

# 氮化镓基发光二极管的发光光谱和功率特性

张书明 朱建军 李德尧 杨 辉

(中国科学院半导体研究所 集成光电子学国家重点实验室, 北京 100083)

摘要: 用直流和脉冲电流的方法研究了氮化镓基紫色和蓝色发光二极管的发光光谱和功率特性. 结果表明, 紫色发光二极管的发光中心波长在直流情况下随电流的增加发生红移, 在脉冲情况下随电流的增加发生蓝移; 蓝色发光二极管的发光中心波长在直流和脉冲情况下都发生蓝移. 两种发光二极管的功率在直流情况下会发生饱和, 并随电流的进一步增加而急剧减小, 以上现象可能是由于热效应和量子阱中的压电效应引起的.

关键词: 氮化镓; 发光二极管; 压电效应; 波长移动

PACC: 7850G; 7860F

中图分类号: TN304

文献标识码: A

文章编号: 0253-4177(2005)S0-0158-03

## 1 引言

氮化镓基发光二极管在光显示、交通信号灯等领域具有广阔的应用前景, 特别是它与荧光粉结合制成白光发光二极管有望替代目前的白炽灯, 成为 21 世纪绿色光源<sup>[1]</sup>. 但是由于氮化镓基材料特有的压电效应等特性, 氮化镓基发光二极管的发光波长随着注入电流的增加会发生移动, 其发光功率也会由于热效应随着注入电流的增加而偏离线性的增加, 这些都造成了发光二极管的不稳定性, 从而影响产品的性能. 本文应用直流和脉冲电流的方法研究了氮化镓基发光二极管的中心波长和发光功率随注入电流变化的情况, 初步分析了这种变化的原因, 同时提出了抑制这种变化的一些措施.

## 2 实验

本研究中所使用的发光二极管是在 TSSEL 3  $\times$  2" CCS GaN MOCVD 系统中生长的, 其基本结构为: 首先在蓝宝石衬底上生长约  $3\mu\text{m}$  厚的 n 型 GaN, 接着生长 InGaN/GaN 量子阱有源区, 然后生长约  $0.3\mu\text{m}$  的 p 型 GaN, 最后制备 p 型和 n 型接触电极, 封装成发光二极管. 本研究中用 SourceMeter2400 测量二极管的直流特性, 用 HP Pulse generator 脉冲电源测试二极管的脉冲特性, 测试的脉

冲宽度为  $1\mu\text{s}$ , 重复频率 1000Hz, 通过单色仪和锁相放大器测试并获得二极管的发光光谱, 用光谱的积分强度来表征二极管的发光功率.

## 3 结果

在实验中测试了氮化镓基紫色和蓝色发光二极管的中心波长和光输出功率随注入电流变化特性, 图 1 和图 2 分别显示了紫光和蓝光发光二极管的中心波长和光输出功率随注入电流增加的变化规律. 从图 1 中可以看到紫色发光二极管的中心波长在直流情况下随着电流的增加发生红移, 而在脉冲情况下则随着电流的增加发生蓝移; 光功率在直流情况下随电流的增加达到饱和后急剧下降, 而在脉冲情况下则随电流的增加而增加, 但是在很小电流后就发生偏离线性增加. 从图 2 中可以看到蓝色发光二极管的中心波长在直流和脉冲情况下随着电流的增加都发生蓝移, 但是发生蓝移量不同, 而且在直流情况下蓝移量在某一电流达到最大后又逐步减小; 光功率在直流和脉冲情况下则随电流的增加而增加, 但是在很小电流后就发生偏离线性增长现象, 而且在直流情况下偏离线性更严重.

氮化镓基半导体材料中存在着较强的极化电场, 极化电场会使能带发生倾斜, 从而使二极管的发光中心波长比预期的发生红移, 二极管在正向工作情况下会削弱极化电场使二极管的中心波长发生蓝

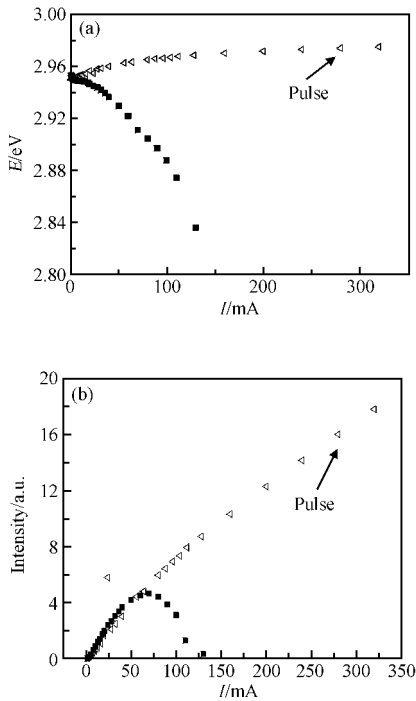


图1 紫色发光二极管的中心波长和光功率随注入电流的变化规律 (a)中心波长随注入电流的变化规律;(b)光功率随注入电流的变化规律

Fig.1 Variations of domain wavelength and light output-power of GaN-based violet LEDs with increasing the injection current under DC and pulse injection (a) Variations of domain wavelength with increasing the injection current;(b) Variations of light output power with increasing the injection current

移.这两种发光二极管中,在脉冲情况下的中心波长都发生了蓝移,而在直流情况下紫光二极管则发生了红移,蓝光发光二极管的蓝移量比在脉冲情况下要小,而且在较大电流情况下蓝移量减小,其主要原因可能是由于在直流情况下的热效应引起的二极管的温度升高引起能带变窄,中心波长发生红移,抵消了部分压电场引起的波长蓝移<sup>[2]</sup>.在紫光二极管中由于载流子泄露比蓝光更严重,因而会产生更多的热量使二极管的温度上升更高,所以在直流情况下就发生发光中心波长红移.光功率随注入电流的变化规律也与热效应有关,随着电流的增加,热效应会越来越明显,二极管的非辐射复合的几率增加,引起光功率随电流的增加偏离线性.特别是在直流情况下严重偏离线性,而且紫光发光二极管在直流情况下很快达到饱和而急剧下降,说明热效应更严重,这也与波长的移动是一致的.因此要获得波长稳定的发光二极管可以利用 AlInGa<sub>N</sub> 做有源区减小或消

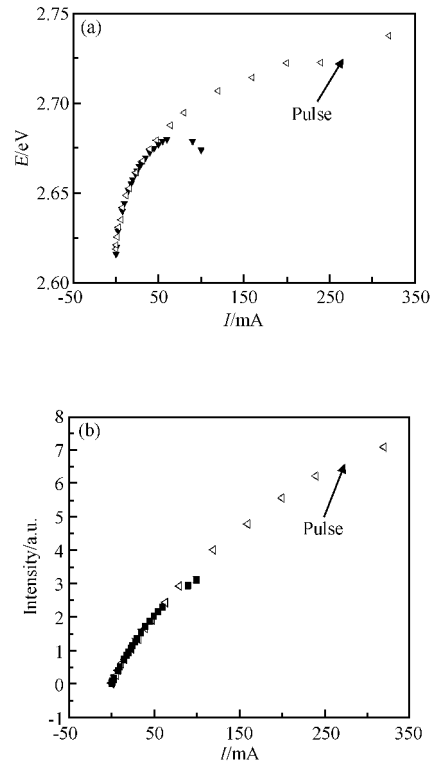


图2 蓝色发光二极管的中心波长和光功率随注入电流的变化规律 (a)中心波长随注入电流的变化规律;(b)光功率随注入电流的变化规律

Fig.2 Variations of domain wavelength and light output power of GaN-based blue LEDs with increasing the injection current under DC and pulse injection (a) Variations of domain wavelength with increasing the injection current;(b) Variations of light output power with increasing the injection current

除压电效应,同时提高二极管的内量子效率和外量子效率减小二极管的热效应.

## 4 结论

本文用直流和脉冲的方法研究了氮化镓基紫色和蓝色发光二极管的发光光谱和功率特性.结果表明,紫色发光二极管的发光中心波长在直流情况下,随电流的增加发生红移,在脉冲情况下,随电流的增加发生蓝移;蓝色发光二极管的发光中心波长在直流和脉冲情况下都发生蓝移.两种发光二极管的功率在直流情况下会发生饱和,并随电流的进一步增加而急剧减小,以上现象可能是由于热效应和量子阱中的压电效应引起的.要获得波长稳定的发光二极管可以利用 AlInGa<sub>N</sub> 做有源区减小或消除压电

效应,同时提高二极管的内量子效率和外量子效率  
减小二极管的热效应.

Springer-Verlag Berlin Heidelberg,1999

[ 2 ] Hellman E S. The polarity of GaN;a critical review. MRS In-  
ternet J Nitride Semicond Res,1998,3(11):1

### 参考文献

[ 1 ] Morkoc. H Nitride semiconductors and devices. Germany;

## Characteristics of Domain Wavelength and Light Output-Power of GaN-Based LED

Zhang Shuming, Zhu Jianjun, Li Deyao, and Yang Hui

(*State Key Laboratory for Integrated Optoelectronics, Institute of Semiconductors,  
Chinese Academy of Sciences, Beijing 100083, China*)

**Abstract:** This paper investigates the characteristics of domain wavelength and light output-power of GaN-based violet and blue LEDs under DC and pulse injection,analyzes the possible causes of domain wavelength shift and light output power variation of GaN-based LEDs with increasing the injection current,and gives some suggestions about how to stable the domain wavelength of GaN-based LED.

**Key words:** gallium nitride; light emission diode; piezoelectricity effect; wavelength shift

**PACC:** 7850G; 7860F

**Article ID:** 0253-4177(2005)S0-0158-03