

SiO₂-Si 界面射频等离子体退火性质研究*

郑有焯 吴凤美 苏宗禾
(南京大学物理系)

众所周知, SiO₂-Si 结构中界面态和固定界面电荷以及 SiO₂ 中的陷阱电荷, 强烈影响硅平面型器件的性能及其稳定性. 因此用退火来降低这些电荷中心是非常重要的. 我们用氧气氛低压辉光放电产生的射频等离子体对 SiO₂-Si 界面退火 (简称 RFP 退火). 实验将 8—10 Ω·cm 的 n 型硅 MOS 电容放在石英支架上, 使其垂直于 RF 电场, 二面暴露于等离子体中. 所用频率为 13MC, 电压 1.3—1.5kV, 功率为 200W.

实验表明, RFP 退火可以降低热氧化 SiO₂-Si 界面的固定界面电荷密度 Q_{ox} , 如图 1 所示. 退火后 C-V 曲线沿电压轴正电压平移, Q_{ox} 从 $2.18 \times 10^{11}/\text{cm}^2$ 降为 $1.43 \times 10^{11}/\text{cm}^2$.

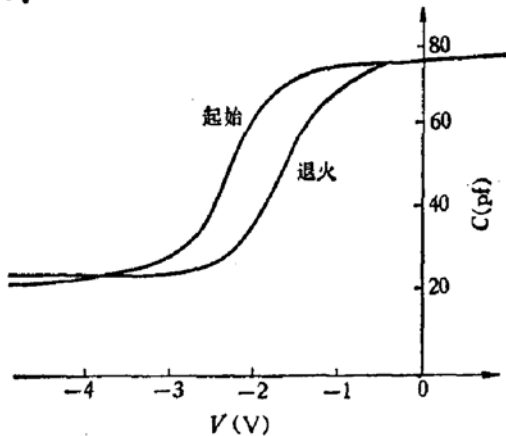


图1 热氧化界面的 RFP 退火

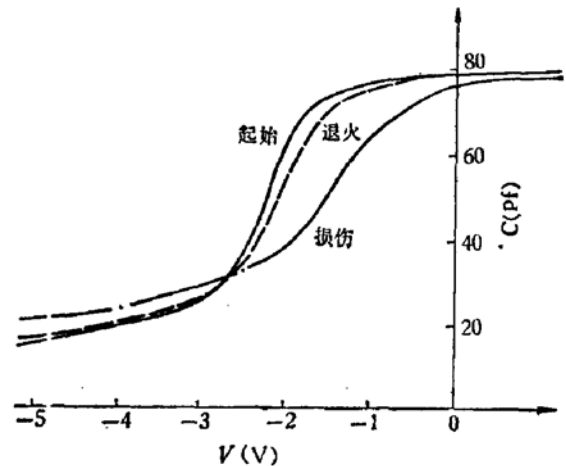


图2 等离子体损伤界面的 RFP 退火

RFP 退火还可以消除 SiO₂-Si 界面因等离子体加工损伤引入的界面态和陷阱电荷中心. 图 2 为等离子体加工辐射损伤样品经 RFP 退火后的结果. 退火后 C-V 曲线基本上恢复到损伤前的起始状态, 表明退火减低了辐射损伤引入的陷阱电荷中心和界面态.

实验研究了 RFP 退火条件. 结果表明: 影响退火的因素, 除与样品的结构、衬底杂质浓度及 SiO₂ 厚度等有关外, 主要取决于产生等离子体的真空度及样品在等离子体中的位置. 真空度决定等离子体中的离子、电子和光子的能量及密度流. 我们的实验条件下, 真空度 10^{-1} — 10^{-2} 托较为合适. 过低或过高, 退火效果不明显, 甚至会造成损伤. 至于样品位置的影响, 是与 RF 电场以及直流份量电场的作用相联系, 后者是由电场分布及样品、支架和装置的非对称性引起的. 我们对比了样品垂直 RF 电场栅朝上与栅朝下及样品平行于 RF 电场三种情况. 发现, 垂直 RF 电场栅朝下较好, 在较宽的真空度范围内都有退火作

* 1979年10月23日收到.

用,且不易引入损伤。

实验还观察了退火时间的影响。发现退火效果很快趋于饱和,所需时间与样品结构、 SiO_2 厚度及射频功率有关,通常在30'以内,时间太长,有可能引入损伤,使界面态有所增加。

我们还对 MOS 和双极型器件管芯进行 RFP 退火。表 1 和表 2 为一些初步结果。可以看到,退火改善了器件特性。退火样品经过 150°C 长时间热老化试验证实是稳定可靠的。

表 1 硅栅 P 沟 MOS 管芯退火后性能改善

样品 参数		1	2	3	4	5
	阈值电压 $ V_T (V)$	起 始	3.1	3.6	2.7	3
退 火		2.2	3.2	2.5	1.6	2.9
跨导 g_m (μmo)	起 始	55	38	80	100	40
	退 火	110	50	85	120	70

表 2 NPN 管芯经 RFP 退火后 bc 结性能改善

样品 BV_{CBO}		1	2	3	4	5
	起 始 (V)		42	90	95	95
退 火 (V)		100	160	200	120	180

关于 RFP 退火机理,可以认为是 RF 电场和等离子体中具有一定能量的电子、离子和光子作用的综合结果。当样品受电子、离子和光子轰击时,使界面晶格获得能量加强其热振动(样品温度可达 100°C 以上)。而 RF 电场的作用,又将使界面那些带电荷的缺陷中心及无序键的局部晶格运动加剧,使其趋于正常的晶格位置,改善了界面无序结构。另外,轰击结果将在样品各区域内产生电子-空穴对,其中硅表面层那些具有克服 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ 势垒 (3.25eV) 的电子就可能注入过界面,去中和陷落在 SiO_2 网络缺陷上的那些正电荷中心。直流分量电场将会影响这个过程,而垂直 RF 电场栅朝下退火使金属栅层和 SiO_2 层中电子扫入界面,以中和正电中心。所以, RFP 退火实质上是基于改善界面无序结构和电子中和正电荷中心的作用。

$\text{SiO}_2\text{-Si}$ 界面在射频等离子体中退火,可以降低热生长 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ 界面的固定界面电荷密度及消除等离子体加工损伤引入的界面态及陷阱电荷。它不同于热退火,样品温度较低 ($<200^\circ\text{C}$),适用于完成金属化的大圆片器件管芯的退火,以改善器件特性。本文结果可供器件等离子体加工时为避免或降低辐射损伤对实验条件的选择参考。

吴汝麟教授对本工作提出宝贵意见,作者在此表示感谢。

AN INVESTIGATION ON THE ANNEALING PROPERTIES OF $\text{SiO}_2\text{-Si}$ INTERFACE IN RF PLASMA

Zheng You-dou, Wu Feng-mei, Su Zong-he

(Department of Physics, Nanjing University)