

# 场助 GaAs-玻璃键合工艺的研究\*

吕世骥 黄庆安 童勤义

(东南大学微电子中心南京, 210018)

1990年8月18日收到, 同年12月20日修改定稿

本文较详细地研究了场助 GaAs-玻璃键合工艺, 在键合前将 GaAs 和玻璃用 H<sub>2</sub> 等离子体处理。AES 结果表明, GaAs 表面的本征氧化层被还原, 从而使 GaAs-玻璃容易键合上, 比较了单点接触电极和双平行板电极对键合界面的影响, 从 SEM 断面的图象看出, 用单点接触电极得到的键合界面较好。直拉法的结果表明, 键合强度大于 GaAs 体单晶的强度。

## 一、引言

自从 Wallis 等人<sup>[1]</sup>提出场助玻璃-金属封接技术以来, 由于该技术易在较低的温度下(300—800℃)进行, 已被广泛用于硅固态传感器键合工艺<sup>[2]</sup>。七十年代中期, 用淀积硼硅玻璃技术, 进行了硅-硅封接实验<sup>[3]</sup>, 但由于该样品不能承受高温, 使这种硅-硅封接技术受到限制, 最近出现的硅片直接键合(SDB/SOI)技术<sup>[4]</sup>和场助硅片直接键合技术<sup>[5]</sup>受到了人们的极大重视。

与硅相比, GaAs 具有较高的电子迁移率和较宽的禁带宽度。因此, GaAs 磁敏传感器、在包括高温和高辐射环境中的 GaAs 各类传感器及集成电路都比硅优越。研究 GaAs-玻璃键合工艺有重要意义。

鉴于 GaAs 材料的高温承受能力, 选择场助键合工艺是合适的。我们把这种工艺已初步用于 GaAs IC 封装<sup>[6,9]</sup>和 GaAs 传感器键合工艺<sup>[7,8]</sup>。得到了较好的效果。

在玻璃-硅键合<sup>[2]</sup>和硅片直接键合<sup>[5]</sup>中, 外加电场有两种电极: 双平行板电极和点接触电极。本文我们用这两种电极比较研究了 GaAs-玻璃键合工艺, 结果表明, 用点接触电极, 键合界面无裂缝; 而双平行板电极, 观察到了部分孔缝。我们解释了这种结果。

## 二、实 验

GaAs 是(100)晶向, 表面抛光。样品先经标准化化学清洗步骤清洗。所用玻璃的热膨胀系数与 GaAs 近似匹配。

### 1. GaAs 表面的等离子体处理

由于 GaAs 表面疏松氧化层存在, 直接将清洗后的 GaAs 与玻璃键合, 并不能键合上。其表面要经过特殊的处理<sup>[2]</sup>。本文采用 H<sub>2</sub> 等离子体处理技术, 如图 1 所示, 将

\* 国家自然科学基金资助课题。

GaAs 和玻璃放入等离子体处理室中。等离子体处理装置是 10MHz, 500W 的 RF 功率。在等离子体处理期间，反应室压力维持在约 13Pa，温度在 300—500℃ 可控。

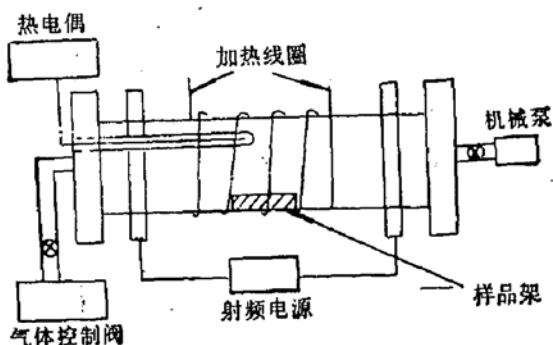


图 1 等离子处理装置系统图

## 2. GaAs-玻璃键合工艺

如图 2 所示，外加电场有两种电极。电压在 200—1000V 之间。静电键合的温度在 180—500℃ 之间可控。键合在 N<sub>2</sub> 气氛中完成。

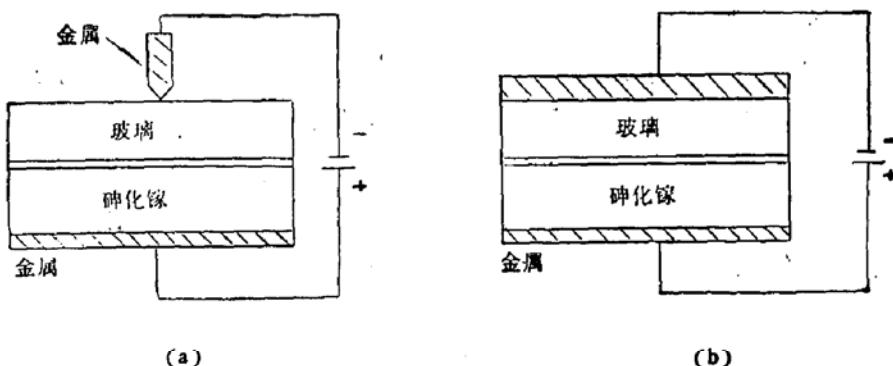


图 2 静电键合的电极形状  
(a) 单点接触电极 (b) 双平行板电极

用俄歇电子能谱仪 (AES-350 系统) 分析氢等离子处理前后，GaAs 表面的成份分布。扫描电子显微镜 (SEM) 观察键合后的 GaAs/玻璃断面。用直拉法测量键合强度。

## 三、结果与讨论

### 1. AES 结果

图 3 给出了化学清洗后的 GaAs 表面的俄歇能谱。图 4 给出了等离子体处理前后 GaAs 表面的成份分布。等离子处理条件是 320℃，30 分钟。化学清洗后的 GaAs 表面有 10 Å 厚的本征氧化层，在氢等离子处理后已被还原。通过对等离子体处理前后玻璃表面的俄歇谱分析也可看到。玻璃表面的部分氧在氢等离子处理中同样被还原。镓和玻璃中含有氧的复合物之间的反应可能导致 GaAs 和玻璃键合的失败。经合适的 H<sub>2</sub> 等离子体处理后，GaAs 与玻璃可以成功地键合在一起。

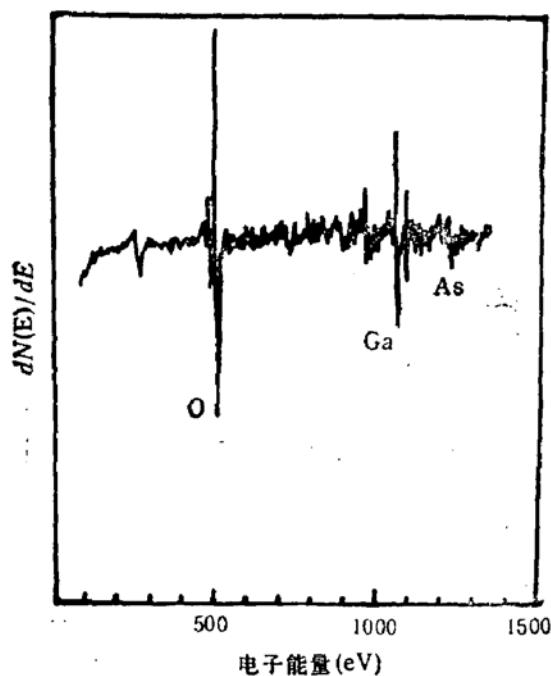
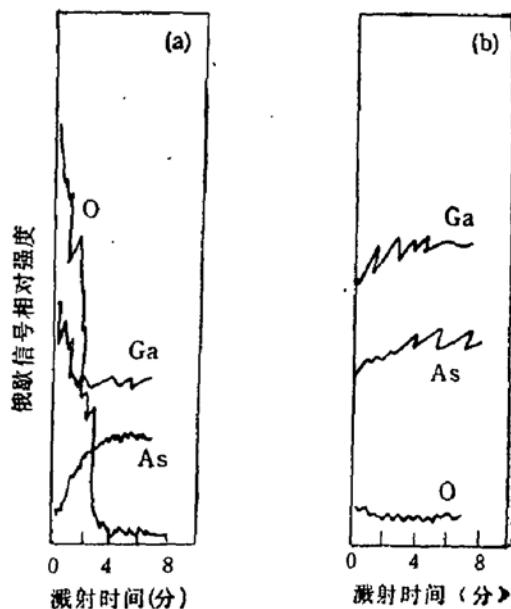


图3 化学清洗后 GaAs 表面的俄歇能谱

图4 GaAs 表面的成份分布  
(a) 等离子体处理前 (b) 等离子体处理后

## 2. SEM 结果

用点接触电极键合, GaAs/玻璃界面未发现裂痕。而用双平行板电极, 则有一些裂缝。图5给出了界面处的SEM照片。下面解释这一现象。

玻璃/金属键合体(阳极对)可用如图6的电路表示<sup>[10]</sup>。图中  $R_1$  是阳极对玻璃膜片的串联电阻,  $R_2$  是阳极对漏电流电阻, C是阳极对的电容。图7示出了点接触电极的总体等效电路。沿点接触处的径向方向, 玻璃膜片的串联电阻依次增大。点接触电极下面的

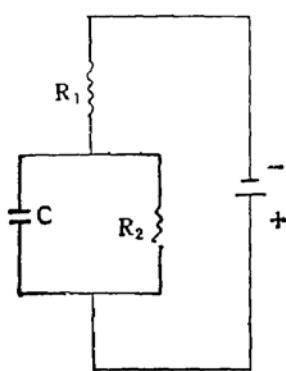


图6 阳极键合的等效电路

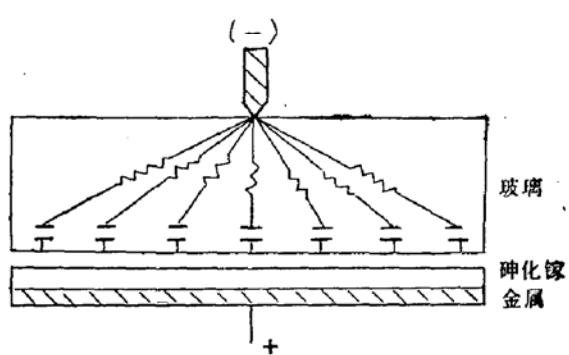


图7 点接触阳极键合的等效电路

界面处静电引力最大。因此, 此处首先键合上, 然后以此点向周围径向传播。这种点接触电极避免了键合过程中气体被陷在界面处而引起孔缝。而对双平行板电极, 则不然。由于平行板电极和玻璃有的地方并不紧密接触, 空气可能被陷在此处, 引起了孔缝。在实验中用点接触电极, 键合面积几乎达 100%。而用双平行板电极, 键合面积与键合时间有关, 如果和点接触电极使用相同的时间, 键合面积大约在 60—70%。孔缝分布不均匀。即使增加键合时间, 用双平行板电极键合仍没达到 100% 的键合面积。其原因在于陷在界面

的气体无法释放出。

### 3. 断裂强度

用直拉法测试键合强度,结果表明,断裂发生在 GaAs 体内,可见,界面的强度大于 GaAs 断裂强度。在实验中,约在  $6-8 \times 10^3 \text{ N/cm}^2$  的拉力下,发现 GaAs/玻璃键合体的 GaAs 体内断裂,而  $\langle 100 \rangle$  GaAs 材料在无键合前在约  $1 \times 10^4 \text{ N/cm}^2$  的拉应力下断裂。键合后的 GaAs 体单晶断裂强度略小于键合前的强度。这可能是由于 GaAs 和玻璃的热膨胀系数差异造成键合后 GaAs 受到应力所致。

在实验中同样发现,只有在玻璃接负电势时才能键合上,这与玻璃/金属键合机制是相同的。但由于 GaAs 表面易形成疏松氧化层使键合失效,所以键合过程只有在保护气体如  $\text{N}_2$  或真空中进行。

## 四、结 论

氢等离子体处理可消除 GaAs 表面的本征氧化层,使 GaAs 和玻璃成功地键合在一起。其键合强度大于 GaAs 体断裂强度。双平行板电极易在 GaAs/玻璃界面引起孔缝。点接触电极键合界面无孔缝,适合于 GaAs/玻璃的键合工艺。

感谢东南大学电子所 AES 分析、材料测试与分析中心的 SEM 分析。

## 参 考 文 献

- [1] G. Wallis and D. I. Pomerantz, *J. Appl. Phys.*, 40, 3946(1969).
- [2] C. D. Fung, P. W. Cheung, W. H. Ko and D. G. Fleming, *Micromachining and Micropackaging of Transducers*, Elsevier, Amsterdam, pp. 41—46, 1985.
- [3] A. D. Brooks, R. P. Donovan and C. A. Hardisty, *J. Electrochem. Soc.*, 119, 545(1972).
- [4] J. B. Lasky, S. R. Stiffier, F. R. White and J. R. Abernathy, *IEEE International Electron Devices Meeting*, p. 684, 1985.
- [5] T. R. Anthony, *J. Appl. Phys.*, 58, 1240(1985).
- [6] Q. A. Huang, S. J. Lu and Q. Y. Tong, Proc. 2nd International Conference on Solid State and Integrated Circuit Technology, pp. 517—519, 1989. China.
- [7] 黄庆安、吕世骥、童勤义,首届全国敏感元件与传感器会议文集,661页,北京,1989.
- [8] Q. A. Huang, S. J. Lu and Q. Y. Tong, *Sensors and Actuators*, A21—A23, 40(1990).
- [9] Q. A. Huang, S. J. Lu and Q. Y. Tong, 1989 IEEE SOI/SOS Technology Conference, 3.10, 1989, U.S.A.
- [10] G. Wallis, *J. Am. Ceram. Soc.*, 53, 563(1970).

## Study of Field-Assisted GaAs/Glass Bonding Technology

Lu Shiji, Huang Qingan and Tong Qinyi

(Microelectronics Center, Southeast University, Nanjing, 210018)

### Abstract

A technology for the field-assisted bonding of GaAs to glass has been studied in some detail. A hydrogen plasma treatment of GaAs and glass is used prior to bonding. It has been found from AES that the hydrogen plasma treatment reduces the native oxide on GaAs and the bonding of GaAs to glass has been accomplished successfully. The effect of point cathodes and parallel cathodes on bonded interfaces has been studied. The better bonded interfaces are obtained using the point cathodes by SEM imager. It shows that the bonded strength is larger than that of GaAs single crystalline.