

TFT-LCD四角发黑Mura的研究与改善

操彬彬, 刘幸一, 陈鹏, 彭俊林, 杨增乾, 安晖, 汪弋, 栗芳芳, 陆相晚, 刘增利, 李恒滨

引用本文:

操彬彬, 刘幸一, 陈鹏, 等. TFT-LCD四角发黑Mura的研究与改善[J]. 液晶与显示, 2020, 35(2): 122-127.

CAO Bin-bin, LIU Xing-yi, CHEN Peng, et al. Research and improvement of dark corner Mura in TFT-LCD[J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2020, 35(2): 122-127.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3788/YJYXS20203502.0122>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

氮化硅膜层对TFT白点色度均匀性的影响及其改善

Research and improvement of TFT white color uniformity based on SiNx film

液晶与显示. 2019, 34(12): 1166-1171 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193412.1166>

TFT-LCD公共电压耦合畸变的影响因素及与线残像关系的研究

Influencing factors of TFT-LCD common voltage on the coupling of signal voltage and the relationship with line image sticking

液晶与显示. 2018, 33(4): 277-284 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20183304.0277>

TFT-LCD中像素电极耦合电容对显示画质的影响

Influence of pixel electrode coupling capacitance on the display quality in TFT-LCD

液晶与显示. 2019, 34(5): 459-464 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20193405.0459>

TFT-LCD Stage Mura的研究与改善

Research and improvement of TFT-LCD Stage Mura

液晶与显示. 2017, 32(4): 269-274 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20173204.0269>

Rubbing Mura产生机理及改善研究

Principle and improvement research of rubbing Mura

液晶与显示. 2018, 33(6): 469-474 <https://doi.org/10.3788/YJYXS20183306.0469>

文章编号:1007-2780(2020)02-0122-06

TFT-LCD 四角发黑 Mura 的研究与改善

操彬彬*, 刘幸一, 陈 鹏, 彭俊林, 杨增乾, 安 晖,
汪 弋, 栗芳芳, 陆相晚, 刘增利, 李恒滨
(合肥鑫晟光电科技有限公司, 安徽 合肥 230001)

摘要: 研究了一种长期 THO 信赖性过程中产生的四角发黑 Mura。由于该 Mura 在 TFT 膜面可见, 本文重点模拟分析了 TFT 侧在信赖性过程中电容的变化, 确定了不良是存储电容(C_{st})变化引发的电学不良, 其机理为水汽不断进入第二绝缘层(PVX2), C_{st} 持续增大, 进而造成了 TFT-LCD 像素充电电压和灰阶的降低。通过降低沉积压强和提高 Si/N 比, PVX2 膜层致密性和阻水性加强, 模拟信赖性测试中电容的变化由 19.6% 降至 0.5%, 成功解决了该不良, 避免了信赖性风险, 提升了产品品质。

关 键 词: Mura; 信赖性; 氮化硅; 阻水; 电容; 灰阶

中图分类号: TN321+.5 **文献标识码:** A **doi:** 10.3788/YJYXS20203502.0122

Research and improvement of dark corner Mura in TFT-LCD

CAO Bin-bin*, LIU Xing-yi, CHEN Peng, PENG Jun-lin, YANG Zeng-qian, AN Hui,
WANG Yi, LI Fang-fang, LU Xiang-wan, LIU Zen-li, LI Heng-bin

(Hefei Xinsheng Optoelectronics Technology Co., Ltd., Hefei 230001, China)

Abstract: The dark corner Mura produced in the long-term process of THO reliability is studied. Because the Mura is visible on the TFT film surface, the capacitance change in TFT side during the process of reliability is mainly simulated and analyzed, and it is determined that it is a kind of electrical defect caused by the change of C_{st} . The mechanism is that water continuously enters into the PVX2 film and C_{st} increases at the same times, resulting in the reduction of the charging voltage and gray scale of TFT-LCD pixels. After improving the compactness of PVX2 film by decreasing pressure and increasing Si/N ratio in the deposition process, the change of capacitance decreases from 19.6% to 0.5% in the simulation reliability test because of the better capability of water resistance, which successfully solves the problem, avoids the risk in the reliability test and improves the product quality.

Key words: Mura; reliability; SiN_x ; water resistance; capacitance; grey

收稿日期: 2019-06-13; 修订日期: 2019-10-23.

* 通信联系人, E-mail: caobinbin@boe.com.cn

1 引言

随着人们对 TFT-LCD 品质要求的不断提高,为进一步降低产品的品质风险,我们在信赖性测试过程中非常重视检测屏幕出现的 Mura 类不良^[1-2]。Mura 一词源自日语,是液晶面板生产过程中出现的各种色斑类不良现象总称,主要表现为有效显示区域内亮度或者颜色显示不均匀。关于 Mura 的产生原因,大致可以分为电学性和光学性两种。其中,光学性 Mura 是指由液晶分子排布、液晶纯度、液晶盒厚或彩色滤光片颜料纯度、比例及树脂材料和厚度等光学因素导致的显示画面灰度不均匀造成各种痕迹的现象;而电学性 Mura 是指在显示区域中,局部位置亚像素的电压与同期正常位置上亚像素的电压存在明显差异导致的灰度不均匀。本文针对一种在 TFT-LCD 信赖性过程中出现的一种四角发黑 Mura,进行了大量测试和分析推理,并提出了比较切实可行的解决方案,与之相同的研究尚未见报道。

2 不良现象

本文所述的四角发黑 Mura 发生在信赖性 65/90 的 THO (Temperature Humidity Operation: 温度 65 °C, 湿度 90%) 测试过程中,主要特征包括:(1) Mura 初始发生位置固定在面板的 4 个角,随着信赖性时间的进一步增加,不良现象逐渐加重,HTO 50 d 后 Mura 可扩散到整个屏幕的周边,如图 1 所示;(2) 0 灰阶不可见,1~255 灰阶均可见;(3) Mura 区域整体像素偏暗,像素未见闪烁;(4) 通常发生在信赖性 500 h 以后,随增加时间而不断恶化,长时间的老化如在 60 °C 的老化炉放置 3 d 并不能使不良现象减轻。

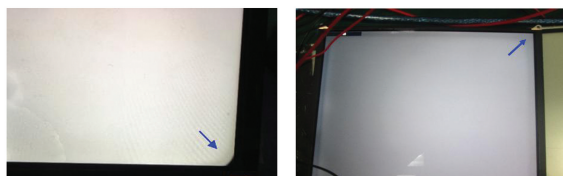


图1 四角发黑 Mura 示意图。(a) 25 d HTO 后;
(b) 50 d HTO 后。

Fig.1 Phenomenon of dark corner Mura. (a) After 25 d HTO; (b) After 50 d HTO.

对现象进一步进行电学确认。调节驱动频率、 V_{gl} 、 V_{gh} 和 V_{com} 电压,不良现象均无变化。不加信号,旋转偏光片,不良现象消失。Mura 区所测得的盒厚、扭曲角、预倾角等成盒工艺参数无明显异常。拆开 Mura 较严重的样品,并去除表面聚酰亚胺后观察膜面,如图 2 所示,TFT 侧可见对应的相同形状的 Mura,而彩膜侧不可见,对现象的初步认定可见 Mura 与 TFT 侧基板存在较大的关联性。

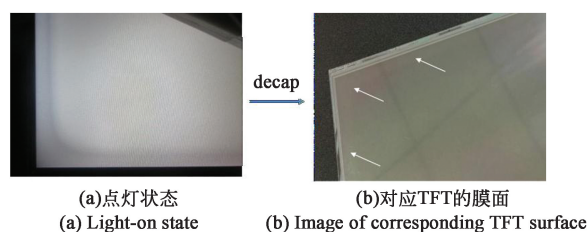


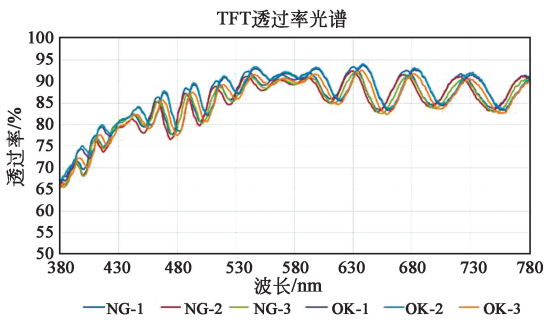
图2 TFT 膜面不良现象示意图

Fig.2 Schematic of defect phenomenon in TFT side

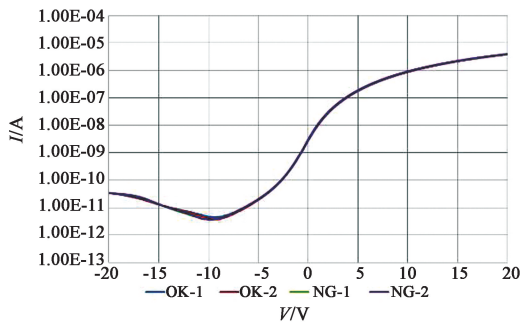
3 不良分析

由于 Mura 发生在面板的角落和四周,正是封框胶对应的位置,由于封框胶的透湿性,这些地方在高温高湿的信赖性过程中会受到水汽的侵蚀而产生光学或电学的差异。为了进一步确定 TFT 侧基板的变化会引发光学问题还是电学问题,分别测试了 Mura 区和正常区的 TFT 透过率和 TFT 特性,结果如图 3 所示。Mura 处的全波段 TFT 透过率和 TFT 特性参数都没有产生很大的差异性,据此,基本可以判断不良并非 TFT 膜层光学或者 TFT 器件特性问题造成的。

由 TFT-LCD 的驱动原理可知^[3],电学问题还有可能是在信赖性过程中 TFT 电容的变化造成的。为此需要继续测试 TFT 电容的变化以明确 Mura 产生的电学相关性。通常 TFT 都会设计有用于监控各层介电常数的电容测试元件组 (TEG),其结构类似于简单的电容器,上下两层电极为非晶硅 TFT 制造过程中使用的金属,即栅极 (Gate)、源漏极 (SD) 和两层氧化铟锡 (ITO) 电极,中间的介质包含栅极绝缘层 (GI)、第一绝缘层 (PVX1)、第二绝缘层 (PVX2)、有机树脂层 (ORG) 和非晶硅材质的有源层,如图 4 所示,4 组电容 TEG 的介质膜层分别为 GI + Active + PVX2、PVX2、GI 和 PVX1 + ORG + PVX2。将切



(a)透射率曲线
(a) Transmittance curves



(b)TFT I-V 曲线
(b) TFT I-V curves

图 3 Mura 区和正常区的特性对比
Fig.3 Characteristic comparison of Mura area and OK area

割成小片的包含电容测试结构的 TFT 基板置于相同的信赖性评价 65/90 HTO 腔室,以模拟 TFT 膜层在环境中的变化(主要是水分的进入),每间隔 1 d 分别测试 4 组 TEG 的电容值,并计算出 6 d 内的电容变化量,测试结果参见表 1。从中可以看出,TEG A 和 TEG C 的电容基本无变化,但 TEG B 和 TEG D 的电容都在过程中不断地增加,6 d 后已分别上升了 19.6%和 330.8%。由于电容和介电常数成正比,说明水汽已进入 PVX2 和 ORG 的膜层,造成了介电常数的增加(通常 PVX2 的介电常数为 6.1,水为 81,ORG 为 3.3),进而引发电容的变化。且从趋势上看,若时间持续增加,水汽不断地进入膜层,电容变化势必还会继续攀升直至 PVX2 和 ORG 膜层完全失效。

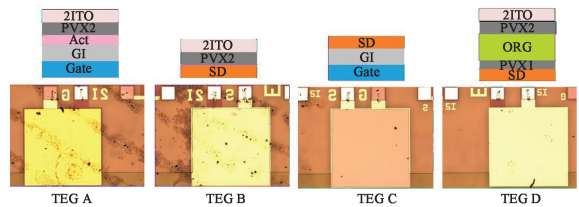


图 4 不同电容 TEG 结构示意图
Fig.4 Structure schematic of different capacitance TEG

表 1 电容 TEG 测试结果
Tab.1 Test results of capacitance TEG

TEG	Dielectric film	Capacitance changing ratio/%					
		1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d
A	GI+ Active+ PVX2	0.1	0.3	0.4	0.6	0.7	0.7
B	PVX2	1.0	3.3	7.9	11.6	15.8	19.6
C	GI	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
D	PVX1+ORG+PVX2	6.1	28.3	64.4	148.3	216.4	330.8

从 TEG D 纵向路径上分析,水汽若进入到有机树脂层体内并持续不断地被吸收,必须从上而下地贯穿了 2ITO/PVX2/1ITO 整个膜层。ITO 的透水性和有机树脂层的吸水性较易理解,因为磁控溅射生成的 ITO 薄膜表面会有 20~50 nm 大小的孔隙^[4](图 5),水分子很容易透过;有机树脂以丙烯酸树脂等有机物材质为主体,物理特性上看的确具有一定的吸水性^[5],但对于 PVX2,一般文献报导化学气相沉积法

(PECVD)制备的氮化硅结构致密,是具有一定阻水性的^[6]。然而从 TEG B 和 D 的实际结果看,整层的 PVX2 都已经受到水汽的影响,发生了物理特性的改变。对此我们分析,虽同为氮化硅材质,不同 PECVD 成膜条件下的阻水性有很大的差异。首先,由于有机树脂层的存在,PVX2 成膜过程会受到有机树脂放气效应的影响,即有机树脂受到 PECVD 成膜过程中温度、等离子体的影响,H₂O、CO₂等小分子逸出,从而

影响腔室内气体沉积气氛,生成 Si—OH、Si—O 等非正常成键,导致沉积的膜层致密性下降;另一方面,同样是因为有机树脂层的存在,PVX2 的成膜温度仅为 230 ℃/240 ℃,低于无有机树脂层产品 280 ℃/290 ℃的沉积温度。因为过高的 PVX2 沉积温度不仅会造成有机树脂层放气进一步加剧,造成 PECVD 设备上部电极板、背板及下部电极等部件的设备污染,还会使得有机树脂层和 PVX2 膜层间产生鼓包,导致 PVX2 膜层极易脱落,引发更大的信赖性风险。但通常而言,成膜的温度越高,PECVD 沉积膜层的致密性也就越好^[7]。这是因为随着沉积温度的升高,反应室内气体的活化率提高,基板表面的离子能量增强,反应离子迁移能力增强,使得生成的膜层致密。综上所述,我们认为 PVX2 阻水性的不足是与制程中存在的有机树脂层密切相关,需要进行工艺上的优化。

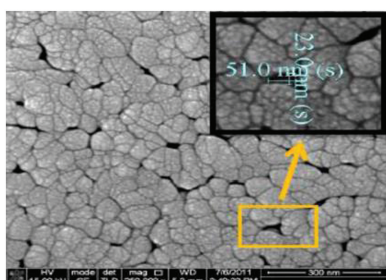


图5 ITO 表面空隙

Fig.5 Small opening in ITO surface

4 机 理

ADS(Advanced Super Dimension Switch)显示模式下的存储电容(C_{st})由两层 ITO 的交叠面构成,因此单基板 65/90 测试 TEG B 的电容变化可等效为 TFT-LCD 的 C_{st} 在信赖性过程中发生的变化。以操作电压 $V_{op}=3.0\text{ V}$ 的 255 灰阶画面为例,我们分别模拟了 C_{st} 增大 10%、20% 和 30% 下,充电电压和对应灰阶的变化,具体结果见表 2。 C_{st} 增加后,充电电压减小,其与初始状态的差值即为充电电压的变化量 Δ_{cv} ,再根据 V-T 曲线换算得出灰阶的变化量 Δ_{Grey} 。当 C_{st} 增大 10% 时,即可达到肉眼可分辨的约 2 个灰阶的差异。 C_{st} 不断增加,相应的灰阶差异也就越大,当 C_{st} 增大 20% 和 30% 时,相应的灰阶差异分别有 4 个和 6 个。从实际观察结果看,Mura 区域至少比正常区低了 10 个灰阶以上,据此推算在长期信赖性过程中,相应的 C_{st} 的电容变化量应该在 50% 以上。而针对有机树脂层吸水后导致介电常数增大的问题,我们也模拟了其对于 ADS 模式下 V_{com} 信号波形的影响,但从结果上看, V_{com} 信号波形的变化很小不足以导致如此明显的灰阶差异。由于在实际测试中,也没有探测到 Mura 区 V_{com} 信号的明显异常,因此,从设计模拟结果来看,不良发生的根本原因是水汽进入 PVX2 膜层导致的 C_{st} 的差异,而非水汽进入了有机树脂层引起的。

表 2 不同 C_{st} 下的模拟结果Tab.2 Simulation results of different C_{st}

	Ref.	C_{st} 10% ↑	C_{st} 20% ↑	C_{st} 30% ↑
Charging Ratio	99.4%	99.1%	98.7%	98.3%
Charging Voltage	6.86	6.84	6.82	6.79
Δ_{cv}	—	-0.019	-0.041	-0.067
Δ_{Grey}	—	-2	-4	-6

通过以上分析,推导的不良发生机理见图 6,封框胶的材质同为有机树脂材料,具有吸湿和透湿性,且很难避免。在长期信赖性过程中,环境中的水汽不断穿透封框胶的阻隔在盒内聚集,逐步扩散进入到 TFT 侧膜层;由于 TFT 侧有机树脂的存在,PVX2 成膜的致密性不佳,水汽可进入

PVX2 膜层,导致其介电常数不断增加和 TFT C_{st} 的持续升高。充电电压亦随之改变,液晶偏转状态与正常区即有所差别,最终造成 Mura 区较低的显示灰阶,从宏观上即可观测到发黑。随着信赖性时间的增加,水汽不断向 TFT 膜层传输,Mura 区由面板四角向中心不断扩大,同时发黑

的区域会显得更黑,灰阶差异更为明显。由于水汽能同时从横向和纵向两个方向穿透封框胶进入盒内,因此面板的 4 个角受影响最大,不仅最先发生此不良,而且发黑的程度也是最高的。而越靠近显示中心的区域越远离水汽传输路径,在信赖性过程中越不容易造成 Mura。

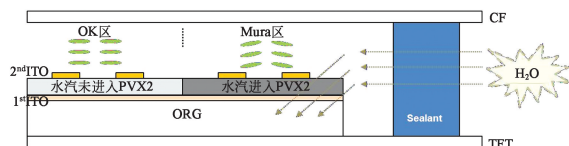


图 6 四角发黑 Mura 机理分析示意图

Fig.6 Mechanism analysis diagram of dark corner Mura

5 改善验证

以加强 PVX2 膜层致密性或阻水性为出发点,我们对 PVX2 PECVD 沉积条件做了调整^[7-8],一方面增加沉积气体 SiH_4/NH_3 的比例;当反应气体中 Si/N 比大时,沉积出的氮化硅薄膜中 Si 的含量增加,没有富余的 N 和 Si 结合, Si 原子自身形成 Si—Si 键,即所制备的薄膜呈现富

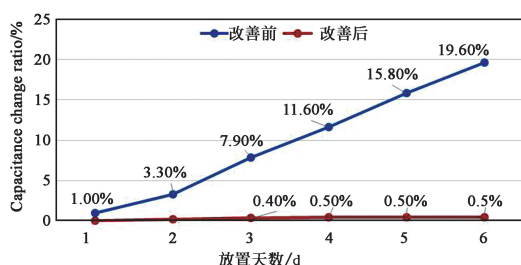


图 7 TEG B 电容变化量曲线

Fig.7 Capacitance changing curves of TEG B

参 考 文 献:

- [1] 王绍华,吴飞,宣津,等.TFT-LCD 工艺中角落白 Mura 的成因机理研究与改善 [J].液晶与显示,2018,33(7): 583-589.
WANG S H, WU F, XUAN J, et al. Research and improvement of corner white Mura in TFT-LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2018, 33(7): 583-589. (in Chinese)
- [2] 郑箫逸,袁帅,崔晓鹏,等.TFT-LCD HADS 显示模式下黑白 Mura 机理研究及设计优化 [J].液晶与显示,2019,34 (3):261-266.
ZHENG X Y, YUAN S, CUI X P, et al. Mechanism research and design optimization of black and white mura in TFT-LCD HADS display mode [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2019, 34(3): 261-266. (in Chinese)
- [3] 马群刚.TFT-LCD 原理与设计 [M].北京:电子工业出版社,2011:306.

硅的特性,折射率偏高,膜层致密性增加;同时还降低沉积压强^[8];腔体压强降低,腔体内的反应气体减少,沉积速率降低,降低了气体分子之间的相互碰撞几率,在高功率作用下,反应气体解离充分,且在离子体加速下沉积在基板上, Si—N 键结合更紧密,生成薄膜的致密度增加。且低压强下,等离子体解离反应物时减少了 Si—H₂/N—H₂ 含量,从而生成薄膜的致密度增加。我们同样测试了改善条件下 TFT 基板 TEG B 电容的变化量,并与前文的测试结果相比较,其结果见图 7,模拟信赖性 6 d 后,TEG B 的电容由改善前的 19.6% 降低到改善后的 0.5%,且趋于稳定,改善效果明显,说明此时的 PVX2 膜层已经能够有效阻挡外界水汽的进入,不易再引起较大的 C_{st} 的变化和灰阶差异。将改善的 PVX2 条件应用到产品中进行信赖性评价,四角发黑 Mura 在 1 000 h 的 THO 测试中未再出现,产品信赖性通过,不良得以彻底改善。

6 结 论

通过分析和推理,确定了四角发黑 Mura 不良为 C_{st} 电学变化造成的,而非光学引起的 Mura。其机理为长期信赖性过程中水汽透过封框胶后进入 TFT 膜层,由于 PVX2 膜层致密性或阻水性的不足,长时间的水汽进入会造成像素 C_{st} 不断增加,进而引起充电电压和显示灰阶的持续降低,使得不良不断加重。通过 PECVD 成膜工艺的优化,PVX2 膜层的成膜阻水性增强,电容不易再受到水汽的影响,变化量由改善前的 19.6% 降低到 0.5%,产品 1 000 h 信赖性通过,产品品质得以提升。

- MA Q G. *The Principle and Design of TFT-LCD* [M]. Beijing: Electronic Industry Press, 2011: 306. (in Chinese)
- [4] 马斐,程冬炳,王颖,等.聚丙烯酸类高吸水性树脂的合成及吸水机理研究进展 [J].武汉工程大学学报,2011,33(1):4-9,14.
- MA F, CHENG D B, WANG Y, *et al.* Research trend on reaction principle and water absorption mechanism of polyacrylic acid superabsorbent polymers [J]. *Journal of Wuhan Institute of Technology*, 2011, 33(1): 4-9, 14. (in Chinese)
- [5] 李森,尚建兴,张大伟,等.TDDI产品 Mo-Al-Mo膜层腐蚀原因分析及改善 [J].液晶与显示,2017,32(11):847-852.
- LI S, SHANG J X, ZHANG D W, *et al.* Analysis and improvement of Mo-Al-Mo film corrosion in TDDI products [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2017, 32(11): 847-852. (in Chinese)
- [6] 谢振宇.a-Si TFT用氮化硅薄膜的制备及其性能研究 [D].成都:电子科技大学,2006:12-15.
- XIE Z Y. Preparation and properties of silicon nitride films for a-Si TFT [D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology, 2006: 12-15. (in Chinese)
- [7] 任现坤,马玉英,张黎明,等.管式PECVD工艺对氮化硅薄膜折射率的影响 [J].山东科学,2012,25(3):58-61,79.
- REN X K, MA Y Y, ZHANG L M, *et al.* Impact of tube PECVD process on the refractive index of silicon nitride thin film [J]. *Shandong Science*, 2012, 25(3): 58-61, 79. (in Chinese)
- [8] 杨爱龄,张秀森,邵迪玲.PECVD氮化硅膜的性质与生长条件的关系 [J].杭州大学学报,1990,17(2):174-183.
- YANG A L, ZHANG X M, SHAO D L. Correlations between the properties of PECVD SIN films and their deposition conditions [J]. *Journal of Hangzhou University*, 1990, 17(2): 174-183. (in Chinese)

作者简介:



操彬彬(1987—),男,安徽安庆人,2011年于北京化工大学获得硕士学位,主要从事 TFT 工艺相关的技术研发工作。E-mail:caobinbin@boe.com.cn