



CIC 灼识咨询

元宇宙系列-XR硬件行业蓝皮书

2022年12月

本文件提供的任何内容均系灼识咨询公司独有的高度机密性资料。
未经灼识咨询公司事先书面许可，任何人不得以任何方式擅自复制、传播、出版、引用、改编本文件内容。



1 元宇宙和XR硬件

元宇宙主要由硬件设备层和内容及应用层构成，当XR硬件达到一定程度的市场渗透，必将引爆XR内容及应用生态的指数型发展；作为人类通往元宇宙的重要入口，XR硬件主要从光学系统和交互系统发力以满足用户沉浸性和舒适性的需求

2 光学系统

光学系统是呈现内容和提升视觉体验的基础，Pancake超短焦的光路设计和变焦显示技术能够解决设备体积大和用户佩戴眩晕两大核心问题，是当下的发展重点

3 交互系统

头手6DoF交互已逐渐成为XR硬件的标配，手势追踪和眼动追踪是行业内中短期创新与应用的重点，交互技术正向多模态、精细化方向发展，也为其所依赖的各类传感器提供了发展空间

XR硬件是人类通往元宇宙的重要入口

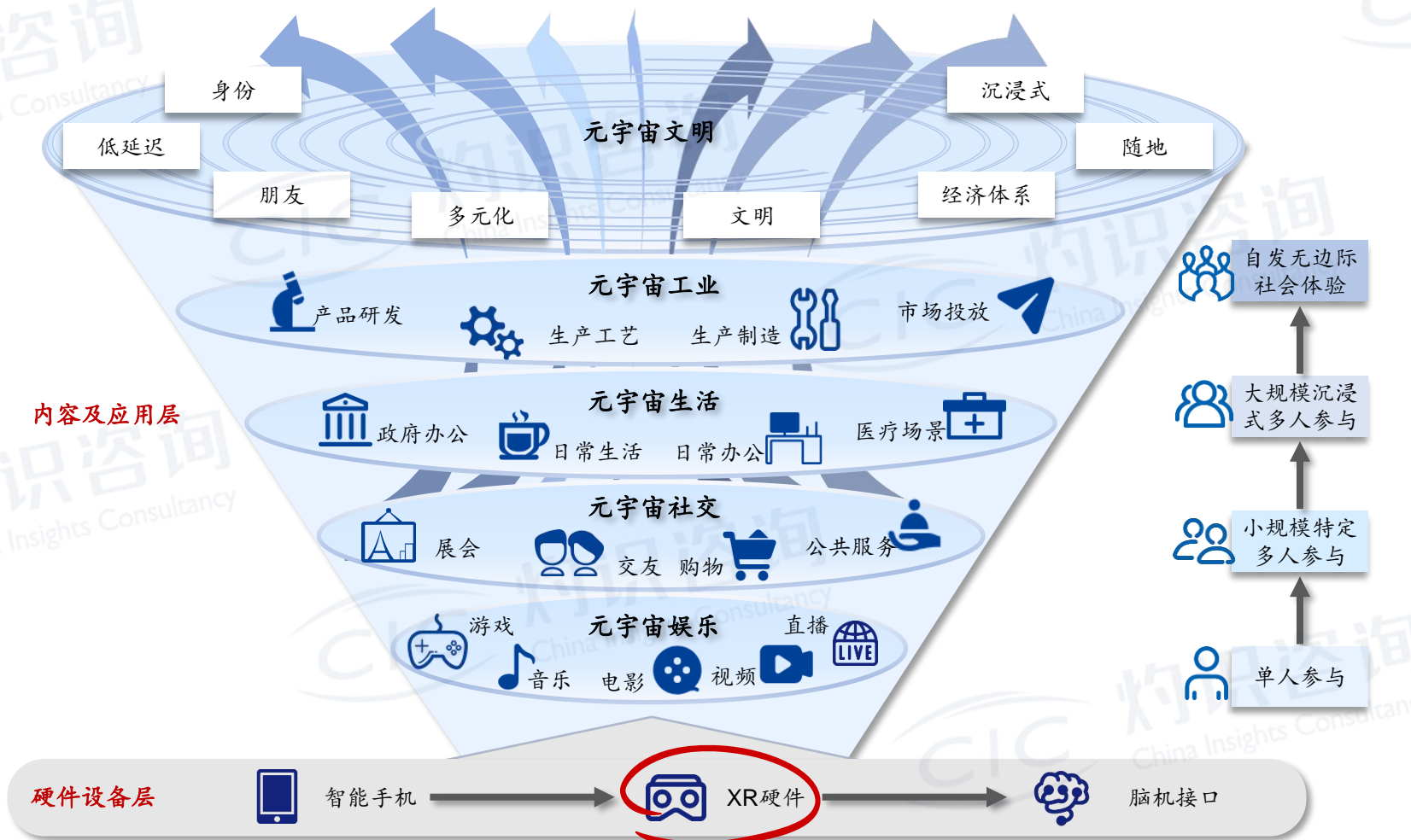
元宇宙以游戏为起点，逐渐整合互联网、数字化娱乐、社交媒体等功能，长远甚至可能整合社会经济与商业活动；元宇宙主要由硬件设备层和内容及应用层构成，XR设备是硬件设备层的发展驱动力

定义

元宇宙是人类用自己的制度和技术打造的第一个深度融合现实的虚拟世界。

元宇宙发展历程

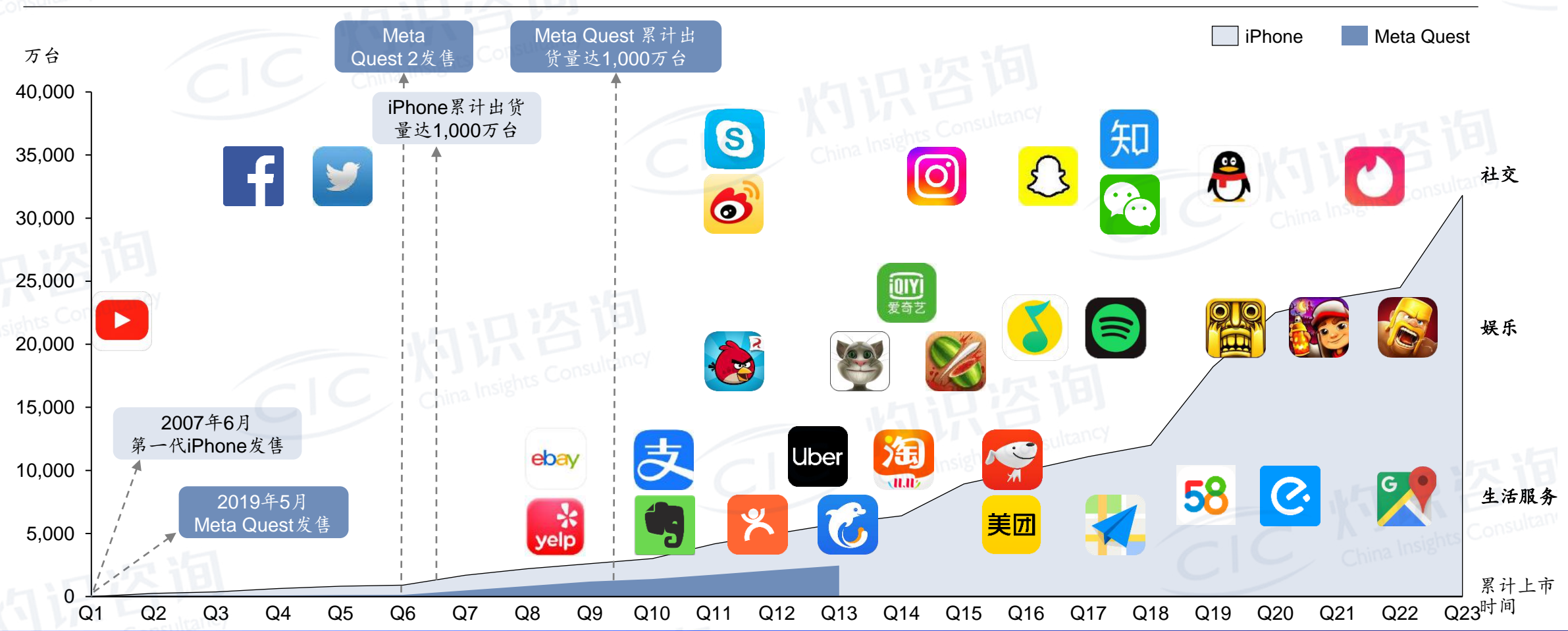
- 2022年 元宇宙创新发展，平台、内容、硬件接口开始丰富
- 2021年 元宇宙元年
- 2017年 沙盒游戏Fortnite正式上线
- 2006年 多人在线创作沙盒游戏平台Roblox上线
- 2003年 Second life: 第一个现象级的虚拟世界
- 1995年 3D界面MMO诞生
- 1992年 《雪崩》提出元宇宙概念
- 1986年 2D界面MMO诞生
- 1979年 文字界面开放世界游戏诞生



XR硬件是内容和生态系统的载体

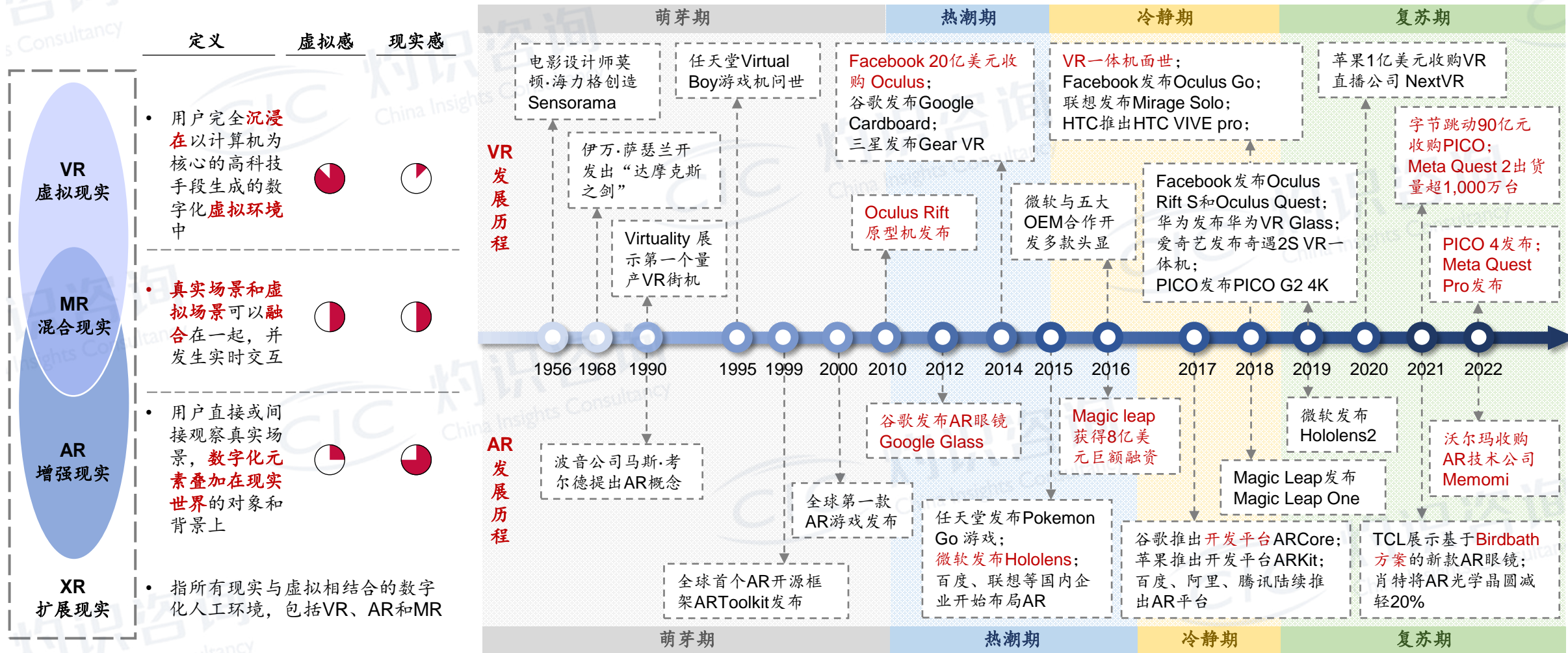
移动互联网时代，随着iPhone出货量达到1,000万台，现象级App才接二连三涌现；很有可能，XR硬件出货量达到1,000万台将助推XR内容和生态爆发，促进产业蓬勃发展

iPhone和Meta Quest系列累计出货量与iPhone热门应用发布时间线



XR硬件发展历程

XR包括VR、AR和MR；XR硬件经历了漫长的萌芽期、热潮期和冷静期，从2019年进入复苏期；Meta Quest 2出货量达到1,000万台是行业发展的里程碑；2022年PICO 4发布掀起市场热潮



VR硬件的分类和应用场景

VR硬件主要分为一体式VR硬件和外接式VR硬件；凭借轻便可移动的优势，一体式VR硬件逐渐成为主流；游戏社交和影视直播是VR目前最核心的应用场景，未来将持续挖掘消费级和企业级应用场景

一体式VR硬件



VR头显
手持设备

- **头显部分**一般包括显示系统、传感系统和计算系统；
- 或者仅包括显示系统和传感系统，计算系统不安装在头部，以**手持设备**方式存在，并通过有线或无线方式将计算获得的数据传输至头显部分。

外接式VR硬件



VR头显
手持设备
计算机主机

- **头显部分**一般仅包括显示系统与传感系统；
- 计算部分在**计算机**上进行，需要通过数据连接线将计算机和头显部分连接；
- **其他配件**还包括手柄设备、面部追踪器等。



消费级应用场景

企业级应用场景

AR硬件的分类和应用场景

当前主流的AR硬件类型为双目式和单目式；目前AR硬件主要在企业生产运营中应用，包括教育培训、工业制造等场景，未来有望向军事安防、医疗健康和消费级市场逐渐渗透

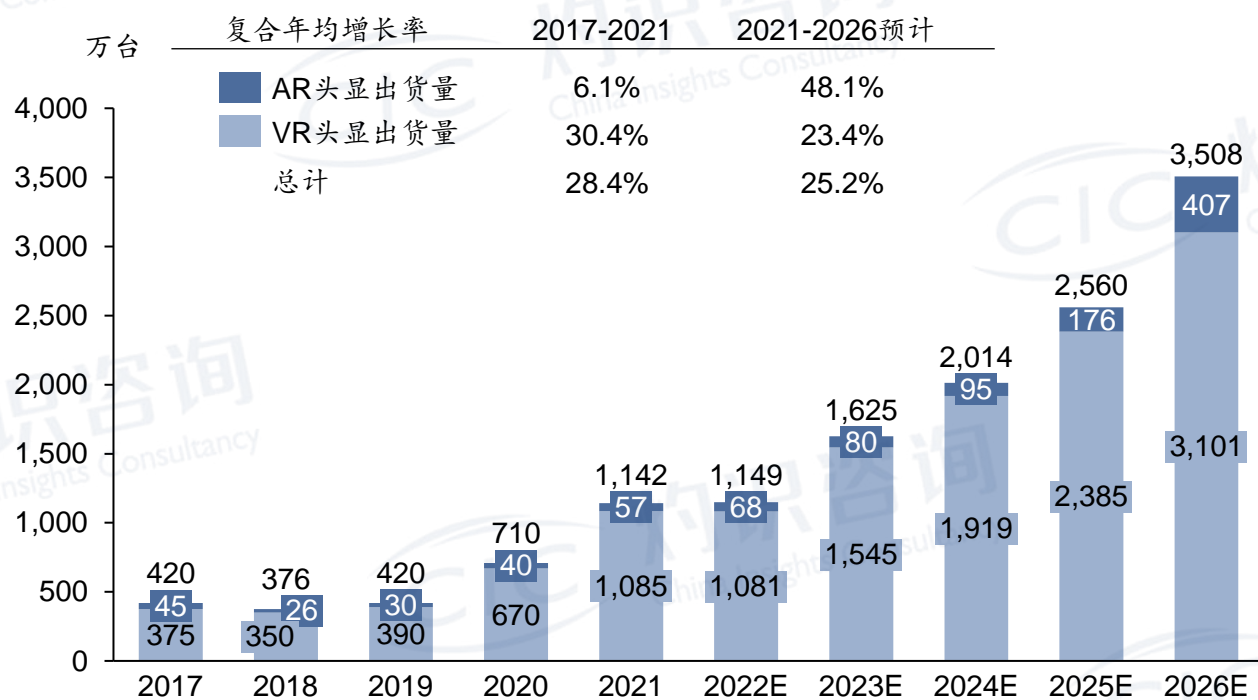
AR硬件的分类			
应用范围	类型	简要描述	代表产品
	双目式	<ul style="list-style-type: none"> 采用透明双目显示器，可显示3D立体图像，能应用于众多场景 	<p>Nreal Air</p>
	单目式	<ul style="list-style-type: none"> 通常不使用透明显示器。可以放在框架眼镜上使用，适合简单的应用场景，例如接收消息、简单导航等 	<p>Google Glass</p>
	插入式	<ul style="list-style-type: none"> 将智能手机插入AR头显，利用智能手机摄像头拍摄视频实现“透视”效果 	<p>Lenovo Mirage AR headset</p>
 (试验阶段)	隐形眼镜式	<ul style="list-style-type: none"> 将微型显示屏、电池等硬件集合进隐形眼镜大小的镜片，便于穿戴 	<p>Mojo Lens</p>



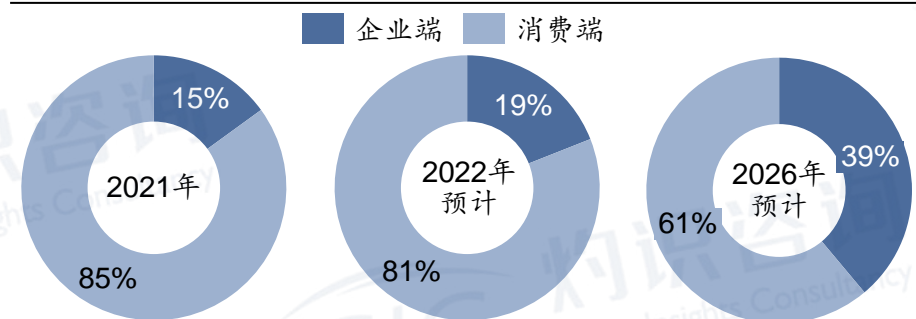
XR硬件市场规模

全球XR硬件行业进入恢复增长期，2021年出货量超1,000万台；技术迭代和内容生态完善将释放企业端市场潜力；中国XR头显设备市场在全球市场的占比有望持续提升

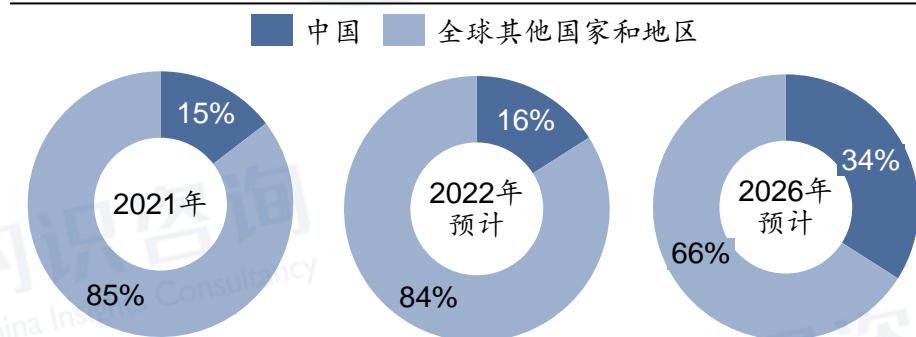
全球XR头显市场规模，以出货量计，2017-2026年预计



全球XR头显设备的消费端占比，以出货量计



中国XR头显设备的全球占比，以出货量计



- 2021年以来，伴随互联网厂商的高调入局和XR游戏及其硬件设备的市场良好反响，虚拟现实产业迎来实质性复苏期。得益于**技术条件日益成熟，内容生态不断完善**，作为元宇宙生态下重要的硬件入口，XR硬件设备需求将不断提高，**全球XR头显出货量预计将从2021年的1,142万台攀升至2026年3,508万台，期间复合年均增长率25.2%**
- 以Meta Quest为代表的全球**VR头显**厂商开始向企业端市场发力，**高校、医院以及工厂等下游行业**将为VR市场提供新的发展空间。而**AR头显**将随着设备技术的积累逐步**开拓消费端市场**，消费者友好的AR产品将在未来更加普及。全球XR头显设备企业端出货量占比预计将从2021年的15%提升至2026年39%
- 2022上半年，字节跳动旗下的PICO出货量市场份额全球第二，仅次于Meta Quest。以**PICO为代表的国货头显厂商**也将通过技术创新、完善内容生态等战略不断**提升自己在全球市场的地位**。中国XR头显设备出货量全球占比预计将从2021年的约15%提升至2026年的约34%

VR硬件竞争格局

2022上半年全球VR头显设备竞争格局较为集中，Meta Quest独占鳌头，市占约80%；中国厂商的表现同样亮眼，PICO在国内市场稳居第一；近年来随着市场需求的增加，各大厂商纷纷入局加入角逐










全球VR头显厂商竞争格局

VR头显厂商	成立时间	所属公司	总部地点	2022上半年市占，以出货量计	最新产品
1 Meta Quest	2012	Meta		~80%	Meta Quest Pro
2 PICO (小鸟看看)	2015	字节跳动		~8%	PICO 4
3 Sony (索尼)	1945	索尼		~2%	PlayStation VR
4 Valve	1996	Valve		~1%	Valve Index
5 奇遇	2016	爱奇艺		~1%	奇遇dream Pro
6 NOLO	2015	凌宇智控		~1%	NOLO Sonic
7 DPVR (大朋VR)	2015	乐相科技		~1%	DPVR P1 Ultra 4k
...					
YVR	VAIFUO	arpara	联想	DELL	ROYOLE 柔宇
htc quietly brilliant	Pimax	傲雪睿视 AOXUERUSHI	SKYWORTH 创维	XRSPACE	bossnel
HUAWEI	GOOVIS	雷神科技 THUNDERROBOT	亿境虚拟 EmdoorVR	小米	hp
	GDI 曼恒				

- 全球VR头显设备竞争格局较为集中，2022上半年，以出货量计，Meta Quest市占约80%。2022年10月Meta发布了Quest Pro，从芯片、光学系统到交互系统都有了大幅提升
- 中国厂商的表现也同样亮眼。2022上半年，以出货量计，PICO市占排名全球第二，中国第一。在字节跳动的支持下，PICO不断引进海外优质内容，吸引海外开发者，完善内容生态，其在海外市场的潜力将被逐步释放
- 随着市场需求的增加，技术水平的完善，内容生态的建设，出货渠道的丰富，中国厂商有望在全球市场不断提高自己的市场占有率

VR硬件厂商产品比较

国内外VR硬件厂商近年来频繁升级头显设备，在镜片方案、视场角、交互技术等方面不断发力

产品名称	Meta Quest Pro	Meta Quest 2	PICO 4	SONY PlayStation VR	Valve Index	奇遇Dream Pro	NOLO Sonic	DPVR P1 Ultra 4K	YVR2
产品图片									
发售日期	2022年10月	2020年10月	2022年9月	2016年10月	2019年6月	2022年5月	2021年6月	2021年9月	2022年6月
价格	1499美元	399美元	国内2499/2799元 海外429/499欧元	国内2999元 海外399美元	499美元	2499元	1999元	国内3999元 海外599美元	4999元
产品类型	一体式VR硬件	一体式VR硬件	一体式VR硬件	外接式VR硬件	外接式VR硬件	一体式VR硬件	一体式VR硬件	一体式VR硬件	一体式VR硬件
处理器（芯片）	高通骁龙XR2+	高通骁龙XR2	高通骁龙XR2	N/A（连接主机）	N/A（连接主机）	高通骁龙XR2	高通骁龙845	高通骁龙845	高通骁龙XR2
屏幕类型	LCD	LCD	LCD	OLED	LCD	LCD	LCD	LCD	LCD
分辨率	单眼1800*1920	双眼3664*1920	双眼4320*2160	单屏1920*1080	双眼2880*1600	双眼3664*1920	双眼3840*2160	双眼3840*2160	双眼3200*1600
最大刷新率	90Hz	90Hz	90Hz	120hz	144Hz	90Hz	72Hz	92Hz	90Hz
视场角	106°	89°	105°	100°	130°	93°	101°	90°	95°
空间定位方案	6DoF	6DoF	6DoF	6DoF	6DoF	6DoF	6DoF	6DoF	6DoF
头显重量	722g	503g	586g	600g	809g	692g	462g	410g	350g
电池容量	5000mAh	3640mAh	5300mAh	需插电使用	需插电使用	5500mAh	4500mAh	4000mAh	5300mAh
镜片方案	Pancake	菲涅尔	Pancake	非球面镜片	菲涅尔	非球面镜片	菲涅尔	菲涅尔	Pancake
透视	彩色透视	黑白透视	彩色透视	不支持	彩色透视	黑白透视	黑白透视	不支持	黑白透视
眼动追踪	支持	不支持	Pro支持	不支持	不支持	不支持	不支持	不支持	不支持
面部识别	支持	不支持	Pro支持	不支持	不支持	不支持	不支持	不支持	不支持
裸手识别	支持	支持	支持	不支持	不支持	不支持	不支持	不支持	不支持

XR硬件的需求和痛点 (1/2)

XR硬件的用户需求从迫切程度由高到低可分为沉浸性、舒适性、互通性和经济性；其中沉浸性更是设备性能重要的衡量标准，交互系统和光学系统将共同驱动XR硬件沉浸感的提升和优化

XR硬件的用户需求

行业痛点解决方案的重点发展方向

迫切程度	类型	简要描述
	沉浸性	<ul style="list-style-type: none"> 视觉、听觉、触觉、运动与嗅觉的临场感，为用户营造多重感官感受，提升虚拟场景逼真程度
	舒适性	<ul style="list-style-type: none"> 涉及用户具体佩戴感受，包含设备重量和尺寸、减轻眩晕感、电池续航以及线缆连接等规格性能问题
	互通性	<ul style="list-style-type: none"> 头显平台与交互外设、内容间的互联互通，多用户间的社交互动性
	经济性	<ul style="list-style-type: none"> 涉及终端、配件、内容与流量等软硬件在内的用户购置费用以及开机调配所需的时间成本

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

XR硬件的需求和痛点 (2/2)

XR硬件的用户需求从迫切程度由高到低可分为沉浸性、舒适性、互通性和经济性；降低光学系统的体积和重量、减轻眩晕感是当前解决舒适性痛点的重点方向

XR硬件的用户需求

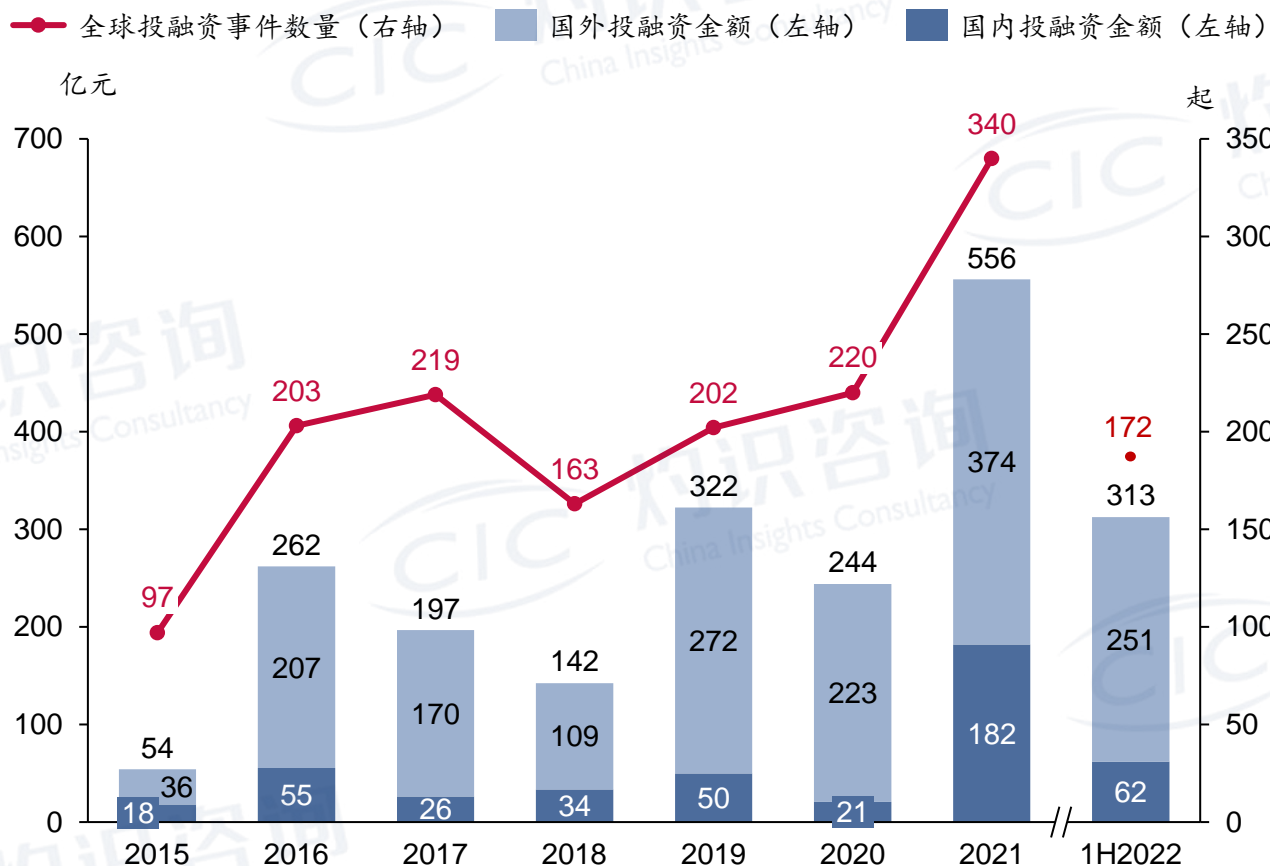
行业痛点解决方案的重点发展方向

迫切程度	类型	简要描述	行业痛点	相关系统	当前发展阶段	当前硬件方案	理想状态	未来趋势
沉浸性	沉浸性	<ul style="list-style-type: none"> 视觉、听觉、触觉、运动与嗅觉的临场感，为用户营造多重感官感受，提升虚拟场景逼真程度 	佩戴不舒适 头显重量超300g	光学系统	以Quest 2为例，光学模组重量约133g， 占比达26%	VR: 菲涅尔透镜、 Pancake AR: 离轴反射、自由曲面、 Birdbath 和 光波导	VR: 100g左右 AR: 30g以下	VR: Pancake方案 AR: 光波导
				电池系统	以Quest 2为例，电池约63g，占比13%	锂离子电池（4000-6000mAh）		能量密度提高
舒适性	舒适性	<ul style="list-style-type: none"> 涉及用户具体佩戴感受，包含设备重量和尺寸、减轻眩晕感、电池续航以及线缆连接等规格性能问题 	眩晕感	结构件	以Quest 2为例，结构件约250g，占比50%	塑料、金属为主		结构设计更紧凑，用料更少，采用更轻量、坚固材料
				光学系统	研发阶段	研发阶段	无明显眩晕感	机械式可变焦、可变焦液晶透镜
互通性	互通性	<ul style="list-style-type: none"> 头显平台与交互外设、内容间的互联互通，多用户间的社交互动性 	串流效果差 数据传输慢	连接系统	有线+无线并行，其中一体式VR以无线为主，外接式VR以有线为主；AR眼镜以有线为主。	USB: USB 3.0级以上规格；WiFi: WiFi5主流，少数WiFi6/6E；蓝牙: 蓝牙5.0+BLE，少数蓝牙5.2+BLE	带宽升级、传输速率提升等	USB 3.0+; WiFi6/6E、蓝牙5.2+BLE
经济性	经济性	<ul style="list-style-type: none"> 涉及终端、配件、内容与流量等软硬件在内的用户购置费用以及开机调配所需的时间成本 	续航时间短	电池系统	续航约2-3h	锂离子电池（4000-6000mAh）	更长续航时间	电池容量增大、新形态电池
				计算系统	AI算力15TOPS；支持8K、60fps视频播放；5G	高通骁龙XR2	功耗低、算力强、连接稳定	兼顾成本与功耗，进一步提升算力

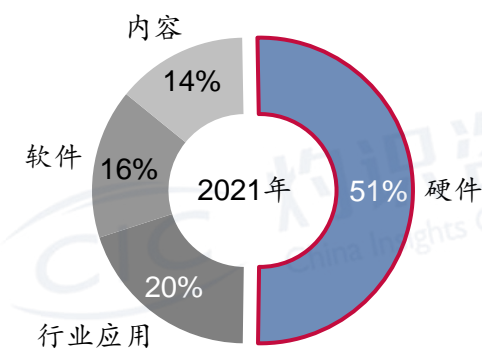
XR行业投融资概览

2021年全球XR投融资事件数量和金额都达到新高，超过一半的融资额流向硬件领域，其中光学器件、AR/VR头显、传感器、3D设备备受关注

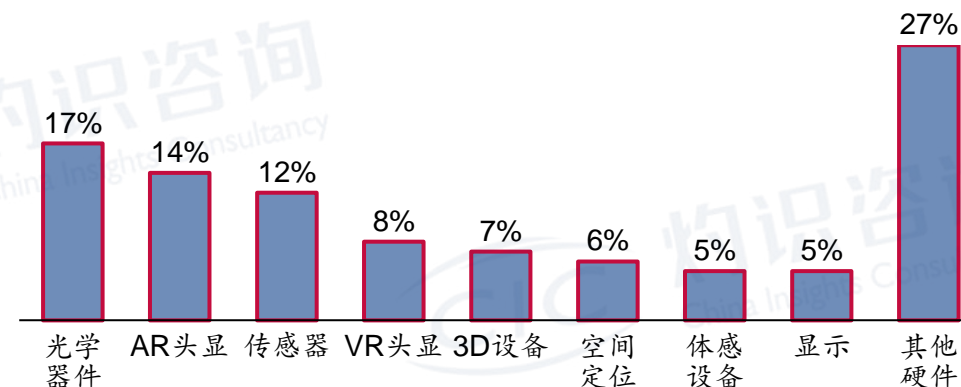
全球XR投融资金额及事件数量，2015-2022上半年



全球XR投融资金额分布占比，2021



全球XR硬件投融资数量分布占比，2021



中国XR硬件投融资 (1/3)

中国XR行业的蓬勃发展吸引了资本市场对于这一风口的关注，投融资活动迎来爆发期，也是行业创新发展的风向标

中国XR硬件主要融资事件 (2021年-2022年11月)

公司	产品类别	融资时间	融资轮次	融资金额	投资方
 PICO PICO小鸟看看	VR头显	2021年8月	并购	50亿元	字节跳动
 大朋VR Deepoon	VR头显	2022年6月	战略投资	数千万元	华强资本、谦宜资本、联合光电旗下产业基金联芯基金
		2021年11月	E轮	1,000万美元	联合光电旗下基金、谦宜资本、小村资本
 深迪半导体	传感器	2021年8月	E轮	1.2亿元	哈勃科技投资有限公司
 聚芯微电子	传感器	2022年1月	D轮	数亿元	五源资本、字节跳动、华业天成、源码资本、聚华传新
		2021年8月	C轮	数亿元	小米长江产业基金、华业天成、恒信华业、产业链基金
 纵慧芯光	传感器	2021年8月	C+轮	数亿元	武岳峰资本、比亚迪、CPE源峰、高榕资本、一村资本等
 亮亮视野	AR头显	2021年11月	C+轮	数亿元	亦庄科创、联电基金、安信证券
 亮风台	AR头显	2021年9月	C+轮	2.7亿元	CPE源峰、晶凯资本、源慧资本、大观资本、清控银杏、普超资本、源星资本、信熹资本、活水资本、MYEG
		2022年9月	C轮	超1亿美元	蔚来资本、云锋基金、洪泰基金、CPE源峰、方金浦创投、高瓴创投、红杉资本中国基金
		2022年8月	战略投资	未透露	IICOMBINED
 nreal太若科技	AR头显	2022年3月	C轮	6,000万美元	阿里巴巴
		2021年3月	B+轮	未透露	中金资本

中国XR硬件投融资 (2/3)

中国XR行业的蓬勃发展吸引了资本市场对于这一风口的关注，投融资活动迎来爆发期，也是行业创新发展的风向标

中国XR硬件主要融资事件 (2021年-2022年11月)

公司	产品类别	融资时间	融资轮次	融资金额	投资方
 珑璟光电	光学器件	2021年12月	C轮	数亿元	华强资本、朗玛峰创投、君盛投资、灏浚投资、贵全长青
		2021年2月	B+轮	数千万元	深圳市创新投资集团有限公司
 灵明光子	芯片	2022年4月	C轮	数亿元	美团龙珠、昆仲资本、高榕资本
 Rokid	AR头显	2022年3月	C轮	7亿元	未透露
		2021年7月	未透露	数亿元	海通证券
 欢创科技	传感器	2021年8月	B++轮	近亿元	基石资本、国信证券、欢创科技
	空间定位	2021年5月	B+轮	近亿元	智慧互联产业基金、前海母基金、中原前海基金、东方富海
 鯤游光电	光学器件	2021年11月	B+轮	近4亿元	中信正业、云锋基金、浦东科创、建信资本、明势资本、源码资本、碧桂园创投、昆仲资本、华登国际、元璟资本、元禾辰坤、晨晖创投、临港智兆
 小派科技	VR头显	2021年9月	B+轮	数千万元	联合光电
		2022年11月	C轮	过亿元	安信证券、钟鼎资本
 知象光电	3D设备	2021年11月	B+轮	数万元	钟鼎资本、长江国弘、开源投资、深创投、国家中小企业基金、软银中国、中科创星
		2021年9月	B轮	数千万元	上海长江国弘
 STEPVR	VR头显	2022年3月	B+轮	未透露	庚钰投资
 积木易搭	3D设备	2021年11月	B轮	超2亿元	博将资本、前海母基金、深创投

中国XR硬件投融资 (3/3)

中国XR行业的蓬勃发展吸引了资本市场对于这一风口的关注，投融资活动迎来爆发期，也是行业创新发展的风向标

中国XR硬件主要融资事件 (2021年-2022年11月)

公司	产品类别	融资时间	融资轮次	融资金额	投资方
 耐德佳	光学器件	2022年5月	B+轮	未透露	联想创投
		2021年6月	B+轮	未透露	中关村协同创新基金、真成投资、文华每汇投资
 安思疆科技	传感器	2022年5月	B轮	数亿元	海通证券、基石资本、珠海科创投、睿鲸资本、复星创富、南山战新投
		2022年4月	战略投资	数亿元	复星创富、联新资本、鸿泰国微基金、华盖南方、清控金信资本、力合创业投资、布谷资本
 爱奇艺·奇遇VR 爱奇艺奇遇	VR头显	2021年1月	B轮	数亿元	屹唐长厚基金、清新资本
 灵犀AR	光学器件	2022年3月	B轮	数亿元	国投美亚基金、富智康、美迪凯、北京天和创投、深圳五道投资
 炬佑智能	传感器	2021年5月	B轮	数亿元	CPE源峰、南京动平衡资本、耀途资本、乾瞻财富
 NOLO VR	VR头显	2021年2月	B轮	2,000万美元	蔚来资本、蓝驰创投、愉悦资本
 看到科技	3D全景	2021年7月	B轮	4千万元	创东方、深圳中小担
 沂普光电	光学器件	2021年5月	B轮	未透露	欧菲光、尚势资本、北洋海棠基金
 芯视佳	显示屏幕	2021年10月	战略投资	5亿元	上海梧升电子科技(集团)有限公司
 至格科技	光学器件	2021年12月	战略投资	未透露	小米产投



1 元宇宙和XR硬件

元宇宙主要由硬件设备层和内容及应用层构成，当XR硬件达到一定程度的市场渗透，必将引爆XR内容及应用生态的指数型发展；作为人类通往元宇宙的重要入口，XR硬件主要从光学系统和交互系统发力以满足用户沉浸性和舒适性的需求

2 光学系统

光学系统是呈现内容和提升视觉体验的基础，Pancake超短焦的光路设计和变焦显示技术能够解决设备体积大和用户佩戴眩晕两大核心问题，是当下的发展重点

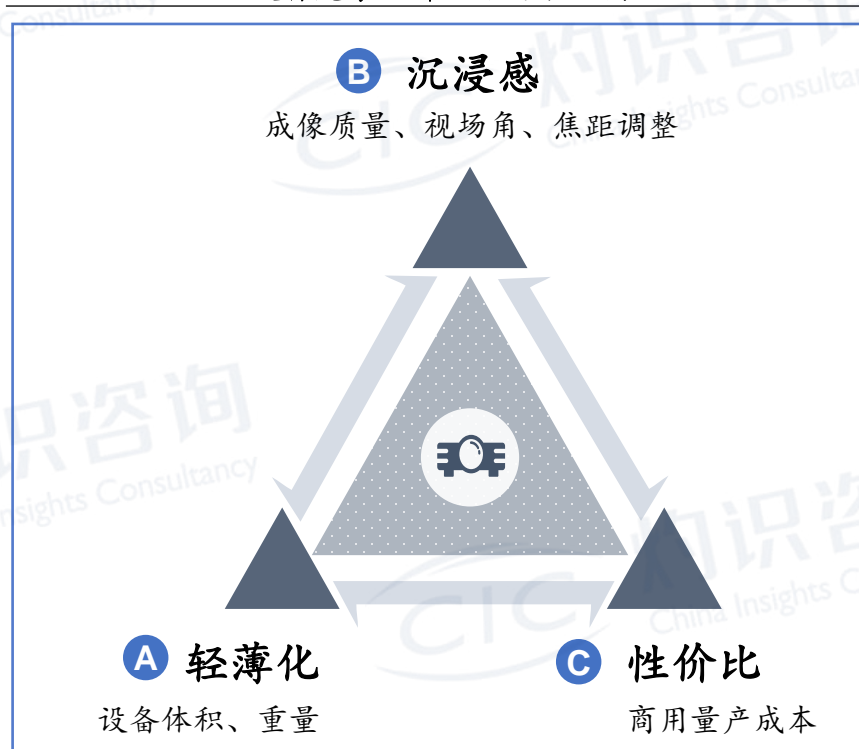
3 交互系统

头手6DoF交互已逐渐成为XR硬件的标配，手势追踪和眼动追踪是行业内中短期创新与应用的重点，交互技术正向多模态、精细化方向发展，也为其所依赖的各类传感器提供了发展空间

XR光学元件重点需求与优化方向

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

VR设备光学元件“不可能三角”



• XR设备的元件的设计目的为尽可能实现设备轻薄化、提供沉浸感（如清晰成像、广视觉场景、实时对焦等）、性价比高的光学系统。由于三个原则之间互相制约，厂商需要根据终端产品定位在不可能三角中进行权衡。

光学元件优化方向

	优化方式	技术案例
A 轻薄化	缩小光学元件尺寸以减轻重量	• 超构透镜将 光学材料集成到二维平面 ，将透镜的重量缩减到微米级别
	缩短光学成像工作距离以减轻体积	• 折叠光路 大幅缩短了显示器与眼镜之间的距离
B 沉浸感	提升 成像质量 ，增加图像清晰度	• 将多种光学性质不同的 透镜进行组合 ，能将各种波长的色光都聚焦在同一点上，减少色散，提升图像色彩真实度
	减少色散	• 增加屏幕分辨率 ，减少视场角可以有效增加角分辨率，提升图像清晰度
	增加角分辨率（Pixels Per Degree; PPD）	• 液晶光子学技术 的光学效率可达95%或更高
C 性价比	提升 视场角 ，增强观感真实性	• 增加显示屏尺寸， 缩短系统焦距 可有效增大视场角，增强场景真实性
	提升光效，降低光损	• 机械式变焦技术 通过改变光学零件组成系统曲率、间隔实现实时对焦，减少辐辏冲突
C 性价比	实时 调整焦距 ，减少使用者的眩晕感	• 菲涅尔透镜的制造依赖成熟的光学级塑料和注塑技术，制造流程简单，产品良率较高
	技术成熟， 提升产品良率	• 菲涅尔透镜在VR市场需求规模较大，目前产业链单片菲涅尔透镜价格约为15-20元
	扩大生产规模， 摊薄成本	

VR设备光学解决方案

VR光学按照光路设计可分成垂直光路、折叠光路、复合光路以及特定光路四种方案；基于VR设备趋向轻薄化，并追求屈光调节和变焦以提升佩戴舒适性的大趋势，Pancake将成为未来主流光学方案

VR光学解决方案分类

	定义	镜面分类
四大VR光学方案	垂直光路	1 非球面透镜
		2 菲涅尔透镜
		3 Pancake
	折叠光路	4 液晶偏振全息
		5 多叠折反式自由曲面
	复合光路	6 异构微透镜阵列
		7 超透镜/超表面
特定光路		

VR主流光学解决方案对比

	市场技术升级方向		
	非球面透镜	菲涅尔透镜	Pancake
重量	●	●	○
常规模组厚度	●	●	○
屈光度调节范围	○	○	●
瞳孔游移影响*	●	●	○
理论FOV (视场角) 上限	●	●	●
杂散光**	○	●	●
单组价格	○	●	●
优点	<ul style="list-style-type: none"> 成像质量保障 光路简单，光损较小 制造成本低 	<ul style="list-style-type: none"> 视场角提升 光路简单，光损较小 	<ul style="list-style-type: none"> 焦距较短，光学模组厚度较小 可调节屈光度，支持机械式变焦
缺点	<ul style="list-style-type: none"> 元件较厚、焦距长 	<ul style="list-style-type: none"> 元件较厚 成像质量一般 视觉舒适性一般 	<ul style="list-style-type: none"> 光损高 易出现画面重影 现有方案视场角未能达到理论上限

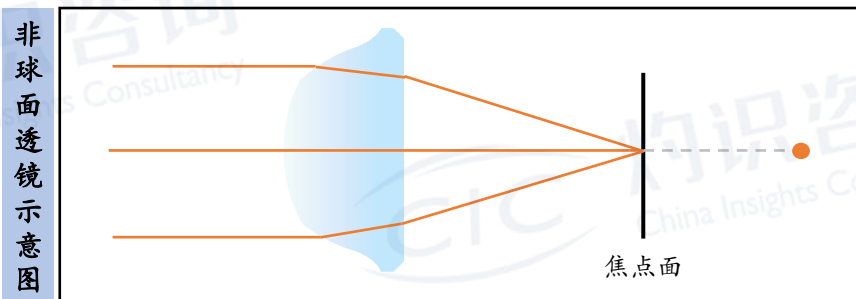
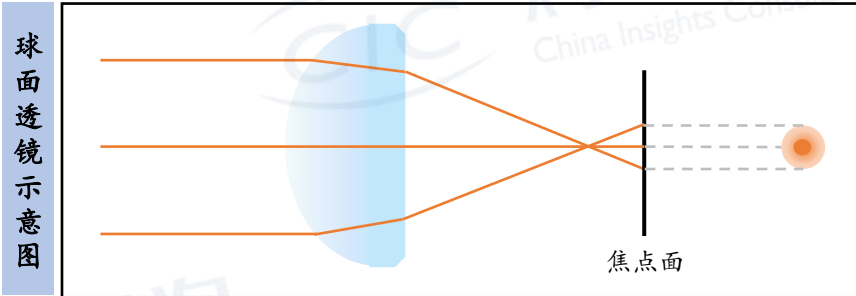
*: 瞳孔游移是指人眼在近眼显示器的出瞳中移动时观看图像产生畸变，降低设备使用体验

**：杂散光由透镜界面多次反射、透镜缺陷散射、物理结构散射等造成，阻碍成像清晰度

垂直光路技术概览

非球面透镜凭借成本低、成像质量可控的优势为初期VR设备采用，但在色彩、畸变、厚度等问题上有缺陷；菲涅尔透镜降低重量的同时基本满足成像要求，技术成熟并可大规模量产，现阶段被大量VR厂商采用，未来在VR设备向消费市场的渗透中将逐渐无法满足用户舒适性和沉浸感的高需求

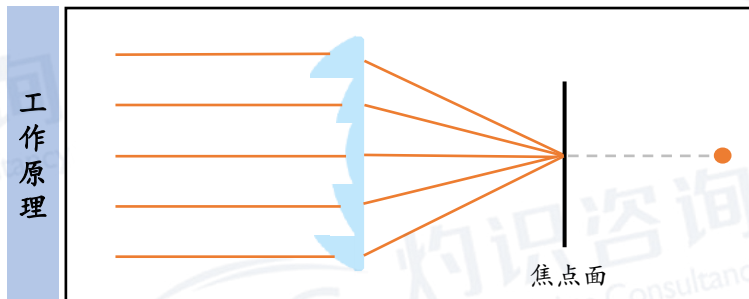
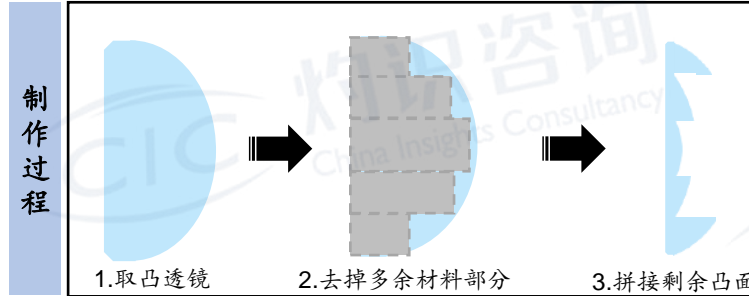
1 非球面透镜原理示意图与分析



关键分析

- 球面透镜是指从透镜的中心到边缘具有恒定的曲率，而非球面透镜则是从中心到边缘曲率连续发生变化。球面透镜运用在VR设备中会出现球面像差的光学效应，在成像时会使入射光线聚焦在不同的点上，从而导致成像模糊。**非球面透镜能够将光聚焦到一个点，从而提高成像质量**，但在色彩、畸变、厚度等问题上仍有无法解决的缺陷。

2 菲涅尔透镜原理示意图与分析



关键分析

- 菲涅尔透镜用一系列同心槽代替了传统透镜的曲面，每个槽都相当于一个独立的折射面，将平行光线折到公共焦点。**菲涅尔透镜的特点是焦距短，比传统透镜的材料用量更少，重量和体积更小。**同时，菲涅尔透镜方案成熟，可大规模量产。

采用垂直光路方案的公司与产品

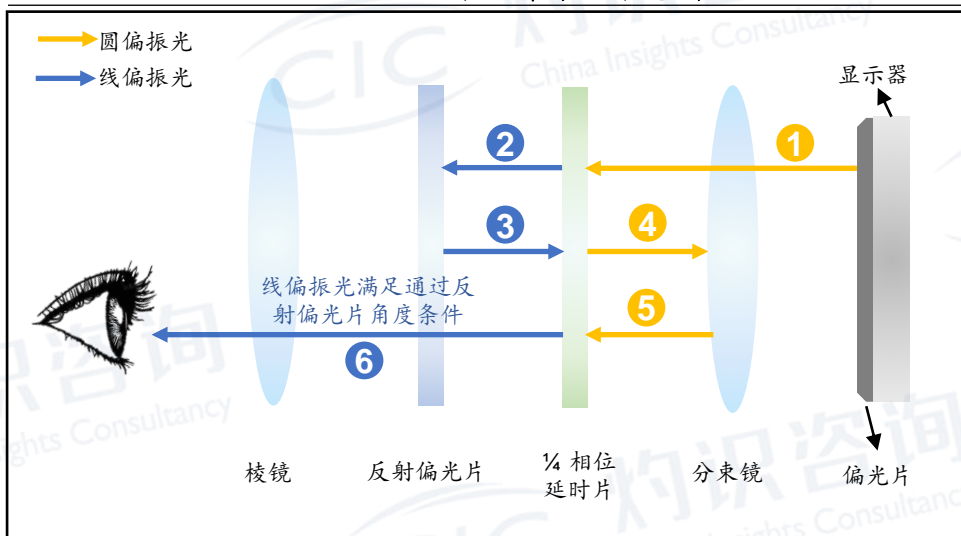
公司	产品与发布时间
1 非球面透镜	Meta • Oculus Rift, 2015
	PIMAX • Pimax Reality 12K QLED, 2021 • Pimax Crystal QLED, 2022
	爱奇艺 • 奇遇 Dream, 2021
2 菲涅尔透镜	Meta • Oculus Quest 2, 2020
	PICO • PICO Neo2, 2020 • PICO Neo3 Pro, 2021 • PICO Neo3 Link, 2022
	PIMAX • Pimax Artisan, 2020 • Pimax 5K Super, 2020
	爱奇艺 • 奇遇3, 2021
	HTC • VIVE Pro2, 2021 • VIVE Focus3, 2021
	DPVR • P1 Pro Ultra 4K, 2021
索尼 • PSVR2, 2022	

Pancake技术概览

3

Pancake方案以偏振光原理为基础，采用反射偏光片配合1/4相位延时片和分束镜实现光线的多次折返，受到众多科技公司的青睐，逐渐成为VR光学方案的发展方向

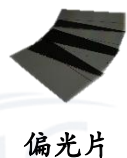
Pancake方案工作原理示意图



关键分析

- Pancake光学方案是**基于反射偏振的折叠光路**，方案设计以偏振光原理为基础，利用反射偏光片对于不同偏振光选择性反射和投射的特性，配合1/4相位延时片调整偏振光形态，实现光线在半透半反镜和反射偏光片之间的来回反射，并最终从反射偏光片透射出去。

Pancake方案核心部件



偏光片

- 让**自然光变为**具有某种规则地变化光波的**偏振光**的化合物薄膜。其中线偏振光是指只沿一个固定方向震动的光，圆偏正光是指偏振面相对于传播方向随时间以圆频率 ω 旋转的光。



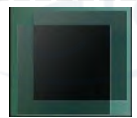
半透半反/分束镜

- 把入射光分离成反射光和透射光两部分。在Pancake方案中，分束镜主要用来做**二次反射光线使用**。分束镜可以用部分反射膜替代。



1/4相位延时片

- 通常由塑料薄膜制成，透光性高，在正确的方向时，**线偏振光以45度通过则变成圆偏正光**，相位延迟1/4波长；**圆偏正光通过则变成线偏振光**。



反射偏光片/反射式偏振膜

- 选择性反射偏振光**的一种偏光膜。Pancake方案利用了反射偏振膜的选择性反射和投射偏正光的特点，实现了光第一次到达反射偏振膜时被反射，第二次到达反射偏振膜时投射入眼。

采用Pancake方案的公司与产品

公司	产品与发布时间
华为	• HUAWEI VR Glass6, 2020
3Glasses	• 3Glasses X1S, 2020
创维	• 创维S6 Pro, 2021 • PANCAKE1, 2022
HTC	• VIVE Flow, 2021
Arpara	• Arpara 5K VR头显, 2021 • Arpara AIO 5K VR, 2021 • Gaming Kit, 2022 (待上市)
PICO	• PICO 4, 2022
Meta	• Meta Quest Pro, 2022
Shiftall	• MeganeX, 2022 (待上市)
苹果	• MR头戴设备, 2023 (待上市)

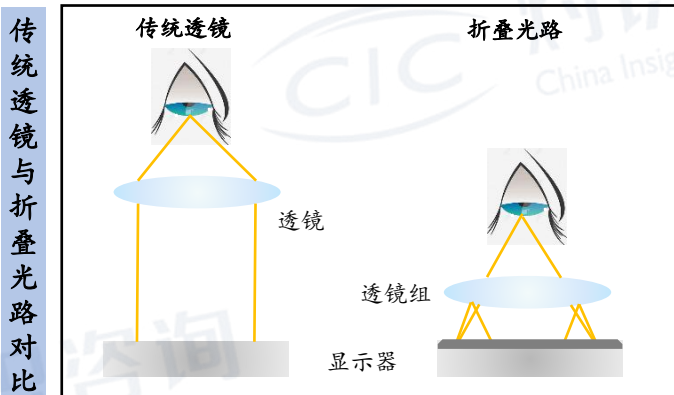
Pancake技术概览

3

Pancake方案具备模组轻薄化、可调节屈光度等优点，大幅提升了用户的体验感和舒适度；同时，光线多次折返中“鬼影”和高光损的问题不可避免，需要从材料和配套显示方案上帮助优化成像

Pancake方案优点

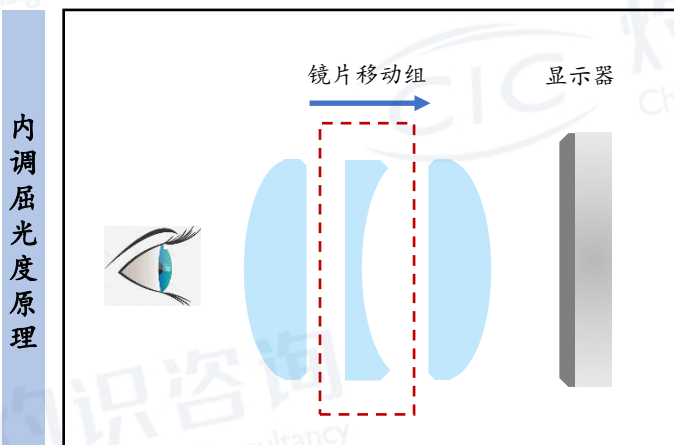
a 超短焦光学折叠光路实现更短的光路设计



关键分析

- Pancake光学方案通过折叠光路的设计有效**压缩了屏幕与透镜的距离**，进一步缩小了光学模组总长度，**模组厚度相对传统菲涅尔方案减少了一半**，**头显重量减轻50%以上**，从佩戴上提升了VR产品使用的舒适度，是未来VR设备向消费市场渗透的进程中满足消费者高要求不可缺少的新技术。

b 组合透镜中镜片可移动，实现从内部调节屈光度并减弱VAC影响

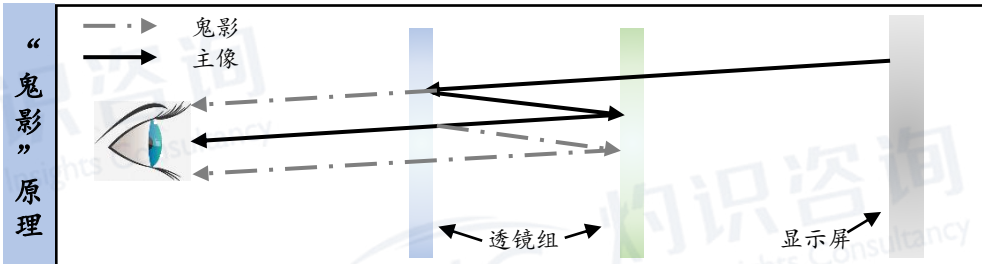


关键分析

- Pancake方案一般为**多组透镜的组合**，可以通过移动其中一组镜片调整整个光学模组的折射率，从而**满足调焦需求**，解决了近视用户佩戴的不便。相比移动屏幕来调整屈光度的外调焦方式，内调屈光度可以缩短模组总长，减少头显体积。
- 这种可变焦显示还能通过基于眼部细微特征变化校订模组焦距，模拟人眼自然成像，是**VAC（视觉辐辏调节冲突）的有效解决方案**。

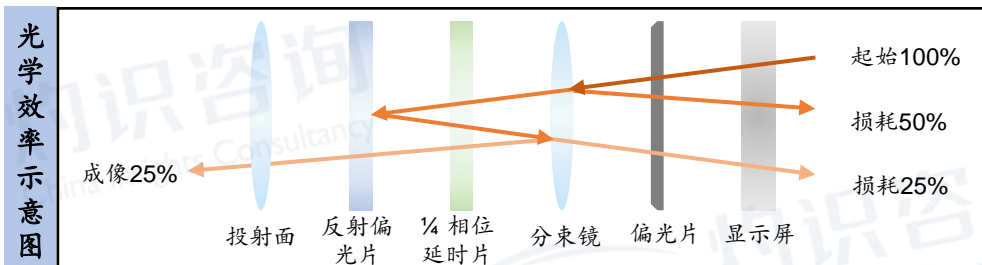
Pancake方案缺点

a 折叠光路方案相较垂直光路方案鬼影问题严重



在光学成像系统中，由杂散光（透镜界面多次反射、透镜缺陷散射、物理结构散射等因素造成）在画面中的某个位置形成的“像”被称为**“鬼影”（ghost）**，**会直接导致图像质量的降低**。Pancake方案因为光线多次折返，鬼影问题相比常规非球面/菲涅尔方案更为严重，**可以通过改善透镜材料、形状等方式优化**。

b Pancake方案光效较低，对屏幕亮度要求更高



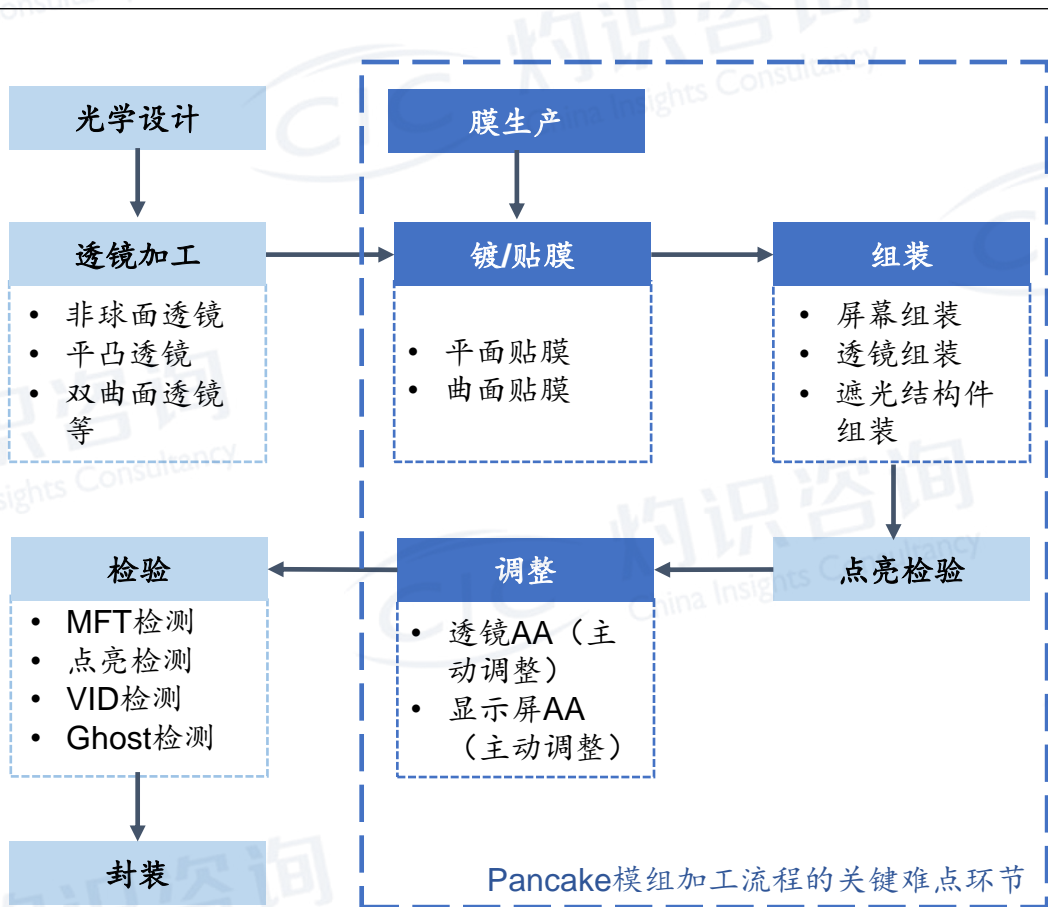
受光学原理限制，光线每次经过半透半反/分束镜时光效损失50%。以单片式Pancake简易模组为例，光效折损已到25%，考虑光线传播中不可避免的其他损失，**通常Pancake模组光效仅约20%**。因此，Pancake光学方案通常对屏幕亮度要求更高，**需要搭配Micro LED和Micro OLED等新型显示器**。

Pancake技术概览

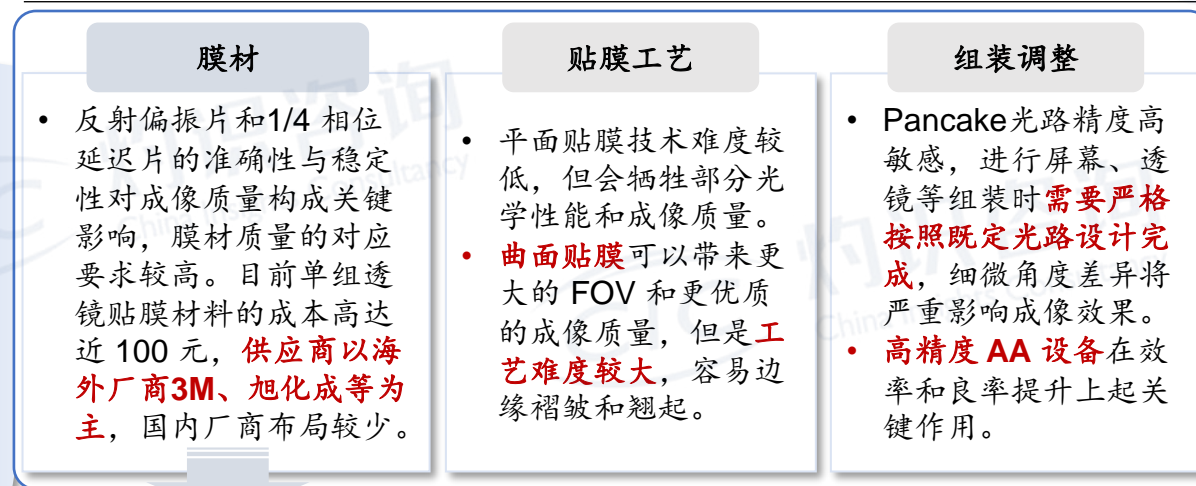
3

Pancake模组加工关键难点环节包括镀膜/贴膜和组装调整；高质量膜材和贴膜工艺能够实现更稳定的光的偏振态传输，目前供应商以海外厂商为主，单组透镜贴膜材料的成本高达近 100 元

Pancake模组加工流程



Pancake模组加工技术壁垒



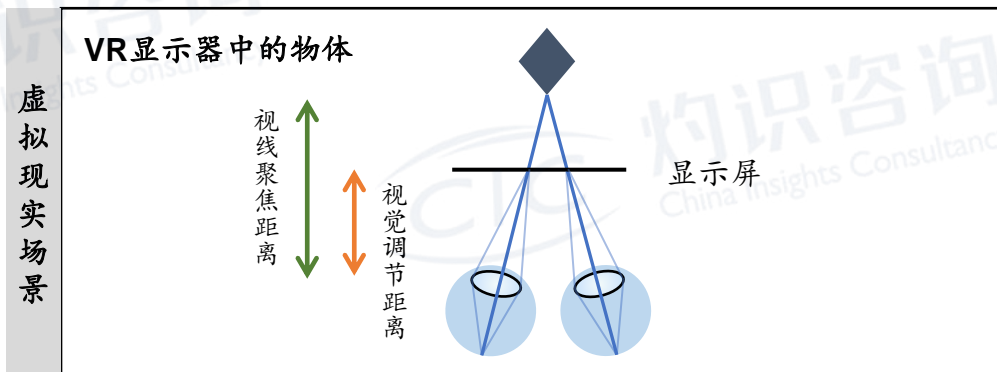
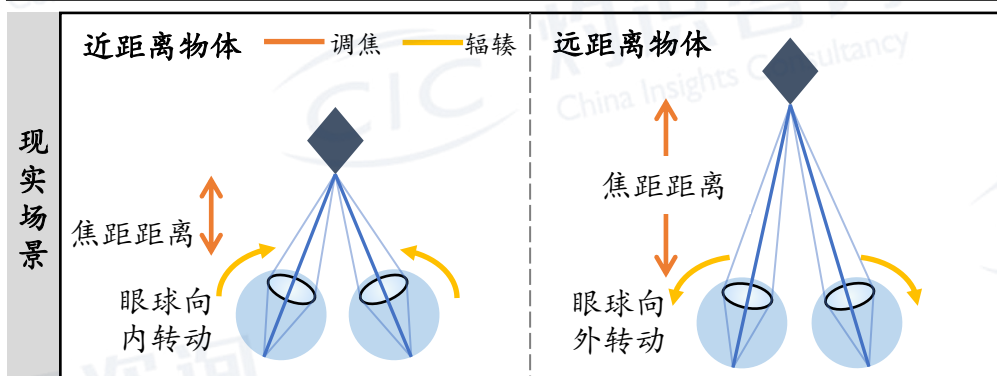
Pancake方案所需光学膜材及要求

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

Pancake技术未来发展方向：融合变焦显示

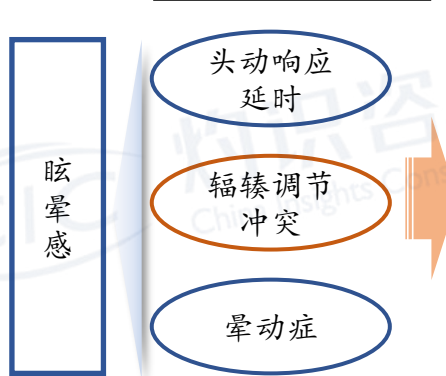
3 为优化视觉辐辏调节冲突在VR设备使用过程中造成的眩晕感，未来Pancake产品将结合技术逐渐成熟的变焦显示技术，进一步提升佩戴舒适度；机械式可变焦技术成熟度高，将被VR厂商大规模采用

视觉辐辏调节冲突 (VAC) 产生原因



视觉辐辏调节冲突：物体时，眼睛需要根据距离来调节晶状体厚度并旋转眼球使视网膜上的物体镜像清晰。当佩戴虚拟现实头显设备，**观众与屏幕之间的固定距离使得焦距无法改变，辐辏和调焦的位置发生分离**，因此眼睛的视觉会辐辏失调，导致眩晕疲劳，显著降低用户的视觉体验舒适度。

眩晕感引发原因



方案概述

解决程度

实现难度

方案概述	解决程度	实现难度
焦面显示： 通过 空间光调制器 调整虚拟场景光的聚焦模式，使不同像素的图像在视觉上深度不同	●	●
光场显示： 通过 显示出 光学场景 全部方向的光线 提供双目视差、移动视察以及聚焦模糊	●	●
变焦显示： 通过 改变光学零件组成系统曲率、间隔 实现焦平面的变化，从而得到连续的景深	●	●

机械式可变焦

短期发展前景较好的方案

a. 技术成熟
a. 技术原理与相机镜头的对焦方式相似，发展历史悠久，技术较为成熟

b. 价格低
b. 单套价值在100元以内

c. 性能优
c. 在FOV、DOV等多个指标下有较好表现

可变焦液晶透镜

通过对液晶层施加不同的电压分布，改变晶体的取向，进而改变折射率并调节图像焦距。

体积小、低功耗

大范围变焦

短时间切换

技术成熟度低

透光率低

画面损失

其他VR光学技术概览

目前市场上存在大量处于研究发展阶段的VR光学技术，这些技术能够进一步提升设备的轻薄化和佩戴者的沉浸感体验，但现阶段仍面临成像清晰度低和商业量产上难的问题

4 液晶偏振全息

- 液晶偏振全息元件 (Liquid-Crystal Polarization Holograms; LCPHs) 结合了全息技术和液晶光子学技术。通过偏振全息技术对液晶进行适当的对准，**LCPHs可以表现出多种光学响应**，用作VR中图像形成的光合路器。**从入射光束的偏振、波长和入射角吊证后的光折返成像，可以在极小的距离中完成聚焦。**



技术原理

- 元件空间与体量较小，设备轻薄
- LCPH的光学效率可达95%或更高
- 支持实时动态变焦
- 制造基于现有的液晶工具和材质，制造流程相对简单

技术优点

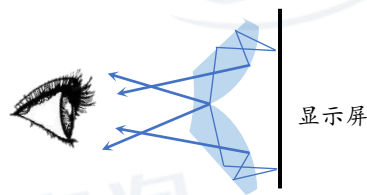
- 技术所需的原材料LCPHs-RM材料需要对现有RMs的双折射进行修正，也需要更加灵活的光对准材料 (PAM) 图形化加工，**当前没有高产量制造工艺能够以合理的成本批量生产LCPHs**

难点

5 多叠折反式自由曲面

- 自由曲面具有灵活度高、离轴像差校正能力强等特点，能为光的折返路径带来了多种不同的可能。自由曲面组合结合全内反射的透镜可以使**光在棱镜中多次反射，通过曲面组合成像。**

Lynx四叠折反式光学原理示意图

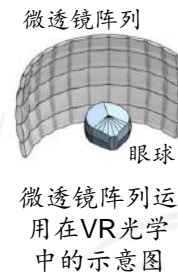


- 自由度高，元件空间与体量较小
- 便于布置眼动元器件
- 理论上能够消除色散
- 高光能利用

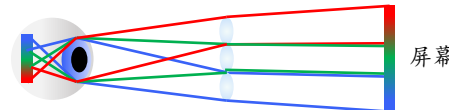
- 成像易产生畸变**
- 对材料和制造工艺要求高
- 自由曲面畸变只能单台校准，无法用标准算法校准，**很难量产**

6 异构微透镜阵列

- 微透镜阵列是由通光孔径及浮雕深度为微米级的透镜组成的阵列，实时光源光线追踪运算，**将影像分解成为数十组不同的视角阵列**，使观赏者能够如同身处真实世界中一样，通过眼睛来**从不同角度自然观察立体影像。**



异构微透镜阵列原理示意图



- FOV可达150° -180°
- 单元尺寸小、集成度高
- 支持实时动态变焦

- 瞳孔游离畸变的影响更严重，会导致图像在微透镜之间的边界出现断裂，**成像易出现伪影**
- 当前技术生产难度高**

7 超透镜/超表面

- 超表面 (metasurface) 是由大量亚波长单元在**二维平面**上周期或非周期排布而构成的人工结构阵列，可实现对入射光振幅、相位、偏振等参量的灵活调控。亚波长纳米结构形成特定的重复模式时能模拟折射光线的复杂曲率，**具有强大的光场操控能力。**

传统透镜与超构透镜对比



传统透镜
厚度≈30mm

超透镜
厚度<25 μm

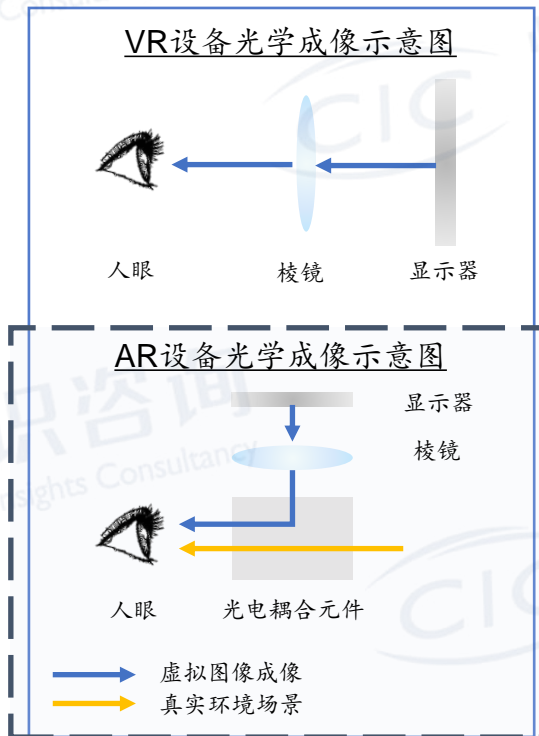
- 体积极小，重量轻
- 能在减少畸变的情况下改善聚焦光线的能力
- 利用纳米结构聚光进而达到避免色差出现

- 层间串扰问题使得**成像质量难以控制**
- 会导致**图像计算量增大**、计算速度受到制约
- 制造基于高科技材料，**制造流程复杂**

AR设备光学解决方案

AR光学元件的关键作用在耦合虚拟图像与真实环境；目前较成熟的方案包括离轴反射、Birdbath、自由曲面以及光波导，光波导方案在减少设备重量的同时保证视场角，有较大发展前景

VR与AR光学设备成像原理对比



对比VR设备只需要传输显示器中的图像，AR设备的成像需要与真实环境交互，**光学元件需将眼侧屏幕的像耦合到眼前。**

AR主流光学解决方案对比

	市场技术升级方向			
	1 离轴反射	2 Birdbath方案	3 自由曲面	4 光波导
设备重量	●	●	●	○
常规模组厚度	●	●	●	○
Eye box*	N/A	●	●	●
成像质量	○	●	●	●
透光率**	●	●	●	●
FOV (视场角)	●	●	●	●
单组价格	●	●	●	●
优点	<ul style="list-style-type: none"> 视场角大 制造成本低 	<ul style="list-style-type: none"> 中等视场角 制造成本可控 	<ul style="list-style-type: none"> 中等视场角 光损较小 制造成本可控 	<ul style="list-style-type: none"> 设备体积较小 成像清晰度高，重影情况较少
缺点	<ul style="list-style-type: none"> 光源与透镜需要保持一定距离，体积过大 容易出现畸变，需要在软件/显示器端修正 	<ul style="list-style-type: none"> 设备厚度较大 透光率低，亮度较低 出瞳距离较小 	<ul style="list-style-type: none"> 镜片上有较强的反射图像 设备厚度较大 	<ul style="list-style-type: none"> 生产工艺不成熟，制造成本较高 光损较大

光波导方案优势

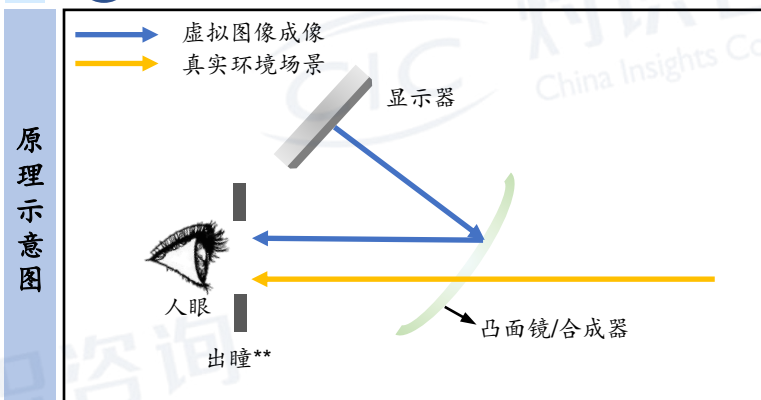
*: Eye box是光学模组与眼球之间的一块锥形区域，也是显示内容最清晰的区域，通常越大越好

**：透光率表示光线透过介质的能力，透光率越高的方案成像越亮

自由空间型*AR光学技术概览

自由空间型AR光学技术已经在军工等领域展开了多年开发与应用，近年来优化的方向偏向降低成本与缩小体积；Birdbath和自由曲面方案由于成本可控、性能适中，是当前消费级AR厂商的普遍选择

1 离轴反射

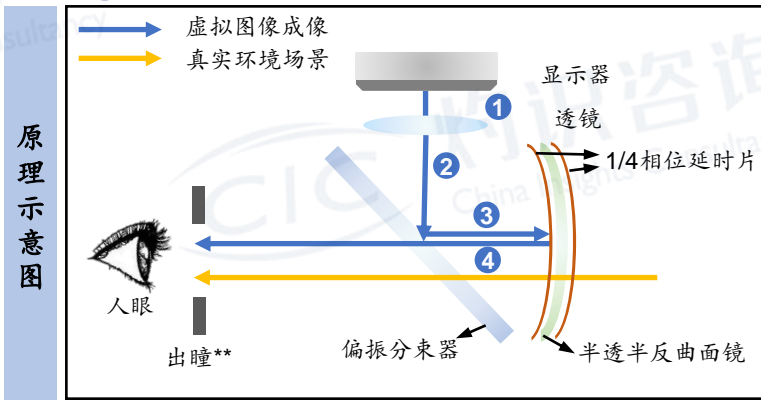


产品示意图	公司	产品与发布时间
	Meta	• Meta 2, 2016
	Mira	• Mira Prism, 2017
	Leap Motion	• North Star, 2018
	Dreamworld	• DreamGlass, 2019

关键分析

- 显示器发出的光线直接射至凹面镜/合成器，并且反射回眼内。显示源的理想位置居中，并与镜面平行。其可以实现**大FOV**（高达90°），同时光路的减少导致**光效提升**。整个光学系统具有**相对庞大的外形尺寸**，但技术非常成熟，**生产成本较低**。

2 Birdbath方案

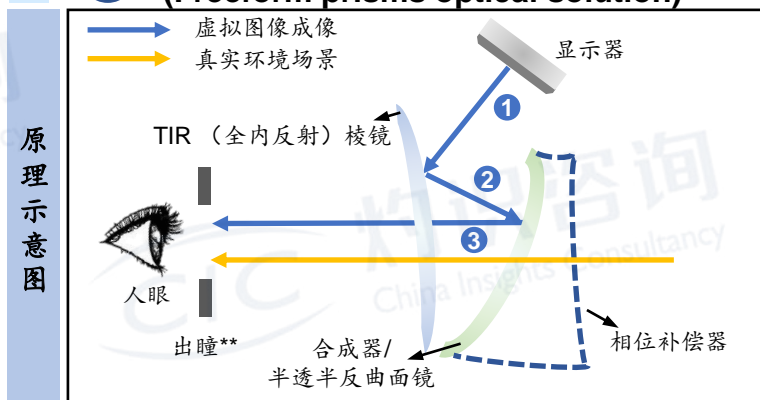


产品示意图	公司	产品与发布时间
	ODG	• R8, 2017 • R9, 2017
	联想	• ThinkReality A3, 2021
	Nreal	• Nreal Air, 2021

关键分析

- **Birdbath方案将光路折叠**。来自显示器光通过透镜放大、变焦后，经由偏振分束器反射到半透半反曲面镜，经过薄塑料片组成的两层四分之一波片使光相位旋转90度，重新经过偏振分束器到达人眼。最终入眼的图像亮度仅为屏幕亮度的15%左右，入眼的真实光线约为26%，因此对显示模组的要求高。

3 自由曲面 (Freeform prisms optical solution)



产品示意图	公司	产品与发布时间
	联想	• Daystar晨星, 2017
	耐德佳	• X2, 2018
	悉见	• X1, 2018
	亮风台	• HiAR G200, 2019

关键分析

- **Freeform自由曲面成像打破旋转对称**，透镜和反射镜的表面在光学直径内外缺乏对称轴，只需少量的反射面即可修正像差。基于自由形式的全内反射棱镜组合器，可以提供达到54°的FOV和8毫米的出瞳直径，**所有的表面都有设计自由度，搭配相位补偿器消除对环境光影响，提供了一个相对出色的图像质量。**

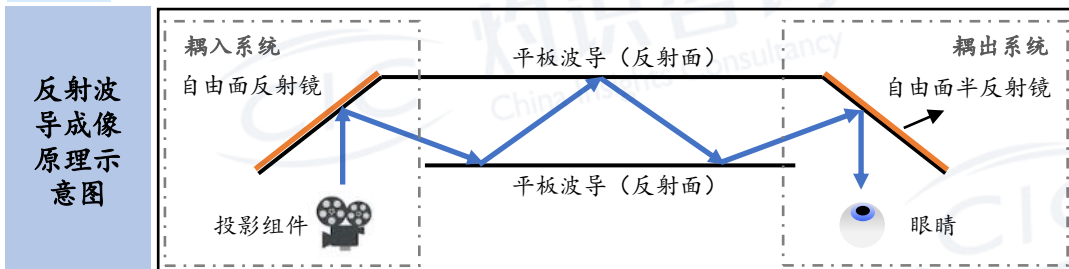
*: 自由空间型中的自由主要是与光波导型相区分，光线不再局限于波导内部的空间

**：出瞳在光学系统是光圈的真正直径，只有穿过这个真正口径的光线可以离开系统

光波导型AR光学技术概览

4 长期来看，光波导技术具有轻薄和外界光线高穿透性的特点，被认为是消费级AR眼镜的必选光学方案；一旦光波导技术能够突破瓶颈，控制成本，达到量产能力，将有望实现快速渗透

a 反射波导光路设计简单，设备体积仍旧较大，视场角小



反射波导成像原理示意图

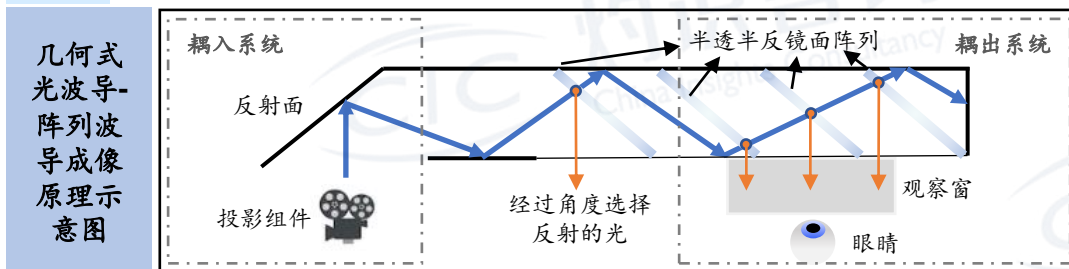
材料示意图



平面波导示意图

- 光波导能够提高光学效率的关键在**全反射**，即光在波导中通过来回反射前进而并不会透射出来。反射波导通常采用单个平面光导与多个半反射镜一起使用，**设计简单但体积无法缩小**，采用此方案的产品包括爱普生的MOVERIO和谷歌眼镜。

b 几何光波导有较大的视场和眼动范围，制造流程繁冗，良率较低



几何式光波导阵列波导成像原理示意图

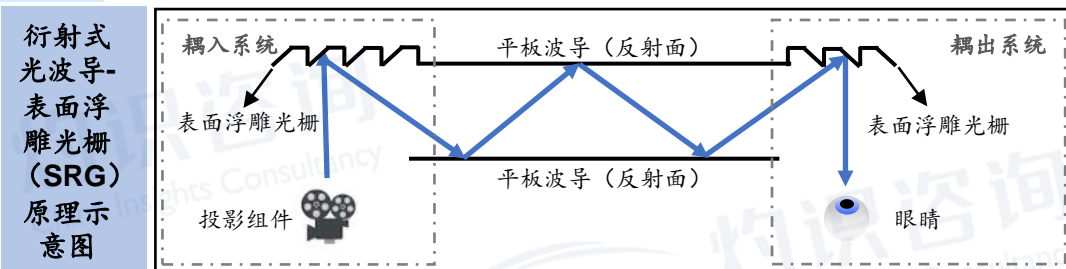
材料示意图



阵列波导产品图

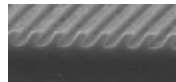
- 耦合光在多轮全反射后会遇到一个**半透半反射面阵列**，**每个镜面会将部分光线反射出波导进入人眼**。阵列光波导有轻薄、较大的视场和眼动范围且色彩均匀的优势，但是同时繁冗的制造工艺流程导致**总体良率较低**，大规模量产的成本高。

C-1 表面浮雕光栅的衍射式波导节省空间的同时能够实现较大的眼动范围



衍射式光波导-表面浮雕光栅(SRG)原理示意图

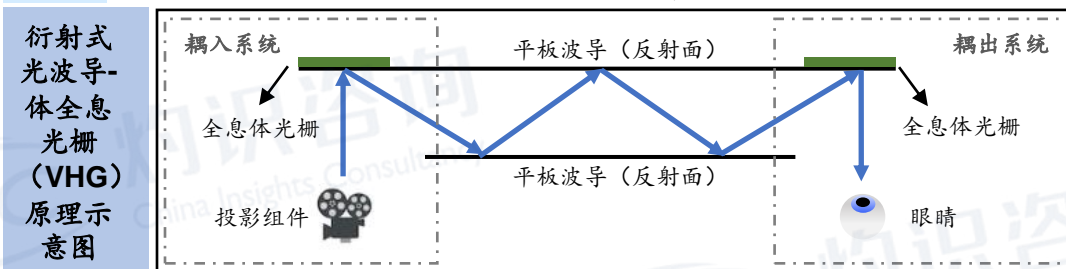
材料示意图



倾斜光栅结构图

- 在表面浮雕光栅波导里，**传统的光学折反射元件被平面的表面浮雕衍射光栅(SRG)取代**，这个纳米级别的光学元件，根据凹槽的轮廓和倾角等结构参数将光进行选择并反射和透射，这种微光学技术能够**有效节省光学系统的空间**。

C-2 体全息光栅的衍射式波导实现极致轻薄，但对制造技术的要求极高



衍射式光波导-体全息光栅(VHG)原理示意图

材料示意图



体全息光栅材料示意图

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

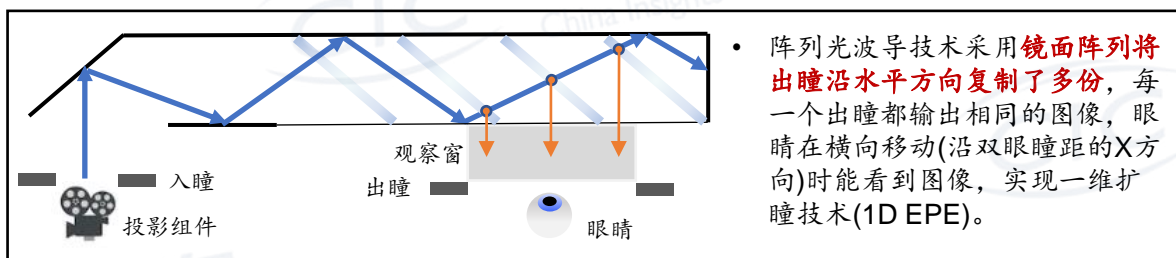
表面浮雕光栅的衍射光波导

C-1

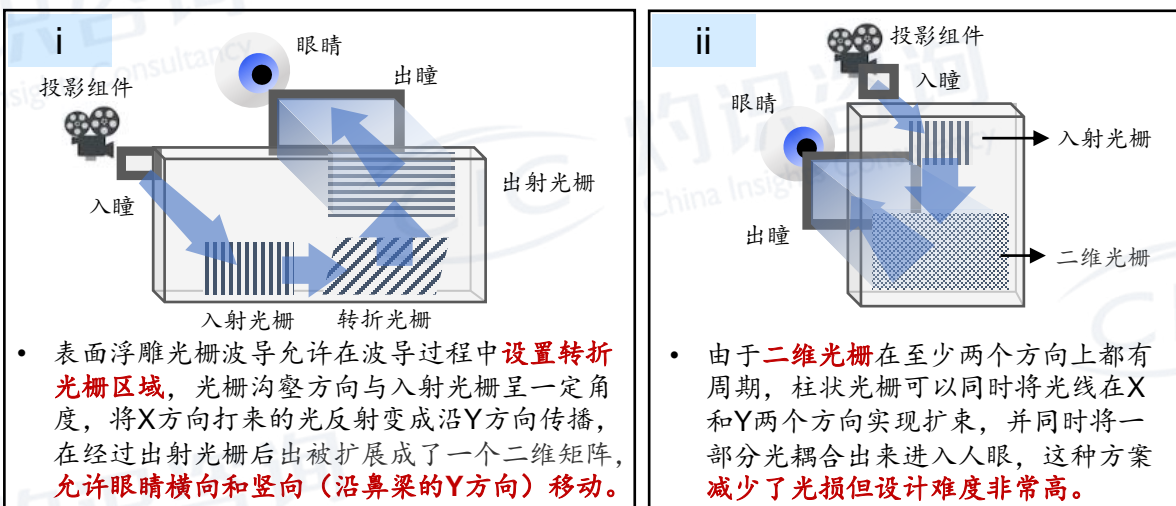
表面浮雕光栅的衍射光波导技术能够实现二维扩瞳，无需增加设备体积即可扩大眼动范围；表面浮雕光栅的生产工艺发展完善，基本具备成熟量产条件，是未来AR光学器件的主流方案

- 1 光波导技术的一大优点在于能够通过镜面阵列或光栅的设计在不显著增加设备体积和重量、确保大视场角的同时实现一维或二维扩瞳，提升眼动范围

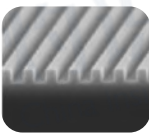
一维扩瞳原理示意图



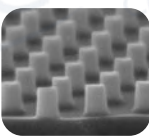
二维扩瞳原理示意图



一维光栅



二维光栅



- 2 表面浮雕光栅的制造根据阶段不同分为模板制备和复制量产，对微纳加工技术要求高



生产中的重要原材料

高折射率玻璃基底

高折射率树脂

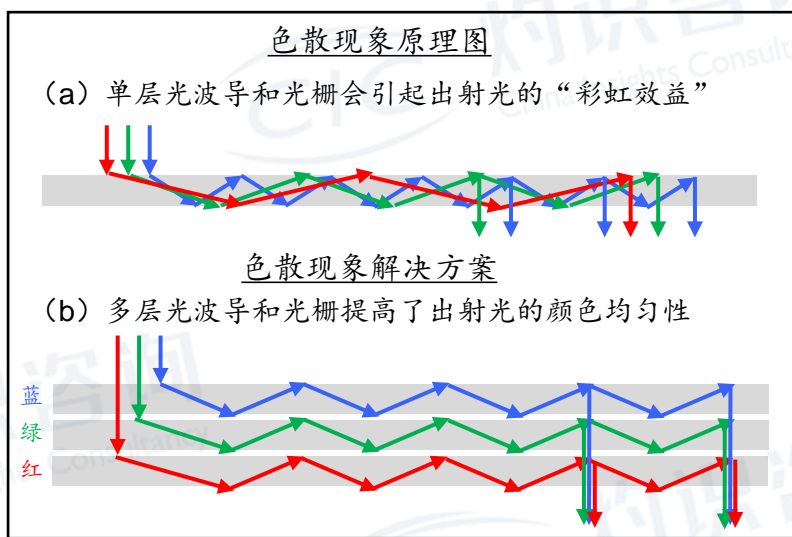
- 3 众多光学供应商针对浮雕光栅的衍射波导提供完整方案

公司	产品与发布时间
Magic Leap	• Magic Leap One, 2018
微软	• HoloLens 2, 2019
Vuzix	• Vuzix Blade, 2019
WaveOptics	• Vulcan方案, 2020

衍射光波导模组的发展趋势

C 衍射光波导对于角度和波长的选择性导致了色散问题的存在，如何用一层光栅作用于红绿蓝三色是业内面临的挑战；LBS显示技术采用激光光源，有效减小色散效应，是衍射光波导模组的最佳选择

衍射光波导缺点

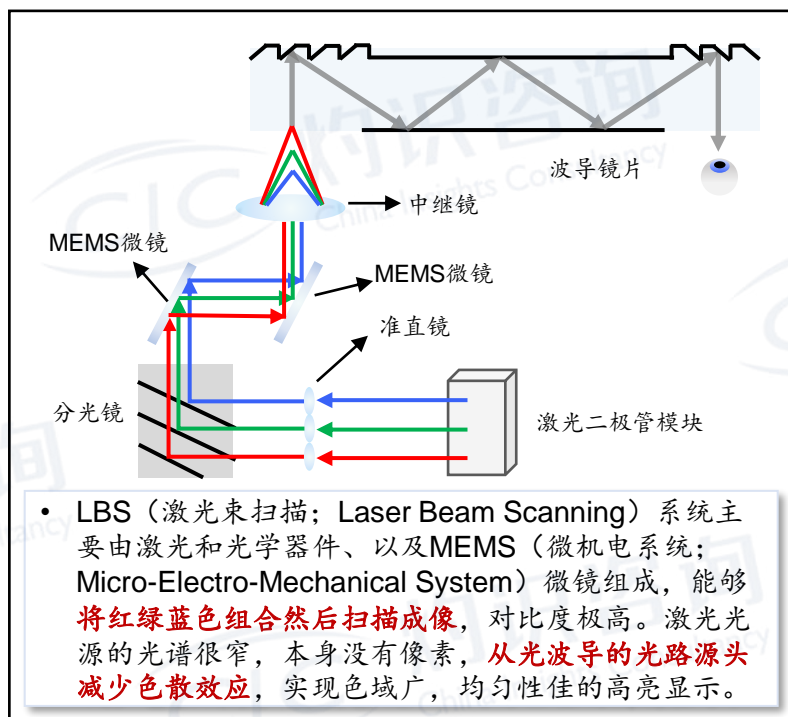


关键分析

- 由于同一个衍射光栅对于不同的波长会对应不同的衍射角度，**衍射光波导下视场范围内红绿蓝三色的分布比例不同（如图a），导致色散问题的存在。**三层波导结构（如图b）可以减小色散的效应，但由于同一颜色的衍射效率也会随着入射角度的不同而浮动，色散问题不能完全被解决。
- 衍射光波导对于角度和波长的选择性是建立光波导系统的基础，但也导致了色散问题的存在，**如何用一层光栅作用于红绿蓝三色是业内面临的挑战。**

LBS（激光束扫描技术）概览

激光束扫描技术原理



产品应用

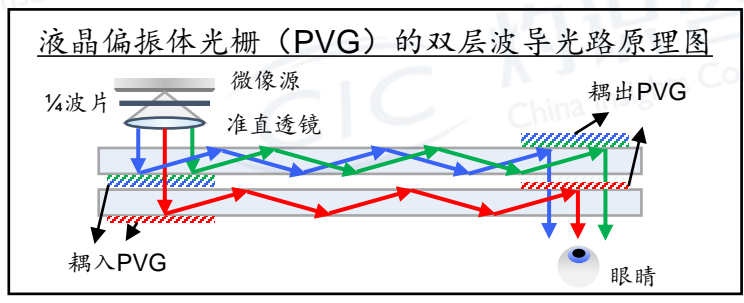
公司	产品与发布时间
谷歌	• North Focals, 2018
微软	• HoloLens 2, 2019
Dispelix	• 基于LBS方案的光波导系统, 2021

性能	特点
• NanoSec等级响应时间	• 影像滞留时间短
• 逐一像素扫描	• 减少延迟
• 逐行画面缓冲更新	• 降低功耗
• 10 ⁶ 尼特激光光源	• 高亮度显示
• 光机体积小	• 纤薄轻量的光学系统
• 激光光源光谱很窄	• 减小彩虹效应 • 高对比度
• 可直接调整MEMS微镜的振动频率和反转角度	• 达成不同的视场角和解析度

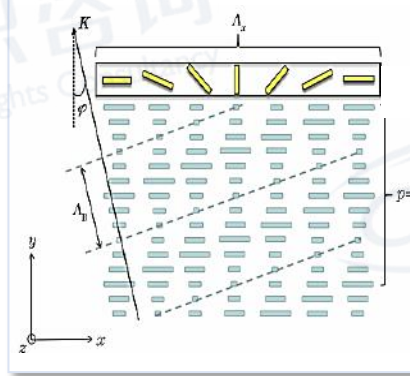
AR光学前沿技术

包括液晶偏振光栅波导技术、全息视网膜投影技术、超表面的前沿AR光学技术还处于初步发展阶段，但均已表现出非常有前景的应用趋势，随着未来持续发展将把当前系统的性能等级提升到新高度

基于液晶偏振光栅的衍射光波导



PVG结构示意图

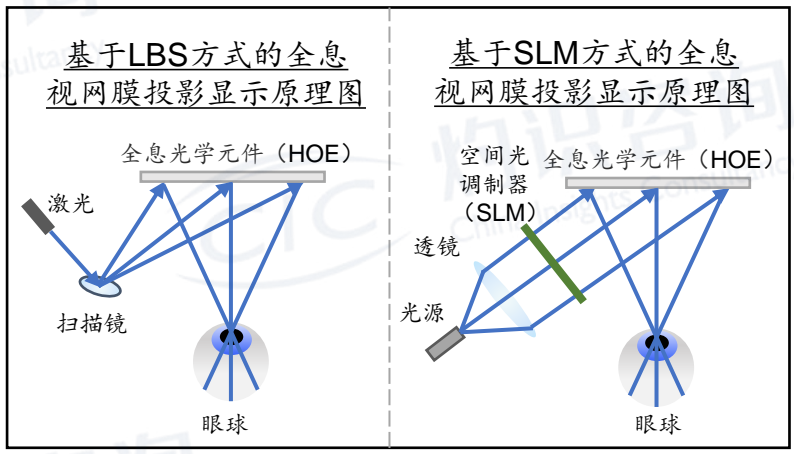


液晶偏振体光栅(PVG)波导是衍射光波导的一种。液晶分子光轴在空间内周期性旋转形成螺旋结构，构成很多倾斜的周期性折射表面(图中虚线)，构造出**具有独特的偏振特性的几何相位光栅**。通过控制沿x和y方向的周期大小，可以实现任意衍射角。

- 优点**
- 色彩均匀性较好
 - 衍射效率高
 - 光学系统轻薄
 - 大视场角
 - 易实现彩色波导
 - 透光率高

- 缺点**
- 生产过程复杂，短期无法商业量产

全息视网膜投影显示技术



- 视网膜投影显示 (Retinal projection displays, RPD) 技术**在人眼瞳孔处汇聚成光点，直接投射到人眼视网膜上成像**，具有全景聚焦的图像特征，自然化解了辐辏冲突。
- 全息光学元件 (HOE) 作为离轴的光学组合器，可以较好地解决视网膜投影光学模组的轻薄化问题。

- 优点**
- 小出瞳孔径，大景深
 - 全景聚焦，无辐辏冲突
 - 高光效，适合户外使用
 - 视场角可达到80°
 - 设备结构紧凑、轻薄

- 缺点**
- 需在景深和图像质量之间权衡
 - 出瞳过小，眼动范围很小
 - 生产技术成熟度低

超表面、超透镜

- 超表面作为一种在二维平面上排布亚波长纳米结构的新型超薄光学元器件，具有**更大的设计自由度、更强大的光学调控性能、亚波长的结构厚度、更大的色散调控能力等优点**，目前已经具备非常好的发展潜力。
- 在近眼显示光学系统中，宽带几何相位超透镜、离散消色差超透镜、metaform、超表面光波导、全息超表面等取代了部分传统光学元件，提供高分辨率、高质量的AR显示。

超表面在AR光学系统中的应用

(a) 几何相位超透镜实现紧凑的、大FOV、高分辨率的近眼显示

(b) RGB消色差超透镜消除AR显示系统中色差的影响

(c) Metaform结合超表面和自由曲面的优势

(d) 超表面光栅可以简化波导式三维立体AR显示的配置

(e) 超表面全息AR显示可以结合多通道复用功能

资料来源: Hackernoon、中国光学期刊网、Design and manufacture AR head-mounted displays: A review and outlook**Dewen Cheng et al.、灼识咨询

XR光学元件市场参与者

XR光学系统领域近年来涌现出一众专注细分技术领域研究的创新企业，深度掌握高新技术并开拓应用市场；同时，传统光学仪器公司以多年行业积累为基础，针对VR/AR领域的光学系统元件积极展开技术路线布局

VR设备光学元件供应商

AR设备光学元件供应商

菲涅尔透镜



Pancake方案



超透镜



微透镜阵列



Birdbath方案



自由曲面



表面浮雕光波导



全息光波导



阵列光波导





1 元宇宙和XR硬件

元宇宙主要由硬件设备层和内容及应用层构成，当XR硬件达到一定程度的市场渗透，必将引爆XR内容及应用生态的指数型发展；作为人类通往元宇宙的重要入口，XR硬件主要从光学系统和交互系统发力以满足用户沉浸性和舒适性的需求

2 光学系统

光学系统是呈现内容和提升视觉体验的基础，Pancake超短焦的光路设计和变焦显示技术能够解决设备体积大和用户佩戴眩晕两大核心问题，是当下的发展重点

3 交互系统

头手6DoF交互已逐渐成为XR硬件的标配，手势追踪和眼动追踪是行业内中短期创新与应用的重点，交互技术正向多模态、精细化方向发展，也为其所依赖的各类传感器提供了发展空间

XR交互技术发展趋势

单一交互方式无法满足深度沉浸的需要，未来交互技术将向多模态、精细化方向发展；目前头手6DoF交互已逐渐成为主流VR头显的标配，预计头部与手部的交互技术是未来重点发展领域，手势追踪、眼动追踪将在中短期内为企业重点突破和广泛应用

		PICO、Meta VR一体机对比						
沉浸体验交互部分参考指标		型号	PICO 4/Pro	PICO Neo3	PICO Neo2	Quest Pro	Quest 2	
指标说明		上市时间	2022Q3/Q4E	2021Q2	2020Q3	2022Q4	2020Q4	
技术成熟度 高 中短期 中长期 低 长期	1 6DoF追踪定位 已实现	• 6DoF追踪定位是 XR沉浸体验的关键技术 ，可追踪六自由度的旋转和位移运动，目前以 头手6DoF交互 为主		头手6DoF	头手6DoF	头手6DoF	头手6DoF	头手6DoF
	2 手势追踪	• 通过接触式或非接触式传感器实现手势动作的追踪，当前主要有 裸手识别、数据手套 等交互方案		裸手交互	裸手交互 (需搭载配件)	X	裸手交互	裸手交互
	3 眼动追踪	• 相对头部追踪更为精细，具有 实现注视点渲染、瞳距自调节、虹膜解锁等功能		Pro支持	X	X	支持	X
	面部识别	• 通过摄像头等传感器 捕捉用户面部表情		Pro支持	X	X	支持	X
	肌电感应	• 可通过肌电传感器捕捉人体肌电信号，反应 人体肌肉和神经活动 情况						
	虚拟气味	• 可通过发出气味粒子等方式使用户 感知气味 的嗅觉交互方式						
	精细化触觉反馈	• 利用振动、超声波脉冲等技术为使用者 再现触感						
脑机交互	• 主要利用脑机接口进行人机交互，人们可以通过 意念控制 实现意念打字、意念操控游戏等							


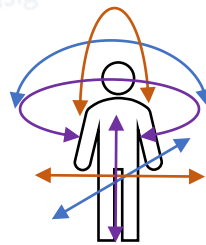
关键分析

- 单一交互方式无法满足深度沉浸体验的需要，未来交互技术将向**多模态和精细化**方向发展，多模态融合交互将进一步提升自然性和沉浸感
- 近年推出的主流XR头显纷纷加入了**手势追踪、眼动追踪**功能。从人们日常工作生活习惯来看，用头与眼定位，用手部动作操控是人们所习惯的主要控制方式。因此预计**头部与手部交互技术**是未来中短期内重点发展的领域

6DoF追踪定位技术概览













1 6DoF追踪定位技术是XR沉浸体验的关键技术，与3DoF相比可以满足交互性更强的使用场景；未来该技术仍将向高精度、高速度等方向优化革新

3DoF与6DoF技术对比

功能	优点	缺点	应用
 <p>3DoF</p> <ul style="list-style-type: none"> 可以追踪三个自由度的旋转运动，但无法识别位移运动 ✓ 前后翻转 ✓ 左右摇摆 ✓ 水平转动 	<ul style="list-style-type: none"> 技术要求更低，成本更低 设备价格相比6DoF更亲民 	<ul style="list-style-type: none"> 使用者需要位置固定，不能通过空间移动来进行人机交互 使用中沉浸感、交互感有限 	<ul style="list-style-type: none"> 更多应用于对交互要求较低的XR设备（如AR眼镜）和应用场景（如观影）中  <p>Nreal Air AR</p>
 <p>6DoF</p> <ul style="list-style-type: none"> 六个自由度的旋转和位移运动均可追踪 ✓ 前后翻转 ✓ 左右摇摆 ✓ 水平转动 ✓ 左右位移 ✓ 前后位移 ✓ 上下位移 	<ul style="list-style-type: none"> 可支持使用者一定空间内的自由移动进行人机交互 更能模拟真实世界中的运动场景，沉浸感、交互感更强 	<ul style="list-style-type: none"> 开发和生产过程中对技术要求更高，成本更高 设备价格相对更高 	<ul style="list-style-type: none"> 更多应用在VR产品中，目前主流VR头显、VR手柄大多支持6DoF交互功能 适用于游戏、社交等交互性强的场景  <p>爱奇艺奇遇 Dream Pro VR Nreal X AR</p>

注：DoF即自由度（Degree of Freedom）

PICO 四代VR一体机手柄6DoF追踪方案对比及展望

PICO一体机型号	手柄6DoF技术方案	定位精度	追踪速度
 PICO Neo	超声波追踪方案		
 PICO Neo2	电磁追踪方案：电磁和IMU多传感器融合		
 PICO Neo3	光学追踪方案：手柄采用32个光学追踪传感器		
 PICO 4	光学追踪方案：自研高精度四目环境追踪和红外光学定位系统		

○ 低 ● 高

关键分析

- XR中的6DoF追踪定位技术与3DoF相比具有**交互性更强**的优势，该技术仍在不断革新，向**更高精度、更高速度**发展。

1 NOLO是全球为数不多拥有完全自主知识产权6DoF专利技术的移动VR硬件品牌商，其自主研发的定位解决方案处于全球领先地位，未来趋向研发轻小化、可穿戴设备及多元化产品

NOLO公司简介

- NOLO（北京凌宇智控科技有限公司）是一家专注于VR/AR领域集研发、生产、制造、销售的企业。目前拥有200余项全球行业技术专利，专利覆盖超过12个主流国家
- NOLO深耕6DoF交互技术多年，是全球为数不多的**拥有并搭载完全自主知识产权6DoF专利技术**的移动VR硬件品牌商，其自主研发的定位解决方案“SodarTraQ®”“PolarTraQ®”处于全球领先地位
- 2016年发布基于**自研PolarTraQ®方案**的NOLO CV1手柄套件引起业界广泛关注，2020年5月推出首款自有品牌VR一体机NOLO X1，2021年5月推出基于**自研SodarTraQ®方案**的VR一体机NOLO Sonic。产品覆盖6DoF VR一体机、6DoF VR交互手柄、VR加速路由器、3DoF交互套件等

核心技术介绍

SodarTraQ®

NOLO自研的采用**超声视觉融合技术**实现头部与手部6DoF定位交互的技术方案

- 使用便捷
- 低功耗
- 高环境适应性
- 毫米级精度 ($< \pm 1.5\text{mm}$)
- 低延迟 ($< 7\text{ms}$)
- Inside-Out定位



PolarTraQ®

NOLO自研并具有**完全知识产权**的三维空间定位技术，**首创超声波、激光、无线电混合定位技术**

- 高性价比
- 低功耗
- 高鲁棒
- 高便携性
- 毫米级精度 ($< \pm 1.5\text{mm}$)
- 低延迟 ($< 10\text{ms}$)
- Outside-In定位



部分合作企业



发展动态分析

- **硬件产品研发趋向轻量化、小型化、可穿戴**



计划推出VR指环

- **产品种类日趋多元化**



硬件 → 软件



B端 → C端

- **与品牌跨界合作，探索多元化使用场景**



与蔚来汽车合作研发
NIO VR Glasses

手势追踪技术概览

2 目前XR手势追踪方案多样，按设备方案主要分为裸手追踪和可穿戴设备，技术方案主要有视觉追踪、惯性追踪、弯曲传感器追踪、磁性追踪等，不同技术方案各有其优缺点

当前XR手势追踪主要设备方案

	案例产品	上市时间	核心技术方案
裸手追踪	PICO 4 VR 	2022Q3	• 视觉追踪 (红外摄像头) A
	HoloLens 2 AR 	2019Q4	• 视觉追踪 (深度摄像头) B
数据手套	Manus Prime X手套 	2021Q2	• 弯曲传感器追踪 D • 惯性追踪 C
	Manus Quantum Metagloves手套 	2022Q2	• 磁性追踪 E • 惯性追踪 C
其他可穿戴设备	HTC VIVE 腕带式追踪器  (适用于VIVE Focus 3头显)	2022Q3	• 视觉追踪 (红外摄像头) A • 惯性追踪 C





当前主要技术方案介绍

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

手势追踪技术概览

2 综合考虑技术集成度、追踪精度、功能集成度、经济性、便携性等因素，预计腕带、指环等轻小型便携式可穿戴设备在未来或可成为消费级XR手势追踪领域主要方案

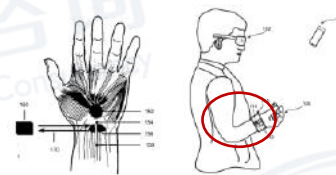
XR手势追踪设备方案对比

	裸手追踪	数据手套	腕带	指环
示例	 PICO 4 VR头显	 Manus Quantum Metagloves	 Meta肌电腕带 (专利阶段)	 Apple 可伸展环设备 (专利阶段)
技术可集成度	低	高	高	高
追踪精度	低	高	高	高
功能可集成度	低	高	高	高
经济性	高	低	高	高
便携性	高	低	高	高
关键分析	受制于非接触式的追踪方案，目前追踪精度相对较低，功能上目前只能实现简单的手势识别与控制	包裹性较强，可集成多种传感技术，追踪精度高，还可集成触觉反馈、温度模拟等功能，但舒适性较低且成本较高	更为轻小的可穿戴设备，预计技术和功能可集成度、追踪精度介于前两者之间，因此价格预期相对居中。此类设备或可配备按键、显示屏等装置实现更多交互功能，加上便携性强，较少妨碍正常手部动作，未来可能成为消费端市场主要方案	

未来可能面世的轻小型便携式可穿戴设备

腕带式追踪

Google肌电腕带专利图示



专利公布日期：2022年9月22日

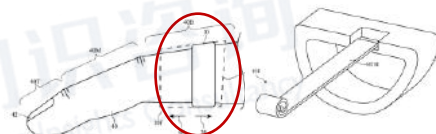
Meta肌电腕带原型



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

指环式追踪

Apple可伸展环设备专利图示



专利公布日期：2022年6月21日

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

NOLO指环原型



3DoF版本类似戒指型遥控器，6DoF版本具备更多复杂交互功能

2 诺亦腾是全球屈指可数的全谱系动作捕捉技术开发者，近年紧跟XR手势交互需求并基于惯性传感技术研发出的VR交互手套已在多个领域得到应用，第二代Hi5 2.0 VR交互手套性能大幅提升

诺亦腾公司简介

北京诺亦腾科技有限公司创立于2012年，是具有国际竞争力的**智能感知与沉浸式交互技术创新者**，全球屈指可数的**全谱系动作捕捉技术开发者**。凭借世界领先的3D运动测量与动作捕捉技术构建了从开发平台到垂直应用的一揽子解决方案能力，为多个行业提供全栈式解决方案

业务板块	数字媒体技术	应用领域	影视与游戏开发制作
	数字骨科医疗器械		文化与泛娱乐体验
	智能医体融合应用		工业仿真与虚拟教学
			运动测评与训练
			医疗手术辅助及康复

产品与解决方案

 Perception Neuron 自研动作捕捉产品系列	 VTS虚拟直播套装 光惯混合动作捕捉技术	 VPS虚拟制作解决方案 服务于虚拟拍摄教学与生产	 Hi5 2.0 VR交互手套 多系统支持 毫秒级延时
 Alice多人大空间人机交互系统 商用虚拟现实整体解决方案	 mySwing Professional 高尔夫运动测评与训练系统	 动作捕捉&数字人创作套装 全新实时驱动动画制作方案	 动作捕捉&虚拟直播套装 一站式虚拟直播解决方案

两代VR交互手套性能对比

性能对比	Hi5	Hi5 2.0
上市时间	2017Q1	2022Q2
传感器	高性能九轴惯性传感器	超小型无线九轴惯性传感器
最小分辨率	0.1°	0.02°
姿态计算帧率	180fps	500fps
延迟	<5ms	<10ms
传输距离	5m	6m
横向分指功能	2-5指不支持	支持
支持机型	外接式VR	外接式和一体式VR

应用领域举例

 VR游戏	 展览展示	 教育培训	 仿真训练
----------	----------	----------	----------

眼动追踪的应用

3 眼动追踪在XR硬件中有多种应用和优势，比如用于注视点渲染，或者眼动交互，眼动数据分析，虚拟人表情追踪，甚至可以进行身份识别和评估视觉及心理健康

动态注视点渲染



- 根据人眼注视的生理特点，只针对**中央凹视野区域进行高清渲染**。在不影响体验的同时，极大**降低头显设备的渲染负载**

眼动交互



- **眼球凝视输入**配合手动和语音输入可以更有效便捷的进行信息交互
- 在**游戏场景**中可以增加更多的游戏体验，如**瞄准定位、眼睛发射激光束**等

眼动数据分析



- 在**购物、教育**等场景中记录用户的**观察轨迹、注视时长、瞳孔半径**等数据，可以更好地考察**用户行为**，为优化产品设计和提升培训效率提供依据

虚拟人表情追踪



- 在虚拟人形象上呈现用户的眼部变化，包括**视线方向、眨眼、眯眼、瞳孔转动**等行为，使**社交、游戏场景**中出现的虚拟人形象更加**真实生动**

虹膜身份识别



- 基于眼球追踪技术可以实现**高安全性的身份识别**，在账号登陆、移动支付等场景中完成对用户账号**免侵入、高准确率、低延迟**的认证

视觉健康和心理健康应用



- 通过校准、追踪等技术实现**对弱视、斜视等眼部疾病的辅助诊断和康复训练**；眼球追踪、测量瞳孔反应还可以帮助**诊断自闭症、精神分裂症**等病症

眼动追踪技术概览

3 XR硬件厂商的眼动追踪技术按照追踪原理主要分为四种方案，包括瞳孔角膜反射向量法、视网膜影像法、反射光强度建模法和三维模型重建法，其中瞳孔角膜反射向量法应用最为广泛

技术原理

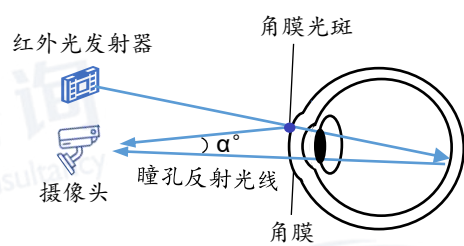
零部件

代表企业

瞳孔角膜反射向量法

- 使用**红外线照射眼睛**，通过摄像头采集从角膜和视网膜上反射的穿过瞳孔的红外光线。根据**角膜与瞳孔反射光线之间的角度**可以计算出眼动的方向

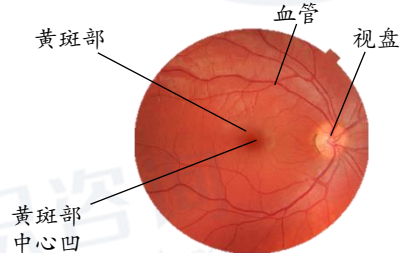
瞳孔角膜反射向量法示意图



视网膜影像法

- 通过**光波导采集**视网膜反射的红外光以获取**视网膜影像**。通过计算视网膜上的**血管、中央凹、视盘、黄斑**等生理特征的**变化**可以获取眼动的方向

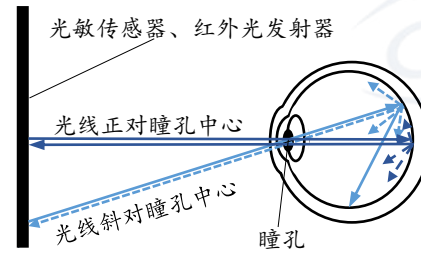
视网膜结构示意图



反射光强度建模法

- 通过光敏传感器**检测眼睛反射光的强度**确定眼球运动的方向。可以分为*i) 视网膜反射*：激光通过瞳孔和角膜中心射在视网膜时反射强度最大；*ii) 角膜反射*：激光射在角膜中心时反射强度最大

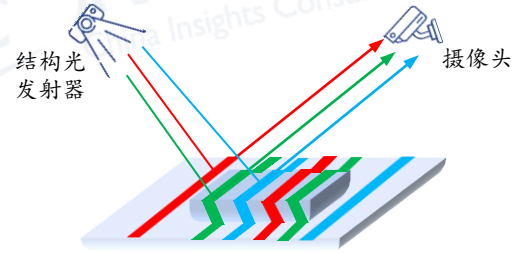
视网膜反射光强度建模法示意图



三维模型重建法

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


结构光原理示意图



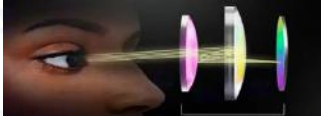
3 七鑫易维是国内眼球追踪技术领域的引领者，为PICO、爱奇艺奇遇、HTC等多家XR厂商提供一站式眼球追踪解决方案，全面升级XR用户体验

XR产品实现多个业内第一


2022年 携手亮亮视野发布业界**第一款量产AR字幕眼镜**




2021年 联合HTC推出全球**首个Pancake短焦VR眼球追踪解决方案**



2016年 发布全球**首款VR眼球追踪模组aGlass**，率先实现注视点渲染、眼控交互、眼动数据分析



2010年 推出全球**首款眼控智能眼镜**，早于谷歌的AR Glass



XR眼动追踪解决方案

配件式		
<p>HTC VIVE 眼球追踪配件</p>  <ul style="list-style-type: none"> 即插即用 适配多个型号头显 更好地兼容开发者APP 	<p>Pimax 8K 眼球追踪配件</p>  <ul style="list-style-type: none"> 动态注视点渲染 流畅提高运行帧率和流畅度 应用于多种VR场景 	<p>影创Action One 眼球追踪配件</p>  <ul style="list-style-type: none"> 即插即用 精确的目标识别 逼真的虚拟形象塑造
植入式		
<p>PICO G2 4K 眼球追踪一体机</p>  <ul style="list-style-type: none"> 低功耗和低延迟 良好移动性和便携性 开盒即用 	<p>爱奇艺奇遇2S 眼球追踪一体机</p>  <ul style="list-style-type: none"> 低功耗和低延迟 良好移动性和便携性 开盒即用 	<p>Nreal Light 眼球追踪版MR眼镜</p>  <ul style="list-style-type: none"> 科研专业级设备 身临其境的产品体验 适用于高端行业用户

XR眼动追踪方案优势

<p>适配性强</p> <p>可针对PC、一体机、手机盒子等不同类型的XR设备进行适配</p>	<p>交互自然</p> <p>引入深度学习技术，逐步推出单点校准、免校准方案</p>
<p>准确度高</p> <p>眼动数据可用率高，仅眼动范围准确度<0.5°</p>	<p>采样率高</p> <p>满足游戏交互、科学研究等不同需求，采样率可达60-380Hz</p>
<p>追踪范围广</p> <p>追踪范围能够达到人眼转动极限，完美覆盖XR设备FOV</p>	<p>可用性</p> <p>佩戴框架眼镜、隐形眼镜、美瞳等均不影响使用效果</p>
<p>跨平台支持</p> <p>支持英特尔、高通等处理平台；兼容Windows、安卓等操作系统</p>	<p>集成简单</p> <p>提供植入式、配件式两种解决方案，结构可进行适应性调整</p>

感知交互技术升级推动传感器发展

感知交互功能的实现需要硬件传感器支持；随着交互技术的多样化与进步，设备对于信息的种类、精度、实时性也提出了更高的要求，从而推动不同类型的传感器的发展与升级



运动信号









生物信号

声音信号



附录：部分代表企业案例

基于全场景三维空间采集产品和全行业应用产品，如视为全行业提供数字空间综合解决方案，已覆盖房产交易、家装家居、文博会展、公共设施等九大领域

	采集类产品	功能亮点	应用类产品	功能亮点
产品分类	伽罗华Galois 	<ul style="list-style-type: none"> • 专业级激光VR扫描仪 • 0.4%测量面积极限误差 • 360° × 135° 全方位空间采集 • 1.34亿高清像素 	VR浏览	利用手机、电脑等设备浏览VR场景 <ul style="list-style-type: none"> • VR浏览：1:1复刻空间，720°全景浏览 • AI讲解：围绕空间全量信息，以NLG自动生成讲稿，模拟真人发音 • VR带看：可随时发起同屏语音交互
	全景相机 	<ul style="list-style-type: none"> • 不同型号的全景相机像素不同 • 2D图片云端自动转为3D模型，深度估算误差仅1.35% 	VR工坊	低门槛VR编辑器，可对不同画面、数据进行处理 <ul style="list-style-type: none"> • 关键点位浏览：支持点位、画面、名称单独编辑，重点场景重点展示 • 画面遮罩处理：马赛克处理画面 • 标签一键导入：支持文字、图片、视频等素材一键导入
	REALSEE G1 	<ul style="list-style-type: none"> • 超高清画质1.34亿像素远超普通全景相机 • 2D图片云端自动转为3D模型，深度估算误差仅1.35% 	设计云	家装设计师工作平台 <ul style="list-style-type: none"> • 海量数据：超全国80%户型三维数据，10万+物品模型 • AI辅助设计：户型从库中直接调取，AI自动完成基础设计 • 照片级渲染：自研Velo-RS渲染器实现极速照片级渲染
	手机拍 	<ul style="list-style-type: none"> • 随时随地，无需任何外设配件 • 多渠道社交平台一键分享 • 数据看板，监测访问量、访问轨迹等 	AI营销助手	模块化营销产品 <ul style="list-style-type: none"> • 海量数据：超全国80%户型三维数据，可直接调取 • AI辅助设计：AI自动设计，选择装修风格，即刻生成全屋装修方案 • 个性化设计：支持局部DIY改造 • 场景化展示：对商品建模后融入VR场景，可叠加文字、视频等标签
解决方案	房产交易 	<ul style="list-style-type: none"> • 伽罗华等采集空间数据，1:1还原空间 • VR看房，720°全景漫游 • 显示空间细节信息，如面积、朝向等 • 空间尺寸和尺寸测量等 • AI语音讲解 	家装家居 	<ul style="list-style-type: none"> • 从户型库中选取户型、选择装修风格，自动生成全屋装修方案 • 720°全景漫游 • 展示物品详细信息，如价格、尺寸等 • 一键生成分享链接
	文博会展 	<ul style="list-style-type: none"> • 场馆1:1完整复刻，叠加文物3D模型 • 720°全景漫游 • 显示场馆介绍，链接场馆官网 • AI语音讲解 • 添加文字、语音、视频等标签 	公共设施 	<ul style="list-style-type: none"> • 完整复刻空间，720°全景漫游 • 显示空间信息预设培训路线 • 空间尺寸、设施等信息一键输出 • 支持存档、巡检、优化多环节应用

经过数年积淀如视已实现全球领先的业务规模、数据体量和精度，技术达到世界领先水平；依托千万级数字空间，结合前沿AI技术如视提供应用于多种场景的低成本、全自动采集方案

1

全球领先的业务规模、数据体量和精度

27个
服务国家

超20亿m²
数字空间覆盖

2,522万
数字空间采集量

47.2亿
累计用户使用量

200+
合作品牌

9大领域
综合解决方案

- 千万级数据体量：截至2022年9月，如视构建起的数字空间，整体采集面积突破20亿平方米，相当于2,778个故宫的占地面积。作为全球最大的三维空间数据库，数字空间在数据体量、数据精度，均已遥遥领先
- 多领域业务开展：基于数字空间，如视现已为27个国家和地区的200余个品牌提供数字化综合解决方案，覆盖房产交易、家装家居、文博会展、酒店餐饮等九大领域，大幅提升企业获客效率，高度可视化以增进客户信任

2

世界领先的技术水平

- 领先的空间重建能力：拥有行业领先的三维重建能力，擅长于室内外全场景空间三维建模
- 先进的视觉算法：自研的单目深度视觉估计算法，可在云端自动将2D图片转为3D模型，深度估算误差仅1.35%
- 专业级精准采集：自研的伽罗华激光VR扫描仪，可实现空间的毫米级误差精准采集，面积测量误差可控制在0.4%以内，达到世界领先水平



400+
专利保有量

0.4%
测量面积极限误差

10-50米
采集半径

20分钟/100m²
采集效率

10mm@5m
绝对误差

3

低成本、全自动、多选择的采集方案

- 低成本：如视支持手机直接采集，同时亦提供千元级辅助采集设备，减少成本，方便携带，实现采集零门槛
- 全自动：一键操作空间扫描，自动进行模型处理，拼接无需标记，拍摄整屋仅需10分钟，实现傻瓜式拍摄
- 多选择：如视有着丰富的VR展示形式，提供多种功能和不同的采集方案，专业级设备适用于各种复杂场景，提供绝佳画质和超高精度；轻量级设备轻巧便捷，操作简单

0门槛
手机采集

千元级
轻量辅助设备

10分钟
整屋拍摄

知象光电深耕高精度3D视觉技术，所研发的3D扫描仪和工业3D视觉产品性能出色，其中3D扫描仪主要应用于VR/AR元宇宙、3D打印、产品设计、医疗健康等多个领域

主要产品

功能亮点

3D扫描主要应用领域

3D
扫描
仪

手持式3D扫描仪 Handylook



- **全自主研发**，一键式扫描，简洁易操作
- 精细模式最高**单幅精度 0.1mm**
- 扫描速度10帧/秒，快速输出三维数据
- 红外不可见光源，无感式扫描，可对人脸人体扫描建模

专业级3D人脸 扫描仪 Facego Pro



- 极速人脸 3D 扫描，采集仅需 **0.1秒**
- 高精度点云计算，**点数≥100万，精度达到0.1mm**
- 高清彩色纹理相机，分辨率**≥230万像素**
- 全自动无标志点拼接，生成人脸180°完整模型

便携式3D扫描仪 POP 2



- **双目红外微结构光技术**，快速获取高精度的3D点云数据，单帧重复精度达0.05mm
- **可直接生成色彩生动的3D模型**应用于3D动画、彩色3D打印、XR场景中

高精度3D扫描仪 MINI



- **双目蓝光技术**，单帧重复精度达**0.02mm**，点距达0.05mm，清晰呈现物体细节，媲美专业扫描仪
- 扫描速度达10帧/秒，算法优异
- 在精度要求较高的领域**可大幅度节省3D建模的时间与成本**

工业面扫描 3D相机 Surface HD系列



- **自研微结构光投射技术**，超快激光编码全场投射模式，可输出2-15HZ的三维点云
- 采用自主AI芯片嵌入式计算，直接输出坐标点数据
- 配合机器人或单独使用，软件功能丰富，支持二次开发

Tracer 3D焊接 视觉系统



- 由**焊接专用3D相机、焊接视觉软件和控制器等**构成，可搭配各型主流焊接机器人，实现复杂焊缝特征提取、轨迹寻位、工件找正定位等功能

工业
3D
视觉
产品

VR/AR与元宇宙



- 在虚拟场景建构过程中可准确采集实物的色彩和纹理信息，**对现实场景物体进行精确测绘**
- 同时结合各种3D建模软件，以创新方式设计更加丰富的模型，**帮助实现动效合成虚拟仿真场景，加速元宇宙基础设施建设**
- **大幅提高建模效率**，让VR/AR数字人、虚拟场景在获得逼真效果的同时，极大降低虚拟内容的制作门槛

3D打印



- 通过自动获取物体的三维数据信息，结合软件协同处理，实现三维模型的**快速生成、优化、导出和存储**

产品设计



- 产品设计初期帮助确定产品的**设计需求和规格**，缩短原型制作周期；也可以通过**逆向工程**的方式扫描获取整个产品外观三维数据，优化产品设计

医疗健康



- **高效、精确、便捷**地获取人体三维数据，可根据患者的自身特点进行量身定制，满足医疗领域**大部分三维建模需求**

3D成像案例企业 — 知象光电

坚持自研核心技术，建立了从微结构光芯片到高精度3D视觉算法的自主技术体系；产品凭借低成本、低能耗、高集成度、性能稳定等优势实现市场销量领先

1

强大的自主研发实力

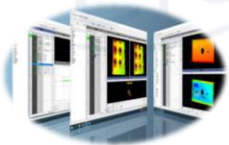
- 知象光电专注于**高精度3D视觉技术创新**，创始人团队由来自西安交通大学、香港理工大学、麻省理工学院等博士专家组成，拥有知识产权与发明专利100余项
- 坚持自研核心技术，建立了**从微结构光芯片到高精度3D视觉算法的自主技术体系**



3D视觉算法



微结构光芯片

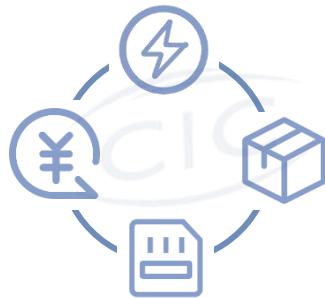


3D智能软件

2

产品优势显著

- 低成本**：掌握**底层核心技术**，以**消费级价格**做到工业级精度
- 低能耗**：MINI扫描仪集成了专用的芯片，可直接输出三维数据，降低了对电脑的GPU性能要求
- 高集成度**：自研的芯片、模组和整机可**微型化集成**在手机、电脑、机器人等产品中
- 性能稳定**：POP 2扫描仪即使搭配普通配置的电脑也可**有效保证扫描速度和效率**



3

核心业务市场规模领先

- 3D扫描仪**：该系列产品是**全球领先的3D扫描仪消费级产品**，出货量及市占率均为**全球第一品牌**，引领了该产品品类在业内的普及，在智能硬件、医疗成像、元宇宙、3D打印、VR/AR等领域实现了落地应用
- 工业视觉**：广泛应用于**自动化焊接、工业检测、机器人视觉引导**等领域。**工业焊接视觉技术**有利于解决焊接行业用工短缺的行业痛点，助推我国焊接行业进行“机器换人”



全球领先
消费级3D扫描仪产品

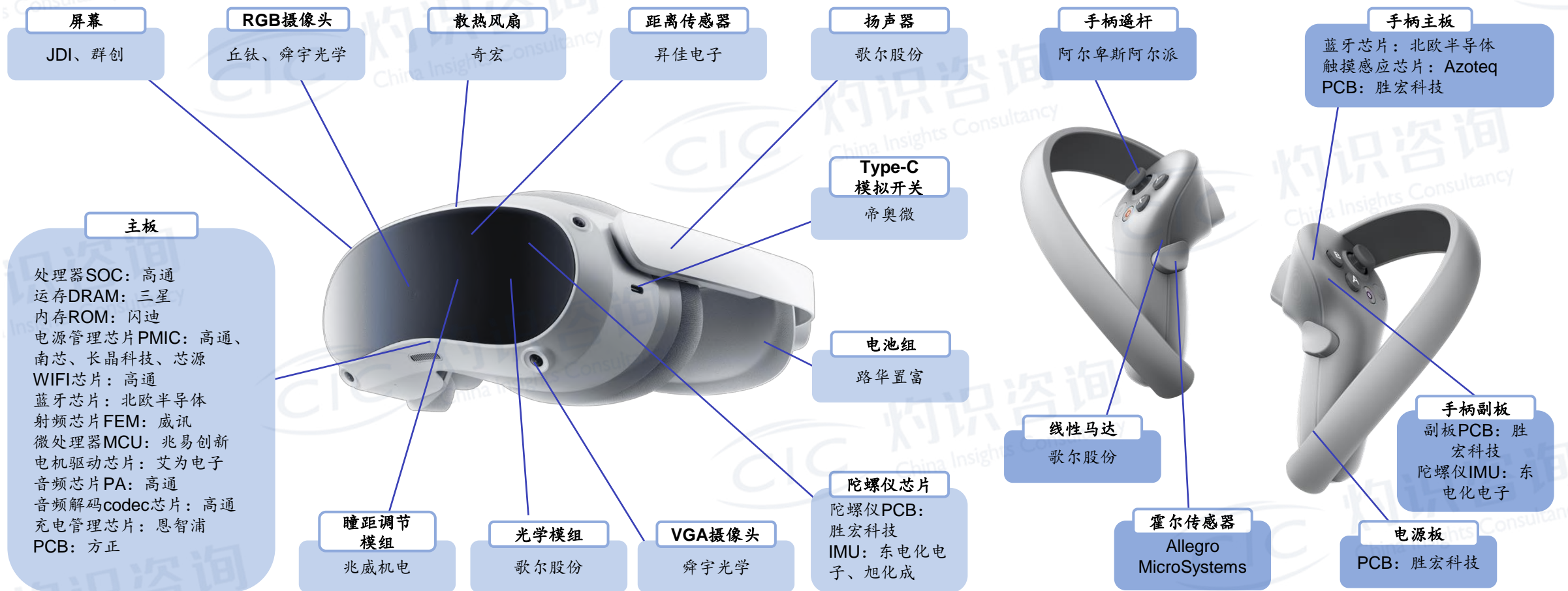
全球领先
3D扫描仪出货量及市占率

150+国家和地区
3D扫描仪终端用户覆盖区域

100+企业
工业3D视觉产品覆盖企业

PICO 4硬件零组件供应商一览

随着XR硬件市场需求的不断提升，行业内部对产业链中各零组件供应商也提出了更高的要求，也为光学镜头、芯片、传感器、显示屏等产业提供了发展契机





“2022年度灼耀热力榜”之“泛元宇宙”赛道解读会

11月22日，在CIC灼识咨询举办的“2022年度灼耀热力榜”之“泛元宇宙”赛道解读会上，CIC灼识咨询合伙人朱悦（主持人）与豪微研究院院长、iPolloverse Co-Builder、前中科院计算所上海分所所长、起点资本合伙人孔华威，元璟资本姜浩楠，玩出梦想集团YVR首席运营官陈明，快盘科技创始人兼CEO桂晶晶，大朋VR战略VP牛思远，脸脸联合创始人浦希哲，光线云创始人王锐、灼识咨询总监张辰恺共同探讨了元宇宙行业的现状、潜力及未来发展机会。

文章回顾：《深度 | 虚拟与现实交汇，现在与未来链接，进击中的“科幻”元宇宙！》
<https://mp.weixin.qq.com/s/QAolOwBQaGvG6fz367WIEg>

直播回放：<https://www.gelonghui.com/huiluyan/index?sid=5846&state=1>





CIC 灼识咨询

电话: +86 21 2356 0288

地址: 上海市静安区普济路88号静安国际中心B座10楼