

P-InP 欧姆接触的 Nd-YAG 激光合金化

王立军

张青月

(中国科学院长春物理所)

(吉林大学电子科学系)

1985年11月16日收到

本文报道用 Nd-YAG 脉冲激光辐照代替热合金化制备了性能良好的 P-InP/AuSb + AuZn + Au 欧姆接触。利用激光合金化获得的接触电阻率 $8.6 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}^2$ 优于另一部分样品热合金化的值 $1.6 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}^2$ 。其表面形貌也比热合金化的好,俄歇电子能谱分析发现在界面附近明显形成了 Zn 的分布峰,使电子隧穿势垒的几率增大。

一、引言

欧姆接触的质量常常是影响 III-V 族半导体器件性能的最重要因素之一,由于 P-InP 具有较高的势垒和较低的 Zn 的激活浓度,使其要获得低电阻欧姆接触要比其他一些 III-V 族化合物半导体困难得多,因此研究和改善 P-InP 欧姆接触具有重要的实际意义,激光合金化是激光束短时间处理样品,温升范围仅局限于被辐照区一薄层,不会对器件的其他部分产生影响,并且可以防止接触金属球聚,改善接触金属与半导体间的沾润性,减少金属-半导体间的互扩散。近年来用激光辐照制备欧姆接触已经取得了一些良好结果^[1,2]。但是用激光在 P-InP 材料上制备欧姆接触的报道还很少,本文着重讨论用 Nd-YAG 脉冲激光合金化,在 P-InP 上形成良好欧姆接触的实验结果。

二、实验方法

样品材料是掺 Sn 的(100)晶向的 n-InP 单晶,用 Zn 扩散形成 P 型层,通过 Vander Pauw 方法测量载流子浓度为 $1 \sim 2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 。样品通过化学清洗和 1% 的溴甲醇溶液腐蚀后放入真空系统,采用三个蒸发源,依次蒸发厚约 200 Å 的 AuSb 合金,其组分为 1wt% Sb、800 Å 的 AuZn 合金,其组分为 10wt% Zn、1000 Å 的 Au,蒸发前系统真空度为 5×10^{-6} 托,衬底加热温度为 100°C。

把样品分为两部分,一部分样品采用常规的热合金化工艺,在 N₂、H₂ 混合气体中于 420°C 加热 3 分钟,N₂、H₂ 比为 3:1。并采用快速升降温法。

另一部分样品则利用 Nd-YAG 脉冲激光器聚焦的细微激光束进行合金化,脉宽小于 20ns、波长为 1.06 μm,激光束斑大小由透镜调节,其直径为 0.26cm,激光能量密度为 0.8~1.3 J/cm²,发射频率为 2 次/秒。

样品固定在样品台上,水平方向扫描由电机带动,电机转速由调压器控制。其扫描速

率为 0.012cm/s , 垂直方向用手动操作, 每次移动 0.038cm . 两次扫描间的叠加为 85% 以上。

用 E. Kuphal^[3] 方法测量了不同激光能量密度辐照下的接触电阻率 ρ_c . 用俄歇电子能谱对比分析了未合金化的和在最佳激光能量密度辐照下的样品剖面。

三、实验结果及讨论

由于 Zn 具有较高的蒸气压和较低的蒸发温度, 而 Au 具有较低的蒸气压和较高的蒸发温度所以 AuZn 合金在蒸发时, Zn 大部分先被蒸发, 致使金属与衬底的附着性不够好, 本文在 P-InP 衬底上先蒸发约 200\AA 的 AuSb 合金, 再蒸发 800\AA 的 AuZn 合金, 不但使金属层的附着得到改善, 而且使接触电阻率明显降低。

图 1 给出了样品的接触电阻率随激光能量密度的变化曲线, 激光辐照后, 接触电阻率 ρ_c 随能量密度 $n(\text{J/cm}^2)$ 的增大而变小。当达到一极小值后又随能量密度的增加而变大, 这是由于样品开始受到激光辐照的能量很小, 还不足以形成金属-半导体共晶的过渡

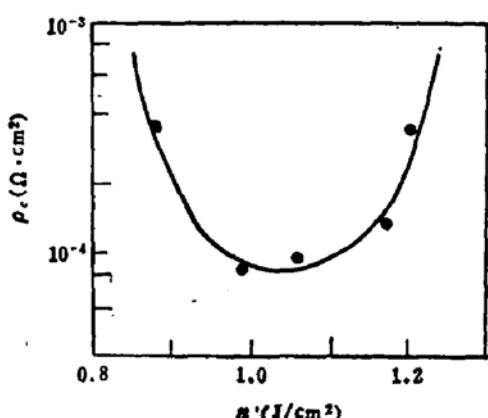


图 1 接触电阻率随激光能量密度 $n(\text{J/cm}^2)$ 的变化
P-InP/AuSb + AuZn + Au

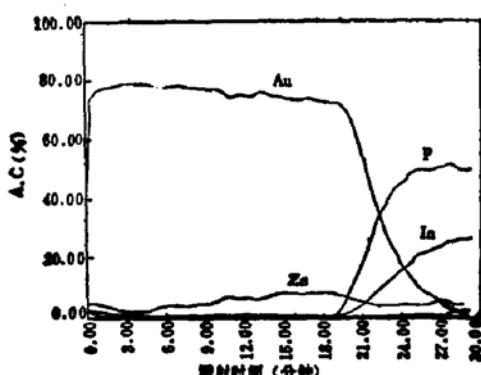


图 2 未合金化样品的俄歇谱
P-InP/AuSb + AuZn + Au

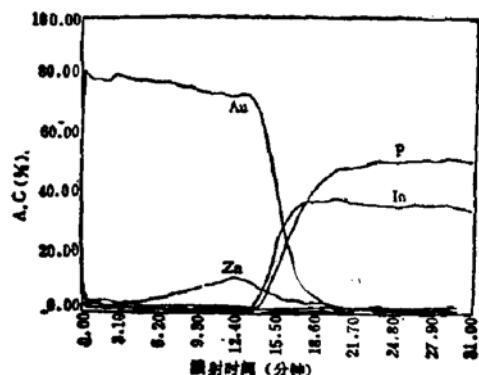


图 3 Nd + YAG 激光合金化俄歇谱
P-InP/AuSb + AuZn + Au

层,其接触近似于机械接触,致使 ρ_c 值很大,随着激光能量密度的不断变大, InP 逐渐被溶解,当能量密度达到 $1\text{J}/\text{cm}^2$ 左右时,在溶解和再结晶的过程中形成了一层再结晶层,进而使 ρ_c 值达到 $8.6 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}^2$,当激光能量密度过大时,则使样品温升过高,界面处的 InP 分解,各层组份间互扩散严重,甚至 InP 表面遭到破坏,致使接触电阻率变大,图 2 和图 3 分别为没有进行激光合金和在最佳合金条件下辐照的样品俄歇电子能谱分析结果。由图中可见,由于激光辐照样品加热时间短和高温区仅局限于金属-半导体界面,致使界面反应层比较窄,互扩散现象不明显,在金属-半导体界面附近形成了较高的 Zn 的分布峰,形成了高掺杂的再结晶层,使电子隧穿势垒的几率增大,从而导致了良好欧姆接触特性的形成,通过相应降低能量密度,增大两次扫描间的迭加面积使合金的均匀性及重复性得到适当改善。

本工作得到吉林大学电子科学系吴家昆、邹慧珠等同志的大力帮助,中国科学院半导体所作了俄歇电子能谱分析,谨此一并致谢!

参 考 文 献

- [1] Z. L. Liau, N. L. Demeo, J. P. Donnelly, D. E. Mull, R. Branbury and J. P. Lorenzo. *Laser and Electron Beam Proc. of Mat.* (1979), p. 494, Academic Press, (1980).
- [2] 弓继书, 郑宝真, 庄蔚华, 徐仲英, 半导体学报, 1, 311 (1980).
- [3] E. Kuphal, *Solid-State Electronics*, 24, 69 (1981).

Nd-YAG Laser Alloying of Ohmic Contacts on P-InP

Wang Lijun

(Changchun Institute of Physics, Academia Sinica)

Zhang Qingyue

(Department of Electronic Science, Jilin University)

Abstract

This paper presents a good ohmic contact of P-InP/AuSb+AuZn+Au prepared by Nd-YAG pulse laser irradiation instead of thermal alloying. The best result of the specific contact resistance ($8.6 \times 10^{-5} \Omega \cdot \text{cm}^2$) achieved by laser irradiation is better than one ($1.6 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}^2$) by the thermal alloying. The interface morphology is also improved by the laser irradiation. A peak of Zn distribution near the interface is discovered by the AES analysis. Low contact resistance can be explained by the increase of the probability of carrier tunneling through the whole barrier.