

## 研究简报

# 一种直接由 $C-t$ 参数确定未知掺杂样品产生寿命的方法

张 秀 森

(杭州大学物理系)

1984年4月2日收到

本文提出了一种直接由  $C-t$  瞬态参数确定未知掺杂样品少子产生寿命的方法。本方法的简单性使它特别适于在工艺在线监控中应用。

## 一、引言

迄今为止,已经发展了许多种直接由  $C-t$  瞬态曲线确定产生寿命的方法<sup>[1-4]</sup>。但这些方法均需知道样品衬底的准确掺杂浓度,并且还要求测量  $C-t$  瞬态曲线上两个或几个瞬态电容值之间的时间间隔。

本文指出,利用由强反型开始的线性扫描电压扫描 MOS 样品,不需确定  $C-t$  曲线上的任何时间间隔,就可以非常简便地确定未知掺杂样品的少子产生寿命。

## 二、原理

加在一个 P 型衬底的 MOS 电容上的电压  $V$  可写成<sup>[5]</sup>

$$V = \phi_s + V_{ox} + V_{FB}, \quad (1)$$

式中  $\phi_s$  为表面势,  $V_{ox}$  为  $\text{SiO}_2$  中的电势差,  $V_{FB}$  为平带电压。平带电压  $V_{FB}$  可写为<sup>[6]</sup>

$$V_{FB} = \phi_{MS} - \frac{Q_{ss}}{C_{ox}} - \frac{1}{C_{ox}} \int_0^{x_{ox}} \frac{x}{x_{ox}} \rho(x) dx, \quad (2)$$

式中  $\phi_{MS}$  为金属-半导体间的功函数差,  $Q_{ss}$  为界面电荷,  $\rho(x)$  为  $\text{SiO}_2$  中的电荷密度。

若在扫描率为  $\alpha$  的线性电压扫描下,可假定  $\text{SiO}_2$  中的电荷保持不变,则有

$$\alpha = \frac{d\phi_s}{dt} + \frac{dV_{ox}}{dt} - \frac{1}{C_{ox}} \cdot \frac{dQ_{ss}}{dt}. \quad (3)$$

忽略通过反型层的电势降落,利用 MOS 电容中一些熟知的关系<sup>[7]</sup>,可由(3)式得到

$$-\frac{d}{dt} (Q_i + Q_{ss}) = \left[ \alpha - qN_A \left( \frac{1}{C_s} + \frac{1}{C_{ox}} \right) \frac{dx_d}{dt} \right] \cdot C_{ox}, \quad (4)$$

式中  $Q_i$  为反型电荷,  $x_d$  为势垒区宽度,  $C_d$  为势垒电容。

另一方面, 若扫描从强反型开始, 由于反型少子的屏蔽作用, 表面产生可以忽略, 则反型少子电荷和界面电荷的变化来源于势垒区的体产生<sup>[7]</sup>, 按照 Rabbani 等<sup>[8]</sup>, 有

$$-\frac{d}{dt}(Q_i + Q_{ss}) = \frac{qn_i}{2\tau_g} (\sqrt{x_d^2 - x_{df}^2}/2 - \dot{x}_{df}/\sqrt{2}), \quad (5)$$

式中  $x_{df}$  为稳态势垒区宽度,  $\tau_g$  即为产生寿命。

联合(4), (5)两式, 并利用势垒区宽度、势垒电容与高频 MOS 电容间的熟知关系, 可得产生寿命  $\tau_g$  为

$\tau_g =$

$$\frac{qn_i e_0 \epsilon_{si} (C_{ox} C_f^{-1} - 1) [\sqrt{(C_f C^{-1} - C_f C_{ox}^{-1})^2 / (1 - C_f C_{ox}^{-1})^2 - 1/2} - 1/\sqrt{2}]}{2 C_{ox}^2 (\alpha + qN_A e_0 \epsilon_{si} C^{-3} dC/dt)}, \quad (6)$$

当瞬态电容  $C$  达到饱和值  $C_{st}$  时,  $dC/dt = 0$ <sup>[4]</sup>, 故由(6)式可得

$$\tau_g = \frac{qn_i e_0 \epsilon_{si}}{2 C_{ox}^2 \alpha} (C_{ox} C_f^{-1} - 1) [\sqrt{(C_f C_{st}^{-1} - C_f C_{ox}^{-1})^2 / (1 - C_f C_{ox}^{-1})^2 - 1/2} - 1/\sqrt{2}], \quad (7)$$

式中  $C_f$  为 MOS 电容的稳态值。

若令  $C_{st}/C_f = x$ ,  $C_f/C_{ox} = y$ , 则(7)式可写为

$$\tau_g = \frac{qn_i e_0 \epsilon_{si}}{2 C_{ox}^2 \alpha} F(x, y), \quad (8)$$

其中

$$F(x, y) = (y^{-1} - 1) [\sqrt{(x^{-1} - y)^2 / (1 - y)^2 - 1/2} - 1/\sqrt{2}]. \quad (9)$$

所以只要由实验测得  $C_{ox}$ 、 $C_f$  和一定电压扫描率  $\alpha$  下的饱和电容值  $C_{st}$  这三个参数, 即可

由(9)式求出相应的  $F$  值。图 1 给出了  $F$  与  $C_{st}/C_f$  和  $C_f/C_{ox}$  的函数关系, 利用图 1 也可以直接查出相应的  $F$  值。

在求出  $F$  值以后, 由(8)式可确定产生寿命  $\tau_g$ 。

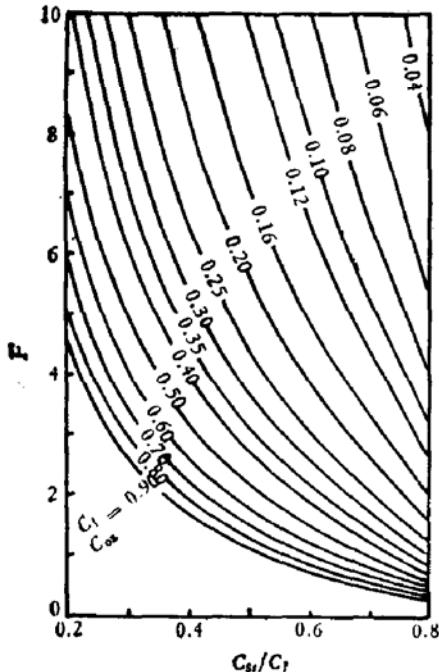


图 1  $F$  与  $C_{st}/C_f$ 、 $C_f/C_{ox}$  的函数关系

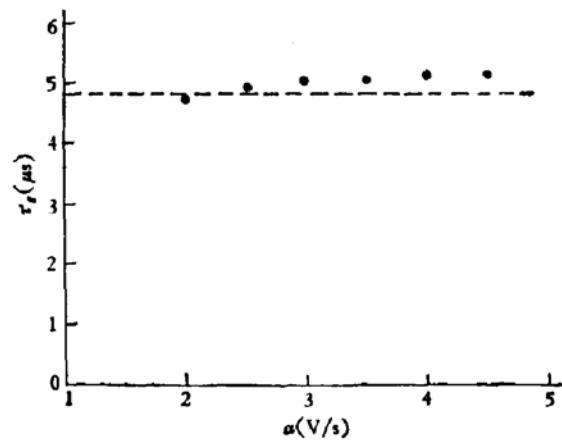


图 2 10 样品在几种不同电压扫描率下的测量结果

### 三、实验结果和讨论

表 1 为用本文方法对一些 MOS 样品的测量结果, 表中还列出了用文献 [5] 的饱和电容法测量的结果, 以资比较。

表 1 一些 MOS 样品少子产生寿命  $\tau_s$  的测量结果

样 品 编 号	本文方法测得的产生寿命 $\tau_s$ ( $\mu s$ )	文献 [5] 饱和电容法测得的产生寿命 $\tau_s$ ( $\mu s$ )
1#	5.0	4.8
2#	2.0	2.3
3#	14.0	14.3
4#	5.0	4.5
5#	1.08	1.12
6#	31	35
7#	3.5	3.5
8#	0.95	1.00

图 2 为 1# 样品在几种不同电压扫描率下的测量结果(图中圆点), 虚线表示用文献 [5] 的饱和电容法测得的值。

由表 1 和图 2 的实验结果可见, 本文方法与文献 [5] 的饱和电容法所得到的测量结果符合尚佳, 对于同一样品, 本文方法在不同电压扫描率下的测量结果也颇一致。

与以往的各种直接由  $C-t$  曲线确定产生寿命的方法相比, 本文方法优点明显。它不需要知道样品衬底掺杂浓度, 也不需要确定  $C-t$  曲线上的任何时间间隔, 仅由一定电压扫描率  $\alpha$  下的饱和电容值  $C_{st}$ , 以及  $C_{ox}$ ,  $C_f$ , 就可给出产生寿命  $\tau_s$ 。因此使用本方法确定产生寿命不仅简单快速, 而且也避免了在确定衬底掺杂浓度和  $C-t$  曲线上时间间隔中可能引入的误差。由于这些优点, 本方法特别适于在工艺在线监控中应用。

### 参 考 文 献

- [1] D. K. Schroder and J. Goldberg, *Solid-State Electron.*, 14, 1258 (1971).
- [2] R. F. Pierret, *IEEE Trans. Electron Dev.*, ED-25, 1157 (1978).
- [3] 程文超、黄振岗, *半导体学报*, 1, 228(1980).
- [4] 张秀森, *半导体学报*, 3, 102(1982).
- [5] 包宗明、苏九令, *物理学报*, 29, 693(1980).
- [6] A. S. Grove, *Physics and Technology of Semiconductor Device*, Wiley, New York, 1967.
- [7] P. U. Calzolari, S. Graffi and C. Morandi, *Solid-State Electron.*, 17, 1001 (1974).
- [8] K. S. Rabbani and D. R. Lams, *Solid-State Electron.*, 21, 1171 (1978).

## A Method to Determine Directly by $C-t$ Parameters the Generation Lifetime of Minority Carriers in Unknown Doping Concentrations

Zhang Xiumiao

(*Department of Physics, Hangzhou University*)

### Abstract

A method has been suggested to determine directly by  $C-t$  parameters the generation lifetime of minority carriers in unknown doping concentrations. The experimental results show that this method is reasonable and applicable.