



中华人民共和国国家标准

GB/T 16878—1997

用于集成电路制造技术的 检测图形单元规范

Specification for metrology pattern cells
for integrated circuit manufacture

1997-06-20 发布

1998-03-01 实施

国家技术监督局 发布

目次

前言 I

1 范围 1

2 引用标准 1

3 定义 1

4 要求 3

5 应用指南 3

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 P19—92《用于集成电路制造技术的检测图形单元规范》(Specification for metrology pattern cells for integrated circuit manufacture)。

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 P19—92《用于集成电路制造技术的检测图形单元规范》是其中的一项,它将与已经转化的 SEMI P1—92《硬面光掩模基板》、SEMI P2—86《硬面光掩模用铬薄膜》、SEMI P3—90《硬面感光板中光致抗蚀剂和电子抗蚀剂》、SEMI P4—92《圆形石英玻璃光掩模基板》、SEMI P6—88《光掩模定位标记规范》及 SEMI P21—92《掩模曝光系统精密度和准确度表示准则》和 SEMI P22—93《光掩模缺陷分类和尺寸定义的准则》两项 SEMI 标准形成一个微型构图标准系列。

本标准是根据 SEMI P19—92《用于集成电路制造技术的检测图形单元规范》制定的。在技术内容上等同地采用了该国际标准。

本标准的格式和结构按国标 GB/T 1.1—1993 第一单元第一部分的规定编制。

本标准从 1998 年 3 月 1 日实施。

本标准由中国科学院提出。

本标准由电子工业部标准化研究所归口。

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。

中华人民共和国国家标准

用于集成电路制造技术的 检测图形单元规范

GB/T 16878—1997

Specification for metrology pattern cells
for integrated circuit manufacture

1 范围

- 1.1 本规范规定若干种标准测试图形,用以对集成电路生产中所用的微图形设备、计量仪器和工艺进行一致的全面评估和检测。
- 1.2 本规范针对线宽计量、分辨率测试和邻近效应测试的需要,规定若干种基本测试图形单元的形状、一般尺寸、以及推荐的布局和设计规则。这些标准图形包括可供光学显微镜、电子显微镜和电子探针测量用的各种图形单元。
- 1.3 本规范不规定验证母版上测试图形关键尺寸的测量技术,也不规定如何测量大圆片上的光刻图形,只规定若干种必要的基本测试图形,以及用户实施符合本规范的实际测试图形。

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。

SJ/T 10152—91 集成电路主要工艺设备术语

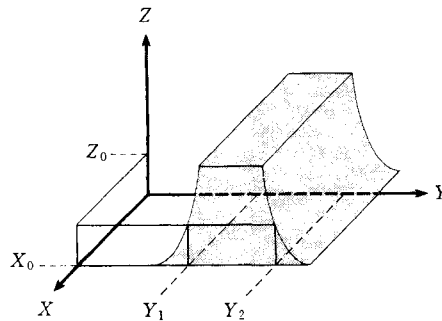
SJ/T 10584—94 微电子学光掩蔽技术术语

3 定义

- 3.1 规范中所用术语的定义除下述修订外,按 SJ/T 10152、SJ/T 10584 的规定。

3.1.1 线宽 linewidth

半导体工艺中,线宽是指一根图形线条的某一垂直横截面上的宽度,即以构成线条的图形层和下层之间的界面为准,在某特定高度处或指某特定光密度处,线条两边界间的直线距离(见图 1)。

图 1 线宽 $L(X_0, Z_0) = Y_2 - Y_1$

注：由于各种线宽测量方法的物理原理不同，在对同一根线条的同一截面用不同方法进行测量时，将会在不同的高度上进行测量，其测量结果有相当大的差别，故在相应的表达式中应说明所用的测量方法，如“SEM(扫描电子显微镜)线宽”、“光学线宽”、或“电学线宽”等。其次，即使不能定量确定测量时所选择的高度，也应定性说明这个高度。

3.2 本规范所用有关术语的定义

3.2.1 图素 feature

图素是指具有一个连续边界所包围的区域，这个区域内的光密度不同于图素外面的背景区域的光密度值。例如，一条线、一个空白区或一个 L 形拐角线条等图形的最简单组成部分，均称为做图素。

3.2.2 图素组 feature group

由一个或多个相似的图素排列而成的一个小集合，例如由三个 L 形拐角线条和间隙组成的黑白相间的图形。

3.2.3 标称的图素尺寸 nominal feature dimension

特别注明的线性尺寸，如线宽或接触孔宽度。

3.2.4 基本单元 basic cell

指按本规范规定的标称图素尺寸做成的图素或图素组。

3.2.5 复合单元 composite cell

由若干个基本单元组合而成。

3.2.6 孤立线条 isolated line

亮场中的一条黑线，如图 2 所示。

3.2.7 孤立透明线 (isolated space)

黑色背景中的一条透明的线条，如图 3 所示。



图 2 孤立线条

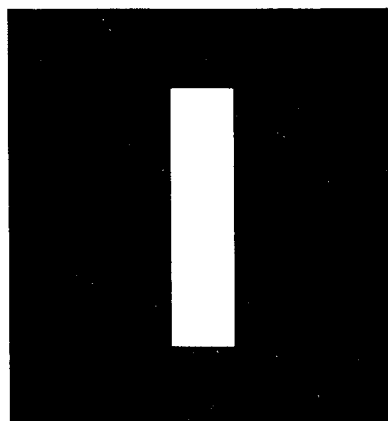


图 3 孤立透明线

4 要求

4.1 概述

4.1.1 本规范对后面附图中所示的每个图形单元逐个进行解释。在 IC 生产过程中,要用光刻方法或者其他在硅片衬底上直接形成图形的方法,把这些图形单元做在各种掩蔽层上。

4.1.2 除非特别加以说明,这些图形单元的许多细节,如取向、大小、线宽范围、明暗极性(选择亮场或暗场)等,一般均由用户确定。当利用这些单元来进行测试,并据此提出结果报告时,必须说明各种细节,如场极性、取向和布图等因素。

4.1.3 本规范中给出的所有关键尺寸都是指图形尺寸比例为一倍情况下的实际 CAD 数值。若给定的放大倍率为 M 倍,则中间掩模版上检测图形的目标尺寸必须正好是本规范所给出的尺寸的 M 倍。不得因任何硅片加工过程中引起的偏差而对中间掩模版上测试图形单元的尺寸进行缩放修正。

4.2 应用

4.2.1 这些图形单元拟用于如下各种用途。

4.2.1.1 在线工艺监控——通过这些图形的形成好坏来判断该层是否按设计规范进行加工。

4.2.1.2 工艺技术转让——使各生产点的工艺监控图形标准化,为各生产点之间的工艺技术转让提供方便。

4.2.1.3 设备评估——利用标准化的图形来评估半导体设备的性能。

4.2.1.4 计量设备特性表征——利用标准化的图形来鉴定不同计量设备的特性。

5 应用指南

5.1 总则

5.1.1 这里所述的单元是一组基本的测试图形,可以用它们来组成复合图形。

5.1.2 如果一组复合图形是由任何数量的这些基本单元构成的,只要每个单元均遵守所有的设计规则,则这样的复合图形符合本标准。

5.1.3 每个基本单元含有一个基本设计图素,这个图素可以在修改过的计量学单位范围内按某种步距(由用户自定)分步重复。用户可根据具体的工艺/设备情况适当确定图素的所有尺寸。

5.1.4 本规范提供的每个插图旨在说明每个图形单元的合理布局,并规定每个基本单元内部适用的设计参数。

5.1.5 所有图素组必须彼此分开,图素组之间的间距至少是最大图素宽度的 5 倍。之所以规定这个接近度规则,是为了保证那些本应互不相关的图形事实上不互相影响。

5.1.6 记号、界线、指示标记或任何其他邻近图素应至少相隔 $5\ \mu\text{m}$ 。

5.1.7 用于标明图素宽度的记号必须放在每个基本单元的旁边。关键尺寸(CD)的单位必须用微米,而且至少用两位有效数字。记号的大小必须清晰可辨,小数点可用可不用。如果不用小数点,想象中的小数点位置左边的数字记号大小必须稍大于右边的数字。小数点左边可加或不加字符。如果所有关键尺寸的记号大小均用一样大的字体,则对应的数值小于 $1.0\ \mu\text{m}$ (如图 11 表示中心线线宽为 $0.8\ \mu\text{m}$ 左右两边的线条宽度分别递增或递减 $0.1\ \mu\text{m}$);任何大于 $1.0\ \mu\text{m}$ 的数值,在小数点的后面至少必须有一个小的字符记号。如果一个单元尺寸有公差,而且要用记号来说明这个公差,则“ $\pm$ ”符号应放在基本单元的旁边。如果公差小于 $1.0\ \mu\text{m}$,而且是 $0.1\ \mu\text{m}$ 的整数倍,则这个公差记号可以使用一个有效数字(如 ± 4 代表 $\pm 0.4\ \mu\text{m}$)。

5.1.8 由于产生图形的设备通常都施加了各种设计限制(如 CAD 栅阵、PG 矩形、电子束斑的大小)。因此在本标准中允许对检测图形单元进行修改,以满足设备的限制(如为使各单元图形仍在栅阵上,可对检测图形单元进行适当调整)。

5.2 细则

5.2.1 L 形拐角线条单元(见图 4)

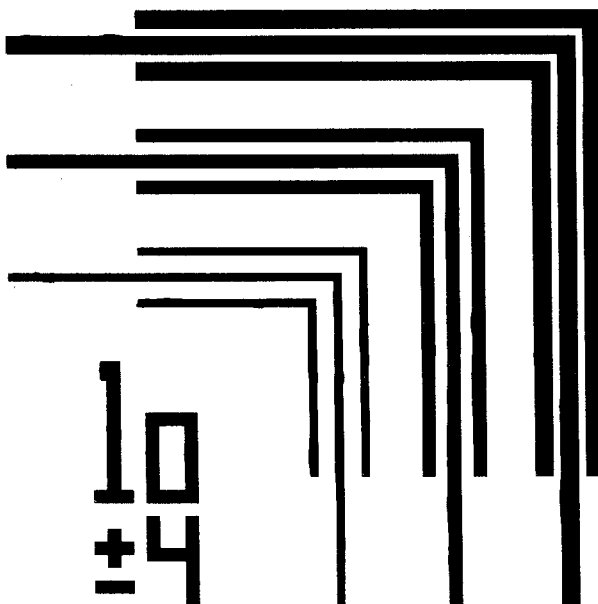


图 4 L 形拐角线条单元

5.2.1.1 L 形拐角线条单元是为测量正交的孤立图素以及由线条和间隙组成的图素组的尺寸而设计的。该单元可用来测量图形转印的质量和成像后的图素尺寸。该单元还是直线条分辨率和直角处线条弯曲状况的定性目测点。

5.2.1.2 设计参数是指标称的图素宽度、图素之间的间距、最小的图素长度、以及不同图素组的线宽之差(修正量)等。

5.2.1.3 L 形拐角线条基本单元可以是一个由 L 形拐角线条和间隙黑白相间地排列着的图素组,也可以由多个这样的图素组嵌套式地排列起来。图素组内 L 形拐角线条之间的步距 T (线条中心距)规定为标称图素宽度的两倍(见图 5)。

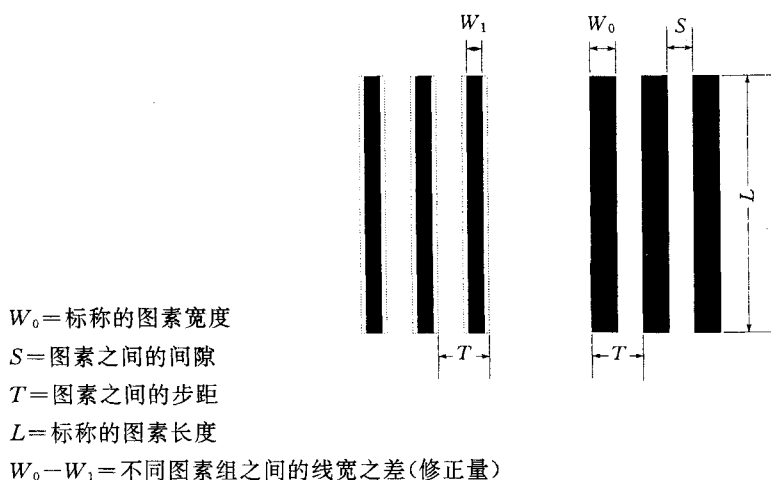


图 5 图素组内各图素之间的关系

表 1

标称的图素宽度	黑白相间地排列着的 L 形拐角线条的数目	最小长度
$> 1 \mu\text{m}$	3	$10W_0$
$\leq 1 \mu\text{m}$	5	$10 \mu\text{m}$

在每个 L 形拐角线条图素组中,中央那个 L 形拐角线条至少应当比其他 L 形拐角线条长出 $10 \mu\text{m}$ 。如果要把这些单元用于横截面分析,则 L 形拐角线条的长度可设计得比标称长度长许多。

5.2.1.4 L 形拐角线条基本单元可以包含 1 个、3 个、5 个或 7 个图素组。如果基本单元只包含一个图素组,则线条和间隙的宽度必须都等于标称的图素宽度。如果基本单元包含 3 个、5 个或 7 个图素组,则这些图素组是嵌套式的排列。中间图素组的各线条和空白的宽度都必须等于标称的图素宽度。嵌套在中间图素组外侧每组较长的图素组的图素宽度应依次增大一个修正量。嵌套在中间图素组内侧的每组较短的图素组的图素宽度应依次减小一个修正量。在一个基本单元内,所有 L 形拐角线条之间的步距必须保持一致,并等于标称图素宽度的两倍。

5.2.2 直线条单元(见图 6)。

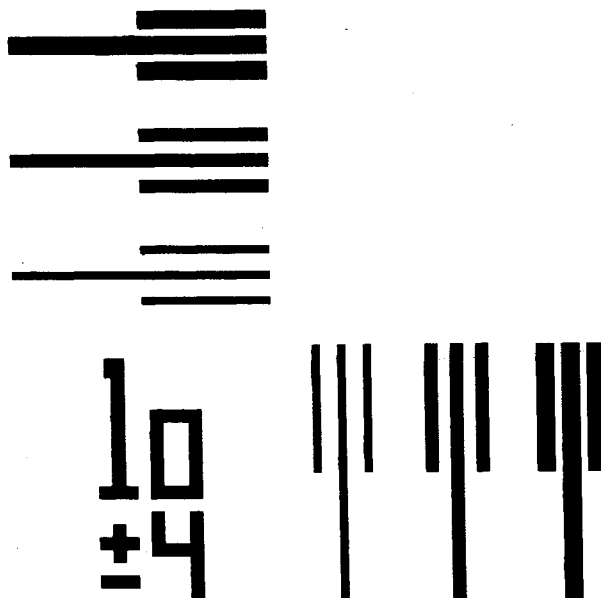


图 6 直线条单元

5.2.2.1 直线条单元是 L 形拐角线条单元的变型,通过截去拐角部分而形成,用于倾斜式 SEM 检查。

5.2.2.2 为了利用 L 形拐角线条单元来产生直线条单元,需要把图 7 中 A、B 两个对角顶点所确定的正方形切去。这个正方形顶点“A”是最外侧拐角以外的顶点。顶点“B”是最内侧拐角以内的顶点,它与最近线条之间的距离是最小的关键尺寸的 5 倍;若最小的关键尺寸小于 $1\text{ }\mu\text{m}$,则此距离定为 $5.0\text{ }\mu\text{m}$ 。这个被切去的正方形区域内必须始终保持无图形。

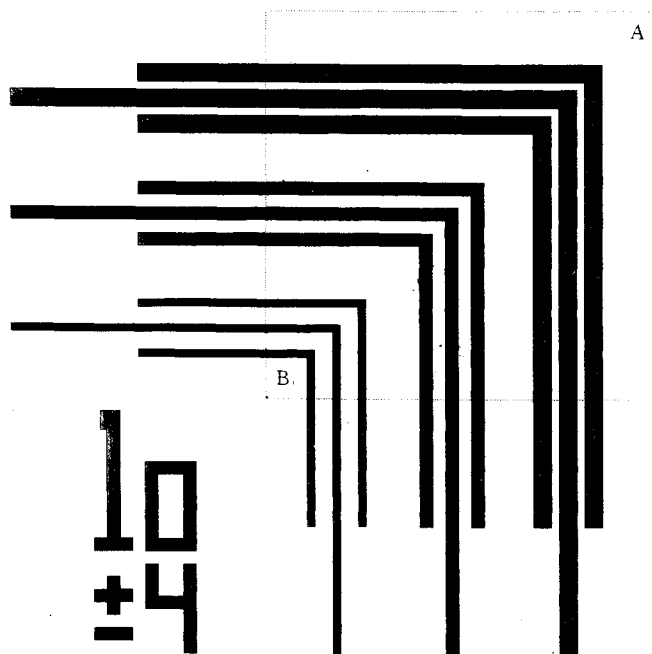


图 7 把上图中的正方形区域去掉,就变成直线条单元

5.2.3 邻近剑状单元(见图 8)

5.2.3.1 设计这个邻近剑状单元的目的是为了提供在大面积区域中孤立线条和孤立亮线的邻近效应的有关信息。这个单元的设计可实现在一个测试图布局中同时测量白图素和黑图素。

5.2.3.2 这个单元的设计要素是标称的图素线宽、标称的图素间距和阶梯形台阶宽度。台阶宽度由用户选定,但推荐起码是标称的图素步距的 25%(步距等于标称线宽加上标称间距)。

5.2.3.3 这个单元包含对称复制的 9 层阶梯,分白场和黑场两种。这里给出白场阶梯测试图形的完整描述。除了黑白颠倒之外,同样的描述也适用于黑场阶梯。每层的高度为 $10\text{ }\mu\text{m}$,单元的最大宽度为 $40\text{ }\mu\text{m}$,总高度为 $180\text{ }\mu\text{m}$ 。第 1 层图素为标称宽度,左右对称,中间隔着一个标称宽度的间距,第 2 层~第 7 层逐次展宽一个修正量(台阶宽度),第 8 层、第 9 层分别为标称图素宽度的 5 倍和 10 倍。

5.2.4 接触孔阵列单元(见图 9)。

5.2.4.1 设计这个接触孔阵列单元是为了提供各种尺寸的接触孔的分辨率信息和邻近效应信息。

5.2.4.2 设计参数是标称的正方形接触孔的尺寸,及 5×5 和 3×3 阵列中的各接触孔之间间隔的尺寸。接触孔之间间隔的尺寸等于接触孔的尺寸。

5.2.4.3 接触孔阵列单元包括 3 组图形:一组是 5×5 接触孔阵列,一组是 3×3 接触孔阵列,一组是孤立的接触孔。 5×5 阵列将对该阵列的中心接触孔产生最大的邻近效应(即密集图形效应)。 3×3 阵列中的中心接触孔所出现的邻近效应将不同于孤立接触孔和密集接触孔的效应。

5.2.5 错位接触孔阵列(见图 10)

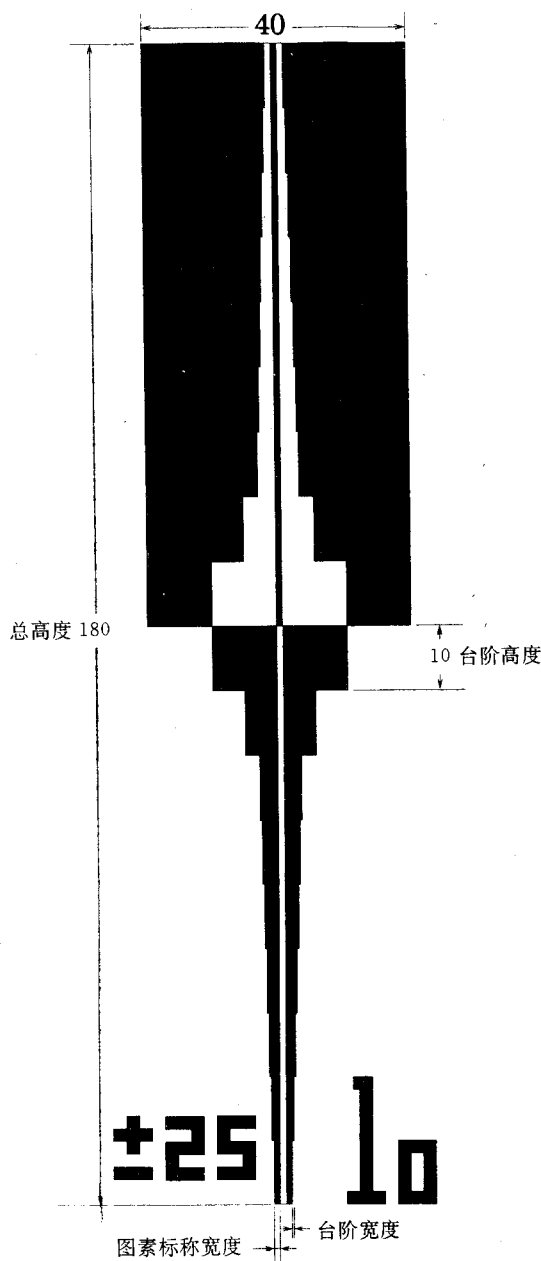


图 8 邻近剑状单元

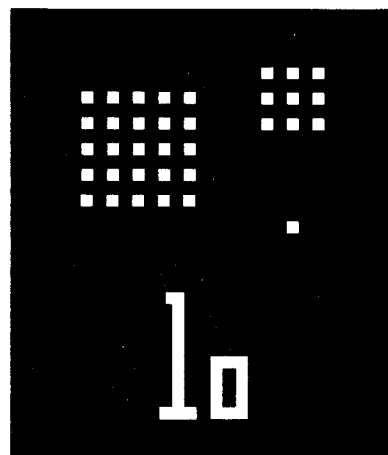


图 9 接触孔阵列单元

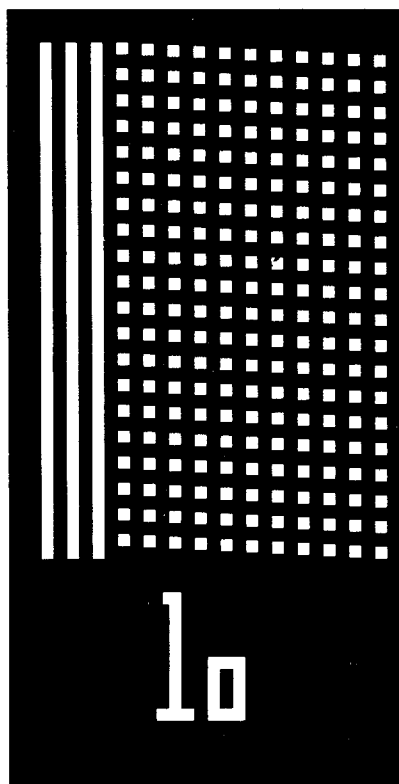


图 10 错位接触孔阵列

- 5.2.5.1 设计这个错位接触孔阵列是为了在 SEM(扫描电子显微镜)剖面测试分析中增大小接触孔被切中的概率。
- 5.2.5.2 设计参数是标称的正方形接触孔的尺寸,列与列之间的竖向位移(或称错位),以及接触孔与接触孔之间的间距。接触孔与接触孔之间的间距等于方形接触孔的尺寸。
- 5.2.5.3 在排列接触孔时至少用 3 列接触孔。列与列之间的位移量由用户选定,应使各接触孔仍在栅阵上。
- 5.2.5.4 图 10 中左边的线条组可有可无,它们被布置在此处是为了在校准节距时提供图素识别参照物,如果线条(或亮线)的宽度是亚微米,则必须使用 5 个线对(黑白相间),而不是 3 个线对。
- 5.2.6 线性单元(见图 11)

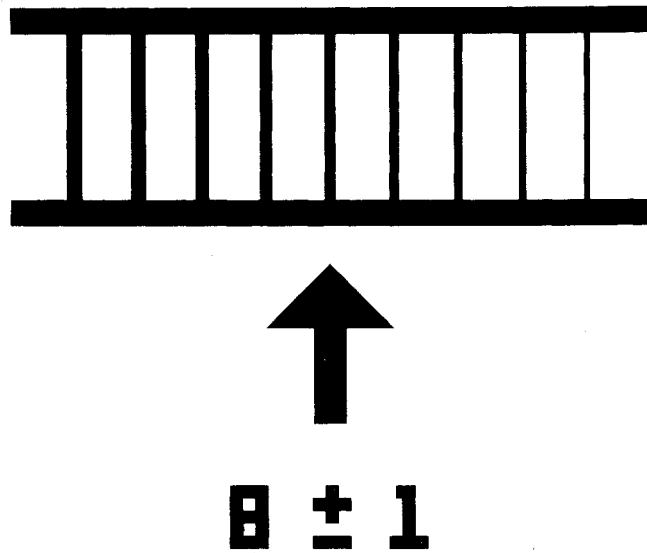


图 11 线性单元

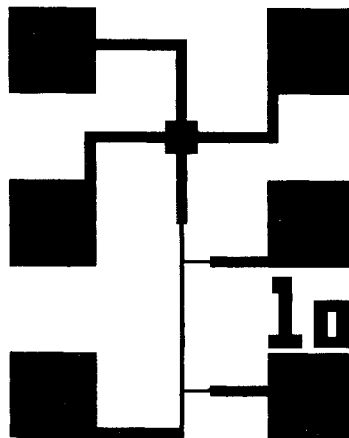
5.2.6.1 设计这个线性单元是为了测试：

- (1) 测量方法的线性,其前提是假设光刻工艺对于所用的线条尺寸都能保持线性;
- (2) 工艺技术的线性,其前提是假设计量方法对于所测的所有线条尺寸都能保持线性。

5.2.6.2 这个单元的设计参数是线宽、图素之间的间距、以及最小的线长。图中标以具体的数值,对所有应用场合皆固定不变。

5.2.6.3 这个单元包括 9 条平行的线条,按 $5\ \mu\text{m}$ 的间距排列。线宽分别为 1.2 、 1.1 、 1.0 、 0.9 、 0.8 、 0.7 、 0.6 、 0.5 和 $0.4\ \mu\text{m}$ 。阵列中 $2\ \mu\text{m}$ 宽的上边界线和下边界线(与平行的线条垂直,连接它们的各个端点)是为了便于作为一个整体认出这个单元。

5.2.7 电学单元(见图 12)

图 12 电学单元, $2 \times n$ 结构

5.2.7.1 设计这个电学单元是为了用自动测试系统极准确又较快地测出导电薄膜的平均线宽,但也可以用于手动探针测试。

5.2.7.2 这个单元的设计参数是:桥电阻的线宽为 W_b ,两个抽头中心之间的桥长为 L_b ,桥电阻抽头的宽度为 W_t ,桥抽头长度为 L_t ,桥电阻延长线到薄膜电阻结合处之间的延长线长度为 L_e ,薄膜电阻宽度为 W_e ,薄膜电阻的长度为 L_e ,方形薄膜的尺寸为 $35\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$ 。这些设计参数的记号标于图 13。这些设计参数的设计规则如下:

- (a) $W_t \leq W_b$ (当 $L_b < 100W_b$ 时);
- (b) $W_t \leq 1.2 \times W_b$ (当 $L_b \geq 100W_b$ 且 $W_b < 0.7 \mu\text{m}$ 时);
- (c) $L_b \geq 15W_b$ 或 $80 \mu\text{m}$ (选其中之较大者);
- (d) $L_t > 2W_t$;
- (e) $L_e > 2W_b$;
- (f) $L_c > 2W_c$ 。

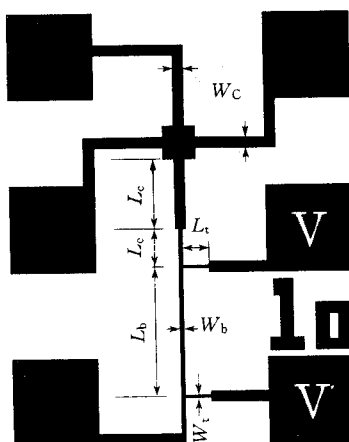


图 13 电学单元, $2 \times n$ 结构, 其上附有各种记号

5.2.7.3 这个单元包含两种 4 个压焊点的开尔文(Kelvin)结构: 一个范德堡(Van Der Pauw)薄膜电阻和一个或多个桥电阻。各个桥电阻的取向由用户决定。桥电阻的周围还可以布置若干虚设的线条, 以测量由于邻近效应而引起的工艺偏差。如图 14 所示, 在含有虚设线条的结构中, 互连线条将垂直地连接到桥电阻上。

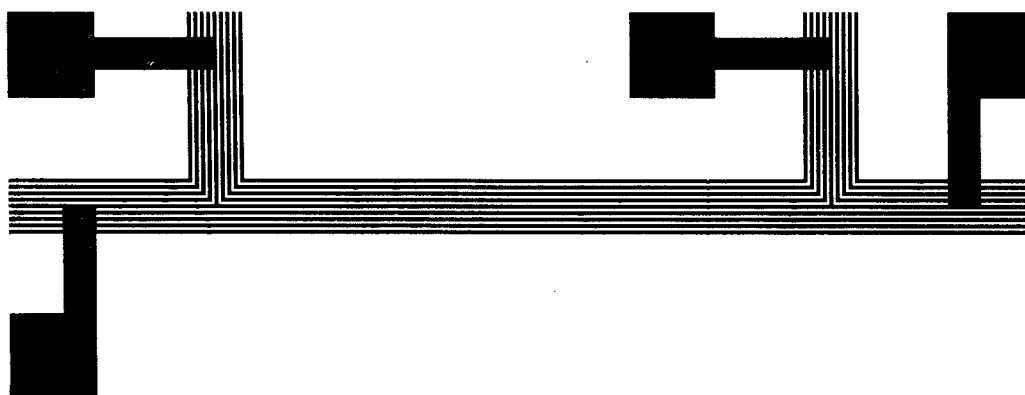


图 14 桥电阻与邻近线条的放大图

5.2.7.4 图 13 和图 15 中带有记号 V 的压焊点仅用于测量电压; 并可用作薄膜电阻率测量中电桥的第 4 点, 进而可用公式换算确定薄膜电阻线宽。



图 15 电学单元, $1 \times n$ 结构

5.2.7.5 为了让出部分划片道的位置,压点可布置成 $1 \times n$ 的布局(图 15);如果空间限制不严格,可以采用常规的 $2 \times n$ 布局。压点的大小和间距由用户确定。为了便于在生产环境中进行自动测试,建议压点的每个边长取 $80\ \mu\text{m} \sim 100\ \mu\text{m}$ 。

5.3 说明事项

5.3.1 目标关键尺寸(目标 CD)与解像关键尺寸(解像 CD)

5.3.1.1 集成电路上的理想关键尺寸(CD)可以认为是 CD 的标称值,这里称之为“目标 CD”。在集成电路上实际达到的尺寸(称为解像 CD)可能不同于它的标称值。

5.3.1.2 解像 CD 的测量可能不精确,因为很难确定光学或 SEM 影像剖面边缘的真实位置。

5.3.1.3 尽管解像 CD 的测量不精确,但只要所用的测量方法能相当准确和灵敏地检测出我们所关心的尺寸变化,这种测量从相对的角度来说是有价值的。

5.3.1.4 传统的用可分辨最近两点间距离的分辨率定义不适宜用来表征小尺寸变化的灵敏度。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
用于集成电路制造技术的
检测图形单元规范

GB/T 16878—1997

*

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

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
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

*

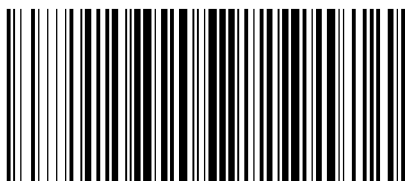
开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 24 千字
1997年12月第一版 1997年12月第一次印刷
印数 1—900

*

书号: 155066·1-14349 定价 12.00 元

*

标 目 324—34



GB/T 16878—1997