

Micro LED 显示研究报告

（ 2019 年 ）



中国电子信息产业发展研究院

2019 年 3 月

目 录

一、Micro LED 显示发展背景.....	4
（一）产业背景：三大因素驱动技术迭代.....	4
1. 产业结构优化调整	4
2. 行业应用加速拓展	4
3. 节能成为竞争焦点	5
（二）技术背景：多种显示技术竞相发展.....	5
1. LED 显示.....	6
2. 液晶显示	7
3. OLED 显示.....	8
4. 激光显示	9
5. 电子纸显示	10
（三）发展基础：LED 显示进入微型化阶段.....	11
1. 小间距 LED	11
2. Mini LED.....	11
3. Micro LED.....	12
二、Micro LED 显示概述.....	13
（一）显示原理.....	13
1. 像素结构	13
2. 阵列驱动	14
3. 背板键合	17
（二）核心工艺.....	19

1. 芯片制备	19
2. 薄膜转移	19
三、Micro LED 显示发展现状.....	21
（一）产业发展现状.....	21
1. 产业化进程萌芽初显	21
2. 器件性能不断提升	22
3. 跨国公司抢抓布局	23
4. Mini LED 进入量产阶段.....	23
（二）区域发展现状.....	24
1. 美国：专利布局较早，企业并购活跃	24
2. 中国大陆：紧跟国际步伐，龙头企业带动	25
3. 中国台湾：产业链较完整，力图弯道超车	26
4. 日本和韩国：大型企业牵头，重视对外合作	28
（三）知识产权发展现状.....	28
1. 专利申请构成	28
2. 专利技术分布	30
3. 标准化推进	32
（四）存在问题.....	32
1. 量产技术仍有困难	32
2. 生产成本高居不下	32
3. 产业环节较为分散	33
4. 设备工艺有待革新	33
四、Micro LED 显示发展研判.....	34

除《企业家第一课》、《企业家功成堂》外，其他公众号分享本期资料的，均属于**抄袭**！
邀请各位读者朋友尊重劳动成果，关注搜索正版号：《企业家第一课》、《企业家功成堂》

谢谢观看！

企业家第一课，专注做最纯粹的知识共享平台



关注官方微信
获取更多干货



加入知识共享平台
一次付费 一年干货

(一) 市场展望	34
1. 量产进程有待推进	34
2. Mini LED 最早得到商业化应用	35
3. 中小尺寸智能终端市场是发展方向	35
4. 大尺寸产品性价比优势值得关注	36
5. 透明显示优势明显	37
(二) 竞争格局展望	37
1. TFT-LCD 仍是未来主流显示技术	37
2. 对现有产业格局带来深远影响	37
3. 跨界合作加速产业发展	38
五、Micro LED 显示发展建议	38
(一) 加强顶层设计，强化产业政策支持	38
(二) 优化投资机制，完善产业发展环境	39
(三) 实施技术创新，提高产业竞争力	39
(四) 加快知识产权建设，保障行业发展质量	40
(五) 推动要素集聚，引导产业健康发展	40
六、参考文献	41

一、Micro LED 显示发展背景

（一）产业背景：三大因素驱动技术迭代

新型显示在信息交流中承担了人机交互作用，是信息传输过程中的关键环节。围绕新型显示技术发展起来的产业具有投资规模大、技术进步快、辐射范围广、产业集聚度高等特点，对上下游产业的拉动系数在 4 左右，是各国及地区近年来竞相发展的战略性新兴产业。经过十多年的努力追赶，我国新型显示产业迅速发展壮大，已成为供给侧结构性改革的成功典型。截止到 2018 年底，我国面板生产线的投资总额已超过万亿元，薄膜晶体管液晶显示（TFT-LCD）面板年出货面积位居世界第一，全球占比达到了 40%。

1. 产业结构优化调整

近年来，全球显示面板产业开始出现结构性调整迹象。一方面，大屏化促进面板产能持续增长。另一方面，由于传统面板同质化竞争不断加剧，产业产值出现下滑趋势，显示产品的不断升级成为产业发展驱动力。据中国光学光电子行业协会液晶分会（CODA）预测，2018 年全球显示面板出货面积预计将达到 2.1 亿平方米，同比增长 9%，但整体产值预计同比下滑 7.1%。其中，传统的 TFT-LCD 产值下滑趋势明显，新兴的低温多晶硅液晶显示（LTPS-LCD）、氧化物液晶显示（Oxide-LCD）、主动矩阵有机发光二极管显示（AMOLED）和小间距发光二极管显示（Mini/Micro LED）产值均呈稳定或出现增长。

2. 行业应用加速拓展

智慧城市、智能网联汽车以及虚拟现实等应用的兴起带动新型显示技术和产品进一步拓展。智慧城市建设的加速发展促进大屏商用显示面板销售出现爆发式增长态势，据 IHS 预测，2018-2021 年全球商用显示收入的复合年均增长率（CAGR）将达到 18%，远高于显示面板行业 4% 的年均增长率。智能网联汽车的发展为显示技术提供了新的应用场景，车载显示面板继手机之后成为中小尺寸应用的第二大市场。虚拟现实技术逐步走向成熟，对显示技术进步和性能提升将产生重要推动作用。轻薄、柔性、环保、个性化是虚拟现实显示器件必须符合的标准，未来将给新型显示产业带来新的挑战与机会。

3. 节能成为竞争焦点

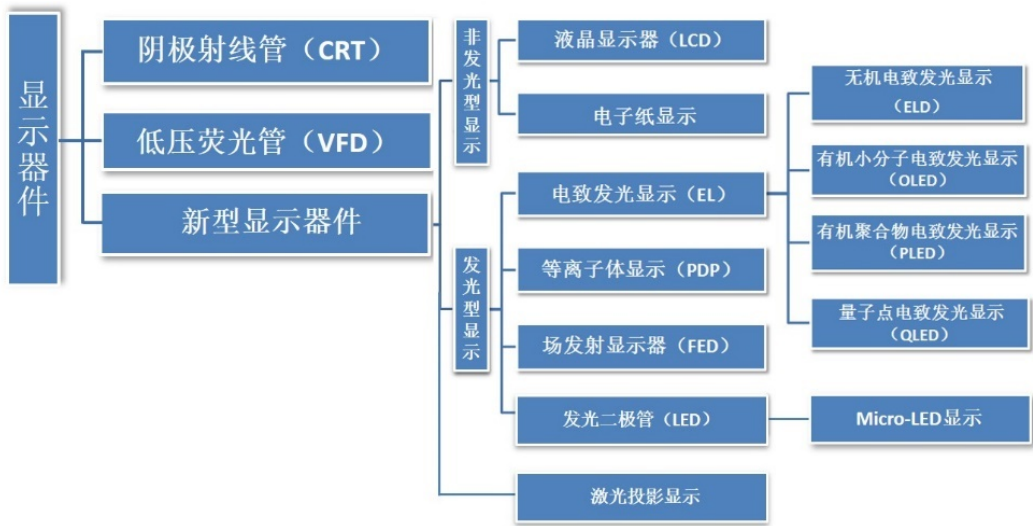
消费电子产品加速升级对节能环保提出新的要求，智能手机、平板电脑、可穿戴设备等智能移动终端的续航、环境友好已成为消费者日益关注的焦点。另一方面，随着更为严格的节能降耗标准的实施，新型显示产业加快向高光效发光材料、低能耗背光模组、健康化用眼环境等节能、环保、绿色方向发展。韩国、日本和我国台湾地区的显示协会共同发起成立了 WLICC（世界液晶产业合作委员会），旨在通过全球性的产业合作，敦促各个国家及地区在进行显示器件生产时能够兼顾环境保护，促进产业可持续发展。

（二）技术背景：多种显示技术竞相发展

根据显示原理的不同，新型显示器件可以分为主动发光显示（像素发光，短程成像）、被动发光显示（像素不发光，依靠外

部光源)、激光投影显示(像素发光,长程成像)3种类型。其中,主动发光显示主要包括电致发光显示(EL)、等离子体显示(PDP)、半导体发光二极管显示(LED)、激光荧光体显示(LPD)等。被动发光显示主要包括液晶显示(LCD)、电子纸显示(EPD)等。当前,主动发光显示中的主动矩阵有机发光二极管显示(AMOLED)和被动发光显示中的薄膜晶体管液晶显示(TFT-LCD)是最主流的显示技术,两者市场份额之和接近90%。

图 1 显示技术分类



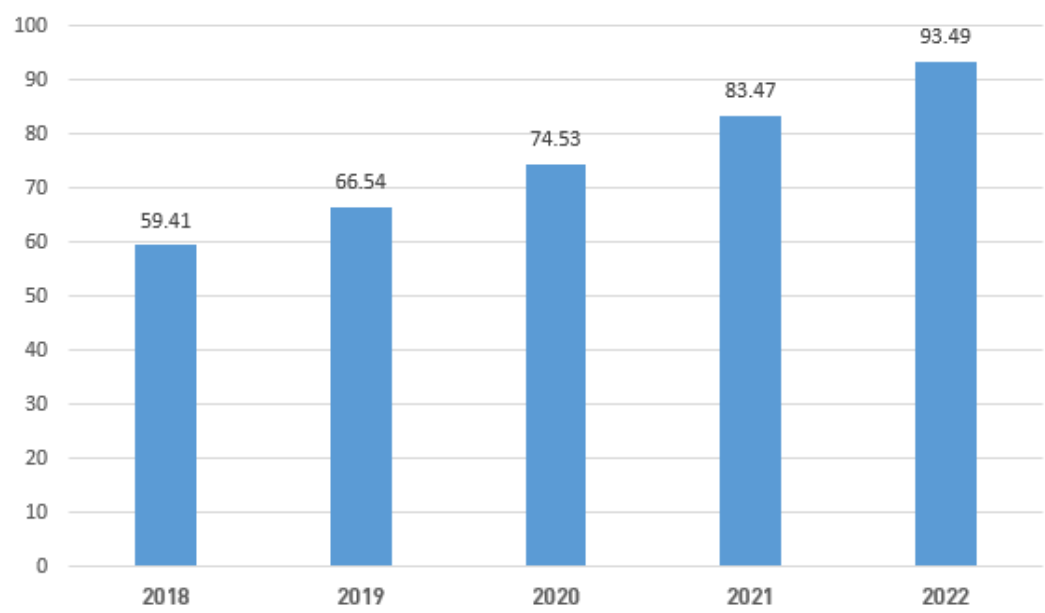
数据来源：赛迪智库，2019 年 3 月

1. LED 显示

LED 显示的原理是利用半导体二极管的电致发光效应，使像素单元主动发光。在电场驱动下，半导体发光二极管中的电子和空穴经电极注入和相向传输，成对地结合为激子。特定材料中的激子衰变，可产生 RGB 三原色。在驱动电路的控制下，LED 像素矩阵即可实现彩色图像显示。当前，LED 显示产业已经步

入成熟期，相关产品在照明装饰、高动态范围图像（HDR）显示（影院、酒吧与主题乐园）、背光指示器、广告租赁、零售百货、会议会展等应用领域的市场渗透率逐步提高。根据集邦咨询 LED 研究中心（LEDinside）测算，2018 年全球 LED 显示市场规模达到 59.4 亿美元。随着未来 LED 显示屏市场需求进一步增加，2022 年全球市场规模将达到 93.5 亿美元，CAGR 达到 12%。

图 2 2018-2022 年全球 LED 显示市场规模预测



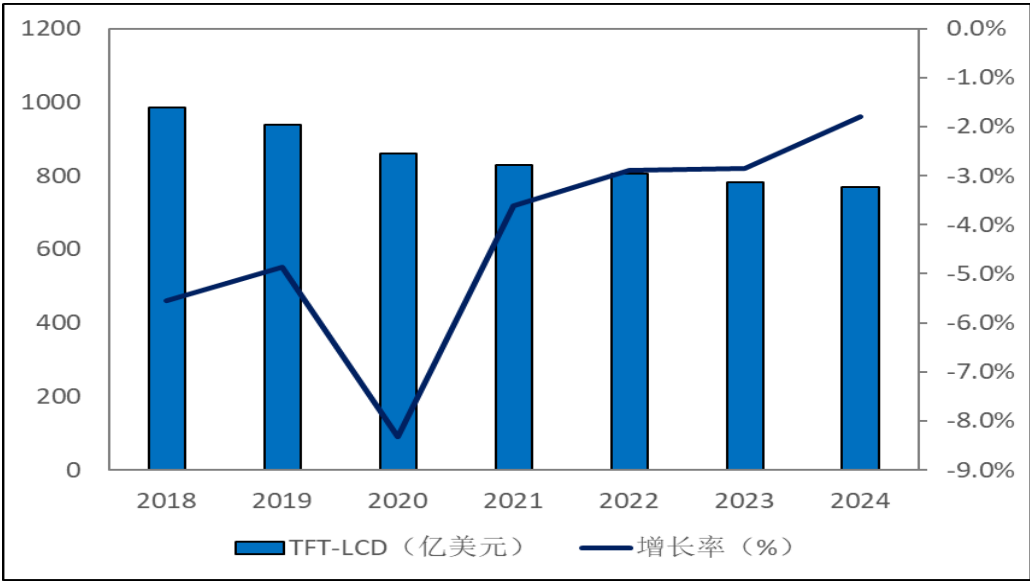
数据来源：LEDinside，2018 年 8 月

2. 液晶显示

液晶显示的原理是利用外加电压实时控制液晶分子的透光率，在背光源照射下实现被动发光显示。在外加电压下，每个像素单元内的液晶材料能够快速改变排列方式，动态地调整背光源光束的透光率。具有红黄蓝（RGB）滤色片的像素矩阵在驱动电路的控制下，能够在较高刷新率下实现动态彩色图像的显示。

TFT-LCD 显示是目前应用最广泛的显示技术。除太空、大温差、高湿等少数特殊环境外，TFT-LCD 产品覆盖了所有的民用显示领域，如手机、电视、电脑显示器、平板电脑、笔记本电脑、公共显示屏等。据 CODA 统计，2018 年前三季度，全球 TFT-LCD 营收规模为 509 亿美元，同比下降 16%，在新型显示器件营收中占比超过 60%；出货面积接近 1.49 亿平方米，同比增加 5%，面积占比超过 95%。未来 5 年，随着多条高世代生产线产能释放，TFT-LCD 市场整体呈现“量增价跌”的发展态势，产能和出货面积逐年增加，但出货金额将逐年减少，利润率不断下降。

图 3 2018-2024 年全球 TFT-LCD 营收预测



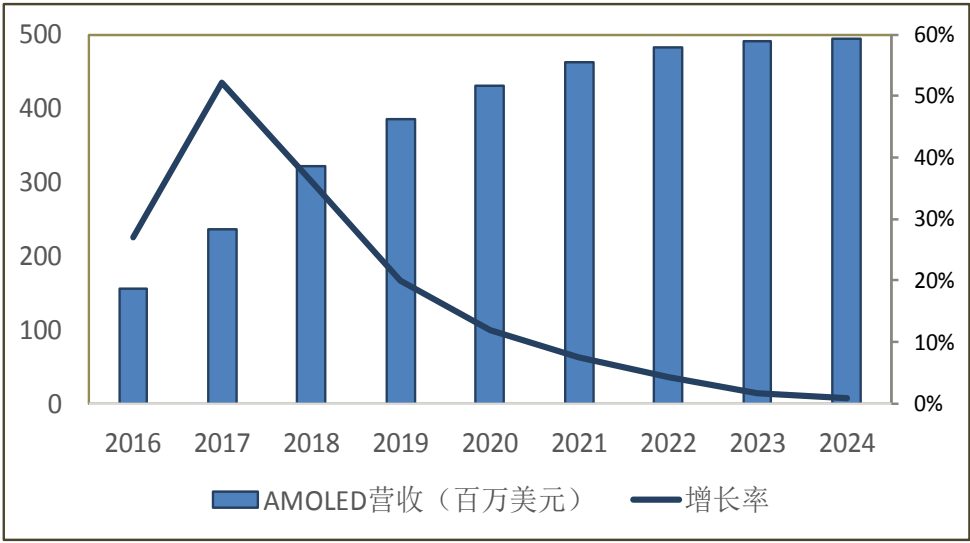
数据来源：赛迪智库，2019 年 1 月

3. OLED 显示

有机发光二极管（OLED）显示被认为是最具发展前景的新型显示技术之一。其中，AMOLED 显示器件凭借高对比度、可柔性、色彩艳丽等优点，近年来已实现快速商业化应用。2018

年，全球 AMOELD 面板出货金额预计将超过 250 亿美元，主要应用以智能手机为主。未来五年，智能手机用 OLED 显示面板仍将保持快速增长，出货金额和面积将出现“量价齐升”的发展势头。

图 4 2016-2024 年全球 AMOLED 市场规模预测



数据来源：赛迪智库，2019 年 3 月

4. 激光显示

激光显示（LPD）的原理是将 RGB 单色激光混合成全彩色光，经高频扫描投影实现彩色显示。激光显示具有色域空间大、色彩丰富、色饱和度高等特点，理论上能够再现 90% 以上的人眼色域，远超液晶显示 27% 的再现率，而功耗仅为同尺寸 LCD 显示产品的三分之一。LPD 的使用寿命可达 10 年，是传统光源的 10 至 20 倍。现阶段，激光显示大多通过蓝光激光激发荧光粉产生白光，窄谱三基色激光合成白光的技术仍处于研发状态。

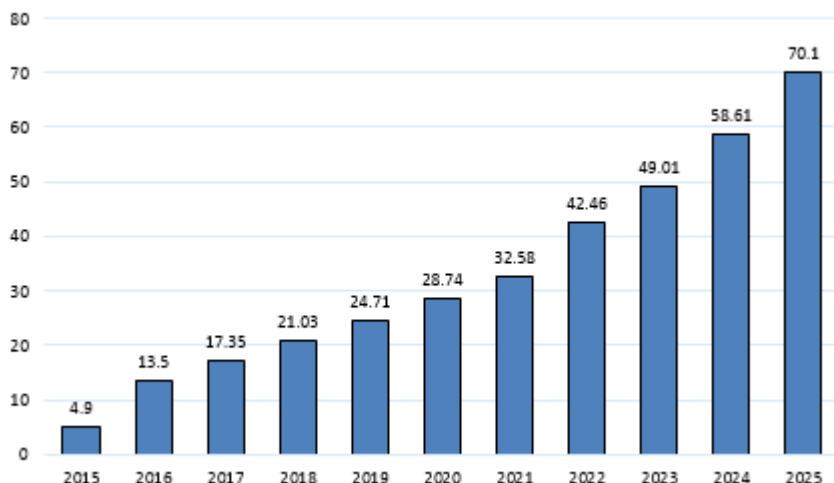
目前激光显示主要聚焦大屏市场，日本三菱公司开发出 65/75 英寸激光背投电视，索尼开发出激光数字影院技术，美国

ES 公司开发出飞行员仿真视景平台，德国耶拿光学开发出天文馆天象显示等，都各具特色。根据 QY Research 数据，2018 年全球激光投影显示市场规模为 42.9 亿美元，2025 年将达到 117 亿美元，CAGR 为 15.4%。自 2013 年以来，海信、坚果、长虹、小米、光峰光电等国内企业相继推出激光电视产品，我国成为全球激光电视的主要生产国。据奥维云网（AVC）统计，2017 年中国激光电视总销量为 7 万台，较 2016 年增长 226%，2018 年激光电视销量有望达到 16 万台。随着全息显示等需求的增长，激光显示仍有较大的成长空间。

5. 电子纸显示

电子纸显示（EPD）是视觉效果接近纸张的被动显示技术。电子纸显示有多种实现技术，其中电泳式电子墨水技术目前市场占有率最高。电子纸显示技术具有超轻薄、可重写、低功耗、无闪烁、易携带、断电保持等特性，相比其他显示技术对视觉最友好，可以让用户在阳光直射下无障碍阅读，适合在户外使用。但是，电子纸产品刷新率和灰度级别偏低、延迟较大，也影响了用户体验，限制了这一显示技术的普及。目前，电子纸技术主要应用于电子书、智能手表和电子标签等领域，还占据一部分智能终端细分市场。据 Allied Market Research 公司统计和预测，2016 年全球电子纸显示市场规模为 13.5 亿美元，2025 年将达到 70.1 亿美元，CAGR 为 37.5%。

图 5 2015-2025 年全球电子纸显示营收预测



数据来源：Allied Market Research，2019 年 2 月

（三）发展基础：LED 显示进入微型化阶段

1. 小间距 LED

小间距 LED 是指相邻 LED 灯珠点间距在 2.5 毫米（P2.5）以下的 LED 背光源或显示屏产品。相比传统背光源，小间距 LED 背光源发光波长更为集中，响应速度更快，寿命更长，系统光损失能够从传统背光源显示的 85% 降至 5%。相比传统 LED 显示器件，小间距 LED 显示器件具有高的亮度、对比度、分辨率、色彩饱和度，以及无缝、长寿命等优势，在影视娱乐、购物零售、文化教育、安全监控、公共广告等应用领域具有广阔的应用前景。据 LEDinside 预测，2022 年小间距 LED 显示产品（包括 Mini LED 和 Micro LED）的市场销售额将达到 13.8 亿美元。

2. Mini LED

Mini LED 为点间距在 2.5 毫米（P2.5）和 0.1 毫米（P0.1）之间的小间距 LED 产品。相比点间距小于 0.1 毫米的 Micro LED，Mini LED 显示一方面可作为液晶显示直下式背光源获得主流市

场应用，如手机、电视、车用面板及电竞笔记本电脑等；另一方面，Mini LED 有望衍生出背光高端机型，与 OLED 高端机型相抗衡。据 LEDinside 估算，相同对比度条件下，采用 Mini LED 背光的液晶面板价格仅约为 OLED 面板的 70-80%，可以大幅提升现有液晶画面效果。

由于具有性能和成本优势，近年来 Mini LED 在视频会议、会展广告、虚拟现实、监控调度等领域得到快速应用，逐渐侵蚀 LCD 和 DLP 拼接屏应用市场，有望成为市场主流。据 LEDinside 最新报告，2022 年 Mini LED 的产值将达到 6.89 亿美元。各大企业纷纷开展研发，Mini LED 产品的 LED 点间距记录被不断刷新。2018 年 6 月，国星光电 P0.9 产品已正式量产，洲明科技也已开发出 P0.7 的产品。2018 年 7 月，日亚化宣布已开发出 P0.1 的 Mini LED 产品。

3. Micro LED

Micro LED 的像素单元在 100 微米（P0.1）以下，并被高密度地集成在一个芯片上。微缩化使得 Micro LED 具有更高的发光亮度、分辨率与色彩饱和度，以及更快的显示响应速度，预期能够应用于对亮度要求较高的增强现实（AR）微型投影装置、车用平视显示器（HUD）投影应用、超大型显示广告牌等特殊显示应用产品，并有望扩展到可穿戴/可植入器件、虚拟现实（VR）、光通讯/光互联、医疗探测、智能车灯、空间成像等多个领域。

由于像素单元低至微米量级，Micro LED 显示产品具有多项性能指标优势。Micro LED 功率消耗量仅为 LCD 的 10%、OLED

的 50%，其亮度可达 OLED 的 10 倍，分辨率可达 OLED 的 5 倍。在设备兼容性方面，Micro LED 有望承接液晶显示高度成熟的电流驱动 TFT 技术，在未来显示技术演进进程中具有一定优势。根据 LEDinside 预估，2022 年 Micro LED 显示的市场销售额将达到 6.94 亿美元，略高于 Mini LED 显示。Micro LED 与 LCD、OLED 和量子点 LED（QLED）显示的性能比较如表 1 所示。

表 1 Micro LED 与 LCD、OLED 和 QLED 性能比较

显示技术	Micro LED	LCD	OLED	QLED
技术类型	自发光	背光板/LED	自发光	自发光
亮度（nits）	5000	500	500	2000
色域（NTSC）	140%	70%	110%	140%
视角	大	较大	大	大
对比度	1,000,000:1	10,000:1	1,000,000:1	1,000,000:1
功耗	低	高	中等	低
响应时间	纳秒	毫秒	微秒	毫秒
寿命	长	中等	中等	长
器件成本	高	低	中等	较低
工作温度（摄氏度）	(-100,120)	(-40,100)	(-35,80)	/
厚度（mm）	≤0.05	≥2.5	≤1.5	≤1.5

数据来源：赛迪智库整理，2018 年 10 月

二、Micro LED 显示概述

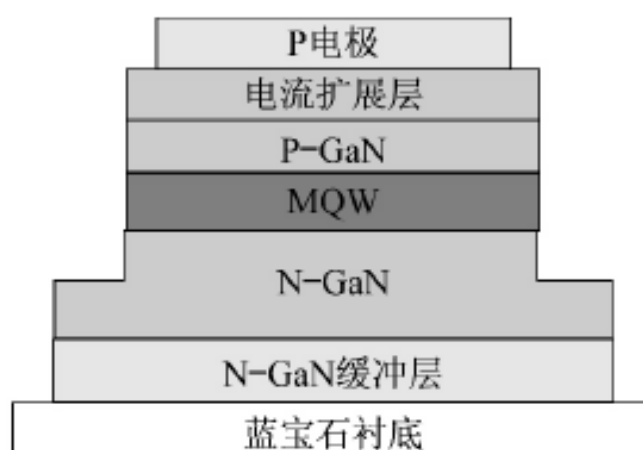
Micro LED 是指将微米量级尺寸的发光二极管（LED），以矩阵形式高密度地集成在一个芯片上的显示器件。由于采用主动选址驱动，Micro LED 显示器件的任何像素都能定址控制并单点驱动发光。按照当前行业共识，“微米量级”一般指相邻 LED 点间距在 100 微米以下（即 P0.1 以下）。

（一）显示原理

1. 像素结构

Micro LED 显示一般采用成熟的多量子阱 LED 芯片技术。以典型的 InGaN 基 LED 芯片为例，Micro LED 像素单元结构从下往上依次为蓝宝石衬底层、25nm 的 GaN 缓冲层、3 μm 的 N 型 GaN 层、包含多周期量子阱（MQW）的有源层、0.25 μm 的 P 型 GaN 接触层、电流扩展层和 P 型电极。像素单元加正向偏电压时，P 型 GaN 接触层的空穴和 N 型 GaN 层的电子均向有源层迁移，在有源层电子和空穴发生电荷复合，复合后能量以发光形式释放。

图 6 Micro LED 像素单元结构



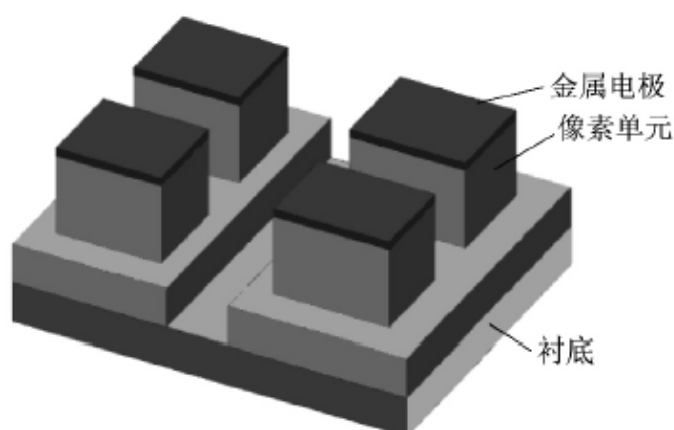
与传统 LED 显示屏相比，Micro LED 具有两大特征，一是微缩化，其像素大小和像素间距从毫米级降低至微米级；二是矩阵化和集成化，其器件结构包括 CMOS 工艺制备的 LED 显示驱动电路和 LED 矩阵阵列。

2. 阵列驱动

InGaN 基 Micro LED 的像素单元一般通过以下四个步骤制备。第一步通过 ICP 刻蚀工艺，刻蚀沟槽至蓝宝石层，在外延片

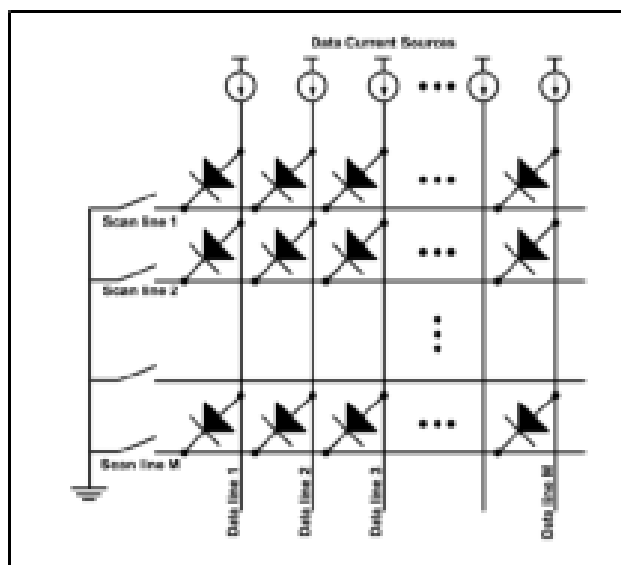
上隔离出分离的长条形 GaN 平台。第二步在 GaN 平台上，通过 ICP 刻蚀，确立每个特定尺寸的像素单元。第三步通过剥离工艺，在 P 型 GaN 接触层上制作 Ni/Au 电流扩展层。第四步通过热沉积，在 N 型 GaN 层和 P 型 GaN 接触层上制作 Ti/Au 欧姆接触电极。其中，每一列像素的阴极通过 N 型 GaN 层共阴极连接，每一行像素的阳极则有不同的驱动连接方式，其驱动方式主要包括被动选址驱动（Passive Matrix，简称 PM，又称无源寻址驱动）、主动选址驱动（Active Matrix，简称 AM，又称有源寻址驱动）和半主动选址驱动三种方式。

图 7 Micro LED 像素连接结构



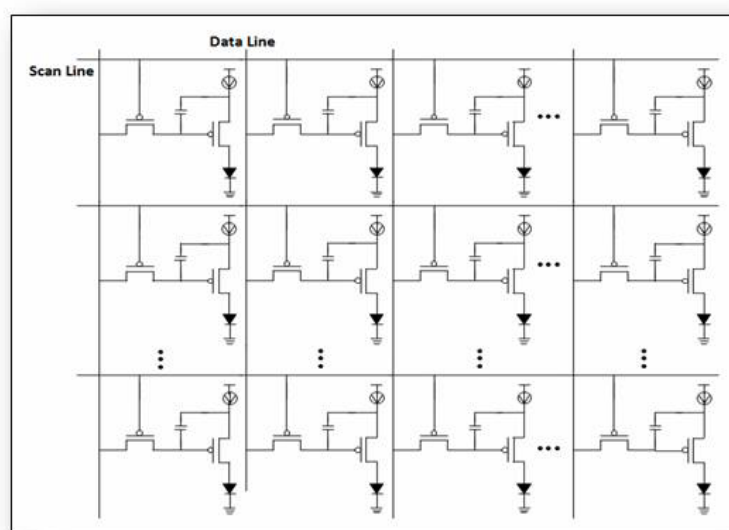
其中，被动选址驱动是把像素电极做成矩阵型结构，每一列（行）像素的阳（阴）极共用一个列（行）扫描线，两层电极之间通过沉积层进行电学隔离，以同时选通第 X 行和第 Y 列扫描线的方式来点亮位于第 X 行和第 Y 列的 LED 像素，高速逐点（或逐行）扫描各个像素来实现整个屏幕画面显示的模式。

图 8 被动选址驱动示意图



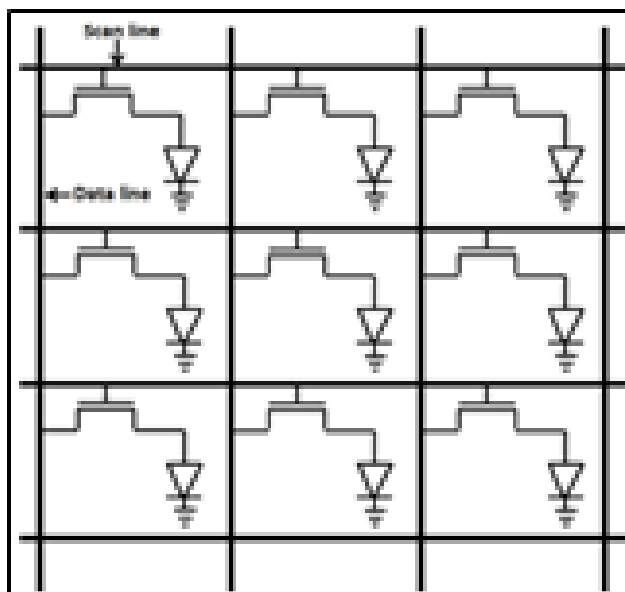
主动选址驱动模式下,每个 Micro LED 像素有其对应的独立驱动电路,驱动电流由驱动晶体管提供。基本的主动矩阵驱动电路为双晶体管单电容电路。每个像素电路中,选通晶体管用来控制像素电路开关,驱动晶体管与电源连通为像素提供稳定电流,存储电容用来储存数据信号。为了提高灰阶等显示能力,可以采用四晶体管双电容电路等复杂的主动矩阵驱动电路。

图 9 主动选址驱动示意图



半主动选址驱动方式采用单晶体管作为 Micro LED 像素的驱动电路，从而可以较好地避免像素之间的串扰现象。半主动驱动由于每列驱动电流信号需要单独调制，性能介于主动驱动和被动驱动之间。

图 10 半主动选址驱动示意图



对比来看，主动选址方式相比另外两种驱动方式具有显著优势：一是无扫描电极数限制，可实现更大面积的快速驱动；二是有更好的亮度均匀性和对比度，像素亮度不受同列点亮数的影响；三是没有行列扫描损耗，可实现低功耗高效率；四是具有高独立可控性，被点亮像素周围不受电流脉冲影响；五是兼容更高的分辨率。

3. 背板键合

从基板材质看，Micro LED 芯片和背板的键合的基材主要有 PCB、玻璃和硅基。根据线宽、线距极限的不同，可以搭配不同的背板基材。

表 2 背板材料应用场景

背板材料	应用特点	大尺寸	中尺寸	小尺寸
PCB	应用于显示面积大、画素间距较大的显示场景	✓	✓	——
Glass	线宽、线距尺寸范围大，可有望应用于大中小等多种领域	✓	✓	✓
Si 基	应用于线宽、线距尺寸小于 $30\mu\text{m}$ 的场景	——	——	✓

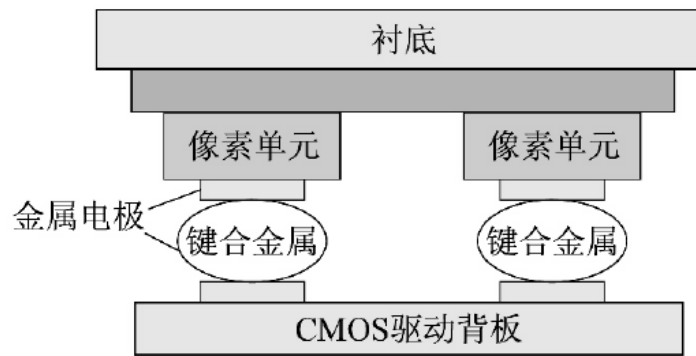
数据来源：赛迪智库，2019 年 3 月

其中，PCB 基板的应用最为成熟。2017 年 Sony 推出 Micro LED 显示屏 CLEDIS，采用 PCB 基板作为背板，封装后与微米级别的 LED 键合。2018 年，台湾地区工研院展出了将 Micro LED 芯片直接转移至 PCB 基板上的显示模块，为该技术增加了更多的应用场景。

依托 TFT-LCD 工业的成熟度，以玻璃基板替代 PCB 基板被认为是 Micro LED 未来发展的主流方案。相较于 PCB 基板法，该方案更容易实现巨量转移，不仅有望大幅降低成本，同时更适用于对线宽、间距要求较高的工艺。

CMOS 工艺采用键合金属实现 LED 阵列与硅基 CMOS 驱动背板的电学与物理连接。制作过程中，首先在 CMOS 驱动背板中通过喷溅工艺热沉积和剥离工艺等形成功能层，再通过倒装焊设备即可实现 LED 微显示阵列与驱动背板的对接。2018 年，英国普莱思公司和台湾地区和莲光电联合推出点间距 $8\mu\text{m}$ ，分辨率为 1920×1080 的 Micro LED，通过专有电流源像素及灵活定位，该背板能够提供极好的电流均匀性。

图 11 芯片 CMOS 倒装键合示意图



（二）核心工艺

1. 芯片制备

与 LED 显示相同，Micro LED 芯片一般采用刻蚀和外延生长（Epitaxy，又称磊晶）的方式制备。芯片制作流程主要包括以下几步。一是衬底制备，用有机溶剂和酸液清洗蓝宝石衬底后，采用干法刻蚀制备出图形化蓝宝石衬底。二是中间层制备，利用 MOCVD 进行气相外延，在高温条件下分别进行 GaN 缓冲层、N 型 GaN 层、多层量子阱、P 型 GaN 层生长制备。三是台阶刻蚀，在外延片表面形成图形化光刻胶，之后利用感应耦合等离子体刻蚀（ICP）工艺刻蚀到 N 型 GaN 层。四是导电层制备，在样品表面溅射氧化铟锡（ITO）导电层，光刻形成图形化 ITO 导电层。五是绝缘层制备，利用等离子体增强化学的气相沉积法

（PECVD）沉积形成 SiO_2 绝缘层，之后经光刻和湿法刻蚀。五是电极制备，采用剥离法等方法制备出图形化光刻胶，电子束蒸发 Au 后利用高压剥离机对光刻胶进行剥离。

2. 薄膜转移

薄膜转移指将 **Micro LED** 芯片转移到由电流驱动的 **TFT** 背板上、并在微米级组装成为两维周期阵列的过程。由于转移的像素颗粒数量极多（**500 PPI** 的 5 英寸手机屏幕需要 800 万个像素颗粒）、尺寸极小（要求微米级安装精度），薄膜转移又被称为“巨量转移”。**Micro LED** 的薄膜转移主要有物理转移和化学转移两种方法。其中，物理转移方法主要包括以 **LuxVue** 为代表的静电吸附转移技术；而化学转移方法主要包括以 **X-Celeprint** 为代表的微转移打印技术（ μ TP 技术）。

表 3 **Micro LED** 两种主要转移技术比较

转移技术	静电吸附转移		微转移打印技术	
基本原理	利用静电作用力，将 Micro LED 芯片吸附到基板上。		使用弹性印模（stamp）结合高精度运动控制打印头，通过控制打印头速度调整弹性印模和被转移 Micro LED 芯片间的范德瓦尔斯黏附力，有选择地拾取 Micro LED 芯片并将其打印到目标基板上。	
转移过程	第一步	拾取：构造类似介电层两侧硅电极的转移头平台，使两边硅电极带相反电荷，利用静电力实现目标 Micro LED 芯片拾取；	第一步	移除晶圆电路下的牺牲层（一般为硅晶圆氧化层）；
	第二步	分隔：将显示器基板分隔为多个带电荷的安装孔室，当拾取后的 Micro LED 芯片悬浮液流经孔室上方时，带相反电荷且数量可控的发光组件被孔室捕获，以便于后续装配；	第二步	采用与晶圆相匹配的微结构弹性印模拾取 Micro LED 芯片，控制打印头快速移动，增加印头与芯片间的黏附力，使芯片脱离源基板；
	第三步	装配：使安装孔室装载侧表面带电，吸引安装孔室内 Micro LED 芯片匹配；	第三步	降低打印头移动速度，印头与芯片间的黏附力几乎消失，芯片脱离印模，转移到目标基板上。
	第四步	修补：利用紫外线探测装配缺陷，控制静电吸附机械臂，		

	步	取出缺陷芯片并填入正常芯片。		
代表公司	LuxVue（2014 年被苹果收购）		X-Celeprint	

数据来源：赛迪智库，2019 年 3 月

三、Micro LED 显示发展现状

（一）产业发展现状

随着 Micro LED 显示优势不断凸显，国内外大批企业纷纷开始布局 Micro LED 显示研发。从产业环节角度看，Micro LED 显示产业链可大致分为设备、材料、零组件、面板、应用 5 个部分。关键设备方面，除有机金属化学气相沉积（MOCVD）、测试和封装设备外，还包括巨量转移设备。面板除 TFT 制程外，还包括巨量转移制程和微型化封装制程。

图 12 Micro LED 显示产业链环节示意图

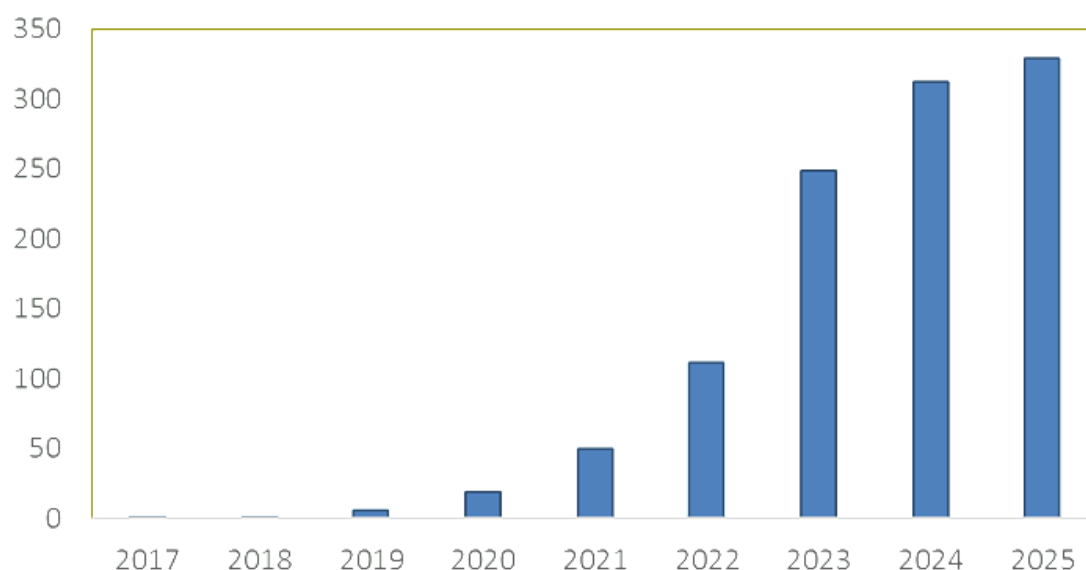


1. 产业化进程萌芽初显

2012 年，索尼公司在 CES 上推出“Crystal LED Display”电视产品，标志着 Micro LED 技术开始在消费电子领域应用。2014

年,苹果公司收购了拥有低功耗 Micro LED 显示技术专利的小公司 LuxVue,令人们再次密切关注 Micro LED 技术发展,同时也激发了产业界的高度关注和投入。研究机构 LEDinside 预计 2020 年后 Micro LED 将引入到 AR/VR 和大尺寸显示器应用中,2025 年市场规模将达到 29 亿美元,其中大尺寸显示器产值接近 20 亿美元,占全部应用的 60%。随着生产可行性和经济成本的不断提升, Micro LED 还将有望快速扩展到可穿戴/可植入器件、AR/VR/MR、光通讯/光互联、医疗探测、智能车灯、空间成像等多个领域。

图 13 2017-2025 年 Micro LED 显示面板出货量 (百万片)



数据来源: Yole, 2017 年 2 月

2. 器件性能不断提升

随着 Micro LED 性能指标不断提升,市场对 Micro LED 的认可度也在逐渐提升。2019 年三星推出的 219 英寸超大款 Micro LED 显示屏和 75 英寸 Micro LED 电视,其中,75 英寸 Micro LED 电视的芯片尺寸是之前的 1/15, PPI 也增加了 4 倍左右,意味着

三星公司在巨量转移技术方面取得了快速进步。法国的 Soitec 在制作氮化镓高亮度蓝色 LED 中发明了一种新基板 InGaNOX, 各色 LED 可同时于基板上生长, 三原色 Micro LED 在同一基板材料下可用相同条件驱动与控制。

3. 跨国公司抢抓布局

Micro LED 正处于发展孕育期, 广阔的市场发展前景使全球各类企业纷纷加速战略布局, 谷歌、Facebook、苹果、三星、欧司朗、富士康、京东方等公司纷纷投资或收购 Micro LED 初创公司, 加强自身在该领域的技术实力。Mikro Mesa、Plessey、镓创科技、JDC 等创新型小企业通过融资快速成长, 在巨量转移、背板驱动、器件制备等方面均取得较大进展。传统 LED 大企业, 三安、晶电、华灿等通过兼并重组或与显示巨头合作, 积极切入 Micro LED 器件生产和研发, 受到广泛关注和良好反馈。目前, 全球 Micro LED 的开发机构超过 140 余家。

4. Mini LED 进入量产阶段

由于 Micro LED 在关键技术和设备上仍有诸多需要解决的难题, Mini LED 成为企业退而求其次的选择。一批国内企业实现了 Mini LED 制造技术的突破, 开始引领行业进入量产时代。2018 年 6 月, 国星光电发布成封装(IMD)的 RGB 全彩 Mini LED 显示产品, 点间距达到 0.9 毫米。2018 年 11 月, 华星光电在国际高交会上推出了全球首款 IGZO-TFT 驱动的 Mini LED 显示屏, 点间距达到 0.55 毫米。2019 年 1 月 CES 展会上, 海信推出了 145 英寸的 Mini LED, 像素间距达到 0.83 毫米。2019 年 2 月 ISE 展

会上，洲明科技展出了首个 4K 可批量化 Mini LED 显示产品，像素间距达到 0.9 毫米。从产业化的角度来看，Mini LED 主要作为背光源产品推向市场。预计 2023 年，Mini LED 背光源市场有望超过 10 亿美元。

（二）区域发展现状

1. 美国：专利布局较早，企业并购活跃

美国是目前全球 Micro LED 显示技术最发达的国家，具有专利布局较早和企业并购活跃的产业特点。2006 年美国伊利诺伊大学就已经将微传输打印（ μ TP）技术的早期研究成果转移给当时的初创企业 Semprius，后来该技术被 XTRION N.V 的全资子公司 X-Celeprint 获得，目前已经实现了晶圆级器件在 1 微米精度下的批量打印转移。

企业并购方面，美国大型企业一致看好 Micro LED 显示技术，对初创企业的并购较为活跃。2014 年 5 月，苹果通过收购 Micro LED 显示技术公司 LuxVue Technology，取得了多项 Micro LED 专利技术。2014 年 7 月，Facebook 在宣布以 20 亿美元的价格收购 Oculus，以便在其 VR 头戴设备中使用 Micro LED 技术。2017 年 8 月，谷歌一期注资 1500 万美元（总共 4500 万美元）投向瑞典的 Glo 公司，加速应用光二极管（Gloss diodes）技术 Micro LED 产品研发。

得益于研发和并购活跃，美国 Micro LED 产业发展速度领先全球其他国家。根据 Yole Développement 行业报告，2017 年美国的苹果、X-celeprint、Facebook 已是全球 Micro LED 累计专利

申请量排名前三的企业。根据研发计划，苹果预定于 2017 年底开始小规模生产 Micro LED 面板并应用于 Apple Watch 上，2018 年将实现量产；谷歌注资 Glo 的光二极管技术的商业显示屏将于 2018 年下半年推出。

2. 中国大陆：紧跟国际步伐，龙头企业带动

中国大陆地区紧跟国际研发步伐，龙头企业和高校加紧开展 Micro LED 前瞻性技术研发。企业方面，华星光电、新广联和三安光电已布局 Micro LED 外延芯片，并实现了 15 微米微缩化工艺，其中三安光电将 Micro LED 作为未来重点发展方向；2017 年 11 月，京东方首次公开已开展对 Micro LED 的技术研究，并取得一定进展，2019 年初，京东方与美国公司 Rohinni 将成立 Micro LED 合资公司，主要开展 Mini LED 背光解决方案和 Micro LED 显示器的研发。上海芯元基半导体科技有限公司研发了化学剥离衬底技术和晶元级芯片转移技术，适合 Micro LED 显示器件的大规模量产。科研机构方面，南方科技大学以刘召军博士为团队带头人，研发出全球首款分辨率达 1700 PPI 的 Micro LED 芯片、全集成 Micro LED 片上系统、全彩色 Micro LED 微投影机和 AR 穿戴设备。

Yole Développement 专利研究报告表明，华星光电、京东方、中科院长春光机所、歌尔股份是中国大陆地区 Micro LED 研发活跃的企业和机构。另一方面，华为等在该领域较活跃的许多厂商，目前还没有 Micro LED 相关专利公开。

在龙头企业积极引导下,中国大陆地区对 Micro LED 产业进行了前瞻性投资。2016 年 3 月,康得新以合作基金的形式注资 2 亿元投向拥有多项 Micro LED 专利的 Ostendo 公司;2017 年 2 月,重庆惠科与 Mikro Mesa 携手打造 Micro LED 面板实验室;2018 年 2 月,厦门三安和三星电子商讨了 Micro LED 战略合作的可能。2017 年 8 月,京东方拟与云南北方奥雷德光电科技股份有限公司、高平科技(深圳)有限公司、云南省滇中产业发展集团有限责任公司合作,共同投资 11.5 亿元人民币在云南省昆明市建设国内首条大型 OLED 微显示器件(即 Micro OLED)生产线项目,年产能预计为 100 万片,主要产品为 0.41 至 0.8 英寸的 Micro OLED 器件。

3. 中国台湾:产业链较完整,力图弯道超车

我国台湾地区高度重视 Micro LED 产业发展,力图在下一代显示市场实现弯道超车。台湾地区拥有 Mikro Mesa、镓创(PlayNitride)、等一批 Micro LED 转移技术半导体公司,以及聚积、奇景、瑞鼎与联咏等一批 Micro LED 驱动 IC 公司,形成了较为完整的 Micro LED 研发产业链。2016 年 12 月,台湾工业技术研究院(简称台工研院)成立了“巨量微组装产业推动联盟”,在 Micro LED 工业化前瞻布局方面走到了世界前沿。

2016 年 4 月,镓创科技首次发布“PixeLED Display” Micro LED 产业化技术,实现了 Micro LED 芯片批量转移良率达 99%,芯片批量转移速度达 10 秒钟 20 万个。“PixeLED Display”已于 2017 年底试产,并将在 2018 年正式量产。2017 年 4 月,台工研

院与聚积科技共同签署“超小间距 LED 数位显示技术合作案”，加速开发能够应用于 VR 和 AR 设备的 micro LED 显示屏驱动集成电路，预计将于 2018 年实现量产。2017 年 11 月，聚积科技推出最小像素点间距低至 0.55mm、灰度深度达 16 位、可同时控制 512 个像素点的高整合驱动芯片，单一颜色平均恒流驱动最低可至 15uA，并且具有早夭侦测功能，可以快速侦测并且回报失效 micro LED 像素位置。2017 年 12 月，鸿海子公司夏普表示未来计划将 Micro LED 技术与 IGZO（薄膜晶体管）技术结合，做出高阶显示面板。在 50 微米的 Mini LED 方面，中国台湾企业也有晶元光电、宏齐科技、光磊科技（OPTOTECH）等企业进行布局。

中国台湾企业在 Micro LED 产业发展过程中，也积极和国外企业进行合作。台积电从 2016 年开始，与苹果公司开展了 Micro LED 显示技术的合作，从开发基于硅晶片技术推进 Micro LED 显示研发工作，以期避开 LED 芯片巨量转移过程中的技术瓶颈。2017 年 5 月，鸿海集团通过旗下的创投公司 CyberNet Venture Capital、LED 封装厂荣创科技、群创光电和日本夏普等 4 家企业，以超过 8 亿元新台币的价格共同收购了美国新创公司 eLux，以加快 Micro LED 技术商业化进程。2017 年 5 月，以色列媒体 OLED-info 披露，三星电子寻求以 1.5 亿美元收购镓创科技。2017 年 11 月，有消息称该收购谈判正处于最后定价阶段。2017 年 8 月，台工研院与英国牛津仪器签署合作备忘录，就未来开展 Micro LED 创新技术合作达成一致意见。

4. 日本和韩国：大型企业牵头，重视对外合作

日本和韩国大型企业也积极抢进 Micro LED 市场。索尼于 2012 年在 CES 展会上推出了第一台 Micro LED 电视“Crystal LED Display”，Crystal LED Display 将 600 万颗发光二极管组合在 55 英寸的平板上，开启了 Micro LED 在消费电子应用的先河。由于造价昂贵，直到 2016 年索尼才第二次推出 110 英寸的 Micro LED 拼接显示屏 CLEDIS（Crystal LED Integrated Structure），亮度达到 1000nits。根据索尼的商业化目标，CLEDIS 将于 2017 年下半年量产。

三星电子早已在显示产业具有龙头地位，尤其是在 AMOLED 领域，占据了 97% 以上的市场份额。随着对 Micro LED 的关注度不断提高，三星开始加快在 Micro LED 领域的研发和积累。2019 年 CES 上，三星推出 5 英寸的显示屏和 219 英寸的电视墙。在 Micro LED 技术研发过程中，日本和韩国企业也积极和其他国家、地区企业进行技术合作。2017 年 5 月，三星拟开价 1.5 亿美元并购台湾地区的 Micro LED 厂镓创科技。2018 年 2 月，三星电子和厦门三安建立了 Micro LED 战略合作关系。

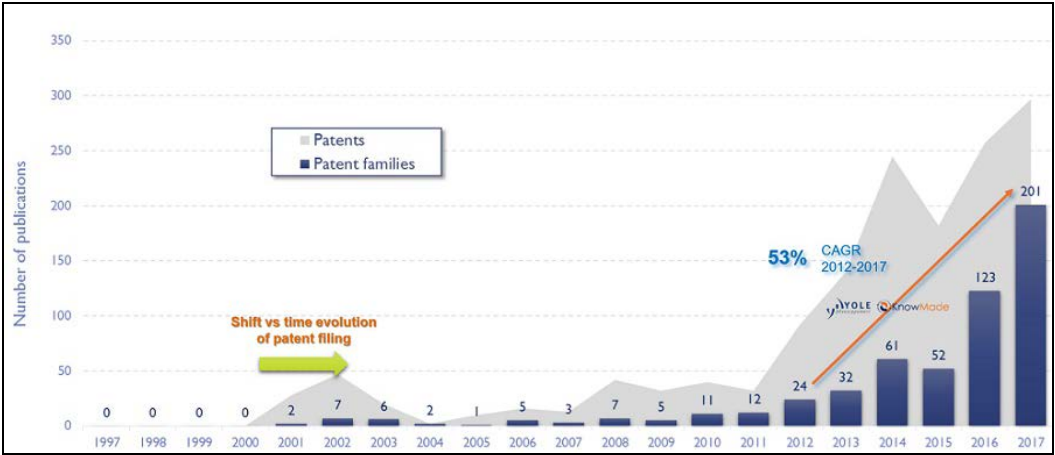
（三）知识产权发展现状

1. 专利申请构成

市场研究机构 Yole Développement 最新的 2018 年调研报告显示，全球共有 125 家企业和组织参与了 Micro LED 显示技术研发，截至 2017 年底，已申请 1495 件 Micro LED 相关专利。其中，628 项专利已获批准，780 项正在申请中。其中，美国、中国大

陆、中国台湾、日本、韩国、加拿大等国家及地区的企业研发较为积极，专利申请量排名靠前。

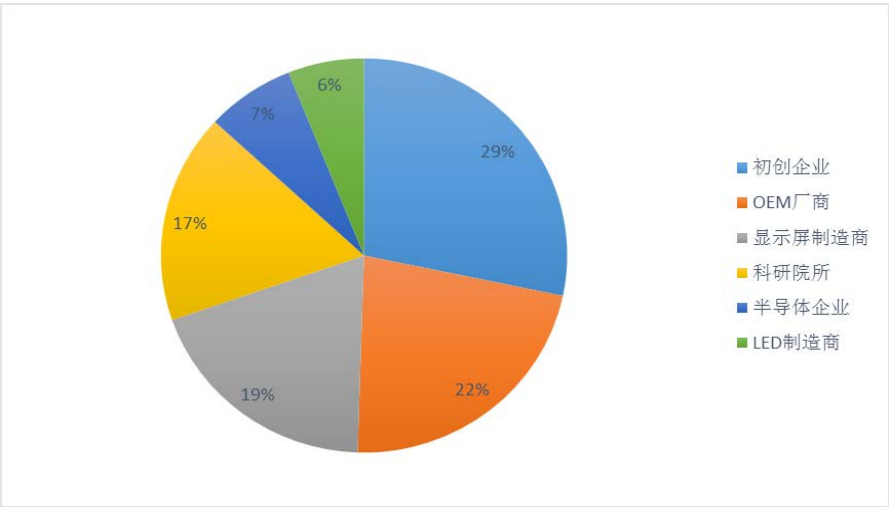
图 14 1997-2017 年 Micro LED 专利增长情况



数据来源：Yole Développement，2018.01

从专利申请量角度分析，Micro LED 产业化结构主要包括初创企业、OEM 厂商、显示屏制造商、科研院所、LED 制造商和半导体企业。其中，初创企业、显示屏制造商和 OEM 厂商的活跃度较高，技术专利占比分别达到 28%、22%和 19%。

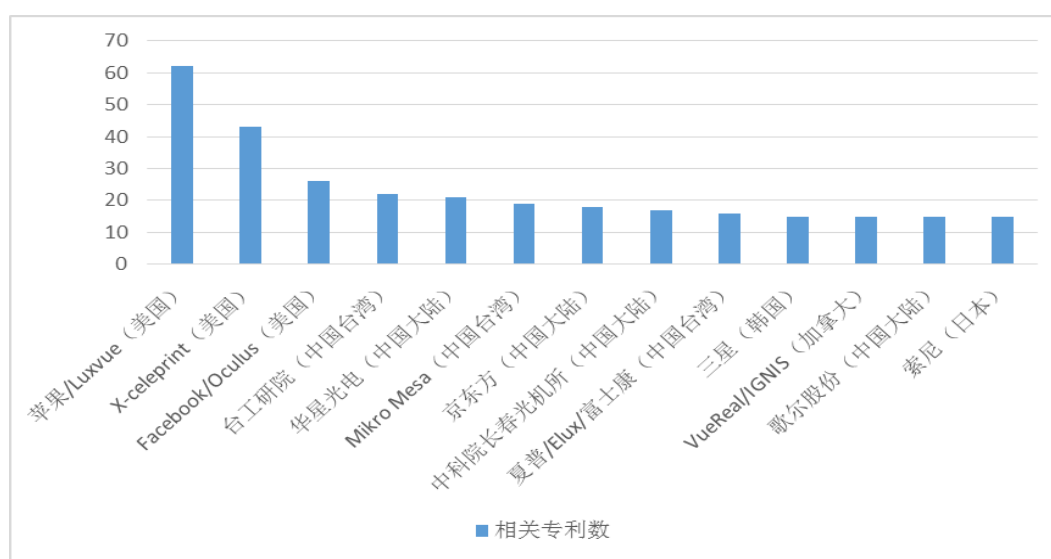
图 15 Micro LED 专利申请人的产业化结构



数据来源：Yole Développement，2018.01

Micro LED 显示主要由初创企业和科研院所主导，早期研发机构主要包括索尼、夏普、Luxvue 等高科技企业和美国麻省理工学院 (MIT)、美国堪萨斯州立大学 (Kansas State University)、香港大学、斯特拉斯克莱德大学和廷德尔研究院 (Strathclyde University & Tyndall Institute)、美国伊利诺伊大学 (University of Illinois) 等科研机构。此外，一些非典型显示屏技术企业如英特尔和歌尔股份 (Goertek) 也涉足了 Micro LED 研发。2017 年，美国的苹果、X-celeprint、Facebook 是全球 Micro LED 专利申请量排名前三的企业。

图 16 全球主要 MicroLED 专利申请人排名



数据来源：Yole Développement, 2018.01

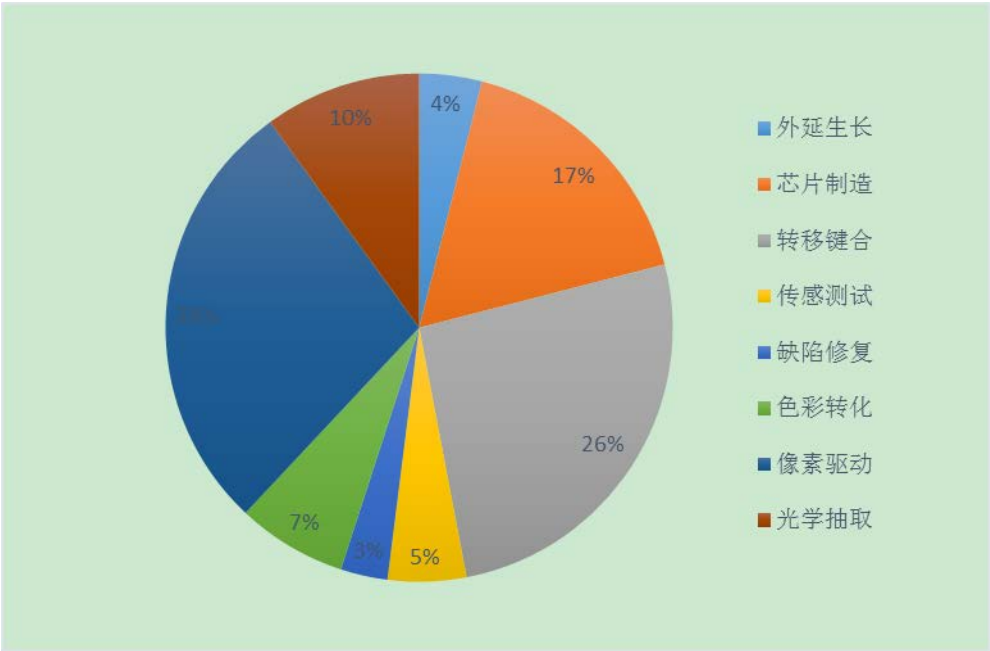
2. 专利技术分布

Micro LED 显示的首件专利约申请于 2001 年，2012 年后开始出现大量的专利申请。因此目前 Micro LED 显示的已授权专利较少，已有专利平均年龄仅为 3.2 年。从专利内容来看，当前 Micro LED 显示技术主要集中于像素转移和装配。目前已有 50

多位专利申请人提出了各自的解决方案,这些方案大致可以归纳为微机电系统 (MEMS)、弹性印章 (Elastomer Stamps)、流体传输 (Fluidic Transfers) 和胶带法 (Sticky Tapes) 等几种主要类型。相比而言,与 Micro LED 缺陷管理和测试相关的专利申请量较少。

Micro LED 的产业化技术主要分为芯片制备、薄膜转移和色彩实现三个方面。其中,芯片制备方面技术主要包括外延生长和芯片制造;薄膜转移方面关键技术主要包括转移键合、传感测试和缺陷修复;色彩实现方面关键技术主要包括色彩转化、像素驱动和光学抽取。Yole Développement 报告显示,像素驱动、转移键合、芯片制造和光学抽取是 Micro LED 的重点技术,相关专利占比分别为 28%、26%、17%和 10%。

图 17 2017 年 Micro LED 关键技术专利分布



注：同一专利可以属于多个技术领域

数据来源：Yole Développement, 2018.01 区域发展现状

3. 标准化推进

我国作为全球最大的 LED 生产基地，在 LED 显示屏领域也建立了较为完备的标准体系，这为 Micro LED 显示的标准化工作奠定了良好的基础。随着 Micro LED 技术和产品的发展，国内相关标准化单位（全国平板显示器件标准化技术委员会和工业和信息化部半导体照明技术标准工作组）已开始关注 Micro LED 技术对现行 LED 产品性能、质量考核、测试方法标准调整的问题，制定了与 Micro LED 显示相关的屏、光源组件标准框架，以及芯片、器件和模块相关标准明细。其中，与 LED 显示屏领域相关的标准已制定 7 项，包括 2 项国家标准和 5 项行业标准，正在制定的有 3 项国家标准。未来，标委会和工作组将根据 Micro LED 技术和产品的发展，组织行业进一步开展标准制定工作。

（四）存在问题

1. 量产技术仍有困难

尽管 Micro LED 得到产业界的广泛关注，然而技术上的诸多瓶颈阻碍了其量产化进程。首先，芯片缺陷影响显示品质。目前成熟的 LED 芯片在使用前依然需要剔除坏点，Micro LED 显示器件包含数百万颗微米级 LED 芯片，良率较低的问题更加突出，较难保证产品质量。其次，规模化转移过程中，微米级 LED 芯片的转移、搬运、贴附等技术仍然有待提升，尤其是一次转移需要移动数万乃至数十万颗 LED 芯片，数量及其巨大，对设备和技术的要求极高，需要更加精细化的设备来满足这一制程。

2. 生产成本高居不下

目前 Micro LED 的制造成本仍比现有显示产品高出数倍。以 10.1 英寸高清显示屏制造成本为例，Micro LED 的成本大多落在巨量转移及修复两大项目上，至少约为液晶显示屏的 10 倍或 OLED 显示屏的 8 倍。不少厂商已着手开发短期替代方案，试图解决 Micro LED 成本问题。当前方案主要包括：在转移前先进行切割筛选、降低转移后的修复成本、以单色 Micro LED 搭配量子点色转换材料、RGB 三色 Micro LED 实现全彩化、采用备援机制避免坏点逐颗修复植回等。

3. 产业环节较为分散

相比传统显示屏供应链，Micro LED 产业供应链更长，结构更复杂。实现 Micro LED 大规模制造需要结合 LED 制造、背板制造和微芯片大规模转移和装配三个子供应链。虽然现在已有较多企业和组织在 Micro LED 各个技术节点进行了专利布局，但只有少数厂商能够覆盖所有主要技术节点，尚无企业占据整条生产供应链。未来，Micro LED 要想成为显示技术的主流，打通产业链，形成融会贯通的产业链将是必不可少的前提条件。

4. 设备工艺有待革新

Micro LED 不是传统意义上微米或者纳米量级的 LED 芯片与 TFT 基板或者 CMOS 的简单叠加。现有的设备、制程和工艺无法满足 Micro LED 生产需求，不仅制作成本高企，同时生产效率也很低。组装一片 4K 的显示屏，需要将 2500 万个 Micro LED 芯片单独或分组抓取和转移到 TFT 驱动矩阵上，不考虑放置精度，仅实现拾取、放置和单独链接等动作，按照现有设备加工速

度，需要一个月的时间。因此 Micro LED 的发展必须与设备、材料等企业加强合作，修改和革新现有产线和制程。

四、Micro LED 显示发展研判

（一）市场展望

1. 量产进程有待推进

Micro LED 作为与 OLED、QLED 并列的下一代显示技术具有广阔的市场前景。它能广泛的应用于从小屏到大屏的各类显示领域，并显现出比 LCD 和 OLED 显示更优异的性能。从目前来看，生产可行性和经济成本限制了其应用范围。但从长远来看，随着关键技术的突破，Micro LED 或将全面进入显示领域。

Micro LED 的发展过程中仍然存在芯片制备、良品分选、巨量转移、封装散热、集成驱动等较多的技术挑战，上述技术难点不仅抬高了 Micro LED 的生产成本，还阻碍着商业化产品的出现和应用。以巨量转移为例，产业化制程对转移过程要求极高，转移良率要求达到 99.9999%，精度要求达到 $0.5\mu\text{m}$ ，而目前 Micro LED 巨量转移工艺精度仅在 $30\mu\text{m}$ 左右，距离产业化要求尚有一定距离。考虑到工艺制程的改进，例如改善芯片制备良率、提高转移速度、扩充产能和降低成本等时间进程，一般认为 Micro LED 产品正式进入市场仍需 3 至 5 年时间。

表 4 Micro LED 各技术环节代表企业

芯片制备	巨量转移	Micro LED	面板	终端
Glo	X-celeprint	mLED	京东方	苹果
三安	LuxVue	Leti	群创	索尼
晶元	MikroMesa	III-N	LG	三星
镓创	ALLOS	镓创	友达	群创

数据来源：赛迪智库，2018 年 10 月

2. Mini LED 最早得到商业化应用

Micro LED 巨量转移与坏点修补等关键技术尚未达到量产水平，仍然存在较大的技术瓶颈，因此间距尺寸介于小间距 LED 和 Micro LED 之间的 Mini LED 将有望成为最先得到应用的产品。该技术将首先应用于 LCD 的背光之中，提升 LCD 屏幕性能。在 2018 年 CES 展会中，群创展示了 AM Mini LED 背光的车用面板。该产品既可达到 OLED 相同等级的对比度，又可在画面锐利度上跟 OLED 分庭抗礼，且不会有 OLED 在车载应用上无法满足耐高温可靠度要求、寿命及烙印等问题。2018 年 SID 显示周上，台工研院、镓创科技、香港北大青鸟显示有限公司（JBD）、韩国庆熙大学团队、Jasper & Glo、香港科技大学团队、友达、日本 JDI、BOE、天马等纷纷展示了 Mini LED 最新产品。

3. 中小尺寸智能终端市场是发展方向

在作为显示器件的产品应用方面，从目前技术发展阶段看，Micro LED 在超大尺寸显示器市场成本优势并不明显，由于该技术更容易实现高像素密度，兼具发光效率高、体积小、功耗低、

寿命长等优点，与其它显示技术相比在智能手表（手环）、虚拟现实显示等可穿戴设备领域的竞争优势明显。Gartner 预测，2018 年全球可穿戴市场规模有望达到 83 亿美元，因此也将带动 Micro LED 显示技术进入规模发展期。Micro LED 优越的性能还将有助于其在智能移动终端领域与 OLED 技术竞争。Micro LED 具有比 OLED 更低的功耗，更高的亮度，全光谱显示方面更具优势。随着虚拟现实、智能手机等产业的不断发展，比 OLED 更好的稳定性、更高的分辨率以及更大的可视角度将会加速推动 Micro LED 市场的发展。2019 年 CES 上，镓创公司已展示出了 3.12 英寸和 5 英寸的小型 Micro LED 显示器，RGB 芯片单个像素尺寸小于 30 微米。

4. 大尺寸产品性价比优势值得关注

Micro LED 在 50 英寸以上大尺寸显示器相比 LCD 有着无需背光模组，功耗极低以及抗反射防眩的优点，而传统 LCD 显示面板随着尺寸的变大工艺难度也会倍增，若能实现高效率的大规模装配，Micro LED 在大尺寸显示器领域将更具价格优势，从而取代 LCD。另一方面，Micro LED 是自发光技术，在色彩表现力上不仅不逊于 OLED，同时也可以实现透明显示和柔性显示。从近年来的趋势看，电视机龙头企业韩国 LG 电子、三星电子开始将视线投向 Micro LED。IFA 2018 期间，LG 展出了旗下首款 Micro LED 电视原型。三星的 Micro LED 则从 2018 年 6 月开始接受客户预定。

5. 透明显示优势明显

终端产品便携化、轻薄化发展趋势逐渐明显，尤其是头戴式虚拟现实/增强现实产品，对显示面板的柔性和透明需求更加强烈。**Micro LED** 使用微米级的 **LED** 芯片，显示器件开口率可以非常小，从而有利于制作增强现实产品（**AR**）需要的透明显示器，发展透明显示将是未来 **Micro LED** 发展的重要方向之一。

（二）竞争格局展望

1. TFT-LCD 仍是未来主流显示技术

TFT-LCD 作为目前最为主流的显示技术，具有成熟的产业体系，完善的上下游产业链，在各种尺寸、各种显示产品上均有应用，以面积计算，目前在显示产品市场上仍然占据 90% 以上的市场份额，在大尺寸电视市场领域，更是占据了 98% 以上的市场份额。**Micro LED** 在显示性能上虽然存在各种优势，但是由于该项技术处于发展的初期阶段，存在多种技术路线分歧，同时也还有很多的问题需要解决，仍然有待继续发展和进步。

2. 对现有产业格局带来深远影响

Micro LED 的发展和普及将对现有显示产业格局和 **LED** 产业格局带来重大影响，一方面，一旦 **Micro LED** 的相关技术取得突破，**Micro LED** 将有望迅速占领小尺寸智能手表、可穿戴产品市场和 50 英寸以上的电视面板市场，将对原有 **TFT-LCD** 和 **OLED** 产线带来重大冲击。另一方面，**Micro LED** 电视面板得到应用后，现有的外延生长产能远远不够满足需求，产业需要大量扩产。此外，由于 **Micro LED** 在透明显示、柔性显示和低功耗方

面的优势，Micro LED 技术的成熟和产品的应用也将给未来终端产品的形态和生态发展带来影响。

3. 跨界合作加速产业发展

Micro LED 是一项综合性的技术，需要融合半导体、微电子、光电子、机械结构等多门学科。从现在产业发展的情况来看，从事 Micro LED 的企业来自各个行业，从上游设备到下游产品终端企业，从 LED 芯片生产到 TFT-LCD 面板制造。苹果公司在 Micro LED 领域的研发人员有 250 人，并已与多家上游企业建立了合作，其中包括台积电等实力强劲的巨头公司，相关投资已超过数十亿美元。台湾工研院成立的“巨量微组装产业推动联盟”，将显示、LED、半导体以及系统整合企业组织起来，共同建立跨领域产业交流平台，构建产业生态体系。未来，随着 Micro LED 性能和量产水平的不断提升，还将有更多的企业加入，多门类、多领域的融合发展将会加快推进产业进步。

五、Micro LED 显示发展建议

Micro LED 是自发光显示技术的先进演进方向，有望实现 LED 照明领域和显示领域的跨界融合发展，促进消费级显示技术进一步迭代升级。因此，我国应将 Micro LED 作为加快新型显示产业升级的重要着力点，在统筹规划布局、核心技术研发、完善产业生态方面出台系列支持政策，鼓励先进企业积极研发 Micro LED 工艺，带动 Mini LED 产品拓展消费市场，加速迭代 LED 显示技术、培养 LED 显示生态，抢占未来显示产业制高点。

（一）加强顶层设计，强化产业政策支持

一是推动出台面向小间距显示产业的针对性政策措施，通过综合施策，促进小间距显示产业与传统消费电子产业融合创新发展。二是支持相关行业组织和第三方机构开展对小间距产业的研究工作，制定 **Micro LED** 核心技术和工艺发展路线图，进一步指导和推动 **Micro LED** 和 **Mini LED** 产业做大做强。三是在重点技术领域，如视觉舒适度、巨量转移、背板技术、应用开发等方面提供专项支持，加速产业化。

（二）优化投资机制，完善产业发展环境

一是改善 **Micro LED** 显示产业投资环境，设立小间距 **LED** 技术专项创新基金，撬动社会资本，支持 **Mini/Micro LED** 先进技术研发和商用，鼓励银行信贷、天使投资、保险投资和境外资本等多渠道资金投向国内 **Micro LED** 显示产业。二是引导资金向 **Micro LED** 显示技术和关键设备倾斜，为国内 **Micro LED** 企业联合研发、配套建设和兼并重组提供投融资渠道。

（三）实施技术创新，提高产业竞争力

一是统筹实施 **Micro LED** 产业化工程，通过设立专项资金，引导高等院校、科研院所和重点企业联合攻关，重点突破 **Micro LED** 巨量转移、先进封装瓶颈，提升 **Micro LED** 全彩化良率、波长一致性、低功耗等核心性能指标。二是建设 **Micro LED** 产学研用一体化平台，推广 **Micro LED** 显示产品在大尺寸电视、**VR/AR**、智能手表等领域的应用。三是从全产业链的角度进行技术研发，在材料和设备领域加强投入力度，支持行业进行前瞻性开发。

（四）加快知识产权建设，保障行业发展质量

一是采取综合标准化方法，全面、成套地制定小间距 LED 显示产品标准和配套认证标准，有针对性地解决产业亟需标准缺失的问题，稳步提升产业规范化程度。二是建立 Micro LED 技术和产业公共服务平台，促进 Micro LED 技术交流、产品检测、成果孵化、规模化应用。三是及时跟踪和掌握 Micro LED 技术发展历程和专利问题，集合只是产权资源，鼓励 Micro LED 上下游企业联合建立专利池，为产业走出去引进来提供保障。

（五）推动要素集聚，引导产业健康发展

一是推动 Micro LED 产业化要素在我国集聚，战略性引进和培育一批 Micro LED 显示转移与组装企业，合理规划区域性发展路径，打造一体化的 Micro LED 显示制造集群。二是落实国家相关人才计划，加大对 Micro LED 技术领军人才的引进和重点支持力度，培养一批高层次产业紧缺人才和骨干专业技术人才，提高全产业链研发能力。三是鼓励产业链上下游自主形成合作联盟，建立密切的合作共赢机制，共同推动产业的发展。

六、参考文献

- 1、《LED 微显示技术》，邹兵等，《光学仪器》，第 37 卷，第 4 期，293-298 页，2015 年。
- 2、《Microled Displays: Intellectual Property Landscape》，Yole Développement，2018 年 1 月。
- 3、<https://www.esmchina.com/news/4146.html>
- 4、<http://www.elecfans.com/d/841866.html>
- 5、<http://www.elecfans.com/led/oled/448982.html>
- 6、https://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1333739