

非本征半导体单晶霍尔迁移率和
霍尔系数测量方法

UDC 621.315
.592:621
.317.3
GB 4326-84

Extrinsic semiconductor single crystals
—measurement of Hall mobility and Hall coefficient

本标准适用于在非本征半导体单晶试样中确定载流子霍尔迁移率。为获得霍尔迁移率必须测量电阻率和霍尔系数，因此本标准也分别适用于这些参数的测量。

本方法仅在有限的范围内和对锗、硅和砷化镓进行了实验室测量，但该方法也可适用于其他半导体单晶材料。所述的测量技术至少适用于室温电阻率高达 $10^4 \Omega\text{cm}$ 的试样。

1 术语

1.1 电阻率

1.1.1 电阻率是材料中平行于电流的电位梯度与电流密度之比。电阻率应在零磁通下测定。

1.1.2 电阻率是材料中直接测量的量。在具有单一类型载流子的非本征半导体中，电阻率与材料基本参数的关系如下：

$$\rho = (ne\mu)^{-1} \dots\dots\dots (1)$$

- 式中： ρ ——电阻率， $\Omega\cdot\text{cm}$ ；
- n ——载流子浓度， cm^{-3} ；
- e ——电子电荷值，C；
- μ ——载流子迁移率， $\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 。

必须指出，对于本征半导体和某些P型半导体如P-Ge（存在两种空穴），式（1）显然是不适用的，而必须采用如下关系式：

$$\rho = \sum_i (n_i e \mu_i)^{-1} \dots\dots\dots (2)$$

式中 n_i 和 μ_i 表示第*i*种载流子相关的量。

1.2 霍尔系数

1.2.1 在各向同性的固体上同时加上互相垂直的电场和磁场，则载流子在第三个互相垂直的方向上偏转，在试样两侧建立横向电场，称之为霍尔电场（见图1）。

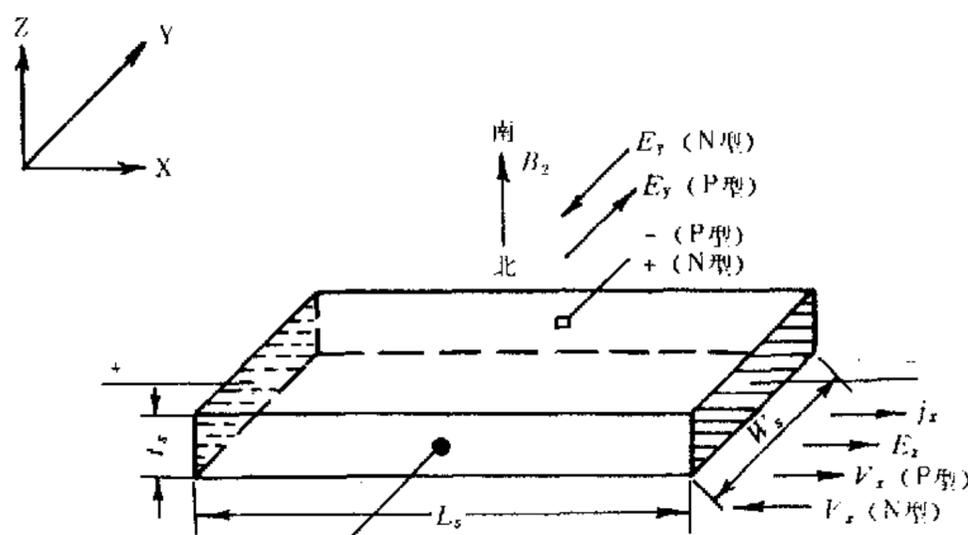


图 1 霍尔效应符号规定

1.2.2 霍尔系数是霍尔电场对电流密度和磁通密度之积的比。

$$R_H = E_Y / J_X \cdot B_Z \dots\dots\dots (3)$$

式中: R_H ——霍尔系数, cm^3/C ;
 E_Y ——横向电场, V/cm ;
 J_X ——电流密度, $\text{A} \cdot \text{cm}^{-2}$;
 B_Z ——磁通密度, Gs 。

1.2.3 对于主要是电子传导的N型非本征半导体, 霍尔系数是负的; 而对于主要是空穴传导的P型非本征半导体, 霍尔系数是正的。

1.2.4 霍尔系数是材料中可直接测量的量。在具有单一型号载流子的非本征半导体中, 霍尔系数与材料基本参数的关系如下:

$$R_H = r / n \cdot q \dots\dots\dots (4)$$

式中: R_H ——霍尔系数, cm^3/C ;
 r ——霍尔因子;
 n ——载流子浓度, cm^{-3} ;
 q ——载流子电量, C 。

1.2.5 霍尔因子 r 是依赖于能带结构, 散射机构, 试样温度, 磁通密度和试样晶向的比例因子, 它的值通常接近于 1。在特定的情况下, 为了精确地由所测之霍尔系数测定载流子浓度, 要求详细的 r 值的资料, 但在许多情况下, 这些资料是不知道的, 只能估计 r 值。在进行比较测量时, 测量者应取一致的 r 值。在缺乏其他资料时, r 通常可以取 1。

1.3 霍尔迁移率

1.3.1 霍尔迁移率是霍尔系数的绝对值与电阻率之比。

$$\mu_H \equiv |R_H| / \rho \dots\dots\dots (5)$$

式中: μ_H ——霍尔迁移率, $\text{cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$;
 $|R_H|$ ——霍尔系数的绝对值, $\text{cm}^3 \cdot \text{C}$;
 ρ ——电阻率, $\Omega \cdot \text{cm}$ 。

1.3.2 仅在一种载流子系统的情况下，霍尔迁移率才具有实际的物理意义。在这样的系统中，霍尔迁移率 μ_H 与电导迁移率之间存在如下的关系：

$$\mu_H = r\mu \dots\dots\dots (6)$$

式中： μ ——电导迁移率， $\text{cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

只有当已知 r 值的情况下，根据霍尔系数和电阻率的测量值能够得到载流子迁移率的精确值。

1.4 单位

为了将习惯上使用的不同单位制的量协调一致，必须以 $\text{V} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-2}$ 表示磁通密度，即：

$$1 \text{V} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^{-2} = 10^8 \text{Gs}$$

2 试样的制备和要求

2.1 取样

试样自单晶锭切下，并按要求加工成所需的形状。应注意检查试样必须是完全的单晶。

2.2 研磨

一般切好的试样，应用M28 - M20的氧化铝或碳化硅磨料浆研磨。对切割平整度足够好的试样，亦可不经研磨。试样表面应具有一均匀无光泽的光洁度，然后用洗涤剂洗净或用有机溶剂经超声清洗，再在纯水中冲净。

2.3 试样的形状

试样形状可用机械加工工艺如超声切割，研磨切割或锯等方法，加工成所需的形状——平行六面体、桥形或圆片形状。

2.3.1 平行六面体试样的图形示于图2(a)。试样的总长要在1.0~1.5cm之间，长宽比应大于5，至少不要小于4。

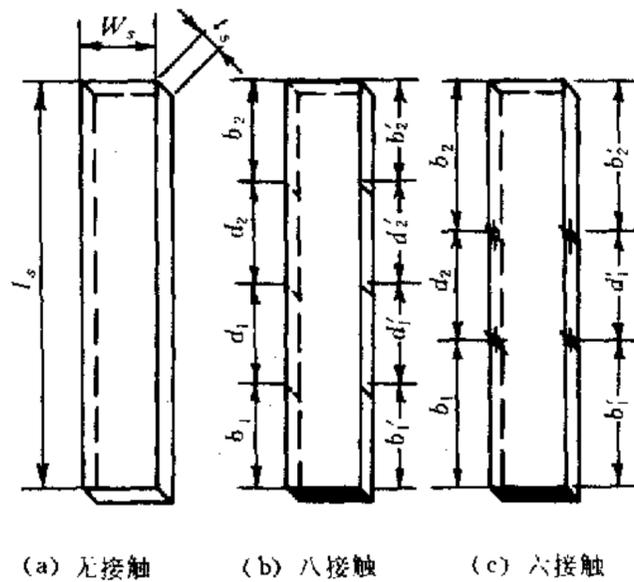


图 2 典型的平行六面体试样

2.3.2 桥形试样的图形示于图3，图中所示的任何一种接触图形。

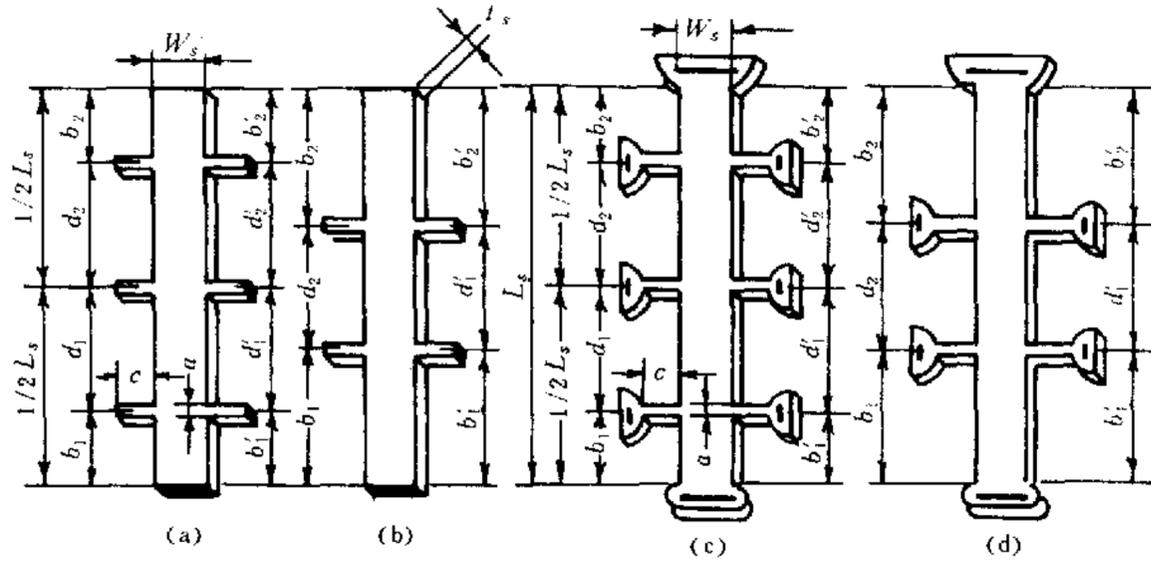


图 3 典型的桥型试样

2.3.2.1 八接触试样——对试样几何尺寸作如下要求，见图3 (a) 和 (c)：

$$\begin{aligned}
 L_s &\geq 4W_s \\
 W_s &> 3a \\
 b_1, b_2 &> W_s \\
 t_s &< 0.1\text{cm} \\
 C &> 0.1\text{cm} \\
 1.0\text{cm} &< L_s < 1.5\text{cm} \\
 b_1 &= b'_1 \pm 0.005\text{cm} \\
 d_1 &= d'_1 \pm 0.005\text{cm} \\
 d_2 &= d'_2 \pm 0.005\text{cm} \\
 b_1 + d_1 &= \frac{1}{2}L_s \pm 0.005\text{cm} \\
 b'_1 + d'_1 &= \frac{1}{2}L_s \pm 0.005\text{cm} \\
 b_1 &\approx b_2 \\
 d_1 &\approx d_2
 \end{aligned}$$

2.3.2.2 六接触试样——对试样几何尺寸作如下要求，见图3 (b) 和 (d)：

$$\begin{aligned}
 L_s &\geq 5W_s \\
 W_s &> 3a \\
 b_1, b_2 &> 2W_s \\
 t_s &< 0.1\text{cm} \\
 1.0\text{cm} &< L_s < 1.5\text{cm} \\
 b_1 &= b'_1 \pm 0.005\text{cm} \\
 b_2 &= b'_2 \pm 0.005\text{cm} \\
 d_2 &= d'_1 \pm 0.005\text{cm} \\
 b_1 &\approx b_2
 \end{aligned}$$

2.3.3 薄片试样——可以是任意形状的，但推荐图4的对称图形的形状。如果把电极制备在同一面内，必须使用图4 (b) 所示的图形。试样必须是完全无孔洞的。尺寸范围是：

$$\begin{aligned}
 L_p &> 1.5\text{cm} \\
 t_s &< 0.1\text{cm}
 \end{aligned}$$

其中 L_p 是试样的周长。在测量各向异性材料时不推荐这种试样形状。

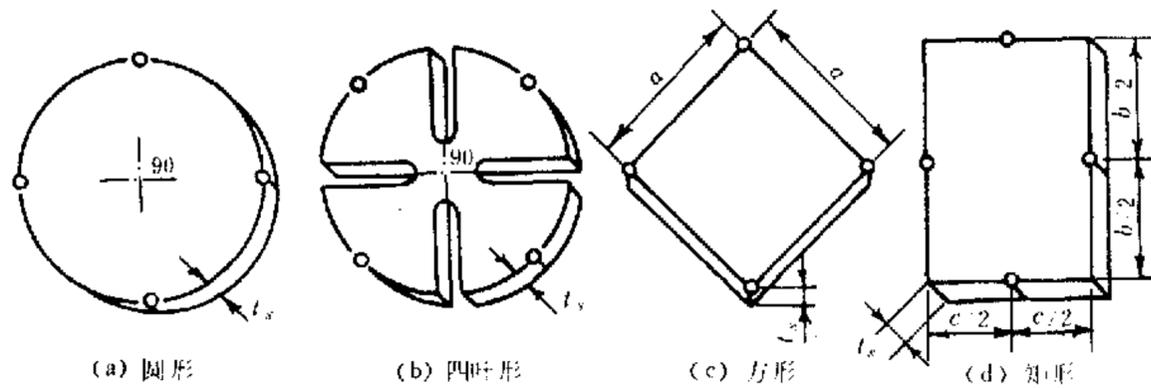


图4 典型对称的薄片试样

2.4 腐蚀

对已成形的试样洗净后需经腐蚀。

2.4.1 对锗：推荐使用的腐蚀液是一份过氧化氢，一份氢氟酸和四份纯水的混和液，在 $25 \pm 5^\circ\text{C}$ 下腐蚀 3 ~ 5 min。

2.4.2 对硅：推荐使用的腐蚀液是氢氧化钾溶液，在 90°C 下腐蚀 3 ~ 5 min。

2.4.3 对砷化镓：推荐使用的腐蚀液是五份氢氧化钠和一份过氧化氢的混和液，在沸点时腐蚀 3 ~ 5 min。

2.4.4 推荐的纯水在 25°C 下电阻率应大于 $2\text{ M}\Omega$ ；推荐的过氧化氢浓度为 30%；氢氧化钾的浓度为 82%；氢氧化钠的浓度为 95%；氢氟酸的浓度为 40%；硝酸的浓度为 65%。

2.5 电极的制备

经腐蚀后的试样必须冲洗干净，然后用下述方法制备电极。

2.5.1 对锗：利用氯化锌焊剂敷锡—铜或铜焊料。

2.5.2 对硅：仅在接触的区域用腐蚀液 CP-4A 腐蚀，不超过 15 s。或用腐蚀液： HNO_3 : $\text{HF} = 10:1$ 的混和液腐蚀不超过 1 min，用水清洗，用浓氢氟酸清洗，再用去离子水清洗。用镀、溅射或蒸发技术涂敷金属接触。对 P 型硅用金或铝，对 N 型硅用镍等。必要时可用低功率特斯拉线圈通过接触放电以制备更好的欧姆接触。

2.5.3 对砷化镓用腐蚀液 $\text{H}_2\text{O}_2 : \text{HF} : \text{H}_2\text{O} = 1:1:4$ 的混和液腐蚀不超过 10 s，并用清水洗净。涂铜并在氮氢混和气氛中， 500°C 下烘烤几秒钟。或用电镀、溅射和蒸发技术涂敷金属如金和铑的接触，使低功率特斯拉线圈放电，然后涂铜。也可用涂掺锡的铜焊料（对 N 型砷化镓）和涂掺锌的镉焊料（对 P 型砷化镓）用超声工具涂敷。

2.5.4 对平行六面体试样，电极应完全覆盖用电流接触的试样两端。其他电位电极的宽度应小于 0.02 cm 。不论是何形状，电极配制应尽可能精确。

2.5.5 对薄片试样，保持接触尺寸要尽可能的小。通常电极应置于试样边缘，其线度不要大于 $0.01L_p$ 。如果电极必须放置在一个平面上，它应尽可能小，并尽量靠近边缘位置，对有限尺寸的修正因子，由范德堡给出。

3 设备

3.1 片子制备的设备

3.1.1 推荐使用内圆切片机和高精度的外圆切片机。

3.1.2 研磨设备适用于制备平坦的金相试样及辅助夹具。

3.2 腐蚀设备

适用于酸（包括氢氟酸）和溶剂使用的化学实验室及相应的仪器设备。

3.3 使试样成形的设备

包括高精度外圆切片机，超声加工机床和腐蚀切割设备，使用的冲模应保持试样尺寸公差在 $\pm 1\%$ 的范围内。

3.4 试样的几何尺寸测量设备

3.4.1 厚度测量仪器推荐千分尺、外径千分尺和分度电子厚度计等。要求试样厚度测量精度达 $\pm 1\%$ 。

3.4.2 宽度和长度测量仪器，推荐使用带有刻度和分度机械镜台的显微镜。要求试样的宽度和长度的测量精度达 $\pm 1\%$ 。

3.5 制备电极接触的设备

普通或超声烙铁，适用于金、铝、镍等的电镀、溅射或蒸发设备；低功率特斯拉线圈等。

3.6 定向设备

对于要求沿特定晶面切割试样的情况下，应使用X光定向设备或光学定向设备。

3.7 磁体

一个经校准过的磁体，能对放置其中的试样面积上提供均匀达 $\pm 1\%$ 的磁通密度。磁通方向必须能反转。磁通密度的精确度要求达到 $\pm 1\%$ 。这种磁体可以是电磁体、永久磁体。电磁体可以是有磁靴的电磁铁，也可以是没有磁靴的螺旋管。在使用电磁体时，应有相应的设备保证在测量时其磁通密度的稳定度在 $\pm 1\%$ 。

3.8 电子设备

3.8.1 能在测量时维持通过试样电流恒定达 $\pm 0.5\%$ 的电流源，这可以是电子调节电源，也可以是大于10倍试样总阻（包括接触电阻）的电阻串连电池构成。要求电流的大小要小于在试样上建立1 V/cm电场的电流。

3.8.2 具有和试样电阻同量级电阻的标准电阻器，其值必须已知到 $\pm 0.1\%$ 。

3.8.3 电压测量推荐使用高精度和高输入阻抗的数字电压表。电压测量精确度要求优于 $\pm 0.5\%$ ，仪器的输入阻抗应是被测试样总阻的 10^3 倍以上。也可以使用符合这种要求的电位差计、电子管伏特计和静电计。

3.8.4 适用于电流反向，相应电压读数的变化和顺次把不同的电位导线接到测量电压装置的转换装置。

3.8.5 确定电极接触性质的晶体管图示仪。

3.9 环境控制装置

3.9.1 试样架应置于磁场的中心。对于需要在低温下测量的，试样架可置于杜瓦瓶之中，或试样直接安在低温制冷机冷头上。低温容器宜用玻璃、金属或泡沫聚苯乙烯。采用金属杜瓦瓶必须由非磁性材料构成。由于这样的材料的存在，在试样位置上磁通密度值的变化不大于 $\pm 1\%$ 。

3.9.2 在测量过程中温度检测器和试样温度监控设备，包括铜-康铜热电偶、铂电阻温度计或其他元件。在为获得液氮温度至室温范围的浓度与温度关系时，温度的测量精度应优于 $\pm 0.5\text{k}$ 。对于更低温度的测量，要求温度测量精度达到 $\pm 0.05\text{k}$ 。在测量过程中，温度稳定度应达到测温精度相同的数值。

3.9.3 试样放在不透明的容器中，并保持试样周围绝热，在作低温测量时，试样架必须既能遮光又能屏蔽室温幅射。在进行不同于室温的测量时试样架必须考虑因微小膨胀对试样产生机械应力。

对于试样不直接浸泡在冷却液中的情况，为使试样和绝热容器壁之间进行热交换以冷却试样，可把压力大于100托的惰性气体，最好是氦气，通入容器。

3.10 定位装置

为了使试样平面与磁通方向严格垂直，应考虑用机械定位或电学定位的方法确定之。

4 测量程序

4.1 试样的安装

将制备好电极的试样，放在试样架上，并接通连线。要注意试样平面应与磁通方向严格垂直。

4.2 电阻率测量

在零磁场恒温条件下测量，使用有磁靴的电磁铁时，要求剩磁通密度必须小到完全不影响电阻率测量。

4.2.1 平行六面体和桥形试样按图 5 连接试样，测量试样的温度。将接触选择器置于 1、2 和 4，测量电压降 $V_1(+I)$ ， $V_2(+I)$ 和 $V_4(+I)$ ，检验电流的稳定性，改变电流方向重复测量 $V_1(-I)$ ， $V_2(-I)$ 和 $V_4(-I)$ ，检验电流的稳定性，两次测量的电压偏离不大于 0.5%。测量试样温度，检验温度稳定性，若两次温度相差在允许范围之外，则应使温度稳定后重复上述过程。

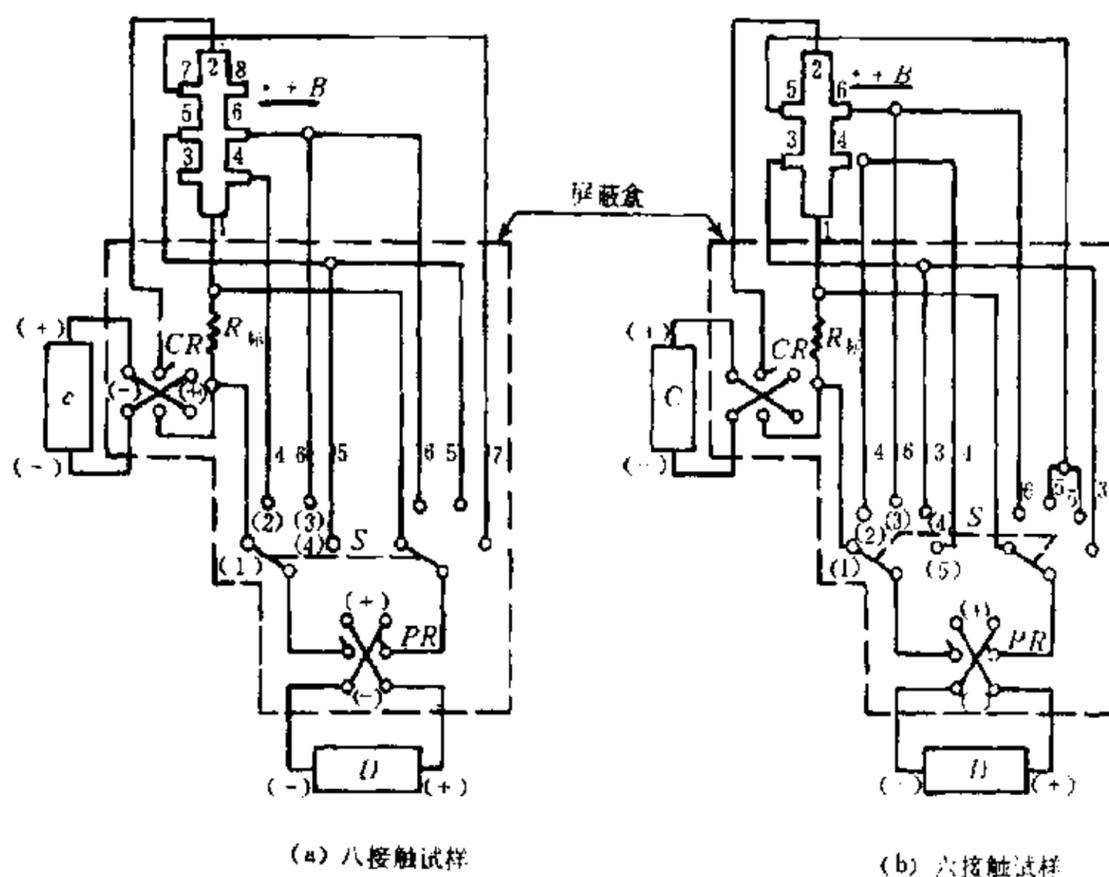


图 5 测量桥型和平行六面体试样的电路

C—恒流源； R_n —标准电阻； CR—电流换向开关；
 D—电位差计检流计系统（或数字电压表）； PR—电位换向开关； S—电位选择开关

4.2.2 薄片试样按图 6 连接试样。将电位选择器首先测量跨在标准电阻上的电位降 $V_s(+I)$ ，而后接触选择器接通位置 1、2、3 和 4，测量 $V_1(+I)$ ， $V_2(+I)$ ， $V_3(+I)$ 和 $V_4(+I)$ ，检验电流稳定性，电流换向，重复上述过程。如前检验电流稳定性。重复测量温度，以检查温度稳定性。若两次温度相差在允许范围之外，则应使温度稳定后重复上述过程。

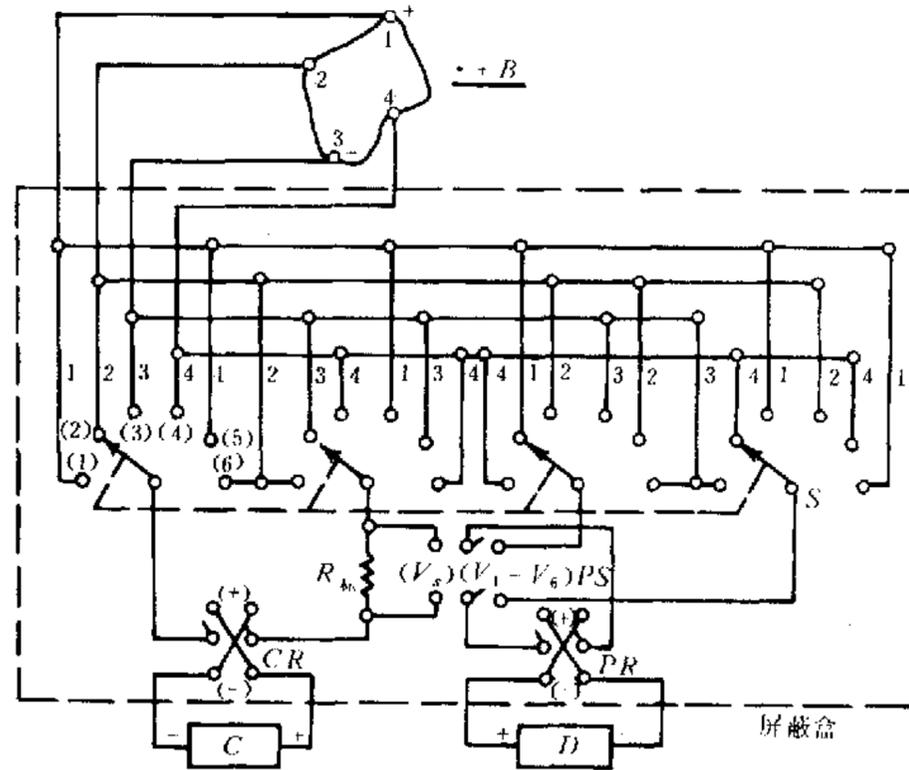


图 6 测量薄片试样的电路

C—恒流源； R_k —标准电阻；CR—电流换向开关；
D—电位差计检流计系统（或数字电压表）；S—接触选择开关；PS—电位选择开关

4.3 霍尔测量

如果使用有剩磁的电磁铁提供磁通，则遵循下述适当的程序；如果使用已知磁通密度的永久磁体，或已标有电流和磁通密度关系并无剩磁的电磁体时，则可省去磁通密度的测量。

4.3.1 平行六面体或桥形试样按图 5 连接试样。测量试样的温度。接通磁通并调节到所要求的正磁通密度值，测量磁通密度。在正向电流的情况下，选择器接通位置 1 [$V_1 (+I, +B)$]，位置 3 [$V_3 (+I, +B)$] 和（对六接触试样）位置 5 [$V_5 (+I, +B)$]，测量电位降。为了检查电流的稳定性，在转换到位置 1 时，重复测量电压降。如果第二次测量的 V_1 偏离第一次的大于 0.5%，则要检查设备作必要的改变，重复这个程序直到规定的稳定性。电流反方向并重复得到 $V_1 (-I, +B)$ ， $V_3 (-I, +B)$ 和（对六接触试样） $V_5 (-I, +B)$ 的测量。为了校验磁通的稳定性，重复测量磁通密度。如果第二次磁通密度偏离第一次的大于 1%，作必要的改进，并重复这个程序直到规定的稳定性。然后使磁通方向改变 180° ，并调节它到同一磁通密度 ($\pm 1\%$)，测量磁通密度重复得到 $V_1 (-I, -B)$ ， $V_3 (-I, -B)$ ，和（对六接触试样） $V_5 (-I, -B)$ 的电位测量。如前检验电流的稳定性，电流反向，并重复得到 $V_1 (+I, -B)$ ， $V_3 (+I, -B)$ 和（对六接触试样） $V_5 (+I, -B)$ 的测量。如前检查电流和磁通密度的稳定性。并如前检查温度的稳定性，若两次温度相差在允许范围之外，则应使温度稳定后重复上述过程。

所有的电位差符号和数值必须确定并记录。

4.3.2 薄片试样按图 6 连接试样，测量试样温度，接通磁通并调节到要求的正磁通密度值，测量磁通密度。在正向电流下，首先测量 $V_s (+I, +B)$ ，然后在接触选择器接通位置 5 和位置 6 时，测量跨在试样上的电位降 $V_5 (+I, +B)$ 和 $V_6 (+I, +B)$ 。改变电流方向重测 $V_s (-I, +B)$ ， $V_5 (-I, +B)$ 和 $V_6 (-I, +B)$ 。改变磁通方向，并调到原有的磁通密度值，重复测 $V_s (-I, -B)$ ， $V_5 (-I, -B)$ ， $V_6 (-I, -B)$ 。改变电流方向，重复测量 $V_s (+I, -B)$ ， $V_5 (+I, -B)$ ， $V_6 (+I, -B)$ 。在测量中随时检验电流稳定性要求变化小于 $\pm 0.5\%$ ，和磁通密度的稳定性，要求变化小于 $\pm 1\%$ ，如前检查温度的重复性，若两次测量温度相差在允许范围外，则应使温度稳定后重复上述过程。

5 结果计算

5.1 平行六面体或桥形试样

5.1.1 电阻率计算。某一对电导电极间电阻率 ρ_A ($\Omega \cdot \text{cm}$) 由下式给出:

$$\rho_A = \frac{1}{2} \left[\frac{V_2(+I)}{V_1(+I)} + \frac{V_2(-I)}{V_1(-I)} \right] \cdot R_s \cdot W_s \cdot t_s / d_1 \quad \dots\dots\dots (7)$$

另一对电导电极之间电阻率 ρ_B ($\Omega \cdot \text{cm}$) 由下式给出:

$$\rho_B = \frac{1}{2} \left[\frac{V_4(+I)}{V_1(+I)} + \frac{V_4(-I)}{V_1(-I)} \right] \cdot R_s \cdot W_s \cdot t_s / d_2 \quad \dots\dots\dots (8)$$

平均电阻率由下式给出:

$$\rho = \frac{1}{2} (\rho_A + \rho_B) \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中: 长度单位是厘米; 电阻单位是欧姆; 电位单位任意, 但必须一致。 ρ_A 和 ρ_B 如果不在 $\pm 10\%$ 之内相等, 说明试样存在着不符合需要的不均匀性, 这样的试样原则上应该舍弃, 而用均匀性符合需要的试样代之。

5.1.2 霍尔系数

霍尔系数 (R_H) (cm^3/C) 按式 (10) 计算。

$$R_H = 2.50 \times 10^7 \cdot \left[\frac{V_3(+I, +B)}{V_1(+I, +B)} + \frac{V_3(-I, +B)}{V_1(-I, +B)} - \frac{V_3(-I, -B)}{V_1(-I, -B)} - \frac{V_3(+I, -B)}{V_1(+I, -B)} \right] \cdot R_s \cdot t_s / B \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中: 长度单位是厘米; 电阻单位是欧姆; 电压单位任意, 但必须一致; B 的单位是高斯。对 N 型材料 R_H 是负的, 对 P 型材料 R_H 是正的。试样可测两个霍尔系数值, 取其平均。

$$R_H = \frac{1}{2} (R_{H_1} + R_{H_2}) \quad \dots\dots\dots (11)$$

如果 R_{H_1} 和 R_{H_2} 不在 $\pm 10\%$ 之内相等, 说明试样存在着不符合需要的不均匀性, 这样的试样原则上应舍弃, 而用均匀性符合要求的试样代之。

5.1.3 霍尔迁移率用式 (5) 计算。

5.2 薄片试样

5.2.1 电阻率计算。得到的数据可计算两个电阻率 ρ_A ($\Omega \cdot \text{cm}$) 和 ρ_B ($\Omega \cdot \text{cm}$) 值。

$$\rho_A = 1.1331 \cdot f \cdot t_s \cdot \left[\frac{V_1(+I) + V_2(+I)}{V_s(+I)} + \frac{V_1(-I) + V_2(-I)}{V_s(-I)} \right] \cdot R_s \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$\rho_B = 1.1331 \cdot f \cdot t_s \cdot \left[\frac{V_3(+I) + V_4(+I)}{V_s(+I)} + \frac{V_3(-I) + V_4(-I)}{V_s(-I)} \right] \cdot R_s \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中: 长度单位是厘米; 电阻单位是欧姆; 电压单位任意, 但必须一致。 f 是 Q_A 或 Q_B 的相关函数。

$$Q_A = \left[\frac{V_1(+I)}{V_s(+I)} + \frac{V_1(-I)}{V_s(-I)} \right] / \left[\frac{V_2(+I)}{V_s(+I)} + \frac{V_2(-I)}{V_s(-I)} \right] \quad \dots\dots\dots (14)$$

$$Q_B = \left[\frac{V_3(+I)}{V_s(+I)} + \frac{V_3(-I)}{V_s(-I)} \right] / \left[\frac{V_4(+I)}{V_s(+I)} + \frac{V_4(-I)}{V_s(-I)} \right] \quad \dots\dots\dots (15)$$

因子 f 在图 7 中表示为 Q 的函数, 如果 Q 小于 1, 则取它的倒数。

如果 ρ_A 和 ρ_B 不在 $\pm 10\%$ 之内相等, 说明试样存在着不符合需要的不均匀性, 这样的试样原则上应该舍弃, 而用均匀性符合需要的试样代之。

平均电阻率由下式给出:

$$\rho = \frac{1}{2} (\rho_A + \rho_B) \dots\dots\dots (15)$$

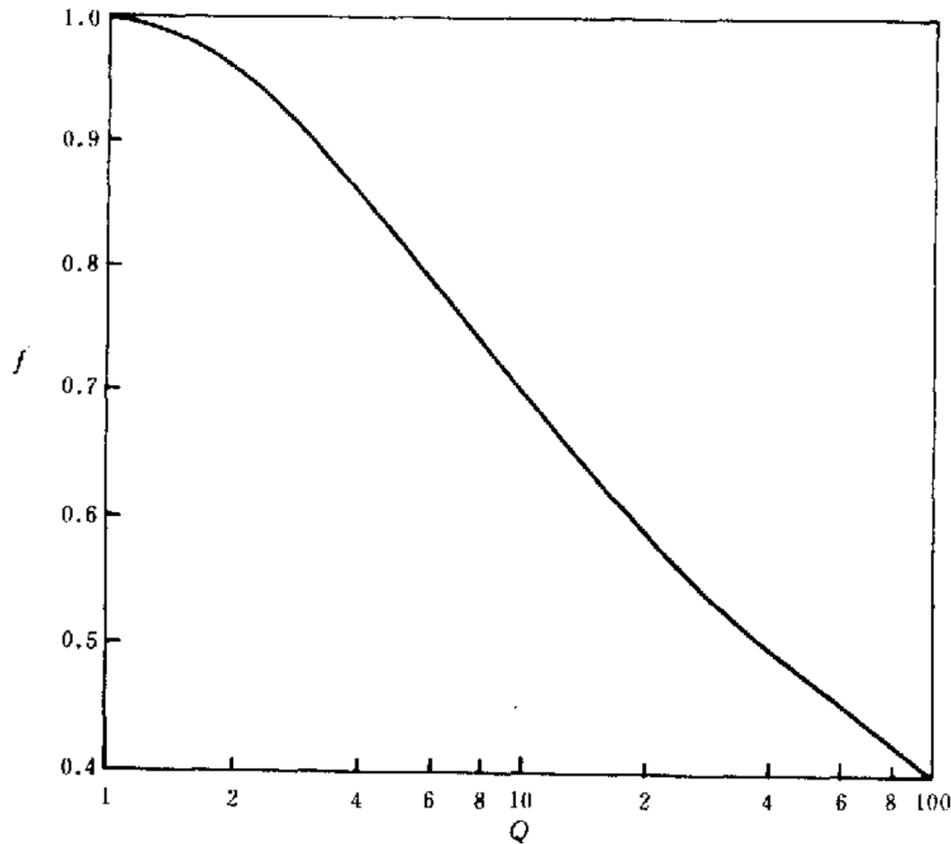


图 7 f 因子对 Q 的函数关系图

5.2.2 霍尔系数

霍尔系数 (R_{Hc} , R_{Hb}) (cm^3/C) 按式 (16)、(17) 计算。

$$R_{Hc} = 2.50 \times 10^7 \cdot \left[\frac{V_5(+I, +B)}{V_s(+I, +B)} + \frac{V_5(-I, +B)}{V_s(-I, +B)} - \frac{V_5(-I, -B)}{V_s(-I, -B)} - \frac{V_5(+I, -B)}{V_s(+I, -B)} \right] \cdot R_s \cdot t_s / B \dots\dots\dots (16)$$

$$R_{Hb} = 2.50 \times 10^7 \cdot \left[\frac{V_6(+I, +B)}{V_s(+I, +B)} + \frac{V_6(-I, +B)}{V_s(-I, +B)} - \frac{V_6(-I, -B)}{V_s(-I, -B)} - \frac{V_6(+I, -B)}{V_s(+I, -B)} \right] \cdot R_s \cdot t_s / B \dots\dots\dots (17)$$

式中：长度单位是厘米；电阻单位是欧姆；电压单位任意，但必须一致； B 的单位是高斯。如果 R_{Hc} 和 R_{Hb} 不在 $\pm 10\%$ 之内相等，说明试样存在着不符合要求的不均匀性，这样的试样原则上应该舍弃，而用均匀性符合需要的试样代之。

5.2.3 霍尔迁移率用式 (5) 计算。

6 注意事项

6.1 高的接触电阻可导致虚假的结果，因此电极的欧姆接触特性对测量是至关重要的。测量前应用 $V-I$ 特性测试仪对试样电极作欧姆特性检查。对接触的所有可能的组合，每次取两个并在两个极性上作充分的欧姆性质检查。当在一般的晶体管图示仪上观察时，在包括使用的实际电流的三个数量级上得到线性的 $V-I$ 特性，没有明显的弯曲。

6.2 光电导和光生伏特效应能严重影响所测电阻率，特别是对于接近本征的材料。所以被测试样应置于光屏蔽中。

6.3 在测量过程中要保证欧姆定律成立，材料电阻率不随电场变化。通常选择小于 1 V/cm 的电场。

由于试样中电场的作用，可出现少数载流子的注入，对于高寿命和高阻材料，这种注入导致在沿棒几厘米的距离内电阻率降低。在加很低电压时，重复测量能知有无载流子注入的情况。在没有注入时，不会发现电阻率变化。在测量时，尽可能选择低电压。

6.4 由于半导体的电阻率温度系数较大，因此在测量时应知试样温度。同时使用的测量电流应该小，以免发生电流加热试样。当电流加到试样后，可用电阻率读数随时间的变化来判定测量电流是否适当。

6.5 测量装置附近的高频电流容易引起感应假象电流，因此测量装置应置于良好的高频电磁屏蔽之中。

6.6 测量高阻试样时，表面漏电是个严重的问题。当被测试样的表面条件改变时，测量结果也将随之改变。同时要防止电路其他部分，包括测试电压的仪表的漏电和分流。连接电缆应尽量短，否则大电容值将延长高阻试样的测试时间。

6.7 试样杂质浓度不均匀或磁通密度不均匀，将引起测量不准确，甚至可能造成极大的误差。

6.8 平行六面体和桥形试样霍尔电极必须远离电流接触端，以避免产生短路效应。图中所给试样几何尺寸将保证由短路效应引起的霍尔电压的减小小于1%。

6.9 对于各项异性的材料如N型硅和N型锗，霍尔测量受电流和磁场相对晶轴方向的影响。

6.10 测量霍尔电压，采用电流和磁场换向测量，可消除爱廷豪森效应外的其他付效应。但爱廷豪森效应引起的误差很小，特别当试样与它的周围是良好的热接触时，可忽略不计。

6.11 测量电路中的可能产生的假电动势，如热电势，应仔细检查并予以消除。

7 报告

7.1 适于仲裁试验报告将包括下列内容：

- a. 测试试样的鉴定。
- b. 测试温度。
- c. 测试试样的形状和相应的尺寸。
- d. 每次测量的标准电阻的大小，跨在标准电阻器上压降，大小和极性，电导电压，霍尔电压和磁通密度。
- e. 计算平均电阻率、平均霍尔系数（包括符号）和霍尔迁移率。
- f. 用于测量电流、电压、磁通密度和试样几何尺寸的仪器的鉴定。

7.2 对于相同的试样在不同的系统进行比较测试，应在相同的测试条件，包括温度、磁通密度、试样电流下进行。所谓相同即它们之间的差异都只能在允许的范围内。

8 精密度

本标准可预期的精密度为 $\pm 7\%$ ，这个估计适用于电阻率在 $0.01 \sim 10 \Omega \text{cm}$ 的锗、硅和砷化镓等材料。

附加说明：

本标准由中华人民共和国冶金工业部提出。
本标准由北京有色金属研究总院负责起草。
本标准主要起草人冯仪。