



# 中华人民共和国国家标准

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

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

## 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。

# 硅晶片表面超薄氧化硅层厚度的测量

## X 射线光电电子能谱法

### 1 范围

本标准规定了一种准确测量硅晶片表面超薄氧化硅层厚度的方法,即 X 射线光电电子能谱法(XPS)。本标准适用于热氧化法在硅晶片表面制备的超薄氧化硅层厚度的准确测量;通常,本标准适用的氧化硅层厚度不大于 6 nm。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版本均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 22461 表面化学分析 词汇(GB/T 22461—2008,ISO 18115:2001,IDT)

GB/T 19500 X 射线光电电子能谱分析方法通则

GB/T 21006 表面化学分析 X 射线光电电子能谱仪和俄歇电子能谱仪 强度标的线性(GB/T 21006—2007,ISO 21270:2004,IDT)

GB/T 22571 表面化学分析 X 射线光电电子能谱仪 能量标尺的校准(GB/T 22571—2008,ISO 15472:2001,IDT)

### 3 符号

下列符号适用于本标准。

- $d$  氧化硅层的厚度(nm);
- $L$  Si2p 光电子在氧化硅层中的衰减长度(nm);
- $R$  氧化硅和元素硅体材料的 Si2p 峰强度比;
- $\theta$  光电子发射角,定义为光电子发射方向与样品平面法线之夹角( $^{\circ}$ );
- $\Phi$  样品方位角,如对于 Si(100)样品以(111)面为界沿[110]方向切割成边长为 10 mm 的正方形,即它的零方位角是沿[110]方向( $^{\circ}$ );
- $I$  氧化硅和元素硅的 Si2p 峰强度;
- $I^{\infty}$  氧化硅和元素硅体材料的 Si2p 峰强度;
- $u$  测量结果不确定度分量;
- $u_c$  测量结果标准不确定度;
- $U$  测量结果扩展不确定度;
- $\lambda$  非弹性平均自由程(nm);
- $\lambda_{tr}$  迁移平均自由程(nm);
- $\omega$   $\lambda/(\lambda+\lambda_{tr})$ ;
- $Z$  原子序数。

### 4 方法概述

#### 4.1 简述

XPS 的基本原理参见国家标准 GB/T 19500。GB/T 22461 中确立的术语适用于本标准。