

玻璃与 GaAs 外延片热压粘结工艺研究

赛小峰 张书明 高鸿楷 侯洵

(西安光学精密机械研究所半导体室 710068)

摘 要 本文报道制备 GaAs 透射式光阴极过程中窗玻璃与大面积 GaAs 外延片热压粘结工艺的原理和过程,并重点分析抗反射膜的淀积、粘结温度控制和压力大小对粘结结果的影响。

关键词 热压粘结;玻璃;GaAs 外延片

0 引 言

GaAs 光电阴极具有灵敏度高、光谱响应宽、红外响应特别好、暗电流小和光电子发射角分布集中等特点¹。目前常采用的透射式光阴极的结构如图 1 所示,其制作过程是:先在 GaAs 衬底上用 MOCVD 方法依次生长 AlGaAs-GaAs-AlGaAs 外延层,然后利用 CVD 方法淀积抗反射膜 SiN,再用热压粘结方法与窗玻璃粘结在一起,粘结完毕后,衬底 GaAs 与第一次外延生长的 AlGaAs 层分别用 $\text{NH}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 溶液和 HF 溶液腐蚀掉,最后剩余的结构就是:窗玻璃/SiN/AlGaAs/GaAs 的阴极结构。在阴极制作过程中,窗玻璃与 GaAs 外延片的热压粘结工艺直接影响着阴极制作成功率及后续工艺的成败。经过反复实践,我们已成功地实现了窗玻璃与大面积($\varnothing 20\text{cm}$) GaAs 外延片良好粘结,为 GaAs 透射式光阴极的研制建立了必要的条件。

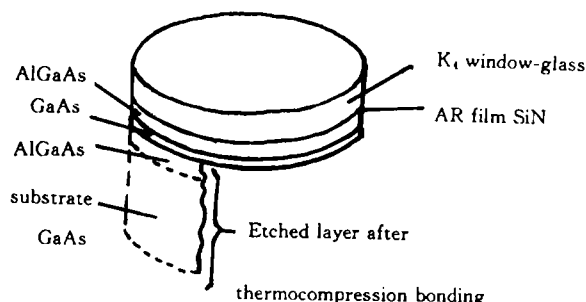


图 1 透射式 GaAs 光阴极结构示意图

Figure 1 Schematic drawing for GaAs transmission photocathode

1 窗玻璃的选择及热压粘结原理和装置

1.1 窗玻璃的选择

作为 GaAs 透射式光电阴极支撑体的窗玻璃应具有以下特点:(1) 良好的光学性能,在 GaAs 光电阴极的响应波段($0.6\mu\text{m} \sim 0.9\mu\text{m}$)具有高的透过率。(2) 相近的热学性能,窗玻璃的热膨胀系数应与 GaAs 外延片的热膨胀系数相匹配。(3) 好的晶体性能,窗玻璃应有高的熔化温度,在 600°C 以上而不发生熔化。美国、英国等国在 GaAs 透射光电阴极中采用的窗玻璃是²Corning 7056,德国采用的是 ZKN7 玻璃³,而法国则采用的是珐琅作为阴极支撑体。我们选用的是国产牌号 K₄ 玻璃,它在 GaAs

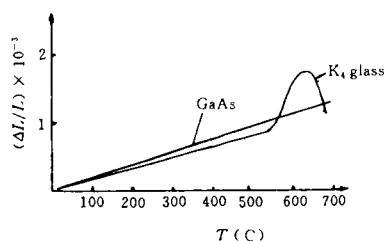


图 2 GaAs、K₄ 玻璃热膨胀曲线

Figure. 2 The curve of GaAs and K₄ glass thermal-expansion

收稿日期:1994—11—17

光电阴极响应波段具有高透过率,其热膨胀系数也与 GaAs 相接近²,如图 2 所示,它的退火温度为 515℃,熔点在 700℃以上。

1.2 热压粘结原理及装置

粘结实质上是具有相近热膨胀系数的材料界面的湿润过程,湿润和粘附层的亲和性有关,亲和性越大,粘附性越好,同类或相近化学键的物质互相亲和,因而容易粘结⁴。K₄ 玻璃的化学键是离子-共价键混合型,而 GaAs、SiN 薄膜也是离子-共价键混合型化学键,因此,K₄ 玻璃应当与 GaAs 外延片互相亲和,具有很好的粘附性能。热压粘结就是将 GaAs 外延片和玻璃放在一起并在其上施加一定压力,然后对其进行加热,使界面充分湿润,实现良好粘结。图 3 是热压粘结装置示意图,热压粘结过程为:将清洗干净并淀积 SiN 抗反射膜的 GaAs 外延片与 K₄ 玻璃放在一起,然后把一定重量的压块压在上面施加一定的压力并用机械泵和溅射离子泵将粘结系统抽真空至 10^{-4} Pa 左右,同时用电阻丝加热,由 JWK-702 温控仪根据一定的升降温曲线来控制温度。

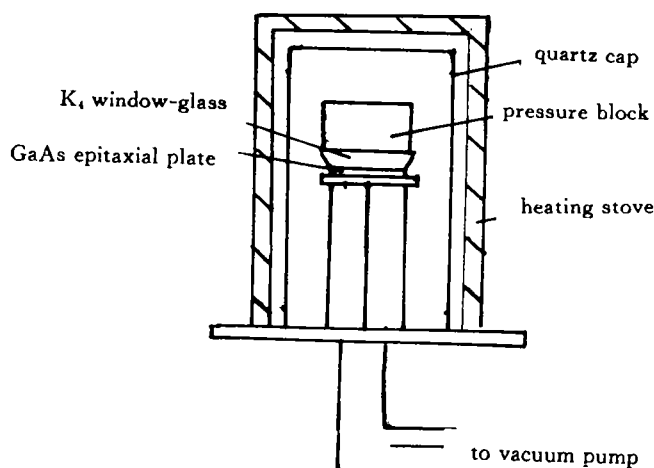


图 3 热压粘结装置示意图

Figure. 3 The setting diagram of thermocompression bonding

2 粘结工艺分析

从粘结理论上讲,玻璃与半导体材料具有很好粘附性,但是制备大面积 GaAs 光电阴极,要求粘结均匀,无气泡,压入深度浅,并且要求不影响 GaAs 材料的体特性,因而具有很大难度。

2.1 抗反射膜 SiN 的淀积

GaAs 外延片上淀积抗反射膜 SiN 有三方面的作用,1)作为有效的抗反射膜,减少玻璃与 AlGaAs 层之间的反射光损失。2)防止 AlGaAs 层在粘结过程中表面氧化和 As 挥发造成缺陷而影响透过率。3) SiN 膜是一种非晶态物质,与 GaAs 外延片相比,具有与玻璃更相近的化学键结构和物质形态,能与玻璃很好湿润,减少粘结难度。但是 SiN 膜的应力比较大,其大小不仅与淀积工艺有关,而且还与退火历史有关⁵。因此,在淀积 SiN 膜时,一定要调整淀积工艺参量,除了 SiN 膜满足抗反射所要求的厚度和折射率外,必须使 SiN 膜的应力在整个粘结过程中与 GaAs 外延片和窗玻璃相匹配,粘结完毕后,使其三者处于所能承受的永久应力范围内,否则, SiN 膜不仅起不到有助于粘结的作用,还会增加粘结难度,甚至导致粘结失败。

2.2 粘结过程的温度控制

粘结过程的温度控制是非常关键的,粘结最高温度过高或过低会直接影响粘结质量和 GaAs 材料的体特性。温度过低,玻璃和 GaAs 外延片得不到充分湿润,无论施加多大压力,也不能实现粘结,温度过高,虽然能够实现粘结,但是会影响粘结均匀性等方面要求,并且还会影响材料体特性,导致激活工艺的失败。因此,要保证粘结质量,应选择粘结最高温度使玻璃表面发软而体内未发生软化。粘结过程的

