

用激光合金化在 n 型 GaAs 上 制作欧姆接触

张 莲 英

(中国科学院上海光机所)

提要: 我们采用了脉冲 Q 开关红宝石激光 ($\lambda=0.6943$ 微米)、脉冲 Q 开关石榴石激光 ($\lambda=1.06$ 微米) 和倍频的脉冲石榴石激光 ($\lambda=0.53$ 微米) 产生 n 型 GaAs 表面的欧姆接触; 测量了在 n 型 GaAs 上 AuGaNi 合金的比接触电阻。实验表明用激光合金化形成了均匀的欧姆接触, 这种接触具有比通常的体加热合金化更优越的电学性质和表面状况。

Formation of ohmic contacts on n -type GaAs by laser beam alloying

Zhang Lianying

(Shanghai Institute of Optics and Fine Mechanics, Academia Sinica)

Abstract: We have produced ohmic contact on the surface of n -GaAs using a pulsed Q-Switched ruby laser ($\lambda=0.6943\mu\text{m}$), a pulsed Q-Switched YAG laser ($\lambda=1.06\mu\text{m}$) and a frequency doubled pulsed YAG laser ($\lambda=0.53\mu\text{m}$). The specific contact resistance of alloyed Au-Ga-Ni contacts has been measured on the surfaces of n -GaAs. The experimental results show that the use of laser alloying forms more uniform ohmic contacts. The contacts possess electrical properties and surface conditions which are superior to those formed by conventional bulk-heating.

低的欧姆接触电阻对半导体器件工艺是极为重要的。欧姆接触的质量直接影响着器件工作的特性。在器件工作时它是一个热源。特别是对我们所作的长寿命半导体激光器更有较大的影响。形成 n 型 GaAs 上欧姆接触的方法有体加热合金化法, 热压烧结金属法, 激光合金化法等。第一种方法比较成熟常用, 第三种方法最近几年国外已有一些报导^[1, 2]。

本文报导的是以 AuGeNi 合金作为接触材料, 用激光合金化在 n 型 GaAs 上形成欧姆接触。我们现在制作的质子轰击条形半导体激光器和沟槽衬底条形半导体激光器件的 p 面 GaAs 和 n 面 GaAs 上的欧姆接触均采用热合金法。在 500°C 通纯 H_2 气氛中合金化 5 分钟, 其比接触电阻分别为:

收稿日期: 1979 年 8 月 21 日

p 面 [Cr—Au—Au]

—— 5.7×10^{-5} 欧姆·厘米² 以下

n 面 [AuGeNi—Au]

—— $(1.2 \sim 6) \times 10^{-4}$ 欧姆·厘米²

其中, n 面的欧姆接触是在“毛糙”的 n 型 GaAs (即器件衬底材料) 上作的。从上面测量结果可以看出器件的 p 面和 n 面的比接触电阻差别很大, 几乎达到一个数量级。因此, 要降低器件的电阻, 必须改进 n 面 GaAs 上的欧姆接触。

一、样品制备

我们使用的是掺 Te 的 n 型 GaAs 材料 (即器件衬底材料) 晶向为 (100) 方向, 掺杂浓度 $1 \sim 2 \times 10^{18}$ 厘米⁻³ 的直拉单晶, 锭条切片后二面研磨成平行晶片, 厚 0.15 毫米和 0.3 毫米两种, 最后研磨的金刚石粉是 M₅, 考虑到器件下一步工艺在 n 面 GaAs 上键合电极, 我们用“毛糙”的 n 型 GaAs 面制作欧姆接触。样品在甲苯、丙酮、无水乙醇中依次超声清洗, 取出后在红外灯下短时烘干。

使用的接触材料为 AuGeNi 合金 (88:12:6 的重量比), 在扩散炉中通纯 H₂ 制备的。蒸镀时真空度高于 2×10^{-5} 托, 合金层厚度 3000~4000 Å。厚度为 0.15 毫米的样品两面蒸镀作双面接触, 厚度为 0.3 毫米的样品作单面接触, 此种样品用四探针法测其比接触电阻。取同一晶片分成二部分合金化: 一部分在通 H₂ 气氛中 500°C 热合金化 5 分钟; 另一部分采用激光合金化。合金后的样品一起蒸镀金层约 3000 Å, 目的是降低探测部分和接触面的电阻 (实际上这也和器件工艺一致), 以便准确的测量接触电阻。

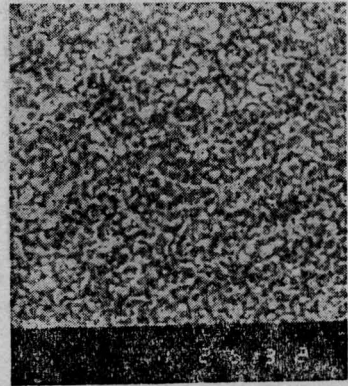
实验采用三种激光器: (1) 脉冲 Nd-YAG 激光器, 波长 1.06 微米, 在 5 毫微秒时输出能量为 163 毫焦耳, 光斑直径 5 毫米。(2) 脉冲 Nd-YAG 倍频激光器, 波长 0.53 微米 (其中也有部分 1.06 微米波长的激光), 在 10 毫微

秒时, 输出能量为 150 毫焦耳, 光斑直径 5 毫米。(3) Q 开关脉冲红宝石激光器 (采用聚焦光束), 波长 0.6943 微米, 在 30 毫微秒时输出能量为 500 毫焦耳, 光斑直径 6 毫米。聚焦后的光束极强, 在这种条件下, 样品被打碎。改为离焦辐照样品, 条件是 30 毫微秒脉宽时输出能量为 340 毫焦耳, 光斑直径 6 毫米, 相当于能量密度为 1.2 焦耳/厘米²。

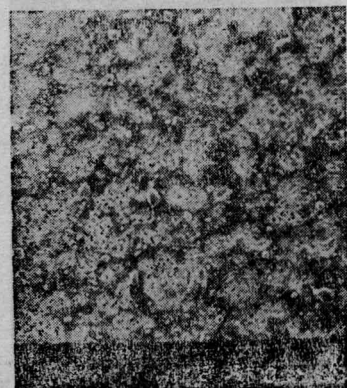
二、结果与讨论

用扫描电子显微镜观测样品表面形貌如照片 1~6 所示。

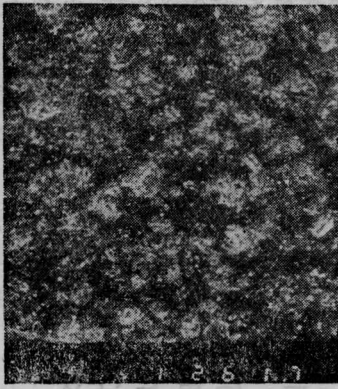
用这三种激光合金化均形成了欧姆接触。但初步结果表明采用第二种倍频 Nd-YAG 激光得到了比较好的结果。证明



照片 1 合金化前的“毛糙” n 型 GaAs 表面形貌



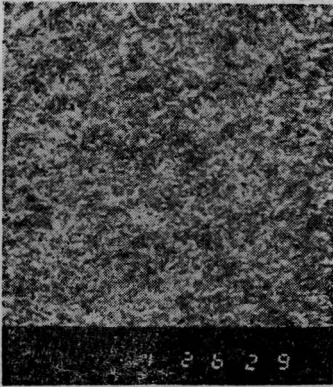
照片 2 450° 热合金化表面形貌



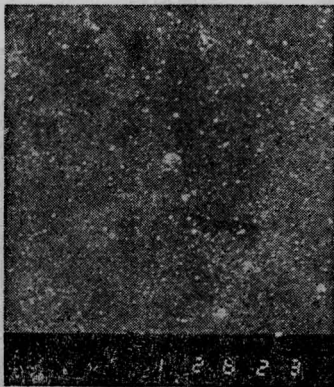
照片3 550°C热合金化表面形貌



照片6 Q开关红宝石激光合金化表面形貌
(采用离焦辐照样品,光滑的n型GaAs表面)



照片4 倍频脉冲Nd-YAG激光合金化表面形貌



照片5 脉冲Nd-YAG激光合金化表面形貌
(光滑的n型GaAs表面)

激光合金化形成的接触是欧姆性质的。我们通过测量 I-V 特性的线性来确定这种性质。

同一晶片的样品分两部分作二种合金化进行比较,经测定计算:倍频 Nd-YAG 激光合金化其比接触电阻为:

$$1.2 \times 10^{-4} \sim 7.5 \times 10^{-5} \text{ 欧姆} \cdot \text{厘米}^2$$

通纯 H₂ 在 500°C 加热合金化的比接触电阻为:

$$6 \times 10^{-4} \sim 1.2 \times 10^{-4} \text{ 欧姆} \cdot \text{厘米}^2$$

两种合金化条件的测量结果都有一定的起伏,这与空间接触的均匀性、体材料的均匀性及测量上的问题有关。但是单从改变合金化方法上来看热合金化的比接触电阻要比激光合金化高五倍多。可见激光合金化可以大大降低比接触电阻。

合金化前后样品表面形貌从扫描电子显微镜照片可以看出:(1)同样是“毛糙”的 n 型 GaAs 表面用不同方法合金化即热合金化和激光合金化的表面状况明显不同;

(2)热合金化对两种相差较大的合金化温度表面形貌仍很相似;

(3)激光合金化的表面呈连续分布且均匀,没有出现成球的情况。这表明合金化熔融的再生层有较好的表面质量。

对 n 型 GaAs 的光滑表面也用激光合金化作了欧姆接触。样品研磨清洗后(用 H₂SO₄:H₂O₂:H₂O=4.5:1:1,于 65°C 腐蚀

30秒),用脉冲Nd-YAG激光、离焦的Q开关红宝石激光合金化,都获得了均匀的表面质量。我们选择“毛糙”的表面作欧姆接触。当然光滑的表面会得到更佳的结果。

综上所述我们用激光合金化在“毛糙”的n型GaAs上制作欧姆接触比加热合金化有均匀的表面质量,连续分布的再生层,以及较低的比接触电阻。同时激光合金化无成球现象。我们认为这些是由于仅几十毫微秒的激光脉冲辐照到样品表面,使得表面受热融熔的时间比起成核起球所需的时间要短得多,从而抑制了成球,改善了表面质量。同时窄的激光脉冲可以瞬时提高比共晶熔点高得多的界面温度。因而大大地增加了再生层中Ge

的浓度,使得比接触电阻有了明显的降低。另一方面这种激光合金化方法不需要特殊的表面加工。由于加热只限于局部表面的范围,所以它不影响器件结构的特性。这工艺推广到其它激光光源材料和合金化技术也可以得到较好的结果。这对半导体工艺改进也将起一定的作用。

本工作和丹麦奥尔胡斯大学道许教授等进行了有益的讨论。

参 考 文 献

- [1] R. S. Pounds *et al.*; *Solide-State Electronics*, **17**, 245, 1974.
- [2] Shlomo Margalit *et al.*; *Appl Phys Lett.*, **33**, 346, 1978.

简 明 通 讯

掺杂石英玻璃灯的性能

氙灯光泵的紫外辐射在固体激光器中是十分有害的。因为紫外辐射使氙灯的石英管壁产生“色心”,导致灯的寿命缩短;同时亦使工作物质着色,引起激光输出的下降。

近年来,在北京建材研究院和上海石英玻璃厂的配合下,我们对掺杂各种稀土元素,如铈(Ce)、铕(Eu)、镨(Pr)、钛(Ti)、钐(Sm)等石英玻璃进行了研究。除对吸收光谱、荧光光谱、荧光寿命等性能及掺杂石英玻璃的光学性能作了测量外,还制作成各种规格的氙灯进行总体测试,初步获得了如下的实验结果。

采用内径为8毫米、极间距离为80毫米、充450托气压的氙灯,放电电容为200微法,放电脉宽为200微秒,使用镀银双椭圆腔聚光,单灯点燃,输入能量50焦耳,对下述三类滤光方法进行激光输出的总体测试。第一类用普通熔石英玻璃制作的氙灯和GG-17玻璃套管,加1%重铬酸钾水溶液冷却;

第二类采用普通熔石英玻璃制作的氙灯和硒硫化镉黄玻璃套管,通自来水冷却;第三类用掺杂石英玻璃制作的氙灯和滤光套管,通自来水冷却。实验结果表明,掺杂石英玻璃制作的氙灯和滤光套管,通自来水冷却的Nd:YAG重复频率激光器件,其激光输出比使用重铬酸钾滤光溶液的激光器件提高一倍左右,比采用黄玻璃滤光套管的激光器件,其激光输出提高近40%。而且随着灯管壁的表面功率负载的降低,掺杂石英玻璃氙灯及滤光套管的激光器件,其激光输出要比另外两种滤光方法的激光器件提高得更快。

掺杂石英玻璃制作的氙灯及滤光套管在Nd:YAG重复频率(40次/秒)激光器件中的寿命试验已进行了240万次,未发现激光输出有明显的下降。

掺杂石英玻璃可以代替滤光溶液,总体效率较好。

(中国科学院上海光机所 查贵根)