

团 体 标 准

T/CASAS 049—2025
T/CSA 097—2025

光治疗用柔性 LED 光源 拉伸度测试方法

Tensile percentage 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..... II

引言..... III

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 原理..... 3

5 试验条件..... 6

6 仪器设备..... 3

 6.1 拉伸度试验仪..... 3

 6.2 测试夹具..... 4

 6.3 光电性能测试设备..... 4

7 样品..... 5

 7.1 一般要求..... 5

 7.2 样品制备..... 5

 7.3 样品数量和尺寸..... 6

8 试验流程..... 6

 8.1 试验流程图..... 6

 8.2 安装..... 7

 8.3 拉伸试验..... 7

9 试验数据处理..... 8

 9.1 平均值..... 8

 9.2 标准偏差..... 8

10 试验报告..... 8

 10.1 报告要求..... 8

 10.2 报告内容..... 8

附 录 A （资料性） 柔性 LED 光源拉伸度测试记录表..... 10

参考文献..... 11

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、鸿利智汇集团股份有限公司、吉林大学白求恩第一医院、广州市莱帝亚照明股份有限公司、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、上海交通大学医学院附属瑞金医院伤骨科研究所、湖南纳昇电子科技有限公司、深圳民爆光电股份有限公司、固安翌光科技有限公司、宁波升谱光电股份有限公司、上海三思电子工程有限公司、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、李本亮、张凤民、吕天刚、张俐、吕鹤男、董建飞、徐圆圆、刘强、卢敏、童思超、叶飞、于倩倩、牛宏强、姜玉稀、崔锦江、孙昕、余湛、李小佳、赵静。

引 言

随着光治疗技术的发展,柔性LED光源因其贴合性、便携性在治疗、康复领域有着广阔的应用前景。GB 9706.283—2022 医用电气设备 第2-83部分:家用光治疗设备的基本安全和基本性能专用要求(MOD IEC 60601-2-83:2019)中,家用光治疗设备(home light therapy equipment)的定义为“含有一个或多个波长范围为200 nm~3 000 nm的非激光光辐射源,用于产生治疗或诊断应用所需的光生物效应,并在家庭护理环境中使用的ME(medical electrical)设备”。LED作为新型光源,寿命长、体积小、价格低、安全非相干光、光谱丰富、智能可控、可柔性封装的特点,是便捷可穿戴家庭光治疗设备的理想光源,可广泛用于社区和家庭,为病患提供便捷、高效、个性化的医疗手段。

在实际应用中,柔性LED光源贴合于人体皮肤表面实现光治疗,如关节炎治疗佩戴于膝盖处、腰疼治疗佩戴于腰上,在实际佩戴的过程中,会有拉伸、弯曲行为。同时,因佩戴者的个体差异,拉伸量、弯曲量会各有不同,需要建立一套柔性LED光源性能、可靠性评测方法,以支撑新兴产品的市场开拓。

面向光治疗的柔性LED光源由LED发光单元、柔性电极、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)、硅胶有机物材料。光源在拉伸、弯曲过程中,可能会出现柔性基底断裂、柔性电极拉伸接触不良失效模式,造成光源熄灭、部分熄灭,或者光电特性(I-V特性、辐射功率、均匀度、温度)发生改变。

本文件旨在针对柔性LED光源的可拉伸特性,提供一套科学、合理且可重复的测试方法,用于评估柔性LED光源的拉伸性能表现。

光治疗用柔性 LED 光源 拉伸度测试方法

1 范围

本文件描述了光治疗用柔性可拉伸LED光源（以下简称“光源”）拉伸度的测试方法，包括测试原理、仪器和工具、样品准备、试验条件、试验程序、数据结果和试验报告。

本文件适用于在可穿戴光治疗仪中柔性可拉伸LED光源的研发生产、检测分析、质量评价，可拉伸的OLED（有机发光二极管）、LD（半导体激光器件）柔性光源可参照执行。

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 528 硫化橡胶或热塑性橡胶 拉伸应力应变性能的测定
- GB/T 19022—2003 测量管理体系 测量过程和测量设备的要求
- GB/T 27411 检测实验室中常用不确定度评定方法与表示

3 术语和定义

GB/T 528界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

柔性LED光源 flexible LED light source

可以弯曲、弯折、拉伸、扭曲的，包含单个或多个LED芯片的光源器件。

注：柔性LED光源可以包含配光、散热、机械连接功能的材料或部件。

3.2

光治疗 light therapy

一种利用特定波长的光线对疾病进行治疗的方法。

注：光治疗包括：红外线光疗，紫外线光疗，激光治疗和光动力疗法等。

3.3

拉伸度 tensile percentage

拉伸率

S

样品在受到拉伸力作用后，若其光电性能和安全性能未发生显著变化，其拉伸后长度与其初始长度之比，以百分率（%）表示的特性值。

$$S = \frac{L_1}{L_0} \times 100 \% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

L_1 ——样品未断裂时的拉伸后长度，单位为毫米（mm）；

L_0 ——样品初始长度，单位为毫米（mm）。

3.4

最大拉伸度 maximum tensile percentage

S_{Max}

在样品拉伸试验中，样品断裂时的最大伸长与原始标距之比的百分率。

$$S_{\text{Max}} = \frac{L_m}{L_0} \times 100 \% \quad (2)$$

式中：

L_m ——样品断裂时的最大拉伸长度，单位为毫米（mm）；

L_0 ——样品初始长度，单位为毫米（mm）；

3.5

拉伸应力 tensile strength

σ

样品在拉伸过程中承受的应力，单位兆帕（MPa）。

$$\sigma = \frac{F}{wt} \quad (3)$$

式中：

F ——实时记录的拉伸力，单位为牛（N）；

w ——试验长度部分的宽度，单位为毫米（mm）；

t ——试验长度部分的厚度，单位为毫米（mm）。

注：衡量样品在未断裂时能够承受的力。

3.6

断裂应力 breaking force

样品拉伸至断脱过程中承受的最大应力，单位兆帕（MPa）。

$$\sigma_b = \frac{F_b}{wt} \quad (4)$$

式中：

F_b ——断裂时记录的力，单位为牛（N）。

w ——试验长度部分的宽度，单位为毫米（mm）；

t ——试验长度部分的厚度，单位为毫米（mm）。

注：脆性材料通常在最大应力处断脱，韧性材料通常最大应力发生在断脱前。

3.7

拉伸位移量 tensile displacement

样品拉伸过程中测试夹具移动端的位置变化量。

$$a = (TP \times L_0) - L_0 \quad (5)$$

式中：

L_0 ——样品初始长度，单位为毫米（mm）；

a ——拉伸位移量，单位为毫米（mm）。

3.8

拉伸保持时间 tensile hold time

样品拉伸至指定长度后保持该状态的时间。

3.9

拉伸次数 tensile number of times

样品拉伸测试中特定条件下拉伸的重复次数。

3.10

隔距长度 gauge length

拉伸度试验仪的两夹具之间的距离。

3.11

初始长度 initial length

L_0

在进行样品拉伸试验或其他相关测试前，样品在未受外力作用时的原始长度。

3.12

初始距离 initial distance

D_0

在进行样品拉伸试验中，样品在施加外力之前两个夹持点之间的原始距离。

3.13

初始电压 initial voltage

V_0

在进行样品拉伸试验时，施加外力之前，柔性LED光源在额定电流下的电压值。

4 原理

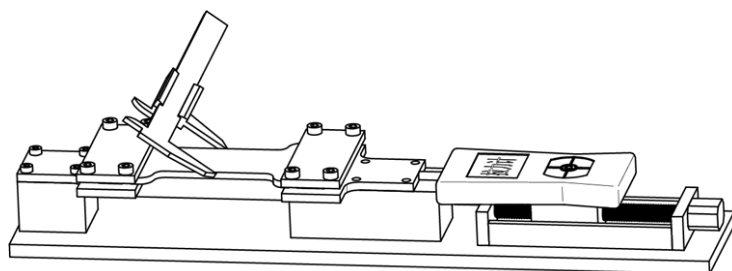
在规定条件下，安装样品在拉伸度试验仪上，通过拉伸-保持-恢复的重复过程，逐步加大拉伸位移量，监测样品光电特性变化，直到样品断裂或光电特性变化量大于30 %或发光单位熄灭数量大于30 %，则上一次设定的拉伸度即为最大拉伸度。如需测试样品的拉伸应力，则需记录样品在拉伸保持状态下拉力计的示数，并测量样品中心的宽度和厚度，根据公式（3）计算。

5 仪器设备

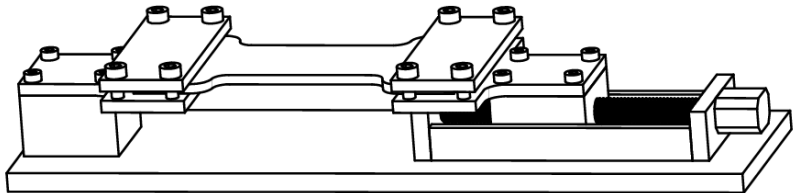
5.1 拉伸度试验仪

拉伸度试验仪包括光源夹具、精确移动位移台、水平仪、拉力计（可选）、热电偶（可选）、游标卡尺（可选，与拉力计配套使用），如图1、图2所示，应符合以下要求：

- 拉伸速度应平稳，具备自动定速拉伸功能时，建议拉伸速度达到 (60 ± 5) mm/min。拉伸试验前进行一次微量拉伸，拉伸量1 mm~2 mm；
- 隔距长度的测试误差不超过 ± 1 mm；
- 水平仪固定在精确移动位移台上，保证拉伸过程在水平方向。水平仪误差不超过 $\pm 30''$ ；
- 在仪器全量程内的任意点，指示或记录拉伸位移量的误差应不超过1 %；
- 仪器的计量按照GB/T 19022—2003中第7章的要求执行；所用夹具应符合5.2.2的要求；拉伸度测试记录参见附录A；
- 拉伸试验仪可实时显示的拉伸力F。



a) 选配拉力计



b) 未选配拉力计

图1 拉伸度试验仪测试示意图

5.2 测试夹具

5.2.1 一般要求

测试夹具应符合以下要求：

- a) 夹具应便于无损装卸样品；
- b) 夹具应能清晰展示使用状态，包括方向、受力点；
- c) 夹具不影响光源测试及测试结果；
- d) 夹具设计需满足测试需求，如旋转轴和动态状态转换。

5.2.2 夹持面要求

测试夹具应符合以下要求：

- a) 夹具的夹持面应不打滑、不剪切、不破坏样品；
- b) 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；
- c) 夹具夹持面宽度为 $50\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ ，长度至少 25 mm ，垂直于拉伸力方向；
- d) 夹具的固定面宽度应小于夹持面至少 2 cm ，整体结构为T形，如图2所示；
- e) 固定面设计连接孔，以实现与拉伸测试仪固定端和移动端的对接。

注：如果试验过程中发生样品滑移，夹持面与拉伸力平行方向的长度可从 25 mm 改为 50 mm 。

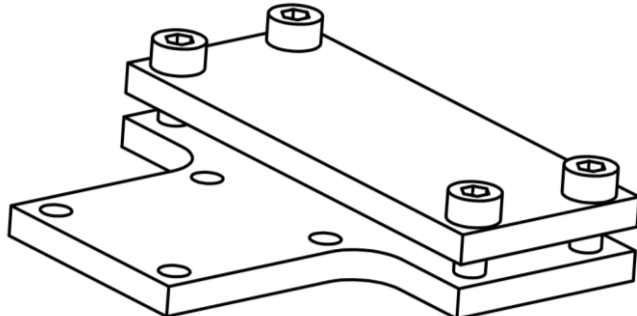


图2 T形夹具示意图

5.3 光电性能测试设备

5.3.1 一般要求

用于实时测试光源的各种性能指标参数，包括电压电流表、辐射计、热电偶。

5.3.2 辐射计

辐射计靶面距样品中心距离 H_0 ，建议值 $\leq 5\text{ mm}$ 。

6 样品

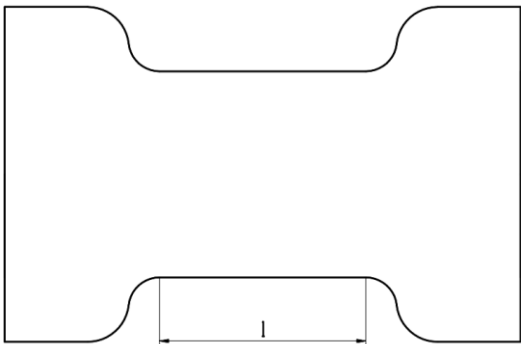
6.1 一般要求

样品应具代表性，力学性能一致，无明显缺陷或异常。

6.2 样品制备

6.2.1 哑铃形样品

哑铃状样品的形状如图3所示。

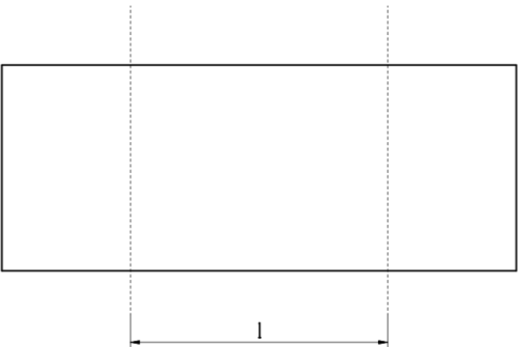


标引序号说明：
1——试验长度（见表1）。
样品狭窄部分的标准厚度为4 mm。

图3 哑铃形样品的形状

6.2.2 长方形样品

长方形样品的形状如图4所示。



标引序号说明：
1——试验长度（见表2）。
样品狭窄部分的标准厚度为4 mm。

图4 长方形样品的形状

T/CASAS 049—2025

T/CSA 097—2025

6.3 样品数量和尺寸

样品数量和形状尺寸按表1规定。

表1 样品数量和尺寸要求（推荐值）

样品长度	样品数量	拉伸次数
30.0 mm±0.5 mm	5	10
60.0 mm±0.5 mm	5	10
90.0 mm±0.5 mm	5	10
120.0 mm±0.5 mm	5	10
150.0 mm±0.5 mm	5	10
180.0 mm±0.5 mm	5	10
210.0 mm±0.5 mm	5	10
240.0 mm±0.5 mm	5	10
270.0 mm±0.5 mm	5	10
300.0 mm±0.5 mm	5	10
注：哑铃形样品的试验长度不应超过样品狭窄部分的长度。		

7 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 ℃±2 ℃；
- 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±15 %，即 86 KPa～116 KPa；
- d) 试验环境照度小于 1 lx。

8 试验流程

8.1 试验流程图

试验流程图如图5所示。

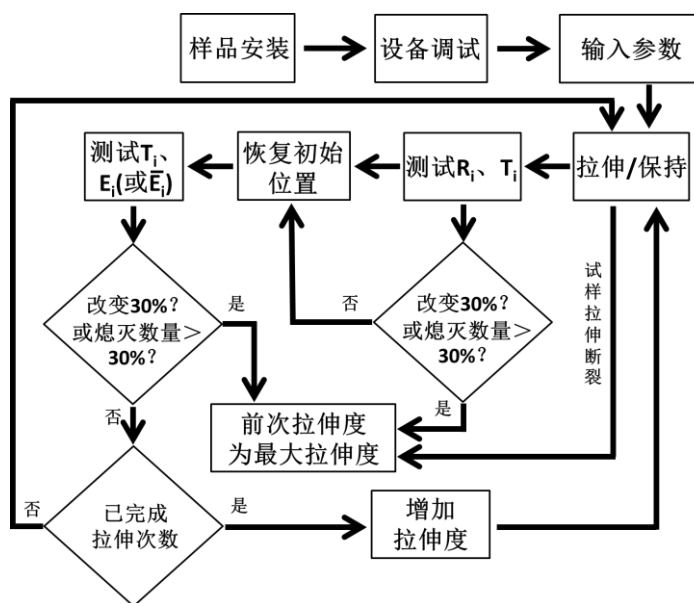


图5 试验流程参考图

8.2 安装

样品安装步骤如下：

- 将样品沿拉伸方向固定于两测试夹具上，各夹持面施加均匀一致的夹持力；
- 如需监测温度，样品底部中心粘贴热电偶，以实时监测样品温度；
- 样品正负电极连接电压电流表探针，以监测拉伸保持阶段的样品电阻；
- 样品顶部中心上方装配辐射计，待样品拉伸恢复后测试光源的发光特性；
- 拉力计安装在移动位移台上，测试夹具移动端与拉力计连接。

8.3 拉伸试验

样品的拉伸试验按以下步骤进行：

- 点亮样品并打开辐射计，保持稳态时间不小于 15 min；
- 读取并记录样品初始状态下的电阻 R_0 、温度 T_0 、中心点辐射照度 E_0 ；
- 测量样品的初始长度 L_0 ，初始拉伸度设定为 100%，以 5% 的增量进行拉伸试验，根据 3.7 节公式计算指定拉伸度时的拉伸位移量 a_i ；
- 拉伸样品至指定拉伸度的位置，拉伸保持时间为 1 min；

注：自动化程度高的设备，可将拉伸位移量输入到拉伸试验仪中，将样品拉伸至指定位置。

- 如果样品没有断裂，记录样品拉伸保持状态下的电阻值 R_i 和热电偶温度 T_i 。如选配拉力计和游标卡尺，可记录拉力计显示的拉伸力 F_i ，用游标卡尺测量样品中心部位的宽度 w_i 和厚度 t_i ，计算拉伸应力 σ_i ；如果样品断裂，记录上一拉伸度值为最大拉伸度 S_{Max} ，记录断裂点距离样品长度左侧端点的距离 l_b ，上一拉伸应力为断裂应力 σ_b ；
- 以等拉伸速度恢复样品原长，保持 1 min，读取并记录样品的温度 T_i 与中心点辐射照度 E_i ，如果样品发光单元面积大于 25 cm²，则在样品拉伸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 节公式（1）计算平均辐射照度 $\bar{E}_i$ 。若 T_i 、 E_i 或 $\bar{E}_i$ 值与初始值超过±30%的变化量时，记录上一次拉伸度值为最大拉伸度 S_{Max} ；

- g) 拉伸度增加 5%，按照 3.7 节公式计算指定拉伸度时的拉伸位移量 α_i ，重复步骤 d)～f)，直至测量出最大拉伸度。在此工程中，若样品发光单元熄灭数量超过 30%，则上一次拉伸度值为最大拉伸度 S_{Max} ；
- h) 按表 1 规定的拉伸样品数、单一样品拉伸次数，重复进行拉伸-保持-恢复试验过程，记录最大拉伸度 S_{Max} 、断裂应力 σ_b ；计算样品最大拉伸度、拉伸应力平均值。

9 试验数据处理

9.1 平均值

辐照度均值依据 GB/T 27411 按公式 (6) 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。

$$\overline{\alpha_i} = \frac{\sum_{i=1}^N \alpha_i}{N} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

α_i ——第 i 次测量的测得值；

N——测量次数。

9.2 标准偏差

标准偏差按式 (7) 计算：

$$s(\overline{x}) = \sqrt{\frac{N \sum_{i=1}^N (x_i - \overline{x})^2}{N-1}} \dots\dots\dots (7)$$

式中：

x_i ——第 i 次测量的测量值；

N——样品数。

10 试验报告

10.1 报告要求

应在报告中标明此次试验选取的拉伸度、拉伸位移量，拉伸保持时间与次数。并对检查结果进行描述。

10.2 报告内容

报告可参考附录 A，报告应包括以下项目：

- a) 测试的日期和时间；
- b) 光源信息；
 - 产品名称，类型，批号；
 - 生产日期；
 - 参考样品。
- c) 测试期间的环境条件；
 - 环境条件；
 - 照明条件。
- d) 光源的几何形状；
- e) 测试模式；
- f) 测试人员；

- g) 测试设备；
- h) 测试结果；
- i) 本文件编号；
- j) 观察到的异常现象。

附 录 A
(资料性)
柔性 LED 光源拉伸度测试记录表

柔性LED光源拉伸度测试记录表可参照表A. 1

表A. 1 柔性 LED 光源拉伸度测试记录表示例

产品名称 型号规格				组别			
检测项目				环境条件			
测试人							
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			
测试条件及技术要求	样品形状：						
	样品长度：						
样品编号与测量序次	测试结果及原始数据记录						
	最大拉伸度	断裂应力	样品温度	拉伸应力	熄灭数	电阻	辐射照度
1-1							
1-2							
1-3							
.....							
样品1平均值							
样品1标准偏差							
.....							
.....							
.....							
.....							
样品i平均值							
样品i标准偏差							

参 考 文 献

- [1] GB/T 2423 电工电子产品环境试验（全部）
 - [2] GB 9706.283—2022 医用电气设备 第2-83部分：家用光治疗设备的基本安全和基本性能
专用要求
 - [3] GB/T 24218.102—2022 纺织品 非织造布试验方法 第102部分：拉伸弹性的测定
 - [4] GB/T 38001.61—2019 柔性显示器件 第6-1部分：机械应力试验方法
-

