

ICS 77.040.99  
H 21



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 30655—2014

GB/T 30655—2014

## 氮化物 LED 外延片内量子效率测试方法

Test methods for internal quantum efficiency of nitride LED epitaxial layers

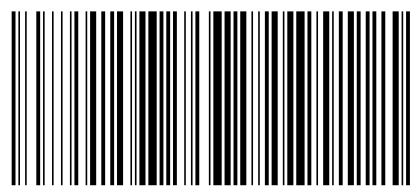
中华人民共和国  
国家标准  
氮化物 LED 外延片内量子效率测试方法  
GB/T 30655—2014

\*  
中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)  
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)  
网址 www.spc.net.cn  
总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235  
读者服务部:(010)68523946  
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

\*  
开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 16 千字  
2015 年 3 月第一版 2015 年 3 月第一次印刷

\*  
书号: 155066·1-51053 定价 16.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



GB/T 30655—2014

2014-12-31 发布

2015-09-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

温度降到 10 K,测试其 PL 谱,然后通过加热器,使样品温度升高到室温 295 K,继续测试 PL 谱,然后分别计算两个 PL 谱的积分强度,通过室温 PL 和低温 PL 的比值计算 LED(外延片)的内量子效率。

举例:通过专用软件绘出 PL 谱,如图 2 所示,拟合得出室温和低温下的 PL 积分强度,计算内量子效率为 79.5%。

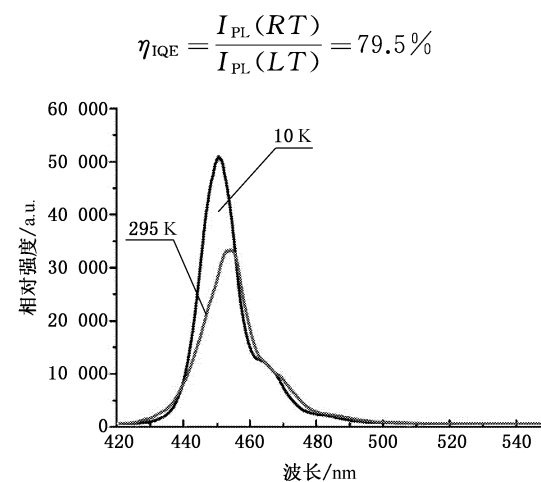


图 2 PL 谱测试结果

### 10.2 利用同温变激发密度光致发光光谱积分强度测量内量子效率

室温下,采用测试方法二,利用图 1 装置,激光器为 405 nm 激光器,激光功率为 50 mW,激光光斑为 100  $\mu\text{m}$ ,通过连续衰减片,使激光功率分别为 10%、15%、20%、35%、50%、70%、100%,测量其 PL 谱,并计算其 PL 谱的积分强度,然后通过式(4)得出光谱强度的变化规律,通过专用软件拟合计算 LED 的内量子效率变化曲线如图 3 所示。

举例:通过专用软件拟合得出  $\eta_{IQE} = \frac{I_{PL}}{\eta_c G} = 81.2\%$ 。

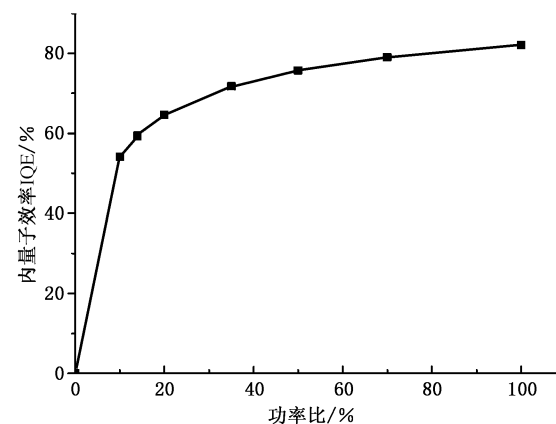


图 3 软件拟合结果

### 10.3 利用出光模型从外量子效率倒推内量子效率

采用测试方法三,首先根据 LED 的结构,模拟 LED 的提取效率,然后将 LED 外延片加工成芯片,通过电功率测得其外量子效率,然后通过计算即可得出 LED 的内量子效率。

举例:室温下,通过测量其蓝光功率为 42.5 mW,工作电流 350 mA,其峰值波长为 455 nm,得出其

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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这些专利的责任。

本标准由全国半导体设备和材料标准化技术委员会(SAC/TC 203)和全国半导体设备和材料标准化技术委员会材料分会(SAC/TC 203/SC 2)共同提出并归口。

本标准起草单位:中国科学院半导体研究所。

本标准主要起草人:魏学成、赵丽霞、王军喜、曾一平、李晋闽。

稳态下:

$$G = A \left( \frac{I_{PL}}{\eta_c B} \right)^{1/2} + \frac{I_{PL}}{\eta_c} + C \left( \frac{I_{PL}}{\eta_c B} \right)^{3/2} \dots\dots\dots (5)$$

利用式(1)、式(4)推出式(5)并拟合  $G$  随  $I_{PL}$  的变化曲线,可获得  $\eta_c$ ,进而得到  $\eta_{IQE} = \frac{I_{PL}}{\eta_c G}$ 。

测试装置与变温测试系统一致,但可以省略温控装置,直接在室温下进行。

5.4 利用出光模型从外量子效率倒推内量子效率:首先利用积分球直接测量光功率,并通过式(6)计算出外量子效率。而外量子效率由内量子效率和提取效率组成,进而推导出内量子效率,如式(7)所示。因此通过光学软件模拟出光提取效率,即可得到内量子效率。由于 LED 外延材料结构、芯片结构和封装结构难以取得一致,此方法可以作为其他两种方法的验证,但不推荐作为标准推广。

$$\eta_{EQE} = \frac{\int P(\lambda)/h\nu(\lambda) d\lambda}{I/e} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

- $P$  —— 光功率;
- $I$  —— 电流;
- $e$  —— 电荷;
- $\lambda$  —— 波长。

$$\eta_{IQE} = \frac{\eta_{EQE}}{\eta_{extraction}} \dots\dots\dots (7)$$

## 6 仪器

6.1 氮化物 LED 外延片内量子效率测试仪器为荧光光谱仪,测试系统需包括光源、聚焦透镜、致冷机、冷头、低温样品架、单色仪、探测器、数据采集处理系统等。

6.2 光源采用单模激光器(其光子能量需大于有源区带隙),例如蓝光 LED 可以采用 405 nm 激光器,透镜采用平凸透镜,致冷机采用液氮致冷机,数据采集处理系统由计算机和专用数据处理程序软件组成。

6.3 由于内量子效率与注入的载流子密度相关,计算内量子效率时需要给出激发波长、激发密度。

## 7 测试环境

除另有规定外,应在下列条件下进行测试:

- a) 环境温度:  $23 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- b) 相对湿度:  $\leq 90\%$ ;
- c) 大气压:  $86 \text{ kPa} \sim 106 \text{ kPa}$ ;
- d) 测试环境应无影响测试准确度的机械振动、电磁、光照和化学腐蚀等干扰。

## 8 试样

测试样片应为抛光晶片,晶片表面洁净。

# 氮化物 LED 外延片内量子效率测试方法

## 1 范围

本标准规定了 III-V 族氮化物 LED 外延片内量子效率的测试方法。  
本标准适用于基于 III-V 族氮化物的量子阱 LED 内量子效率的测试。

## 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 6379 测量方法与结果的准确度(正确度与精密度)

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 辐射复合 radiative recombination

电子从高能态到低能态的跃迁过程中,电子和空穴复合时会释放一定的能量,如果能量以光子的形式释放,这种复合称为辐射复合。

### 3.2

#### 非辐射复合 nonradiative recombination

电子从高能态到低能态的跃迁过程中,电子和空穴复合时会释放一定的能量,以除光子辐射之外的其他方式释放能量的复合称为非辐射复合。

### 3.3

#### 光提取效率 extraction efficiency

发光二极管单位时间内发出的光子数与有源区内辐射复合产生的光子数之间的比值。

### 3.4

#### 外量子效率 external quantum efficiency

单位时间内注入的载流子数对外发出的光子数与注入载流子数之间的比值。

### 3.5

#### 内量子效率 internal quantum efficiency

在一定的注入条件下,单位时间内辐射复合产生的光子数与单位时间内注入的复合载流子总数之间的比值。

### 3.6

#### 注入效率 injection efficiency

在一定注入条件下单位时间内注入有源区中产生复合的载流子数与注入载流子总数之间的比值。

### 3.7

#### 激子 exciton

由库仑相互作用束缚在一起的电子空穴对。