

文章编号:1007-2780(2014)02-0207-06

气体放电对 PDP 残像形成的影响及其改善研究

韦海成

(北方民族大学 电气与信息工程学院, 宁夏 银川 750021)

摘要:针对等离子体显示器维持期气体放电过程引起的 PDP 残像,研究了持续气体放电过程对残像可恢复性的影响以及相同放电条件下显示单元三基色亮度变化情况,分析了气体放电过程与 PDP 残像形成之间的关系,提出了通过调整 PDP 显示过程中工作气体的放电强度,补偿气体放电过程引起亮度差异的方法来减轻显示残像,改善残像对显示画质影响的方法。实验结果表明,该方法能够减少残像产生后的恢复时间,改善显示残像,提高显示图像画质。

关键词:等离子显示器;运动检测;残像

中图分类号:TN873.94;TN27 **文献标识码:**A **doi:**10.3788/YJYXS20142902.0207

Gas discharge influence on image stick phenomena in PDP and its improvement

WEI Hai-cheng

(School of Electrical and Information Engineering,
Beifang University of Nationalities, Yinchuan 750021, China)

Abstract: In order to improve the image stick caused by gas discharge of sustain period in PDP, the influences of gas discharge on the image stick phenomenon and the tricolor brightness difference under same discharge conditions were studied. The relationship between gas discharge and image stick was analyzed. The new method was proposed in which the gas discharge intensity was adjusted, the luminance difference caused by gas discharge was compensated, and the image stick was improved. The experimental results show that the image stick recovery time is shortened and the image quality of PDP is improved significantly even in the long time display of static image.

Key words: PDP; motion detect; image stick

1 引言

等离子显示器(Plasma Display Panel, PDP)通过调整维持期气体放电数量实现显示图像亮度

变化^[1]。在此过程中,显示单元内持续的气体放电会引起局部图像亮度异常,形成残像(Image Stick)^[2]。与液晶的残像不同^[3-5],PDP 的残像主要由于气体放电引起,这种持续气体放电对于显示单元内部介质保护膜性能有着极大影响,不仅

收稿日期:2013-09-04;修订日期:2014-01-07.

基金项目:国家自然科学基金(No. 51365001);宁夏自然科学基金重点项目(No. NZ13083)

会导致显示图像出现迟滞,严重时还会影响维持电压裕度,造成误放电现象。因此需要研究气体放电对 PDP 显示单元理化性能的改变及其对残像的影响。

已有研究中,Han 等人研究了短时间残像的形成原因以及残像出现后显示图像亮度的变化,提出显示单元内部温升对残像形成具有较大影响^[6];Park 等人研究了气体压强对残像的作用,认为显示屏内工作气体压强和形成残像过程密切相关,工作气体压强减小会增加长期性残像,减小瞬时性残像^[7-8];Lee 等人研究了介质保护膜中掺杂 Si 对轮廓性残像的作用^[9];Jeon 等人研究了气体放电过程中壁电荷对残像的影响,提出了通过调整复位波形改善残像的方法^[10];Park 等人还研究了显示单元中有机杂质以及驱动波形对残像的影响,并利用真空封排工艺和新的复位波形改善了瞬时性残像^[11]。

然而,以上研究对气体放电和 PDP 残像的形成之间的关系并没有进行较为系统深入的分析,所使用改善方法也很难直接应用生产实际。本文将系统研究气体放电对显示单元光学性能影响,分析气体放电过程和 PDP 残像形成之间的关系。在此基础上,通过调整显示过程中气体放电的强度,补偿气体放电引起的显示单元光学性能变化来改善残像,提高显示画质。实验结果表明,该方法能够缩短残像的恢复时间,有效改善残像现象,且具有方法简洁、易于实施的特点。

2 气体放电对 PDP 残像形成的影响

PDP 通常采用增加工作气体放电强度的方法提高发光效率,但随着放电强度的提高,PDP 残像现象也会加剧。特别是在使用了高电子发射效率的氧化镁钙复合介质保护膜后,PDP 残像更为明显,其残留时间增加约 50%,严重影响观看时的视觉效果,降低了显示图像的品质。因此,研究 PDP 残像产生的原因,改善残像现象,对于实现低功耗高画质的 PDP 显示技术具有重要的意义。

2.1 气体放电对 PDP 残像形成的影响

PDP 残像的形成与其采用的驱动方法密切相关。PDP 通过气体放电产生真空紫外光激发荧光粉发出可见光。在此过程中,气体放电使得

工作气体电离成为离子,离子轰击到介质保护膜表面后,引起其光学特性变化,从而形成残像。

为了研究气体放电形成残像对显示屏光学特性的影响,特选用 127 cm(50 in)高清 PDP 模组进行残像形成过程显示单元光学性能变化实验。实验选用 VG835 信号源、CA-100Plus 色彩分析仪和 PDP 模组搭建了两个对比测试平台。实验中 PDP 模组的维持脉冲数量固定,通过信号源分别向模组输出 IEC 标准显示质量测试方法中的 4%窗口白、全屏黑和全屏白等静态图像,再通过色彩分析仪测试显示单元的亮度变化情况^[12],具体步骤如下:

(1)两个屏显示全白、全黑图像各 15 min 确保显示屏恢复到原始状态,不受以往显示内容的影响;(2)1 号屏显示 IEC 标准 4%窗口白信号 1 min,2 号屏显示同样图像 15 min,通过显示不同时间的静态图像形成两类残像;(3)两个屏均显示全白信号,每隔 1 min 测试两个显示屏残像区域亮度变化情况,测试结果见图 1。

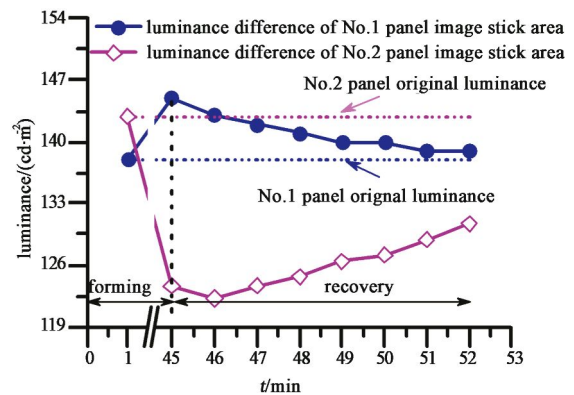


图 1 残像恢复过程中的光学特性

Fig. 1 Optical characteristics of image stick recovery

图 1 中,1 号显示屏经过 1 min 的残像产生时间后进入全白场的恢复过程。在恢复过程开始后,图像残像区域亮度高于常规白场亮度,之后迅速下降并在 7 min 内恢复到初始亮度水平;2 号屏经过 15 min 的残像产生时间进入全白场恢复过程。在恢复过程开始后,图像残像区域亮度低于常规白场亮度,随即亮度开始上升,逐步向初始亮度水平恢复,但整个恢复过程比 1 号屏慢,而且在 7 min 的恢复时间内无法达到初始亮度值。测试表明,由于 PDP 通过持续的气体放电实现亮度显示,显示静态图像时间越长,放电次数就会越

多,显示单元的光学性能受到的影响就会越大,也越难以恢复。

此外,采用 15 min IEC 标准 4%窗口图像生成残像后,形成残像显示单元的红、绿、蓝三基色图像亮度也较原始值有所差异,见表 1。表中可以看出,残像对白色图像亮度影响最大,为 5.63%,而对绿色图像亮度影响最小,只有 1.16%。三基色形成残像后亮度改变的差异性表明残像能够影响图像的显示亮度和颜色,使显示图像出现失真。

表 1 三基色残像亮度差异

Tab.1 Comparison of tricolor image stick luminance difference

Color	Luminance/($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)		Luminance Difference/%
	Original Area	Image Stick Area	
Red	35.20	36.73	4.35
Green	94.53	95.63	1.16
Blue	12.90	13.10	1.55
White	136.33	144.00	5.63

为了更深入了解残像对显示单元光学特性的影响,还进行了长时间显示静态图像显示单元的光学性能测试。该过程仍使用 IEC 标准 4%窗口全白图像,在静态显示 100 h 后,分析放电区域形成残像及其对显示单元光学性能的影响。

图 2 为实验结果,图中截取 IEC 4%窗口测试图像的中心区域进行放大,其中区域 A 为放电核心区域,区域 B 为放电邻近区域,区域 C 为未参与放电的区域。实验表明,A 区域显示单元在

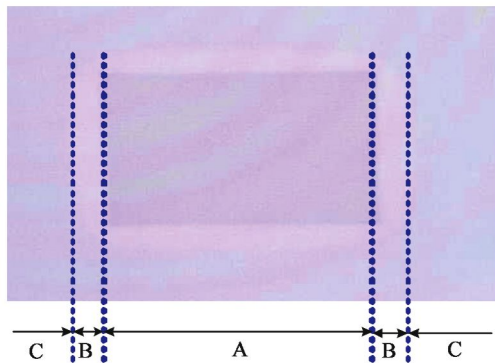


图 2 PDP 显示屏 4%窗口的残像现象(局部放大)

Fig. 2 Image stick phenomenon of PDP 4% window pattern(partial enlarged)

持续放电作用下,亮度降低为 137.04 cd/m^2 ,相对于未参与放电区域 C 的亮度 141.12 cd/m^2 ,下降了 2.89%。区域 B 虽然没有参与气体放电过程,但受 A 区域持续气体放电过程影响,该区域的亮度变为 143.15 cd/m^2 ,相对于未放电区域上升了 1.44%。

2.2 PDP 残像形成的原因分析

PDP 的残像形成与其他显示器件有所不同,主要受到显示单元内部气体放电过程的影响。

维持期间持续放电引起的显示单元内部温升是导致残像形成的一个重要原因。由于显示单元内部温度升高,引起气体放电所需的着火电压出现变化,使得显示单元发光亮度有所不同,就会形成残像。

随着维持期间气体放电过程的持续,PDP 显示单元空间内带电粒子浓度增加是导致残像形成的另一个重要原因。带电粒子附着在显示单元内壁上成为单元的壁电荷。壁电荷分布受放电过程影响,在显示不同图像时,各个显示单元内部壁电荷的分布并不均匀,这种壁电荷的不均匀会引起显示单元的壁电压变化,导致气体放电所需外加电压也有所不同,最终影响到维持放电的正常进行,出现放电区域亮度与正常显示区域有所差异,形成残像^[10]。

此外,气体放电产生的带电粒子会不断轰击显示单元介质保护膜表面。介质保护膜在带电粒子轰击下,本身会有 Mg、Ca 离子析出并与在制备过程中吸附的水合物、有机杂质再次结合后形成新的水合物、碳酸根、氢氧根、钙、镁等物质。这些物质不仅会严重影响光致荧光粉的光电转化效率,而且会导致介质保护膜电子发射效率下降。再加上介质保护膜的表面在粒子轰击过程中会出现表面形貌的改变,进一步改变了显示单元的正常亮度,见图 3^[13]。

残像相邻区域的显示单元虽然本身没有经历形成残像所需的持续放电过程,但残像核心区域显示单元放电产生的各种离子会扩散到该区域,致使该区域显示单元会在扩散离子作用下出现光电性能的变化。由于显示单元本身的介质保护膜没有受到轰击,这种差异会在残像恢复过程中迅速缩小并回到初始状态^[14]。

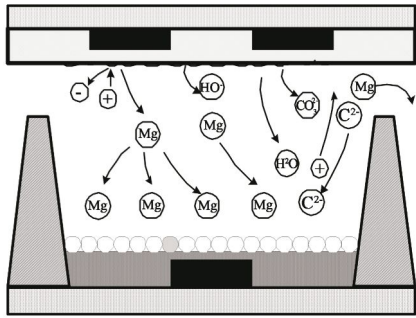


图 3 残像形成机理示意图

Fig. 3 Schematic model describing image stick

3 PDP 残像的改善方法

PDP 残像主要由气体放电引起,因此消除残像也必须从减轻维持过程气体放电的强度,补偿显示单元内部损伤两方面考虑。

PDP 采用寻址显示分离的驱动方法,通过维持期间的气体放电过程形成图像亮度显示。在此过程中,气体放电会在参与放电的显示单元内部产生放电电流。放电电流和显示单元内气体放电所产生的带电粒子密切相关:电流增大就会使带电粒子的能量和浓度增加,电流减小会导致带电粒子的能量和浓度减小。

在残像形成过程中,改善残像可以调整维持波形减轻显示单元内的气体放电强度,进而减小显示屏放电电流,减轻气体放电过程中带电离子轰击介质保护膜的程度;在残像恢复过程中,改善残像可以调整维持波形增加气体放电强度,促进显示单元温度升高,带电粒子能量增加,进而促进壁电荷分布更为均匀,加速残像的自恢复过程。

此外,当图像静止时间过长时,还会出现因显示单元中介质保护膜或荧光粉受损出现难以自恢复的残像。这种残像通过调整维持波形很难得到有效改善。对于此类残像,考虑到气体放电对材料灼伤随时间加重的同时,其亮度变化的增速也会逐步降低,可以采用数据补偿的方法对这种残像造成的灰度和色彩失真进行弥补,达到改善残像的目的。

综上所述,改善 PDP 残像的方法主要包括:

(1)检测显示图像处于残像形成还是残像恢复过

程;(2)如果是残像形成过程则需要判断该图像形成的残像是否具有自恢复性;(3)根据显示图像所处不同情况进行不同方式的处理。

图 4 为改善 PDP 残像方法的流程图。该方法首先通过图像所处状态进行检测,这种检测主要通过时间轴上前后帧的灰度变化来实现,主要选用每帧图像的平均图像水平(Average Picture Level, APL)值进行比较来确认。判断时,首先预设时间阈值 T_1 、 T_2 以及 APL 变化阈值 a 值,并初始化计时器 T 。

方法:先对 T 进行计数,计算多帧图像 APL 变化量 Δ_{apl} ,将 Δ_{apl} 和预设的 APL 变化阈值 a 进行比较。

当 Δ_{apl} 大于设置的 APL 变化阈值 a 时表明当前帧图像已经进入残像恢复过程,可以调整维持波形,加强维持放电,加速残像恢复过程,并将 T 置零。

当 T 计时到达 T_1 且整个计时周期内 Δ_{apl} 一直小于设置的 APL 变化阈值 a ,表明当前帧图像进入残像形成过程,可以调整维持波形,减轻维持放电,减缓残像的产生过程。在实际操作中,维持波形的调整主要通过驱动波形的能量恢复时间 t_{apl} 来进行。

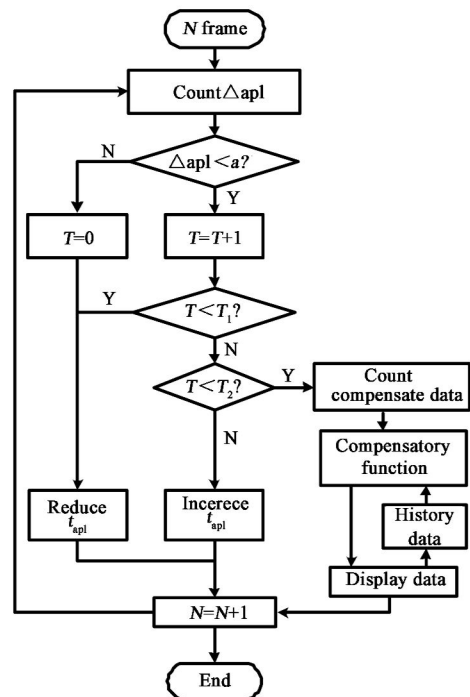


图 4 残像改善算法流程图

Fig. 4 Flowchart of image stick improving algorithm

当计时到达 T_2 , 且整个计时周期内 Δ_{apl} 一直小于设置的 APL 变化阈值 α 时, 表明当前帧图像已经进入到数据补偿状态, 必须对显示图像进行数据补偿。

补偿算法主要通过低通滤波器提取静态图像低频部分, 对该低频信息取反并乘以补偿因子, 形成残像补偿函数。在算法执行过程中, 残像补偿函数的数据主要来自 3 个方面: (1) 实时像素变化经过算法处理后形成的补偿数据矩阵; (2) 在实时图像数据基础上, 针对三基色的差异化补偿因子矩阵; (3) 一帧图像处理完成后, 按单元累计到帧存储器中的历史补偿数据矩阵。

通过上述算法可以对因持续气体放电引起光学性能变化的显示单元进行相应补偿, 改善该单元残像现象, 提高显示质量。

4 实验结果及讨论

为了验证论文所述的算法的实际效果, 使用 PDP 模组对其进行验证。实验共分为残像恢复和残像补偿两方面。

残像恢复实验主要选用 1 min 标准残像测试图案进行对比测试。

实验先采用传统驱动方法, 即不分图像的状态, 维持期驱动波形的上升时间均采用 450 ns, 保持在残像形成和恢复过程中气体放电强度不变。测试表明, 残像引起的测试点亮度变化为 8.0 cd/m^2 , 残像的恢复时间为 440 s;

改进算法将显示图像分残像形成过程和残像恢复过程两种状态, 维持波形的上升时间分别采用 500 ns、425 ns, 以减轻残像形成过程的气体放电并加强残像恢复过程中的气体放电。测试表明, 残像引起的测试点亮度变化减少了 28.75%。残像恢复时间缩短了约 38.61%。

残像补偿实验主要采用标准调色板图像作为静态测试图像产生不具有自恢复性的残像, 进行对比测试。

实验表明, 标准调色板图像引起的不能自恢复的残像导致后续显示的视频图像画质受到严重影响, 见图 5(a)。图中可以看出, 图像中存在的残像现象影响了显示亮度, 并使得图像中出现了暗条, 这种暗条在图像灰度变化较小的区域更为明显。

使用残像补偿算法后, 经过对显示图像的历



图5 算法前后的残像比较。(a) 残像改善后的视频测试图像;(b) 残像改善前的视频测试图像。

Fig. 5 Comparison of image stick for before and after algorithm test video. (a) Before image stick improving. (b) Test video after image stick improving.

史数据及现有参数统计和分析基础上, 计算出残像的补偿函数矩阵, 并利用该函数对图 5(a) 进行数据补偿。经过算法的补偿后, 图像因残像引起的失真得到了抑制, 由残像引起的无法自恢复的暗条基本上被消除, 画面的显示效果得到了提升, 见图 5(b)。

5 结 论

研究了 PDP 维持期的持续气体放电对残像形成和恢复过程的影响, 分析了 PDP 残像形成的主要原因, 提出了一种基于调整 PDP 维持期气体放电强度, 补偿气体放电引起亮度差异的残像改善方法。该方法通过判断显示图像所处状态, 在此基础上对残像形成和恢复过程的气体放电强度进行控制, 并通过补偿函数减缓气体放电引起的亮度变化, 改善残像形成, 加速残像恢复。实验结果表明, 该方法能够减少残像对显示的影响, 提高显示画质, 具有较高的实用性和适应性。

参 考 文 献:

- [1] 韦海成, 张小宁, 刘纯亮. PDP 低灰度级图像反伽马校正色彩还原方法[J]. 真空科学与技术学报, 2012, 32(5): 394-398.
Wei H C, Zhang X N, Liu C L. Color reproduction in low gray level corrected gamma for AC plasma display panel [J]. *Chinese Journal of Vacuum Science and Technology*, 2012, 32(5): 394-398. (in Chinese)
- [2] 姜有燕, 汤勇明, 屠彦. 等离子体显示屏'万年残像'现象的研究[J]. 电子器件, 2005, 28(4): 934-936.
Jiang Y Y, Tang Y M, Tu Y. Study on the "Burn-In Effect" of plasma display panels [J]. *Chinese Journal of Electron Devices*, 2005, 28(4): 934-936. (in Chinese)
- [3] 林鸿涛, 邵玉生, 胡海琛, 等. TFT-LCD 中驱动信号对线残像的改善研究[J]. 液晶与显示, 2012, 27(3): 359-363.
Lin H T, Xi Y S, Hu H C, et al. Improvement research of line image sticking by drive signal in TFT-LCD [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(3): 359-363. (in Chinese)
- [4] 王丹, 梁晓, 唐洪. TFT-LCD 液晶材料对显示残像的影响[J]. 液晶与显示, 2008, 23(4): 412-414.
Wang D, Liang X, Tang H. Influence of TFT-LCD liquid crystal mixture on image sticking [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2008, 23(4): 412-414. (in Chinese)
- [5] 苏子芳, 黄霞, 张少楠, 等. 制程停留时间对液晶显示器件影像残留的影响[J]. 液晶与显示, 2012, 27(1): 70-74.
Su Z F, Huang X, Zhang S N, et al. The Q-time effect to the TFT-LCD's image sticking [J]. *Chinese Journal of Liquid Crystals and Displays*, 2012, 27(1): 70-74. (in Chinese)
- [6] Han J W, Tae H S, Shin B J, et al. Experimental observation of temperature-dependent characteristics for temporal dark boundary image sticking in 42-in AC-PDP[J]. *IEEE Transactions on Plasma Science*, 2006, 34(2): 324-330.
- [7] Park C S, Jang S K, Tae H S, et al. Effect of gas pressure on permanent dark image sticking on a bright screen in AC plasma-display panels [J]. *Journal of SID'09*, 2009, 17(11): 977-985.
- [8] Park C S, Jang S K, Kim J H, et al. Influence of temporal and permanent image sticking characteristics under variable panel working gas pressure in 42 in. AC-PDPs [C]. *IMID/IDMC'08*, 2008: 1617-1620.
- [9] Lee D K, Park C H, Lee H J, et al. Electro-optical characteristics of plasma display panel with MgSiO protecting thin films deposited by an electron-beam evaporation method [J]. *Applied physics letters*, 2006, 89(19): 191501-191503.
- [10] Jeon M J, Chung M S, Lee S C, et al. Influence of wall charge on image sticking phenomena in AC plasma display panels [J]. *Displays*, 2009, 30(1): 39-43.
- [11] Park C S, Tae H S. A study on temporal dark image sticking in AC-PDP using vacuum-sealing method [J]. *IEICE Transactions on Electronics*, 2009, 92(1): 161-165.
- [12] IEC-TC110 平板显示技术委员会 PDP 工作组. IEC61988-2-3 等离子体显示器件, 第 2-3 部分: 显示质量测试方法 [S]. Ed. 1. 0, 2008: 10-11.
IEC/TC110/WG4. IEC61988-2-3 Plasma display Panels Part2-3: Measuring methods-Quality [S]. Ed. 1. 0, 2008: 10-11. (in Chinese)
- [13] Park C S, Tae H S. Mechanism and reduction of temporal image sticking in ac plasma display panel [J]. *Applied Physics Letters*, 2010, 96(4): 043504-043503.
- [14] Park C S, Tae H S, Kwon Y K, et al. Experimental observation of halo-type boundary image sticking in AC plasma display panel [J]. *IEEE Transactions on Electron Devices*, 2007, 54(6): 1315-1320.

作者简介: 韦海成(1974—), 男, 宁夏银川人, 博士, 副教授, 主要从事平板显示技术研究。E-mail: wei_hc@sina.com