

证券研究报告|行业专题报告

电子

行业评级 强于大市（维持评级）

2023年12月28日



MR催生新兴显示需求，硅基OLED有望大展拳脚

——XR产业链研究之Micro OLED

证券分析师：杨钟

执业证书编号：S0210522110003

请务必阅读报告末页的重要声明

- **Vision Pro横空出世，首次使用Micro OLED实现双目8K。** 2023年6月6日，苹果正式发布公司第一款MR设备Vision Pro，Vision Pro的芯片/光学/显示/交互等多环节采用顶级配置，引领着XR行业硬件技术变革。值得关注的是，Vision Pro内屏使用了4K分辨率、像素密度达3000PPI以上的Micro-OLED屏幕，Vision Pro也是首款使用Micro OLED实现双目8K效果的产品。目前，主流的领先VR产品的分辨率均在2K左右，而Vision Pro凭借其近两倍的PPD实现了更优秀的清晰度和拟真感，大幅提升虚实融合体验，有望开辟空间计算新纪元。
- **XR设备的升级主线在于屏幕升级，Micro OLED之于Vision Pro举足轻重。** 从成本占比上看，根据Wellsenn XR对苹果MR的Bom拆解，Vision Pro将接近50%的成本花费在Micro-OLED内屏上。因此，显示屏幕的技术升级与降本增效，对于苹果MR产品的迭代与应用落地至关重要。从XR设备的体验需求上来看，XR设备需要在极近的视觉距离内，通过显示屏幕来打造虚拟世界与真实世界交互的视觉环境。现阶段高性能近眼系统的终端设备的最大瓶颈便是微显示技术，所以解放视觉需求是XR设备亟需解决的核心问题之一。而Vision Pro本次使用Micro OLED实现了跨越式的视觉效果呈现，这对于整个XR设备的发展和迭代意义非凡。
- **Micro-OLED系MR设备最佳显示方案，有望乘风而起。** 目前，主流头戴式设备的显示方案仍存在一些不足，如传统AR显示技术LCoS存在对比度低和功耗高的问题，而VR主流显示技术Fast-LCD存在像素密度低、延迟高易眩晕、且不能显示局部黑色等问题。在此背景下，Micro OLED应运而生。Micro OLED在传统OLED显示技术的基础上，通过W-RGB技术有效规避纱窗效应，又通过CMOS工艺将驱动芯片和像素阵列集成至单晶硅上，实现轻量化及精细化显示。因此，Micro OLED能够更好地满足XR设备屏幕提高像素密度、减少眩晕等需求。总体来看，Micro OLED是各类微显示器中最适于头戴式沉浸虚拟现实设备的器件。展望未来，Vision Pro或将引领产业风向，有望开辟空间计算新纪元，并通过进一步的迭代创新激活产业链。而作为核心硬件的Micro OLED，也有望乘风而起。
- **投资建议：** 建议关注Micro OLED产业链上游设备/材料（如硅基板、金属材料、有机材料、封装材料、彩色滤光层等）和中游制造等核心环节相关机遇，如**视涯科技（未上市）、易天股份、奥来德、鼎龙股份、京东方A、清越科技、莱特光电、华兴原创、精测电子、联得装备、精智达等。**
- **风险提示：** 技术突破不及预期，产品落地不及预期，下游终端出货不及预期，市场竞争加剧风险，政策支持不及预期。

- **第一部分：Vision Pro横空出世，Micro OLED崭露头角**
- **第二部分：Micro OLED有望成为下一代XR主流屏幕**
- **第三部分：微显示技术演进及Micro OLED制造**
- **第四部分：产业链梳理及投资建议**
- **第五部分：风险提示**

1.1 苹果Vision Pro开启新纪元，Micro OLED显示功不可没

➤ 2023年6月6日，苹果在WWDC大会上正式发布公司第一款MR（混合现实）设备Vision Pro。

- 界面新闻引述供应链消息称，苹果计划于2024年初、2025年相继发布一、二代MR产品。苹果的MR设备Vision Pro可通过调节旋钮获得不同程度的沉浸度体验，用户可以通过眼睛、手势和声音实现与自然的交互，是一款真正意义上实现了虚拟和显示融合的革命性设备。此次新品发布有望加速推动XR产业链的软硬件成熟度提升，并通过未来的进一步的迭代创新激活产业链。

图表1：Vision Pro产品图



资料来源：智东西，华福证券研究所整理

- **硬件方面**，苹果MR头显Vision Pro搭载双算力芯片M2/R1、3P Pancake光学方案、Micro OLED显示屏幕、眼球+手部追踪交互等核心技术。基于顶配技术，产品能够实现眼动追踪高精度、悬空打字、虹膜扫描、FaceTime虚拟人物全身渲染、VR/AR 模式平滑切换等创新功能，带来沉浸性、交互性与舒适性全新体验。

图表2：苹果MR头显参数汇总

Apple Vision Pro			
形态	MR一体机（电池外置）	系统	VisionOS
光学	3P Pancake	全彩VST	支持
分辨率	（内屏）双屏3200万像素，单眼4K	传感器	12*Cameras、5*Sensors
屏幕	2*1.42英寸定制Micro OLED内屏+1*OLED柔性外屏	眼动追踪	支持（4 Cameras）
像素密度	内屏 3391 ppi	面部追踪	支持
交互	1*物理按键+1*旋钮，眼球追踪、手势识别、语音交互	麦克风	6个
芯片	主处理苹果M2	IPD	支持
		屈光调节	定制慈禧屈光模块
		音频	空间音频（音频涉嫌追踪技术）
虹膜识别	支持	售价	3499美元
电池	外置电池，续航2小时	发售时间	2024年年初

资料来源：VR陀螺，华福证券研究所整理

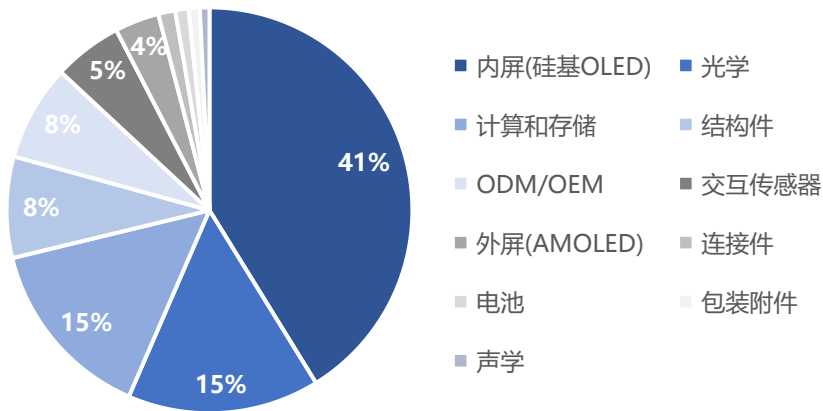
- **值得关注的是**，在显示方面，Vision Pro所使用的是由索尼独家提供的4K分辨率、像素密度达3000PPI以上、解析度更能达到8K超高分辨度的Micro-OLED屏幕。苹果Vision Pro也是首款使用Micro OLED实现双目8K效果的产品。目前，主流的VR产品，如PICO4、Quest2等显示器的分辨率均在2K左右，而Vision Pro凭借其近两倍的PPD实现了更优秀的清晰度和拟真感，大幅提升虚实融合体验，有望开辟空间计算新纪元。

1.2 Micro OLED内屏成本占比位居首位，系Vision Pro核心硬件之一

➤ Apple Vision Pro供应链BOM

- 根据Wellsenn XR对苹果Vision Pro的Bom拆解，Vision Pro的计算和存储板块、显示板块、光学板块、交互传感器、结构件和连接件分别占到整机成本的14.54%，44.19%，15.12%，6.57%，7.97%，1.34%。
- 其中，苹果Vision Pro将接近50%的成本花费在两块Micro-OLED屏幕上，一块Micro-OLED屏幕的成本为350美元。由此可见，显示屏幕的技术升级与降本增效，对于苹果MR产品的迭代与应用落地举足轻重。

图表3：Apple Vision Pro成本占比图



图表4：Apple Vision Pro供应链拆解

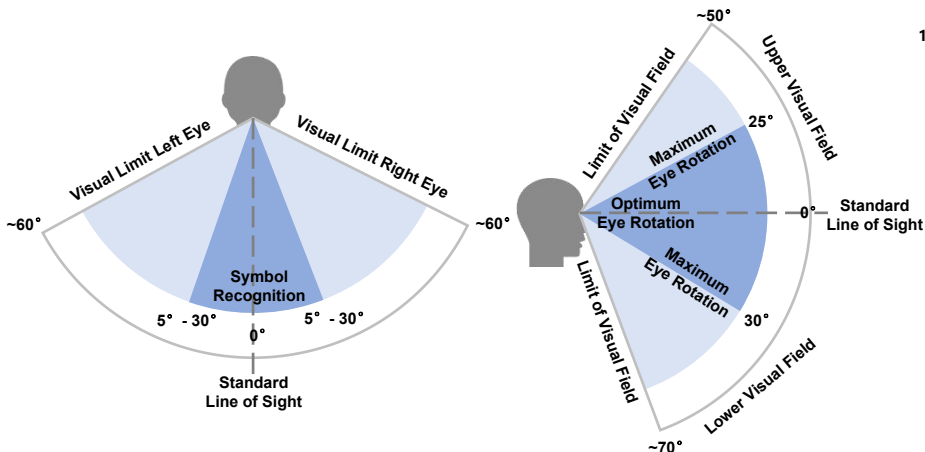
分类	器件名称	规格型号	单价	数量	总价
计算和存储	主处理器	基于M2系列	120	1	120
	协处理器	视觉图像处理专用芯片	60	1	60
	ROM	UFS4.0 512G	20	1	20
	RAM	LPDDR5 12G	30	1	30
	WiFi SIP	WiFi 6	6	1	6
	其他				
显示屏	外屏	异形柔性屏AMOLED	60	1	60
	内屏	1.42寸硅基OLED	350	2	700
光学	光学	pancake	120	2	240
	IPD电动调节模组		10	2	20
交互传感器	down cameras	鱼眼IR 索尼IMX418	5	4	20
	Main cameras	RGB	8	2	16
	Eyetrack	WLO封装	10	4	40
	side cameras	鱼眼IR 索尼IMX418	5	2	10
	手势追踪	单目结构光RX+TX	10	1	10
	TOF	dTOF sonyIMX611	10	1	10
	IMU+震动马达				
结构件	结构件	含中框、外壳等	120	1	120
	散热模组	含导热片和风扇	9	1	9
	其他		8	1	8
连接件	PCB、FPC、外置电源线		12	1	23
电池	头显电池+外置电池				18
声学	MIC、SPK				13
包装附件	外包装、电池收纳包等		15	1	15
ODM/OEM			130	1	130
合计					1720

- 第一部分：Vision Pro横空出世，Micro OLED崭露头角
- 第二部分：Micro OLED有望成为下一代XR主流屏幕
- 第三部分：微显示技术演进及Micro OLED制造
- 第四部分：产业链梳理及投资建议
- 第五部分：风险提示

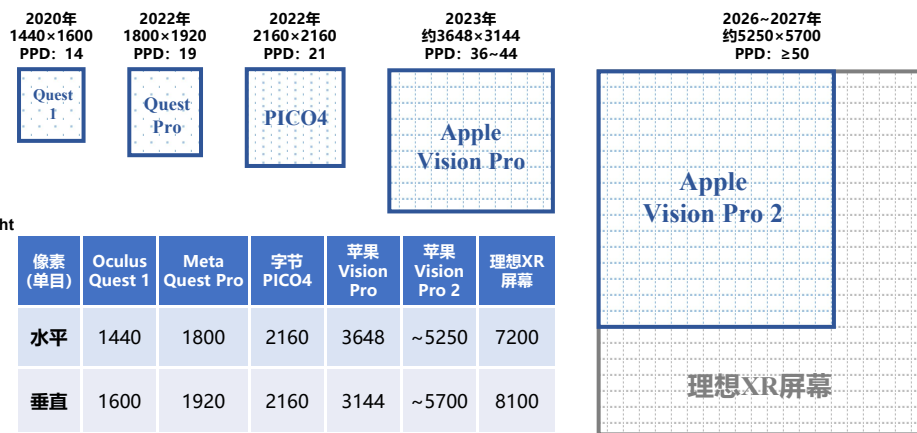
2.1 XR开创视觉领域新时代，屏幕升级主线清晰

- XR设备成为解放视觉需求的新选择。**视觉是人类感知外部世界的最重要的途径之一，而人的视觉需求主要包括视场角足够大（满足双目立体视场角 $120^\circ \times 135^\circ$ ）、清晰度足够高（ ≥ 60 PPD）以及双目输入带来的真实性。在过去，视觉需求牵引着手机产业的发展，但由于人手物理尺寸桎梏着手机屏幕尺寸、手机厂商未能突破立体成像技术的局限，手机用户始终有部分视觉需求未被满足。而未满足的视觉需求不断推动着视觉技术的创新，AR/VR由此应运而生，通过虚拟世界与真实世界的交互来为用户创造沉浸式的视觉环境。
- XR设备的升级主线在于屏幕升级。**根据三大视觉需求，我们可以计算得知人类理想屏幕应达到1.17亿像素（ $7200 \times 8100 \times 2$ ），后续XR设备有望通过屏幕的升级来进一步满足视觉需求。其中，XR设备屏幕升级的核心在于提高像素密度、减少眩晕和降低功耗。
 - 提高像素密度：**目前市面上的VR头显大多数采用了 $90^\circ \sim 120^\circ$ 之间的视场角，基本可以满足玩家对沉浸感的需求。但在像素数量一定时，FOV增加也会增大单个像素的放大倍数，这往往会导致清晰度不足。因此，XR屏幕未来发展重点将在于增加像素数量并带来像素密度的提高。
 - 减少眩晕：**在使用XR设备时，许多用户会感到眩晕不适，这是本体感觉与视觉系统不同步（模拟晕动症），或从头动到显示出相应画面的时间过长引起视觉系统不良反应（视觉晕动症）导致的。XR屏幕可以通过提高刷新率和减少延迟时间来减弱用户眩晕感。
 - 降低功耗：**XR设备可以通过使用低功耗的显示屏来有效降低屏体的温升，并增加设备续航时间和使用寿命。

图表5：人眼双目立体视场角



图表6：XR产品屏幕像素参数



2.2 Micro-OLED是目前最适合虚拟现实的显示技术，有望主导XR设备

2.2.1 AR/VR传统显示方案介绍

- AR/VR的传统显示技术面临着较大挑战。传统AR显示技术主要为LCoS、DLP，二者技术成熟、性价比较高，目前均已实现量产，但存在着对比度低和功耗高的问题，有着很大的改进空间。Fast-LCD拥有较高的量产稳定性和性价比，是当前VR的主流显示技术，2023年上半年Fast-LCD在VR线上市场的占比达到93.5%。但该方案像素密度低、延迟高易眩晕，且不能显示局部黑色，总体性能仍然存在一定不足。

图表7：XR产品主流显示方案对比

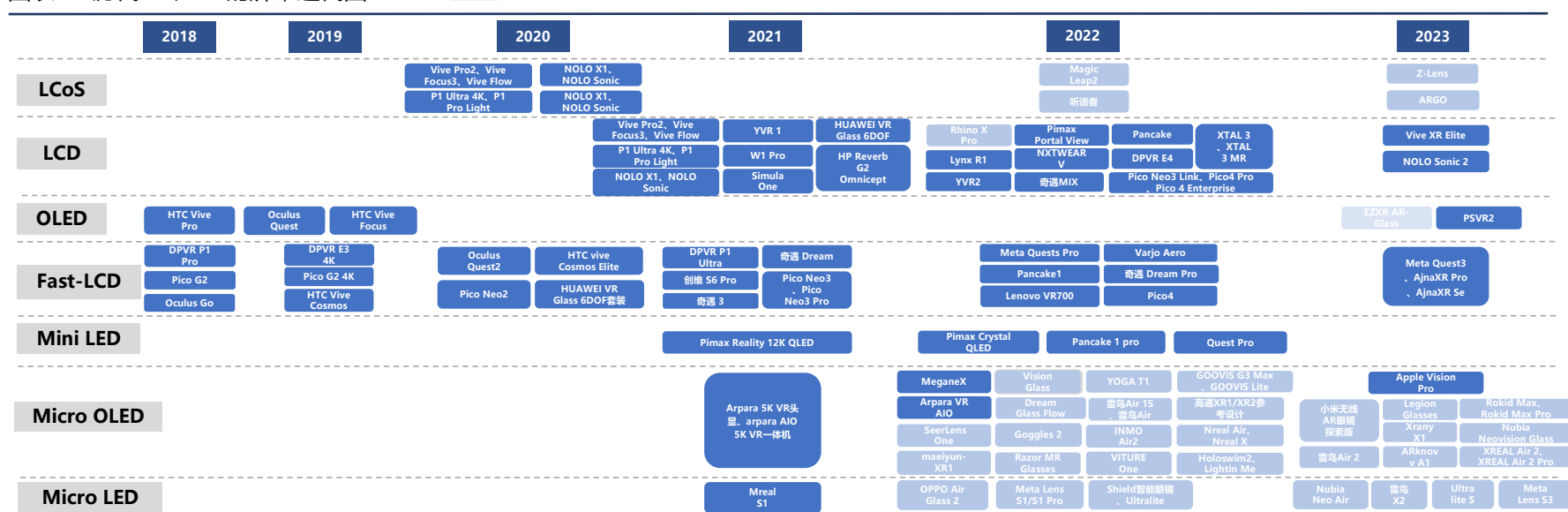
性能指标	LCoS	DLP	Fast-LCD	Mini LED	Micro OLED	Micro LED
应用	AR/VR	AR	VR	VR	AR/VR	AR/VR
发光源	外部光源	外部光源	背光	背光	自发光	自发光
像素密度ppi	中等	中等	较低	\	较高 (> 3000ppi)	高 (> 5000ppi)
刷新率	中等 (120Hz)	中等 (120Hz)	低 (90Hz)	中等 (120Hz-160Hz)	高	高
响应时间	毫秒ms	微秒	毫秒ms	毫秒ms	微秒	纳秒
对比度	很低 (1000:1)	低 (2500:1)	低 (~5000:1)	高	很高 (> 10M: 1)	很高 (> 10M: 1)
亮度	> 10000nit	> 20000nit	< 1000nit	1000-3000nit	1000-6000nit	目前单绿色可达4000000nit; 红蓝色400000-600000nit之间
功耗	高	中等	高	较高	较低	很低 (LCD的10%)
寿命	长 (100000小时)	长 (100000小时)	较长	较长	中等 (< 10000h)	长 (> 100000小时)
量产难度	低	低	低	灯珠尺寸限制分区数量; 提升良率 (已达90%)	工艺复杂投资大, 门槛较高	巨量转移、后续检测等环节研究突破中
量产能力	已量产	已量产	已量产	已量产	已量产 (单眼3k及以上分辨率屏量产初期)	单绿色规模量产
制造成本	低	中等	低	中, 随良率提升价格迅速下降	较高	很高

2.2 Micro-OLED是目前最适合虚拟现实的显示技术，有望主导XR设备

2.2.2 Micro OLED的优势分析及应用进展

- **Micro OLED方案拥有较多突出优势。**从与传统显示方案核心参数的比较中可知，Micro OLED具有像素密度高、对比度高、刷新率高且响应时间短、自发光低功耗、能全黑等特点。虽然AR与VR显示要求不尽相同，但Micro OLED能够克服此前AR/VR显示技术存在的许多缺陷，并很好地满足XR设备提高像素密度、减少眩晕、降低功耗的需求。同时，相较性能进一步提升但量产难度高、成本巨大的Micro LED，Micro OLED更适用于大规模商业化应用。总体来看，Micro-OLED是目前最适合VR的显示技术，有望取代Fast-LCD等传统方案，并成为下一代主流屏幕。
- **当前Micro OLED的应用和落地已取得显著的进展。**在AR设备方面，2022年Micro OLED出货量已占全球AR头显应用超50%；在VR设备方面，目前Apple Vision Pro、Arpara 5K VR头显、MeganeX等大厂产品纷纷开始搭载Micro OLED屏幕，开创VR应用硅基OLED的新时代。

图表8：历代VR、AR的屏幕迭代图

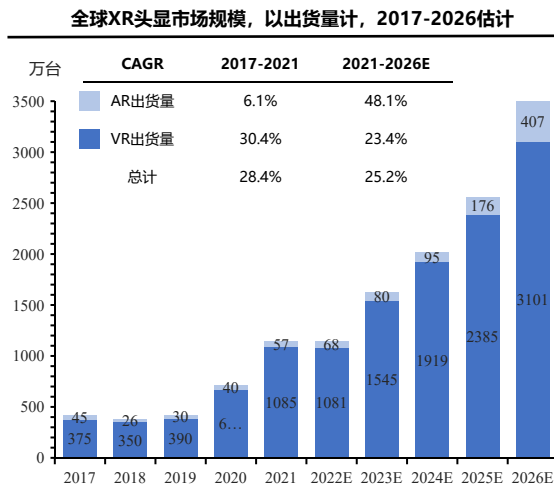


资料来源：MicroDisplay、极果网、深圳市平板显示行业协会、液晶网、势银膜链、SemiDisplay、华福证券研究所整理

2.3 XR头显未来出货量有望实现高增，硅基OLED产业或迎蓬勃发展

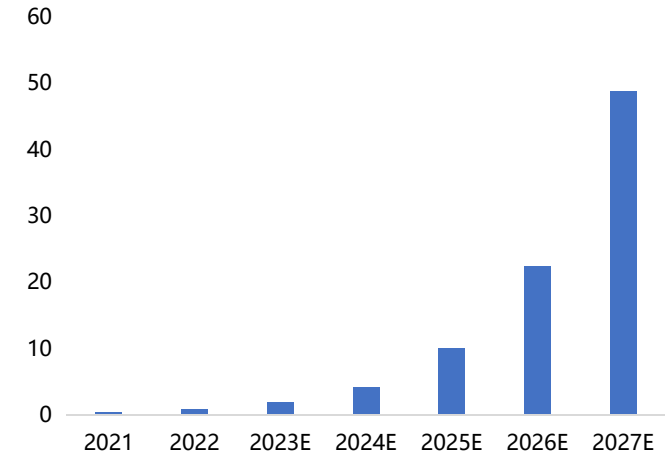
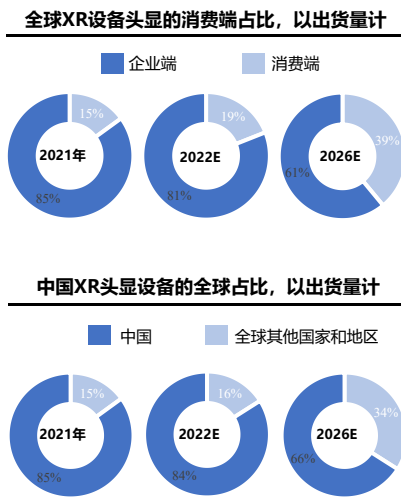
- AR/VR进入产业突破关键期，苹果MR推升产业进入“空间计算”新阶段。**随着AR/VR应用领域向大规模广泛性行业发展，早期阶段其技术迭代无法较好满足消费端需求特征、内容生态系统尚未健全等问题逐渐成为其普世化发展的阻碍。根据IDC数据，全球AR/VR设备出货量已经连续两季度下滑超过50%，出货量有所承压。在此节点，苹果Vision Pro的推出为AR/VR产业的迭代与突破注入全新活力。AR/VR设备有望向智慧生活场景加速渗透，迈入发展的关键时期。据IDC预计，AR设备、VR设备2027年的出货量分别为680万台2190万台，2023-2027年出货量复合增长率依次为96.5%、30.1%，头戴装置后续出货量的增长势头十分强劲。
- 硅基OLED产业有望进入高速成长期。**苹果首代MR产品搭载Micro OLED已打开硅基OLED技术落地的全新纪元。展望后续，随着显示技术的进一步成熟、屏厂相关产能的布局与落地、成本的持续下探、以及后续大厂搭载Micro OLED的产品的陆续推出，硅基OLED将凭借其可与穿戴设备的完美需求适配性，逐步扩大其搭载量与市场份额。据CINNO Research预计，2025年全球AR/VR Micro OLED显示面板市场规模将达到14.7亿美元，2021年至2025年年均复合增长率CAGR将达119%，成长空间十分广阔。

图表9：全球XR头显市场规模及不同类型占比



资料来源：灼识咨询，IDC，华福证券研究所整理

图表10：全球XR搭载的硅基OLED显示器出货量(百万台)



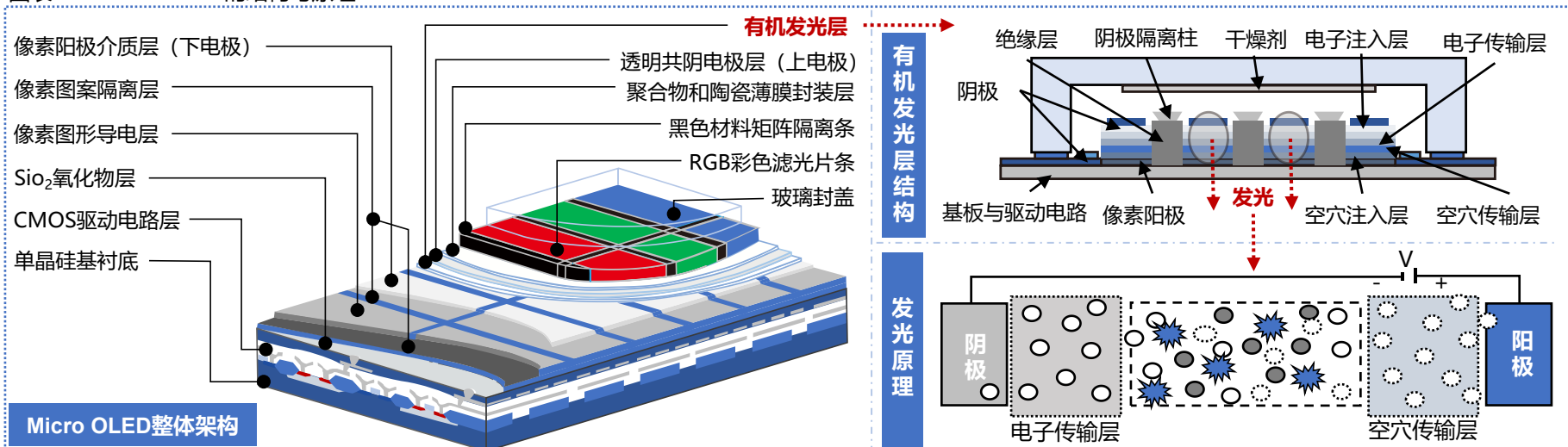
资料来源：群智咨询，华福证券研究所整理

- 第一部分：Vision Pro横空出世，Micro OLED崭露头角
- 第二部分：Micro OLED有望成为下一代XR主流屏幕
- 第三部分：微显示技术演进及Micro OLED制造
- 第四部分：产业链梳理及投资建议
- 第五部分：风险提示

3.1 Micro OLED的结构与原理

- **Micro OLED是以单晶硅为基底制备OLED器件的新型显示技术，集成了半导体和OLED两大高精尖技术的结晶。**
- Micro OLED利用集成电路工艺，将行列驱动电路等集成在芯片上，并为每个像素配备输出电流可控的CMOS晶体管等，以达到小尺寸的目的。
- **硅基OLED器件结构如下图，包括驱动背板和OLED器件两部分：**
 - **驱动背板：**采用CMOS工艺制备，形成像素电路、行列驱动电路等。不同于传统的底发射OLED，硅基OLED微显示器采用顶部发光方式。CMOS电路上方为像素图案导电层，作为OLED器件阳极，而阴极采用透明金属。硅基OLED的顶发射相对于底发射OLED具有许多优势：
 - 1) 顶发射发出的光不经过玻璃衬底传播，因而减少了波导损耗，因此其发光效率高于底发射OLED；
 - 2) 发光层制作于不透明的单晶硅基底上，其像素驱动电路比底发射集成了更多晶体管，从而增强驱动电路性能，提高显示分辨率；
 - 3) 硅基OLED的顶发射通常比底发射具有更窄的发光光谱和更好的色度。
 - **OLED器件：**阳极上方为完整的有机发光OLED器件，包括两边的绝缘层以及中间的空穴转移层、有机发射层和电子转移层，并在顶电极上制备薄膜封装层对发光器件进行保护。其中，有机发光器件属于载流子注入式发光，从阳极和阴极注入的空穴和电子在有机物中复合，从而形成发光。

图表11：Micro OLED的结构与原理

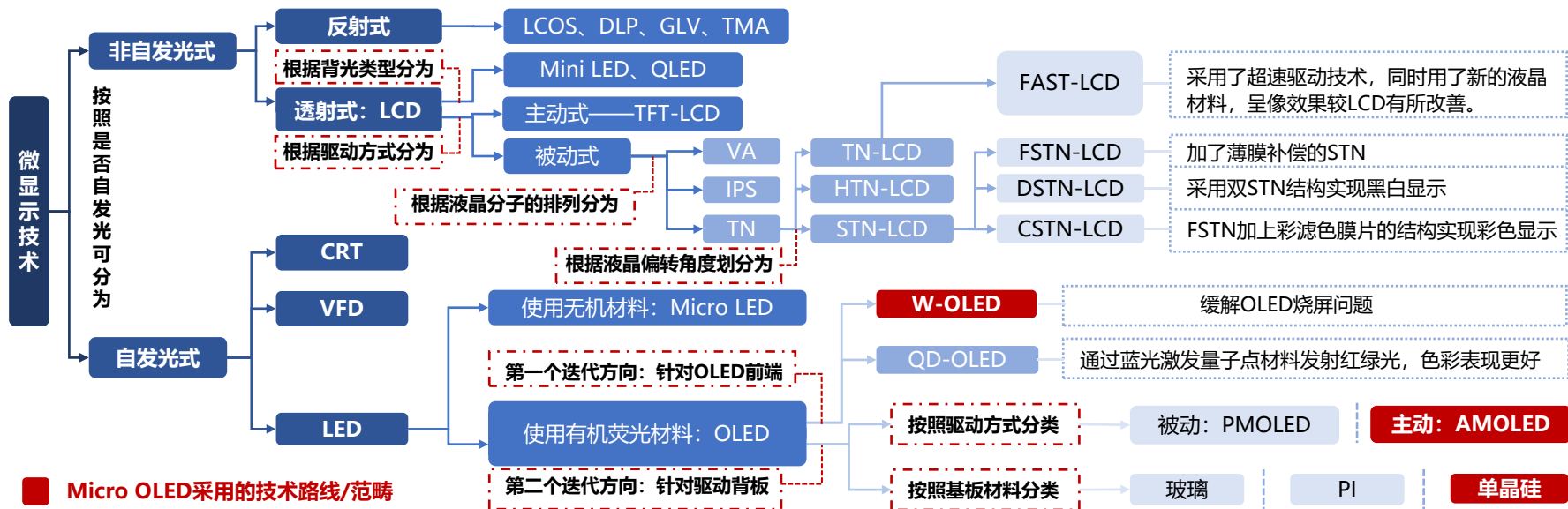


3.2 微显示技术发展路径与分类，及针对Micro OLED的迭代方向

3.2.1 微显示技术发展路径与分类

- 根据发光原理，可将显示屏分为背光发光和自发光。其中，两种分类下主流的微显示技术分别为LCD和LED，两种技术路径都在不断迭代和发展。
- LCD由于成本较低且技术成熟，在中大尺寸面板显示领域占据主要份额。但LCD因大量像素共享一块背板，故易出现光晕现象，Mini LED的背光又十分考验厂商的调校水平，而LED可较好地解决上述问题。
- 在LED范畴下，使用无机材料的Micro LED的巨量转移技术仍不成熟，而使用有机荧光材料进行自发光的技术即为OLED。OLED因其轻薄性、响应速度快、功耗低等优势逐渐成为小型/微型显示方案的主流。
- 但OLED也存在一系列的局限和问题，故该方案也在不断迭代。针对OLED的发光器件，逐渐衍生出W-OLED/QD-OLED等技术；而针对OLED的驱动背板，其驱动的方式和材料也在不断更新。而Micro OLED为OLED各个结构板块不断发展完善的技术方案结晶。

图表12：微显示技术发展路径与分类

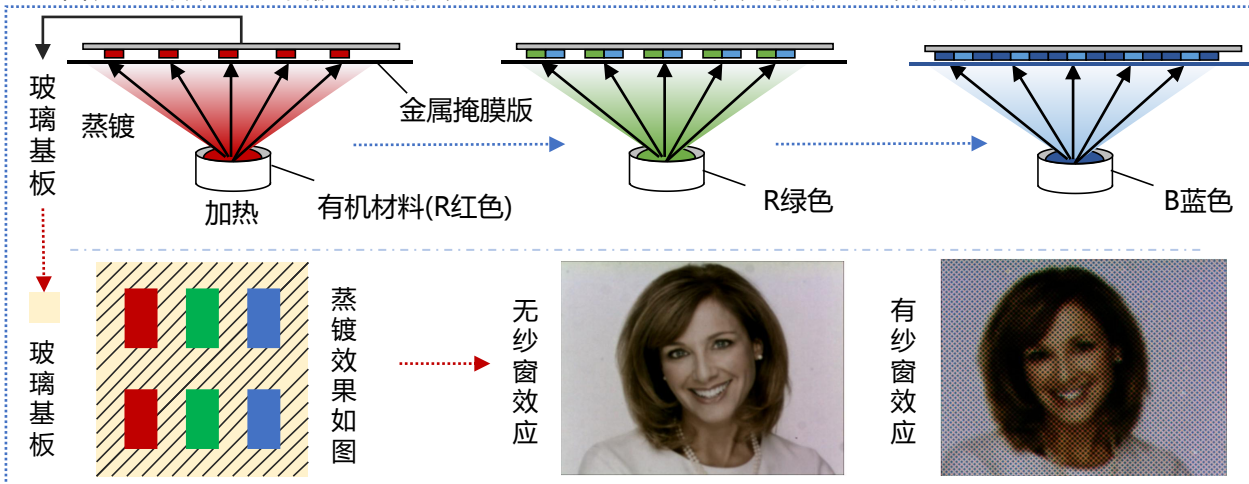


3.2 微显示技术发展路径与分类，及针对Micro OLED的迭代方向

3.2.2 针对OLED发光器件部分的迭代——MicroOLED使用W-RGB技术，有效规避纱窗效应

- 传统的OLED面板因采用精细金属掩膜版和RGB三色独立蒸镀工艺，使得纱窗效应明显。
 - ✓ **原因：**传统OLED方案是将红绿蓝三种颜色的发光材料蒸发至气态→气体金属材料通过精密金属掩膜版上特定位置的开孔→三色材料依次被蒸镀到玻璃背板上→独立调节单色子像素的发光强度并混合成彩色光→在此工艺中，掩膜版网格的痕迹会被留在屏幕上，所以屏幕不完全被发光材料覆盖。
- 在较大尺寸的显示场景下，人眼距离屏幕较远，即使PPI较小，人眼也无法分辨出具体的像素。但对于XR，人们是在非常近的距离看一块非常大的屏幕，故人眼能分辨出画面中具体的像素点及其像素点之间的间隔，观看效果如隔着一层纱窗，即为“纱窗效应”。而Micro OLED使用W-OLED的W-RGB技术方案能有效规避纱窗效应。

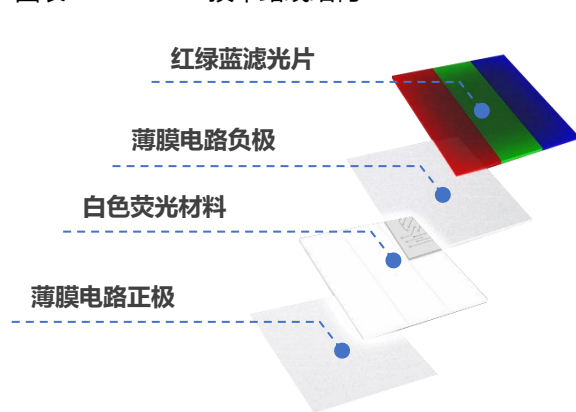
图表13：传统OLED面板的金属掩膜版+RGB三色蒸镀工艺，及对应产生的纱窗效应



资料来源：DNP官网，eMagin官网，华福证券研究所整理

- MicroOLED使用W-RGB规避纱窗效应**
- W-RGB不直接用荧光材料发出红绿蓝光线，而是在薄膜材料上蒸镀只能发射白光的荧光材料，并在薄膜材料上增加一片彩色滤光片以过滤红绿蓝三色光。因此，这种技术路线不仅解决了金属掩膜版+三色独立蒸镀造成的纱窗问题，也同时解决了三色有机材料老化速度不一造成的烧屏问题。

图表14：W-RGB技术路线结构



资料来源：ResearchGate，华福证券研究所整理

3.2 微显示技术发展路径与分类，及针对Micro OLED的迭代方向

➤ 3.2.3 针对驱动背板的迭代——Micro OLED的驱动方式/材料/工艺，使之像素大小及间距大大缩小

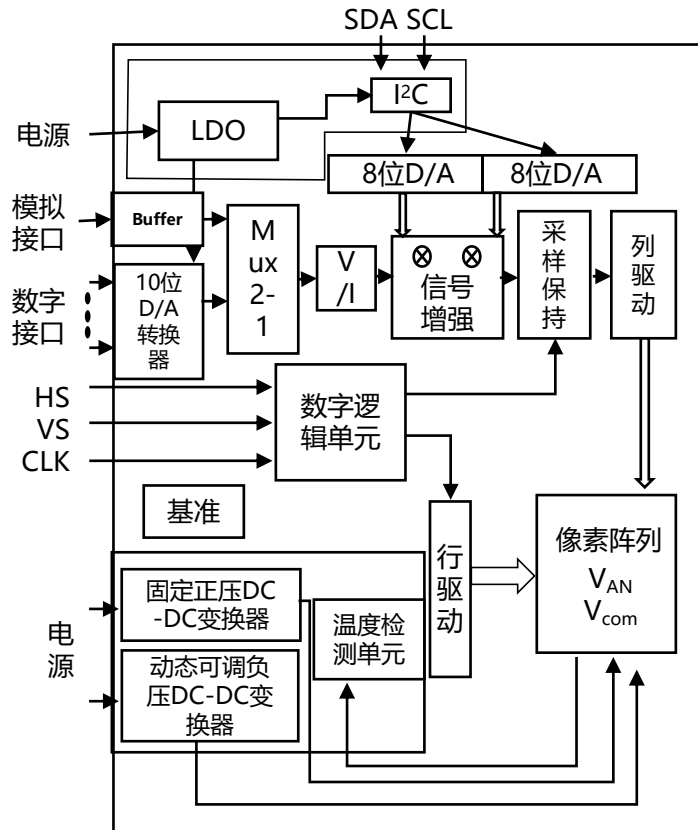
□ 驱动方式——主动驱动AMOLED

- 根据驱动方式的不同，OLED分为PMOLED（无源驱动）和AMOLED（有源驱动）。
 - ✓ **PMOLED被动驱动方式**需要比较大的电流密度，这不仅会降低OLED器件的使用寿命，还会使发光一致性较差。因此，PMOLED适合低成本、低信息量的应用场景。
 - ✓ **AMOLED主动驱动方式**通过TFT电路精确控制每个像素的发光强度，可以产生更高的显示分辨率和更高的灰度等级。
- Micro OLED属于AMOLED的一种，并在其基础上进行进一步的技术拓展。

□ 衬底材料与工艺——硅基+CMOS

- Micro OLED在AMOLED的基础之上，将背板材料换成单晶硅，并用标准的CMOS工艺在单晶硅衬底上制作驱动电路，节约了内部空间，具有分辨率高、体积小等特点。
 - ✓ **材料——硅基OLED以单晶硅为衬底。**传统的AMOLED是在玻璃基板上加ITO膜，ITO膜电子迁移率较低，且玻璃基板尺寸较大。而单晶硅的电子迁移率高于多晶硅和非晶硅，像素尺寸可以做得更小，从而实现更高的像素密度。
 - ✓ **工艺——Micro OLED通过CMOS工艺，**将驱动芯片包含的不同功能模块（包括行列驱动电路、电源管理模块等）和像素阵列电路集成至单晶硅芯片上：
 - ① 内置集成芯片减少了器件外部的连接线，实现了轻量化及精细化显示；
 - ② 相较于传统AMOLED使用TFT作为驱动技术，Micro OLED使用CMOS工艺。一方面，NMOS作为其驱动管，大大减小阈值电压不一致性。另一方面，MOSFET的开关延时（纳秒级）远低于TFT的开关延时（微秒级）。因此，与TFT驱动基板的微显示器相比，硅基OLED显示器可以适应更高切换速度的扫描策略，进一步降低像素点距，实现更好的显示效果。

图表15：Micro OLED模拟驱动芯片架构

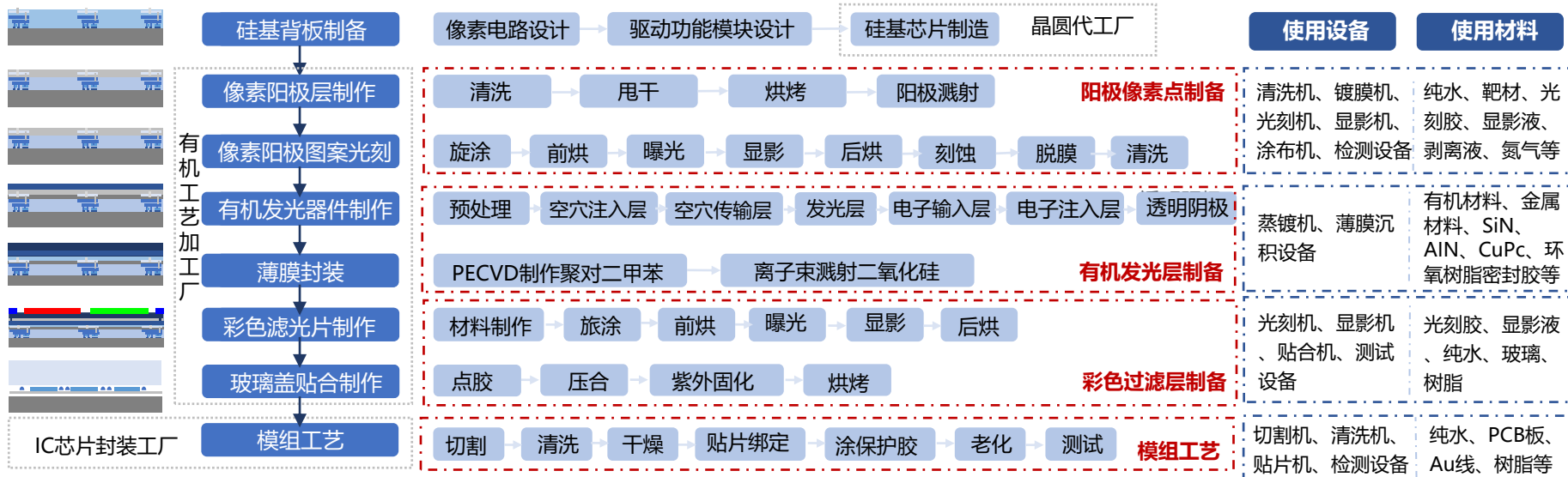


3.3 Micro OLED制造工艺流程与难点

➤ Micro OLED制造工艺流程

- Micro OLED的工艺制作流程主要分为四个部分：
 - ✓ **硅基基板制造**：主要涉及像素电路和驱动功能模块的设计、硅基芯片的制备和阳极像素点的制备与图形化。
 - ✓ **有机发光层制备**：首先将金属阳极层制备于基板上，接着依次完成空穴注入/传输层、发光层、电子传输/注入层的蒸镀过程，随后制作透明阴极。最后，为避免OLED器件与空气中的水氧接触而变质，从而利用PECVD或者ALD工艺在发光模块上制备致密薄膜。
 - ✓ **彩色过滤层制备**：通过涂胶、曝光、显影等步骤制作Micro OLED需要的RGB三原色图形。最后盖上玻璃封盖，构成完整的硅基OLED微显示器。
 - ✓ **模组工艺**：将完成上述流程的器件切片、测试，并与显示系统绑定形成模组。

图表16：Micro OLED制造工艺流程全景图



3.3 Micro OLED制造工艺流程与难点

➤ **硅基OLED制造工艺复杂，不同工序侧重的工艺重点和需要克服的难点也不尽相同：**

- **阳极制造工艺：**阳极制作工艺的优劣对于提升产品亮度及良品率具有非常重要的意义。而硅基OLED微型显示器像素点尺寸及像素间距较小，这对于显示器像素点的制作工艺有很高的要求。
- **蒸镀工艺：**有机发光材料镀膜是影响显示器产品性能的关键工序。蒸镀工艺过程中，有机发光材料的选择、蒸镀膜厚、结构的搭配直接决定了硅基OLED产品的亮度、色域、画面的均匀性等性能指标。
- **薄膜封装工艺：**有机材料在大气环境中遇水容易失效，产品屏体密封效果决定产品可靠性以及产品品质。所以如何根据材料的特性，设计高效、低缺陷、高密度的薄膜密封技术，从而对OLED微型显示器进行有效密封，是制备硅基OLED微型显示器的关键问题。

图表17：硅基OLED工艺过程影响因素

工艺环节	工艺过程相关工艺/设备及对良率的影响因素
光刻（背板）工艺	镀膜过程中，颗粒异物数量的管控很重要，颗粒异物数量超出规格会产生显示黑点等缺陷，导致器件失效。曝光和涂胶显影过程中，关键尺寸的均一性和曝光过曝或弱曝的管控十分重要，超出规格会导致产品亮点增加及显示效果不均。刻蚀过程中，刻蚀角度及过程中产生的聚合物数量，如超出规格会影响产品阴极成膜均匀性，导致产品产生亮度不均和黑点不良。
蒸镀工艺	蒸镀设备属于真空设备，对产品的影响主要是颗粒数量、器件薄膜的厚度均匀性的管控，如超出规格会使产品的显示黑点增加从而导致器件色坐标偏移及器件失效。
封装工艺	封装工艺主要包含等离子增强型化学气相沉积设备（PECVD）、原子层沉积设备（ALD）、以及用于彩色滤光层制作的涂胶显影设备、曝光机、清洗设备等。设备对产品的影响主要是颗粒异物数量的管控，如果超出要求，会导致产品的黑点不良增加，从而导致器件失效。彩色滤光层设备对产品的影响主要体现在彩色滤光层材料的制作质量的管控，如果发生材料的剥离及成膜均匀性差异超出管控要求，产品会出现亮点及显示效果不均等。
屏体工艺	需要精确管控切割精度，超出规格会导致产品无法显示画面而直接报废。
模组工艺	对位精度和颗粒异物数量的管控十分重要，如果超出规格，会导致产品的显示黑点不良增加或直接报废。

• **整体而言，当前Micro OLED器件制造良率相对较低，还有众多问题需要克服以推动技术落地，其主要原因在于：**

- ✓ 1) 制造流程复杂，且由于像素尺寸小导致工艺精度要求高；
- ✓ 2) 有机发光材料遇到水或氧气容易发生反应导致失效，因此需要保持真空制造环境，且需保证封装工艺和彩色滤光片的贴合质量；
- ✓ 3) 硅基背板需要面板厂商、芯片厂商协同设计，且需要在小尺寸晶圆上集成多个电路，对晶圆厂的加工能力提出了极高的要求，导致背板整体开发制造效率较低。

- 第一部分：Vision Pro横空出世，Micro OLED崭露头角
- 第二部分：Micro OLED有望成为下一代XR主流屏幕
- 第三部分：微显示技术演进及Micro OLED制造
- 第四部分：产业链梳理及投资建议
- 第五部分：风险提示

4.1 Micro OLED产业链概况

- **Micro OLED产业链上游包括原材料、组装零件、设备制造，中游是面板制造，下游主要是在各领域的应用。**
- **上游原材料**包括硅基板、金属材料、有机发光材料、封装材料、光刻显影材料、彩色滤光层等，其中有机发光材料最为关键，受制于精细化工的技术工艺目前主要由日韩厂商占主导。**制造设备**主要涉及蒸镀、光刻、显影/刻蚀、薄膜沉积设备等；**检测设备**主要用于生产过程中的显示、触控、光学、信号、电性能等各种功能的检测环节，目标是提升整体良率水平。
- **中游面板制造**欧美日韩等国先发优势较强，但随着行业景气度提升，国内企业亦开始布局消费级Micro OLED面板技术。
- **下游应用**主要包括AR/VR，智能穿戴设备，相机制造，医疗器械，工业器械及其他领域，当前市场对Micro OLED主要聚焦在AR/VR设备上。

图表18: Micro OLED产业链全景图



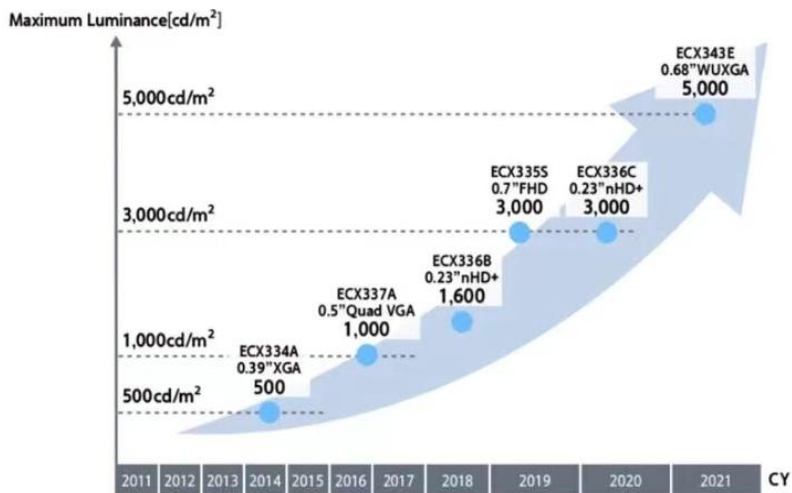
资料来源：中商情报网，CINNO Research，同花顺财经，前瞻经济学人，科创板日报，OLED industry，乐晴智库，WIND，LEDinside，未来智库，京客网快报，金融界，上海证券报，太平洋科技，极果，VR陀螺，IoT大讲堂，环球网，镁客网，QYResearch，58display，投资界，远川科技评论，VRcoast.cn，华福证券研究所整理

4.2 海外重点公司梳理

4.2.1 国外主要厂商观察-索尼






- 日本索尼作为OLED行业曾经的奠基人，近日因在苹果公司MR设备Vision Pro的发售上展示为其供应的两块小尺寸硅基OLED屏幕而备受市场关注。Vision Pro的屏幕或为索尼特殊定制。索尼是商用XR头显硅基OLED最大的供应商，凭借多年的研发积累，索尼拥有从CMOS背板、驱动芯片，到OLED制程的纵向整合技术实力。
- 早在2009年，索尼公司就开始研发Micro OLED显示技术，2011年推出第一代Micro OLED显示用于相机取景器，后大量投入Micro OLED的商业化产品研发，近些年VR/AR 近眼显示兴盛，把硅基MicroOLED微显示屏分辨率从nHD+提高到1080P甚至4K。

图表19：索尼Micro OLED升级路线



索尼Micro OLED升级路线，图片来源：Sony

图表20：索尼Micro OLED全产品线 (2023.06)

	0.23 type	0.55 type	0.68 type		1.30 type
	ECX336C	ECX348E	ECX343EN	ECX343ENA	ECX344A
Main Application	AR headsets				VR headsets
Appearance					
Resolution	nHD+ 640 x RGB x 400	Full-HD 1920 x RGB x 1080	WUXGA 1920 x RGB x 1200	WUXGA 1920 x RGB x 1200	3.5k4k 3552 x RGB x 3840
Max Luminance (Duty Ratio)	3,000cd/m2 (90%)	5,000cd/m2 (90%)	5,000cd/m2 (90%)	5,000cd/m2 (90%)	1,000cd/m2 (20%)
Contrast	100,000:1	100,000:1	100,000:1	100,000:1	100,000:1
Video I/F	RGB 24bit YCbCr24/16bit	Sub-LVDS LVDS	Sub-LVDS LVDS	Sub-LVDS LVDS	MIPI D-PHY +DSC
Power Supply	1.8V (logic) 10V (analog)	1.8V (logic) 3.3V, -6.6V (analog)	1.8V (logic) 3.3V, -6.6V (analog)	1.8V (logic) 3.3V, -6.6V (analog)	1.8V (logic) 3.3V, -6.3V (analog)
Mass Production	Available	Available	Available	Available	CY2024 2H

资料来源：Sony，中国电子报，华福证券研究所整理

资料来源：Sony官网，华福证券研究所整理

4.2 海外重点公司梳理

➤ 4.2.2 国外主要厂商观察

- 除了索尼以外，主流海外面板厂在Micro OLED领域的布局情况也值得重点关注：

图表21：海外主要Micro OLED厂商介绍

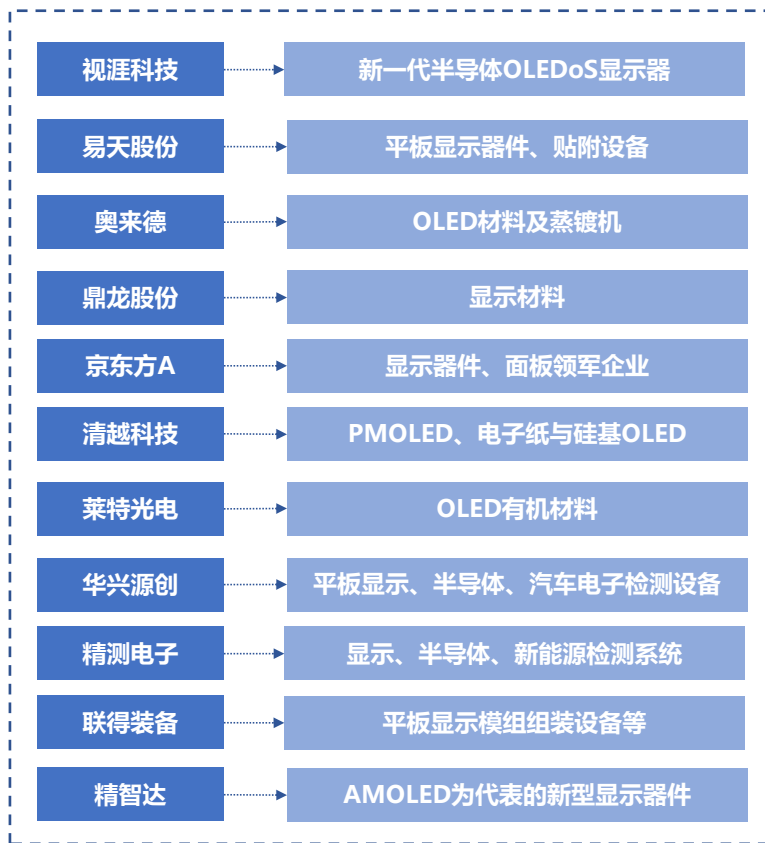
eMagin	<ul style="list-style-type: none">eMagin成立于1996年，总部位于美国纽约，是Micro OLED微显示技术领军企业，为军事、消费、医疗和工业市场的世界级客户提供服务。2001年eMagin发布了世界上第一款VGA (640×480) 单色硅基OLED显示器，用在手表屏幕上。此后推出各类微显示器产品广泛用于AR/VR、飞机驾驶舱、平视显示系统、热成像仪、夜视镜、未来武器系统和各种其他应用。2023年5月，eMagin宣布将以2.18亿美元价格被Samsung Display收购。
MICROOLED	<ul style="list-style-type: none">MICROOLED公司创立于2007年，总部位于法国格勒诺布尔，致力于高分辨率Micro OLED微显示器开发制造。2012年1月，MICROOLED宣布推出首款0.61英寸的具备540万像素的微显示器；2012年8月，意法半导体向MicroOLED投资600万欧元，两家公司启动了合作开发工作。2015年，MICROOLED宣布已售出超过150,000颗0.38英寸WVGA微型显示器。
Kopin	<ul style="list-style-type: none">Kopin成立于1984年，总部位于马萨诸塞州韦斯特伯勒，自1990年以来一直为军事、企业、工业、医疗和消费类可穿戴产品提供LCD、LCoS和OLED微显示器。2017年Kopin首次引入OLED微型显示器，并于2018年开始提供2K×2K分辨率样品。Kopin将OLED微型显示器与其Pancake™光学设计方案相结合，制造更为便携的VR系统。Kopin的身影也出现在中国Micro OLED厂商的成立过程中，昆明京东方显示技术有限公司（现名为“云南创视界光电科技有限公司”）、湖畔光芯的成立都有Kopin参与。
光芯科技	<ul style="list-style-type: none">美国光芯科技于2023年1月从美国Kopin Corporation分拆出来，专注于消费者增强现实和虚拟现实（AR/VR）的应用。公司为AR/VR智能眼镜耳机的两个关键组件提供解决方案，其设计的高性能OLED微型显示器的硅基背板设计和轻薄的全塑料Pancake®光学器件，可将巨型的沉浸式图像从微型显示器投射到人眼。
Fraunhofer FEP	<ul style="list-style-type: none">德国弗劳恩霍夫有机电子、电子束和等离子体技术研究所（Fraunhofer FEP）是一家领先的国际研究机构，致力于开发电子束和等离子体技术以及有机电子和光电子领域的工艺和技术。2021年，Fraunhofer FEP公布分辨率为QVGA 320×240级别的双色硅基OLED屏。在SID Display Week 2023上，Fraunhofer FEP展示了多个微型显示产品，其中包括号称当时世界上最小像素尺寸（2.5μm）的最新OLED微显示器。

4.3 投资建议

建议关注Micro OLED产业链上游设备、材料和中游制造等核心环节相关机遇，如：

- **视涯科技（未上市）**：专业从事新一代半导体硅基OLED显示器研发、设计、生产和销售的高科技企业。
- **易天股份**：公司主要从事平板显示及半导体设备的自主研发、生产与销售。在XR领域，公司提供Micro OLED晶圆显示偏光片贴附等相关设备，相关产品现已取得合肥视涯等客户的认可。
- **奥来德**：是国内领先的OLED材料和设备制造企业。在硅基OLED方面，公司实现了器件结构和全套材料技术的开发，先后为安徽熙泰、梦显等多个硅基显示企业提供器件技术和材料业务。
- **鼎龙股份**：公司在半导体显示材料板块，围绕柔性OLED显示屏幕制造用的上游核心“卡脖子”材料进行深度布局。基于硅基OLED与OLED材料具有技术同源性，所以鼎龙股份也具备向硅基OLED产业链横向延伸的可能性。
- **京东方A**：公司已成功为多个客户提供了采用Micro OLED技术的MR产品，显示出其在这一领域的强大实力。
- **清越科技**：以PMOLED、电子纸与硅基OLED三大业务板块为主。
- **莱特光电**：主要从事OLED有机材料的研发、生产和销售。在硅基OLED方面，公司持续供货头部客户并积极推进国内OLED面板厂商的全覆盖，新增视涯等硅基OLED客户。
- **华兴源创**：主要从事平板显示、智能穿戴、半导体等的检测设备研发、生产和销售。公司在Micro OLED检测设备方面领先布局，2021年已获得了下游客户索尼及终端客户的验证。
- **精测电子**：从事显示、半导体、新能源检测系统的研发、生产与销售。
- **联得装备**：主要从事半导体显示智能装备、封测设备等的研发、生产、销售。公司产品已在XR领域为视涯等客户提供显示器件生产工艺中所需要的设备。
- **精智达**：主要从事新型显示器件检测设备的研发、生产和销售业务。公司将在微型显示（MicroLED、MicroOLED）领域，进一步推广微型显示技术的应用。

图表22：国内Micro OLED产业链相关厂商及对应布局

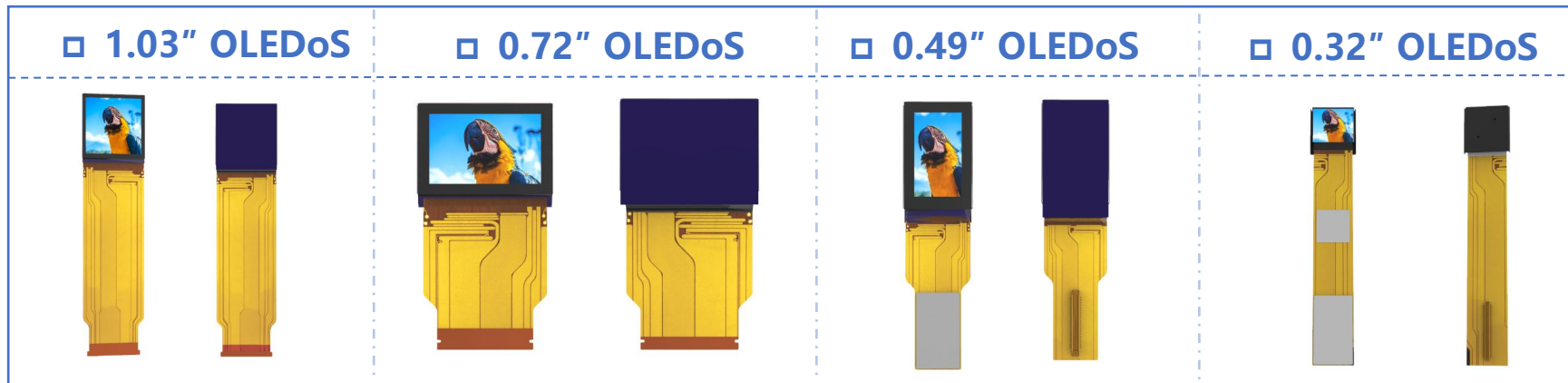


4.3 投资建议

➤ 4.3.1 视涯科技（未上市）：12英寸晶圆硅基OLED微型显示组件

- 视涯科技股份有限公司创立于2016年10月，是一家专业从事新一代半导体OLEDoS显示器研发、设计、生产和销售的高科技企业。视涯科技总部坐落于合肥保税区，一期工厂面积超过40,000平方米，是全球为数不多的专注于12英寸晶圆上生产OLEDoS显示器的产业基地之一。视涯科技致力于打造OLEDoS显示应用生态链，为客户提供端到端微显示相关解决方案。视涯科技核心团队成员主要由半导体、OLED显示、特种显示技术等领域的专业人才组成，具有扎实的技术基础与丰富的市场资源。
- 公司于2016年起开始微型显示屏的研发工作，积累了丰富的技术经验。合肥视涯硅基OLED微型显示器生产基地于2017年9月启动，2018年1月开工，2019年11月建成，标志全球最大的硅基OLED生产工厂正式投产。一期投资12.8亿元，占地面积55亩，总建筑面积43,000平方米，是目前全球最大的、唯一专注于12吋晶圆硅基OLED微型显示组件研发生产基地。一期项目月投片量可达9000片，满产时年产值可达30亿元。
- 2019年7月公司的1.03英寸2.5K×2.5K分辨率与0.72英寸1920×1200分辨率两款产品上线。2020年11月，合肥视涯技术有限公司宣布完成了首次批量订单的交付。2022年8月25日，大疆发布全球首款采用硅基OLED屏幕的消费级FPV飞行眼镜Goggles 2，采用视涯研发和生产的0.49英寸1920×1080 Micro OLED微型显示屏。目前视涯已推出0.32、0.49、0.72、1.03英寸等多款显示屏。

图表23：视涯科技OLEDoS显示器产品图例

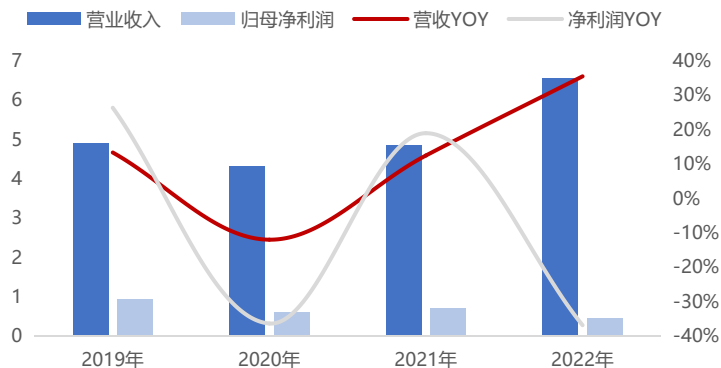


4.3 投资建议

4.3.2 易天股份 (300812.SZ) : 晶圆显示偏光片贴附设备

- 深圳市易天自动化设备股份有限公司成立于2007年，并于2020年在创业板上市，公司主要从事平板显示专用设备及半导体设备的自主研发、生产与销售，目前主要产品为LCD显示设备、柔性OLED显示设备、VR/AR/MR显示设备、Mini/Micro LED设备及半导体专用设备。
- 2019-2022年公司营业收入分别为4.89亿元、4.3亿元、4.84亿元、6.55亿元，净利润0.93亿元、0.59亿元、0.7亿元、0.44亿元。
- 在VR/AR/MR显示设备领域，公司提供其显示器件生产工艺中所需的Micro OLED（硅基OLED）晶圆显示偏光片贴附设备等相关设备，相关产品现已取得合肥视涯等客户的认可。同时，公司子公司微组半导体的晶圆保护玻璃贴合设备可用于硅基OLED晶圆保护玻璃的点胶、贴片、检测和固化等工序，相关产品已获得客户订单并已出货。

图表24：易天股份2019-2022年营收及利润情况（亿元）



资料来源：Wind，华福证券研究所整理

图表25：易天股份产品示例图



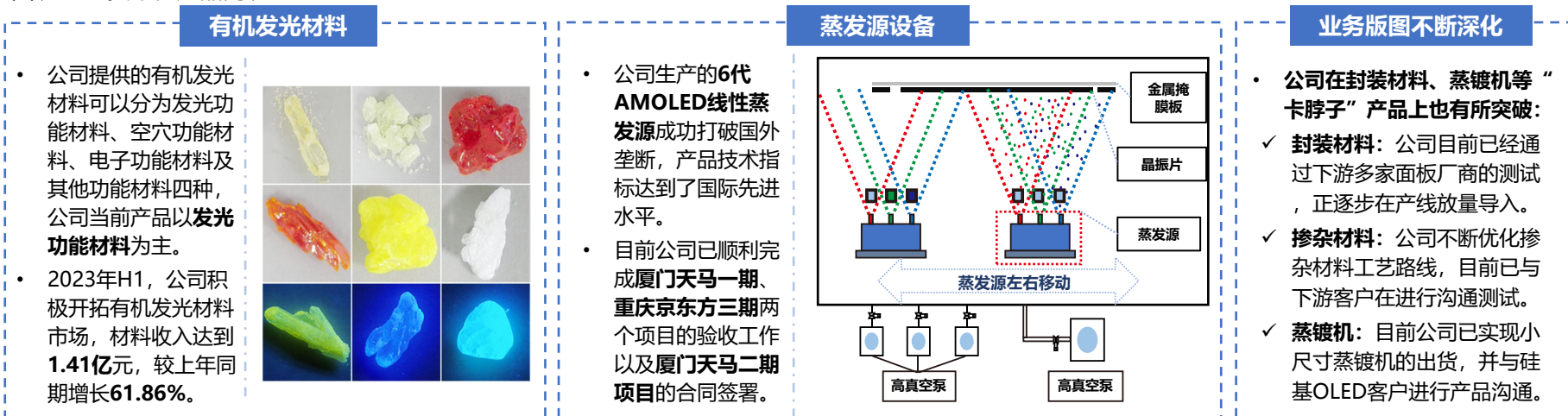
资料来源：易天股份官网，华福证券研究所整理

4.3 投资建议

➤ 4.3.3 奥来德 (688378.SH)：有机发光材料及小尺寸蒸镀机

- 吉林奥来德光电材料股份有限公司成立于2005年，是国内领先的OLED有机发光材料和蒸镀机制造企业，主要从事OLED产业链上游环节中的有机发光材料的终端材料与蒸发源设备的研发、制造、销售及售后技术服务，其中有机发光材料为OLED面板制造的核心材料，蒸发源为OLED面板制造的关键设备蒸镀机的核心组件。目前公司已向业内多家知名OLED面板生产企业提供有机发光材料及提供蒸发源设备。
- 2020年-2022年公司实现营收三年连续增长，营收规模从2.84亿元增长至4.59亿元，2022年实现归母净利润1.12亿元。
- 根据奥来德2021年年报披露，在硅基OLED方面，公司不仅完成了材料的积累，也实现了器件结构和全套材料技术的开发，先后为安徽熙泰、云南奥雷德、苏州集萃、梦显等多个硅基显示企业提供器件技术和材料业务。根据公司公开资料显示，在蒸镀机业务上，目前公司已经实现小尺寸蒸镀机的出货，并与硅基OLED客户进行产品沟通。

图表26：奥来德产品列表











资料来源：奥来德官网，奥来德公告，华福证券研究所整理

4.3 投资建议

➤ 4.3.4 鼎龙股份 (300054.SZ) : 光刻胶及封装材料

- 湖北鼎龙控股股份有限公司成立于2000年，2010年科创板上市，是一家从事集成电路芯片及制程工艺材料、光电显示材料、打印复印耗材等研发、生产及服务的国家高新技术企业，已形成打印复印耗材全产业链、集成电路芯片及制程工艺材料、光电显示材料等三大板块的产业布局。
- 2017年，公司成立了子公司武汉柔显科技股份有限公司，聚焦柔性显示材料业务领域，正式进入OLED第三代主流显示技术的材料分支，开始布局黄色聚酰亚胺 (YPI)、OLED 用光刻胶 (PSPI) 及 OLED 用封装胶水 (INK) 等几种关键材料的研发生产。
- 公司公开资料表示，在半导体显示材料板块，公司围绕柔性OLED显示屏幕制造用的上游核心“卡脖子”材料：YPI、PSPI、INK、OC等产品进行布局。公司柔性显示基材YPI销量持续增长，PSPI作为国内稀有国产供应商将在第三季度规模化批量出货。面板封装材料TFE-INK在重点客户G6线正在进行全流程验证，取得预期进展。低温光阻材料OC、高折OC、高折INK等其他新产品也在按计划开发中，并持续与面板客户保持技术交流。
- 基于硅基OLED与OLED材料具有技术同源性，所以鼎龙股份也具备向硅基OLED产业链横向延伸的可能性。

图表27：鼎龙股份半导体材料产品列表

半导体CMP制程工艺材料			半导体显示材料			半导体先进封装材料	
CMP抛光垫	CMP抛光液	清洗液	黄色聚酰亚胺浆料YPI	光敏聚酰亚胺PSPI	面板封装材料INK	临时键合胶TBA	封装光刻胶PSPI
							

资料来源：鼎龙股份2022年年报，华福证券研究所整理

4.3 投资建议

4.3.5 京东方A (000725.SZ)

- 京东方科技集团股份有限公司成立于1993年，是首屈一指的显示器龙头企业。公司核心业务包括显示器件、智慧系统、健康服务。产品广泛应用于手机、平板电脑、笔记本电脑、显示器、电视、车载、数字信息显示、健康医疗、金融应用、可穿戴设备等领域。
- 公司面向VR/AR提供的产品包含Micro OLED显示模组和Fast LCD模组，尺寸包含0.39inch至5.5inch，具有高分辨率、快速响应、高刷新率等特点，可用于多种微显示场景。公司于2022年5月率先推出了业界最高的5644ppi超高分辨率，对比度100000:1的硅基OLED屏幕。
- 2017年11月京东方与云南北方奥雷德光电科技股份有限公司、云南省滇中产业发展集团有限责任公司、高平科技（深圳）有限公司合作，共同投资11.5亿元在云南昆明建设Micro OLED生产线项目，项目公司为云南创视界光电科技有限公司，注册资本30.4亿元，京东方持股约82.8%。
- 云南创视界是国内稀有的同时布局8英寸和12英寸Micro OLED大规模生产线的企业。8英寸Micro OLED生产线于2019年8月实现量产，新规划的12英寸Micro OLED生产线分3期进行，预计将于2024年1月全部完成，设计年产能523万片。目前京东方已投入运营8英寸和12英寸硅基OLED产线(一期)，并完成0.39~1.3英寸的多款高分辨率产品开发和量产出货。

图表28：京东方Micro OLED产品参数

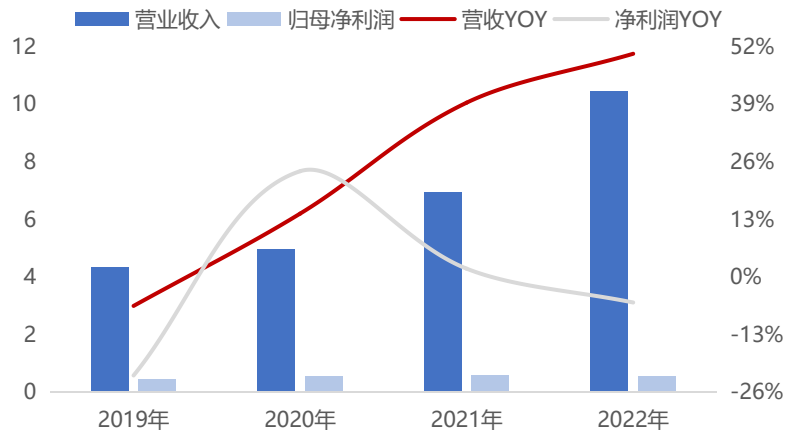
产品	5.46"	2.56"	2.1"	0.49"	0.5"	1.35"
分辨率	1920*3664	2160*2160	1600*1600	1920*1080	1600*1200	3552*3840
显示技术	LCD	LCD	LCD	Micro OLED	Micro OLED	Micro OLED
PPI	773	1192	1058	4496	4032	3822
响应时间	≤5.5ms	≤5ms	≤5.5ms	≤1ms	≤1ms	≤1ms
对比度	650: 1	650: 1	650: 1	> 50000: 1	> 100000: 1	> 200000: 1
色域	70.8%	85%NTSC	70.8%	≥80% DCI-P3	≥90% SRGB	≥95% DCI-P3
亮度	100nit	700nit	480nit	2000nit	1000nit	6000nit
刷新率	90Hz	90Hz	90Hz	60-90Hz	120Hz	60-90Hz
状态	MP	Sample	MP	MP	Sample	Sample

4.3 投资建议

4.3.6 清越科技 (688496.SH)：硅基OLED微显示器8英寸晶圆量产线

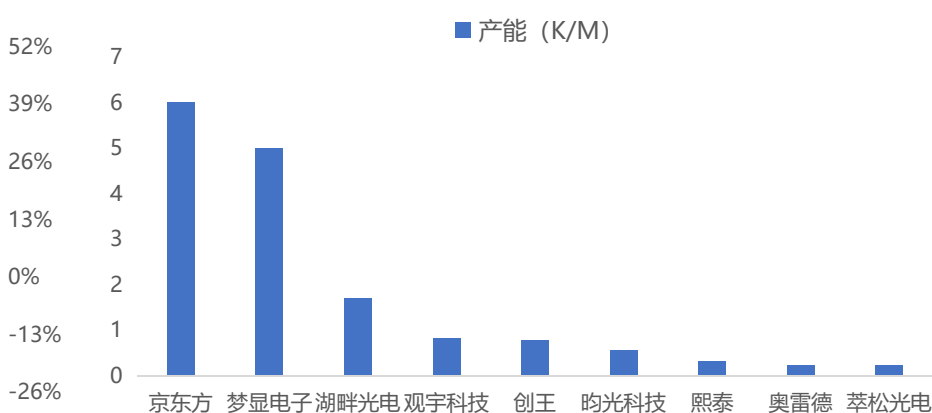
- 苏州清越光电科技股份有限公司成立于2010年，集自主研发、规模生产、市场销售于一体，清越科技在江苏、浙江、江西等地建有研发中心和多条大规模生产线，形成以PMOLED、电子纸与硅基OLED三大业务板块为主的多元化格局。
- 在Micro OLED领域，公司积累了高密度阳极像素点制作技术、高效OLED材料及器件技术、高可靠性游膜封装技术、彩色化显示技术等技术储备。
- 根据公司2022年年报披露，旗下梦显电子为抢占在虚拟现实及增强显示领域应用终端先机，于2020年开始建设硅基OLED微显示器8英寸晶圆量产线。根据2020年“昆山梦显电子科技有限公司OLED微显示器生产项目”环境影响评价报批前公示文件，该项目总投资3.6亿元，进行OLED微显示器生产项目。项目完成后，预计年产OLED微显示器60000大片。另据清越科技2022年年报显示，梦显电子硅基OLED微显示器8英寸晶圆量产线2022年已开始向客户批量出货，2022年营收为1800万元。
- 2023年上半年度，公司在硅基OLED产品研发层面继续加大投入，突破了数项关键核心技术，成功研发了包括0.23英寸超高亮度（亮度超过15,000尼特）产品在内的一批新产品，进一步提升了市场竞争力及产品附加值，硅基OLED业务整体相较去年同期有较大幅度的增长。

图表29：清越科技2019-2022年营收及净利润情况（亿元）



资料来源：Wind，华福证券研究所整理

图表30：截止2023年6月8英寸Micro OLED企业已验收项目总产能



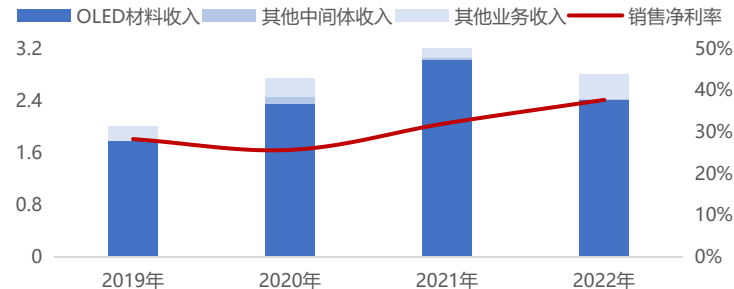
资料来源：TrendBank，华福证券研究所整理

4.3 投资建议

4.3.7 莱特光电 (688150.SH) : 终端材料

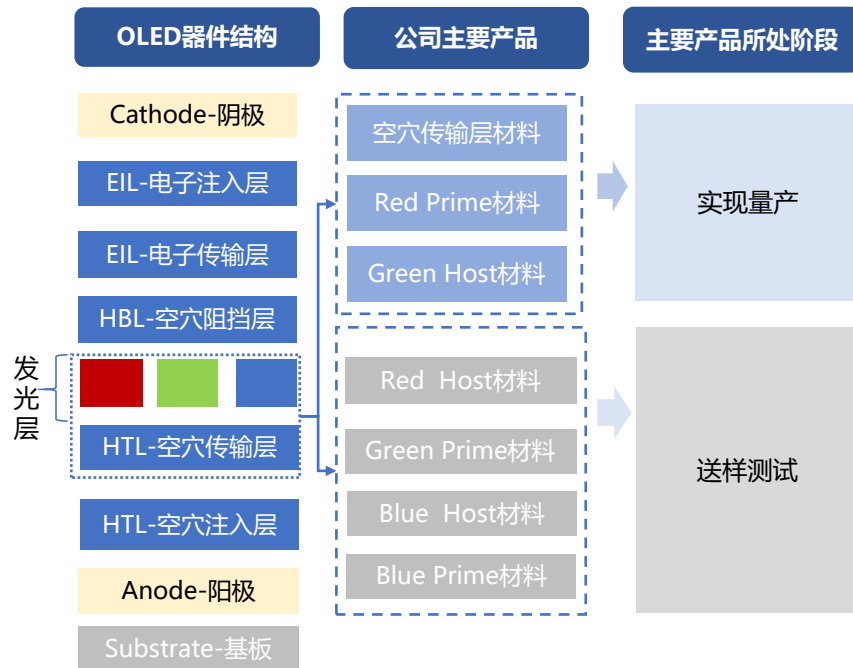
- 陕西莱特光电材料股份有限公司成立于2010年,公司实现了OLED有机材料中间体合成、升华前材料制备及终端材料生产的全产业链运营。公司具有多种OLED终端材料自主专利并实现了规模化生产。公司依靠卓越的研发技术实力、优异的产品性能、完善的配套服务体系,获得了良好的行业认知度,积累了广泛的客户资源。公司OLED有机材料的客户包括京东方、华星光电、和辉光电等全球知名的显示面板厂商。
- 2019-2022年公司分别实现营业收入2.01亿元、2.75亿元、3.37亿元、2.81亿元,主要由OLED材料贡献,同时2019-2022年公司销售净利率为28.22%、25.64%、32.06%、37.63%,维持在较高水平且2020年起逐年提升。
- 在硅基OLED业务布局方面,公司公开资料表示,硅基OLED为OLED显示技术的一个分支,其显示面板生产中同样会用到OLED终端材料,硅基OLED技术及产品的发展均会有利于公司业务的发展。公司OLED终端材料也有适用于硅基OLED显示面板生产的材料。同时在客户拓展方面,公司持续供货头部客户并积极推进国内OLED面板厂商的全覆盖,新增视涯等硅基OLED客户。

图表31: 莱特光电2019-2022年营收及构成情况 (亿元)



资料来源: Wind, 华福证券研究所整理

图表32: 莱特光电产品列表



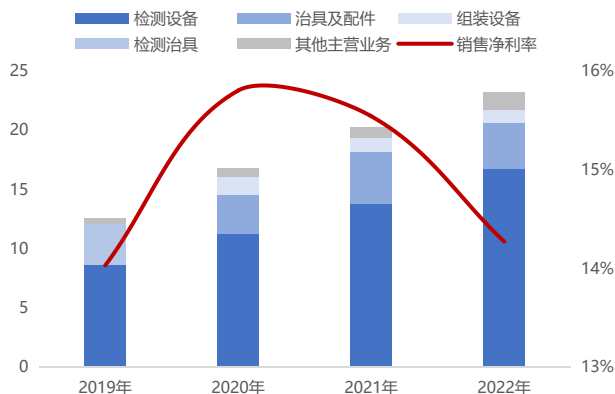
资料来源: 莱特光电招股说明书, 莱特光电公司公告, 华福证券研究所整理

4.3 投资建议

4.3.8 华兴源创 (688001.SH) : 检测设备

- 苏州华兴源创科技股份有限公司成立于2005年，并于2019年在科创板上市，主要从事平板显示及集成电路的检测设备研发、生产和销售。公司主要产品分为检测设备、检测治具，主要产品应用于LCD与OLED平板显示、集成电路、汽车电子等行业。
- 公司2019-2022年，公司营业收入从12.13亿元增长至23.2亿元，复合增长率约24%，其中收入占比最大的业务是检测设备。2019-2022年公司的销售净利率分别为14.03%、15.80%、15.54%、14.27%，保持相对稳定。
- 公司在Micro OLED检测设备方面领先布局，在2021年公司Micro OLED检测设备已获得了下游客户索尼及终端客户的验证。

图表33：华兴源创2019-2022年收入及构成（亿元）



资料来源：华兴源创官网，华福证券研究所整理

图表34：华兴源创Micro OLED相关技术储备

核心技术	技术简介
Micro LED/OLED近眼显示器的光学特性及缺陷检测方法	Micro LED/OLED等新型微显示技术具有超高分辨率的特点，能够满足AR/VR等近眼显示器对分辨率的高要求，目前在近眼显示器的研发生产中已得到一定应用。公司针对Micro LED/OLED近眼显示器研制一款检测镜头，能够模拟人眼瞳孔，对近眼显示器的亮度、色度、对比度、调制传递函数（MTF）、图像失真等进行检测。
Micro OLED的高精度压接技术	公司基于Micro OLED显示器件分辨率高、体积小等特点，从相机对位、算法等维度进行技术提升，研制一种高精度压接系统，目前可实现 355 根检测探针与测试中设备（DUT）的测试点同步压接，且满足单个测试点宽度为35um、相邻测试点的直线距离为 70um 的要求。
利用POGO转Blade pin多级转接传输6G 6Lane ALPDP的高速信号技术	Micro OLED显示器件分辨率高、体积小等特点，决定其在检测的过程中需要接收更多检测信号。为提升检测信号的传输速度与稳定性，公司研制一种POGO转Blade pin的多级转接设备，其中POGO pin针与基板PAD接触，Blade pin针与被测产品的接插件端接触。该设备能够实现6G 6Lane高速信号的稳定传输。
一种应用于 Micro OLED产品领域的高精度控温技术	Micro OLED产品点亮后存在自发热特性，这一特性会影响产品Gamma与Demura等指标在检测时的数据采集，导致产品关键指标无法调节到最佳状态。本技术采用半导体控温技术，达到在极短的响应时间内使产品点亮后温度精度恒定控制在 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。温度控制范围达到 $10^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ，系统对区间内产品温度实时跟踪并根据检测条件自适应精确调整温度。同时该控温系统可实现加热与冷却功能任意切换以满足对产品温度的精确控制，极大提升产品温度稳定性，从而保证产品的检测指标精确性与检测功能稳定性，同时缩短了产品测试时间。
Micro OLED TP划伤AI检测技术	利用机器学习框架并结合GPU特性，研发出针对Micro OLED屏上TP因为激光切割造成的边缘划伤检测技术，对在复杂环境中的TP划伤进行智能检出，除人为对不良进行标注外，后期人工干涉较少，并达到较高的检出率，并节约了大量检测时间。

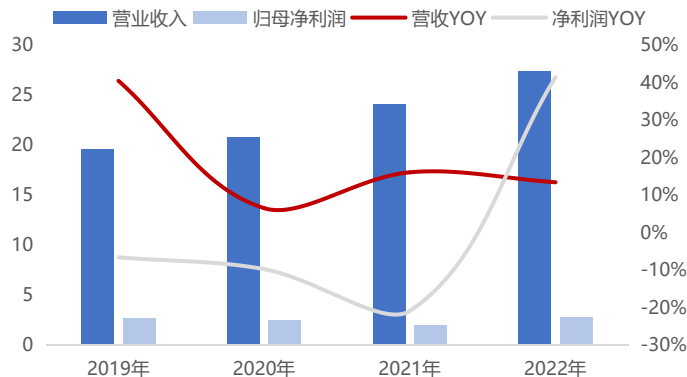
资料来源：华兴源创2021年可转债募集说明书，华福证券研究所整理

4.3 投资建议

4.3.9 精测电子 (300567.SZ) : 检测设备

- 武汉精测电子集团股份有限公司成立于2006年，并于2016年在创业板上市，公司是一家从事TFT-LCD(液晶显示器)\PDP(等离子体显示器)\OLED平面显示信号测试技术的研究、开发、生产与销售为一体的高新技术企业，也是目前国内平面显示信号测试领域的领先企业。公司的产品包括模组检测系统、面板检测系统、OLED检测系统、AOI光学检测系统、Touch Panel检测系统和平板显示自动化设备，已在京东方、三星、LG、夏普、松下、中电熊猫、富士康、友达光电等知名企业批量应用，并大量用于苹果公司的iPhone和iPad系列产品显示测试。
- 公司2019-2022年营业收入从19.51亿元增长至27.31亿元，实现稳步增长，净利润2.7亿元、2.43亿元、1.92亿元、2.72亿元，相对保持平稳。
- 公司产品涉及Micro OLED检测设备，同时，公司的参股子公司视涯科技已收获国际知名头部客户批量订单和诸多新项目机会。

图表35：2019-2022年营收及利润情况（亿元）



资料来源：Wind，华福证券研究所

图表36：Micro OLED检测相关产品

检测设备



硅基LED/OLED微显示模组AOI

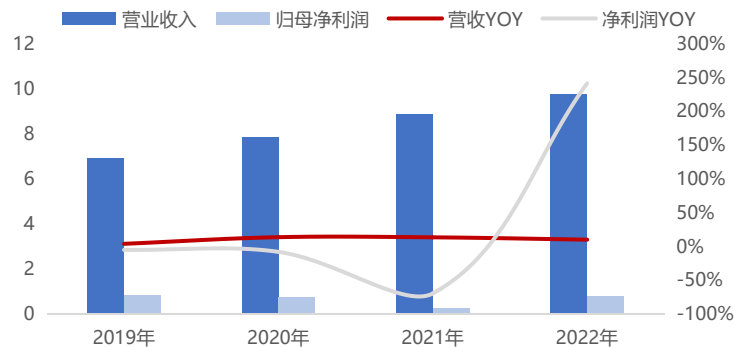
主要应用于Micro LED或Micro OLED单片微型显示器的Mura修复和画面检测及AA区外观检测。设计团队基于光学，电测，软体，算法，机构五大模块，结合Micro LED/OLED像素极小、亮度高、PPI高的产品特性，搭配自主研发的检测算法，实现亚像素级缺陷检测和亮度、色度测量（误差小于3%）。创造性将DeMura修复和AOI检测合并一站式完成，降低了机构复杂度，满足了高效的生产需求。

4.3 投资建议

4.3.10 联得装备 (300545.SZ) : 绑定设备

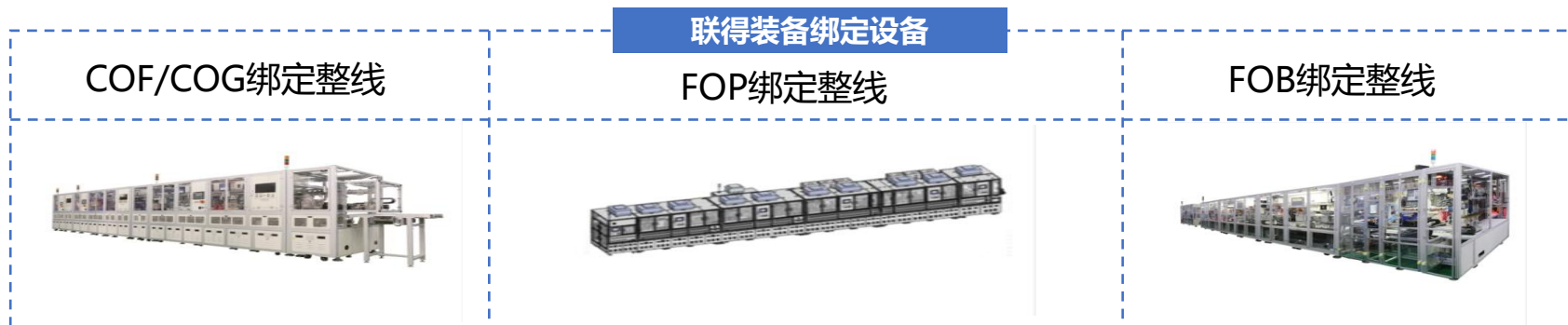
- 深圳市联得自动化装备股份有限公司成立于2002年，于2016年在创业板上市，产品主要为平板显示模组组装设备，广泛应用于平板显示器件中显示模组以及触摸屏等相关零组件的模组组装生产过程中，借助模组组装设备生产的平板显示器件及相关零组件，是包括智能手机、移动电脑、平板电视、液晶显示器在内的新兴消费类电子产品和其他需要显示功能的终端产品中不可或缺的组成部分。
- 2019-2022年公司营业收入从6.89亿元增长至9.75亿元，实现稳步增长，净利润0.81亿元、0.74亿元、0.23亿元、0.77亿元，同比波动较大。
- 公司公开资料表示相关产品已与合肥视涯等客户建立了合作关系，在VR/AR/MR显示设备领域为其提供显示器件生产工艺中所需的设备。

图表37：联得装备2019-2022年营收及利润情况（亿元）



资料来源：Wind，华福证券研究所整理

图表38：联得装备绑定设备展示图



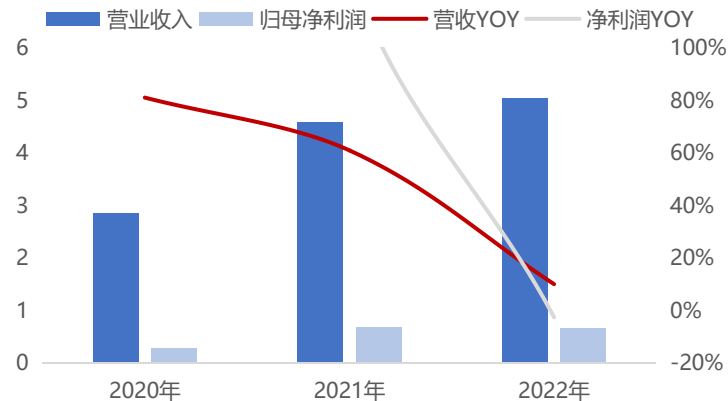
资料来源：联得装备官网，华福证券研究所整理

4.3 投资建议

➤ 4.3.11 精智达 (688627.SH) : 检测设备

- 深圳精智达技术股份有限公司成立于2011年，并于2023年7月在科创板上市，主要从事新型显示器件检测设备的研发、生产和销售业务，产品广泛应用于以AMOLED为代表的新型显示器件制造中光学特性、显示缺陷、电学特性等功能检测及校准修复，并逐步向半导体存储器件测试设备领域延伸发展，相关产品应用于以DRAM为代表的半导体存储器件制造的晶圆测试、封装测试及老化修复。作为国家级专精特新“小巨人”及高新技术企业，公司始终坚持研发导向、客户导向，致力于检测设备的自主可控和国产化替代。
- 2020-2022年公司实现营业收入2.85亿元、4.58亿元、5.05亿元，收入稳步增长，归母净利润0.28亿元、0.68亿元、0.66亿元。
- 公司新型显示器件检测设备研发投入将从两个方向持续发展，一方面公司将继续提高OLED领域的检测技术，进一步丰富新型显示器件检测设备产品线；另一方面在微型显示 (MicroLED、MicroOLED) 领域，进一步推广微型显示技术的应用。

图表39：精智达2020-2022年营收及利润情况 (亿元)



资料来源：Wind，华福证券研究所

图表40：精智达新型显示器件检测设备图例



资料来源：精智达官网，华福证券研究所整理

- 第一部分：Vision Pro横空出世，Micro OLED崭露头角
- 第二部分：Micro OLED有望成为下一代XR主流屏幕
- 第三部分：微显示技术演进及Micro OLED制造
- 第四部分：产业链梳理及投资建议
- 第五部分：风险提示

➤ 技术突破不及预期。

- 当前VR硬件端处于技术变革关键时期，若后续Micro OLED显示等技术方面未取得有效进展，将会影响VR设备的使用体验。

➤ 产品落地不及预期。

- Micro OLED技术目前仍处在发展前期，如果良率提升不及预期，或将影响产品生产成本及客户采购意愿，导致产品最终落地情况不及预期。

➤ 下游终端出货不及预期。

- Micro OLED目前下游主要为ARVR等消费电子新型终端，市场规模与产品出货量高度相关，如果ARVR硬件出货不及预期，或将导致硅基OLED市场规模低于预期，从而影响行业内相关公司发展空间。

➤ 市场竞争加剧风险。

- XR产业有望引领消费电子行业创新潮流，重塑消费电子产业链格局。随着相关企业相继展开研发与生产，行业竞争可能加剧。

➤ 政策支持不及预期。

- XR行业处于关键发展时期，相关产业链环节在国内仍处于起步阶段，需要政府政策的引导和扶持，后续若政策落地不及预期，行业发展可能面临困难。

分析师声明

本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告。本报告清晰准确地反映了本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收到任何形式的补偿。

一般声明

华福证券有限责任公司（以下简称“本公司”）具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司的客户使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。在任何情况下，本公司不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任。

本报告的信息均来源于本公司认为可信的公开资料，该等公开资料的准确性及完整性由其发布者负责，本公司及其研究人员对该等信息不作任何保证。本报告中的资料、意见及预测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，之后可能会随情况的变化而调整。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息及资料保持在最新状态，对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者应当自行关注相应的更新或修改。

在任何情况下，本报告所载的信息或所做出的任何建议、意见及推测并不构成所述证券买卖的出价或询价，也不构成对所述金融产品、产品发行或管理人作出任何形式的保证。在任何情况下，本公司仅承诺以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告以供投资者参考，但不就本报告中的任何内容对任何投资做出任何形式的承诺或担保。投资者应自行决策，自担投资风险。

本报告版权归“华福证券有限责任公司”所有。本公司对本报告保留一切权利。除非另有书面显示，否则本报告中的所有材料的版权均属本公司。未经本公司事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。未经授权的转载，本公司不承担任何转载责任。

特别声明

投资者应注意，在法律许可的情况下，本公司及其本公司的关联机构可能会持有本报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，也可能为这些公司正在提供或争取提供投资银行、财务顾问和金融产品等各种金融服务。投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一参考依据。

投资评级声明

类别	评级	评级说明
公司评级	买入	未来6个月内，个股相对市场基准指数涨幅在20%以上
	持有	未来6个月内，个股相对市场基准指数涨幅介于10%与20%之间
	中性	未来6个月内，个股相对市场基准指数涨幅介于-10%与10%之间
	回避	未来6个月内，个股相对市场基准指数涨幅介于-20%与-10%之间
	卖出	未来6个月内，个股相对市场基准指数涨幅在-20%以下
行业评级	强于大市	未来6个月内，行业整体回报高于市场基准指数5%以上
	跟随大市	未来6个月内，行业整体回报介于市场基准指数-5%与 5%之间
	弱于大市	未来6个月内，行业整体回报低于市场基准指数-5%以下

备注：评级标准为报告发布日后的6~12个月内公司股价（或行业指数）相对同期基准指数的相对市场表现。其中，A股市场以沪深300指数为基准；香港市场以恒生指数为基准；美股市场以标普500指数或纳斯达克综合指数为基准（另有说明的除外）。

诚信专业 发现价值

联系方式

华福证券研究所 上海

公司地址：上海市浦东新区浦明路1436号陆家嘴滨江中心MT幢20层

邮编：200120

邮箱：hfyjs@hfzq.com.cn

