

发光二极管可靠性的噪声表征^{*}

胡 瑾¹⁾ 杜 磊¹⁾ 庄奕琪²⁾ 包军林²⁾ 周 江¹⁾

1) 西安电子科技大学技术物理学院, 西安 710071)

2) 西安电子科技大学微电子学院, 西安 710071)

(2005 年 12 月 9 日收到, 2005 年 12 月 18 日收到修改稿)

通过对发光二极管内部结构的研究,发现 N_t (界面态陷阱密度)和扩散电流比率是影响发光二极管性能的重要因素,并与器件可靠性有密切关系.器件内部存在的多种噪声中,低频 $1/f$ 噪声可表征 N_t 和扩散电流比率.在深入研究发光二极管工作原理及 $1/f$ 噪声载流子数涨落理论和迁移率涨落理论的基础上,建立了发光二极管的电性能模型及 $1/f$ 噪声模型.在输入电流宽范围变化的条件下测量了器件的电学噪声,实验结果与理论模型符合良好.通过对其测量结果分析,深入研究了噪声和发光二极管性能与可靠性的关系,证明了噪声幅值越大,电流指数越接近于 2,器件可靠性越差,失效率则显著增大.

关键词: $1/f$ 噪声, 发光二极管, 陷阱, 光功率

PACC: 7270, 5225G, 7960

1. 引 言

近年来,随着光电混合集成电路技术的发展和生产工艺的日趋成熟,发光二极管在军用和民用领域都受到人们的普遍青睐.由于发光二极管自身结构较一般器件复杂,对其质量和可靠性控制、预测和评估也较一般混合电路困难和复杂.在航天和军事等对可靠性要求高的领域,对发光二极管的性能和可靠性研究具有更为重要的意义.发光二极管的可靠性评估一般需要检测加速寿命试验和高低温循环实验中电学参数变化.这种评估方法是破坏性的,而且得到的结论是统计性的.近年来,失效物理可靠性评估方法日益受到人们重视.噪声作为比传统可靠性表征参数更为灵敏,且含有更为丰富器件缺陷信息的表征参量在失效物理评估方法中发挥着越来越大的作用^[1,2].近来的研究表明^[2,3],低频噪声通常是由器件中的杂质和缺陷所引起的,如氧化层陷阱、晶格位错、界面态等,低频噪声尤其是过量 $1/f$ 噪声和 $g-r$ 噪声与器件可靠性有密切的关系,而这些缺陷是影响光电耦合器件可靠性的重要因素.所以产生了通过测量发光二极管噪声对器件进行可靠

性评估的方法^[4].

本文首先对器件的内部结构进行了研究,建立发光二极管的电学模型,发现 N_t (界面态陷阱密度)是影响光电耦合器件发光效率等性能参数的重要因素,其次建立发光二极管低频噪声模型,发现低频噪声可以有效地表征 N_t ,从而建立噪声与器件可靠性相关模型.另外通过在宽范围输入电流条件下测量器件的电学噪声,结合其电学特性分析证明以上理论的可靠性.

2. 理论模型

虽然发光二极管类型很多,但较为常用的是 GaAs 红外发光二极管,故本文所研究的电学模型及噪声模型均是针对这一类器件.

2.1. 电学模型

发光二极管的实质性结构是半导体 pn 结,LED 发光区域主要集中在 p-GaAs 有源区,根据其工作原理^[5]可知发光二极管就是在 pn 结上加正向电压产生少数载流子注入,通过少数载流子的辐射复合发光产生的光子,而光子密度在一定条件下决定了输

^{*}国家自然科学基金(批准号:60276028),国防预研基金(批准号:51411040601DZ014)与国防科技重点实验室基金(批准号:51433030103DZ01)资助的课题.

出功率 P_{out} , 因此对 LED 而言注入少子通过辐射复合产生光子的数量就尤为重要^[6].

辐射复合在 LED 中指的是直接辐射复合(又称带间辐射复合)是导带电子与价带空穴直接产生复合,同时发射光子的过程.设 R_r 为直接辐射复合的净复合率, B_r 为复合系数, N_0 、 P_0 分别为平衡态电子和空穴密度, n 为有源区非平衡载流子密度,这种复合的净复合率 R_r 可表示为^[7]

$$R_r = B_r(N_0 + P_0 + n)n. \quad (1)$$

而非辐射复合主要是通过复合中心的复合,也就是非平衡载流子通过被禁带中能级为 E_t 的复合中心俘获复合转化为声子,发生发光淬灭,同时非辐射复合还包含俄歇复合.因为俄歇复合在窄带半导体材料中起着重要作用,而 LED 为宽带半导体材料,所以 LED 中的非辐射复合主要是通过复合中心复合.本文先忽略俄歇复合的影响,设通过复合中心复合的净复合率 R_n 为^[7]

$$R_n = \frac{C_n C_p N_t (N_0 + P_0 + n)n}{C_n(N_0 + n_1 + n) + C_p(P_0 + p_1 + p)}, \quad (2)$$

其中 $n_1 = n_i \exp\left(\frac{E_t - E_i}{kT}\right)$, $p_1 = n_i \exp\left(\frac{E_i - E_t}{kT}\right)$; C_n 、 C_p 分别为电子和空穴俘获系数, N_t 为界面态陷阱密度, E_t 为复合中心能级, E_i 为本征费米能级, n_i 为本征载流子浓度.

由于 LED 的发光区主要集中在有源区,所以主要分析有源区过剩载流子密度和总光子密度,其速率方程为

$$\frac{dn}{dt} = \frac{I_{\text{LED}}}{qV_{\text{act}}} - R_n(n) - R_r(n), \quad (3)$$

$$\frac{ds}{dt} = \beta_{\text{sp}} R_r(n) - \frac{s}{\tau_{\text{ph}}}, \quad (4)$$

其中参数定义为 V_{act} 为有源区体积, I_{LED} 为注入到有源区的电流, s 为有源区总光子密度, β_{sp} 为自发发射系数, τ_{ph} 为光子寿命, L_n 为电子扩散长度, D_n 为电子扩散系数, N_A 为受主浓度, d 为有源层厚度, A 为有源层有效面积, $h\nu$ 为每个光子的能量, η 为光学效率, c 为光速.

在稳态条件下,由(3)(4)式可得

$$I_{\text{LED}} = R_n(n)qV_{\text{act}} + R_r(n)qV_{\text{act}}, \quad (5)$$

$$s = \tau_{\text{ph}}\beta_{\text{sp}} R_r(n). \quad (6)$$

假设 $C_n = C_p = C$,且 $N_0 + n = P_0 + p$,由(1)(2)式可得的注入效率 η_0 ,即

$$\begin{aligned} \eta_0 &= \frac{R_r(n)}{R_n(n) + R_r(n)} \\ &= \frac{2B_r n_i \exp\left(\frac{qV}{2k_0 T}\right)}{CN_t + 2B_r n_i \exp\left(\frac{qV}{2k_0 T}\right)}. \end{aligned} \quad (7)$$

将(7)式代入(5)式可得

$$R_r(n) = \frac{2B_r n_i \exp\left(\frac{qV}{2k_0 T}\right)}{CN_{t_{\text{LED}}} + 2B_r n_i \exp\left(\frac{qV}{2k_0 T}\right)} \cdot \frac{I_{\text{LED}}}{qV_{\text{act}}}. \quad (8)$$

根据半导体 pn 结 I - V 特性^[8] 结合对 LED 分析得到(5)(8)式,可推知 LED 的 I - V 特性为

$$\begin{aligned} I_{\text{LED}} &= \frac{D_n}{L_n} \frac{n_i^2 q}{N_A} \exp(qV/kT) \\ &\quad + \frac{qn_i d CN_t}{2} \exp(qV/2kT). \end{aligned} \quad (9)$$

由于器件发光主要来自于扩散电流,而非辐射复合主要来自于复合电流,则根据(7)(9)式可得

$$\begin{aligned} \frac{R_r(n)}{R_n(n)} &= \frac{2B_r n_i \exp\left(\frac{qV}{2kT}\right)}{CN_t} \\ &\equiv \frac{I_D}{I_R} = \frac{2n_i D_n}{L_n N_A d CN_t} \exp\left(\frac{qV}{2kT}\right). \end{aligned} \quad (10)$$

故将(9)式化简结合半导体理论^[8]将其及(6)(8)式依次代入有效光功率 P_{out} 的原始表达式,则可得到输出有效光功率 P_{out} 为

$$\begin{aligned} P_{\text{out}} &= \eta A c h \nu \tau_{\text{ph}} \beta_{\text{sp}} R_r(n) \\ &= \eta A c h \nu \tau_{\text{ph}} \beta_{\text{sp}} \\ &\quad \cdot \frac{2\sqrt{D_n} n_i \exp\left(\frac{qV}{2k_0 T}\right)}{N_A d \sqrt{CN_t} + 2\sqrt{D_n} n_i \exp\left(\frac{qV}{2k_0 T}\right)} \\ &\quad \cdot \frac{I_{\text{LED}}}{qV_{\text{act}}}. \end{aligned} \quad (11)$$

2.2. 噪声模型

LED 的低频噪声通常包括白噪声、 $1/f$ 噪声和 g - r 噪声,低频噪声通常是由器件中的杂质和缺陷所引起,如氧化层陷阱、晶格位错、界面态陷阱等.通常认为只有重金属杂质和位错等在半导体器件禁带中引入深能级时,才会观测到明显的 g - r 噪声. $1/f$ 噪声是粒子集体运动中的一个普遍涨落现象,同时也是系统内部特性的一个反映,所以本文主要研究器件 $1/f$ 噪声模型.

根据 van der Ziel 和 Harder 等人对低频噪声的

分析,低频噪声主要分为与体单电子性质相关的扩散 $1/f$ 噪声和与界面态/表面态相关的复合 $1/f$ 噪声两类^[9]. 扩散 $1/f$ 噪声主要是器件迁移率涨落造成少子扩散电流涨落引起的,称为基本 $1/f$ 噪声,从本质上是不可消除的;而复合 $1/f$ 噪声主要是由表面氧化层、空间电荷区、界面态等处的陷阱中心对载流子的随机俘获与发射引起的,其噪声取决于陷阱密度大小,从本质上看可以完全消除,又被称为非基本 $1/f$ 噪声. 由此可知发光二极管的 $1/f$ 噪声分为基本 $1/f$ 噪声,其功率谱密度遵循迁移率涨落模型^[9];以及非基本 $1/f$ 噪声,其功率谱密度遵循载流子涨落模型^[9]. 本文的噪声模型就是建立在这两种模型基础之上的.

根据迁移率涨落机理^[9],扩散 $1/f$ 噪声功率谱密度与输入电流有如下关系:

$$S_{I_D}(f) = \frac{\alpha q I_D}{f\tau}, \quad (12)$$

其中, $S_{I_D}(f)$ 为扩散 $1/f$ 噪声功率谱, I_D 为扩散电流, α 为 Hooge 常数, q 为电子电量, τ 为少子寿命, f 为频率.

根据半导体理论^[7]和载流子数涨落理论^[9],其复合速率 G_R 涨落功率谱 $S_{G_R}(f)$ 及复合电流 I_R 功率谱 $S_{I_R}(f)$ 可分别表示为

$$S_{G_R}(f) = B \cdot \frac{kTN_i}{\ln(\tau_2/\tau_1)} \cdot \frac{1}{f}, \quad (13)$$

$$S_{I_R}(f) = (qn_1 A)^\gamma B \cdot \frac{kTN_i}{\ln(\tau_2/\tau_1)} \cdot \frac{1}{f} \left(\frac{I_R}{I_0}\right)^{\frac{2\beta_V}{V_a}}, \quad (14)$$

其中对称结的表面分量 $V_a = 0.5V$, 界面复合电流理想因子 $\beta = 2$, B 为常数. 故(13)式可化简为

$$S_{I_R}(f) = \left(\frac{qn_1 A}{I_0}\right)^2 \cdot B \cdot \frac{kTN_i}{\ln(\tau_2/\tau_1)} \cdot \frac{1}{f} \cdot I_R^2. \quad (15)$$

由于低频 $1/f$ 噪声主要由上述两部分组成,则电流 $1/f$ 噪声可表示为

$$S_I(f) = \frac{\alpha q I_D}{f\tau} + \left(\frac{qn_1 A}{I_0}\right)^2 \cdot B \cdot \frac{kTN_i}{\ln(\tau_2/\tau_1)} \cdot \frac{1}{f} \cdot I_R^2. \quad (16)$$

根据电流噪声与电压噪声关系可知^[10]

$$S_V(f) = \left(\frac{dV}{dI}\right)^2 \cdot S_I(f) = (R_d)^2 \cdot S_I(f), \quad (17)$$

其中 R_d 为微分电阻,可表示为 $R_d = \frac{nkT}{Iq} + R_s$, 对于 GaAs 器件,理想因子 $n = 2$, R_s 为串联电阻. 将(16)式以及 R_d 表达式分别带入(17)式可得电压 $1/f$ 噪声谱.

3. 实验测试与结果分析

实验样品为国产军用 GH5520Z 型光耦器件前端 LED. 噪声测量采用西安电子科技大学噪声及无损检测教研室自主研发的基于虚拟仪器的电子器件低频噪声测试仪系统,测试电路如图 1 所示.

电子器件的低频噪声通常包括白噪声、 $1/f$ 噪声和 $g-r$ 噪声,其功率谱密度可表示为

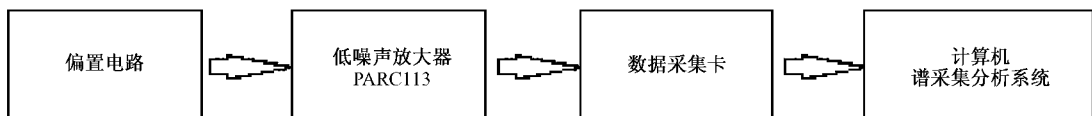


图 1 噪声测量电路

$$S_V(f) = A + B \frac{I^{\beta_V}}{f^\gamma} + \frac{C}{1 + (f/f_0)^\gamma}, \quad (18)$$

其中 A 为白噪声的幅度, B 和 γ 分别为 $1/f$ 噪声的幅度和频率指数因子, β_V 为电压噪声的电流指数, C 和 f_0 分别为 $g-r$ 噪声的幅度和特征频率. 不同的噪声分量及其表征参数具有不同的物理意义,反映了器件不同的内部缺陷特征. 因此,从实测噪声频谱中分离出各种噪声分量,并精确确定各个分量表征参数的值,是对器件进行噪声分析的前提. 在输入电流宽范围内,提取到的噪声参数均呈现出明显的 $1/f$

噪声特性,即在双对数坐标中功率谱和频率成反比,如图 2 所示. 在该图中,随着输入电流的增加, $1/f$ 噪声先减少后增加.

通过提取输入电流在 $0.5mA$ 至 $16mA$ 之间的 $1/f$ 噪声幅值发现输入电流不同时, $1/f$ 噪声幅值的变化规律为: 输入电流在 $1.5mA$ 以下, $1/f$ 噪声幅值与 $I^{-0.1382}$ 成正比; 当输入电流增大到 $2mA$ 至 $8mA$ 之间, $1/f$ 噪声幅值与 $I^{-0.9732}$ 成正比; 当输入电流在 $8mA$ 到 $12mA$ 之间, $1/f$ 噪声幅值与 $I^{-0.128}$ 成正比; 直到输入电流大于 $12mA$ 时, $1/f$ 噪声幅值才开始增加,且与

$I^{1.9632}$ 成正比 结果如图 3 所示. 根据 (8) (9) 式可知扩散电流与空间复合电流的比值与外加电压有关. 在小注入条件下, 当外加电压较低时, 复合电流占主要地位; 当外加电压较高时, 扩散电流占主要地位, 复合电流可以被忽略. 在相同的工作条件下, 器件的 N_1 的大小也直接影响复合电流与扩散电流的比例, N_1 越大说明器件电流中复合电流的比例越大, 反之越小. 大注入条件下, 由于结附近两种材料晶格常数失配使得在界面处存在大量的悬挂键和弱键. 在一定的应力作用下(譬如大电流), 这些悬挂键可以失去一个未成对电子或获得一个配位电子而形成界面态, 弱键也会断裂形成新的界面态, 结区表面原有的一些悬挂键和弱键也会以相同的方式形成新的表面态. 由于界面态/表面态的增加使得界面态陷阱 N_1 增加, 导致载流子通过 N_1 的复合增加, 最终使得在大注入条件下复合电流的比例大幅增加, 复合电流再度占据主导地位.

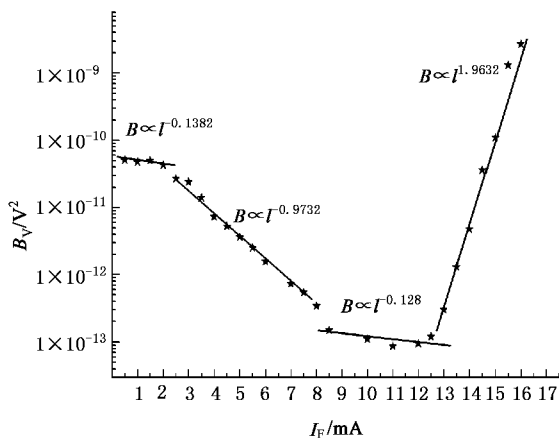


图 3 噪声幅值 B 与输入电流 I_F 的关系

略小于 2. 以上根据理论模型推导的结论与试验结果完全一致.

4. 可靠性的噪声表征

发光二极管的外量子效率会逐步降低, 从而致使输出光功率下降, 这是影响器件可靠性的主要原因. 而体发光效率的退化, 以及 pn 结空间电荷层中的复合增加所造成的注入效率退化, 是造成这一现象的主要因素. 故对发光二极管可靠性的表征也就是对输出光功率的表征. 从本文建立的器件电学模型可发现光功率与辐射复合率成正比, 由于器件发光主要来自扩散电流, 而非辐射复合主要来自于复合电流. 在相同条件下, 光功率大小也就主要由复合电流与扩散电流的比值决定. 由 (7) (8) (9) (11) 式不难得到: 扩散电流的比率随结温 T 增大而减少, 器件 N_1 的大小直接影响扩散电流的比率, N_1 越大则说明器件的辐射复合率越低, 输出光功率越低; 外加电流电压的不同直接影响器件可靠性, 只有处于工作区的正相电流才能以扩散电流为主, 器件性能才能得到保证.

通过对老化试验的研究, 可知老化后器件的缺陷增加也就是 N_1 增加, 使得空间电荷层中的非辐射复合成为一种主要的退化因素. 如图 4 所示, 老化前的发光二极管工作区的电流指数接近于 1, 以扩散电流为主; 截止区和大注入区电流指数接近于 2, 以复合电流为主. 老化试验后工作区的电流指数较老化前明显增大, 说明复合电流的比例增大. 但由于截止区和大注入区本来以复合电流为主, 所以老化前后电流指数变化不大. 老化试验后 LED 性能显著

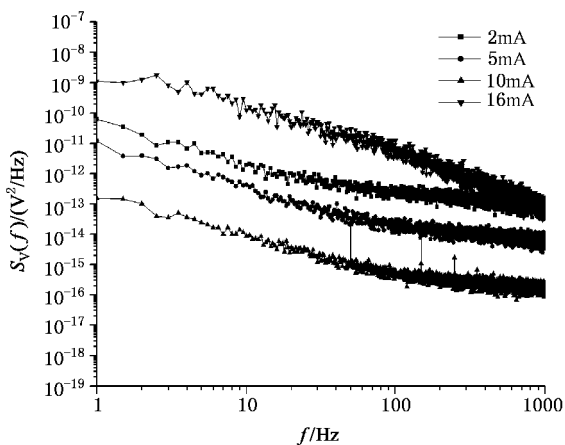


图 2 不同偏置电流下的低频噪声频谱图

依照 (16) 式电流噪声模型, 发现扩散电流起主导作用的区域 $S_I(f)$ 的电流指数 β_I 接近于 1, 但因复合电流的存在又使其略大于 1. 同理复合电流起主导作用的区域 $S_C(f)$ 的电流指数 β_C 接近于 2 且又略小于 2. 由 $R_d = \frac{nkT}{Iq} + R_s$ 分析得知, 在小电流条件下 $R_d \approx \frac{nkT}{Iq}$, 在大电流条件下 $R_d \approx R_s$. 最终可得 $S_V(f)$ 与电流指数 β_V 关系如下: 最初 β_V 略小于 0; 随电流增大, 扩散电流占主要部分, β_V 减少至略大于 -1; 随着电流进一步增大进入大注入区, 复合电流占主导, β_V 又增大到略小于 0; 大注入进一步加剧, 则 $R_d \approx R_s$, $1/f$ 噪声幅值与 $I^{1.9632}$ 成正比, β_V 变为

退化,正向电流受复合电流支配明显增强,器件性能下降,失效率增多.文献[11]提到,高温大电流下LED器件失效率明显提高,与以上试验结果及模型推论恰好相符,很好地证明了模型的准确性.所以,有效地表征扩散电流比率以及界面态陷阱密度,可以正确评估器件的可靠性.

通过对噪声的研究表明,噪声可以满足上面的要求,作为评估器件可靠性的手段.由(16)式可知噪声电流幅值 B 随各种电流比例的不同以及界面态陷阱密度不同而定.由于不同条件下 $1/f$ 噪声来自于不同的 $1/f$ 噪声源,噪声幅值 B 以及电流指数 β_I 大小可以有效反应器件内部不同位置的缺陷信息.扩散 $1/f$ 噪声表现为不同结构不同材料具有大体相同的强度,即基本 $1/f$ 噪声;复合 $1/f$ 噪声反映了激活区陷阱特征,即非基本 $1/f$ 噪声,其敏感地反映应力对该器件不同区域的损伤.

$I_R \propto CN_i I_{LED}$,代入噪声模型,可知 $S_I \propto N_i^3$;而在大注入区由于 $I_R \approx I_{LED}$,带入噪声模型得到 $S_I \propto N_i$,即在工作区随 N_i 的增加产生的噪声增大倍数较大注入区增大倍数大,与实验结果相符.更由于 $I_R \propto CN_i I_{LED}$,证明在工作区噪声幅值可以比普通的电学参数更敏锐地反映 N_i 的变化.上面的噪声模型以及噪声测试实验结果均证明:电流噪声指数 β_I 也可反映结电流中扩散电流的比率,当 β_I 接近 1,主要为扩散 $1/f$ 噪声,结电流主要为扩散电流;反之 β_I 接近 2 时,主要为复合 $1/f$ 噪声.说明噪声可以较电学参数更好地反映器件可靠性:噪声幅值越大偏离标准值越多,电流指数越接近于 2,则器件的可靠性也就越差.

5. 结 论

本文通过对器件内部结构的研究,建立了发光二极管的电学模型.同时通过对电学模型的分析发现 N_i 越高,温度越高,以及电压超出工作区范围等,会使扩散电流比例减少,从而造成器件发光效率等性能参数下降,以至失效率显著增大.根据老化前后电流电压实验结果及文献[11]的实验结论,证实了实验结论与理论推导结果的一致性.

其次,本文建立了发光二极管的低频噪声模型,通过对低频噪声模型的分析发现低频噪声模型可以有效地表征 N_i ,特别是工作区噪声幅值比普通的电学参数更敏锐地反映 N_i 的变化;同时电流噪声指数的取值范围也可反映扩散电流比例.实验完成了宽范围输入电流条件下器件 $1/f$ 噪声的测量,在对实验结果分析的基础上,结合文献[12]提到的老化前后噪声幅值变化规律,证实了以上的理论推导.

本文证实利用 $1/f$ 噪声可以更好的反映光耦器件可靠性.噪声幅值越大,偏离标准值越多,电流指数越接近于 2,则说明 N_i 越高,扩散电流比例减少,使得器件发光效率等性能参数下降,继而影响器件可靠性,造成失效率显著增大.

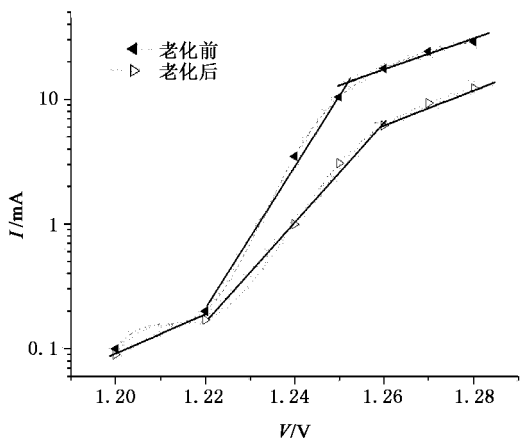


图 4 老化前后器件 $I-V$ 特性

文献[12]给出了器件老化前后噪声谱值与电流的关系,可以发现老化前后噪声随电流的增大而增大,在工作区老化前后噪声幅值相差数 10 倍.随着电流增大进入大注入区后,噪声幅值虽仍增大,增大倍数却有所减少.本文通过对大应力长时间下老化试验的分析,可知老化试验会使 N_i 增加,同时也会使相同工作条件下复合电流的比例增加.在工作区



- [1] Dai Y S , Xu J S 2000 *Solid-State Electronics* **44** 1495
- [2] Jevtic MM 1995 *Microelectronics Reliability* **35** 1925
- [3] Huang Y C , Liu D F 2005 *Acta Phys. Sin.* **54** 2261(in Chinese) [黄杨程、刘大福 2005 物理学报 **54** 2261]
- [4] Doru Ursutiu 1996 *Semicond. Sci. Technol.* **42** 1133
- [5] Bao J L , Zhuang Y Q , Du L 2005 *Acta Photonica Sinica* **34** 1359(in Chinese) [包军林、庄奕琪、杜 磊 2005 光子学报 **34** 1359]
- [6] Yang H , Hunag R Q 2005 *Chin. Phys.* **14** 1665
- [7] Chen W Y , Yang S R , Liu S Y 2001 *Opto-electronic Devices Circuit Model and the Circuit-level Simulation of OEIC* (National Defense Industry Press)p45 (in Chinese) [陈维友、杨树人、刘式壘 2001 光电子器件模型与 OEIC 模拟(国防工业出版社)第 45 页]
- [8] Liu E K , Zhu B S , Luo J S 1994 *Semiconductor Physics* (National Defense Industry Press)p116 (in Chinese) [刘恩科、朱秉升、罗晋生 1994 半导体物理学(国防工业出版社)第 116 页]
- [9] Zhuang Y Q , Sun Q 1993 *Noise and its Minimizing Technology in Semiconductor Devices*(National Defense Industry Press)p172 (in Chinese) [庄奕琪、孙 青 1993 半导体器件中的噪声及其低噪声化技术(国防工业出版社)第 172 页]
- [10] Belyakov A V , Perov M Yu , Yakimov A V , Vandamme L K J 2003 *Труды 3-го совещания по проекту НАТО S/P-973799 Semiconductors* . Нижний Новгород
- [11] Barton D L , Osinski M K 1999 *Microelectronics and Reliability* **39** 1219
- [12] Chen X Y , van Rheenen A 2001 *Microelectronics and Reliability* **41** 105

Noise as a representation for reliability of light emitting diode *

Hu Jin¹⁾ Du Lei¹⁾ Zhuang Yi-Qi²⁾ Bao Jun-Lin²⁾ Zhou Jiang¹⁾

1) *Institute of Technology Physics , Xidian University , Xi 'an 710071 ,China*)

2) *Microelectronic Institute , Xidian University , Xi 'an 710071 ,China*)

(Received 9 December 2005 ; revised manuscript received 18 December 2005)

Abstract

Through the research of the internal structure of Light Emitting Diode(LED) , we discovered that the interface trap density and diffusion current ratio are key factors determining the performance of LED , and they are also closely related to the reliability of LED. Among the many kinds of internal noises in LED , low - frequency $1/f$ noise describes the interfoce trap density and diffuse current ratio effectively. Based on the mechanism of carrier number fluctuation and carrier mobility fluctuation of $1/f$ noise , we put forward the electrical model and $1/f$ noise model of LED. We also measured the electrical noise of the device over a wide range of current . Experimental results agree well with the proposed model. Using the experimental data , the relationship between noise and the performance and reliability of LED is established. It is proved that the larger the noise magnitude , the nearer the current exponent is to 2 , leading to the degradation of device reliability and significant rise in device invalidation rate.

Keywords : $1/f$ noise , LED , traps , light output power

PACC : 7270 , 5225G , 7960

* Project supported by the National Natural Science Foundation of China(Grant No. 60276028) , the National Defense Pre-Research Foundation of China (Grant No.51411040601DZ014) and the Key Laboratory Foundation of Nation Defence Science and Technology (Grant No.51433030103DZ01) .