

AI眼镜系列专题报告（一）

AI眼镜发展势如破竹，光学显示系统成决胜关键

行业研究 · 行业专题

电子

投资评级：优于大市（维持）

AI眼镜发展势如破竹，光学显示系统成决胜关键



● **AI眼镜是大模型智能体应用得以落地的最佳消费电子形态。**自2023年大模型落地以来，AI眼镜领域发展不断提速，各大厂商纷纷入局，产品推陈出新。2023年9月，Meta与雷朋合作推出第二代智能眼镜Ray-Ban Meta，内置多种组件；2024年4月，该产品新搭载Meta Llama3大模型，实现语音交互等功能。2024年9月，Meta发布首款AR眼镜Orion，采用分体式设计与波导方案，虽未面向消费者，但展示了技术突破。2024年11月，百度发布小度AI眼镜，全球首款搭载中文大模型，预计2025年上半年上市。同期，Rokid发布新一代AI+AR眼镜Rokid Glasses，整合通义千问大模型。2025年1月，雷鸟创新发布雷鸟V3 AI拍摄眼镜。小米AI眼镜计划2025年2月发布，对标Meta Ray-Ban。我们认为AI智能眼镜的硬件发展正经历三个阶段：无摄像头智能眼镜(AI眼镜)、带摄像头智能眼镜(AI眼镜)、带显示屏智能眼镜(AR眼镜)，2025年有望迎来AI眼镜与AR眼镜市场群雄逐鹿。

● **AR设备市场空间广阔，光学显示单元占据整机成本核心。**AI眼镜如火如荼的当下，我们认为AR眼镜仍为智能眼镜的理想方案。AR技术是一种将真实世界信息和虚拟世界内容相结合的技术，主要产品形态分为AR智能眼镜、抬头显示器(AR-HUD)和AR手持设备等。与VR/MR技术不同，AR技术强调保留使用者对现实的感知，使其所处的环境“数字化”，从而能够更高效地借助数字信息完成一系列工作。近年来，各大行业巨头加快AR领域布局，AR智能眼镜作为AR的主要搭载形式被行业看好，AR眼镜发展迅速。AR设备出货量近年呈现逐年增长态势，预计2023-2027年CAGR将达37.7%，具有广阔市场空间。AR整机中光学显示单元占据成本43%，是最核心的部分。

AI眼镜发展势如破竹，光学显示系统成决胜关键

- **光学显示系统(微显示方案+光学方案)是AR眼镜量产与推广关键。**在透视技术上，AR主流的透视方案为光学透视(OST)。AR眼镜的光学透视方案有众多技术路线和不同技术组合，从而实现“虚实结合”功能，核心在于“微显示方案+光学方案”；光学显示系统决定了未来能否量产以及大规模推广速度。微显示方案包括被动式和主动式，当前被动式中LCOS显示方案量产技术较为成熟，有利于降低AR眼镜整体成本；主动式中由于Micro LED具有系统简单、高效率、高亮度、高色域、高对比度等优点，未来或成为主流趋势。光学方案主要包括棱镜、离轴光学、自由曲面、BirdBath、光波导等，其中棱镜方案和离轴光学方案是AR眼镜商业化之初的有益尝试；自由曲面方案和BirdBath光学方案相对成熟，普及率较高；而光波导方案有望成为AR眼镜所收敛的光学方案，反射光波导和衍射光波导各有千秋，正在争相脱颖而出。

- **产业链相关公司：**
 - 【舜宇光学科技】：**公司持续为XR领域客户提供即时定位与建图(SLAM)模组、高清透视摄像模组等核心产品，积极开发下一代多传感XR视觉模组。公司作为行业首家厂商已量产最小体积的单色及彩色Micro LED光机，深化与头部XR客户的合作。
 - 【水晶光电】：**公司已具备为AR/VR/MR设备提供从光学材料(晶圆、方片)到各类光学元器件、再到近眼虚空显示的各类光波导技术及光机的一站式光学解决方案能力。公司聚焦反射光波导技术，紧跟产业链巨头步伐，加快解决产业在大规模、高性价比、低成本等量产方面的难点，推动AR产业的商业化进程。
 - 【蓝特光学】：**公司显示玻璃晶圆再裁剪切割后可制成AR光波导，最终用作AR镜片材料；深加工玻璃晶圆产品主要应用于晶圆级镜头封装、AR/VR、汽车LOGO投影等领域。
 - 【韦尔股份】：**公司向全球AR/VR客户提供尖端的视觉和传感解决方案，通过在全局曝光技术的领先优势，赋能终端设备实现眼球追踪、SLAM等功能；图像传感器产品在小尺寸及低功耗方面的优势高度适配AR/VR等终端客户需求。公司推出单芯片硅基液晶(LCOS)面板产品，可用于下一代AR/XR/MR眼镜以及头戴式显示器中。

- **风险提示：**AR产品需求不及预期、AR渗透率提升不及预期、技术路线推进不及预期、行业竞争加剧。

- 【 01 】 AR设备市场空间广阔，光学显示单元占据整机成本核心
- 【 02 】 光学显示系统是AR眼镜量产与推广关键
- 【 03 】 产业链相关公司
- 【 04 】 风险提示

AR设备市场空间广阔，光学显示单元占据整机成本核心

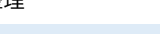
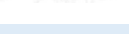
智能眼镜创新元年，AI眼镜与AR眼镜群雄逐鹿

- AI智能眼镜的硬件发展经历三个阶段：无摄像头智能眼镜（AI眼镜）→带摄像头智能眼镜（AI眼镜）→带显示屏智能眼镜（AR眼镜）。我们认为，AI眼镜既是AI Agent发展下催生的新智能可穿戴设备，也是下一代移动终端AR的过渡产品，目前无摄像头智能眼镜和带摄像头智能眼镜技术较为成熟，市场上已经存在成熟的产品，而此前AR眼镜在显示、算力、重量等方面仍有较多需要改进的地方，推广速度较慢。
- 2021年9月，Meta与雷朋联名推出了初代智能眼镜Ray-Ban Stories，2023年9月，继续推出第二代产品Ray-Ban Meta，根据IDC数据，发布后两个季度共卖出46万台，截至2024年5月该产品的出货量已超过100万台。此外，Rokid、Xreal、雷鸟等品牌也推出了各式各样的AI/AR眼镜，获得了不错的市场关注度。
- 巨头蓄势待发，2025年有望迎来AI眼镜与AR眼镜市场群雄逐鹿。据集微网消息，三星电子2025年计划推出新的XR设备，以增强现实（AR）眼镜的形式出现，并于三季度推出。作为三星 “Infinite” 项目的一部分，产品预计在2025年下半年量产约5万台，标志着三星战略性地进入XR市场。此外，苹果、谷歌、三星、亚马逊、小米、华为、魅族等厂商均布局AI眼镜领域。

	代表产品	重量	集成度	研发成本	使用场景	价格	交互能力
无摄像头智能眼镜	Meta Lens Chat 	38g (不含镜片)	低	低	代替TWS耳机	¥699起	支持语音交互 支持镜腿触摸
带摄像头智能眼镜	Rayban Meta 	50g (含镜片)	中	中	与耳机相比，增加了第一视角拍摄功能	\$299起	支持语音交互 支持图像识别 支持镜腿触摸
带显示屏智能眼镜	雷鸟X2 	119g (含镜片)	高	高	与耳机相比，增加显示能力	¥4999起	支持语音交互 支持图像识别 支持镜腿触摸 支持戒指交互

资料来源：Wellsenn，国信证券经济研究所整理

图：全球AI眼镜发布预测

2023年已发布	2025年确定发布	2025年~2027年有望发布
	   	         

资料来源：VR圈，国信证券经济研究所整理

图：科技企业和传统眼镜合作共赢



资料来源：雷鸟、博士眼镜、Rokid、Meta、Xreal、Bolon、Rayban，国信证券经济研究所整理

行业巨头加快AR领域布局，AR眼镜新品加速推出

● 各大行业巨头加快AR领域布局，AR智能眼镜作为AR的主要搭载形式被行业看好，AR眼镜发展迅速。随着AR市场规模不断增长，互联网、智能手机等领域科技巨头纷纷布局AR领域，收购或自研相关光学显示技术、交互技术等，以期获得先发优势。此外，AR眼镜初创公司发展迅速，当前国内外主要AR眼镜厂商有Magic Leap、雷鸟创新、XREAL、Rokid、INMO等，其中，国内AR眼镜厂商占据中国AR出货量的绝大份额。据亿欧智库数据，Rokid、雷鸟创新、XREAL分别占据中国消费级AR出货量占比前三名。由此可见，中国厂商在新兴的AR眼镜市场中拥有一定优势，未来有望引领AR眼镜行业的发展。

表：行业巨头在AR领域的布局情况

	光学/显示	交互	其他
Meta	收购光学、变焦显示公司；收购Micro LED公司	收购手势识别、面部识别、空间音效、眼动追踪等相关公司	推出开发工具Spark AR、AR SDK，拥有自研系统和XR芯片
谷歌	分别投资与收购AR眼睛公司 Magic Leap和North；投资Micro LED、AR隐形眼镜公司	收购眼动追踪、空间音频、脑机接口等公司	发布开发工具AR core
微软	自研光波导技术	收购语音识别公司	发布MR开发工具MRTK，拥有自研 windows holographic操作系统
Apple	收购全息光波导公司；收购Micro OLED/LED公司	收购面部识别、动作捕捉、图像传感器等公司	推出开发工具Arkit，拥有自研ios操作系统和芯片
华为	投资AR光波导公司	投资空间音频公司	发布AR SDK、AR引擎和开发工具 Reality Studio，自研海思XR芯片和鸿蒙操作系统
腾讯	收购多家AR眼镜公司	收购手势识别公司	自研AR SDK

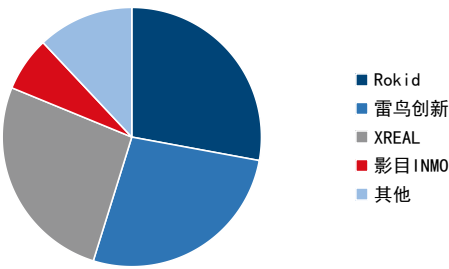
资料来源：华经产业研究院，国信证券经济研究所整理

图：主要AR厂商及产品

公司	微软	Magic Leap	Apple	雷鸟创新	XREAL	Rokid	影目INMO
代表/最新产品	Hololens2	Magic Leap 2	Apple Vision Pro	雷鸟Air 3	XREAL Air2 Ultra	Rokid Glasses	INMO Air 3
产品图							
发布时间	2019	2022	2024	2024	2024	2024	2024

资料来源：各公司官网，京东，VRcompare，国信证券经济研究所整理

图：中国消费级AR出货量占比



资料来源：亿欧智库，国信证券经济研究所整理

AR眼镜仍为理想方案，光学显示成为差异化的关键环节

● AI眼镜如火如荼的当下，我们认为AR眼镜仍为智能眼镜的理想方案。目前不带显示屏功能的AI眼镜技术相对成熟，其重要性在于有望加速AR眼镜行业发展历程，其中一方面在于AI眼镜在培养用户习惯方面具有重要意义，将智能眼镜由过往“先把功能准备好，再让用户佩戴”的思路质变到“先让用户佩戴上，再逐步优化功能”，让更多用户适应智能眼镜这一创新产品形态，为AR眼镜的推广打下用户基础；另一方面原因也在于相对的价格优势，即在与传统配镜价格相仿的前提下，新增以AI交互、摄像、音频等多向功能，在相似成本条件下给用户更加丰富的智能体验，相比于传统配镜性价比相对较高。

●AR眼镜中光学显示方案成为关键环节。带显示屏功能是AR眼镜核心功能，其光学显示方案众多，更新迭代速度加快。自2012年开始，各厂商积极探索可行的AR光学方案，早期主要方案有棱镜方案和离轴光学方案，代表产品如Google Glass等；2016年，EPSON推出BT-300产品，采用自由曲面镜的方案开始逐渐成熟，而由自由曲面方案发展而来的BirdBath方案成为随后应用最多的光学方案，代表产品如雷鸟Air 1S等；2022年，Magic Leap使用了衍射光波导技术，有望解决BirdBath方案的重量和视场角问题。目前，AR行业玩家正加快朝着光波导方案量产实现上努力。

表：典型AR光学方案对比				
光学方案	棱镜	自由曲面	BirdBath	光波导
形态	棱镜块	楔形	眼镜	眼镜
视场角FOV°	10-20°	20-40°	40-60°	20-60°
透光率	40%-50%	40%-70%	25%-30%	80%-95%
光学效率	20%-30%	20%-40%	15%-20%	0.1%-3%
厚度	>10mm	>10mm	20-30mm	1-2mm
优势	量产技术成熟，成本低	成像质量高，色彩饱和度高且光学效率好，量产技术较成熟	结构简单，视场角大，量产技术较成熟	解决体积和视场角的矛盾，厚度重量接近普通眼镜，视场角大，分辨率和透光率高
劣势	重量厚度大，亮度低，视场角小，图像质量差且有畸变	重量和厚度高于普通眼镜，局部图像存在畸变	重量和厚度高于普通眼镜，透光率低，眼动范围受限，图像存在畸变	光学效率低，部分技术图像质量较差，量产能力较低
代表产品	Google Glass	AR knovv、EPSON BT系列	Nreal Air、Rokid Air等	雷鸟X2、Magic Leap 2、INMO Air等

资料来源：VR陀螺，易观分析，国信证券经济研究所整理

AR(增强显示)将真实世界与虚拟世界信息相结合，产品形态多样

- 增强现实技术（Augmented Reality，AR）是一种将真实世界信息和虚拟世界内容结合的技术，该技术通过模拟人的视觉、听觉、触觉等感受并进行再输出，并将计算机生成的虚拟信息叠加至真实信息上，给使用者超越真实世界的体验。
- 目前AR的产品形态主要可以分为AR智能眼镜、抬头显示器（AR-HUD）和手持设备。AR智能眼镜通过AR技术将虚拟图像投射在镜片上，并通过眼镜传感器动态获取用户和现实世界的信息，根据信息实时更新虚拟图像内容，进而实现导航、沉浸式观影等功能。抬头显示器（AR-HUD）把高级辅助驾驶系统（ADAS）收集到的信息投射至透明显示屏或挡风玻璃上，将路况、导航、速度等信息与前方道路相结合，实现危险警示、路况预告等功能的实时更新，提高驾驶安全性，主要应用于汽车、航空领域。AR手持设备多以AR软件+设备的形式呈现，AR软件会将虚拟信息叠加至设备的拍摄画面中，实现拍摄物体的自动识别、测量等功能。

图：AR智能眼镜导航功能



资料来源：Queppelin，国信证券经济研究所整理

图：AR-HUD智能座舱功能



资料来源：EE Times Asia，Stradvision，国信证券经济研究所整理

图：华为AR辅助测量功能



资料来源：华为开发者联盟官网，国信证券经济研究所整理

AR/VR/MR技术在概念上及透视技术上存在较大区别

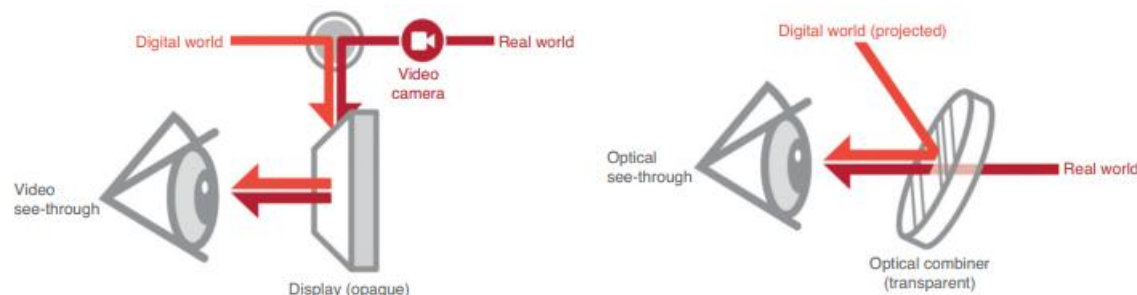
- AR技术与VR（Virtual Reality，虚拟现实）技术和MR（Mixed Reality，混合现实）技术存在较大区别。在概念上，AR技术将虚拟信息叠加至真实世界中，强调保留使用者对现实的感知，使其所处的环境“数字化”，从而能够更高效地借助数字信息完成一系列工作；VR技术强调创造一个完全虚拟的环境，给使用者带来沉浸式的虚拟体验；MR技术将AR和VR技术融合，强调创造可实时交互的虚拟+现实环境，让使用者能够自由地与虚拟和真实物体进行互动，实现“虚实交织”。
- 在透视技术上，目前VR/AR主流的透视方案分为视频透视（Video see-through，VST）和光学透视（Optical see-through，OST）。视频透视（VST）通过摄像头捕捉真实世界画面与虚拟画面融合后呈现在屏幕上，可以对真实场景进行渲染，更好地创造出沉浸式的虚拟世界，因此视频透视在VR沉浸式体验等场景中有更广阔的应用空间。光学透视（OST）将数字画面投射到透镜上，使用者可以直接通过透镜看到现实世界，同时采用光学透视的设备具有重量轻、功耗低等优点，因此在AR智能穿戴领域应用更加广阔。

图：AR/VR/MR概念区分



资料来源：艾瑞咨询，国信证券经济研究所整理

图：视频透视(VST)与光学透视(OST)原理示意图

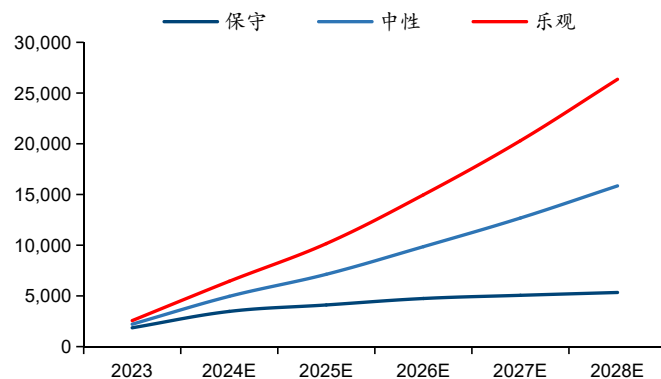


资料来源：Yao Zhou et al. 《Advances in the design of optical see-through displays》，国信证券经济研究所整理

AR眼镜市场规模不断提高，未来具有广阔空间

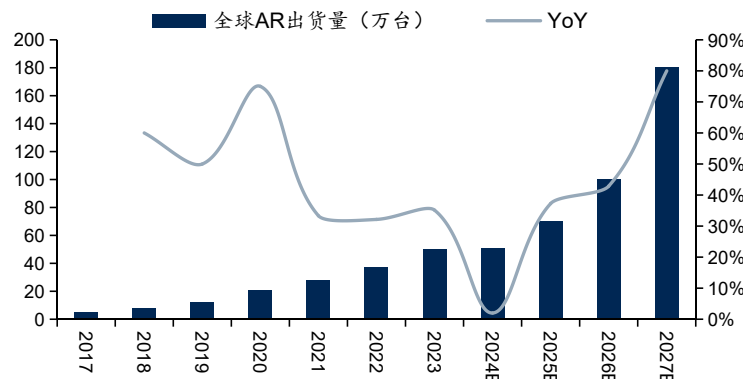
- 预计到2028年全球AR眼镜市场收入将达158亿美元，对应2023-2028年CAGR近50%。近年来随着AR芯片、AR光学等技术不断发展，AR眼镜功能日益丰富，成本不断降低，因此逐渐拓展至消费市场。据Statista数据预测，中性条件下2023年全球AR眼镜硬件+软件市场收入额达到22.11亿美元，并将在未来5年内保持稳定增长，中性条件下预计2028年收入额将达到158.46亿美元，期间年复合增长率为48.27%。
- 相较于VR设备，AR设备出货量还处于较为低量级阶段，但其出货量呈现逐年增长态势，未来具有广阔市场空间。据WellSenn XR数据，2023年全球AR出货量为50万台，同比增长35.1%；主要由于B端市场销量维持稳中有升的趋势；同时观影类AR眼镜贡献了较多的增量。但是2024年不带显示的AI智能眼镜崛起，AR厂商渠道推广投放减弱，传统B端AR眼镜需求有所萎缩，造成预计2024年出货量相对较淡。随着AR眼镜光学方案逐渐深化，AR眼镜将成为当前智能眼镜更为理想方案，WellSenn XR预计到2027年全球AR出货量将达到180万台，对应2023-2027年CAGR达37.7%。

图：全球AR眼镜市场收入额预测



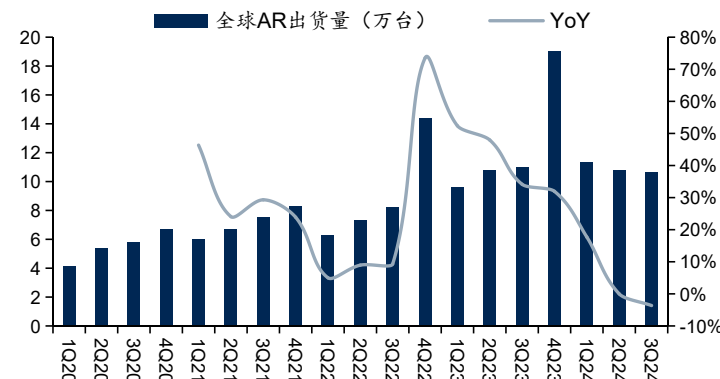
资料来源：Statista，国信证券经济研究所整理

图：全球AR设备出货量及预测



资料来源：WellSenn XR，国信证券经济研究所整理

图：全球AR设备季度出货量

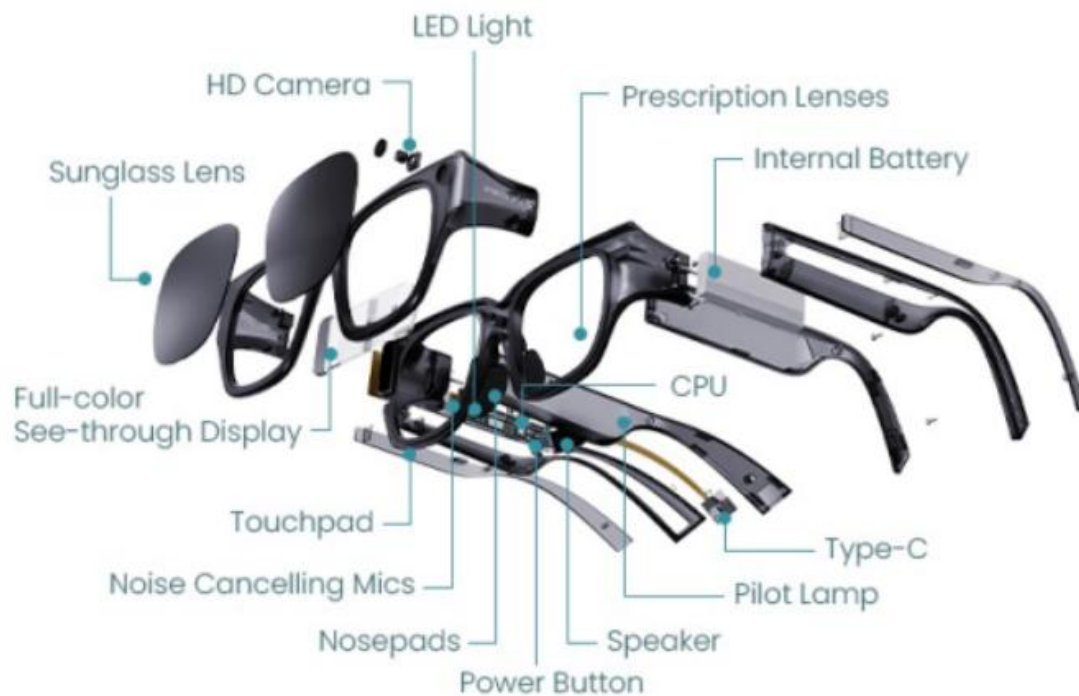


资料来源：WellSenn XR，国信证券经济研究所整理

AR整机产品中光学显示单元是最核心的部分

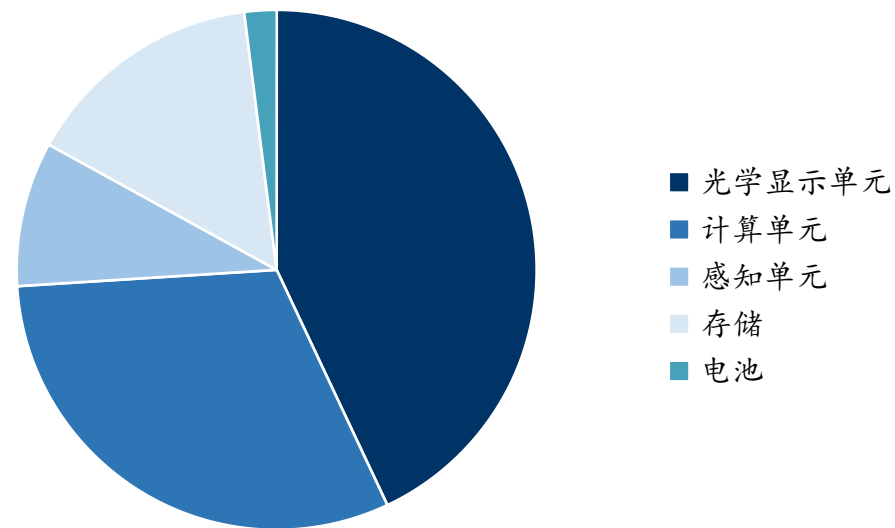
● AR整机产品中光学显示单元是最核心的部分，占据整机成本43%，一定程度上决定AR产品未来能否量产和进行大规模推广的速度。以AR眼镜为例，AR眼镜主要可分为光学显示、传感器、摄像头、计算处理器、存储、音频等核心模块。据艾瑞咨询数据，AR整机产品中光学显示单元占整机成本43%，计算单元（主控芯片）占整机成本31%，存储部分占整机成本15%，感知单元（摄像头、传感器、陀螺仪等）占整机成本9%。

图：AR眼镜结构拆分（INMO air 2）



资料来源：影目科技，VR陀螺，国信证券经济研究所整理

图：AR整机产品成本占比



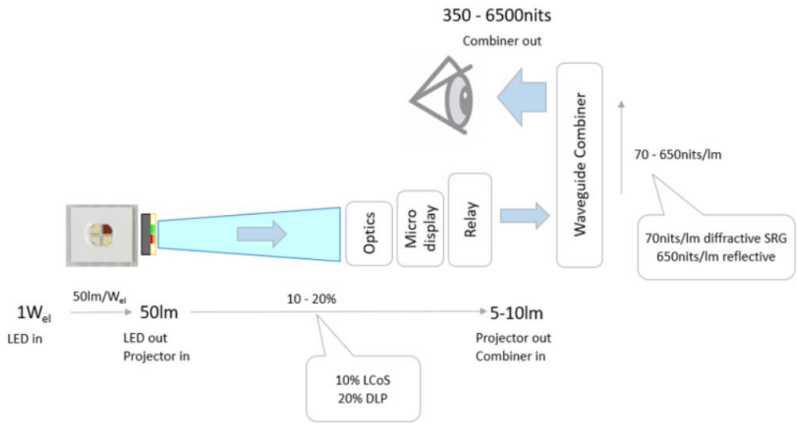
资料来源：艾瑞咨询，国信证券经济研究所整理

光学显示系统是AR眼镜量产与推广关键

AR眼镜微显示方案可分为被动式和主动式微显示技术

- AR眼镜的光学透视方案有众多技术路线和不同技术组合，从而实现“虚实结合”功能。AR眼镜的近眼光学显示系统采用了“微显示方案+光学方案”，将微显示屏投射的内容通过光学模组传导至人眼。不同的微显示屏+光学元件组合决定了产品的重量体积、成像效果、光学效率等性能。
- 微显示方案可分为被动式微显示技术和主动式微显示技术。当前AR眼镜主流方案有DLP、LCOS、Micro OLED和Micro LED，其中Micro OLED和Micro LED被认为是未来AR眼镜微显示方案的主流趋势。

图：AR显示亮度示例



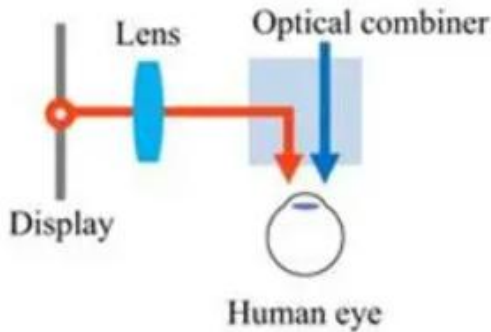
资料来源：艾邦AR/VR，国信证券经济研究所整理

表：AR眼镜的微显示方案

系统	被动式微显示技术			主动式微显示技术	
	LCD	DLP	LCOS	Micro OLED	Micro LED
描述	白光LED用于显示部分的背光源	RGB LED作为光源	RGB激光作为光源	直接Micro OLED显示	直接Micro LED显示
优点	低成本、技术简单	高亮度、高色域	较小体积、高亮度、高色域	系统简单、解析度易扩展	系统简单、高效率、高亮度、高色域高对比度、解析度易扩展
缺点	低解析度、低亮度、低色域	体积大，光展量有限	干涉问题	低亮度、低可靠性	RGB集成难度大

资料来源：艾邦AR/VR，国信证券经济研究所整理

图：AR近眼显示系统示意图

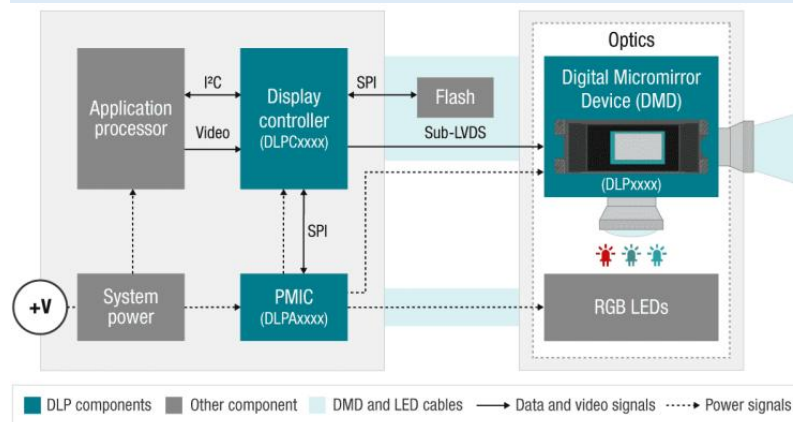


资料来源：Rokid，国信证券经济研究所整理

DLP显示技术核心是DMD芯片，制造工艺相对成熟

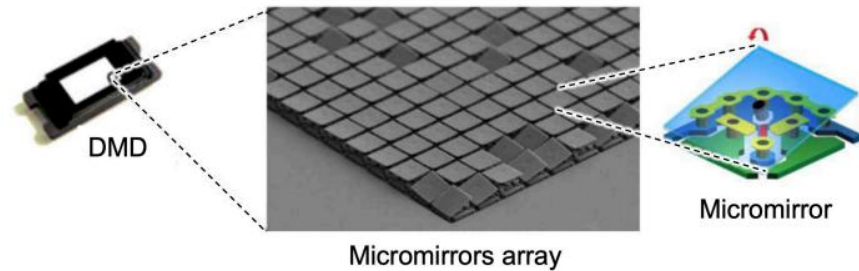
- DLP (Digital Light Processing) 显示技术其系统由DMD (数字微镜器件)、DLP显示控制芯片和PMIC电源管理芯片组成，其中DMD芯片是DLP系统的核心，由微镜片矩阵组成，每个微镜可以表示显示器上的一个或多个像素。当入射光投射到微镜片上时，微镜片在数字信号的驱动下发生倾斜，处于投影状态的微镜片会将光线反射至屏幕上，处于关闭状态的微镜片会将光线吸收，DMD芯片通过两种状态的切换产生图像。
- DLP显示技术在色彩和亮度上具有优秀的显示效果，制造工艺也较为成熟。但是DLP显示系统的体积较大，且难有下降空间。此外，DLP供应链高度集中，因此可能会产生供应链上相关风险。DLP的代表厂商主要为Texas Instruments，采用DLP方案的典型AR眼镜产品有vivo AR眼镜、Vuzix Blade等。

图：DLP显示结构



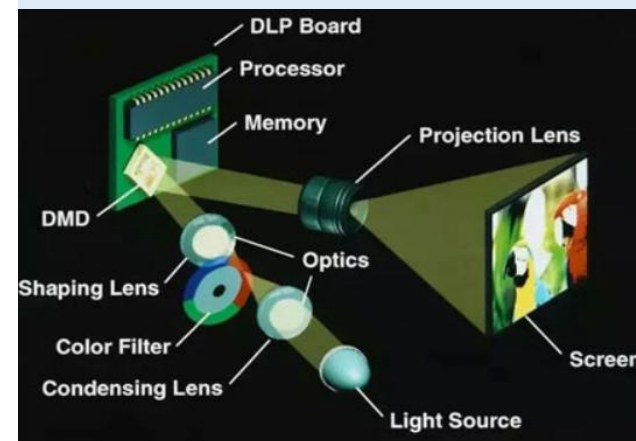
资料来源：Texas Instruments，国信证券经济研究所整理

图：DMD芯片结构



资料来源：Texas Instruments，国信证券经济研究所整理

图：DLP显示原理



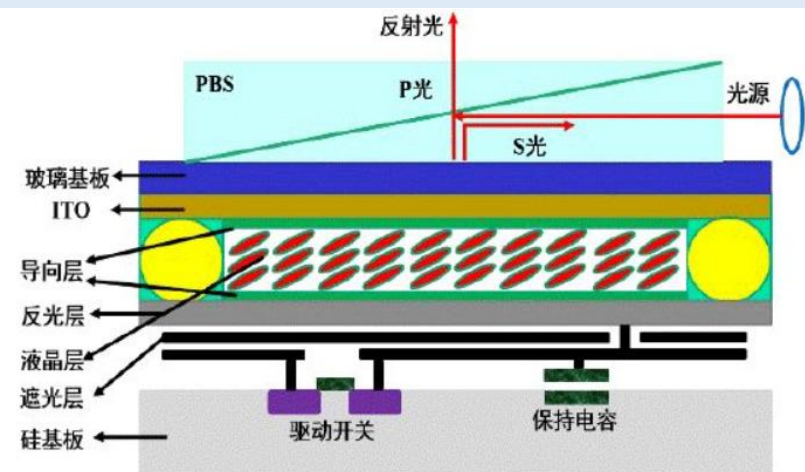
资料来源：投影之窗，国信证券经济研究所整理

LCOS显示方案量产技术较为成熟，有利于降低AR眼镜整体成本

● LCOS (Liquid Crystal on Silicon) 显示技术又名硅基液晶投影显示，是一种基于LCD的反射式投影技术。LCOS采用液晶硅CMOS集成电路作为反射式LCD的基片，并将其磨平镀铝后形成具有反射功能的CMOS基板，最后与含有透明电极的玻璃基板贴合，最终封装成LCOS芯片。当入射光线照射在LCOS芯片上时，液晶层上的每个像素都会产生不同的电压水平：当电压为0时，像素无法进行光输出，并原路返回；当施加电压时，像素输入的光线方向发生偏转形成输出光线，经过PBS反射后最后进入人眼。

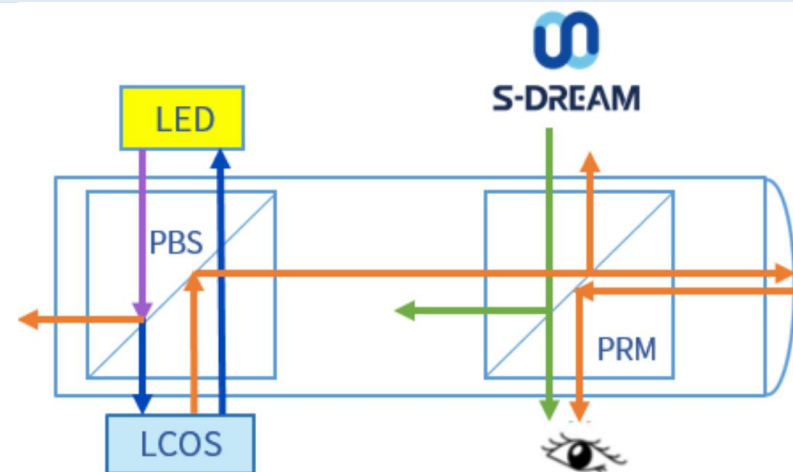
● LCOS显示方案量产技术较为成熟，有利于降低AR眼镜整体成本。LCOS可将电路整合至CMOS的基板上，缩小了整体体积，使其适合搭载在AR眼镜上。同时LCOS的量产技术较成熟，有利于降低AR眼镜的整体成本。LCOS代表厂商包括豪威、JVC、美光Micron等，采用LCOS方案的典型AR眼镜产品有Magic Leap 2等。

图：LCOS芯片结构



资料来源：电子发烧友，国信证券经济研究所整理

图：LCOS显示原理



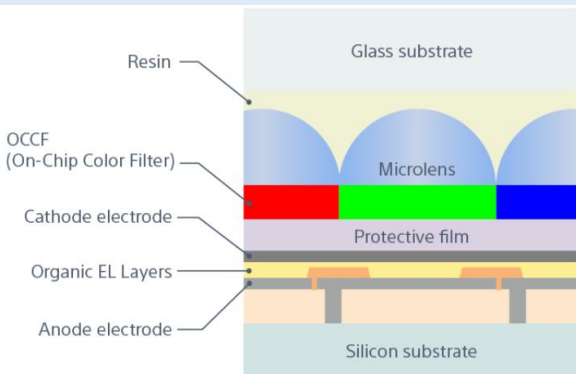
资料来源：艾邦AR/VR，国信证券经济研究所整理

Micro LED或为未来AR眼镜微显示方案的主流趋势

- **Micro OLED**是一种有机发光显示二极管技术，将传统OLED的玻璃基板替换为单晶硅基板，提高了电子迁移率，因此Micro OLED可以缩小像素尺寸，实现更高精度的显示效果。Micro OLED的显示原理和传统OLED相近，当施加外界电压时，金属阴极产生的电子与阳极电洞在有机发光层中结合并释放能量产生光，光线通过不同材料特性的滤光层产生RGB三原色，最后结合产生彩色图像。
- 与传统LCD相比，Micro OLED具有高清晰度、高对比度、轻薄等特点，非常适合应用于AR眼镜的显示方案。但是Micro OLED的有机材料不能通过高电压，因此亮度有限；此外有机物的氧化问题也导致OLED相比其他显示方案寿命较短。

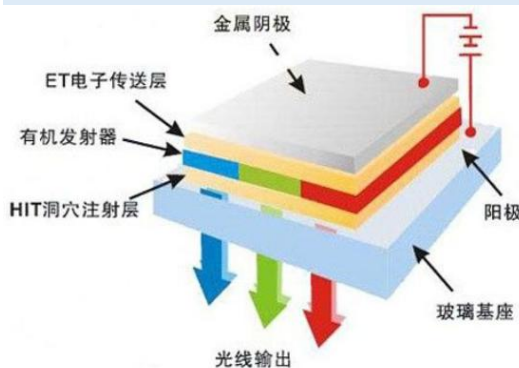
- **Micro LED**由微型发光二极管（LED）组成，或为未来AR眼镜微显示方案的主流趋势。Micro LED中每个微型LED在通电后发出的光线经过透镜模组后在显示屏上产生单色像素点，这些像素点通过滤色器后产生最终的彩色图像。由于Micro LED中每个微型LED由可单独控制的RGB子像素组成，因此可以精确控制输出图像的色彩和亮度。
- **Micro LED**具有系统简单、高效率、高亮度、高色域、高对比度等优点，未来大面积推广需要突破量产瓶颈。Micro LED属于自发光的主动微显示技术，因此拥有更高的能效。与Micro OLED相比，Micro LED用无机材料替代了易氧化的有机材料，因此拥有更高的亮度与更长的使用寿命。由于目前Micro LED量产技术尚未成熟，因此成本较高。Micro LED代表厂商包括三星、京东方、LG等。

图：Micro OLED结构



资料来源：SONY，国信证券经济研究所整理

图：OLED显示原理



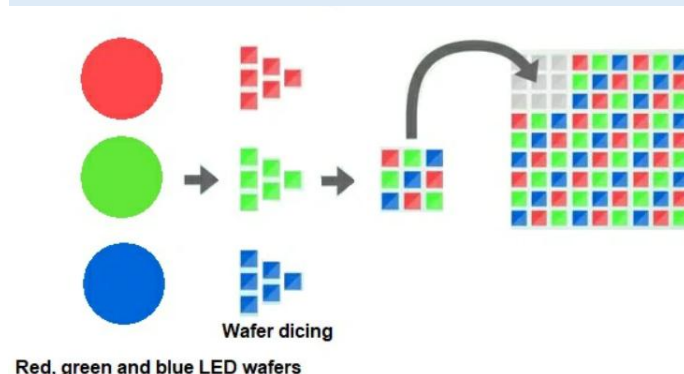
资料来源：电子发烧友，国信证券经济研究所整理

图：Micro LED结构



资料来源：STONE官网，国信证券经济研究所整理

图：Micro LED显示原理



资料来源：STONE官网，国信证券经济研究所整理

表：AR眼镜微显示方案对比

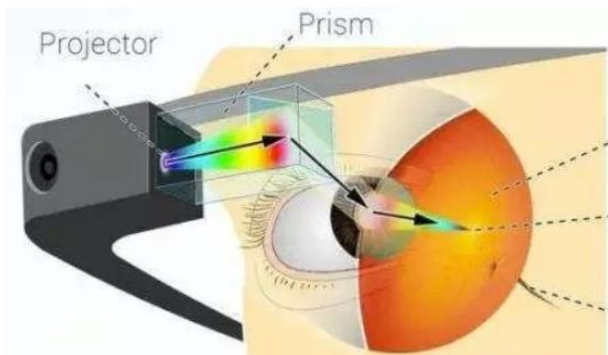
类型	LCOS	DLP	Micro OLED	Micro LED
响应时间	ms（毫秒）	us（微秒）	us（微秒）	ns（纳秒）
对比度	1000:1	2500:1	100000:1	100000:1
亮度	>10000nit	>20000nit	1000-6000nit	100000nit（全彩）
光源	外部光源	外部光源	自发光	自发光
器件结构	复杂	复杂	简单	简单
功耗	高	中	低	低
光机体积	300-500	300-500	-	0.300-1.500
寿命	10万小时	10万小时	<1万小时	>10万小时
AR光学搭配方案	光波导/棱镜	光波导	自由曲面/Birdbath	光波导
AR眼镜方案	 Magic Leap 2	 Vuzix Blade	 INMO Air 2	 雷鸟Air 3

资料来源：各公司官网，VR陀螺，国信证券经济研究所整理

棱镜方案和离轴光学方案是AR眼镜商业化之初的有益尝试

- 棱镜方案是AR眼镜商业化之初推出的尝试方案，其显示系统主要由微型投影仪和反射棱镜组成。反射棱镜具有半透半反的性质，投影仪投射的图像经过棱镜反射后直接进入人眼，并与经过棱镜透射的现实图像同时在视网膜成像，实现“虚实结合”的AR视觉效果。
- 棱镜方案结构简单，量产技术成熟，对AR光学技术的一次有效尝试。但棱镜方案可提供的视场角（FOV）及其有限，扩大FOV需要增大棱镜的体积与重量。此外，透明棱镜在强光下显示效果有限，因此棱镜方案在未来不会成为AR眼镜的主流光学方案。采用棱镜方案的代表产品有Google Glass、GLXSS ME等。

图：棱镜光学模组



资料来源：电子工程专辑，国信证券经济研究所整理

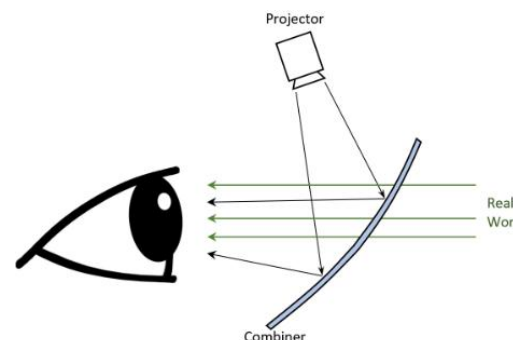
图：Google Glass



资料来源：VR陀螺，Google，国信证券经济研究所整理

- 离轴光学方案是AR/VR并行发展时期参考VR提出的过渡方案。离轴光学与棱镜方案的区别在于其显示器与镜片分属不同模块，光线经过镜片反射进入人眼的路径非固定（“离轴”），可实现较大的视场角。
- 得益于VR的发展，离轴光学方案的量产技术成熟，解决了棱镜方案FOV较小的问题。但是显示器与镜片分离的设计使离轴光学成为体积最大的AR方案，不符合AR眼镜的发展趋势。采用离轴光学方案的代表产品有Meta 2、DreamGlass等。

图：离轴光学方案原理



资料来源：VR陀螺，国信证券经济研究所整理

图：离轴光学方案模组

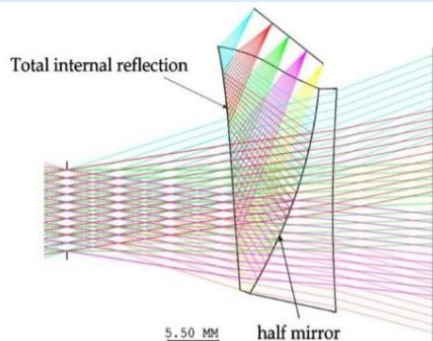


资料来源：VRcompare，国信证券经济研究所整理

自由曲面方案和BirdBath光学方案相对成熟，普及率较高

- 自由曲面方案所采用的自由曲面是一种有别于球面/非球面的复杂面型，往往不具有旋转对称性。在自由曲面方案光学模组中，显示器的光线经过自由曲面凹面镜/合成器后进入人眼。自由曲面为光学系统的设计提供更多灵活的结构，显著提高了光学性能。
- 自由曲面方案AR眼镜的沉浸感和成像质量优秀，同时也摆脱了离轴光学方案的“头盔式”设计。但是自由曲面方案的厚度与重量仍高于普通眼镜，同时图像也存在局部畸变问题。采用自由曲面方案的代表产品有EPSON BT300等。

图：自由曲面方案原理



资料来源：耐德佳，国信证券经济研究所整理

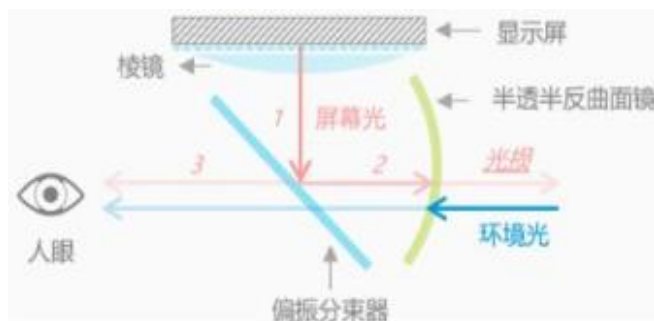
图：自由曲面方案模组



资料来源：耐德佳，国信证券经济研究所整理

- Birdbath光学方案结合了曲面镜和分束器的技术，显示器将图像投射至具有分光功能的偏振分束器上，偏振分束器将图像反射至半透半反曲面镜，后经二次反射和分束器透射进入人眼，同时环境光经过半透半反曲面镜和偏振分束器投射进入人眼。Birdbath方案在结构、材料等多方面都实现了优化，成为当前普及率较高的光学方案。
- Birdbath方案部分材料基于塑料薄膜，具有重量轻、成本低的优势，其对微显示屏的要求较低，搭配OLED类屏幕显示效果优秀。但是，Birdbath方案没有解决体积和动眼框范围与视场角的矛盾，重量和厚度仍与普通眼镜存在一定差距，导致其透光率低，动眼框范围受限。采用Birdbath方案的代表产品有Rokid Max、XREAL Air系列等。

图：Birdbath方案原理



资料来源：艾瑞咨询，国信证券经济研究所整理

图：Birdbath方案模组

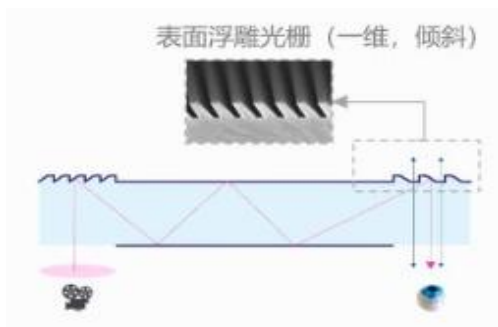


资料来源：惠牛科技官网，国信证券经济研究所整理

光波导方案有望成为AR眼镜所收敛的光学方案

- 光波导方案主要分为反射光波导和衍射光波导方案，或将成为未来AR眼镜光学方案的必然趋势。光波导方案利用在波导结构中光线反射或衍射前进起到传输图像的作用。光波导的这种特性可以将显示屏移至额头，减少对外界光线的阻挡，改善用户的佩戴体验。光波导方案解决了体积和视场角（FOV）与动眼框的矛盾，其轻薄和高穿透性被认为是未来AR眼镜光学方案的必然趋势
- 衍射光波导具备轻薄和高视场角优势，量产性和良率较易提升。衍射光波导根据光栅类型的不同可分为浮雕光栅波导与全息光栅波导，其原理利用了光栅的衍射特性，让光能够在设计好的路径上传播，将微投影系统发出的光导入人眼。衍射光波导的优点在于经镀膜后可直接加工，并且以半导体工艺为主，量产性与良率较易提升；同时，衍射光波导保留了轻薄、高视场角的光波导方案优势。而由于物理原理限制，衍射光波导方案可能会导致色散和隐私泄露等问题。衍射光波导方案的代表产品有雷鸟X2等。
- 反射光波导同样具备轻薄和高视场角优势，成像质量较高。反射光波导又称阵列光波导，该方案通过阵列反射镜堆叠实现图像的输出，图像光线在阵列内的每一次反射都会经过反射波导进入人眼，增大了动眼眶范围。其优点在于设计原理简单，在减小体积的同时有效增加视场角。同时成像质量、色彩和对比度能达到较高水平。而不足之处在于该方案生产对阵列贴合和切割工艺的一致性要求较高，且自动化能力较弱，因此存在量产难度大，单片价格高的问题；同时存在固有的明暗条纹问题。反射光波导方案的代表产品有INMO Air 2等。

图：衍射光波导方案原理示意图



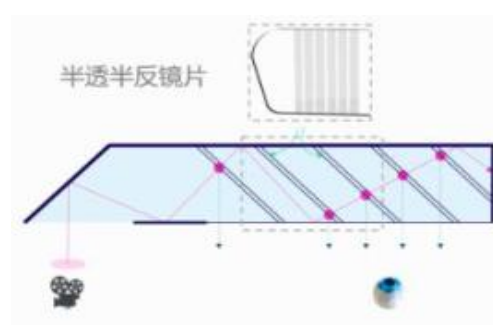
资料来源：艾瑞咨询，国信证券经济研究所整理

图：雷鸟X2 眼镜示意图



资料来源：TCL官网，国信证券经济研究所整理

图：反射光波导方案原理示意图



资料来源：艾瑞咨询，国信证券经济研究所整理

图：INMO air 2眼镜示意图



资料来源：影目官网，国信证券经济研究所整理

产业链相关公司

舜宇光学科技：领先的综合光学制造商，XR业务布局广泛

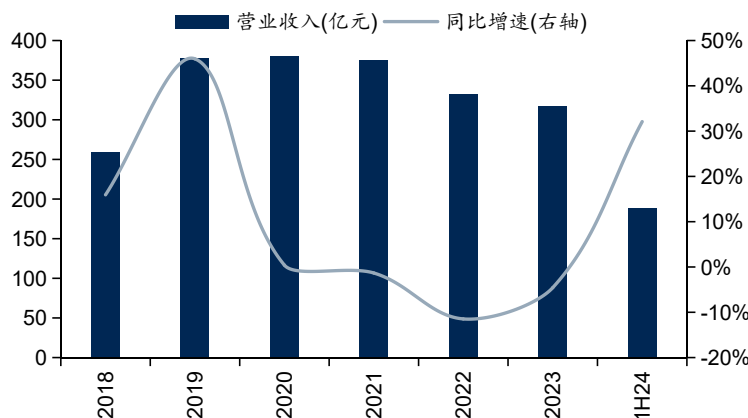
- 舜宇光学科技是全球领先的综合光学零件及产品制造商，已经形成手机、汽车、安防、显微仪器、机器人、AR/VR、工业检测、医疗检测八大事业板块。XR业务方面，公司持续为XR领域客户提供即时定位与建图(SLAM)模组、高清透视摄像模组等核心产品，积极开发下一代多传感XR视觉模组。公司作为行业首家厂商已量产最小体积的单色及彩色MicroLED光机，深化与头部XR客户的合作。
- 2024年上半年，公司实现收入188.60亿元(YoY 32.09%)，归母净利润10.79亿元(YoY 147.08%)；其中，手机相关收入130.29亿元(YoY 34.48%)，占比69.1%，增长主要由于智能手机市场有所回暖，手机镜头及手机摄像模组收入增加；车载相关收入28.77亿元(YoY 16.43%)，占比15.3%，增长主要由于行业成长和业务扩张，车载镜头和车载模组收入有所提升；VR/AR收入9.92亿元(YoY 111.35%)，占比5.3%，增长主要由于VR pancake模块需求较去年同期增加，VR相关产品收入增加明显。

图：公司部分XR显示产品



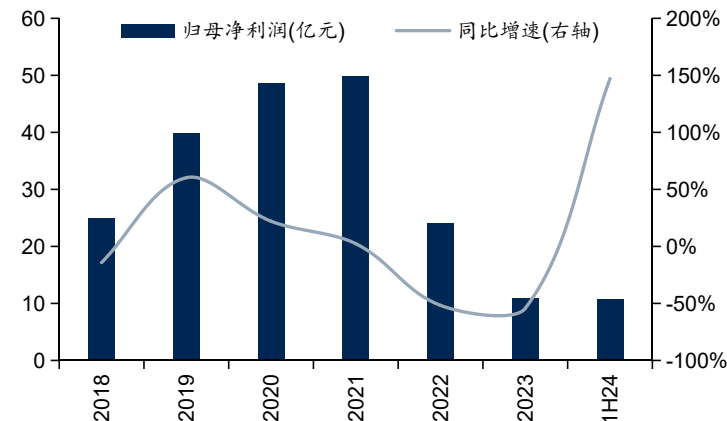
资料来源：舜宇光学科技官网，国信证券经济研究所整理

图：公司营业收入及增速



资料来源：舜宇光学科技公告，国信证券经济研究所整理

图：公司归母净利润及增速

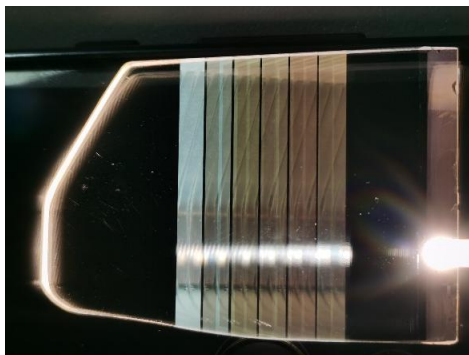


资料来源：舜宇光学科技公告，国信证券经济研究所整理

水晶光电：一站式光学解决方案专家，聚焦反射光波导技术

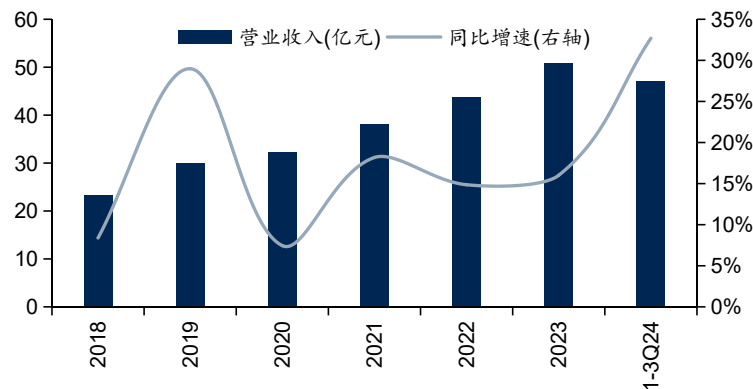
- 水晶光电提供从元器件到模组及解决方案的一站式专业服务，布局消费电子、车载光电、元宇宙三大应用场景，主要包括光学元器件、薄膜光学面板、半导体光学、汽车电子（AR+）、反光材料等五大业务板块。AR业务方面，公司已具备为AR/VR/MR设备提供从光学材料(晶圆、方片)到各类光学元器件、再到近眼虚空显示的各类光波导技术及光机的一站式光学解决方案能力。公司聚焦反射光波导技术，紧跟产业链巨头步伐，加快解决产业在大规模、高性价比、低成本等量产方面的难点，推动AR产业的商业化进程。
- 2024年前三季度，公司营业收入47.10亿元(YoY 32.69%)，归母净利润8.62亿元(YoY 96.77%)，扣非归母净利润8.31亿元(YoY 127.36%)，公司核心大单品依旧保持核心供应地位，结合三季度行业旺季，助力公司业务规模登上新的台阶。前三季度实现毛利率31.57%(YoY 4.57pct)，公司单一大单品向多元化大单品结构转型，产品结构优化，盈利能力持续提升。

图：公司反射光波导片产品



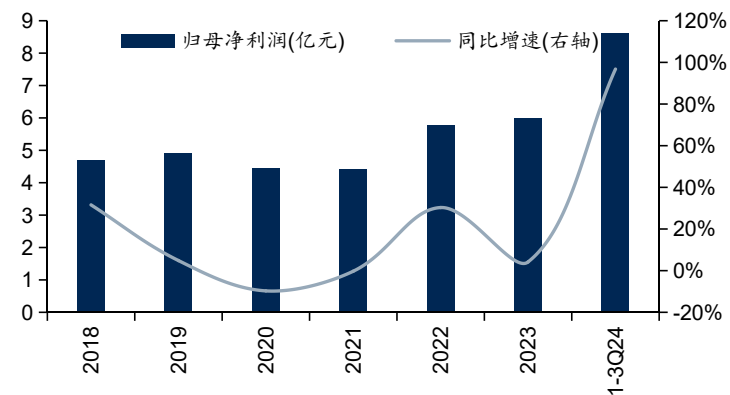
资料来源：水晶光电官网，国信证券经济研究所整理

图：公司营业收入及增速



资料来源：水晶光电公告，国信证券经济研究所整理

图：公司归母净利润及增速



资料来源：水晶光电公告，国信证券经济研究所整理

蓝特光学：领先的光学元件供应商，显示玻璃晶圆可制成光波导

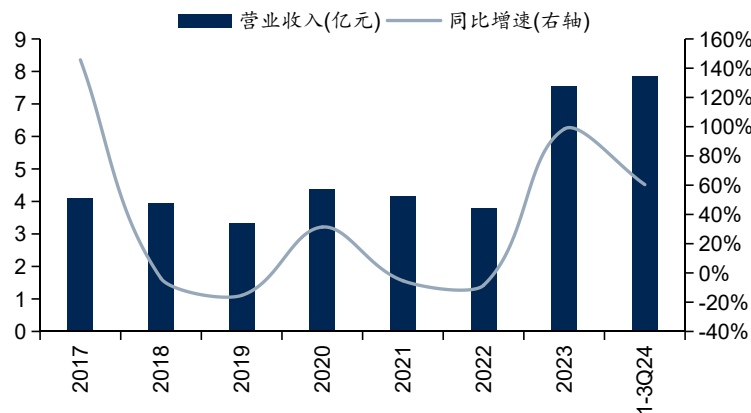
- 蓝特光学是国内领先的光学元件供应商，主要产品包括光学棱镜、玻璃非球面透镜、玻璃晶圆，广泛用于智能手机、车载镜头、AR/VR、激光器等领域。AR/VR业务方面，公司显示玻璃晶圆再裁剪切割后可制成AR光波导，最终用作AR镜片材料；深加工玻璃晶圆产品主要应用于晶圆级镜头封装、AR/VR、汽车LOGO投影等领域。
- 2024年前三季度，公司营业收入7.86亿元(YoY 60.41%)，归母净利润1.62亿元(YoY 75.99%)，扣非归母净利润1.56亿元(YoY 107.00%)；1-3Q24毛利率38.36%(YoY 1.90pct)。公司通过把握消费电子及汽车智能驾驶等领域的发展机遇，在光学棱镜、玻璃非球面透镜、玻璃晶圆等主要产品板块的销售收入均实现了提升，进一步巩固了公司的市场竞争优势。公司大力拓展下游市场，与全球领先的光学玻璃材料厂商紧密合作，持续加深合作伙伴关系；同时积极改进和完善产品结构，加强客户开发，应用于VR/AR、汽车LOGO投影等领域的显示玻璃晶圆、深加工玻璃晶圆业务实现稳健发展。

图：显示玻璃晶圆可制成AR光波导



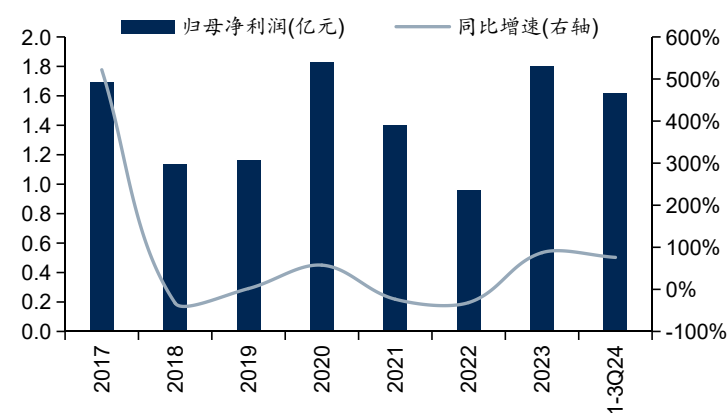
资料来源：蓝特光学公告，国信证券经济研究所整理

图：公司营业收入及增速



资料来源：蓝特光学公告，国信证券经济研究所整理

图：公司归母净利润及增速



资料来源：蓝特光学公告，国信证券经济研究所整理

韦尔股份：国产CIS龙头，推出用于下一代AR眼镜的单芯片LCOS面板



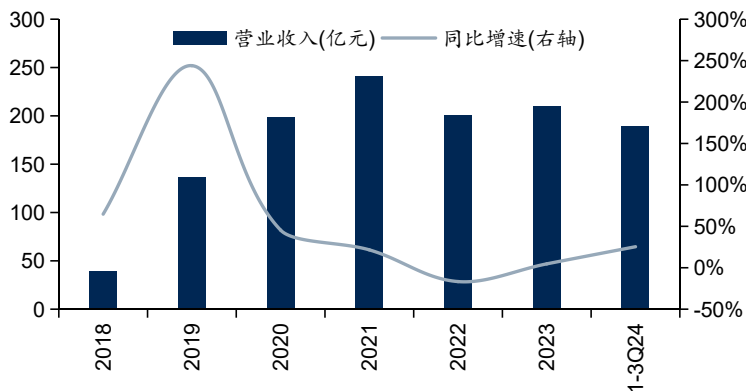
国信证券
GUOSEN SECURITIES

- 韦尔股份是全球知名的提供先进数字成像解决方案的芯片设计公司，产品已经广泛应用于消费电子和工业应用领域，包括智能手机、汽车电子、安全监控设备、平板电脑、笔记本电脑、医疗成像、AR/VR等领域。AR/VR业务方面，公司向全球AR/VR客户提供尖端的视觉和传感解决方案，通过在全局曝光技术的领先优势，赋能终端设备实现眼球追踪、SLAM等功能；图像传感器产品在小尺寸及低功耗方面的优势高度适配AR/VR等终端客户需求。公司推出单芯片硅基液晶（LCOS）面板产品，可用于下一代增强现实（AR）、扩展现实（XR）和混合现实（MR）眼镜以及头戴式显示器中。
- 2024年前三季度，公司营业收入189.08亿元（YoY 25.38%），归母净利润23.75亿元（YoY 544.74%），扣非归母净利润22.93亿元（YoY 1665.81%）；公司业绩增长主要由于随着消费市场进一步回暖，下游客户需求有所增长；伴随着公司在高端智能手机市场的产品导入及汽车市场自动驾驶应用的持续渗透，公司营业收入实现了明显增长。

图：公司LCOS面板产品

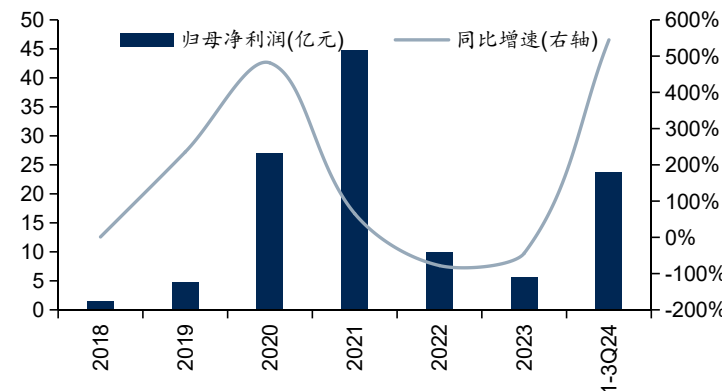


图：公司营业收入及增速



资料来源：韦尔股份官网，国信证券经济研究所整理

图：公司归母净利润及增速



资料来源：韦尔股份公告，国信证券经济研究所整理

资料来源：韦尔股份公告，国信证券经济研究所整理

风险提示

- 1、AR产品需求不及预期。**AR眼镜属于可选消费电子产品，当前全球经济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AR/VR/MR、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。
- 2、AR渗透率提升不及预期。**Well senn XR预计到2027年全球AR出货量将达到180万台，对应2023-2027年CAGR达37.7%。若AR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。
- 3、技术路线推进不及预期。**当前，AR设备各部分特别是光学显示系统（微显示方案+光学方案）仍处于多技术路线并行的研发阶段，不同技术路线优缺点及成本优劣势不同。如未来AR设备技术路线推进不及预期，可能会延缓AR设备推广进展，进而对产业链相关公司产生影响。
- 4、行业竞争加剧。**在政策和资本支持下，AR品牌及生产厂商日益增多，行业巨头仍在加快布局AR领域，在部分细分市场可能出现竞争加剧的风险，从而影响企业盈利能力。