

不同制备工艺对 SIMOX 结构应力的影响

蒋美萍¹ 李金华¹ 黄宜平² 林成鲁³

(1 江苏石油化工学院功能材料实验室 常州 213016)

(2 复旦大学电子工程系 上海 200433)

(3 中国科学院上海冶金所信息功能材料国家重点实验室 上海 200050)

摘要 对不同制备工艺的 SIMOX 样品,用 Raman 散射法作了应力测量和比较。结果显示,在 1300°C、6 小时的退火条件下,整片单次注入/退火与三次注入/退火对样品的应力无明显影响,正面张应力都 $\leq 5 \times 10^3 \text{ N/cm}^2$,且均匀分布,背面无应力。 N_2 、 $N_2 + 1\% O_2$ 、 $Ar + 0.5\% O_2$ 等不同退火气氛对应力也无明显影响。局部注入会在 SIMOX 样品的顶层硅中产生较高的应力,且在高温长时间退火后背衬底中还有应力存在。

PACC: 6860, 7340T

1 引言

注氧隔离 SOI 技术(SIMOX—Separation by IMplanted OXygen)是硅集成电路常用技术之一。从 1966 年首次采用^[1]到 1990 年为止,就发表了与 SIMOX 有关的各种文章 958 篇^[2],其中只有 5 篇文章讨论了 SIMOX 结构的应力问题。本文将介绍不同制备工艺,即对不同退火温度、退火气氛、不同注入剂量、多次注入/退火与单次注入/退火、整片注入与局部注入等的 SIMOX 样品,用 Raman 散射测量作应力的分析、对比,以了解不同制备工艺对 SIMOX 结构应力的影响。

2 实验

4 种实验样品条件如表 1。其中 1#、2# 样品在国内制备,基片为 2 英寸 P<100>硅片,注入束的扫描集中于约 $3.5 \times 3.8 \text{ cm}^2$ 的范围。表 1 中各种样品的表层硅厚度和埋层厚度用卢瑟福背散射(RBS)测出。样品的缺陷主要是位错。用 Secco 腐蚀法测定,在 1# 样品的埋层中有较高密度的硅岛。表 1 中自加热表示只靠注入束的能量沉积升温,未作外部加热,在 $500 \mu\text{A}$ 束流时,片子温度低于 300°C。4# 样品用三次注入/退火制备工艺制成。

蒋美萍 女,1960 年出生,讲师,现主要从事半导体工艺和器件研制
1996 年 2 月 5 日收到初稿,1996 年 6 月 11 日收到修改稿

表 1 实验样品的制备条件和缺陷密度

号	能量/keV	注入剂量/cm ⁻²	注入区	注入温度/℃	退火条件	表层硅厚度/nm	埋层厚度/nm	缺陷密度/cm ⁻²
1	170	1.5×10 ¹⁸	大部	自加热	1230℃, N ₂ , 2h	250	300	>10 ⁹
2	170	1.5×10 ¹⁸	大部	680	1300℃, N ₂ , 5h	250	300	3×10 ⁶
3	190	1.8×10 ¹⁸	全部	630	1300℃, 6h N ₂ +1%O ₂	225	380	1×10 ⁶
4	200	0.6×10 ¹⁸ (三次)	全部	630	1300℃, 2h, 三次 Ar+0.5%O ₂	190	380	1×10 ⁴

Raman 测试采用 SPEX-1403 Raman 光谱仪, 测试精度 $\leq 0.2\text{cm}^{-1}$. 测量中所用激光波长为 $0.5145\mu\text{m}$, 对硅的穿透深度约 $0.5\mu\text{m}$. 所反映的应力信息为该深度内应力的平均信息. 根据激光 Raman 散射谱, 求出 SIMOX 样品相对于无应力单晶硅样品谱峰的漂移量 $\Delta\omega$, 利用公式^[3]

$$\sigma = -2.49 \times 10^9 \Delta\omega (\text{dyne/cm}^2) = -2.49 \times 10^4 \Delta\omega (\text{N/cm}^2)$$

得到应力的测试结果. 当 $\Delta\omega$ 为正值时, $\sigma < 0$, 表明为压应力; 反之为张应力.

3 结果

表 2 是各种样品及同一样品不同测试点的应力测试结果. 图 1 为单晶硅无应力样品与 1#、2# 样品背面的 Raman 谱峰位比较; 图 2 为单晶硅样品与 1#、2#、4# 样品正面的 Raman 谱峰比较, 由于 3# 样品的峰位与 4# 样品的峰位十分接近, 在图中未画出.

表 2 各种实验样品的应力测试结果

样品号	位置		$\Delta\omega/\text{cm}^{-1}$		$\sigma/(\text{N} \cdot \text{cm}^{-2})$	
	正面	背面	正面	背面	正面	背面
硅单晶	520.0		0.0		0.00	
1	519.5	519.6	-0.5	-0.4	1.25×10^4	1.00×10^4
2	519.6	519.8	-0.4	-0.2	1.00×10^4	0.50×10^4
3	519.8	520.0	-0.2	0.0	0.50×10^4	0.00
4		520.0		0.0		0.00
4-1	519.9		-0.1		0.25×10^4	
4-2	519.8		-0.2		0.50×10^4	
4-3	519.9		-0.1		0.25×10^4	
4-4	519.8		-0.2		0.50×10^4	

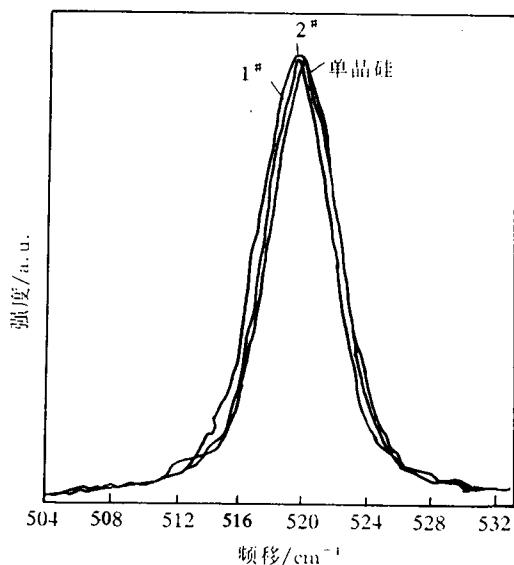


图 1 1#、2# SIMOX 样品背面 Raman 谱
与单晶硅片 Raman 谱比较

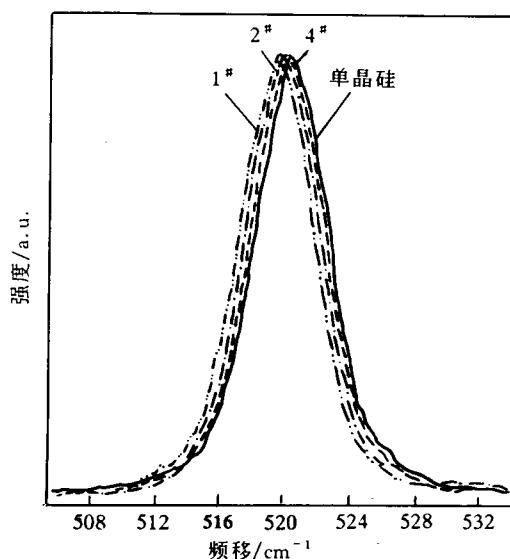


图 2 1#、2#、4# SIMOX 样品正面 Raman 谱
与单晶硅片 Raman 谱比较

4 讨论

4.1 表 1 显示三次注入/退火的 SIMOX 制备工艺比单次注入/退火的制备工艺能很明显地降低 SIMOX 结构表层硅中的缺陷密度,但从表 2 可见整片注入时,两种制备工艺对 SIMOX 结构的应力没有明显影响,只要退火充分,都能使应力很小($\leqslant 5 \times 10^3 \text{ N/cm}^2$).

4.2 从表 2 可见,只要退火温度和时间合适, $\text{Ar} + 0.5\sim 1\% \text{ O}_2$ 、 $\text{N}_2 + 1\sim 2\% \text{ O}_2$ 和 N_2 等三种常用退火气氛^[4]对 SIMOX 结构的应力无明显影响.

4.3 表 2 中 1#、2# 样品的应力明显高于 3#、4#, 且其背面 Si 衬底中也有较大应力存在, 其原因可能与局部注入有关. 由于注入机束流的限制, 减小扫描面积注入是一种常用的办法. 由于高剂量 O^+ 的注入, 使得注入区相对于非注入区表面抬高, 产生较大应力. Raman 测试还表明, 在背衬底中也存在一定的张应力, 而且 1#、2# 样品背面的应力差别, 似乎还说明较高退火温度和较长退火时间(1300°C, 5h) 比较低退火温度和较短退火时间(1230°C, 2h) 有利于应力的释放, 但未能完全消除由局部注入产生的背面应力. 1# 和 2# 样品正面的应力差别可能主要在于 1# 样品的退火不充分, 从而在顶层硅中有高密度的氧沉淀, 在埋层 SiO_2 中有较多硅岛引起.

4.4 从表 2 还可看出, 进行整片注入的 SIMOX 样品, 其应力分布有很好的均匀性.

4.5 本实验条件下很难发现注入剂量对应力的影响. 其原因也许在于 1300°C, 5~6 小时的退火条件已能较充分地消除注入损伤、产生较高质量的 SIMOX 结构. 不过, 可以设想, 在局部注入或退火不充分时, 剂量越高, 结构的应力会越大.

5 结论

整片注入、退火充分的 SIMOX 样品的应力密度都 $\leqslant 5 \times 10^3 \text{ N/cm}^2$. 单次注入/退火与多次注入/退火制备工艺对 SIMOX 结构的应力影响不明显. N_2 、 $\text{N}_2 + 1\% \text{O}_2$ 、 $\text{Ar} + 0.5\% \text{O}_2$ 等不同的退火气氛对应力也无明显影响. 较低退火温度和局部注入使样品产生较高的张应力, 且在 1300°C 、5h 的退火条件下也不能消除 SIMOX 背面衬底中的应力. 为减小 SIMOX 结构的应力, 应避免采用局部注入的方法.

参 考 文 献

- [1] M. Watanabe and A. Too, Jpn. J. Appl. Phys., 1966, **5**: 737.
- [2] P. L. F. Hemment *et al.*, Vacumm, 1991, **42**(5~6): 393.
- [3] T. Englert, G. Abstreiter and J. Pontcharra, Solid State Electron., 1980, **23**: 31.
- [4] J. P. Colinge 著, 武国英, 等译, SOI 技术, 北京: 科学出版社, 1993, 40.

Effects of Different Fabrication Processes on Stress of SIMOX Structure

Jiang Meiping¹, Li Jinhua¹, Huang Yiping² and Lin Chenglu³

(1 Functional Materials Lab., Jiangsu Institute of Petrochemical Technology, Changzhou 213016)

(2 Dept. of Electronic Engineering, Fudan University, Shanghai 200433)

(3 State Key Lab. of Functional Materials for Informatics, Shanghai Institute of Metallurgy,
The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200050))

Received 5 February 1996, revised manuscript received 11 June 1996

Abstract The stress of SIMOX samples fabricated by different processes is compared by Raman scattering measurements. The results show that single implantation/annealing and three times implantation/annealing do not evidently affect the stress of SIMOX structures annealed at 1300°C for 6h. The tensile stress densities are uniform and all $\leqslant 5 \times 10^3 \text{ N/cm}^2$; Different annealing atmospheres, such as N_2 、 $\text{N}_2 + 1\% \text{O}_2$ 、 $\text{Ar} + 0.5\% \text{O}_2$ do not evidently affect the stress of SIMOX sample as well; Higher stress density (up to $1.25 \times 10^4 \text{ N/cm}^2$) is created by part area implantation at the top layer of the SIMOX structure and the stress still remains in the back of the silicon substrate, even after annealing at high temperature for long time.

PACC: 6860, 7340T