

霍尔效应在电动车中的应用

顾家国

(江苏省大港中学 江苏 镇江 212028)

(收稿日期:2016-01-24)

霍尔效应是磁电效应的一种,这一现象是霍尔于1879年发现的.现在电动自行车已经进入千家万户,霍尔元件在电动车的控制电路中得到广泛应用.这类元件可以分为两大类:一类是线性元件,即输出电压和外界磁感应强度成线性关系,主要控制电动车的运行速度.另一类是开关型元件,即当外界磁感应强度发生较大变化时,其输出的是高或者低的脉冲电压,主要是提供电机换向按规律变化的电流,克服传统电机使用电刷换向容易磨损的问题,使电机实现无刷化旋转.

1 霍尔元件的工作原理

霍尔效应是导电材料中的电流与磁场相互作用而产生电动势的效应,从本质上讲,霍尔效应是运动

的带电粒子在磁场中受洛伦兹力的作用而引起的偏转.当带电粒子(电子或空穴)被约束在固体材料中,这种偏转就导致在垂直电流和磁场的方向上产生正负电荷在不同侧的聚积,从而形成附加的横向电场.

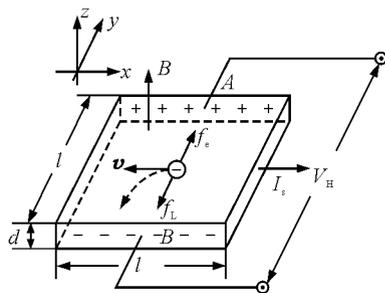


图1

如图1所示,磁场 B 位于 z 的正向,与之垂直的半导体薄片上沿 x 正向通以电流 I_s (称为控制电流

基于当前高校物理实验教学的实际以及我们的教学实践,我们对大学物理实验教学提出以下两条建议:

(1) 注意挖掘物理实验中蕴藏的文化因素,努力使实验教学的讲授贴近生活,把实验讲成故事,尽可能地激发学生的兴趣,进而提高学生的积极性.

(2) 针对不同专业、不同层次的学生要采取不同的实验成绩评价标准,杜绝一把尺子量到底,使得他们都能够发挥特长,展现出富有特色的创新精神.

参考文献

- 1 解世雄. 物理文化概念的探讨. 物理通报, 2009(6): 55 ~ 57
- 2 王希成, 罗中杰. 大学物理实验. 北京: 清华大学出版社, 2014. 138 ~ 143
- 3 李盼来, 王志军, 张子才, 等. 白光LEDs用新型荧光粉的研究进展. 物理通报, 2015(12): 94 ~ 95

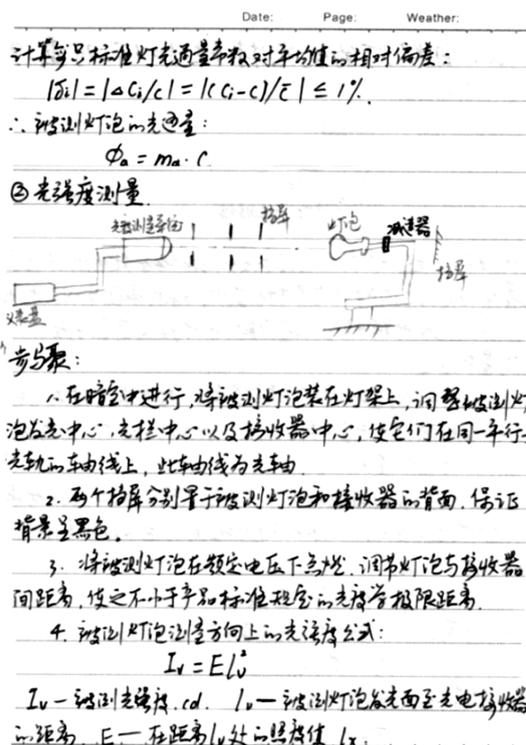


图2 白炽灯的发光特性如何测量研究手稿

或工作电流),假设载流子为电子(N型半导体材料),它沿着与电流 I_s 相反的 x 负向运动.由于洛伦兹力 f_L 的作用,电子即向图中虚线箭头所指的位于 y 轴负方向的 B 侧偏转,并使 B 侧形成电子积累,而相对的 A 侧形成正电荷积累.与此同时,运动的电子还受到由于两种积累的异种电荷形成的反向电场力 f_e 的作用.随着电荷积累量的增加, f_e 增大,当两力大小相等(方向相反)时, $f_L = -f_e$,则电子积累便达到动态平衡.这时在 A, B 两端面之间建立的电场称为霍尔电场 E_H ,相应的电势差称为霍尔电压 V_H .

设电子按均一速度 \bar{v} 向图示的 x 负方向运动,在磁场 B 作用下,所受洛伦兹力为 $f_L = -e\bar{v}B$,式中 e 为电子电量, \bar{v} 为电子漂移平均速度, B 为磁感应强度.

同时,电场作用于电子的力为

$$f_e = -eE_H = -\frac{eV_H}{l}$$

式中 E_H 为霍尔电场强度, V_H 为霍尔电压, l 为霍尔元件宽度,当达到动态平衡时

$$f_L = -f_e \quad \bar{v}B = \frac{V_H}{l} \quad (1)$$

设霍尔元件宽度为 l ,厚度为 d ,载流子浓度为 n ,则霍尔元件的工作电流为

$$I_s = ne\bar{v}ld \quad (2)$$

由式(1)、(2)可得

$$V_H = E_H l = \frac{1}{ne} \frac{I_s B}{d} = R_H \frac{I_s B}{d} \quad (3)$$

应当注意,当磁感应强度 B 和元件平面法线成一角度时(如图2),作用在元件上的有效磁场是其法线方向上的分量 $B\cos\theta$,此时

$$V_H = K_H I_s B \cos\theta \quad (4)$$

即霍尔电压 V_H 与 I_s 和 B 的乘积成正比,与霍尔元件的厚度成反比,制造好的霍尔元件厚度确定,在控制电路中,通常使 I_s 恒定,所加磁场 B 的变化就会引起霍尔电压 V_H 的变化,从而控制电动车的运行.

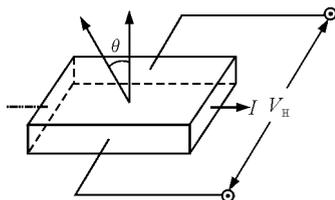


图2

2 霍尔元件对电动车速度的控制

电动车调速部件的霍尔元件在调速转把中,这是一种线性调速部件,样式很多但工作原理是一样的,它一般位于电动车的右边,体积小、精确度高、灵敏度高、线性好、温度稳定性好、可靠性高.霍尔转把输出电压的大小,取决于霍尔元件周围的磁感应强度.转动转把,磁铁靠近或者远离霍尔元件,改变了霍尔元件周围的磁感应强度,也就改变了霍尔转把的输出电压大小,达到调整电动车速度的目的.

3 霍尔元件对电动车刹车的控制

刹车信号是电机停止转动的制动信号.电动车标准要求电动车在刹车制动时,控制器应能自动切断对电机的供电.电动车刹车把的位置传感元件有机械式微动开关和开关型霍尔元件两种.当刹车时,开关型霍尔元件会在磁铁靠近或者远离的情况下,输出信号发生高低电位的变化,控制器识别电动车是否处于刹车状态,从而判断控制器是否给电机供电.

4 霍尔元件对电动车电机旋转的控制

直流电机在转动过程中,绕组中的电流要不断地改变方向,以使转子向一个方向转动.其中有刷电机是采用电刷与换向器通过机械接触的方式进行换向的;而无刷电机则是通过开关型霍尔元件检测出绕组实时运转位置的信号,再通过微处理器或专用芯片对采集的信号进行处理,并实时控制相应的驱动电路对电机绕组进行控制,相当于通过霍尔元件检测电机线圈的位置,适时改变电机中的电流方向,起到电机电刷的作用.由于无刷电机的换向是通过传感器及相关电路进行的,所以这种电机没有电刷与换向器的机械接触与磨损,不需要经常换电刷等易损器件,从而可有效提高电机的使用寿命,减少维修.

5 霍尔元件对电动车速度表的控制

电动车电机中有磁铁和用于记录电机旋转圈数的开关型霍尔元件,电机每转动一圈,磁铁和霍尔元件近距离靠近一次,霍尔元件输出一次脉冲信号,然后通过数字电路的计算,直接显示出里程数或行驶速度.