上市)
芯视元 (未上市)	清越科技 (688496.SH)
爱普生 (6721.T)	华星光电 (未上市)

光学

歌尔股份 (002241.SZ)	3M (MMM.N)
舜宇光学 (02382.HK)	玉晶光 (3406.TW)
扬明光学 (3504.TW)	大立光 (3008.TW)
水晶光电 (002273.SZ)	惠牛科技 (未上市)
联创光电 (600363.SH)	欧菲光 (002456.SZ)

芯片

芯片

苹果 (AAPL.O)	三星 (005930.KS)
高通 (QCOM.US)	全志科技 (300458.SZ)
英特尔 (INTC.O)	瑞芯微 (603893.SH)
恒玄科技 (688608.SH)	芯视元 (未上市)
安谋科技 (未上市)	万有引力 (未上市)
晶晨股份 (688099.SH)	南京耀宇 (未上市)

声学

声学

歌尔股份 (002241.SZ)	瑞声科技 (02018.HK)
立讯精密 (002475.SZ)	时代拓灵 (未上市)
国光电器 (002045.SZ)	塞宾科技 (未上市)

传感

摄像头

舜宇光学 (2382.HK)	韦尔股份 (603501.SH)
瑞声科技 (2018.HK)	思特威 (688213.SH)
联创电子 (002036.SZ)	丘钛科技 (1478.HK)
欧菲光 (002456.SZ)	大立光 (3008.TW)
高伟电子 (1415.HK)	

传感器

中颖电子 (300327.SZ)	三星 (005930.KS)
韦尔股份 (603501.SH)	联创电子 (002036.SZ)
索尼 (SONY.N)	舜宇光学 (2382.HK)
海康威视 (002415.SZ)	美新半导体 (未上市)
大立光 (3008.TW)	奥比中光 (688322.SH)
TDK (6726.T)	LG (066570.KS)

其他硬件

PCB

鹏鼎控股 (002938.SZ)	景旺电子 (603228.SH)
东山精密 (002384.SZ)	

电池

德赛电池 (000049.SZ)	紫建电子 (301121.SZ)
欣旺达 (300207.SZ)	

结构件

歌尔股份 (002241.SZ)	蓝思科技 (300433.SZ)
长盈精密 (300115.SZ)	比亚迪电子 (0285.HK)
富士康 (601138.SH)	领益智造 (002600.SZ)

功能件

领益智造 (002600.SZ)	安洁科技 (002635.SZ)
信维通信 (300136.SZ)	长盈精密 (300115.SZ)

交互

脑机交互

优脑银河 (未上市)	念通智能 (未上市)
云端智能 (未上市)	脑虎科技 (未上市)
臻泰智能 (未上市)	强脑科技 (未上市)

空间定位

虚拟地点 (未上市)	凌云光 (688400.SH)
奇景光电 (未上市)	远行时空 (未上市)
闪耀现实 (未上市)	悉见科技 (未上市)

手势交互

幻境科技 (未上市)	玩出梦想 (未上市)
Ultraleap (未上市)	极鱼科技 (未上市)
闪耀现实 (未上市)	易现 (未上市)

眼动追踪

TOBII (TOBII.SS)	华弘智谷 (未上市)
七鑫易维 (未上市)	纬目VISM (未上市)
阿贝斯 (未上市)	Visualacmp (未上市)

全身动捕

瑞立视 (未上市)	度量科技 (未上市)
青瞳视觉 (未上市)	凌云光 (688400.SH)
诺亦腾 (未上市)	佳创视讯 (300264.SZ)

语音交互

科大讯飞 (002230.SZ)	度量科技 (未上市)
云知声 (未上市)	标贝科技 (未上市)
思必驰 (未上市)	竹间智能 (未上市)

体感设备

PrimeSense (未上市)	诺亦腾 (未上市)
Vicon (VCON.OO)	微动Vidoo (未上市)
凌感科技 (未上市)	

硬件设备

OEM/ODM

歌尔股份 (002241.SZ)	国光电器 (002045.SZ)
光弘科技 (300735.SZ)	立讯精密 (002475.SZ)
和硕 (4938.TW)	闻泰科技 (600745.SH)
亿道信息 (001314.SZ)	工业富联 (601138.SH)
联合光电 (300691.SZ)	晶硕 (6491.TW)
欣旺达 (300207.SZ)	千幻魔镜 (未上市)

VR设备终端

创维数字 (000810.SZ)	索尼 (SONY.N)
字节跳动 (未上市)	亿道信息 (001314.SZ)
Meta (META.O)	爱奇艺 (IQ.O)
大朋VR (未上市)	小派科技 (未上市)
HTC (HTC.TO)	凌宇智控 (未上市)

AR设备终端

微软 (MSFT.O)	Magic leap (未上市)
谷歌 (GOOGL.O)	雷鸟创新 (未上市)
Rokid (未上市)	XREAL (未上市)

软件

软件

开发引擎

unity (UNITY.NS)	unreal engine (未上市)
中视典 (未上市)	艾迪普科技 (未上市)
曼恒数字 (未上市)	元象科技 (未上市)

建模工具

AUTUDESK (ADSK.O)	叠境数字 (未上市)
积木易搭 (未上市)	曼恒数字 (未上市)

渲染工具

Dassault (DSY.PA)	Chaos Group (未上市)
易现 (未上市)	虚谷未来 (未上市)

创编工具

ROBLOX (RBLX.N)	灵境世界 (未上市)
万兴科技 (300624.SZ)	凝聚元界 (未上市)

应用

VR游戏

腾讯控股 (0700.HK)	吉比特 (603444.SH)
网易 (NTES.O)	心动公司 (2400.HK)
三七互娱 (002555.SZ)	恺英网络 (002517.SZ)
富春股份 (300299.SZ)	宝通科技 (300031.SZ)

直播

NETFLIX (NFLX.O)	斗鱼 (DOYU.O)
虎牙 (HUYA.N)	哔哩哔哩 (9626.HK)

影视

NETFLIX (NFLX.O)	芒果超媒 (300413.SZ)
爱奇艺 (IQ.O)	咪咕视讯 (未上市)
华策影视 (300133.SZ)	光线传媒 (300251.SZ)

广告营销

蓝色光标 (300058.SZ)	
三人行 (605168.SH)	
飞天云动 (6610.HK)	

VR技术B端场景应用

风语筑 (603466.SH)	开创国际 (600097.SH)
丝路视觉 (300556.SZ)	锋尚文化 (300860.SZ)
捷成股份 (300182.SZ)	

5 风险提示

风险提示

- 宏观经济及消费电子行业景气度下滑：消费电子产品需求不及预期，持续降价或减产风险，产能爬坡不及预期。
- 苹果Vision Pro产品效果不及预期：产品实际效果和体验不及预期。
- 消费者接受意愿不及预期：MR头显设备较为昂贵，消费者接受度不及预期。

分析师声明

本报告署名分析师在此声明：我们具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，本报告所表述的所有观点均准确地反映了我们对标的证券和发行人的个人看法。我们所得报酬的任何部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体投资建议或观点有直接或间接联系。

一般声明

除非另有规定，本报告中的所有材料版权均属天风证券股份有限公司（已获中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）及其附属机构（以下统称“天风证券”）。未经天风证券事先书面授权，不得以任何方式修改、发送或者复制本报告及其所包含的材料、内容。所有本报告中使用的商标、服务标识及标记均为天风证券的商标、服务标识及标记。

本报告是机密的，仅供我们的客户使用，天风证券不因收件人收到本报告而视其为天风证券的客户。本报告中的信息均来源于我们认为可靠的已公开资料，但天风证券对这些信息的准确性及完整性不作任何保证。本报告中的信息、意见等均仅供客户参考，不构成所述证券买卖的出价或征价邀请或要约。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。客户应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专家的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，天风证券及其关联人员均不承担任何法律责任。

本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断。该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，天风证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。

天风证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。天风证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。天风证券的资产管理部门、自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

特别声明

在法律许可的情况下，天风证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。因此，投资者应当考虑到天风证券及其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突，投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

投资评级声明

类别	说明	评级	体系
股票投资评级	自报告日后的6个月内，相对同期沪深300指数的涨跌幅	买入	预期股价相对收益20%以上
		增持	预期股价相对收益10%-20%
		持有	预期股价相对收益-10%-10%
		卖出	预期股价相对收益-10%以下
行业投资评级	自报告日后的6个月内，相对同期沪深300指数的涨跌幅	强于大市	预期行业指数涨幅5%以上
		中性	预期行业指数涨幅-5%-5%
		弱于大市	预期行业指数涨幅-5%以下