

# 紫外发光二极管步进老化远程在线测试系统

朱丽虹, 黄剑陵, 郭自泉, 陈国龙, 陈忠, 吕毅军

(1.厦门大学 电子科学与技术学院, 2.福建省固态半导体照明工程研究中心,  
福建 厦门 361005))

**摘要:** 紫外发光二极管(UV LED)已广泛应用于污水处理、杀菌消毒等领域,但商业 UV LED 还存在外量子效率低、光电稳定性差等问题。为了安全有效的评估和预测 UV LED 的稳定性与寿命,设计并开发了一套基于智能手机的远程在线监控的 UV LED 老化测试系统。对测试系统进行光谱校准获得光谱校准系数,并进行了结温和峰值波长线性关系的校准,以便在老化实验中获得 LED 的实时结温,提高寿命预测的准确性。该系统利用步进应力老化方法对两组 UV LED 进行两步步进应力老化实验。最后,开发了基于智能手机的远程在线测试系统,以保证老化实验的安全性和便利性。

**关键词:** 紫外发光二极管; 步进应力; 寿命预测; 远程在线测试系统

**中图分类号:** TH744 **文献标识码:** B

## Remote Online Testing System for Step Aging of Ultraviolet Light-Emitting Diodes

Zhu Lihong, Huang Jianling, Guo Ziquan, Chen Guolong, Chen Zhong, Lu Yijun

(1.School of Electronic Science and Technology, Xiamen University, 2.Fujian Engineering Research Center for  
Solid-state Lighting, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** Ultraviolet light emitting diodes (UV LEDs) have been widely used in fields such as sewage treatment and disinfection, but commercial UV LEDs still have problems such as low external quantum efficiency and poor photoelectric stability. In order to evaluate and predict the stability and lifetime of UV LEDs safely and efficiently, they designed a comprehensive UV LEDs aging testing system. The system utilizes a two-step stress aging method to conduct two-step stress aging experiments on two sets of UV LEDs; Perform spectral calibration on the testing system to obtain spectral correction coefficients, and calibrate the linear relationship between junction temperature and peak wavelength to obtain real-time junction temperature of LEDs in aging experiments and improve the accuracy of lifespan prediction; Finally, a remote online

testing system based on smartphones was developed to ensure the safety and convenience of aging experiments.

**Keywords:** Ultraviolet light emitting diode; stepping test; lifetime prediction; remote online testing system

## 1 介绍

紫外发光二极管 (UV LED) 已广泛应用于各个领域<sup>[1]</sup>, 如污水处理<sup>[2]</sup>、杀菌消毒<sup>[3-5]</sup>、紫外线固化<sup>[6]</sup>、医学诊断<sup>[7]</sup>、植物生长照明<sup>[8]</sup>和光疗<sup>[9-10]</sup>等。对于 UV LED, 目前在材料掺杂与生长、工艺改进和效率提升等方面进行了广泛的研究, 并取得了良好的成果, 但当前 UV LED 芯片的在环氧树脂封装材料和氧化铜锡导电层等方面仍然存在短板, 因此 UV LED 仍然存在发光效率不高、稳定性不佳和温度较高等问题。

近年来, UV LED 的可靠性研究引起了许多研究小组的关注<sup>[11-15]</sup>。Kitamura 等人<sup>[11]</sup>研究了 UV LED 在不同温度和电流下的老化情况。Jing 等人<sup>[12]</sup>已将长短期记忆递归神经网络应用于 UV LED 的寿命预测。Fujioka 等人<sup>[13]</sup>报道了高输出功率深紫外 LED 的外部量子效率退化和寿命特性。Glaab 等人<sup>[14]</sup>揭示了 InAlGa<sub>N</sub> 基紫外线-B (UV-B) LED 在不同老化阶段受到电流和温度应力的失效机制。Ruschel 等人<sup>[15]</sup>研究了俄歇复合对 310 nm 紫外 LED 失效机制的影响。由于 UV LED 的发光效率低, 热管理对老化测试和寿命评估产生了关键影响。Wang 等人<sup>[16]</sup>报道, 考虑结温影响的校正光通量明显提高了老化过程中寿命评估的准确性。

寿命加速技术经常用于评估 LED 的可靠性和寿命, 分为恒定应力加速老化测试 (CSADT) 和步进应力加速老化测试 (SSADT) <sup>[17]</sup>。对于 CSADT, 需要至少两次具有不同应力的平行老化试验来计算加速因子<sup>[18]</sup>。SSADT 的概念是由 Nelson 于 1980 年提出的, 它将同一组样品的多个应力组合在一次测试中, 可以基于 Nelson 模型<sup>[19-20]</sup>计算不同应力下的等效寿命。与 CSADT 相比, SSADT 提高了寿命预测的一致性并减少了样品数量和实验成本, 因此, 特别适用于 UV LED 等高成本样品<sup>[21-23]</sup>。

国内外大多科研单位和企业一般采用传统离线老化测试方法, 但这种方法需要不断调整样品, 可能会破坏原有实验条件从而影响样品状态, 同时也会出现人工操作误差等情况。在线老化测试的方法相比离线的方法有着显著的提升<sup>[24-26]</sup>, 尤其是考虑到了紫外 LED 对人体和设备的辐射安全问题。因此, 本文开发出一套基于 Linux 系统的针对 UV LED 的光电热特性综合检测的在线老化测试系统。为了方便科研人员进行离场测试, 创新性地加入了智能手