



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 25188—2010

GB/T 25188—2010

## 硅晶片表面超薄氧化硅层厚度的测量 X 射线光电子能谱法

Thickness measurements for ultrathin silicon oxide layers on  
silicon wafers X-ray photoelectron spectroscopy

中华人民共和国  
国家标准  
硅晶片表面超薄氧化硅层厚度的测量  
X 射线光电子能谱法  
GB/T 25188—2010

\*

中国标准出版社出版发行  
北京复兴门外三里河北街16号  
邮政编码:100045

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 13 千字  
2010年12月第一版 2010年12月第一次印刷

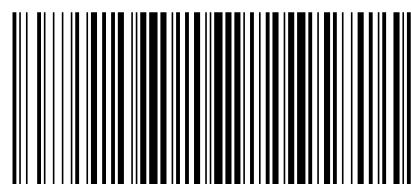
\*

书号: 155066·1-40885 定价 16.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533



GB/T 25188-2010

2010-09-26 发布

2011-08-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

### 参 考 文 献

- [1] M P Seah, S J Spencer. Surf. Interface Anal. ,2002,33:640~652.
  - [2] M P Seah, S J Spencer. Surf. Interface Anal. ,2003,35:515~524.
  - [3] M P Seah, S J Spencer. Surf. Interface Anal. ,2005,37:731~736.
  - [4] M P Seah, I S Gilmore. Surf. Interface Anal. ,2001,31:835~846.
  - [5] P J Cumpson, M P Seah. Surf. Interface Anal. , 1997,25:430~446.
  - [6] A Jablonski, C J Powell. J. Vac. Sci. Technol. A,1997,15: 2095~2106.
  - [7] M P Seah, S J Spencer. J. Vac. Sci. Technol. A,2003,21(2):345~352.
  - [8] 刘芬,赵志娟,邱丽美,赵良仲,王海,宋小平. 科学研究月刊. 2007,27(3):87-89.
- 

### 前 言

本标准由全国微束分析标准化技术委员会提出并归口。  
本标准起草单位:中国科学院化学研究所、中国计量科学研究院。  
本标准起草人:刘芬、王海、赵良仲、宋小平、赵志娟、邱丽美。

## 引 言

硅晶片表面的氧化硅薄层长期以来一直用作硅基场效应晶体管的关键组件——栅极氧化层,它对微纳电子器件和集成电路的可靠性至关重要。随着器件特征尺寸的日益缩减,栅极氧化层变得越来越薄,目前已达到 1 nm 左右。超薄栅极氧化硅层的制备与质量控制要求对其厚度进行准确测量。例如,国际半导体技术路线图(ITRS)曾提出超薄栅极氧化层厚度测量结果的标准不确定度要达到 1.3% 的期望值。目前,工业界通常利用椭圆偏振光度法测量 10 nm 以上的薄层厚度。但是,椭圆偏振光度法对表面污染物很敏感,它难以准确测量 10 nm 以下的薄层厚度。在过去的十年中,以 M. P. Seah 为代表的研究组利用 X 射线光电子能谱(XPS)技术在硅晶片表面超薄氧化硅层厚度准确测量方面做了大量工作;通过对衰减长度等因子进行精心计算和校正以及正确选择实验条件,使得精确测量硅晶片表面超薄氧化硅层厚度得以实现,测量结果的不确定度可达到 2% 以内<sup>[1,2]</sup>。在国内,中国计量科学研究院和中国科学院化学研究所合作采用 Seah 等提出的 XPS 方法已经参加了两次硅晶片表面超薄氧化硅层厚度测量的国际比对并取得国际等效度,同时还对 XPS 测量中的重要实验条件(如光电子发射角和晶体样品的测试方位角)进行了修正。

鉴于微纳电子等行业对于准确测量硅晶片表面超薄氧化硅层厚度的需求,现制定本标准。

### 7.3 氧化硅层厚度计算

用峰拟合得到的 Si2p 峰强度  $I$ (峰面积值),代入 4.1 中的式(2~6)或式(7),计算氧化硅层的厚度  $d_{\text{oxide}}$ 。计算过程中按照 4.2 和 4.3 对各参数进行取值。

### 7.4 测量结果不确定度的评估

在测量结果的不确定度评估中,本标准本着简化处理、重点评估和合成重要的不确定度分量(本标准中的不确定度均为相对不确定度)的原则。根据上述原则,Si 片表面氧化硅纳米薄层厚度 XPS 分析测量的不确定度有 4 类、6 个主要分量,具体如下:

#### a) 计数统计学分量, $u_n$

该不确定度分量源于信号质量,而信号质量与计数系统的统计学以及峰拟合方法有关。计数的影响比较清楚。峰拟合使用的运算法则能够改善总的 A 类不确定度;但如果采用非推荐的运算法则,它也能够增加 B 类不确定度。计数统计学分量属于 A 类不确定度且仅近似正比于氧化硅层厚度;其通常处于 0.002~0.02 之间,典型值为 0.01。计数统计学分量  $[u_n(A)]$  通过重复测量得到。

#### b) 发射角定位带来的不确定度分量, $u_\theta$

该不确定度分量包括发射角定位的准确性和精密性,前者属于 B 类,后者属于 A 类。精密性  $[u_\theta(A)]$  在计数统计学分量中已经得到体现,这里不再考虑。发射角定位的准确性  $[u_\theta(B)]$  通常处于 0.005~0.04 之间,典型值为 0.02。

#### c) 衰减长度 $L$ 引入的不确定度分量(在给定的 $R$ 值下), $u_{AL}$

该不确定度分量属于 B 类不确定度,典型值为 0.004 5。

#### d) 不同实验室采用的分析方法差别引入的不确定度,可分为以下 3 项:

$u_F$ ——仪器商业软件中非标准峰形和峰拟合运算法则带来的不确定度,其量值处于 0~0.01 范围内且近似正比于氧化硅层厚度。

$u_P$ ——伴线、自旋分裂峰未扣除以及 5 峰拟合带来的不确定度,其量值处于 0~0.01 范围内且近似正比于氧化硅层厚度。

$u_{LA}$ ——电子能量分析器输入透镜入口立体角带来的不确定,其量值处于 0~0.013 范围内且近似正比于氧化硅层厚度。

通过式(16)计算测量结果的标准不确定度:

$$u_c = \sqrt{u_n^2 + u_\theta^2 + u_{AL}^2 + u_F^2 + u_P^2 + u_{LA}^2} \quad \dots\dots\dots (16)$$

通过式(17)计算测量结果的扩展不确定度,扩展因子取 2。

$$U = 2u_c \quad \dots\dots\dots (17)$$

## 8 测量报告

8.1 描述所测样品的起始和终了状态。

8.2 报告 XPS 测量的实验细节,如样品方位角和光电子发射角等。

8.3 报告元素 Si 和氧化硅的 Si2p 峰强度,给出氧化硅层厚度的计算方法以及测得的厚度。

8.4 列出不确定度的主要分量,给出标准不确定度。

8.5 报告扩展不确定度。