

磁阻传感器HMC102用于 车辆检测技术

供稿：厦门市计量检定测试院 史园

摘要：提出了一种采用各向异性磁阻传感器（AMR）进行车辆检测的方法，该方法具有不受温度、风雨等自然条件影响的优点。文章给出了实际测量电路，进行地球弱磁场下车辆检测试验。实验数据表明AMR传感器应用在停车场车位检测等领域具有一定的优势。

一、引言

目前国内外智能交通行业车辆检测装置采用的技术除了最早研发的地感线圈技术以外，还包括光电技术、超声波技术、微波技术、视频技术等，然而后面几种技术容易受到日照、风雨、电磁场等外界干扰，应用范围受到很大的限制，因此地感线圈仍为主要的检测手段。地感线圈作为车辆检测器，是在道路表层下埋置环形感应线圈，以测定电感变化检测车辆是否存在。地感线圈虽然是相对成熟的车辆检测技术，但仍有许多缺点。利用AMR（Anisotropic Magneto Resistant）各向异性磁传感器进行的地磁车辆检测，通过检测汽车对地磁信号的扰动，判断车辆的到位及通过，从而实现车辆信息的分析、控制及管理，具有安装简便、抗干扰能力强、集成化程度高等更多优点。

二、AMR 各向异性磁阻传感器的工作原理

物质在磁场中电阻发生变化的现象称为磁电阻效应。磁电阻效应有基于霍尔效应的普通磁电阻效应和各向异性磁电阻效应之分。对于强磁性金属(铁、钴、镍及其合金)，当外加磁场平行于磁体内部磁化方向时，电阻几乎不随外加磁场而变；当外加磁场偏离金属的内磁化方向时，金属的电阻减小，这就是各向异性磁电阻效应^[1]。

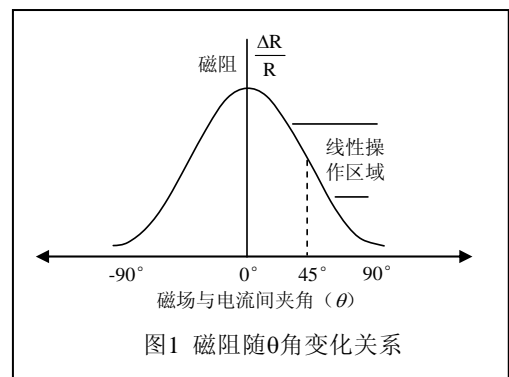
AMR各向异性传感器的基本单元是用一种长而薄的坡莫（Ni-Fe）合金用半导体工艺沉积在以硅衬底上制成的，沉积的时候薄膜以条带的形式排布，形成一个平面的线阵以增加磁阻的感知磁场的面积。外加磁场使得磁阻内部的磁畴指向发生变化，进而与电流的夹角发生变化，就表现为磁阻电阻各向异性的变化。从图1可以清楚地看到，坡莫合金薄膜的电阻依赖于磁化强度 M 和电流 I 方向的夹角 θ ^[2]，即：

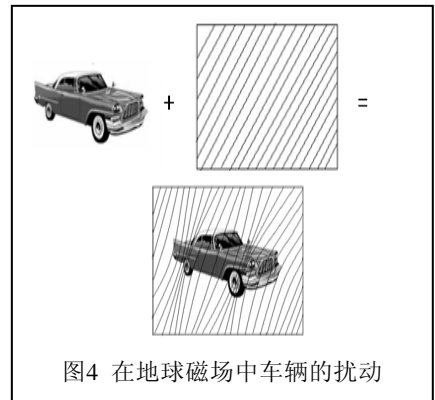
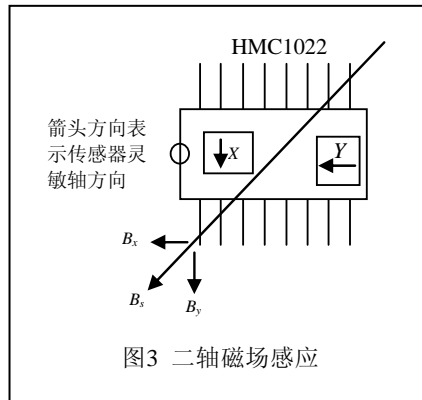
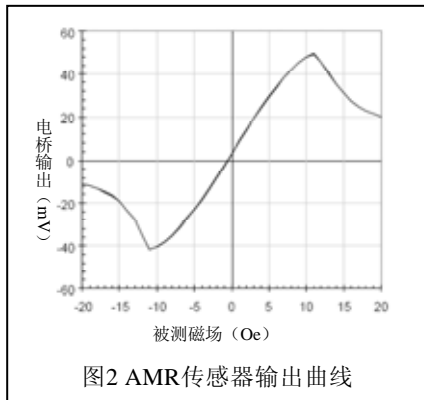
$$R(\theta) = R_{\perp} \sin^2 \theta + R_{\parallel} \cos^2 \theta \quad (1)$$

式中， R_{\parallel} —电流方向与磁化方向平行时的电阻；

R_{\perp} —电流方向与磁化方向垂直时的电阻。

当电流方向与磁化方向平行时，传感器最敏感。而一般磁阻都工作于图中45°线性区附近，这样可以实现输出的线性特性。





美国霍尼韦尔公司磁阻传感器HMC102是一款性能优秀的磁阻传感器，其核心部分是由4个带状坡莫合金薄膜构成的惠斯通电桥。当其暴露在变化磁场中时，其电阻有所改变 (ΔR)，引起相应输出电压的变化，图2所示是HMC1021的输出曲线，在磁场 ± 6 Gauss内有一个灵敏度为 1mV/Gauss 的线性区域，可精确提供磁场强度和方向变化的信息。

通过将两个各向异性的磁阻传感器接在一起，该部件成为两轴传感器，将其水平安装后，能够将任何水平磁场分为X轴和Y轴向量分量。图3表示HMC1022传感器中该传感器的组合。当磁场方向为 B_s 方向的地球磁场时，传感器将磁场分成 B_x 、 B_y 向量分量。这样， B_x 、 B_y 就既能代表分方向，也能代表 B_s 的幅值。当有铁磁性物质靠近传感器时， B_s 的方向和幅值就会发生变化。要注意的是，该器件在暴露于强磁场范围内使用时必须进行合适的置位/复位操作。

霍尼韦尔磁传感器提供了在当地磁场范围内非常灵敏的磁阻传感器。可测量几十微高斯的磁场，这是霍尔元件所不能做到的。由于它的体积小、全固态、在某些场合下可以取代磁通门传感器。

三、AMR传感器在车辆检测中的应用

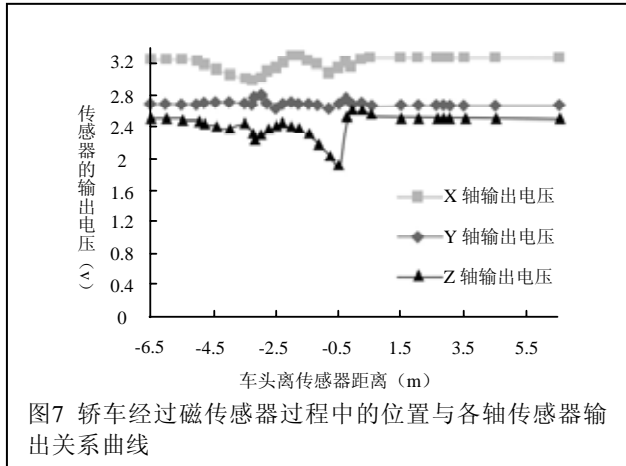
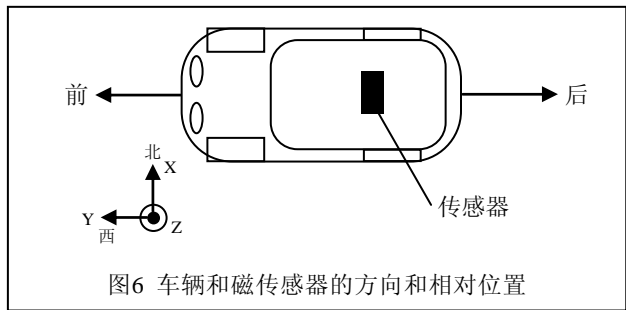
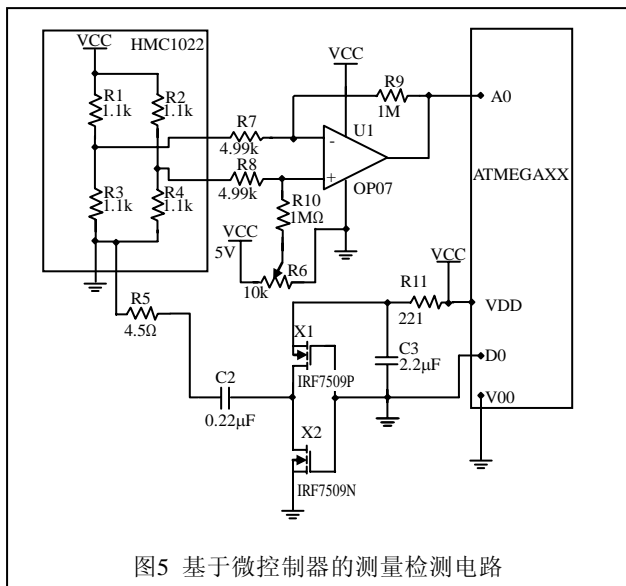
由于几乎所有的道路车辆的底盘都含有一定数量的黑色金属（铁、钢、镍、钴等），所以磁传感器很适合用于检测车辆。但并不是所有的车辆都发出在检测中磁传感器可以使用的磁场，所以就不能用诸如霍尔传感器“强磁场”的大多数传感装置，“弱磁场”传感器被用来收集该磁场以及附近车辆产生的干扰，图4说明了一个铁磁性物体，如汽车，是如何干扰地球磁场的。大的铁磁物体的磁扰动，如汽车，可看作多个双极性磁铁组成的模型。这些双极性磁铁具有北—南的极化方向，引起地球磁场的扰动。这些扰动在汽车发动机和车轮处尤为明显，但也取决于在车辆内部、车顶或后备箱中有没有其它铁磁物质。总之，其综合影响是对地球磁场磁力线的扭曲和畸变。

对于检测停车位上车辆的存在，可用一个HMC1021（单轴）和一个HMC1222（双轴）组成一个三轴传感器，将传感器放置在停车位中间，当磁场方向为 B_s 方向的地球磁场时，传感器将磁场分成 B_x 、 B_y 、 B_z 向量分量。这样， B_x 、 B_y 、 B_z 就既能代表分方向，也能代表 B_s 的幅值。当车辆接近传感器时， B_s 的方向和幅值就会发生变化。一个各向异性的磁传感器能够检测到一个轴的变化，有三轴的传感器能够在检测范围边缘上更加可靠的检测车辆，为检测提供更可靠的保障。通过对AMR传感器简单的设置，可以有效而可靠地检测车辆的存在。图5是简单的车辆检测电路，HMC1021电桥上采用5V供电，增益为200， $10\text{k}\Omega$ 的电位器用于电桥补偿和修整地球磁场偏置，当传感器电桥的外加磁场为地球磁场时（地一般在 0.5 Gauss 左右），通过 $10\text{ k}\Omega$ 电位器将放大器输出设置为 2.5V 。正确选择 R_7 、 R_8 、 R_9 、 R_{10} 的值，可以调整传感器输出范围。HMC1021也可用其它HMC10xx系列传感器代替，只是灵敏度不同，HMC1021规定的灵敏度为 1mV/V/Gauss 。对于实际使用中，若HMC1021磁阻传感器测量的磁场范围超出 $\pm 6\text{ Gauss}$ ，传感器就不能很好的保持线性输出，它的灵敏度也会随之降低，此时就不能用它来检测极弱的磁场，一旦出现这种情况，可用脉冲电路施加到SET/RESET电流带来恢复其原来的灵敏度。

实验利用微控制器D0口每隔10s送出一个1ms低电平，通过IRF7509（一个N沟道和一个P沟道集成的MOS管芯片）和外接电容产生设置/重置脉冲，对传感器进行设置/重置。

图5中只给出单轴电路，对于需要精确测量车子存在和方向的可按照上图铺设出完全一样的电路来检测。对于车辆方向和存在进行测定的实验设置，三轴磁传感器安放在地面，东-西方向放置，X、Y、Z轴方向定义如图6所示。

在这个实验中，一辆轿车从磁传感器上方正中央沿东-西方向开过。原点代表轿车车头刚好到达传感器位置。X、Y、Z 三轴输出曲线分别如图7所示。



从实验数据可以看出，当车头离传感器有一定距离时，传感器的各输出轴几乎不会发生变化，车辆渐渐靠近传感器时，车辆的附近的地磁场朝车子方向发生了偏移，此时，X轴为传感器灵敏轴，X轴的输出有了较明显变化，当车辆的前轮轴通过传感器上方时，车辆的车轮（含有铁镍合金）对地磁场有较大的影响，此时，Y轴为灵敏轴，Y轴的输出变化最大。车辆继续前行，当传感器的位置位于车辆的发动机下方时，由于发动机对附近磁场有较大影响，此时，X轴、Z轴为传感器灵敏轴，X、Z轴输出变化最大。当车辆的后轮到达传感器位置时，Y轴输出又有了较大变化。当车子快离开传感器时，X轴、Z轴输出有了较大变化，这是因为车辆的后备箱里面有装备用胎，对X、Z方向的磁场造成一定的干扰。当车辆远离传感器上方时，各轴输出回复到原来的状态。

四、结论

从实验数据中可以看出，汽车位置变化可以引起地磁场的变化，当传感器上方有车子时，传感器周围稳定的地磁场分布收到了扰动，这个扰动可以被传感器确定的捕捉到，传感器输出变化明显，可以此检测出特定车位上车辆的到位其情况。是一种实用的车辆检测传感器。它具有不容易受温度变化及风雪天气干扰等的优点。在智能化交通系统和相关应用中，地磁车辆检测必将以器性能可靠，安装方便，价格经济等优势取代目前普遍使用的车辆检测产品。

供稿：厦门市计量检定测试院 史园

史园，厦门市计量检定测试院副院长、国家注册验证审核员，高级工程师，主要从事电子产品质量检验、质量、计量管理、标准化研究等工作。

通信地址：厦门市湖滨南路 170 号厦门市计量检定测试院

邮编：361004

E-mail: sy8206@163.com