

ICS 29.140.99
CCS K71



团 体 标 准

T/CSA 066—2020

类太阳光 LED 器件

Sun-like LED Devices

版本：V01.00

2020-12-14 发布

2020-12-14 实施

国家半导体照明工程研发及产业联盟发布

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 技术要求	3
4.1 通用性要求	3
4.2 外观要求	3
4.3 工作环境要求	3
4.4 光学性能要求	3
4.5 高温光通比	3
4.6 高温颜色漂移	4
4.7 可靠性性能要求	4
4.8 光生物安全要求	5
5 测试方法	5
5.1 通用性要求的测试	5
5.2 目视法	5
5.3 电性能测试	5
5.4 光学性能测试	5
5.5 高温光通比	6
5.6 高温颜色漂移	6
5.7 可靠性试验方法	6
5.8 光生物安全	6
6 检验规则	6
6.1 检验分类	6
6.2 交收检验	6
6.3 例行试验	7
7 包装、运输和贮存	8
7.1 包装	8
7.2 运输	8
7.3 贮存	8
附录 A（资料性附录）拟合度系数计算及标准光源选择	9

前 言

类太阳光 LED 是一种具有高光品质的光源，越来越多的厂家已经推出类似的产品，市场正在逐步形成规模。希望通过《类太阳光 LED 器件》标准的制定，提出相应的技术指标要求及测试方法，能够推动半导体照明产业往高质量方向发展，加快健康照明的研究进展，更好服务于市场，引导产业健康和快速发展。

相对行业标准 QB/T 4057 《普通照明用发光二极管 性能要求》，本标准增加了光谱拟合度系数、颜色保真度指数 R_f 、颜色饱和度指数 R_g 、高温光通比、高温颜色漂移、可靠性和光生物安全等技术指标要求及其测试或计算方法。

本标准由国家半导体照明工程研发及产业联盟标准化委员会（CSAS）制定发布，版权归 CSA 所有，未经 CSA 许可不得随意复制；其他机构采用本标准的技术内容制定标准需经 CSA 允许；任何单位或个人引用本标准的内容需指明本标准的标准号。

到本标准正式发布为止，CSAS 未收到任何有关本标准涉及专利的报告。CSAS 不负责确认本标准的某些内容是否还存在涉及专利的可能性。

本标准主要起草单位：厦门信达信息科技集团有限公司、中国科学院半导体研究所、佛山市国星光电股份有限公司、厦门立达信照明有限公司、鸿利智汇集团股份有限公司、南昌大学、长春希达电子技术有限公司、浙江阳光照明电器集团股份有限公司、常州市友晟电子有限公司、乐雷光电（中国）有限公司、常州市武进区半导体照明应用技术研究院、厦门华联电子股份有限公司、广州市莱帝亚照明股份有限公司、海迪科（南通）光电科技有限公司、宁波公牛光电科技有限公司、北京大学东莞光电研究院、福建鸿博光电科技有限公司、中关村半导体照明联合创新重点实验室。

本标准主要起草人：王惠璇、陈亚勇、陈友三、杨华、袁毅凯、吕天刚、郭群强、李树强、阮程、潘安宇、潘丽君、刘志强、熊克苍、郑智斌、吕鹤男、熊敬康、章金惠、许建兴、黄耀伟、汪洋、孙智江、牛占彪、丁晓民、陈庆美、高伟。

类太阳光 LED 器件

1 范围

本标准规定了类太阳光 LED 器件（以下简称“LED 器件”）的术语和定义、技术要求、测试方法、检验规则及包装、运输、贮存等。

本标准仅适用于类太阳光 LED 器件，包括但不限于 SMD、COB、CSP、灯丝等封装形式的器件。

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 2423.1—2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 A：低温

GB/T 2423.2—2008 电工电子产品环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 B：高温

GB/T 2423.3—2016 环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 Cab：恒定湿热试验

GB/T 2423.22—2012 环境试验 第 2 部分：试验方法 试验 N：温度变化

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第 1 部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划

GB/T 2829 周期检查计数抽样程序及表（适用于对过程稳定性的检验）

GB/T 2900.65—2004 电工术语 照明

GB/T 10682 双端荧光灯 性能要求

GB/T 24826—2016 普通照明用 LED 产品和相关设备术语和定义

GB/T 37031—2018 半导体照明术语

QB/T 4057—2010 普通照明用发光二极管性能要求

QB/T 5208—2017 白光光源显色性评价方法

SJ/T 11394—2009 半导体发光二极管测试方法

T/CSA/TR 008—2019 类太阳光 LED 术语定义及相关问题研究

CIE 015—2018 色度学第四版（Colorimetry, 4th Edition）

IEC 62471 灯和灯系统的光生物安全（Photobiological safety of lamps and lamp systems）

IEC/TR 62778 IEC 62471 在光源和照明产品蓝光危害评价方面的应用（Application of IEC 62471 for the assessment of blue light hazard to light sources and luminaires）

ANSI C78.377 电灯：固态照明产品的色度规范（American National Standard for Electric Lamps - Specifications for the Chromaticity of Solid State Lighting Products）

IES TM—30—18 光源显色性评估方法（IES method for evaluating light source color rendition）

3 术语和定义

GB/T 2900.65—2004、GB/T 24826—2016、GB/T 37031—2018、IEC 62471、IEC/TR 62778界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

类太阳光 LED **sun-like LED**

以 LED 作为发光体通过不同的光谱组合技术在可见光区域模拟地表太阳光光谱组成的光源，其应用于人工照明时希望达到健康、舒适等目的。

[来源：T/CSA/TR 008—2019，5.1，有修改]

3.2

目标光谱 **target spectrum**

用来和被测光源光谱进行对比的，代表某种太阳光光谱的一组确定的光谱。

注：引用T/CSA/TR 008—2019。

3.3

拟合度系数 **goodness-of-fit coefficient**

e (GFC)

被测光谱在一定的波长范围内，根据相应的数学公式与目标光谱进行拟合所得到的数值，用来评估被测光谱和目标光谱的相似程度。

注：引用CSA/TR 008—2019。

3.4

颜色保真度指数 **colour fidelity index**

R_f

用于表征各标准色在测试光源照射下与参考光源相比的相似程度，数值从0~100，数值越高色彩真实度越佳。

注：引用IES TM—30—18。

3.5

颜色饱和度指数 **colour gamut index**

R_g

表征各标准色在测试光源照射下与参考光源相比的饱和程度。（指数100代表饱和度最佳，指数大于100代表光源可以提高颜色的饱和度，指数小于100代表颜色的饱和度在测试光源下会降低。）

注：引用IES TM—30—18。

3.6

高温光通比 **luminous flux ratio at high temperature**

LED器件在高于室温的规定焊盘温度条件下燃点时所发出的光通量与焊盘温度为25℃条件下燃点所发出光通量的比值。

注：比值一般用百分数表示。

3.7

颜色漂移 **color shift**

LED器件在规定条件下燃点，在寿命期间内一特定时间的颜色与初始颜色的差值。

注：颜色漂移用CIE1976颜色坐标的（ u' ， v' ）的差值 $\Delta u'v'$ 来表征。

3.8

高温颜色漂移 color shift at high temperature

LED器件在高于室温的规定焊盘温度条件下燃点时的颜色与焊盘温度为25℃条件下燃点时的颜色的差值。

注：高温颜色漂移用CIE1976颜色坐标的（ u' ， v' ）的差值 $\Delta u'v'_T$ 来表征。

4 技术要求

4.1 通用性要求

类太阳光LED器件应符合QB/T 4057—2010的技术要求。

4.2 外观要求

LED器件表面应无破损、脏污。

4.3 工作环境要求

LED器件应能在温度-40℃~85℃、相对湿度 $\leq 90\%$ 的环境下正常工作。

4.4 光学性能要求

4.4.1 初始光通量

在环境温度25℃或宣称条件下，LED器件的实测初始光通量应不低于制造商或销售商标称值的90%。

4.4.2 光谱功率分布相似度

与目标光谱进行对比，光谱功率分布相似度拟合度系数 $e(GFC)$ 应不小于0.95。

4.4.3 颜色保真度指数

R_f 应不小于 95。

4.4.4 颜色饱和度指数

R_g 应不小于 95。

4.4.5 相关色温及色品坐标

相关色温及色品坐标应满足GB/T 10682或ANSI C78.377的要求。

4.5 高温光通比

同一颗LED器件分别在55℃、85℃、105℃和25℃焊盘温度 T_s 下用额定电流测试光谱范围380nm~800nm的光通量，其中测试仪器温控装置控温精度在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内。

高温光通比计算公式：

$$\eta_{\Phi}(T)=\Phi_T/\Phi_0\times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$\eta_{\Phi}(T)$ ——某一特定焊盘温度 T_s 下高温光通比；

Φ_0 ——焊盘温度 T_s 为25℃下额定电流下测试的初始光通量；

Φ_T ——在某一特定焊盘温度 T_s （如55℃、85℃、105℃等）下额定电流下测试的光通量。

应满足：

55℃下光通比 $\eta_{\Phi}(55)\geq 92\%$ 。

85℃下光通比 $\eta_{\Phi}(85)\geq 85\%$ 。

105℃下光通比 $\eta_{\Phi}(105)\geq 80\%$ 。

4.6 高温颜色漂移

同一颗LED器件分别在55℃、85℃、105℃和25℃焊盘温度 T_s 下用额定电流测试的色坐标，其中测试仪器温控装置控温精度在 $\pm 1^\circ\text{C}$ 以内。

高温颜色漂移量计算公式：

$$\Delta u'_T = u'_T - u'_{25} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\Delta v'_T = v'_T - v'_{25} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\Delta u'_T v'_T = \sqrt{\Delta u'^2_T + \Delta v'^2_T} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$\Delta u'_T v'_T$ ——某一特定焊盘温度 T_s 下高温颜色漂移量；

u'_{25}, v'_{25} ——焊盘温度 T_s 为25℃下测试的色坐标值；

u'_T, v'_T ——某一特定焊盘温度 T_s （如55℃、85℃、105℃等）下测试的色坐标值。

在焊盘温度 T_s 不高于105℃条件下，高温颜色漂移应满足：

$\Delta u'_T v'_T$ 不应大于0.007。

4.7 可靠性性能要求

4.7.1 高温存储

经1000小时高温（ $t_{\text{amb}}=100^\circ\text{C}$ ）存储后，电压变化不应超过3%，光通量相对于初始光通量的变化不应超过5%，颜色漂移 $\Delta u'v'$ 不应大于0.007。

4.7.2 低温存储

经1000小时低温（ $t_{\text{amb}}=-40^\circ\text{C}$ ）存储后，电压变化不应超过3%，光通量相对于初始光通量的变化不应超过5%，颜色漂移 $\Delta u'v'$ 不应大于0.007。

4.7.3 高温高湿存储

经1000小时高温高湿（ $t_{\text{amb}}=85^\circ\text{C}$ ，RH=85%）存储后，电压变化不应超过3%，光通量相对于初始光通量的变化不应超过10%，颜色漂移 $\Delta u'v'$ 不应大于0.01。

4.7.4 高温老化

经1000小时高温（ $t_{amb}=85^{\circ}\text{C}$ ， I_F =额定电流）电老化后，电压变化不应超过10%，光通维持率要求高于90%，颜色漂移 $\Delta u'v'$ 不应大于0.007。

4.7.5 高温高湿老化

经1000小时高温高湿（ $t_{amb}=85^{\circ}\text{C}$ ， $\text{RH}=85\%$ ， I_F =额定电流）电老化后，电压变化不应超过10%，光通维持率要求高于90%，颜色漂移 $\Delta u'v'$ 不应大于0.01。

4.7.6 冷热冲击

以 -40°C 保持 30 min和 100°C 保持 30 min 为一个循环，经200次循环后，死灯数量要求为0。

4.8 光生物安全要求

LED器件的光生物危害级别应不高于RG1。

5 测试方法

5.1 通用性要求的测试

根据QB/T 4057—2010中第6章进行测试。

5.2 目视法

目视法应在被照面不低于1000lx照度下检验。

5.3 电性能测试

电性能参照SJ/T 11394—2009中5.2进行测试。

5.4 光学性能测试

5.4.1 光通量测试

光通量参照SJ/T 11394—2009中5.3.3进行测试。

5.4.2 光谱功率分布相似度

对待测光谱和标准光源按照 560nm的强度值进行归一化，参考附录A进行计算。

拟合度系数 $e(\text{GFC})$ 计算公式如下公式（4）：

$$e(\text{GFC}) = \frac{\left| \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} S_{\text{LED}} S_{\text{Target}} d\lambda \right|}{\left[\left(\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} S_{\text{LED}}^2 d\lambda \right)^{1/2} \left(\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} S_{\text{Target}}^2 d\lambda \right)^{1/2} \right]} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

S_{LED} ——被测LED器件的相对光谱功率分布；

S_{Target} ——目标光源的相对光谱功率分布。光谱功率对560nm的强度值进行归一化。拟合波长范围：430nm~687nm。目标光谱的选择参考CIE 015—2018。

注：引用T/CSA/TR 008—2019。

5.4.3 颜色保真度指数

参照QB/T 5208—2017中4.2和4.3进行计算。

5.4.4 颜色饱和度指数

参照QB/T 5208—2017中4.2和4.3进行计算。

5.4.5 色品坐标测试

色品坐标参照SJ/T 11394—2009中5.5.2进行测试。

5.5 高温光通比

光通量参照SJ/T 11394—2009中5.3.3进行测试，并按照本文件4.5的公式计算LED器件的高温光通比。

5.6 高温颜色漂移

色品坐标参照SJ/T 11394—2009中5.5.2进行测试，并按照本文件4.6的公式计算LED器件的高温颜色漂移。

5.7 可靠性试验方法

可靠性试验按照表1的试验条件和参照标准进行试验。

表1 可靠性试验方法

章条号	项目名称	试验条件	参照标准
5.7.1	高温存储	$t_{amb}=100^{\circ}\text{C}$ 恒温条件下存储 1000h	GB/T 2423.2—2008
5.7.2	低温存储	$t_{amb}=-40^{\circ}\text{C}$ 恒温条件下存储 1000h	GB/T 2423.1—2008
5.7.3	高温高湿存储	$t_{amb}=85^{\circ}\text{C}$ 恒温, RH=85%湿度的条件下保存 1000h	GB/T 2423.3—2016
5.7.4	高温老化	$t_{amb}=85^{\circ}\text{C}$ 恒温条件下, I_F =额定电流点亮光源	GB/T 2423.2—2008
5.7.5	高温高湿老化	$t_{amb}=85^{\circ}\text{C}$ 恒温, RH=85%湿度的条件下, I_F =额定电流点亮光源	GB/T 2423.3—2016
5.7.6	冷热冲击	-40°C (30min) ~ 100°C (30min), 转移时间 2~3min, 共 200 次循环	GB/T 2423.22—2012

5.8 光生物安全

按照IEC 62471规定进行评定。

6 检验规则

6.1 检验分类

LED器件必须经检验合格后附合格证书方能出厂，检验分为交收检验、例行试验。

6.2 交收检验

a) 交收检验是从每班生产的同一型号的批次中随机抽样检验，抽样按GB/T 2828.1的规

定进行，QB/T 4057—2010中所规定的试验项目、抽样方案、检验水平、接受质量限应符合QB/T 4057—2010中7.2的表4的规定，其余的检验项目、抽样方案、检验水平及合格质量水平应符合表2的规定。

b) 若交收检验不合格，则该批产品应全部进行全检。剔除不合格品才可再提交验收。若再次提交批经检验仍不合格，则停止交收，分析原因，提出改进措施。

表2 交收检验的检验项目、检验水平及质量判定

章条号	检验项目	技术要求	试验方法	抽样方案	检验水平	AQL%
6.2.1	外观	4.2	5.2	一次	N-II	4.0
6.2.2	初始光通量	4.4.1	5.4.1		S-2	2.5
6.2.3	光谱功率分布相似度	4.4.2	5.4.2			
6.2.4	颜色保真度指数	4.4.3	5.4.3			
6.2.5	颜色饱和度指数	4.4.4	5.4.4			
6.2.6	相关色温及色品坐标	4.4.5	5.4.5			

6.3 例行试验

例行试验的LED器件应从交收试验合格的LED器件中均匀地抽取，每年不少于一次。例行试验按GB/T 2829的判别水平I的一次抽样方案执行，其试验项目、不合格质量水平、抽样数量和不合格判定数组按表3规定进行。

表3 例行试验的试验项目、不合格质量水平、抽样数量和判别数值

章条号	检验项目	技术要求	试验方法	RQL %	样本大小	判定数值	
6.3.1	外观	4.2	5.2	25	12	[2,3]	
6.3.2	初始光通量	4.4.1	5.4.1			[1,2]	
6.3.3	光谱功率分布相似度	4.4.2	5.4.2				
6.3.4	颜色保真度指数	4.4.3	5.4.3				
6.3.5	颜色饱和度指数	4.4.4	5.4.4				
6.3.6	相关色温及色品坐标	4.4.5	5.4.5				
6.3.7	高温光通比	4.5	5.5		10	[1,2]	
6.3.8	高温颜色漂移	4.6	5.6		22	[2,3]	
6.3.9	高温存储	4.7.1	5.7.1				
6.3.10	低温存储	4.7.2	5.7.2				
6.3.11	高温高湿存储	4.7.3	5.7.3				
6.3.12	高温老化	4.7.4	5.7.4				
6.3.13	高温高湿老化	4.7.5	5.7.5				
6.3.14	冷热冲击	4.7.6	5.7.6				
6.3.15	光生物安全要求	4.8	5.8				1

7 包装、运输和贮存

7.1 包装

外包装应采用防静电铝箔袋，铝箔袋内放干燥剂、湿度指示卡和合格证，铝箔袋内抽真空密封保存并运输。

合格证应包含以下信息：

- a) 制造厂名称或注册商标；
- b) 产品名称和型号；
- c) 检验日期；
- d) 检验员签章；
- e) LED器件分档信息。

7.2 运输

LED器件在运输过程中应避免雨雪淋袭和强烈的机械振动。

7.3 贮存

LED器件产品应该保存在干燥的环境内，环境保存温度5℃~30℃保存，最大湿度不应超过60%。

附录A
(资料性附录)
拟合度系数计算及标准光源选择

A.1 拟合度系数计算

拟合度系数 e(GFC)计算公式如下:

$$e(\text{GFC}) = \frac{|\int S_{LED} S_{Target} d\lambda|}{(\int |S_{LED}|^2 d\lambda)^{\frac{1}{2}} (\int |S_{Target}|^2 d\lambda)^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots (\text{A.1})$$

式中:

S_{LED} ——被测 LED 的相对光谱功率分布;

S_{Target} ——标准光源的相对光谱功率分布,对 560nm 的能量归一化为 100。

由于现有的类太阳光光谱大都是通过 LED 蓝光芯片+荧光粉实现,这种方案 680nm 以后能量不足,而且考虑视觉函数中的强度属性:

- a) 明视觉函数中对应 0.01 的波长为 430nm 和 687nm;
- b) 明视觉函数中对应 0.001 的波长为 410nm 和 720nm;
- c) 明视觉函数中对应 0.0001 的波长为 390nm 和 750nm。

综合考虑,建议评估拟合度系数 e(GFC),波长范围:430nm-687nm。

A.2 目标光谱选择

目标光谱的选择可以参考 CIE 015—2018:

- (a) 相关色温在 4000K~25000K 的目标光谱采用 CIE 定义的昼光光谱功率分布:
在 1931 (x,y) 色度坐标中,昼光 (D) 照明体定义为如下关系:

$$y_D = -3.0x_D^2 + 2.870x_D - 0.275 \dots\dots\dots (\text{A.2})$$

式中:

x_D ——在 0.250 和 0.380 之间,昼光 (D) 的相关色温 T_{CP} 与 x_D 的关系由基于 CIE 1960 均匀色度图的普朗克轨迹法向的下列等式确定:

相关色温在约 4000K 至 7000K 之间:

$$x_D = \frac{-4.6070 \times 10^9}{T_{CP}^3} + \frac{2.9678 \times 10^6}{T_{CP}^2} + \frac{0.09911 \times 10^3}{T_{CP}} + 0.244063 \dots\dots\dots (\text{A.3})$$

相关色温在约 7000K 至 25000K 之间:

$$x_D = \frac{-2.0064 \times 10^9}{T_{CP}^3} + \frac{1.9018 \times 10^6}{T_{CP}^2} + \frac{0.24748 \times 10^3}{T_{CP}} + 0.237040 \dots\dots\dots (\text{A.4})$$

式中:

T_{CP} ——以 K 为单位的相对色温。

标准光源相对光谱功率分布:

$$S_D(\lambda) = S_0(\lambda) + M_1 S_1(\lambda) + M_2 S_2(\lambda) \dots\dots\dots (\text{A.5})$$

式中:

$S_0(\lambda)$, $S_1(\lambda)$, $S_2(\lambda)$ ——波长 λ 的函数, 参见 CIE 015—2018 中表格 6。其中 M_1 和 M_2 由下面公式给出:

$$M_1 = \frac{-1.3515 - 1.7703x_D + 5.9114y_D}{0.0241 + 0.2562x_D - 0.7341y_D} \dots\dots\dots (A.6)$$

$$M_2 = \frac{0.0300 - 31.4424x_D + 30.0717y_D}{0.0241 + 0.2562x_D - 0.7341y_D} \dots\dots\dots (A.7)$$

(b) 相关色温在 4000K 以下光源采用黑体辐射谱功率分布

不同色温和黑体辐射光谱符合以下关系:

$$B_\lambda(T) = \frac{2hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{KT_B\lambda}} - 1} \dots\dots\dots (A.8)$$

式中:

T ——色温;

h ——普朗克常数;

c ——光速 $2.998 \times 10^8 \text{m/s}$;

K ——玻尔兹曼常数;

T_B ——黑体绝对温度;

λ ——辐射波长。

注 1: 以上单位均采用国际单位制基本单位。

注 2: 引用 T/CSA/TR 008—2019。

