

基于电磁传感器的软硬磁防伪材料检测*

孙瑞^{1,2}, 黄勃², 彭争春¹

(1. 深圳大学 光电工程学院 光电子器件与系统(教育部/广东省)重点实验室, 广东 深圳 518060;
2. 深圳怡化电脑股份有限公司, 广东 深圳 518062)

摘要: 针对现有金融货币鉴伪识别过程中的磁性检测, 仅能检测出磁性信号的有无, 无法实现磁性防伪材料软硬磁性质的检测。提出了一种电磁传感器, 对新版 100 元纸币的磁性防伪材料进行了检测。通过 Maxwell 电磁仿真研究了电磁传感器的磁场分布特性。由于软硬磁防伪材料的矫顽力不同, 使得其输出的漏磁特征信号有明显的区别, 其中软磁区域为高频的包络曲线。根据输出信号的特征不同, 可以鉴别出磁性防伪材料的软硬磁性质, 进而可以进一步提高鉴伪识别的精度和可靠性。

关键词: 金融货币; 磁性防伪; 电磁传感器; 矫顽力; 软磁材料

中图分类号: TH693.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-9787(2019)04-0125-03

Research on soft and hard magnetic anti-counterfeiting material detection based on electromagnetic sensor*

SUN Rui^{1,2}, HUANG Bo², PENG Zheng-chun¹

(1. Key Laboratory of Optoelectronic Devices and Systems of Ministry of Education and Guangdong Province, College of Optoelectronic Engineering, Shenzhen University, Shenzhen 518060, China;
2. Shenzhen Yihua Computer Co Ltd, Shenzhen 518062, China)

Abstract: The existing magnetic detection in the process of financial currency identification can only detect the presence or absence of magnetic signals and can not realize the detection of soft and hard magnetic properties of magnetic anti-counterfeiting materials. An electromagnetic sensor is proposed, which is used to test the magnetic anti-counterfeiting material of the new 100 yuan banknote. The magnetic field distribution characteristics of the electromagnetic sensor are studied by Maxwell electromagnetic simulation. Because of the different coercivity of soft and hard magnetic anti-counterfeiting materials, the output characteristic signals of magnetic leakage are obviously different, in which the soft magnetic region is the envelope curve of high frequency. According to the different characteristics of the output signal, the soft and hard magnetic properties of magnetic anti-counterfeiting materials can be identified, which can further improve the precision and reliability of anti-counterfeiting recognition.

Keywords: financial currency; magnetic anti-counterfeiting; electromagnetic sensor; coercive force; soft magnetic material

0 引言

磁性防伪技术已经被广泛地应用于金融货币等各种防伪领域^[1,2]。为了提高金融货币的防伪能力, 通常货币表面的磁性防伪^[3,5]区域由多种不同矫顽力的磁性材料组成^[6-9]。比如 50 元或 100 元人民币以及欧元、韩币等多种大面额钞票上的冠号码、油墨以及安全线上分布有软磁和硬磁两种磁性防伪信息。在 100 元人民币中, 钞票上的冠号码和安全线磁性防伪区域是由硬磁材料构成, 存储了硬磁防伪信息; 而人民大会堂区域由软磁材料构成, 存储了软磁防伪信息。由于金融货币领域对鉴伪识别技术水平

要求非常高, 通常仅凭单一的一种手段无法准确确定检测对象的真伪, 必须依靠识别、检测多种不同的防伪特征及其融合技术来鉴定检测对象的真伪^[10,11]。

但是, 目前国内外主流金融机具中使用的磁性传感器, 均由磁性检测元件加背磁组成。背磁的作用是用于磁化纸币表面的磁性区域。软磁区域在背磁的作用下被磁化, 磁性检测元件就能测出该软磁区域; 若无背磁作用, 软磁区域无法表现出磁特性。所以, 现有的磁性防伪检测技术无法对货币表面硬磁区域和软磁区域做出区分, 只能检测出纸币表面“有无”磁性, 从而为假币的制造提供了漏洞。

收稿日期: 2019-01-14

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61805162)

本文针对现有的磁性防伪检测技术仍旧无法有效检测出货币表面软硬磁材料的磁性属性这一问题,提出了一种基于电磁传感器的鉴别识别技术。通过研究电磁传感器的结构仿真与器件设计,制备出一种电磁传感器。借助于该电磁传感器可以检测出一种新的磁性防伪信号,基于该新的检测信号可以鉴别出货币表面软硬磁防伪材料的磁性属性,该检测技术有望在鉴别识别技术领域发挥重要的作用,同时具有广阔的应用前景。

1 电磁传感器的结构仿真设计研究

1.1 传感器仿真模型

本文设计的电磁传感器仿真模型如图1所示。该电磁传感器主要由磁芯、线圈,以及位于空隙处的磁性传感器组成。其中磁芯为软磁性铁氧体,线圈为线径0.2 mm的铜漆包线,磁性传感器为隧道磁阻式(tunneling magnetoresistive, TMR)磁性传感器。仿真时采用Maxwell软件对磁芯空隙处的漏磁信号进行仿真^[12],使其达到一定的磁场大小。

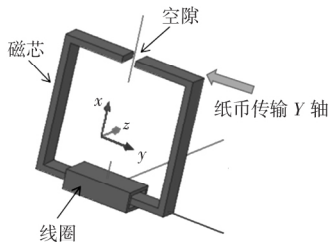


图1 电磁传感器的仿真模型

1.2 空隙处磁场分布仿真

空隙与磁场关系的仿真结果如图2所示,其中,仿真电流为10A。从图2中可以明显看出:空隙处磁场的大小与空隙大小有明显的关系。随着空隙间距从0.2 mm逐渐增加到1.8 mm时,空隙处的漏磁场先逐渐变大,随后逐渐变小,其中当空隙间距达到1 mm时,空隙处的漏磁场达到最大。这是因为,当空隙间距比较小时,比如0.2、0.4 mm时,磁场主要在磁芯构成的磁路内传输,漏磁场较小。当间距增加至2.7~1.2 mm时,空隙间距逐渐变大,由于空隙的存在,漏磁场逐渐变大。但是当间距继续增加时,由于空隙过大,导致空隙中心位置处的漏磁场反而变小。因此,本文设计的电磁传感器空隙间距选定为1 mm。

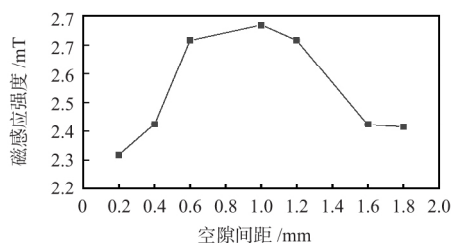


图2 磁场与空隙大小关系

1.3 初始状态动态仿真

电磁传感器在工作时,激励为交变的电流,在空隙处产生的漏磁场也为交变的励磁场。因此,为了更好地研究电

磁传感器工作时的初始状态,需要对空隙附近处某一点位置的瞬态响应进行仿真研究。本文仿真时,磁场仿真点位于空隙中心上方的0.5 mm处,初始状态的仿真结果如图3所示,其中,仿真电流为10A。

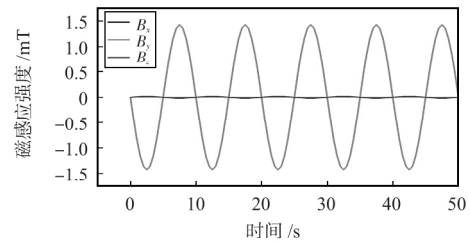


图3 空隙中心上方某点初始状态的磁场动态仿真

从图3可以看出:初始状态纸币未传输经过电磁传感器时,位于空隙中心上方某一点处,分量磁场 B_x 与 B_z 近似等于零,而分量磁场 B_y 随着激励的变化而变化。为了提高灵敏度,当施加激励信号后,初始状态下TMR传感器的输出信号为零,否则将产生背景噪声信号,背景噪声信号容易与纸币经过后的漏磁场混合,这将无法准确地区分出背景噪声和检测信号。因此,TMR传感器的磁灵敏度方向应该选择为X或Z轴方向。

结合电磁传感器的仿真结果和后续测试时TMR传感器安装方便性等方面的考虑,本文设计与选用的TMR磁性传感器的磁敏感方向为X轴方向,即垂直于待测金融货币的表面。

2 磁性防伪材料检测研究

2.1 检测方法

组装传感器过程中由于人为因素等原因,其空隙和磁场大小与仿真时的理想情况下会有一定的误差,需要经过反复的仿真与测试,最后使制备的传感器空隙处磁场大小达到预设值。

本文以央行2015年发行的新版100元纸币为检测对象,当纸币表面不同的磁性防伪区域沿着传感器的上表面(如图1所示)划过空隙时,通过空隙处布置的磁敏感方向为X轴向的TMR磁性传感器,对该处的漏磁信号进行检测。最后通过不同磁性防伪区域表现出的漏磁信号来实现货币内软硬磁防伪材料的磁性属性检测。

为了方便地产生并控制电磁传感器的交流激励信号幅值与频率,本文在测试时,采用信号发生器产生正弦的交流信号。传感器的输出直接采用示波器对漏磁信号进行采集。

2.2 初始状态检测

由于纸币内部的磁性防伪材料含量较少,因此当通过电磁传感器的空隙处时,其产生的漏磁信号也相对较弱。为了提高输出灵敏度,降低背景噪声,在初始状态为检测前,传感器的输出在磁敏感方向的数值尽可能为零。

根据图3的初始状态动态仿真结果可知,当TMR传感

器正好位于空隙中心处时,其输出 B_x 等于零。但是,经过实验研究表明,传感器组装时由于结构误差等原因,很难保证 B_x 等于零时,其位置正好位于空隙中心处。因此,在实际测试时,可以通过左右移动 TMR 传感器在空隙处的位置,最终使其输出 B_x 等于零即可。

本文电磁传感器的初始状态信号检测如图 4 所示。从图 4 中可以看出:初始输出信号(B_x)接近于零,这将有利于检测出磁性防伪材料的漏磁信号,提高检测的灵敏度。

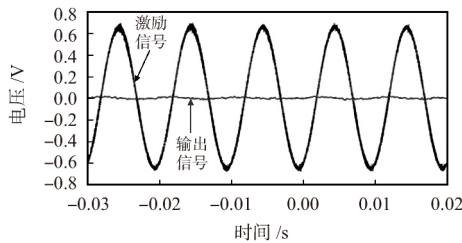


图 4 初始信号检测结果

2.3 冠字号区域检测

冠字号作为纸币重要的组成部分,它记录了纸币发行时的数量,具有唯一性,是纸币流通过程中重要的管理信息,也是金融机具必须具备的检测对象。为了防止造假,冠字号通常由硬磁防伪材料构成,并且每个冠字号存储了不同的磁性防伪信号。

冠字号区域的磁性防伪材料检测结果如图 5 所示。从图 5 中可以看出,检测信号具有明显的规律性、周期性和可重复性的特性,因此可识别性强,可以用于后续的数据处理工作。其中,每个信号中包含了强弱不同的高低信号,这是由于不同冠字号数字引起的,因此,通过识别出信号的强弱也可以对具体的不同冠字号数字进行识别与区分。

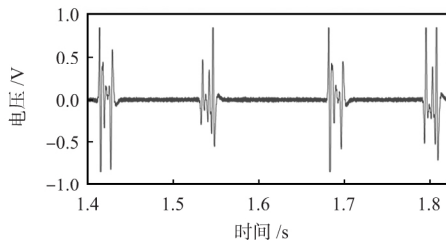


图 5 冠字号区域测试结果

2.4 安全线区域检测

安全线是世界各国货币最重要的防伪技术之一,也是鉴别识别过程中必不可少的一部分。世界各国不同类型、不同版本的纸币版本安全线存储的安全线信号也不同,因此在鉴别识别研究中,必须结合实际情况来开发相应的检测传感器。本文安全线区域的磁性防伪材料检测结果如图 6 所示。

由图 6 可以看出:检测信号具有明显的特征,背景噪声小,因此可识别性强,可以用于后续的数据处理工作。其中,每个信号中包含了强弱不同的高低信号,这是由于传感器经过安全线不同位置时引起的,即信号的特征与安全线

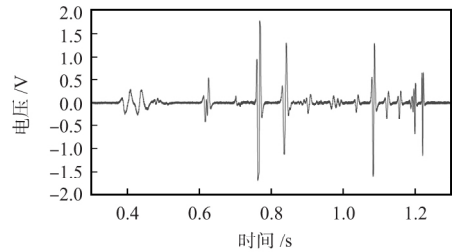


图 6 安全线区域测试结果

位置有关。

2.5 人民大会堂区域检测

人民大会堂区域的检测结果如图 7 所示。可以看出,其检测结果为一个高频的包络曲线,图 7(a) 中 2 组信号表示检测次数为 2 次。

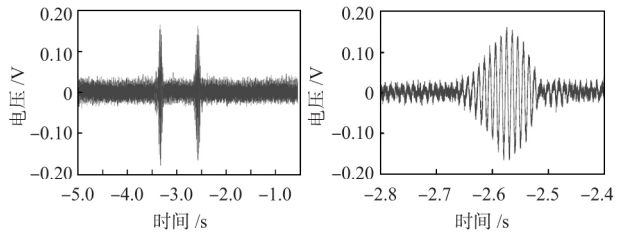


图 7 人民大会堂区域测试结果

根据冠字号、安全线和人民大会堂的检测结果可以明显看出:冠字号和安全线区域的检测信号为一组信号强弱分布明显的曲线信号,这种信号与本身存储的防伪信号有关。而人民大会堂区域为软磁性防伪材料构成,为一个高频包络曲线,与外加激励信号有关。因此,可以通过检测信号的巨大差别,来区分出纸币表面硬磁防伪区域与软磁防伪区域。

通过利用电磁传感器对新版纸币冠字号、安全线和人民大会堂磁性防伪区域的检测表明:当对纸币的磁性防伪材料外加交流励磁信号后,由于冠字号和安全线区域的防伪材料为硬磁材料,其矫顽力较大,因而检测到的漏磁信号不随外加励磁变化而改变,其信号主要与本身存储的磁信号有关;与之相反,人民大会堂区域的磁性防伪材料由软磁防伪材料构成,其矫顽力较低,由于外加励磁大于该矫顽力的大小,因而该区域检测到的漏磁信号受外加励磁的影响,随其改变。即硬磁不受外加励磁的影响,而软磁随外加励磁变化而改变。

3 结论

针对现有磁性防伪检测过程中无法区分出软硬磁防伪材料的磁性属性问题,本文结合磁场仿真,设计了一种新型电磁传感器,并利用该电磁传感器对新版纸币的磁性防伪材料进行了检测。检测结果表明:由于软硬磁防伪材料的矫顽力不同,导致冠字号和安全线区域的输出信号为具有高低特征分布的一组曲线,而人民大会堂区域为一组高

(下转第 131 页)

较差的指纹图像如图 4(b) 进行指纹匹配,验证结果如表 2。



图 4 标准指纹与采样质量较差指纹

表 2 不同匹配算法对图 4 的验证结果比较

匹配算法	误识率 FAR/%	拒识率 FRR/%	正确率 CR/%	平均时间 \bar{t}/s
本文	1.98	0.96	97.06	0.31
文献[5]	4.25	1.25	94.50	0.35
文献[6]	3.87	1.16	94.97	0.71
文献[7]	2.89	0.91	96.20	0.53

从表 2 可以看出,与其他 3 种匹配算法相比,本文算法对低质量形变指纹亦能取得良好的匹配效果。

3 结束语

为了解决指纹复杂形变问题对指纹匹配精度和速度的影响,本文提出了基于多小波融合策略的分段式指纹匹配算法,实验表明,该算法是一个高效的算法,有效避免了指纹图像复杂形变问题对匹配精度的影响。

参考文献:

- [1] 王有春. 指纹识别在身份证网络核查系统中的应用[J]. 传感器与微系统, 2011, 30(6): 126-128.
- [2] Zhou J, Chen F, Wu N, et al. Crease detection from fingerprint images and its applications in elderly people [J]. Pattern Recognition, 2009, 42(5): 896-906.

(上接第 127 页)

频的包络曲线。因此,通过不同区域内的防伪材料输出的信号特征,可以实现软硬磁防伪材料的磁性属性检测。预期本文的研究成果将在鉴伪识别技术领域发挥重要的作用,应用前景广阔。

参考文献:

- [1] 苏钊源, 陈炳君, 周桂良. 金融防伪磁性检测磁头的研究[J]. 科技风, 2015(14): 19-20.
- [2] Wang Y, Zhang Q L, Chen X, et al. Realization of magnetic signal acquisition scheme for banknotes [J]. Wuhan University Journal of Natural Science, 2016, 21(4): 344-350.
- [3] 谢艳招, 赵林, 林楸钰, 等. 磁性光变油墨及其在防伪中的应用[J]. 包装工程, 2017, 38(21): 174-179.
- [4] 李欣. 基于 TMR 传感器的人民币纸币鉴别与面值识别技术研究[M]. 杭州: 杭州电子科技大学, 2015.
- [5] Zhao M, Xi P, Gu X H, et al. Synthesis, characterization and fluorescence properties of a novel rare earth complex for anti-counterfeiting material [J]. Journal of Rare Earths, 2010, 28(S1): 75-78.
- [6] 陶凯, 丁桂甫, 杨卓青. MEMS 中永磁材料的微细加工技术研究进展[J]. 传感器与微系统, 2011, 30(5): 1-4, 7.

- [3] 王峰, 陈蕴. 一种提高不同类型指纹传感器匹配性能方法的研究[J]. 传感器与微系统, 2010, 29(1): 65-68.
- [4] Shi Z, Wang Y, Qi J, et al. A new segmentation algorithm for low quality fingerprint image [C]//Proceedings of the 3rd International Conference on Image and Graphics, 2004: 314-319.
- [5] 陈芋文, 张昱琳, 向林泓. 基于特征点脊线相似的指纹匹配算法研究[J]. 计算机科学, 2012, 39(11): 406-408.
- [6] Cappelli R, Ferrara M, Maltoni D. Minutia cylinder-code: A new representation and matching technique for fingerprint recognition [J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2010, 32(12): 2128-2141.
- [7] 付翔, 举富. 一种基于细节点全局置信度的指纹匹配算法[J]. 模式识别与人工智能, 2014, 27(9): 835-840.
- [8] 黄申, 徐成, 屈景辉, 等. 基于小波理论对掌纹主线提取和修复[J]. 中国图象图像学报, 2006, 11(8): 1139-1149.
- [9] Daubechies I. Orthogonal bases of compactly supported wavelets [J]. Comm on Pure and Appl Math, 1988, 7: 909-996.
- [10] 张浩, 蔡晋辉, 周泽魁. DS 证据理论在 SAR 图像边缘检测中的应用[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2008, 33(1): 105-108.
- [11] 李贵峰, 陈冬梅. 基于证据理论的不确定模式匹配方法[J]. 计算机工程与科学, 2014, 36(6): 1108-1113.

作者简介:

姚丽莎(1986-),女,硕士研究生,讲师,主要从事为图像处理与模式识别研究工作。

- [7] 刘婷婷. 新型铁氧体颜料的制备及其在磁性防伪油墨中的应用研究[M]. 株洲: 湖南工业大学, 2011.
- [8] Zhu Q, Chen Z, Zhang S, et al. Crystallization progress and soft magnetic properties of FeGaBnCu alloys [J]. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2019, 475: 88-92.
- [9] Rosa J, Calvode la, Tejada J, Lousa A. Structural and impedance spectroscopy characterization of soft magnetic materials [J]. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2019, 475: 570-578.
- [10] 刘雯, 钱正洪, 白茹, 等. 基于 GMR 传感器三磁道磁卡读卡器设计[J]. 传感器与微系统, 2015, 34(7): 54-56, 59.
- [11] 刘雪峰, 孙巧巧, 赵文仓. 多传感器图像融合技术[J]. 现代电子技术, 2016, 39(22): 158-162.
- [12] 孙俊杰, 王文涛, 邓重启, 等. 巴克豪森励磁检测传感器设计与仿真分析[J]. 传感器与微系统, 2018, 37(1): 105-107.

作者简介:

孙瑞(1985-),男,博士,研究方向为传感器技术及其检测应用, E-mail: ruisun0803@163.com.

黄勃(1977-),男,通讯作者,博士,高级工程师,主要研究领域为图像处理与模式识别, E-mail: 7413762@126.com.

彭争春(1974-),男,通讯作者,博士,教授,主要研究领域为柔性电子器件, E-mail: 394325353@qq.com.