

团 体 标 准

T/CASAS 058—2025
T/CSA 103—2025

光治疗用柔性 LED 光源 拉伸弯曲可靠性 试验方法

Tensile and bending reliability test method of flexible LED light
source geared to light therapy

2025 - 09 - 08 发布

2025 - 09 - 08 实施

第三代半导体产业技术创新战略联盟
中关村半导体照明工程研发及产业联盟

发布

目 次

前言..... III

引言..... IV

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 原理..... 1

5 试验条件..... 2

6 仪器设备..... 2

 6.1 拉伸弯曲试验仪..... 2

 6.2 光电测试设备..... 3

7 样品..... 3

 7.1 一般要求..... 3

 7.2 样品制备..... 3

 7.3 样品数量..... 4

8 试验步骤..... 4

 8.1 试验流程..... 4

 8.2 样品安装..... 5

 8.3 弯曲可靠性测试..... 5

9 试验数据处理..... 5

 9.1 隔距长度..... 5

 9.2 平均值..... 6

10 试验报告..... 6

附录 A（资料性） 柔性 LED 光源弯曲度测试记录表..... 7

参考文献..... 8

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。

本文件由第三代半导体产业技术创新战略联盟（CASA）与中关村半导体照明工程研发及产业联盟（CSA）联合制定发布，版权归CASA与CSA共同所有，未经CASA与CSA许可不得随意复制；其他机构采用本文件的技术内容制定标准需经CASA或CSA允许；任何单位或个人引用本文件的内容需指明本文件的标准号。

本文件主要起草单位：中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、北京创盈光医疗科技有限公司、中国科学院半导体研究所、纳微朗科技有限公司、长春希达电子技术有限公司、吉林省电子信息产品检验研究院、广东省东莞市质量监督检测中心、哈尔滨医科大学、固安翌光科技有限公司、吉林大学白求恩第一医院、上海交通大学医学院附属瑞金医院/伤骨科研究所、苏州大学、中关村半导体照明联合创新重点实验室（宽禁带半导体超越照明材料与技术全国重点实验室）、北京大学东莞光电研究院、湖南纳昇电子科技有限公司、深圳民爆光电股份有限公司、苏州国科盈睿医疗科技有限公司、北京第三代半导体产业技术创新战略联盟。

本文件主要起草人：梁静秋、王维彪、秦余欣、郑凯丰、陈宇鹏、何军、杨华、闫春辉、阮程、王旻、邓锡康、张凤民、于倩倩、张俐、卢敏、董建飞、徐圆圆、刘强、童思超、顾慧慧、崔锦江、孙昕、郝建群、徐杰、赵静。

引 言

光治疗用柔性LED光源由LED发光单元（可以直接是LED芯片，可以是数个LED芯片封装后的器件）、柔性电路、柔性基底和驱动电路构成。常用的柔性基底为聚酰亚胺(PI)基底的柔性有机材料、聚二甲基硅氧烷(PDMS)、硅胶等有机物材料；在LED芯片、LED器件可能有边缘锐角的硬质材料被粘合在柔性基底并被柔性有机物所包裹时，很容易在拉伸、弯曲应用中形成连接线路开路、电路接触不良、芯片脱落，甚至带来柔性基底的磨损、断裂，是柔性LED光源产品设计中需要首要解决的可靠性问题。

通过分析柔性LED光源在佩戴时的应用场景，本文件提供了一种考核拉伸、弯曲可靠性的试验方法，以支撑柔性LED光源的产品设计与应用可靠性评估。

光治疗用柔性 LED 光源 拉伸弯曲可靠性试验方法

1 范围

本文件描述了光治疗用柔性LED光源（以下简称“光源”）拉伸弯曲可靠性的测试方法，包括原理、试验条件、仪器设备、样品、试验步骤、试验数据处理和试验报告。

本文件适用于光治疗用柔性LED光源的研发生产、检测分析、质量评价，可拉伸、弯曲的有机发光二极管OLED（OLED）、半导体激光（LD）光源可参照执行。

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 27411 检测实验室中常用不确定度评定方法表示

T/CASAS 049—2025 光治疗用柔性LED光源 拉伸度测试方法

3 术语和定义

T/CASAS 049界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

额定曲率半径 rated curvature radius

光源在实际应用场景中允许的弯曲半径，并在该状态下满足性能要求。

注：试验时弯曲试验仪的曲率半径应不小于该值。

3.2

弯曲位移循环次数 number of bending displacement cycles

完成弯曲位移的次数。

注：样品弯曲至目标曲率半径后，样品上每个点通过弯曲试验仪测试点2次，即样品中点第二次回到试验仪测试点，为完成一次弯曲位移。

4 原理

光源样品放置在有一定曲率半径的弯曲试验仪上拉伸至指定拉伸度后，从A端滑动到B端，之后往复滑动至A端，循环滑动样品至额定可靠性次数，如图1所示。样品无裂纹、芯片脱落、发光单元熄灭数量小于额定值且发光辐射照度的变化小于额定值。

试验时，弯曲试验仪的曲率半径应不大于样品额定曲率半径，曲率半径越小，可靠性要求越严格。

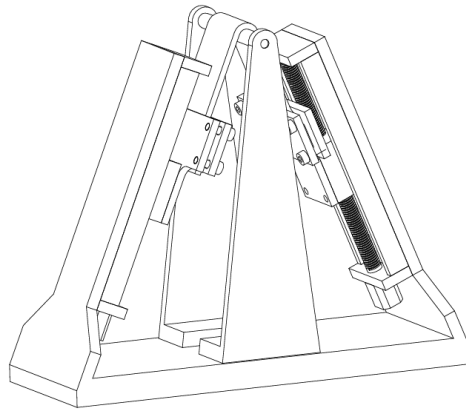


图1 拉伸弯曲测试示意图

5 试验条件

试验条件应满足以下要求：

- a) 试验环境温度要求为 $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 试验环境相对湿度不超过65 %；
- c) 试验环境气压为1标准大气压 $\pm 15\%$ ，即86 KPa $\sim$ 116 KPa；
- d) 试验环境照度小于1 lx。

6 仪器设备

6.1 拉伸弯曲试验仪

6.1.1 一般要求

拉伸弯折试验仪应至少符合以下要求：

- a) 拉伸弯折移动时，速度应稳定，建议60 mm/min；
- b) 长度测试的误差不超过 $\pm 1\text{ mm}$ ；
- c) 角度误差应不超过 0.2° ；
- d) 应具备两端可等速拉伸的功能，速度精度优于 $\pm 1\text{ mm/s}$ 。

6.1.2 弯曲转动筒

弯曲转动筒表面粗糙度Ra范围为 $1.6\text{ }\mu\text{m} \sim 6.3\text{ }\mu\text{m}$ ，随样品移动时，不破坏样品、不打滑、转动流畅。弯曲转动时，应保证每个光源均受到弯曲转动筒带来的曲面贴合应力。

6.1.3 样品夹具

样品夹具应符合以下要求：

- a) 夹具应便于无损装卸样品，夹持面应不打滑、不剪切、不破坏样品；
- b) 夹具应能清晰展示使用状态，包括方向、受力点；
- c) 夹具设计需满足测试需求，如旋转轴和动态状态转换；
- d) 确保夹具夹持面平行对齐，且两夹具夹持面在拉伸方向上中线对齐；
- e) 每个夹具的夹持面在与弯折力垂直方向和弯折平行方向的宽度至少为25 mm；
- f) 固定面设计连接孔，以实现与测试仪固定端和移动端的对接。

6.2 光电测试设备

光电热测试设备应至少包含用于实时测试光源的各种性能指标参数，包括电压电流表、辐照度计、热电偶。其中电压电流表用于测量样品在弯曲拉伸试验前后的电阻值，辐照度计用于测量样品的在弯曲拉伸试验前后的辐射照度值，热电偶用于测量样品的在弯曲拉伸试验前后的温度值。光电测试设备需经过计量检定。

7 样品

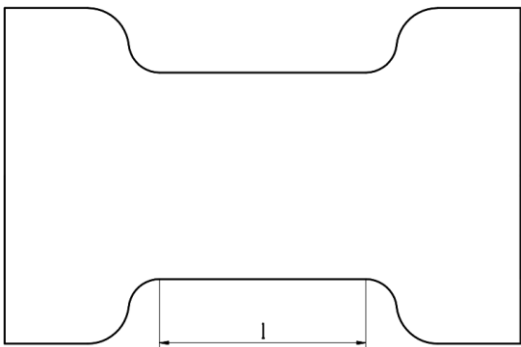
7.1 一般要求

- 样品应至少满足以下要求：
- 样品应力学性能一致，无明显缺陷或异常；
 - 样品应有一定的夹持预留空间；
 - 样品可以是哑铃形、长方形，拉伸方向为沿着试验长度 l 的方向。

7.2 样品制备

7.2.1 哑铃形样品

哑铃状样品的形状如图2所示。



标引序号说明：

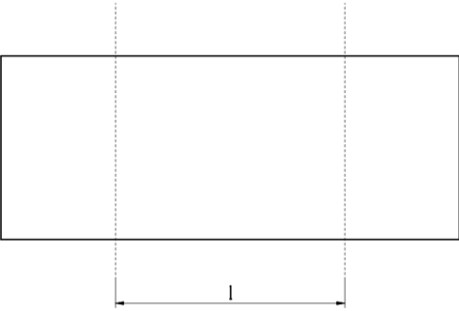
1——试验长度，建议取值150 mm。

注：样品狭窄部分的标准厚度（见表1）。

图2 哑铃形样品的形状

7.2.2 长方形样品

长方形样品的形状如图3所示。



标引序号说明：
1——试验长度，建议取值150 mm。
注：样品狭窄部分的标准厚度（见表1）。

图3 长方形样品的形状

7.3 样品数量

表1 样品厚度及数量

试验厚度/mm	样品数量/件	拉伸弯曲次数
2.0±0.5	5	10
4.0±0.5	5	10
6.0±0.5	5	10
8.0±0.5	5	10
10.0±0.5	5	10
12.0±0.5	5	10
14.0±0.5	5	10

8 试验步骤

8.1 试验流程

试验流程如图4所示。

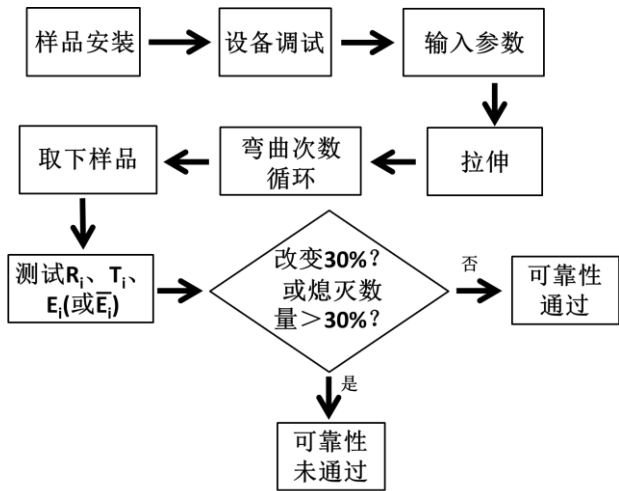


图4 试验流程图

8.2 样品安装

试验安装步骤如下：

- 点亮样品，稳态时间 ≥ 15 min，先测试初始状态下电阻 R_0 、温度 T_0 （可选测）、辐射照度 E_0 ，如果样品发光单元面积大于 25 cm^2 ，则在样品拉伸弯曲方向的中轴线上以样品中心为对称中心，两侧各均匀取2个点，测试并记录这5个点的辐射照度值，根据9.1.2节公式（2）计算平均辐射照度 $\overline{E_0}$ ；
- 弯曲角 θ ，样品长度 L_0 和曲率半径 R 代入9.1.1公式（1），计算隔距长度 a 。调节移动位移台的移动台面居中，测试夹具安装在移动台面上。移动位移台安装在支撑架上，保证两个测试夹具间的隔距长度为 a ，且两移动位移台高度相同，左右对称；
- 将样品沿弯曲方向固定于两测试夹具上，试验段位于样品中部，各夹持面施加均匀一致的夹持力。

8.3 弯曲可靠性测试

试验弯曲可靠性测试按以下步骤进行。

- 点亮样品，稳态时间 ≥ 15 min；
- 设定弯曲位移速度为 60 mm/min ，确保样品全部长度位置都经过试验仪的测试点，按表1规定的弯曲位移循环次数进行样品弯曲可靠性试验；
- 完成表1规定的弯曲位移循环次数后，取下样品恢复至展平状态，测量样品的电阻 R_i 、温度 T_i （选测）、以及辐射照度值 E_i （或 $\overline{E_i}$ ）；
- 输入拉伸度至拉伸仪，将样品拉伸至指定拉伸度，按照（b）～（c）测试步骤进行样品拉伸状态下弯曲可靠性试验；
- 当测量的电阻 R_i 、温度 T_i （选测）、以及辐射照度 E_i （或 $\overline{E_i}$ ）中的任一值与初始值不超过 $\pm 30\%$ 的偏差或光源阵列中单元熄灭数量不超过单元总数的 30% ，则样品在当前弯曲角度和弯曲半径下的拉伸弯曲可靠性满足要求；否则样品未达到拉伸弯曲可靠性要求。

9 试验数据处理

9.1 隔距长度

隔距长度 a 按式（1）计算，测试原理如图5所示，长度以mm表示：

$$a = \cos \frac{\theta}{2} \cdot \left[L_0 - \theta \cdot R + \frac{2R}{\cot \frac{\theta}{2}} \right] \dots\dots\dots (1)$$

式中：

L_0 ——样品的试验有效长度，单位为毫米（mm）；

θ ——样品的弯曲角度，单位为度（°）；

R ——试验仪的弯曲曲率半径，单位为毫米（mm）；

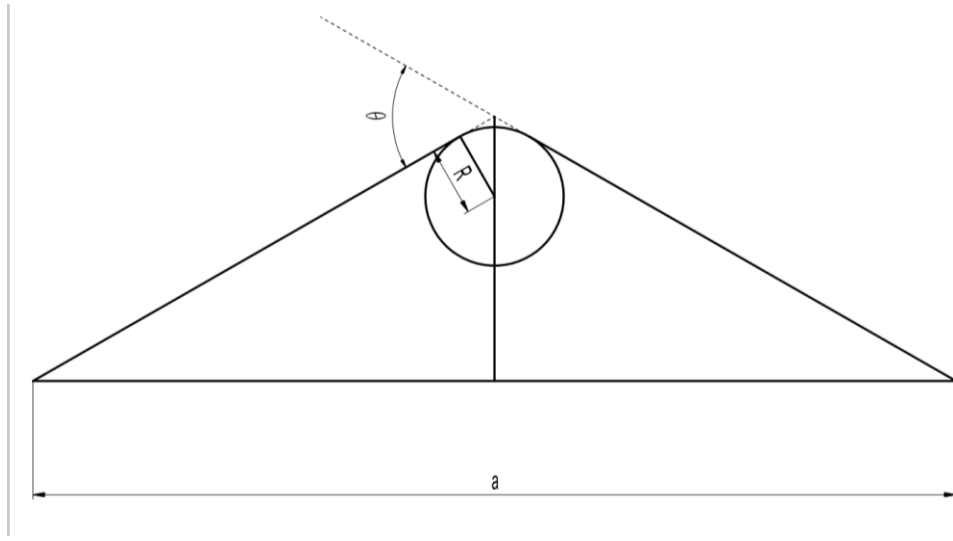


图5 隔距长度测试图

9.2 平均值

辐射照度均值按公式（2）计算基于GB/T 27411-2012进行计算。对同一被测量进行N次测量，均值表征测量结果的平均水平，标准偏差表征测量结果的分散性。

$$\overline{E_i} = \frac{\sum_{i=1}^N E_i}{N} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- E_i ——第i次测量的测得值；
- N ——测量次数。

10 试验报告

报告应至少包括以下项目（参见附录A）：

- a) 试验条件（如有必要，记录弯曲方式、弯曲角度、弯曲次数）；
- b) 测试的日期和时间；
- c) 光源信息；
- d) 样品名称、类型、批号；
- e) 生产日期；
- f) 参考样品；
- g) 测试环境条件；
- h) 测试照明条件；
- i) 光源的几何形状；
- j) 测试人员；
- k) 测试设备；
- l) 测试模式；
- m) 测试结果；
- n) 本文件编号；
- o) 观察到的异常现象。

附 录 A

(资料性)

柔性 LED 光源弯曲度测试记录表

柔性LED光源弯曲度测试记录表可参照表A. 1。

表A. 1 柔性 LED 光源弯曲度测试记录表示例

产品名称 型号规格		组别					
检测项目		环境条件					
测试 仪器仪表	型号：	计量有效期					
	编号：						
检测依据 标准条款		样品 照片	初始：	测试后：			
测试条件及技术要求	样品形状及尺寸：						
样品编号	测试结果及原始数据记录						
	拉伸度	弯曲角	曲率半径	电阻	温度	辐照度	可靠性是否 通过
1-0（初始）	/	/	/				/
1-1							
1-2							
...							

参 考 文 献

- [1] GB/T 9341—2000 塑料 弯曲性能的测定
 - [2] GB/T 38001.61—2009 柔性显示器件 第6-1部分：机械应力试验方法
 - [3] GB/T 41049—2021 纤维金属层板弯曲性能试验方法
 - [4] GB/T 42471—2023 纳米技术柔性纳米储能器件弯曲测试方法
 - [5] GB/T 42895—2023 微机电系统（MEMS）技术硅基MEMS微结构弯曲强度试验方法
-

