

激光修补有源矩阵液晶显示器的研究

葛长军 成建波

(电子科技大学光电子技术系 成都 610054)

周 炜

(重庆光电技术研究所 重庆 400060)

提要 介绍了有源矩阵液晶显示器的主要缺陷形式。在采用冗余技术的基础上,研究了针对不同缺陷形式所应采取的不同的激光修补对策,由于加法激光修补仪价格昂贵,作者在美国 Solarex 公司工作期间开发出了利用减法激光修补仪进行加法修补的独特工艺。

关键词 有源矩阵液晶显示,激光修补,冗余技术,缺陷

1 引 言

近年来,有源矩阵液晶显示技术的发展有了质的飞跃,有源矩阵液晶显示器已经历了从小尺寸的便携式电视机到大尺寸的便携式个人电脑监视器和大屏幕彩色投影电视机的发展过程。这种大型化、彩色化和高精细化的发展必然导致其成本的上扬,而该种器件成品率的提高是成本下降的关键所在^[1]。然而,在大面积玻璃基板上以微米级的精度制作几百万个极微小的薄膜晶体管(TFT)开关元件和几千条几微米宽的扫描线和信号线,要保证无一缺陷几乎是不可能的,其制作难度已超过超大规模集成电路。

薄膜晶体管有源矩阵液晶显示器(TFT-AMLCD)屏的缺陷主要来自 TFT 阵列,其中与 TFT 有关的缺陷包括 I_{on} 太小, I_{off} 太大, V_{th} 变动, dV_p 变动等软性缺陷,同时还包括沟道、源、漏、栅等电极短/断路的硬性缺陷;与引线有关的缺陷包括汇线(扫描线、信号线)短/断路。与储存电容及像素电极有关的缺陷主要有储存电容短路及像素电极与汇线短路。其中漏栅短路、汇线的短/断路将产生致命的线缺陷。在上述缺陷中,有些通过提高净室级别和工艺的自动化程度以及严格的工艺监控、管理是可以避免的,有些通过工艺参数的优化和工艺方法的改进也是可以避免的,但大量的短/断路缺陷则需利用冗余技术和激光修补技术来消除。

2 激光修补对策

由于激光修补的成功与否以及修补的质量好坏直接和 TFT 阵列采用何种冗余技术有关,因此要研究激光修补的对策必然要牵涉到冗余技术。

解决汇线断路的方法是采用复合电极和加法修补技术。从我们大量的测试结果来看,采用 ITO, NiCr, Ta, Mo, Al 多层金属的汇线断路极少出现,同时还可大大降低汇线电阻,提高电极稳定性;ITO, NiCr 双层金属可避免栅极断路;Mo, Al 双层金属电极可避免源、漏电极的断路。

对于出现的汇线断路可采用加法激光修补技术在原地或备用修补线上接线。

要完满地解决 TFT 的短/断路需采用双栅绝缘层和冗余 TFT 结构。前者采用 $\text{SiN}_x/\text{SiN}_x$, $\text{Ta}_2\text{O}_5/\text{SiN}_x$ 等双层结构以杜绝绝缘层短路。后者一般采用一个像素连两个 TFT 的结构^[2], 此时若遇到有短/断路的 TFT 则用激光束打掉它, 并保留好的那个 TFT, 但是这样一来对该像素的清晰度将会有影响造成软性缺陷。因为栅源寄生电容 C_{gs} 引起的像素电压变化量 dV_P 可表示为

$$dV_P = \frac{C_{gs}}{C_{gs} + C_s + C_{LC}} \cdot dV_g \quad (1)$$

这里 C_s 为储存电容, C_{LC} 为液晶电容, dV_g 为栅压变化量。当打掉一个 TFT 后, C_{gs} 就变小了, 引起 dV_P 变小, 从而造成该像素驱动电压同正常像素驱动电压的差异, 引起该像素清晰度和灰度变差。欲使清晰度不变差, $\Delta dV_P = dV_P - dV_P'$ (见图 1)

应小于 0.5 V ^[3]。Nakai 等^[3]采用备用 TFT 的方法抑制 dV_P 的变化。在实际工作中我们发现多储存电容法更简单、有效, 且它与备用 TFT 方法相比可降低缺陷形成的几率, 提高成品率。该方法是把储存电容的上、下电极中与像素电极相连的那个电极 n 等分, 当用激光束烧掉有缺陷的 TFT 的同时亦烧掉一部分储存电容, 使 C_{gs} 和 C_s 同时变小以保证 dV_P 不变或其变化量小于 0.5 V 。如当 $C_s = 3C_{LC}$ 时, 将 C_s 三等分, 在烧掉一个有缺陷的 TFT 的同时烧掉 $(2/3)C_s$ 便可使 $\Delta dV_P = 0$ 。同时, 多储存电容法亦可解决由于储存电容短/断路引起的像素清晰度的劣化, 具体作法是在用激光束烧掉包括有缺陷的那部分储存电容的同时烧掉一个 TFT, 使 C_s 和 C_{gs} 同时变小以保证 dV_P 不变或变化量小于 0.5 V , 这与 Ugai^[4]等的观点不谋而合。

在解决汇线交叉处由小尺寸的绝缘层针孔造成的短路时可采用细激光束(束斑为 $2 \mu\text{m} \times 2 \mu\text{m}$) 将针孔烧掉; 解决除此之外的汇线交叉处短路的方法只有把其中之一烧断, 然后再在备用修补线上用加法修补技术将它连起。

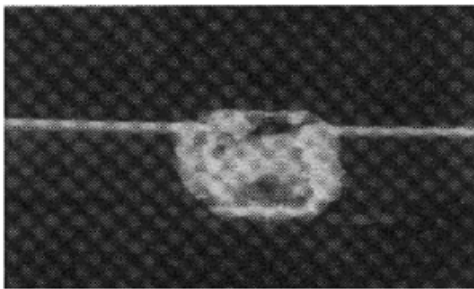


图 2 减法激光修补

Fig. 2 Laser ablation

减法修补比较简单, 只需用激光束把引起缺陷的膜层烧掉即可(见图 2)。目前有 Xe, YAG, 准分子三种激光器可配备在减法激光修补仪上用于减法修补。Xe 激光可有效地切除绝缘层, 有源层, NiCr, Al, Mo, Ta, CTO, 金, 铜以及大部分的合金和化合物; Xe 激光器可用在全板显示检测后的修补, 因为 Xe 激光可透过液晶切除引起缺陷的薄膜而不产生永久性气泡(造成图像缺陷), 并且采用宽脉冲($1 \mu\text{s}$)和低功率(350 W) Xe 激光器进行修补时不会产生碎片(引起短路)。而 YAG 激光则不具有此功能, 且 YAG 激光的对位要比 Xe 激光困难得多。准分子激光适合于切割聚酰亚胺, ITO, 氮化物, 保护膜和金属, 其切割边缘整齐且不会产生碎片; 缺点是工作距离短、不能透过玻璃修补(即不能用于全板显示检测后的修补)且成本高。

加法修补可采用激光化学气相沉积法(CVD)^[5]直接在断路处或备用修补线上淀积金属将

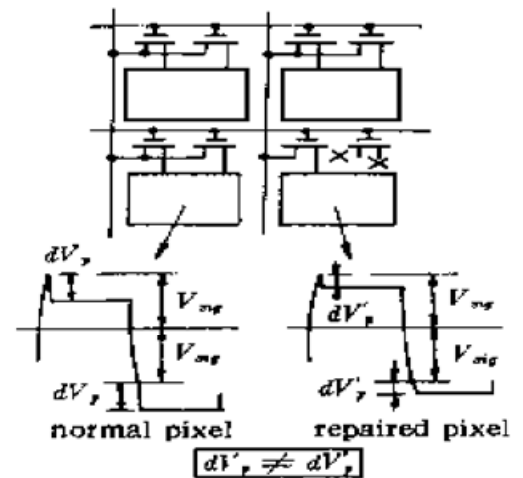


图 1 普通像素和被修补像素 dV_P 的比较

Fig. 1 Comparison of dV_P between the normal and repaired pixels

加法修补可采用激光化学气相沉积法(CVD)^[5]直接在断路处或备用修补线上淀积金属将

断路连通(见图 3),但配备有激光 CVD 功能的加法激光修补仪非常贵,达 100~ 200 万美元/台,因此能拥有此类设备的公司不多,而减法激光修补仪较便宜,新的大约 9 万美元/台左右,

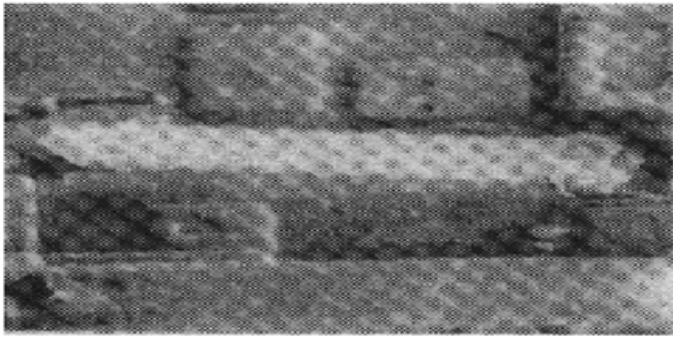


图 3 激光 CVD 法修补断路缺陷

Fig. 3 Metal deposition using laser CVD for repairing an open-circuit defect

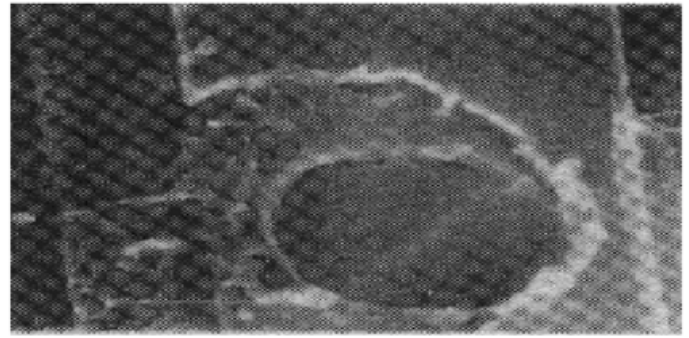


图 4 打洞法修补断路缺陷

Fig. 4 Repairing an open-circuit defect by zapping a hole

八成新设备 2~ 4 万美元就可以购到。图 4 示出了一种用减法激光修补仪修断路的方法,此法是先大功率激光束(80 mJ)在汇线的 Al 上打个大一些的洞,把绝缘层打掉,但不伤及下面的 ITO 及 NiCr,然后用小功率(15mJ)激光束将洞边缘的 Al 打落到洞内使 Al 和 ITO 及 NiCr 连接起来完成断路的接通,此法很简单,对封好盒的液晶显示器(LCD)的加法修补很有效,但可靠性、重复性差且不好掌握。有人^[4]采用焊接用金属在修补线上用激光焊接断路(如图 5),

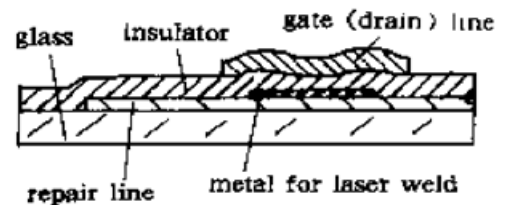


图 5 激光焊接补断路缺陷

Fig. 5 Laser weld for repairing the open-circuit defect

它是事先在汇线与修补线的交叉处淀积一层(需光刻)激光焊接用金属,平时由于有绝缘层而使汇线与修补线绝缘,当某根汇线出现断路时,便在该汇线与修补线的交叉处用 YAG 激光束照射该交叉点上的焊接用金属使汇线和修补线焊接在一起,从而完成断路的接通,此法对激光焊接用金属的要求很高,适合此种场合下使用的激光焊接用金属不易找到且增加了 TFT 阵列板的制作工艺,其可靠性、重复性还有待提高。在美国工作期间我发明了一种可靠性、重复性非常好的利用减法激光修补仪进行加法修补的方法,其工艺流程为:涂正性光刻胶——前烘——用激光修补仪曝光——显影——甩干——淀积 NiCr(或 Mo)——点负性光刻胶——前烘——腐蚀 NiCr(或 Mo)——去胶。具体工艺是首先在 TFT 阵列板上涂正性光刻胶并在 90℃ 下前烘 30 min;然后用激光修补仪的对位光在断线处或备用修补线处曝光,曝光的小矩形区可从 2 μm × 2 μm 到 20 μm × 20 μm 连续变化,曝光时间为 2 min,若采用紫外光曝光则只需 30 s 左右;把曝过光的片子进行显影并甩干;接着在光刻胶的上面用溅射法淀积 NiCr(或 Mo),厚度为 80~ 200 nm;用细毛笔在前述曝过光的需修补的部位点上负性光刻胶并在热台上在 100℃ 下前烘 60 s,以保护需修补部位的 NiCr(或 Mo)在后续的腐蚀工艺中不被腐蚀掉;然后腐蚀掉 NiCr(或 Mo);最后把光刻胶去掉,在光刻胶的剥离作用下除需修补部位的 NiCr(或 Mo)以外,其余的 NiCr(或 Mo)均被剥离掉,这样在需修补的部位便留下了大小为 2 μm × 2 μm 到 20 μm × 20 μm 的矩形导电膜(NiCr 或 Mo)而把断路补起。此工艺看上去步骤很多,其实除了用激光修补仪曝光外,其他工艺和所用材料均为 TFT 阵列正常的制作工艺和常规材料,因此可随大量阵列片子一起流片,这特别适合于批量生产 TFT-LCD。对补过的汇线进行的电阻测量表明其阻值同好的汇线的阻值没有差别,这得益于 NiCr 和 Mo 的低阻及它们良好

的粘附性能。与采用激光 CVD 的加法修补工艺相比,采用此法修补断路所占用激光修补仪的时间大大缩短,从而可在投资规模小的情况下大大提高产量,降低成本。

参 考 文 献

- 1 H. Segurupu. Laser repair device. *Semiconductor World*, 1996, **15**(10): 116~ 120 (in Japanese)
- 2 T. Tamura, I. Kobayashi, M. Uno *et al.*. A 2.8-in. point-defect-free a-Si TFT-LCD module for projection ED-TV assembled by a stud-bump-bonding COG method. *Proceedings of the SID*, 1991, **32**(4): 289 ~ 295
- 3 Y. Nakai, M. Akiyama, M. Ikeda. Pixel-defect-tolerant design based on visibility for TFT-LCDs. *J. of SID*, 1996, **4**(1): 25~ 31
- 4 Y. Ugai, M. Yasui, T. Yukawa. A defect free TFT-LCD using laser repair technology. *The Transactions of the Institute of Electronics Information and Communication Engineers C-I*, 1997, **80C**(2): 90~ 91 (in Japanese)
- 5 T. Inoue, Y. Matsueda, T. Shimobayashi *et al.*. 4.55-in. HDTV poly-Si TFT light valve for LCD projector. *ITE Technical Report*, 1992, **16**(19): 59~ 64 (in Japanese)

Study on Laser Repair of an Active Matrix Liquid Crystal Display

Ge Changjun Cheng Jianbo

(*Department of Opto-electronics Technology, UEST of China, Chengdu 610054*)

Zhou Wei

(*Optoelectronics Research Institute, Chongqing 400060*)

Abstract The defect classification and the reason forming defect of an active matrix liquid crystal display are analysed. The laser repair technique and redundant technique are described. A novel addition repair process using a subtraction laser repair system (laser cutter) is developed.

Key words active matrix liquid crystal display, laser repair, redundant technique, defect