

VR 虚拟现实行业深度报告

AI 赋能、苹果入局，生态正向循环推动产业全面加速

超配

核心观点

AI 赋能元宇宙，苹果新机入局，行业可能进入全新起点。AI 一直都是 VR 行业的核心技术之一，尤其体现在追踪交互方面，传感器或摄像头获得的数据终需通过计算机视觉、深度学习等算法被设备理解，甚至 Meta 已经实现了完全基于 AI 的下半身追踪和裸手识别。近期 ChatGPT、Stable Diffusion 等 AIGC 多模态大模型的出现，则极大的降低了 3D 内容的制作门槛，提高制作效率，AI 的发展将推动 VR/MR 设备进入成熟快车道。另外，苹果首款 MR 设备有望于 WWDC23 发布，可能成为目前全球最贵、性能最强的 MR 一体机。

Quest 2 叩响元宇宙的大门，VR 进入加速迭代期。2021 年末，Quest 2 累计销量超 1000 万台，成为第一台破千万的“爆款”VR 设备。我们认为 Quest2 的成功源于：1) 硬件上在 Inside-out 定位系统等方面塑造独立头显标准；2) 软件上 2020 年迎来了以 Half-life 为代表的高质量作品；3) 疫情期间对于宅家娱乐需求爆发。通过复盘智能手机 1991-2017 年的发展历程，与 VR 近十年的发展进行对比，我们认为 VR 现阶段对应智能手机的技术加速迭代期，VR 头显初始定义已经完成，一些重要功能和优化正经历市场筛选，尽管短期 VR 厂商仍较难创造大规模需求及稳定盈利，但随着内容生态的正向循环，我们看好中长期 VR 头显成为下一代通信、社交终端的潜力。WellSenn XR 预计 2025 年全球 VR 出货量有望达到 3500 万部 (21-25 年 CAGR 42.3%)。

Pico 和 Oculus 暂为国内外一体机龙头，强交互市场亟待打开。品牌方面，我们对比了国内外龙头 Pico 和 Oculus，Pico 硬件升级节奏领先，但在生态建设和内容审核等方面存在差距，目前 Pico Store 休闲益智类游戏占比 40% 以上，平均售价也低于 Oculus。但在弱交互领域，围绕短视频和直播，抖音和 Meta 处于同一起跑线。2022 年二者加速渗透对方市场，竞争加剧。此外，注重高精度、高性能 PC VR 的 HTC、拥有丰富的游戏储备且注重用户体验的 PS VR 等其他品牌，在 VR 形成最终成熟形态前都有望向二者地位发起挑战。

光学：VR 硬件成本中光学占比第二，Pancake 已成确定性技术方向。Pancake 方案因加轻薄等优势更适合 VR 头显，接替菲涅尔成为确定性光学模组技术路径。核心设计思路是通过反射与偏振进行光路折叠，理论上能将 VR 头显的体积缩小到菲涅尔方案的 1/4。核心器件包括半透半反镜、1/4 相位延迟片、反射式偏振片。其中，1/4 相位延迟片和反射偏振膜的质量是成像质量的关键，目前被 3M、旭化成等少数企业垄断，膜材料价值占模组 50% 以上，加工环节则以贴膜环节中曲面贴膜工艺壁垒最高。光学模组市场竞争激烈，参与者包括光学厂商、屏幕厂商、整机厂、和材料公司 3M 等。

显示：看好 Micro OLED 中期统治消费级产品。由于 VR 属于近眼显示，清晰度、刷新率、视场角等参数不达标都会造成眩晕，其中清晰度尤为重要，我们推算视网膜效果需 60 PPD 以上，即 FOV 90 度时，单眼分辨率需达到 5400*5400，考虑投影损失屏幕需达到 8K 以上。目前屏幕主流配置是 Fast-LCD 叠加 Mini LED 背光，但硅基 OLED 反应速度、像素密度都更佳，可达到视网膜级别 3000~4000PPI，但成本是前者 1.5 倍以上，我们看好 Micro OLED 降本后在消费级 VR 产品中占据统治地位。目前，海外公司如 eMagin、Kopin、SONY 等较早进入，国内京东方、视涯科技目前已率先实现量产。

芯片：主芯片高通一骑绝尘，国产芯片从辅助芯片渗透。VR 头显和手柄都有

行业研究 · 行业投资策略

电子 · 消费电子

超配 · 维持评级

证券分析师：胡剑

021-60893306

hujian1@guosen.com.cn

S0980521080001

证券分析师：周靖翔

021-60375402

zhoujingxiang@guosen.com.cn

S0980522100001

证券分析师：李梓澎

0755-81981181

lizipeng@guosen.com.cn

S0980522090001

联系人：李书颖

0755-81982362

lishuying@guosen.com.cn

证券分析师：胡慧

021-60871321

huhui2@guosen.com.cn

S0980521080002

证券分析师：叶子

0755-81982153

yezhi3@guosen.com.cn

S0980522100003

联系人：詹浏洋

010-88005307

zhanliuyang@guosen.com.cn

市场走势



资料来源：Wind、国信证券经济研究所整理

相关研究报告

- 《消费电子 3 月投资策略-手机备货订单回暖，关注新能源增量市场弹性》——2023-03-17
- 《消费电子 2 月投资策略-关注终端景气度拐点及 VR、新能源创新预期》——2023-02-12
- 《消费电子 1 月投资策略-关注手机需求复苏预期及折叠屏、VR 新品创新》——2023-01-13
- 《消费电子 12 月投资策略-手机需求有望复苏，关注安卓阵营预期修复及折叠新品创新》——2022-12-12
- 《消费电子 11 月投资策略-关注苹果、折叠屏产业链业绩兑现及安卓阵营预期修复》——2022-11-14

芯片组支撑其功能，其中数字芯片涉及到主控 SoC、存储、音频编解码芯片等；模拟芯片涉及到电源管理 PMIC、LED 驱动芯片、射频 FEM、马达驱动芯片、音频功放芯片等；传感器芯片涉及到 CMOS 图像传感器、陀螺仪等。未来，围绕图像的获取和生成是主机的主线升级方向，VR 图像生成质量必然向超高分辨率发展，推动对于 VR 芯片中 GPU 渲染能力的需求；而 VR 交互升级，CMOS 图像传感器数量和种类需求扩容。高通在主流 VR 产品上围绕骁龙 SoC 拥有完善芯片矩阵优势。由于 VR 其他芯片与智能手机和其他智能终端设备较为相似，国产 MCU、模拟芯片正在国产 VR 设备逐渐渗透。

交互：红外+传感+算法构建定位追踪系统。Outside-in 和 Inside-out 的方案相比，前者精度更高，商用场景难以替代，后者自由方便，在消费类产品中占主流。硬件实现有声学、光学、惯性和磁性（IMU）三种路径，目前以光学+IMU 方案为主。另外，算法也是构建追踪识别的核心因素。未来交互方案升级将涉及头显部分的眼动追踪、深度摄像头、手势识别等，以及联动捕捉，即 VR 设备与可穿戴设备（手表、手套等）、汽车等其他设备协作。

产业链相关公司：歌尔股份（零部件、模组、整机）、创维数字（自有品牌）、闻泰科技（组装）、立讯精密（零部件、模组、整机）、领益智造（零部件、模组、整机）、欣旺达（电池）、德赛电池（电池）、智立方（传感器测试设备）、华兴源创（检测设备）、赛腾股份（自动化生产设备）、杰普特（光学模组检测设备）、京东方 A（显示模组）、三利谱（偏光片）、利亚德（动捕技术及 VR 应用）、舜宇光学科技（光学器件）、兆威机电（瞳距调节）、隆利科技（MiniLED 背光）、鸿利智汇（MiniLED 背光）、维信诺（显示屏）、长信科技（显示模组）、韦尔股份（图像传感芯片）、晶晨股份（SoC）、艾为电子（模拟芯片）、兆易创新（MCU）、瑞芯微（专用 VR 芯片）、全志科技（专用 VR 芯片）等。

风险提示：VR 需求不及预期，技术路线推进不及预期。

内容目录

乘“元宇宙”东风，VR 软硬件生态加速成熟	10
虚实共生从梦想到现实，VR 热潮从未消退	10
Quest2 累计销量破 1000 万台，消费级硬件配置初成型	11
对比智能手机发展历史，VR 设备处于加速迭代期	13
AI——VR 的隐形核心技术，推动交互方式变革	16
Oculus 生态初成，国内厂商各有所长	19
Oculus：全球 VR 头显领导者，终端与内容形成良好闭环	19
Pico：国内销量领先，依靠字节跳动流量优势	22
HTC：主攻高性能专业化领域，PCVR 是强项	24
PS VR：游戏主机厂硬件升级慢，3A 大作丰富且注重体验感	25
苹果：预计 23 年 WWDC 开发者大会发布首款 VR/MR 眼镜	27
其他品牌：市占率相近，全球 Top10 有 7 家为中国企业	28
弱交互领域竞争激烈，远期 MR 产生生产力	29
优先布局弱交互场景，国内厂商不落风	29
ODM 厂商纷纷布局，硬件成本中芯片和屏幕成本占比最高	34
组装环节产业链公司梳理：	36
光学模组：长期围绕轻、薄、高质量成像发展	37
Pancake 已成确定性技术方向	37
核心器件：半透半反镜、1/4 相位延迟片、反射式偏振片	39
光路系统的设置与具体工作原理	40
技术壁垒：光学膜材料	42
优势：轻薄化、成像质量高、可调节屈光度	44
Pancake 技术难点：光损高、视场角小、存在鬼影、成本高	45
光学模组环节产业链公司梳理：	47
屏幕：多种方案共存，解决眩晕是核心诉求	48
清晰度与刷新率提高改善眩晕，但对芯片算力和功耗提出要求	48
Fast-LCD 仍为 VR 消费级主流，专业级产品看好 Micro OLED	51
屏幕环节产业链公司梳理：	54
追踪定位：IMU+摄像头方案成熟，算法是核心技术	56
肢体追踪：红外光学定位配合 MEMS IMU，Inside-Out 成主流	56
手势识别：传感器、RGB 摄像头、3D 摄像头	61
其他传感器：眼动追踪、面部识别将成标配	63
芯片：赋能 VR 硬件性能，专用度不断提升	67
SoC：芯片平台实现专用化，未来多方有望并起与高通争雄	68
CMOS 图像传感器：VR 交互需求增长推动重要性提升	72
芯片环节产业链公司梳理：	74

产业链相关公司概况	75
歌尔股份（002241.SZ）：全球高端 VR 设备主要代工厂	75
京东方 A（000725.SZ）：面板龙头投资 290 亿元，加码 VR	75
隆利科技（300752.SZ）：MiniLED 光学产品已量产并供货 Varjo	76
创维数字（000810.SZ）：国内唯一上市的 VR 终端厂商	76
利亚德（300296.SZ）：全球领先的光学动作捕捉技术	77
联创电子（002036.SZ）：全球运动相机镜头龙头供应商	79
三利谱（002876.SZ）：国产偏光片龙头，光学模组方案有望下半年量产	79
舜宇光学科技（2382.HK）：6DoF Tracking 方案已为多家头部企业配套并量产	80
国光电器（002045.SZ）：声学模组已量产，头部客户订单饱满	82
长盈精密（300115.SZ）：公司已经是苹果 MR 产品核心 NPI	82
兆威机电（003021.SZ）：瞳距调节电驱全球领先	83
韦尔股份（603501.SH）：VR 全局快门 CIS 市场份额遥遥领先	84
晶晨股份（688099.SH）：提供 SoC+WiFi 芯片配套解决方案	85
艾为电子（688798.SH）：为 Meta、PICO 提供模拟芯片解决方案	86
兆易创新（603986.SH）：32 位 MCU 龙头，产品进入 PICO 4	87
风险提示	88
免责声明	89

图表目录

图 1: 虚拟现实技术在远程会议上的应用	10
图 2: 虚拟现实技术在教育上的应用	10
图 3: “达摩克利斯之剑”被称为现代 VR 头显的原型	10
图 4: Virtual Boy 是游戏史上虚拟现实技术的第一次尝试	10
图 5: 累计销量前八的 VR 头显设备（截至 2021 年）	11
图 6: Switch 销量在 2021 财年加速	11
图 7: 全球电脑出货量（百万台）	11
图 8: 2021 年之前 VR 产品迭代回顾	12
图 9: Steam VR 游戏按推荐度排名（2022 年 12 月 6 日统计）	13
图 10: 苹果手机年度出货量（百万台）	14
图 11: 全球智能手机季度出货量（百万台）	14
图 12: 近十余年 VR 商业化产品发展梳理	15
图 13: Meta 分部门营业收入（百万美元）	15
图 14: Reality Lab 季度经营利润（亿美元）	15
图 15: 全球市场 AR/VR 融资并购数据	16
图 16: 一级市场 AR/VR 融资并购数据	16
图 17: 2020 年中国各行业 VR/AR 支出占比	16
图 18: AI 帮助 VR	17
图 19: 各品牌 VR 追踪手套	17
图 20: Quest2 手势交互 1.0 版本和 2.0 版本对比	17
图 21: Magic3D 生成的一只坐在睡莲上的蓝色箭毒蛙	18
图 22: Magic3D 通过修改描述在 2D 图像上生成 3D 模型	18
图 23: 季度 VR 分产品出货量	19
图 24: Steam VR 活跃用户中分品牌占比	19
图 25: Quest 2、Quest Pro 参数对比	19
图 26: Meta 生态形成的底层逻辑	20
图 27: Meta 构建生态的三大平台	20
图 28: Quest 平均月度内容收入	21
图 29: Quest Store 应用容收入规模分布	21
图 30: Meta 股价走势复盘及当期净利润	21
图 31: Pico Neo DK	22
图 32: Pico4	22
图 33: Pico 应用平台内容管理流程	23
图 34: Pico4 及企业版参数对比	24
图 35: Pico 销量（万台）	24
图 36: HTC 各系列 VR 产品一览	24
图 37: CES2023	24

图 38: HTC Vive 生态版图	25
图 39: VIVE Mars CamTrack	25
图 40: 发布前索尼公告的游戏阵容	26
图 41: 苹果 WWDC23 邀请函	27
图 42: DPVR 产品一览	28
图 43: 小派科技产品一览	29
图 44: 全球 VR 头显出货量及预测	29
图 45: 全球 VR 头显季度出货量	29
图 46: 2016 年基于 VR360 的视频用户群占比约 40%	30
图 47: VR360 视频用户群 (万人)	30
图 48: “VR 直播”抖音搜索指数	30
图 49: 全球 VR 直播市场规模	30
图 50: Apple Store 下载次数&营收排名	31
图 51: 总使用时长 Top5 社交应用的用户月均使用时长 (小时)	31
图 52: 截至 21 年 12 月中国分品牌主机游戏市场份额及渗透率	31
图 53: 中国主机游戏人数及市场	31
图 54: 分国家主机游戏渗透率	32
图 55: 中国主机游戏渗透率	32
图 56: 2022 年全球出货 VR 设备目标市场	32
图 57: 2022 年全球出货 VR 设备形态	32
图 58: Fundamental VR 开发医疗模拟软件	33
图 59: 全球医疗保健 VR 市场份额	33
图 60: eSPECT 多人教学实训 VR 系统	34
图 61: 全球 VR 教育市场规模	34
图 62: Pico4 成本拆解	35
图 63: Quest Pro 成本拆解	35
图 64: VR 行业产业链	35
图 65: 菲涅尔透镜结构示意图	37
图 66: 2022 全球出货 VR 屏幕类型	38
图 67: Pancake 折叠光路示意图	39
图 68: 横波与纵波示意图	39
图 69: 偏振光传播示意图	39
图 70: 反射式偏振片用于选择性的反射 s 偏振光与透射 p 偏振光	40
图 71: Pancake 光学方案分类	41
图 72: 偏振光在 Pancake 光学系统中的具体传播路径	42
图 73: Pancake 光学模组加工流程	43
图 74: 搭配菲涅尔透镜方案和 Pancake 方案的头显重量与厚度对比	44
图 75: 菲涅尔光学方案和 Pancake 光学方案的成像效果对比	44
图 76: 内调屈光度原理	45
图 77: 外调屈光度原理	45
图 78: Pancake 方案的光学效率最高仅为 25%	46

图 79: 双折射现象导致“鬼影”出现	46
图 80: Pancake 光学方案中的“鬼影”	46
图 81: 视场角的定义	48
图 82: PPD 的定义图示	48
图 83: 随着距离变近每度包含的像素点会减少	48
图 84: 用户的视野是个球体	49
图 85: 投影方案也会导致失真	49
图 86: 像素和水平 FOV 之间的关系	49
图 87: 主流 VR 头显的像素密度只达到了视网膜标准的 1/6	49
图 88: 对 VR360 视频演进路线的判断	50
图 89: LCD 和 OLED 最大的区别是背光模组	51
图 90: Sony Micro OLED	53
图 91: 像素对比	53
图 92: 2022 年显示方案占比	53
图 93: 3DoF 旋转	56
图 94: 6DoF	56
图 95: MEMS 加速度计	57
图 96: MEMS 陀螺仪	57
图 97: Outside-in 和 Inside-out	57
图 98: Oculus Rift CV1 星座系统	58
图 99: PSVR 的单摄像头光球系统	58
图 100: Lighthouse 系统	58
图 101: 定位精度对比	58
图 102: Inside-Out	59
图 103: 电磁线圈	59
图 104: 接受单元	59
图 105: Pico Neo 三代手柄变化	60
图 106: Pico4 交互传感器	60
图 107: Pico4 头显上的交互传感器	60
图 108: Pico4 手柄上的红外 LED	61
图 109: Pico4 手柄 IMU 和 Quest2 一样	61
图 110: 苹果手套专利示意图	61
图 111: Quest 手势识别原理	62
图 112: 中心凹区域和中心凹外区域视觉信息质量差	64
图 113: 并排比较 VRSS 开/关效果	64
图 114: 苹果基于低分辨率图像的 eye-tracking	64
图 115: eye-tracking 组件包括照明器、eye-tracking 相机以及模型和算法的处理单元	64
图 116: Oculus Pro 眼球追踪	65
图 117: Oculus Pro 面部追踪	65
图 118: AI 模型框架	66
图 119: 仿真模拟	66

图 120: Pico 4 VR 一体机框图	67
图 121: Meta Oculus Quest Pro 成本构成预测	68
图 122: PICO 4 成本构成预测	68
图 123: 骁龙 845 核心架构	68
图 124: 骁龙 XR2 平台针对 XR 场景着重升级 GPU 和 AI 能力	69
图 125: 索尼 PS VR2 将首发第一颗联发科 VR SoC	70
图 126: 手机 SoC 市场份额	70
图 127: 苹果未来 XR 产品有望搭载 A 系列或 M 系列	71
图 128: CMOS 图像传感器结构	72
图 129: CMOS 图像传感器原理	72
图 130: 全局曝光与卷帘曝光对比	73
图 131: 歌尔股份营业收入及同比增速	75
图 132: 歌尔股份归母净利润及同比增速	75
图 133: 京东方 A 营业收入及同比增速	76
图 134: 京东方 A 归母净利润及同比增速	76
图 135: 隆利科技营业收入及同比增速	76
图 136: 隆利科技归母净利润及同比增速	76
图 137: 创维数字业务一览	77
图 138: 创维数字营业收入及同比增速	77
图 139: 创维数字净利润及同比增速	77
图 140: 利亚德 Micro LED 显示产品	78
图 141: 利亚德营业收入及同比增速	78
图 142: 利亚德净利润及同比增速	78
图 143: 利亚德 VR 体验业务营收及毛利率	79
图 144: NP 营业收入及毛利率	79
图 145: 联创电子营业收入及同比增速	79
图 146: 联创电子净利润及同比增速	79
图 147: 三利谱偏光片产品用途	80
图 148: 三利谱营业收入及同比增速	80
图 149: 三利谱净利润及同比增速	80
图 150: 舜宇光学科技营业收入及同比增速	81
图 151: 舜宇光学科技净利润及同比增速	81
图 152: 舜宇光学 VR 镜片参数	81
图 153: 舜宇光学智能 6DoF tracking 视觉方案	82
图 154: 国光电器营业收入及同比增速	82
图 155: 国光电器净利润及同比增速	82
图 156: 长盈精密产品	83
图 157: 长盈精密营业收入及同比增速	83
图 158: 长盈精密净利润及同比增速	83
图 159: 兆威机电营业收入及同比增速	84
图 160: 兆威机电净利润及同比增速	84

图 161: 兆威机电产品	84
图 162: 韦尔股份营业收入及同比增速	85
图 163: 韦尔股份净利润及同比增速	85
图 164: 晶晨股份营业收入及同比增速	85
图 165: 晶晨股份净利润及同比增速	85
图 166: Rokid Glass 2 AR 搭载晶晨 SoC	86
图 167: 艾为电子营业收入及同比增速	86
图 168: 艾为电子净利润及同比增速	86
图 169: 艾为电子 VR 模拟解决方案	86
图 170: 兆易创新营业收入及同比增速	87
图 171: 兆易创新净利润及同比增速	87
表 1: 2020 年之前部分机型参数对比	12
表 2: Oculus 产品历程	20
表 3: PSVR1 VS PSVE2	26
表 4: 苹果 MR 眼镜配置预测	27
表 5: VR 相关政策梳理	33
表 6: VR ODM 厂商梳理	36
表 7: VR 光学方案比较	37
表 8: Pancake 方案所需光学膜材特点	42
表 9: VR 光学模组重点公司梳理	47
表 10: Micro OLED 和 Micro LED 特征对比	52
表 11: Mini LED 背光 LCD 与传统 LCD、OLED 背光技术对比	52
表 12: 2019-2022 年发布 VR 眼睛屏幕方案一览	53
表 13: VR 屏幕重点公司梳理	54
表 14: 深度测量的三种方案	63
表 15: VR 涉及芯片	67
表 16: 主流 VR 芯片平台发展趋势	70
表 17: 国产部分 VRAR 芯片	71
表 18: CMOS 图像传感器关键技术参数	72
表 19: 2022 年发布部分 VR 摄像头及 CIS 比较	73
表 20: VR 芯片重点公司梳理	74
表 21: 京东方 OLED 产线梳理	76

乘“元宇宙”东风，VR 软硬件生态加速成熟

虚实共生从梦想到现实，VR 热潮从未消退

“元宇宙”能消除数字和实体之间的界限，打造人类“虚实共生”的数字世界。“元宇宙”（Metaverse）指的是一个源于现实世界，与现实世界平行并相互影响的、可持续的虚拟世界，人类可以在其中以高自由度形式进行娱乐、社交、生产生活。基于虚拟现实（VR）或混合现实（MR）终端所实现的“元宇宙”是人类通信交互经历了文字、语音、图像、视频之后的下一代升级方向，即实现 3D 实景信息的共享。MR 设备商业化的尝试从未停止，其中 VR 涉及技术相对成熟，早于 AR 试水消费级市场，并有望在 AI、区块链等新兴技术催化下进入爆发期。

图1：虚拟现实技术在远程会议上的应用



资料来源：HTC 官网，国信证券经济研究所整理

图2：虚拟现实技术在教育上的应用



资料来源：希沃官网，国信证券经济研究所整理

VR 设备最早可以追溯到上世纪 50 年代，一位美国摄影师发明了第一台 VR 设备，此后，第一台头显（俗称“达摩克里斯之剑”）等一些原始设计相继涌现。20 世纪 90 年代，商用设备开始出现，例如任天堂的 Virtual Boy 游戏机，1991 年甚至出现了 VR 街机。另外，军事领域的应用也是 VR 设备发展的重要驱动力。但当时的技术没有跟上市场的想象，游戏画质差、设备价格高、画面延迟、设备计算能力不足、使用不舒服等缺点难以攻克，阻碍了 VR 设备的进一步发展，即使到了当下，这些问题仍是 VR 产品的核心痛点。

图3：“达摩克利斯之剑”被称为现代 VR 头显的原型



资料来源：太平洋游戏网，国信证券经济研究所整理

图4：Virtual Boy 是游戏史上虚拟现实技术的第一次尝试

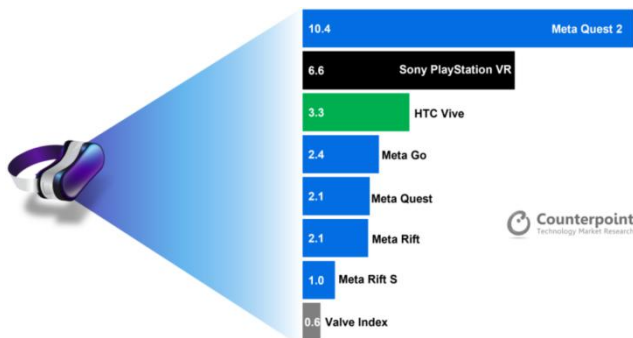


资料来源：太平洋游戏网，国信证券经济研究所整理

Quest2 累计销量破 1000 万台，消费级硬件配置初成型

2020 年 9 月，Facebook 发布 Oculus Quest2，10 月 Quest2 上市，根据 SuperData 数据，Quest2 4Q20 销量超过 100 万台，对比排在第二的 Sony PlayStation VR，销量仅为 12.5 万台，是 VR 头显中销量增速最快的产品。根据 IDC 数据，Quest 2 在 2021 年总计卖出 870 万台，累计出货超 1000 万台。早在 2019 年，扎克伯格曾推断：当 VR 设备普及度超过 1000 万时，虚拟现实产业将来到其发展的“奇点”，一旦突破这个数额“生态系统将会得到跨越式发展”，产生规模效应。

图5：累计销量前八的 VR 头显设备（截至 2021 年）

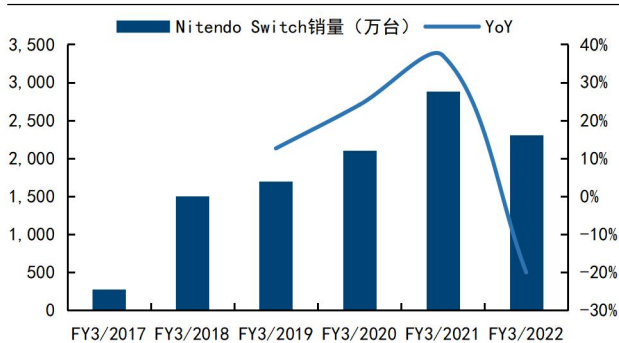


资料来源：Counterpoint's Global XR，国信证券经济研究所整理

我们认为 Quest2 成为第一个累计销量超 1000 万台的 VR 设备主要有三个原因：

1) 疫情期间宅家电子娱乐需求旺盛。以 Switch 销量为例，Switch 于 2017 年一季度发售，排除 2018 财年因低基数带来的高增长，疫情高峰期，即 2021 财年（2Q20-1Q21）销量增速达到历史最高 37%。全球 PC 市场（包括平板电脑）2020 年第四季度出货量达到 1.44 亿台，同比增长 35%，连续第三个季度实现年度增长。2020 年总出货量增长 17%，达到了 4.58 亿台，创 2015 年以来历史最高。

图6：Switch 销量在 2021 财年加速



资料来源：Nintendo，国信证券经济研究所整理

图7：全球电脑出货量（百万台）

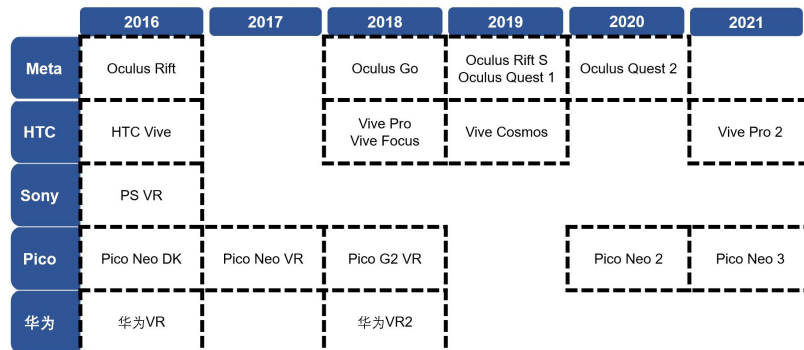


资料来源：Canalys，国信证券经济研究所整理

2) 技术迭代进入普通消费者（以主机玩家为主）期待区间，不存在明显短板。Quest2 之前，面向消费者的 VR 设备都存在明显技术短板，难以让用户产生再次使用的意愿，如依赖于 PC 设备的 Oculus Rift 和 Vive 价格高昂，需要 1000 多美元，且 Outside-in 定位安装复杂。即使是 PS VR，作为 2020 年之前发布的，最受欢迎的 VR 头盔，也存在处理上限低、运动跟踪效果漂移、游戏保真度低、眩晕感严重、必须依赖 PS 主机等问题。而 Quest2 引入了 Inside-out 方案，避免了使用前的复杂准备，并实现了完全独立于其他设备的无线化，同时也是第一款使用

VR 专用芯片骁龙 XR2 的设备，在清晰度、刷新率、定位、散热、追踪、性能优化上都达到了较为平衡的状态。

图8：2021 年之前 VR 产品迭代回顾



资料来源：CSDN，国信证券经济研究所整理

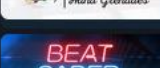
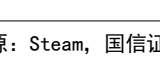
表1：2020 年之前部分机型参数对比

机型	HTC Vive/ Steam VR	索尼 PS VR	大朋 VR E3P	小派 5K+	Meta Quest	创维 4K VR	Pico Neo2	Oculus Quest2
发布时间	2016	2016	2017	2018	2019	2019	2020	2020
形态	PC VR	PS VR		PC VR	一体机	一体机	一体机	一体机
处理器					高通骁龙 835	高通骁龙 XR1	高通骁龙 845	高通骁龙 XR2
手柄	√	√	√	×	√	√	√	√
显示	双 AMOLED 屏幕，对角直径 3.6 吋	索尼 RGB OLED	三星 P 排 OLED	RGB 排列 LCD	三星 P 排 OLED	FAST-LCD	RGB 排列 LCD	RGB 排列 LCD
分辨率（单眼）	1080 x 1200	960*1080	1280*1440	2560*1440	1440*1600	2560*1440	1920*2160	1832*1920
PPD（估算）	9.3	11.5	-	16.2	13.8		22.9	21.9
追踪方案	Valve 灯塔 1.0	可见光图像定位	基站定位	Valve 灯塔	OC 图像识别 Inside-out	6DoF Out-inside	头显图像识别 手柄电磁定位 Inside-Out	OC 图像识别 Inside-out
FoV	110	100	110	200	90	96	110	90
刷新率	90	90	-	90-144	72		72-75	90-120
是否需要基站	√	√	√	√	×	×	×	×
是否全身追踪	√	×	×	√	×	×	×	×
重量 (g)	468-550g	600-610g	-	470		400	670	503
2022 市场价格	4888	2400	-	5000+ (不含基站和手柄)	4000	2799	4399	\$299
主要缺点	PS 专用，由于基站非常笨重，手柄太快会跟 PS4 性能不足，噪音大、定位视野边界畸变串联电脑存在追踪丢失，追踪存在实际帧数和画质、手柄在不同严重；软件优化画质压缩及延迟在抖动 比屏幕参数基站中切换还较差；贵 低 会跳						掉帧严重；手柄定位粗糙；与电脑串联发热、高延迟、低清；一体机模式内容过少	
主要优点	支持无线和全身追踪 视角范围大				目前好评较高的 Inside-out 图像定位系统之一		清晰度高，手柄定位无死角，性能优化好，清晰度高、刷新率好、定位系统好、风扇声音小到可以忽略、手柄追踪不会因为速度快而丢失，拥有定制传感器，IMU 参数比过去的高一倍	

资料来源：WZeyu，国信证券经济研究所整理和预测

3) 内容端 19-20 年 VR 精品游戏频出。根据 Steam 上用户推荐度排名, 前 10 名除了 Half-Life 2 是续作, 9 款中 6 款是 2019-2021 年间推出的。尤其是 Half-Life: Alyx, 2019 年 11 月 22 日 Steam 发布《Half-Life: Alyx》的详细情报, 根据 Superdata 的 2019 年 VR/AR 市场数据, Valve Index 在 2019 年共卖出了 14.9 万台, 并且其中有 10.3 万台都是在最后三个月内售出的, 在游戏口碑辐射下, 许多美国家庭选择 Vive Index 或其他能够串联 Steam 的 VR 设备作为圣诞礼物。

图9: Steam VR 游戏按推荐度排名 (2022 年 12 月 6 日统计)

		Release	Rating	Price
	Half-Life: Alyx	2020	96.82%	\$59.99
	Phasmophobia	2020	95.96%	\$13.99
	The Room 4: Old Sins	2021	95.79%	\$4.49
	Keep Talking and Nobody Explodes	2015	94.96%	\$14.99
	VTOL VR	2020	94.77%	\$29.99
	Blade and Sorcery	2018	94.65%	\$19.99
	Hot Dogs, Horseshoes & Hand Grenades	2016	94.47%	\$19.99
	Beat Saber	2019	94.39%	\$29.99
	Resident Evil Village	2021	94.29%	\$39.99
	Half-Life 2: VR Mod	2022	93.82%	-

资料来源: Steam, 国信证券经济研究所整理

对比智能手机发展历史, VR 设备处于加速迭代期

回顾智能手机的历史, 现在“无所不能”的手机也是从看起来“并不智能”的阶段发展而来, 从 1994 年第一部智能机发售, 到 2017 年季度出货量首次下滑, 前后约 23 年。期间大量厂商不断创新, 接受市场检验, 最终保留市场需要的功能, 这些功能由点, 及线, 至面, 最终迎来行业大爆发:

原点萌芽期 (1991 年~2000 年): 最核心的触摸屏和网络连接功能出现, 但因配套环境不成熟难以推广。1991 年 2G 正式商用, 智能手机开始萌芽, 1994 年, IBM 的 SPC 开始发售, 它是世界上第一部智能机, 仅具备触屏和电子邮件等功能, 笨重且并不“智能”; 1996 年, 诺基亚 Communicator, 第一款带有网络浏览器和 GSM 互联网接入的智能手机问世, 尽管互联网接入功能具有划时代的意义, 后续大部分智能机都配备该功能, 但由于当时移动数据价格高昂, 仍难以普及。

加速迭代期 (2000 年~2007 年): 各品牌逐渐明确智能手机将成为移动终端的长期趋势, 手机功能开始高频率创新迭代, 期间不乏卖的不错的款式, 但并未形成全民换机需求。一些重要功能经过市场的筛选, 逐渐累计在智能手机上, 比如彩屏、摄像头、MP3 等。2000 年, 多款带有摄像头的手机出现; 2001 年, 西门子推出了第一款带有可更换存储卡和集成 MP3 播放器的手机“Siemens SL45”; 2002

年，诺基亚推出了“诺基亚 7650”，是世界上第一款带前置摄像头的智能手机；同年，索尼爱立信 P800 发布，这是第一部搭载彩色触摸屏的智能手机。

全面爆发期（2008 年~2017 年）：2007 年，专用手机系统 iOS 和安卓推出，智能手机的核心扩展能力出现，配合第一代 iPhone 的出世，智能手机基本稳定了去物理键盘、可扩展应用系统的成熟形态，在 C 端市场激发了客户需求，形成强大的换机驱动力。2007 年 1 月，苹果 CEO 展示了第一部 iPhone，将移动电话、iPod、电子邮箱、Internet 浏览器、导航和众多其他功能结合在一起，并完全摒弃物理键盘，首推手势控制，采用 3.5 英寸高清屏幕，在硬件和软件方面都达到新高度。尽管 2007 年苹果的销量仅 139 万台，但苹果开始改变消费者对手机的认知，2008 年 iPhone 3G 推出，全年销量 1200 万台，同比增幅 737%；同年，Android 操作系统推出，App Store 和 Google Play Store 依次面世，智能手机进入爆发增长长期。

图10: 苹果手机年度出货量（百万台）



资料来源: Statista, 国信证券经济研究所整理

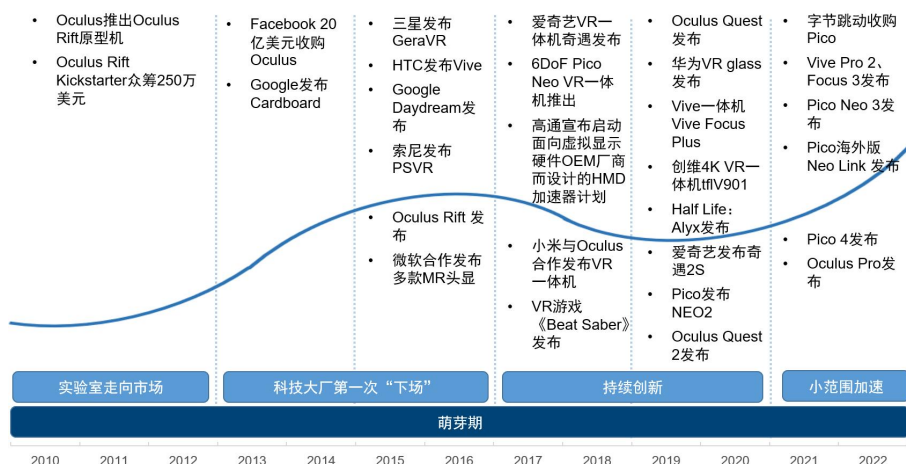
图11: 全球智能手机季度出货量（百万台）



资料来源: Gartner, 国信证券经济研究所整理

回顾近几十年 VR 头显商业进程，我们认为 VR 行业现阶段对应智能手机的加速迭代期。2012 年前，对应智能机原点萌芽期，产品核心开始商业化尝试，Oculus 等品牌开始研发原型机，从实验室走向市场；2013 年后，行业进入加速迭代期，各大厂商开始重视 MR 成为下一代终端的潜力，Facebook 收购 Oculus，三星、Google、HTC 相继发布产品；2017-2020 年，更多的企业宣布进入 VR 行业，硬件迭代加速，一些高质量 VR 游戏出现；2021 年，叠加疫情推动的电子产品消费需求，Oculus2 成为圣诞节期间最受欢迎的 VR 设备，累计销量突破 1000 万台，并形成了较为完善的内容生态体系，但非电子发烧友或游戏玩家的用户大范围购买的需求并未出现。

图12: 近十余年 VR 商业化产品发展梳理



资料来源: VR 陀螺, 国信证券经济研究所整理

VR 内容和硬件都还需要大量的资本投入支持技术迭代, 即使是销量最好的 Quest 短时间内也无法盈利。4Q22Meta 净利润 46.52 亿美元, 同比下降 55%。其中, 元宇宙部门 Reality Lab 继续亏损, 4Q22 实现营收 7.27 亿美元, 同比下降 17.1%, 1-4 季度分别亏损 29.6、28.06、36.72、42.79 亿美元, 全年亏损 137 亿美元, 2021 年亏损 102 亿美元。若考虑 2019-2020 年未披露年份, Meta 元宇宙总亏损近 300 亿美元。

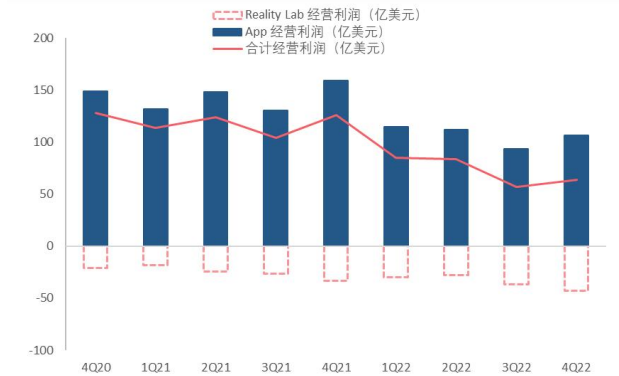
Meta 的业绩不佳, 导致 4Q22 至今大量裁员, 并削减 23 年预算, 降低 50 亿至 890-950 亿美元, 但 Meta 已经做好了未来四年的产品规划。根据 The Verge 信息, AR 产品方面, Meta 计划推出第二代和第三代智能眼镜 Ray-Ban Stories, 并于 2027 年推出代号为 Orion 的 AR 眼镜; VR 产品方面, Meta 计划于 2023 年推出 Quest 3, 并将在未来几年陆续发布更便宜的头显 Ventura, 以及代号为 La Jolla 的头显。

图13: Meta 分部门营业收入 (百万美元)



资料来源: 公司公告, 国信证券经济研究所整理

图14: Reality Lab 季度经营利润 (亿美元)



资料来源: 公司公告, 国信证券经济研究所整理

一级市场方面投融资持续活跃。2020 年, 疫情冲击下, 尽管以 Quest 2 与 HoloLens 2 为代表的新一代高性能 VR 终端推动了全球 VR 大众消费市场的发展, 但 VR 市场回报周期较长, 并未吸引大量新增风险资本进驻, 2020 年全球虚拟现实风险资本市场出现一定下滑。21 年国内互联网大厂入局, 投融资规模和数量均迎来爆发, 全球投融资总额 556 亿元, 同比增长 127.87%, 事件 337 起。22 年全球元宇宙市场投融资加速, 1H22 全球 VR/AR 产业融资并购规模总额为 312.6 亿元, 同比增长

37%, 事件数量为 172 起, 同比增长 17%。

分国内外来看, 海外的融资金额与数量自 2017 年下滑之后每年稳定增长。而国内历经 2017 年到 2020 年 4 年的低迷期, 2021 年出现了高速反弹。特别是去年字节收购 Pico 之后, 国内传统互联网巨头、手机企业、传统上市公司对 VR/AR 的关注度显著上升, 国内 2022 年上半年 VR/AR 产业融资并购金额为 61.9 亿元, 较去年同比上涨了 67%, 发生数量为 68 起, 较去年同比提升 45%。

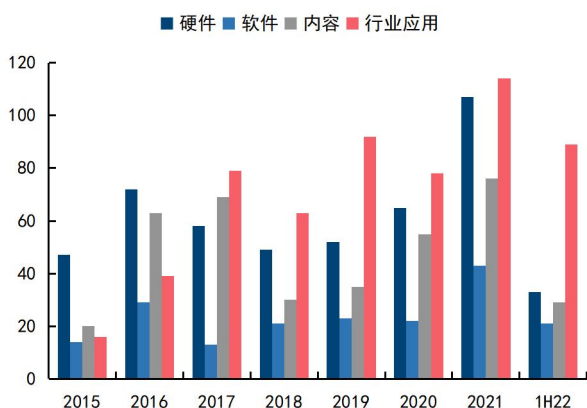
图15: 全球市场 AR/VR 融资并购数据



资料来源: 陀螺研究院, 国信证券经济研究所整理

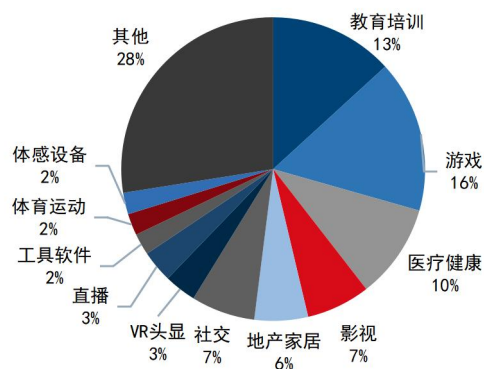
全球 VR 投融资重点逐渐从硬件转向软件。作为尚处在成长阶段的新兴行业, 融资是大部分企业当前生存和发展的资金来源, 投融资活动反映了当前的行业重点发展方向。据陀螺研究院统计, 硬件是资本市场最先关注的领域, 2016 年及之前, 硬件端投资金额最大, 随着硬件端的逐渐成熟, 2017 年之后应用端获得了最多的资金投入。2022 年上半年获得投资金额最大的是软件（工具）和应用领域, 其中增幅最大的是应用领域, 同比增长 143%。

图16: 一级市场 AR/VR 融资并购数据



资料来源: 陀螺研究院, 国信证券经济研究所整理

图17: 2020 年中国各行业 VR/AR 支出占比



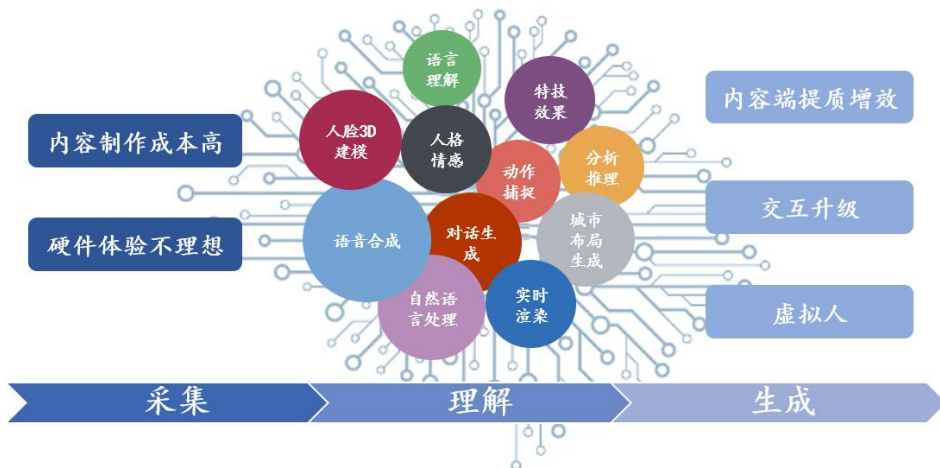
资料来源: 华经产业研究院, 国信证券经济研究所整理

AI——VR 的隐形核心技术, 推动交互方式变革

AI 升级可能带来人机交互的变革。在 VR 技术中, 实现智能人机交互有三个关键要素——多模感知能力、深度理解能力和多维表达能力。精细的多模态、高智慧模型可以帮助 VR 头显以消费级的成本实现以语音控制为辅, 以肢体动作为主的全

新交互方式。通过引入多模态识别系统，在语音识别的基础上，结合人脸识别、嘴部唇语识别、眼动追踪，把多种维度的感知结合成为多模态系统，从而提升复杂场景识别效果。

图18: AI 帮助 VR



资料来源：国信证券经济研究所整理

AI 在 VR 肢体定位和手势交互技术上大有可为，让高精度手势识别成为可能。当前，VR 设备主要通过红外摄像头+陀螺仪的硬件组合，结合机器学习来实现肢体定位，需要手柄辅助。存在成本高、配件多、缺失下半身等问题，精细度也较差，难以实现高精度手势识别。我们认为未来肢体定位和手势交互的升级主要依赖于算法模型的升级，2019 年 Meta 发布了手势交互 1.0，可以进行一些简单的裸手交互，但是用户双手重叠或移动过快都会造成跟踪丢失，2022 年，Meta 发布手势交互 2.0，解决了上述问题，并在公告中表示：主要是基于重新设计的计算机视觉和机器学习方法。

图19: 各品牌 VR 追踪手套



资料来源：智东西，国信证券经济研究所整理

图20: Quest2 手势交互 1.0 版本和 2.0 版本对比



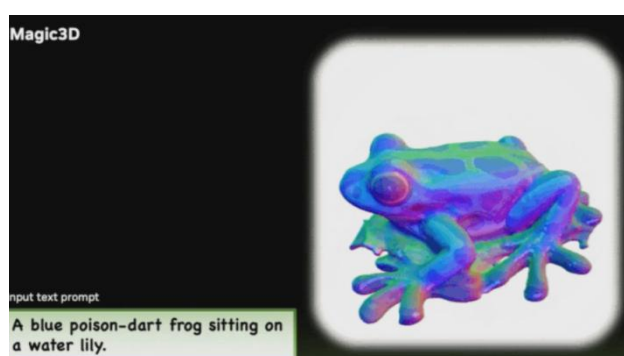
资料来源：Meta，国信证券经济研究所整理

而在内容方面，AI 可以缩短创作时间，为元宇宙提供底层支持。以虚拟人为例，AI 作为虚拟人驱动的大脑之一，既是虚拟人能够在元宇宙感知行为并做出反馈的核心要素，也是其掌握与学习技能的关键所在。亚马逊云科技的AI 服务在此领域有很多的应用实践，包括图像AI 生成（自动上色、场景调整、图像二次元化）、模型自动生成（动画自动生成、场景道具生成）、游戏机器人（游戏 AI NPC、文

本交互、语音驱动口型动画、动作补抓、表情迁移）、偶像营销运营（聊天观察、流行搭配、反外挂）等。据 IDC 数据，预计到 2026 年中国 AI 数字人市场规模将达到 102.4 亿元，市场将呈现高速增长态势。

3D 模型创建属于“劳动密集型”行业，也将受益 AIGC 升级。创建专业的 3D 内容需要较高的艺术与审美素养及大量 3D 建模专业知识，门槛高，制作也耗时耗力，某种程度上属于“劳动密集型行业”。2022 年 11 月，英伟达提交论文展示了可以通过文字生成 3D 模型的 Magic3D，例如输入“一只坐在睡莲上的蓝色箭毒蛙”，Magic3D 即可生成一个纹理、造型兼备的 3D 模型（图 21）。此外，它还可以具备将 2D 图像样式应用于 3D 模型等能力。创作者只需要在 Magic3D 基础上稍作修改，就可以当做游戏或 CGI 艺术场景的素材了。

图21: Magic3D 生成的一只坐在睡莲上的蓝色箭毒蛙



资料来源：机器之心，Magic3D，国信证券经济研究所整理

图22: Magic3D 通过修改描述在 2D 图像上生成 3D 模型

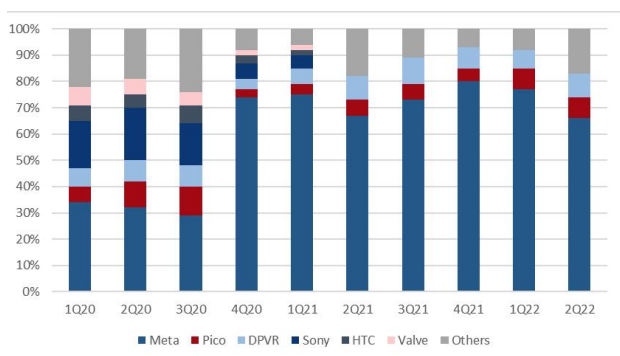


资料来源：机器之心，Magic3D，国信证券经济研究所整理

Oculus 生态初成，国内厂商各有所长

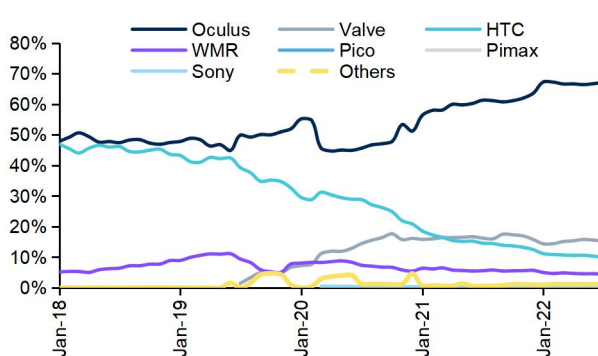
2020 年 Oculus Quest2 发布以来，Meta 就稳定维持 XR 头显销量第一的地位，出货量占比 70%以上，2022 年由于 Quest2 涨价和新品定价非消费级，导致占比略微下滑。根据维深的数据，2Q22 Meta VR 出货量 182 万台 (YoY 28%)，市场份额 78.11%；Pico VR 出货量 26 万台 (YoY 767%)，市场份额 11.16%；Valve VR 出货量 2.5 万台 (YoY -37.5%)，市场份额 1.07%；NOL0 VR 出货量 2.1 万台 (YoY 162.5%)，市场份额 0.90%；爱奇艺 VR 出货量 1.7 万台 (YoY 240%)，市场份额 0.73%。

图23: 季度 VR 分产品出货量



资料来源: Counterpoint, WellSenn XR, 国信证券经济研究所整理

图24: Steam VR 活跃用户中分品牌占比



资料来源: Steam, 国信证券经济研究所整理

Oculus: 全球 VR 头显领导者，终端与内容形成良好闭环

Oculus 是全球 VR 头显市场的领导者，2014 年 3 月，Oculus VR 凭借 Rift DK1 勾勒出的 VR 产业蓝图被 Meta CEO 扎克伯格看中，并用 20 亿美金收购。随后在 Meta 的大力支持下，7 年多花了数百亿，完成了 Oculus Rift 开发者版、SDK、到消费者版进化，再到 Go、Rift S、Quest、Quest 2 等更新迭代，并成为全球 VR 头显标杆。2022 年，Meta 首次推出一千美元以上的产品，区分了中低端机型。

图25: Quest 2、Quest Pro 参数对比

消费级机型 	Quest 2	399美元	503g
	菲涅尔	105超广视角	1832*1920 (LCD*1)
	72-120Hz	1200PPI	骁龙XR2
	256G存储	6GB内存	2-3小时
	外部4个摄像头		三档固定瞳距
	头显追踪手柄	黑白透镜	
企业级机型 	Quest Pro	1500美元	722g
	Pancake	105超广视角	1800*1920 (MiniLED)
	90Hz	1200PPI	骁龙XR2+
	256G存储	12GB 内存	1-2小时
	内外各5个摄像头	裸手交互	55-75mm调节
	手柄摄像头跟踪	彩色透镜	眼动追踪和面部追踪

资料来源: 公司官网, 国信证券经济研究所整理

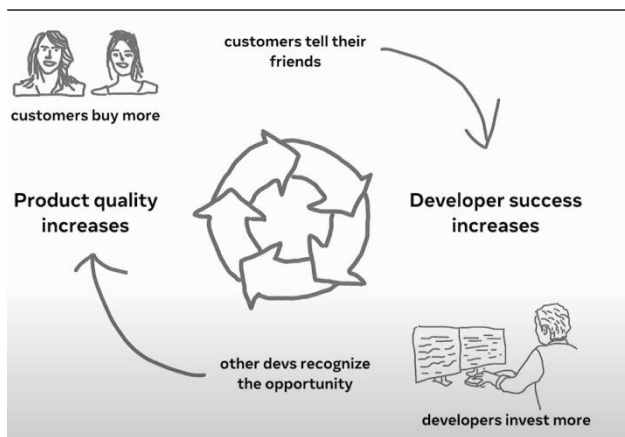
表2: Oculus 产品历程

	Oculus Rift DK 1	Oculus Rift DK 2	Oculus Rift	Oculus Go	Oculus Rift S	Oculus Quest	Oculus Quest 2	Oculus Pro
外观								
发布时间	2013	2014	2016	2018	2019	2019	2020	2022
产品类型	PCVR	PCVR	PCVR	一体机	PCVR	一体机	一体机	一体机
芯片				高通骁龙 821		高通骁龙 835	高通骁龙 XR2	高通骁龙 XR2+
光学	透镜类型	非球面	非球面		菲涅尔透镜	菲涅尔透镜	菲涅尔透镜	Pancake
	FOV (视场角)	110	100	90	90	92	93	106
	屏幕	LCD	OLED	AMOLED	LCD	LCD	OLED	LCD
显示	分辨率 (单眼)	640x800	960x1080	1080x1200	1280x1440	1280x1440	1440x1600	1832x1920
	刷新率 (Hz)	60	75	90	60	80	72	120
	头部 DOF3	3	6	6	3	6	6	6
交互	手柄 DOF			6	3	6	6	6
	空间定位		Outside-in	Outside-in		Inside-Out	Inside-Out	Inside-Out
重量 (g)	380	440	470	468	500	571	503	722
价格 (美元)	300	350	599	199	399	399	299/399	1500
意义	Oculus Rift 不只是一个硬件，而是包含有软件开发工具包 (SDK) 在内的一整套开发系统。			Oculus 推出的首款 VR 一体机，由 Oculus 和高通以及小米联合开发，小米以“小米 VR 一体机”之名在中国（除港澳台地区）发布了该产品。			Oculus Rift S 的面板升级为单独一块的 LCD 面板。摄像头 4 颗升级为 5 颗。还升级了头盔的佩戴结构、音频以及控制器。	
	仍然属于开发者版本，附赠 Xbox 手柄						Meta 第一款 toB 场景的产品	

资料来源: Trend Force, 国信证券经济研究所整理

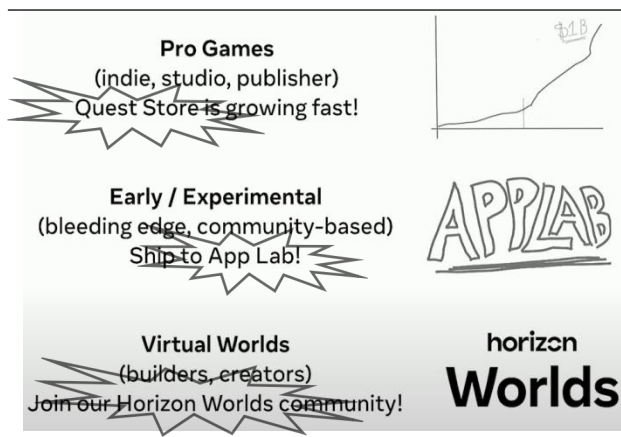
内容方面，Meta 已经在内容产生、技术更迭、终端放量间形成生态闭环。Oculus VR 软件内容包括 Quest Store 和 App Lab 两大平台：Quest Store 主要为 VR 内容应用分发平台，面向独立工作室、游戏工作室、发行公司等专业 VR 游戏从业者；App Lab 则是基于玩家社区的，更侧重前沿内容、测试性 VR 应用开发的平台，App Lab 应用并不显示在 Quest 商店中，开发者只能通过链接在已有的分发渠道与用户分享，比如 SideQuest 等。（Side Quest 平台主要承接未在 Quest 上线的游戏）。Horizontal worlds 则一方面欢迎创作者建立虚拟世界，另一方面是内容创作者和使用者同步交互的社交网络，形成传播效应。

图26: Meta 生态形成的底层逻辑



资料来源: Chris Pruett, 国信证券经济研究所整理

图27: Meta 构建生态的三大平台



资料来源: Chris Pruett, 国信证券经济研究所整理

自 2019 年发布以来，Quest 内容平台收入已超 10 亿美元。截至 22 年 2 月，Quest Store 应用总数超 400 款，60%是游戏。其中，8 款内容超过 2000 万美元营收，14 款内容超过 1000 万美元营收，120+款内容超过 100 万美元。对比 2021 年 2 月，

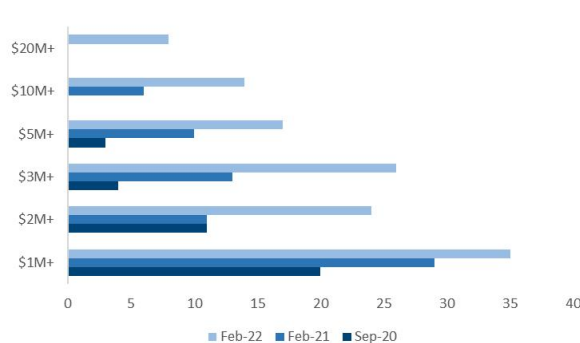
仅 60+款内容超过 100 万美元营收，数量实现翻倍。

图28: Quest 平均月度内容收入



资料来源: Meta Connect 2022, 国信证券经济研究所整理

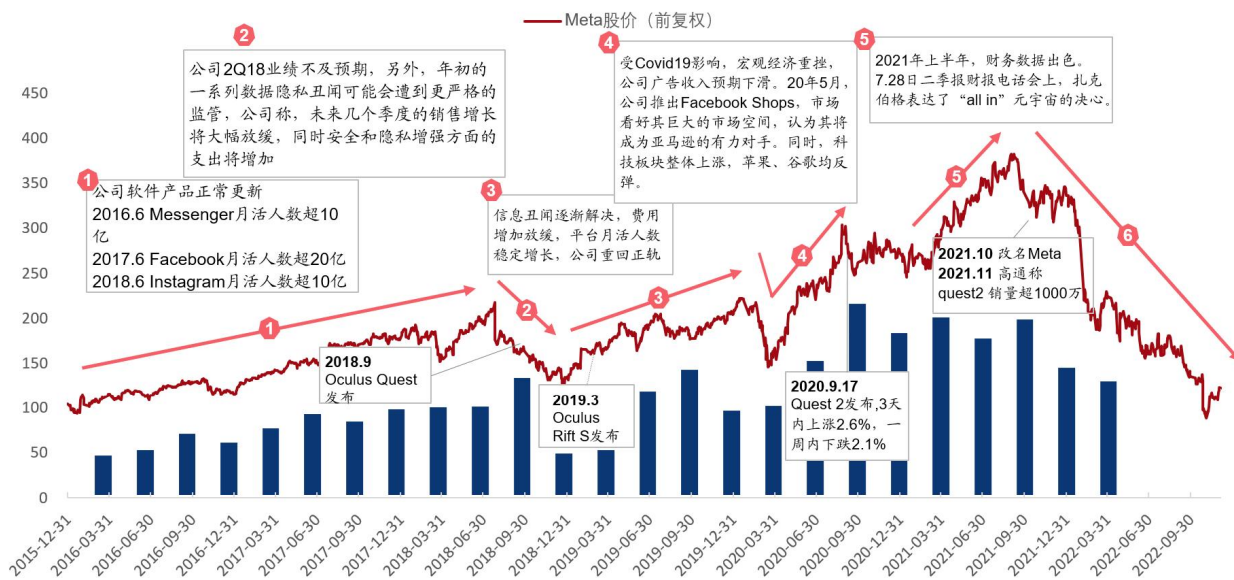
图29: Quest Store 应用容收入规模分布



资料来源: Chris Pruett, 国信证券经济研究所整理

但由于元宇宙项目持续亏损,对 Meta 股价而言是较大的压制因素。回顾 Meta2016 年至今的股价和净利润:2015-2018 年 6 月(①),公司围绕 Messenger、Facebook、Instagram 等核心产品推陈出新,广告收入及净利润稳步增长;2018 年 7 月-2019 年末(②③),公司一度深陷信息安全丑闻,随着监管问题得到妥善解决,公司净利润和股价回升;2020 年初-2020 年 9 月(④),受疫情环境下宏观经济不景气影响,公司广告收入下滑严重,随着 5 月公司推出 Facebook Shop 切入新领域,利润和股价回升;2021 年上半年(⑤),公司跟随行业 Beta 持续上涨,7 月,公司宣布 all in 元宇宙,股价在 2021 年 9 月 1 日达到历史高点 384.44 美元;2021 年 9 月至今(⑥),美股科技板块回落,美联储继续加息,公司元宇宙部门持续亏损,截至 12 月 13 日,Meta 距高点累计下跌 68.74%。

图30: Meta 股价走势复盘及当期净利润



资料来源: Meta, 华尔街日报, Seeking alpha, 国信证券经济研究所整理

Pico：国内销量领先，依靠字节跳动流量优势

从硬件角度而言，Pico 在 VR 一体机领域技术迭代速度领先。2016 年，Pico 发布了全球第一台搭载高通骁龙 820 的 VR 一体机 PICO Neo DK，它创新性的将手柄作为整个 VR 一体机的计算核心，将 SoC、内存和闪存集成在了“手柄”之上，然后把 VR 眼镜与手柄通过一根 Type-C 线进行连接，以此实现移动 VR 形态。2015 年 Pico 获得歌尔股份数千万元投资。2017 年，PICO 推出消费级 G 系列一体机 PICO Gobin（小怪兽）。同年发布的还有 Pico Tracking，帮助 VR 头显定位的追踪套件，它采用 Outside-in 定位方式，标志着 PICO 交互技术进入 6DoF 时代。2017 年 12 月，PICO 发布了 Pico Neo，是全球第一台量产的 Inside-Out 6DoF 一体机。

2021 年 8 月，字节跳动收购 Pico，技术迭代加速。2022 年 9 月，PICO 举办“不止想象”新品发布会，正式发布了新一代 6DoF Pancake VR 一体机 PICO 4 和 PICO 4 Pro，以及全新的内容生态战略，主打“运动、视频、娱乐、创造”四大场景。新硬件采用 Pancake 大幅降低硬件厚度、重量，支持眼动追踪、面部识别、裸手交互。

图31: Pico Neo DK



资料来源：VR 陀螺，国信证券经济研究所整理

图32: Pico4

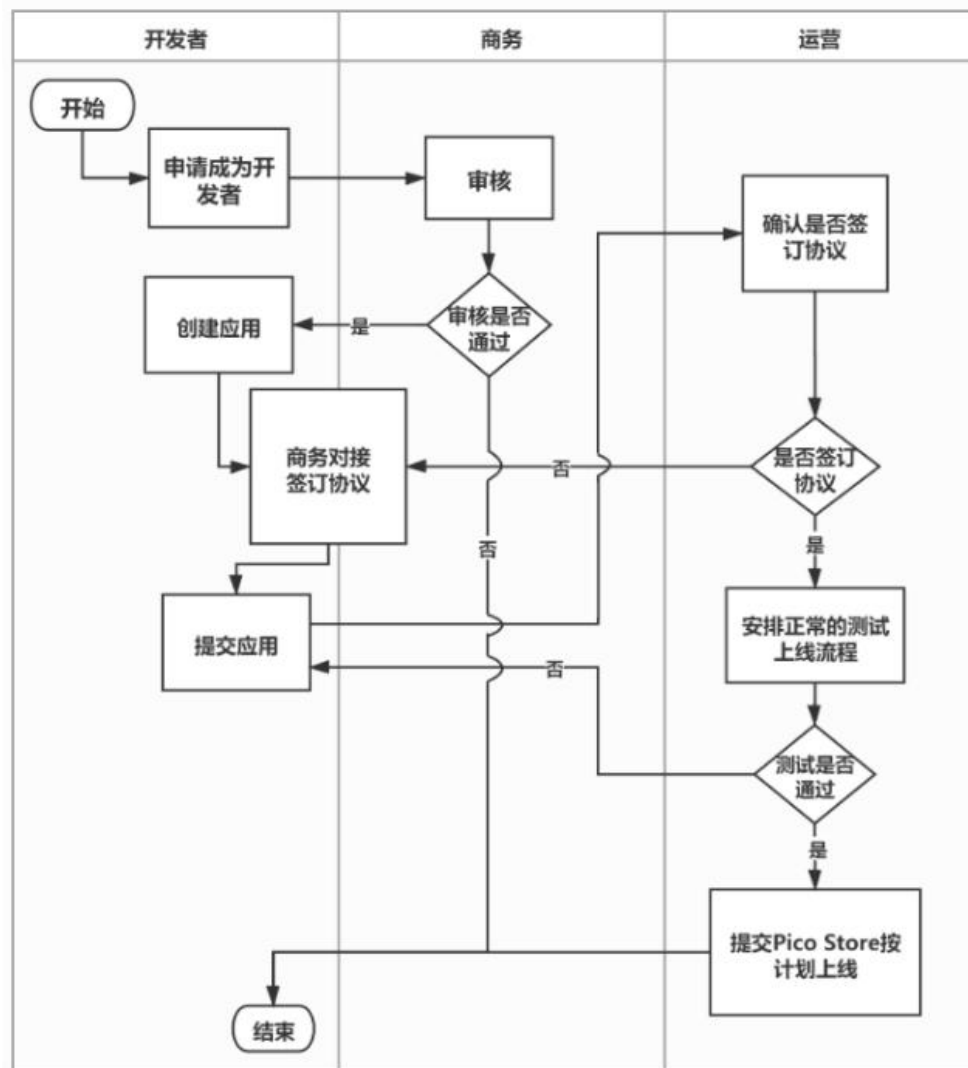


资料来源：VR 陀螺，国信证券经济研究所整理

软件方面，截至 22 年 3 月，Pico 总应用数 200 余款，其中游戏占比约 75%。Pico Store 主打精品策略，1H22 上线 42 款新作，大部分 VR 内容来自海外引入，国内作品仅占 7 款。Pico 缺乏重度游戏品类，Pico 占比最高的游戏类别是益智休闲类，高达 42%，其次为动作射击、冒险解密、运动健身等类目。Pico VR 90%以上内容付费，价格在 9 元-140 元之间，也明显低于 Quest Store 游戏。

游戏开发方面，尽管 Pico 有开放的环境，但尚未看到 Pico 公开层面的内容审核规则。Quest 为了避免出现“劣币驱逐良币”的利达雅式悲剧，建立了非常严格的审查机制，这也是 SideQuest 平台存在的意义。根据 Chris Pruett 的演讲，一个应用要上线，必备流程包括：1) 用不超过 3 张 PPT 来展示关于游戏的开发设想和规划；2) 平台内容团队对其进行审核，关注游戏的消费者价值，以及经济价值（以 10 美元价值为标准）；3) 通过后，游戏会被添加至 Oculus 开发者计划中，并配备专业的客户经理、工程团队进行协助，从游戏性能法分析、设计、制作等各方面进行优化、维护；4) 规划和推广游戏。一旦经过审核，Oculus 和第三方开发商就站在了同一战线，形成平台、开发商和消费者共赢的局面，而 Pico 相对缺乏共同开发的过程。

图33: Pico 应用平台内容管理流程



资料来源：Pico，亿睿洞察，国信证券经济研究所整理

Pico 强项在于视频内容制作。目前，字节已经将 PICO 和抖音平台打通，开启双端直播，用户可以通过手机端直接观看 VR 直播，也可以通过 VR 一体机观看。在内容端上将 PICO 与抖音进行联动，试图实现客户导流。

Meta 与 Pico 正在试图打破推广上的地域限制，行业竞争加剧，由于中国（除港、澳、台地区）无法访问 Facebook，Oculus 账号是与 Facebook 绑定的，因此 Oculus 几乎无法进入中国市场，而 Pico 在海外市场的渠道也不够成熟，从而形成了**两家互联网巨头 VR 产品近乎独立的在国内外开疆拓土的局面**。不过 2022 年以来，**格局开始打破**。22 年 1 月 Meta 公开招聘大中华区通讯经理，下半年在中国香港推出元宇宙试点计划，同时考虑与腾讯合作，由腾讯引入 Oculus Quest2。同年 9 月，PICO 召开全球新品发布会，领先国内，面向欧美、日韩、东南亚地区发布 PICO 4，对海外市场给予高度重视。Pico 3Q22 销量 23 万台，其中 Pico Neo3 为 19 万台，Pico4 为 2.4 万台。

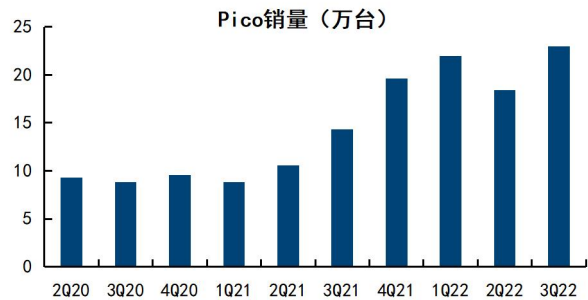
图34: Pico4 及企业版参数对比

Pico 4	499欧元	295g (不含绑带)	消费级机型
Pancake	105超广视角	2160*2160	
90Hz	1200PPI	骁龙XR2	
256G存储	8GB DDR4内存	5300mAh	
6DoF	裸手交互	瞳距无级调节	
Pico OS 5.0	消费级应用商店		

Pico 4 Enterprise	1400欧元	300g (不含绑带)	企业级机型
Pancake	105超广视角	2160*2160	
90Hz	1200PPI	骁龙XR2	
256G存储	8GB DDR5内存	5300mAh	
6DoF	裸手交互	眼动追踪和面部追踪	
企业级OS	企业应用套件	企业级服务	

资料来源：公司官网，国信证券经济研究所整理

图35: Pico 销量（万台）



资料来源：Counterpoint, Wellsenn XR, 国信证券经济研究所整理

HTC：主攻高性能专业化领域，PCVR 是强项

HTC VR 终端共分为 5 个系列，较强的是 PCVR 产品：1) **Vive Flow**：可折叠、机身紧凑、轻量级的 VIVE Flow 是一款便于随身携带的 VR 设备；2) **Vive Pro**：高性能 PC VR，主要面向狂热游戏玩家或资深专业人士；3) **Vive Focus**：一体机解决方案，为企业提供独立的 VR 解决方案，最新款 Focus3 售价 ¥9888；4) **Vive Cosmos**：翻盖设计 PC VR，Inside-out 版本售价 ¥5899，Outside-in 版本售价 ¥7988，提供更高精度交互；5) **Vive**：面向游戏玩家的主流消费级 PC VR，Outside-in 定位方案，售价 ¥4888。

2023 年 2 月，CES2023 是公司推出了首个 MR 产品，采用了高通骁龙 XR2 处理平台，LCD 屏支持单眼 2K 显示，支持眼动追踪和面部追踪，采用 Pancake 光学方案，眼镜形态可折叠，电池可拆卸，官方售价 1099 美元。性能对标 Oculus Pro 和尚未发售的苹果 MR，是 MR 领域的有力参与者。

图36: HTC 各系列 VR 产品一览

VIVE Flow	VIVE Focus系列	VIVE Pro系列	VIVE Cosmos系列	VIVE 配件
	Focus 3	Pro 2 专业版套装	Cosmos精英套装	追踪器 (3.0)
	Focus Plus	Pro 2 专业版头盔	Cosmos精英版头盔	面部追踪器
		Pro 专业版套装	Cosmos	无线升级套件
		Pro 专业版头盔		Focus 3 眼动追踪器
		Pro Eye		Focus 3 面部追踪器

资料来源：HTC 官网，国信证券经济研究所整理

图37: CES2023



资料来源：HTC 官网，国信证券经济研究所整理

HTC 和 Oculus 追踪技术非常相似，都来自于 Valve。Oculus 最早是获得了 Steam 母公司 Valve 的支持，使用了 Valve 的 6DoF 追踪技术。2014 年，Oculus 被收购，Valve 和 Oculus 出现意见分歧，Valve 带着核心追踪技术转而与 HTC 合作。HTC

不仅给 SteamVR 提供硬件，也有自己的 VR 应用商店 Vive port，元宇宙方面推出了 Viverse 套件，包括 NFT 购物平台 Vive Bytes、音乐平台 Beatday，社交平台 VRChat，会议平台 Engage，远程协作和虚拟会议平台 Vive Sync，NFT 艺术交易平台 Vive Arts。

图38: HTC Vive 生态版图



资料来源: HTC, VR 陀螺, 国信证券经济研究所整理

HTC 还基于自身定位算法优势积极向 VR 内容生产端硬件拓展。22 年下半年，HTC 推出其虚拟制作系统“VIVE Mars CamTrack”，该方案通过将实体摄影机的位置追踪工作流程整合到一个具备专业级效果的实时渲染引擎中，整个虚拟制片过程将变得更快捷、更简单、更经济。VIVE Mars CamTrack 是一个虚拟制作系统，在获取摄像机跟踪信息的同时，以 3D 形式实时合成真人演员和背景 CG 数据。通过利用 HTC 现有的产品，如 VIVE Tracker，可以提供一个即使是小型制作工作室也可以轻松制作的环境。

图39: VIVE Mars CamTrack



资料来源: 公司官网, 国信证券经济研究所整理

PS VR：游戏主机厂硬件升级慢，3A 大作丰富且注重体验感

索尼的 PS VR 技术更新迭代速度较慢，2016 年 10 月 PS VR 开始发售，比 Rift 和 Vive 大概晚六个月。即便如此，从参数上看 PSVR 离前面两款仍有差距，单眼分辨率 1080×960 低于 Vive 和 Rift 1080×1020，定位系统也有明显缺陷，重量也比 Rift 高了 200g，但是 PSVR 使用了 OLED 屏幕、更高的刷新率、更领先的人体工学设计，以及最重要的 PS4 主机内容支持，使得其销量表现不俗。根据 SuperData

Research 估计，2016 年，HTC 销售了 42 万台 Vives，而 Oculus 销售了 24.3 万台 Rift 头盔，PSVR 在上市三个月内销量就达到 74.5 万台。2017 年 12 月，索尼公布 PS VR 的全球销量，突破 200 万台，2019 年底，全世界累计销量 500 万台。

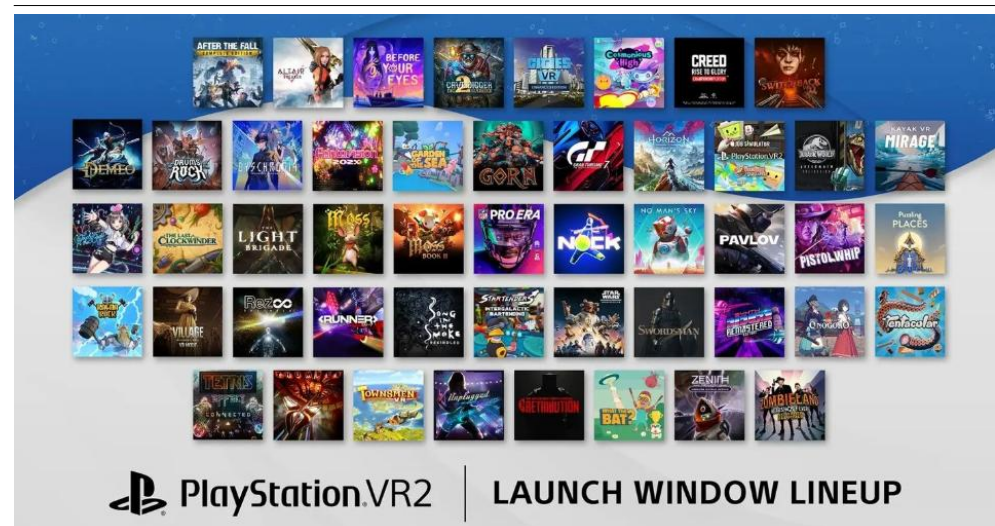
时隔 7 年，公司 2023 年 2 月全球发售 PS VR2。基础套装标价 549.99 美元。首发内容包括《地平线：山之呼唤》、《生化危机 8》、《The Walking Dead: Saints & Sinners - Chapter 2: Retribution》、nDreams 的《Fracked》、Fast Travel Games 的《Apex Construct》、Coatsink 的《Phogs》和《Cake Bash》等合计 37 款游戏。

表3: PSVR1 VS PSVR2

	PS VR	PS VR2
外观		
发布时间	2013	2022
产品类型	PCVR	PCVR
芯片		
光学	透镜类型	
FOV（视场角）	100	110
屏幕	OLED	OLED
显示	分辨率（单眼）	2000×2040 HDR+注视点渲染
刷新率（Hz）	90-120	90-120
交互	头部 DOF	3
手柄 DOF	3	3
空间定位	Outside-in	Inside-out
重量（g）	610	
价格（美元）	500（不包括 Playstation Camera）	549.99
其他	DualSense 手柄，适配 PS4、PS5	头显反馈、3D 音频、PS VR2 Sense 控制器（带有震动反馈和自适应扳机），仅适配 PS5

资料来源：索尼，国信证券经济研究所整理

图40: 发布前索尼公告的游戏阵容



资料来源：索尼，国信证券经济研究所整理

苹果：预计 23 年 WWDC 开发者大会发布首款 VR/MR 眼镜

23 年 3 月 30 日，苹果宣布将于北京时间 2023 年 6 月 6 日至 10 日，以线上形式举行年度全球开发者大会（WWDC），WWDC23 面向所有开发者免费开放，旨在展示 iOS、iPadOS、macOS、watchOS 和 tvOS 的前沿创新，同时开发者们也可以在活动中与苹果的工程师进行交流，深入了解新技术和工具，以更好地实现愿景。从邀请函的设计来看，图案类似于 VR 头显的光学透镜，市场猜测本次 WWDC 将发布首款 MR 眼镜。

图41：苹果 WWDC23 邀请函



资料来源：苹果，国信证券经济研究所整理

三月下旬，苹果内部在乔布斯剧院向公司 100 位高管展示了苹果首款 MR 设备，主要有四大看点：一键切换 VR/AR 模式、眼动追踪及手部追踪功能（无额外控制器）、视频会议功能（用户拥有全身追踪渲染）、作为外接生产力工具（空气键盘）。目前，市场普遍预计这款产品售价将达到 3000 美金以上，未来的增长曲线大概率会如同 Apple Watch 一样，低开高走，逐步培养大众消费习惯，并占据该赛道大多数份额。

表4：苹果 MR 眼镜配置预测

最新渲染图	（预测）	参数	配置（预测）
		产品名称	Reality Pro
		产品代号	N301
		光学方案	Pancake+Micro OLED
		芯片	主 SoC 基于 M2 打造一颗专用的图像信号处理器
		屈光度调节	后配镜片
		FoV	120
		电池	外置可换，单次使用两小时
		操作系统	Xr OS
		屏幕分辨率	内屏单眼 4K（索尼）
		RAM	16G
		IPD	自动 IPD 调节
		其他特性	眼动追踪、面部识别、手势识别

资料来源：ZoneofTech，国信证券经济研究所整理

其他品牌：市占率相近，全球 Top10 有 7 家为中国企业

NOL0（北京凌宇智控科技有限公司）：成立于 2015 年，核心班底由中科院博士领衔的技术专家组成，研发团队来自华为、小米、索尼、爱立信等全球顶尖公司。公司目前已经拥有 200 余项全球行业技术专利，专利覆盖超过 12 个主流国家。NOL0 目前已经发布产品有 NOL0 Sonic VR 一体机、NOL0 X1 一体机；NOL0 M1 手柄、NOL0 CV1 Air、NOL0 CV1 Pro、C1 交互套件以及 NOL0 N2、NOL0 RX1500 交互组件。

DPVR（大朋 VR）：2015 年由陈朝阳及其团队创立，是国际领先的软硬件一体化的全栈 XR 技术与产品公司，致力于建设元宇宙的基础设施，并在其中打造更加富有效率的交互内容和形式，客户遍及海外 40+ 国家，服务全球 13000+ 开发者。

图42: DPVR 产品一览



资料来源：艾邦 VR 商业资讯，国信证券经济研究所整理

爱奇艺：公司成立于 2016 年 12 月，是一家由爱奇艺内部孵化、独立运营，专注于虚拟现实技术、产品与内容研发的科技企业。公司总部位于北京，自成立以来，公司即围绕 VR 技术、硬件、内容展开全面布局，截止目前，梦想绽放已先后推出了奇遇 1、奇遇 2、奇遇 3、奇遇 Dream、小阅悦等系列 VR 产品。

小派科技：主要产品为小派 5K、8K（Pimax 5K、8K Series）系列 VR 高端头显设备，主打高性能 PC VR 头显，小派目前拥有数十项全球领先的专利技术，其 VR 头显的一大优势是良好的屏幕表现素质。

图43: 小派科技产品一览

	Vision 8K X	Vision 8K Plus	Vision 5K Super	Artisan
核心特点	顶配PC VR头显, 具备原生双4K分辨率, 几乎消除了纱窗效应	与Vision 8K X区别在于采用插值法达到双4K分辨率, 有效缓解纱窗效应	刷新率最高可达到180Hz, 是普通头显的2倍, 动态画质丝滑流畅	性价比之选, 性能超越普通VR头显, 价格与之持平
分辨率	3840*2160*2	3840*2160*2	2560*1440*2	1700*1440*2
视场角(对角)	200°	200°	200°	170°
发布时间	2020年	2019年	2020年	2020年
价格	1299\$	999\$	799\$	449\$

资料来源: 艾邦 VR 商业资讯, 国信证券经济研究所整理

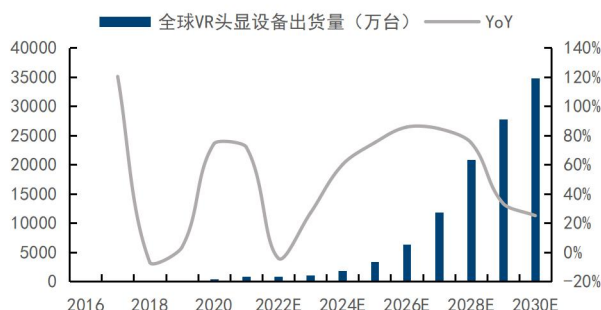
创维: 创维集团布局虚拟现实和增强现实产业的子公司, 国内唯一的一家上市的VR 终端厂商。团队均拥有 10 年以上相关产品研发经验。目前, 创维 VR 已申请过百项虚拟现实和增强现实相关专利, 研发量产多款 VR 头戴显示设备产品, 参与了多项虚拟现实国标和行业标准的制定, 已承担国家重点研发计划“科技冬奥”重点专项课题“VR 交互式智能终端与系统”。目前拥有 VR 一体机产品 S6、S802、V901 等。

弱交互领域竞争激烈, 远期 MR 产生生产力

优先布局弱交互场景, 国内厂商不落下风

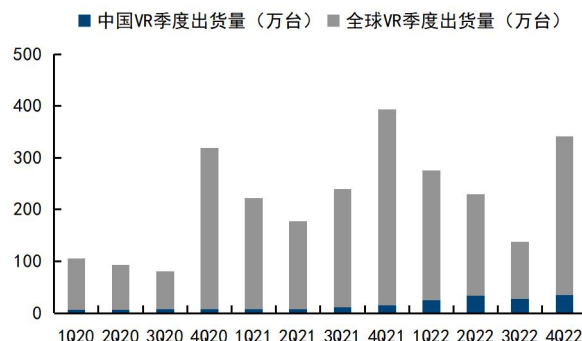
根据 WellSenn XR 数据, 2021 年全球 VR 出货量达到 1029 万部, 同比增长 72.4%。2022 年受 Quest 2 涨价, 以及全球经济增速放缓压制民众消费意愿影响, VR 出货量将同比下降 4%至 986 万部。WellSenn XR 预计 2025 年全球 VR 出货量有望达到 3500 万部 (21-25 年 CAGR 42.38%)。其中, 国内的 VR 销售量占全球比例正快速上升, 4Q22 国内出货量占全球 11.29%。

图44: 全球 VR 头显出货量及预测



资料来源: WellSenn XR, 国信证券经济研究所整理

图45: 全球 VR 头显季度出货量

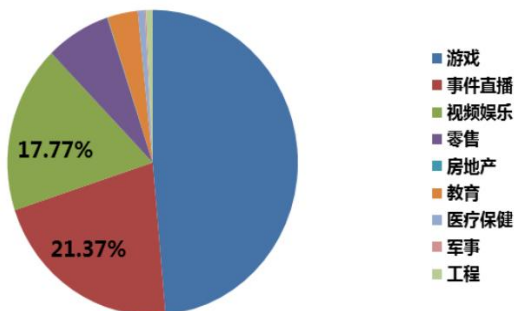


资料来源: WellSenn XR, 国信证券经济研究所整理

华为认为在 VR 的诸多关键技术和应用形态中, 基于全景视频技术的 VR 360 视频将成为最先繁荣的在线应用。而 VR360 视频又分为弱交互和强交互, 直播和短视

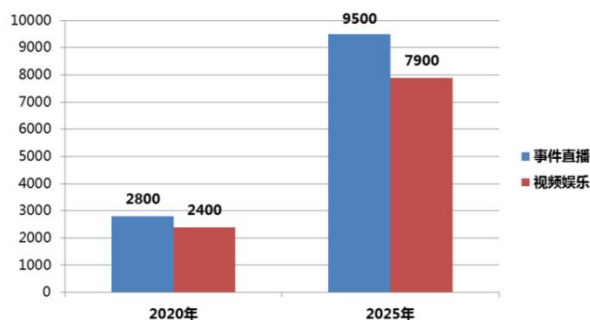
频都属于弱交互，即用户只能被动的体验录好的视频，无法与环境互动。根据高盛 2016 年发布的 VR/AR 产业报告，基于 360 全景技术的 VR 事件直播和 VR 视频娱乐到 2020 年将拥有 5200 万用户，其中事件直播 2400 万，视频娱乐 2800 万，占 VR 应用领域全部预期用户 13000 万的 40%，而到了 2025 年，VR360 视频的用户群将达到 17400 万，其中事件直播 9500 万，视频娱乐 7900 万。

图46: 2016 年基于 VR360 的视频用户群占比约 40%



资料来源：华为技术有限公司，国信证券经济研究所整理

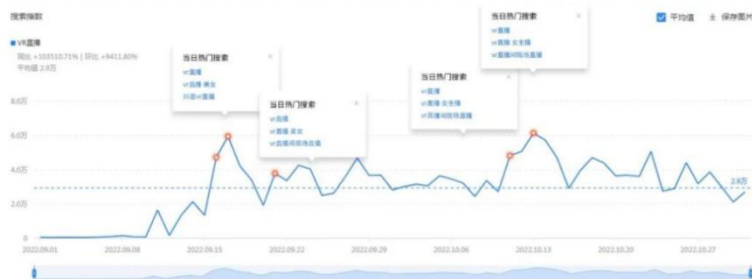
图47: VR360 视频用户群（万人）



资料来源：华为技术有限公司，国信证券经济研究所整理

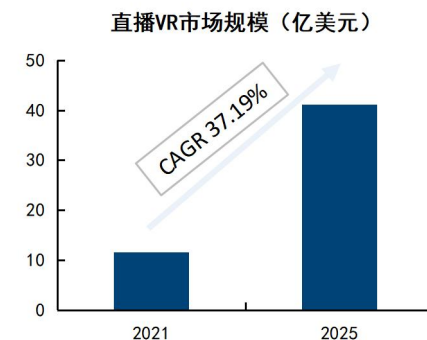
赛迪顾问统计数据显示,2021-2025 全球 VR 直播规模将从 11.61 亿美元增至 41.13 亿美元, CAGR 达 37.19%。2022 年 6 月 8 日, PICO 在其内容生态里上线了才艺直播。10 月左右, PICO 的才艺直播陆续出现在安卓和 ios 端的抖音。据巨量算数显示, 关键词“VR 直播”自 9 月 15 日开始, 在抖音的搜索指数水平明显提升, 就一举突破了 9 月和 10 月的 2.9 万平均值, 单日峰值最高达到 6.1 万。

图48: “VR 直播” 抖音搜索指数



资料来源：巨量算数，国信证券经济研究所整理

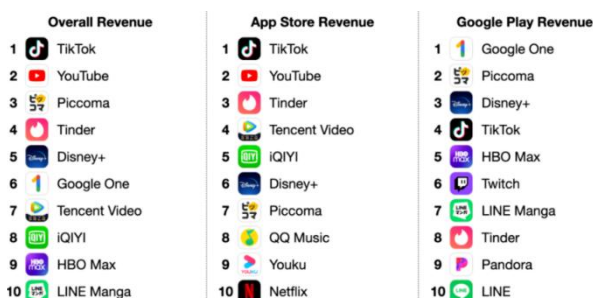
图49: 全球 VR 直播市场规模



资料来源：赛迪顾问，国信证券经济研究所整理

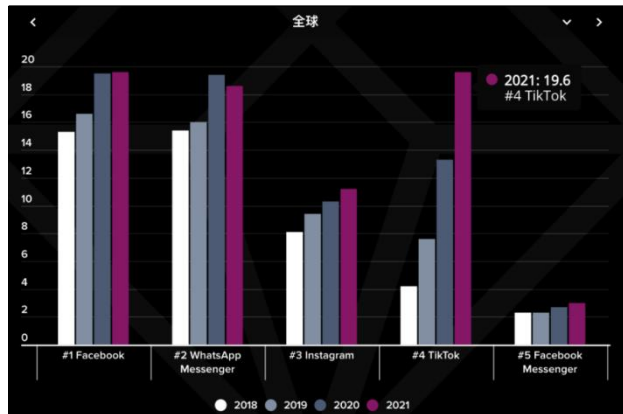
TikTok 目前仍是全球短视频行业的领头羊, 并且拥有深度的用户参与和年轻的用户群体。根据 App Annie 发布的《2022 年移动市场报告》, TikTok 居于按使用时长排名的社交应用 Top5, 其用户月均使用时长在 2021 年达 19.6 小时。TikTok 是第一款真正意义上实现全球化的中国互联网产品, 数据公司 Sensor Tower 的数据显示, 2021 年, TikTok 在苹果应用商店的总下载量和总收入榜单中均居于首位。在短视频、直播领域, TikTok 全球影响力丝毫不输 Meta、Google。

图50: Apple Store 下载次数&营收排名



资料来源: App Annie, 国信证券经济研究所整理

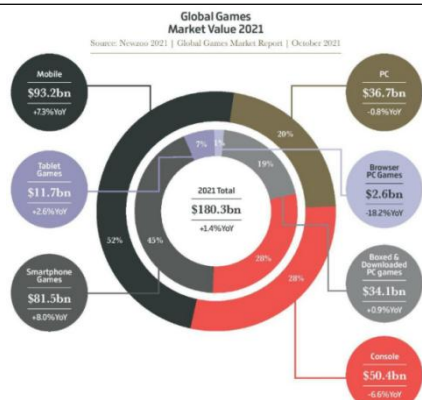
图51: 总使用时长 Top5 社交应用的用户月均使用时长(小时)



资料来源: App Annie, 国信证券经济研究所整理

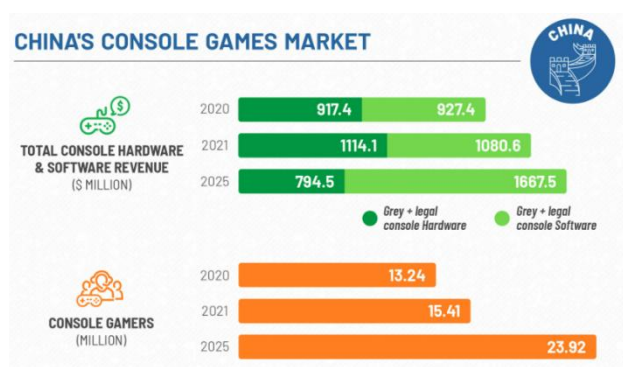
中期我们看好 3A 大作推动 VR 设备成为主流主机游戏设备之一。主机游戏市场规模仅次于手游, 根据 Games Industry 数据, 2021 年全球游戏收入 1803 亿美元, 其中主机游戏收入 504 亿美元, 同比降低 6.6%, 占比 28%, 仅次于手机游戏。根据 Niko Partner 统计, 截止至 2021 年, 中国主机游戏市场规模已经达到 21.6 亿美元, 同比增长 16.7%, 预计未来会保持高速增长, 在 2026 年达到 25.3 亿美元, 玩家数量则同比增长 18.3% 至 1590 万人, 预计 2026 年将达到 2700 万人。

图52: 截至 21 年 12 月中国分品牌主机游戏市场份额及渗透率



资料来源: GamesIndustry, 国信证券经济研究所整理

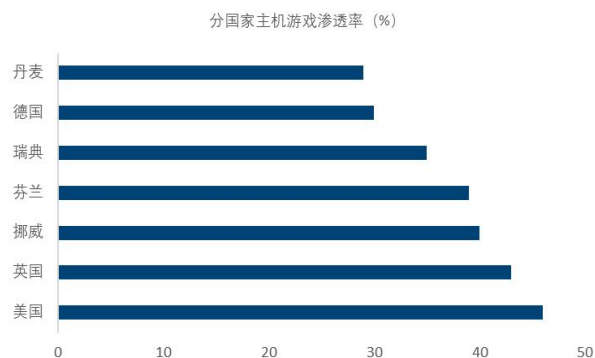
图53: 中国主机游戏人数及市场



资料来源: Niko, 国信证券经济研究所整理

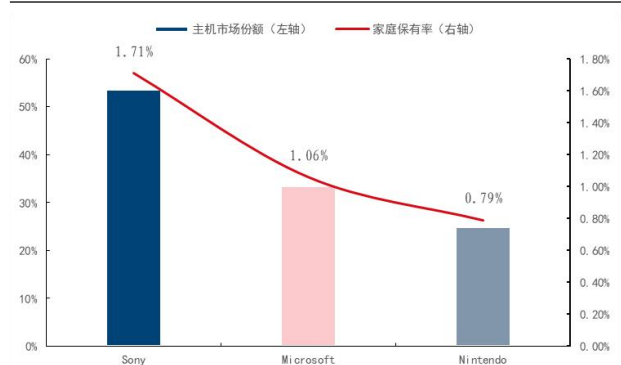
国内主机渗透率明显低于全球平均水平。根据 CCdata 数据, 截止 2021 年 12 月, 中国主流家用游戏主机总体渗透率达到 3.57%, 远低于美欧发达国家近 50% 的渗透率, 未来中国有望成为 VR 主机游戏设备增速最快的市场。

图54: 分国家主机游戏渗透率



资料来源: Statista, 国信证券经济研究所整理

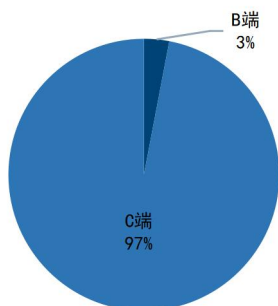
图55: 中国主机游戏渗透率



资料来源: CCData, 国信证券经济研究所整理

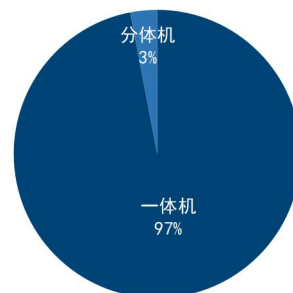
长期我们看好电影制作、医疗、教育等 toB 应用，从游戏终端升级为生产力工具。2022 年 97% 的 VR 为消费端市场出货，仅 3% 头显为 B 端场景出货，B 端场景主要集中在教育培训、线下游艺、文旅党建等领域，VR 产业部分实现了 B 端到 C 端市场的跨越。值得注意的是，2022 年全球 VR 出货产品的形态与该数字高度一致，分体式占比 3%，一体式占比 97%，我们认为 B 端用户要求产品性能更强、续航更长，或是在某种性能上要求极为苛刻，但是便携性上要求较低，从而给分体式 VR 留下了稳定的市场空间。

图56: 2022 年全球出货 VR 设备目标市场



资料来源: wellsens XR, 国信证券经济研究所整理

图57: 2022 年全球出货 VR 设备形态



资料来源: wellsens XR, 国信证券经济研究所整理

VR 在医疗领域已经展现出了较强的生产力和必要性。用途包括医疗教育（模拟手术、360 度手术直播、同理心教育）、患者辅助治疗（减轻慢性患病者痛苦、部分代替阿片类止痛药、自闭症治疗）、临床研究（模拟实验环境、疫苗开发）等。Research And Markets 报告显示，医疗保健领域的 AR 和 VR 市场规模 2021 年接近 27 亿美元，有望到 2027 年 D 该市场增长 3.5 倍，达到 97.9 亿美元。

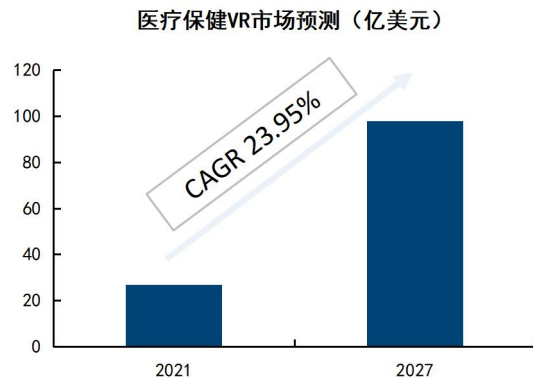
而国内目前的医疗 VR 还集中于远程问诊、探视、镇痛等领域。2022 年 8 月，全球领先的 VR 医疗初创企业 Fundamental VR 完成 2000 万美元 B 轮融资，其累计融资额度达到 3000 万元。该公司发行了一种可以在 VR 头显上运行的外科手术模拟软件。用户配合使用 VR 头显和手持触觉工具，就可以获得手术的沉浸式体验。借助这种软件，外科医生可以利用 VR 进行模拟手术训练，并收到虚拟骨骼或虚拟肉体的触感反馈。

图58: Fundamental VR 开发医疗模拟软件



资料来源：智东西，华尔街日报，国信证券经济研究所整理

图59: 全球医疗保健 VR 市场份额



资料来源：Research and markets，国信证券经济研究所整理

教育方面，政策密集出台，展现出国内对于教育信息化的支持。《中国教育现代化 2035》提出推动各级教育高水平高质量普及、实现基本公共教育服务均等化等战略任务，对于线上教育的重视提升。2022 年 9 月，中央制定“千亿政策贴息+专项再贷款”组合拳，重点支持理论学习与实训操作的教育设备升级改造，推进高校、职校教育数字化转型。按照中国移动“4G 改变生活、5G 改变社会”的 5G 产业意义解读，在教育市场 5G 会带来“真实体验式”教育的全面升级，并为远程 VR 教育提供坚实的基础设施。

表5: VR 相关教育政策梳理

政策发布时间	政策名称	内容
2016. 03	《国民经济和社会发展第十三个五年计划（2016-2020 年）规划纲要》	首次提出虚拟现实，明确未来将大力扶持虚拟现实技术，使其成为一个重要的经济增长点
2017. 01	《国家教育事业发展规划“十三五”规划》	支持各级各类学校建设智慧校园，综合利用互联网、大数据、人工智能和虚拟现实技术探索未来教育教学新模式。
2018. 03	《教师教育振兴行动计划（2018-2022 年）》	提出充分利用云计算、大数据、虚拟现实、人工智能等新技术，推动以自主、合作、探究为主要特征的教学方式变革。
2018. 04	《中小学数字校园建设规范》	利用云计算、大数据、物联网、移动通讯、人工智能等信息技术，实现从基础设施（网络、终端、教室等）、资源（教材、图书、讲义等）到应用（学习、教学、管理、生活等）的数字化。促进信息技术与教育教学实践的深度融合，实现信息化教学的常态化与创新发展。
2018. 09	《关于发展数字经济稳定并扩大就业的指导意见》	提出创新人才培养培训方式，积极采用移动技术、互联网、虚拟现实与增强现实、人机互动等数字化教学培训手段
2019. 03	《2018 年国家虚拟仿真实验学校项目认定结果的通知》	各省级教育行政部门和有关高校要加强对虚拟仿真实验教学项目建设工作的领导，加大建设力度，加快机制创新，推进广泛应用，持续提高实践教学质量，促进高等教育内涵式发展
2019. 03	《2019 年教育信息化和网络安全工作要点》	提出要培养提升教师和学生的信息素养，推动大数据、虚拟现实、人工智能等新技术在教育教学中的深入应用。
2019. 04	关于实施全国中小学教师信息技术应用能力提升工程 2.0 的意见	到 2022 年，基本实现“三提升一全面”的总体发展目标：校长信息化领导力、教师信息化教学能力、培训团队信息化指导能力显著提升，全面促进信息技术与教育教学融合创新发展
2019. 06	《关于职业院校专业人才培养方案制订与实施工作的指导意见》	该意见中提出要推进信息技术与教学有机融合，从而全面提升人工智能、虚拟现实等现代信息技术在教育教学中广泛应用
2019. 10	《关于教育支持社会服务产业发展提高紧缺人才培养培训质量的意见》	加快培养家庭服务机器人、健康监测、家用智能监控等健康养老、家政服务领域智能设施设备的研发制造人才，促进人工智能技术、虚拟现实（VR）技术、智能硬件、新材料等在社会服务业深度应用。
2019. 11	《关于加强和改进中小学实验教学的意见》	注重加强实验教学与多学科融合教育、编程教育、创客教育、人工智能教育、社会实践等有机融合，有条件的地区可以开发地方课程和校本课程
2020. 07	《职业院校数字校园规范》	以互联网、大数据、云计算、物联网、人工智能、5G、VR/AR、区块链等各类信息技术的应用为基础，数字化、网络化与智能化渗透在教育教学、实习实训、学校管理、文化传承、校园生活和社会服务等各方面
2020. 09	《职业教育提质培优行动计划（2020——2023 年）》	鼓励职业学校利用现代信息技术推动人才培养模式改革，满足学生的多样化学习需求，大力推进“互联网+”“智能+”教育新形态，推动教育教学变革创新。遴选 100 个左右示范性虚拟仿真实训基地。

表5: VR 相关教育政策梳理

政策发布时间	政策名称	内容
2020. 12	《关于推动公共实训基地共建共享的指导意见》	鼓励在公共实训基地开展新产业、新技术、新业态培训,推动虚拟现实(VR)、增强现实(AR)人工智能(AI)和电子商务的应用
2021. 01	《支持康复辅助器具产业国家综合创新试点工作政策措施清单	支持试点地区的高等学校、科研院所开展生物医用材料、仿生学、机器人、虚拟现实、人工智能、康复医学等相关领域的基础研究和科学前沿探索
2021. 03	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》	推动三维图形生成、动态环境建模、实时动作捕捉、快速渲染等技术创新,发展虚拟现实整机、感知交互、内容采集制作等设备和开放工具软件、行业解决方案
2021. 05	《关于开展出版业科技与标准创新示范项目试点工作的通知》	重点聚焦大数据、人工智能、区块链、云计算、物联网、虚拟现实和增强现实等新技术在出版领域的创新研究
2022. 09	国务院常务会议	明确提出了对高校、职业院校和实训基地等 10 大领域设备购置与更新改造新增贷款,实施阶段性鼓励政策。中央财政将贴息 2.5 个百分点,期限 2 年,贷款申请要求 2022 年 12 月 31 日前签订贷款协议且支付设备采购首批贷款

资料来源: 弈码升科技, 国信证券经济研究所整理

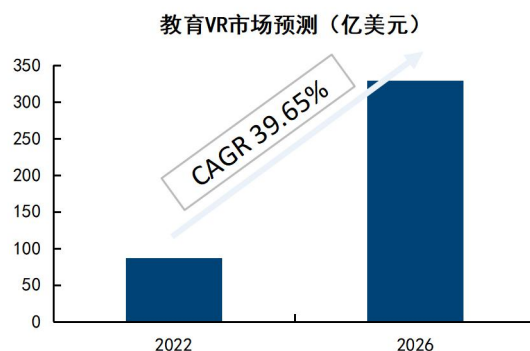
VR 教育投入涉及硬件、软件和空间建设费用,这对于大多数中小学,都是不小的资金压力。另外,内容端建设问题也是阻碍 VR 在教育中大规模应用的障碍之一,包括不专业、无体系、难拓展、难维护等。因此,VR 教室目前仍以“教学科研”的性质为主。我们预计,随着 VR 产业规模化效应出现,成本下降至一般“PC 教室”成本水平,内容端建设初成体系时,VR 教育投资将迎来大规模放量。据 Research and markets 数据,全球教育虚拟现实市场预计将从 2021 年的 63.7 亿美元同比增长 36%到 2022 年的 86.6 亿美元。预计到 2026 年市场将达到 329.4 亿美元,CAGR 为 39.7%。

图60: eSPECT 多人教学实训 VR 系统



资料来源: VR 陀螺, 国信证券经济研究所整理

图61: 全球 VR 教育市场规模



资料来源: Research and markets, 国信证券经济研究所整理

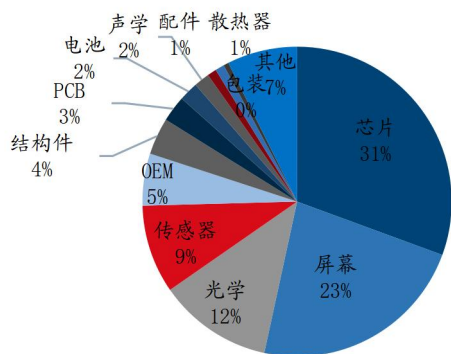
ODM 厂商纷纷布局, 硬件成本中芯片和屏幕成本占比最高

VR 产业链从上游主要包括: 芯片、光学模组、面板、PCB、结构件、电池、传感器、摄像头等核心器件,中游为 OEM 厂商,下游为 Oculus、Pico 等终端厂商。就上游产业链而言,芯片、屏幕成本占比最大,光学模组为核心技术迭代领域。

以 Pico4 为例,根据维深 wellseenn XR 的统计,Pico4 VR 一体机 8+128G 版的 BOM 成本约为 348.255 美元,综合硬件成本约为 368.25 美元,按美元汇率为 7 计算,Pico 4 税后综合成本约为 2913 元。其中,芯片成本最高,约为 116.45 美元,占比 31%,屏幕成本为 84 美元,占比 23%,光学成本 44 美元,占比 12%,传感器成本约为 34 美元,占比 9%,ODM/OEM 成本约为 20 美元,占比为 5%,结构件成本 14.2 美元,占比为 4%。

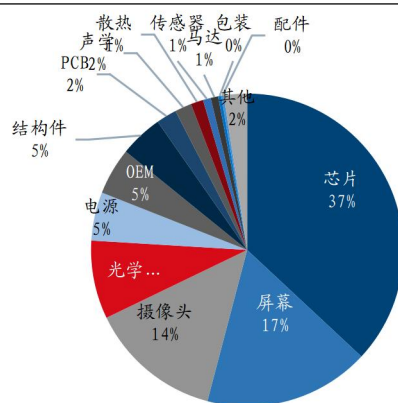
售价 1500 美金 Quest Pro 是目前最贵的 VR 头显，由于交互功能升级，摄像头成本超过光学模组，根据 WellSenn XR 数据，Quest Pro BOM 成本约为 587.6 美元，综合硬件成本约为 617.6 美元，是 Quest 2 的两倍以上。芯片成本最高，约 228 美元，占比 37%，屏幕成本约 106 美元，占比 17%；摄像头成本约 80 美元，占比约为 14%，光学成本约 50 美元，占比 8%，电池电源成本 31 美元，占比 5%，ODM/OEM 成本约 30 美元，占比约为 5%，结构件成本约 27.5 美元，占比为 5%。

图62: Pico4 成本拆解



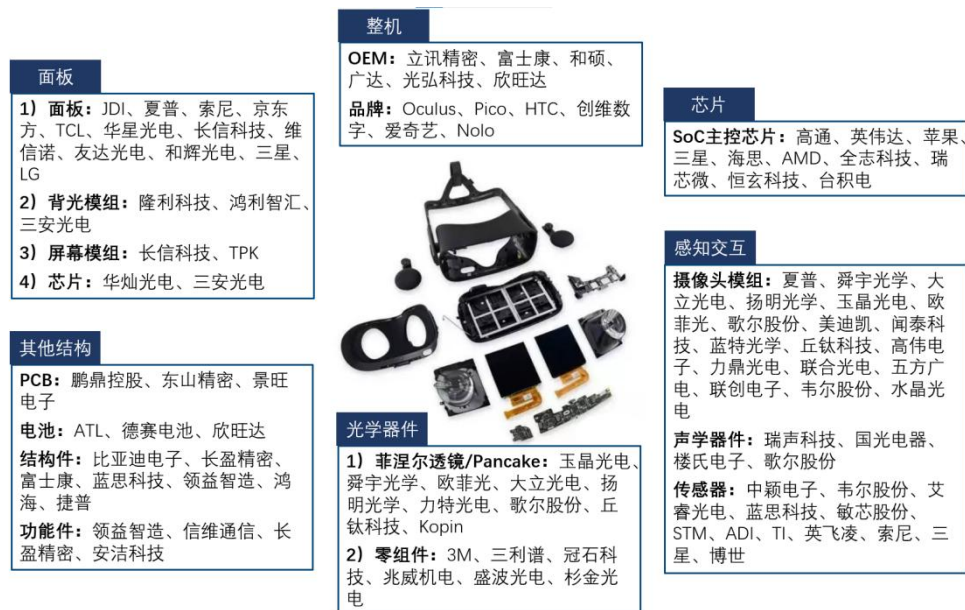
资料来源：VR 陀螺，国信证券经济研究所整理

图63: Quest Pro 成本拆解



资料来源：VR 陀螺，国信证券经济研究所整理

图64: VR 行业产业链



资料来源：小财牛，慧博资讯，国信证券经济研究所整理

组装环节产业链公司梳理：

表6: VR ODM 厂商梳理

公司	简介	客户
歌尔股份 (002241. SZ)	歌尔股份已布局显示系统、传感器、光学元件、电池与结构件、模组、整机代工等环节，实力优势显著。目前全球中高端 VR 设备 70% 由歌尔设计生产。	索尼、Meta、PICO、爱奇艺、华为、三星
广达 (2382. TW)	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。经过数年的经营布局，AR 头戴显示与关键光机模块的产线建设皆已经完成并且批量出货，广达在核心芯片、光波导与品牌厂商，也都有深入耕耘，目标是在 AR/VR 应用领域取得领先。	Meta、微软、谷歌、Lumus
和硕 (4938. TW)	是华硕的子公司。和硕早在 5~6 年前就承接 AR/VR 眼镜订单。近日，3M 公司联合和硕，开发了一款基于短焦光学方案的 VR 参考设计：VX6。量产准备工作预计在 2021 年底完成。	微软、谷歌、苹果
闻泰科技 (600745. SH)	闻泰为全球手机、平板电脑、笔记本电脑、AR/VR、汽车电子、智能硬件品牌科技提供高中低端产品 ADM（研发与智造）服务	高通、暴风魔镜、创维
亿境 EmdoorVR	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。ODM 业务包括 VR 一体机硬件方案与整机定制、超薄 VR 眼镜硬件方案与整机定制、分体式 AR 眼镜硬件方案与整机定制、运算单元方案与整机定制等业务。	爱奇艺、微软
创通联达	创通联达由中科联达软件股份有限公司与美国高通公司在 2016 年共同出资设立，依托高通全球领先的芯片技术，以及中科联达强大的操作系统技术和本地化服务能力，创通联达在智能相机、机器人、虚拟现实设备、可穿戴设备、无人机、医疗设备及工业物联网等智能硬件领域不断深耕。	高通
华勤	华勤 2017 年底获得英特尔投资的战略投资。表示将在增强现实与虚拟现实（AR/VR）领域寻求突破。目前可实现小批量供货。	-
龙旗		小米、爱奇艺、Facebook
立讯精密 (002475. SZ)	AR、VR 是消费电子中重要的产品线，无论是零件还是整机，都有所布局，目前相关业务进展顺利。	苹果
富士康		大朋、蚁视、谷歌
领益智造 (002600. SZ)	今年 8 月，领益智造旗下苏州领益智精密开业，旨在为国际大客户提供 AR/VR 业务方向的全方位服务，AR/VR 有望成为领益智造打造的新行业增长点。	-
欣旺达 (300207. SZ)	公司目前有 VR 技术研发团队，重点聚焦在工程创新方面，如 VR 力触觉交互产品的研发与应用上，其次公司有做 VR 代工，主要是做 VR 眼镜及相关外设配件，如 VR 头盔、手柄、电池及一体化代工。	暴风魔镜、掌网科技、华为

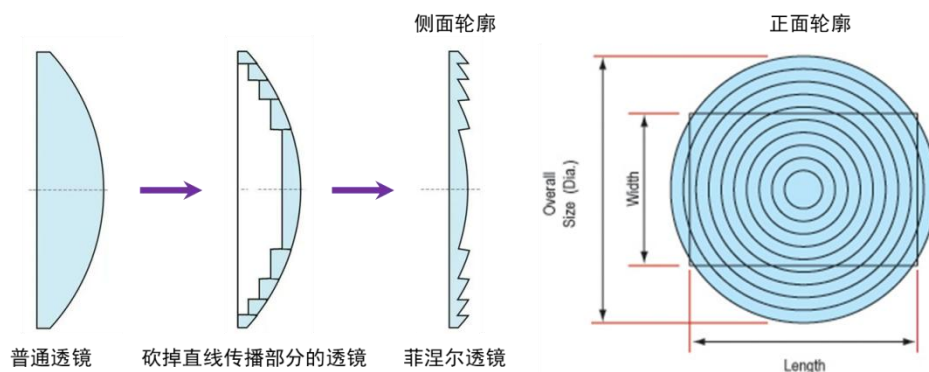
资料来源：艾邦 VR 产业资讯，国信证券经济研究所整理

光学模组：长期围绕轻、薄、高质量成像发展

Pancake 已成确定性技术方向

VR 光学先后经历了非球面透镜、菲涅尔透镜和 Pancake 折叠光路三个阶段。菲涅尔透镜（Fresnel Lenses）具有低成本和可控的成像质量优势，Oculus Quest 2、Pico Neo 3、惠普 Reverb G2 和爱奇艺奇遇 3 等均为该光学方案的代表性产品。其设计原理是去掉光在透镜中直线传播的部分，只保留用来折射光线的透镜曲面，在保留常规透镜光学特征的同时，大幅压缩镜片厚度，实现镜片的轻量化。然而，由于该方案需要将屏幕放置在透镜的近焦面处，因此透镜与屏幕之间的距离较长，导致整个光学模组的体积较大。此外，由于菲涅尔透镜采用单层镜片设计，其物理性导致了成像边缘模糊、易产生畸变，以及无法调节屈光度等问题。

图65: 菲涅尔透镜结构示意图



资料来源：OLED Display, Edmundoptics, 国信证券经济研究所整理

在此背景下，Pancake 光学方案应运而生，并逐渐成为消费级 VR 光学的发展与进化方向。该方案基于折叠光路的原理，不仅能实现超短的光学对焦成像，从而极大地压缩镜片厚度和头显体积，还能克服传统的菲涅尔透镜光学方案边缘模糊与畸变现象，有效减轻“余晖效应”，实现零畸变的全域高清视觉体验。以 Meta、Apple、Pico、华为等为代表的头部企业已经推出或即将推出以 Pancake 作为光学方案的 VR 头显。未来 3-5 年，Pancake 将成为消费级 VR 首选光学方案。

表7: VR 光学方案比较

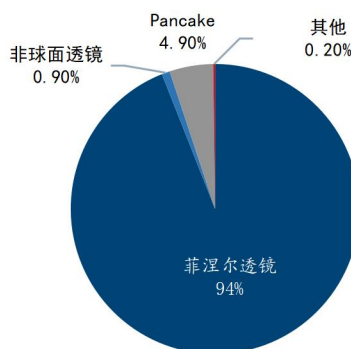
VR 光学方案	非球面透镜	菲涅尔透镜	Pancake 光学方案
原理示意图			
重量	约 600g	400-500g	200-300g
模组厚度	40-50mm	40-50mm	15-20mm

表7: VR 光学方案比较

VR 光学方案	非球面透镜	菲涅尔透镜	Pancake 光学方案
优点	成像质量有保障 光路简单 制造成本低	比非球面透镜更轻薄 视场角提升 光路简单, 光效高 制造成本较低	采用折叠光路设计, 焦距短, 进一步轻薄化 成像质量较好, 畸变小 屈光度可调节
缺陷	焦距较长, 元件较厚	光路长度难以缩短, 元件厚度无法进一步压缩 成像质量一般 屈光度不可调节	光学设计复杂 光效较低, 对显示屏的亮度要求高 轻薄与大视场角难以兼得 技术壁垒较大, 制造成本高
单组价格	¥5-10	¥15-20	¥150-200
代表产品	3Glasses D1 Oculus Rift Sony PlayStation VR Pico Goblin iQIYI Qiyu Dream	HTC Vive DPVR P1 Pimax 5K XR Oculus Quest 2 Pico Neo 3	Huawei VR Glass Arpara VR HTC Vive Flow YVR 2 Skyworth Pancake 1 Shiftall MeganeX Pico 4、Meta Cambria、Apple MR（尚未发布）

资料来源：陀螺研究院，WellSenn XR，Meta，KGonTech，VRcompare，各公司官网，国信证券经济研究所整理

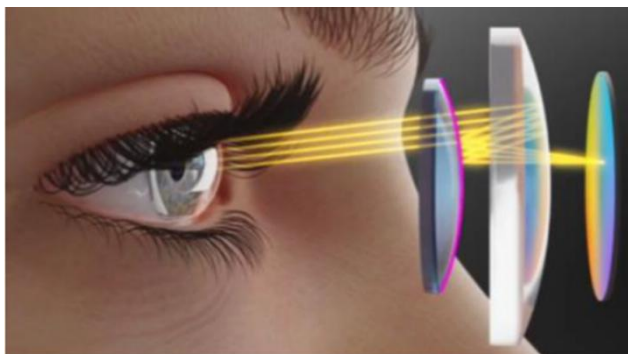
图66: 2022 全球出货 VR 屏幕类型



资料来源：wellSenn XR，国信证券经济研究所整理

Pancake 光学方案的核心设计思路是通过偏振光的反射与折射进行光路折叠。 Pancake 光学方案，又被称为折叠光路方案，属于 VR 短焦光学方案的一种。该方案的原理是显示屏发出的图像源进入具有半透半反功能的镜片之后，光线在镜片、1/4 相位延迟片以及反射式偏振片之间多次折返，最终从反射式偏振片射出后进入人眼。也就是说，该方案通过折叠式光学元件使光线在更窄的空间内穿越同样的距离，将原本光路“折叠”，从而实现光学镜头和显示屏之间空间的压缩，进而显著缩小 VR 头显体积。通过此种光学方案，理论上能将 VR 头显的体积缩小到菲涅尔透镜方案的 1/4。

图67: Pancake 折叠光路示意图



资料来源：3M，国信证券经济研究所整理

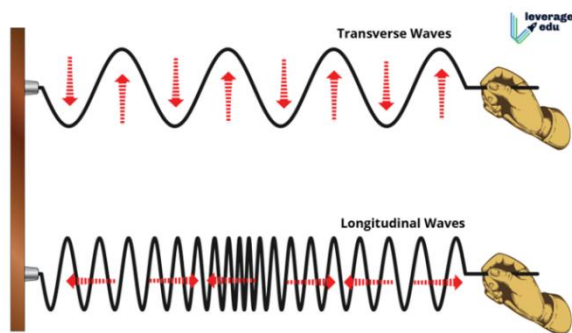
核心器件：半透半反镜、1/4 相位延迟片、反射式偏振片

Pancake 光学方案的核心器件包括半透半反镜、1/4 相位延迟片和反射式偏振片：

1) 半透半反镜：对入射光线做二次反射。半透半反镜（Half Mirror Lens）是一种轻薄半透的光学材料，属于分束镜（Beam Splitter）的一种特例，通过在光学玻璃表面镀上一层或多层的介电质或金属薄膜制备得到，用于将入射光束按透射与反射比为 50/50 的比例分成两道独立的光束。在 Pancake 光学方案中，半透半反镜主要用来对入射光线做二次反射，这一过程中不改变光的偏振特性，并且理论上光线每次经过半透半反镜后能量都会损失 50%。

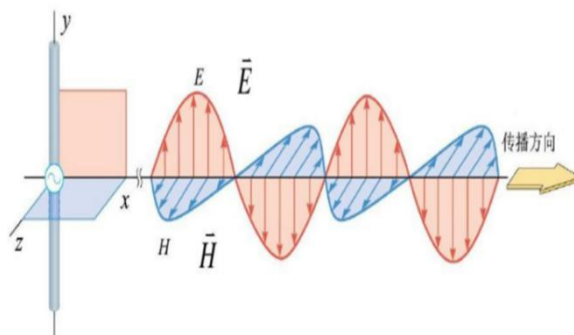
2) 1/4 相位延迟片（ $\lambda/4$ 片）：用于调整光束的偏振状态，使偏振光在线偏振态和圆偏振态之间相互变换。波动是物质运动的重要形式，广泛存在于自然界中。按照振动方向与传播方向的关系，波可以分为横波与纵波两大类：质点振动的方向跟波的传播方向垂直的波叫做横波，例如电磁波；质点振动的方向跟波的传播方向平行的波叫做纵波，例如声波。振动方向对于传播方向的不对称性叫做偏振（polarization），只有横波才能产生偏振现象，这也是横波区别于其他纵波的一个最明显的标志。光波是电磁波，因此，光波的传播方向就是电磁波的传播方向。光波中的电振动矢量（E）和磁振动矢量（H）都与传播速度（v）垂直，因此光波是横波，它具有偏振性。具有偏振性的光则称为偏振光。

图68: 横波与纵波示意图



资料来源：Leverage Edu，国信证券经济研究所整理

图69: 偏振光传播示意图

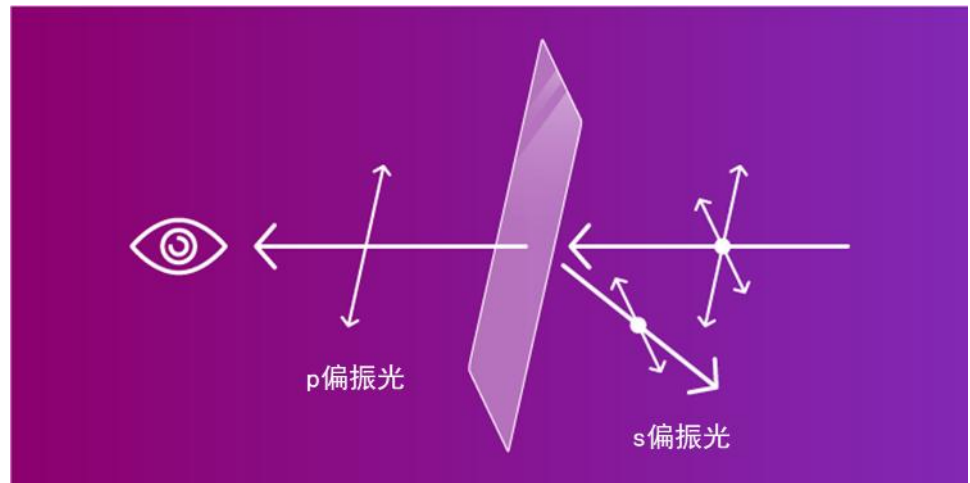


资料来源：S Dream Lab，国信证券经济研究所整理

3) 反射式偏振片：选择性的反射与透射偏振光。反射式偏振片（Reflecting Polarizer）是偏光片的一种，通常由多层功能性光学薄膜在透镜表面上贴合而成。通过调整光学薄膜的种类与贴合顺序，反射式偏振片能够选择性的反射与透射偏振光，实现一种偏振态被透射而另一种偏振态被反射的功能。在 Pancake 光学方案中，通常设置成反射 p 偏振光，透射 s 偏振光。

反射式偏振片中的光学薄膜通常采用金属色线栅，例如铝质金属线栅，或采用具有双折射功能的多层聚合物，后者相对于前者而言具有如下优势：a) 在较宽的入射角范围内，多层聚合物薄膜具有较高的偏振反射率，以及较低的色彩推移；b) 由于具有高消光和高透射效率，多层聚合物偏振器的可见光谱偏振对比度可以非常高；c) 由于聚合物树脂具有粘弹性，因此多层聚合物薄膜可以形成各种复杂的曲面，包括非球面甚至自由曲面，而非球面的形态可以显著提高 Pancake 光学透镜的分辨率。

图70: 反射式偏振片用于选择性的反射 s 偏振光与透射 p 偏振光



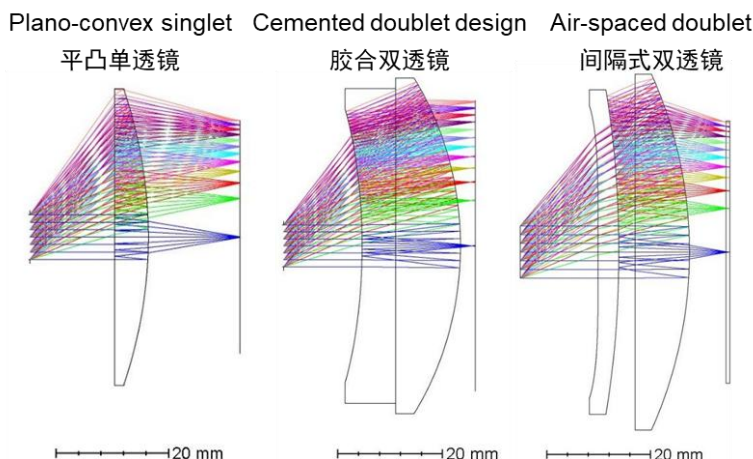
资料来源：3M，国信证券经济研究所整理

光路系统的设置与具体工作原理

在设计以及评估不同结构的 Pancake 光学系统时，需考量大量的设计指标并做出权衡，包括成像质量、视场角（FOV）、眼动范围（Eye Box）、景深、出瞳距离（Eye Relief）、佩戴舒适性、工艺难度、成本、是否解决辐辏调节冲突（VAC）以及是否配备眼动追踪功能等。

在此基础上，Pancake 光学系统可分为一片式、两片式以及多片式，其中两片式结构最为常见。光学膜可以贴在不同的透镜表面上，也可以互相叠加贴合。根据光路系统设置的原理，三类光学膜贴合的位置次序必须保持固定不变，从显示屏向人眼方向依次为半透半反膜、1/4 相位延迟膜和反射式偏振膜，否则该光学系统不能正常工作。

图71: Pancake 光学方案分类

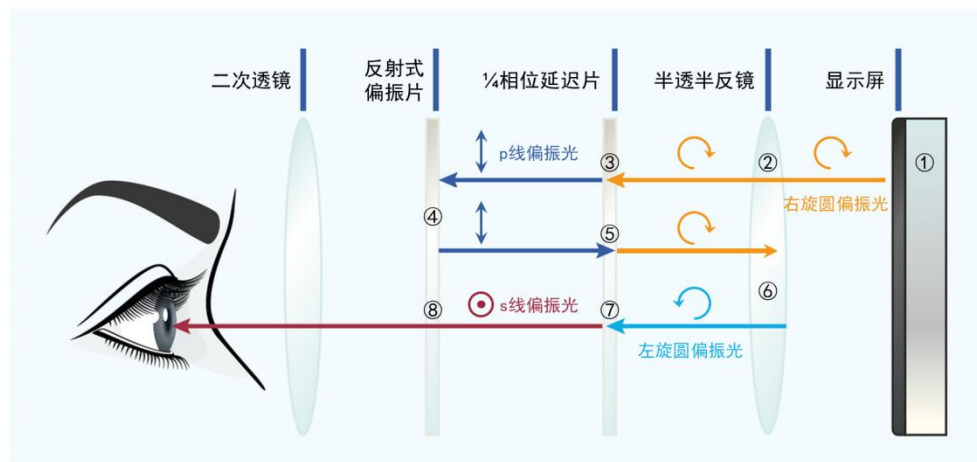


资料来源：3M，国信证券经济研究所整理

偏振光在 Pancake 光学系统中的具体传播路径如下：

- ① 显示屏发出右旋圆偏振光。Pancake 光学模组的入射光必须为圆偏振光，若采用的显示屏为 LCD，则其发出的光为线偏振光，需在显示屏上增加一个 $1/4$ 相位延迟片，将线偏振光转变为圆偏振光；若采用的显示屏为 OLED，自发光原理使其发出的光为非偏振光，需在屏幕上先增加一个线偏光片（LP）将其转化为线偏振光，再增加一片 $1/4$ 相位延迟片将其转化为圆偏振光。
- ② 右旋圆偏振光透过半透半反镜后，偏振态不发生变化，但光效损失 50%。
- ③ 右旋圆偏振光以 45° 角第一次通过 $1/4$ 相位延迟片后，变为振动方向平行于纸面的 p 线偏振光。这是因为在通过 $1/4$ 相位延迟片之前，可以沿着 o 光和 e 光的方向（即 $1/4$ 相位延迟片的快轴和慢轴方向），将右旋圆偏振光矢量分解成两束频率相同、振动方向互相垂直、且相位差为 $-\pi/2$ 的线偏振光。在通过 $1/4$ 相位延迟片时，由于双折射现象，在 o 光和 e 光的方向上进一步引入 $+\pi/2$ 的相位差，此时，两束线偏振光的相位差为 0。最后将振幅相同的 o 光和 e 光叠加为振动方向平行于纸面的 p 线偏振光。
- ④ p 线偏振光到达反射式偏振膜后发生反射，偏振态保持不变。
- ⑤ p 线偏振光以 45° 角第二次通过 $1/4$ 相位延迟片后，变回右旋圆偏振光。
- ⑥ 右旋圆偏振光到达半透半反镜后发生二次反射，变成左旋圆偏振光，同时光效再次损失 50%。这是因为反射光相对于入射面而言有 $-\pi$ 的相位突变，因此会改变旋转方向，从右旋变为左旋。
- ⑦ 左旋圆偏振光以 45° 角第三次通过 $1/4$ 相位延迟片后，变为振动方向垂直于纸面的 s 线偏振光。
- ⑧ s 线偏振光到达反射式偏振膜后发生透射，最终进入到人眼当中。

图72: 偏振光在 Pancake 光学系统中的具体传播路径



资料来源: IDTechEx Research, 国信证券经济研究所整理

技术壁垒：光学膜材料

光学膜材料的性能与贴合工艺是 Pancake 光学方案的技术壁垒，尤其是 1/4 相位延迟片和反射式偏振膜，其中反射式偏振膜价值量最高，其膜材成本高且市场被海外光学膜巨头垄断，是制约当前 VR 光学发展的主要因素。

1) **Pancake 折叠光路系统的光学膜要求。**由于 Pancake 的核心设计思路是通过反射与偏振进行光路折叠，最终的光学效果十分依赖偏振光的偏振态，因此需要更低的双折射以及更稳定的偏振态传输。1/4 相位延迟片和反射偏振膜的质量是成像质量的关键因素，目前全球范围内只有 3M、旭化成等少数企业的膜材性能能够达到 Pancake 设计要求，因而具有较大的议价权，一组透镜的贴膜材料的成本达到 70-100 元。

表8: Pancake 方案所需光学膜材特点

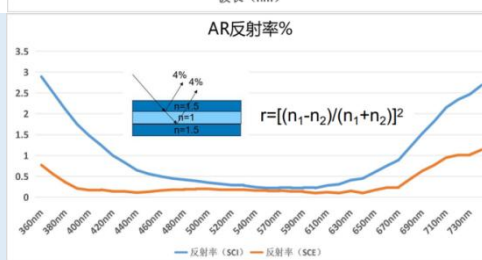
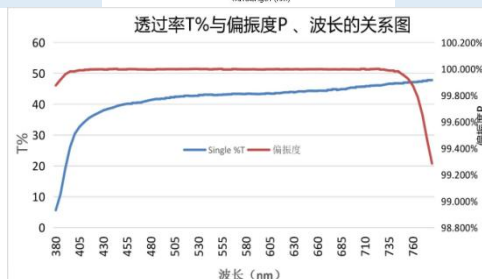
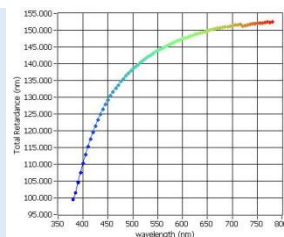
光学膜材	Pancake 方案所需膜材特点	膜材性能测试
线偏振片	偏振度>99%、透过率>43%，以保证产生稳定的线偏振光。	
1/4 相位延迟片	理想状态下，对于任何入射波长，膜材的相位延迟均为四分之一波长。但色散现象使得相位延迟会随入射波长变化而变化。	

反射式偏振片

高偏振对比度、低吸收、低散射，对偏振态进行精准选择。

减反增透膜

界面防反射。增加表面防反射涂层，可减少界面反射导致的杂散光，同时提高光效。



资料来源：三利谱，国信证券经济研究所整理

2) 在 Pancake 光学模组加工流程中，贴膜环节壁垒最高。根据光路系统设置，可分为曲面贴膜和平面贴膜两种方式。虽然平面贴膜技术难度较低，但会牺牲部分光学性能和成像质量。曲面贴膜工艺通过事先制备好的平面膜层，通过热弯成型技术使其成为特定的二维曲面，贴于透镜表面，有别于传统的镀膜技术。虽然曲面贴膜能够带来更大的视场角和更优的成像质量，但曲面贴膜工艺难度较大，各项角度精度要求极高，容易边缘褶皱和翘起，因此良率低。目前膜供应商 3M 等开始推出贴膜交付方案，三利谱也将曲面贴合工艺列为公司的后续重点研发方向之一。

图 73: Pancake 光学模组加工流程



资料来源：Well-senn XR，国信证券经济研究所整理

优势：轻薄化、成像质量高、可调节屈光度

Pancake 光学方案轻薄化优势显著，更适合拓展 C 端市场。Pancake 光学方案最大的优势在于利用多次折返的方式扩大光路总长，有效压缩了显示屏与光学透镜之间的距离，进而大幅降低了 VR 显的重量和体积，显著提升了产品佩戴舒适度和使用时长。对比市面上的主流 VR 头显产品，Oculus Quest 2 和 HTC Vive Pro 2 均采用菲涅尔透镜方案，头显的重量分别为 503g 和 785g，厚度分别为 80.1mm 和 73.5mm；而 Arpara VR 和 Huawei VR Glass 采用 Pancake 光学方案，头显的重量分别为 200g 和 166g，厚度分别为 30.0mm 和 26.6mm，产品形态更加趋于日常佩戴的眼镜。搭载 Pancake 方案的 VR 头显设备重量和厚度显著低于搭载菲涅尔透镜方案的产品。

图74: 搭配菲涅尔透镜方案和 Pancake 方案的头显重量与厚度对比



机型	Oculus Quest 2	HTC Vive Pro 2	Arpara VR	Huawei VR Glass
方案	菲涅尔透镜	菲涅尔透镜	Pancake	Pancake
头显重量	503g	785g	200g	166g
厚度	80.1 mm	73.5 mm	30.0 mm	26.6 mm

资料来源：各公司官网，VR compare，国信证券经济研究所整理

在 Pancake 光学方案中，通过透镜组合，可以提高边缘成像质量，降低图像畸变，提高图像对比度、清晰度以及细腻度。Pancake 光学的解析能力相对于菲涅尔光学提升了 50%，同时克服了菲涅尔光学固有的视野边缘模糊与畸变现象，有效减少边缘眩光，带来了视野全域范围的清晰体验。值得一提的是，YVR 2 光学镜组的透过率达到了 19%，在高透光性能下的清晰度达到了全新水平。目前业内平均水平约为 13-16%。

图75: 菲涅尔光学方案和 Pancake 光学方案的成像效果对比



资料来源：量子位，国信证券经济研究所整理

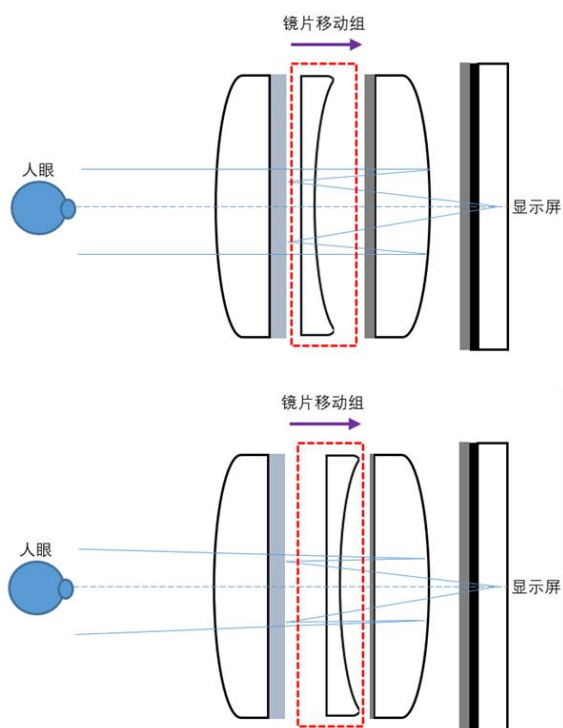
Pancake 光学方案支持屈光度调节。目前普遍 Pancake 模组的屈光度调节范围在 0-700° 之间，对于绝大部分近视的用户而言，无需佩戴眼镜即可使用。而对于单透镜的非涅尔和非球面方案，如果不增加透镜则无法实现屈光度调节。目前实现屈光度调节有内调焦和外调焦两种方式：

1) **内调焦方式。**将其中一组镜片作为移动组，移动组镜片通过朝向某一方向移动实现屈光度的调节。这种方式的优势在于镜头的总长不会发生改变；缺陷在于移动镜片会导致整个光路的系统参数发生变化，如焦距等。此外，如果用户双眼视力差异较大，那么左右眼内调焦的一致性将不一致，进而引起双目合像等问题。

2) **外调焦方式。**通过显示屏朝向某一方向的移动来实现屈光度的调节。这种方式的优势在于系统参数没有改变，因此左右眼的焦距是一致的，左右眼图像的一致性会更好，更容易实现合像；其缺陷在于由于移动屏幕，整个模组的总长会因此发生变化。

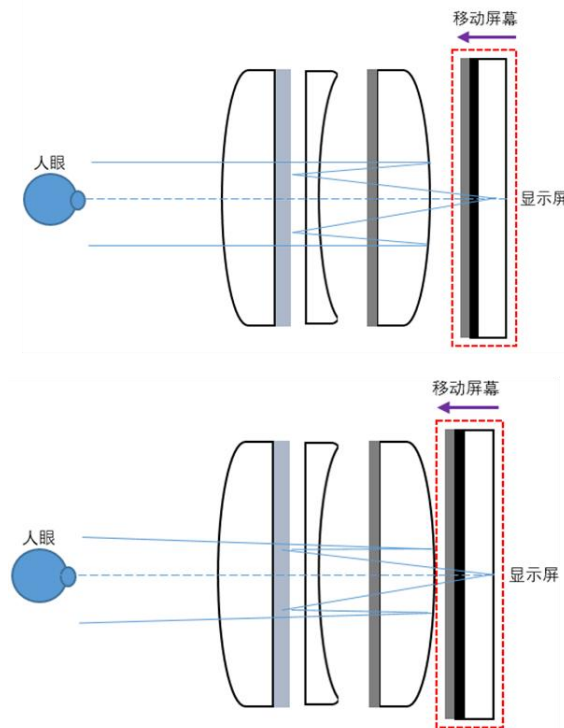
虽然 Pancake 光学方案支持屈光度调节，但仍然需要借助可变焦设计，结合液晶器件，实现动态全局调控，根据显示屏的内容和眼睛观看的位置，实时改变焦平面，让二维屏幕产生三维景深信息，才能改善由辐辏调节冲突（VAC）带来的眩晕问题。

图76: 内调屈光度原理



资料来源：S Dream Lab，国信证券经济研究所整理

图77: 外调屈光度原理



资料来源：S Dream Lab，国信证券经济研究所整理

Pancake 技术难点：光损高、视场角小、存在鬼影、成本高

光损高，理论上最高光效仅为 25%，因此对显示屏幕亮度要求高。多次折返的光路存在效率损失的问题，光线两次经过半透半反膜，所以其理论最高光效仅有 25%，再加上反射偏振膜的损失，总体光利用率只有 10-20%，因此需要搭配高亮

度屏幕，例如 Micro OLED/Micro LED，以改善折叠光路方案的效果。相比之下，菲涅尔透镜的光学效率可高达 80-90%。

大视场角与设备轻量化难以兼得。据 Oculus 首席科学家表述，菲涅尔透镜的视场角（FOV）理论上限为 140°，而 Pancake 的 FOV 有望实现 220°。然而，Pancake 光学方案采用了较小的显示屏幕，较小的屏幕需要更长的光路来扩大视场角，这与折叠光路压缩光学模组总长这一设计理念相悖。因此，在 Pancake 光学方案中，大视场角与设备轻薄化无法兼得，需要在两者之间做出权衡。当前量产的 Pancake 光学方案的 FOV 在 60-90° 之间，距理论上限 220° 仍有较大差距，且小于市场上菲涅尔光学方案的视场角。

图78: Pancake 方案的光学效率最高仅为 25%

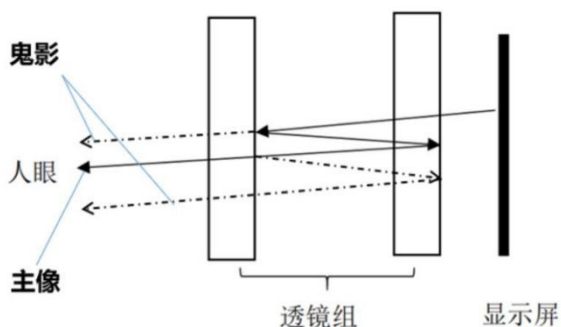


资料来源：Meta，国信证券经济研究所整理

易出现“鬼影”，降低呈像质量，影响用户体验。在成像光学系统中，往往存在一些非理想因素带来的杂散光，这些杂散光通常是由透镜界面多次反射、透镜缺陷散射、物理结构散射等造成的。实际应用场景中，这些杂散光往往会在画面中的某个位置形成像，被称为“鬼影”（Ghost Image）。Pancake 光学方案的中诸多鬼影，在画面中的表现不一而足，有的能清晰成像，有的则以光斑的形态存在，这严重影响了用户对于图像对比度的感知。

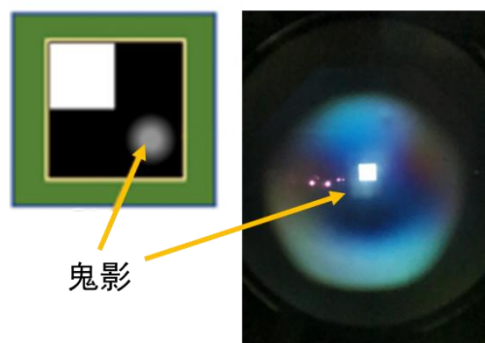
造成鬼影的因素有很多，其中最易造成的因素是双折射。由于双折射现象与透镜的材料有关，塑料材料通常具有较明显的双折射，因此可以通过增加透镜或改变透镜的形状、改善透镜材料，优化光路来降低其双折射现象来抑制鬼影现象。

图79: 双折射现象导致“鬼影”出现



资料来源：艾邦网，国信证券经济研究所整理

图80: Pancake 光学方案中的“鬼影”



资料来源：KGOnTech，惠牛科技，国信证券经济研究所整理

Pancake 光学方案成本高。主要因素有四个方面：1) 对光学膜核心材料的性能与质量要求高，尤其是 1/4 相位延迟膜和反射式偏振膜，全球范围内只有 3M、旭化成等少数企业的产品能够达到 Pancake 设计要求；2) 由于产品由多种膜材贴合而成，对各项角度精度和平滑度要求极高，目前依赖人工贴膜，效率较低；3) 由于鬼影的存在，需要通过增加透镜或改变透镜的材料和形状的方式来改善，相应的材料成本也会增加；4) Pancake 光学方案的光损高，需要搭配更高亮度的显示屏幕使用，也使成本增加。目前，一组透镜(单目)的光学膜成本达到 700-100 元，单个 Pancake 模组价格约为 150-200 元。

光学模组环节产业链公司梳理：

表9: VR 光学模组重点公司梳理

公司	产品	进度	客户
歌尔股份 (002241. SZ)	菲涅尔透镜	技术成熟，可实现大视场角 (95°)，已量产	Meta Quest2, Pico Neo3、PSVR2
	Pancake	现有 100° 和 80° FOV 两款产品，2019 年率先实现大规模量产；Pancake 自动组装机精度行业领先	Pico 4
舜宇光学 (2382. HK)	菲涅尔透镜	技术成熟，可实现大视场角 (96°) 已量产，2021 年 VR/AR 业务营业收入为 13.4 亿元	Meta Quest2, Pico, HTC
	Pancake	已量产	Meta Quest Pro (预测)
玉晶光电 (3406. TW)	菲涅尔透镜	技术成熟，是主要菲涅尔透镜供应商	
	Pancake	主要超短焦镜头供应商；高良率	Quest Pro、Apple、PSVR2 (预测)
扬明光学 (3504. TW)	Pancake		Apple (预测)
欧菲光 (002456. SZ)	Pancake	22 年 9 月，公司宣布成功研发新一代 VR Pancake 光机模组，有平贴、曲贴两套方案	
惠牛光电	Pancake	降低鬼影度 (~3%)；屈光度可调	创维 Pancake XR, 3Glasses
鸿蚊光电	Pancake	100° 视场角	
耐德佳	Pancake	2021 年初启动研发；95° 视场角	
Kopin	Pancake	微型显示器厂商，开发出一种塑料材质轻薄和低成本，成像效果好，95° FOV；	
3M	偏振膜	掌握核心材料反射式偏振膜，实现垄断	
三利谱 (002876. SZ)	偏振光片	国产偏振片龙头，Pancake 方案产品已小批量供货	
冠石科技 (605588. SH)	偏振光片	未量产。10 条产线，产能可达 3500 万片/年 (不可全用于反射式偏振膜)	
盛波光电 (000045. SZ)	偏振光片	深纺织 A 的子公司，2022 年 11 月 10 日，深纺织披露投资者关系活动记录表时指出，公司已掌握 VR/AR 用偏光片产品的生产技术并小规模供货	
杉金光电 (600554. SH)	偏振光片	杉杉股份的子公司，VR 用偏光片将于 2023 年 Q1 量产	

资料来源：中国电子报，映维网，显示资讯，智东西，新浪财经，澎湃新闻，艾邦 AR/VR 网，芯智讯，国信证券经济研究所整理

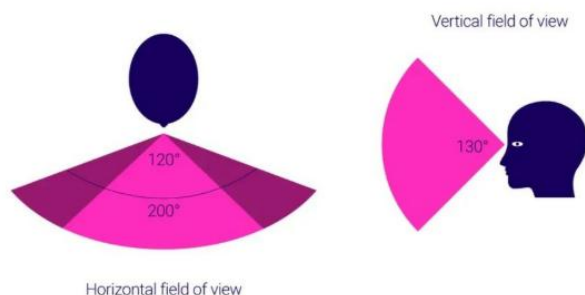
屏幕：多种方案共存，解决眩晕是核心诉求

清晰度与刷新率提高改善眩晕，但对芯片算力和功耗提出要求

VR 显示屏幕的核心要求就是解决眩晕，这是用户愿意长时间使用 VR 的首要前提。围绕“不眩晕”这一核心诉求，各大屏幕厂商从多维度进行提升，主要方法包括提升视场角、像素密度、头动和视野延迟等。

1) FOV (Field of View, 视场角)：视场角定义为双眼看到图像的最大角度范围。人类平均而言，水平双眼视场角是 200 度，其中有 120 度的重叠，这部分重叠对于构建立体视觉和估计深度尤为重要，垂直的视场角约为 100~130 度。

图81：视场角的定义

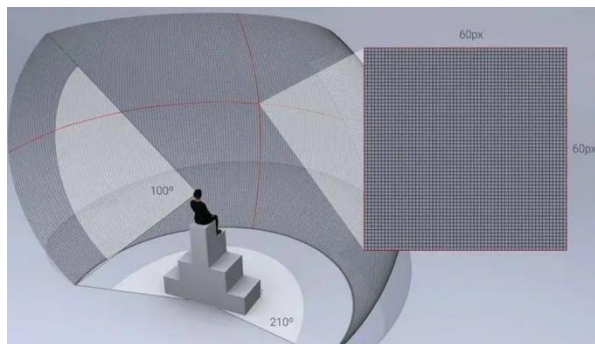


资料来源：三次方 AIRX，国信证券经济研究所整理

2) PPD (Pixel Per Degree)：像素密度通常以每英寸像素 (PPI) 为单位测量，即显示器上每英寸的像素数。但 PPI 并不能单独用作清晰度的标准，因为眼睛和显示器之间的距离也很重要。当眼球离屏幕足够远时，高像素密度的设备是冗余的，增加的像素密度并不会被察觉。因此，不同的设备，需要匹配不同的 PPI 来达到相同的感知清晰度。

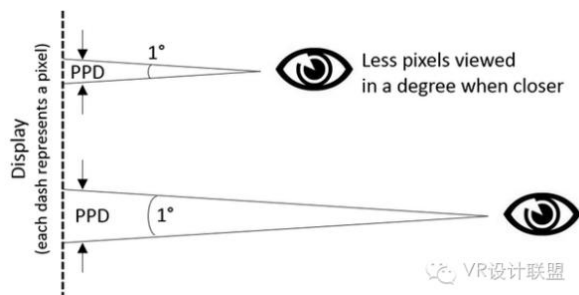
相比之下，每度像素数 (PPD) 则考虑到了眼球与屏幕的距离，同时也更适用于 VR 球形显示的实际情况，因此被更多的使用在 VR 头显的清晰度讨论中。PPD 定义为 1° 视场角中所包含的像素数量。当 PPD 大于 60 时，我们通常就感觉不到像素感。每个格子代表水平视场角上的 1° 和垂直视场角上的 1° 的小方格。

图82：PPD 的定义图示



资料来源：x-mol.com，国信证券经济研究所整理

图83：随着距离变近每度包含的像素点会减少



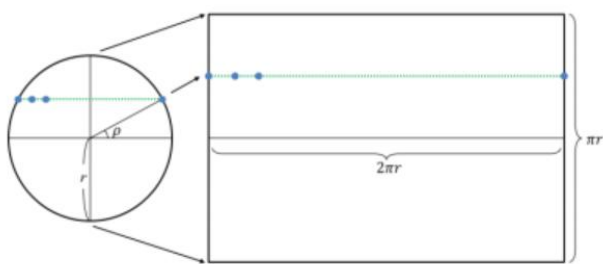
资料来源：VR 设计联盟，国信证券经济研究所整理

由于 VR 显示屏离人眼足够近，当分辨率低时，人眼会直接看到显示屏的像素点，以及点间的间距，就好比在纱窗之后看东西一样，即纱窗效应。且当像素密度不够时，VR 中有图像边缘出现很强的锯齿 (aliasing)，从而产生了粗糙边缘。叠加 VR 实时渲染，当用户头转动时，原本应该静止的细线，或者某些物体的边缘线，像在闪烁或者舞动一般，也叫高对比度边缘出现分离式闪烁。解决纱窗效应主要就是提高分辨率。

目前，“视网膜效果”是一个没有清晰定义的概念，根据史蒂夫乔布斯发布 iPhone4 时的概念，它是指像素密度为 300 PPI 的设备，放在 10~12 英寸距离的效果，1 单位 PPD 即 12 英寸距离下 300ppi 的像素密度。根据 $PPD=2d \times \tan 0.5^\circ \times PPI$ ，d 为眼睛到屏幕的距离也就是 12 英寸，则视网膜效果大约需要 60 PPD 以上。

由于 VR HMD 拥有远高于传统终端的视场角，决定了要达到同样等级的画质体验，相同的 PPD 要求 VR 视频具有更高的单眼分辨率和全视角分辨率。用户在虚拟环境中的视野可以认为是一个空间球，左右横向全视角展开是 360 度，上下纵向展开 180 度。用户在使用终端时，单眼实际看到的视觉信息只是全部球面数据的一部分，这部分面积由终端提供的 FOV 决定。如 FOV 为 90 度，则单眼可视信息仅为球面信息的 1/8。而真正决定 VR360 视频画质体验的是单眼分辨率 (FOV 分辨率)，可换算为在 FOV 区域的 PPD。

图84: 用户的视野是个球体



资料来源：华为，国信证券经济研究所整理

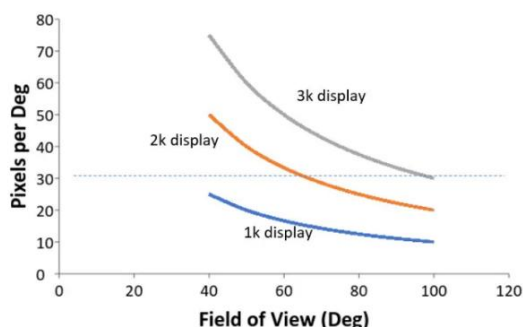
图85: 投影方案也会导致失真



资料来源：华为，国信证券经济研究所整理

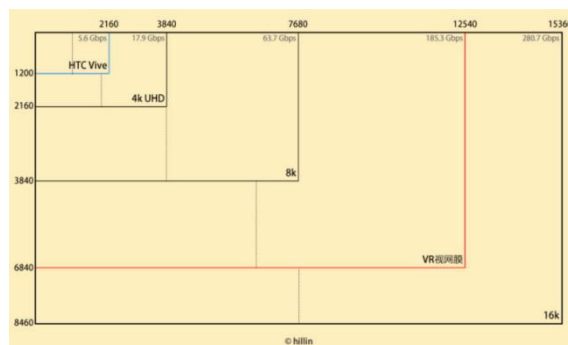
全视角的 4K 分辨率远不能达到满意的视频质量，加大分辨率到 8K 及以上是必须的。以 FOV=90 为例，全视角分辨率达到 8K 时，单眼分辨率为 1920*1920，对应 PPD=22；全视角分辨率升级 12K 时，单眼分辨率为 2880*2880，PPD 也仅提高到 32，屏幕分辨率达到 16K 才能真正对应平面 4K 显示效果。我们认为 3-5 年内，各家厂商将迭代至 8K 分辨率，10 年维度有望达到 16K。

图86: 像素和水平 FOV 之间的关系



资料来源：Insight Media，国信证券经济研究所整理

图87: 主流 VR 头显的像素密度只达到了视网膜标准的 1/6



资料来源：知乎 hillin，国信证券经济研究所整理

除了屏幕本身的像素密度提升对于技术提出挑战，还有像素提升带来的带宽、传输问题。根据华为的测算，普通宽带上网，一般峰值在 20M~30M 就可以获得相当好的上网体验，但对于 4K/8K 视频，要获得良好体验，必须有持续的 30M~100M 带宽保证，而对于 VR 视频，要获得极佳使用体验，需要超 Gbit 的入户带宽。如果一个用户家里同时存在几路 VR 业务，相比于大屏 4K/8K 视频的家庭式观看，VR 业务消耗的带宽还可能继续翻倍。虽然未来技术的发展，压缩算法的改进，单路 VR 业务需要的传输带宽还有进一步的降低空间，但入户带宽超 Gbit，甚至 10Gbit 是大概率事件。

图88: 对 VR360 视频演进路线的判断

Standard	Pre-VR	Entry-Level VR	Advanced VR	Ultimate VR
连续体验时间	<20 分钟	<20 分钟	20~60 分钟	>60 分钟
预计时间	Now~2 年	Now~2 年	3~5 年	5~10 年
视频分辨率	全视角 4K 2D 视频 (Youtube) (全画面分辨率 3840*1920)	全视角 8K 2D 视频 (全画面分辨率 7680*3840)	全视角 12K 2D 视频 (全画面分辨率 11520*5760)	全视角 24K 3D 视频 (全画面分辨率 23040*11520)
单眼分辨率	960*960[通过眼镜观看, 视场角 90 度]	1920*1920 [通过眼镜观看, 视场角 90 度]	3840*3840[通过专业头显观看, 视场角 120 度]	7680*7680[通过专业头显观看, 视场角 120 度]
PPD (注 1)	11	21	32	64
等效传统 TV 屏分辨率	240P	480P	2K	4K
色深(bit)	8	8	10 (HDR)	12
压缩率 (注 2)	165: 1	165: 1	215:1 (注 2)	350:1(3D) (注 2)
帧率	30	30	60	120
典型视频码率	16M	64M	279M	3.29G
典型网络带宽需求 (注 3)	25Mbps	100Mbps	418Mbps	1Gbps(FOV) (注 5)
典型网络 RTT 需求 (注 4)	40ms	30ms	20ms	10ms
典型网络丢包需求 (注 4)	1.4E-4	1.5E-5	1.9E-6	5.5E-8

资料来源：华为技术有限公司，国信证券经济研究所整理

3) 头动和视野延迟 (Motion-to-Photons Latency, MTP)：业界的主流观点认为，MTP 延迟不能超过 20ms，否则会引起眩晕感。目前领先的 VR 终端厂商如 Oculus、HTC Vive 已经通过提升端到端软硬件性能，从传感追踪元件、显示屏技术、GPU 入手，已经将 MTP 本地化削减至了 20ms。

4) 其他显示屏参数：**对比度：**是屏幕最白和最黑亮度的比值，决定屏幕呈现的色彩饱和程度；**亮度：**亮度高有利于提升对比度，丰富图像细节，电视屏亮度多在 200- 500nit，日光下应达到 700nit。但 VR 的入眼亮度由屏幕亮度和光学效率决定，因此，若采用光效低的光学方案，应搭配高亮度的显示屏；**功耗：**低功耗的显示屏，可减少散热，延长续航时间，提升舒适性需求。除以上重要指标外，显示屏的色域、寿命、重量和厚度等也可做辅助参考。

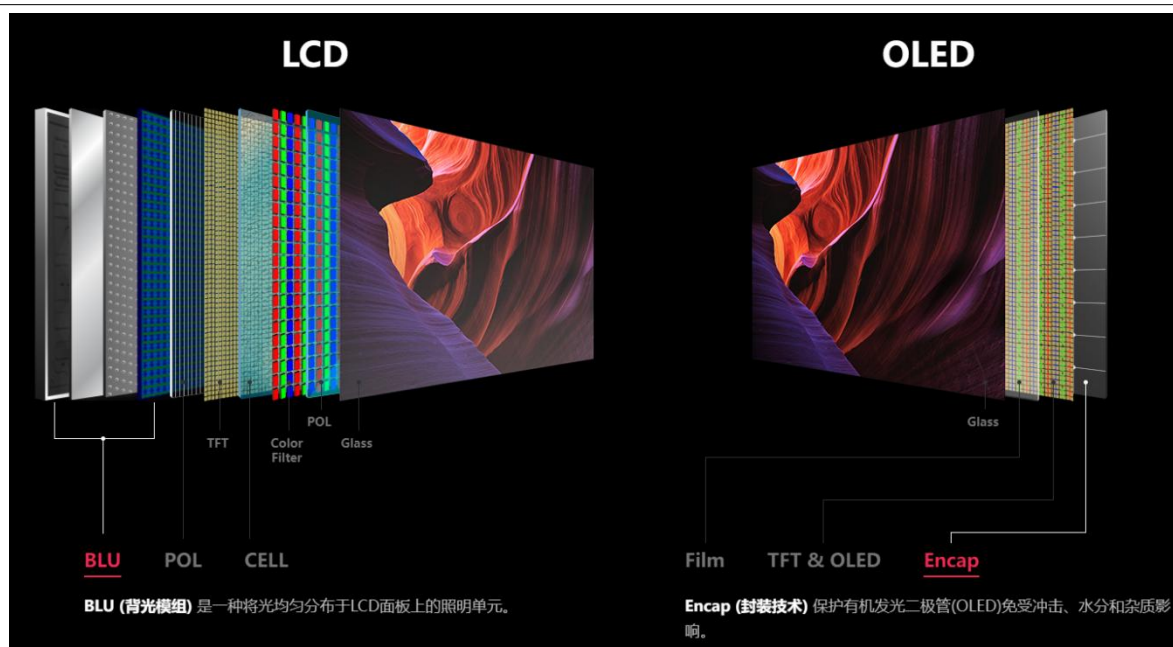
Fast-LCD 仍为 VR 消费级主流，专业级产品看好 Micro OLED

LCD、Mini LED、Micro LED、OLED、Micro OLED 技术梳理

LCD (liquid-crystal display)：目前市场大都使用 TFT-LCD 技术（薄膜晶体管液晶显示器），由两片玻璃基板中间夹着一层液晶，上层玻璃基板是彩色滤光片、下层玻璃则镶嵌着电晶体，当电流通过电晶体所产生的电场变化，使得液晶分子原本的旋转排列发生扭转，进而改变光线通过的旋转幅度，并以不同比例照射在彩色滤光片上，进而产生不同的颜色。

OLED (Organic Light-Emitting Diode)：OLED 与 LCD 最大的差异在于，LCD 需要 LED 背板和滤光片，而 OLED 能够自体发光。基本结构是在锡锡氧化物 (ITO) 玻璃上制作一层有机材料发光层，并在发光层上再覆盖一层低功函数的金属电极。透过外界电压的驱动下，正极电洞与阴极电子便会在发光层中结合，产生能量并发出光，因材料特性不同而产生 R、G 和 B 三原色，来构成基本色彩。

图89: LCD 和 OLED 最大的区别是背光模组



资料来源：LG Display，国信证券经济研究所整理

Micro LED (微发光二极管)：将 LED 背光源微缩化、矩阵化，单独驱动无机自发光(自发光)、让产品寿命更长。因为 Micro LED 的晶粒到了肉眼难以分辨的等级，可以直接将 R、G、B 三原色的晶粒拼成一个像素点，不再需要滤光片和液晶层。但目前 Micro LED 的大规模量产技术还有较多瓶颈，从前期的磊晶技术瓶颈、巨量转移 (Mass Transfer) 良率、封装测试问题，到后续的检测、维修都是很大的挑战，影响 Micro LED 能否量产。

Micro OLED：是通过将红、绿、蓝 (RGB) 有机发光二极管像素沉积在由硅制成的半导体晶片上制成的，它们比玻璃基板更薄，可以容纳更多像素，尺寸只有几十微米。Micro OLED 设计之初就是用于通过镜头将其放大或安装在投影仪上，目前的取景器大多使用 Micro OLED，显色性和图像响应速度堪称完美。Micro OLED 优点是小而轻、具有高分辨率、高像素密度。但由于制作工艺限制，不可能进行大尺寸生产，因此对于 FOV 有限制。

表10: Micro OLED 和 Micro LED 特征对比

显示技术	Micro OLED	Micro LED
现状发展	全彩	单一颜色: 绿光
画面尺寸	>10 μm	<5 μm
发光效率	中	高
亮度 (Cd/m^2)	~1500	~4500000
对比度	~10 ⁴ : 1	~10 ⁵ : 1
反应时间	微秒	纳秒
操作温度	-50~70 $^{\circ}\text{C}$	-100~120 $^{\circ}\text{C}$
寿命	中	长
量产成熟度	相对成熟	低
像素密度	6.3 μm ~ 4,031 PPI in 0.5-inch display	

资料来源: Trend Force, 索尼, 国信证券经济研究所整理

LCD 向 Fast-LCD 发展, 解决响应速度慢的缺点。改良后的 Fast-LCD 技术使用新的液晶材料(铁电液晶材料)与超速驱动技术有效提升刷新率至 75~90Hz, 响应速度得到了明显提高, 大大缩短了与 OLED 之间的距离, 且具有较高的量产稳定性及良率。但色彩显示不如 OLED 屏幕饱满鲜艳, 且容易出现漏光现象, 此外, 如何处理好功耗和分辨率二者的平衡, 都是 Fast-LCD 需要面对的挑战。**目前的主流配置是 Fast-LCD 叠加 Mini LED 背光技术, 不仅可以解决漏光问题, 还进一步提升了显示性能。**

Mini LED 背光具备独特优势, 是 LCD 显示技术路径的重要创新方向。Mini LED 目前有背光、直显两种发展路径, 直显由于对成本、良率、一致性有更高的要求, 目前仍处于小规模量产阶段, 而 Mini LED 背光技术已经处于商业化落地的成熟时期。相比传统 LCD, Mini LED 产品具有超高亮度、使用寿命长、高对比度、HDR 宽动态显示范围、节能等诸多优点; 相比 OLED, 高端 Mini LED 显示画面媲美 OLED, 且没有 OLED 寿命、残影等隐患, 并且具有成本低、应用广的特点。

表11: Mini LED 背光 LCD 与传统 LCD、OLED 背光技术对比

项目	Mini LED 背光 LCD	侧入光背光 LCD	OLED
光源颜色	白色混合光/三基色光	白色混合光	三基色光
光照形式	扩散直接光	导出筒介光	直接光
12000~15000nits	可实现	可实现	可实现
挖空避让	可实现	不可实现	可实现
光源边框	实现无边框	占屏比<93%	实现无边框
弯曲	可实现	不可实现	可实现
区域控制	可实现	不可实现	可实现
行列发光角度	大于 150 度	不可实现	160 度
使用过程功耗	0.5~1.5W	0.9~1.2W	0.3~1.5W
背光成本预估 (USD)	20~60	20	80~100

资料来源: 屏显世界, 国信证券经济研究所整理

OLED 向硅基 OLED 发展, 解决分辨率较低的问题。硅基 OLED 创新性结合半导体与 OLED, 显示器件采用单晶硅芯片基底。Micro OLED 作为其中的一种, 是在两层电极之间使用能够发光的荧光有机材料, 电流通过后会发出单色光, 再透过滤色器生成所需的颜色。除了带有 OLED 自发光优势, 面板厚度和体积也比以前更薄、更小、耗能更低, 再加上响应时间短、发光效率高等特性, 更容易实现高像素密度。

因为硅基 OLED 都是在 6 英寸、8 英寸的晶圆上小面积蒸镀, 大大减小了生产 OLED 时要克服的蒸镀均匀性难题。硅基 OLED 无论是亮度, 还是像素密度表现都有明显提升, 像素密度可以达到在 3000~4000PPI。另外, 由于综合良率偏低, 驱动芯片技术不成熟等问题, 这一技术的成本较高, 行业普遍良率最高仅有 50%左右。

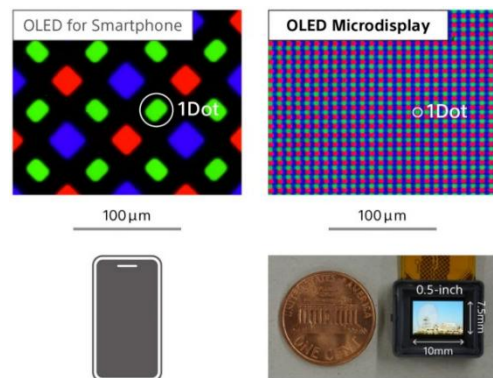
eMagin 预计 2025 年采用硅基 OLED 方案的 VR/AR 设备出货量占比将超过 40%。

图90: Sony Micro OLED



资料来源: Micro Display, 国信证券经济研究所整理

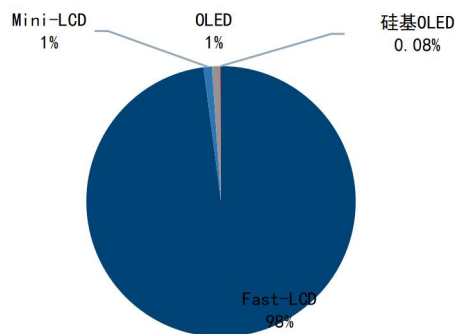
图91: 像素对比



资料来源: Micro Display, 国信证券经济研究所整理

我们认为 VR 面板领域，中短期看 Fast LCD+Mini LED 背光模组，远期看好 Micro OLED。根据群智咨询数据，2022 年 Fast LCD 加菲涅尔方案、Fast LCD 加 Pancake 方案、Fast LCD 搭载 Mini LED 背光加 Pancake 方案，以及硅基 OLED 加 Pancake 方案的成本比例约为 1 : 2.3 : 2.9 : 4.5。“Fast LCD+Mini LED 背光+Pancake 方案”在成本和效果上具有较好的平衡，中期维度上将是 VR 显示的主流方案。

图92: 2022 年显示方案占比



资料来源: WellSenn XR, 国信经济研究院整理

表12: 2019-2022 年发布 VR 眼睛屏幕方案一览

发布时间	品牌	产品名称	屏幕	单眼分辨率	光学方案	刷新率	视角场 FOV	价格
2019 年	HTC	Vive Cosmos	Fast-LCD	1440*1700	-	90Hz	97°	\$699
2019 年	HTC	Vive Pro Eye	AMO-LED	1440*1600	-	90Hz	98°	\$799/1599
2019 年	HTC	Vive Focus	AMO-LED	1440*1600	-	75Hz	-	\$599
2019 年	HTC	Vive Focus Plus	AMO-LED	1440*1600	-	75Hz	-	\$799
2019 年	Oculus	Oculus quest	Micro-OLED	1440*1600	菲涅尔透镜	72Hz	93°	US\$399
2019 年	Oculus	Oculus Rift S	Fast-LCD	1280*1440	菲涅尔透镜	80Hz	88°	US\$399
2019 年	Pico	G2 4K	Fast-LCD	1920*2160	-	75Hz	101°	¥399
2019 年	Valve	Valve Indexis	Fast-LCD	1440*1600	菲涅尔透镜	144Hz	108°	\$499/749/999
2019 年	华为	VR Glass	Fast-LCD	1600*1600	Pancake	90Hz	90°	¥2,999
2020 年	HTC	Vive Cosmos Eliteisa	Fast-LCD	1440*1700	-	90Hz	97°	¥899
2020 年	Oculus	Oculus quest2	Fast-LCD	1832*1920	菲涅尔透镜	72/90/120Hz	100°	US\$299/399
2020 年	Pico	Pico Neo2	Fast-LCD	1920*2160	菲涅尔透镜	75Hz	101°	US\$699

2020 年	Pico	Pico Neo2 Eye	Fast-LCD	2048*2160	-	75Hz	101°	¥ 899
2020 年	Pico	G2 4K 企业版	Fast-LCD	1920*2160	菲涅尔透镜	75Hz	101°	-
2020 年	3Glasses	3Glasses X1S	Fast-LCD	1200*1200	Pancake	90Hz	92°	¥ 4, 599
2020 年	PIMAX	Pimax Artisan	-	1700*1440	菲涅尔透镜	120Hz	130°	US\$449
2020 年	PIMAX	Pimax 5K Super	定制低延迟屏 (CLPL)	2560*1440	菲涅尔透镜	180Hz	200°	US\$749/1049/1299
2020 年	华为	HUAWEI VR Glass6	Fast-LCD	1600*1600	Pancake	70/90Hz	90°	¥ 3, 999
2021 年	HTC	Vive Pro2	Fast-LCD	2448*2448	菲涅尔透镜	90/120Hz	120°	US\$1, 399
2021 年	HTC	Vive Focus3	Fast-LCD	2448*2448	菲涅尔透镜	90Hz	120°	US\$1, 300
2021 年	HTC	Vive Flow	Fast-LCD	1600*1600	Pancake	75Hz	100°	US\$499
2021 年	Pico	Pico Neo3	Fast-LCD	1832*1920	菲涅尔透镜	90Hz	98°	US\$390
2021 年	Pico	Pico Neo3 Pro	Fast-LCD	1832*1920	菲涅尔透镜	90Hz	98°	US\$699
2021 年	Pico	Pico Neo3 Pro Eye	Fast-LCD	1832*1920	菲涅尔透镜	90Hz	98°	-
2021 年	爱奇艺	奇遇 3	Fast-LCD	2115*2160	菲涅尔透镜	90Hz	115°	¥ 3, 499
2021 年	爱奇艺	奇遇 Dream	Fast-LCD	1882*1920	非球面透镜	72Hz	93°	¥ 2, 499
2021 年	创维	创维 S6 Pro	Fast-LCD	1600*1600	Pancake	90Hz	94°	¥ 2, 599
2021 年	PIMAX	Pimax Reality 12K QLED	Mini LED (QLED) 5.7k		菲涅尔透镜+非球面透镜	200Hz	200°	US\$2, 399
2021 年	DPVR	P1 Pro Ultra 4K	Fast-LCD	1920*2160	菲涅尔透镜	-	100°	¥ 3, 899
2021 年	arpara	5K VR 头显	Micro-OLED	2560*2560	Pancake	120Hz	95°	¥ 3, 999
2021 年	arpara	A10 5K VR 一体机	Micro-OLED	2560*2560	Pancake	70/90Hz	95°	¥ 3, 999
2022 年	Pico	Pico Neo3 Link	Fast-LCD	1832*1832	菲涅尔透镜	90Hz	98°	US\$449
2022 年	爱奇艺	奇遇 Dream Pro	Fast-LCD	1920*2160	非球面透镜	72Hz	93°	¥ 2, 499
2022 年	PIMAX	Pimax Crystal QLED	Mini LED (QLED) 2280*2280		非球面透镜	160Hz	110°	US\$1, 899
2022 年	创维	PANCAKE1	Fast-LCD	2280*2280	Pancake	90Hz	95°	¥ 3, 999
2022 年	索尼	PSVR2	Micro-OLED	2000*2040	菲涅尔透镜	90/120Hz	110°	待上市
2022 年	Pico	Pico4	Fast-LCD	2160*2160	Pancake	90Hz	105°	¥ 2499 起
2022 年	Meta	Cambria (Quest Pro)	Mini LED (QLED) 1800*1960		Pancake	91Hz	106°	US\$1, 500
2022 年	arpara	Gaming Kit 游戏套装	-	-	Pancake	120Hz	95°	待上市
2022 年	Shiftall	MeganeX	-	-	Pancake	120Hz	-	待上市

资料来源：VR 陀螺、各大公司官网、VR compare，国信证券经济研究所整理和预测

屏幕环节产业链公司梳理：

表13: VR 屏幕重点公司梳理

公司	当前主打产品	进度	客户
夏普	LCD	夏普的 VR 显示器出货量在 2021 年全年收入超过 2 亿美元	Quest2 独家供应商
	Micro OLED	已完成多款 FHD 分辨率硅基 OLED 开发，展出过 0.39 英寸 5644 PPI 硅基 OLED，部分规格业界领先	联想 Glasses T1 AR
京东方 (000725.SZ)	Fast LCD、MiniLED	22 年 10 月，京东方拟投资建设应用 LTP0 技术的第 6 代新型半导体显示器件生产线项目，总投资 290 亿元人民币，生产 VR 显示面板、Mini LED 直显背板等高端显示产品，设计产能为 50 千片/月，2025 年量产技术和产品布局丰富，包括 Micro LED 芯片、像素器件、微显示屏、巨量转移等。目前已实现实现上屏点亮，预计明年就可小规模量产。	
TCL 华星 (000100.SZ)	LCD	TCL 华星是 TCL 科技的子公司，其 2.1" 1512PPI LCD-VR 屏对于纱窗效应有明显的改善，该 PPI 级别是创维 Pancake1、TCL V1 全球最高可量产水平。	
群创光电 (3481.TW)	LCD	2022 年发布了多款 VR 显示屏：3.1 英寸光场 VR 显示；2016PPI 的 LCD VR 显示屏；以及三款旗舰级显示模组 2.08 英寸、PPI1411 的 LCD 模组，2.56 英寸 LTPS 背光 miniLED 屏幕，2.56 英寸 SPR LCD VR 模组	Pico
JDI	LCD	2022 年 5 月，JDI 和 Innolux 展示了用于 VR 头显的紧凑型 3K LCD 面板，对角线尺寸约为 2.27 英寸，刷新率为 90Hz，分辨率为 3240x3240，相当于每英寸 2016 个像素，尺寸较 JDI 用于 HP Reverb 头显的 2K (2160x2160) 面板更小且分辨率更高更小，且分辨率更高。可用于 pancake 紧凑型 VR 头显	Pico、YVR
LG Display	Micro OLED	展出过 0.42 英寸 3500 PPI 硅基 OLED，峰值亮度超过	

(034220. KS)		4000nits, 色域超过 97% (DCI), 与海力士合作研发 OLED, 22 年 11 月宣布已开发出用于虚拟现实 (VR) 和增强现实 (AR) 的高达 8000 尼特 MicroLED (OLEDoS) 显示器, 目标是 12,000 尼特。	
芯视源	Micro OLED	研发出 0.39 英寸和 0.26 英寸硅基 OLED 微显示芯片产品, 其中 0.39 英寸产品分辨率为 1920x1080, 平均亮度大于 1000nit。	
三星 (005930. KS)	Micro OLED、Micro LED	将于 2024 年大规模生产 25 年扩大产能, 26 年开始商业化。目标是开发每英寸 6.600 像素 (PPI) 的 LEDS 显示器和 3500 PPI 的硅基 OLED 面板。	
索尼	Micro OLED	具有 OLED、半导体垂直整合优势, 处于行业领先地位外, 雷鸟 AR 智能眼镜、Nreal AR 智能眼镜、小米 AR 眼镜、GOOVIS G3 Max	
云南北方奥雷德	Micro OLED	奥雷德是全球继美国 eMagin 公司之后第二家, 也是目前国内唯一的一家具备批量生产多规格型号主动式 OLED 微型显示器的企业。公司基于 0.18um 硅基 CMOS 驱动技术, 结合高效顶部发光技术和多层薄膜密封技术, 成功开发了多种规格型号的 800x600 (SVGA) 和 1280x1024 (SXGA) 分辨率主动式 OLED 微型显示器。17 年与京东方合作开展的硅基 OLED 项目, 正是基于奥雷德的微电子显示生产技术。	
爱普生	硅基 OLED	第四代 0.453 英寸 Si-OLED 产品可大幅减少背光, 提供对比度 500,000:1, 分辨率 1920*1080, 实现高亮度数字图像, 利用 Si-OLED 可调节光导方向的特性, 缩小了光学引擎的体积。	Moverio 系列 AR 眼镜
eMagin (EMAN. A)	Micro OLED	全球首家实现批量生产 Micro OLED 微型显示器的科技公司, 产品主要面向军事用途, 2001 年即应用于 F-15E 战斗机, 亦积极拓展工业检测、医疗器械等专业市场, 并于 2018 年 2 月获得了苹果、Valve、LG 等公司的战略投资。2019 年 12 月, eMagin 公告的 军用两项重大订单均为军用订单, 其一为美国陆军 ENVG-B (增强型 夜视双目镜) 项目。2021 年 11 月, 公司发布一款 WUXGA (1920x1200) Micro OLED 显示屏, 亮度达到超高的 10,000nits, ppi 大于 2,500	
视涯科技	Micro OLED	推出了 0.72 英寸、1.03 英寸、0.49 英寸硅基 OLED, 在 DJ Goggles 2、Goovis 其中 1.03 英寸硅基 OLED 分辨率为 2560 x 2560 (Real G3 Max、高通 XR2 智能眼镜 RGB), PPI 超过 3500, 亮度达到 3000nits	
台州观宇科技	Micro OLED	观宇科技凭借其独特自主研发 UNEEDXR 技术 RGB (红蓝绿) 自发光硅基 OLED 微显示桶埃埃壁啊阿矮艾啊剥胺菜爸谤埠案捌唉爱蔼鞍白势, 推出国内第一片能同时达到超高像素密度、高亮度与低功耗的 RGB 自发光硅基 OLED 微显示器傲餐捕搓便变奔伴才暗瑛元件。	
南京国光科技	Micro OLED	2022 年 8 月, 南京的光携手芯视元发布新款单绿色高亮硅基 OLED 显示模组, 显示尺寸为 0.39 吋, 分辨率为 1920x1080, 亮度高达 25000nit。达到了量产水平, 主要用于 AR 眼镜。	
安徽熙泰智能	Micro OLED、Micro LED	一期 8 寸 Micro OLED 产线多款产品已量产出货, 已进入多家 MR 厂商的供应链并签定了长期战略合作协议。二期 12 寸月产能 9K Micro OLED 产线正在建设中, 预计 2023 年底建成投产。	
三安光电	MiniLED 芯片	22 年 10 月宣布成功点亮首款 Micro LED 产品, 亮度高达 1,000,000 尼特	
鸿利智汇 (300219. SZ)	封装	鸿利智汇已实现 MiniLED 背光及 RGB 直显产品的大规模量产, 其中背光产品将主要聚焦 TV 和 VR 等系列产品的应用。公司一直持续向国际 VR 客户供货, 22 年小派科技 VR 新品 Pimax Crystal 的 MiniLED 背光灯板部分由公司提供。	小派科技
长信科技 (300088. SZ)	显示模组	公司 VR 项目从 2019 年 12 月开始布局, 2020 年 3 月份项目开始立项, 2020 年 7 月份进入量产, 现每月产能峰值达到 1KK/月; 公司为 Meta 提供最新款 VR Quest 2 显示模组, 也为国内 VR 巨头提供 VR 头显模组。	Meta
维信诺 (002387. SZ)	OLED	维信诺开发的新型 VR 显示屏拥有 814PPI 的像素密度, 刷新了国内在 AMOLED 领域中 PPI 的新记录	

资料来源: 艾邦 VR 产业资讯, VR 陀螺, 国信证券经济研究所整理及预测

追踪定位：IMU+摄像头方案成熟，算法是核心技术

肢体追踪：红外光学定位配合 MEMS IMU，Inside-Out 成主流

位置跟踪及动作捕捉技术可以让设备估算其相对于周围环境的位置。它使用硬件和软件的组合来实现其绝对位置的检测，目前算法的开发是定位能力提升的主要动力。位置跟踪是虚拟现实技术（VR）的基本技术，可以用六个自由度（6DoF）跟踪移动确定位置。同时，通过定位不同特征点的位置，经过分析可以得出相应的动作，实现动作捕捉。

6DoF (Degree of Freedom) 指，围绕 X、Y、Z 三个轴可平移（3DoF）和旋转（3DoF）。无论有多复杂，刚体的任何可能性运动都可以通过 6 自由度的组合进行表达。定位追踪是硬件与软件的组合，能够监测物体的绝对位置。由于虚拟现实是模拟、修改现实，所以我们需要准确地追踪对象（如头部或手部）是如何在现实世界中移动，这样系统才能在 VR 世界中实现精确的映射。

图93：3DoF 旋转



资料来源：CSDN，国信证券经济研究所整理

图94：6DoF



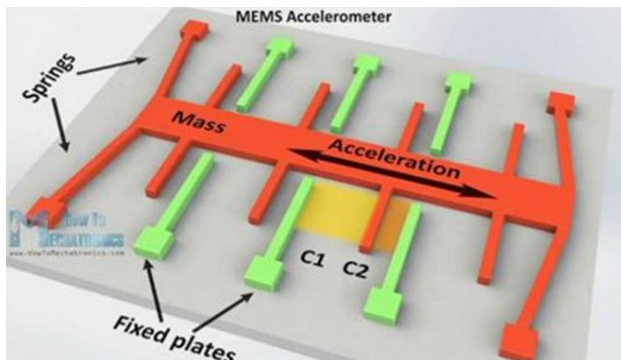
资料来源：CSDN，国信证券经济研究所整理

从硬件技术的角度分类，可以分为：

1) **声学追踪**：测量声学信号在发射器和接收器之间传播所花费的时间的方式被称为**声学跟踪**。一般来说，有几个发射器放置在跟踪区域，而各种接收器放置在跟踪目标上。接收机和发射机之间的距离是根据声音信号到达接收机的时间来计算的。其缺点是时延较长、刷新慢、易受噪音干扰。

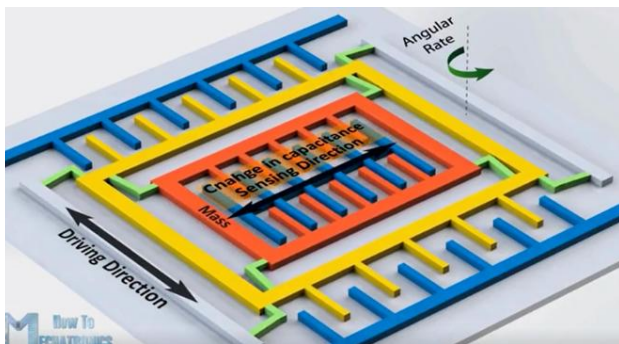
2) **惯性与磁性追踪**：**IMU (Inertial Measurement Unit, 惯性测量单元)** 是一种通过传感器组合来测量和报告速度、方向和重力的电子设备。IMU 通常包括一个 3 轴加速度计、一个 3 轴陀螺仪，较高级的会再加一个 3 轴磁力计。加速度计可以测量物体在其坐标系下的三轴加速度，陀螺仪的三轴角速度，通过积分运算，可以解算出物体相对的定位信息。受制于成本高昂，IMU 过去主要应用于飞机火箭仪表等军用设备，随着价格更加亲民的 MEMS 加速度计和陀螺仪出现，IMU 开始广泛应用于消费级电子设备。但 IMU 只能准确地测量和报告方向值（旋转），无法处理平移，随着时间推移，如果没有外部校准，IMU 很快会出现漂移的情况，需要结合算法进行校准。

图95: MEMS 加速度计



资料来源: Youtube, 国信证券经济研究所整理

图96: MEMS 陀螺仪



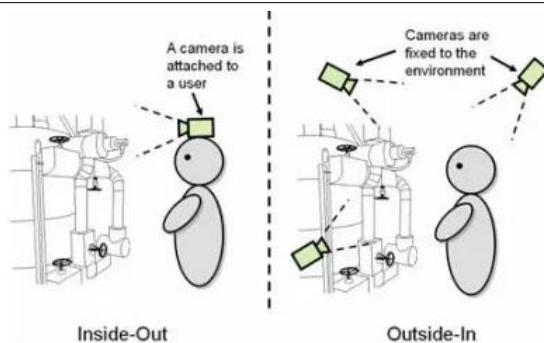
资料来源: Youtube, 国信证券经济研究所整理

3) 光学追踪: 对于光学跟踪, 有多种方法可用。它们之间的共同点就是使用光学摄像头来收集位置信息。具体又可以分为跟踪标记、深度地图跟踪等。

从硬件排布的角度上, 技术方案又可以分为 Outside-in 和 Inside-out:

1) Outside-in 就是由外向内追踪。这种追踪方法的特点就是追踪平移移动的传感器在外部。放置在静止位置并朝向被跟踪对象的摄像机或其他传感器, 该物体在摄像机相交的视觉范围定义的指定区域内自由移动。

图97: Outside-in 和 Inside-out



资料来源: Xinreality.com, 国信证券经济研究所整理

Outside-In 的代表产品就是当年 VR 元年的三大 PCVR 设备: Oculus Rift CV1 星座系统、Vive 和 HTC 的 Lighthouse 基站系统、PSVR 的单摄像头光球系统。其中 PSVR 的追踪是单摄像头, 搭配可见光光球追踪, 效果非常差。另外两种系统至今依然比 Inside-out 方案精度更高, 并且因为是在这个摄像头基站的范围内是无死角的 360 度追踪, 在某些游戏和企业应用中, 还是这两者占优。

图98: Oculus Rift CV1 星座系统



资料来源: Oculus, 国信证券经济研究所整理

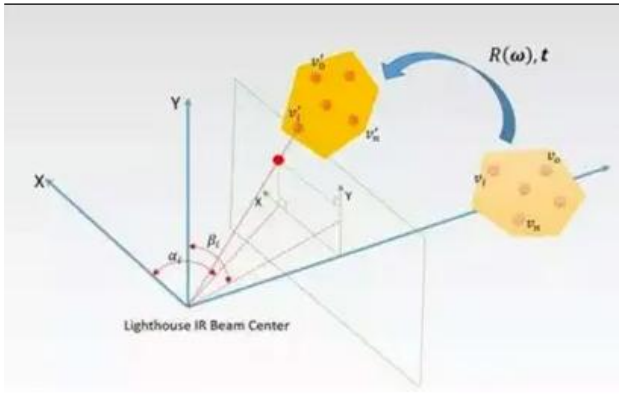
图99: PSVR 的单摄像头光球系统



资料来源: 索尼, 国信证券经济研究所整理

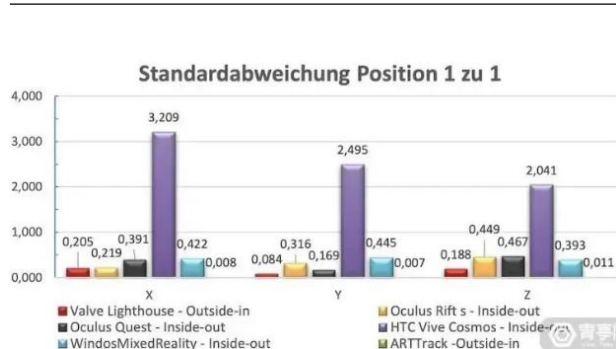
Outside-in 具有更高的精度，例如 HTC 的灯塔系统。每个 Lighthouse 基站都包含两个激光器。一个激光器投射出一条水平光线，从下到上扫；另一个激光器投射一条垂直的光线，从左到右扫。两个激光器都以 3,600 rpm 或每秒 60 转的速度围绕各自的轴旋转。由于在任何时候都只能有一个激光扫过跟踪体积，因此一个基站内的两个激光和两个链接基站 (A 和 B) 的四个激光是交错的：第一个基站 A 的垂直激光从左到右扫过→A 的水平激光从下到上扫过→A 的激光关闭，B 的垂直激光从左向右扫过→B 的水平激光从下到上扫描→重复。每个过程间隔为半圈或 8.333 毫秒，但实际上通过清除冗余数据、捆绑数据后，作为 IMU 的增量进行计算，实际反馈间隔，最坏延迟约 4 毫秒。

图100: Lighthouse 系统



资料来源: CSDN, 国信证券经济研究所整理

图101: 定位精度对比



资料来源: CSDN, 国信证券经济研究所整理

2) Inside-out 就是从内向外追踪。在由内而外的位置跟踪中，摄像头或传感器位于被跟踪的设备上，定位的范围几乎是无限大的。随着 VR 一体机的兴盛，Inside-out 是现在的主流方向。但因为摄像头在头上，背后和其他地方有死角，这对厂家的 SLAM 算法（同步定位与建图，Simultaneous Localization and Mapping）提出了很高要求。Inside-out 方案中，手柄追踪方案经过几代更迭，目前红外光追踪方案较为成熟，也是近两年 VR 新款产品主流方案。

图102: Inside-Out



资料来源：青亭网，国信证券经济研究所整理

Pico Neo 1 采用的超声波解决方案。优点是基本不用占用移动芯片的性能，功耗相对摄像头定位非常低。但超声波信号容易受距离约束，距离越大信号衰减越快，容易导致控制器 6DoF 位姿信息精度误差变大，而且超声波虽然可以不受外界环境光干扰，但也会受超声波相关的干扰（比如风吹），或是在接近一些物体时，比如墙面，超声波的回声干扰会影响整个定位的精度。

Pico Neo 2 采用的电磁解决方案。优点是没有 FOV 限制，可以进行 360° 的追踪定位交互，但电磁波没可见光那么精准，原地不动的时候，会产生轻微抖动，虽幅度小，但还是会影响精准度。如果想达到高精度，电磁传感器功耗会较大，容易造成控制器发热、手部出汗，PICO NEO2 在手柄内置了一颗巨大的电磁线圈，通过产生不同方向的电磁信号，让头盔中的接收单元接收并运算，从而定位手柄。另外，该方案成本较高。这项技术是 PICO 采购自 Northern Digital 后，并加以改进。专利授权费和特殊采购的接收单元，还有线圈和 18650 锂电池，让每台 NEO2 的成本较高。

图103: 电磁线圈



资料来源：CSDN，国信证券经济研究所整理

图104: 接受单元



资料来源：CSDN，国信证券经济研究所整理

Pico Neo 3 采用了基于光学的控制器定位追踪解决方案。不需要额外或者特殊传感器，可直接用头戴追踪传感器解决控制器的 6DoF 位姿计算，使得产品的成本更低，也可以降低控制器的功耗。通过在控制器上按照一定规则布置 LED 灯，复用头戴端内置的四路追踪相机，使其控制器端的 LED 发光光斑的闪烁频率和头戴端

Camera 拍摄频率完全同步。结合高频率的 IMU 和低频率输出的 Camera 数据，再结合实时高精度获取控制器的 MTP (Motion-to-Picture)，通过高精度运动预测模型，对控制器的追踪运动延时做了很大程度的补偿和优化。

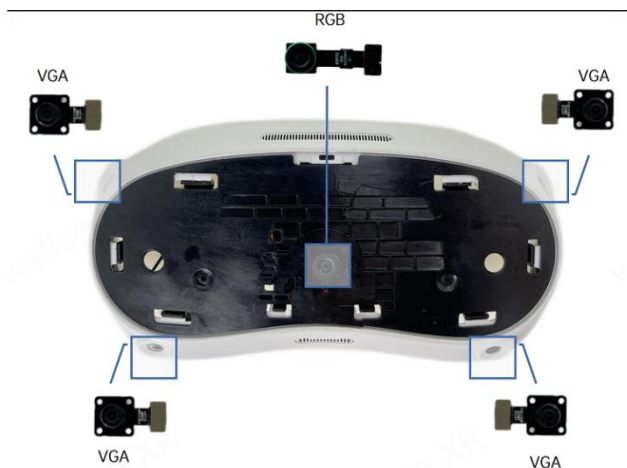
图105: Pico Neo 三代手柄变化



资料来源：映维网，国信证券经济研究所整理

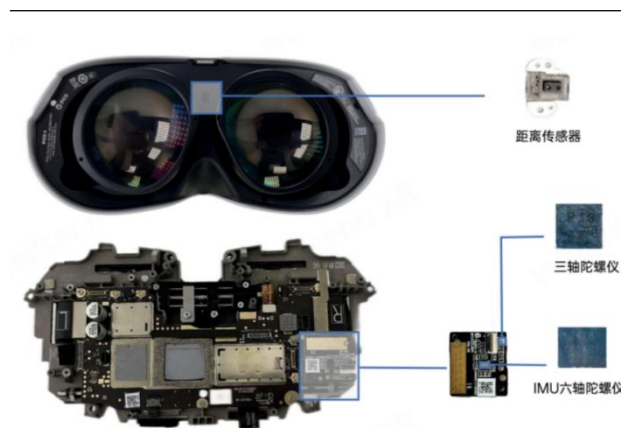
PICO4 沿用了基于光学定位+IMU 融合的追踪方式。头显 4 个边角各放置了一颗 VGA 摄像头。摄像头采用豪威 OVM7251 传感器，基于 3 微米 OmniPixel[®] 3-GS 全局快门架构。1/7.5 英寸光学格式，提供小尺寸、低功耗、高效率的 120fps、640x480 VGA 分辨率相机模块，工作模式下，模块的全局快门可实现快速图像捕捉。传感器采用 TDK ICM-42688 包含高精度 3 轴电子陀螺传感器和 3 轴加速度计，配合电子罗盘 AKM AK09918C 的 3 轴磁场感应数据，形成 HDM IMU 系统。

图106: Pico4 交互传感器



资料来源：WellSenn XR，国信证券经济研究所整理

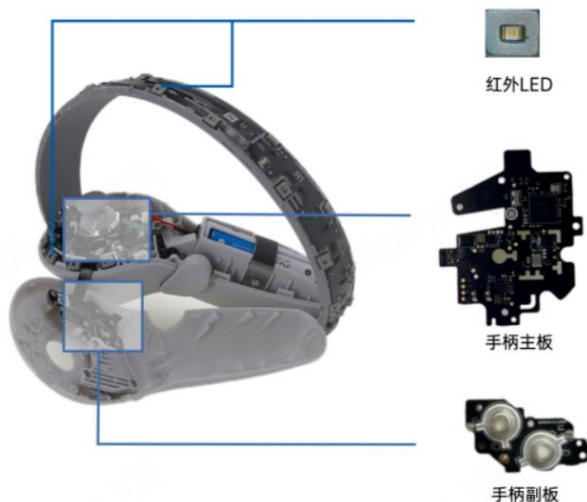
图107: Pico4 头显上的交互传感器



资料来源：WellSenn XR，国信证券经济研究所整理

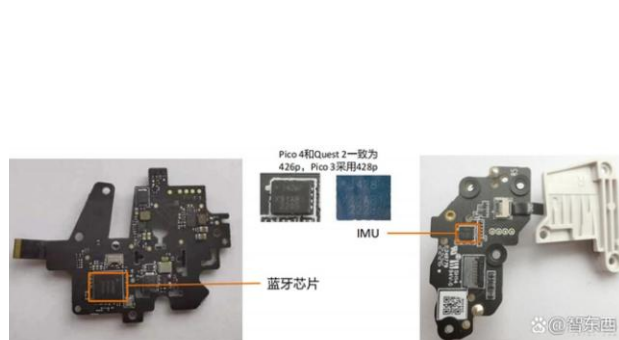
手柄采用全新的星环弧柱的设计，使用了 16 颗红外 LED，通过 FPC 排布在手柄环上，此外，手柄头部外圈还有 4 颗 LED，形成的类拓扑结构保证了无死角追踪，特别是在两个手柄重叠的时候也能保证不被遮挡。头显上的 6DoF 摄像头通过拍摄红外灯带的位置和姿态，来定位和追踪手柄。传感器方面，手柄搭载 TDK IMU 芯片 ICM-42688-P，包含高精度 3 轴电子陀螺传感器和 3 轴加速器，融合 CV 追踪算法实现对手柄更准确的定位和追踪机器的运动和姿态。

图108: Pico4 手柄上的红外 LED



资料来源: WellSenn XR, 国信证券经济研究所整理

图109: Pico4 手柄 IMU 和 Quest2 一样

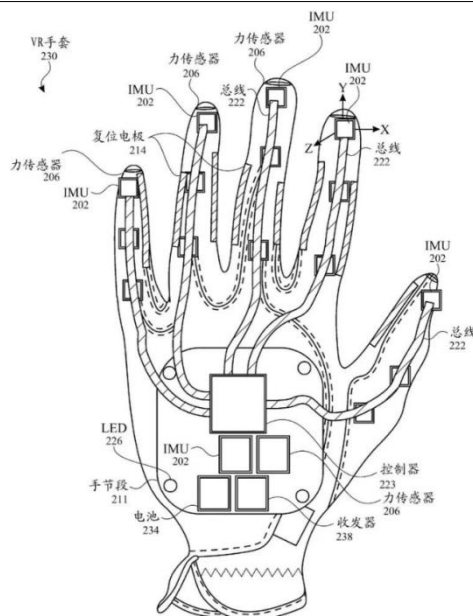


资料来源: WellSenn XR, 国信证券经济研究所整理

手势识别：传感器、RGB 摄像头、3D 摄像头

如果要更加精确到手部的详细动作，有依靠传感器的手套式方案，也有依靠计算机视觉的裸手识别方案。例如苹果公司申请的“基于 IMU 的手套”专利，摘要显示该手套包括多个 IMU，其中可包括一个或多个运动传感器，可测量对应指节的惯性运动。在一些示例中，该 VR 手套除了包括磁力仪以确定地磁场的方向，还可包括多个电极，用于实现电容式触摸或指尖之间的接触感测。

图110: 苹果手套专利示意图

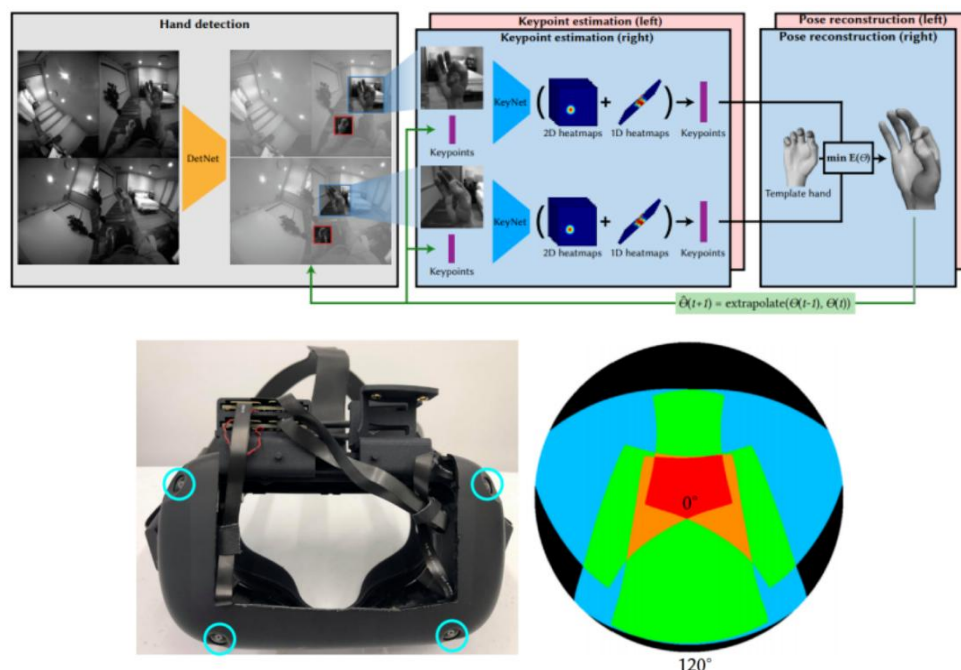


资料来源: Apple Patent, 国信证券经济研究所整理

Quest 则是典型的计算机视觉方案，采用了黑白第一人称摄像头追踪手部节点的 VR 方案，不含深度测量传感器。当时，市面上常见的是单目 RGB 摄像头和神经网络

络算法的手势识别方案，但单目方案难以直接识别 3D 手势，需要搭配关键点回归和实时姿态算法，时间上难以达到连贯和低抖动等。因此，FRL 提出了一种基于 4 颗黑白摄像头的手势追踪方案。该方案无须深度摄像头，对算力和功耗的要求更小，在光线暗和双手形状等变量影响下依然能稳定运行，延时和抖动的情况足够少。4 颗同步的 VGA 广角摄像头，每颗摄像头的 FOV 可达 150° （宽） $\times 120^{\circ}$ （高） $\times 175^{\circ}$ （对角线）。广角摄像头采用等距投影模型，光线的参数由与摄像头主轴之间的角度来决定，因此也更适合预测手部关节的距离而不是深度。

图111: Quest 手势识别原理

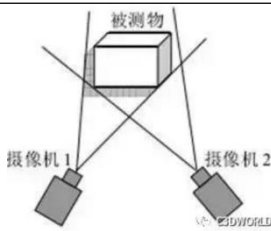
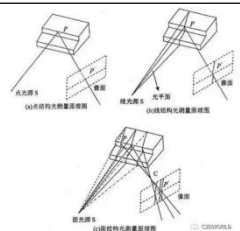
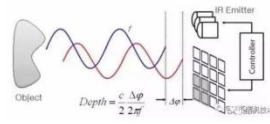


资料来源：Facebook Reality Lab，国信证券经济研究所整理

3D 摄像头，即包含深度信息传感器的摄像头模组，能有效提升定位精度，优化 VR 头显使用体验感。3D 摄像头有三种主流方案：**结构光**、**TOF（飞行发）**以及**双目立体成像方案**。三种方案工作原理均为红外激光发射器发射出近红外光，经过反射后，红外信息被红外光 CMOS 图像处理器接收，并将信息汇总至图像处理芯片，得到三维数据，实现空间定位。但三者不同之处在于发射近红外光取得三维数据的方式，结构光发射的是散斑，TOF 是发射面光源，而双目立体成像则是通过双目匹配，进行视差算法。

TOF 方案响应速度快，深度信息精度高，识别距离范围大，不易受环境光线干扰，因此是移动端 3D 视觉比较可行的方案；结构光方案由于技术较为成熟，工业化产品较多，也被部分厂商所采用；双目立体成像是比较新的技术，参与的厂商较少，更适合室外强光条件和高分辨率应用，常见于机器人视觉、自动驾驶等方面。

表14: 深度测量的三种方案

方案	多目立体成像方案	结构光方案	ToF 方案
基础原理	双目匹配, 三角测量	激光散斑编码等	反射时差
原理图示			
分辨率	可以达到 2K 分辨率	高于 TOF, 可达到 1080*720	受物理器件限制, 分辨率难达到 VGA
精度	近距离达到毫米精度	近距离达到 0.01mm 到 1mm	厘米级
精度	中	高	中
响应时间	中	长	短
算法难度	高	中	低
硬件成本	高	低	中
弱光表现	弱	良 (取决于光源)	良 (红外激光)
强光表现	良	弱	中
识别距离	中等, 依赖两颗摄像头的距离	极短 (nm) 至中等 (4-6m), 受图案所限	短距离 (不足 1m) 至长距离 (10m) 受光源强度所限
功耗	低	中	低
使用	双摄	前置	后置

资料来源: C3DWORLD, 德州仪器, 国信证券经济研究所整理

其他传感器: 眼动追踪、面部识别将成标配

1) 眼动追踪: 动态渲染技术的基石

眼球追踪是 AR/VR 头显的一项关键功能, 它可以丰富用户之间的交互, 同时也是动态注视点渲染技术的基础, 提升 AR/VR 视觉观感。由于眼睛收集的视觉信息质量在视野的一小块区域 (称为中心凹区域) 内是最高质量的, 该区域以外的视力会迅速下降, 因此仅对用户注视的中心区域进行高精度渲染, 而对其他区域进行低分辨率渲染, 可降低 GPU 着色负载的同时保持高帧率, 以此更好配置有限的算力资源。同时, 结合注视点和手势识别, 用户可以与虚拟环境更精准的互动, 如实现抓取、隔空打字等功能。

注视点渲染又分为固定和动态两种类型。采用固定注视点渲染, XR 设备会预设显示器中心部分为高质渲染区域。因此用户的注视点需始终处于该区域位置, 靠头部转动转移视线, 如 2018 年 Oculus Go。而动态注视点渲染则可在眼球转动时捕捉注视点以实现更精准的实时渲染。Tobii 曾在不同设备和环境下做过一系列基准测试, 测试数据表明, 动态注视点渲染比固定注视点渲染能降低两倍的 GPU 着色负载, 能更有效地维持高帧率和优化系统资源。在 Pico Neo 3 Pro Eye 的硬件环境下, Tobii 的动态注视点技术能将帧率提高 78%, 一体机能耗降低 10%。

图112: 中心凹区域和中心凹外区域视觉信息质量差



资料来源: Tobii, 国信证券经济研究所整理

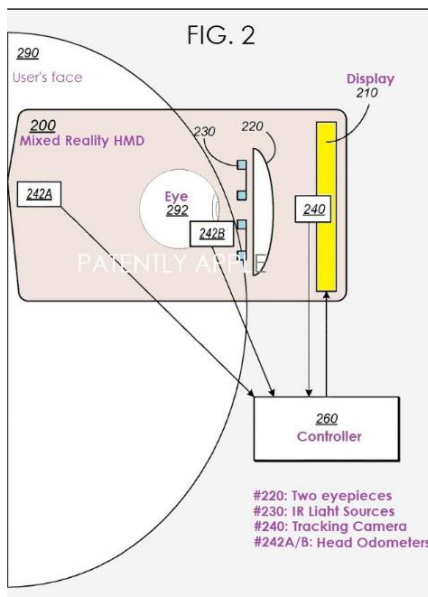
图113: 并列比较 VRSS 开/关效果



资料来源: NVIDIA, 国信证券经济研究所整理

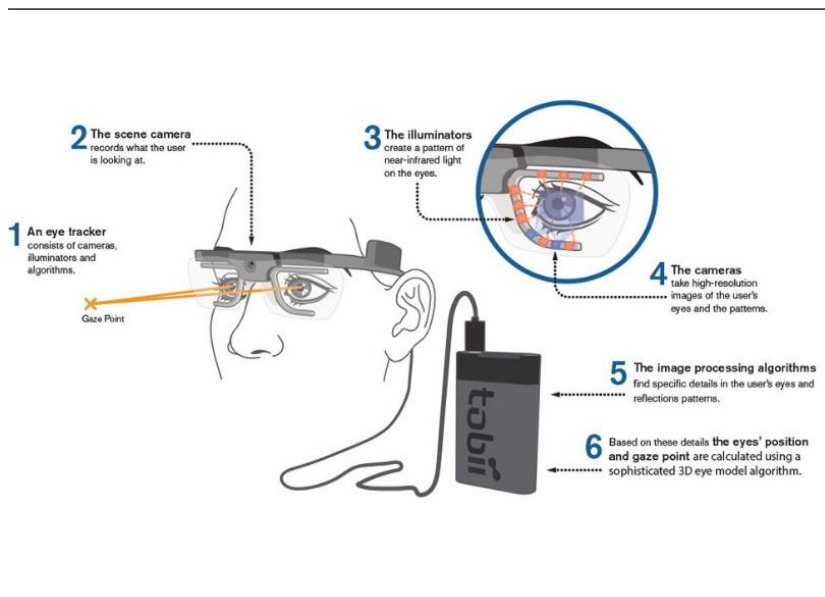
眼动追踪技术的基本原理并不算复杂, 实现方式也不只一种。目前最常见的是以 Tobii 为代表的技术提供商所采用的瞳孔角膜反射法 (PCCR)。该方案主要包括三个模块: 眼动摄像机、光源、模型及算法。光源发射红外光在眼角膜反射形成闪烁点, 眼动摄像机捕捉眼睛的高分辨率图像, 再经由算法解析, 实时定位闪烁点与瞳孔的位置, 最后借助模型估算出用户的视线方向和落点。

图114: 苹果基于低分辨率图像的眼动追踪



资料来源: USPTO, 国信证券经济研究所整理

图115: 眼动追踪组件包括照明器、眼动相机以及模型和算法的处理单元



资料来源: Tobii, 国信证券经济研究所整理

目前, 市面大多数眼球追踪系统都采用 PCCR。例如最新的 Oculus Pro, 其眼部追踪采用角膜瞳孔法, 在 pancake 模组的透镜外围分布了 9 个红外 LED 和 1 个摄像头。

图116: Oculus Pro 眼球追踪



资料来源: WellSenn XR, 国信证券经济研究所整理

2) 面部追踪: 光+摄像头方案为主

Oculus Pro 面部追踪模组由左右脸和额头三个模组构成, 底框为红外透过材料, 面部追踪模组共有 4 个 LED 和 1 个摄像头, 额头追踪模组 3 个红外 LED 和 1 个摄像头。

图117: Oculus Pro 面部追踪

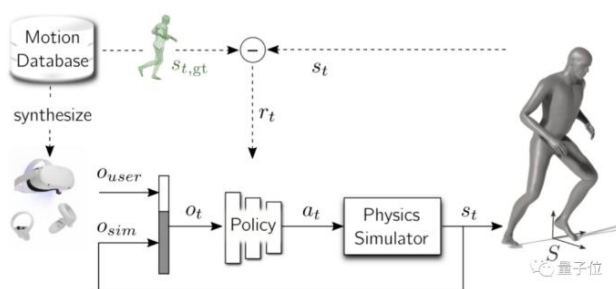


资料来源: WellSenn XR, 国信证券经济研究所整理

3) 腿部追踪: 硬件成本高, AI 或成主流方案

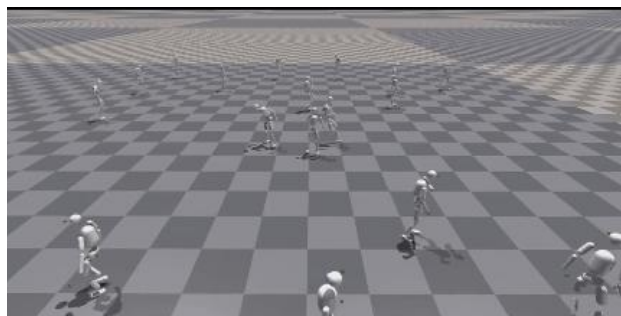
Meta 在 2022 年 9 月, 宣布成功以头显和手柄控制器的位置和方向数据作为输入, 其他数据全靠 AI 预测, 使得元宇宙中的虚拟人物有了腿。他们设置了 4000 个身高不同的仿真人形机器人, 每个机器人具有 33 个自由度。随后, 将这些机器人在英伟达的 Isaac Gym (一个专门用于强化学习研究的机器人物理模拟环境) 中同时进行训练, 2 天后, 这只框架就能基于这个强化学习策略, 根据头显和手柄数据直接预测用户全身动作了。

图118: AI 模型框架



资料来源：量子位，国信证券经济研究所整理

图119: 仿真模拟

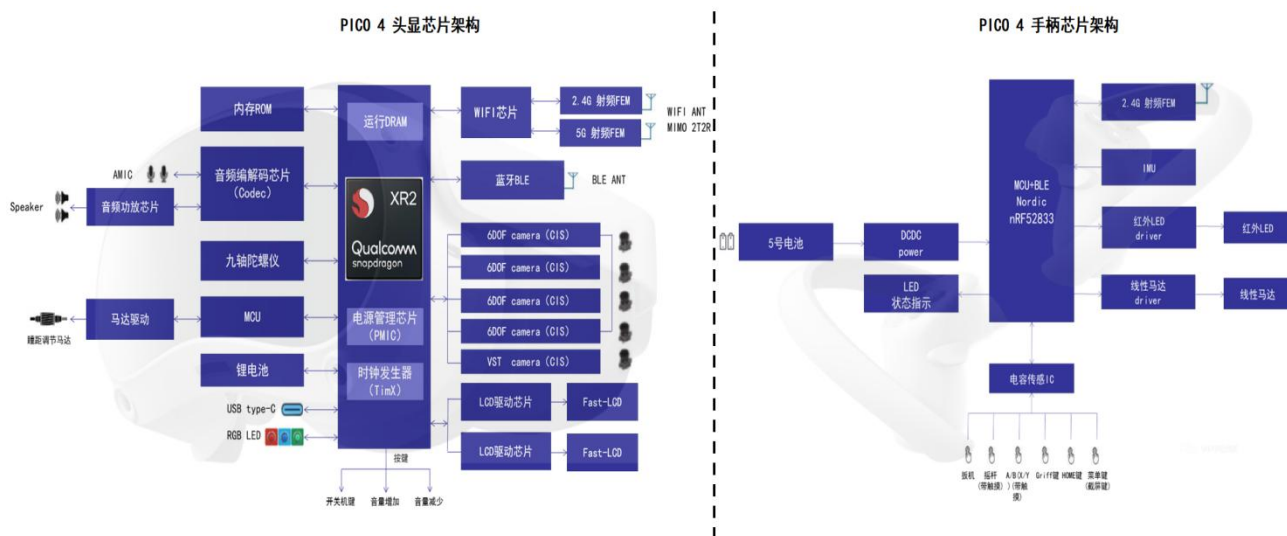


资料来源：量子位，国信证券经济研究所整理

芯片：赋能 VR 硬件性能，专用度不断提升

芯片为赋能 VR 硬件性能的核心部件，从而成为支撑用户体验的关键。VR 头显和手柄都有芯片组支撑其功能，其总体架构和芯片类型和智能手机等其他智能终端类似，其中数字芯片涉及到主控 SoC、存储、音频编解码芯片、微控制器 MCU 和连接芯片等；模拟芯片涉及到电源管理 PMIC、LED 驱动芯片、射频 FEM、马达驱动芯片、音频功放芯片等；传感器芯片涉及到 CMOS 图像传感器、陀螺仪等。

图120: Pico 4 VR 一体机框图



资料来源：WellSenn XR，国信证券经济研究所整理

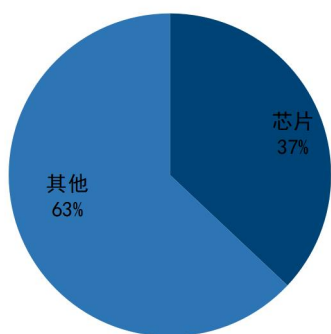
表15: VR 涉及芯片

芯片类别	芯片名称	简介
数字芯片	主芯片 SoC	作为主控芯片，由多个具有特定功能的集成电路组合在一个芯片上形成的系统，其中包含完整的硬件系统及其承载的嵌入式软件，芯片性能决定了终端性能。
	运存 (DRAM)	运行内存也称作主存，是指程序运行时需要的内存，只能临时存储数据用于与 CPU 交换高速缓存数据，运行内存的大小直接决定了系统能运行多少程序，运行内存越大，系统运行程序越快。
	闪存 (NAND)	NAND 闪存为主的外部硬盘，其存储容量就决定着其数据存储量大小的能力
	音频编解码芯片	对音频进行编码或解码的编解码器，根据给定算法的音频文件或流媒体音频编码格式对数字音频数据进行压缩和解压缩，决定了音频质量。
	微控制器 (MCU)	微控制芯片处理手柄或末端单一控制任务，如瞳距调节马达驱动等。
	WiFi 芯片	WiFi 模块的主控芯片，内置对应 WiFi 驱动和协议，决定了 WiFi 链接的速度、延迟、带宽等。
模拟芯片	蓝牙芯片	蓝牙模块的主控芯片，内置对应蓝牙驱动和协议，实现蓝牙短距通信。
	电源管理芯片 PMIC	PMIC 担负对电能的变换、分配、检测及其他电能管理的职责的芯片。主要负责识别 CPU 供电幅值，产生相应的短矩波，推动后级电路进行功率输出。
	LED 驱动芯片	LED 驱动芯片的作用主要是利用开关电源芯片，恒流输出直流电流，用来驱动发光二极管。
	射频 FEM	前端模块完成射频信号的发送放大以及接收放大、滤波，甚至包含功率检测、控制和开关的这样一个作用。
	马达驱动芯片	作为驱动芯片，可以与主处理器、电机和增量型编码器构成一个完整的运动控制系统。
	音频功放芯片	音频功放芯片是多媒体播放设备核心部件，把来自音源或前级放大器输出的弱信号放大并推动一定功率的音箱发出声音的集成电路。
传感器芯片	CMOS 图像传感器	CMOS 图像传感器通常由像敏单元阵列、行驱动器、列驱动器、时序控制逻辑、AD 转换器、数据总线输出接口、控制接口等几部分组成，将光信号转化为电信号的器件。
	陀螺仪	检测和测量物体角速率，模拟和数字输出。

资料来源：WellSenn XR、国信证券经济研究所整理

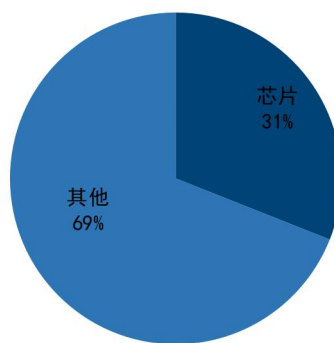
芯片成本占 VR 整机成本超 30%。根据 WellSenn XR 拆解报告预测，PICO 4 芯片成本约为 112.7 美元，占据硬件综合成本 31%，Quest Pro VR 芯片成本约为 228.1 美元，占据硬件综合成本 37%。其中 Quest Pro 芯片成本增加主要来源于交互手柄使用一颗 11nm 骁龙 662 手机 SoC 作为主芯片（PICO 4 及其他主流产品为蓝牙 MCU）和较大内存，以及摄像头增加提升了交互性能。

图121: Meta Oculus Quest Pro 成本构成预测



资料来源: WellSenn XR, 国信证券经济研究所整理

图122: PICO 4 成本构成预测

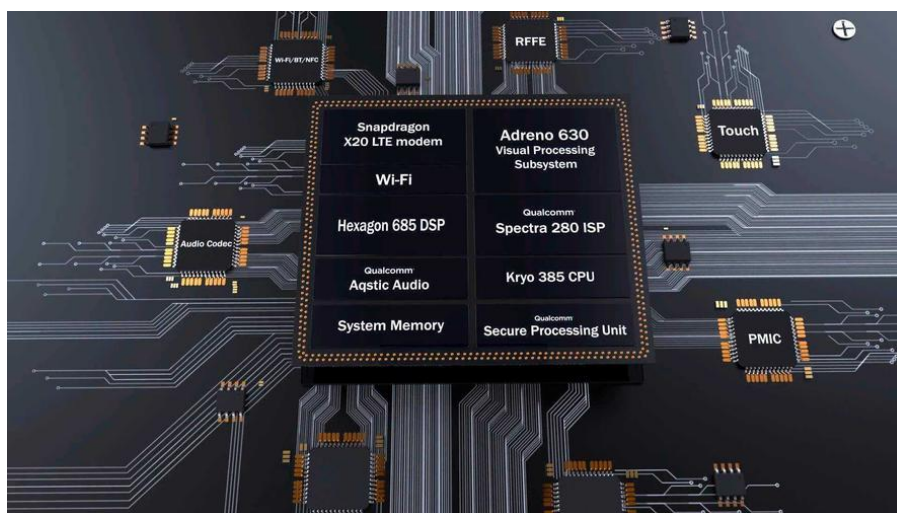


资料来源: WellSenn XR, 国信证券经济研究所整理

SoC：芯片平台实现专用化，未来多方有望并起与高通争雄

VR 主芯片主要任务利用运行操作系统并掌控整个硬件系统。从架构上来说，VR 芯片的架构基本和其他智能设备的 SoC 类似，主要集成系统级芯片控制逻辑模块、微处理器/微控制器 CPU 内核模块、数字信号处理器 DSP 模块、嵌入的存储器模块、和外部进行通讯的接口模块、含有 ADC /DAC 的模拟前端模块、电源提供和功耗管理模块。

图123: 骁龙 845 核心架构



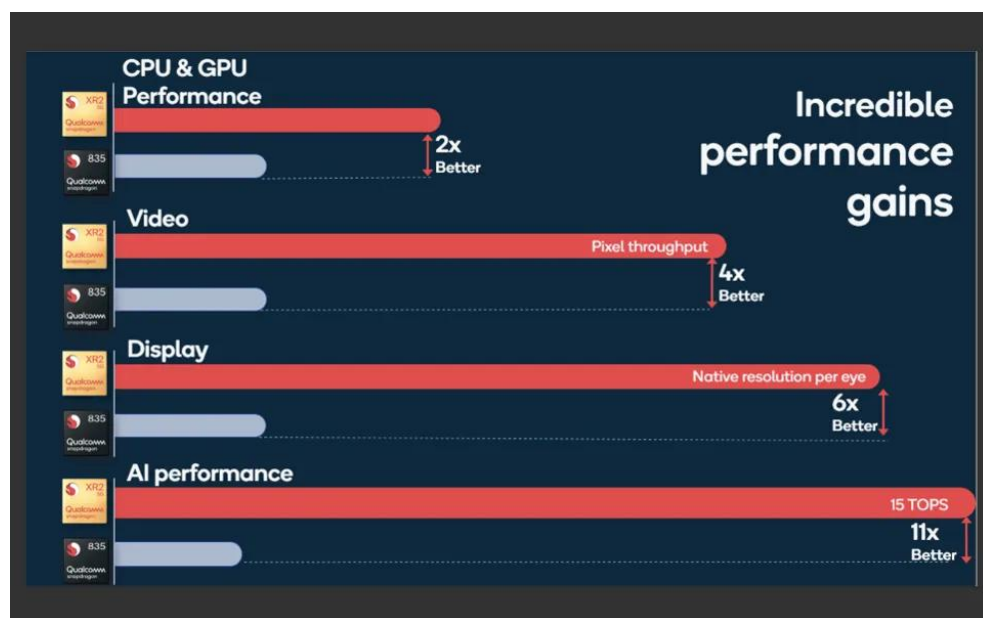
资料来源: 高通、国信证券经济研究所整理

提升 GPU 效能比成为 VR 主芯片升级重心。GPU 是 SoC 中负责渲染和显示的核心 IP，决定了 VR 设备的 3D 效果和显示分辨率。一方面，随着 VR 游戏市场的扩大和生态

的形成，游戏图像质量和超高分辨率将会成为主机之间竞争的核心指标，推动对于 VR 芯片中 GPU 渲染能力的需求，另一方面，由于目前主流的 VR 设备都是依靠电池来供电，因此能效比将决定 VR 设备的续航时间，同时也需要保证 VR 设备散热没有问题。

NPU 算力大幅提升支持交互体验升级。与手机中不同，VR 设备中的众多交互都需要人工智能的介入，例如设备和用户的定位和追踪，并且把这个信息融合到虚拟环境中，需要使用人工智能中的 SLAM 技术才能高质量地实现。另外，目前 VR 设备中，交互越来越多地使用手部追踪和眼部追踪等先进技术来实现自然的交互，而这些追踪都需要使用人工智能模型，而且随着追踪精度的增加，模型需要的算力也在上升。人工智能算法结合眼部追踪技术判断眼睛聚焦位置，对聚焦位置进行高质量渲染，对未关注到位置进行低质量渲染，解决 GPU 渲染能力瓶颈。

图124: 骁龙 XR2 平台针对 XR 场景着重升级 GPU 和 AI 能力



资料来源：高通、国信证券经济研究所整理

手机 SoC 优势助高通成为 VR 主芯片市场霸主。2015 年，HTC 发布的 HTC Vive 使用 STM32F072R8 MCU 和 AIT8328 ISP 搭配作为中控芯片方案；2016 年起，高通智能手机 SoC 骁龙 821、骁龙 835、骁龙 845 成为当年主流 VR 产品芯片方案，VR 主芯片进入手机 SoC 时代，同期如三星 Exynos 8895、联发科 Helio X30 等智能手机 SoC 也获得少量 VR 产品搭载。

XR 芯片专业化夯实高通优势。2019 年，随着高通发布骁龙 XR1 平台，VR 设备正式踏入 XR 专用芯片平台时代，相较于手机 SoC，初代 XR 平台减少了基带，使成本显著下降，而其他关键模块如 CPU、GPU、DSP、ISP 等和手机芯片别无二致。但由于高通除了芯片以外，同时发布了包括 XR 软件服务层、机器学习、XR SDK 等一系列软件支持，加之其智能手机业务积累的软硬件生态优势，骁龙 XR1 一举奠定高通在 XR 领域绝对龙头地位。

表16: 主流 VR 芯片平台发展趋势

	2016-2021 年:手机 SoC			2019 年-至今:XR 专用芯片		
	骁龙 821	骁龙 835	骁龙 845	骁龙 XR1	骁龙 XR2	骁龙 XR2+
主流芯片						
工艺制程	14nm	10nm	10nm	10nm	7nm	-
CPU 架构	2*Kryo (2.4GHz)+2*Kryo (1.6GHz)	4*Kryo 280 (2.45GHz)+4*Kryo 385 (2.8GHz)	8*Kryo 385 (2.8GHz)	2*Kryo Gold (2.5GHz)+6*Kryo Silver (1.7GHz)	2*Kryo Gold (2.5GHz)+6*Kryo Silver (1.8GHz)	-
GPU	Adreno 530 (650MHz)	Adreno 540 (680/710MHz)	Adreno 630 (710MHz)	Adreno 615 (700 MHz)	Adreno 650 (587 MHz)	-
内存	LPDDR4	LPDDR4X	LPDDR4X	LPDDR4X	LPDDR4X	-
基带	X12 LTE	X16 LTE	X20 LTE	-	-	-
发布时间	2016Q3	2017Q1	2018Q1	2019Q1	2020Q1	2022Q4
代表机型	Oculus GO (2018) 小米一体机 (2018)	HTC Vive Standalone (2017) Oculus Quest (2018) PICO G2 (2019)	大朋 P1 (2019) PICO Neo Lite (2020) NOL0 Sonic (2021)	大朋 P2 (2019) Glass VR (2020) HTC Vive Flow (2021) NOL0 X1	Oculus Quest2 (2020) PICO NEO 3 (2022) PICO 4 (2022)	Oculus Quest Pro (2022)
其他芯片方案	三星 Exynos 8895 (创维 V901、S8000) 等			全志 VR9 (创维 S801)、瑞芯微 RK3399 等		

资料来源: 各公司官网、国信证券经济研究所整理

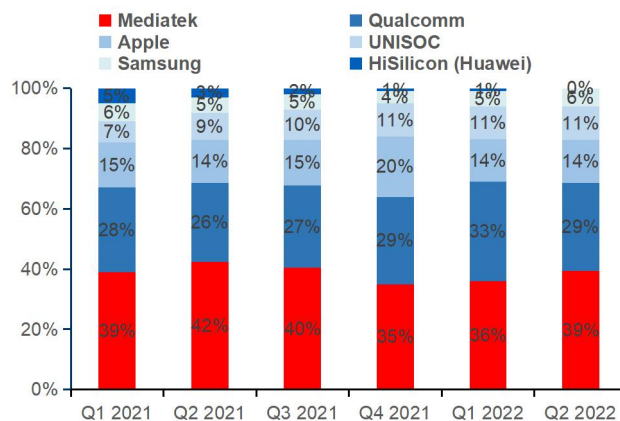
索尼 PS VR2 将首发联发科 VR 芯片, 联发科入局或激活行业竞争。11 月联发科正式宣布于 2023 年 2 月 22 日上市的索尼 PS VR2 将搭载其首款 VR 芯片, 目前尚未透露该芯片设计细节, 我们预测这颗芯片有望基于公司 ARM 架构手机 SoC 针对 VR 应用优化而来。联发科自 2004 年从 DVD 芯片切入功能机市场推出 Turnkey 模式占住山寨机市场, 到 2011 年进入 Android 智能手机市场, 抓住国产智能手机爆发机遇。目前联发科既是电视芯片市场霸主, 并在手机芯片领域与高通形成两强局面, 根据 Countpoint 数据, 2Q22 联发科以 39%全球市场份额领先高通。联发科携视频娱乐、智能手机芯片技术能力, 在首颗 VR 专用芯片即获索尼使用, 有望未来在 XR 领域继续和高通角逐。

图125: 索尼 PS VR2 将首发第一颗联发科 VR SoC



资料来源: 联发科、国信证券经济研究所整理

图126: 手机 SoC 市场份额



资料来源: Counterpoint、国信证券经济研究所整理

构建软硬一体生态，系统厂商或加强自研芯片开发。Meta 在 2018 年开始就成立了专门的团队去研发 XR 芯片，当时 Meta 挖来了谷歌芯片产品负责人沙赫里阿尔·瑞比，并任命其为芯片自研项目负责人，专注于构建支持增强现实和虚拟现实的芯片。虽然 Meta 与高通今年签署长期合作协议，我们认为 Meta 仍然会推进自研 XR 芯片，主因：1) 增强产业链话语权；2) 打造差异化产品；3) 构建软硬件一体生态；4) 提升品牌形象。除此之外，未来潜在强有力竞争者苹果入局 XR 行业，其设备必然搭载自研 A 系列或 M 系列主芯片以及完善软硬件生态。

图127: 苹果未来 XR 产品有望搭载 A 系列或 M 系列



资料来源：苹果、国信证券经济研究所整理

国内芯片厂商成长需与主流终端品牌加强合作。目前国内拥有 XR 主芯片产品的芯片厂商主要有来自智能手机芯片领域的海思和展锐以及 AIoT 芯片设计公司晶晨、瑞芯微和全志科技等。其中全志和瑞芯微拥有专用 VR 芯片产品布局，获得少数机型搭载，除此之外晶晨 S 和 A 系列芯片有在 AR 产品量产出货。目前国内厂商在 XR 领域投入相对有限，未来成长需与市场主流设备公司加强合作。

表17: 国产部分 VRAR 芯片

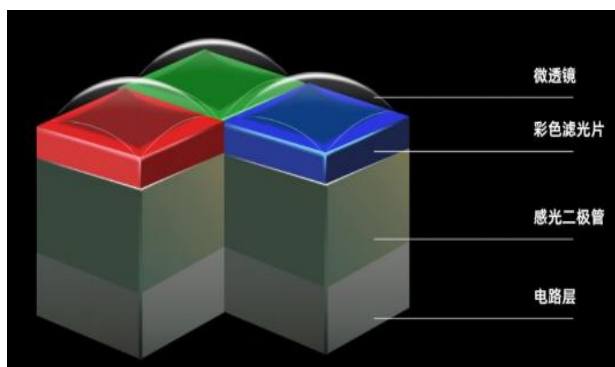
公司	代表产品	简介
海思	麒麟 990	应用于 Huawei VR Glass
展锐	T7520	6nm 5G SoC 支持 VR
晶晨	A311D、S905D3	应用于 Rokid 多款 AR，可应用于 VR
瑞芯微	RK3588	8nm 高端通用 SoC，适用 VR、AR、MR 场景
全志	VR9	VR 专用芯片，应用于小米头戴影院、创维头戴影院等

资料来源：各公司官网、国信证券经济研究所整理

CMOS 图像传感器：VR 交互需求增长推动重要性提升

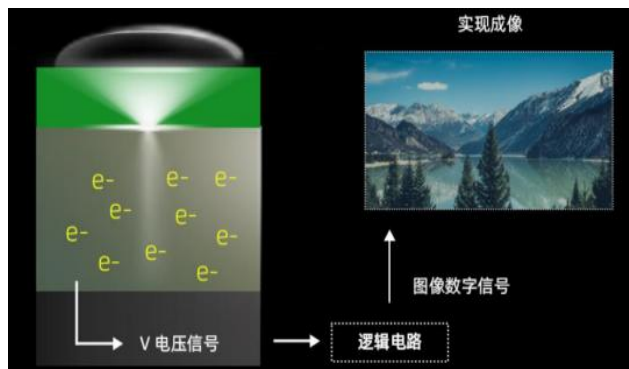
CMOS 图像传感器（CIS，CMOS Image Sensor）主要采用感光单元阵列和辅助控制电路获取对象景物的亮度和色彩信号，并通过复杂的信号处理和图像处理技术输出数字化的图像信息。CMOS 图像传感器中的感光单元一般采用感光二极管（Photodiode）实现光电信号的转换。感光二极管在接受光线照射之后能够产生电流信号，电流的强度与光照的强度成正比例关系。每个感光单元对应图像传感器中的一个像元，像元也被称为像素单元（Pixel）。CIS 每一个感光元件都可以直接集成放大电路和模数转换电路，当感光二极管接受光照、产生模拟的电信号之后，电信号首先被该感光元件中的放大器放大，然后直接转换成对应的数字信号，并进行片上图像处理。

图128: CMOS 图像传感器结构



资料来源：思特威招股书、国信证券经济研究所整理

图129: CMOS 图像传感器原理



资料来源：思特威招股书、国信证券经济研究所整理

摄像头模组成像能力主要由 CMOS 图像传感器关键技术参数决定。CMOS 图像传感器的像素数目、像素尺寸、光学尺寸、帧率、信噪比、动态范围、感光度、量子效率等关键参数直接决定了摄像头成像的分辨率、清晰度、流畅度、暗光下性能、噪点控制能力的高低。由于应用和使用场景不同，加之成本上的考量，针对不同下游应用的 CIS 会进行参数上的取舍，如智能手机为满足分辨率、清晰度、美观度和全场景适应能力，对 CMOS 图像传感器的超高像素的要求非常高。

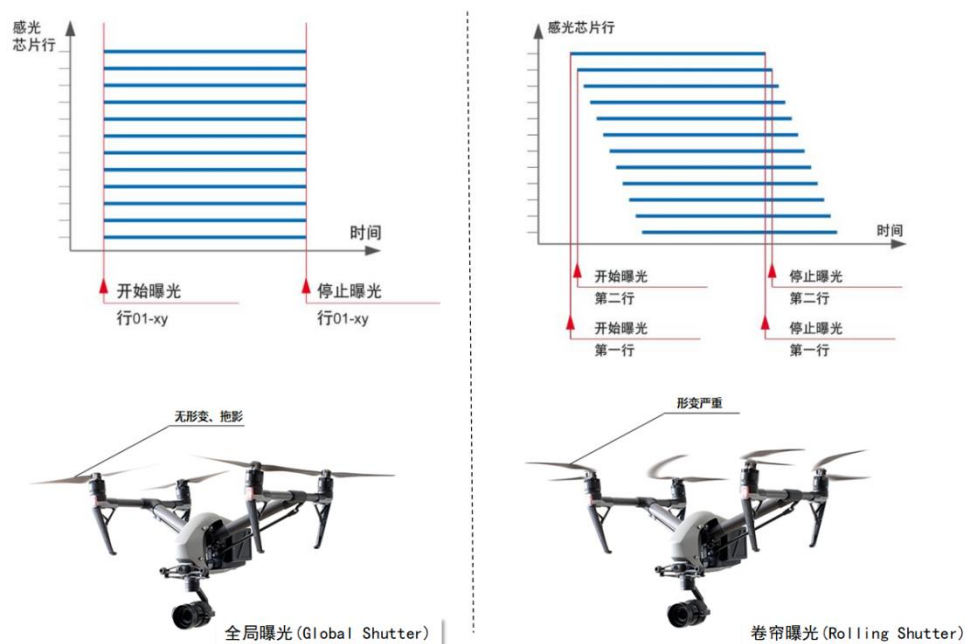
表18: CMOS 图像传感器关键技术参数

参数	释义
像素总数和有效像素总数（个）	像素总数是指所有像素的总和，像素总数是衡量 CMOS 图像传感器的主要技术指标之一。CMOS 图像传感器的总体像素中被用来进行有效的光电转换并输出图像信号的像素为有效像素。有效像素总数隶属于像素总数集合。有效像素数目直接决定了 CMOS 图像传感器的分辨率以及图像的清晰度。
像素尺寸（ μm ）	像素尺寸是指每个像素点的尺寸，在有限的感光元件尺寸下，更小的像素点尺寸意味着元件上能够容纳更多的像素数目，分辨率更高。但像素尺寸减小的同时单像素的进光量也会减少，感光度性能下降。
光学尺寸（英寸）	光学尺寸是指传感器感光元件的尺寸，通常指图像传感器对角线的长度，该尺寸越大，捕获的光子越多，感光性能越好，信噪比越低。
帧率（fps）	每秒的帧数或者说帧率表示图形传感器在处理时每秒钟能够更新的次数。高的帧率可以得到更流畅、更逼真的视觉体验，动态抓拍的效果也更好。
信噪比（dB）	信噪比指信号电压相对于噪声电压的比值，体现 CMOS 图像传感器对信号的控制能力。信噪比越高，噪声抑制的效果越好，在图像中体现出来的噪声越不明显。
动态范围（dB）	动态范围由 CMOS 图像传感器的信号处理能力和噪声决定，反映了 CMOS 图像传感器的工作范围，数值是输出端的信号峰值电压与均方根噪声电压之比。
感光度（ $\text{V}/\text{lux}\cdot\text{sec}$ ）	感光度指图像传感器对入射光功率的响应能力，也被称为响应度。对于 CMOS 图像传感器来说，通常采用电流灵敏度来反映响应能力，电流灵敏度也就是单位光功率所产生的信号电流。
量子效率	量子效率指某一特定波长下单位时间内产生的平均光电子数与入射光子数之比，体现了 CMOS 图像传感器的光转换为电子的能力。量子效率越高，光电转换能力越强，感光度越高，成像也越明亮。

资料来源：思特威招股书、国信证券经济研究所整理

全局曝光为 VR 追踪定位主要 CMOS 图像传感器主要核心快门技术。主流 CIS 快门技术为卷帘快门和全局快门，其中卷帘快门的设计是为了捕捉静态图像和视频拍摄，因此拥有非常高的分辨率和颜色处理能力，主要用于手机、单反等。但其缺点在于逐行拍摄图像，拍摄和曝光时间过长，在 VR 使用场景中手势、头部追踪、脸部和眼球动态追踪等移动物体捕捉时，图像可能发生扭曲，而且功耗过高，因此不适合用于 VR。而全局快门的原理则完全不同，它是一次拍摄整幅图像，所有像素同时曝光，因此成像效果准确、曝光时间短、功耗低，满足 VR 需求。

图130: 全局曝光与卷帘曝光对比



资料来源：思特威、CSC、国信证券经济研究所整理

VR 交互升级，CMOS 图像传感器数量和种类需求扩容。以 2022 年发布的部分主流 VR 产品为例，PICO Neo 3 头显四个边角各放置一颗的 VGA 摄像头搭载韦尔（豪威）OV7251 全局快门 CIS，实现快速图像捕捉；PICO 4 再次基础上增加一颗单目 VST 摄像头，搭载了索尼 1600 万像素 IMX471 传感器。Quest Pro 进一步提升设备交互体验，总计装备 16 颗摄像头（头显 10 颗、手柄 6 颗），在 6DOF 追踪定位和 VST 基础上再增加深度识别、面部（头部+额部）追踪、眼球追踪等，引入了 OVM6211、OG01A1B 等 CIS。

表19: 2022 年发布部分 VR 摄像头及 CIS 比较

公司	类型	PICO Neo 3	PICO4	Quest Pro
头显摄像头	6DOF 追踪定位 (VGA)	OV7251*4 (韦尔)	OV7251*4 (韦尔)	OV7251*2 (韦尔)
	VST 摄像 (RGB)		IMX471 (索尼)	IMX471 (索尼)
	深度识别			OG01A1B*2 (韦尔)
	面部追踪			OVM6211*3 (韦尔)
	眼球追踪			OVM6211*2 (韦尔)
	总数	4	5	10
手柄	6DOF 追踪定位			OV7251*6 (韦尔)
摄像头数量		4	5	16

资料来源：Wellseenn XR、各公司官网、国信证券经济研究所整理

芯片环节产业链公司梳理：

表20: VR 芯片重点公司梳理

公司	当前主打产品	进度	客户
高通 (QCOM. US)	SoC、PMIC、无线连接芯片、音频解码芯片	自骁龙 821 起成为 VR 市场主芯片龙头，XR 专用芯片平台已迭代三版 (XR1、XR2、XR2+)，其配套芯片也占据市场主导地位。	Meta、PICO 等市场所有 VR 品牌
联发科 (2454. TW)	SoC、PMIC、无线连接芯片、音频解码芯片	首款 VR 专用 SoC 将于 1Q23 随索尼 PS VR2 首发	索尼 PS VR2
北欧半导体	无线连接芯片	蓝牙 BLE 芯片成为多款主流 VR 头显和手柄蓝牙芯片方案。	Meta、PICO 等
德州仪器 (TXN. US)	模拟芯片	供应电源管理、驱动芯片等模拟芯片	Meta、PICO 等
索尼 (SONY. US)	CIS	IMX471 成为多款 VR 设备 VST 摄像头 CIS 选择	Meta、PICO 等
韦尔股份 (603501. SH)	CIS	公司全局快门 CIS 为市场 VR 设备定位追踪主流配置，8 月新推出 0G0TB 2.2 微米产品支持 ARVR 市场，预计 2H2023 量产。	Meta、PICO 等
艾为电子 (688798. SH)	模拟芯片	艾为电子广泛布局音频功放、LCD 驱动、马达驱动、LD0、USB 开关、Load Switch、电平转换芯片等。	PICO、Meta、Nreal、NOL0 Sonic 等
兆易创新 (603986. SH)	MCU	为消费电子、移动终端、工业、汽车提供 32 位通用 MCU。	PICO
瑞芯微 (603893. SH)	SoC	2016 年推出 RK3399 主打 VR 领域中端市场、2022 年发布 RK3588VR/AR 显示模组及整机解决方案	-
全志科技 (300458. SZ)	SoC	2017 年发布 VR 专用 SoC VR9	小米头戴影院、创维头戴影院等
晶晨股份 (688099. SH)	SoC、WiFi 芯片	公司 S 和 A 系列 SoC 部分可面向 ARVR 领域，已在 Rokid 多款 AR 量产；WiFi6 2X2 芯片明年量产，面向包括 ARVR 在内的消费电子市场。	Rokid (AR)
南芯	电源管理芯片	为消费电子、智能手机提供高性能电源管理芯片	PICO

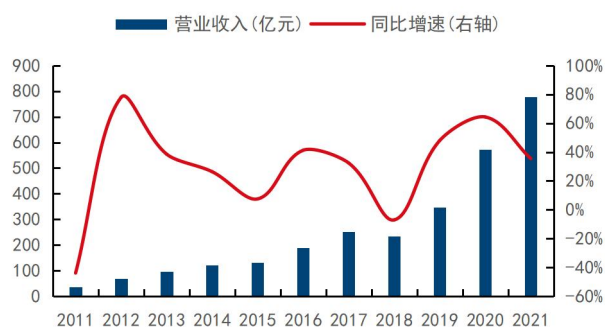
资料来源：艾邦 VR 产业资讯，VR 陀螺，国信证券经济研究所整理及预测

产业链相关公司概况

歌尔股份（002241.SZ）：全球高端 VR 设备主要代工厂

公司的主营业务包括精密零组件业务、智能声学整机业务和智能硬件业务，产品分为声学、光学、微电子、结构件等精密零组件，具体包括微型扬声器/受话器、扬声器模组、触觉器件（马达）、无线充电器件、天线、MEMS 声学传感器、其他 MEMS 传感器、微系统模组、VR 光学器件及模组、AR 光学器件、AR 光机模组、精密结构件等以及 TWS 智能无线耳机、VR 虚拟现实/AR 增强现实、智能可穿戴、智能家用电子游戏机及配件、智能家居等智能硬件产品。公司主要服务于全球科技和消费电子行业领先客户，为客户提供精密零组件和智能硬件的垂直整合产品解决方案，以及相关设计研发和生产制造服务。公司 16 年开始独家代工 PSVR、Oculus，中高端出货量占全球 70% 以上，自制零部件占比达 30%。

图131：歌尔股份营业收入及同比增速



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

图132：歌尔股份归母净利润及同比增速



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

京东方 A（000725.SZ）：面板龙头投资 290 亿元，加码 VR

公司定位为“为信息交互和人类健康提供智慧端口产品和服务的物联网公司”。2016 年公司创新提出“开放两端，芯屏气/器和”的物联网发展战略，逐步形成了“模式创新，平台发力”为特点的物联网生态路径。

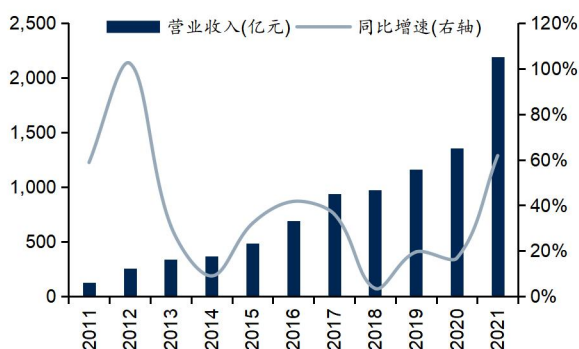
公司布局 4 条 AMOLED 产线，OLED 面板产能持续扩张中。根据年报，公司成都第 6 代柔性 AMOLED 产线（B7）、绵阳第 6 代柔性 AMOLED 产线（B11）运营质量稳步提升；重庆第 6 代柔性 AMOLED 产线（B12）2021 年成功实现量产交付；福清第 6 代柔性 AMOLED 产线（B15）项目在积极规划中。2021 年公司柔性 AMOLED 面板出货近 6000 万片，12 月单月出货量首次突破千万级；1Q22 公司柔性 AMOLED 产品出货量同比增长近 50%。随着智能手机折叠屏等创新应用持续涌现，我们看好公司柔性 AMOLED 产品出货量快速增长，OLED 产线经营情况将持续改善。

表21: 京东方 OLED 产线梳理

产线	城市	世代	技术	产能 (千片/月)	产能面积 (千平米/月)	投产时间
B7	成都	6.0	LTPS/LTP0	48	133	2016 年 12 月
B11	绵阳	6.0	LTPS/LTP0	48	133	2018 年 8 月
B12	重庆	6.0	LTPS/LTP0	48	133	2021 年 1 月
B15	福清	6.0	LTPS/LTP0	48	133	规划中

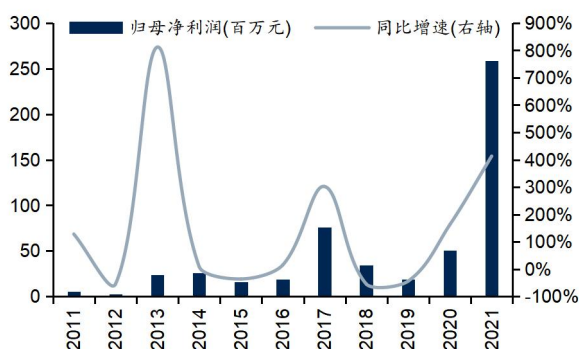
资料来源: 公司公告, Omdia, 国信证券经济研究所整理

图133: 京东方 A 营业收入及同比增速



资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

图134: 京东方 A 归母净利润及同比增速

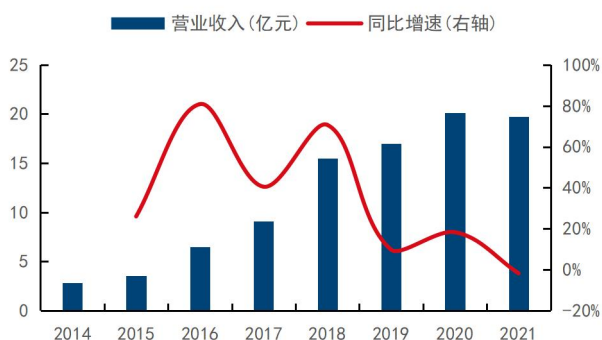


资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

隆利科技（300752.SZ）：MiniLED 光学产品已量产并供货 Varjo

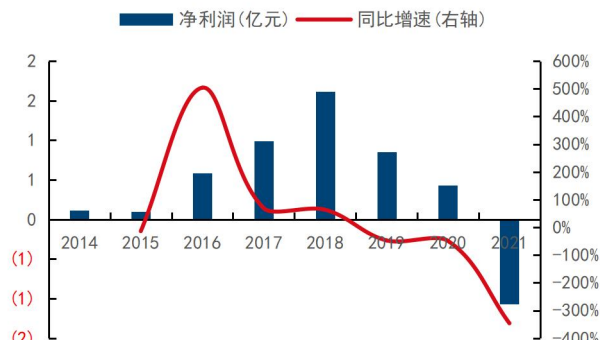
自 2016 年以来，公司已投入大量资金及人力开展 Mini-LED 技术的研发，率先实现了多个应用领域的技术突破，目前已经成功应用于车载显示、平板电脑、笔记本电脑、电视、显示器以及 VR 等领域。目前公司搭载 Mini-LED 背光技术的 VR 产品已向芬兰高端头显制造商 Varjo 和北美知名 VR 企业交付。

图135: 隆利科技营业收入及同比增速



资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

图136: 隆利科技归母净利润及同比增速



资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

创维数字（000810.SZ）：国内唯一上市的 VR 终端厂商

基于数字化，高清、超高清，宽带、光通信，下一代空间计算及智能车载显示、物联网等的发展，公司主要业务为：（1）数字智能终端及相关软件系统与平台的研发、生产、销售及服务，主要向国内通信运营商和广电运营商、海外电信与综

合运营商提供系统集成以及 2C 消费渠道市场零售，其中智能终端产品包括：4K/8K 等各类智能机顶盒、VR 终端等；（2）用于宽带网络通信连接的 PON/10G-PON、Wi-Fi 路由器、Cable Modem、CPE 等产品；（3）用于专业显示的汽车智能车载显示（车载显示触控屏、车载数字液晶仪表）、显示模组（中小尺寸手机模组、Mini-LED 背光灯条模组）；（4）运营服务业务，主要包括智慧城市业务、B2B 售后增值服务等。

图137：创维数字业务一览



资料来源：创维数字年报，国信证券经济研究所整理

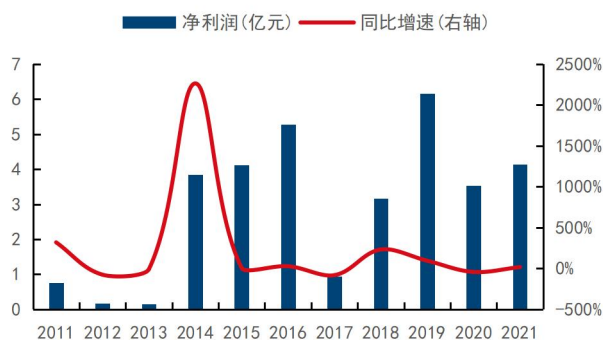
2022 年 6 月，公司推出国内市场首款折叠光路（Pancake）超短焦 VR 一体机，拥有 5K 分辨率，超短焦、重量轻，未来目标定位于国内 C 端市场，有望依托于公司机顶盒渠道优势提升渗透率。技术方面，DOF、VR 渲染以及光学处理算法均为自研，可完全自行完成光学镜片的研发、开模及委外加工生产。内容生态平台支持兼容 OpenXR 和 GSXR 标准，支持最新 Unity、Unrea 等引擎插件体系，可以实现开发者内容接入、渠道管理及内容分成等，开发者无需要过多适配。

图138：创维数字营业收入及同比增速



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

图139：创维数字净利润及同比增速



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

利亚德（300296.SZ）：全球领先的光学动作捕捉技术

利亚德是 Micro LED 显示技术先行者，从 2016 年开始组建实验室立项研发 Micro LED 显示技术，到 2020 年首款 Micro LED 产品发布投入量产，2021 年加码投资扩大产能，再到 22 年 6 月正式官宣“利亚德黑钻”系列 Micro LED 技术及新品，将 Micro LED 产品路线从高端应用推向普惠市场。其中，利亚德黑钻系列将新一代 Micro LED 显示技术更广泛地应用到 P0.9-P1.8 较大间距的显示产品中，与初代 P1.0 以下 Nin1 Micro LED 显示产品搭配，实现对室内 LED 小间距产品 80% 的覆盖率，从而满足不同用户、不同市场、不同应用场景的各种需求。

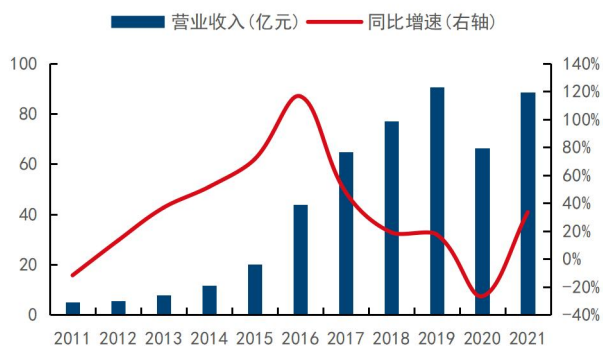
图140: 利亚德 Micro LED 显示产品



资料来源: 利亚德, 国信证券经济研究所整理

利亚德在传统核心显示业务基础上, 叠加动作捕捉、内容制作、数字人开发等创新业务, 整合多种技术能力创造全新虚拟现实体验。集团旗下 Natural Point、虚拟动点、德火科技、孚心科技、数虎科技等公司聚焦元宇宙新场景和产业应用融合, 完整构建从数据采集、存储到内容加工制作, 到最终构建场景化的完整端到端能力。2021 年, 子公司 NP 公司在软件开发上取得显著成绩, 共发布 16 款软件产品, 是自 2017 年以来软件发布最多的一年。其中还包括 6 月份发布的重要软件 Motive3.0, 具有里程碑意义。

图141: 利亚德营业收入及同比增速



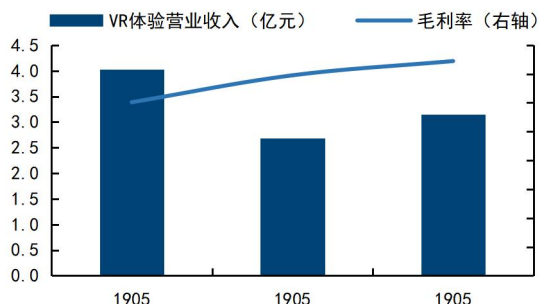
资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

图142: 利亚德净利润及同比增速



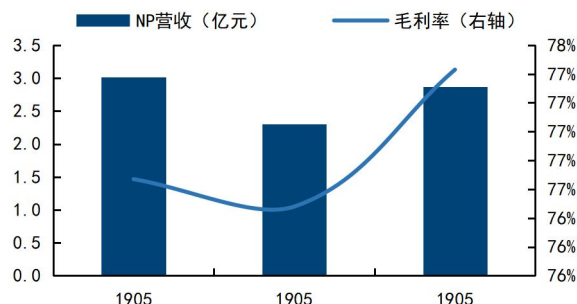
资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

图143: 利亚德 VR 体验业务营收及毛利率



资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

图144: NP 营业收入及毛利率



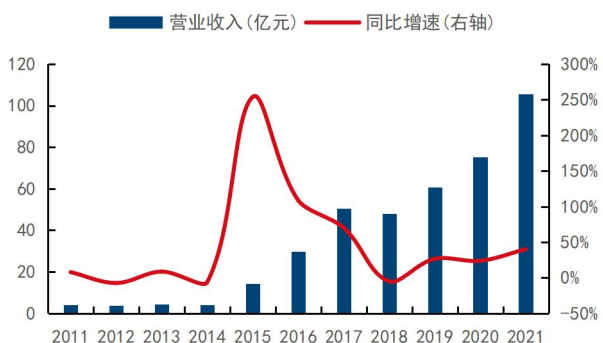
资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

联创电子 (002036.SZ)：全球运动相机镜头龙头供应商

联创电子目前是全球最大的运动相机镜头供应商，在高端光学纯玻璃镜头领域全球领先，客户包括蔚来、小鹏、大疆、特斯拉、Meta 等。在 AR/VR 产业领域，公司依托多年沉淀的光学技术优势拥有成熟 AR/VR 的关键核心技术，比如几何光波导、衍射光波导及折叠光路镜头，拥有了自己的模具成型制造和镀膜技术，有效降低了产品内应力的变化。

目前，公司 Pancake 月产可达 3 万件，预计明年月产增至 10 万件。公司计划投资约 2 亿元，全力发展以 AR/VR 为基础的、核心的光学器件，包含了各种感知器件、光学显示器件及投射器件等。目前工厂正在小批量生产交付中，预计 2023 年全面投产。

图145: 联创电子营业收入及同比增速



资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

图146: 联创电子净利润及同比增速



资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

三利谱 (002876.SZ)：国产偏光片龙头，光学模组方案有望下半年量产

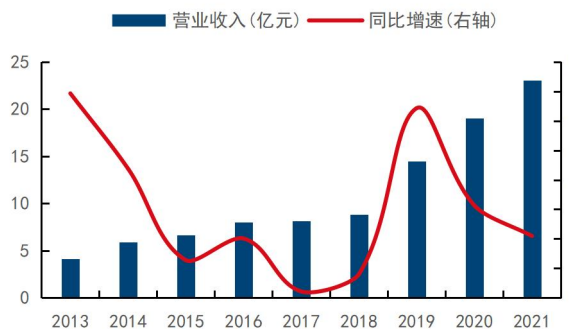
三利谱主要从事中小尺寸偏光片的研发、生产和销售，正扩张大尺寸偏光片产线。国内目前能够进行高精度处理/裁切的公司目前只有三利谱和力特光电。公司为 Pico 提供 Pancake 模组，公司将持续为大客户出货，新客户方面持续拓展验证。

图147: 三利谱偏光片产品用途

偏光片类型	应用终端名称	终端图片	
TFT系列偏光片	手机、电脑、液晶电视、3D眼镜片等		
			
黑白系列偏光片	仪器仪表、计算器、车载电子、手表、MP3、收音机等		
			
			

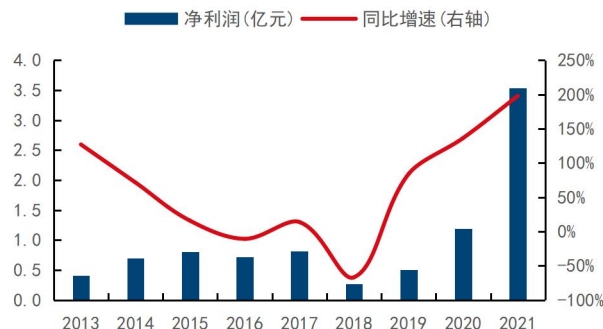
资料来源: 三利谱年报, 国信证券经济研究所整理

图148: 三利谱营业收入及同比增速



资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

图149: 三利谱净利润及同比增速



资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

舜宇光学科技 (2382.HK) : 6DoF Tracking 方案已为多家头部企业配套并量产

公司是中国领先的光学产品制造企业, 公司在光学非球面技术、AF/ZOOM 和多层镀膜等多项核心技术的研究和应用上处于国内领先水平。公司主要从事光学相关产品的开发、制造和销售, 目前产品包括光学零件(玻璃/塑料镜片、平面镜、棱镜及各种镜头)、光电产品(手机相机模组及其他光电模组)和光学仪器(显微镜、测量仪器及分析仪器)。公司立足光电行业, 以光学、机械、电子三大核心技术的组合为基础, 大力发展光学、仪器、光电三大事业。

图150: 舜宇光学科技营业收入及同比增速



资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

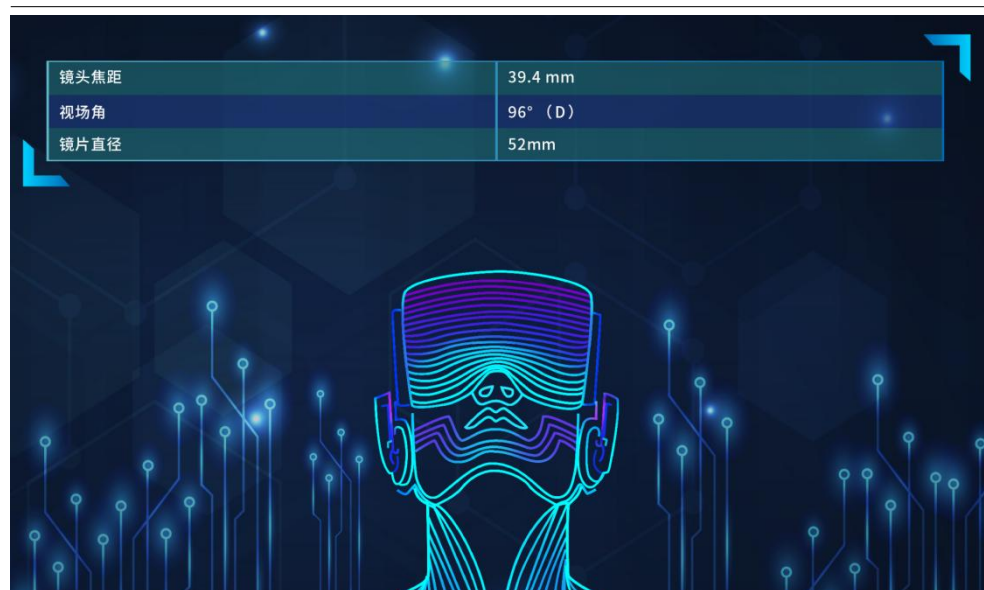
图151: 舜宇光学科技净利润及同比增速



资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

2021 年年报, 公司首披露 AR/VR 相关营收, 全年营收 13.4 亿元, 比去年 6.0 亿元, 同比增加 123.3%。舜宇光学的 AR/VR 业务包括光学器件, 光学传感器和系统模块, 目前主要提供光学器件中的 VR 目镜, 2017 年实现 VR 菲涅尔镜片的量产, 2021 年完成双菲涅尔镜片的研发并实现量产, 2022 年完成了 Pancake 一体化方案的研发, 已实现量产。

图152: 舜宇光学 VR 镜片参数



资料来源: 舜宇光学官网, 国信证券经济研究所整理

子公司舜宇光学智能作为机器人视觉系统方案解决商, 在 XR 领域深耕多年, 自主研发的各类视觉方案, 深度理解 XR 领域中 See Through、手势识别、眼动追踪、面部追踪等应用趋势。舜宇智能光学 6 DoF Tracking 视觉方案已经为多家 VR 头部企业提供配套产品并量产, 实现头部和手部双 6DoF 空间体感定位, 手柄定位精度可达毫米级别。

图153: 舜宇光学智能 6DoF tracking 视觉方案



资料来源：舜宇光学智能官网，国信证券经济研究所整理

国光电器（002045.SZ）：声学模组已量产，头部客户订单饱满

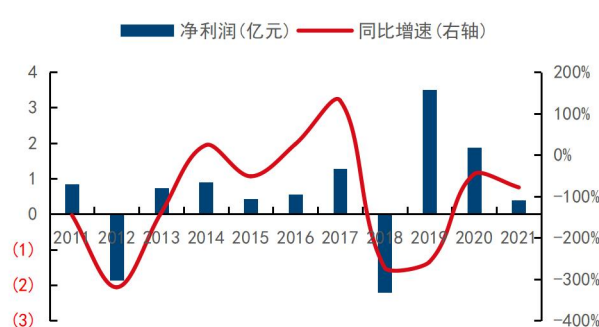
公司主营业务主要是音响电声类业务及锂电池业务。公司音响电声类业务主要产品包括扬声器、蓝牙音箱、智能音箱、汽车音箱、电脑周边音响、Wi-Fi 音箱、soundbar 产品、耳机，主要应用于可穿戴产品（如 VR/AR）、智能电视、智能手机、平板电脑、笔记本电脑、台式电脑等消费电子产品。锂电池业务其主要产品运用于无线耳机、智能音响、可穿戴设备、电子烟、无人机等产品。公司产品份额持续增长，全球最顶尖的客户及订单在持续增加；**公司 VR/AR 业务稳步发展，国内 VR 头部企业 P 客户声学模组产品已实现量产，海外与 M 客户在多款 VR 设备上合作声学模组。**2022 年 1-9 月，公司 VR/AR 业务销售收入约 1.62 亿元，占音响电声类业务销售收入的 3.93%，占营业收入的 3.51%。

图154: 国光电器营业收入及同比增速



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

图155: 国光电器净利润及同比增速



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

长盈精密（300115.SZ）：公司已经是苹果 MR 产品核心 NPI

公司是国内领先的精密电子零部件制造商，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。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。

图156: 长盈精密产品



资料来源：长盈精密官网，国信证券经济研究所整理

长盈精密是苹果 Macbook 机壳的主要供应商之一，近年来供货份额不断提高。除笔电产品外，长盈精密在 AR/VR 领域已经与核心客户建立长期战略合作关系。目前，公司 AR/VR 已有营收贡献，此外，长盈精密还在 MR 金属件领域布局，目前，公司已经是苹果 MR 产品核心 NPI，预计量产后仍将保持较高份额。

图157: 长盈精密营业收入及同比增速



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

图158: 长盈精密净利润及同比增速



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

兆威机电（003021.SZ）：瞳距调节电驱全球领先

公司是一家专业从事微型传动系统、精密注塑件和精密模具的研发、生产与销售的高新技术企业，主要为通信设备、智能手机、汽车电子、智能家居、服务机器人、个人护理、医疗器械等诸多领域的客户提供定制化微型传动系统和精密注塑件。ZHAOWEI 微型驱动控制系统以小体积、大力矩被很多需要小空间和布线要求的产品需要。诸如 VR/AR/MR、云台、无人机等 3C 电子。

图159: 兆威机电营业收入及同比增速



资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

图160: 兆威机电净利润及同比增速



资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

VR 领域，公司具体产品应用有：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。机械变焦相对于电子变焦，成本优势明显，且技术相对更加成熟，是目前主流 VR 技术的首选。其中的核心技术是微齿轮技术，能做到直径 5 毫米以内，全球只有 IMS 和兆威机电。公司目前独供 Pico，未来有望切入 Meta、Valve、A 客户等头部厂商。

图161: 兆威机电产品

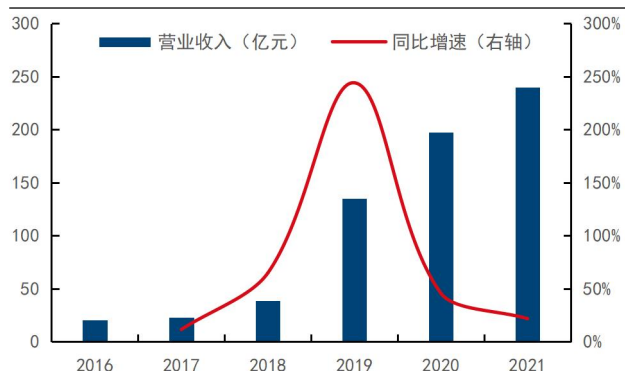


资料来源: 兆威机电官网, 国信证券经济研究所整理

韦尔股份（603501.SH）：VR 全局快门 CIS 市场份额遥遥领先

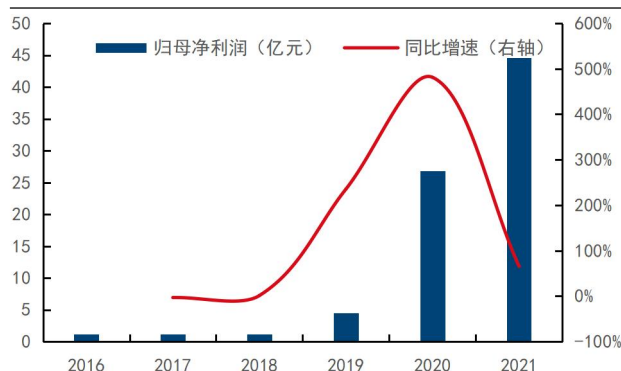
公司以 CMOS 图像传感器、显示触控和模拟解决方案三大业务为基础，以消费电子、安防、汽车、医疗、AR/VR 等全场景领域，根据自有 IP 积累、客户需求、供应链协同，孵化 MCU、LCOS、SerDes、LVDS 等新业务，“3+N”布局深化有望奠定长期持续发展的基础。在 AR/VR 领域，公司全局快门和 CameraCubeChip 技术为 AR /VR 和移动设备市场提供微型摄像头解决方案，成为 Meta、PICO 等市场主流厂商 VR 产品追踪定位交互的标配 CMOS 图像传感器。公司显示触控、模拟解决方案亦有望 VR 领域实现突破。

图162: 韦尔股份营业收入及同比增速



资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

图163: 韦尔股份净利润及同比增速



资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

晶晨股份 (688099.SH) : 提供 SoC+WiFi 芯片配套解决方案

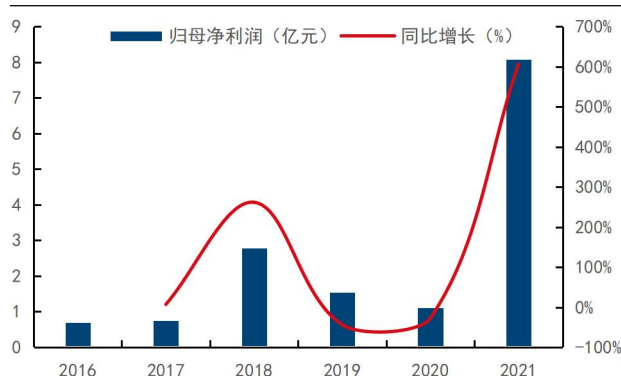
公司是多媒体智能终端 SoC 芯片设计公司, 下游应用领域包括智能机顶盒、智能电视、AIoT、汽车电子、消费电子等, 公司具有深厚视频、音频编解码技术。公司着力研发推广无线高带宽数传芯片, 其中 WiFi5+BT5.0 芯片已于 2021 年量产, WiFi6 2X2 芯片将于 2023 年量产, 可支持高清音视频传输。公司 SoC 产品已随 Rokid 多款 AR 产品量产, 未来公司 SoC 和 WiFi 芯片套片解决方案有望在 AR/VR 市场继续突破。

图164: 晶晨股份营业收入及同比增速



资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

图165: 晶晨股份净利润及同比增速



资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

图166: Rokid Glass 2 AR 搭载晶晨 SoC

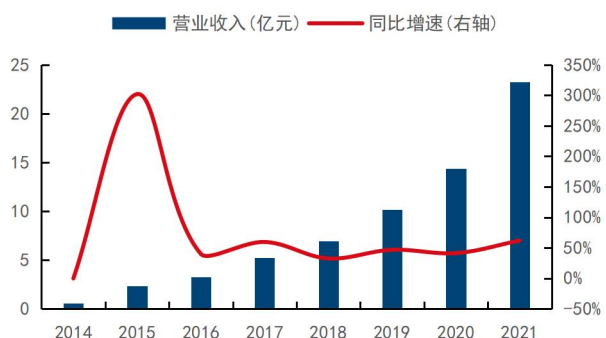


资料来源: Rokid, 国信证券经济研究所整理

艾为电子 (688798.SH): 为 Meta、PICO 提供模拟芯片解决方案

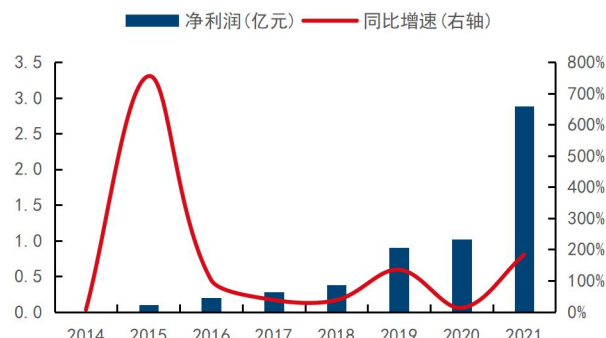
公司是一家专注于高品质数模混合信号、模拟、射频的集成电路设计企业, 公司开发的音频功放芯片系列、背光驱动、呼吸灯驱动、闪光灯驱动、过压保护、GPS 低噪声放大器、FM 低噪声放大器、线性马达驱动等多款产品在智能手机领域处于优势地位。公司可为 VR 设备提供音频功放、LCD 驱动、马达驱动、LDO、USB 开关、Load Switch、电平转换芯片等, 客户包括 Meta、PICO、NOLLO 等主流 VR 设备厂商。

图167: 艾为电子营业收入及同比增速



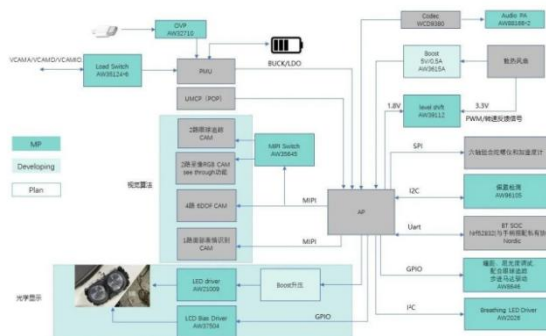
资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

图168: 艾为电子净利润及同比增速



资料来源: Wind, 国信证券经济研究所整理

图169: 艾为电子 VR 模拟解决方案

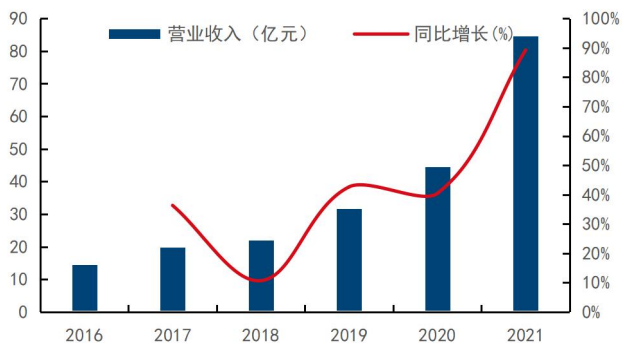


资料来源: 艾为电子, 国信证券经济研究所整理

兆易创新（603986.SH）：32 位 MCU 龙头，产品进入 PICO 4

公司是一家各类存储器、控制器及周边产品的设计研发企业，NOR Flash、NAND Flash 及 MCU，广泛应用于手持移动终端、消费类电子产品、个人电脑及周边、网络、电信设备、医疗设备、办公设备、汽车电子及工业控制设备等各个领域。其中公司作为国内 32 位 MCU 龙头公司，其产品被今年发布的 PICO 4 搭载，控制瞳距调节的马达。

图170：兆易创新营业收入及同比增速



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

图171：兆易创新净利润及同比增速



资料来源：Wind，国信证券经济研究所整理

风险提示

可选消费电子产品需求不及预期。VR 属于可选消费，2020 年以来，全球经济受新冠肺炎影响，整体呈现复杂多变态势，贸易保护主义、单边主义抬头，世界经济运行风险和不确定性显著上升，若未来宏观经济形势持续下行，将抑制 VR、主机游戏等可选消费电子产品的需求，进而对产业链相关公司的盈利能力造成不利影响。

VR 渗透率提升不及预期。WellSenn XR 预计 2024 年全球 VR 出货量有望达到 2570 万部 (21-24 CAGR: 35.68%)。其中国内的 VR 销售量占全球比例正快速上升，3Q22 国内出货量占全球 19.57%。若 VR 终端出货量增长、渗透率提升不及预期，产业链相关公司的经营业绩将受到相应影响。

免责声明

分析师声明

作者保证报告所采用的数据均来自合规渠道；分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求独立、客观、公正，结论不受任何第三方的授意或影响；作者在过去、现在或未来未就其研究报告所提供的具体建议或所表述的意见直接或间接收取任何报酬，特此声明。

国信证券投资评级

类别	级别	说明
股票 投资评级	买入	股价表现优于市场指数 20%以上
	增持	股价表现优于市场指数 10%-20%之间
	中性	股价表现介于市场指数 $\pm 10\%$ 之间
	卖出	股价表现弱于市场指数 10%以上
行业 投资评级	超配	行业指数表现优于市场指数 10%以上
	中性	行业指数表现介于市场指数 $\pm 10\%$ 之间
	低配	行业指数表现弱于市场指数 10%以上

重要声明

本报告由国信证券股份有限公司（已具备中国证监会许可的证券投资咨询业务资格）制作；报告版权归国信证券股份有限公司（以下简称“我公司”）所有。本报告仅供我公司客户使用，本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。未经书面许可，任何机构和个人不得以任何形式使用、复制或传播。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，一切须以我公司向客户发布的本报告完整版本为准。

本报告基于已公开的资料或信息撰写，但我公司不保证该资料及信息的完整性、准确性。本报告所载的信息、资料、建议及推测仅反映我公司于本报告公开发布当日的判断，在不同时期，我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。我公司不保证本报告所含信息及资料处于最新状态；我公司可能随时补充、更新和修订有关信息及资料，投资者应当自行关注相关更新和修订内容。我公司或关联机构可能会持有本报告中所提到的公司所发行的证券并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或金融产品等相关服务。本公司的资产管理部门、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意见或建议不一致的投资决策。

本报告仅供参考之用，不构成出售或购买证券或其他投资标的的要约或邀请。在任何情况下，本报告中的信息和意见均不构成对任何个人的投资建议。任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。投资者应结合自己的投资目标和财务状况自行判断是否采用本报告所载内容和信息并自行承担风险，我公司及雇员对投资者使用本报告及其内容而造成的一切后果不承担任何法律责任。

证券投资咨询业务的说明

本公司具备中国证监会核准的证券投资咨询业务资格。证券投资咨询，是指从事证券投资咨询业务的机构及其投资咨询人员以下列形式为证券投资人或者客户提供证券投资分析、预测或者建议等直接或者间接有偿咨询服务的活动：接受投资人或者客户委托，提供证券投资咨询服务；举办有关证券投资咨询的讲座、报告会、分析会等；在报刊上发表证券投资咨询的文章、评论、报告，以及通过电台、电视台等公众传播媒体提供证券投资咨询服务；通过电话、传真、电脑网络等电信设备系统，提供证券投资咨询服务；中国证监会认定的其他形式。

发布证券研究报告是证券投资咨询业务的一种基本形式，指证券公司、证券投资咨询机构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，并向客户发布的行为。

国信证券经济研究所

深圳

深圳市福田区福华一路 125 号国信金融大厦 36 层

邮编：518001 总机：0755-82130833

上海

上海浦东民生路 1199 弄证大五道口广场 1 号楼 12 层

邮编：200135

北京

北京西城区金融大街兴盛街 6 号国信证券 9 层

邮编：100032