

文章编号 : 0253-2239(2002)07-0863-04

用非接触光探针平整度仪对液晶器件的研究

范志新¹⁾ 孙玉宝¹⁾ 章红林²⁾

(1), 河北工业大学应用物理系, 天津 300130)
(2), 富相科技股份有限公司, 东莞 511700)

摘要: 介绍一种具有纳米级测量灵敏度的非接触光探针平整度测试仪, 其分辨率优于 1 nm。这种测试仪在电子玻璃、半导体、集成电路、薄膜和纳米技术等领域都有很大的应用前景。给出了该测试仪在液晶显示器基板表面形状研究方面的一些应用的实验测试数据结果, 表明该测试仪可以在液晶显示器器件研究中发挥作用。

关键词: 非接触; 光探针; 平整度; 液晶显示器

中图分类号: TN247; TN873 文献标识码: A

1 引 言

平整度测试技术在电子玻璃、半导体、集成电路、薄膜和纳米技术等领域都具有重要的意义。目前对表面平整度的检测方法有三种:

1) 目测 将平晶与玻璃基板贴紧, 通过目测干涉条纹来定性地检测样品表面。

2) 接触检测 目前表面形貌测量技术中最为常用的、最可靠的方法是触针法。用触针式轮廓仪或台阶仪的探针接触样品表面, 描绘出表面的轮廓, 其精度依赖于位移量和探针针尖的尖锐程度, 如英国的 Talysurf-5 轮廓仪, 分辨率能达到 1 nm。但是探针会损坏样品表面, 是有损检测。

3) 非接触检测 一般采用电子显微镜和电容法等电子学方法和微分干涉及差分干涉等光学方法, 不必接触表面即可进行检测。在光学非接触方法中, 采用一种波长调制或双频激光调制的光外差方法来检测表面平整度, 是最为先进的方法, 分辨率达到 0.1 nm~5 nm。

本文利用一种具纳米级灵敏度的宽测量范围的非接触表面测试分析仪器——非接触光探针平整度仪^[1], 研究液晶显示器(LCD)中氧化铟锡(ITO)透明导电玻璃的平整度和聚酰亚胺取向膜形貌。液晶显示器是当前充满活力的电子产品, 在液晶显示器研制当中, 对氧化铟锡玻璃基板平整度有很高的要求, 本文给出应用该测试仪对液晶显示器的氧化铟锡透明导电玻璃基板表面形貌的研究的一些测试结

果。聚酰亚胺(PI)取向膜是液晶显示器制造工艺中的一项极具特色的制程, 它决定液晶分子在液晶盒中的排列状况, 对液晶显示器的质量也是至关重要的。以前对聚酰亚胺膜形貌的研究要借助原子力显微镜这样的仪器^[2], 实验表明, 本仪器也可以对聚酰亚胺取向膜摩擦工艺进行评价。

2 测试原理

该仪器的测试原理是根据声光调制外差干涉原理, 采用半径小于 1 μm 的光探针扫描玻璃表面, 通过绘制表面轮廓图形, 能自动测量出玻璃表面平整度的全部参数。光外差干涉(OHI)测量技术, 是一种直接测量参考波面与被检测波面间的相位差的方法, 具有高的相位分辨率和空间分辨率, 而且可以进行动态时间的研究, 其理论分辨率优于 $\lambda/1000$, 所以光外差干涉技术被列为具有纳米测量准确度的四个重要方法之一(其它三个为原子力显微镜、扫描隧道显微镜、X 射线干涉仪)。

非接触光探针平整度仪其原理如图 1 所示。由 He-Ne 激光器发出的激光束经分光镜 BS₁ 后被分成两束光, 一束光经声光调制器 AOM₁ 后, 其频率为 $f + f_1$ (100 MHz), 该光束经 BS₂ → 被测表面 OBJ → BS₂ → 反射镜 M₆ → BS₄ 后进入光探测仪器 D_m; 另一束经过声光调制器 AOM₂ 后, 其频率为 $f + f_2$ (100.1 MHz), 该光束经 BS₃ 后被物镜会聚照射到被测表面, 反射光经 BS₃ → BS₄ 也进入光探测器 D_m, 以上两束光至少有 $f_2 - f_1 = 0.1$ MHz 的频率在探测器上合成即发生外差干涉, 其信号 S_m 由光电探

测器 D_m 获得。图 1 中 P_1 、 P_2 为光阑。同理还得到一个光电探测器参考信号 S_r 。

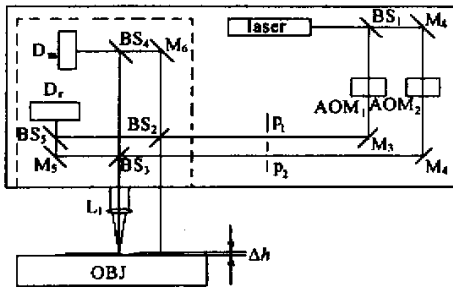


Fig. 1 Illustration picture of testing principle

S_m 、 S_r 均是具有一定相位差的频率为 100 kHz 的正弦干涉信号,其相位差 $\Delta\phi$ 正比于测量光探针与参考光之间的光程差 Δ_{OP} ,即

$$\Delta\phi = (2\pi/\lambda)\Delta_{OP}, \quad (1)$$

而 $\Delta_{OP} = 2\Delta h$, 所以

$$\Delta h = (\lambda/4\pi)\Delta\phi. \quad (2)$$

在测量过程中,图中的虚线部分被放置在一个移动部件上,超精密步进电机通过齿形带带动丝杆来驱动安置在滚珠导轨上的移动部件,实现光探针对被测表面的扫描,其扫描范围为 20 mm,扫描最小间距为 $0.3 \mu\text{m}$ 。由光探测器接收的信号 S_m 、 S_r 经自动增益放大器、整形电路、程控分频器、相位检测器后得到与相位差成正比的直流信号,经过模/数转换后,由计算机进行数据处理,实验表明该套信号处理系统的凹凸轮廓检测准确度优于 $\lambda/1000$ 。

3 平整度参数对液晶显示器的影响

氧化铟锡玻璃基板是镀有氧化铟锡导电膜的玻璃基板,其平整度直接影响着液晶显示器的质量,尤其对超扭曲向列相液晶显示器的影响更为严重。这种影响主要表现在液晶盒厚度不均匀,出现彩虹,或者液晶屏底色不一致。色度学研究表明,一般波长改变 $1 \text{ nm} \sim 2 \text{ nm}$ 时,人的视觉辨别能力便能看出颜色的差别^[3]。对于 550 nm 的波长,盒厚为 $5.5 \mu\text{m}$ 的液晶显示屏,盒厚有 $10 \text{ nm} \sim 20 \text{ nm}$ 的差异时,就会带来 $1 \text{ nm} \sim 2 \text{ nm}$ 波长的颜色变化,被人眼所分辨出来^[4]。所以若使两个反射式超扭曲向列相液晶显示器液晶屏的颜色无差别,必须控制液晶盒间隙使其精度在 $\pm 0.02 \mu\text{m}$,这显然是难以做到的。影响盒厚均匀的因素有:氧化铟锡玻璃平整度、衬垫料的粒径均匀程度以及加压压合工艺中最后的

压力分布最终影响盒厚均匀性等各种因素。一般液晶盒的衬垫料的粒径偏差达 $\pm 0.2 \mu\text{m}$ 以上,加压压合和固化的压力分布也是难以做到绝对均匀的。同样超扭曲向列相液晶显示器用的氧化铟锡玻璃基板平整度参量如果不符合要求,就不能做出色泽一致的液晶显示屏。目前,超扭曲向列相液晶显示器产品的盒厚偏差约达 $\pm 0.2 \mu\text{m}$,颜色差别大约达到 20 nm 波长,人们都是通过调节上偏光片的角度来尽量消除一些颜色的不一致。

氧化铟锡玻璃基板的平整度参量包括:1)玻璃表面粗糙度,2)基板表面波纹度,3)基板翘曲度,4)基板平行度,5)氧化铟锡膜表面粗糙度,6)氧化铟锡膜厚和膜厚均匀度^[5]。由于氧化铟锡膜层很薄,其表面粗糙度基本由玻璃表面粗糙度而定。但由于氧化铟锡蒸镀工艺及膜层厚度不同,氧化铟锡表面的粗糙度还是与玻璃的略有不同。在特定要求下,还需给以分别标定。现有的美国应用薄膜公司生产的镀膜有机发光器件用超平氧化铟锡产品,表面凸凹轮廓偏离中线的绝对值的算术平均偏差达到了 $R_a = 4.706 \text{ nm}$ 的质量水平,下一代极平氧化铟锡要达到 $R_a = 0.312 \text{ nm}$ 。

玻璃平行度是玻璃在一长程内薄厚不均的度量。这种不均会使液晶显示器在制造过程中加压不均,造成废品或次品。其参量可用正负公差的方式标定,一般允许值应小于 0.05 mm 。

氧化铟锡膜厚及均匀度这个参量不属于平整度范围,但它对液晶显示器的质量影响很大。由于基板玻璃都是以氧化铟锡玻璃形式供应的,所以这个参量随平整度一起检测。氧化铟锡膜厚及均匀度主要影响其电阻率、光透过率、刻蚀速度、电极图形边缘,甚至影响分子排列。

4 非接触光探针平整度仪在液晶显示器上的应用

随着液晶显示器向更大更薄高档次产品发展,研究者对氧化铟锡玻璃基板表面平整度越来越关注,但目前国内绝大多数液晶显示器厂家由于缺乏合适的测量设备和统一的规范要求,都还不能进行氧化铟锡表面检测。氧化铟锡玻璃厂商现有的设备都是触针式轮廓仪,为解决客户新的投诉,需要增添新的测试设备。

作者所使用的非接触光探针平整度仪是北京优龙科贸公司研制的,1994 年通过北京市科委鉴定。

该仪器的主要技术指标包括光针直径小于 $2\ \mu\text{m}$,参考光斑直径大于 $2\ \mu\text{m}$,垂直分辨率优于 $1\ \text{nm}$,横向分辨率优于 $0.5\ \text{nm}$,虚假信号小于 $3\ \text{nm}$,示值误差优于 $\pm 5\%$,示值稳定性优于 3% 。该仪器对样品表面粗糙度的测试结果与英国 TALYSURF-5 型轮廓仪测试结果基本一致。扭曲向列相液晶显示器用氧化铟锡玻璃样品,超扭曲向列相液晶显示器用氧化铟锡玻璃基板样品,已刻蚀的超扭曲向列相液晶显示器用氧化铟锡玻璃基板样品和扭曲向列相液晶显示器的聚酰亚胺取向膜样品由东莞富相科技股份有限公司提供。结果如图 2~图 9 所示。

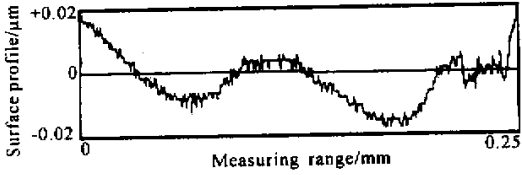


Fig. 2 Curve of the surface of TN-LCD glass

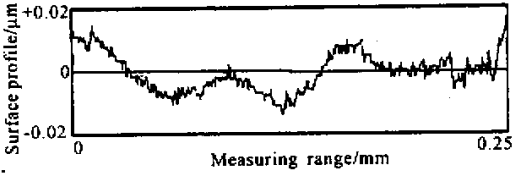


Fig. 3 Curve of the ITO surface of TN-LCD glass

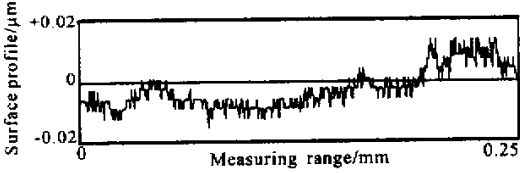


Fig. 4 Curve of the surface of STN-LCD glass

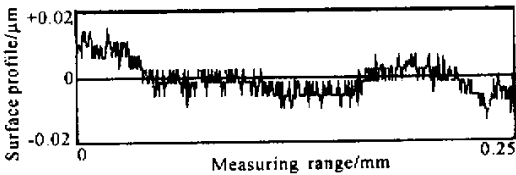


Fig. 5 Curve of the ITO surface of STN-LCD glass

本测试实验,对样品和环境没有特殊要求。实验结果表明,扭曲向列相液晶显示器用氧化铟锡玻璃基板样品玻璃面的 $R_a = 0.0127\ \mu\text{m}$ (图 2),氧化铟锡面的 $R_a = 0.0118\ \mu\text{m}$ (图 3)。超扭曲向列相液晶显示器用氧化铟锡玻璃基板样品的玻璃面 $R_a =$

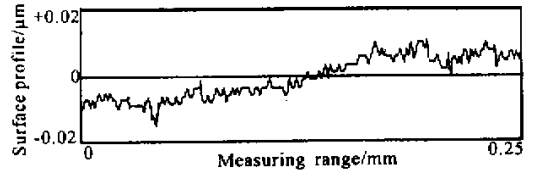


Fig. 6 Curve of the surface of silicon

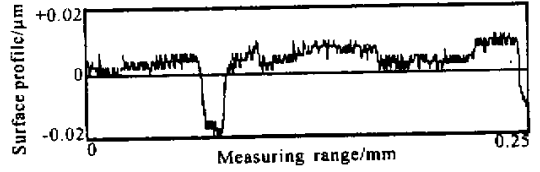


Fig. 7 Curve of the ITO etching surface of TN-LCD

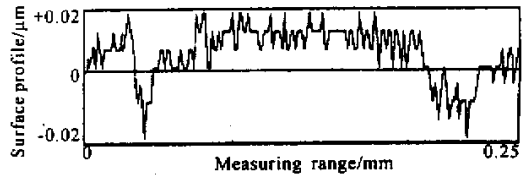


Fig. 8 Curve of the PI surface of TN-LCD(\perp)

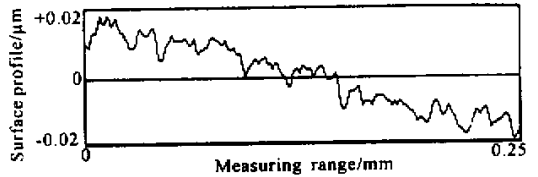


Fig. 9 Curve of the PI surface of TN-LCD(\parallel)

$0.0045\ \mu\text{m}$ (图 4),氧化铟锡面 $R_a = 0.0035\ \mu\text{m}$ (图 5)。一抛光硅片样品的 $R_a = 0.0034\ \mu\text{m}$ (图 6),已刻蚀的扭曲向列相液晶显示器的玻璃基板样品的氧化铟锡面 $R_a = 0.0103\ \mu\text{m}$,其 2 倍值 $0.0206\ \mu\text{m}$ 可以作为氧化铟锡膜厚的测试值(图 7)。扭曲向列相液晶显示器的聚酰亚胺取向膜样品垂直摩擦方向的 $R_a = 0.0056\ \mu\text{m}$ (图 8),沿摩擦方向的 $R_a = 0.0116\ \mu\text{m}$ (图 9)。实验中,对于聚酰亚胺样品是洗去了液晶后的取向层表面,其表面形状可能已与未灌注液晶时有所不同,为此对样品进行了手工摩擦,并沿摩擦方向和垂直摩擦方向进行了测试。

结论 利用非接触光探针平整度仪能够对扭曲向列相液晶显示器用氧化铟锡玻璃样品、超扭曲向列相液晶显示器用氧化铟锡玻璃基板样品、已刻蚀的超扭曲向列相液晶显示器用氧化铟锡玻璃基板样品和

扭曲向列相显示器的聚酰亚胺取向膜样品进行平整度测量,得到了一些具有代表性的测试结果,表明该仪器可以对液晶显示器用氧化铟锡玻璃基板平整度作测试和对光刻效果及聚酰亚胺摩擦效果等进行测试,在液晶显示器研究中可以发挥重要作用。

参 考 文 献

- [1] You Zheng , Yu Mingjing. A surface roughness tester with non-contact and high-accuracy. *Measurement Technique*(计量技术), 1995 , (3):13~15 (in Chinese)
 [2] Xuang Li , Kawamura Y , Kouyama T. An investigation of surface structures of glasses for liquid-crystalline display-

- devices by an atomic force microscopy. *Chinese Letter of Liquid Crystal*(液晶通讯), 1993 , 1(1):1~16 (in Chinese)
 [3] Jing Qicheng , Jiao Shulan , Yu Bolin *et al.*. *Colorimetrics*(色度学). Beijing : Science Press , 1979. 37~39 (in Chinese)
 [4] The 142 Committee of Science Development Committee of Japan. *Manual of Liquid Crystal Devices*(液晶器件手册). Translated by Huan Ximin , Huan Huiguang , Li Zhirong. Beijing : Aeronautics Industry Press , 1992. 352~362 (in Chinese)
 [5] *The State Standard of the People's Republic of China*. GB3505-83(中华人民共和国国家标准 GB3505-83)(in Chinese)

Surface Measurement of LCD Substrate by Noncontact Light Probe Flatness Tester

Fan Zhixin¹⁾ Sun Yubao¹⁾ Zhang Honglin²⁾

(1) , Department of Applied Physics , Hebei University of Technology , Tianjin 300130)
 (2) , Goldentek Display System Co. , Ltd. , Dongguan 511700)

(Received 17 April 2001 ; revised 30 September 2001)

Abstract : A kind of flatness tester with noncontact light probe is introduced. It has the accuracy of nanometer , with a resolution of 1 nm , and measuring range of 10 μm . This kind of tester shows a great practical prospect in the applications of electronic glass , semiconductor , integrated circuit , thin films and technology of nanometer. Some of the testing results in the study of liquid crystal device (LCD) substrate surface shapes by the tester are presented and the results indicate that this kind of tester can be used in LCD study and play an important role in it.

Key words : noncontact ; light probe ; flatness ; liquid crystal device