



中华人民共和国国家标准

GB/T 17864—1999
idt SEMI P24:1994

关键尺寸(CD)计量方法

CD Metrology procedures

1999-09-13 发布



C200009126

2000-06-01 实施

国家质量技术监督局 发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
关键尺寸(CD)计量方法

GB/T 17864—1999

*

中国标准出版社出版
北京复兴门外三里河北街16号

邮政编码:100045

电 话:68522112

无锡富瓷快速印务有限公司印刷
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 3/4 字数 15 千字

2000年1月第一版 2000年1月第一次印刷

印数 1—800

*

书号: 155066·1-16386 定价 8.00 元

*

标 目 396—33

前 言

本标准等同采用 1994 年 SEMI 标准版本“微型构图”部分中的 SEMI P24:1994《关键尺寸(CD)计量方法》(CD Metrology procedures)。

SEMI 标准是国际上公认的一套半导体设备和材料国际标准,SEMI P24:1994《关键尺寸(CD)计量方法》是其中的一项,它将与如下已经转化的八项国际标准:

GB/T 15870—1995 《硬面光掩模用铬薄膜》(eqv SEMI P2:1986);

GB/T 15871—1995 《硬面光掩模基板》(neq SEMI P1:1992);

GB/T 16527—1996 《硬面感光板中光致抗蚀剂和电子束抗蚀剂规范》(eqv SEMI P3:1990);

GB/T 16523—1996 《圆形石英玻璃光掩模基板规范》(eqv SEMI P4:1992);

GB/T 16524—1996 《光掩模对准标记规范》(eqv SEMI P6:1988);

GB/T 16878—1997 《用于集成电路制造技术的检测图形单元规范》(idt SEMI P19:1992);

GB/T 16879—1997 《掩模曝光系统精密度和准确度的表示准则》(idt SEMI P21:1992);

GB/T 16880—1997 《光掩模缺陷分类和尺寸定义的准则》(idt SEMI P22:1993);

以及与本标准同时转化的 GB/T 17866—1999《掩模缺陷检查系统灵敏度分析所用的特制缺陷掩模和评估测量方法准则》(idt SEMI P23:1993)和 GB/T 17865—1999《焦深与最佳聚焦的测量规范》(idt SEMI P25:1994)两项 SEMI 标准形成一个国家标准微型构图系列。

本标准是根据 SEMI 标准 P24:1994《关键尺寸(CD)计量方法》制定的。在技术内容上等同地采用了该国际标准。

本标准从 2000 年 6 月 1 日起实施。

本标准由中国科学院提出。

本标准由 SEMI 中国标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:中国科学院微电子中心。

本标准主要起草人:陈宝钦、陈森锦、廖温初、刘 明。

目 次

前言	I
1 范围	1
2 引用标准	1
3 定义	1
4 精确度	1
附录 A(标准的附录) 应用提示	1
附录 B(标准的附录) 关于置信度和置信区间的说明	6

中华人民共和国国家标准

GB/T 17864—1999
idt SEMI P24:1994

关键尺寸(CD)计量方法

CD Metrology procedures

1 范围

1.1 本标准的目的是规定计量系统进行光刻工艺中 CD 图形尺寸计量精确度的统一方法。本标准不涉及如何用这些计量系统去解决问题,也不涉及工艺中其他影响因素的变化,如大圆片的热处理、曝光机的聚焦控制、以及材料等。

1.2 计量或测量是生产活动中的基础。首先要靠它的监控来建立可行的生产能力,而后要用它来检验产品是否符合规范或设计指标。

1.3 本标准讨论的参数是精确度。可靠性和线性度等其他的重要参数将在其他的标准中介绍。

本标准说明如何在集成电路大圆片制造的光刻工序这种非常特殊的应用中决定计量/测量系统的性能。本标准也适用于 IC 掩模制造工序,这时标准中的“大圆片”可换成“掩模”。

集成电路大圆片成品需要进行电性能测量。但在光刻工艺的中间测量,有助于预估和控制最后成品的性能。本标准应用于光刻中间测量和成品测量,但与所采用的具体工艺技术无关。

测量结果与系统性能依赖于所用的样品。所以,只有在采用同样材料成分构成的一个样品进行测量时,才能正确比较不同系统的性能或同一系统在不同时间的性能。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 16878—1997 用于集成电路制造技术的检测图形单元规范

GB/T 16879—1997 掩模曝光系统精密度和准确度表示的准则

2.1 线宽测量

按照国家标准 GB/T 16878 的规定测量线宽。

2.2 接触孔测量

接触孔与通孔面积的测量是另一种应用,它可以使用与线宽测量相同的定义和方法。

3 定义

关键尺寸(Critical Dimension,简称 CD):在集成电路光掩模制造及光刻工艺中为评估及控制工艺的图形处理精度,特设计一种反映集成电路特征线条宽度的专用线条图形。

4 精确度

4.1 术语

4.1.1 精确度 precision

重复测量同一参数所达到的一致性程度,用标准偏差来定量表示,可根据一系列受控测量结果计算出来。

国家质量技术监督局 1999-09-13 批准

2000-06-01 实施

反映随机误差的测量频度图可表示精确度。测试结果 *A* 的离散或变化小于测试结果 *B*。这表明测试结果 *A* 比测试结果 *B* 精确。参阅图 1。

注：所用的任何测试方法都必须剔除系统的影响和大圆片的影响。

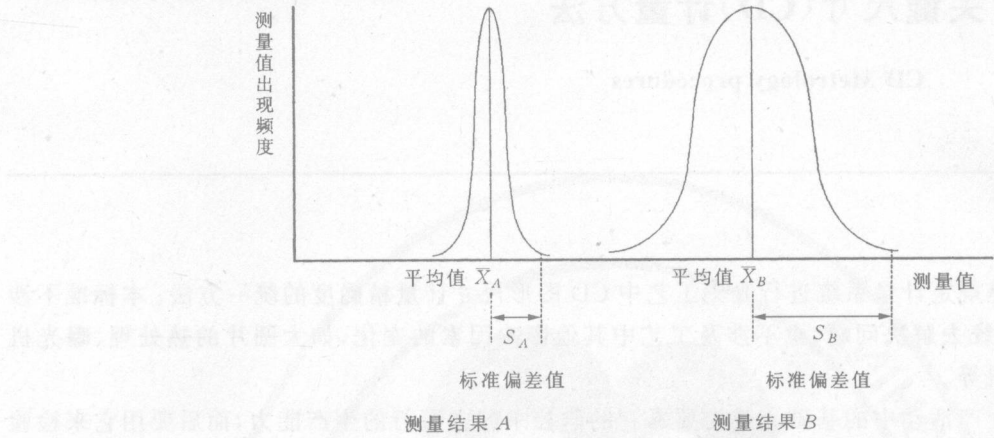


图 1 反映随机误差的测量频度图

4.1.2 可重复性 repeatability

同一操作员用同一仪器连续测量所得结果的标准偏差。每次测量必须使用相同的系统参数。每个操作员对测量结果的影响程度也是关键参数，必须标明并加以比较。

4.1.3 可再现性 reproducibility

不同实验室采用类似的设备和相同的方法测量，所得结果的一致性程度用来表示测试的精确度可再现性。

4.1.4 稳定性 stability

在一段很长时间内，每隔规定的时间间隔进行测量。各组测量平均值的标准偏差用来表示稳定度。

注：采用平均值是为了避免引入测量精确度的影响。稳定性是与精确度无关的一种系统特性。重要的是要使用稳定的样品，以使测得的系统稳定度与样品无关。

4.1.5 标准偏差 standard deviation

这是一系列测量结果偏离它们的平均值的一种衡量方法。它用均方根值来表示：先算出每个测量结果相对于平均值的偏差的平方之和，再除以观测数与 1 之差，其平方根值就是标准偏差。它也是方差的方根值，可按下式算出：

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots (1)$$

式中：S——要计算的一系列测量结果的标准偏差；

X_i——测得的每个数值；

$\bar{X}$ ——所有数值的平均值(代数平均值)；

n——数值的个数。

上式的下述形式更便于计算，尤其在使用计算器时更方便：

$$S = \sqrt{\frac{\sum X^2 - (\sum X)^2/n}{n - 1}} \dots\dots\dots (2)$$

或

$$S = \sqrt{\frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n - 1)}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：S——要计算的标准偏差；

ΣX^2 ——每个数值的平方之和；

$(\Sigma X)^2$ ——所有数值之和的平方；

n ——数值的个数。

注：使用上述公式时必须注意，在求算各数值之和以及各数值的平方之和时应取足够位数的小数，以免出现严重的舍入误差。为了得到最好的计算结果，所有的舍入可推迟到算出 S 值后再进行。

4.2 精确度评估测量方法

4.2.1 精确度类型

4.2.1.1 静态精确度

对一个图素进行一系列的测量，在每一个测量中要重复读取和处理信息。重复测量时应尽可能减少人为干预。在取得抽样数据后算出标准偏差。

4.2.1.2 Z(轴调整)精确度

对一个图素进行一系列的测量，在每次测量前必须重新聚焦(每次测量前不要故意在 X 轴和 Y 轴上移动)。在得到抽样数据后算出标准偏差。

4.2.1.3 动态精确度

在大圆片上聚焦/曝光制成的 n 对线条和间隙图素相间组成的格栅图形，并在格栅的 n 个格点进行一次测量，其中包含典型的尺寸和线条侧壁斜率变化因素。然后把大圆片从系统中取下，再重新装上和再进行一次测量。最后采用双抽样方法计算出动态精确度 $3S$ 。

对于每个大圆片需对一种线条尺寸进行测量，由于一次要扫描 n 个格点，取出再送入测量 2 次，计 $2n$ 次。而且要求反复测量 3 遍，所以总共要测 $6n$ 次。

建议 n 的最小值为 10。

如果被测线条的宽度和厚度不均匀，需要重新加工的大圆片，重复测量。

4.3 精确度测试

4.3.1 测试方法

4.3.1.1 稳定性测试方法

每天对一个稳定的图素(如同一位置上的一个刻蚀的多晶硅)进行 5 次测量。允许进行任何系统调整、维护，允许环境变化，但应注明。也允许重新校准系统，但也要注明。所用的图素必须一直不变，既不随时间而变化，也不在重复测量过程中变化。在一张控制图上画出每天的平均值，并根据每天的平均值变化范围画出控制限。

4.3.1.2 连续测试法

对同一物理点进行一连串或连续测量。各测量结果之间的任何变化反映了静态精确度。

4.3.1.3 双抽样测试法

在某例行测试期间，要求于不同的时间对许多不同的物理点进行两次测量。所选取的不同物理点要求具备相同的标称尺寸、相同的接近度(相对于邻近的图素)、相同的线条侧壁斜率等等。

4.3.2 测试持续时间

4.3.2.1 短期

不进行任何系统校准、调整或维护。测试周期应短，足以把环境变化的影响减小到最低程度。

4.3.2.2 长期

允许进行任何系统调整、维护，允许环境变化。也允许重新校准。

4.3.3 结果报告

为了说明测量结果的真实性，必须在报告中列出与数据有关的某些信息。建议采用数据的图形表示法。

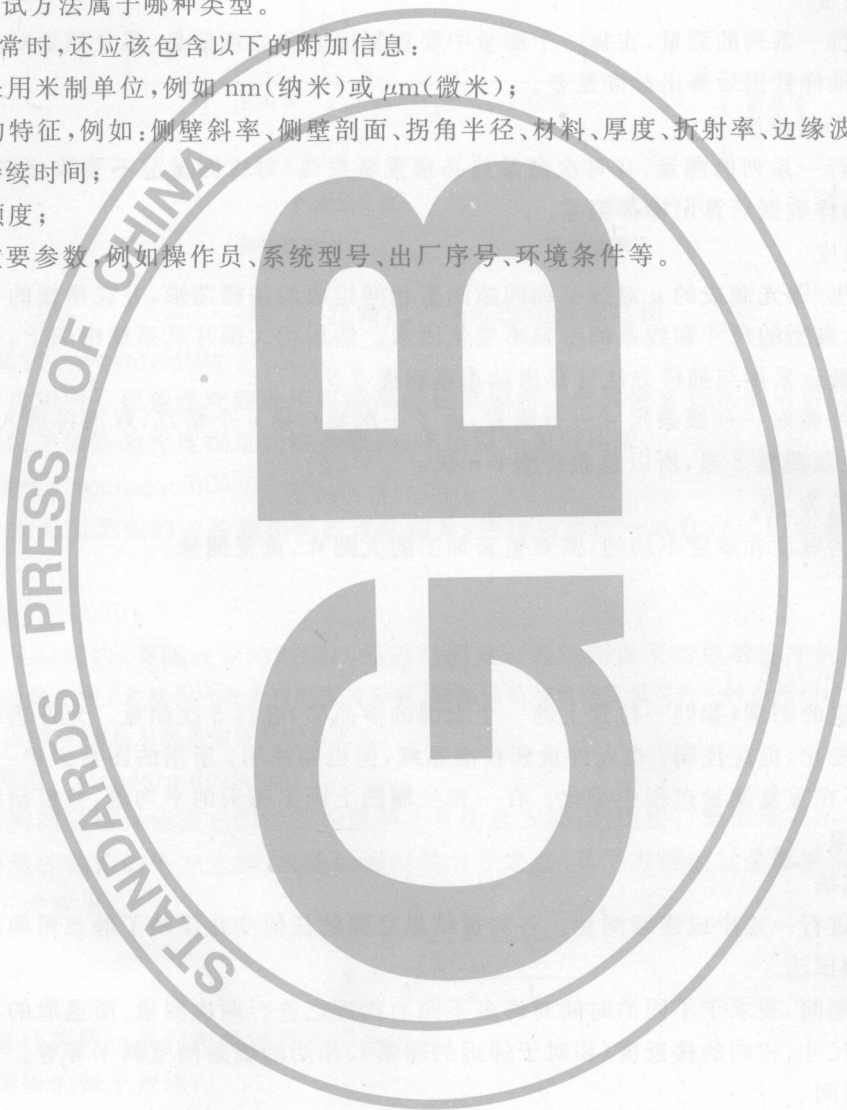
结果报告必须包含以下内容：

a) 用式(1)、(2)或(3)算出的标准偏差；

- b) 短期或长期(参考附录 A 的 A1 或 A2);
- c) 置信度区间(参考附录 A 的 A3);
- d) 测量次数或抽样总数(n);
- e) 描述图素薄膜和衬底薄膜;
- f) 标称值或平均值测量;
- g) 图素类型:线条或间隙或孔、成组或孤立;
- h) 重新校准的频度;
- l) 说明测试方法属于哪种类型。

在情况异常时,还应该包含以下的附加信息:

- a) 建议采用米制单位,例如 nm(纳米)或 μm (微米);
- b) 图素的特征,例如:侧壁斜率、侧壁剖面、拐角半径、材料、厚度、折射率、边缘波纹、边缘粗糙度;
- c) 测试持续时间;
- d) 抽样频度;
- e) 各种重要参数,例如操作员、系统型号、出厂序号、环境条件等。



附录 A
(标准的附录)
应用提示

这些应用提示中的资料不是本标准的正式部分,也不意味着要以某种方式去修改或补充该标准。这些提示是作为一种信息,对使用本标准起帮助作用。因此它们只能看作是参考资料。任何情况下都应

A1 短期测试持续时间

建议短期测试持续时间是在最有限的条件下在尽可能最短的时间内做完 30 次测试,以消除额外的变化起因。

A2 长期测试持续时间

一般的做法是,最大变化因素应有的自由度为 30。例如,如果日期是最大的变化因素,则必须连续在 30 个工作日进行长期研究。

A3 置信度区间

置信度区间按照下式计算:

$$\sqrt{\left[\frac{vS^2}{X^2_{v, (1-\frac{\alpha}{2})}}\right]} \leq \sigma^2 \leq \sqrt{\left[\frac{vS^2}{X^2_{v, \frac{\alpha}{2}}}\right]}$$

式中: $v=df=n-1$, 在估计的标准偏差内的自由度;

$\alpha/2$ = 把估计的 $(1-\alpha)$ 作为置信度时所承受的 ALPHA 风险。

X^2 是指符合差方规律的 X 平方分布。其表达式有如下特性: X 平方分布曲线下面的面积正好是设定的置信度数值。

供参考的分布曲线如图 A1 所示——其形状取决于估算时的自由度。

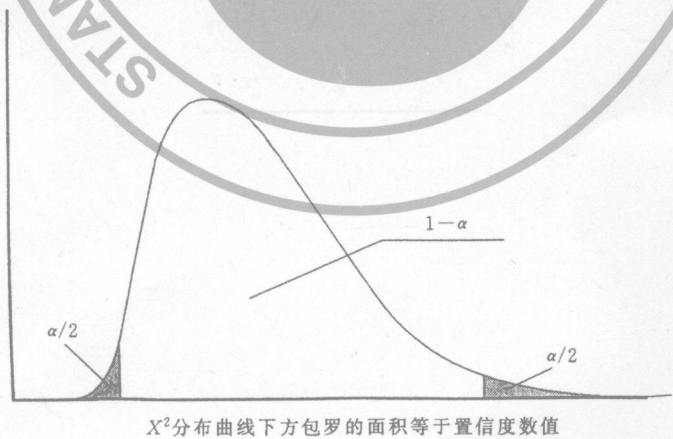


图 A1 X^2 分布曲线图

附录 B
(标准的附录)

关于置信度和置信区间的说明

B1 置信度和置信区间

假设 $\bar{X}(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 是未知参数 X 的估计值, 其误差小于某一正数 ϵ 的概率为 $(1-\alpha)$, 即

$$P(|\bar{X} - X| < \epsilon) = 1 - \alpha$$

则称 $(\bar{X} - \epsilon, \bar{X} + \epsilon)$ 为置信区间, 概率 $1-\alpha$ 为置信度。

解释为随机区间 $(\bar{X} - \epsilon, \bar{X} + \epsilon)$ 内包含的 μ 值占有所有测量值的百分之 $(1-\alpha) \times 100$ 。

B2 ALPHA (α) 风险和 BELTA (β) 风险

一个假设本来是正确的, 但被抽样结果所否定。这种可能性叫做 ALPHA 风险, 又叫做生产者风险。例如, 根据抽样方案, 某批产品本来应是合格的, 但抽样结果不合格, 这就叫 ALPHA 风险。

一个假设本来是不成立的, 但抽样结果承认这个假设。这种可能性叫做 BELTA 风险, 又叫做用户风险。例如, 根据抽样方案, 某批产品本来应是不合格的, 但抽样结果合格, 这就叫 BELTA 风险。

B3 X^2 函数

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(f_{oi} - f_{ti})^2}{f_{ti}}$$

式中: n ——观测的组数;

f_{oi} ——第 i 组的观测频数;

f_{ti} ——第 i 组的理论频数;

自由度 $df = n - 1$ 。

已知标准偏差 S , 置信度 $1-\alpha$, 则置信区间为:

$$\sqrt{\frac{(n-1)S^2}{X^2_{\frac{\alpha}{2}}}} \text{ 至 } \sqrt{\frac{(n-1)S^2}{X^2_{1-\frac{\alpha}{2}}}}$$