

# MOS结构中具有较大漏电流时 准静态C-V曲线的测量

天津大学电子工程系半导体教研室 刘 凌

**摘要:** 当MOS电容漏电流大时, 往往使得准静态I-V曲线变形(上翘), 从而给界面态陷阱密度 $N_{it}$ 的测量和计算带来了很大的妨碍。本文提出了一种简单方法, 可以将准静态I-V曲线进行修正, 使得漏电较严重的MOS电容的界面态密度 $N_{it}$ 计算得出满意的结果。

众所周知, MOS结构中界面态陷阱密度 $N_{it}$ 以及它在半导体禁带中的分布对于MOS FET器件电参数的稳定性有着直接的影响。因此, MOS电容界面态密度的测量不论对半导体界面物理的研究还是MOS器件特性的监控都是非常重要的。目前对界面态密度的测量方法较多, 如热激电流法、交流电导法、准静态C-V等<sup>[1~4]</sup>。但常见的是准静态I-V法。虽然该方法测量简单, 但对于MOS电容的介质薄膜要求较高。如果绝缘层的漏电流较大, 使之可以与扫描电压 $dV/dt = \alpha$ 感生的MOS位移

电流 $I_D$ 相比拟时, I-V测量曲线就会倾斜, 这给计算带来了很大的误差。针对上述的情况, 我们提出了一种克服漏电流干扰的方法。

## 1. 实验样品的制作

实验样品的衬底是p型〈100〉晶向的硅单晶片, 其电阻率 $\rho$ 为 $2 \sim 4 \Omega \cdot \text{cm}$ 。利用PECVD工艺在 $250^\circ\text{C}$ 温度条件下淀积 $1000\text{\AA}$ 左右的氧化硅膜, 然后用氮气进行 $500^\circ\text{C}$ 、30分钟的低温退火, 使得该氧化硅膜的致密度提高。经过蒸铝、光刻制成MOS电容结构, 其铝电极面积为 $2.83 \times 10^{-3} \text{cm}^2$ 。

看到有人报导, 它的等时退火特性和H(0.35)能级相同, 而俘获截面却比H(0.34)能级大两倍, 可见它是更有效的复合中心。

电子辐照技术在控制晶体管 $h_{FE}$ 这点上可以补扩散技术之不足, 两者结合起来可以大大提高成品率, 特别是目前有些工厂进口部分高 $h_{FE}$ 的管芯利用此技术使其达到最佳值很有效。

感谢浙江桐庐晶体管厂为此实验提供样品。

## 参 考 资 料

- (1) L. C. Kimerling, IEEE Trans. Nuclear Sci., 23, p. 1497~1505, 1976

- (2) S. D. Brotherton et al., Semiconductor Silicon, Electrochemical Society, New York, p. 779~787, 1981,  
(3) P. M. Mooney et al., Phys. Rev., B15, p. 3836~3843, 1977  
(4) 王忠安、郭世民, 《电子学报》16卷, 第2期, 135~137页, 1988年3月  
(5) D. V. Lang, J. Appl. Phys., Vol. 45, p. 3023~3032, 1974  
(6) Y. H. Lee et al., Phys. State. sol., (a) 57, p. 697~704, 1980  
(7) Y. H. Lee et al., Solid state commun., 21, p. 109~111, 1977

## 2. 测量方法的工作原理

准静态法测量界面态密度 $N_{it}$ 的工作原理,在文献[4]中曾有过详细的论述。本实验就是利用准静态I-V曲线和高频C-V曲线联合法对界面态密度 $N_{it}$ 进行测量的。准静态I-V曲线要通过下面的公式:

$$C(V) = I_D \left[ \frac{dV_G}{dt} \right]^{-1} \quad (1)$$

转换成准静态C-V曲线。但该公式只适用于没有漏电流干扰的情况。

对于p型硅为衬底的MOS电容,栅电极上的扫描电压 $V_G$ 由负电压(堆积电压)扫向正电压(反型电压)。扫描电压变化速率( $\alpha = dV_G/dt$ )为常数,而且在扫描过程中 $\alpha$ 始终是大于一零的。如果氧化硅层的电阻率小于 $10^{18} \Omega \cdot \text{cm}$ ,MOS电容中的漏电流 $I_{\text{漏}}$ 就可与准静态条件下样品中的位移电流 $I_D$ 相比拟。在 $V_G$ 扫描过程中,负电压到零伏范围内, $I_{\text{漏}}$ 的电流方向与 $I_D$ 相反;而零伏到正电压范围内, $I_{\text{漏}}$ 的电流方向与 $I_D$ 相同(对于n型衬底也有相似的分析)。所以实际测量得到的电流为:

$$I_1 = I_D + I_{\text{漏}}(V_G) \quad (2)$$

从而 $I_{\text{漏}}$ 引起准静态I-V曲线的倾斜。所以从测量电流 $I_1$ 中减去 $I_{\text{漏}}$ 成分是该实验的关键。我们知道在某一固定电压 $V_G$ 值,其 $\alpha = 0$ ,则MOS样品中位移电流 $I_D = 0$ ,这时测量得到的电流 $I_2 = I_{\text{漏}}(V_G)$ 。由此得到启发,我们在扫描电压变化范围内不同固定电压 $V_G$ 处,测量 $I_{\text{漏}}$ ,从而得出一条漏电流 $I_2-V_G$ 曲线。这样把两次测量的曲线相减,就是较为实际的 $I_D-V_G$ 曲线。修正后的准静态I-V曲线,堆积和反型段是水平的。

## 3. 实验结果

准静态法测量 $N_{it}$ 的实验系统原理图以及设备可以参考文献[5]。实验参数如表1所示。

表 1

PECVD 氧化硅厚度	$V_G$ 的扫描 速 率	实验温度 / 铝电极面积 S
1115 Å	19.4mV/sec	30°C / $2.83 \times 10^{-2} \text{cm}^2$

图1 中曲线a、b、c分别为修正前的 $I_1-V_G$ 曲线、漏电流 $I_{\text{漏}}-V_G$ 曲线和修正后的C-V曲线。

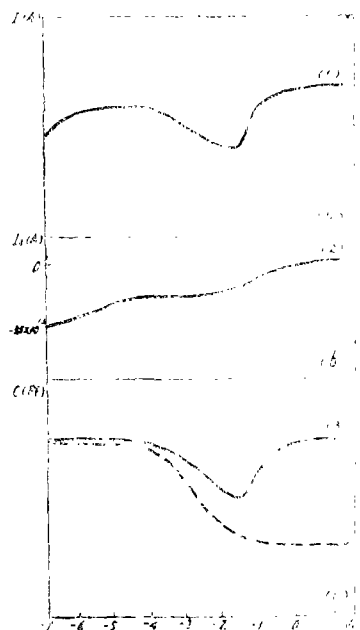


图 1

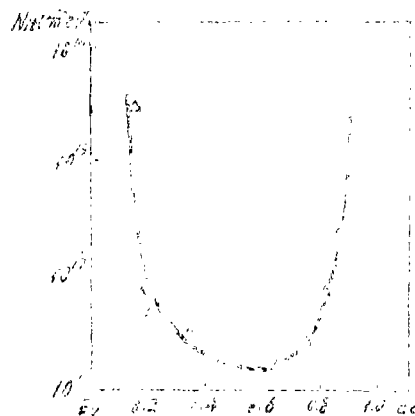


图 2  $N_{it} \sim V_G$

具体的数据处理方法参见文献[5],计算结果如图2所示。由于曲线修正是两条曲线的差,所以此方法不但可以消除 $I_{\text{漏}}$ 的干扰还可以抵消测量仪器的寄生因素。

## 4. 结 论

(1)在测量准静态I-V曲线之后,再测量

(下转19页)

果。经测试 MOS 单管  $\mu_{n,off} = 440 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ ,  $\mu_{p,off} = 199 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ , N 沟 MOS 管漏电流为  $\leq 2.8 \times 10^{-12} \text{ A}$ 。同时研制出沟道为  $6 \mu\text{m}$  的 LC4023 和 LC4027 两种电路, 其电路参数全部达到国际同类产品的性能指标。经辐射实验表明, 抗瞬时辐照剂量达  $5.02 \times 10^{10}$  拉德/秒。

## 五、结 论

我们研制的 SOS 材料不仅在 MOS 集成电路而且在敏感器件方面的应用取得成功, 再一次表明 SOS 技术先进, SOS 材料性能优良。SOS 材料制成的压力传感器及 CMOS/SOS 集成电路, 其主要性能为国内领先, 达到八十年代的国际同类产品水平, 符合电子工业和传感技术发展的需要, 应于大力推广。

## 参 考 资 料

- [1] 陈庆贵等《仪器制造》, No. 3, p. 5, 1984

- [2] D. Bhogswara et al., J. Crystal Growth, Vol. 58, p. 79, 1982  
 [2] C. De Vices et al., J. Chem. Phys., Vol. 31, p. 1256, 1959  
 [4] R. W. Brickrell et al., Phil. Mag., Vol. 14, p. 31, 1966  
 [5] Qinggui CHEN et al., Materials Letters, Vol. 3, No. 9-10, p. 372, 1985  
 [6] S. S. Lau et al., Applied Physics Letters, Vol. 34, No. 1, p. 76, 1979  
 [7] T. Inoue et al., Applied Physics Letters, Vol. 36, p. 64, 1980  
 [8] Junn Amano, Radiation Effect, 61, p. 195, 1982  
 [9] Golecki, H. L., et al., Applied Physics letters, Vol. 40, p. 670, 1982  
 [10] 陈庆贵等, “86 年哈尔滨中日电子敏感技术科学讨论会” 英文论文集

(上接 54 页)

压, 由于上述的背栅调制效应的作用引起开启电压  $V_{TN}$  的变化, 从而使  $I_{DS}$  发生变化, 进而使调零放大器的起始失调电压调到零。

## 四、结束语

在充分研究了不同的衬底浓度下, 正、负偏置电压对 N-MOS 晶体管开启电压的影响后, 设计和研制成功 CMOS 斩波稳零单片集成运放, 从而使我国运算放大器进入低失调、低漂移、高增益的第四代范畴, 具有明显的先进性和实用价值, 获得了较高的经济效益。

大能量的离子注入机是本工艺的关键设备之一。又因为 P 阱浓度较低, 还必须通过栅注入硼离子来调整开启电压, 即适当调高  $V_{TN}$  和适当调低  $V_{TP}$  到规定范围。

(上接 52 页)

描电压范围内测量一条  $I_{DS}-V_G$  曲线, 两条曲线相减可以使倾斜的原  $I-V_G$  曲线得到较好的修正。

(2) 实践证明该方法的确是一种简单实用的方法。实验仪器设备在原基础上不必增加和改动, 计算也不太繁琐。

## 参 考 资 料

- [1] J. G. Simmons, IEEE Trans ED-24, No. 5, p. 540  
 [2] P. V. Gray et al., Appl. Phys Letters, Vol. 18, p. 31, 1966  
 [3] E. H. Nicollian et al., Bell Syst., Tech. J., Vol. 46, p. 1055, 1967  
 [4] M. Kuhn, Solid State Electronics, Vol. 13, p. 873, 1970  
 [5] 《硅-二氧化硅界面物理》 郭维廉著 1982