

# 霍尔测量的新补偿法

傅云翎

(清华大学现代应用物理系)

传统补偿法只能部分地消除不等位电压。本文提出一种能彻底地消除不等位电压的新方法。

$$= \frac{l}{S} \rho_0 T_M \left( \frac{e \langle \tau_m \rangle B_z}{m^*} \right)^2, \quad (3)$$

## 一、传统补偿法所存在的问题

由于种种原因，霍尔电极 3 和 4 往往不能安装在同一条等位面上，如图 1 所示。因此，当霍尔片中通以电流  $I$  时，即使外磁场不存在，3、4 两点间也会出现电压(叫不等位电压)：

其中  $l$  代表 3 和 4 两条等位面间的距离， $S$  代表霍尔片截面积， $\rho_0$  为外磁场不存在时霍尔片的电阻率， $T_M$  为散射系数， $e$  为载流子的电荷， $\langle \tau_m \rangle$  为平均动量弛豫时间， $B_z$  为外磁场强度， $m^*$  为载流子的有效质量。

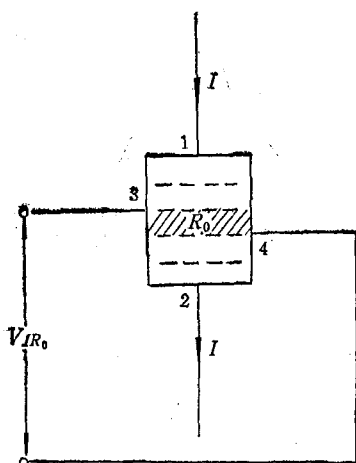


图 1 由于霍尔电极 3, 4 不在同一等位面上而引起的不等位电压  $V_{IR_0}$ 。

$$V_{IR_0} = IR_0, \quad (1)$$

其中  $R_0$  代表 3, 4 两条等位面之间的电压。把霍尔片插入外磁场中，由于磁阻效应的影响，3, 4 两点间的不等位电压就变成

$$V_{IR'} = IR' = I(R_0 + \Delta R), \quad (2)$$

其中  $\Delta R$  为  $R_0$  的改变量，它由下式决定<sup>[1]</sup>：

$$\Delta R = \frac{l}{S} \Delta \rho$$

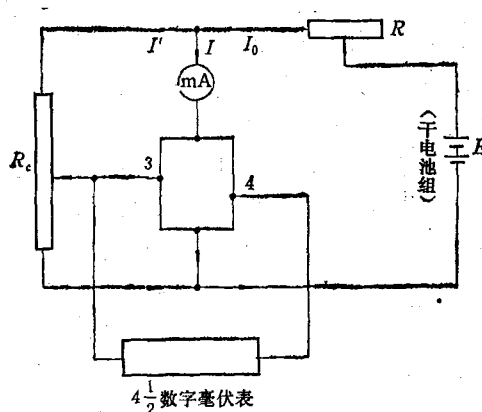


图 2 带补偿电路的霍尔探头

在霍尔测量中，一般要采用补偿电路，如图 2 所示。这时霍尔电极 3, 4 之间的电压应为<sup>[2]</sup>

$$V_1 = V_H + V_E + V_N + V_{RL} + IR_0 - V_c + I\Delta R, \quad (4)$$

其中  $V_H$  为霍尔电压， $V_E$  为厄廷好森电压， $V_N$  为伦斯特电压， $V_{RL}$  为里纪-勒杜克电压， $V_c$  为补偿电压。

为了消除(4)式中的不等位电压，传统补偿法<sup>[3]</sup>的作法是：

第一步，在外磁场不存在的条件下调零，即调节  $R_c$  (图 2) 使电表读数为零：

$$V_1 = IR_0 - V_c = 0. \quad (5)$$

第二步,把霍耳探头插入外磁场中,这时电表可能有两种读数,或为

$$V_1 = V_H + V_E + V_N + V_{RL} + I\Delta R, \quad (6)$$

或为

$$V_2 = -V_H - V_E - V_N - V_{RL} + I\Delta R, \quad (7)$$

依霍耳探头插入外磁场中的方式而定。我们按照这种办法测量了可调永久磁铁气隙中不同大小磁场下的  $V_1$  和  $V_2$  值,测量结果如表 1 所示。

表 1 用传统补偿法所得实验结果

无磁场时电表读数 (mV)	外磁场大小 (T)	有磁场时电表读数		差值 $  V_1  -  V_2  $	误差 (%)
		$V_1$ (mV)	$V_2$ (mV)		
0 0 0 0	0.100	+10.08	-9.97	0.11	1.1
0 0 0 0	0.300	+30.23	-29.84	0.39	1.3
0 0 0 0	0.500	+51.03	-49.12	1.91	3.8

从表 1 我们可以看出:  $V_1$  的绝对值总是大于  $V_2$  的绝对值,这是由于传统补偿法无法把  $I\Delta R$  消除掉所造成的。这一困难可以用下面的新补偿法来克服。

## 二、新补偿法

新补偿法的作法是:

第一步,在无磁场情况下利用  $R_c$  调零;

第二步,把霍耳探头插入外磁场中,记下电表读数  $V'_1$ ;

第三步,令外磁场反向,记下电表读数  $V'_2$ ;

第四步,在外磁场存在的情况下再调“零”,即调节  $R_c$  直到电表读数恰好等于  $\frac{|V'_1| + |V'_2|}{2}$  时

为止。这时必有

$$IR_0 - V_c + I\Delta R = 0, \quad (8)$$

即彻底地消除了不等位电压,因而(4)式变成

$$V_1 = V_H + V_E + V_N + V_{RL}, \quad (9)$$

磁场反向后,有

$$V_2 = -V_H - V_E - V_N - V_{RL}. \quad (10)$$

比较(9)式与(10)式可知:  $V_1$ 与 $V_2$ 大小相等,符号相反。这正是我们所希望的。用新补偿法所得实验结果如表 2 所示。

表 2 用新补偿法所得实验结果

外磁场大小 (T)	磁场存在时电表读数 (mV)		磁场存在时调“零”后电表读数 (mV)		差值 $  V_1  -  V_2  $	误差 (%)
	$V'_1$	$V'_2$	$V_1$	$V_2$		
0.100	+10.08	-9.97	+10.02	-10.01	0.01	0.1
0.300	+30.23	-29.84	+30.05	-30.03	0.02	0.06
0.500	+51.03	-49.12	+50.08	-50.06	0.02	0.04

通过表 1 和表 2 的对比,我们可以看出,新补偿法可以彻底地消除不等位电压,使电表读数大小与外磁场方向无关,并大大提高了测量的准确度。

[1] Karlheinz Seeger, *Semiconductor Physics an Introduction*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, (1982), 63.

[2] Olof Lindberg, *Proc. IRE*, **40-2**(1952), 1418.

[3] R. M. Whittle and J. Yarwood, *Experimental Physics for Students*, Chapman and Hall Ltd. (1973), 332.

## 第五届全国凝聚态理论与统计物理学术会议在南京召开

第五届全国凝聚态理论与统计物理学术会议于 1989 年 11 月 14 日在南京大学召开。参加会议的代表 170 人。会议由中国物理学会统计物理与凝聚态专业委员会、中国科学院数学学部统计物理与凝聚态专业组负责主持。会议旨在交流两年来的研究成果和介绍学科前沿动态。会上邀请了国内有关专家作了 21 篇综述报告,内容甚为丰富,广泛地涉及学科前沿,例如高临界温度超导的物理机制、低维物理系统、过渡金属

和稀土金属的物理性质、非晶态和准晶态物质的结构和性质、表面、界面和薄膜物理、超晶格物理、强关联系统、非线性非微扰理论、分形物理、非平衡态统计物理等。会议报告反映了我国凝聚态理论与统计物理研究工作将继续深入发展,有些领域的研究工作已处于国际前沿,研究人员中,青年科研人员的成长呈现出可喜的景象。

(程义慧)