

γ 辐照对 InGaAsP/InP 双异质结发光管特性的影响*

张桂成 史智华 李胜华

(中科院上海冶金研究所,上海) (上海交通大学,上海)

摘要 本文研究了 γ 辐照对光通信用 $1.3 \mu\text{m}$ InGaAsP/InP 双异质结发光管特性的影响,结果表明:在辐照剂量 $1 \times 10^5 - 1 \times 10^7 \text{ rad}$ 范围内,辐照前后器件的光功率和电带宽未发生明显变化;当辐照剂量 $> 1 \times 10^7 \text{ rad}$ 后,器件的光功率下降,电带宽上升. 器件在辐照前后的 $I-V$ 特性和 EL 图象未发生变化. 用少数寿命的变化度 (τ/τ_0) 讨论了有关结果.

关键词 γ 辐照;双异质结发光管;光功率

1. 引言

随着空间技术、核技术的发展,要求各类电子元器件具有抗辐照能力. 对光纤通信系统而言,要求在核爆炸和核事故条件下仍能正常工作,以保证信息传输畅通无阻. 为此,近年来对半导体器件的中子辐照、 γ 辐照方面的研究已有不少报道^[1-3]. 本文研究波长 $1.3 \mu\text{m}$ InGaAsP/InP 双异质结发光管在 γ 辐照前后器件光输出功率、 $I-V$ 特性、光谱特性、频响特性和 EL 图象的变化规律及器件的抗辐照特性.

2. 实验方法

选取 $I-V$ 特性正常和具有较大光输出功率的 InGaAsP/InP 双异质结发光管若干只. 器件的制作详见文献[6]. γ 辐照是在上海原子核所 Co^{60} 源上进行的. 将样品分成四组(每组 4—5 只),分别在 1×10^5 、 1×10^6 、 1×10^7 和 $2.5 \times 10^8 \text{ rad}$ 剂量下辐照. 用 $I-V$ 、 $I-P$ 测量仪测量辐照前后器件的 $I-V$ 特性及光功率特性. 用扫频法测量辐照前后的频响特性. 用红外显微镜观察辐照前后器件的近场 EL 图象.

3. 实验结果

(1) γ 辐照剂量对光功率的影响示于图 1. P_0 和 P 分别是双异质结发光管 γ 辐照前后的光功率. 从图 1 可见,辐照剂量在 $1 \times 10^5 - 1 \times 10^7 \text{ rad}$ 范围,辐照剂量对 P/P_0 影响较小,当辐照剂量 $> 1 \times 10^7 \text{ rad}$ 后,随辐照剂量的增加, P/P_0 明显地下降.

(2) γ 辐照对 $I-V$ 特性的影响示于图 2. 图 3 给出了正向压降 V/V_0 (V_0 为辐照前, V 为辐照后)和正向导通电压 $V_f/(V_f)_0$ ($(V_f)_0$ 为辐照前, V_f 为辐照后)与辐照剂量关系. 从图 2、图 3 和图 4 可见,辐照前后 $I-V$ 特性、 V/V_0 和 $V_f/(V_f)_0$ 都没有明显变化.

(3) 辐照对频带特性的影响示于图 4. $(f_c)_0$ 和 f_c 分别为辐照前后的截止频率. 由

* 1988年6月23日收到,同年12月定稿.

$f_c = 0.35/t_r$ 和 $\tau = t_r/2.2$ 关系, 求得的归一化 τ/τ_0 也画在图中 (τ 和 t_r 分别表示少子寿命与上升时间)。从图 4 可见:

当辐照剂量在 $1 \times 10^5 - 1 \times 10^7$ rad 范围, 器件辐照前后 $f_c/(f_c)_0$ 未发生变化。

当辐照剂量 $> 1 \times 10^7$ rad 后, $f_c/(f_c)_0 > 1.0$, 表明电带宽增加, 而 $\tau/\tau_0 < 1.0$ 。

(4) 辐照前后 EL 图象观察表明: 原来 EL 图中不带 DSD 的器件, 未见有 DSD 产生; 原来 EL 图中带有 DSD

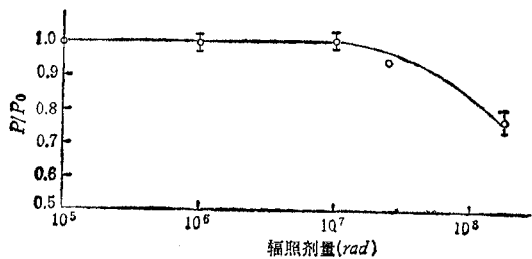


图 1 P/P_0 与 r 辐照剂量关系

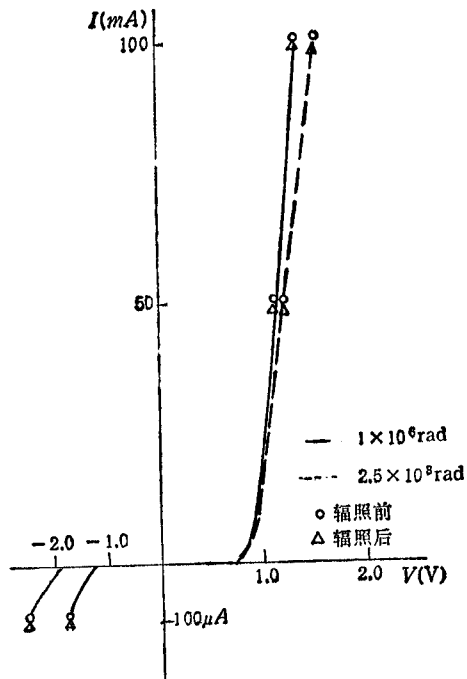


图 2 器件的 $I-V$ 特性

的器件, 也未见有新的 DSD 生长。图 5 是辐照后的 EL 图象。

(5) 辐照对焊料和环氧特性的影响 发光管管芯 p 面与管壳是用 In 焊料加助焊剂粘结的, 若辐照后焊料特性改变, 将导致管芯脱落而失效。对辐照后的器件测试表明: 其 $I-V$ 特性仍正常, 表明焊料未退化, 解剖后焊料粘结很好, 表明这种焊料有抗辐照能力。

光纤与发光管的耦合采用 618 环氧树脂和 SW-3 室温胶作固化剂, 固化后, 在辐照剂量 $< 1 \times 10^7$ rad 时未见异常特性出现, 而在 2.5×10^8 rad 条件下, 环氧树脂表面变脆, 易剥离, 颜色也变化, 并且有油状物产生。

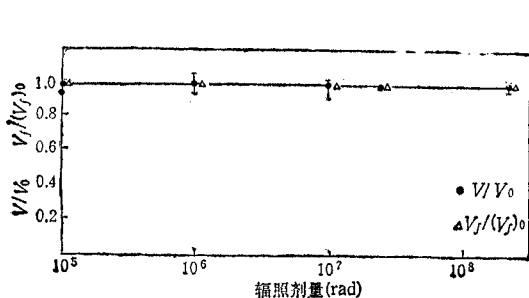


图 3 $V/V_0, V_f/(V_f)_0$ 与辐照剂量关系

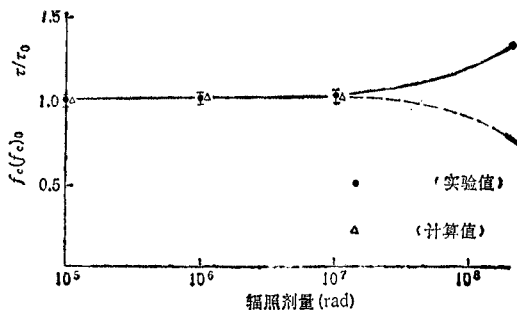


图 4 $f_c/(f_c)_0$ 与辐照剂量关系

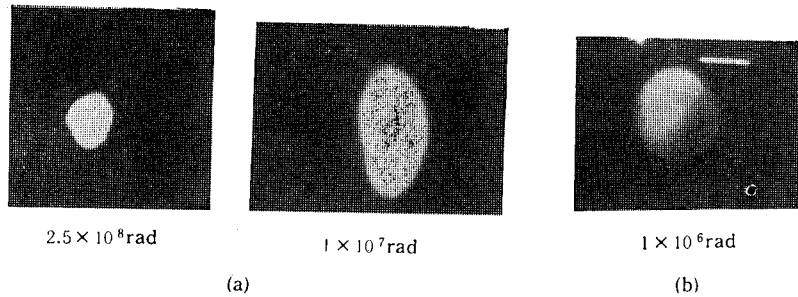


图5 器件辐照后 EL 图象
(a) 不带 DSD 器件 (b) 带 DSD 器件

4. 讨论

半导体材料受辐照后,会使载流子寿命等参数发生变化,尤其是少子寿命变化更明显。少子寿命

$$\tau = 1/N\sigma V_t \quad (1)$$

式中, N 是半导体材料中存在的复合中心密度, σ 是少子复合截面, V_t 是非平衡载流子热运动速度。当材料被 γ 辐照后,具有一定动能的粒子进入晶体,使晶格原子发生位移,产生了晶格缺陷,增加了非辐射复合中心,使 N 增加,导致 τ 降低。器件的截止频率 f_c 与 τ 的关系为

$$f_c = 1/2\pi\tau \quad (2)$$

而

$$1/\tau = 1/\tau_r + 1/\tau_{nr} \quad (3)$$

式中, τ_r 和 τ_{nr} 分别为辐射与非辐射复合少子寿命。由于辐照降低了 τ_{nr} , 也使 τ 值改变。

发光管的内量子效率为

$$\eta_i = \tau/\tau_r = (1 + \tau_r/\tau_{nr})^{-1} \quad (4)$$

如果用辐照前后的 $\tau/\tau_0 = 1$ 或 < 1 作判据,可解释图 1 与图 4 的结果,即辐照剂量 $< 1 \times 10^7$ rad 时, $\tau/\tau_0 = 1$, 有 P/P_0 和 $f_c/(f_c)_0$ 未发生变化的结果。当剂量 $> 1 \times 10^7$ rad 后, $\tau/\tau_0 < 1$, 有 P/P_0 下降和 $f_c/(f_c)_0$ 增加的结果。

从图 2 和图 3 可见,在辐照前后, $I-V$ 特性、 V/V_0 和 $V_i/(V_i)_0$ 值几乎无变化,表明器件未退化,证明 InGaAsP/InP 发光管有一定的抗辐照能力。

器件的 EL 图象在辐照前后无明显变化,这一结果与器件在室温下长时间(万小时)老化后 EL 图象无明显变化的结果一致^[7]。

器件辐照后的特性还受焊料和耦合封装材料的影响。初步结果指出: 618 环氧树脂和 In 焊料有一定的抗辐照能力。但在高剂量 ($> 1 \times 10^8$ rad) 下,辐照后的 618 环氧树脂表面变脆。

参 考 文 献

- [1] 曹建中等, 电子技术与测试, **2** (1985), 15—18.
- [2] 王长河等, 半导体情报, **2** (1986), 1—4.
- [3] P. O. Lauritzen, et al., *IEEE Trans. on NS*, **NS-11** (1964), 39—42.
- [4] D. Niehans, et al., *IEEE Trans. on NS*, **NS-17** (1970), 121—125.
- [5] 陈良轩等, 电子技术与测试, **3** (1984), 22—26.
- [6] 水海龙等, 发光与显示, **3** (1982), 72—77.
- [7] 张桂成等, 发光与显示, **2** (1982), 65—70.

EFFECT OF THE γ -RAY IRRADIATION ON THE CHARACTERISTICS OF THE InGaAsP/InP DH LED's

Zhang Guicheng Shi Zhihua

(Shanghai Institute of Metallurgy, Academia Sinica, Shanghai)

Li Shenghua

(Shanghai Jiaotong University, Shanghai)

Abstract The effect of the γ -ray irradiation on the characteristics of $1.3\ \mu\text{m}$ InGaAsP/InP DH LED used in the optical fiber communication is investigated. When the irradiation dosage is in the rang of 1×10^5 — 1×10^7 rad, the output power and the Cut-off frequency of the devices do not change. When the irradiation dosage is higher than 1×10^7 rad, the output power decreases and the cut-off frequency increases, owing to the minority carrier lifetime decreases. The EL pattern does not change during the γ -ray irradiation.

Key words InGaAsP/InP DH LED; γ -ra irradiation; Optical output power