

欧姆接触最佳合金条件

解金山

(武汉邮电科学研究院)

提要: 本文比较详细地介绍了 GaAs 和 InP 半导体激光器欧姆接触中合金的最佳条件, 并从金属学观点对此进行了理论分析。

Optimum alloying condition in ohmic contact

Xie Jingshan

(Wuhan Research Institute of Post and Telecommunication)

Abstract: The optimum alloying condition in ohmic contact of GaAlAs/GaAs and InGaAsP/InP semiconductor lasers is described in detail, and theoretical analysis on the point of view of metallization is given.

随着 III~V 族化合物半导体激光器、发光二极管、探测器以及有关集成光学的发展, III~V 族半导体器件的欧姆接触问题越来越显得重要。欧姆接触研究的进展将直接影响这类器件的发展速度。例如, 半导体激光器的欧姆接触制造工艺好坏, 直接影响器件的正向电阻及热阻大小, 从而影响器件能否在室温连续激射及其使用寿命。

欧姆接触首要的要求应是能形成欧姆结, 不具有整流作用; 同时要有尽可能小的特征接触电阻率(ρ_c)和热阻(R_T); 此外欧姆接触本身要稳定, 并能阻止有害杂质原子对外延层的入侵^[1]。欧姆接触一般是用蒸发或溅射的方法在其 n 面或 p 面上复盖一层或多层金属或合金薄膜, 然后在适当的温度下进行合金而成。

一、制作欧姆接触的最佳合金条件

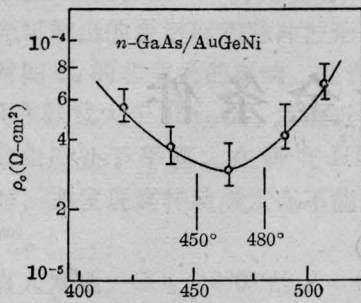
大量的实验资料表明, 欧姆接触中大都

存在着一个最佳合金条件。对一定的金属化系统来说, 只有在最佳合金条件下才能得到最小的特征接触电阻率(亦称比接触电阻)。下面分别对 GaAs 和 InP 两种材料作简单介绍。

1. n -GaAs 的欧姆接触。对 n -GaAs 的 Au-Ge-Ni 金属化系统, 研究结果如图 1 所示^[2]。由此可以看出, 低欧姆接触电阻能够在 450~480°C 之间合金大约 1 分钟来实现。否则, 特征接触电阻率将要增加。对于 AuGeNi 和 n^+ -GaAs ($\sim 10^{18}$ 厘米⁻³) 系统得到了优于 10^{-6} 欧姆·厘米² 的结果。与 GaAs 层的掺杂有关, 得到的特征接触电阻率的典型值在 2.5×10^{-5} 欧姆·厘米² 到 1×10^{-6} 欧姆·厘米² 之间。

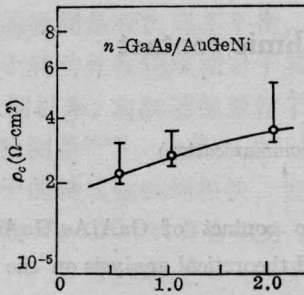
2. p -GaAs 的欧姆接触。例如 Cr-Au 等金属化系统。由实验结果表明, 对于 p -GaAs ($6 \times 10^{18} \sim 1 \times 10^{19}$ 厘米⁻³) 欧姆接触材料 Cr-Au、Zn-Au、In-Ag-Au 和 Al-Au 都是

收稿日期: 1981 年 1 月 12 日。



(a) $T(^{\circ}\text{C})$

(a) T 与 ρ_c 的关系



(b) t (分)

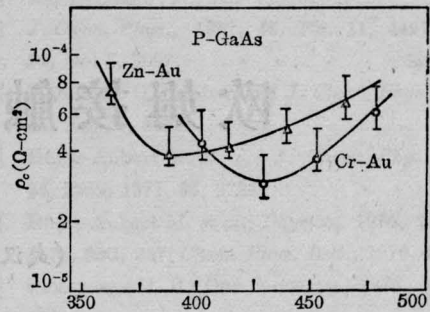
(b) t 与 ρ_c 的关系

图1 $n\text{-GaAs/AuGeNi}$ 系统的低欧姆接触电阻的最佳实施条件 ($\sim 2 \times 10^{16}$ 厘米 $^{-3}$)

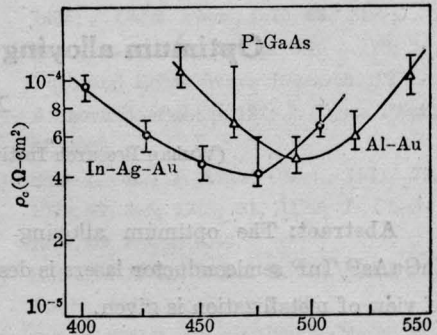
适宜的。其最佳合金条件类似于 $n\text{-GaAs}$, 在所有情况下都存在着一个能得到最小接触电阻的最佳条件。合金 1 分钟左右最好, 其结果如图 2 所示^[2]。得到的特征电阻率在 $2.4 \times 10^{-5} \sim 4.4 \times 10^{-5}$ 欧姆·厘米 2 之间。同时, 这些材料有良好的粘附性能和键合特性。此外, $p\text{-GaAs}$ 用 Au/Zn/Au 结构制作欧姆接触也得到了类似的结果^[3]。

3. $n\text{-InP}$ ($\sim 10^{18}$ 厘米 $^{-3}$) 的欧姆接触^[4,5]。目前使用较多的材料是 Au-Sn , 合金温度在 420°C 左右, 合金时间 1~3 分钟, 能得到良好的欧姆接触。在采用 In-Sn-Ag 金属化系统时, 若加热样品至合金温度所需时间是短的 (约几分钟), 在 400°C 下恒温 0.5~2 分钟, 能得到 $\sim 10^{-4}$ 欧姆·厘米 2 量级的良好结果。

4. $p\text{-InP}$ 的欧姆接触。目前多采用



(a) $T(^{\circ}\text{C})$



(b) $T(^{\circ}\text{C})$

图2 特征电阻率 ρ_c 与温度 T 的关系

Au/Zn 材料。其特征电阻率与合金时间和温度的关系, 也有类似的情形, 如图 3 所示^[6]。

综合以上情况, 我们可以得到如下的规律: 欲得到良好的欧姆接触, 合金过程必须在最佳合金条件下进行。即合金过程中, 升温是快速的, 冷却是急速的, 而且合金温度一般

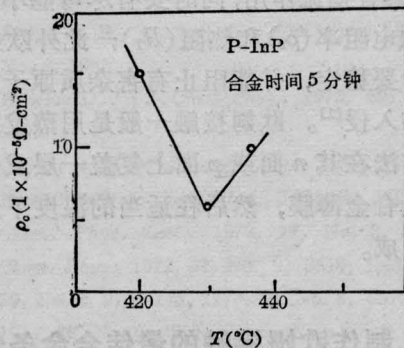


图3 $p\text{-InP}$ 的 Au/Zn 金属化系统的合金温度 T 与 ρ_c 的关系

都比较低,合金时间几乎都是很短的,约几分钟。这种带有普遍性的规律究竟是什么原因呢?下面我们将给予定性的理论分析。

二、对最佳合金条件的理论分析

对上述规律,我们能够从金属学观点给予理论分析和解释。众所周知,金属化以后所得到的合金系统,可能是固溶体的混合物,或者是固溶体和金属化合物所组成,究竟是哪一种,因金属化系统的组成和半导体材料以及合金条件的不同而不同。不管是何种金属化系统,合金的性质取决于固溶体与化合物的性质,以及它们各自的形状、大小、数量和分布,这一点是肯定无疑的。根据晶体生长的成核理论,晶粒大小是成核速率 v_N (成核个数/厘米²·秒) 和生长速率 v_G (厘米/秒) 的函数。成核速率愈大,生长速率愈小,则晶粒愈细致密。然而,在过冷度不太大的情况下, v_N 和 v_G 都随过冷度的增加而增加^[7], 如图4所示。但是,两者增长的程度不同, v_N 要增加得快些。显然,过冷度与冷却速度有关,冷却愈快,过冷度愈大。因此,加速冷却有利于获得精细致密的晶粒组织结构。在制作欧姆接触时,由于金属层一般都很薄,所以可以认为从表面到接触界面具有相同的冷却速率。从而,由表面到内部都能形成均匀而细小的晶粒结构。因此,急速冷却有利于形成平滑的接触界面和良好的粘附性能。与此同时也得到了低电阻的接触系统。此外,急速冷却、快速升温以及尽可能低温短时间的合金条件都有利于维持接触界面的高掺杂浓度。这种高掺杂浓度可以导致较低的势垒高度,并可能使热离子发射转变成隧道式的穿越^[2]。这是低特征接触电阻率的内在原因。

与此同时,这样的合金条件还可防止有害组分或杂质原子对半导体或外延层的渗透扩散。

从图4可知,在过冷度较大时, v_N 和 v_G 反而会下降(虚线部分)。这是由于温度过低使得原子扩散速度降低,从而限制了结晶速度。不过对于我们所讨论的金属或合金体系来说,这样大的过冷是不存在的。

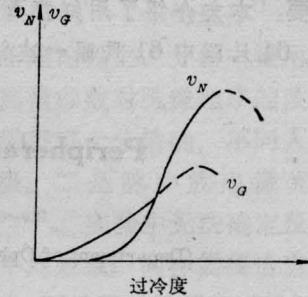


图4 v_N 、 v_G 与过冷度的关系

总之,不管是什么样的金属化系统,都存在着一个最佳的合金条件。尽管因金属化系统的不同而有所差别,但是,为了得到低的 ρ_0 值,都必须遵从这样的一般规律:快速升温、急速冷却以及尽可能的低温短时间。

参 考 文 献

- [1] 南日康夫;《应用物理》,1977, **146**, No. 6, 558.
- [2] R. P. Gupta, J. Freyer; *Int. J. Electronics*, 1979, **47**, No. 5, 459.
- [3] Tatsuyuki Sanada, Osamu Wada; *Japan. J. Appl. Phys.*, 1980, **19**, No. 9, 491.
- [4] G. H. Olsen *et al.*; *Appl. Phys. Lett.*, 1979, **34**, No. 4, 262.
- [5] G. Weimann; *Phys. Status. Solidi A (germany)*, 1978, **50**, No. 2, 219.
- [6] 长谷川治;《电子通信学会技术研究报告》,ED-78-66-77.
- [7] 大连工学院;《金属学及热处理》,科学出版社。