

编者按：自2024年以来，Micro LED透明显示迅速走红。联想推出全球首款透明Micro LED屏概念笔记本电脑Think Book，三星展出首款透明Micro LED电视，利亚德发布平板电脑大小的透明Micro LED屏幕……

Micro LED透明显示是Micro LED技术发展的创新之一，从一项充满科幻色彩的前沿显示技术，到终端应用落地在商业、车载、生活等丰富多彩的场景中，Micro LED透明显示屏正在加速走向大众。为此，《中国电子报》记者专访了显示领域的专家和企业代表，共同探讨Micro LED透明显示产业和技术的发展趋势。



中国光学光电子行业协会发光二极管显示应用分会理事长 关积珍



利亚德集团副总裁、智能显示研究院院长 卢长军



深圳雷曼光电科技股份有限公司董事长 李漫铁



南京洛普股份有限公司首席科学家 朱斌



深圳市奥拓电子股份有限公司副总裁、LED显示事业群总经理 吴振志

Micro LED透明显示加速走向大众

本报记者 谷月 王伟

Micro LED透明显示有两个技术难点需要攻坚

记者：Micro LED是如何变得透明的？与传统LED透明屏有怎样的技术差异？

关积珍：透明屏在传统LED显示应用领域里并不陌生，传统的LED灯条屏早已规模化量产和应用。而Micro LED透明显示屏是Micro LED技术发展的创新产品之一，其与传统LED透明屏有本质区别。透明Micro LED是在透明TFT玻璃基板上采用Micro LED发光芯片实现高透过率的Micro LED显示。近期通过对基板的创新等方式，出现了LED晶膜屏等新产品，在商业显示和广告等领域得到成功应用。

卢长军：Micro LED之所以能够做到透明，主要是因为Micro LED尺寸很小，几乎为透明状，且其使用的是透明玻璃基板，透过在玻璃基板上制备线路，并将LED贴片到玻璃上便可以形成透明显示屏。

在此过程中主要会面临几项技术难点：首先，需要根据LED的特性对Micro LED的线路及驱动进行特别设计，还要考虑相应的电路补偿以及线路对于透光率的影响；其次，将Micro LED完美地上件到玻璃，会极大地考验转移和焊接的工艺、良率和效率；最后，如果LED太小，晶片的发光效率太差，也会造成透明LED屏亮度不够，因此，如何达成上述技术的平衡，十分关键。

朱斌：Micro LED显示技术就是在LED的基础上进行微缩化与矩阵化，其单个发光单元的尺寸通常在微米级。Micro LED透明显示的原理就是将Micro LED芯片键合在透明基板上，使得显示屏整体具有透明的特性。透明基板是导电玻璃或聚合物材料，具有较好的透明性能。Micro LED芯片通常由红、绿、蓝三种LED芯片组成，也可以通过蓝光激发量子点产生红色和绿色，每种颜色都可以独立控制。通过控制Micro LED芯片的电流改变亮度和颜色，以达到呈现显示内容和调整显示效果的目的。

李漫铁：Micro LED透明屏与传统的LED透明屏有着本质差异。

传统的LED透明显示屏主要是LED灯条屏，通过安装在玻璃幕墙后面，可以达到透明显示的效果。后来在传统LED灯条屏基础上，通过对基板的创新，产业也在不断推出新的LED透明屏产品，例如采用透明柔性薄膜的LED晶膜屏等。而Micro LED透明显示屏则是在透明的TFT玻璃基板上，采用几十微米的Micro LED发光芯片，通过COB封装，实现高透过率的Micro LED透明屏。

记者：自2024年以来，透明显示的热度居高不下，众多厂商纷纷将自家的Micro LED透明显示产品推向大众视野。实现透明Micro LED需要攻克哪些技术难点？

朱斌：Micro LED芯片越小，就越容易成就更好的透明显示效果。Micro LED透明显示的痛点其实不在于实现透明的过程，而在于Micro LED技术本身如何升级。针对Micro LED透明显示，主要有两个方面的技术难点需要攻坚。

一是巨量转移。传统的LED芯片是通过固晶机绑定到基板上，其芯片尺寸通常在0.1毫米以上，固晶机的精度在10微米的量级。但是当Micro LED芯片在几十微米甚至几微米时，就超过了固晶机的精度极限，效率就非常低了。巨量转移就是在这个背景下被提出来的。

巨量转移对于转移数量、转移速度、转移精度、转移良率和转移成本等有极高要求。由于Micro LED具有较高的像素密度，因此，相对于其他显示设备，Micro LED显示设备所需组件数量和转移速度需要大幅提高，转移良率也要求在99.999%以上。同时，巨量转移成本极高，约占产品总成本的20%。目前，

产业开发的Micro LED巨量转移技术主要有粘弹体印章、激光剥离、滚轴转印、静电、电磁、流体自组和化学剥离等。

二是巨量检测。由于Micro LED芯片的尺寸达到微米级，已经无法使用传统的探针接触电极的方法供能点亮LED芯片，业界倾向于使用类似光致发光等无接触方法向Micro LED注入能量，继而对其实现光学和光谱学检测，以解决Micro LED微型化后生产链路中的工艺控制和良率监控难题。

李漫铁：Micro LED透明屏的技术难点一方面来自TFT玻璃基板本身，包括满足Micro LED要求的TFT器件技术、玻璃基板上高载流能力的覆铜技术等；另一方面源于Micro LED发光芯片的尺寸只有几十微米，必须采用巨量转移技术、激光键合技术、巨量维修技术等，但目前这些技术都还没有成熟。

吴振志：透明Micro LED的技术难点基本来自Micro LED技术面临的挑战，首先是巨量转移技术、Micro LED芯片良率等问题，其次才是玻璃基板良率、玻璃基板过电流能力等技术难点。另外，对于大尺寸Micro LED透明显示屏来说，分光分色的工艺和方法也需要取得突破，以解决大尺寸显示色差问题。

Micro LED透明显示承载着更大的想象空间

记者：Micro LED被视为未来新型显示技术的代表性技术，Micro LED和透明显示两项技术的结合情况怎样？目前，Micro LED透明显示的布局情况如何？该技术是否被主流厂商看好？

关积珍：近年来，Micro LED成为显示行业发展的主要热点，被视为未来新型显示技术的代表性技术。国内外传统LCD领域、LED领域以及半导体领域的企业都高度关注该技术，并在相关技术和产品研发上积极投入，但目前已成功将Micro LED和透明显示两项技术有效结合的企业并不多。

李漫铁：韩国和中国台湾地区的个别显示企业正在布局Micro LED透明显示技术，国内相关LCD、OLED面板企业也在布局，但技术难度和应用场景是Micro LED透明显示技术发展的两大制约。

吴振志：传统LCD面板企业，如三星、京东方、华星光电、群创、辰显等，具备TFT产线技术和玻璃面板供应链资源，相对更容易攻克透明Micro LED技术。

朱斌：从企业方面来看，目前正在布局该技术的企业比较多。例如，传统LED显示企业利亚德正在研发透明Micro LED项目。除了LED显示屏企业外，京东方、华星光电、天马、维信诺等面板企业，以及部分电子终端企业，如三星、TCL、康佳、联想等也在积极参与。此外，半导体、汽车零部件等跨界玩家对该技术也有兴趣。

卢长军：利亚德正在对Micro LED透明显示屏进行布局。利亚德不只是将Micro LED技术应用于透明显示，还会将其应用于更多元的产品领域。一方面，借助Micro LED的技术优势，带动各项显示产品的视觉效果实现全面升级；另一方面，Micro LED技术的不断降本提质，也有助于我们的产品进入更广阔的消费市场，为行业打开全新的增量空间。

记者：与透明OLED显示技术相比，Micro LED透明显示有哪些优势？Micro LED透明显示更适合应用在哪些领域？对其市场趋势有怎样的判断？

卢长军：从显示效果来看，相较于OLED显示技术，Micro LED在具备高透明度的同时，还具备高亮度、高对比度。Micro LED可以做到至少1000尼特亮度，以及150000:1的对比度，而OLED的亮度目前在200~300尼特，这使Micro LED更为适合AR和VR产品。从使用寿命及显示性能稳定性方面来看，

相较于OLED，Micro LED更稳定且使用寿命更长，长时间使用后不会有画面残影的问题，也不容易出现故障或坏点。

Micro LED透明显示屏有着巨大的发展潜力和广阔的市场空间，这份信心和判断来源于两方面：其一，技术应用场景广泛，只要生活场景有显示应用的地方或是安装玻璃的位置，都可以是透明Micro LED应用的领域。Micro LED透明显示屏让玻璃不再只是玻璃，而是承载更大想象空间的显示产品与内容载体。例如，AR/VR和汽车玻璃就十分适合用Micro LED透明显示屏。通过Micro LED透明显示屏，人们不仅可以观看自己想看的内容，还可以透过屏幕，看到屏幕外的真实环境。其二，随着工艺不断成熟、产能不断扩大、成本不断下降，利亚德有望推动Micro LED透明显示屏的性价比不断跃升，从而进入更广阔的消费市场。

朱斌：因为LCD不能主动发光，需要有背光板的辅助照明才能显示多彩的画面，所以之前市面上的透明屏一般只有OLED和LED两种。

相比透明OLED，透明Micro LED更适合工程显示，因为工程显示会在固定区域有长期不变的底色或者图片文字等，而OLED技术使用有机化合物发光，随着时间的推移就会在显示屏上留下不能恢复的烙印，因此，透明OLED尚未被广泛使用在工程产品方面。Micro LED使用微米级的无机二极管发光，这使得Micro LED具有高亮度、长寿命和更广泛的色域空间等技术优势，且Micro LED使用无机物发光，长时间的静态画面也不会出现灼屏现象。此外，OLED的使用环境一般在-30℃~85℃，而Micro LED则可以在-100℃~120℃之间工作，对环境的适应性极高，这个特性也使得Micro LED透明显示屏可以适配一些特殊应用，比如汽车玻璃。

李漫铁：与OLED等其他透明显示技术相比，Micro LED透明显示最大的优势是在实现高透过率的同时，还可以实现高亮度。Micro LED透明显示屏高透过率、高亮度的显示特性，特别适合于商业广告显示、车载显示等应用场景。目前几家布局Micro LED透明显示的企业，在车载显示方向上投入了大量的研发力量，透明Micro LED在车载显示领域可能会有较快增长。

吴振志：Micro LED透明显示屏既具有玻璃的通透性，又可以实现清晰显示，如在车载显示、玻璃橱窗、金融柜台、触控交互等方面存在极大的应用优势。OLED透明显示虽然也可以实现相似的透光效果，但是受限于显示材料的特性，无论是产品寿命、发光亮度还是拼接尺寸等方面都不如Micro LED产品，Micro LED可以轻松实现超长寿命、超高亮度和更自由的大尺寸拼接。

Micro LED透明显示的市场需求将明显提升

记者：Micro LED透明显示是否存在应用局限？如何平衡Micro LED透明显示的显示效果和透明度？

吴振志：Micro LED透明显示如果需要更好的通透性，就会带来对比度的降低，对于一些专业的显示领域，例如高端广告显示等应用，Micro LED透明显示还是无法满足其显示需求。

李漫铁：要在透明度与显示效果间实现平衡非常困难，高透过率与高显示效果的高对比度本身就是一对矛盾体，需要采用合适的技术来平衡这个矛盾。

Micro LED透明显示的效果极易受背景和环境光等因素影响，很多显示细节无法在透明显示上呈现。要平衡好Micro LED透明显示效果与透明度的最简单有效的方法是在不同的环境光亮度条件下进行不同Micro LED亮度的自适应调节，实现在不同环境光亮度条件下最佳的显示效果，在保

证透明度的同时，提升显示效果。另外，还可以将玻璃基板上的线路涂覆黑色，在不降低透过率的情况下，提升基板本身的对比度及对环境光的吸收，从而提升显示效果。

卢长军：与OLED透明显示无法平衡亮度和透明度不同，Micro LED透明显示的特性就是又亮又透，不用在亮度和透明度方面做取舍，而是要依据使用场景选择最适合的亮度。但Micro LED透明显示更适合大尺寸应用，因为产品尺寸越小就越难做成透明，原因在于不仅需要材料缩小，相应的玻璃基板、电路也要更加精密，如今这部分能力还需要持续提升。

朱斌：厂商在平衡Micro LED透明显示的显示效果和透明度方面，一般会根据应用场合的不同选择不同的基板，以此调整透明度和对比度的比重。比如，天马就推出了两款针对汽车应用的透明屏和带有浅灰色基底的半透明屏。此外，像素密度也会影响透明度，像素密度越高，画质就越高，但透明度会有所下降。不过，车载显示、玻璃橱窗、金融柜台、触控交互这些应用领域一般不会对画质有太苛刻的要求，可以适当牺牲对比度、亮度和色饱和度。

记者：当Micro LED透明显示终端产品在各大消费电子展上频频亮相，是否预示着“透明显示”的专属时代即将来临？距离Micro LED透明显示市场需求爆发还有多少路要走？

关积珍：Micro LED技术本身还在发展阶段，工艺、可靠性、成本等还有许多问题需要解决。Micro LED透明显示屏作为Micro LED技术的创新产品，虽然有独特的显示特色，但其适用范围仍然存在一定的局限性。要想成为普适性产品，其技术成熟度、可靠性和成本等方面还有待完善。

卢长军：Micro LED透明显示目前存在的最大局限依然是成本问题，这也是制约着Micro LED显示技术发展的重大瓶颈。随着越来越多厂家入局Micro LED透明显示，技术将越来越成熟，市场体量也将越来越大，随之而来的是成本的下降。预计未来3到5年，将是透明Micro LED的爆发期。

朱斌：Micro LED透明显示的技术链可分为芯片端技术、共性技术、装备技术以及显示端技术四大类，这四类技术都有拦路虎，并且Micro LED还面临OLED这样强劲的竞争对手。

终端制造商一般会偏向于更具备量产稳定性的技术方向。目前来看，各厂商仅仅展出了Micro LED透明显示样品，市场上并没有批量产品出货。Micro LED透明显示的市场爆发需要一个过程，让其成为能够被广泛接受的、质量稳定的、价格亲民的产品，而非高端定制化产品。目前来看，多家厂商已经将Micro LED的量产时间设定了在2027年，这也有望成为Micro LED透明显示的量产节点。届时，Micro LED透明显示一定会给人们带来耳目一新的视觉产品，家庭、汽车、展厅、商场等不同场景下都将有其身影出现。

李漫铁：Micro LED透明显示市场的需求能否爆发，主要取决于技术的成熟以及成本的降低。一方面，需要突破TFT玻璃基板技术、巨量转移技术等瓶颈，这些技术问题至少还要3年以上才能逐渐解决；另一方面，Micro LED透明显示受限于产品良率问题没法大批量生产，产品成本目前居高不下。未来，技术的成熟将促进产品成本的下降，届时Micro LED透明显示将在现实领域找到属于自己的一席之地。

吴振志：Micro LED透明显示市场需求的爆发更多还是受限于Micro LED技术本身。相信随着Micro LED技术的发展，Micro LED芯片的尺寸将越来越小，玻璃基板技术也将更加成熟，再配合TFT技术、灯驱合一技术等加持，Micro LED透明显示屏的技术升级进程将加快。预计未来3到5年，Micro LED透明显示的市场需求将明显提升。

坚持纾困与培优两手抓
推动中小企业平稳健康发展