

Ar⁺ 激光辐照对 GaAs(100) 表面 硫钝化的影响*

朱永强 张桂墙 蔡颂仪 郝炳权

(复旦大学物理系 上海 200433)

摘要 本文用 C-V 法、金相腐蚀法、X 光电子谱 (XPS)、俄歇电子谱 (AES) 研究 GaAs 表面硫钝化膜和激光辐照硫化的效果。

PACC: 7280, 7320, 8160, 8265

1 引言

近年来,人们发现用无机硫化物^[1-8]钝化 GaAs 表面取得较好效果,但其稳定性仍存在一定问题。本文提出了用 Ar⁺ 激光辐照硫钝化形成稳定硫化膜的新方法。

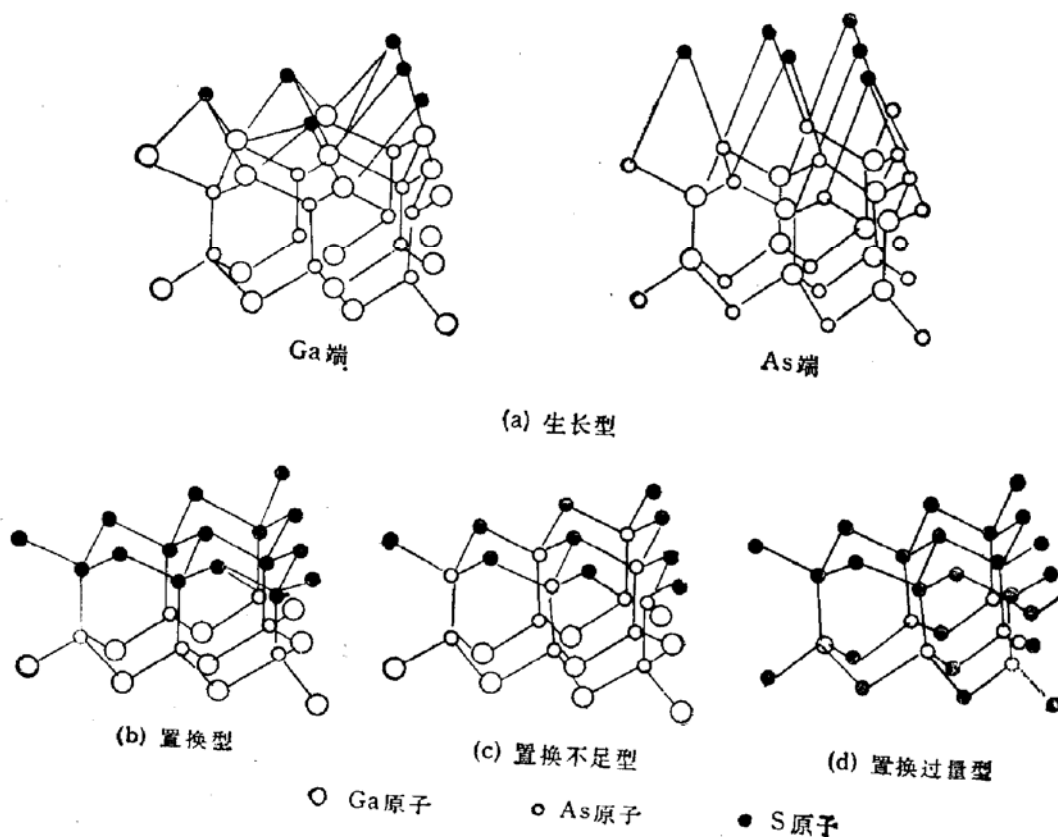


图1 GaAs(100) 表面硫钝化的几种情况

* 国家自然科学基金会资助项目

1992年12月18日收到初稿, 1993年5月18日收到修改稿

2 实验

GaAs 表面硫钝化的原理是去除了 GaAs 表面的 $\text{O}-\text{As}$ 键, 并形成 $\text{Ga}-\text{S}$ 键(结合能约 0.6eV) 和 $\text{As}-\text{S}$ 键(结合能约 0.3eV)^[6], 如图 1(a)。我们利用 Ar^+ 激光辐照促使硫原子越过某个势垒而置换 $\text{GaAs}(100)$ 表面的 Ga 、 As 原子, 如图 1(b)。辐照时间太短和太长会出现图 1(c) 和图 1(d) 的情况。

本实验的样品是掺硅浓度为 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ 的 n 型(100) GaAs 抛光片。硫钝化过程是将清洁样品放入 1M (克分子)浓度的 $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 去离子水溶液中浸泡几分钟, 取出后用丙酮擦去 Na_2S 残物。 Ar^+ 激光辐照硫钝化时, Ar^+ 激光束功率密度为 $4\text{mW}/\text{cm}^2$, 不同辐照时间的 $C-V$ 曲线如图 2 所示。

表 1 列出 5 种样品的 $C-V$ 测试算出的结果。

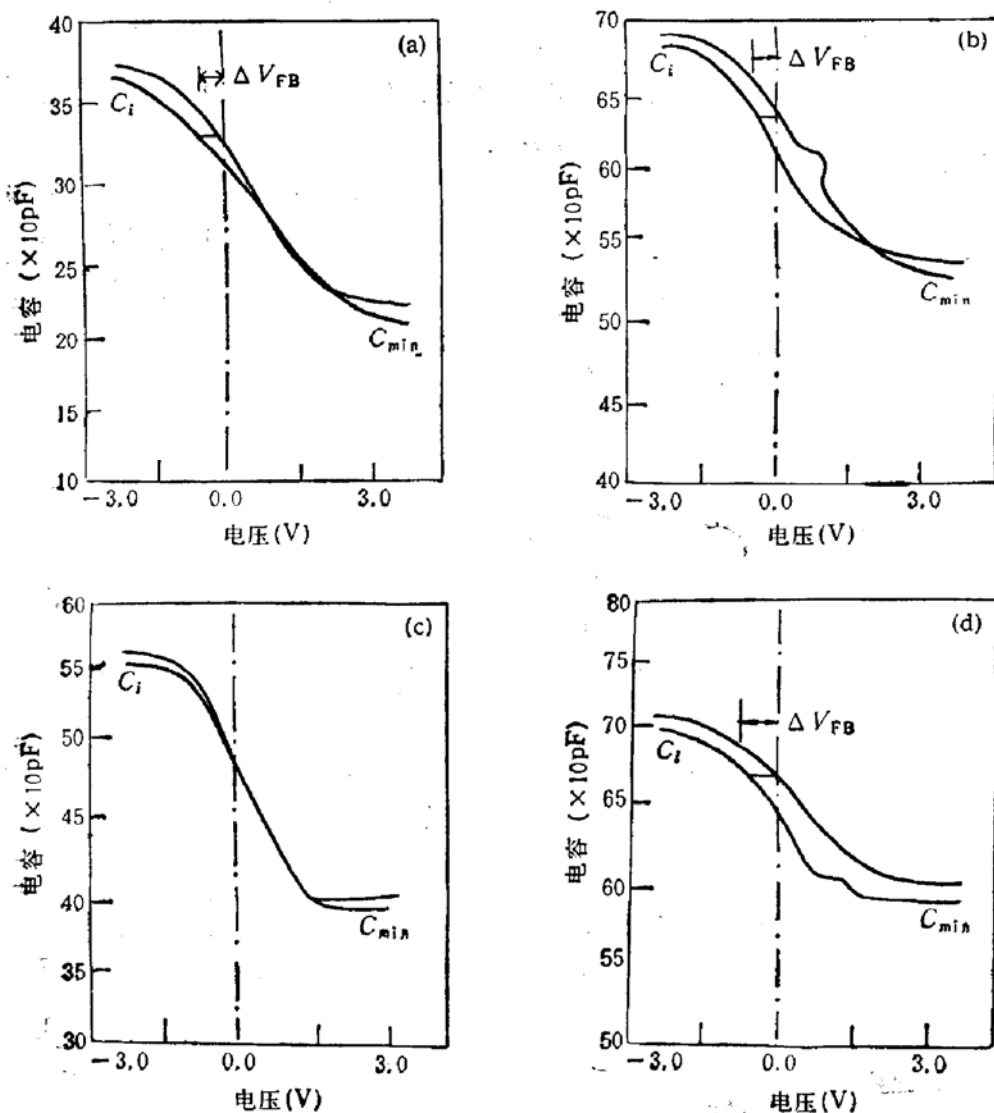


图 2 (a) 无辐照的硫钝化 $C-V$ 曲线 (b) 1 分钟激光辐照的 $C-V$ 曲线
(c) 4 分钟激光辐照的 $C-V$ 曲线 (d) 12 分钟激光辐照的 $C-V$ 曲线

表 1 C-V 测试结果

样 品	$C_0(\text{pF})$	dC_0/dV	$X_0(\text{\AA})$	$N_D(\text{cm}^{-3})$	$N_{ss}(\text{cm}^{-2})$
清 洁 片	265	12.2	1132	1.09×10^{18}	3.65×10^{11}
硫 化 片	356	15.4	842	2.11×10^{18}	2.40×10^{11}
辐照 1 分钟	657	23.5	456	8.69×10^{18}	7.10×10^{11}
辐照 4 分钟	500	31.3	600	2.87×10^{18}	1.10×10^{11}
辐照 12 分钟	693	11.4	433	2.10×10^{19}	5.80×10^{11}

(C_0 : 0V 时势垒电容; X_0 : 0V 时势垒宽度; N_D : 载流子浓度; N_{ss} : 表面可动电荷密度)

从表 1 得出辐照 4 分钟的样品的表面可动电荷密度最小, 远小于 GaAs 的表面态密度 $10^{13}/\text{cm}^2$ [9], 且 dC_0/dV 有极大值, 具备优越的电学特性, 它对应的正是置换型硫化化片. 辐照 1' 的样品和辐照 12 分钟的样品分别对应的是置换不足型和过量置换型, 由于此时硫原子似乎在晶格中已扮演了 N 型杂质使 N_D 明显增加.

AES 实验表明辐照 4 分钟的样品的硫浓度比无辐照的硫化片的硫浓度大百分之九. XPS 实验表明对应于 $\text{Ga}2p^{3/2}$ 、 $\text{As}2p^{3/2}$ 、 $\text{S}2p$, 硫化片和辐照 4 分钟的样品分别为 1115.96 eV、1321.4eV、159.2eV 和 1116.17eV、1321.6eV、159.6eV, 辐照 4 分钟的样品的峰位向高能偏移就表明样品表面的 Ga、As、S 彼此结合更牢固; XPS 实验还表明对 $\text{As}2p^{3/2}$, 辐照 4 分钟的样品的峰半宽比硫化片要窄九分之一.

金相显微镜观察长期浸在硫化钠溶液中的硫化片上的腐蚀坑就可以反映硫化膜的稳定性. 显微观察的照片如图 3 (见图版 I). 辐照 1 分钟样品的抗腐蚀性良好(图 3(b)), 辐照 4 分钟的样品的抗腐蚀性最好, 金相显微观察腐蚀坑最小, 表明它的硫化膜最稳定(图 3(c)).

3 结论

GaAs(100) 表面经硫化后在表面直接形成 As—S 键和 Ga—S 键, 而 Ar^+ 激光辐照的硫化是置换表面的 Ga、As 原子形成金刚石结构, 产生了稳定硫化膜.

致谢 实验中得到杜元成教授、钱佑华教授和翁渝民教授的有益讨论, 特表感谢.

参 考 文 献

- [1] B. A. Cowans, *et al.*, Appl. Phys. Lett., 1989, 54(4):365.
- [2] E. Yaolovitch, *et al.*, Appl. Phys. Lett., 1987, 51(6):439.
- [3] C. J. Sanaroff, *et al.*, Appl. Phys. Lett., 1987, 51(1):33.
- [4] M. G. Mauk, *et al.*, Appl. Phys. Lett., 1989, 54(3):213.
- [5] B. J. Skromme, *et al.*, Appl. Phys. Lett., 1987, 51(24):2022.
- [6] Kenji Shiraishi, Physical Review, 1991, B42(17): 11194.
- [7] C. J. Sandroff, *et al.*, J. Vac. Sci. Technol., 1989, B7(4):841.
- [8] J Shin, *et al.*, J. Vac. Sci. Technol., 1990, A8(3):1894.
- [9] 颜永美等, 半导体技术, 1992, 3: 62.

Effect of Ar^+ Laser Irradiation to Sulphide Passivation of GaAs (100) Surfaces

Zhu Yongqiang, Zhang Guiqiang, Cai Songyi and Hao Bingquan

(Department of Physics, Fudan University, Shanghai 200433)

Abstract The sulphide passivation of GaAs surface and effect of Ar^+ laser irradiation to sulphide passivation have been investigated by using the $C-V$ method, microscopy after etching, XPS and AES.

PACC: 7280, 7320, 8160, 8265