

研究简报

## InGaSn/Si 接触电势差的测量

徐至中 梁励芬

(复旦大学现代物理所)

1981年2月3日收到

采用 InGaSn 合金探针可以方便地对 MOS 电容进行测量<sup>[1]</sup>。但是要精确地知道 MOS 电容氧化层中总的界面电荷, 必须预先知道电极金属与硅之间的接触电势差。为此我们对 InGaSn/Si 接触电势差进行了测量。

如果在 MOS 系统的氧化层中存在连续分布的电荷, 并假定电荷密度沿着氧化层方向 ( $x$ ) 的纵向分布为  $q(x)$ , 则由高斯定理可以证明平带电压  $V_{FB}$  可由下式表出:

$$V_{FB} = W_{MS} - \frac{1}{\epsilon_0 \epsilon} \int_0^l (l - x) q(x) dx. \quad (1)$$

在此,  $W_{MS}$  是金属电极 (InGaSn 合金) 与硅之间的接触电势差;  $l$  是氧化层厚度;  $\epsilon_0$ 、 $\epsilon$  分别是真空电容率及二氧化硅的介电常数。如果 MOS 电容氧化层中的电荷只分布在 Si/SiO<sub>2</sub> 界面附近, 则电荷密度  $q(x)$  可表示成  $\delta$  函数的形式, 即

$$q(x) = Q \delta(x).$$

把上式代入式(1), 可得

$$V_{FB} = W_{MS} - \frac{Q}{\epsilon_0 \epsilon} l. \quad (2)$$

在此,  $Q$  即是氧化层中总的面电荷密度。

由式(2)可见, 在氧化层电荷只分布在 Si/SiO<sub>2</sub> 界面附近的情况下, 平带电压  $V_{FB}$  与氧化层厚度  $l$  具有线性关系。我们分别选用了四块 n 型样品, 它们经抛光、清洗后, 按常规工艺干氧热氧化生长厚度约为 1200 Å 左右的氧化层。用椭偏测厚仪测出氧化层的厚度, 并用 InGaSn 合金探针在样品预先划定的区域内测出 MOS 电容的平带电压。将样品放在氢氟酸中腐蚀数秒钟, 然后再测出氧化层的厚度及 MOS 电容的平带电压。重复以上步骤, 可以分别测出相应于各种不同氧化层厚度时的平带电压, 也即可以测量得到平带电压  $V_{FB}$  与氧化层厚度  $l$  间关系。我们的实验结果表明, 对于热氧化的 MOS 电容平带电压  $V_{FB}$  与氧化层厚度  $l$  间确有式(2)所示的线性关系。按照式(2), 用最小二乘方的方法可以分别求出线性关系的截距——接触电势差  $W_{MS}$  及线性关系的斜率  $k$ , 并由  $k$  求出氧化层的电荷密度  $Q$ 。

图一、图二示出了平带电压与氧化层厚度间的线性关系。由最小二乘方方法根据实验数据计算得到的斜率  $k$ , 以及由  $k$  计算得到的氧化层面电荷密度  $Q$  均在表 1 中给出。表

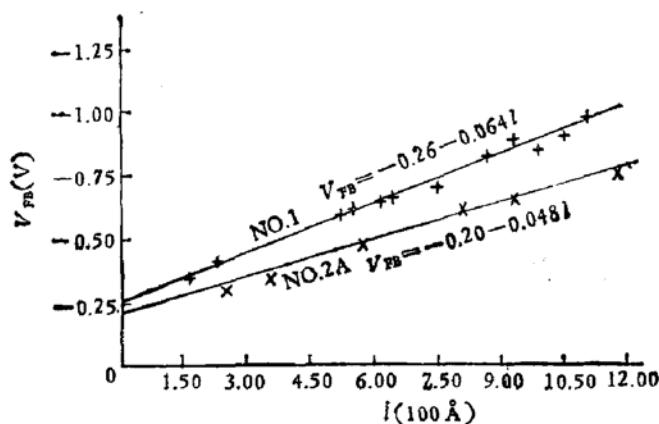


图 1 平带电压与氧化层厚度的变化关系 (No.1, No.2A)

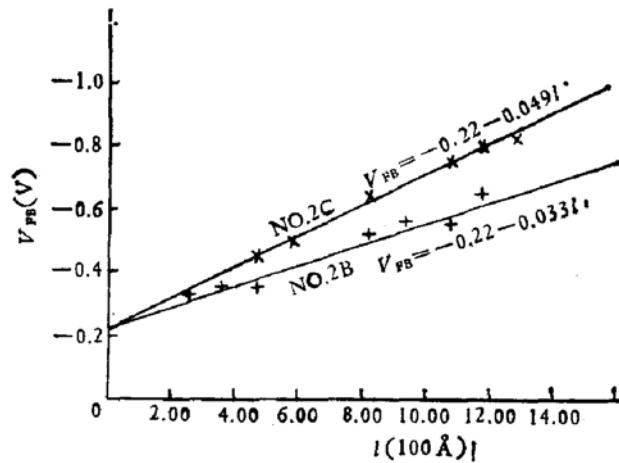


图 2 平带电压与氧化层厚度的变化关系 (No.2B, No.2C)

表 1 直线斜率  $k$ 、氧化层电荷面密度  $Q$  以及离子面密度  $N_s$ 

	$k \text{ (伏/100 Å)}$	$Q \text{ (库仑/cm}^2\text{)}$	$N_s \text{ (1/cm}^2\text{)}$
No.1	-0.064	$2.21 \times 10^{-4}$	$1.38 \times 10^{11}$
No.2A	-0.048	$1.66 \times 10^{-4}$	$1.04 \times 10^{11}$
No.2B	-0.033	$1.14 \times 10^{-4}$	$7.1 \times 10^{10}$
No.2C	-0.049	$1.69 \times 10^{-4}$	$1.05 \times 10^{11}$

1 也列出了与  $Q$  等价的离子面密度  $N_s = Q/e$ . ( $e$  是电子电荷).

由最小二乘方方法根据实验数据计算得到的截距——InGaSn 合金与 Si 间的接触电势差  $W_{MS}$  已在表 2 中列出。接触电势差  $W_{MS}$  与 InGaSn 合金的功函数  $\phi_M$ 、硅的电子亲和势  $\chi$ 、硅的禁带宽度  $E_g$ 、及硅的费米能级与本征能级之差  $\phi_F$  有下面的关系:

$$W_{MS} = \left( \phi_M - \chi - \frac{1}{2} E_g + \phi_F \right) / e. \quad (3)$$

上式中  $e$  是电子电荷。

硅的费米能级与本征能级之差  $\phi_F$  可根据硅片的掺杂浓度  $n$  求得:

表 2 接触电势差  $W_{MS}$ 、硅片掺杂浓度  $n$ 、硅费米能级与本征能级之差  $\phi_F$  以及 InGaSn 合金的功函数  $\phi_M$

	$W_{MS}$ (V)	$n(1/cm^3)$	$\phi_F$ (eV)	$\phi_M$ (eV)
No.1	-0.26	$3 \times 10^{14}$	0.26	3.82
No.2A	-0.20	$2 \times 10^{14}$	0.31	3.83
No.2B	-0.22	$2 \times 10^{14}$	0.31	3.81
No.2C	-0.22	$2 \times 10^{14}$	0.31	3.81

$$\phi_F = kT \ln \frac{n}{n_i}. \quad (4)$$

式中  $n_i$  是硅的电子本征浓度。硅片的掺杂浓度  $n$  可由高频  $C-V$  法测得的最小电容与最大电容比决定。由此求得的硅片掺杂浓度  $n$  也已列在表 2 中。

如果对  $n_i$ 、 $E_g$ 、 $\chi$  选用下面的数值:  $n_i = 1.4 \times 10^{10}/cm^3$ ;  $E_g = 1.12$ eV;  $\chi = 3.78$ eV。并认为在室温下,  $kT = 0.026$ eV。则由式(4)及(3)可以分别求出  $\phi_F$  及  $\phi_M$ 。它们也已分别在表 2 中列出。

由表 2 可以看到, 用该方法测得的功函数  $\phi_M$  数据还比较一致。可以认为 InGaSn 合金的功函数  $\phi_M \approx 3.82$ eV。今后用 InGaSn 合金探针测量 MOS 电容的平带电压时, 可以选用这个数据。

本文曾得到谢希德教授的指导和帮助, 作者在此表示衷心的感谢。

### 参 考 文 献

[1] 徐至中, 梁励芬, 半导体技术 3 27 (1980).

### Measurement for the Contact Potential Difference between InGaSn Alloy and Silicon

Xu Zhizhong and Liang Lifen

(Modern Physics Institute, Fudan University)