

摘要：半导体发光二极管（LED）是新型的发光体，电光效率高、体积小、寿命长、电压低、节能和环保，是下一代理想的照明器件。LED 光电测试是检验 LED 光电性能的重要而且唯一的手段，相应的测试结果是评价和反映当前我国 LED 产业发展水平的依据。制定 LED 光电测试方法的标准是统一衡量 LED 产品光电性能的重要途径，是使测试结果真实反映我国 LED 产业发展水平的前提。本文结合最新的 LED 测试方法的国家标准，介绍了 LED 的光电性能测试的几个主要方面。

关键词：LED 测试方法 国家标准

一、引言

半导体发光二极管（LED）已经被广泛应用于指示灯、信号灯、仪表显示、手机背光源、车载光源等场合，尤其是白光 LED 技术的发展，LED 在照明领域的应用也越来越广泛。但是过去对于 LED 的测试没有较全面的国家标准和行业标准，在生产实践中只能以相对参数为依据，不同的厂家、用户、研究机构对此争议很大，导致国内 LED 产业的发展受到严重影响。因此，半导体发光二极管测试方法国家标准应运而生。

二、LED 测试方法及内容

基于 LED 各个应用领域的实际需求，LED 的测试需要包含多方面的内容，包括：电特性、光特性、开关特性、颜色特性、热学特性、可靠性等。

1、电特性

LED 是一个由半导体无机材料构成的单极性 PN 结二极管，它是半导体 PN 结二极管中的一种，其电压-电流之间的关系称为伏安特性。由图 1 可知，LED 电特性参数包括正向电流、正向电压、反向电流和反向电压，LED 必须在合适的电流电压驱动下才能正常工作。通过 LED 电特性的测试可以获得 LED 的最大允许正向电压、正向电流及反向电压、电流，此外也可以测定 LED 的最佳工作电功率。

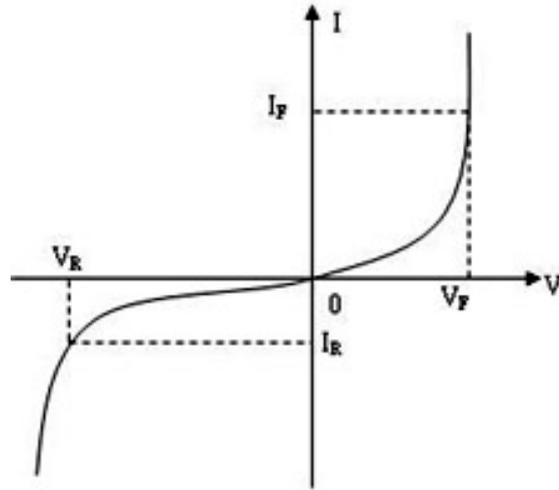


图 1 LED 伏安特性曲线

LED 电特性的测试一般利用相应的恒流恒压源供电下利用电压电流表进行测试。

2、光特性

类似于其它光源，LED 光特性的测试主要包括光通量和发光效率、辐射通量和辐射效率、光强和光强分布特性和光谱参数等。

(1) 光通量和光效

有两种方法可以用于光通量的测试，积分球法和变角光度计法。变角光度计法是测试光通量的最精确的方法，但是由于其耗时较长，所以一般采用积分球法测试光通量。如图 2 所示，现有的积分球法测 LED 光通量中有两种测试结构，一种是将被测 LED 放置在球心，另外一种是在球壁。

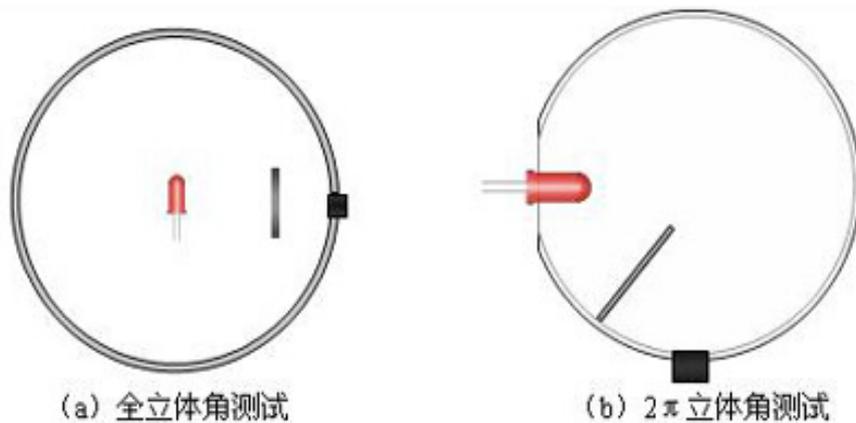


图 2 积分球法测 LED 光通量

此外，由于积分球法测试光通量时光源对光的自吸收会对测试结果造成影响，因此，往往引入辅助灯，如图 3 所示。

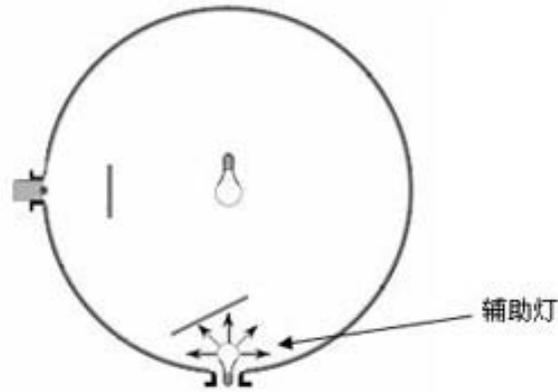


图 3 辅助灯法消除自吸收影响

在测得光通量之后，配合电参数测试仪可以测得 LED 的发光效率。而辐射通量和辐射效率的测试方法类似于光通量和发光效率的测试。

(2) 光强和光强分布特性

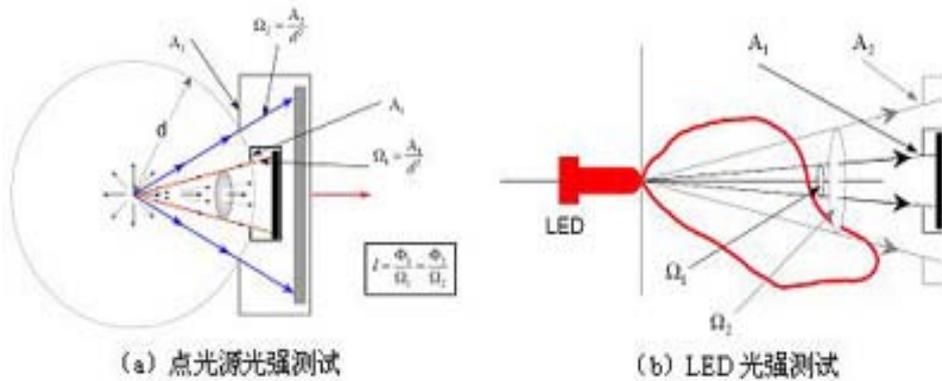


图 4 LED 光强测试中的问题

如图 4 所示，点光源光强在空间各方向均匀分布，在不同距离处用不同接收孔径的探测器接收得到的测试结果都不会改变，但是 LED 由于其光强分布的不一致使得测试结果随测试距离和探测器孔径变化。因此，CIE-127 提出了两种推荐测试条件使得各个 LED 在同一条件下进行光强测试与评价，目前 CIE-127 条件已经被各 LED 制造商和检测机构引用。

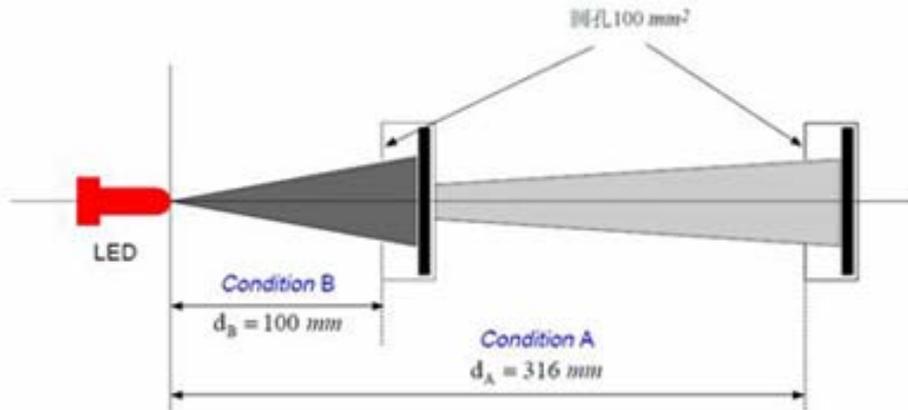


图 5 CIE-127 推荐 LED 光强测试条件

(3) 光谱参数

LED 的光谱特性参数主要包括峰值发射波长、光谱辐射带宽和光谱功率分布等。单色 LED 的光谱为单一波峰，特性以峰值波长和带宽表示，而白光 LED 的光谱由多种单色光谱合成。所有 LED 的光谱特性都可通过光谱功率分布表示，而由 LED 的光谱功率分布还可计算得到色度参数。

光谱功率分布的测试需要通过分光进行，将各色光从混合的光中区分出来进行测定，一般可以采用棱镜和光栅实现分。

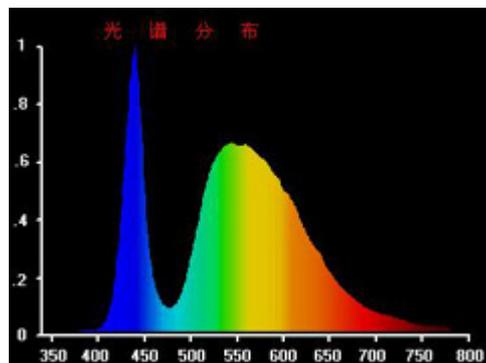


图 6 白光 LED 光谱功率分布

3、开关特性

性是指 LED 通电和断电瞬间的光、电、色变化特性。通过 LED 开关特性的测试可以获得 LED 在通断电瞬间工作状态、物质属性等的变化规律，由此不仅可了解通断电对 LED 的损耗，也可用以指导 LED 驱动模块的设计等。

4、颜色特性

LED 的颜色特性主要包括色品坐标、主波长、色纯度、色温及显色性等，LED 的颜色特性对白光 LED 尤为重要。

现有的颜色特性测试方法有分光光度法和积分法。如图 7 所示：分光光度法是通过单色仪分光测得 LED 光谱功率分布，之后利用色度加权函数积分获得对应色度参数；积分法是利用特定滤色片配合光电探测器直接测得色度参数；分光光度法的准确性要大大高于积分法。

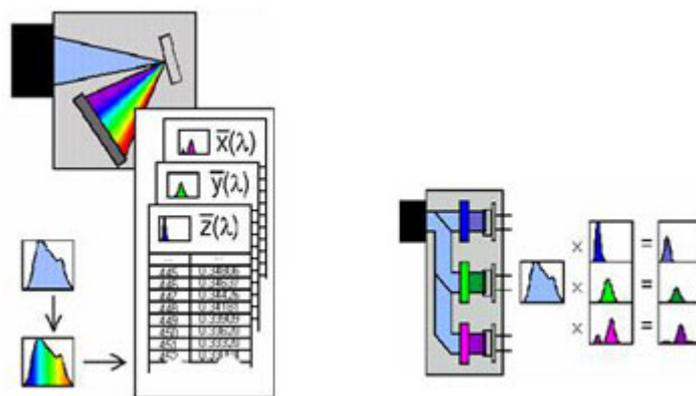


图 7 LED 颜色特性测试方法

5、热学特性

LED 的热学特性主要指热阻和结温。热阻是指沿热流通道上的温度差与通道上耗散的功率之比。结温是指 LED 的 PN 结温度。LED 的热阻和结温是影响 LED 光电性能的重要因素。

现有的对 LED 结温的测试一般有两种方法：一种是采用红外测温显微镜或微型热偶测得 LED 芯片表面的温度并视其为 LED 的结温，但是准确度不够；另外一种是利用确定电流下的正向偏压与结温之间反比变化的关系来判定 LED 的结温。

6、可靠性

LED 的可靠性包括静电敏感度特性、寿命、环境特性等。

静电敏感度特性是指 LED 能承受的静电放电电压。某些 LED 由于电阻率较高，且正负电极距离很短，若两端的静电电荷累积到一定值时，这一静电电压会击穿 PN 结，严重时可将 PN 结击穿导致 LED 失效，因此必须对 LED 的静电敏感度特性进行测试，获得 LED 的静电放电故障临界电压。目前一般采用人体模式、机器模式、器件充电模式来模拟现实生活中的静电放电现象。

为了观察 LED 在长期连续使用情况下光性能的变化规律，需要对 LED 进行抽样试验，通过长期观察和统计获得 LED 寿命参数。

对于 LED 环境特性的试验往往采用模拟 LED 在应用中遇到的各类自然侵袭，一般有：高低温冲击试验、湿度循环试验、潮湿试验、盐雾试验、沙尘试验、辐照试验、振动和冲击试验、跌落试验、离心加速度试验等。

三、国家标准的制定

总结以上测试方法，半导体发光二极管测试方法国家标准对 LED 电特性、光学特性、热学特性、静电特性及寿命测试都作了相应的规定。

对于电特性测试，标准分别规定了 LED 正向电压、反向电压、反向电流的测试框图；对于光通量测试，标准规定采用 2π 立体角测试结构；对于光强测试，标准引用了 CIE-127 的推荐条件；此外，对光谱测试、热学特性测试、静电放电敏感度测试、寿命测试等都作了明确的规定。

四、结论

国家标准的制定总结了现有 LED 的测试方法，将其中的科学适用的方法升级为标准测试方法，很好地消除了各界在 LED 测试领域存在的分歧，也使测试结果更加真实地反映我国 LED 产业的整体水平。但是鉴于 LED 技术还在处于不断地发展之中，国家标准的制定并不是一劳永逸的，应当时刻将最新最合适的测试技术引入标准之中。