

7.3 磁敏电阻器

磁敏电阻是一种电阻随磁场变化而变化的磁敏元件，也称 MR 元件，利用它可以制成磁场检测仪、位移和角度检测器、安培计、磁敏交流放大器等。

磁敏电阻的理论基础为磁阻效应。

7.3.1 磁阻效应

若给通以电流的金属或半导体材料的薄片加以与电流垂直或平行的外磁场, 则其电阻值就会增加。这种现象称为磁致电阻变化效应, 简称为**磁阻效应**。磁阻效应是伴随着霍尔效应同时发生的, 磁敏电阻就是利用磁阻效应制成的一种磁敏元件。

在磁场中, 电流的流动路径会因磁场的作用而加长, 使得材料的电阻率增加。若某种金属或半导体材料的两种载流子(电子和空穴)的迁移率相差十分悬殊, 则主要由迁移率较大的一种载流子引起电阻率变化, 它可表示为

$$\frac{\Delta\rho}{\rho_0} = 0.273\mu^2 B^2 = K\mu^2 B^2 \quad (7-18)$$

式中: B 为磁感应强度;

ρ 为材料在磁感应强度为 B 时的电阻率;

ρ_0 为材料在磁感应强度为 0 时的电阻率;

μ 为载流子的迁移率。

由(7-18)式可以看出, 在磁感应强度 B 一定时, 迁移率越高的材料(如 InSb、InAs、NiSb 等半导体材料), 磁阻效应越明显。

7.3.2 磁敏电阻的结构

磁阻效应除与材料有关外, 还与样品的形状、尺寸密切相关。

在恒定磁感应强度下, 磁敏电阻的长度 l 与宽度 b 的比越小, 电阻率的相对变化越大。

长方形磁阻元件只有在 $l < b$ 的条件下, 才表现出较高的灵敏度。在实际制作磁阻元件时, 需在 $l > b$ 的长方形磁阻材料上面制作许多平行等间距的金属条(即短路栅格), 以短路霍尔电势, 这种栅格磁阻元件如图 7-13 (b) 所示, 相当于许多扁条状 ($l < b$) 的磁阻串联。所以栅格磁阻元件既增加了零磁场电阻值, 又提高了磁阻元件的灵敏度。图中用箭头画出了在磁场中电流的流动路径。图 7-13 (a) 是没有栅格的情况, 电流只在电极附近偏转, 电阻增加很小。

除长方形磁阻元件外, 还有圆盘形的磁阻元件, 其中心和边缘各有一个电极, 如图 7-14 (a) 所示, 这种圆盘形磁阻元件称为科尔比诺圆盘。图 7-14 (b) 中画出的是在磁场中电流的流动路径。因为圆盘形的磁阻最大, 故大多数磁阻元件做成圆盘结构。

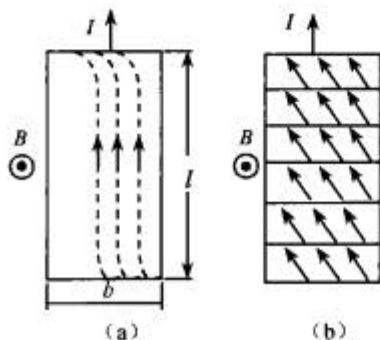


图 7-13 长方形磁阻元件

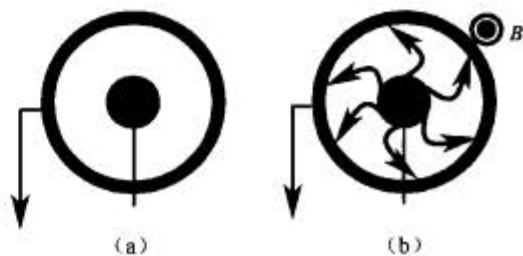


图 7-14 圆盘形磁阻元件

常用的磁阻元件分为半导体磁阻元件和强磁磁阻元件，其内部多制作成半桥或全桥等形式。强磁磁阻元件多用于开关方式工作。

7.3.3 磁阻元件的主要特性

1. 灵敏度特性

磁敏电阻的灵敏度一般是非线性的，且受温度的影响较大。磁阻元件的灵敏度特性用在一定磁场强度下的电阻变化率来表示，即磁场-电阻率特性曲线的斜率，用 K 表示，单位为 $\text{mV}/(\text{mA} \cdot \text{kGs})$ ，即 Ω/kGs 。在运算时常用 R_B/R_0 求得， R_0 表示无磁场情况下磁阻元件的电阻值， R_B 为施加 0.3T 磁感应强度时磁阻元件的电阻值。

图 7-15 (a) 所示是一般半导体磁阻元件的磁场-电阻特性曲线，从图中可以看出，磁阻元件的电阻值与磁场的极性无关，它只随磁场强度的增加而增加；图 7-15 (b) 所示是一般半导体磁阻元件的磁场-电阻变化率特性曲线，从图中可以看出，在 0.1T 以下的弱磁场中，曲线呈现平方特性，而超过 0.1T 后呈现线性变化。

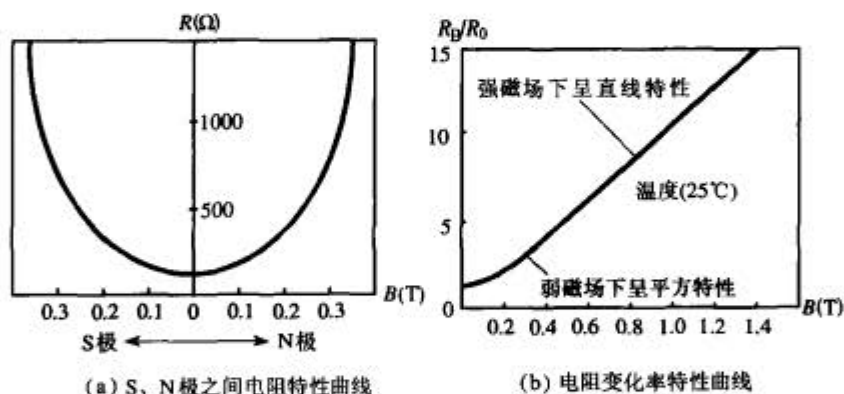


图 7-15 灵敏度特性曲线

2. 电阻-温度特性

图 7-16 所示是一般半导体磁阻元件的电阻-温度特性曲线。从图中可以看出，半导体磁阻元件的温度特性不好。元件的电阻值在不大的温度变化范围内减小得很快。因此，在应用时，一般都要设计温度补偿电路。

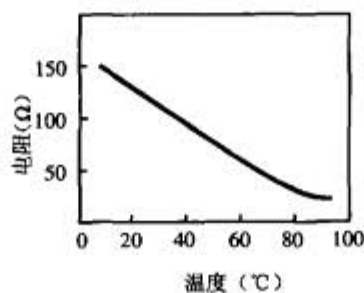


图 7-16 半导体磁阻元件电阻-温度特性曲线