



中华人民共和国国家标准

GB/T 46057—2025/ISO 21466:2019

微束分析 扫描电子显微术 CD-SEM 评定关键尺寸的方法

Microbeam analysis—Scanning electron microscopy—
Method for evaluating critical dimensions by CD-SEM

(ISO 21466:2019, IDT)

2025-08-29 发布

2026-03-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 缩略语 8

5 模型数据库(MBL) 8

 5.1 MBL 模拟器的基本概念 8

 5.2 试样模型 12

 5.3 MC 模拟 14

 5.4 MBL 文件结构 15

6 获取 CD-SEM 图像 23

 6.1 采集图像要求 23

 6.2 试样倾斜 23

 6.3 图像质量 23

 6.4 视野选择 23

 6.5 CD-SEM 图像数据文件 23

7 CD 测定 23

 7.1 像素尺寸确定 23

 7.2 目标区域选择 23

 7.3 坐标设定与归一化 24

 7.4 程序匹配 25

8 模块功能和关系 28

9 关键尺寸的测量不确定度 30

附录 A (规范性) 程序流程图 32

附录 B (资料性) 模型描述文件示例 36

附录 C (资料性) 参数说明文件示例 37

附录 D (资料性) CD 评定示例 38

 D.1 目标区域选择 38

 D.2 定位和规一化 38

 D.3 MBL 匹配 39

参考文献 40

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件等同采用 ISO 21466:2019《微束分析 扫描电子显微术 CD-SEM 评定关键尺寸的方法》。请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国微束分析标准化技术委员会(SAC/TC 38)提出并归口。

本文件起草单位：中国科学技术大学、新疆师范大学、中国科学院合肥物质科学研究院、安徽大学。

本文件主要起草人：丁泽军、陆大宝、邹艳波、毛世峰、李永钢、李会民。

引言

纳米结构需要严格尺寸控制以满足半导体行业的需求。关键尺寸(Critical Dimension, CD)是集成电路中影响器件电学性质的最小几何特征尺寸,其值代表了制造复杂程度。在纳米尺度上,随着尺寸变得更小,测量不确定度控制变得更加困难。开发一种基于算法的测量技术对于准确评定关键尺寸至关重要。测长扫描电子显微镜(CD-SEM)是半导体制造过程中用于 CD 测量的主要工具之一,其中二次电子(SE)是 CD-SEM 表面结构成像的信号源。CD-SEM 图像显示了结构的几何特征,但图像衬度并不能完美地表现结构的形貌。探测到的 SE 信号强度线扫描曲线带有关于试样形状和组成、电子束斑尺寸和形状,以及电子束-固体相互作用产生的信息。受 SE 信号产生和发射过程中的物理机制限制,SE 信号强度曲线会出现边缘效应,导致基于图像衬度准确测定 CD 值的困难。一个可靠的、基于 SE 信号发射物理原理的 CD 测定方法是必要的。

试样的化学成分、结构几何参数、电子束条件和其他试样/仪器因素(荷电、振动和漂移)等许多因素,都会影响 CD-SEM 图像衬度,从而影响 CD 测量结果。SE 模式下的形貌衬度是由边缘以及相对于入射束倾斜的局部表面的 SE 发射增强而产生的。衬度或 SE 强度曲线的定量描述在 CD 测量中是至关重要的。基于 CD-SEM 进行定量测量的物理机制已经有了深入的理解。CD 测定算法基于 SE 产生和发射过程的物理模型,并充分考虑了电子束与试样相互作用过程中各种实验因素的影响。本文件采用了模型数据库(MBL)方法来进行基于 CD-SEM 的 CD 评定。相比于那些简单的、不精细的、任意的的方法,MBL 更有优势,因为这些方法往往忽略信号产生的物理机制,仅提供有限的的数据,且可能伴随有不可接受的高偏差。MBL 方法利用了信号的完整波形,因此能够提供偏差更小、尺寸和形状准确性更高的测量结果。一旦数据库被建立起来,使用 MBL 方法实际上不会产生额外的时间成本。MBL 的构建依赖于蒙特卡罗(MC)模拟器,这是一种被公认为能够充分考虑所有可能影响信号强度和线扫描曲线形状的物理因素的优秀方法。通过适当的多核计算环境以及针对特定测量需求优化的 MC 软件,能极大地加快库的生成。所获得的 MBL 能够将测量信号的线扫描曲线与试样的参数及仪器参数联系起来。该数据库包含模拟的 SE 线扫描曲线,每个曲线都与一组特定的参数值一一对应。通过将实测 CD-SEM 图像中提取的 SE 线扫描曲线与预先模拟并存储在 MBL 数据库中的曲线进行匹配,选出在 MC 建模中使用的最佳拟合 CD 值,从而获得评定的 CD 值。

微束分析 扫描电子显微术 CD-SEM 评定关键尺寸的方法

1 范围

本文件规定了基于模型数据库(MBL)方法通过测长扫描电子显微镜(CD-SEM)成像来测定晶圆和光掩膜的关键尺寸(CD)值所需的结构模型、相关参数、文件格式和拟合程序。

本文件适用于试样的线宽测定,如晶圆上的栅极、光掩膜、单个孤立或密集排列的线特征图案,最小达 10 nm。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

关键尺寸 critical dimension; CD

〈针对线〉制造过程中光刻技术限制的最小几何特征尺寸。

3.2

CD 量测 CD metrology

对梯形线结构模型的线宽与间距尺寸的测量。

注 1: 扩展的关键尺寸量测包括顶 CD、中 CD、底 CD、高度、边墙角、顶弧和底弧的测量。图 1 展示了关键尺寸定义的示意图。

注 2: 术语“顶弧”表示顶角的圆弧,它与梯形线的顶面和侧面相切,其数值由圆弧半径表示。

注 3: 术语“底弧”表示底角的圆弧,它与梯形线的底面和侧面相切,其数值由圆弧半径表示。

注 4: 更常见的是,关键尺寸代表集成电路或晶体管上的一个特征的大小,它影响器件的电气性能。

注 5: 顶弧和底弧不是设计参数。