



核心观点

❖ LCD 显示经过多年发展，技术成熟，成本低廉，仍然在显示市场占据着主流地位，具有经济性的 Mini LED RGB 直显技术的量产大概率在近两年内将会有突破性进展。

Mini LED 和 QLED 显示这两种自发光显示技术，在理论上较 OLED 显示拥有更好的颜色表现、更久的工作寿命等优势。Mini LED 可以做 LCD 的背光，也可以直接拿来做显示屏，目前 Mini LED RGB 直显还面临主要困难还是成本较高，目前主要在高端酒店会议庆典等商用租赁、大型会议室视频显示和更高端的裸眼 3D、AR 和 VR 应用等场景开始试用推广。

❖ 2020 年是 Mini LED 背光+LCD 产品量产的元年，Mini LED 技术应用当前已经具备经济性。

1. 高动态范围以及削弱的光晕效应是 Mini LED 带给 LCD 突出的优势；。一个 Mini LED 控制大概 30 个 LCD 的像素，而人在某一距离下观看时，肉眼分辨率有限。利用这个原理，加上最佳的区域划分数目，我们可以将光晕效应压制到最低程度，达到和 OLED 一样出色的表现。此外，Mini LED 的亮度、明暗对比度、色彩饱和度，都可以让 LCD 的动态范围提升百倍甚至好几千倍。

2. Mini LED 背光技术的接受程度比 Micro LED 更高。Mini LED 比 Micro LED 更容易制造，良率更高，技术上已经证明可行。所以 Mini LED 是 LCD 此一轮发展的进化核心动力，这种升级将使得 LCD 如虎添翼。2019 年以来 MiniLED 显示产品密集发布，苹果、TCL、海信、华硕、群创、友达、京东方等巨头纷纷推出 MiniLED 背光或类似技术的电视、显示器、VR 和车载显示等终端产品。

3. 在移动显示的应用范围内，Mini LED 的高动态范围、高色彩饱和度、长寿命和省电等特点非常重要。据媒体报道，苹果最快将在 2020 年第四季度至 2021 年一到二季度分别推出配备 Mini LED 显示屏的 iPad 与 MacBook。

❖ 未来的光电显示市场，Mini LED 背光的 LCD 和 OLED 各自发展，长期共存 OLED、LCD 和 Mini LED 都是 TFT 技术，所以不会像当初 LCD 彻底取代 CRT 和 PDP 那样，而是会共存，有些应用对 LCD 更适宜，但有些应用也许对 OLED 或者 Micro LED 更有利。在相当一段时期内，LCD 和 OLED 仍将还会共存于市场中，相互补充，激烈的竞争有望让消费者以更低的价格获得更好的显示效果。

❖ 重点关注 Mini LED 应用落地，量产工艺突破带来的高端 LED 显示行业景气上行带来的投资机会

随着 5G 网络及工业 4.0 时代的到来，互联网+、物联网、人工智能、虚拟现实及增强显示等新技术的出现，超高清显示需求强烈，小间距渗透持续、Mini LED 等新兴应用领域不断发展，高端 LED 显示行业景气度持续上行。相关标的有：国星光电、瑞丰光电、聚飞光电、华灿光电、TCL 科技、利亚德、洲明科技、兆驰股份、奥拓电子和三安光电等。

风险提示：新产品市场接受度低于预期，成本下降进度低于预期

证券研究报告

所属部门 | 行业公司部

报告类别 | 行业深度

所属行业 | 机械设备/高端制造/光电显示

行业评级 | 买入评级

报告时间 | 2020/04/19

分析师

孙灿

证书编号：S1100517100001

010-68595107

suncan@cczq.com

川财研究所

北京 西城区平安里西大街 28 号中海国际中心 15 楼，100034

上海 陆家嘴环路 1000 号恒生大厦 11 楼，200120

深圳 福田区福华一路 6 号免税商务大厦 30 层，518000

成都 中国（四川）自由贸易试验区成都市高新区交子大道 177 号中海国际中心 B 座 17 楼，610041

正文目录

一、近代主流光电显示技术	5
1.1. 光电显示技术路线	5
1.2. 三种主流光电显示技术特点和应用的比较	5
1.3. 主流显示产品分类	6
二、LED 基础	9
2.1. LED 技术的发展历程	9
2.2. LCD 和 LED 显示技术	10
2.2.1. LCD 显示屏的结构及原理	10
2.2.2. OLED 显示的结构及原理	11
2.2.3. QLED (量子点 LED) 显示的结构及原理	12
2.3. 微型 LED (Micro LED) 显示	13
2.3.1. Micro LED 显示	13
2.3.2. Mini LED 显示	18
2.4. LCD\OLED\ Micro LED\Mini LED 显示对比	19
2.4.1. Micro LED 与 Mini LED 显示的比较	19
2.4.2. LCD、OLED 与 Mini LED 显示的比较	19
三、光电显示技术的主要应用趋势和方向	21
3.1. 显示平板化	21
3.1.1. 平板显示技术的结构及材料比较	21
3.1.2. 平板显示的主要应用领域比较	22
3.2. 显示大屏化	23
3.2.1. 显示屏大型化的三种主流显示技术	23
3.2.2. 当前主流大屏产品或解决方案	24
3.2.3. 大型显示屏应用的定制化趋势	25
四、新应用临界推动 LED 在显示方面应用拓展	26
4.1. LCD 和 Micro LED 显示技术新进展	26
4.2. 光电显示的现状和趋势	28
4.2.1. LCD 显示经过多年发展，技术成熟，成本低廉，仍然在显示市场占据着主流地位	28
4.2.2. 具有经济性的 Mini LED RGB 直显技术的量产大概率在近两年内将会有突破性进展	28

本报告由川财证券有限责任公司编制 敬请参阅尾页的重要声明



.....	29
4.2.3. 2020 年是 Mini LED 背光+LCD 产品量产的元年，Mini LED 技术应用当前已经具备经济性	29
4.2.4. 未来的光电显示市场，Mini LED 背光的 LCD 和 OLED 各自发展，长期共存	30
五、行业相关公司估值比较	31
六、风险提示	31
附注	32

图表目录

图 1: 三种主流光电显示技术比较.....	6
图 2: LED 的技术发展历史	9
图 3: TFT-LCD 的基本结构	11
图 4: OLED 显示的基本结构	12
图 5: QLED 显示的基本结构	12
图 6: MICRO LED 与一般 LED 的尺寸比较.....	13
图 7: MINI LED 显示的基本结构.....	14
图 8: 被动驱动阵列剖面图和 3D 结构图.....	15
图 9: 单片集成式和晶粒转移式芯片剖面图和 3D 结构图.....	16
图 10: SMD 小间距显示单元制造技术路线.....	16
图 11: COB 小间距显示单元制造技术路线.....	17
图 12: LED 显示芯片封装和组装技术路线对比.....	17
图 13: 各种显示技术性能对比	20
图 14: 不同平板显示的结构及材料比较.....	21
图 15: 不同平板显示的性能比较	21
图 16: 不同光电显示技术在平板显示主要应用领域比较.....	23
图 17: 大屏显示的三种主流光电显示技术路线的指标对比表	24
表格 1.三种主流光电显示技术路线.....	5
表格 2.主流显示器产品分类	6
表格 3. LED 的发展历程	10
表格 4. MICRO LED 显示驱动	14
表格 5. MICRO LED 转移技术	17
表格 6.彩色化路线	18
表格 7.不同平板显示的结构及材料比较.....	21
表格 8.主流平板显示技术的主要应用领域及特点.....	22
表格 9.显示屏大型化的三种主流显示技术应用.....	23
表格 10.三种主流大屏显示技术的关键性能指标对比.....	23
表格 11.大屏显示产品的应用场景的新趋势.....	25
表格 12.液晶显示 (LCD) 技术的新发展.....	26
表格 13.微型 LED (MICRO LED) 技术的新发展.....	27
表格 14.可比公司估值	31

一、近代主流光电显示技术

1.1. 光电显示技术路线

光电显示技术即把经过电子设备所输出的电信号转化为可视的图像，在当前的很多技术领域都有着很广泛的应用，发展的速度也很快，在信息产业中占有很重要的地位。随着经济和技术的发展，对其也提出更高的要求，现在已经是诸多生产生活中不可缺少的一部分。光电显示技术是几个学科之间的交叉综合，主流的技术路线有阴极射线管、液晶和等离子显示等。

表格 1.三种主流光电显示技术路线

项目	主要内容
阴极射线管(CRT)	CRT 是一种传统的光电信息显示装置，具有极为优良的显示质量，在生产和驱动方面很简单，性价比比高。对于阴极射线管来说，最为关键部件是连接到屏幕后部的电子枪，在加速，聚焦和偏转之后，它在荧光屏的荧光体上被照射，并且以相对快的速度将电子发射，同时，偏转线圈控制电子束的方向并逐行扫过屏幕，进而达到显示图像的目的。
液晶显示(LCD)	LCD 是介于固体和液体之间的有机化合物，它将液体的流动性和固体的光学性质进行了有机的结合，于此产生出了液晶显示器，它的关键物质是液晶材料。当施加适当的电压时，液晶材料的分子就被偏转，从而导致它们的透射率发生变化。这样，“阴影”状态就变为“照明”状态，从而达到显示的目的。分类依据的不同，有许多类型的液晶显示器，最新一代的薄膜晶体管液晶显示器等都是源矩阵液晶显示器。
等离子体显示(PDP)	等离子显示是通过气体放电照明显示的平面显示面板，并且可以被视为布置的大量小荧光灯，等离子显示技术被视为未来大屏幕平板显示器的主流技术之一。等离子体显示器利用两个玻璃基板之间的惰性气体电子放电来产生紫外，红色和蓝色磷光体，从而得以呈现出各种彩色光点的画面，其中 PDP 主要适用于中型到大型显示器。等离子显示器具有阴极射线管的优点，但它超薄的体积和重量远远优于传统的大尺寸 CRT 电视。其图像具有高分辨率的丰富层次，可以不受磁场、宽视角和主动照明的影响，但是它的功率特别大，在使用过程中耗电太多。

资料来源：探索光电显示技术的发展_郑琦林，川财证券研究所

1.2. 三种主流光电显示技术特点和应用的比较

光电显示技术是不断的朝着更薄更轻更大、更方便的方向发展，主要发展方向和趋势就是平板化、大屏化和定制化，三种主流技术路线都是有优点也有缺点。

阴极射线管是最为大众所熟悉的一种光电显示技术，因为它最早投入应用，并且造价也比较低，随着时代的发展，它的体积太大，也太重，与当下人们之间的生活放不相符合，愈发的不适合发展的需要。机身很薄，轻便耗能少的液晶显示器逐渐的走入了人们的视野，不仅在视觉上可以有更好的观感，而且还大大的节省了室内空间，液晶显示是现在应用最多的技术。

本报告由川财证券有限责任公司编制 敬请参阅尾页的重要声明

等离子体显示是比液晶显示还高一级的技术，它更加薄，也更加轻便，并且有着极好的分辨率，对画面可以做真全彩的展示，但耗电比较多，而且由于技术的原因造价也比较高，所以一直未能大规模落地应用。

图 1：三种主流光电显示技术比较

技术名称	英文表示	优势	缺点
阴极射线管	Cathode Ray Tube(CRT)	显示质量优良，制作和驱动比较简单，有很好的性能价格比	电压高、软 x 一射线、体积大、笨重、可靠性不高
液晶显示	Liquid Crystal(LC)	响应速度快、不产生闪烁	可视角度小响应时间过慢亮度和对比度低
等离子体显示	Plasma Display Panel(PDP)	高解析度、不受磁场影响、视角广及主动发光	功率大，比较耗电。

资料来源：探索光电显示技术的发展_郑琦林，川财证券研究所

1.3. 主流显示产品分类

就目前的主流显示器市场而言，目前常见的显示技术包括 LCD(液晶显示器)、激光显示技术、OLED(有机发光二极管显示器)、电泳显示器(又称 E-ink 显示器)、以及新兴的 Micro LED(微型发光二极管)显示技术等，各种显示技术均具有其独特的特点及应用领域。

随着科技的发展和时代的进步，CRT 显示器由于体积较大、功耗较高、寿命较短、刷新率较低等多种缺陷已经逐渐退出了历史舞台。PHP 由于产品成本高昂，产业应用有限产品落地困难。液晶显示器和有机发光二极管显示器是目前应用领域最广的显示技术，电泳显示器主要用于阅读领域，而微型发光二极管显示技术是目前新兴的显示技术，还有很多问题亟待解决。

表格 2.主流显示器产品分类

项目	主要内容
液晶显示器(LED)	<p>液晶是一种特殊的混合物，其在常温下处于固态和液态之间，在不同的电压下排列状态会发生变化，从而影响透光率，通过对光线的调制实现显示。典型的液晶显示器包括上基板和下基板，上基板又称为彩膜基板，其具有彩色滤光单元和公共电极，下基板又称为阵列基板，其具有像素电极和薄膜晶体管，上基板和下基板之间密封有液晶分子，通过在公共电极和像素电极之间施加电压，对液晶分子的排列方式进行控制，从而对背光单元的光线进行调制，人们便可观察到不同的图像。</p> <p>液晶显示器是目前广泛使用的显示器，经过多年的发展和完善，目前已经开发出 IPS(面内切换)、LTPS(低温多晶硅)等先进技术，用于提高液晶显示器的可视角度、对比度等。液晶显示器成本低廉、寿命长、显示效果优异，已经完</p>

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

全取代了 CRT 显示器。然而，由于液晶显示器需要背光单元照明，所以其具有较大的厚度，且背光单元一般是刚性的，不能弯曲，所以，无法应用于柔性显示。日本的夏普、索尼以及 JDI，我国的京东方、华星光电以及天马微电子等，均拥有大量涉及液晶显示技术的专利，也是目前全球液晶显示器的生产巨头。

立体图像，目前主要用于 VR 及 AR 领域；

激光显示技术也称激光投影技术或者激光显示技术，它是以红、绿、蓝(RGB)三基色激光为光源的显示技术，可以最真实地再现客观世界丰富、艳丽的色彩，提供更具震撼的表现力。一般的激光显示器均包括红、绿、蓝激光器，调制模块及投影模块。通过控制施加在调制模块上的电压对激光光束的光场、相位进行随机调制，然后经透镜整形后进入投影镜头，投影镜头将激光束形成的图像投射到屏幕上。

激光投影

激光全色显示产品的优点是：色域空间大、色彩丰富、色饱和度高，其颜色表现力是传统电视的 2 倍以上，激光显示技术是下一代显示技术，其应用领域极其广泛。激光显示产品将以新一代显示技术开拓多方面市场，形成规模产业，预计激光数码影院应用市场以及大屏幕指挥应用市场、高端消费类市场的年新增产值会呈现几何级数增长态势，将会创造巨大的市场和经济效益。然而，由于采用了投影的方式，激光显示器的亮度较低，对比度也不如传统的液晶显示器，且功耗和成本也不可小觑，目前在显示领域还未大规模应用。

激光显示技术目前成本较高，且亮度相对较低，还没有大规模应用；

有机发光显示技术于 1979 年在实验室中发现，其具有自发光的特点。相比传统的液晶显示器，有机发光二极管显示器最大的优点在于不需要背光源，其每个像素是独立发光的。有机发光二极管显示器同样包括上基板和下基板，下基板上形成多个开关元件，上基板上形成多个独立的像素组，每一像素组均包括红、绿、蓝三个有机发光二极管，下基板上的开关元件通过电连接器与上基板上的发光单元连接，从而对每个像素单独控制。有机发光二极管显示器不需要背光源单元，所以，其可以实现薄型化，相比液晶显示器，有机发光二极管显示器还具有广色域、高对比度、高响应速度等优点。当使用塑料基板时，有机发光二极管显示器可以形成为柔性的，柔性显示是未来显示技术的发展方向之一。三星公司是目前有机发光显示技术的专利持有者。

有机发光二极管显示器 (OLED)

然而，由于作为发光元件的有机材料化学性质活泼，其极易受到水和氧气的侵蚀，且有机材料成本昂贵，所以，有机发光二极管显示器造价高昂，寿命远小于液晶显示器。

OLED 显示器虽然成本较高，但其具有超薄、省电、广色域、可弯折等优点，目前已经广泛用于手持设备，但其寿命相比液晶较短，且长时间使用存在“烧屏”的风险；

电泳显示器 (E-ink)

电泳显示器，又称为电子墨水显示器，其利用有颜色的带电球，借助外加电池，在液态环境中移动，呈现出不同颜色的显示效果。电子墨水的种类是由数以百万的微小的微粒子（又称为微胶囊）所组成，其大小约为人类毛发的直径。在典型的结构中，每个微粒子包含正电荷白粒子及负电荷黑粒子，且悬浮在清液

电泳显示器无辐射，显示文字清晰、锐利，可呈现出“纸质”

中。当施加电场时，正电荷白粒子将移动至微粒子的顶端，而使其表面呈现白色的感觉，主要用于电子阅读器领域。同时，反向电场将负电荷黑粒子拉至微粒子的底端。借助反向偏压，负电荷黑粒子将移动至微粒子的顶端，而使其表面呈现黑色。电泳显示器是专为阅读而生的，其无辐射，可以呈现出纸质的效果，受到广大读者的喜爱。然而，电泳显示器无法显示彩色，且响应速度慢，无法显示动态图像，用途单一，目前仅用于文字阅读。元太科技、索尼等是电泳显示技术的专利持有者。

Micro LED 其实不难理解，其实就是将我们日常见到的 LED 屏幕面板，微缩到 100 微米以下的程度，单个尺寸小于原来 LED 的 1%；之后再将这些微型 LED 转移到驱动电路和玻璃基板上，从而实现各种尺寸的 Micro LED 屏幕。

微型发光
二极管
(Micro
LED) 显示
器

Micro LED 进入人们视线是在 2012 年，索尼公司率先将 Micro LED 技术应用在消费电子领域。随后，苹果公司、三星公司积极投入 Micro LED 技术的研发，并将之作为下一代显示技术。相比于 OLED，Micro LED 显示器的结构并没有发生显著变化，就是将其中的有机发光二极管替换为无机发光二极管，其最大优势在于使用寿命。Micro LED 采用无机材料制作，寿命和稳定性都要比 OLED 屏幕的有机分子要强得多，也不容易发生烧屏老化等现象。也就是说，Micro LED 具备 OLED 屏幕的所有优点，在此基础上，还极大的提升了其寿命和稳定性。当然，性能如此优越的 Micro LED 没能得到普及，意味着它的局限性也非常明显，其中技术工艺是目前最亟待解决的问题。要正式商用 Micro LED，成熟的微缩制程技术和巨量转移技术必不可少。前者解决的是如何将毫米级别的 LED 晶片微缩到只有原来 1% 的大小，后者解决的是如何将如此高密度、阵列化、薄膜化的 LED 晶体转移到驱动面板上。

Micro LED 拥有 OLED 显示器的所有优点，同时克服了 OLED 显示器寿命较短的缺陷，是未来的主流显示技术，目前，各大厂商积极研发 Micro LED 显示技术。

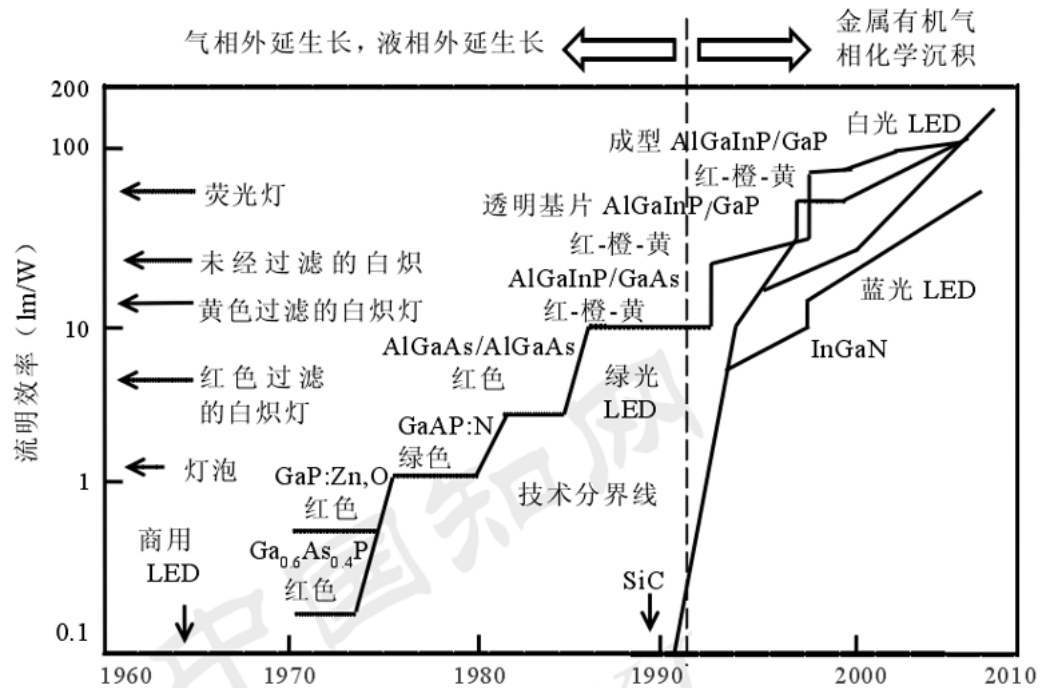
资料来源：探索光电显示技术的发展_郑琦林，川财证券研究所

二、LED 基础

2.1. LED 技术的发展历程

发光二极管是一种常用的发光器件，通过电子与空穴复合释放能量发光，它在指示和照明领域应用广泛。

图 2：LED 的技术发展历史



资料来源：Micro_LED 显示技术研究进展_邵建鹏，川财证券研究所

LED 早期只能发出低光度的红光，之后发展出其他单色光的版本，时至今日能发出的光已遍及可见光、红外线及紫外线，光度也提高到相当的光度。而用途也由初时作为指示灯、简单显示板等，到现在已经广泛地应用于照明和显示领域。

进入 21 世纪以后，LED 显示屏的生产成本的大幅度降低，LED 显示屏得到快速的发展。LED 显示屏有着可用时间长、可视视角广以及可以按照实际需求任意组装成需要的大小等等优点，被广泛应用于传媒领域、信息发布领域。

- 车站、机场的车次航班的实时信息显示。目前国内的几乎所符的火车站、汽车站、机场都安装大型的 LED 显示屏，实时显示车次、航班的实时信息更新，提升了旅客的效率和车站等的智能化程度。
- 道路交通信息显示。LED 显示屏由于其可视化程度高，在公路上可以实时提醒司机前方的路况信息，为人们的出行提供了安全保障，成为了道路交通领域重要一部分。
- 商场购物中心和广告媒体等信息显示和业务宣传。随着国内服务行业的

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

发展,实时的广告信息和业务宣传也变得越来越重要,其可视化程度高、成本低廉已经成为在该领域不可替代的唯一媒介。

表格 3.LED 的发展历程

项目	主要内容
LED 的发明	1907 年英国的电气工程师 Henry Joseph Round 在研究由碳化硅材料制作的“猫须整流器”时,观测到半导体金属电极附近发射出不同颜色的光,但 SiC 晶体的能量转换效率一直都很低,无法满足亮度的需求。随着半导体生长技术的发展,到了 1965 年,第一只采用 Ga AsP 作为发光材料的商用 LED 问世,其结构与普通二极管类似,但发光效率非常低,只能发出千分之几个流明的红光。
LED 指示灯和图形显示	到了 20 世纪 70 年代,人们研制出采用 GaP、AlGaAs 等作为发光材料的绿光 LED 及红光 LED 等,但这些 LED 由于亮度较低只能作为指示灯使用。 随着 III-族化合物半导体材料能带工程和金属有机气相化学沉积 (MetalOrganic Chemical Vapor Deposition, MOCVD) 技术的发展,LED 技术取得了重大突破。1985 年日本索尼公司的 Ikeda 利用 MOCVD 方法制备出异质结构 Al Ga As 发光二极管,亮度超过之前的发光二极管,这就是后来所说的高亮度发光二极管;1991 年 Fletcher 等人用 MOCVD 方法制备了 LED,其发光效率提升了两倍;1993 年日本日亚公司的 Nakamura 改进 MOCVD 设备,利用退火工艺,极大提高了 Mg 掺杂的 Ga N 的性能,采用 In Ga N/Ga N 异质结成功制备出具有商业应用价值的高亮度蓝光 LED,其发光强度超过 1cd;紧接着人们用单量子阱结构获得了大于 10cd 的蓝、绿、黄 In Ga N 基 LED,将发光二极管发光光谱区由原来的 650nm~560nm 扩展到 650nm~470nm。1996 年白光 LED 面世,开创了 LED 照明的新时代。
LED 照明	21 世纪初,LED 已经可以发出任何可见光谱颜色的光(包括有红外线和紫外线),其发光效率已经达到 100 流明以上。随着 LED 技术的不断发展,半导体照明作为新型固态绿色能源,在照明领域替代传统照明光源的条件日趋成熟,被称为第四代革命性照明光源。
景观照明和高标准图像显示	随着芯片微型化、颜色多样化以及成本的降低,LED 应用领域不断扩展,从简单信息指示和显示领域向多样化景观照明、高分辨率要求的室内图像显示屏甚至 3D 显示等领域。

资料来源:探索光电显示技术的发展_郑琦林,川财证券研究所

2.2. LCD 和 LED 显示技术

2.2.1.LCD 显示屏的结构及原理

典型的 TFT-LCD 显示的基本结构如下,在上、下两层玻璃基板之间夹一层液晶材料,形成平行板电容器,其中上玻璃基板贴有彩色滤光片,下玻璃基板则有薄膜晶体管镶嵌于上。上下两块偏光板的光学偏振方向互相垂直,即相位差为 90° 。背光模组用来提供均匀的背景光源。

以不加电压液晶面板为亮态(即常白态)为例,背光源发射出来的非偏振光通过下偏光板成为线偏振光,下玻璃极板上的薄膜晶体管用来对每个像素位置施加电压,以控制液晶转向。如果某个像素位置没有电压,由于晶体的旋光特性,该线偏振光的偏振方向将旋转 90° ,正好与上偏光板的偏振方向相同,则光线顺利通过,则该像素显示状态为亮。如果某个像素位置有电压,该像

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

素区域的液晶的旋光特性将消失，通过液晶的光线的偏振状态不变，因此光线无法通过上偏光板，则该像素显示状态为暗。此外，因为上层玻璃基板与彩色滤光片贴合，彩色滤光片使每个像素包含红蓝绿三原色，从而使其呈现出某一特定的颜色，这些不同颜色的像素呈现出来的就是面板前端的图像。

图 3： TFT-LCD 的基本结构



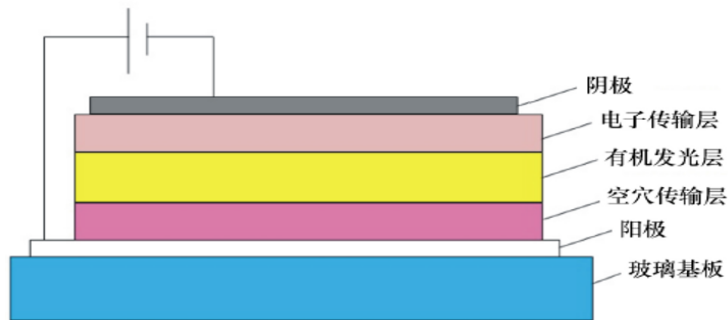
资料来源：平板显示技术比较及研究进展_李继军，川财证券研究所

2.2.2.OLED 显示的结构及原理

OLED 显示属于自发光显示技术，典型的有源矩阵有机发光二极管 (Active Matrix Organic Light Emitting Diode, AMOLED) 显示的基本结构和显示原理如下。

在玻璃基板上通过喷墨打印、有机气相沉积或真空热蒸发等工艺，形成阳极、空穴传输层、有机发光层、电子传输层和阴极。当对 OLED 器件施加电压时，金属阴极产生电子，ITO 阳极产生空穴，在电场力的作用下，电子穿过电子传输层，空穴穿过空穴传输层，二者在有机发光层相遇，电子和空穴分别带正电和负电，它们相互吸引，在吸引力（库仑力）的作用下被束缚在一起，形成了激子。激子激发发光分子，使得发光分子的能量提高，处于激发状态，而处于激发状态的分子是不稳定的，它想回到稳定状态，在极短的时间内，它放出能量回到稳定状态，而放出的能量就以光子的形式发出。由于 ITO 阳极是透明的，所以可看到发出的光。

图 4： OLED 显示的基本结构



资料来源：平板显示技术比较及研究进展_李继军，川财证券研究所

不同的有机发光材料发出不同颜色的光，依配方不同，可产生红，绿，蓝三原色，构成基本色彩。AMOLED 的每个像素都配备具有开关功能的低温多晶硅薄膜晶体管 (Low Temperature Poly-Si Thin Film Transistor, LTP-SiTFT)，通过 TFT 开关控制电流大小来改变器件发光亮度，从而实现对每个像素点的精确控制。每个 OLED 显示单元(像素点) 都能产生 3 种不同颜色的光，从而可实现彩色显示。

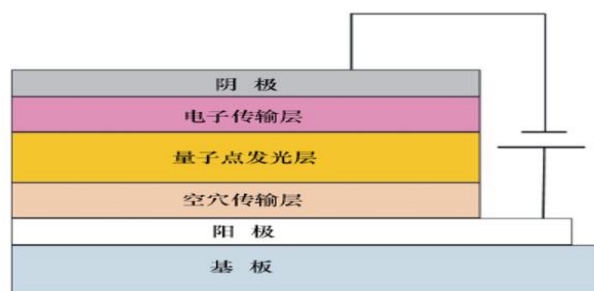
2.2.3. QLED (量子点 LED) 显示的结构及原理

QLED 显示也属于自发光显示技术，其机构与 OLED 技术非常相似，由玻璃基板、阳极、空穴传输层、量子点发光层、电子传输层、阴极等组成。量子点是一种无机半导体纳米晶体，其晶粒直径在 2~10nm 之间。

量子点的光电特性很独特，当受到光或电的刺激，量子点便会发出色纯度非常高的高质量单色光，光线的颜色由量子点的组成材料和大小形状决定。

量子点层夹在电子传输和空穴传输有机材料层之间，外加电场使电子和空穴移动到量子点层中，它们在这里被捕获到量子点层并且重组，从而发射光子。通过控制无机物成分和颗粒尺寸等性状来显示不同的颜色，从而实现画面显示功能的一种应用。

图 5： QLED 显示的基本结构



资料来源：平板显示技术比较及研究进展_李继军，川财证券研究所

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

2.3. 微型 LED（Micro LED）显示

2.3.1. Micro LED 显示

1. Micro LED 显示原理

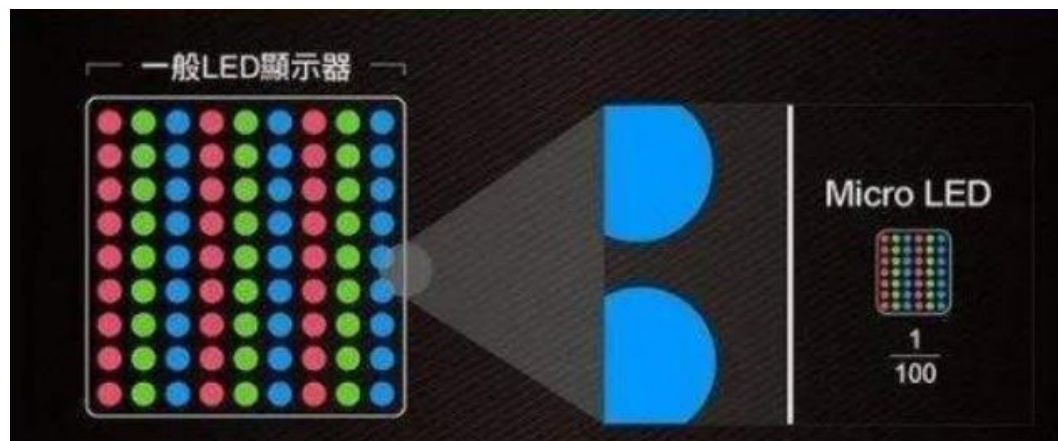
1) 基本定义

Micro LED 即微型发光二极管，一般指使用芯片尺寸为 10~100 μm 的 LED 发光单元组成高密度集成显示阵列，阵列中的 LED 像素点距离在 10 微米量级，每一个 LED 像素都能自发光。

它是将传统的无机 LED 阵列微小化，每个在 10 微米尺寸的 LED 像素点均可以被独立的定址、点亮。简单的讲，可以看作是小间距 LED 的芯片尺寸进一步缩小至 10 微米量级。Micro LED 的显示方式十分直接，将 10 微米尺度的 LED 芯片连接到 TFT 驱动基板上，从而实现每个芯片放光亮度的精确控制，进而实现图像显示。

作为固体自发光显示技术，Micro LED 有着很多 LCD、OLED 无法比拟的优点，是一种可以直接跟 OLED 和 LCD 竞争的显示技术。其优点包括无需背光，光电转换效率高，宽色域，高亮度，非常黑的暗态，阳光下能见度好，功耗低而且寿命长。

图 6： Micro LED 与一般 LED 的尺寸比较



资料来源：苹果一直追捧的 mini LED，到底何方神圣_全都是苹果，川财证券研究所

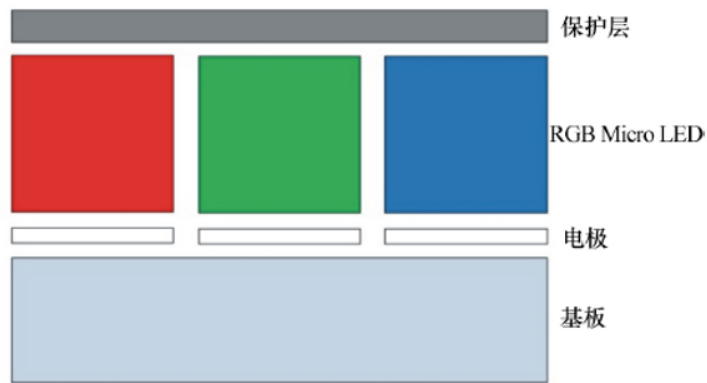
Micro LED 显示器的亮度大于 105cd/m²，对比度大于 104:1，响应时间在 ns 级。与 LCD 比较，Micro LED 的功率消耗量约为 LCD 的 10%、OLED 的 50%；与 OLED 比较，达到同等显示器亮度，只需要后者 10%左右的涂覆面积。同时亮度能达到 OLED 的 30 倍，且分辨率可达 1500PPI（像素密度），相当于 Apple Watch 采用 OLED 面板达到 300PPI 的 5 倍之多。所以，仅从各项数据对比来看，Micro LED 完全有机会取代目前的主流显示技术。

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

2) Micro LED 显示的原理和结构

Micro LED 的典型结构是一个 PN 结面接触型二极管，由直接能隙半导体材料构成，当对 Micro LED 施加正向偏压，致使电流通过时，电子、空穴对于主动区复合，发出单色光。Micro LED 阵列经由垂直交错的正、负栅状电极连接每一颗 Micro LED 的正、负极，通过过电极线的依序通电，以扫描方式点亮 Micro LED 以显示影像。

图 7: Mini LED 显示的基本结构



资料来源：平板显示技术比较及研究进展_李继军，川财证券研究所

3) 驱动分类

从驱动方式上可以将 Micro LED 显示分为两大类：被动驱动和主动驱动，根据驱动方式不同，发光单元结构不同。1) 使用倒装方式将 LED 倒装到 CMOS 驱动基板上则为主动驱动。2) 使用内部金属连线将同一行(列)的 N 极相连，将同一列(行)的 P 极相连，将行列电极引到四周，然后外加行列控制器进行行列动态扫描，这种驱动方式为被动驱动。

表格 4. Micro LED 显示驱动

项目	主要内容
ASIC 被动驱动	用这种驱动方式的 Micro LED 阵列采用被动(行列扫描方式)驱动点亮，结构简单，容易实现。由于 IC 驱动能力的限制，当不同列需要点亮的像素数量不一样时，不同列之间的像素亮度就会产生差异。对于彩色化 Micro LED 阵列来说，驱动电路将更加复杂化，以这种全彩阵列为例，由于一个像素中存在 RGB 三个 LED，并且三个 LED 驱动电压存在差异，这将导致驱动电路更加复杂化，驱动难度也将加大。
CMOS 主动驱动	CMOS 驱动采用共 N 极倒装结构，发光芯片采用单片或者单晶粒形式，倒装到驱动基板后再应用倒装键合技术，将芯片倒装到硅基 CMOS 驱动基板上，这个过程涉及到抓取、摆放等复杂技术。这种结构可以将像素尺寸降到几十个微米，像素间隙很小，达到几个微米。驱动方式为主动驱动。主动驱动方式要明显优于被动驱动方式。
TFT 驱动	以薄膜晶体管 (TFT) 有源矩阵方式驱动的 Micro LED 显示阵列与传统 TFT-LCD 显

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

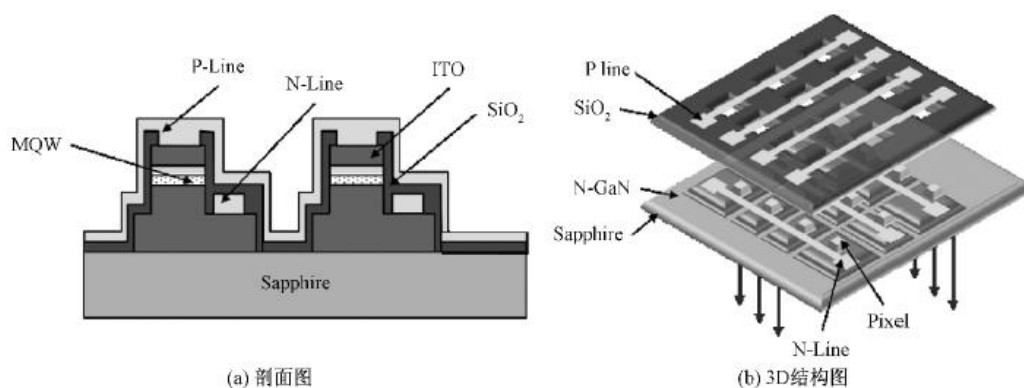
示技术相同，使用键合技术将 Micro LED 阵列转移到含有 TFT 驱动背板上，或者直接在 Micro LED 晶圆上生长 TFT。

资料来源：Micro_LED 显示技术研究进展_邵建鹏，川财证券研究所

■ 金属互联式-被动驱动

被动驱动的 Micro LED 显示像素单元需要外部通过对 N/P 电极施加行列扫描信号来实现图像的显示。此结构的单个 LED 是互相隔离的，因此需要使用 ICP 刻蚀到衬底，由于刻蚀深度达到 5~6 μm ，后续进行金属连线时，金属线容易在深隔离槽处出现断裂。

图 8： 被动驱动阵列剖面图和 3D 结构图



资料来源：Micro_LED 显示技术研究进展_邵建鹏，川财证券研究所

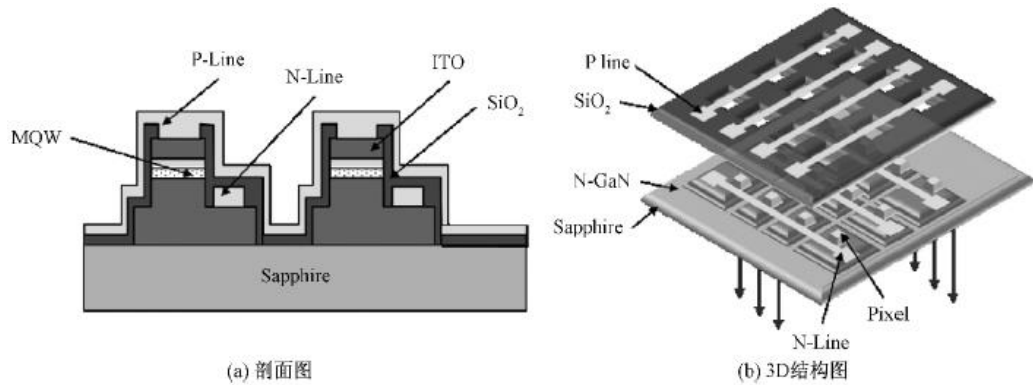
■ 单片集成式与晶粒转移式-主动驱动

以主动方式驱动的 Micro LED 发光阵列采用单片集成或晶粒转移两种方式进行组装的。

单片集成：LED 外延片被制成 LED 阵列 ($N \times N$ 个 LED)，然后将阵列整体倒装到驱动基板上。这种结构一次可以转移多个 LED 发光单元，但是它无法解决彩色化问题，而从同一个基底有选择的生长出三种波长的发光材料目前是不现实的。

但晶粒转移技术为彩色化方案提供了可能。与单片集成不同，这种技术将 LED 刻蚀成单晶粒形状，其中晶粒大小在 1~60 μm 之间，结合巨量转移技术进行晶粒到驱动基底的大批量转移并键合。短期由于巨量转移技术尚不成熟，使得这种方式成本比较高。

图 9： 单片集成式和晶粒转移式芯片剖面图和 3D 结构图



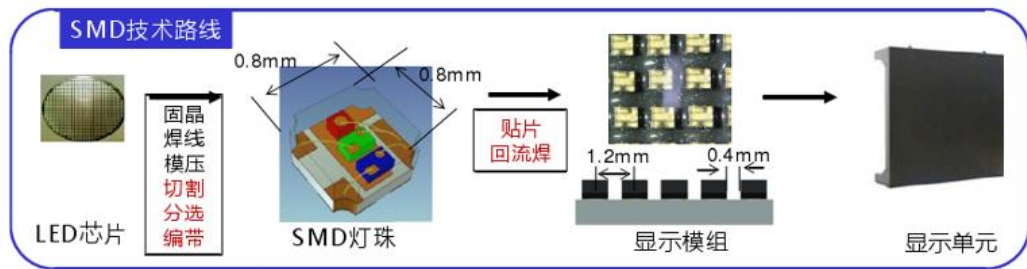
资料来源：Micro_LED 显示技术研究进展_邵建鹏，川财证券研究所

2. Micro LED 显示关键技术和工艺

1) LED 器件封装技术

LED 器件封装有两条主要技术路线 SMD 技术路线和 COB 技术路线。SMD (Surface Mounted Devices) 技术路线是 LED 上游厂商完成外延材料和芯片制造，下游厂商完成各种 LED 器件的封装和 LED 显示产品的制造。由于 SMD 表贴灯珠为分立器件，在形成显示产品的过程中需高温焊接，受热冲击影响，降低可靠性；同时 SMD 表贴灯珠粘接力差，防护性能弱，在应用过程容易造成损伤，影响产品使用。因此 SMD 技术路线不适用于小间距 LED 显示屏的制造。

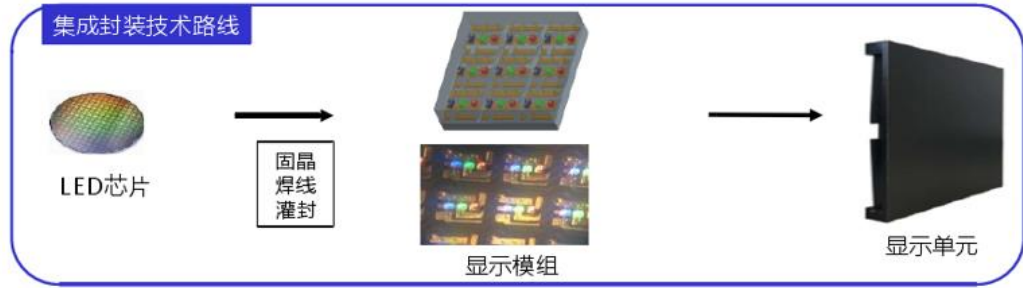
图 10： SMD 小间距显示单元制造技术路线



资料来源：高密度小间距 LED 显示控制系统设计_尹景隆，川财证券研究所

COB (Chip On Board) 技术路线是将驱动 IC 焊接直接焊接在显示基板后表面上，LED 晶元固定于显示基板的前表面，薄膜粘贴在显示基板前表面，LED 晶元为普通红、绿、蓝 LED 发光芯片，实现集成封装。由阵列模组、显示单元的高精密密度组装实现 LED 超大屏幕拼接显示。

图 11: COB 小间距显示单元制造技术路线



资料来源：高密度小间距 LED 显示控制系统设计_尹景隆，川财证券研究所

由于 COB 集成封装技术更易于实现更小点间距、更高像素密度，是 Micro - LED 显示产业研究的主要热点方向。

图 12: LED 显示芯片封装和组装技术路线对比

项目	SMD 封装技术	集成封装技术 (COB)
特性	分立灯珠装配到 PCB 板上	RGB 三个芯片直接封装在 PCB 板上
3D	困难	容易
触摸	困难	容易
点间距	≤0.5mm 困难	可行
成本	高 (二次封装)	低 (工艺路径短)
可靠性	差	好 (无支架、无二次回流焊、结构防护性能好)
显示效果	长期观看视觉疲劳	画面柔和人眼舒适度高
代表厂商	灯珠封装: 亿光、国星 显示屏: 利亚德、洲明	索尼、希达电子、三星

资料来源：高密度小间距 LED 显示控制系统设计_尹景隆，川财证券研究所

2) 转移技术

目前 Micro LED 量产的关键技术便是巨量转移技术，巨量转移指的是通过某种高精度设备将大量 Micro LED 晶粒或器件转移到目标基板上或者电路上。

表格 5. Micro LED 转移技术

项目	主要内容
微印章转移技术 (μTP)	2015 年 XCeleprint 公司报道了一种 Elastomer stamp microtransfer-printing 的技术 (μTP)。首先将 LED 制备在插入有中间层 (牺牲层) 的衬底上，然后喷涂上有机封装涂层，除去牺牲层后使用弹性转移印章将器件转移到其他基板上。报道中转移的器件尺寸 40 μm × 40 μm，厚度为 1 μm，间距在 20 μm 左右。整个转移过程需要 30s，并且良率大于 99.9%。
流体自对准技术	2017 年 eLux 公司申请了此项技术专利，衬底有井状接触位，Micro LED 随悬浮液流动时便会被底部井捕获，最后进行退火处理 Micro LED 和衬底形成电气连接。

资料来源：Micro_LED 显示技术研究进展_邵建鹏，川财证券研究所

3) 彩色化技术

彩色化是 Micro LED 显示商业化的关键技术，现在主要彩色化方式有如下几

本报告由川财证券有限责任公司编制 敬请参阅尾页的重要声明

种:UV/蓝光 LED+发光介质法、三色 RGB 法、透镜合成法。

表格 6.彩色化路线

项目	主要内容
UV/蓝光 LED+发光介质法	<p>发光介质一般分为荧光粉和量子点，但由于荧光粉颗粒大，不适合应用到小尺寸 Micro LED 中，如今研究热点的是量子点技术。QLED 又称量子点显示技术。利用量子尺寸效应再施加为电场或者光压，量子点便会发出不同频率的光。在显示领域，量子点在蓝光/UV 照射下进行光致发光，产生红光与绿光，并同部分透过的蓝光混合形成白光，进而在电源驱动下发光显示。</p> <p>由于量子点发光二极管具有发光效率高、窄带宽、带隙易设计等特点，使它可以作为很好的发光源。与普通的 InGaN 蓝光激发荧光粉合成白光的 LED 不同，QLED 可以提供多种色彩。因此小尺寸的 QLED 在 Micro LED 显示彩色化领域也是一种可行的方案。</p>
透镜合成法	<p>利用透镜将三色 LED 光线进行合成也是一种彩色化方案，Liu 团队制作的 Micro LED 投影原型机的工作原理为先将视频信号转化为 RGB 三色信号，然后分别将三色信号控制对应 LED 芯片。最后使用光学结构将三色混合通过透镜投影出去。这是一种全新的投影技术，相比于 LCOS、DLP、LCD 显示，它结构简单，体积小，重量轻、光效率更高，可靠性更高。</p>
三色 RGB 法	<p>2016 年 Peng 等采用 COB 技术在透明石英基板上制作了 $5 \times 5 \times 3$ RGB 全彩 LEDoTS Micro LED 显示器。整个面板尺寸为 $5 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$。其中红色 LED 使用 GaAs 材料并且为垂直结构，蓝光和绿光 LED 使用 GaN 材料结构且为水平结构。通过 CoB 技术将 LED 芯片转移到透明衬底的阴极线上，然后通过飞线进行阳极的连接。由于驱动三色 LED 所需的电压各不相同，因此此种方法还未实现对面板灰度的控制。与此类似的还有中科院 Xue 团队制作的可变色 Micro LED 显示阵列。上述方法采用横向排列 RGB LED 实现彩色化。还有一种垂直堆叠方式，就是将 RGB 三个芯片做成“三明治”结构，三种芯片是透明的，并且可以独立寻址，通过控制控制 PWM 电压占空比来合成所需要的颜色。这种垂直结构相比于水平结构可以缩小 $2/3$ 的占用面积，但对于寻址、金属化、布线、驱动电路等依然是设计难点。C-MKANG 团队研制出了数量为 8×8 像素阵列，芯片尺寸为 $800 \mu\text{m} \times 800 \mu\text{m}$。其通过调节控制绿光和蓝光的 PWM 电压不同占空比得到了一个像素从蓝到绿的色度图。</p>

资料来源：高密度小间距 LED 显示控制系统设计_尹景隆，川财证券研究所

2.3.2. Mini LED 显示

Mini LED 是采用 100 微米量级的 LED 晶体制作的背光模组，介于传统 LED 与 Micro LED 之间。保证了体积小的同时，具有异形切割特性，所以在生产难度较低，良率高。

Mini LED 和 Micro LED 是两种类似的小间距 LED 显示技术，只是 LED 芯片尺寸不同。Micro LED 的芯片大约在 $10 \mu\text{m}$ (0.01mm) 量级，而 Mini LED 则是在 $100 \mu\text{m}$ (0.1mm) 量级。由于 Micro LED 巨量转移技术还未达到可批量水平，技术门槛相对较低的 Mini LED 显示得到了较快的发展。

LED 矩阵化和微缩化的效果，除了芯片尺寸的大小，还取决于像素间距。小间距 LED 显示像素间距在 2.0mm 以内，像素 Pitch 值在 0.9mm 以上的可归类为小间距显示范畴，像素 Pitch 值在 0.9mm 以下转移用 Pick-up 方式的归类为 Mini LED，超高密度小间距 LED 显示屏像素间距能达到 0.8mm 和 0.5mm ，目前

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

能做到的最小像素间距在 0.49 mm。

Micro LED 需要使用光刻技术的驱动基板，而 Mini LED 可以使用光刻技术的驱动基板，也可以使用 BT 板，甚至高精密玻纤板，因此不受面板厂的基板绑定。目前 Mini LED 显示产品得到蓬勃发展，索尼、三星及国内一些厂家均展出了 Mini LED RGB 显示产品，预计 2019 年开始具备量产能力。

2.4. LCD\OLED\ Micro LED\Mini LED 显示对比

2.4.1. Micro LED 与 Mini LED 显示的比较

LED chip 从现有的 mm 级别，缩小到十分之一的 100mm 级别为 Mini LED，缩小到百分之一的 10mm 级别为 Micro LED。也有人用是使用 SMT 工艺还是使用巨量转移工艺作为 Micro LED 与 Mini LED 显示的区别。

2.4.2. LCD、OLED 与 Mini LED 显示的比较

Micro LED\Mini LED 与 OLED 均属于主动型自发光显示，光的利用率高。而 LCD 则是被动型发光显示，面板本身不发光，需要背光源提供光源。目前 LED 背光的 LCD 在市场上仍然占据主导位置。虽然有 OLED 新技术的产生，但液晶电视由于其细腻的解析度以及成熟的生产技术和普众的价格，目前以及以后几年也仍然是主流。

作为被动式发光的显示器件，LCD 光源利用效率及主观画质很难提升。因为 LCD 面板透过率只有 3%-8%，光源利用率低，亮度比较难做上去。面板的穿透率取决于开口率，影响因素包括像素之间的遮光罩、电极与彩色滤光板的穿透比例。因 RGB 4K 分辨率的玻璃的像素点数量是 FHD 面板像素点的 4 倍，每个像素点对应一套遮光罩和 TFT 及电容\CF 膜，到达 4K、8K 之后，每个像素点对应的开口率成倍减小，因此高解析度的 LCD 显示亮度更难做上去。

各显示技术的性能对比如下表显示，OLED、Mini-LED\Mini LED 在亮度、对比度等画质方面优于 LCD，但 OLED 在残影、寿命、解析度等方面较差。Mini-LED RGB 性能优异，但在尺寸上受限，PPI 到达值低，观看距离要求较高。而 Mini LED +LCD 方案可以同时解决上述问题。

图 13：各种显示技术性能对比

表现	LCD	OLED	Micro-LED	Mini-LED RGB	Mini-LED +LCD
亮度 (cd·m ⁻²)	500	1000	10 ⁷	3000	1000
发光效率	低	中	高	高	低
能耗	中	中	低	低	中
对比度	中 (~1000: 1)	非常高 (>10000: 1)	非常高 (>10M: 1)	非常高 (>10M: 1)	高 (>5000: 1)
响应时间	ms	us	ns	ns	ms
工作温度/°C	0~60	-20~70	-50~120	-50~120	0~60
图像残留	低	高	无	无	低
寿命	中	低	高	高	中
透明性	低	中	高	低	低
折叠性	很差	好	好	中	很差
成本	低	中	高	高	低
适应尺寸	小中大	小中	无限制	大、超大	小中大
到达解析度	8K	4K	8K	8K	8K
到达PPI	≥300	≥300	≥1000	≥40	≥300

资料来源：Mini-LED 显示与 Micro-LED 显示浅析_林伟瀚，川财证券研究所

目前手机、电视行业迅速发展的 OLED 面板技术已经拥有诸多技术优势，如省电、轻薄、可弯曲等特点，但是其弱点也是非常明显的，如烧屏、寿命短等问题。只不过由于手机的寿命较短，用户换机时间一般在两年以内，影响较小；而电视用的大尺寸 OLED 面板面积大、使用寿命往往达 10 年，影响就较为明显。

Micro LED 显示产品性能优异、应用领域广、市场需求驱动旺盛。但 Micro LED 量产需要具备可量产工艺技术、低成本的大规模生产、集成性强、技术、资源以及资本的整合等较高的门槛，而且高速和高良率巨量转移、键合及颜色均匀性问题是急需解决的难题。因此 Micro LED 显示在近期还无法形成主流显示技术。但其过渡产品 Mini-LED 显示结合 8K 技术及 5G 通讯技术，在技术及工艺上均得以实现，产品性能优异，有破壁 OLED 的趋势。

如今随着市场需求驱动以及技术迭代，显示技术已经由画质与内容的二代技术逐渐过渡到第三代。行业内众多厂家如三星、苹果、友达等已加大对三代显示技术的研发和投入。同时，随着第三代显示的需求推动和技术发展，Mini LED 由于其优异的电流饱和密度、更高的量子效率以及高可靠性，已经成为目前技术的热点，在显示，VLC 通讯等方面被广泛研究。

三、光电显示技术的主要应用趋势和方向

3.1. 显示平板化

3.1.1. 平板显示技术的结构及材料比较

平板显示因具有体积小、重量轻、功耗低、画质好等优点，已被广泛应用于电子仪表显示、车载显示、数码相机、智能手机、个人电脑、电视产品等领域之中。

TFT-LCD 具有色彩逼真、画质清晰、轻薄节能等优点，在许多领域都有着广泛的应用。除 TFT-LCD 外，平板显示技术还包括有机发光二极管(Organic Light Emitting Diode, OLED) 显示、量子点发光二极管(Quantum Dot Light Emitting Diode, QLED) 显示、微发光二极管(Micro-LED) 显示等新型显示技术。

图 14：不同平板显示的结构及材料比较

	LCD 显示	OLED 显示	QLED 显示	Micro-LED 显示
背光模组	需要	不需要	不需要	不需要
液晶材料	需要	不需要	不需要	不需要
发光层	背光源发光	有机发光材料	量子点发光材料	微型 LED 灯珠
基板	玻璃基板	玻璃/塑料基板	玻璃/塑料基板	玻璃/塑料基板
驱动背板	a-Si/ LTPS	LTPS	LTPS/ IGZO	LTPS/ IGZO
彩色滤光片	需要	视技术路线	不需要	不需要
偏光板	2 层偏光板	1 层偏光板	不需要	1 层偏光板

资料来源：平板显示技术比较及研究进展_李继军

图 15：不同平板显示的性能比较

	LCD 显示	OLED 显示	QLED 显示	Micro-LED 显示
对比度	5 000:1	∞	∞	∞
可视角	≤160°×90°	180°×180°	180°×180°	180°×180°
响应时间	ms	μs	ns	ns
解析度	低	中等	高	高
亮度	低	中	高	高
色域	70% NTSC	110% NTSC	140% NTSC	>120% NTSC
厚度/mm	≥2.5	≤1.5	≤1.5	≤1.5
寿命/万小时	7	5	10	10
功耗	高	中等	低	低
成本	低	中等	低	高
工作温度范围	窄	宽	宽	宽
柔性显示	难	容易	容易	难

资料来源：平板显示技术比较及研究进展_李继军

表格 7.不同平板显示的结构及材料比较

项目	主要内容
结构方面	LCD 器件属于被动发光器件，需要背光源；利用液晶的光学各向异性特性对外照光进行调制，还需要偏光板；实现彩色显示，还需要使用彩色滤光膜/片。因此 LCD 显示器件结构复杂。而 OLED、QLED、Mini LED 器件都属于自发光器件，无需背光模组，没有液晶层，也无需滤光片，这使得它们的结构更简单，产品更轻薄。
材料方面	1. 由于 LCD 显示的技术最为成熟，使得 LCD 显示在成本、寿命方面明显优于其它平板显示。但由于 LCD 显示需要背光源入射光通过液晶，配向膜等结构，使得输出光线具有一定的方向性，导致 LCD 显示存在可视角度小，响应速度慢，显示动态画面时有拖尾现象。此外，LCD 显示器件的结构复杂，这导致其在厚度、功耗等方面不能做到很低，柔性化显示也比较困难。 2. 由于 OLED 显示属于自发光器件，结构简单，这使其在诸多性能方面都优于 LCD 技术，例如 OLED 的对比度是 LCD 的 3~5 倍，响应速度是 LCD 的上千倍，厚度是 LCD 的 1/3，色彩范围超过 LCD 技术 40%，OLED 显示拥有完美的可视角度、更低功耗、更高亮度、更高的动态分辨率，还可实现柔性显示。但由于 OLED 有机发光材料容易与环境中的水氧发生反应而使器件失效，这使得 OLED 产品的使用寿命

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

命比较低。此外，由于 OLED 显示器件的繁复，良率低下，也导致其成本较高。但随着 OLED 技术的不断成熟和产量提升，OLED 产品的寿命水平会不断提升，生产成本也将会大幅降低。

3. QLED 显示采用的无机纳米级的量子点材料，与 OLED 有机材料相比，具有寿命更长、成本更低、色域更广、色彩更纯、亮度更高等优势。所以 QLED 显示在峰值亮度、白场亮度、黑色亮度、动态对比度、NTSC 色域等方面的画质表现力都优于 OLED 显示及 LCD 显示。此外，自发光 QLED 显示技术使用量子点材料直接发光而无需背光模组等，使得 QLED 产品结构简单，更轻薄，更节能，还可实现弯曲显示。从原理上看，QLED 显示在诸多性能上都优于 OLED 及 LCD 显示，但 QLED 显示目前仍处于技术研发阶段，还存在可靠性低、蓝色元件寿命不稳定、溶液制程研发困难等缺陷，真正的电致发光 QLED 显示产品还未实现量产。

4. Micro LED 显示继承了 LED 的特性，具有低功耗、高亮度、超高分辨率与色彩饱和度、反应速度快、功耗低、寿命较长、效率较高等优点。

例如，Micro LED 产品的功耗仅为 OLED 的 50%、LCD 的 10%；Micro LED 产品的亮度比 OLED 高 30 倍，分辨率是 OLED 的 5 倍多。但 Micro LED 显示在磊晶设计、巨量转移、全彩化等方面还存在许多技术瓶颈，使其生产成本远高于现有显示技术产品。此外，Micro LED 自身是刚性结构，也不利于制成柔性产品。

资料来源：平板显示技术比较及研究进展_李继军，川财证券研究所

3.1.2. 平板显示的主要应用领域比较

表格 8. 主流平板显示技术的主要应用领域及特点

项目	主要内容
LCD	LCD 显示经过多年的发展，技术成熟，成本较低，高中低端产品都有，能够实现从 1 寸到 100 英寸之间各种尺寸的显示，其应用已经广泛应用到车载显示、数码相机、智能手机、IT 显示、电视产品、医疗器械显示、商用显示等各个领域之中。
OLED	由于 OLED 显示较 LCD 显示有响应速度快、功耗低、重量轻、可柔性显示等优点，OLED 显示在可穿戴设备、车载显示、智能手机、平板电脑、电视、超大屏幕显示、特种显示等领域应用潜力巨大。此外，值得关注的是近年来虚拟现实 (Virtual Reality, VR) 市场发展迅速，OLED 可以做到低余辉显示，并且响应时间是 LCD 的千分之一，而且具有响应时间短、视角广、轻薄的特点，可有效解决拖影、延迟问题，消除 VR 使用者的眩晕感，减轻 VR 设备对头部的负担，大幅提升沉浸感，使得 OLED 在 VR 领域应用广泛。目前市场上主流 VR 设备如 Gear VR、HTC Vive、Oculus Rift、Sony Play VR、Razer OSVR 等均已采用 OLED 屏幕。但由于 VR 市场需求高于预期以及智能手机积极导入 OLED 面板，目前 VR 产品所采用的 OLED 面板还存在供应量不足的问题。
QLED	从理论上讲，QLED 显示在色域、稳定性、寿命、制造成本等方面较 OLED 显示更具优势，但目前电致发光 QLED 显示技术还处于起步阶段，许多技术问题还有待突破。一旦电致发光 QLED 技术取得突破并能够实现量产，它将会在微显示、小屏、中屏、大屏、超大屏幕显示的各个领域的应用中占据重要位置。
Micro LED	由于 Micro LED 显示的良好性能，其在穿戴设备、车载显示、手机、电视等领域具有广阔的应用前景。但由于技术难度大、成本高，Micro LED 显示将首先应用在高端的超大屏幕室内外显示和小尺寸的智能型手表、手环等可穿戴式装置，巨量转移仍是 Micro LED 应用最大的阻力。

资料来源：平板显示技术比较及研究进展_李继军，川财证券研究所

图 16: 不同光电显示技术在平板显示主要应用领域比较

	LCD 显示	OLED 显示	QLED 显示	Micro-LED 显示
微显示 (<1 英寸) (可穿戴设备等)		√	可用	可用
小屏 (1 ~ 10 英寸) (手机、Pad、车载显示等)	√	√	可用	可用
中屏 (10 ~ 32 英寸) (个人电脑等)	√	√	可用	可用
大屏 (32 ~ 80 英寸) (家用电视等)	√	√	可用	可用
超大屏 (>80 英寸) (家庭影院、室内外公共显示等)	√	√	可用	可用

资料来源: 平板显示技术比较及研究进展_李继军, 川财证券研究所

3.2. 显示大屏化

3.2.1. 显示屏大型化的三种主流显示技术

表格 9. 显示屏大型化的三种主流显示技术应用

项目	基本原理	主要运用
LCD 液晶	LCD 是在两片平行的玻璃当中放置液态的晶体, 两片玻璃中间有许多垂直和水平的细小电线, 透过通电与否来控制杆状水晶分子改变方向, 将光线折射出来产生画面。	LCD 液晶拼接屏是利用液晶显示原理, 结合 FPGA 阵列技术和并行高速图形处理技术, 实现多路信号的统一处理。由于液晶技术本身高亮度、高清晰度、高色彩饱和度的特点, 其单屏显示效果好, 使得液晶拼接技术在户外、商场广告宣传以及电力报表监控等方面应用较多。
DLP 背投	DLP 是实现数字光处理, 即把影像信号经过数字处理, 然后再把光投影出来。根据光源的不同可以分为灯泡光源、LED 光源、激光光源等 DLP 大屏。	DLP 拼接屏的实质是数字光学处理背投显示技术, 结合高速图形处理技术实现的多路信号处理, DLP 具有分辨率高、视角广、拼缝小等优势, 目前广泛应用于调度指挥、会议、工业流程控制显示、展览展示、新闻播报等场合。
小间距 LED 点阵	小间距 LED 是指 LED 点间距在 P2.5 (像素间距 2.5 mm) 以下的室内 LED 显示屏。小间距 LED 点阵显示屏采用像素级的点控技术, 实现对显示屏像素单位的亮度、色彩的还原性和统一性的状态管控。	小间距 LED 点阵屏采用像素级的点控技术, 从而实现对显示屏像素单位的亮度、色彩的还原性和统一性的状态管控。以前主要应用于演艺中心、会议中心等大型室内场合, 现在随着其像素间距越来越小, 制造技术的提高和分辨率得大幅的提升, 在指挥中心、调度中心等场合也逐渐应用。

资料来源: 三种大屏幕显示技术应用的分析与对比_陈婴, 川财证券研究所

表格 10. 三种主流大屏显示技术的关键性能指标对比

项目	主要内容
亮度	LCD 液晶显示单元的屏前亮度值为 700 cd /m ² ; DLP 背投显示单元投影机光输出流明数最高在 1 000 ~ 1 200 流明, 换成实际屏前亮度应在 450 ~ 500 cd /m ² ; 小间距 LED 点阵屏前亮度可高达 2 500 cd /m ² 。因此, 从亮度看, 小间距 LED 点阵屏最亮, LCD 液晶屏较亮, DLP 背投屏在三者中亮度最低。
对比度	小间距 LED 点阵对比度是最高的, LCD 液晶和 DLP 背投屏幕相比差距不是很大。三种技术的对比度都超过实际显示的需要和人眼的分辨极限, 画面优劣更多取决于软件的优化。
分辨率	LCD 液晶和 DLP 背投屏幕显示分辨率高, 小间距 LED 点阵受制于显示点间距限制, 分辨率存在

本报告由川财证券有限责任公司编制 敬请参阅尾页的重要声明

	一定局限。
色彩饱和度与色彩的还原性	色彩饱和度决定图像的艳丽程度，色彩还原性决定图像与真实自然的物体的一致程度。小间距LED点阵用于显示屏幕的LED灯色域范围较宽，色彩饱和度和色彩还原性好。LCD液晶和DLP背投的显示原理实质上是投影技术，因此，其色域范围较小，色彩还原性和色彩饱和度存在一定差距。
色彩一致性	色彩一致性主要反映各显示单元之间的色差。DLP背投屏幕长期使用后会存在色差现象，LCD液晶和小间距LED点阵显示系统基本不存在此问题。
视觉舒适性	LCD液晶屏存在炫光和高频蓝光问题；小间距LED点阵屏存在过亮和高频蓝光问题；DLP背投屏观感最为舒适，更适合长期观看。
屏幕镜面反光	屏幕环境光反射镜面化程度方面，LCD液晶的屏幕表面镜面化最为厉害；DLP背投单元虽然也是平面屏幕，存在反光现象，镜面化要弱一些；小间距LED点阵屏具有自发光特性，没有镜面环境反射的问题。
拼缝	LCD液晶拼接显示系统的显示单元物理拼缝不小于3.5mm；DLP背投拼接最小能做到1mm以内的物理拼缝，存在光学接缝；小间距LED点阵没有物理拼接缝隙和光学接缝。

资料来源：三种大屏幕显示技术应用的分析与对比_陈婴，川财证券研究所

图 17：大屏显示的三种主流光电显示技术路线的指标对比表

性能指标	LCD 液晶	DLP 背投	小间距 LED 点阵
亮度	高	一般	很高
对比度	一般	一般	高
分辨率	高	高	一般
色彩饱和度	一般	一般	高
色彩还原性	一般	一般	高
色彩一致性	高	一般	高
视觉舒适性	舒适	很舒适	一般
屏幕镜面反光	存在	存在	不存在(自发光)
拼缝	有(双边 3.5 mm)	较小 (1 mm)	无拼缝
单元厚度	薄	厚	超薄
使用寿命	很长	一般	较长
建设成本	低	高	高
维护成本	一般	高	一般

资料来源：三种大屏幕显示技术应用的分析与对比_陈婴，川财证券研究所

3.2.2. 当前主流大屏产品或解决方案

1. 室内大屏幕电视产品

从产品创新层面看，对比度、色域、响应时间、功耗等一直都是屏幕创新的几个核心战场，所以高端中大尺寸产品支持 WCG 与高对比度为未来重要产品

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

差异化，也是中大尺寸产品下一个关键技术创新。

当前室内大屏幕电视，还是以 LCD 屏幕为主，由于 OLED 应用于大尺寸还不成熟，而 Mini LED 背光的 LCD 为当前条件下的最佳解决方案。各厂家对此均进行了较大研发投入。Mini LED+LCD 的形式由于可以做到 OLED 的性能并且做到高 PPI 高解析度，且技术成熟成本低，有望在 2019 年实现量产。

2. 大屏幕拼接

大屏幕拼接显示系统近 60% 的成本由显示单元组成。显示单元可以分为背投拼接（DLP 为主）和平板拼接（LCD、PDP 为主）两大类产品，各有优劣。高端市场（例如：控制室）客户以政府部门为主，对于拼接效果的要求比较高，所以主要被以无缝拼接以及优质画质（相对 LCD，画质不依赖于分辨率）为特点的 DLP 产品尤其是激光 DLP 产品牢牢把控。而中低端市场（例如：安防监控、会商、户外活动）客户对大屏幕的拼缝要求较低，所以主要被以高清、高亮、低价为特点的 LCD 产品控制。

3.2.3. 大型显示屏应用的定制化趋势

“定制化”并非只是针对项目进行的项目定制开发，而是指在不同的应用需求方面，从以往的大产品概念满足所有需求的基础上，开发出针对细分市场的定制化产品。

通常 LED 显示屏下游应用可简单地分为户外、半户外和户内，但这种简单分类不能为 LED 显示屏厂家的产品布局及市场调查提供清晰的方向：

针对不同的应用特点、获利模式及项目模式，LED 显示屏可分为传媒市场应用、租赁市场应用和小间距市场应用；

在产品设计上，传媒产品趋向大尺寸、前后维护等方向发展；租赁产品趋向框架式设计、压铸设计、快速安装、快速维护等方向发展；小间距产品则向尺寸比例、系统解决方案、1080P 高清、高精度设计等方向发展。

表格 11. 大屏显示产品的应用场景的新趋势

项目	主要内容
固装产品部分	<p>随着商业化发展，现有传媒客户的市场将持续增长，将不断引入大量的终端使用客户，品牌趋势将必然导致一些传统的工程公司和小型的 LED 显示屏企业面临巨大的挑战。为了降低产品的工程安装难度，提高产品的易用性，将出现更多可以进行标准化安装和使用、更多用于各个细分领域的对应产品，未来的产品发展方向主要包含以下方面。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 即插即用产品，上电即可使用。 2) 智能化产品，具有“互联网+”功能，可以通过云端进行联网播控。 3) 节省安装和维护空间的产品，空间资源越来越有限，能最小占用空间的产品将有助于客户使用 LED 显示屏时不受环境限制。
租赁产品	受原材料成本回落和 LED 封装技术发展的影响，其产品间距越做越小，市场规模不断扩大，进

部分	<p>入市场的同行也越来越多，其产品定位和外观设计各有差异，呈现出多元化的状态，而纷繁复杂的产品充斥着整个租赁市场，导致产品的很多功能在视觉冲击下逐渐失去了亮点，产品更多地走向了价格竞争的层面。由于产品的外观和功能同质化严重，各家分别在寻找差异化的产品之路，定制有特色、有别于市场的产品。未来产品的发展方向主要包含以下方面。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 新材料的产品。如结合了碳纤维、压铸镁、纳米材料等新材料的产品。 2) 安装和维护单一的产品。为了让场景的应用更加充分，针对吊装的应用，专门开发出只适用于吊装的产品，抛弃笨重的箱体底座设计，缩小箱体的底座空间，节省产品质量，做到产品更轻更薄。针对座装产品，设计出更新颖的快速安装架，取消冗余的吊装锁扣，将安装架与锁扣合二为一，让箱体与结构的固定更牢固，整体结构稳定性更高。 3) 场景单一的产品。市场不断扩大，以往细分市场的需求会逐步扩大为主需求，厂家会针对地砖、格栅等应用开发出针对性的产品，通过产品的专业化打开特殊场景市场的用屏数量和用屏需求，让产品更加贴近用户的需求。 4) 创意的产品。为了适应场景的独特性，带创意特点的产品，如柔性、异形、灯点、条形灯产品的应用也会逐渐增加，打造更具个性化的显示效果。 5) 功能强化的产品。突出产品某一个方面的性能，如无线设计、备份功能、智能化等，强化产品的科技感，打造“互联网+”的产品。
----	--

小间距产 品部分	<p>2016 年是小间距 LED 显示屏迎来爆发性成长的一年，企业加大技术研发，产品间距不断实现突破创新，显示效果大大升级，行业市场需求量暴增。小间距产品定位于高端应用市场，产品价格高、利润大。在技术支持下，小间距 LED 显示屏结合智能应用、云平台操控、裸眼 3D、VR 等技术，显示效果更加独具创意，吸引着众多用户，推动着 LED 小间距显示屏产品走向更大市场。而随着产品的稳定性不断提高，国际客户对 LED 显示屏的接受度也在逐渐增加。此外，定位不同的竞争要求必然导致产品的细分，未来产品的发展方向主要包含以下方面。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) 结合新技术的产品。HDR、VR 等满足人眼和设备的要求。 2) 稳定性、集成度高的产品。小间距 LED 显示屏主要用于安防监控等场所，面临众多应急应用的需求，其在临阵指挥时必须保持超强的稳定性，具备更高的防干扰功能，且产品的高密度必然要求产品保持超低的不良率。
-------------	---

资料来源：三种大屏幕显示技术应用的分析与对比_陈婴，川财证券研究所

四、新应用临界推动 LED 在显示方面应用拓展

4.1. LCD 和 Micro LED 显示技术新进展

表格 12.液晶显示（LCD）技术的新发展

项目	主要内容
Mini LED 背光源技术	<p>Mini LED RGB 显示拥有与 Mini LED 显示相同的优异性能，只是在尺寸及 PPI 上面受到限制。由于 PPI 做不高，Mini LED RGB 只能应用在大尺寸显示如指挥中心大屏、墙幕显示及大尺寸电视等，如三星的 The Wall。为了打破这个限制，结合现在的其他技术热点，出现了 Mini LED 背光加液晶玻璃的显示产品，康佳 2019 年 1 月 CES 展出的 65 英寸 Mini-LED 电视，结合量子点技术及背光巨量分区技术，其画面的色彩饱和度和动态对比度与 OLED 不相上下，分辨率甚至可做到 8K，成本比 OLED 低但可靠性和寿命高。目前其他电视机厂已经相继展出一些类似产品。</p>
量子点背光	<p>量子点背光源技术利用量子点的发光特性，通过绿色、红色量子点将蓝色 LED 光转化为高饱和</p>

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

源技术 度的绿光和红光，并同其余未被转换的蓝光混合得到白光等各种颜色，在屏幕上显示宽广色域的颜色。量子点背光源相比普通 LED 背光具有更高纯度的三基色，通过调整量子点材料大小分布，可获得更真实、更均衡的色彩表现。目前主要有两种方法将量子点封装进 LCD 显示器。第一种封装方法 On-surface 是将量子点嵌入两层氧气阻隔薄膜中，再将量子点薄膜贴附在整个液晶面板导光膜的上方、彩色滤光片的下方。这种方法的技术最为成熟，但消耗的量子点材料较多会使成本增加，而且量子点薄膜也会增加面板厚度。目前主要是 3M 和 Nanosys 的 QDEF 技术以及 Nanoco 的 CFQD 技术采用这种封装方法。第二种封装方法 On-edge 是与背光系统结合，在侧边背光与面板之间加入一条含有量子点的长条机构。该方法消耗的量子点较少，但放入侧边背光模组，温度过高会导致量子点失效。目前主要是 QD Vision 的 Color IQ 技术采用这种封装方法。为解决上述两种封装方法存在的问题，各家量子点制造商均朝量子点滤光片的方向迈进。

纯色硬屏技术 纯色硬屏技术是在广色域背光灯和液晶模组之间添加一层纳米颗粒，这层纳米颗粒是一种直径在 1nm 左右的均匀微型粒子，专门吸收背光源发出的杂光，提升红绿蓝三原色光的纯度，进而能够更加准确的表现画面色彩，呈现真实画面。由于纯色硬屏技术中的纳米颗粒比量子点背光源技术中的量子点更小，所以可产生更精细更准确的色彩。此外，纯色硬屏技术可以增强离轴时的色彩一致性，消除由于观看角度改变而产生的色彩失真。传统屏幕的可视角度在大于 30° 时色差会非常明显，而纯色硬屏在可视角度达到 60° 的时候，依然没有色差，保持 100% 高色域，形成最逼真的图像。纯色硬屏技术作为目前最先进的液晶改良技术，已吸引了众多厂商的投资研发。2017 年，LG、创维等公司都推出了搭载纯色硬屏技术的液晶显示产品，其在图像峰值亮度、黑色暗度、对比度、鲜艳度、真实度、细节还原等属性上，均高于其它液晶显示产品。

柔性 LCD 2016 年 12 月，日本 Tohoku University 的 Hideo Fujikake 和 Takahiro Ishinabe 为主导的研究团队，利用厚度仅几微米的塑料薄膜取代传统既厚且坚硬的玻璃基板，开发出一种超级柔软的液晶显示面板，屏幕大小为 5.5 英寸，即使进行曲率半径达 3mm 的抗卷性测试，也能保持这种元件的均匀度，因而适合可卷曲与可摺叠的应用。2016 年 12 月，英国 FlexEnable 公司，基于塑料基板，采用有机晶体管驱动背板，成功开发了 12.1 英寸柔性有机液晶显示器。对比传统的玻璃基板的显示器，厚度小于其四分之一（小于 0.3 mm），重量不到其十分之一。这项柔性有机 LCD 技术与现有的 TFT-LCD 生产线兼容，并且易于实现更大尺寸的显示。2017 年 7 月，Flex-Enable 与中国信利半导体有限公司 (Truly Semiconductors) 签署了一份技术转让与许可协议，计划在 2018 年将 FlexEnable 的柔性有机液晶显示技术应用于信利公司生产线的大批量生产中。

资料来源：平板显示技术比较及研究进展_李继军，川财证券研究所

表格 13. 微型 LED (Micro LED) 技术的新发展

项目	主要内容
芯片生产设备进展	2017 年 4 月，全球最大蓝宝石晶圆供应商俄罗斯 Monocrystal 公司针对未来 Mini LED 所需，发布了 UltraClean 等级的蓝宝石磊晶晶圆，Mono-crystal 公司利用最新进的洁净技术，将蓝宝石晶圆表面 1 μm 以下的污染物清除到 20~50 个左右。UltraClean 等级的蓝宝石晶圆，在进行图形化蓝宝石晶圆基板制程时，就不须进行前段洗净的作业工程，这可使图形化蓝宝石晶圆基板制程的良率提升到 95%~99%，进而减少耗损以及降低成本。2017 年 11 月，Veeco 公司和 ALLOS Semiconductors 公司达成合作，将 Veeco 领先的 MOCVD 专业技术和 ALLOS 的硅基氮化镓外延晶片技术相结合，可生产出高质量的 GaN 晶圆，从而在现有的硅生产线上实现生产低成本的 Mini LED。2020 年 4 月 17 日，中微公司举行 2019 年度业绩说明会，中微公司董事长、总经理尹

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

志尧宣布，公司正在全力开发可用于 Mini-LED 生产的新型 MOCVD 设备产品，并准备在客户生产线进行验证。

巨量转移 新进展

巨量转移技术作为 Micro LED 制程中最困难的关键制程，未来将以薄膜转移的各种技术为主。五大薄膜转移技术包含静电吸附、范德瓦尔斯力转印、雷射激光烧蚀、相变化转移、流体装配。转移技术的选择需视不同的应用产品而定，最主要是考量设备投资、产出量及加工成本、各厂家之制程能力及良率的控制等因素。目前，全球已有多家厂商投入到巨量转移技术的研发中，如 Lux-Vue、eLux、VueReal、X-Celeprint、法国研究机构 CEA-Leti、Sony 及冲电气工业 (OKI)；台湾则有鑫创、工研院、Mikro Mesa 及台积电 (2330-TW)。但考量每小时产出量、良率及晶粒大小 (<100 μm) 尚无法达到商品化的水准，厂家纷纷寻求晶粒大小约 150 μm 的 Mini LED 解决方案，Mini LED 显示与投影模组产品将率先问世，待巨量转移制程稳定后再朝向 Micro LED 规格产品迈进。

全彩化技术 新进展

目前备受期待的是将全彩显示屏制作方式缩小至 Micro 等级，其将 R、G、B 三色 LED 芯片进行排列及移转，但三色 LED 电流设计截然不同、色彩易偏移是必须解决的首要难题。另一类作法是使用单一蓝光 LED 芯片，搭配量子点材料或特殊荧光粉，达成全彩化显示效果，但面临的技术门槛包括荧光粉粒子体积较大，无法配合微型化 LED 芯片尺寸，而量子点的材料有使用寿命问题，因耐热度偏低及快速衰竭，导致无法大量使用，业界初估透过量子点材料达成全彩化显示，可能仅有数百小时的寿命。2015，VerLASE Technologies 提出 Chromover 波长变换技术，该技术是在蓝光 LED 芯片阵列上，采用将共振器腔面围绕在半导体量子阱，进而能在同一材料晶圆上将薄膜变换层进行重叠，就能够在薄膜激发蓝光的时候，进行绿光和红光的变换。这一技术有望能够取代目前利用荧光粉以及量子点来进行发光颜色改变的构想。由法国的 Aledia 以及瑞典的 Glo 等机构所共同开发的 Micron (Nano) Wire LED 芯片技术则是在晶圆上进行纳米等级的柱状立体加工制程，让每根柱状都形成发光层。这样的立体加工制程所生产出来的 LED，其发光亮度会比普通制程 LED 来的更高，并且能够达到在同一个晶圆上，甚至于同一个芯片上能够激发出多色彩的能力。近期，Google 公司和 Intel 公司分别投资了瑞典 Glo 公司和法国 Aledia 公司，正积极布局 Micro LED 显示。

资料来源：平板显示技术比较及研究进展_李继军，川财证券研究所

4.2. 光电显示的现状和趋势

4.2.1. LCD 显示经过多年发展，技术成熟，成本低廉，仍然在显示市场占据着主流地位

OLED 显示具有画质优良、轻薄、功耗低、可柔性显示等优点，OLED 显示技术的出现使显示行业摆脱了传统 LCD 的背光源，开创了自发光显示的未来发展方向。但是虽然目前 OLED 显示技术发展较快，但与 LCD 显示相比，其技术还不够成熟，OLED 材料的稳定性以及封装密闭性技术还有待提高，而且 OLED 成本还很高，尚待新的技术和材料的继续突破。而 LCD 显示正通过 Mini LED 背光技术、量子点背光技术、纯色硬屏技术、柔性显示等技术创新来不断提高其综合性能，保持其主流地位。在相当一段时期内，LCD 和 OLED 仍将还会共存于市场中，相互补充，激烈的竞争有望让消费者以更低的价格获得更好的显示效果。

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅尾页的重要声明

4.2.2.具有经济性的 Mini LED RGB 直显技术的量产大概率在近两年内将会有突破性进展

Mini LED 和 QLED 显示这两种自发光显示技术，在理论上较 OLED 显示拥有更好的颜色表现、更久的工作寿命等优势。

Mini LED 可以做 LCD 的背光，也可以直接拿来做显示屏，目前 Mini LED 直显还面临主要困难还是成本较高，目前主要在高端酒店会议庆典等商用租赁、大型会议室视频显示和更高端的裸眼 3D、AR 和 VR 应用等场景开始试用推广。Mini LED 直接制作显示屏分辨率必须够高，使人眼在观看距离内无法看出 Mini LED 的颗粒来。2019 年以来，Mini LED RGB 直显的技术进步明显，国内部分领先厂商的 LED 芯片尺寸可以做到 $100\ \mu\text{m} \times 100\ \mu\text{m}$ ，像素间距已经可以做到 0.5mm。

4.2.3.2020 年是 Mini LED 背光+LCD 产品量产的元年，Mini LED 技术应用当前已经具备经济性

1. 高动态范围以及削弱的光晕效应是 Mini LED 带给 LCD 突出的优势

目前的 LED 背光的芯片尺寸大，导致了在黑白像素之间漏光比较严重，这种现象称为光晕效应。Mini LED 技术跟普通的高亮度 LED 相比，Mini LED 发光效率会差一点，但是它的耗电量跟普通高强度的 LED 比较不会差太多，目前发光效率比较低的问题可以通过（分区调光）来补偿。分区调光是指根据需要把 Mini LED 显示屏的背光划分为几百到几万个区域，每个区域对应多个像素点，且各区域的亮暗可以独立控制。这样做，显示屏的明暗对比度能够提升到跟 OLED 一样的 1000000:1。对于图像暗的区域，Mini LED 就设定在关闭状态。如果图像需要特别明亮，比如烟花，那么我们可以增大这个区域 Mini LED 的亮度。如此一来，不但明暗对比度大大提升，而且可以省电 3 到 4 倍。在 TFT 驱动的 Mini LED 背光源上面加一个散光膜，就可以获得均匀的背光。

2. Mini LED 背光技术的接受程度比 Micro LED 更高

一个 Mini LED 控制大概 30 个 LCD 的像素，而人在某一距离下观看时，肉眼分辨率有限。利用这个原理，加上最佳的区域划分数目，我们可以将光晕效应压制到最低程度，达到和 OLED 一样出色的表现。此外，Mini LED 的亮度、明暗对比度、色彩饱和度，都可以让 LCD 的动态范围提升百倍甚至好几千倍。而 Mini LED 比 Micro LED 更容易制造，良率更高，技术上已经证明可行。所以 Mini LED 是 LCD 此一轮发展的进化核心动力，这种升级将使得 LCD 如虎添翼。

2019 年以来 Mini LED 显示产品密集发布，苹果、TCL、海信、华硕、群创、友达、京东方等巨头纷纷推出 Mini LED 背光或类似技术的电视、显示器、VR

和车载显示等终端产品。

3.在移动显示的应用范围里，Mini LED 的高动态范围、高色彩饱和度、长寿命和省电等特点非常重要

随着 5G 网络及工业 4.0 时代的到来，互联网+、物联网、人工智能、虚拟现实及增强显示等新技术的出现，对平板显示提出了更高的要求，这必将推动平板显示技术的快速发展和更加广泛的应用。

近年来的各类展会中，友达、京东方、天马和 JDI 都不约而同地展出 Mini LED 样机，包括游戏显示、智能手机、车载显示和 VR 等。据媒体报道，苹果最快将在 2020 年第四季度至 2021 年一到二季度分别推出配备 Mini LED 显示屏的 iPad 与 MacBook。

4.2.4.未来的光电显示市场，Mini LED 背光的 LCD 和 OLED 各自发展，长期共存

现在 OLED 最大的优势是柔性可折叠，但是柔性 LCD 也呼之欲出，友达、群创和 JDI 的可弯曲屏早已问世，只是没有量产。现在英国的 FlexEnable 公司把 OLED（有机液晶显示技术）这种可卷曲的 OLED 技术转让给了中国的信利，再加上可以做塑料基板上的 Mini LED，Mini LED 背光的柔性 LCD 指日可待。LCD 技术汇纳百川，各种先进的背光技术都用得上，刚开始是 CCFL，然后进步到 LED、量子点，现在又把 LED 变成 Mini LED 分区调光，解决了 LCD 升级换代的各种瓶颈，让 LCD 的性能又上了一个新台阶。

OLED、LCD 和 Mini LED 都是 TFT 技术，所以不会像当初 LCD 彻底取代 CRT 和 PDP 那样，而是会共存，有些应用对 LCD 更适宜，但有些应用也许对 OLED 或者 Micro LED 更有利。

五、行业相关公司估值比较

表格 14.可比公司估值

序号	代码	公司	股价/元	市值/亿元		EPS/元			PE			PB	ROE
				总计	流通	2018A	2019A	2020E	2018A	2019A	2020E	最新	2018
	002449.SZ	国星光电	11.29	69	69	0.58	0.72	0.66	0.84	19.44	15.67	17.12	13.45
	300241.SZ	瑞丰光电	5.38	29	23	0.25	0.16	-1.26		21.44	33.36		
	300303.SZ	聚飞光电	5.13	66	59	0.05	0.13	0.25		109.55	41.03	20.52	
	300323.SZ	华灿光电	5.68	61	47	0.46	0.22	-0.96	0.09	12.35	25.44		60.88
	000100.SZ	TCL 科技	4.45	624	563	0.20	0.26	0.19	0.28	22.59	17.36	23.00	16.18
可比	300296.SZ	利亚德	5.99	155	110	0.48	0.50	0.28	0.49	12.59	12.05	21.64	12.35
	300232.SZ	洲明科技	9.02	89	63	0.29	0.42	0.56	0.71	31.18	21.50	16.11	12.68
	002429.SZ	兆驰股份	4.38	200	197	0.13	0.10	0.25	0.27	32.89	44.52	17.47	16.27
	002587.SZ	奥拓电子	6.70	41	29	0.21	0.29	0.30	0.46	31.47	23.12	22.33	14.44
	600703.SH	三安光电	21.15	878	863	0.78	0.69	0.37	0.55	27.26	30.48	56.87	38.51
		算术平均								32.08	26.45	24.38	23.10
		几何平均								26.00	24.47	22.36	19.24

资料来源: Wind 一致预期, 川财证券研究所, 数据更新于 2020/04/18

六、风险提示

新产品市场接受度低于预期, 成本下降进度低于预期。



附注

1. Micro_LED 显示技术研究进展_邵建鹏
2. Mini_LED_下一代显示技术_中佛罗里达大学吴诗聪教授专访_杨小慧
3. Mini_LED 显示与 Micro_LED 显示浅析_林伟瀚
4. 高密度小间距 LED 显示控制系统设计_尹景隆
5. LED 显示屏控制方法的研究_金怀波
6. 三种大屏幕显示技术的分析与对比_陈婴
7. 探索光电显示技术的发展_郑琦林
8. 浅谈_定制化_小间距_传媒和租赁 LED 显示产品发展之路_喻志
9. 平板显示技术比较及研究进展_李继军

分析师声明

本人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，以勤勉尽责的职业态度、专业审慎的研究方法，使用合法合规的信息，独立、客观地出具本报告。本人薪酬的任何部分过去不曾与、现在不与、未来也不会与本报告中的具体推荐意见或观点直接或间接相关。

行业公司评级

证券投资评级：以研究员预测的报告发布之日起6个月内证券的绝对收益为分类标准。30%以上为买入评级；15%-30%为增持评级；-15%-15%为中性评级；-15%以下为减持评级。

行业投资评级：以研究员预测的报告发布之日起6个月内行业相对市场基准指数的收益为分类标准。30%以上为买入评级；15%-30%为增持评级；-15%-15%为中性评级；-15%以下为减持评级。

重要声明

本报告由川财证券有限责任公司（已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格）制作。本报告仅供川财证券有限责任公司（以下简称“本公司”）客户使用。本公司不因接收人收到本报告而视其为客户，与本公司无直接业务关系的阅读者不是本公司客户，本公司不承担适当性职责。本报告在未经本公司公开披露或者同意披露前，系本公司机密材料，如非本公司客户接收到本报告，请及时退回并删除，并予以保密。

本报告基于本公司认为可靠的、已公开的信息编制，但本公司对该等信息的真实性、准确性及完整性不作任何保证。本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告出具日的观点和判断，该等意见、评估及预测无需通知即可随时更改。在不同时期，本公司可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。同时，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。本公司不保证本报告所含信息保持在最新状态。对于本公司其他专业人士（包括但不限于销售人员、交易人员）根据不同假设、研究方法、即时动态信息及市场表现，发表的与本报告不一致的分析评论或交易观点，本公司没有义务向本报告所有接收者进行更新。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。

本公司力求报告内容客观、公正，但本报告所载的观点、结论和建议仅供投资者参考之用，并非作为购买或出售证券或其他投资标的的邀请或保证。该等观点、建议并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对客户私人投资建议。根据本公司《产品或服务风险等级评估管理办法》，上市公司价值相关研究报告风险等级为中低风险，宏观政策分析报告、行业研究分析报告、其他报告风险等级为低风险。本公司特此提示，投资者应当充分考虑自身特定状况，并完整理解和使用本报告内容，不应视本报告为做出投资决策的唯一因素，必要时应就法律、商业、财务、税收等方面咨询专业财务顾问的意见。本公司以往相关研究报告预测与分析的准确，也不预示与担保本报告及本公司今后相关研究报告的表现。对依据或者使用本报告及本公司其他相关研究报告所造成的一切后果，本公司及作者不承担任何法律责任。

本公司及作者在自身所知情的范围内，与本报告所指的证券或投资标的不存在法律禁止的利害关系。投资者应当充分考虑到本公司及作者可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突。在法律许可的情况下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，也可能为之提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。本公司的投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

对于本报告可能附带的其它网站地址或超级链接，本公司不对其内容负责，链接内容不构成本报告的任何部分，仅为方便客户查阅所用，浏览这些网站可能产生的费用和风险由使用者自行承担。

本公司关于本报告的提示（包括但不限于本公司工作人员通过电话、短信、邮件、微信、微博、博客、QQ、视频网站、百度官方贴吧、论坛、BBS）仅为研究观点的简要沟通，投资者对本报告的参考使用须以本报告的完整版本为准。

本报告版权仅为本公司所有。未经本公司书面许可，任何机构或个人不得以翻版、复制、发表、引用或再次分发他人等任何形式侵犯本公司版权。如征得本公司同意进行引用、刊发的，需在允许的范围内使用，并注明出处为“川财证券研究所”，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。如未经川财证券授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。本公司保留追究相关责任的权利。所有本报告中使用的商标、服务标记及标记均为本公司的商标、服务标记及标记。

本提示在任何情况下均不能取代您的投资判断，不会降低相关产品或服务的固有风险，既不构成本公司及相关从业人员对您投资本金不受损失的任何保证，也不构成本公司及相关从业人员对您投资收益的任何保证，与金融产品或服务相关的投资风险、履约责任以及费用等将由您自行承担。

本公司具有中国证监会核准的“证券投资咨询”业务资格，经营许可证编号为：00000000857

本报告由川财证券有限责任公司编制 谨请参阅本页的重要声明 C0004