

激光在显示器件绑定的应用研究

王莉莉, 刘超, 宋月胜, 汪楚航, 孙海威

引用本文:

王莉莉, 刘超, 宋月胜, 等. 激光在显示器件绑定的应用研究[J]. 液晶与显示, 2020, 35(12): 1258–1263.

WANG Li-li, LIU Chao, SONG Yue-sheng, et al. Research of laser bonding for display device[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(12): 1258–1263.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.37188/YJYXS20203512.1258>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

金属氧化物薄膜晶体管的激光退火

Laser annealing of metal oxide thin film transistor

液晶与显示. 2020, 35(12): 1211–1221 <https://doi.org/10.37188/YJYXS20203512.1211>

液晶屏线路中导电粒子压合的自动光学检测研究

Detection of conducting particles bonding in the circuit of liquid crystal display

液晶与显示. 2017, 32(7): 553–559 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20173207.0553>

基于MEMS辅助的显示与LCD工艺

MEMS based display and LCD technology

液晶与显示. 2020, 35(5): 430–436 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203505.0430>

防蓝光显示技术进展

Progress of anti-blue light hazard in display technology

液晶与显示. 2020, 35(1): 1–11 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203501.0001>

显示驱动芯片原理及发展现状

Principle and development status of display driver chips

液晶与显示. 2020, 35(11): 1156–1167 <https://doi.org/10.37188/YJYXS20203511.1156>

文章编号:1007-2780(2020)12-1258-06

激光在显示器件绑定的应用研究

王莉莉*, 刘超, 宋月胜, 汪楚航, 孙海威

(京东方科技集团股份有限公司, 北京 100176)

摘要:随着显示技术的不断发展,全面屏显示愈发受到市场的欢迎和追捧。为了最大限度降低产品边框、提高显示产品的屏占比,本文研究了激光固化各向异性导电胶膜(Anisotropic Conductive Film, ACF)来实现显示器件绑定的新技术。通过对 TFT 的电极压痕、粒子形变量、ACF 反应率、拉拔力和产品信赖性等测试,发现激光绑定是一项实际可行的显示器件绑定技术。本文进行了激光绑定技术优势验证,得到:(1)最小热损伤距离,相比较传统热压绑定技术,热损伤安全距离由 0.75 mm 降低至 0.15 mm,极大地缩短了 IC/COF 到偏光片的距离,避免了偏光片烫伤内缩影响显示。(2)降低量产生产节拍时间,由于激光能量均匀集中,且直接加热 ACF,使得 ACF 固化速度更快,在现有 ACF 条件下,本压时间可由 5 s 降低至 3 s,大幅度加快生产节拍,提高产品的生产效率。可见,激光绑定既可以解决热压工艺瓶颈,实现极致窄边框显示器的绑定,又能降低生产节拍时间,提高生产效率,是一种非常具有前途的新技术。

关键词:全面屏显示;激光绑定;热损伤

中图分类号: TN141.9 **文献标识码:** A **doi:**10.37188/YJYXS20203512.1258

Research of laser bonding for display device

WANG Li-li*, LIU Chao, SONG Yue-sheng, WANG Chu-hang, SUN Hai-wei

(BOE Technology Group Co., Ltd., Beijing 100176, China)

Abstract: With the continuous development of display technology, the comprehensive screen display has become highly sought-after by the market. In order to minimize the display border and improve the screen share of display products, a new technology of laser curing anisotropic conductive film (ACF) is studied to achieve the display bonding. Through the tests of TFT electrode indentation, particle deformation, ACF reaction rate, ACF die shear and product reliabilities, it is found that laser bonding is a viable bonding technology. In this paper, the experiments are designed to verify the advantages of laser bonding technology. Conclusions are as follows: (1) Compared with hotbar bonding technology, the safety distance of thermal is reduced from 0.75 mm to 0.15 mm, which greatly shortens the IC/COF to polarizer (POL) distance and avoids the shrinkage of POL scald. (2) Because of its concentrated laser beam and directly ACF cured, the main bonding time is reduced from 5 s to 3 s, which greatly speeds up the production takt time and improves the efficiency. All results show that laser bonding is a very promising new technology.

Key words: full screen display; laser bonding; thermal damage

收稿日期:2020-05-02;修订日期:2020-08-19.

* 通信联系人, E-mail: wlili@boe.com.cn

1 引言

随着设备、工艺、材料等的不断发展,客户对电子设备的颜值提出了需求,希望每一个显示产品都能带来视觉享受。于是便携、轻薄、全面屏显示等应运而生。但是,显示屏因其结构和组装的需要,在边缘会有一部分无法显示的区域。在显示领域,将显示区域边缘到显示屏边缘的距离,定义为边框^[1]。从显示区开始,在满足电极尺寸的前提下,需要有一定宽度的框胶、遮光层、集成电路(Integrated Circuit, IC)、柔性印刷电路板(Flexible Printed Circuit, FPC)等占位,目前手机刚性产品常见边框为 (4.0 ± 0.5) mm,若想提高显示屏的显示面积、增加屏占比,必须对显示屏边框尺寸进行优化。

我们日常使用的显示产品,不管是 LCD、OLED、QLED 抑或是 MINI-LED,除了屏幕本身外,均需要连接导入外部电信号。屏幕连同各类组件集成产品,达到产品品质要求的过程,称为模组技术^[2]。显示屏绑定技术,是通过各向异性导电胶(ACF, Anisotropic Conductive Adhesive)实现 IC、COF(IC on Film)、FPC 与面板纵向导通的过程,是模组技术最重要的组成部分之一。

模组技术最常用的绑定方法为热压绑定技术,该技术通过给压头加热控温,经由缓冲材料、IC/COF/FPC 后,逐步传热至 ACF,实现 ACF 的热固化,进而完成 IC/COF/FPC 等与 TFT 的电性连接。具有应用范围广、产业链成熟、绑定效果好等优势。但是随超窄边框产品的盛行,传统的热压绑定因压头高温会发生附近器件的烫伤,造成显示不良,已经成为目前绑定工艺的瓶颈。本文提出激光绑定技术^[3],是利用激光与物质相互作用的热效应来固化 ACF,实现显示屏与外部电路的连通。当绑定时,激光穿透背板直接加热 ACF 和驱动电极,温度多向传导,实现 ACF 快速固化。使用该方案,可以有效降低产品边框,进一步实现全面屏显示。

2 技术可行性测试

激光绑定技术是一项新的模组技术,是通过

激光固化 ACF,实现显示屏与器件的电性连接。本次测试主要包含两个方面:ACF 实装状态和绑定后产品的信赖性。

2.1 测试内容

ACF 实装状态直接关系到产品显示质量,是显示屏绑定品质评价的最重要指标之一。一般情况下,必须进行压痕、粒子形变量、ACF 反应率和 ACF 拉拔力的测试。

2.1.1 压痕 & 粒子形变量

压痕测试是评价 ACF 实装状态最直接的方法,也是生产品质管控最重要的方法之一。ACF 导电粒子,一般由有机球体、Ni 镀层、Au 镀层以及绝缘层组成。在压接时必须压破最外层的超薄保护膜,才能使 Au 暴露出来实现电极上下导通。如果压力太大,粒子破裂太过,失去弹性,虽然提高了导电性,但电极间的接触阻抗也会降低。在后续测试信赖性时,因高温膨胀会使电极间距离加大,而失去弹性的导电粒子无法回复,压接部位就会出现断路的情况,导致显示不良。反之,如果压力太小,粒子压破不足,电极间导通电阻会很高,也容易在老化等高温环境中出现断路不良^[4]。通常使用偏光显微镜进行压痕观测,具体粒子压破状态如图 1 所示。

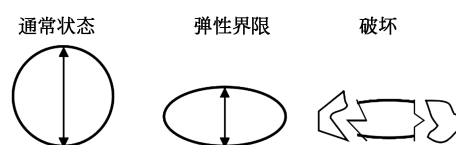


图 1 ACF 粒子压破状态示意图

Fig.1 Schematic diagram of ACF particle crushing state

2.1.2 ACF 反应率

在加热的过程中,ACF 中的环氧树脂分子先进行开环反应,而后又进行闭环反应,这个过程中引起架桥反应,形成三维网状结构。不同的加热温度和加热时间,固化程度不尽相同,因此必须使用一个参数来反映树脂的固化情况,这个参数就是树脂的反应率。一般情况下,加热时间越长、温度越高,树脂的反应率也就越高。但在实际的生产中,不可能将反应时间和温度无限扩大,以达到 100% 的反应率。用环氧基树脂的 ACF 进行 COG 的本压时,其反应率只要达到 80% 以上,便

可满足强度的要求。

通常业内使用傅里叶变换红外光谱仪 (FT-IR) 或者高效液相色谱法 (HPLC) 来测试 ACF 反应率, 本次实验采用 FT-IR 进行。测试时, 在已知官能团的条件下, 测试峰值曲线, 求取测量峰与参考峰比值 (γ), 根据公式 (1), 可得出 ACF 胶体反应率^[5-7]。

$$\eta_{\text{RES}}(\%) = \left[1 - \frac{\gamma_{\text{b}} - \gamma_{\text{c}}}{\gamma_{\text{a}} - \gamma_{\text{c}}} \right] \times 100\% \quad , \quad (1)$$

其中: γ_{a} 为 ACF 生胶的测量峰与参考峰比值, γ_{b} 为待测 ACF 的测量峰与参考峰比值, γ_{c} 为完全固化 ACF 的测量峰与参考峰比值, η_{RES} 为反应率。

2.1.3 ACF 拉拔力

拉拔力是检验压接部机械强度和导通性能的重要参数, 拉拔力的大小, 影响压接部的机械强度和导通阻抗。机械强度低, 容易在发生搬运、振动、温湿度剧烈变化时出现芯片移位甚至是脱落等不良。拉拔力不足, 通常粒子的接触面积发生异常, 导通阻抗也会一定程度地变大, 客户在使用

过程中, 往往会出现异常显示的不良, 影响产品品质^[8-9]。本文使用 Die shear 设备进行 ACF 拉拔力测试。

2.1.4 产品信赖性

任何显示产品绑定, 不仅要保证 ACF 实装状态, 产品信赖性评价也是更加重要的指标^[9]。所谓信赖性, 是指通过模拟产品在客户端和真实工作条件下的应用性来进行的相关功能性的验证, 从而确保产品满足客户最终要求。但实际上, 一般信赖性测试, 会选择更加严酷苛刻的环境, 使产品加速老化, 进行评价。目前主要评测项目有高温高湿、冷热冲击、高温运行/存储、低温运行/存储等^[10-11]。本文所用信赖性测试内容为 8585 (温度 85 ℃, 湿度 85%, 储存 240 h) 和 double 100 (温度 100 ℃, 湿度 100%, 储存 2 h)。

2.2 测试方案

按照表 1 所述方案进行样品制作, 对比分析热压绑定工艺、激光绑定工艺以及降低激光绑定本压时间的效果差异。

表 1 测试样品制作方案
Tab.1 Test sample preparation scheme

实验编号	使用技术	预压工艺	本压工艺	制作数量/片
01	热压绑定	温度 80℃, 压力 1 MPa, 时间 0.1 s	温度 135 ℃, 压力 40 MPa, 时间 5 s	30
02	激光绑定		温度 135 ℃, 压力 40 MPa, 时间 5 s	30
03	激光绑定		温度 135 ℃, 压力 40 MPa, 时间 3 s	30

2.3 测试结果

通过对上述样品进行测试, 得到结果如表 2 所示。从 ACF 的实装效果来看, 粒子压痕、行变量、ACF 反应率和 ACF 拉拔力, 均可以满足产品

绑定的规格需求。另外, 产品的信赖性, 包括 8585 和 double 100, 均未出现功能性不良。可见激光绑定与热压绑定的效果均可以满足产品绑定的规格需求。

表 2 样品测试结果
Tab.2 Test results of the samples

实验编号	工艺方案	粒子压痕	粒子形变量	ACF 反应率/%	ACF 拉拔力/MPa	信赖性—8585	信赖性—double 100
01	热压-5 s			97	36	未见功能性异常	未见功能性异常
02	激光-5 s	清晰可见	约粒径的 2/3	96	37		
03	激光-3 s			94	32		

2.4 结果分析

ACF 固化包括以下 3 个阶段,如图 2 所示。

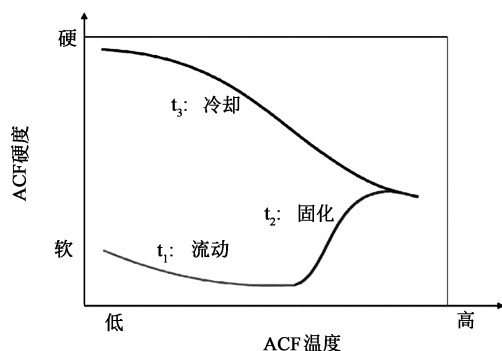


图 2 ACF 反应固化原理

Fig.2 Reaction curing principle of ACF

阶段 1(t_1):施加温度、压力,使 ACF 的粘度降低,流动性增强,有利于粒子均分于电极之间和气泡的排出;

阶段 2(t_2):快速升温、加压,环氧树脂的反应加剧,反应率迅速提高,由于交连反应,ACF 逐渐硬化,相对粘度开始升高,直到反应完全,实现 ACF 的固化以及粒子压破;

阶段 3(t_3):释放温度、压力,ACF 自然冷却,硬度提高,保证绑定的充分粘结。

ACF 固化的 3 个必要条件是:温度、压力和时间,由此可见,不管是热压头还是激光加热均可以实现较好的绑定效果。但是两者也有不同,热压绑定是使用压头加热控温、压头加压来实现,此种方式,压头的热量必须通过缓冲材料和芯片才能到达 ACF 层,期间热量损失较多,所以绑定时间一般会在 5 s 以上。而激光绑定技术是使用激光加热控温,压头加压来实现,能量高且聚集的激光束直接加热 ACF 和电极,如此可以实现更快速的绑定。从结果看,使用激光绑定技术,绑定本

压时间降低为 3 s 时,ACF 实装状态和产品信赖性效果好,能满足显示器件绑定的评价标准。

3 热损伤安全距离测试

激光具有能量集中、均匀、精确可控、热损伤小等特点,在显示产品绑定中表现出很大的优势。手机产品是目前市场上屏占比最高、边框最窄的显示产品,依据目前产品极限设计,传统热压绑定在热损伤方面已经出现技术瓶颈。

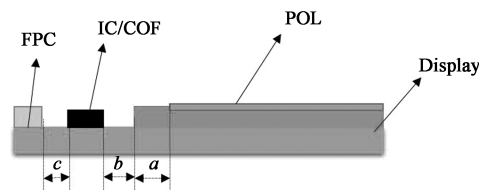


图 3 产品边框设计示意图

Fig.3 Schematic diagram of product border design

偏光片(POL)是一种具有偏振效果的膜材,也是液晶显示器形成偏振光的必要条件。如图 3 所示, a 为 CF-POL 的距离, b 为 CF 到 IC/COF 的距离, c 为 IC/COF 到 FPC 的距离。以手机产品为例,绑定结构有两种,一种是 IC + FPC,另一种是 COF + FPC。目前 60% 以上的产品, $a + b < 0.75$ mm,甚至能达到 0.4 mm。如此近的距离,在绑定时,高达 $(200 \pm 10)^\circ\text{C}$ 的压头温度,必然会引起偏光片烫伤,烫伤的偏光片会内缩造成显示不良,严重影响模组良率,亟待解决。

3.1 实验测试

关于绑定热损伤距离,专门设计实验进行验证,结果如表 3 所示,使用激光绑定技术,IC-POL 距离为 0.15 mm 时,完全没有偏光片烫伤,是非

表 3 激光绑定热损伤距离测试结果

Tab.3 Test results of laser bonding thermal damage distance

压合位置 (隔垫物端面为基准)	+150 μm	+100 μm	+50 μm
偏光片烫伤— 肉眼观测	目测不可见	目测不可见	目测隐约可见
偏光片烫伤— 显微镜			

常安全的距离。IC-偏光片距离为 0.10 mm 时,会有轻微偏光片烧灼现象,但未见偏光片内缩。IC-偏光片距离为 0.05 mm 时,显微镜测试发现,存在轻微偏光片内缩现象。

热压绑定在 IC-偏光片距离为 0.75 mm 会发生偏光片烫伤,若使用激光绑定技术,可以降低至 0.15 mm。激光绑定可以大幅度降低绑定热损伤范围,可克服现有的工艺瓶颈,从而实现极致窄边框显示。

3.2 分析与讨论

根据显示器件的结构,热损伤的原因有以下 3 点:

(1) 不耐温的材料(偏光片)

偏光片是液晶显示器件形成偏振光的必要条件,但是偏光片不耐温,80 °C 以内性能是稳定的。超过 80 °C,随着温度升高,偏光片会发生内缩、卷曲等变化。

(2) 高温物体(压头)

本次验证使用的 ACF,规格要求 ACF 实测温度为 130~160 °C 才可正常使用。由于热压绑定温度是压头加热纵向逐步传导至 ACF,通常压头温度设定在 180~200 °C。

(3) 不耐温材料到高温物体间的距离(偏光片-压头的距离)

全面屏显示产品对边框提出严苛的要求,偏光片-压头的距离越来越小,偏光片距离高温压头越近,受压头热量的影响越大,当超过临界值时,偏光片就会发生热损伤。

热压绑定是依靠压头热量纵向传导至 ACF,

实现 ACF 固化。而压头温度是多向传导的,在横向范围内也会发生热传导。当距离越近时,偏光片接受到的热量越多,温度越高。测试结果显示,当 IC-ACF 距离为 0.75 mm 时,偏光片烫伤内缩,影响显示。而激光绑定是采用双向均为平顶的、高度匀化的矩形光斑,直接加热 ACF 实现的。处于高温的 ACF 向四周传导热量,而 ACF 总厚度不足 0.2 mm,热传导能力非常有限。另外,压头边缘实测温度在 40~60 °C,处于偏光片正常工作温度,不会轻易发生烫伤现象。实验测试结果显示,当 IC-ACF 距离<0.15 mm 时,才会发生偏光片烫伤不良。

4 结 论

通过对 ACF 实装状态和产品信赖性测评,可以看出,激光绑定技术是一项实际可行的新技术。通过该技术,一方面可以大幅降低产品绑定热损伤范围,从 0.75 mm 直接降低至 0.15 mm,缩短 IC/COF 到偏光片的距离,也可有效解决传统热压绑定带来的工艺瓶颈,是显示产品实现极致窄边框的优选方法。另外,由于激光有效区域能量均匀集中,在现有 ACF 条件下,可以使绑定的本压时间由 5 s 降低至 3 s,极大地缩短了量产节拍,提高生产效率,从而产生更大的收益。

因此,激光绑定技术,不仅可以解决传统热压的工艺瓶颈,生产更高品质的显示产品,而且可以有效缩短量产节拍,提高生产效率,是一项非常有前途的绑定技术。

参 考 文 献:

- [1] 李冰乔.浅谈窄边框液晶显示技术的现状与发展前景[J].电子测试,2019(8):130-131,88.
LI B Q. The present situation and development prospect of narrow frame liquid crystal display technology [J]. *Electronic Test*, 2019(8): 130-131, 88. (in Chinese)
- [2] 刘亮,王向楠,赵德友,等.TFT-LCD 移动显示窄边框技术进展[J].液晶与显示,2013,28(2):228-232.
LIU L, WANG X N, ZHAO D Y, et al. Slim border trend of TFT-LCD mobile display panel [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2013, 28(2): 228-232. (in Chinese)
- [3] 陈婷.激光加热固化设备关键技术研究[D].长春:长春理工大学,2017.
CHEN T. Study on key technologies of laser heating curing equipment [D]. Changchun: Changchun University of Science and Technology, 2017. (in Chinese)
- [4] 严乔,弓欣,刘子学,等.触摸屏绑定用光学胶特性研究[J].液晶与显示,2017,32(4):275-280.
YAN Q, GONG X, LIU Z X, et al. Characteristics of optical adhesives in touch panel [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(4): 275-280. (in Chinese)

- [5] TAO B, YIN Z P, XIONG Y L. ACF curing process optimization based on degree of cure considering contact resistance degradation of joints [J]. *Soldering & Surface Mount Technology*, 2010, 22(4): 4-12.
- [6] SHIN T G, LEE I, LEE J, *et al.* Electron beam curing of acrylated epoxy resins for anisotropic conductive film application [J]. *Thin Solid Films*, 2013, 547: 246-249.
- [7] XU P, ZHENG D Y, XIE Z Y, *et al.* The mechanism and oxidation efficiency of bio-electro-Fenton system with Fe@Fe₂O₃/ACF composite cathode [J]. *Separation and Purification Technology*, 2020, 234: 116103.
- [8] 李春江.应用 ACF 压接的拉伸强度提高的研究[D].上海:上海交通大学,2009.
- LI C J. Disquisition of how to enhance the peel strength in module bonding with ACF [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2009. (in Chinese)
- [9] 赵新纲.LCM 热压工艺与电气性能研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2013:9.
- ZHAO X G. Research on LCM hot-pressing process and electrical properties [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2013.(in Chinese)
- [10] 左建东,罗超云.组装工艺对 ACF 互连性能的影响[J].液晶与显示,2009;24(4):537-540.
- ZUO J D, LUO C Y. Effect of packaging technology of ACF on interconnection property [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2009, 24(4): 537-540. (in Chinese)
- [11] 苏磊,杨小飞,李兴华,等.车载 TFT LCD 器件高温信赖性串扰机理及改善研究[J].光电子技术,2019,39(2): 123-126.
- SU L, YANG X F, LI X H, *et al.* Mechanism and improvement on high temperature crosstalk in vehicle TFT LCD devices reliability test [J]. *Optoelectronic Technology*, 2019, 39(2): 123-126. (in Chinese)

作者简介:



王莉莉(1988—),女,陕西延安人,硕士,高级研究员,2014 年于北京科技大学获得硕士学位,主要从事显示器件模组设计和工艺研究。E-mail:wlili@boe.com.cn