ICS 25.220.20
A 29

中华人民共和国国家标准

GB/T 11378—2005/ISO 4518:1980
代替 GB/T 11378—1989

金属覆盖层　覆盖层厚度测量　轮廓仪法

Metallic coatings—Measurement of costing thickness—Profilometric method

(ISO 4518:1980,IDT)

2005-06-23 发布　　2005-12-01 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

本标准是对 GB/T 11378—1980《金属覆盖层厚度　轮廓尺寸测量方法》的修订，本标准等同采用 ISO 4518:1980(E)《金属覆盖层　覆盖层厚度测量　轮廓仪法》(英文版)。

本标准对应 ISO 4518 作了如下修改：

——取消了 ISO 4518 的前言内容，重新起草了本标准前言；

——增加了“目次”；

——用“本标准”代替“本国际标准”；

——引用了采用国际标准的我国标准。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国金属与非金属覆盖层标准化技术委员会归口。

本标准起草单位：机械工业表面覆盖层产品质量监督检测中心。

本标准起草人：姜新华、钟立畅、宋智玲。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 11378:1989。

金属覆盖层　覆盖层厚度测量　轮廓仪法

1　范围

1.1　本标准规定了金属覆盖层厚度的一种测量方法。该方法是首先在覆盖层表面和基体金属表面之间形成一个台阶，然后应用轮廓记录仪测量台阶的高度。本标准具体规定了仪器的特性以及轮廓仪法的特殊测量规程。

1.2　本方法适用于测量平表面上厚度 0.01 μm～1 000 μm 的金属覆盖层厚度，如果采取适当措施，也可以测量圆柱表面。它非常适合于微小厚度的测量，但对厚度小于 0.01 μm 的工作表面平直度、平滑度的要求非常严格，因此建议不要在电子触针式仪器的最低厚度范围内采用本标准。本方法适用于制备覆盖层厚度标准片厚度的测量。

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。凡是注日期的文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，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，其最新版本适用本标准。

GB/T 4955　金属覆盖层　覆盖层厚度测量　阳极溶解库仑法(idt ISO 2177)

GB/T 12334　金属和其他非有机覆盖层　关于厚度测量的定义和一般规则(idt ISO 2064)

3　原理

溶解一部分覆盖层(验收试验)或在镀覆之前掩盖一部分基体(生产检验)以形成一台阶。用轮廓记录仪测量台阶的高度。

4　仪器：工作参数和测量特性

4.1　轮廓记录仪的类型

下列两种类型的仪器都可采用：

4.1.1　电子触针式仪器，即表面分析仪和表面轮廓记录仪，通常是用于测量表面粗糙度。但本标准的目的是用它来记录台阶的轮廓；

4.1.2　具有触针及记录台阶轮廓功能的电子感应比较仪。

电子触针式仪器的应用更广，可以测量粗糙度，但电子感应比较仪的结构更简单。两种仪器通常测量不同的厚度范围：电子触针式仪器的范围是 0.005 μm～250 μm，电子感应比较仪的范围是 1 μm～1 000 μm。

4.2　电子触针式仪器

4.2.1　这类仪器用于记录表面轮廓，它们具有下列组件：

4.2.1.1　一个夹角为 1.57 弧度(90°)的圆锥或角锥触针传感器。触针针尖横断面半径公称值为2 μm、5 μm、10 μm 或 50 μm。它与试验表面接触的压力不应超过表 1 给出的数值。

表 1 压在触针上的力

触针针尖半径的公称值/μm	2	5	10	50[b]
触针在平均高度的最大静压力/mN[a]	0.7	4	16	10[b]

[a] 1 mN≈0.1 gf。

[b] 适用于低硬度金属，如锡和铅的数值。

4.2.1.2 一个驱动单元，它使传感器相对于基准滑轨移动，如果滑轨可能导致被测表面损伤或者使被测台阶变形，则传感器应在一个具有轮廓的标称形状基准面上移动。

4.2.1.3 一个放大单元，它使轮廓的垂直放大倍数的标称值(V_v)在下面一组数据中任选：

100—200—500—1000—2000—5000—10000—20000—50000—100000—200000—500000—1000000。

4.2.1.4 一个描绘放大轮廓变化量的记录仪，当记录仪与驱动单元一起工作时，可以从下面一组数据中选择轮廓的水平放大倍数的标称值(V_h)：

10—20—50—100—200—500—1000—2000—5000。

4.2.2 轮廓记录仪具有下列测量特性：

——移动长度：1 mm～100 mm；

——厚度测量范围：0.005 μm～250 μm；

——分辨率(根据测量范围而定)：0.005 μm～1 μm。

4.3 电子感应比较仪

4.3.1 电子感应比较仪的设计和电子触针式仪器(4.2)非常相似，主要区别是其触针半径大，不能描绘表面的细微轮廓。

4.3.2 电子感应比较仪测量特性和工作参数的典型示例如下：

带有一个能使被扫描的表面作直线运动的工作台，一个匹配的放大器，线性度不低于5%的电子感应比较仪。采用下列工作参数：

——触针半径：250 μm；

——最大放大倍数：×50000；

——触针静压力：0.12 N。

具有下列测量特性：

——移动长度：100 mm；

——厚度测量范围：1 μm～1 000 μm；

——分辨率(根据测量范围而定)：0.02 μm～20 μm。

5 影响精度的有关因素

5.1 轮廓记录

因为厚度的测量是根据被记录的轮廓进行，因此，在一适当的放大倍数下，如果不能正确描绘出台阶，测量误差就大。不准确的记录可能是由于记录仪质量不好或调节不当造成的。

5.2 垂直放大倍数

如果垂直放大倍数太低，则测量精度低，此时应调整，按照台阶轮廓记录在记录纸上最佳宽度选择放大倍数。

5.3 图形测量

如果测试表面与参比(基准)表面不平行，则水平面的记录与图表坐标方格是倾斜的，台阶垂直部分也是倾斜的，但它仍可垂直于图表的坐标方格，这取决于垂直和水平放大倍数、触针的半径，最后取决于台阶的高度(即厚度)。当轮廓倾斜时，如果对水平放大倍数和垂直放大倍数的差别不作校正，测定轮廓

的中心线间的垂直距离时通常会产生误差。

为了避免这些误差和额外的数学运算，基准面与测试表面应平行。这可用适当的夹具或装配去完成。

5.4 外加力的大小

如果作用于触针上的力太大，触针会造成表面刮伤或变形，可能引进测量误差。故应使力保持最小值，一般不应超过表 1 所给的值。

5.5 触针直径和表面粗糙度

如果使用小直径的触针作用于粗糙的表面，因所记录的台阶极值不宜确定，故台阶的高度很难准确地测量。大直径的触针可使这种困难减至最小。

如果基体与覆盖层表面具有不同的粗糙度，则由于存在不同的峰与峰的间距，触针在一个表面上移动较之在另一个表面上移动所经历的高点更多，以致记录台阶的轮廓失真。小直径的触针有助于减少这种误差。

配有电子滤波器来平滑轮廓的小直径的触针，可获得较好的轮廓，但台阶轮廓的拐角也都变圆了。

原则上，所记录的基体粗糙度(表面轮廓峰至谷的高度)不应超过台阶高度的 10%。

5.6 振动

振动会使记录的轮廓产生不规则性或噪声，使准确测量难以进行。应将仪器与振源隔离，将其影响减至最小。原则上，峰与谷的高度不应超过台阶高度的 10%。

5.7 表面曲率

表面曲率会妨碍轮廓的准确测量。故应尽可能在平坦的表面上进行测量。如果是在弯曲的表面上进行测量，则触针的移动应是最小的曲率方向，例如平行于圆柱体的轴线(台阶应平行于最大曲率的方向)。

5.8 清洁度

任何附着物，如灰尘、油脂以及腐蚀物均会导致错误的测量。故对欲测的表面应清除干净，实验室的空气应相对洁净且无粉尘。

5.9 温度

温度的变化能影响测量。因此，室温应保持均匀稳定。

5.10 台阶轮廓

如果制作的台阶不好(例如过分地磨光棱角)，由于台阶的顶部和底部的平面高度不易确定，会给准确测量带来困难。故台阶应精细制作。

5.11 基准面

触针针座沿基准滑轨或基准面运行，相对基准滑轨或基准面的垂直运动被记录下来。基准滑轨是一个压在试件表面上的完整表面，而基准面是仪器部分，它与试件无关。

记录的可靠性随基准面的质量(平滑度和平直度)而定。

5.12 校准

厚度测量不会小于仪器的校准误差和用来校准仪器的台阶高度标准的误差。因校准可能发生变化，故需多次校准仪器，校准次数根据经验而定。即使细心地校准仪器，因仪器具有非线性特性，还可能有 2%的误差。为使此误差最小，仪器可在十分接近待测台阶高度的两点进行校准。

6 校准

6.1 应根据制造商的说明书校准仪器，并适当地考虑第 5 章中所列举的影响因素。

6.2 用于校准仪器的标准块，其台阶高度应是已知的，且不确定度小于 5%。但是，若台阶高度小于 0.1 μm，其不确定度可能大大超过 5%。

6.3 每隔一定时间以及每当怀疑校准有变化时，就应进行重复校准。

7 测量规程

7.1 台阶的制备

7.1.1 除掉一部分覆盖层，对基体不要有任何腐蚀。台阶的顶部无论如何不得遭受损坏或腐蚀，台阶的底部应无任何覆盖层痕迹。制备台阶的适当方法见7.1.2、7.1.3和7.1.4。

7.1.2 采取合适材料遮蔽除要溶解区域以外的全部覆盖层。用对基体不产生腐蚀的合适的试剂溶解暴露的覆盖层，然后除掉全部遮蔽材料。

7.1.3 采用GB/T 4955的阳极溶解库仑厚度测量法相同的方式以电解池溶掉一小面积覆盖层。

触针单方向横穿小电解池所形成圆坑的直径，可以提供两个台阶的轮廓。

为了与GB/T 12334中关于测量大于1 cm^2的标准面积的最小厚度的规定一致，建议在1 cm×1 cm的面积内除掉四个小圆面积的覆盖层(图1)，用以记录台阶轮廓和测量正方形中靠近每一角的台阶高度。

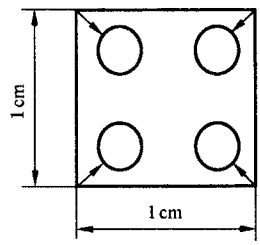

图1

7.1.4 在某些情况下，台阶是在制备覆盖层前屏蔽一部分基体而形成的。所屏蔽的面积足够地小(直径约为1 mm或2 mm)，所形成的边界不会妨碍测量。

7.2 轮廓记录

按照仪器制造商的说明书记录轮廓，应事先根据第4章的说明及测量特性确定操作参数。要特别注意第5章阐述的影响测量精度的因素。

7.3 厚度测量

通过台阶上下边界值的每一记录，描绘其平均线，并将它们延展，以便使两平均线交迭。以台阶中点至两条平均线的距离来确定台阶的高度。

在进行这种测量时，应避免边界效应，还应作出沿扫描轮廓的膜厚变化的允许量。

7.4 测量精度

仪器的校准和操作应使覆盖层厚度测量精度在10%或±0.005 μm(以大值为准)范围内。