

GaAs晶片表面的光辐射清洁及红外测温

杨 滨 侯 洵 张济康 郭里辉 张功力

(中国科学院西安光学精密机械研究所, 710068)

摘 要 本文介绍了在超高真空系统中对 GaAs 晶片进行光辐射清洁。这个实验是在实际研制的象增强器第三代管转移钢封系统上完成的, 已具有实用价值。用这套清洁方法所制作的反射式 GaAs 光阴极积分灵敏度已达 $750\mu\text{A}/\text{lm}$ 。

关键词 负电子亲和势; 光电阴极; 光辐射

0 引 言

第三代象增强器的制作技术, 在国外业已成熟, 美国第三代管已于1982年装备部队, 视距约为用多碱阴极二代管的1.5—3倍¹。透射式 GaAs 光电阴极是三代管的主要标志, 国内几家研究单位均对此开展了研究工作。而要制作出实用的三代管, 就必须使被激活的阴极能转移。这就给阴极激活的关键步骤—GaAs 晶片清洁带来困难。它要求对 GaAs 晶片进行非接触加热、测温。这就使传统热学加热、电子轰击加热和电阻加热^{2,6}等方法的使用受到局限。在国外实用的三代管制作技术中, 是用氙灯对 GaAs 进行光辐射加热清洁³, 因为氙灯光谱区与 GaAs 吸收谱很匹配。但由于这种光源成本较高, 我们没有采用。国内于1983年进行过用卤钨灯进行光辐射加热的研究⁴。我们在研究中采用的是日光型卤素气体放电灯进行表面加热清洁。这项技术先在玻璃小泡中实现, 然后用到现在的转移系统上。

1 光辐射及测温装置

图1(a)是 GaAs 晶片的光谱透过曲线, 可见其对波长小于 $1\mu\text{m}$ 的辐射有强烈的吸收(测量用的 GaAs 晶片厚度为 0.5mm)。图1(b)则是我们所选用的卤素灯、氙灯和日光的光谱发射曲线, 可见卤素灯在可见光区有丰富的辐射量可与氙灯相媲美。选用它可使加热效率提高, 且它的成本低、能量转换效率高。实用时, 经过调整, 加热面积可达 $\phi 25\text{mm}$, 面积大、均匀性好, 对以后制作实用三代管很有利。

图2是我们的实验系统和光辐射加热及测温示意图。光源为两个800瓦的卤素灯, 将其分别放置在两个深椭球热反光镜的焦点上, 而其另外一个共同焦点正是 GaAs 晶片所在位置, 光在此处会聚加热。测温采用红外双波段比色测温仪, 为了避免加热光干扰测温仪工作, 在光源与晶片之间放置水滤波层, 水层的透过曲线如图3所示, 可见它可以滤去 $1.4\mu\text{m}$ 以上红外辐射, 而使测温仪正常工作。光斑的面积约为 $\phi 25\text{mm}$, 由于采用双灯

本文1990年7月10日收到

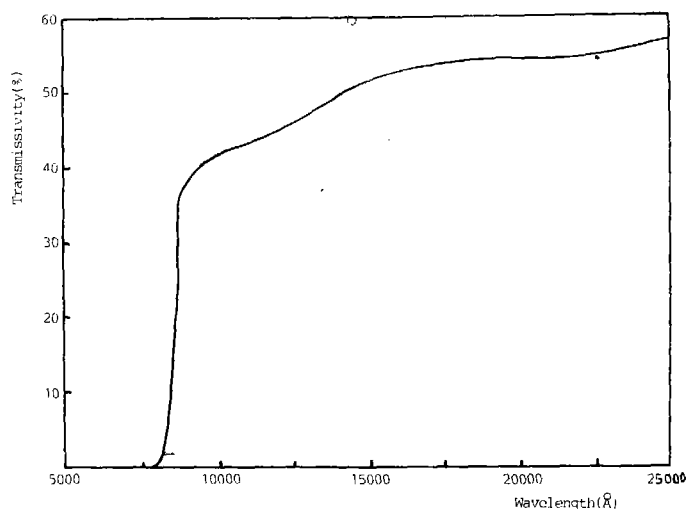


图 1 (a) 0.5 mm厚 GaAs的光谱透过率

Fig.1(a) Spectral transmissivity of GaAs with 0.5mm thickness.

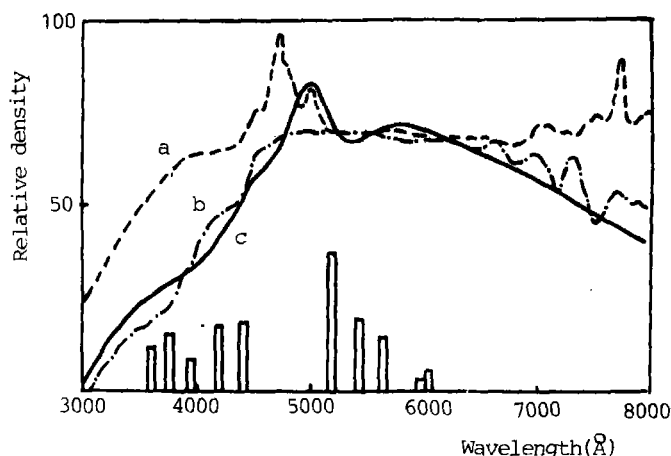


图 1 (b) 卤素灯、氙灯和日光光谱。实线为卤素灯、点划线为氙灯，虚线为日光。脉冲分布为分光曲线。

Fig.1(b) Spectrum of sun light(a), xenon light(b) and halogen light(c).

加热而使加热光斑光强均匀。将要制作的三代管表面阴极面积为 $\phi 18\text{mm}$ ，因此该装置也满足以后制管的需要。

红外非接触测温在实际应用中，由于阴极片子很小及玻璃窗等影响，使测量误差较大。因此，我们使用前，先把一只镍铬镍铝热电偶在液相外延炉中进行标定，然后用它对灯进行标定。如图 4 所示，我们最终依靠这些曲线，作为最后测温效果的依据。实验表明，结果还会有一定误差。

2 光加热和测温实验

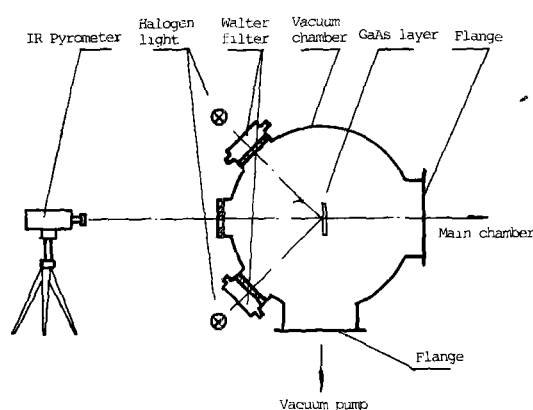


图2. 实验系统

Fig.2. Schematic of the experimental system.

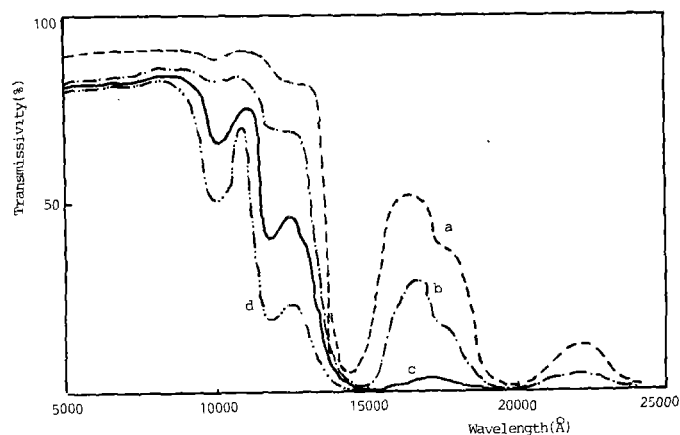


图3. 不同厚度的水层透射曲线

Fig. 3 Transmission curves of water-filter with different thickness.

a- 1mm; b- 2mm; c- 6mm; d- 12mm

为了在 GaAs 表面形成一个理想的铯氧作用层, 降低其表面真空能级使之达到负电子亲和势, 必须对砷化镓表面进行原子级清洁。除去化学处理后 GaAs 表面的主要污染物氧化物和碳, 以及在 GaAs 装架过程中引入的附加污染杂质。

Vasquez 曾对光加热过程做过 x 射线光电子谱分析⁵。认为其清洁过程分为如下过程:

加热到 350°C 左右, 所有 As 氧化物减小, 而 Ga 氧化物却在增加。到 380°C 左右 Ga 氧化物还在增加, 而 As 氧化物消失。到 500°C 左右, Ga 氧化物继续增加。而到 580°C 左右时 Ga 氧化物也减小直到消失。为了尽可能清洁表面, 加热温度继续增加, 表面 Ga、As 开始等比例蒸发, 直到一个非等比例蒸发温度 T_c 为止。当温度超过 T_c 时, 表面就出现非等比例蒸发, As 蒸发量超过 Ga 量而破坏了表面 1:1 结构。 T_c 在每个实验台上, 各不相同, 因为使用不同仪器及方法所致。一般报导在 610° - 670°C 之间。

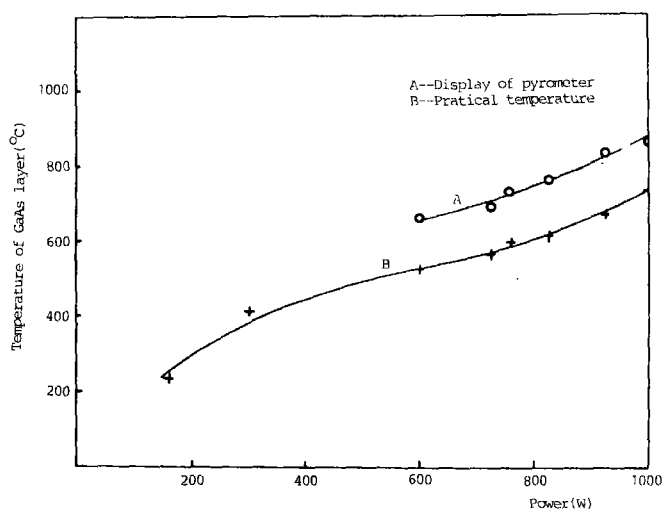


图4 灯功率与晶片温度关系。

Fig. 4 Relationship between light power and temperature of GaAs.

实际上在温度小于 T_c 时,就已经有少量非等比例蒸发过程。所以加热时不但要注意温度,还要注意加热时间长短。但值得注意的是,表面碳污染仅靠加热法不能完全清除⁶。

光加热时,系统真空度在 10^{-7} Pa量级,为了保持系统好的真空度。我们采用在大量放气时进行多次、间隙性加热。在略低于非等比例蒸发温度时,加热5分钟,作为最终清洁温度。

3 结果及讨论

我们所采用的卤素灯光辐射加热法,具有价格低、能量高、方便和重复性好的特点。其加热效率比卤钨灯高出4倍⁵,只用760瓦就可以将片子加热到清洁所需要的温度,并且已在转移阴极系统上使用,目前,用它对我所MOCVD生长的厚 $3\mu\text{m}$ 的外延片激活,灵敏度已达到 $750\mu\text{A}/\text{lm}$ 。具体的激活步骤,我们将另文发表,这儿不加赘述。

另外,我们这儿提到的GaAs表面光清洁工艺,不单可以进行我们上述的激活过程,还可以用以对GaAs表面快速退火。红外辐射测温计在实际应用中必须经过校准且有一定误差。在实验中最好能采用LEED或Auger来对表面状况进行观察。

作者感谢高鸿楷、龚平和云峰同志所提供的外延片,何思秦同志在实验中的帮助,还特别感谢李晋闽和王存让同志让我们使用外延炉进行热偶标定。

参考文献

- 1 Roaux E, Richard J C, Piaget C. *AEEP*, 1985, **64A**: 71
- 2 Andrew D, Gowers J P. *J. Phys, D Appl. phys.*, 1970, **3**, (3):320
- 3 Rodway D. *Surf.* 1984, **47**, (1):103
- 4 佟跃军. 硕士论文, 1986
- 5 Vasquez R P, Lewis B F, Granthamer F J. *APL*, 1983, **42**, (3):293
- 6 王乃铸等, 第四届全国光电成像器件会议, 辽宁兴城, 1989

LIGHT IRRADIATION CLEANING OF GaAs SURFACE AND ITS TEMPERATURE MEASUREMENT BY IR RADIATION

Yang Bin, Hou Xun, Zhang Jikang, Guo Lihui, Zhang Gongli

Xian Institute of Optics and Precision Mechanics, Academia Sinica

Abstract The surface of p^+ -GaAs layer being thermally cleaned by white-light irradiation is introduced in this paper. The cleaning method is practically used in our photocathode-transfer vacuum system and the achieved sensitivity of reflective mode GaAs photocathode which is cleaned by the method is up to 750 $\mu\text{A}/\text{lm}$.

Keywords NEA; photocathode; light irradiation.



Yang Bin was born in Shaanxi, China on August 9, 1963. He received the B. S. degree in Electronic Engineer from Xian Jiaotong University in 1985 and Ph. D. degree in optics from Xian Institute of Optics and Precision Mechanics, Academia Sinica in 1991. Currently, Doctor Yang is a research fellow with Xian Institute of Optics and Precision Mechanics, Academia Sinica. His major research interests are the high-brightness electron source and FEL.