

# Ar<sup>+</sup>注入吸杂效应与剂量的关系

潘 姬 齐建华 赵鸿麟 汪一沙 王春亮

(天津大学电子工程系)

1984年8月9日收到

本文研究高能氩离子注入硅单晶片背面，对单晶片正面有源区里的重金属杂质等的吸杂效果。吸杂作用以少数载流子寿命的提高来衡量。结果表明，Ar<sup>+</sup>的优化吸杂剂量在  $7.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$  及  $7.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$  左右。文中最后论及吸杂效果和剩余缺陷密度的关系。

## 一、引言

硅单晶中的杂质和缺陷，严重影响器件的性能和成品率。一般用来制备集成电路的硅单晶片，厚度约  $300\text{--}400\mu\text{m}$ 。而实际器件所在的区域，即所谓有源区却只占距正面  $10\mu\text{m}$  左右的范围。所以，如果能在制造器件之前或工艺过程中，把晶片中的杂质吸向背面，离开有源区，则会有利于器件的生产。用离子注入技术将高能离子轰击硅片背面，造成严重损伤层，然后进行适当方式的退火，能达到上述目的<sup>[1][2]</sup>。由于离子注入吸杂技术在工艺过程中很易加进去，且其效果显著，目前已得到重视和应用。

十多年来研究结果表明，Ar<sup>+</sup>注入的吸杂效果最好。本实验用 Ar<sup>+</sup>的不同剂量注入单晶片，观测其效果，最后得到了吸杂效果随剂量的变化曲线。证明剂量的最佳值并不是常用的  $\geq 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ 。

## 二、实验和结果

本实验采用 P型〈100〉硅单晶片， $\rho = 8\text{--}12 \Omega \cdot \text{cm}$ 。注入前没有对样品有意识地掺入金、铜等重金属来提高实验效果。为严格退火条件，采用先栅氧化后注入的方法。栅氧化采用干氧氧化法。二氧化硅膜厚  $1500\text{\AA}$ 。氧化后，去掉背面氧化膜，将圆片沿直径分开，其中一半进行 Ar<sup>+</sup>注入。注入能量为  $130\text{keV}$ ，剂量为  $10^{14}\text{--}10^{16} \text{ cm}^{-2}$ 。

注入完毕后，连同未注入的半片进行退火。退火是在氮气保护中进行的。温度  $900^\circ\text{C}$ ，时间 3 小时，退火后在硅片正面进行常规的蒸铝及光刻，做成 MOS 结构，MOS 电容的面积大小不一，常用的约为  $2.83 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$ 。用 C-V 特性测试仪测绘 C-t 曲线<sup>[3]</sup>，计算少数载流子的寿命  $\tau_g$ <sup>[4]</sup>：

$$\tau_g = \frac{t_p n_i}{8 \cdot N_A} \cdot \frac{C_p - C_o}{C_{ox} \ln \frac{C_F}{C_o}}$$

式中  $C_{ox}$  是氧化层电容， $C_o$  是 C-t 曲线上  $t = 0$  时的电容。 $C_F$  是反型电容， $t_F$  是弛豫

时间。 $N_A$  是衬底受主杂质浓度。 $n_i$  是本征载流子浓度。

实验结果示于表 1。表中共有六种样品，每片约测量十个点，取其平均值。 $\tau_s'$  和  $\tau_s$  分别为有注入和无注入的载流子寿命值。其中最后一项是注入后载流子寿命的提高率。

表 1 MOS 电容  $C-t$  特性

样 品 编 号	注 入					无 注 入					$\frac{\tau_s' - \tau_s}{\tau_s}$	
	剂 量 ( $\text{cm}^{-2}$ )	$C_{ox}$ (pF)	$C_f$ (pF)	$C_o$ (pF)	$t_p'$ (s)	$\tau_s'$ ( $\mu\text{s}$ )	$C_{ox}$ (pF)	$C_f$ (pF)	$C_o$ (pF)	$t_p$ (s)	$\tau_s$ ( $\mu\text{s}$ )	
1	$1.0 \times 10^{14}$	61.9	46.2	12.4	186	112	63.5	46.9	19.0	135	94	18%
2	$7.5 \times 10^{14}$	43.7	30.0	10.9	578	360	31.6	23.2	10.3	208	150	139%
3	$1.0 \times 10^{15}$	56.1	44.3	19.4	277	215	52.6	39.9	16.5	171	126	71%
4	$5.0 \times 10^{15}$	59.6	40.9	9.7	674	354	49.6	39.0	9.9	438	270	31%
5	$7.5 \times 10^{15}$	29.2	20.6	5.6	524	298	34.0	23.9	7.9	247	152	96%
6	$1.0 \times 10^{16}$	55.8	41.3	9.6	636	357	57.4	43.2	10.0	424	242	48%

可以看出,  $\text{Ar}^+$  注入后, 载流子寿命有不同程度的提高。最大达 139%。将寿命提高率随注入剂量的变化绘成曲线, 如图 1 实线所示。横坐标是注入剂量, 左边纵坐标是寿命提高率。由图看出, 剂量为  $7.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$  及  $7.5 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$  时, 曲线出现峰值。表示吸杂效果达到极大值。即吸杂效果和剂量的关系不是单调的。在某些特定的剂量数值上, 吸杂效果更为明显。

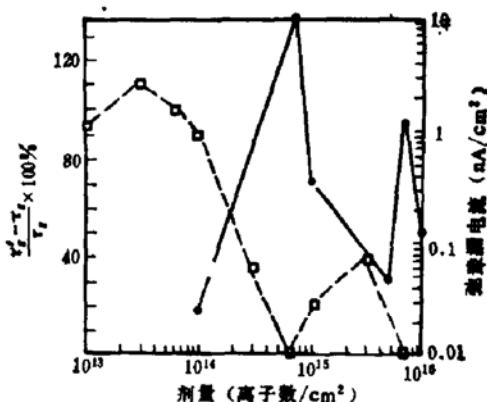


图 1 寿命提高率与注入剂量的关系

——寿命提高率   ----弛豫漏电流

Geipel 等人于 1980 年发表了他们研究的  $\text{Ar}^+$  等注入硅中的吸杂效果<sup>[2]</sup>。他们用 MOS 电容的  $C-t$  特性计算弛豫漏电流<sup>[3]</sup>。弛豫漏电流的大小决定于载流子的寿命。寿命愈长, 漏电流愈小。其实验结果如图 1 中虚线所示。右边纵坐标是其漏电流数值。图 1 表明, 在我们的实验中, 寿命提高率最大的地方, 恰好约是他们实验中漏电流降到最小的地方。二个实验结果是一致的。

### 三、结 论

(1) 直接以生产线上的硅单晶片为样品, 用氩离子注入进行吸杂实验, 也见到良好的

效果。载流子寿命有显著提高。

(2) 以氩离子注入进行吸杂,除了注入能量及退火条件必须适当外,本实验得到的优化注入剂量为  $7.5 \times 10^{14} \text{cm}^{-2}$  及  $7.5 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ .

### 参 考 文 献

- [1] K. D. Beyer and T. H. Yeh, *J. Electrochem. Soc.*, **129**, 2527(1982).
- [2] H. J. Geipel and W. K. Tice, *IBM J. Develop.*, **24**, 310(1980).
- [3] 程文超, 黄振岗, 半导体学报, **1**, 228(1980).
- [4] 张储林等, 半导体杂志, **2**, 1(1984).
- [5] Frederic P. Heiman, *IEEE, ED*, **14**, 781(1967).
- [6] H. J. Geipel and W. K. Tice, *Appl. Phys. Lett.*, **30**, 325(1977).

## Correlation of Ar<sup>+</sup> Gettering Efficiency with Doses

Pan Ji, Qi Jianhua, Zhao Honglin,

Wang Yisha and Wang Chunliang

(Department of Electronics Engineering, Tianjin University)

### Abstract

The removal of heavy metallic elements from the active region of a silicon wafer has been studied through the implantation of high energy Ar<sup>+</sup> into the backside of the wafer. The measurement of gettering effect is based on the measurements of the minority carriers life-time. The experimental results show that the optimized doses are about  $7.5 \times 10^{14} \text{cm}^{-2}$  and  $7.5 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$ . Finally, the relationship between gettering efficiency and residual defect density is mentioned.