

文章编号 : 0253-2239(2002)10-1263-03

连续波 CO₂ 激光辅助 AuGeNi-InP 合金^{*}

叶玉堂 吴云峰 吴泽明 杨先明 范 超 秦宇伟 方勇文 郑 华 李莹波

(电子科技大学光电子技术系,成都 610054)

摘要: 利用激光辅助合金的方法,生成 InP 表面 AuGeNi-InP 合金,并形成良好的欧姆接触,上下表面间电阻为 5.8 Ω。研究了合金工艺参量(如合金时间、合金温度、镀膜厚度等)对形成欧姆接触性能的影响。

关键词: 激光辅助合金;欧姆接触;半导体化合物

中图分类号: TN249 文献标识码: A

1 引 言

激光辅助合金技术是利用聚焦激光束在金属-半导体表面进行金属-半导体合金,以形成欧姆接触。激光辅助合金具有低温处理、直接写入、加热高度定域、加热时间短等独特的优点,避免了常规热合金中因为加热温度高、降温时间长而导致高温热冲击对半导体基片和合金区域造成的损坏,有利于形成平滑的接触表面和良好的粘附特性,提高欧姆接触的性能。激光辅助合金、激光诱导扩散等微细加工方法在微电子、光电子、集成光学、光电混合集成等领域有着广阔的应用^[1],如制作光电混合集成器件时,可以把电路和光路部分分开来做,即先在半导体衬底上做好集成电路,再利用激光微细加工的直接写入功能,一次性“写入”p-n 结和欧姆接触,可以避免高温热损坏半导体基片和集成电路,从而可以使光电混合集成各个部分性能达到最优,大大提高它的整体性能。

激光合金方面的报道始于 20 世纪 70 年代末期,并取得了相应的成绩^[2~4],但半导体衬底材料多采用 Si。考虑到半导体材料声光、电光等方面的特性,GaAs、InP 等化合物才是光电混合集成更为理想的基底材料,尤其是 InP,是光纤通信长波长范围(1.3 μm~1.55 μm)半导体光器件理想的基底材料。本文使用连续 CO₂ 激光器,利用激光辅助合金的方法,在 n 型 InP 半导体表面形成 AuGeNi-InP 合金,实现欧姆接触,并根据实验结果,讨论合金时间、合金温度、镀膜厚度等重要的工艺参量对所形成

的欧姆接触性能的影响和激光合金技术的相关工艺。

2 实 验

激光辅助合金的工艺流程如图 1 所示。为了降低欧姆接触的接触电阻,我们首先把基片打薄,所有的 InP 基片均为 0.1 mm。清洗打薄后的基片,首先进行去蜡处理,用汽油或甲苯加热浸泡基片,可同时进行超声波清洗。然后进行去油处理,依次用丙酮、乙醇、去离子水冲洗。再用 1:1 的 HCl 去离子水溶液浸泡 3 min,再次用去离子水漂洗后在超净台上用红外灯烘干。因为基片表面镀膜时不会受到高温热冲击,我们仍然采用常规的真空镀膜工艺。镀膜厚度用干涉显微镜测量。制备好镀膜 InP 基片后,即可用激光束照射样品,生成 AuGeNi-InP 合金。

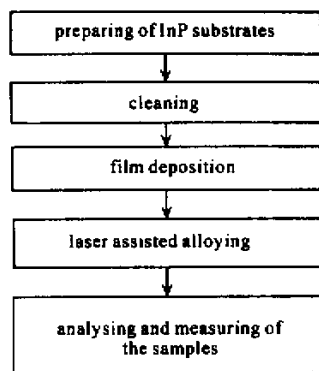


Fig. 1 The flow chart of laser assisted alloying

激光辅助合金实验装置如图 2 所示。由 CO₂ 激光器发出 10.6 μm 的激光束经过反射镜 M,再经过透镜 L(焦距 $f=6$ cm)聚焦,投射到基片 S 上,聚焦的激光光斑半径 $R \approx 25$ μm。光电探测器 D 将

* 总装备部预研基金及四川省科技厅资助课题。

E-mail: ytye@postoff1.uestc.edu.cn

收稿日期 2001-08-13;收到修改稿日期 2001-12-10

测量点的热辐射转变为光电流,通过检流计 C 显示出测量点相应温度,测温区域直径为 $18\ \mu\text{m}$,温度分辨率为 $1\ \text{℃}^{[5]}$ 。固定基片底面的基座 G 可以进行三维的位置调节,用以改变聚焦状况和曝光位置,从而改变激光辅助合金的曝光功率密度或者曝光区域位置。通过聚焦状况或者激光器输出功率的调节,控制合金区域的温度。通过调节合金时间、合金温度、镀膜厚度等参量,可得最佳的合金效果。

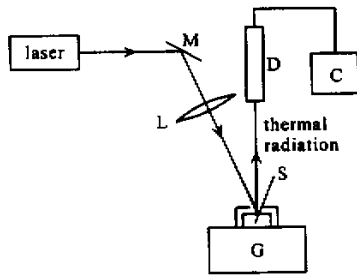


Fig. 2 Experimental setup for CW laser assisted alloying

曝光后的样品经过清洗后,用红外灯烘干,整个激光诱导合金就完成了。

3 结果与讨论

以下用 d 表示镀膜厚度, t 表示合金时间, T 表示合金温度, P 表示激光光功率密度。

在制作光探测器及光电子器件的时候,我们常常更关心 P、N 两侧电极之间的电阻,这里我们定义为面间接触电阻,记做 R_{ab} ,如图 3 所示,显然 R_{ab} 越小,欧姆接触的性能越好。

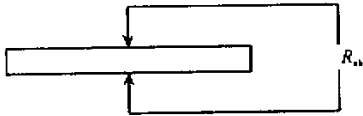


Fig. 3 The contact resistance between the two surface of InP substrate

我们使用参照片 1、参照片 2 与合金片 3 进行对比实验,参照片 1 双面未镀 AuGeNi 膜,参照片 2 双面镀膜,但是不进行激光合金。测试结果如表 1 所示。从表 1 可以看出,合金前面间接触电阻很大(大于 $100\ \text{k}\Omega$),基片镀膜后,InP 参与导电的面积大大增加,故参照片 2 的面间接触电阻明显小于参照片 1。样品 3 合金后,金属-半导体的接触电阻又大大降低,最后总的接触电阻很小,小到 $5.8\ \Omega$ 。

我们通过改变激光辅助合金若干工艺参量(合金时间 t 、合金温度 T 、光功率密度 P 、镀膜厚度 d 等),

研究了工艺参量对形成的欧姆接触性能的影响。

Table 1. Comparison of the measuring results of R_{ab}

sample No.	1 [#] (not filmed)	2 [#] (filmed , but not alloyed)	3 [#] (alloyed)
R_{ab}/Ω	1.1×10^5	40	5.8

镀膜厚度与面间接触电阻的关系如图 4 所示。可以看出,选择合适的镀膜厚度(本例为大于 $130\ \text{nm}$),可以得到较小的面间接触电阻。

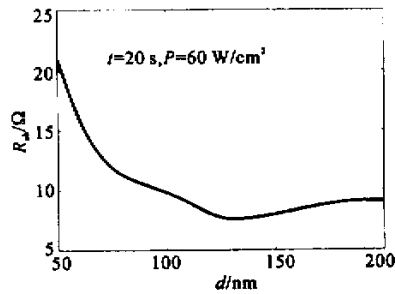


Fig. 4 The relation of film thickness and resistance between the two surfaces of the substrate

合金时间与面间接触电阻的关系如图 5 所示,可以看出,合金时间为 $20\ \text{s} \sim 30\ \text{s}$,合金效果最好。我们进一步分析合金过程中各个时间段对合金欧姆接触形成的影响。在最初的 $1\ \text{s} \sim 2\ \text{s}$ 内,激光对基片是加热过程,并对其表面进行清洁;进而到 $15\ \text{s}$ 时,合金时间仍然过短,合金未充分,尚未形成良好的欧姆接触。相反,如果合金时间过长(大于 $40\ \text{s}$), R_{ab} 有所增加,可能是 AuGeNi 与 InP 互扩散能力增强,尤其是 Au 或者 Ni,占据 InP 表面提供给 Ge 的空隙,使 InP 表面掺杂浓度下降,从而使欧姆接触的效率降低。虽然扩散到半导体内的 Au 的数量增加,但根据固体扩散模型近似算出 Au 的扩散深度,当加热时间为 $60\ \text{s}$ 时,在距离表面 $1\ \mu\text{m}$ 处, Au 的浓度仅仅是表面浓度的万分之一,而且 Au 不是 InP 的掺杂载流子,因 Au 扩散而引起的电阻的减少,大大小于因为欧姆接触效率降低而引起的电阻增加。

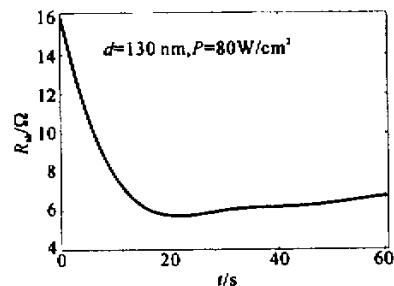


Fig. 5 The relation of alloying time and resistance between the two surfaces of the substrate

面间接触电阻与合金温度的关系如图 6 所示。容易看出,在 420 °C ~ 440 °C 的合金温度下,合金效果好。温度过低,表面吸收的热量太少,合金尚未充分,而如果温度过高,容易引起 InP 表面受损,且 AuGeNi 与 InP 的互扩散加强,使合金表面退化,而使 R_{ab} 升高。

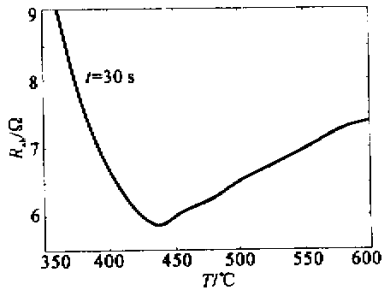


Fig. 6 The relation of alloying temperature and resistance between the two surfaces of the substrate

我们利用一个表面受损的基片和一个表面受到污染的基片与表面完好洁净的样片进行对比实验,研究了表面状况对面间接触电阻的影响,结果如表 2 所示,显然,半导体基片表面状况对形成欧姆接触的性能水平有重要影响。

Table 2. The influence of the surface situation on the contact resistance

sample No.	1 [#] (with cracks on the surface)	2 [#] (with cere and glue on the surface)	3 [#] (with clean surface)
R_{ab}/Ω	1.4 k	110	6.2

我们把合金后的样片暴露在空气中,经过 60 min 后,面间接触电阻只有微小的增加,说明合金

能有效的阻止有害杂质原子向外延层内渗入,合金性能稳定。

结论 利用 CW CO₂ 激光,以激光辅助合金的方法,在 n 型 InP 半导体表面形成 AuGeNi-InP 合金,实现欧姆接触,面间接触电阻达到 5.8 Ω,并讨论了若干重要的合金工艺参量(合金时间 t 、合金温度 T 、镀膜厚度 d 等)对形成的欧姆接触性能的影响,本文的研究结果对光电器件和光电混合集成的激光制作有重要意义。

重庆光电技术研究所的黄燕丹高级工程师、刘铁权工程师,电子科技大学的陈铮教授、周元庆副教授、庞涛副教授、戴基智副教授在本课题的研究中给予大力支持与帮助,谨此一并表示感谢。

参 考 文 献

- [1] Ye Yutang. *Laser Assisted Microprocessing*(激光微细加工). Chengdu: Press of University of Electronic Science and Technology, 1995
- [2] Celler G K, Poate J M, Kimerling L C. Spatially controlled crystal regrowth of ion-implanted silicon by laser irradiation. *Appl. Phys. Lett.*, 1978, **32**(8):464~466
- [3] Kular S S, Sealy B J, Stephens K G *et al.*. Pulsed laser annealing of zinc implanted GaAs. *Electron. Lett.*, 1978, **14**(4):85~87
- [4] Sealy B J, Kular S S, Stephens K G *et al.*. Electrical properties of laser-annealed donor-implanted GaAs. *Electron. Lett.*, 1978, **14**(22):720~721
- [5] Li Zhongdong, Ye Yutang *et al.*. Remote sensing of the temperature of the exposed region in laser assisted diffusion. *J. Appl. Sci.*(应用科学学报), 1997, **15**(4):413~417

AuGeNi-InP Laser Assisted Alloying Using CW CO₂ Laser

Ye Yutang Wu Yunfeng Wu Zeming Yang Xianming Fan Chao
Qin Yuwei Fang Yongwen Zheng Hua Li Yingbo

(Department of Opto-Electronic Technology, University of Electronic Science and Technology, Chengdu 610054)

(Received 13 August 2001; revised 10 December 2001)

Abstract: AuGeNi-InP alloy on InP chip and good ohmic contact have been fabricated by means of laser assisted alloying. The minimum contact resistance between the two surfaces of InP substrate is as low as 5.8 Ω. According to the experimental result, influence of some important processing parameters (alloying time, alloying temperature, the thickness of film, *et al.*) on ohmic contact are discussed.

Key words: laser assisted alloying; ohmic contact; semiconductor compound