

2019-2-18

行业研究 | 深度报告

评级 看好 维持

电子设备、仪器和元件行业

长江电子 | Mini LED 专题报告：从高密度显示看 LED 产业链新动能

报告要点

■ 间距与尺寸为度量，三阶段扩宽显示市场

未来的显示面板需要更高的解析度、曲面化、轻薄化、高动态 HDR 的显示效果，传统背光走向自发光方式，LED 显示进而成为一大主流攻克方向。同时由于 LED 也能搭配柔性基板，实现与 OLED 抗衡的曲面显示，甚至是透明显示；再加上 OLED 目前的可靠性与使用寿命暂时有缺陷，Mini LED 与 Micro LED 应运而生。以 2015 年为起点，我们判断 LED 显示屏贡献度呈阶段式爬升，实现三阶段跨越：小间距市场持续拓宽，Mini LED 量产可期，Micro LED 终极显示变为现实。

■ 小间距为启发，LED 产业链新动能

技术进步使得小间距 LED 扩宽商显市场、激发海外需求、提升单位价值量。然而技术的限制也让其止步于更精细化的市场，留给 Mini LED、Micro LED 技术更多舞台，迎接 LED 产业下一个高点。

➢ Micro LED：面向未来，LED 显示的传承与革命

Micro LED 以 50 微米为晶粒尺寸界限，配备 TFT 或 CMOS 驱动电路，且无需封装，可实现晶粒紧密排布，到达极高的像素密度。由于 LED 芯片的精密程度几何增长式提升，共衍生出三大难点，一是巨量转移，二是难以修复，三是基板方案多变为 TFT 基板和 CPU 与内存所采用的单晶硅基板。因此，Micro LED 既有 LED、面板与集成电路各领域的成熟经验做支撑，又需要创新巨量转移技术，其撬动的巨大显示蛋糕吸引着产业链共同努力。

➢ Mini LED：亟待成型，产业链的折中之举

相较于 Micro LED，折中方案的 Mini LED 在显示领域更容易实现量产，并且还可以在背光领域快速突破，给产业链更多的正反馈，因此 Mini LED 产品于去年下半年快速突破。但 Mini LED 与 Micro LED 的技术路径暂时不统一，厂商在衬底材料、MOCVD 设备、封装方式、驱动方式等各个环节均处于探索期。

■ 高密度 LED 显示是全产业链的机遇

Mini LED、Micro LED 的发展同样是 LED 产业链供给端格局变化的过程，我们看好 Mini LED、Micro LED 趋势下，我国 LED 产业链在拥有先发优势，依次建议关注产业链上下游有能力储备新兴技术的优质企业。

分析师 莫文宇

☎ (8621) 61118752

✉ mowu@cjsc.com.cn

执业证书编号：S0490514090001

分析师 杨洋

☎ (8621) 61118752

✉ yangyang4@cjsc.com.cn

执业证书编号：S0490517070012

联系人 周迪

☎ (8621) 61118752

✉ zhoudi1@cjsc.com.cn

市场表现对比图（近 12 个月）



资料来源：Wind

相关研究

《长江电子|从 MWC 大会看电子创新浪潮》
2019-2-17

《可折叠屏专题报告：折叠新时代下的柔性显示机遇》
2019-2-14

《从特斯拉收购 Maxwell 看汽车电气化动向》
2019-2-10

风险提示：

1. Mini LED、Micro LED 商用进度不及预期；
2. 电子终端硬件销量不及预期。

目录

高密度 LED 撬开显示大门	5
需求培育土壤，小身材蕴藏大力量	5
间距与尺寸为度量，三阶段扩宽显示市场	7
小间距 LED：商用化代表，成本与市场的权衡	9
进阶的基础：成本下降+技术进步	9
市场再扩宽：进军商显+展望海外	10
Micro LED：面向未来，LED 显示的传承与革命	13
技术待突破：极限缩小带来的挑战	13
传承：结构与 LCD、OLED 面板存在相似性	13
革命：巨量转移工艺是关键	14
应用无限量：泛显示时代，市场规模迅速增长	16
Mini LED：亟待成型，产业链的折中之举	17
两方向努力：背光先行，显示跟进	17
黎明前曙光：产业链并进，量产在即	19
高密度 LED 显示是全产业链的机遇	22

图表目录

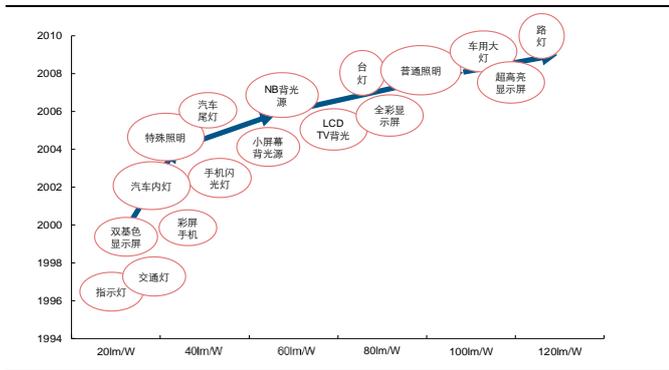
图 1: LED 应用范围演进	5
图 2: LED 显示屏中的独立 LED 单元	5
图 3: LED 显示在 2015 年后占比提升 (按 LED 封装产值划分, 百万美元)	5
图 4: LED 产值在下游应用驱动下实现跨越增长 (亿美元)	5
图 5: 显示技术正以高清化、多样化、大屏化、低耗化四大趋势作为核心突破口	6
图 6: LED 显示屏的亮度、使用寿命优势显著	6
图 7: LED 显示产业链	6
图 8: LED 显示屏间距不断缩小	7
图 9: 小间距、Mini LED、Micro LED 三种间距区别	7
图 10: LED 显示屏与 DLP 屏价格对比 (万/平方米)	9
图 11: LED 芯片与外延片价格变化趋势 (元/片)	9
图 12: 2017Q1-2017Q3 小间距 LED 销售分布 (按间距分类)	10
图 13: SMD 封装与 COB 封装技术路径与点间距对比	10
图 14: SMD 封装与 COB 封装的显示效果对比	10
图 15: 小间距 LED 专用显示领域应用	11
图 16: 小间距 LED 产品应用分布	11
图 17: 2017、2018 年商显领域各产品分布与增速 (亿元)	11
图 18: 全球小间距 LED 显示屏市场规模与增速 (百万美元)	12
图 19: 2017-2018 年中国 LED 显示屏月度出口趋势 (千美元)	12
图 20: Micro LED 示意图	13
图 21: Micro LED 像素点横截面图	13
图 22: 两种基板选择方式	13
图 23: Micro LED 简易工艺制程	14
图 24: 激光剥离蓝宝石基板	15
图 25: 75 寸 8K Micro LED 显示屏的成本下降路径 (以小型印膜成本为 100 个成本单位基准)	16
图 26: Micro-LED 商业化量产速度预测	16
图 27: Micro LED 面板应用数量预测 (百万片)	16
图 28: 国星光电 Mini LED 显示、背光两个方向的技术规划	17
图 29: 侧光式背光的优化路径	17
图 30: Mini LED 背光为点阵式	17
图 31: Mini LED 背光上下游产品、制程与应用发展情况	18
图 32: 索尼、三星 CES 展览中展出的 LED 显示产品	18
图 33: 奥拓电子 Mini LED 商用显示系统	18
图 34: Lumens 在 CES 中展出的 LED 显示屏	19
图 35: 高密度 LED 显示技术的市场定位、应用产品与技术发展阶段	19
图 36: Mini LED 产业链	19
图 37: 外延片从 100mm 扩大至 300mm, 效率显著提升	19
图 38: 倒装芯片结构	20
图 39: 四合一芯片封装	20
图 40: Mini LED 在各应用领域的市场规模预测 (百万美元)	21

图 41: 显示屏成为人机沟通的核心组件	22
图 42: MicroLED 显示领域全球主要专利申请人排名	22
图 43: 苹果公司 microLED 显示技术重点领域的专利结构图	22
图 44: 我国大陆面板厂在 TV 面板中市占率不断提升(%).....	23
图 45: LED 各环节厂商	23
表 1: 小间距、Mini LED、Micro LED 三者芯片尺寸、封装方式、应用领域与驱动方式对比	8
表 2: 小间距 LED 与传统显示技术对比	9
表 3: 小间距厂商梳理	12
表 4: Micro LED 不同制程技术特征	14
表 5: 以 4K UHD 显示为例各良率水平对应 LED 芯片不合格量 (颗)	15
表 6: 各厂商 MiniLED 布局进程	21

高密度 LED 撬开显示大门 需求培育土壤，小身材蕴藏大力量

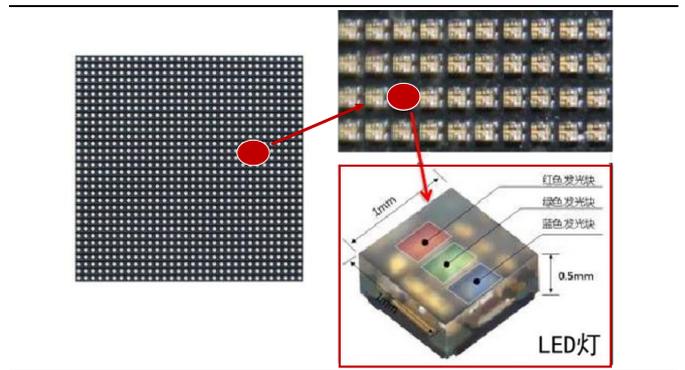
LED 显示屏起源于上世纪八十年代后期，由发光二极管组成的像素单元拼接而成，通过红色、蓝色、绿色 LED 发光块的独立亮灭来显示，以高可靠性、高亮度、宽视角、强环境适应性等特点，早期仅在公共信息显示领域得到应用。因此，在 LED 背光、照明应用轮番渗透的时代，LED 显示屏表现得略显低调，而小间距应用的兴起则再度点燃 LED 显示热情，将“间距”与“尺寸”发挥至极致，引入“Mini LED”、“Micro LED”等概念，与 LCD、DLP 等传统显示和 OLED、QLED 等新型显示竞相抗衡。

图 1：LED 应用范围演进



资料来源：《利亚德招股说明书》，长江证券研究所

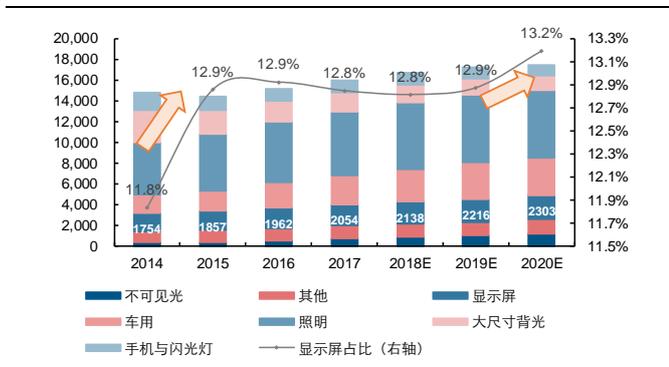
图 2：LED 显示屏中的独立 LED 单元



资料来源：利亚德，长江证券研究所

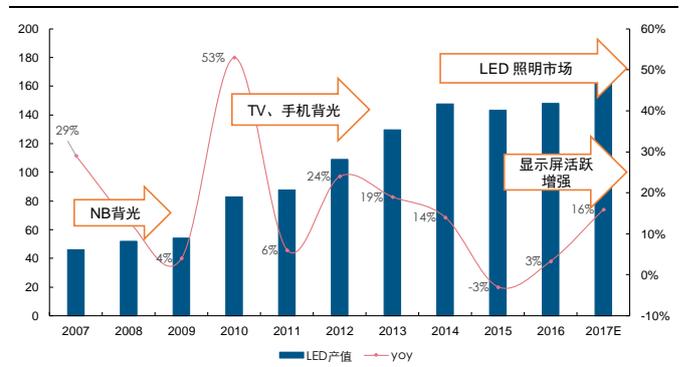
以 2015 年为起点，LED 显示屏贡献度成阶段式爬升。虽然小间距 LED 早在 2010 年时便有技术突破，但 15 年小间距 LED 市场在大陆厂商的簇拥下发展更盛，在应用领域上的不断突破和深化，实现同比增长 5.87%。究其原因，我们认为 15 年时，一是间距水平已经足以满足绝大多数的市场需求，在专用、商用与舞台等室内应用场景与部分户外场景展现出性价比优势；二是小间距厂商进入者增多，推出统一且可靠的拳头产品，丰富了供给端的品类。与大多技术渗透趋势类似，随新技术成熟度提升、成本下降得到下游认可，LED 显示屏也以小间距应用为始，朝更小“间距”迈进，迎接下一高点。

图 3：LED 显示在 2015 年后占比提升（按 LED 封装产值划分，百万美元）



资料来源：LEDinside，长江证券研究所

图 4：LED 产值在下游应用驱动下实现跨越增长（亿美元）



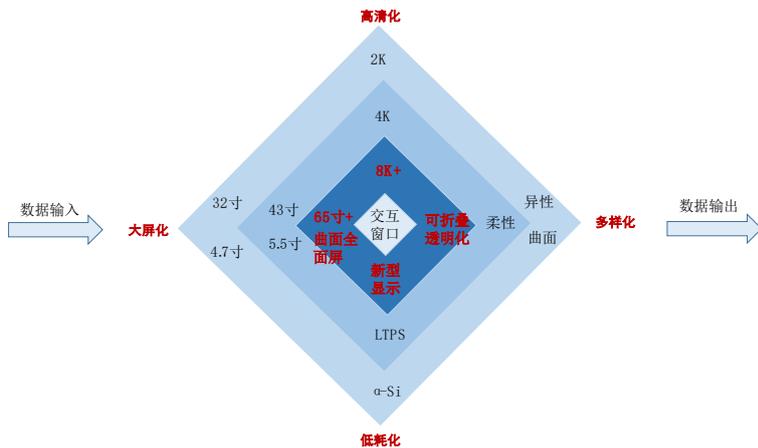
资料来源：LEDinside，长江证券研究所

显示技术正以高清化、多样化、大屏化、低耗化四大趋势作为核心突破口，需要新的显示技术共享市场。触摸显示屏作为人机交互的关键平台，起到数据输入与输出的作用，

是终端设备必备的零部件。未来的显示面板需要更高的解析度、曲面化、轻薄化、高动态 HDR 的显示效果，传统背光走向自发光方式，LED 显示进而成为一大主流攻克方向。

同时由于 LED 也能搭配柔性基板，实现与 OLED 抗衡的曲面显示，甚至是透明显示；再加上 OLED 目前的可靠性与使用寿命暂时有缺陷，Mini LED 与 Micro LED 优势明显。

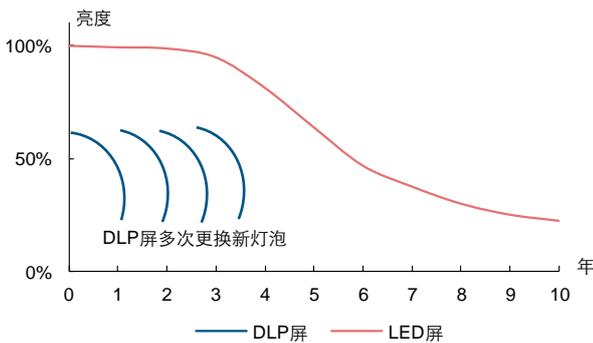
图 5：显示技术正以高清化、多样化、大屏化、低耗化四大趋势作为核心突破口



资料来源：长江证券研究所

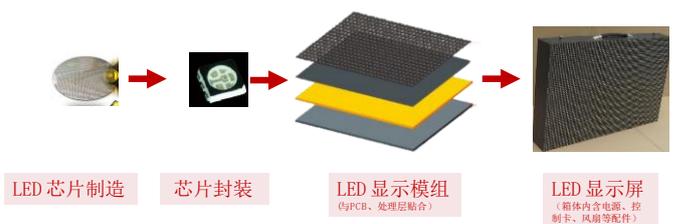
应用领域从一突破，全产业链的精细化努力。LED 显示屏承载了 LED 的优点，其环保、轻薄、显色度好、寿命长的特质在 LED 显示屏实现无缝拼接、高密度间距后得到发扬。LED 显示屏从室外走向室内，冲击 DLP 拼接屏市场仅仅是第一步；从提升大尺寸显示屏细腻度到挖掘手机、电视、VR、AR 等市场，LED 显示的全产业链攻坚战与新成长期才刚刚开始。

图 6：LED 显示屏的亮度、使用寿命优势显著



资料来源：利亚德，长江证券研究所

图 7：LED 显示产业链



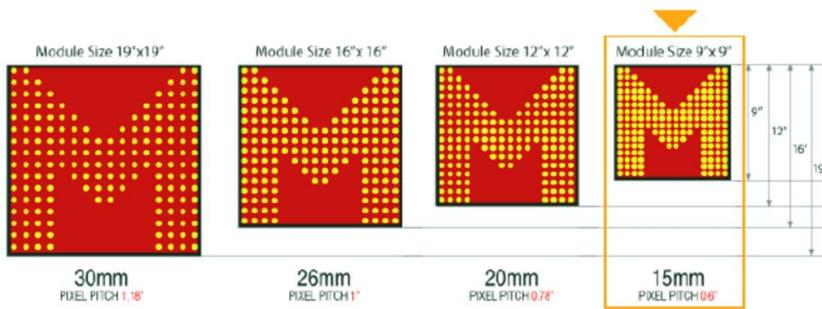
资料来源：长江证券研究所

LED 显示魅力正起航，再助 LED 行业辉煌。LED 全产业链都在等待着新兴领域铺开，小间距市场持续拓宽，Mini LED 量产可期，Micro LED 终极显示变为现实。根据 DIGITIMES Research 预估，从 2018 至 2022 年 LED 各运用领域需求看，汽车应用及显示屏市场规模增速最快，产值 CAGR 分别为 13 至 15%、8 至 11%；而照明应用退居二线，复合增速低于 10%；TV、NB、Monitor 用 LED 背光将持续衰退。

间距与尺寸为度量，三阶段扩宽显示市场

点间距缩小，“小间距”概念由此而来。LED 显示屏的间距是指两枚 LED 灯珠（等同于像素点）中心点之间的距离，因此两个灯珠之间的距离决定了 LED 显示屏在单位面积下的分辨率。LED 显示屏行业普遍采用间距的概念来定义产品规格，例如 P8、P6（点间距分别为 8mm 和 6mm）等等。随着产品原材料不断优化，研发技术不断升级，LED 显示屏灯珠的间距已经可以做到 1mm 以下的小间距产品。

图 8：LED 显示屏间距不断缩小



资料来源：首商网，长江证券研究所

从 LED 单元到像素概念，芯片尺寸与封装方式的变革。根据行业普遍共识，点间距在 2.5mm 以下的 LED 显示屏即为小间距 LED 显示屏。而 Mini LED、Micro LED，从 LED 芯片尺寸出发，提出像素化要求，区别在于 Micro LED 要求间距小于 0.01mm，且芯片尺寸小于 0.05mm，Mini LED 的间距要求与芯片尺寸介于小间距 LED 与 Micro LED 之间。因此，小间距 LED 是从应用的视野进行定义的，叠加芯片的小型化，引出 LED 显示的下阶段目标——Mini LED 与 Micro LED。

图 9：小间距、Mini LED、Micro LED 三种间距区别



资料来源：国星光电，长江证券研究所

高像素密度、高扫描比、高刷新率、高灰度等级四个发展趋势，拓宽了 LED 显示屏的应用领域。诚然，更小的“下游终端像素间距指标”意味着更近的观看距离，传统小间距仅能覆盖偏大尺寸且对画质要求一般的显示场景，而 Mini LED 显示则开始攻破大尺寸显示屏、广告牌市场（若作为背光源，目前可开拓至手机尺寸），Micro LED 则依靠其高刷新率、高对比度可往近距离观看的 AR、VR 领域拓展。

表 1：小间距、Mini LED、Micro LED 三者芯片尺寸、封装方式、应用领域与驱动方式对比

对比指标	小间距	Mini LED	Micro LED
芯片尺寸	大于200μm	50~200μm	小于50μm
有无封装	有	均可	无
光源	自发光	自发光（显示）；背光源	自发光
终端应用	工程、商用显示屏	商用显示屏； 消费电子（背光）	商用显示屏； 消费电子（AR、VR）
应用尺寸	大于100英寸	5英寸以上	大于1.5英寸
驱动方式	驱动IC	驱动IC、TFT基板	TFT基板、CMOS(互补金属氧化物半导体)

资料来源：行家说，InfoAV，长江证券研究所

因此，本文将着重以 LED 显示为切入点，分析从小间距 LED、Mini LED 到 Micro LED 三阶段成长轨迹，并落实到国内厂商的机遇，推荐产业链相关标的。

小间距 LED：商用化代表，成本与市场的权衡

从室外到室内，小间距 LED 打破传统 LED 显示概念。传统的 LED 显示多用于低端领域，多采用单基色、双基色或全彩显示文字或图像。受限于技术原因，LED 显示多用于室外，受众在观看距离较远时分辨能力有限，对于点间距的要求较低。近年来，小间距 LED 的间距逐步缩小，从平均 10mm 向 2mm 以下变迁，进而开始与 DLP 拼接屏、LCD 拼接屏开始竞争室内市场。

表 2：小间距 LED 与传统显示技术对比

对比指标	小间距LED	DLP拼接屏	LCD拼接屏
显示原理	自发光	光源投影	背光源+液晶成像
均一性与一致性	亮度、色彩逐点可调，整屏均匀一致	单元间亮度与色彩衰减不一致，可恢复	单元间亮度与色彩衰减不一致，不可恢复
色彩饱和度	97%左右	较低	97%左右
灰度等级（数值越大越好）	16bits	12bits	8bits
物理拼接	无拼缝	0.5mm以下	3.5mm
示意图			

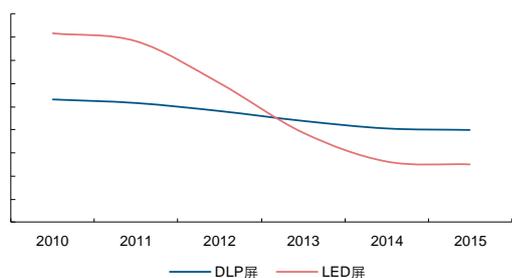
资料来源：中国产业研究院，长江证券研究所

进阶的基础：成本下降+技术进步

我们认为小间距 LED 的快速渗透和未来潜力与其**成本下降趋势、间距缩小程度、封装技术水平**息息相关，三者作为性价比与技术指标成为行业天花板的主要参考点。

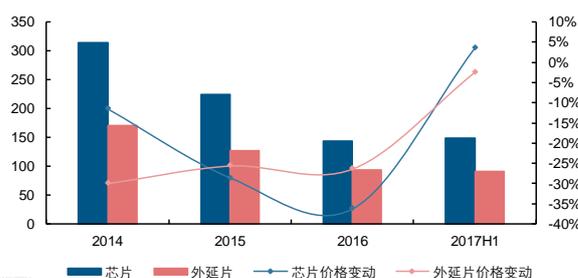
成本的下降成为小间距 LED 得以快速渗透的关键动力。在小间距 LED 屏的生产成本中，灯珠占比 65%以上，而近年来 LED 芯片的快速下降使得最终产品价格下降至 DLP 拼接屏之下。上游 LED 芯片成本降低体现在两个方面：一是技术进步下，单颗芯片的尺寸缩小且光效水平提升；二是大陆 LED 厂商突破芯片工艺与 MOCVD 设备瓶颈后，供给端快速释放，使得价格降低。进而，对于 LED 显示屏厂商来说具备加快推进小间距 LED 的动力。

图 10：LED 显示屏与 DLP 屏价格对比（万/平方米）



资料来源：利亚德，长江证券研究所

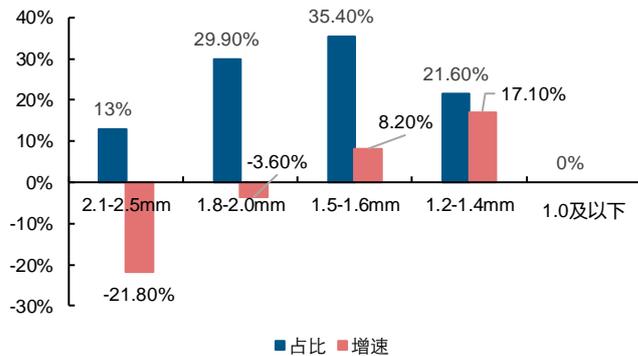
图 11：LED 芯片与外延片价格变化趋势（元/片）



资料来源：聚灿光电招股说明书，长江证券研究所

间距缩小概念被不断认可，应用端间距收窄明显。2016 年时超过半数的小间距产品为 2mm，到 17 年时 2mm 以上间距的占比在快速下降，而 1.2-1.4mm 间距的产品销量快速攀升。可见，小间距 LED 产品在成本下降后得到更多购买者的青睐，而间距的不断缩小又给客户更多选择空间。

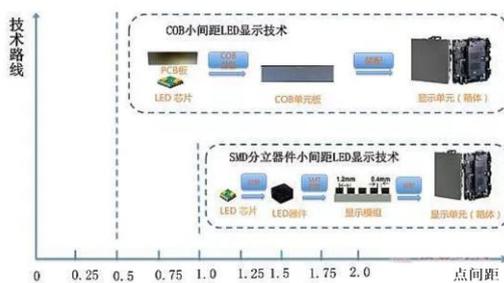
图 12: 2017Q1-2017Q3 小间距 LED 销售分布（按间距分类）



资料来源：奥维云网，长江证券研究所

COB 封装技术应用广泛，封装技术功不可没。小间距 LED 前两年多采用 SMD 封装工艺，虽在一定程度上实现间距缩小化（1mm 以下难以突破），但 SMD 封装的产品出厂前失效率¹达到百万之 30-50 个像素点，限制了小间距 LED 的商用化。COB（chip-on-board）封装技术强调将 LED 芯片用导电或非导电胶直接封装在印刷电路板上，而不是将三原色 LED 芯片封装成灯珠（封装厂完成）再制成显示屏，将专攻点间距在 0.5mm~1.0mm 范围内的显示屏。SMD 的生产工艺需要经过固晶、焊线、点胶、烘烤、冲压、分光分色、编带、贴片等多个环节，而 COB 工艺仅需要将 IC 贴在线路板上然后固晶、焊线、测试、点胶、烘烤，进而完成成品。因此，COB 封装的出现简化了生产环节，时间成本与材料成本减少。

图 13: SMD 封装与 COB 封装技术路径与点间距对比



资料来源：搜狐科技，长江证券研究所

图 14: SMD 封装与 COB 封装的显示效果对比



资料来源：LEDinside，长江证券研究所

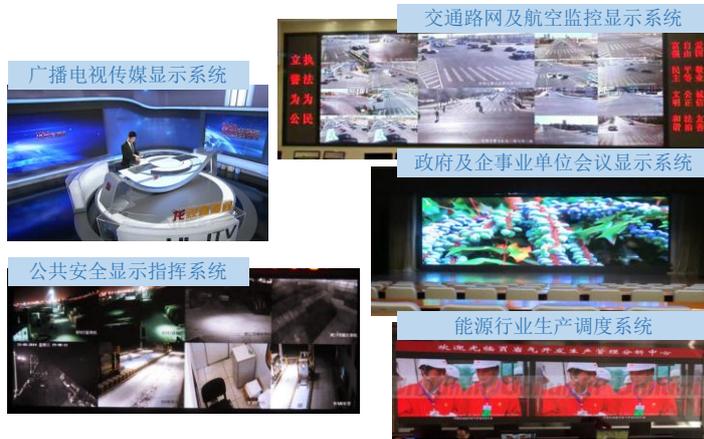
市场再扩宽：进军商显+展望海外

领域开拓空间之一：专显市场渗透+商显市场开启。起初，小间距 LED 的应用场景主要为军队指挥中心、公共安全监控中心、电视台演播室等对价格不敏感的专用显示领域。

¹ 失效率：在单位时间内某类物体失效的数量与整个群体总数的百分比。LCD 面板失效像素点的国际公认标准为百万之 1.5 个失效像素，即失效率 1.5PPM。

过去几年，随着 LED 显示技术不断精进，小间距 LED 开始进军商显市场，在展览展示、商务会议、室内广告标牌与夜游经济等商用领域崭露头角。

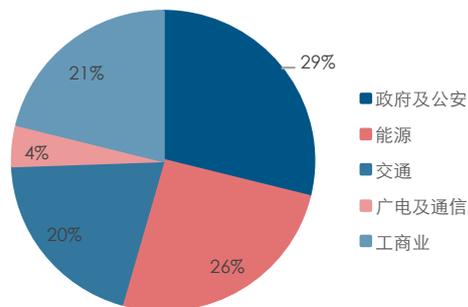
图 15：小间距 LED 专用显示领域应用



资料来源：利亚德官网，洲明科技官网，长江证券研究所

商显大屏拼接市场角逐战——抗衡 LCD 拼接技术，挤压 DLP 拼接市场。从小间距 LED 应用领域看，小间距 LED 在商业显示领域的布局才刚刚开始，去年 1 季度数据表明专显应用比例仍达到 79%。从整个商显市场看，国内商显市场规模逐年扩大（17 年为 543 亿元，18 年预计达 677 亿元），其可扩展空间远高于专显领域，其中小间距 LED 可扩展的大屏拼接市场 17 年总规模达 113 亿元，18 年将增加至 145 亿元，因此市场的可挖掘空间与替代 DLP 拼接的趋势给小间距 LED 带来成长空间。

图 16：小间距 LED 产品应用分布



资料来源：奥维云网，长江证券研究所

领域开拓空间之二：小间距 LED 走向国门，海外需求慢慢升温。根据 OFweek 产业研究院数据显示，2017 年全球小间距 LED 显示屏市场规模超过 10 亿美元，预计 2020 年将逼近 18 亿美元。从区域分布看，亚太地区为占比最高市场（50-60%），其次为北美、欧洲地区。

图 17：2017、2018 年商显领域各产品分布与增速（亿元）



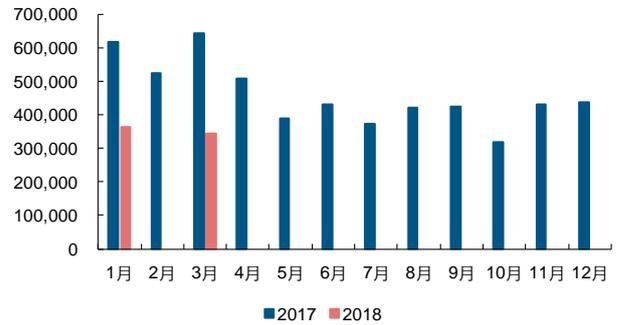
资料来源：奥维云网，长江证券研究所

图 18: 全球小间距 LED 显示屏市场规模与增速 (百万美元)



资料来源: 中国产业信息网, 长江证券研究所

图 19: 2017-2018 年中国 LED 显示屏月度出口趋势 (千美元)



资料来源: OFweek, 长江证券研究所

技术进步给小间距 LED 一方面提供较大的扩展空间, 一方面通过 COB 封装、中高端产品渗透提升单位价值量, 共同推进总体产值的不断攀升。目前, 国内优质的小间距厂商有利亚德、洲明科技与艾比森。然而技术的限制也同样让小间距 LED 止步于更精细化的市场, 留给 Mini LED、Micro LED 技术更多舞台。

表 3: 小间距厂商梳理

公司名称	简介
利亚德	利亚德原创的 LED 小间距技术及系列 LED 高清产品, 自 2012 年推向全球高端市场以来, 每年均高速增长, 2017 年实现订单 27 亿, 成就了利亚德在全球 LED 显示屏市场占有率蝉联第一的殊荣。
洲明科技	在 LED 显示屏方面, 洲明已形成了 LED 小间距、租赁类、体育类、创意类、固装类 LED 显示屏、智能标识标牌等产品, 并为客户提供一体化、智能化的综合性解决方案。目前, 洲明在 LED 显示屏市场份额全球前三, 其中 LED 租赁显示屏市场份额全球第一。
艾比森	艾比森现有 iCon 会议系列、CR 系列、A27 系列、HDV 系列、N 系列和 PL 系列等 6 个系列共 13 款小间距产品 (点间距 P2.5mm 及以下), 具有高亮、高清、低灰、色彩均匀、无缝拼接、安装快速、使用寿命长等特点, 可应用于视频会议、展览展示及指挥控制等多种应用场景。

资料来源: 公司公告, 长江证券研究所

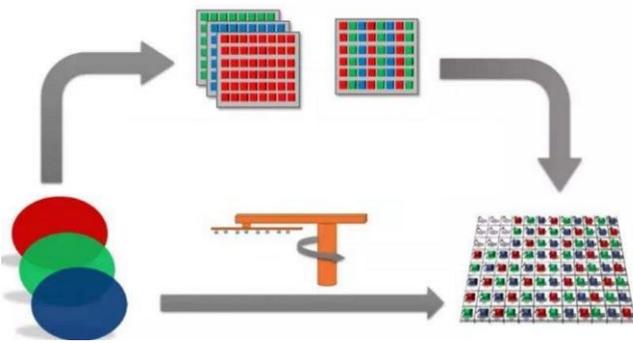
Micro LED：面向未来，LED 显示的传承与革命

技术待突破：极限缩小带来的挑战

传承：结构与 LCD、OLED 面板存在相似性

LED 芯片极度微型化，基本原理一致。Micro LED 以微米为晶粒尺寸标准，配备 TFT 或 CMOS 驱动电路，且无需封装，可实现晶粒紧密排布，到达极高的像素密度。Micro LED 是 LED 产业的延伸，在 LED 芯片制造环节与传统技术具备相似性，同样需要制备外延片、RGB 三色晶粒与组装。

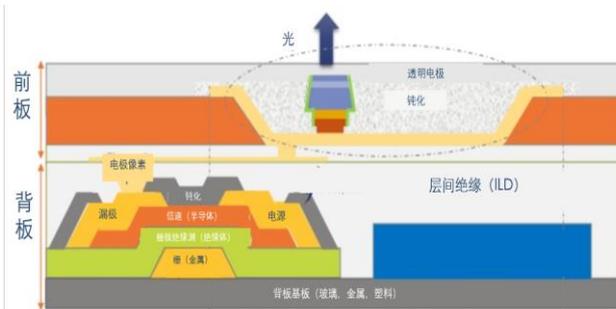
图 20：Micro LED 示意图



资料来源：Yole，长江证券研究所

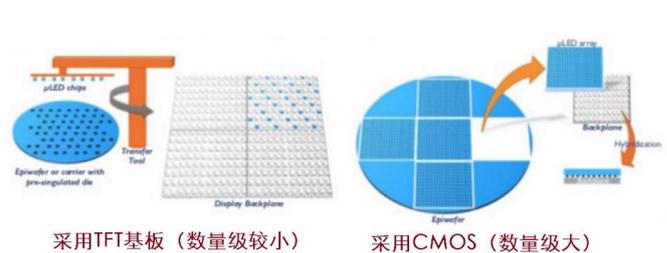
有别于传统 LED 显示，前段环节与面板、集成电路近似，但在多个技术节点提出新的要求。由于 LED 芯片的精密程度以几何增长式提升，共衍生出三大难点，一是集成工艺从直插、表贴、COB 封装等变为巨量转移，二是单颗 LED 芯片若损坏难以修复，三是背板有 PCB 板、面板制造所使用的 TFT 基板和 CPU 与内存所采用的单晶硅基板（CMOS）三种方案，TFT 与 CMOS 基板较符合终极显示形态。因此，从前两点看 Micro LED 与传统 LED 显示相比，难度升级，而从第三点看，其前段制程设备、材料方面与面板和半导体制造存在一些相似性，在一定程度上简化了 Micro LED 的技术，也给其他领域厂商提供了进入契机。

图 21：Micro LED 像素点横截面图



资料来源：Yole，长江证券研究所

图 22：两种基板选择方式



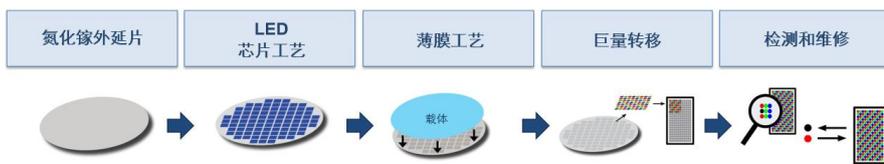
资料来源：Yole，长江证券研究所

基板技术选择与终端产品相关。用于微型发光二极管显示器的基板可以是玻璃、硅晶圆或是印刷电路板。不同的显示应用需搭配不同的基板，例如，电视与手机屏幕，会选用玻璃为基板；头戴式可穿戴设备会选用硅晶圆为基板；而大型显示器多使用印刷电路板为基板。不同的基板就会对应不同的驱动与巨量转移技术。

革命：巨量转移工艺是关键

巨量转移成为新增环节。Micro LED 的制作工艺流程是在氮化镓或氮化硅外延片上将 LED 晶粒进行薄膜化、微小化、阵列化、使其尺寸仅在 50 μm 以下左右；然后将所得的 LED 芯片批量式转移至电路板（TFT 基板或 CMOS 基板）上，其基板可分为硬性、软性透明、软性不透明；再利用物理沉积制程完成保护层与上电极，即可进行上基板的封装，完成一张结构简单的 Micro LED。

图 23：Micro LED 简易工艺制程



资料来源：ALLOS，长江证券研究所

工艺制程难度升级，巨量转移成为拦路虎。由于利用单晶硅基板的 CMOS 电路驱动结构成本较高，且无法在手机、电视等尺寸的屏幕上应用，因此目前探讨的 Micro LED 基板主要是电流驱动的 TFT 结构。而将数以万计的 LED 芯片转移至 TFT 基板上，既要考虑良率又要注重效率，目前巨量转移的方式繁多，主要可分为三大种类：**芯片连接 (Chip bonding)**、**外延连接 (Wafer bonding)** 和 **薄膜连接 (Thin film transfer)**。

1、芯片连接技术。该技术将 LED 直接进行切割成微米等级的 Micro LED 芯片，利用 SMD 技术或 COB 技术，将微米等级的 Micro LED 芯片一颗一颗键接于显示基板上。

2、外延连接技术。在 LED 的磊晶薄膜层上用感应耦合等离子离子蚀刻(ICP)，直接形成微米等级的 Micro-LED 磊晶薄膜结构，再将 LED 芯片直接键接于驱动电路 (TFT) 基板上，最后使用物理或化学机制剥离基板。

3、薄膜连接技术。该方法使用物理或化学机制剥离 LED 基板，以一暂时基板承载 LED 芯片薄膜层，再利用感应耦合等离子蚀刻，形成微米等级的 Micro-LED 磊晶薄膜结构；或者，先进行蚀刻，形成 Micro-LED 芯片薄膜结构，再剥离 LED 基板，以一暂时基板承载 LED 磊晶薄膜结构。最后，根据驱动电路基板上所需的显示划素点间距，将 Micro LED 磊晶薄膜结构进行批量转移，键接于驱动电路基板上形成像素点。**这种技术是目前三种批量转移技术中成本最低的方法，预计能最快实现商业化应用。**

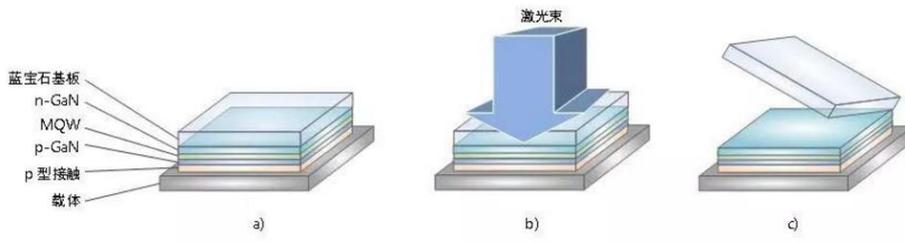
表 4：Micro LED 不同制程技术特征

制程种类	芯片连接	外延连接	薄膜连接
显示画素种类	Micro LED chip	Micro LED thin film	Micro LED thin film
显示基板尺寸	无尺寸限制	小尺寸	无尺寸限制
转移间距可调	可	不可	可
批量转移能力	不可	可	可
外延片一次利用率	中	低	高
外延片多次利用率	无	中	高
成本	高	中	低
耗时	长	中	中
厂商	SONY	Leti、ITRI	Luxvue (Apple)

资料来源：半导体行业观察，长江证券研究所

柔性 Micro LED 产品中，LED 芯片制造环节需增加剥离衬底工序。剥离工序是生产高亮度 GaN LED 芯片的过程中的新增环节，不论是在刻蚀前或者刻蚀后，为了将器件粘到最终或临时载体上，需要将器件与蓝宝石基板分离。

图 24：激光剥离蓝宝石基板



资料来源：相干公司，长江证券研究所

主要瓶颈在于 LED 晶粒巨量转移的良率问题。以目前薄膜连接的技术水平，受制于良率问题，制成 Micro LED 的成本比传统的 LCD 面板和新晋 OLED 面板要高出许多，距离商用化仍然需要一定的时间。若要达到商用化程度，Micro LED 转移良率必须达到 99.9999%，精准度控制在 $\pm 0.5\mu\text{m}$ 以内，且产品要求高波长均匀性，目前量产标准下的蓝光 LED 波长均一性要求在 $\pm 5-12\text{nm}$ 。同时 Micro LED 中晶圆一致化的问题也需要解决。以 4K 显示为例，一台 4K UHD 面板有 3840×2160 像素，转化为彩色 Micro LED 芯片将超过 24,800,000 颗；如以 99.99% 良率计，一台 4K 显示上的不合格芯片将高达 2488.32 颗，即使是极高的量产合格率也无法避免会产生需要检修的不良芯片。

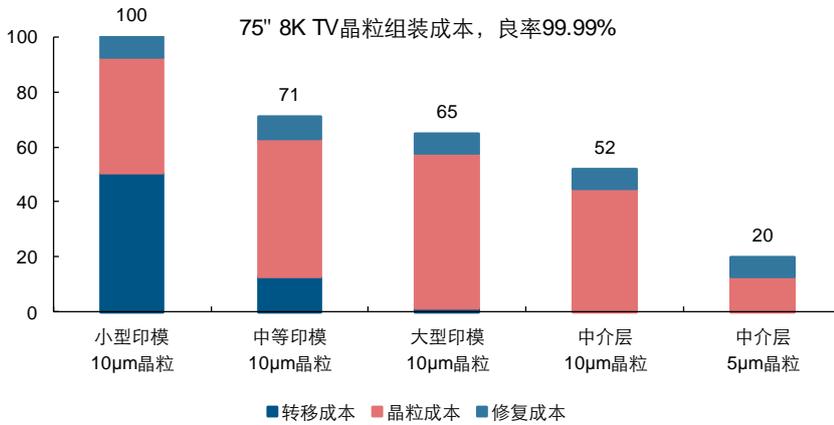
表 5：以 4K UHD 显示为例各良率水平对应 LED 芯片不合格量（颗）

量产合格率	对应芯片不合格量
90.00000%	2,488,320.00
95.00000%	1,244,160.00
99.00000%	248,832.00
99.90000%	24,883.20
99.99000%	2,488.32
99.99900%	248.83
99.99990%	24.88
99.99999%	2.49

资料来源：ALLOS，长江证券研究所

技术不成熟延缓商业化落地速度。各大厂商正积极通过增加产品附加价值、增大外延片面积，改善芯片、转移技术良率等方法以达到成本下降目标。目前，Micro LED 显示技术上带来的制造成本仍处于高位，估计若要取代现有的部分 LCD 产品还需较长时间。Yole 也在去年 7 月的报告中详细分析了芯片和组装成本的重要性，提出了 75 寸 8K Micro LED 显示屏的成本下降路径。

图 25: 75 寸 8K Micro LED 显示屏的成本下降路径 (以小型印膜成本为 100 个成本单位基准)



资料来源: Yole, 长江证券研究所

应用无限量: 泛显示时代, 市场规模迅速增长

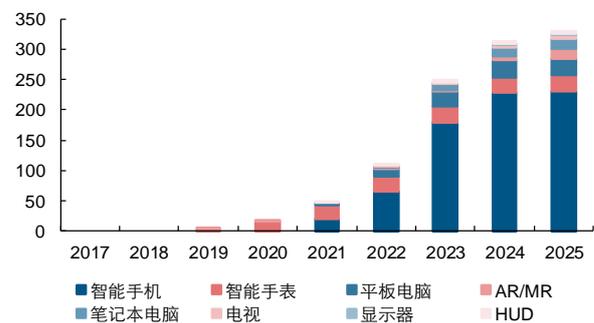
Micro LED 的微型主动发光技术为其拓宽了终端应用市场。从终端应用看, Micro LED 主要有两大发展方向, 一是由苹果领导的小型可穿戴设备应用, 充分发挥其低功耗、高亮度的特性; 二是由三星、索尼推出的微距高清晰度大尺寸显示屏。除此之外, 在泛显示时代, 显示屏的应用早已不局限于传统终端载体, 汽车、家居、VR、AR 等等各个领域都为有可挖掘的市场。而产业链企业根据自身目标, 将 Micro LED 显示的性价比做到比肩或者超越 LCD、OLED 显示技术, 便可将 Micro LED 的商业化推动至更广的市场。据 LEDinside 报告显示, 预估至 2022 年 Micro LED 与 Mini LED 市场产值将达到 13.8 亿美元, 其中 Micro LED 市场产值将近 6.94 亿美元, 其预估室内显示与可穿戴产品会率先突破, 汽车、手机则是中期目标, 而电视领域则为长期目标。Yole 则判断 Micro LED 显示器市场将于 2019 年率先在可穿戴产品中起量, 随后在 2021 年开始渗透至智能手机与电视领域, 智能手机将是 Micro LED 显示技术运用最广阔的领域。

图 26: Micro-LED 商业化量产速度预测



资料来源: LEDinside, 长江证券研究所

图 27: Micro LED 面板应用数量预测 (百万片)



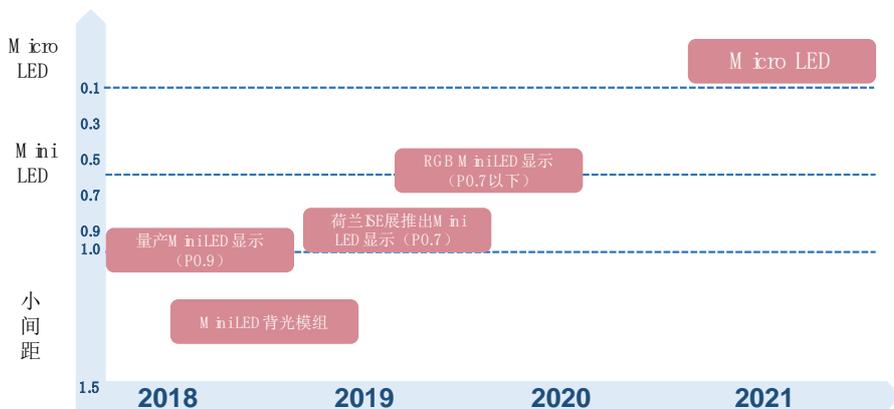
资料来源: Yole, 长江证券研究所

Mini LED：亟待成型，产业链的折中之举

两方向努力：“背光+显示”双轮驱动

作为小间距跨越到 Micro LED 的折中之举，Mini LED 目前拥有两种发展路径，一是通过改变背光方式，采用更加密集芯片分布来改善背光效果，实现轻薄化与更好的对比度；二是作为自发光显示，取代现有 LCD 结构中的背光模组，将小间距 LED 应用中的芯片尺寸与间距进一步缩小。相较于 Micro LED，折中方案的 Mini LED 在显示领域更容易实现量产，并且还可以在背光领域快速突破，给产业链更多的正反馈，因此 Mini LED 的呼声在 2018 年愈发热烈。

图 28：国星光电 Mini LED 显示、背光两个方向的技术规划



资料来源：国星光电，长江证券研究所

Mini LED 背光能够利用已有的 LCD 技术基础、结合同样成熟的 RGB LED 技术，技术成熟周期缩短。传统侧光式背光源仅几十颗的 LED 灯珠，而 Mini LED 背光则为直下背光源，需要数千颗灯珠，并采用局部调光设计，其 HDR 精细度达到前所未有的水平。目前 Mini LED 设计方案分为全彩 RGB 混光或白光，前者可达到 100% NTSC 高色域显示，而透过蓝光 LED 搭配荧光粉的白光 Mini LED，则能达到 80~90% NTSC 显示效果。

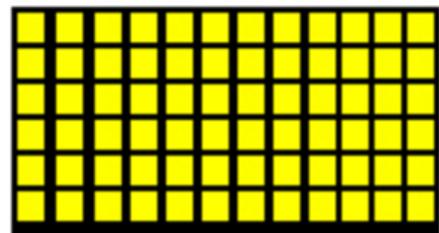
图 29：侧光式背光的优化路径



资料来源：华强电子网，长江证券研究所

由于 Mini LED 背光能够利用已有的 LCD 技术基础、结合同样成熟的 RGB LED 技术，产业链成熟周期缩短。晶电于 18 年三季度起已开始少量出货 Mini LED 背光产品，主要应用于 27 寸电竞显示器，预计 2019 年一季度出货量提升。隆达推出 Mini LED 背光产品，从 2018 年上半年进行客户设计打样，三季度起开始交货，并研发第二代进阶版 Mini LED 背光产品，将混光区域(OD)厚度降至 0.5mm 以下，主攻电竞市场。

图 30：Mini LED 背光为点阵式



资料来源：华强电子网，长江证券研究所

图 31: Mini LED 背光上下游产品、制程与应用发展情况

	LED晶粒尺寸	Mini LED背光应用一般略大于5milx9mil
	LED晶粒使用颗数	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 手机应用约3000-4000颗 ➢ 电竞应用上万颗 ➢ 电视应用数十万颗
	LED转移方式	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 现阶段以Pick and Place为主 ➢ 单色蓝光LED巨量转移技术虽在开发中，但较RGB三色优先导入量产
	封装	若欲达到超薄化，先以LED裸晶打在PCB上，再进行系统级封装。
	良率	要求99.9%
	价格	能为一般消费市场接受，但应用以中高端为主。
	OD值	<ul style="list-style-type: none"> ➢ 笔记本为0.3mm ➢ 电视\显示器小于5mm
	应用类别	电竞、车载、手机、电视

资料来源: DIGITIMES, 长江证券研究所

打破小间距 LED 技术限制，更“Mini”更大的市场。小间距 LED 目前的技术路线如果要再往更小的点间距方向已经遇到瓶颈，但一步跨越至“终极显示” Micro LED 又具备技术，众多厂商选择先行布局 Mini LED 方案，将间距缩小至 1mm 以下，芯片尺寸做到 100 μ m 到 200 μ m 之间。2017 年索尼推出的 CLEDIS 间距还在 1mm 以上，去年三星在 CES 推出的“The Wall”已经符合 Mini LED 显示屏的界定标准。三星在 CES 展中正式展出 146 英寸的电视墙“The Window”，时隔一年三星更新技术水平，缩小 LED 晶粒间的距离，推出 75 英寸、4K 画质的显示器。而我国厂商也紧随大厂脚步，封装厂国星光电去年 6 月份发布的用于显示的 Mini LED（型号：IMD-M09），点间距为 P0.9，采用集成封装来实现 RGB 全彩显示；奥拓电子也推出其最新研制的“Mini LED 商用显示系统”，并在美国的 InfoComm 展会上展出。

图 32: 索尼、三星 CES 展览中展出的 LED 显示产品

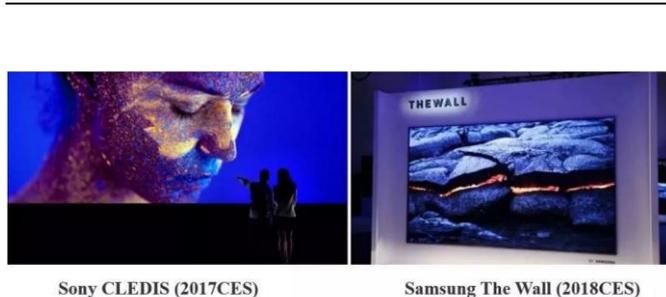


图 33: 奥拓电子 Mini LED 商用显示系统



资料来源: LEDinside, 长江证券研究所

资料来源: LEDinside, 长江证券研究所

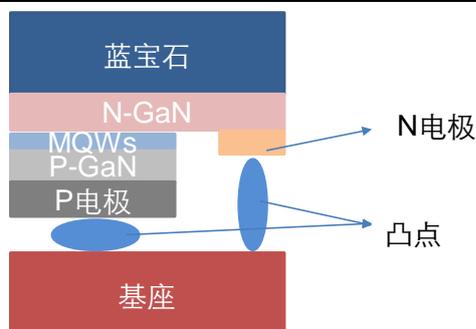
韩国公司 Lumens 同样在去年的 CES 展览中展示了其最新产品，其中 139 英寸的数字广告牌显示器具有超高清画质 (UHD) 和 0.8mm 的像素间距。该显示器采用长 300 μ m，宽 100 μ m 的 LED 芯片制成，从芯片面积上看仍归纳为 Mini LED 产品。

老牌 MOCVD 厂商 Veeco 也正在从设备层面探寻发展高密度 LED 显示的设备技术，已推出可供研发和试生产的 Propel 单晶片系统。去年 11 月，Veeco 便和 ALLOS 达成战略合作，共同开发 200mm 硅基氮化镓晶圆用于蓝/绿光 micro-LED 的生产，在硅生产线上完成下一代 LED 显示产品的生产。

3、封装结构的探索：正装\倒装

倒装芯片结构用于 LED 芯片封装过程中，主要是为了处理出光的效率与光空间分布问题。而在结构上，正装结构从上至下的材料为 P-GaN、发光层、N-GaN 与衬底，而倒装结构正好相反；从工艺上看，与传统金属线键合方式不同，倒装芯片将电气面朝下。目前的 Mini LED 方案几乎全部采用倒装芯片结构，主要是因为倒装芯片结构可实现高密度 LED 芯片布局。

图 38：倒装芯片结构



资料来源：电子工程网，长江证券研究所

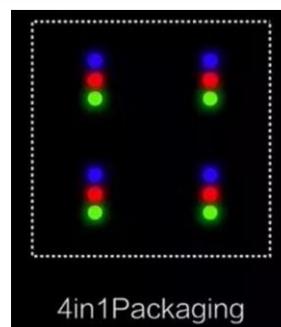
此外，奥拓推出的“四合一”封装结构，在一个封装结构中包含四个基本像素结构，主要攻克芯片数量增多后，修复难度与焊接难度提升。

4、驱动方式的探索：TFT 基板、驱动 IC

对于在 Mini LED 阶段是否采用 TFT 基板目前还存在分歧，而三星的“The Wall”采用的是模块化设计，将 144 块 LED 模组拼接，并没有采用 TFT 基板。而面板厂群创则率先采用 TFT-LCD 基板驱动实现 Mini LED 显示产品生产，并在 CES 展览中展出其车载显示产品。对于驱动 IC 方面，驱动 IC 厂商聚积则表示明年 Q1 也可以量产点间距在 0.75 的 MiniLED 箱体 (30cm x 30cm)，这个箱体可以帮助显示屏厂更快采用 Mini LED 技术，给终端用户展示更优质的显示效果。

由于 Mini LED 与 Micro LED 的技术路径暂时不统一，面板厂商、LED 厂商、初创企业和全球科技巨头三星、苹果等都在加入研发行业。目前在 Mini LED 阶段，面板厂商与 LED 厂商已经有一部分成果，而初创企业与全球科技大厂则剑指终极 Micro LED 显示，前期技术成果向外界展示较少。

图 39：四合一芯片封装



资料来源：LEDinside，长江证券研究所

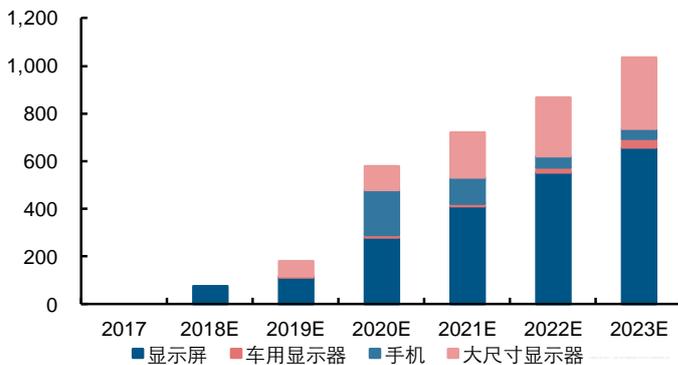
表 6：各厂商 MiniLED 布局进程

环节	公司	进程
面板厂	群创	2018 年底生产 PID 用 Mini LED 背光 LCD 面板，2019 年 Q2 生产电视用 Mini LED 背光 LCD 面板。现有技术水平一片 10.1 寸面板使用 6720 颗 LED。
	友达	2018 年底开始生产游戏显示器和游戏笔记本电脑用 Mini LED 背光 LCD 面板。
	京东方	与美国 Rohinni 公司将组建一家合资企业，共同生产用于显示器背光源的超薄微型 LED 解决方案。
显示屏厂	利亚德	公司 COB 式 Mini LED 小间距产品采用 Mini LED 晶粒作为显示像素，倒装方式 COB 进行工艺加工。
	洲明科技	已能批量化生产 P0.9 Mini LED 产品；将扩大 Mini LED 和 Micro LED 产能。
	雷曼	公司计划今年三月推出 P0.9 的 Mini LED，二季度有望推出倒装工艺的 P0.6 的 Mini LED，20 年有望推出 Micro LED。
芯片厂	晶元光电	Mini LED 已经小量生产，预计 19 年 Q1 放量，主攻电竞相关背光及室内小间距显示屏应用，预计 19 年 Mini LED 业务占比一至二成。
	隆达	公司 Mini LED 背光产品已经量产出货，应用于高端笔记本电脑、电竞显示屏和车载显示屏。
	三安光电	公司有实力实现 Mini LED 的量产，同时陆续将应用于电影院的产品交货给三星；从爱思强采购多套 AIX 2800G4-TM (IC2) 集群系统，以满足小间距显示器不断增长的需求。
	华灿	公司计划 2018 年下半年开始生产智能手机、液晶电视和汽车显示器的 Mini LED 背光产品，并预计 2019 年 Micro LED 将首次实现在 AR/VR 设备以及智能手表的应用。
	乾照	公司成立未来显示研究院并送样布局 Mini LED 显示屏和 Mini LED 背光，期望 2019 年实现量产。
	亿光	公司于 2018 年四季度开始出货，初期 Mini LED 将锁定运用于手机和车用面板的背光产品。
	宏齐	公司研发的 4 颗 Mini LED 组合成一颗 Mini COB 封装产品可以应用于电影院的 LED 荧幕，目前已经开始交货，手机用 Mini LED 则在认证中。
封装厂	光磊	公司积极开发用于小间距 LED 显示屏的 Mini LED 应用。
	瑞丰	Mini LED 小尺寸背光产品已完成样品及量产工艺的验收，具备 3K 片/月的样品生产能力，正在筹建全自动的量产线。
	国星光电	公司已经开始小批量出货 75 英寸液晶电视、27 英寸及 32 英寸游戏液晶显示器的 Mini LED 背光设备。公司还开始使用 IMD 工艺生产 P0.9 精细间距 Mini LED 显示器。公司计划投资 10 亿元进行新一代 LED 封装器件及配套外延芯片的扩产，主要扩产小间距、Mini LED、白光器件等产品。
IC 设计厂	兆驰	公司的 Mini LED 与国内知名手机厂商合作，并已能实现量产。
	聚积	公司已逐渐突破生产挑战，良率逐步提升至 99.99%，首发产品将是大陆智能手机品牌 Mini LED 背光模组驱动 IC。
	Dialog	公司的 LCD 背光使用 Mini LED 驱动 IC。

资料来源：LED 显示渠道，电子发烧友，OFWeek，长江证券研究所

LEDinside 指出，Mini LED 未来可能的发展方向，涵盖电视、手机、车用面板、显示屏等，预估 2023 年整体 Mini LED 产值将达到 10 亿美元，其中 LED 显示屏及大尺寸电视等，将是 Mini LED 未来应用的主流。

图 40：Mini LED 在各应用领域的市场规模预测（百万美元）

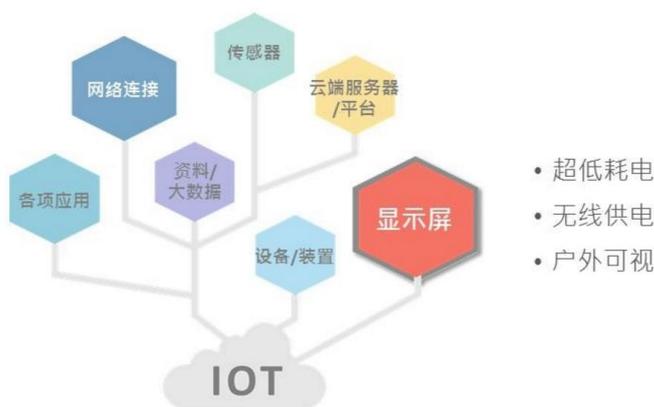


资料来源：LEDinside，长江证券研究所

高密度 LED 显示是全产业链的机遇

面对物联网时代对于显示屏的要求，各项显示技术在不同场景发挥各自优势。以穿戴式产品为例，若采用 AMOLED 屏的手表，则倾向于多样化外观与色彩感，但续航时间较短；若采用 LCD 屏以及 PMOLED 屏，则使用时间可达 3~5 天，可广泛应用于基础活动的追踪与监测；若采用 Micro LED 屏，在户外使用时可视化程度更高，色彩绚丽，未来还可能做到透明显示的效果。

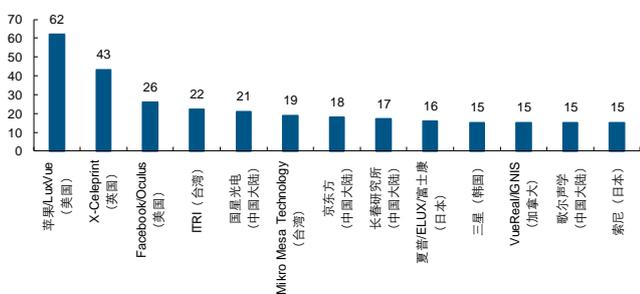
图 41：显示屏成为人机沟通的核心组件



资料来源：Eink，长江证券研究所

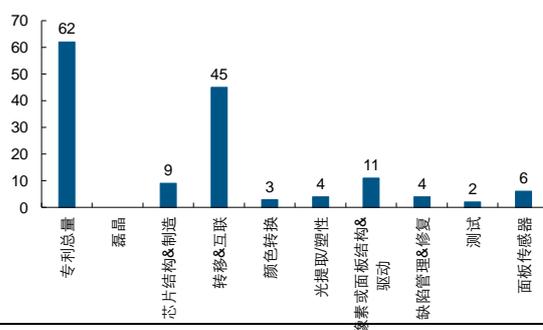
创新驱动下，三星、苹果等大厂进入，初创企业配合台厂崛起。三星在高密度 LED 显示领域已经向外界展示了“The Wall”，展示了其较早布局 Micro LED 领域的决心；而苹果虽较早收购了研发 Micro-LED 显示面板技术的 LuxVue 公司，联手鸿海旗下的群创做研发，很少向外界透露具体进展；矽创等台湾初创企业则配合台湾地区 LED 产业链积极开发。不过，Yole 发布的《MicroLED 显示专利全景分析 - 2018 版》则向外界揭露了各个企业的专利布局，苹果野心与储备随之展现。报告显示 MicroLED 显示领域全球主要专利申请人排名前十为 Apple\Luxvue（美国）、X - Celeprint（英国）、Facebook - Oculus（美国）、ITRI（台湾工研院）、华星光电（中国大陆）、Mikro Mesa（中国台湾）、京东方（中国大陆）、中国长春光机所（中国大陆）、夏普\Elux\Foxconn（日本）、三星（韩国）。

图 42：MicroLED 显示领域全球主要专利申请人排名



资料来源：Yole，长江证券研究所

图 43：苹果公司 microLED 显示技术重点领域的专利结构图



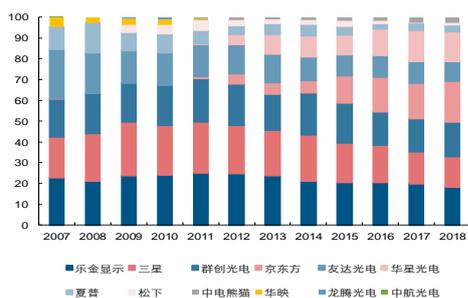
资料来源：Yole，长江证券研究所

面板和 LED 都是成熟的产业，两大产业都瞄准显示市场。前文分析过，Mini LED、Micro LED 技术都是站在成熟的 LED 显示与面板技术的基础之上，因此有很多可以借

鉴的部分与可沿袭的生产环节，这也将提升产业链的参与度，有利于研发资源向聚集至一个方向，形成合力。

我国在面板与 LED 两个领域占据全球主导地位。顺应产业转移，在行业集中度较高的面板与 LED 行业，我国多家企业跻身全球前列，且诞生出全球龙头企业。在资金、技术与市场的共同作用下，我国企业拥有率先进入下一轮技术创新的入场券，并且相较于前几年，国产终端品牌的涌现给予上游零部件企业更多技术储备土壤。

图 44：我国大陆面板厂在 TV 面板中市占率不断提升(%)



资料来源:Witsview, 长江证券研究所

基于此，Mini LED、Micro LED 的发展同样是 LED 产业链供给端格局变化的过程，我们看好 Mini LED、Micro LED 趋势下，我国 LED 产业链在拥有先发优势，依次建议关注产业链上下游有能力储备新兴技术的优质企业。

图 45：LED 各环节厂商

一体化		分工	
CREE 飞利浦 欧司朗 日亚化学 丰田合成	芯片	三安光电、 晶元光电、 华灿光电	
	封装	木林森、国星光电、鸿利智汇、亿光、聚飞光电、 东山精密、长方照明	
	应用	欧普照明、阳光照明、 佛山照明、三雄极光、 洲明科技、利亚德	

资料来源：长江证券研究所



投资评级说明

行业评级 报告发布日后的 12 个月内行业股票指数的涨跌幅相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅为基准, 投资建议的评级标准为:

看 好: 相对表现优于同期相关证券市场代表性指数

中 性: 相对表现与同期相关证券市场代表性指数持平

看 淡: 相对表现弱于同期相关证券市场代表性指数

公司评级 报告发布日后的 12 个月内公司的涨跌幅相对同期相关证券市场代表性指数的涨跌幅为基准, 投资建议的评级标准为:

买 入: 相对同期相关证券市场代表性指数涨幅大于 10%

增 持: 相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在 5%~10%之间

中 性: 相对同期相关证券市场代表性指数涨幅在-5%~5%之间

减 持: 相对同期相关证券市场代表性指数涨幅小于-5%

无投资评级: 由于我们无法获取必要的资料, 或者公司面临无法预见结果的重大不确定性事件, 或者其他原因, 致使我们无法给出明确的投资评级。

相关证券市场代表性指数说明: A 股市场以沪深 300 指数为基准; 新三板市场以三板成指 (针对协议转让标的) 或三板做市指数 (针对做市转让标的) 为基准; 香港市场以恒生指数为基准。

联系我们

上海

浦东新区世纪大道 1198 号世纪汇广场一座 29 层 (200122)

武汉

武汉市新华路特 8 号长江证券大厦 11 楼 (430015)

北京

西城区金融街 33 号通泰大厦 15 层 (100032)

深圳

深圳市福田区中心四路 1 号嘉里建设广场 3 期 36 楼 (518048)

分析师声明

作者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。分析逻辑基于作者的职业理解, 本报告清晰准确地反映了作者的研究观点。作者所得报酬的任何部分不曾与, 不与, 也不将与本报告中的具体推荐意见或观点而有直接或间接联系, 特此声明。

重要声明

长江证券股份有限公司具有证券投资咨询业务资格, 经营证券业务许可证编号: 10060000。

本报告仅限中国大陆地区发行, 仅供长江证券股份有限公司 (以下简称: 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。本报告的信息均来源于公开资料, 本公司对这些信息的准确性和完整性不作任何保证, 也不保证所包含信息和建议不发生任何变更。本公司已力求报告内容的客观、公正, 但文中的观点、结论和建议仅供参考, 不包含作者对证券价格涨跌或市场走势的确定性判断。报告中的信息或意见并不构成所述证券的买卖出价或征价, 投资者据此做出的任何投资决策与本公司和作者无关。

本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断, 本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可升可跌, 过往表现不应作为日后的表现依据; 在不同时期, 本公司可以发出其他与本报告所载信息不一致及有不同结论的报告; 本报告所反映研究人员的不同观点、见解及分析方法, 并不代表本公司或其他附属机构的立场; 本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。同时, 本公司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。

本公司及作者在自身所知合规范围内, 与本报告中所评价或推荐的证券不存在法律法规要求披露或采取限制、静默措施的利益冲突。

本报告版权仅为本公司所有, 未经书面许可, 任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制和发布。如引用须注明出处为长江证券研究所, 且不得对本报告进行有悖原意的引用、删节和修改。刊载或者转发本证券研究报告或者摘要的, 应当注明本报告的发布人和发布日期, 提示使用证券研究报告的风险。未经授权刊载或者转发本报告的, 本公司将保留向其追究法律责任的权利。