

# 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<sup>[1]</sup>, TiPtAu<sup>[2]</sup>, TiPdAu<sup>[3]</sup>, Be-Au<sup>[4]</sup> 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<sup>[5]</sup>。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<sup>[6]</sup>。

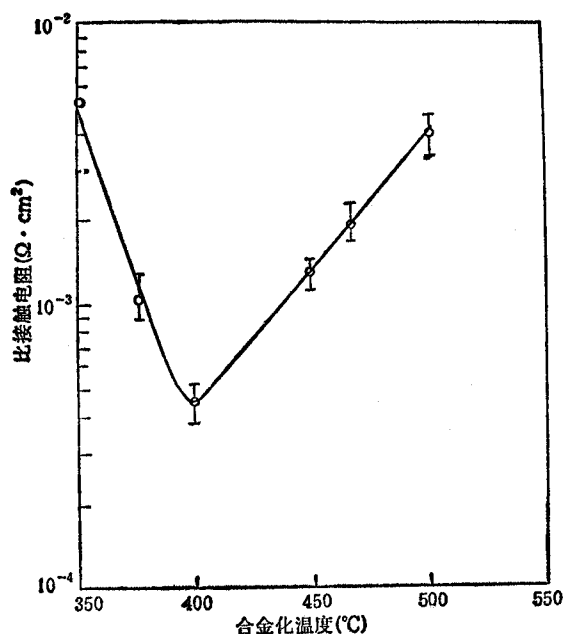
## 2. 实验方法

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  $10^{-5} \text{mmHg}$  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 N<sub>2</sub> 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 SiO<sub>2</sub> 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。

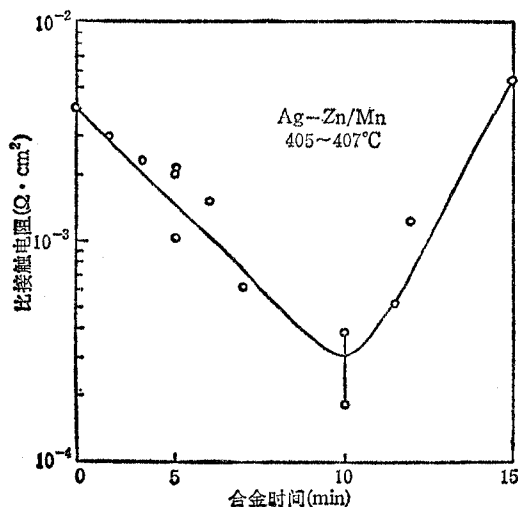
## 3. 实验结果

\* 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

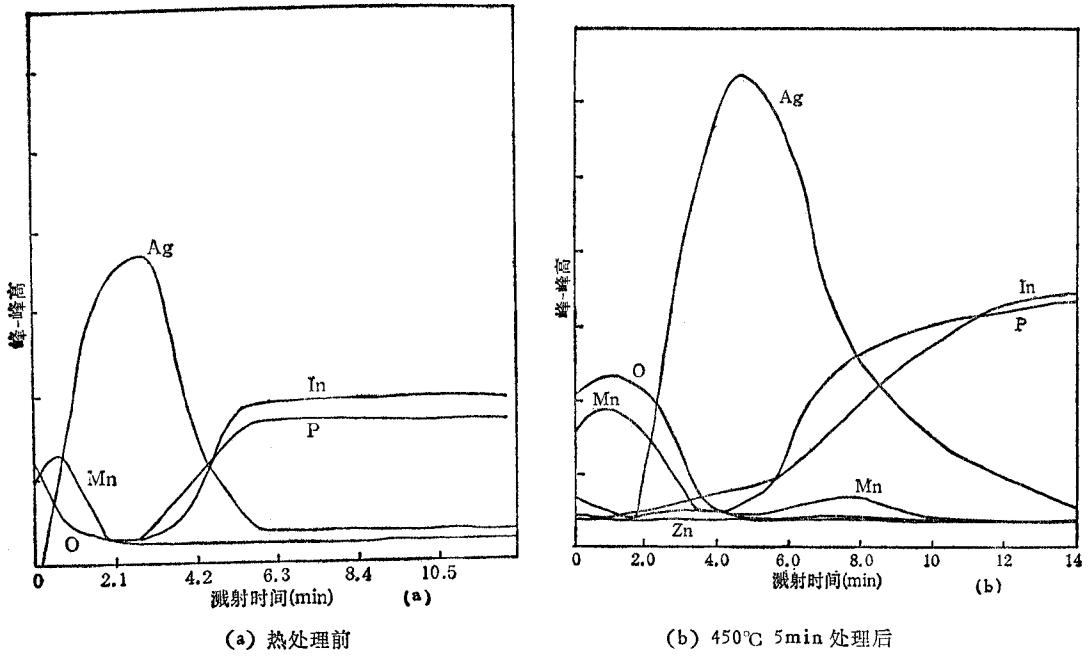


图3  $p\text{-InP}/\text{Ag-Zn}/\text{Mn}$  系组成元素的剖面分布

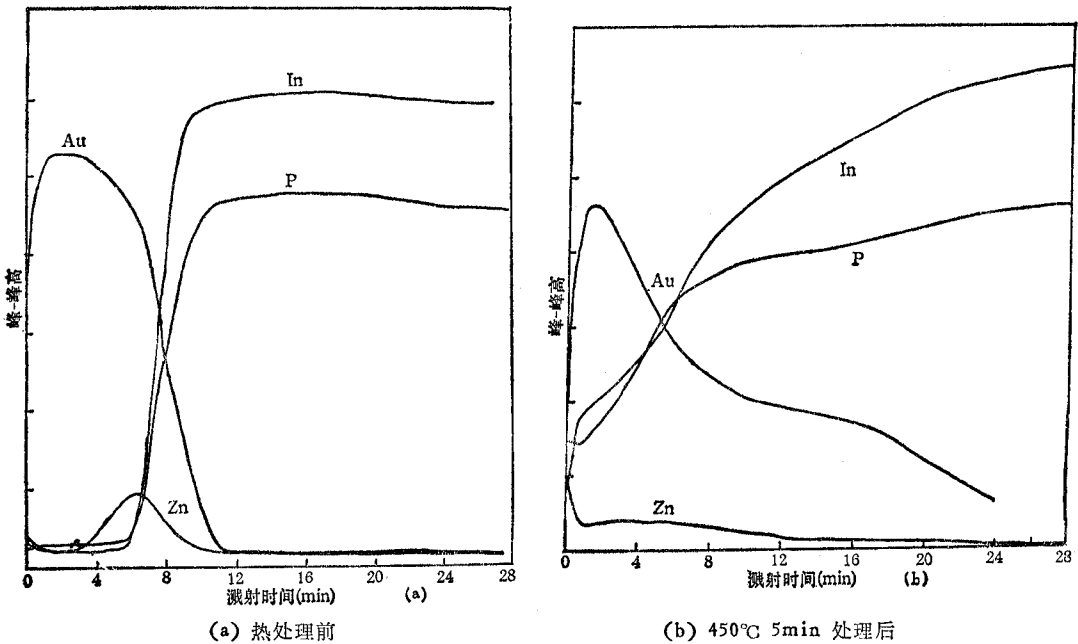


图4  $p\text{-InP}/\text{Au-Zn}/\text{Au}$  系的组成元素剖面分布

生变化, Zn 已向表面层凝聚。

(5) 表面形貌 图5是  $p\text{-InP}/\text{Ag-Zn}/\text{Mn}$  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  $p\text{-InP}$  与  $\text{Ag-Zn}/\text{Mn}$  有明显的互扩

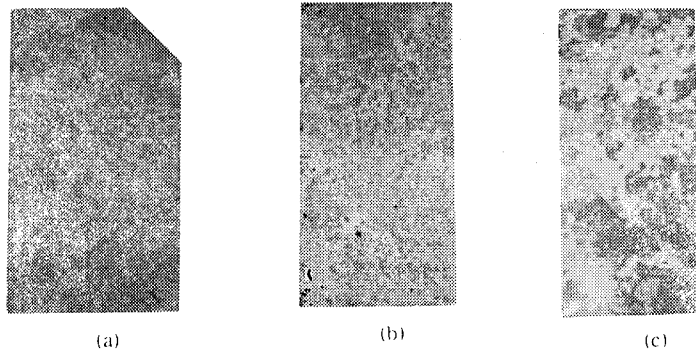


图5 p-InP/Ag-Zn/Mn 系热处理后的表面形貌  
(a) 350°C (b) 405°C (c) 450°C

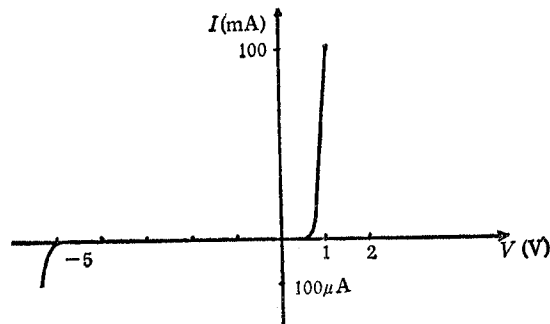


图6 InGaAsP/InP边发光管  $I-V$  特性

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<sub>2</sub> 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  $R_s \approx 4 \sim 6 \Omega$ . 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<sup>[1]</sup>,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  $400^\circ\text{C}$ ). 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