Micro LED显示论坛：未来显示 抢占先机

编者按：11月23日下午，首届世界显示产业大会MicroLED显示论坛在合肥举办。本次论坛邀请到来自中国、美国、韩国、日本等各国MicroLED显示技术领域专家、企业代表参会并围绕“未来显示，抢占先机”的主题，分享了各自的最新研究技术与成果，为本次论坛带来了一场精彩纷呈的思想盛宴。

美国中佛罗里达大学光学与光子学院飞马教授吴诗聪

美国eMagin公司首席技术官阿玛尔·戈什

韩国庆熙大学信息显示系教授张震

鎵创科技执行长、联合创始人李允立

美国X-显示公司首席技术官、联合创始人克里斯托弗·鲍尔

三安光电股份有限公司技术中心总经理徐宸科

法国CEA-Leti研究室主任弗朗索瓦·坦普利埃

和莲光电科技股份有限公司执行长邰中和

日本索尼公司研发中心副总经理琵琶刚志

深圳雷曼光电董事长兼总裁李漫铁

美国Lumiode公司首席执行官、创始人文森特·李

上海显耀显示科技有限公司(JBD)首席运营官徐慧文

北京集创北方科技股份有限公司市场副总经理张哲

本报记者 张一迪 张心怡

吴诗聪：

显示技术的优势存在场景化差异

综合来看，OLED在可折叠、大于1000nits的场景中具备绝对优势。在65英寸的显示产品上，Micro-LED与Mini-LED的技术方案不相上下，分出高下的决定因素是盈利。

就电视显示来说，Micro-LED色彩是最漂亮的。在色差方面，并不是所有Micro-LED都不会有色偏，目前索尼通过将RGB全部变成efficiency，使MicroLED的色偏变得非常微弱。在动态模糊方面，AMLCD、OLED和MicroLED都会产生动态模糊，MPRT(动态响应时间)是很重要的。

不同的显示技术会在不同场景发挥作用。OLED和LCD依然是手机市场的“王者”；Mini-LED、QD-LCD、双元件LCD会继续“霸屏”电视和游戏显示屏；Mini-LED在PID(公用显示屏)、大尺寸电视、自动驾驶潜力无穷；可折叠、可切片的LCD将与OLED产生竞争；Micro-LED可能会比业界预期的更早进入市场，优先应用在VR/AR、智能手表、100英寸以上大尺寸显示等领域。

阿玛尔·戈什：

Micro-LED有四个难题待解

VR/AR是Micro-LED的主要应用场景之一。目前VR/AR硬件面临四个挑战。其一是显示，VR/AR需要超高分辨率、超高亮度、超高对比度，还需要低功耗、小尺寸。其二是光学，需要大视场角，不能失真，效率要高，重量要轻，尺寸也要微缩。其三是内容，包括游戏、电影。当前游戏处理图像的速度越来越高，AMD等公司都提供非常高质量的GPU和显卡，在这方面取得了长足的进步。其四是价格，可能不会急剧下降，但要考虑如何降成本，这是AR/VR必须考虑的要素。

哪一种微显示能应对这些要求呢？LCD、OLED或者是LED。OLED下面是晶圆，有机层里面有色域，可以进行露光。我们公司过去20年都在这上面做研发，有4K×4K等产品，直接接触面面积能达到7000nit。

Micro-LED则是一个非常有意思的技术，很多人尝试把LED从一个晶圆转到硅晶晶圆里，在晶圆上面实现有机生长。

LED微显示的难题主要有哪些呢？其一，COMS之间的像素互联是很难的，需要低间距的互联技术，将每一个相似的LED黏合在COMS的背板上。其二，LED有波动剧烈的I—V特性，很难产生并保持比较高的清晰度，还会产生一定的信号噪音，需要校正。其三，LED像素间的亮度差异大，需要补偿。其四，随着温度的变化，Micro-LED会产生明显的变色。

Micro-LED的优缺点都很明显。显示亮度达到7000nit的时候，我们很难得到比较高的PPI。但是Micro-LED可以得到数百万的nits，使用寿命长，功率效率良好。但Micro-LED的色彩表现还有待开发，色偏依旧是一个值得注意的问题。相比OLED，Micro-LED的成熟度不高，而且量产成本非常高。虽然面临挑战，但Micro-LED是一个令人激动的技术，应用潜能巨大，是未来硅基显示器的最佳选择之一。

张震：

TFT背板技术助力Micro-LED降本增效

如何让Micro-LED的使用寿命更长？需要切割、转移、间隔，这是三个最主要的问题。Micro-LED的应用领域非常广，从小型到大型的装置都可以。

带有LTPS(多晶硅)TFT背板的Micro—LED已经有很多公司在做，比如AUO、TIANMA等公司，三星也推出了55英寸和75英寸的产品，使用了拼接技术。对于LTPS，我们可以使用PMOS也可以使用NMOS，很多公司选择PMOS，它是大于100%平方厘米，好处是稳定性好，但制造成本高。我们开发了BLA(蓝色激光退火技术)，能降低成本，提升生产效率和移动性，维护的成本也是很低的。

其次是带有氧化物的TFT背板。双升级氧化物结构的好处是在半导体有很多氧化物，还有三级的电压，在BA(体积堆积物)双向级TFT的基板上面的还有Channel Resistance等方式。在半导体的应用中，它界面里面有很多的驱动，在这方面可以产生比较高的功率。对于磁滞氧化TFT，我们做了一个晶体管，加入氟之后，TFT的流动性和可移动性就增加了。加上一点氧化物之后，就可以产生非常高的对比度。最近我们也开始使用LTPO技术，增强LTPS的移动性，可以产生非常低的电流，对手机OLED也是适用的。

李允立：

Micro-LED是唯一可以做到无边框的显示技术

MicroLED目前来看是唯一可以做到完全无边框的显示技术。现阶段客户购买电视只能按照对角线大小选择尺寸，不能选择宽度跟长度。MicroLED有可能打破这种局限，一个合理的拼接技术就可以完成这件事情，客户希望电视是什么样的形状和尺寸、如何放置画面，都可以通过这个方式来决定。比如看电影的同时想看新闻，就可以把两者的画面移动到显示屏的不同区域。这样的显示器在过去的显示技术里面不曾存在，对客户有吸引力，是Micro-LED的机会。

MicroLED也适合透明显示屏。与LCD和OLED比较，Micro-LED发光区所占面积非常小，先天上就适合成为透明显示器。如果给无边框可拼接的概念加上一个透明显示屏，也许以后我们的家门就可以有一个很大的显示屏，可以是对内或者对外，就像落地窗一样，亮度很高。

最后的阶段是如何量产的问题。MicroLED要做的很小，组装上很便宜。把每一个LED都做的一模一样有点困难，转移的部分要做的很好。做各种RGB点亮的时候，传统上的做法就是一颗一颗的修复，我们的解决方法是做巨量修复。通过一次修复，做一次转移，就可以修复坏点，降低修复成本。

克里斯托弗·鲍尔：

用中心化方式应对MicroIC的安装测试修理

如果能够把晶圆和面板之间的距离缩短，就能够实现更好的显示效果。很多人认为巨量转移是关键的技术。我们之前称之为大规模的转移转印技术，这实际上是跨行业的技术。这下面是一个PDMS的弹性体，我们称之为柱体，把微型设备转移到显示机板上面，把所有的Micro-LED放在上面，用玻璃把它们制在一起，就好像在上面放了一个显微镜一样，这个机械性能是非常好的。既可以做巨量的转移，也不会丧失机械性能。

怎么样做大的显示屏呢？我们做了很多MicroIC，就好像是有一个源驱动器一样，在这个显示器里面是5.1英尺对角线的AMOLED显示屏，每一个MicroIC都有列驱动和行驱动，进行逐行的扫描。这样显示器里面就能用大量的巨量转移，用微设备呈现出来非常生动的画面。

徐宸科：

Micro-LED在2022年走向成熟

MicroLED什么时候可以进入比较商业化的量产阶段？其实已经有相应的产品，接下来有应用潜力的还有VR和车载。比如HUD是用一个非常大的光源去投影到玻璃上，需要很大的散热器，可是跑车太小了装不进去，所以有些车厂非常看重Micro-LED。我们预期到2022年，Micro-LED会比较成熟。

三安光电目前比较成功的是4英寸的MicroLED供应，预计今年年底到明年年初可以供应6英寸的MicroLED相关产品。

接下来我们看一下MicroLED的特性。因为MicroLED很小，特性不太好去测量，所以我们做了一个并联的方式去测量它的性能。一般来讲我们会先提供Sample，给客户做设计。就RGB三个颜色的效率来说，目前来讲Micro-LED红光的效率还是比较低。另外我们在研究芯片微缩化，还有一些新工艺的开发，让芯片尺寸缩小的同时可以维持效率。明年会推出5×10的Micro-LED芯片。

弗朗索瓦·坦普利埃：

用氮化镓释放Micro-LED更高性能

为什么我们要使用氮化镓，因为我们需要新的显示器、更好的画质、更紧凑的尺寸、更小的能耗、更高的亮度，这就需要结合氮化镓的Micro-LED技术。

我们提出了一种解决方案——微管技术。目前为止，我们已经可以做绿色和蓝色的转移。对于LED我们需要更小的驱动回路，更高的转移性能。微管可以给我们带来最大的转换效益，我们可以把它们连接起来，形成智慧像素的解决方案，首先智慧像素的转移方式是非常简单的，成本非常低，不需要喷墨等传统技术，不需要像TFT那样去考虑大小的限制。

我们可以把Micro-LED放到基板上面，把功能直接集成进去。Micro-LED有一个非常好的亮度，可以用于AR/MR等，是有源矩阵的解决方案。而且Micro-LED对大规模显示来说有很多好处，比如优秀的画质。我们的两个解决方案——微型管和智慧像素，可以为Micro-LED提供高清晰度的驱动。

邰中和：

光学技术是未来显示发展关键

Micro LED在AR/VR、照明、通信等领域都可以有一定表现。相比显示，良率对于照明来说重要性没有那么高，Micro LED在这方面可以比较快地进入市场，车灯就是其中之一。如果将传统的汽油引擎换成电动引擎，那么车灯就可以在品牌、安全、节能和交互性上有所表现。

在显示领域，光学方面的专家没有真正介入是阻碍AR/VR发展的一个重要问题。应用了数位光学技术的LCoS SLM(空间光调制器)可以超越传统光学，在HDR投影的光线控制上有着良好表现。但是AR/VR这个领域内大多都是做硬件和软件的，希望能够将教育和科研力量投入到数位光学上，建立生态圈，这样光学在未来会对显示的进步起到很重要的作用。

琵琶刚志：

Micro IC实现Micro LED精准控制

Micro LED可以发射显示像素，这一点是非常具有吸引力的，但是也存在非常多的挑战。Micro LED拥有能效高、寿命长、亮度高、色纯度高、反应快的潜能，存在尺寸、均匀性、精密装配、驱动技术等问题。

索尼在2012年CES上展出了基于Micro LED技术的黑彩晶显示样品，2016年实现商品化。

黑彩晶显示系统的独特之处是，它将非常微小的三色微发光二极管集成到大尺寸显示中，达到的画质可以在大屏幕上无缝实现。黑彩晶中的micro LED可以小到20微米，每个像素中发光区域很小，基本是全黑的，因此可以达到很高的对比度，有足够的空间来切割和调整边距，可以达到无缝平铺。

黑彩晶的另一个优势在于，其中所用到的微发光二极管让各个亚像素或次像素紧密排列，因此能放出非常清晰的图像，而且这种发光模式可以使任何角度亮度均匀。

对于Micro LED来说，驱动也非常重要，这也是很大的一个挑战。与基于TFT的传统有源矩阵不同，RGB micro LED和micro IC会被放置在每一个像素上，而后集成到新型的有源矩阵驱动里。这种驱动模式可以最大程度地提高发光时间占空比，从而实现Micro LED的高亮度。有源矩阵驱动还可以让每一帧的画面顺序驱动来呈现出较高画质。micro IC是一种带有PWM驱动的硅基离散性集成电路，我们可以通过它来实现对于micro LED的精准控制。

李漫铁：

大尺寸智慧显示墙为Micro LED提供广阔市场

Micro LED技术拥有超大尺寸显示应用和小尺寸超微高精度显示应用两个应用方向。雷曼光电和索尼、三星一样针对的都是100英寸以上的显示屏市场，雷曼光电一直致力于生产基于COB技术的超高清Micro LED。

大尺寸Micro LED技术进展可以从五个方面来看。首先是封装技术，Micro LED面板的发光芯片正在由正装往倒装进行，工艺难度在加大，价格在升高，间距在往下走，大尺寸的Micro LED发光芯片对波长一致性要求高，这点对上游企业要求较高。

转移技术上，目前用的比较多的是单颗和多颗转移，批量转移还有巨量转移还在开发之中，0.6毫米以上间距用多颗转移基本上能够满足要求。

基板方面来看，TFT和硅基板拼接上面还有很大障碍，对于电视机和电视面板所不能触及的100英寸以上拼接来说，PCB还是相对比较合适的选择。

良率控制非常重要，由于芯片直接封装在基板上，所以表面必须进行封胶处理，封胶处理是模块化的，对反光、墨色的一致性要求非常高。这方面如果做不好就存在一致性和模块化的色差，这是所有大尺寸拼接显示屏厂家都要解决的问题。

最后是校正技术，上游提供的芯片需要亮度和波长在一定范围内，最后要通过控制系统进行有效校正，这个校正的算法也是非常重要的技术。

大型显示墙是大尺寸Micro LED的应用领域之一，目前在中国有非常广阔的市场。智慧控制中心、监控中心、数据中心、智慧城市，智慧学校，智慧公安等都需要这样的显示墙。

文森特·李：

Micro LED技术可实现所有显示尺寸

Micro LED具有高亮度、高画质表现、高效率以及低成本的几大优势，这种技术可以覆盖所有显示尺寸，包括电视、手机、手表和微显示设备。

显示首先要产生光，而且必须控制光，所以也需要这两方面的能力。在我们的LCD电视里，灯来自于LCD背板，控制也来自于背板，而LED的控制来自于晶体管，我们可以把各个不同的LED技术总结为怎么把LED和晶体管结合在一起的技术。

我们在低温下制造了可后端兼容的硅基TFT，然后把它应用在了LED领域。

在Micro LED制造上，我们运用半导体工艺将Micro LED和硅基TFT集成在一个晶片上，全部流程都在单晶圆上完成，无需晶圆键合。

Luminode目前也面临着很多挑战：非晶硅薄膜的制备需要进行脱氢退火，脱氢温度限制了大多数p-GaN金属化方案，工艺集成过程中LED与硅之间的化学和材料兼容性也是需要解决的一大问题。

徐慧文：

Nano LED技术有望解决AR产品痛点

5G时代即将来临，AR将在5G时代成为非常关键的爆发性增长技术。轻量化是消费类AR非常关键的要求，如AR眼镜，需要做到尺寸与日常佩戴眼镜相当，佩戴无不适感。另外，AR要求从系统信息传递到人眼里有足够强度的光亮度，才能达到不同环境光强度下的交互性要求。

要实现小而轻的高亮度AR应用，高性能的微显示搭配光波导镜片是最佳方案。针对此，微显示面板要满足三项关键指标。一是尺寸需要小于0.3英寸，二是亮度需要大于100万尼特，三是像素密度需要达到10000PPI。目前市面上包括OLED、Micro LED以及DLP在内的主要显示技术都达不到这样的水准。

针对AR发展的这一痛点，JBD将硅基COMS与Ⅲ-Ⅴ族半导体进行混合集成，利用标准的半导体工艺和材料加工成Nano LED微显示面板。Nano LED是JBD定义的显示阵列中单个LED尺寸在1微米以下的微显示面板。JBD一直致力于打造出世界上最小、最亮、最高效，最可靠的微显示屏，迄今在微显示面板的亮度、像素密度和光效上拥有多项世界纪录，在国际微显示领域具有超高的热度。

目前，JBD的NanoLED微显示面板产品已经进入量产阶段。NanoLED微显示面板采用的标准的半导体材料、设备和工艺都是比较成熟的，这给JBD产品的量产提供了非常好的保障。此外，用集成电路的技术制备的微显示面板，由于其材料、工艺的成熟化及超高的工艺精度对面板尺寸的高效利用率，具有突出的成本优势。JBD计划在2020年推出数支标准产品，这将是LED微显示面板第一支可实现量产的产品。

张哲：

可穿戴设备将成为Micro LED应用突破口

从应用市场来看，Micro LED可以应用在大尺寸TV、可穿戴设备、手机、AR/VR或者MR上，这些设备从目前产业化方面来看，有没有哪项是可以做到量产的？现在来看，手机是目前最大的消费电子市场，在手机的屏幕上，Micro LED与现在手机屏幕的成本差距可能是几百倍的差别，反而是在可穿戴设备上成本是最小的，所以可穿戴设备是优先突破点。

我们看到有两种不同的主流背板技术——TFT背板和硅基背板，这两种技术对应的方案完全不同。不管是背板还是基板，集创北方都有对应的研发团队。

集创北方目前营收最大的产品线是LED Driveric，我们预计它会以每年22%的速度成长，是处于高速成长中的产业。