

p -GaAs、 p -InP 上用Ti-Pt 作欧姆接触的研究

Abstract: In this paper, we report the study of Ohmic contact of p -GaAs and p -InP using sputtered Ti/Pt film. Ohmic contacts are very stable in the temperature range of 300~500°C for alloying. The lifetime of the GaAs/GaAlAs laser made by this method has exceeded 6000 hours.

一、引言

目前在半导体激光器的研制中, p 型材料的欧姆接触系统, 对GaAs多采用Cr/Au、Zn/Au^[1], 对InP多采用Au/Zn^[2,3]。它们有一个共同点, 就是要在适当条件下进行合金以便得到最佳的效果^[4]。为了避免合金, 同时得到具有很高稳定性的欧姆接触, 我们采用溅射Ti、Pt薄膜的方法, 对 p -GaAs和 p -InP的欧姆接触进行了研究。为了验证该欧姆接触的热稳定性, 我们在不同的条件下进行了所谓的“合金”处理。所得结果表明, 在很宽的温度范围内, 该欧姆接触具有很高的热稳定性。另外, Ti和Pt本身又具有很高的化学稳定性, 因此可以预料, 这种欧姆接触在减缓半导体激光器的慢退化当中可能起积极的作用。

二、实验与结果

本实验样品是在 n 型衬底上用闭管扩散形成重掺杂的 p 型层($P \approx 7 \sim 9 \times 10^{19}$ 厘米⁻³), 然后溅射Ti、Pt薄膜。Ti的溅射高压是3.4千伏, 速率为

表1 Ti/Pt膜厚度与 ρ_c 的关系

试片编号	1#	2#	3#	4#	5#
膜厚(Å)	1350	2700	3350	3700	4400
ρ_c (欧·厘米 ²)	5.804×10^{-3}	2.528×10^{-3}	2.943×10^{-3}	2.670×10^{-3}	4.680×10^{-3}

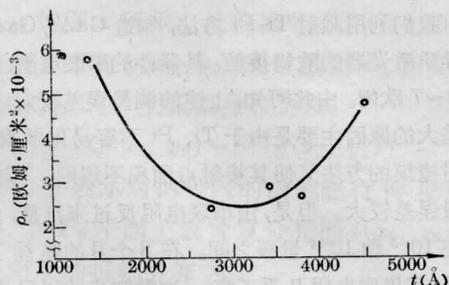


图1 Ti/Pt膜厚度与 ρ_c 的关系

表2 Ti膜厚度与 ρ_c 的关系

试片编号	6#	7#	8#	9#
膜厚(Å)	150	450	750	1500
ρ_c (欧·厘米 ²)	1.684×10^{-3}	1.108×10^{-3}	1.426×10^{-3}	1.960×10^{-3}

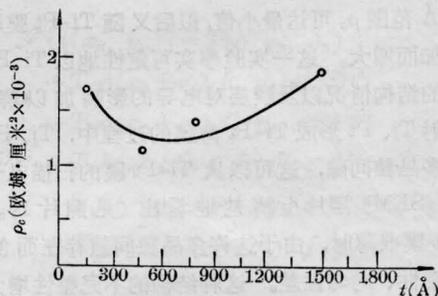


图2 Ti膜厚度与 ρ_c 的关系

150 Å/分钟, Pt的溅射高压为2千伏, 速率为200 Å/分钟。最后用四探针法测量并计算, 所得结果如下:

(1) p -GaAs-Ti-Pt系统的欧姆接触。Ti/Pt膜厚度与 ρ_c 的关系如表1和图1所示, Ti膜厚度与 ρ_c 的关系见表2和图2所示。为了验证该系统的稳定性, 在不同温度和时间条件下进行了所谓的“合金”处理。所得结果列于表3、表4中。

(2) p -InP-Ti-Pt系统的欧姆接触。我们在保

表3 在不同温度下“热处理”5分钟的结果

试片编号	7#	8#	9#	9#
处理温度 °C	300	400	450	520
处理前 ρ_c (欧·厘米 ²)	1.108×10^{-3}	1.426×10^{-3}	1.960×10^{-3}	1.960×10^{-3}
处理后 ρ_c (欧·厘米 ²)	1.116×10^{-3}	1.294×10^{-3}	2.199×10^{-3}	1.973×10^{-3}

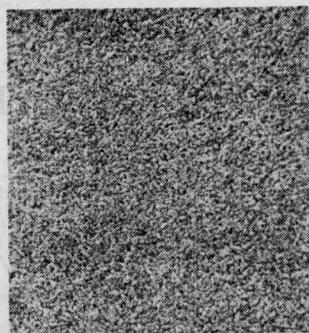
表 4 450°C 下处理不同时间所得结果

试片编号	4#	9#	3#
处理时间(分)	3	5	10
处理前 ρ_c (欧姆·厘米 ²)	2.670 $\times 10^{-3}$	1.960 $\times 10^{-3}$	2.943 $\times 10^{-3}$
处理后 ρ_c (欧姆·厘米 ²)	2.752 $\times 10^{-3}$	2.199 $\times 10^{-3}$	2.819 $\times 10^{-3}$

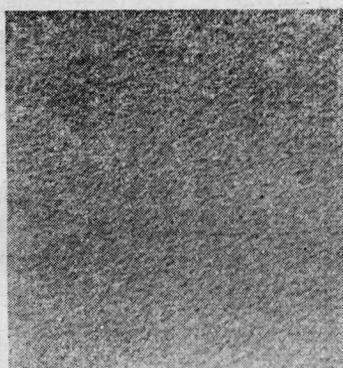
持 Ti 膜厚度为 450~600 Å 的前提下, 使 Ti/Pt 膜总厚度在 3000 Å 左右, 对该系统的 ρ_c 进行了测量, 所得到的特征电阻率的平均值为 $\bar{\rho}_c = 2.988 \times 10^{-3}$ 欧姆·厘米²。

三、结果分析与讨论

由图 1 可以看出, 在 Ti-Pt 层很薄时 ρ_c 较大, 当膜厚在 2500~3500 Å 时, ρ_c 值较小, 在 2700~3200 Å 范围 ρ_c 可达最小值, 以后又随 Ti-Pt 膜厚度的增加而增大。这一实验事实可定性地以 Ti-Pt 膜形成的结构情况以及膜层对电导的影响加以解释。在溅射 Ti、Pt 形成 Ti-Pt 薄膜的过程中, Ti、Pt 膜有很多晶粒间隙, 这可以从 Ti-Pt 膜的扫描电子显微镜 (SEM) 照片上清楚地看出 (见照片 1)。当 Ti-Pt 膜很薄时, 由于这许多晶粒间隙存在而使膜的致密性、均匀性差。这种结构的不完整性增大了电子运动的阻力, 从而使得特征接触电阻率 ρ_c 增大。随着溅射厚度的增加, Ti-Pt 膜中的晶粒间隙部分地得以填充, 使得膜的致密性得到提高, 这样就导致 ρ_c 值的降低。当膜的厚度增加时, 因 Ti、Pt 的电阻率较大, 这时由于其膜的本身电阻增加而使得测量的 ρ_c 值变大。在图 2 中, 当 Ti 膜很薄时, ρ_c 值增大, 在厚度为 400~700 Å 时, ρ_c 值较小, 而 450 Å 左右达到最小值。以后随着 Ti 膜厚度的增加而 ρ_c 值亦增加。这一实验事实仍可按照同样道理加以说明。从 Ti 膜的 SEM 照片上 (见照片 2) 我们可以看到, Ti 膜的晶粒间隙比较大。当 Ti 膜很薄时, 由于这些间隙的存在, 不仅使 ρ_c 值增大, 而且也使得 Ti 膜与半导体材料表面的有效接触面积减少, 从而使得粘附性降低。由于 Ti 是直接和半导体表面接触的金属层, 它本身又起到一种粘附剂的作用, 使得 Ti-Pt 薄膜与半导体表面的接触良好、牢固, 所以 Ti 膜层对特征接触电阻率的影响也较大。当 Ti 膜厚度增加时, 致密性良好, 粘附性能得到改善, 因而 ρ_c 值降低。当 Ti 膜层厚度继续增加时, 由于 Ti 膜



照片 1 Ti-Pt 膜 SEM 形貌 ($\times 10000$)
(p-GaAs-Ti-Pt)



照片 2 Ti 膜 SEM 形貌 ($\times 10000$)

本体电阻率的缘故而使得 ρ_c 值有所增大。

实验中发现, ρ_c 值与试样的热处理温度 (300~500°C) 和时间 (3~10 分钟) 基本上无关。即热处理前后的 ρ_c 值不变。即使稍有差别, 也不是由于热处理造成的, 而可能是测量过程中所测接触点的不同等因素而造成的测量误差。 ρ_c 值不随温度和工作时间而发生变化, 这正是溅射 Ti-Pt 系统制造欧姆接触的最大优越性。在制作 p 面合金中, 为防止有害杂质原子侵入有源区而不进行“合金”, Ti-Pt 欧姆接触就较为理想。

我们利用溅射 Ti-Pt 方法, 制造 GaAs/GaAlAs 双异质激光器的欧姆接触, 其器件的串联电阻, 一般在 2~7 欧姆。由此可知, 上述的测量误差较大, 造成误差大的原因主要是由于 Ti、Pt 不容易化学腐蚀, 而用掩膜的方法又使其接触点面积不规则, 因此使测量误差较大。但是, 由串联电阻反过来推算, ρ_c 值应在 10^{-3} 和 10^{-4} 量级之间。在 8 个月的连续工作期间, 其串联电阻几乎不变。这种初步结果已表明, 该种欧姆接触具有可使用性。

参 考 文 献

- [1] R. P. Gupta, J. Freyer; *Int. J. Electronics*, 1979, **47**, No. 5, 459.
 [2] 长谷川治;《电子通信学会技术研究报告》, ED-78-66-77.

- [3] E. Kuphal; *Solid-State Electronics*, 1981, **24**, No. 1-E, 69.
 [4] 解金山;《激光》, 1981, **8**, No. 11, 49.

(武汉邮电研究院 解金山 孙序文
 1982年12月26日收稿)

利用激光光源制作四分之一波片的工艺和测量方法

Abstract: The paper describes the experimental techniques for constructing and measuring $\lambda/4$ wave plates by laser, and gives the experimental results.

在以往的一些文献中曾叙述了 $\lambda/4$ 波片的制作方法, 由于选用了发散光源做参考光源, 所以限制了精确制作和测量 $\lambda/4$ 片的准确性, 我们用激光作为光源制作出了较高精度的 $\lambda/4$ 片。

一、 $\lambda/4$ 片的制作和测量

我们是选用云母片作为制作 $\lambda/4$ 片的原料, 因为云母片比较容易剖开到所需要的厚度。先把市场上采购来的大小不一的云母片, 用锐利的剪刀剪成大小一致的长方形片(约 50×40), 然后, 用清洁的针头从云母片的边缘伸进去, 留出一条缝, 加入几滴酒精, 酒精能帮助云母片沿着针头剥开的裂缝开裂, 用这样的方法把云母片一层层剥出来。云母片厚度 $l = N \frac{\lambda_0}{4(n_o - n_e)}$ 。 λ_0 为入射光在其片中的波长; n_o 、 n_e 为材料对 o 光和 e 光的折射率; N 为常数。 N 取 1, 对波长为 5890 \AA 的钠黄光来说, l 取约为 36 微米。 $\lambda/4$ 片的测量原理如图 1 所示。

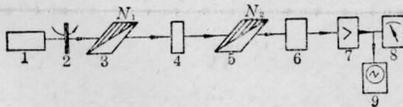


图 1

- 1—环形染料激光器; 2—调制器; 3—尼科耳棱镜; 4— $\lambda/4$ 波片; 5—尼科耳棱镜; 6—光敏管; 7—锁相放大器; 8—真空管毫伏表; 9—示波器

我们采用了同步接收技术, 接收元件为光敏二极管 2CU1A, 调制频率 214 周, 锁相放大器输出的

信号分别用示波器和真空管毫伏表监测。

二、实验结果

通过层层剥开云母片的方法, 制成了可用的 $\lambda/4$ 片。由于我们所用的激光不是严格的线偏振光, 由此制成的 $\lambda/4$ 片的椭圆长轴和短轴之比为 1.1:1, 如图 2 所示(包括激光器功率的不稳定及测量误差)。这块波片已用于激光偏转原子束的实验。实验得到了预期的结果, 这说明我们利用激光光源制作和测量 $\lambda/4$ 片的方法是行之有效的。

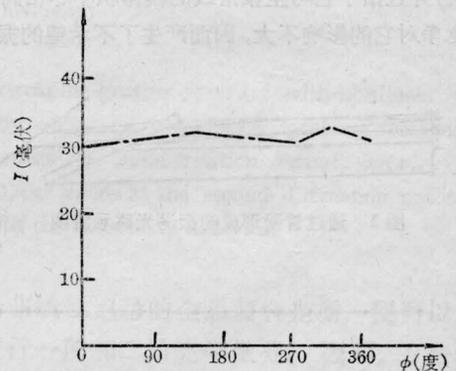


图 2 N_2 的转角 ϕ 与光强 I 的关系

这项工作是在王玉珠同志的指导下完成的, 在工作中并得到周汝枋、赵家铭及组内同志们的帮助, 在此表示感谢。

(中国科学院上海光机所 周善钰
 1983年2月1日收稿)