

## 隧道磁电阻 (TMR) 技术在电流传感器中的应用

电流传感器是在电气绝缘的状态下，利用电流所产生的磁场来检测电流值的一种介于高、低电压之间的界面器件。

如图 1 所示，当原边导体中存在电流  $I_p$  时，在导体的周围就会产生一个环绕导体的、与电流成比例的磁场。用磁传感器检测该磁场强度后，生成与电流成线性关系的电信号输出  $V_{out}$  ——这就是最基本的开环式电流传感器，也被称为直测式电流传感器。当被测磁场信号较弱，或为了抑制干扰磁场时，可以采用软磁材料来聚集被测磁场，并将磁传感器探入到软磁材料内部以增强信号强度。

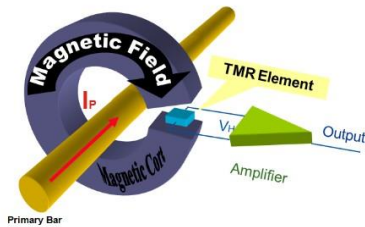


图 1：开环式电流传感器

为了缩短电流传感器的响应时间，改善线性误差，精确测量匝数为  $N_p$  的原边电流  $I_p$ ，如图所示，我们可用副边电路产生一电流  $I_s$  并流经匝数为  $N_s$  的副边线圈来生成一个副边磁场，当该副边磁场在磁传感起部分与原生成磁场的原、副边电流的安匝数  $I_p * N_p$  与  $I_s * N_s$  相等。边磁场大小相等、方向相反时，磁场达到平衡状态，而

根据副边电流  $I_s$  和原、副边匝数比  $N_p : N_s$ ，就可计算出原边电流值——这就是闭环式电流传感器，也被称为磁平衡或磁补偿式电流传感器。

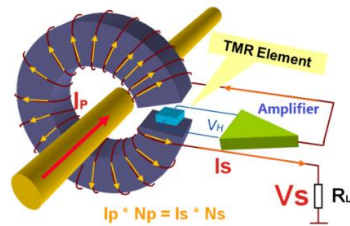


图 2：闭环式电流传感器

无论开环式还是闭环式电流传感器，磁传感器都是其中的关键器件，对传感器性能优劣起着至关重要的作用。目前市场上的电流传感器主要是采用传统的霍尔器件，由于半导体材质自身原因，霍尔器件的温度漂移量较大，一致性差，尤其在低温区变化剧烈，难以进行统一校准。动态失调消除技术的采用可部分改善霍尔器件的温度漂移，但在电路中叠加了高频噪声干扰，造成电

流传感器的输出信号失真，影响整机性能。

隧道磁电阻 (TMR) 器件是继霍尔器件、各向异性磁电阻 AMR 和巨磁电阻 GMR 之后的新一代磁敏器件，具有低功耗、低温漂及高灵敏度的特点。在电流传感器中，采用 TMR 替代霍尔器件，可显著改善电流传感器的灵敏度和温度特性。

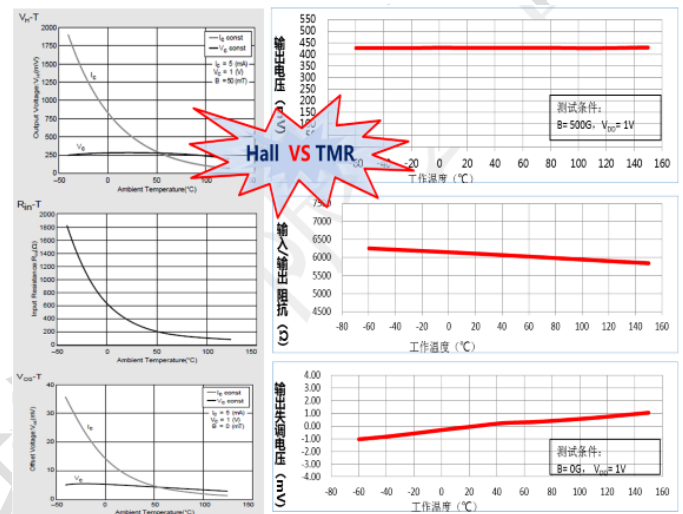


图 3：霍尔传感器和 TMR 传感器比较

表 1：采用 TMR 的闭环电流传感器失调温漂测试

Temperature (°C)	Offset-1 (mA)	Offset-2 (mA)
-40	0.49	0.227
-25	0.518	0.244
0	0.506	0.239
25	0.399	0.162
70	0.415	0.12
85	0.425	0.149
max-min (mA)	0.119	0.124
Rated Output (mA)	100	100
Offset Drift Range (%)	0.12%	0.12%

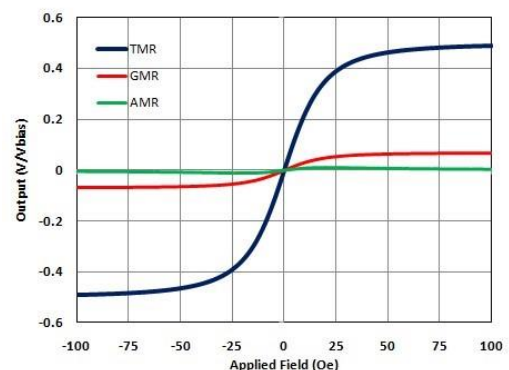
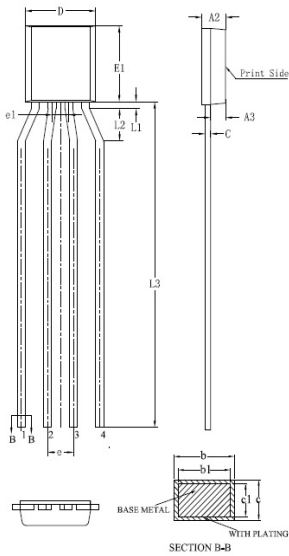


图 4：各种磁传感器灵敏度比较



SYMBOL	MILLIMETER		
	MIN	NOM	MAX
A2	0.80	0.90	1.00
A3	0.55	0.60	0.65
b	0.28	—	0.38
b1	0.27	0.30	0.33
c	0.20	—	0.26
c1	0.19	0.20	0.21
D	2.85	2.90	2.95
E1	2.70	2.80	2.90
L1	0.20	0.25	0.30
L2	1.10	1.20	1.30
L3	11.80	12.00	12.20
e	1.00BSC		
e1	0.64BSC		

图 5: TMR 线性传感器采用 SSIP-4 封装

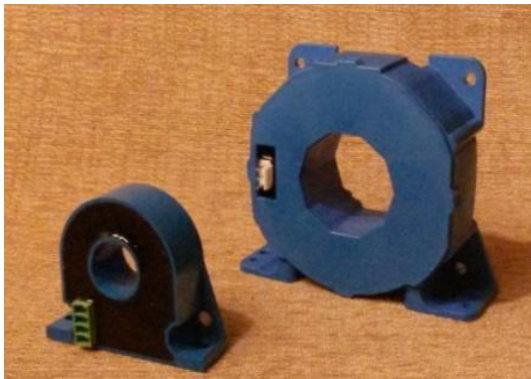


图 6: TMR 闭环电流传感器实物图

基于 TMR 的优异性能，闭环电流传感器可显著改善其温度漂移量。替代后，无需任何温度补偿，电流传感器在  $-40\sim 85\text{C}$  的温度范围内的温度漂移总量即可由原来的  $1\sim 2\%$  降至  $0.1\sim 0.2\%$ 。在使用温度宽泛的场所如变频器、伺服器、电动车辆等应用时，TMR 闭环电流传感器可确保在任何地区、任何季节的电流测量的精准度；特别是在风能、太阳能等新能源行业中，电流传感器的温度漂移可直接导致逆变器输出电能中的直流成分的增加，不仅造成能源浪费，直流成分还会消耗在变压器绕组中，造成变压器过热。电流传感器温度漂移的改善，将会给能源行业带来直接的经济效益和必要的安全性。

江苏多维科技有限公司生产的 TMR2501、TMR2503、TMR2505 线性传感器采用 SSIP-4 封装，在垂直方向测量磁场，与通行的霍尔器件完全兼容。对闭环电流传感器

来说，电流传感器厂家只需改变一下磁传感器的偏置电阻值，无需更改 PCB 设计和产品结构既可直接替代霍尔器件。

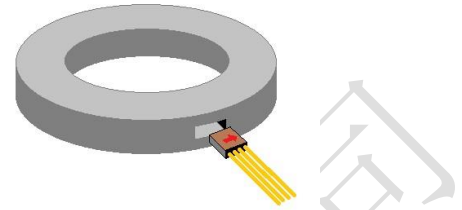


图 7: 多维科技的 TMR 闭环电流传感器

江苏多维科技有限公司生产的 TMR2101、TMR2102、TMR2103、TMR2701、TMR2703、TMR2705、TMR2905 和 TMR2922 为平面方向测量磁场，配合使用纵向气隙磁芯。摆脱了断面气隙漏磁所带来的困扰，大大提升了磁芯的聚磁能力，使电流传感器的分辨率低至毫安量级，并有效遏制外来干扰。较之磁通门闭环电流传感器，TMR 闭环电流传感器结构简单，抗干扰能力强，分辨率高。产品响应时间快，测量频带宽。

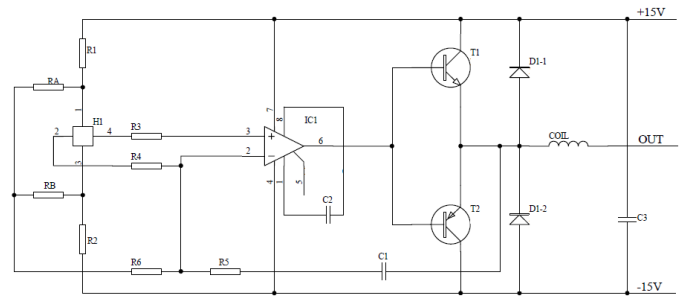


图 8: 闭环电流传感器的典型电路

上图为闭环电流传感器的典型电路，其中原有的霍尔器件 H1 可以直接用 TMR 替代。通过调整偏置电阻 R1 和 R2，使 H1 的 1、3 引脚间电压为 1 伏左右。例如：当电源电压为  $\pm 15\text{V}$ ，TMR 输入电阻为  $6\text{k}\Omega$  时，若 1、3 引脚间电压为  $1\text{V}$ ，则 H1 输入电流  $I_d = 1\text{V} / 6\text{k} = 0.17\text{mA}$ ，偏置电阻  $R_1$  及  $R_2 = (15 - 0.5) / 0.17 = 85.3\text{k}\Omega$ 。

$R_A$  和  $R_B$  为上下对称结构，用于调整传感器的失调值，建议采用相同系列电阻，以降低调整电阻与磁传感器之间的温度系数差异所带来的额外误差。

多维科技承诺本说明书所提供的信息是准确和可靠的，所公开的技术未侵犯其他公司的专利且具有自主知识产权。多维科技具有保留为提高产品质量，可靠性和功能以更改产品规格的权利。多维科技对任何超出产品应用范围而造成的后果不承担法律责任。

“多维科技”和“多维科技 感知未来”是江苏多维科技有限公司的合法注册商标。