

p-InP/Ag-Zn/Mn 系的接触特性 及其应用*

张桂成 程宗权 蒋惠英

(中国科学院上海冶金所, 上海)

俞志中

(上海测试技术所)

摘要 本文研究了 p-InP/Ag-Zn/Mn 系的接触特性和界面互扩散问题。结果表明: 该系的比接触电阻与 Au-Zn 系相当。而 Ag 的内扩散程度较 Au 低, 有利于器件可靠性的改善。该系用作 InGaAsP/InP 边发光管的 p 面电极, 器件的 $R_c \approx 4-6\Omega$ 。

关键词 比接触电阻; 合金化; 互扩散

1. 引言

在 InP 为衬底的光电、微波和集成光学器件中, 外延片的顶层材料往往是 p-InP 层。AuZn^[1], TiPtAu^[2], TiPdAu^[3], Be-Au^[4] 等已广泛用于这些器件的 p 面电极材料。Au-Zn 在器件老化过程中, Au 向有源区移动使器件有源区产生暗缺陷而影响可靠性^[5]。而 TiPdAu 系中 Pd 对 Au 有阻挡作用, 但要用溅射方法制备, 使其应用受到限制。

本文用 Ag-Zn 合金代替昂贵的 Au-Zn 合金, 并用 Mn 作 Ag-Zn 膜的阻挡层, 研究了 p-InP/Ag-Zn/Mn 系的接触特性和界面特性, 并应用于 InGaAsP/InP 发光管中^[6]。

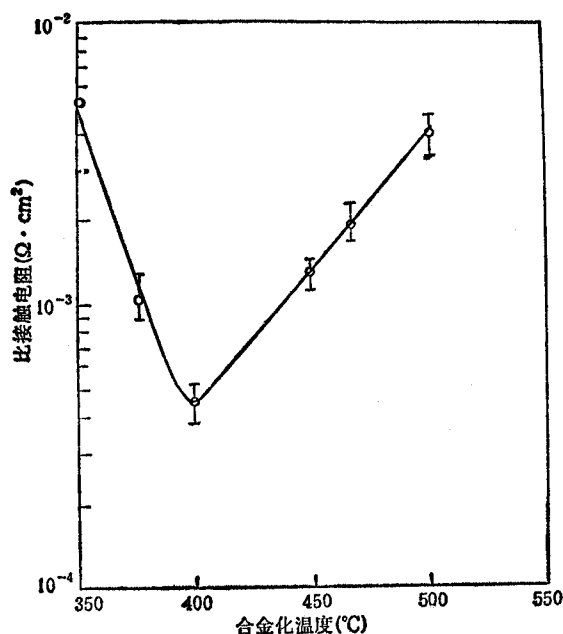
2. 实验方法

采用高压炉直拉的掺 Zn 的 InP 抛光片, $P = 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$, 经常规清洗后, 置于真空镀膜仪中。用 Ag-Zn 金合和 Mn 作蒸发源, 在衬底加热到 150°C, 真空度 10^{-5}mmHg 条件下蒸发 Ag-Zn 膜后, 再蒸发 Mn 膜, 制成 p-InP/Ag-Zn/Mn 系多层材料, 经光刻、腐蚀出直径不同的电极圆点, 清洗后在 N₂ 气流中快速加热和冷却条件下合金化, 测量接触电阻。用俄歇能谱仪 (AES), 扫描电镜 (SEM) 研究合金在热处理过程中组成元素的剖面分布和表面形貌。用四探针法测量接触电阻。

用液相外延法生长的 InGaAsP/InP 双异质结材料, 在 p 面沉积 SiO₂ 膜作绝缘介质层, 光刻腐蚀后选择 Zn 扩散, 蒸发 Ag-Zn/Mn 和 AuGeNi 分别作 p 面和 n 面电极材料, 制成边发光管, 对器件的接触电阻 (R_c) 与合金化条件关系进行了研究。

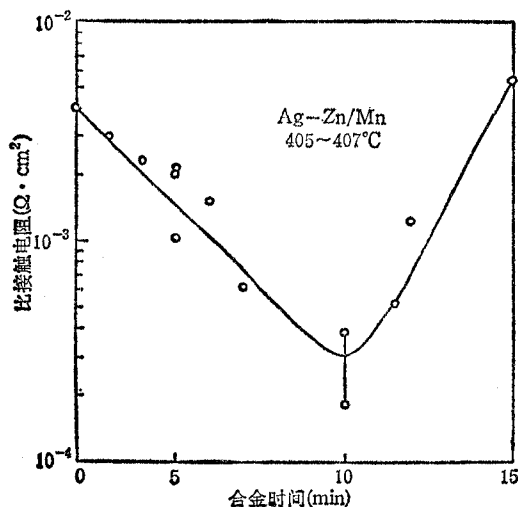
3. 实验结果

* 1988年1月9日收到, 同年5月修改定稿。

图1 合金化温度对比接触电阻 e_c 的影响

(1) 合金化温度- e_c 关系 图1是 p-InP/Ag-Zn/Mn 系合金化温度与比接触电阻 e_c 关系。从图1可见,在 400—500°C 范围内, e_c 随合金化温度升高而增大,在 400°C 时 $e_c = 2-4 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}^2$, 350°C 时 $e_c \approx 5 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}^2$ 。

(2) 合金化时间对 e_c 的影响: 图2是在 400—407°C 范围内,合金化时间对 e_c 的影响。

图2 合金化时间对 e_c 的影响

从图2可见,在 10 分钟附近 e_c 值较低。

(3) p-InP/Ag-Zn/Mn 系的界面特性: 图3是 p-InP/Ag-Zn/Mn 系热处理前后的组成元素随深度变化关系。从图3可见,在 450°C 热处理后 Ag 发生内扩散,在表面处有 Mn 凝聚,而 Zn 呈均匀分布。该体系的最佳合金化温度在 400°C 附近,其界面互扩散程度比 450°C 热处理时的结果要低。

(4) p-InP/Au-Zn/Au 系的界面特性 p-InP/Au-Zn/Au 系的组成元素随深度变化关系,如图4所示。

从图4可见,Au 向内扩散和 In、P 外扩散均很明显,由于采用先蒸发 Au 100 Å,再蒸 Au-Zn 的方法,在图4(a)中的 Zn 层浓度有一较高区,但在热处理后,Zn 浓度分布发

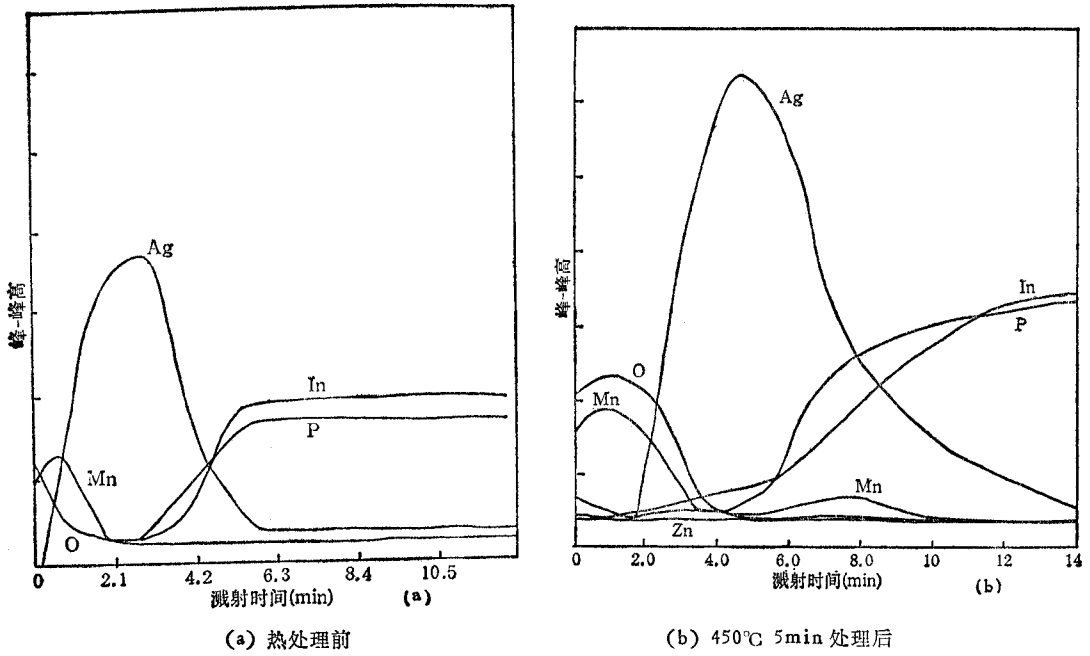


图3 p-InP/Ag-Zn/Mn 系组成元素的剖面分布

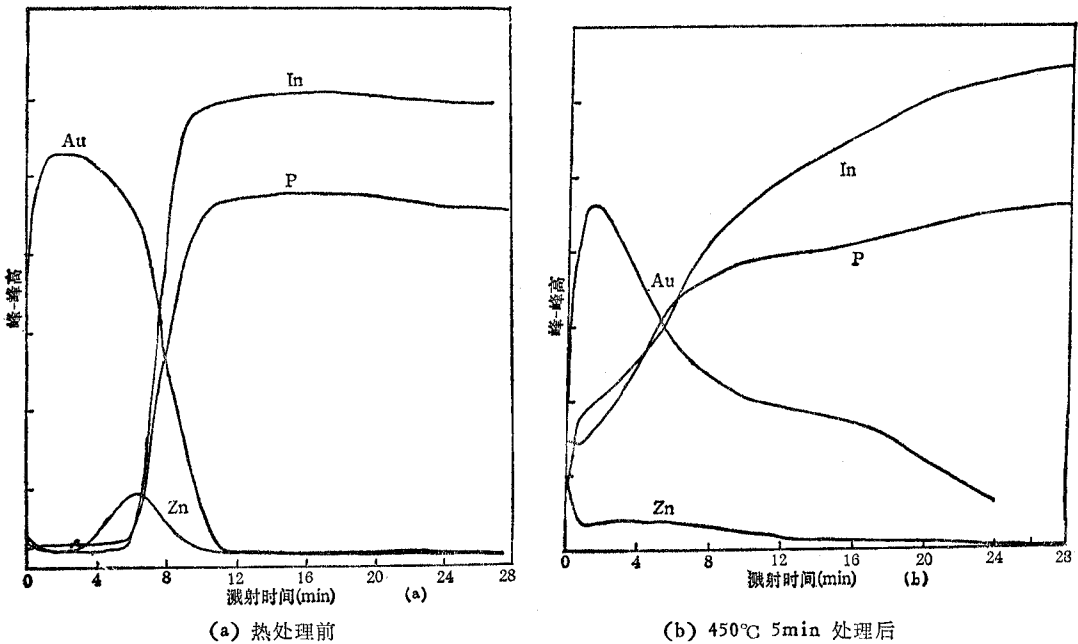


图4 p-InP/Au-Zn/Au 系的组成元素剖面分布

生变化, Zn 已向表面层凝聚。

(5) 表面形貌 图5是 p-InP/Ag-Zn/Mn 系分别在 350°C、405°C 和 450°C 热处理后的 SEM 照片, 比较可见, 在 450°C 热处理后 p-InP 与 Ag-Zn/Mn 有明显的互扩

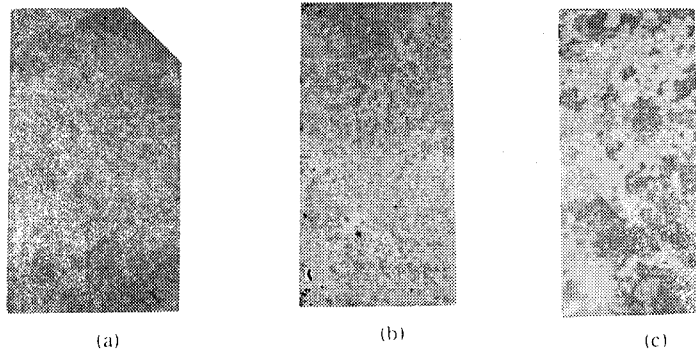


图5 p-InP/Ag-Zn/Mn 系热处理后的表面形貌
(a) 350°C (b) 405°C (c) 450°C

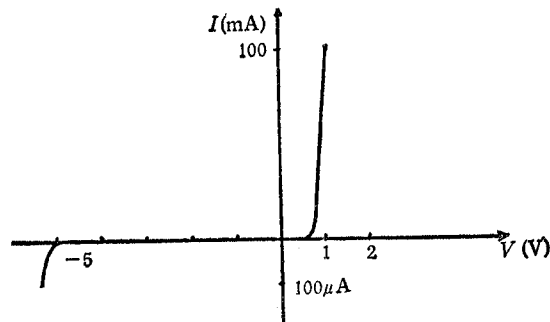


图6 InGaAsP/InP边发光管 $I-V$ 特性

散发生, 表面形貌粗糙, Au 已向内扩散. 而 405°C 和 350°C 热处理后的表面形貌则光洁平滑. 350°C 的热处理温度低, 时间短, 所以未充分发生固相反应.

(6) 在发光器件中的应用: 用液相外延生长的 InGaAsP/InP 双异质结材料, 以 SiO_2 膜作绝缘介质, 光刻出电极图形后, 蒸发 Ag-Zn/Mn 作 p 面电极, AuGeNi 作 n 面电极, 制成 InGaAsP/InP 双异质结边发光管, 器件的 $I-V$ 特性如图 6 所示. 其 $R_c \approx 4 \sim 6 \Omega$. 其 $I-V$ 特性与用 Au-Zn 材料制成的器件类似.

4. 讨论

从图 1 和图 2 可见, p-InP/Ag-Zn/Mn 系的 $e_c \approx (2-4) \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}^2$, 与 p-InP/Au-Zn 和 Be-Au 系的 e_c 值接近. 比较图 3 和图 4 的结果可见, 对 Ag-Zn/Mn 系 Ag 的内扩散较 Au-Zn 系中 Au 的内扩散程度低, 而 In 和 P 的外扩散前者也低于后者, 这对改善器件的可靠性是有益的. 同时 Ag 可代替价格昂贵的 Au, 对降低器件的成本也有明显作用.

从图 5 中三种热处理温度下表面形貌结果可见, 在 405°C 条件下其表面光洁, e_c 值较低. 而 450°C 热处理由于有明显的互扩散发生, 破坏了高浓度界面层的形成, 使 e_c 值增高. 在 350°C 条件下热处理温度低未发生明显的固相反应, 也未形成高浓度界面层, 从而使 e_c 值偏高.

在 p-InP 的接触材料中 Au 基合金是主要材料, 在长时间老化或工作中, 电极材料

中的 Au 向有源区移动, 从而导致器件有源区有 DSD 产生^[2], 这对器件的可靠性是有害的. 采用带阻挡层的 TiPdAu, TiPtAu 体系作 P 电极, 可抑制 Au 的内扩散, 有利于器件可靠性的改善. 但溅射 TiPdAu 等技术复杂使其广泛应用受到限制. 而采用 AgZn/Mn 系可利用真空蒸发方法制备, Ag 的内扩散程度低, 比接触电阻也符合器件要求, 因此这一体系是有应用价值的 p 面电极的接触材料.

参 考 文 献

- [1] E. Kuphal, *Solid-state Electronics*, **24**(1981), 69.
- [2] A. K. Chin, et al., *Jpn. J. Appl. Phys.*, **8**(1981), 1487.
- [3] 张桂成等, 电子科学学刊, **2**(1984), 174.
- [4] H. Temkin, et al., *Appl. Phys. Lett.*, **36** (1980), 444.
- [5] A. K. Chin, et al., *Appl. Phys. Lett.*, **41** (1982), 555.
- [6] 张桂成等, 发光与显示, **1**(1985), 5.
- [7] W. Tseng, et al., *J. Vac. Sci. Technol.*, **19** (1981), 623.
- [8] A. J. Volois, et al., *Solid-state Electronics*, **25** (1982), 973.

CONTACT CHARACTERISTICS OF THE *p*-InP/Ag-Zn/Mn SYSTEM AND APPLICATION

Zhang Guicheng Chen Zongquan Jiang Huiying

(Shanghai Institute of Metallurgy, Academia Sinica, Shanghai)

Yu Zhizhong

(Shanghai Institute of Measurement Technique, Shanghai)

Abstract The contact characteristics and the interdiffusion of *p*-InP/Ag-Zn/Mn system are investigated by four-probe method and Auger electroscopy. The surface morphology of the heat treatment sample is observed by SEM. The specific contact resistance (e_c) which is function of the alloy temperature and time is also given. The ($e_c \approx (2-4) \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ at 400°C). The Ag-Zn/Mn system already is used in the InGaAsP/InP Edgeemitting LEDS, $R_s \approx 4-6 \Omega$. The results shown that the Ag-Mn material is stable and reproducible.

Key words Specific contact resistance; Alloy temperature; Interdiffusion