

# Mini/Micro LED 商业应用即将迎来大爆发

编者按：6月17日—18日，由工业和信息化部、安徽省人民政府共同主办的2021世界显示产业大会在合肥市召开。作为六个主题论坛之一的Mini/Micro LED产业技术与创新应用主题论坛同期举办。该主题论坛由国际信息显示学会中国区(SID China)承办，与会专家就Mini/Micro LED产业发展现状及未来趋势进行了研讨。为了让读者进一步了解本次论坛，本报特摘编该论坛嘉宾演讲内容，敬请关注。

本报记者 张依依 姬晓婷

徐宸科：

## 2022年将出现Micro LED商业应用大爆发点

Micro LED具备无缝拼接、高对比度、高亮度、HDR效果极佳、可制作成不同形状等优势，这些优势使其具有非常广泛的应用场景。除尺寸外，Micro LED与Mini LED在结构上也有很大的差别，Mini LED使用的是蓝宝石衬底，Micro LED不带蓝宝石衬底，使用的是薄膜型芯片。

从LED发展过程来看，随着LED间距缩小，芯片越来越小，采用的技术也随之呈现出从表面安装到巨量转移的变化。2019年起，Micro LED已经实现了在室内外商业标牌上的应用，晶圆已经能够做到6英寸，2022年将出现Micro LED商业应用的大爆发点。

最近一年多的时间，Micro LED在光电效率转换上也有了一定的提升。在0.1安培每平方厘米的电流密度下，蓝光光电转化效率已经达到40%、绿光达到32%、红光达到10.9%。在2.5至10安培每平方厘米的电流密度下，蓝光的光电转换效率达到53%、绿光约为38%、红光约为18.8%。

Micro LED工业产业链由芯片制作、巨量转移、封装、维修、模组制作等几个板块构成。整个产业链，从芯片端到驱动端，需要很强的合作关系才能将Micro LED芯片设计好、生产好。因此，需要和客户密切合作。

在巨量转移环节，目前存在晶片键合、印刷转移、激光转移、自组装等多种类型的工艺。印刷转移，即通过转接仪器，有选择性地把RGB晶圆块取下来，将其转移到基片上。激光转移有两种，一种是全固态半导体激光器，即通过逐点扫描的方式，进行芯片晶圆块转移；另一种是准分子激光器，需要透过一个膜层，转移面积较大。印刷转移速度与转移设备面积相关，面积越大，转移的效率越高。准分子激光器需要透过膜层，膜层的面积越大，转移速度也相应地越快。相比以上两种转移方式，全固态半导体激光器采用逐点扫描的方式，因此其效率与设备面积无关，保持固定值。速度更快、效率更高的转移方式，花费也更高，因此在选择过程中要根据多项指标进行综合考量。

目前Micro LED在修复环节还存在技术困难。有的公司可以提供修复技术，但速度很慢，一颗一分钟，甚至两分钟，这是修复技术需要持续进步的地方。

林伟瀚：

## Micro LED为光电产业带来难得发展机遇

Micro LED具有高亮度、高集成、高色域、画面生动、反应速度快、刷新率高、外形轻薄等优势，明显超过LCD、OLED等显示技术，具有很大的发展潜力。即便如此，LCD、OLED、Mini LED、Micro LED等不同类型显示屏仍有各自的应用场景。LCD目前市场规模最大，在TV、手机等领域仍占主导地位，支撑着整个显示产业。Mini LED直显具有亮度高、色彩好的优势，在室外和高显领域有巨大的优势。Micro LED亮度高、色域广、对比度高，在可穿戴设备、AR/VR、豪华TV等应用场景中有较明显的优势。

“一大一小”是Micro LED未来的市场发展方向。在大尺寸方面，Micro LED可直接拼接，相比于需要切割的LCD面板更有优势，良品率更高，在色彩表现力、亮度、可靠性方面更具竞争力。在小屏领域，AR/VR、可穿戴显示对像素密度要求更高，例如AR的要求在1000以上。目前LCD和OLED无法实现如此高的PPI。Micro LED则可实现高PPI、高亮度，同时具有体积小、功耗低、寿命长等优点。随着AR/VR、可穿戴显示等产业不断发展，Micro LED将显现出巨大的市场机会。

根据Yole预测，2022至2023年，Micro LED的应用会有很大的突破。到2025年，Micro LED的应用才能逐渐商业化。在乐观情况下，到2026年，Micro LED面板的出货量将达到1.34亿片左右，2027年总量能达到2.51亿片，其中智能手表占据绝大多数市场，占比达9成左右。AR在2027年预计将占到30%左右的Micro LED市场，或可成为Micro LED杀手级应用。

Micro LED目前存在芯片微细化、巨量转移两大卡脖子难点。此外，单片波长不一致、红光效率低、工作电流稳定性低、芯片良品率低、巨量转移效率低等难关需要攻克。



三安光电股份有限公司  
技术中心总经理  
徐宸科



康佳集团股份有限公司  
显示设计与工业设计  
中心总经理 林伟瀚



南京大学电子科学与  
工程学院副院长  
刘斌



京东方显示与  
传感器研究院院长  
袁广才



天马微电子非显示业务  
部及创新中心总经理  
秦锋



成都辰星光电  
有限公司副总经理  
王程功



奥宝科技  
应用与市场总监  
蒋士元



NS纳米技术公司  
总裁兼CEO  
赛斯·科-沙利文



Instrument Systems  
GmbH产品经理  
托拜厄斯·施泰内尔

刘斌：

## 氮化镓Micro LED制备仍需攻克诸多难题

Micro LED除了在显示方面的应用，也可用于可见光通信。相对4G、5G这样的微波而言，可见光的频率更高，且可见光的波段有更快的传输速率。因此，利用Micro LED做可见光的通信有一定的潜力。

氮化镓半导体材料的制备主要依赖于外延的技术。目前，外延技术主要有两种：一种为MOCVD，金属有机化合物气相外延，目前产业界主要使用的是这种技术；另一种是分子束外延，主要用于科研领域。

氮化物材料的强极化效应，会导致量子限制斯塔克效应。为规避这一效应，可选择采用图形化的生长方式，用MOCVD工艺生长高质量半极性面氮化镓材料和量子阱结构。这种量子阱结构存在两方面优势：一是可以很好地实现长波长的高效发光。半极性面的量子阱结构Micro LED随着电流的增加，蓝光效果会削弱很多，这意味着波长的稳定性会有明显改善，从而更有利于显示。二是复合速率快。半极性面Micro LED器件的载流子复合速率比极性面快一个数量级，如果把器件做得更小，调制带宽的速度会更高，这有利于可见光通信的应用。

要制成氮化镓Micro LED的器件，需要多种微纳结构与微米LED的制备。目前可采用自主封装的方式，不论是从上到下的生长方法或者是从下到上的生长方法，均可以得到其基本结构和它的发光特性。在氮化镓量子阱平面通过纳米压印做纳米孔结构，将量子阱填充到纳米孔中，便可以实现更加高效的色彩转化。在单一的蓝光芯片上加上绿色和红色的量子点，能够实现RGB三色的显示芯片。

要将三色芯片集成，就要利用半导体加工的工艺。首先设计好三色芯片的结构，先做好蓝光LED，通过两次光刻，分别将红光、绿光量子点填充到微米孔中。量子点RGB芯片在实验过程中遇到了几个问题：一是大面积转移时量子点图形的均匀性、完整性难以保证，二是量子点的色种和效率暂时不知该如何进一步提高，三是多余蓝光的去除暂时没有很好的办法。

袁广才：

## Micro LED走向产品化对TFT驱动要求高

随着产品的迭代和升级，预计Micro LED将有非常好的市场表现。Micro LED要想实现真正的产品化，还需要3~5年的时间。在推进其产品化的过程中，如何解决超小尺寸下效率下降的问题，如何实现巨量转移，如何拥有高良率的转移能力和修复检测的方案是非常关键的。

Micro LED所面临的挑战来自以下几个方面，包括大面积化、巨量转移、键合、驱动、检测、修复和测算方案。

在背板驱动方面，特别是玻璃基的驱动方面，TFT领域是最具潜力的地方。如果未

来Micro LED能够得到广泛的应用，TFT驱动是必要的。与此同时，TFT驱动面临的问题也有很多，这涉及TFT的驱动能力，即能否有一个更合适的TFT脱颖而出，以解决目前Micro LED在驱动方面的高功耗问题。总体而言，拥有大电流、高稳定性、小尺寸驱动能力的TFT，是未来Micro LED能否走向产品化的核心。

在巨量转移方面，转移一定涉及良率，只有更高的良率才有机会实现产品的推广和普及。良率不足就要进行修复，而修复则需要时间、设备和成本。修复后的良率等问题在现阶段都无法得到认证，这些问题一定是阻碍未来Micro LED产品化的核心技术点。

键合是另外一个技术问题。是采用金属的低温键合，还是用ACP导电胶进行键合，抑或是采用其他新型结构的键合技术？这些目前都还不成熟。

检测也是一个非常难的问题。现阶段，PL检测可能已经相对成熟了，但是仍然存在一些问题。另外，无接触的EL检测技术也是未来Micro LED能否走向量产的重中之重，亟待攻关。

秦锋：

## TFT基板在成本和性能方面优势显著

对比Micro LED屏采用的三种类型基板，TFT基板在成本和性能上具有显著优势。TFT基板价格低廉，随着LED点间距逐渐减小，TFT基板相对PCB基板的成本优势将愈加明显。相比于采用PM驱动方式的PCB基板，TFT基板采用AM驱动，光色性能更好且不闪烁、更平整，易于大尺寸模块的拼接，它能够做一些柔性的集成，且具有透明的特点。它还能够做一些微结构，这些微结构是基于TFT的半导体工艺。TFT基板能够在一定程度上提升产品整体的性能，比如光效。

此外，因为LED的发光效率较高，所以在制作LED显示时，有一部分空间可以被充分利用。基于此，TFT基板还更易于与其他传感、通信等器件集成，这有助于系统介入智能化物联网，更好地满足未来信息化和智能化的要求。

TFT背板的技术挑战也很多。第一个挑战来自于均一性。整个TFT基板从上到下的电压不同，会导致显示不均。同时，因为TFT整个电压在分布时也是不均的，再加上电流驱动比较大，这就阻碍了良率的提升。第二个挑战来自功耗。功耗是一个相对的概念，现在LED本身的效率是比较高的，但是在应用场景中，如此高的效率不能很好地发挥。这就需要背板进行一些处理，在背板上做一些光学结构，将光效利用起来，提升正面的亮度、降低功耗。第三个挑战来自拼接。玻璃基板跟PCB基板的不同之处在于，玻璃基板在上方很难进行贯通处理，因此，当PPI进一步提升的时候，设备、工艺和材料将面临更加明显的挑战。

王程功：

## 上下游厂商协同努力 力促Micro LED产业发展

Micro LED在很多方面都有很大优势，对比传统的LCD显示或者OLED显示，Micro LED在对比度、亮度、功耗、寿命、工作温

度、响应时间等方面有较大优势。这些优势赋予了Micro LED在各个领域的创新和应用。Micro LED可以催生一些新的终端应用，比如三星公司推出的The Wall商显、TV、车载显示、AR、VR、透明显示等。

以可穿戴产品和车载产品为例，可以看出Micro LED与OLED性能之间的差异。Micro LED在亮度、功耗和色域上有比较大的优势，特别是在寿命上具备明显优势。从长期来看，Micro LED比OLED有优势，但短期来看，Micro LED也有很多需要解决的问题，以市场为例，Micro LED难以在手机市场中胜出，因为手机面对的是消费市场，而Micro LED产品的成本在未来3~5年内都不具备和OLED产品竞争的优势。

从技术方面来看，Micro LED主要面临三个技术难点。

第一个来自LED芯片。LED芯片可能会面临芯片效率下降、制造良率降低等问题，波长分布的均一性也会受到影响。所以说，Micro LED对芯片制造提出了非常大的挑战。

第二个是巨量转移。目前，业界都希望将转移效率提高，也就是希望能够把转移头设备做得尽量大，但是转移头尺寸越大，转移头的平整度就越难调和。此外，垂直芯片转移及电连接等问题也亟待解决。

第三个是驱动方面的难题。Micro LED需要处在高电流密度区，所以就需要用PWM数字驱动来进行驱动。从这点来看，高分辨率的实现也是一个比较大的挑战。

Micro LED产业化需要上下游厂商的共同努力。材料厂商、设备厂商、终端厂商、高效科研机构 and 人才联合培养平台需要通过协作来解决Micro LED量产等各方面的问题，要投入十亿元以上的资金量级和大量的人力。

蒋士元：

## 检测环节加速推进 Micro LED技术进步

在Micro LED领域，玻璃和巨量转移十分关键。当玻璃变成Micro LED后，检测的硬件虽然不发生变化，但检测涉及的部分算法需要改变。在测试这个环节中也需要做一些改变。

有一些客户在做Micro LED基板时会用到铜层。在用铜层时，修复环节有一些比较严格的限制，目前仍有待突破。产品在做巨量转移之前，或者说玻璃在进工厂进行转移之前，来料质量控制十分必要。

对背板的检查也很关键。因为如果背板质量不好，就会造成产品良率的严重下降。因此，一定要设立一个机制，保证背板进工厂之前一定要经过100%的全面检查，包括缺陷、大小等在内的相关问题都需要做检查。在巨量转移之后背板还要做一个检查，那就是修复。背板部分面临的首要困难就是，要把以前做在玻璃旁边的GOA(阵列基板行驱动)设计做到面内，这样才可以实现“四面五边框”。目前，中国台湾的友达和中国大陆的京东方可以实现“三面五边框”，但还做不到“四面五边框”。

大面板的转移要配合所有LED的大小。在尺寸缩小时，精度要想达到与之前同样的效果，就会面临很多控制上的难点。以前这些困难在OLED和LTIPS(低温多晶硅)领域

都不会发生。

Micro LED在技术上存在很多困难，这些难题需要花很多时间去解决。Micro LED正在慢慢取代以前比较成熟的技术，因此业界如果不做出改变，就没有新的机会。在做改变之时，业界需要依靠检测设备来加速进程，以克服这个过程中存在的种种挑战。

## 赛斯·科-沙利文： 纳米LED能够实现远紫外线消毒

超紫外线，尤其是UVC(短波紫外线)波范围内的光，被用于消灭病毒、细菌和其他致病微生物等方面的历史已经超过了100年。它还应用在了食品、空气和水的净化上，并且能够对医院手术室、商店和工厂进行消毒。

然而标准的UVC光存在限制。目前的UVC光通常是在254纳米和275纳米波长范围内传输，但是254纳米的光子会穿透并且破坏皮肤和眼睛中的活细胞。换句话说，这对于人类来说是不安全的。

254纳米光也是如此。虽然它不像UVA(长波黑斑效应紫外线)或者UVB(中波紫外线)那样很深深地穿透人类皮肤，但是它仍然会造成伤害，所以今天254纳米UVC光只能在没有人的场景下使用。

可喜的是，大量的研究证明了远紫外线消毒方式的安全性。哥伦比亚大学于2020年发表在《自然》杂志上的一项里程碑式研究表明，远紫外线能有效杀死病原体，并且不太可能对暴露在外的组织造成伤害。

但是远紫外线消毒这一方式成本很高，运行过程中也存在很多难点。目前220纳米远紫外线光源需要使用气体和化学品(如氯或者氟)，因此为了避免温度等方面带来的危险因素，就需要固态解决方案。

利用标准的氮化物半导体原件可以开发出一种用于UVC光的固态材料。用于空气和表面消毒的短波光发射器可以产生对人体安全的不可见光，其峰值是219纳米。

在未来的3~5年内，Micro LED和Mini LED会颠覆显示行业，纳米LED技术能够实现第一个真正的远紫外线LED。这种隐形的紫外线消毒方法是一项颠覆性的技术，纳米LED产品的市场范围和商业潜力非常巨大，覆盖AR、VR、电脑、手机等多个领域。

## 托拜厄斯·施泰内尔： 生产高质量显示器 需快速准确分析颜色

Micro LED显示技术保证了出色的色彩和发光性能，然而该技术对光学质量的控制提出了挑战。

在这种情况下，高分辨率的相机是首选的测试选项，因为显示器上的每个Micro LED都可以在拍摄中进行平行测量。然而就绝对颜色而言，光谱仪是最佳选择。因此，为了获得最高的Micro LED测量精度，在测量系统中需要结合高分辨率相机和光谱仪这两种技术，并且引入针对每张图像进行优化的寿命校准手段。只有这样，才能够生产出高质量、真彩色的Micro LED显示器。

Micro LED在测量方面存在挑战。比如，制造商产品的不兼容会导致LED光谱存在光谱偏移现象；窄带宽的Micro LED能够提供良好的色域，但是当它接近激光带宽时可能会发生变化，这为光测量设备和光测量带来了挑战。

颜色和亮度的均匀性对于任何显示器来说都是必不可少的，不均匀的显示会扭曲图像内容，可能会给人们带来不好的视觉体验。因此，均匀性测试就成为显示器生产中最重要的测量环节之一。均匀性是一种特殊属性，所以通常通过成像光测量设备进行测试。

在投入使用之前，成像光测量设备需要通过光谱仪点测量来进行校正。为了确保准确的测量和正确的质量控制，每个测量环节都要进行寿命校准。

快速准确地分析颜色对于生产高质量显示器而言非常重要。由于明显光谱溶差的存在，Micro LED技术和显示应用可能需要额外关注测量的不确定性。将高精度光谱仪和高分辨率相机系统与每个图像的寿命校准相结合，就成为了显示器和晶圆质量测试领域非常快速和准确的解决方案。