

研究快报

氮离子注入对 GaAs 肖特基势垒 性能影响的研究*

张利春 高玉芝 宁宝俊 张 录 王阳元

(北京大学微电子学研究所)

1990年7月18日收到

本文利用离子注入方法,用不同剂量的氮离子对 GaAs 衬底进行注入实验。结果表明,氮注入明显地改善了 Ti/n-GaAs 肖特基势垒特性。

主题词 氮离子注入,砷化镓,肖特基势垒

一、引言

自对准 GaAs MESFET 电路,特别是直接耦合逻辑 (E/D) 电路,为了改善其电路性能,提高电路速度和成品率,需要采用一种势垒高度较高并且热稳定性能好的肖特基势垒材料。作者已经系统地研究了主要几种难熔金属氮化物的 GaAs 肖特基势垒性能^[1-3],发现高温退火可改善 GaAs 肖特基势垒性能,提高势垒高度。最近又提出了一种新技术^[4],即氮气氛下衬底负偏压预溅射方法,能进一步改善 GaAs 肖特基势垒性能: 提高势垒高度,减小反向饱和电流,减小势垒电容和增大反向击穿电压。结果分析表明,上述 GaAs 肖特基势垒特性的改善可能都与工艺过程中 GaAs 衬底表面掺氮有关。为了检验氮在 GaAs 中的作用,本文采用离子注入方法,直接向 GaAs 衬底表面掺氮,研究氮注入对 GaAs 肖特基势垒性能的影响。

二、实 验

选用 N 型(100)晶向 GaAs 晶片作为实验样品,掺硅浓度为 $1-5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 。经严格的清洗腐蚀后,用无油 S-枪磁控溅射系统在 GaAs 表面上溅射淀积厚度约为 650 \AA 的 SiO_2 保护层。根据 TRIM89 程序的计算机模拟结果,控制氮在 GaAs 衬底表面中的平均深度为 200 \AA ,因而选用氮离子注入的能量为 25 keV ,注入剂量分别为 $1 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$, $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 和 $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ 。注入后漂去 GaAs 表面的 SiO_2 层以消除离子注入过程

* 国家自然科学基金资助课题。

中可能引入的碳沾污。800℃快速热退火后,再用直流溅射系统淀积金属钛,按通常工艺流程^[4]制备 Ti/n-GaAs 肖特基势垒二极管。用 HP4145B 半导体参数测试仪和 HP4192A 自动阻抗分析仪分别测量肖特基二极管的电流-电压特性和电容-电压特性。

三、结果与分析

用电流-电压法对比研究了注入氮和未注入氮的 Ti/n-GaAs 肖特基二极管特性, 测量结果如表 1 所示。由表可以有趣地发现, 随着氮离子注入剂量加大, Ti/n-GaAs 肖特基二极管的势垒高度明显增高。以未注氮样品与注氮剂量为 $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ 的样品相比, 其势垒高度增大约 0.1 eV, 理想因子 n 逐渐减小趋于 1。同时可以看出, 肖特基二极管的反向饱和电流也相应地大约降低了两个数量级。图 1 给出了未注氮和注入不同剂量氮的 Ti/n-GaAs 肖特基势垒性能改善有显著作用。这与作者在以前文献[1—6]中所报导的结果是一致的。

图 2 给出了注氮和未注氮的两种 Ti/n-GaAs 肖特基势垒二极管的反向击穿特性, 其

表 1 Ti/n-GaAs 肖特基二极管特性比较

	未注氮	氮注入		
		$1 > 10^{12} \text{ cm}^{-2}$	$1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$	$1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$
势垒高度 ϕ_B (eV)	0.68	0.71	0.72	0.78
理想因子 n	1.16	1.15	1.13	1.08
反向饱和电流(10^{-11} A)	33.6	7.4	4.9	0.5

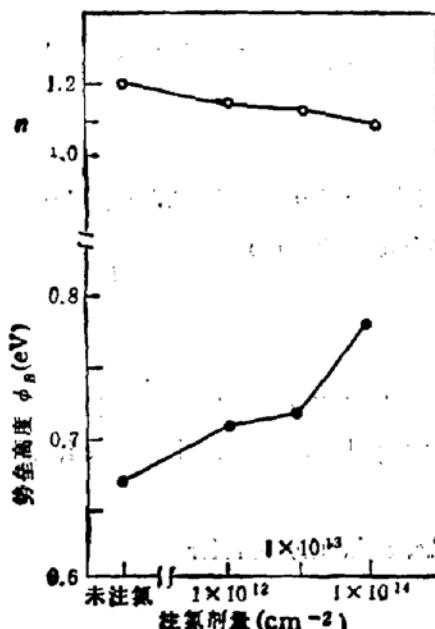


图 1 未注氮和注入不同剂量氮的 Ti/n-GaAs 肖特基二极管的势垒高度和理想因子 n 关系曲线

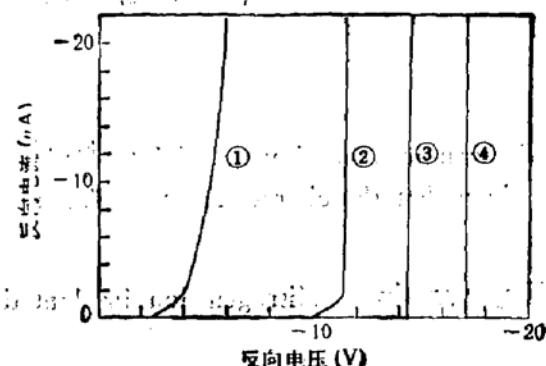


图 2 Ti/n-GaAs 肖特基二极管的反向击穿特性曲线

中曲线①表示未注氮情况，曲线②、③和④分别表示氮注入剂量为 $1 \times 10^{12} \text{cm}^{-2}$ 、 $1 \times 10^{13} \text{cm}^{-2}$ 和 $1 \times 10^{14} \text{cm}^{-2}$ 情况。由图 2 可以清楚看出，随着氮离子注入剂量增加，肖特基二极管的反向击穿电压明显增大。同时，二极管的反向击穿特性由软击穿变为相当好的硬击穿。

我们还研究了注入氮和未注氮的两种类型 $\text{Ti}/\text{n-GaAs}$ 肖特基势垒的电容-电压 (C-V) 特性。结果表明，氮离子注入减小了肖特基二极管的势垒电容，这有利于减小 RC 延迟，提高 GaAs 电路速度。

综上所述，氮离子注入 GaAs 衬底明显地改善了 $\text{Ti}/\text{n-GaAs}$ 肖特基势垒特性，这无论对于 GaAs 模拟电路或数字电路都具有重要意义，它可显著改善 GaAs 电路性能^[7,8]。利用我们提出的金属/ $\text{P}^+/\text{GaAs}/\text{n-GaAs}$ 结构模型^[4]可以较好地解释上述实验结果。按照该模型，再次提出氮或氮-缺陷复合体在 GaAs 中可能起受主杂质的作用。目前氮在 GaAs 中的机理仍不十分清楚，因此深入研究氮在 GaAs 中的作用和机理是一个很有意义的课题。与硅 MOS 集成电路的沟道掺杂调制作用相似，从改善 GaAs 器件和电路性能来说，氮注入 GaAs 将有可能是一项很有用的工艺技术。

参 考 文 献

- [1] L. C. Zhang (张利春) et al., *Appl. phys. Lett.*, **50**, 445(1987).
- [2] X. W. Wu, L. C. Zhang et al., *Appl. phys. Lett.*, **50**, 281(1987).
- [3] 张利春等, 半导体学报, **10**, 161(1989).
- [4] 张利春、高玉芝, 半导体学报, **10**, 241(1989).
- [5] 张利春等, 半导体学报, **11**, 551(1990).
- [6] 张利春等, 半导体学报, **11**, (1990).
- [7] Masamitsu Suzuki et al., *IEEE ED-33*, 919(1986).
- [8] Masahiro Hagio et al., *IEEE ED-33*, 754(1986).

Effect of Nitrogen Ion Implantation on Characteristics of GaAs Schottky Barriers

Zhang Lichun, Gao Yuzhi, Ning Baojun, Zhang Lu and Wang Yangyuan
(Institute of Microelectronics, Peking University)

Abstract

Nitrogen ions are implanted into GaAs substrate with different doses. The experimental results show that the characteristics of $\text{Ti}/\text{n-GaAs}$ Schottky barriers are improved, distinctly.

Key words Nitrogen ion implantation, GaAs, Schottky barrier