



中华人民共和国国家标准

GB/T 1550—1997

非本征半导体材料导电类型测试方法

**Standard methods for measuring conductivity
type of extrinsic semiconducting materials**

1997-06-03 发布

1997-12-01 实施

国家技术监督局 发布

前 言

本标准等效采用美国试验与材料协会 ASTM F42—88《非本征半导体材料导电类型测试方法》，结合我国实际情况，对国家标准 GB 1550—79、GB 5256—85 进行修订而成的，在技术内容上与 ASTM 标准等效。

为了满足需要，本标准增加了“室温电阻率大于 $40 \Omega \cdot \text{cm}$ 的锗半导体材料导电类型的测定，探针采用铅或石墨等材料制作，热探针温度高于室温 5C ”。

在“引用标准”中，凡我国已有国家标准的，均用相应的国家标准代替 ASTM F42—88 中的“引用标准”。

本标准与 GB 1550—79、GB 5256—85 比较，增加了测试方法 B——冷探针法、方法 D——全类型系统测试方法，扩大了使用范围，增加了干扰因素一章，这就使本标准更好地满足国内半导体材料生产厂、用户对晶锭、晶片的测试要求。

本标准从生效之日起，代替 GB 1550—79、GB 5256—85。

本标准由中国有色金属工业总公司提出。

本标准由中国有色金属工业总公司标准计量研究所归口。

本标准起草单位：峨嵋半导体材料厂。

本标准主要起草人：陈永同、刘文魁、吴福立。

中华人民共和国国家标准

非本征半导体材料导电类型测试方法

GB/T 1550—1997

Standard methods for measuring conductivity
type of extrinsic semiconducting materials

代替 GB 1550—79
GB 5256—85

1 范围

1.1 本标准规定了非本征半导体材料导电类型的测试方法。

本标准适用于非本征半导体材料导电类型的测定,其中较详细地规定了锗和硅导电类型的测试方法。本标准方法能保证对均匀的同一种导电类型的材料测得的可靠结果,对于非均匀试样,可在其表面上测出不同导电类型区域。

本标准方法不适用于分层结构试样,如外延片的导电类型的测定。

1.2 本标准包括四种测试方法。

1.2.1 方法 A——热探针,热电势导电类型测试方法。

1.2.2 方法 B——冷探针,热电势导电类型测试方法。

1.2.3 方法 C——点接触,整流导电类型测试方法。

1.2.4 方法 D——全类型系统测试方法。

1.2.4.1 方法 D₁——整流导电类型测试方法。

1.2.4.2 方法 D₂——热电势导电类型测试方法。

1.3 方法 A,对室温电阻率 $1\ 000\ \Omega \cdot \text{cm}$ 以下的 n 型和 p 型硅,可给出可靠的测试结果。

1.4 方法 B,对室温电阻率 $20\ \Omega \cdot \text{cm}$ 以下的 n 型和 p 型锗,室温电阻率 $1\ 000\ \Omega \cdot \text{cm}$ 以下的 n 型和 p 型硅,可给出可靠的测试结果。

1.5 方法 C,对室温电阻率 $1\sim 1\ 000\ \Omega \cdot \text{cm}$ 之间的 n 型和 p 型硅,可给出可靠的测试结果。而对于锗材料,此方法不宜采用。

1.6 方法 D₁,适用于室温下电阻率 $0.1\sim 1\ 000\ \Omega \cdot \text{cm}$ 的 n 型和 p 型硅材料。

1.7 方法 D₂,适用于室温电阻率 $0.002\sim 0.1\ \Omega \cdot \text{cm}$ 的 n 型和 p 型硅材料。

1.8 这些方法也可用于测定电阻率超过上述范围的锗和硅材料,但对超出诸范围的适用性未经实验验证。

1.9 如果用这些方法不能得到满意的结果,建议采用 GB 4326 中阐述的“霍耳效应测试方法”来测定试样的导电类型。

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最新版本的可能性。

GB/T 1552—1995 硅、锗单晶电阻率测定 直排四探针法

GB 4326—84 非本征半导体单晶霍耳迁移率和霍耳系数测量方法

GB/T 14264—93 半导体材料术语

国家技术监督局 1997-06-03 批准

1997-12-01 实施

3 方法提要

3.1 方法 A 和方法 B:在这两种方法中,具有不同温度的两只金属探针接触试样后,在两只探针间产生热电势信号,依此可检验出试样的导电类型。当试样为 n 型时,相对于较冷的探针,较热的探针呈现为正极,若为 p 型,则呈现为负极。用一只中心刻度为零的电压表或微安表,可观察到这种极性指示。由于最大温差发生在加热或致冷的探针周围,因此所观察到的信号极性是由这两只探针接触试样部分的导电类型所决定的。

3.2 方法 C:本方法通过半导体—金属点接触的电流方向,可确定半导体的导电类型。当半导体试样为负极时,金属点接触与 n 型半导体间会有电流通过。将一个交变电压加在半导体—金属点接触和另一个大面积欧姆接触之间,则在中心刻度为零的微安表、示波器和曲线示踪仪上可观察到电流的方向。由于在半导体—金属点接触处出现整流现象,而在大面积欧姆接触处则不会发生,因此电流的方向是由半导体—金属点接触处试样的导电类型所决定的。

3.3 方法 D₁:本方法用点接触反向偏置所需的电压极性来确定试样的导电类型。在接触试样的两个触点间加一个交变电压,在上半个周期内,一个触点会反向偏置,并承受大部分电压降。在紧接着的下半个周期内,这个触点将是正向偏置,与上半个周期相比,触点上的电压降要小得多,这相互起伏的电压降中有直流分量,而该直流分量,通过第三个触点可检测出。

3.4 方法 D₂:在试样上使一对触点 1-2 间通一个交变电流,这样在试样上建立了一个热梯度。由另一对触点 3-4 可检测出该热梯度形成的热电势。对于 n 型材料,触点 3 是较热的,相对于触点 4,触点 3 将呈正电位;而对于 p 型材料,相对于触点 4,触点 3 将呈现为负电位。

注:方法 D₂ 文中的“1、2、3、4”是如图 7 所示探针顺序号。

4 干扰因素

4.1 方法 A——热探针法

4.1.1 一些高电阻率的硅和锗试样,由于其电子迁移率高于空穴迁移率,在热探针的温度下大多呈现为本征半导体材料。因此,在此温度下其热电势总是负的。

4.1.2 热探针上覆盖有氧化层,会造成不可靠的测试结果。

4.1.3 探针压力不足,室温电阻率高于 $40 \Omega \cdot \text{cm}$ 的 n 型锗材料,会呈现 p 型导电类型。

4.2 方法 B——冷探针法

4.2.1 应使冷探针上不结冰。在通常大气环境下长期使用,冷探针上结冰后,发现得出错误的结果。

4.2.2 冷探针上覆盖有氧化层,会造成不可靠的测试结果。

4.2.3 探针压力不足,室温电阻率高于 $20 \Omega \cdot \text{cm}$ 的 n 型锗材料,会呈现 p 型导电类型。

4.3 方法 C——整流法

4.3.1 该方法表示的是试样原始表面的导电类型。试样表面若有氧化层,相当于其表面有一层绝缘层,其结果会导致电压表无指示。

4.3.2 若大面积欧姆接触不稳定,有时会使表头读数相反;点接触压力较重,可使大面积欧姆接触变成了一个良好的整流接触,也可使表头读数相反。

4.3.3 手或其他物品接触试样所引起的寄生干扰会导致错误读数。

4.3.4 不推荐使用化学腐蚀试样表面的方法。各种腐蚀剂和腐蚀操作会引起试样表面特征不可控制的变化。

4.4 方法 D——全类型

4.4.1 对于电阻率低的材料,使用方法 D₁ 测定其导电类型时,由于输出信号低,可导致完全错误的结果。对于硅材料,如果输出信号低于 0.5 V ,不推荐采用方法 D₁。

4.4.2 对于电阻率很高的材料,热探针法 D₂,也可能导致完全错误的结果。

4.5 若有强光照射试样,以上各种方法均有可能得出错误的读数,特别是对高阻试样更是如此。

4.6 周围的高频电场也会引起寄生整流,导致错误的结果。

5 材料

5.1 蒸馏水或去离子水,在 25℃时水的电阻率高于 $2 \text{ M}\Omega \cdot \text{cm}$ 。

5.2 冷却剂:液氮、干冰与丙酮的混合物或其他冷却剂。建议采用液氮为冷却剂。

5.3 无油氮气或无油氩气。

5.4 不锈钢丝棉或其他等同材料。

6 测量装置

6.1 方法 A

热探针法测量装置由以下几部分组成(见图 1)。

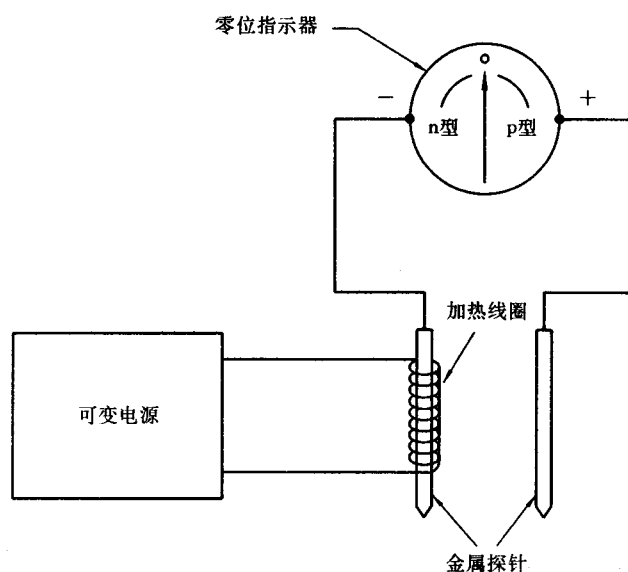


图 1 热探针热电势法测定导电类型的装置示意图

6.1.1 两只探针,选用不锈钢或镍材料制作,每只探针针尖成 60° 的锥体,其中一只探针杆上绕有 $10 \sim 20 \text{ W}$ 的加热线圈,使加热线圈与探针绝缘。对室温电阻率大于 $40 \Omega \cdot \text{cm}$ 的锗材料,探针采用铅或石墨制作,热探针温度高于室温 5°C 左右。

6.1.2 调压电源,能使热探针的温度加热到 $40 \sim 60^\circ\text{C}$ 。

6.1.3 零位指示器,其偏转灵敏度不低于 $1 \times 10^{-9} \text{ A/mm}$ 。

6.1.4 温度传感器,用于测量热探针温度。

6.2 方法 B

冷探针法装置由以下几部分组成(见图 2)。

6.2.1 两只探针,用铜材或铝材制作,针杆用酚醛等材料绝缘,其中一只探针的热容量至少是 15 g 铝的热容量。将探针在液氮中浸一下,在 25°C 的环境下,探针能在不高于 -40°C 下保持约 5 min 。探针尖夹角为 60° ,接触半径为 $20 \mu\text{m}$ 。

6.2.2 零位指示器,同 6.1.3。

6.3 方法 C

整流法装置由以下几部分组成(见图 3、图 4 和图 5)。

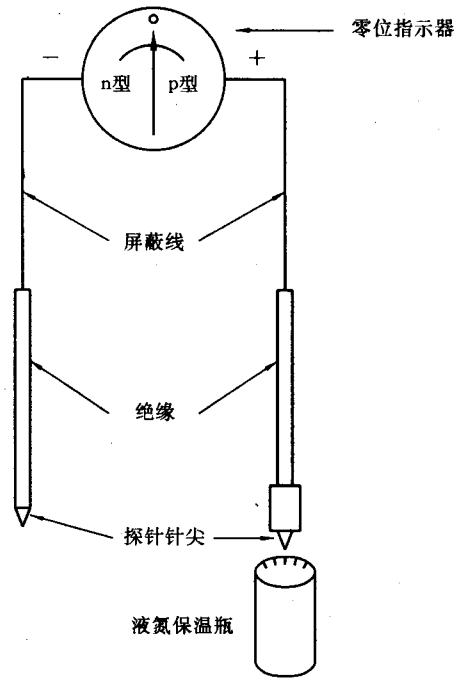


图 2 冷探针热电势法测定导电类型的装置示意图

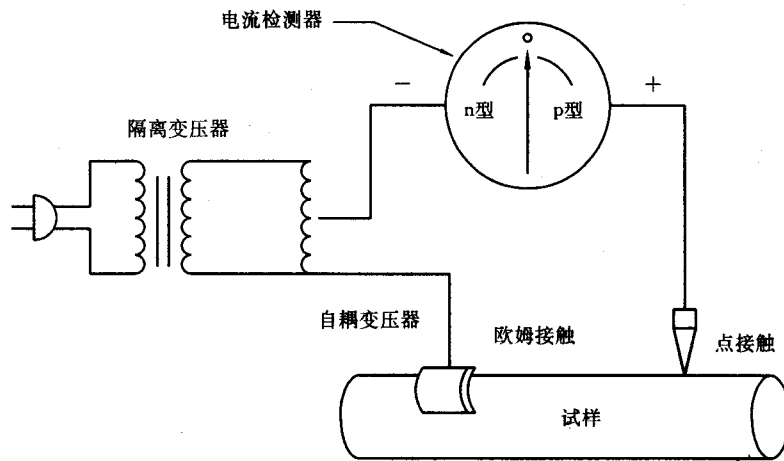


图 3 电流检测器和点接触整流法测定导电类型装置示意图

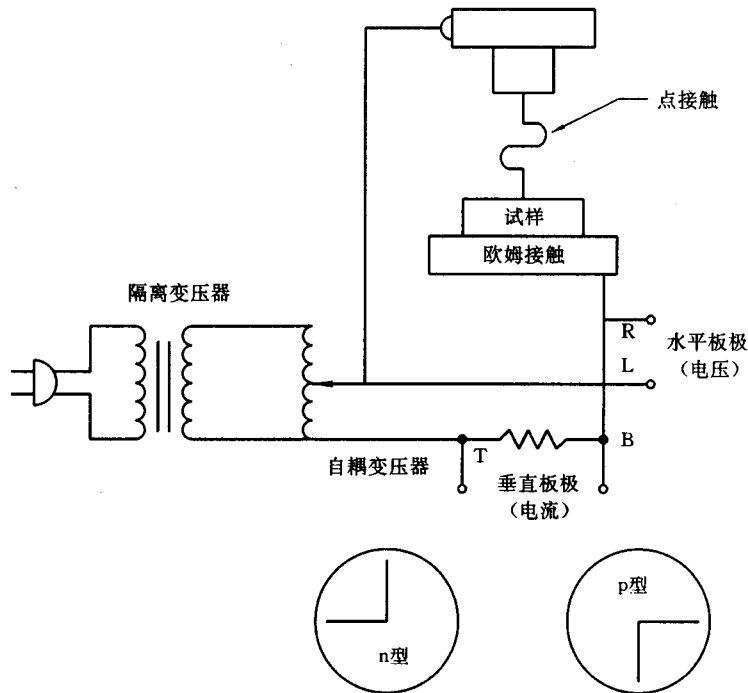


图 4 示波器显示和点接触整流法测定导电类型装置及典型显示图形示意图

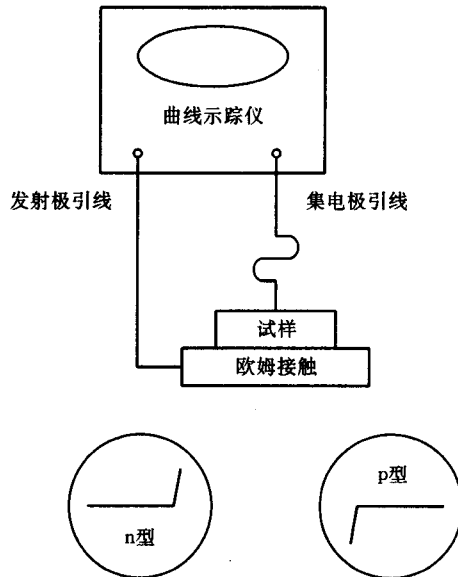


图 5 曲线示踪仪和点接触整流法测定导电类型装置及典型显示图形示意图

注：要得到完整的整流特性，必须手动变换曲线示踪仪的极性。

- 6.3.1 自耦变压器，能使 50 Hz 或 60 Hz 的 0~15 V 电压加到待测试样上(见图 3、图 4)。
- 6.3.2 隔离变压器，见图 3、图 4。
- 6.3.3 探针用铜、钨、铝或银等合适的导体制成，探针一头呈锥形，接触半径不大于 50 μm。
- 6.3.4 大面积欧姆接触器，采用铝箔或铜箔等软性导体和弹簧夹具或其他类似方式构成。
- 6.3.5 电流检测器(见图 3)，检测器表头中心刻度为零，其满刻度灵敏度至少要优于 200 μA，一只示波器(见图 4)或曲线示踪仪(见图 5)。
- 6.4 方法 D₁
 - 全类型整流法装置由以下几部分组成(见图 6)。
 - 6.4.1 三只探针，可采用 GB/T 1552 中直排四探针的三只探针。

6.4.2 交流电源,电压为 6~24 V,一般采用 12.6 V,限制最大电流不大于 1.0 A。

6.4.3 零位指示器,其灵敏度优于 10^{-7} A/mm,与 1 M Ω 电阻串联后至少应有 0.1 V/mm 的分辨率或采用极性指示的数字电压表(DVM),其分辨率优于 0.1 V/单位刻度。

6.5 方法 D₂

全类型热电动势法装置由以下几部分组成(见图 7)。

6.5.1 直排四探针同 GB/T 1552 中测试电阻率用的四探针。

6.5.2 零位指示器,灵敏度优于 10^{-9} A/mm,或极性指示数字电压表,精度优于 100 μ V/单位刻度。

6.5.3 交流电源,电压为 6~24 V,限制电流不超过 1.0 A。

6.6 挡板,测试过程中用于遮挡光线,防止光线照射试样。

6.7 试样高频屏蔽装置,需要时要联接好导线。

6.8 研磨或喷砂设备。

7 试样要求

7.1 试样表面应清洁,无沾污或氧化层。

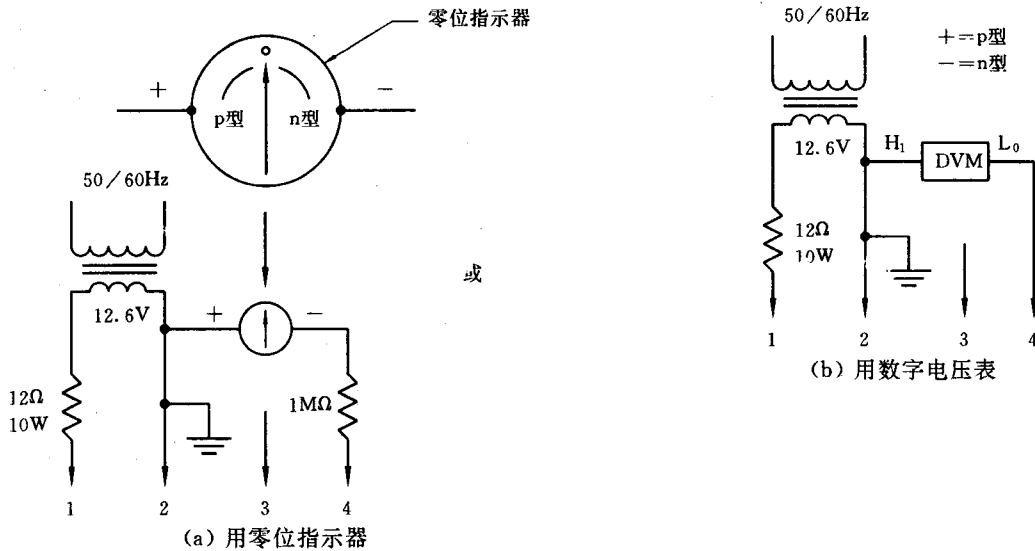


图 6 全类型整流法测定导电类型装置示意图

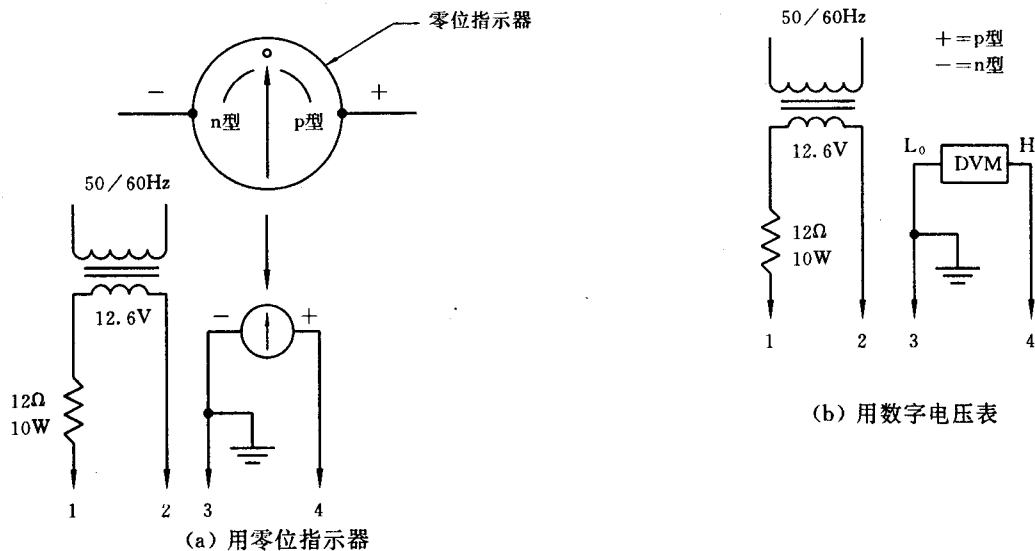


图 7 全类型热电动势法测定导电类型装置示意图

7.2 若试样表面有外来物质沾污,应进行如下处理:

- a) 用研磨或喷砂的方法适当处理试样表面;
- b) 将处理后的试样用水冲洗;
- c) 用无油、干燥的氮气或氩气吹干试样;
- d) 将试样保存在清洁的环境中。

8 测试步骤

8.1 方法 A——热探针法

8.1.1 验证热探针是否接于零位指示器的负极。

8.1.2 用材料(5.4)抛光热探针尖,除去其表面氧化层。

8.1.3 将热探针加热到 40~60℃,用测温装置(6.1.4)测其温度。

8.1.4 使两只探针的间距在几毫米之内,在不损伤薄硅片的情况下将其支撑,将两只探针向下稳稳地压到试样上。

8.1.5 观察零位指示器指针的偏转情况。若指针向正方向偏转,则试样则为 p 型,向负方向偏转,试样为 n 型。

8.1.6 在试样表面的测试区域上移动探针,测定其导电类型。

8.2 方法 B——冷探针法

8.2.1 验证冷探针是否接于零位指示器的正极。

8.2.2 将冷探针在冷却剂中浸约 5 min。

8.2.3 按 8.1.4~8.1.6 条进行测试。

8.3 方法 C——整流法

8.3.1 验证电路联接是否与图 3、图 4 或图 5 一致。

8.3.2 将大面积欧姆接触器放在清洁的试样上,并固定好。

8.3.3 用小于 49 N 的力,加到点接触探针上。

8.3.4 如采用零位指示器,点接触探针必须接于指示器正极。若指示器的指针偏向正极,则试样为 p 型;若指针偏向负极,则为 n 型。如果指针偏转不稳定,则不适宜采用该方法测定。如采用示波器显示,则按图 4 中所示的整流特性测定导电类型。如采用曲线示踪仪,则把接触探针接到示踪仪的集电极端,把欧姆接触器接到示踪仪的发射极端,调节示踪仪上的刻度调节钮,直到能看到整流特性曲线时,按图 5 中所示,测定试样导电类型。

8.3.5 在试样表面的测试区域上移动点接触探针,测定试样的导电类型。

8.4 方法 D——全类型整流法 D₁ 和全类型热电势法 D₂

8.4.1 验证一只探针是否按整流法 D₁(见图 6)联接好,探针的另一端接交流电源和零位指示器的正极或数字电压表的高阻抗端。

8.4.2 在不损坏薄硅片的情况下支撑硅片,将探针与试样接触。

8.4.3 观察零位指示器指针偏转情况或数字电压表读数。若指针指示为正,则试样为 p 型;若指示为负,则为 n 型。如果零位指示器指示值小于 0.5 μA 或数字电压表的读数小于 500 mV,就不能用方法 D₁ 进行测试。

8.4.4 如果用方法 D₁ 不能测定,则改用方法 D₂ 测定。将探针按图 7 所示联接好,3 号探针尖靠近热源。热源是由 1、2 探针间通入电流方法产生的。将 3 号探针接到零位指示的负极或数字电压表的低阻端,使探针与试样接触,观察零位指示器指针偏转情况或观察数字电压表的读数,若指示为正,试样则为 p 型;指针为负,则为 n 型。

8.4.5 在试样表面的测试区域上移动探针,确定材料的导电类型。

9 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 试样名称和编号；
 - b) 试样数量；
 - c) 测得的试样的导电类型，如果试样导电类型为混合型，应定量地画出所测不同导电类型的轮廓；
 - d) 本标准编号；
 - e) 检测人员及检测日期。
-

版权专有 不得翻印

*

书号：155066·1-14168

定价： 8.00 元

*

标目 321—09