

InGaAsP/InP 双异质结发光管中的深能级*

张桂成 吴 征

(中国科学院上海冶金研究所, 上海)

摘要 本文用 DLTS 谱仪研究了 SiO_2 限制的 InGaAsP/InP 双异质结发光管中的深能级。结果表明: 只有在 $p-n$ 结位于 $p\text{-InP}/n\text{-InGaAsP}$ 界面处的个别器件中, 有 $\Delta E = 0.24\text{eV}$ 的多子陷阱。

关键词 发光管; InGaAsP/InP; 双异质结发光管; 深能级

1. 引言

InGaAsP/InP 双异质结发光管是长波长光纤通信系统有实用价值的光源器件, 也是光纤传感器的重要元件。与 GaAs 材料相比 InGaAsP 材料和器件深能级的研究报道较少。近年来的研究表明, 采用质子轰击^[1]和深 Zn 扩散^[2]或经过电子辐照^[3]的 InGaAsP/InP 材料制成的器件, 已测出了有深能级。而对较多采用 SiO_2 限制和肖脱基势垒限制的器件中, 深能级的报道较少。本文旨在探讨 SiO_2 限制的 InGaAsP/InP 双异质结发光管中的深能级问题。

2. 器件的结构和深能级测量

用高压炉拉制的掺 Sn 或 S 的 InP 单晶 ($n = 7 \times 10^{17} - 2 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$) 抛光片作衬底。用液相外延生长技术依次生长 $n\text{-InP}$ 缓冲层, InGaAsP 有源层, $p\text{-InP}$ 限制层。在 p 面沉积 SiO_2 膜作电流限制层, 光刻出电极窗口后, Zn 选择扩散, 分别溅射 TiPdAu 和蒸发 AuGeNi 作电极, 制成 Burrus 型发光管^[4], 其结构如图 1 所示。InGaAsP/InP 双异质结材料的载流子浓度分布和 $p-n$ 结位置是用电化学 C-V 法测量的^[5]。用 X 光双晶衍射仪测量晶格匹配度^[6]。近场特性是用带有电视荧光屏的红外选行扫描仪观察的^[7]。用 DLTS 谱仪在 77—157K 下, 测量了器件的深能级。

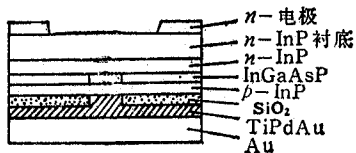


图1 InGaAsP/InP 发光管结构图

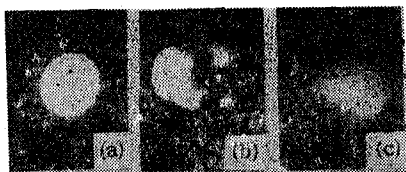


图2 器件有源区 EL 图象

(a) 不带 DSD (b) 带 DSD (c) 带 DSD

* 1987年7月13日收到, 1988年2月15日修改定稿。

3. 实验结果

(1) 光输出功率和深能级 任意选取光输出功率明显不同的器件进行 DLTS 测量, 结果表明: 不论光功率 $P > 1\text{mW}$ 的器件, 还是光功率小, $P \leq 0.2-0.5\text{mW}$ 的器件, 均未测到有深能级存在。这表明这些器件的深能级浓度远低于 DLTS 谱仪的检测灵敏度。与文献[1]在未经质子轰击的 InGaAsP/InP 激光管中未测到深能级的结果一致。

(2) EL 图象与深能级 用 DLTS 谱仪测量了器件有源区带 DSD 和不带 DSD 二类发光管的深能级。结果表明, 在这二类器件中均未见有深能级存在。图 2 是器件有源区的 EL 图象。

(3) $p-n$ 结位置与深能级 表 1 是 InGaAsP/InP 双异质结外延材料特性与器件深能级的测量结果。

从表 1 可见, 不论有源区是 p 型或 n 型, 器件的 $p-n$ 结在有源区时, 均未测出深能级。只有器件 3 外延材料的 $p-n$ 结位于 p -InP 限制层与 InGaAsP 有源区界面处, 才测量到有深能级。

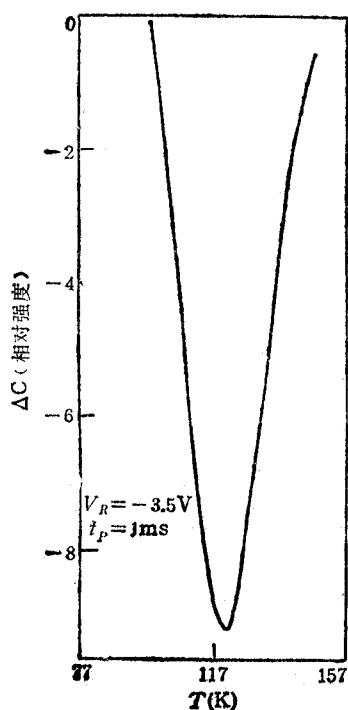


图 3 DLTS 谱图

(4) 限制层掺杂剂与深能级 采用 In-Zn, Zn 和 Mg 分别作 p -InP 限制层掺杂剂, 制成器件后测量它们的深能级。由于工艺条件不同 $p-n$ 结有不同程度的偏位发生, 出现了三种类型的发射光谱。(a) 具有单一长波长发射峰的器件, 表明 $p-n$ 结位于有源区, 限制层掺 In-Zn 或 Mg 属此类。未测出有深能级存在。(b) 具有很强的长波长峰和较弱的 $0.97\mu\text{m}$ 发射峰的器件, 表明 $p-n$ 结未明显偏位, 也未测出深能级。(c) 带有很强 $0.97\mu\text{m}$ 发射峰和长波长发射峰的器件, $p-n$ 结已偏位, 这类器件中的某些器件测出有深能级存在。其深能级谱图如图 3 所示。在反向偏压 $V_R = -1\text{V}, -3.5\text{V}$, t_p 从 1ms, 10ms, 100ms 均有明显的多子陷阱存在, 用 $T^2\tau-1/T$ 关系, 求得 $\Delta E = 0.24\text{eV}$ 。当 V_R 降低到 -0.3V 时多子峰依然明显。

(5) 老化过程中深能级 将器件在大气气氛中, 100mA 电流条件下在室温和 85°C 环境中长时间老化后, 测量它们的深能级, 结果如表 2 所示。

从表 2 可见, 器件长时间老化后, 也未测出深能级。

4. 讨论

(1) 在质子轰击结构, 深 Zn 扩散结构和 InGaAsP/InP 外延材料经电子辐照后制成的 InGaAsP/InP 发光管中已测出有深能级存在。本文用 SiO_2 限制的双异质结发光管, 只有在 $p-n$ 结位于 p -InP/ n -InGaAsP 界面处和有很强双峰的个别器件中, 才测到有明

表 1 外延材料特性与器件深能级

器 件	有源区导电类型	$p-n$ 结在外延材料中位置	器件深能级测量结果
	p 型为主	在有源区	未测出
2	p 型为主	在有源区	未测出
3	n 型	在 $p\text{-InP}/n\text{-InGaAsP}$ 界面	已测出多子陷阱 $\Delta E \approx 0.24\text{eV}$
4	n 型	在 $p\text{-InP}$ 限制层	未测出
5	n 型为主	有源层	未测出

表 2 老化后器件深能级

器 件	老化环境和时间	测量结果
6	室温, 20500h	未测出
7	室温, 20000h	未测出
8	85°C 5000h	未测出
9	85°C 4000h	未测出

显的多子陷阱峰, $\Delta E = 0.24\text{eV}$, 与文献[2]接近。这可能是由于界面处有杂质富集, 晶格匹配度差, 使深能级浓度有所增加, 从而测出有深能级的结果, 其来源有待进一步研究。

对外延片有源区浓度从 $2 \times 10^{17} \sim 2.5 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$, $p-n$ 结位于有源区的器件, 不论有源层是 n 型或 p 型, 以及 $p\text{-InP}$ 限制层掺 In-Zn, Mg 的器件均未测出深能级, 表明这些器件中深能级浓度相当低, ($\leq 2 \times 10^{13} \sim 2.5 \times 10^{14}\text{cm}^{-3}$), 在 DLST 谱仪检测灵敏度之下而无法测出。这一结果与 InGaAsP/InP 氧化物条形激光器中未测出深能级存在的情况相似^[1]。

(2) 表 2 的结果表明, 在长时间老化后的器件, 也未测出有深能级存在, 这与该器件在长时间老化过程中少子寿命未发生明显变化, 光功率未明显下降^[6]的结果相一致。

晶格失配是影响 InGaAsP/InP 双异质结发光管的重要因素之一, 随 $\Delta a/a$ 的增大深能级浓度增加^[9]。而我们所用材料的 $\Delta a/a$ 在 $1 \sim 5 \times 10^{-4}$ 或低于 5×10^{-3} , 在 InGaAsP/InP 外延生长条件下, 晶格匹配度有自调节作用, 使这一影响变为次要。

5. 结语

用 DLTS 谱仪测量了 InGaAsP/InP 双异质结发光管中的深能级。发现在 $p-n$ 结位于 $p\text{-InP}/n\text{-InGaAsP}$ 界面处, 带有双发射峰的个别器件中有多子陷阱存在, $\Delta E = 0.24\text{eV}$, 其来源有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 高季林, 半导体学报, 6(1985), 245.
- [2] Yoichi Sasai, et al., Jpn. J. Appl. Phys., 18(1979)7, 1415.
- [3] M. Levinson, et al., Appl. Phys. Lett., 42(1983)7, 605.

- [4] 水海龙等, 发光与显示, 1982 年, 第 3 期, 第 72 页.
- [5] 邵永富等, 半导体学报, 3(1982), 215.
- [6] 杨易等, 电子科学学刊 7(1985)5, 395—400.
- [7] 吴冠群等, 通信学报, 4(1982), 88.
- [8] 张桂成等, 发光与显示, 1982 年, 第 2 期, 第 65 页.
- [9] J. Shirafuzi, et al., *J. Appl. Phys.*, 52(1981), 4705.

DEEP LEVEL IN InGaAsP/InP DH LED

Zhang Guicheng Wu Zhen

(Shanghai Institute of Metallurgy, Academia Sinica, Shanghai)

Abstract The deep level in InGaAsP/InP DH LED have been studied by DLTS method. The results show that when the p - n junction located in the interface of the p -InP/ n -InGaAsP, there is deep level in some InGaAsP/InP DH LED. The activation energy ΔE is 0.24eV.

Key words LED; InGaAsP/InP; double heterojunction LED; Deep level