

T/SLDA

团 体 标 准

T/SLDA 017—2024

Mini/Micro LED 显示屏 Mura 缺陷评价方法

Measurement for Mura of Mini/Micro LED displays

2024-12-31 发布

2024-12-31 实施

深圳市照明与显示工程行业协会
深圳市宝安区新型显示产业技术促进中心 发布

目 次

前言..... II

1 范围 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 测试的一般要求..... 2

 4.1 环境条件 2

 4.2 测试设备 2

 4.3 电源..... 2

 4.4 稳定条件 2

 4.5 被测区域 2

 4.6 测量角度 2

 4.7 测量距离 2

5 亮度 MURA 缺陷评价 3

6 色度 MURA 缺陷评价 4

参 考 文 献..... 1

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由厦门市产品质量监督检验院提出。

本文件由深圳市照明与显示工程行业协会、深圳市宝安区新型显示产业技术促进中心归口。

本文件起草单位：厦门市产品质量监督检验院、海目星激光科技集团股份有限公司、深圳市照明与显示工程行业协会、重庆康佳光电科技有限公司、卡莱特科技股份有限公司、南京光启图像科技有限公司、厦门强力巨彩光电科技有限公司、海信视像科技股份有限公司、深圳市联建光电股份有限公司、东莞阿尔泰显示技术有限公司、利亚德光电股份有限公司、通标标准技术服务有限公司深圳分公司、惠科股份有限公司、深圳市晶台股份有限公司、厦门特仪科技有限公司、深圳市灰度科技有限公司、深圳市领灿科技有限公司、厦门大学、深圳雷曼光电科技股份有限公司、嘉庚创新实验室、中国计量科学研究院、北京理工大学、中国标准化研究院、深圳市宝安区新型显示产业技术促进中心。

本文件主要起草人：庄庆瑞、彭信翰、史园、萧俊龙、张雄涛、金彪、周国华、景发俊、庄鹏、张登印、刘汉平、梁文骥、刘莉、陈惠玲、刘雅斌、严春伟、王世锐、谢志君、潘青松、李金钗、屠孟龙、陈赤、朱虹、洪震、赵飞、伍春平、徐雅丽、尧刚、郑剑平、葛莉茹、王国安、董健、王蕾、余俊霞。

Mini/Micro LED 显示屏 Mura 缺陷评价方法

1 范围

本文件规定了Mini/Micro LED显示屏Mura缺陷测试的一般要求、亮度Mura缺陷评价和色度Mura缺陷评价。

本文件适用于子像素由最长边小于300 μm 的LED芯片构成的，且子像素和像素均呈矩形排列的室内/Mini/Micro LED显示屏。其它排列方式的室内/Mini/Micro LED显示屏参考执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 3977—2008 颜色的表示方法

GB/T 18910.12—2024 液晶显示器件 第1-2部分：术语和符号

SJ/T 11141—2017 发光二极管(LED)显示屏通用规范

3 术语和定义

SJ/T 11141—2017、GB/T 3977—2008界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

子像素 sub-pixel

一个像素中具有分别寻址的内部结构，是能够独立寻址的最小单位。

注：物理构成像素的，受控的基色单元。

[来源：GB/T 18910.12—2024, 3.2.10]

3.2

像素 pixel

LED显示屏的最小成像单元，无复用子像素（3.1），包含一个或若干个子像素及子像素间不直接发光的区域。

3.3

子像素中心间距 sub-pixel pitch

水平和竖直方向上相邻子像素（不论是否相同基色）中心点之间的距离。

3.4

像素中心间距 pixel pitch

水平和竖直方向上相邻像素中心点之间的距离。

3.5

Mura 缺陷 Mura defect

视觉上的亮度或色度的不一致性。

注1：Mura缺陷又称云纹，指LED显示屏显示白色或单色画面时人眼感受到的亮度或色度不均匀，通常呈点状、线状或块状，对比度低。

注2：Mura缺陷不是硬件故障，一般可以通过软件调整得到改善，不包含由于显示模块、显示模组等拼接的错位或失控像素导致的亮度或色度不均匀。

[来源：GB/T 18910.12—2024, 3.2.32]

3.6

像元 Minimum photosensitive unit

成像亮度计CMOS（CCD）的最小感光单元（光探测器）。

3.7

最小可觉察差异 just noticeable difference, JND

心理物理学领域用于表示某差异可觉察和不可觉察的概率各为50%的一个统计值。

4 测试的一般要求

4.1 环境条件

符合以下要求:

- a) 环境温度: $15^{\circ}\text{C}\sim 35^{\circ}\text{C}$; 核对 11281, 25°C ?
- b) 相对湿度: $25\%\sim 65\%$;
- c) 大气压: $86\text{ kPa}\sim 106\text{ kPa}$;
- d) 待测样品反射的环境光亮度应小于 0.01 cd/m^2 , 如果环境光条件不满足, 应在测试报告中注明;
- e) 无风。

4.2 测试设备

在一定的测量距离下成像亮色度计的测量区域(单张成像画面)不应小于待测样品的一个显示模组, 且待测样品的每个子像素在成像亮色度计成像画面中应至少对应 3×3 个像素。

亮度测量最大允许误差: $\pm 3\%$; 色坐标 (x, y) 测量最大允许误差: ± 0.003 。

4.3 电源

测试时电源电压与额定电压的偏差应在 $\pm 10\%$ 范围内, 电源频率与额定频率的偏差应在 $\pm 2\%$ 范围内。

4.4 稳定条件

待测样品测试前应充分预热, 样品点亮后, 显示规定的画面, 重复测试中心点的亮度, 当亮度值变化每分钟不超过 $\pm 2\%$ 时, 认为待测样品已处于稳定状态。

4.5 被测区域

被测区域一般为整个待测样品。当成像亮色度计的测量区域不能覆盖整个待测样品并满足4.2的要求时, 可将待测样品分为几个相等的区域分别进行测量, 每个区域包含数量相等的显示模组, 并在报告中说明。

注: 待测样品的每个显示模组的尺寸、像素排列方式、像素数量均相同。

4.6 测量角度

成像亮色度计沿被测区域法线方向进行测量。

4.7 测量距离

成像亮色度计到被测区域中心点的距离应满足:

条件1: $(1700\sim 3400)\times$ 像素中心间距;

条件2: $(3\sim 10)\times$ 被测区域高度;

当条件1和条件2无法兼顾时, 条件1优先于条件2。

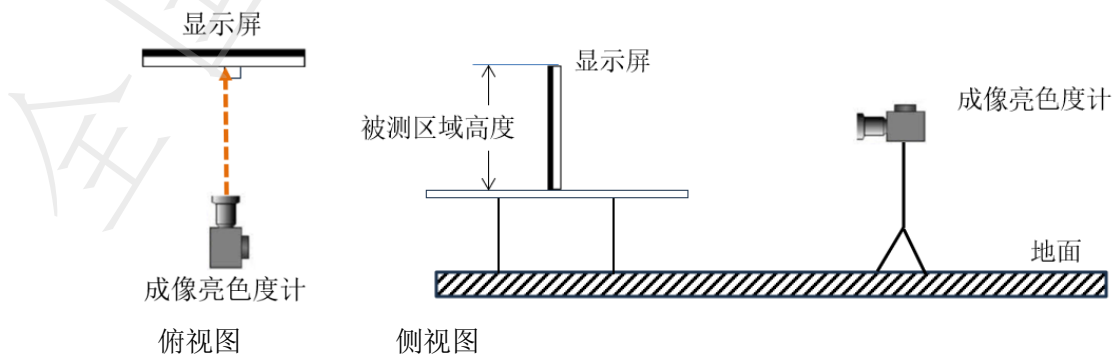


图1 测量角度和测量距离

5 亮度 Mura 缺陷评价

5.1 亮度 Mura 缺陷评价按如下程序进行：

- 使待测样品显示 50%最大灰度等级的白色画面并达到稳定。
- 用成像亮色度计测量得到被测区域内每个像素的亮度。单个像素的亮度为该像素对应所有像素测得亮度的算术平均值。
- 按照公式（1）计算每个像素的亮度对比度 C_{pi} ：

$$C_{pi} = \frac{L_{pi} - L_{bi}}{L_{bi}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

L_{pi} ——为该像素的亮度；

L_{bi} ——为该像素的背景亮度，即以该像素为中心的周围 $n \times n$ 个像素（含被测像素）的亮度算术平均值。

注：n 一般为不小于 3 的奇数，可根据实际情况选取合适的范围计算该像素的背景亮度；n 的一个典型值为 21，见图 2。

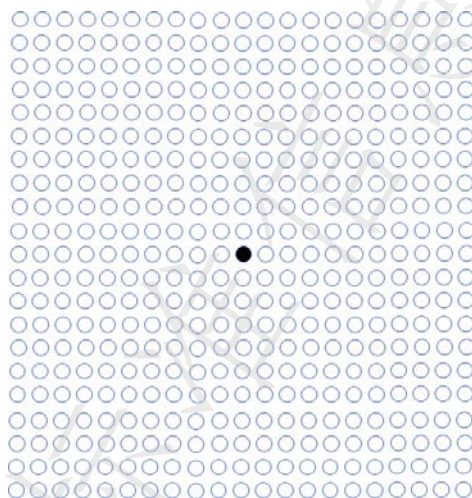


图2 21×21 个像素

- 找出所有 C_{pi} 大于 3% 的像素，并将位置相邻的像素归并为一个 Mura 缺陷区域；同样地，找出所有 C_{pi} 小于 -3% 的像素，并将位置相邻的像素归并为一个 Mura 缺陷区域；若形成的 Mura 缺陷区域任一方向尺寸小于或等于 2mm，则不将其视为 Mura 缺陷。
- 对于每个 Mura 缺陷区域，按照公式（2）计算其最小可觉察差异对比度 C_{jndi} ：

$$C_{jndi} = \frac{1.97}{S_i^{0.33}} + 0.72 (\%) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

S_i ——为该 Mura 缺陷的面积，单位 mm^2 。

- 按照公式（3）计算每个 Mura 缺陷的亮度 Mura 指数 LMU_i ：

$$LMU_i = \frac{|C_i|}{C_{jndi}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

C_i ——为该 Mura 缺陷的平均亮度对比度，即该 Mura 缺陷所包含像素的 C_{pi} 之算术平均值。

- 按照公式（4）计算待测区域亮度 Mura 缺陷指数 LMU ：

$$LMU = \frac{\sum LMU_i}{S} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

S ——为待测区域的面积，单位 m^2 。

5.2 需要时可在其它颜色和灰度等级下进行亮度 Mura 缺陷评价。

6 色度 Mura 缺陷评价

6.1 色度 Mura 缺陷评价按如下程序进行：

- 在待测样品显示 50%最大灰度等级的各单色画面并达到稳定后按下列步骤对该单色画面进行色度 Mura 缺陷评价；
- 用成像亮度计测量得到被测区域内每个像素的主波长。单个像素的主波长为该像素对应所有像素测得主波长的算术平均值；
- 对每个像素，按照公式（5）计算主波长差异 $\Delta\lambda_{Dpi}$ ：

$$\Delta\lambda_{Dpi} = |\lambda_{Dpi} - \lambda_{Db}| \dots\dots\dots (5)$$

式中：

λ_{Dpi} ——为该像素的主波长；

λ_{Db} ——为被测区域的背景色度，即被测区域所有像素的主波长算术平均值。

- 找出所有 $\Delta\lambda_{Dpi} > 2\text{nm}$ 的像素，并将位置相邻的像素归并为一个 Mura 缺陷区域；若形成的 Mura 缺陷区域任一方向尺寸小于等于 2mm，则不将其视为 Mura 缺陷；
- 待测区域色度 Mura 缺陷指数 CMU：

$$CMU = \frac{\sum(\Delta\lambda_{Di} \times S_i)}{S} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$\Delta\lambda_{Di}$ ——为单个Mura缺陷的平均主波长差异，即该Mura缺陷中每个像素主波长差异的算术平均值；

S_i ——为该Mura缺陷的面积，单位 mm^2 ；

S ——为待测区域的面积，单位 mm^2 。

注：由于单个像素面积均相等，式（6）中 S_i 和 S 也可取像素数量。

6.2 需要时可在其它灰度等级下进行色度 Mura 缺陷评价。

参 考 文 献

- [1] SJ/T 11590-2016 LED显示屏图像主观质量评价方法
 - [2] SEMI D31-0318 Guide for definition of measurement index(DSEMU) for luminance Mura in FPD image quality inspection.
 - [3] SEMI D41-0305 Measurement method of SEMI MURA in flat panel display image quality inspection.
-