

团 体 标 准

T/CVIA XXX—2023

T/DTLA 00X-2023

Micro-LED 光学特性测试方法

Measurement methods for optical properties of Micro-LEDs

(征求意见稿)

2023-XX-XX 发布

202X - XX - XX 实施

中国电子视像行业协会
国家新型显示技术创新中心

联合发布

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. 一般要求	2
5. 光学特性的测量	4

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。

本文件由中国电子视像行业协会和国家新型显示技术创新中心共同提出。

本文件起草单位：

福州大学、杭州远方光电信息股份有限公司、TCL华星光电技术有限公司、闽都创新实验室、福建兆元光电有限公司、厦门乾照光电股份有限公司、海信视像科技股份有限公司、国家新型显示技术创新中心、广东聚华新型显示研究院、福建捷联电子（福建）有限公司。

本标准起草人：

孙捷、宋立、叶芸、陈恩果、黄卫东、郭太良、李敏、张帆、王乐、张志睿、庄佳庆、杜晓峰、钟连生。

本标准为首次发布。

Micro-LED 光学特性测试方法

1. 范围

本文件规定了单色Micro-LED芯片的光学特性测试方法，适用于单颗Micro-LED光学特性的测试评估。

2. 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 2900.65-2004 电工术语 照明

GB/T 19658-2013 反射灯中心光强和光束角的测量方法

GB/T 26178-2010 光通量的测量方法

GB/T 39394-2020 LED灯、LED灯具和LED模块的测试方法

JJG 211-2021 亮度计

SJ/T 11394-2009 半导体发光二极管测试方法

3. 术语和定义

下列术语适用于本文件。

3.1

亮度 luminance

L

亮度定义为单位投影面积上、单位立体角内的光通量。式（1）中， $d\Phi$ 是经过给定点的光束元在包含给定方向的立体角 $d\Omega$ 内传播的光通量； dA 是包含给定点的该光束的截面面积； θ 是截面法线与辐射束方向之间的夹角。

单位： cd/m^2 。

$$L = \frac{d\Phi}{dA \cdot \cos\theta \cdot d\Omega} \dots\dots\dots(1)$$

[来源：GB/T 2900.65-2004，845-01-35，有修改]

3.2

色品坐标 chromaticity coordinates

一组三色刺激值中的每一个值与它们的总和之比。

[来源：GB/T 2900.65-2004，845-03-33，有修改]

3.3

光谱功率分布 spectral power distribution

$P(\lambda)$

在光辐射波长范围内，各个波长的辐射功率分布情况。

[来源：SJ/T 11394-2009，3.4]

3.4

光束角

在通过光束轴线的平面上的两条给定直线之间的夹角，这两条直线分别通过光源的正面中心和发光强度为中心光强50%的发光点。

[来源：GB/T 19658-2013，2.4]

3.5

色差 color shift

 ΔE_{std}

色差为被测样品的色品坐标 (u', v') 与目标样品色品坐标 (u'_{std}, v'_{std}) 之间的欧几里得距离，可由公式 (2) 计算得出：

$$\Delta E_{std} = \sqrt{(u' - u'_{std})^2 + (v' - v'_{std})^2} \dots \dots \dots (2)$$

4. 一般要求

除非另有规定，试验或测量在本标准规定的试验的工作条件下进行。

本标准适用于电极直接接触式和非直接接触式的测量，但不建议将两种测量方法的结果直接进行比较，需要在理论上考虑两种测量方法的差异后方可进行数据的横向比较。

4.1 测试室

如无特殊规定，测试室应符合具体需满足GB/T 39394-2020 4.2.1的要求。

4.2 环境温度

环境温度需满足GB/T 39394-2020 4.2.2的要求。

4.3 被测样品的工作温度

除了按环境设计的Micro-LED外，所有被测量的样品应工作在额定性能温度下进行测试。

允差区间：在额定性能温度 ± 1 °C 范围内。

为了符合此要求，温度测试的结果应位于接受区间内。例如当样品温度测量的不确定性为0.4 °C，接受区间则为 ± 0.6 °C。不确定性越大，接受区间越小。

需要注意测温装置不能干扰测量光路，测量设备不应影响被测器件（DUT）的热行为，同时确保DUT与测温装置有良好的热接触。

4.4 Micro-LED 的散热条件

测量过程中应考虑到额外起到散热效果的装置对于Micro-LED的影响，应保证待测光源除了自身自带的散热结构外，无其他额外散热作用的结构与待测光源接触，例如：与Micro-LED接触的夹具可采用低导热的材料为夹具，或者采用非直接接触的方式进行夹持。如果待测Micro-LED具有类似热管理功能的结构，测试时应当包含此结构，并在报告中说明。

4.5 测量前的稳定

在额定或者指定工作电流/电压条件下点亮 Micro-LED，Micro-LED 点亮待稳定后，进行测量稳定和测试期间，Micro-LED 的工作环境不应发生变化。应避免改变 Micro-LED 的位置和工作参数（如电压、功率或电流），稳定时间取决于 Micro-LED 的种类和工作环境。测量前应保证：重复对 Micro-LED 进行亮度或辐射通量测量，其每分钟的变化率小于 0.5%。

4.6 测量设备的要求

4.6.1 电源

供电电源应满足GB/T 39394-2020 4.3.3的要求。

4.6.2 电测仪表

交流/直流电压、电流和功率的测量应需满足GB/T 39394-2020 4.3.2的要求。

4.6.3 图像亮度计

图像亮度计性能应至少满足JJG 211-2021所规定的一级亮度计要求。

4.6.4 积分球-光谱辐射计系统

积分球-光谱辐射计系统应通过一个溯源至 SI 的总光谱辐射通量标准灯来校准或验证。如果没有总光谱辐射通量标准灯，用户可从溯源至 SI 的光谱辐照度标准灯以及总光通量标准灯推导得到。这种情况下，应该报告推导的方法以及相关数据（如：标准灯的光谱或相关色温的空间角度均匀性）。

系统具体要求：

- a) 波长范围至少应覆盖 380 nm ~780 nm;
- b) 光谱辐射计的波长不确定度应在 0.5 nm (k=2)以内;
- c) 带宽（半峰带宽）应不大于 5 nm;
- d) 数据间隔应不大于 1 nm。

积分球的尺寸相对受试装置应足够大，以避免由于挡板以及受试装置本身导致的积分球空间响应度不均匀而产生的较大误差。

具体要求：当受试装置安装在积分球中心时（ 4π 法），受试装置的总表面积不应超过积分球内壁总面积的 2%。（相当于受试装置的边长为积分球直径的 1/10。）当受试装置安装在积分球开口时（ 2π 法），开口直径不应超过积分球直径的 1/3。

积分球的其他性能应满足 GB/T 39394-2020 中所规定的要求。

4.6.5 分布光谱辐射计

分布光谱辐射计应满足GB/T 39394-2020 4.5.3.2中所规定的要求。

4.7 测量几何要求

4.7.1 亮度计测量几何要求

测量时，亮度计的测光轴线应调整到与Micro-LED出光面垂直，如图1所示。



图1 亮度计测量几何示意图

4.7.2 积分球测量几何

将被测Micro-LED放在球中心(4 π 法)。在Micro-LED无后射光通量的情况下,可在积分球的顶部、底部或侧面开取样口收集Micro-LED的发光(2 π 法),如图2所示。

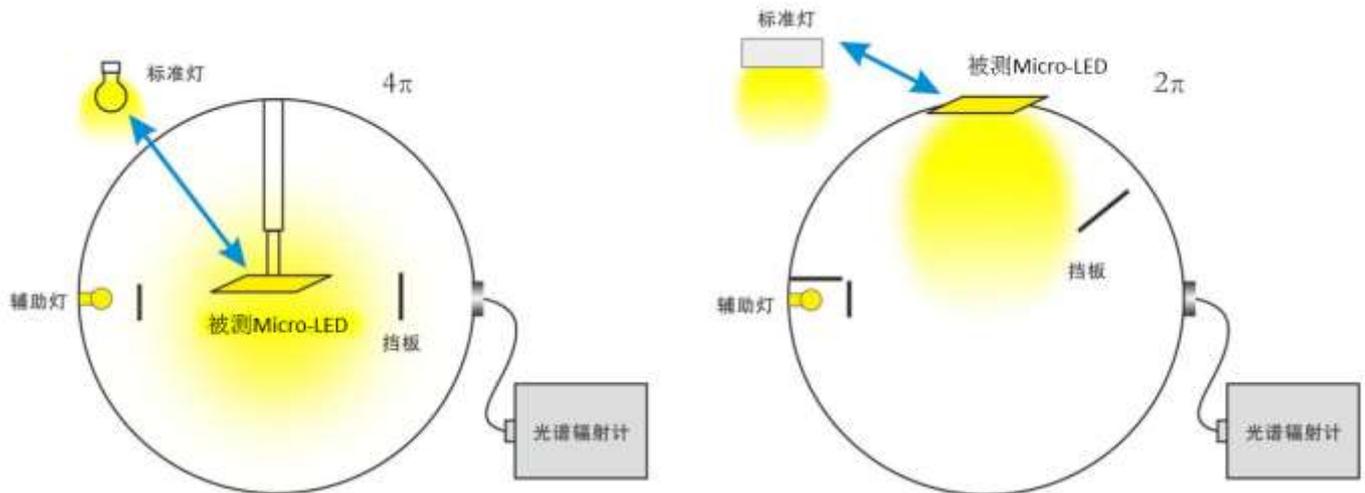


图 2 积分球测量几何示意图

5. 光学特性的测量

5.1 概述

本文件包括了以下光学特性的测量:

- a) 总辐射通量
- b) 光谱功率分布
- c) 辐射效率
- d) 辐射强度分布
- e) 亮度
- f) 电流/电压-总辐射通量曲线
- g) 空间平均色品坐标
- h) 色品坐标-电特性曲线
- i) 色差

5.2 总辐射通量

关于总辐射通量的测量的一般原则可见GB/T 26178-2010。

Micro-LED的辐射通量可由不同方法获得。以下方法可适用:

方法A: 使用积分球-光谱辐射计系统测量。

关于积分球的理论, 见GB/T 26178-2010中的6.2。

方法B: 从辐射照度分布以及光度距离中计算得出。

计算法见GB/T 26178-2010中的第5章。

方法A可以快速的测量获得总辐射通量。Micro-LED的辐射通量可以在积分球中通过与标准灯的比较测量中得到。在测试的过程中,将Micro-LED和标准灯先后放置在积分球中相同的位置。将测量球体表

面的间接照度作为光通量的测量方法。积分球-光谱辐射计系统的可能出现的误差修正及来源可见GB/T 26178-2010中的6.10和6.11。

通过方法B测量辐射照度分布来计算辐射通量是许多国家标准实验室用来建立辐射通量基准的测试方法。使用这种方法同样可以对光源颜色特性及其光谱功率分布的空间变化进行精确测量。

5.3 光谱功率分布

使用积分球-光谱辐射计系统测量。按照4.5.2规定搭建测量几何。在测量得到的Micro-LED器件光谱分布数据中,数值最大时的波长为峰值波长,以该波长的读数为100%,得到被测Micro-LED器件在各个波长下的相对光谱分布。

5.4 辐射效率

辐射效率 η_e ,定义为Micro-LED的辐射通量 Φ 与Micro-LED工作时的电功率 P_{tot} 的比值,见公式(3)

$$\eta_e = \frac{\Phi}{P_{\text{tot}}} \times 100\% \dots\dots\dots (3)$$

Micro-LED的辐射通量按5.2的规定进行测量。电功率使用4.4.2所规定的电测仪表测量。

5.5 辐射强度分布

在合适的测量距离下,使用分布光谱辐射计测量辐射强度分布。有关分布辐射度计的要求见4.4.5。对于分布辐射度计的类型,见GB/T 22907-2008。

在一垂直平面内的辐射强度测量角度间隔以及相邻垂直平面间的角度间隔宜确保Micro-LED辐射强度分布足以被精确表达,此外应在后续处理和计算过程中在可接受的精度范围内进行光强插值计算。测量平面的数量宜由光分布的特性决定,综合考虑Micro-LED的光分布是否对称或是无规律,以及预期获得的测试结果。

5.6 光束角

辐射强度分布应按照5.5的规定进行测量。在获得辐射强度的基础上,按照GB/T 19658-2013的第6章和第7章确定光束角。

5.7 亮度

对于单颗Micro-LED亮度测量,一般采用图像亮度计,按照4.7.1所述几何搭建测量系统。施加额定工作电流/电压使Micro-LED光源发光,测量获得被测Micro-LED光源特定点位(一般是规则Micro-LED光源的中心点)的亮度L。

5.8 电流/电压-总辐射通量曲线

按照5.2的规定测量不同电流/电压下的总辐射通量,并绘制电流/电压-总辐射通量曲线。

5.9 空间平均色品坐标

空间平均色品坐标可通过以下测量方法测得:

- a) 积分球-光谱辐射计测量,由总光谱辐射通量计算得到空间平均颜色参数;
- b) 如果有分布光谱辐射度数据,则可基于总光谱辐射通量计算得到空间平均色度参数。这种方法可以获得更精确测量结果。

5.10 色品坐标-电特性曲线

按照5.9的规定的方**法**测量不同电流/电压下的空间平均色品坐标，并绘制色品坐标-电流/电压曲线。

5.11 色差

按照5.9的规定的方**法**测量被测Micro-LED在额定工作电流/电压下的色品坐标，并根据式（2）计算与目标Micro-LED样品色品坐标之间的色差。目标Micro-LED样品根据测试需求选定，例如可以将外延晶圆中心部分所制备的芯片作为目标Micro-LED样品。
