

文章编号: 1004-4353(2014)04-0357-03

基于直写技术的平面螺旋天线的研究

白育全^{1,2}, 文学洙^{1*}, Lee In Hwan², Kim Min Kyung²
(1. 延边大学工学院 机械工程系, 吉林 延吉 133002;
2. 韩国忠北大学 机械工程系 Nano & Bio 实验室, 忠清北道 清州 361763)

摘要: 提出了一种利用直写(direct writing)技术制造具有规定电学性能的平面螺旋天线的方法. 首先介绍了实验设备的构成和制造方法, 然后在线宽实验的基础上制作了具有一定电感值的平面螺旋天线, 并理论计算和实际测量了天线的电感值, 结果显示理论计算得到的电感值在实际测量值范围内. 将天线与芯片连接后, 通过阅读器测试显示天线可以正常工作, 说明在实验设备条件下可利用直写技术制作平面螺旋天线.
关键词: RFID; 直写; 平面螺旋天线; 导电性油墨
中图分类号: TN41; TN402 **文献标识码:** A

Fabrication of rectangular planar spiral antenna based on direct writing technology

BAI Yuquan^{1,2}, WEN Xuezh^{1*}, Lee In Hwan², Kim Min Kyung²
(1. *Department of Mechanical Engineering, College of Engineering, Yanbian University, Yanji 133002, China;* 2. *Nano & Bio Systems Laboratory, Department of Mechanical Engineering, Chungbuk National University, Cheongju 361763, Korea*)

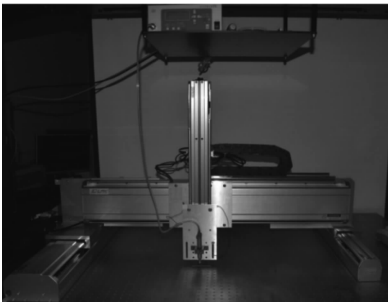
Abstract: This paper proposes a method which use direct writing technology manufacture planar spiral antenna have provisions of electrical performance. At first, we introduce the composition of experimental facilities and manufacturing method, and made a required inductance value planar antenna base on line width experiment, then, the inductance is measured and calculated. Results show that the theoretical calculation results is in the range of the actual measured value. After connecting the antenna and the chip, the antenna can work normally by the reader test. Thereby, it is the possibility of manufacture planar spiral antenna by direct writing under the condition of existing experimental equipment.
Key words: RFID; direct writing; planar spiral antenna; conductive ink

RFID(Radio frequency identification)技术由于具有抗干扰、效率高等优点^[1], 近年来在物流管理、身份识别、电子货币等领域被广泛使用. 平面螺旋天线作为 RFID 标签的重要组成部分, 其生产方式大部分是由绕线、蚀刻等技术制作. 文献[2]研究表明, 通过蚀刻等各种技术制造平面螺旋天线时需要经过热、机械压力、化学腐蚀等工艺, 因此对基板的材质有一定的限制, 除此之外还需

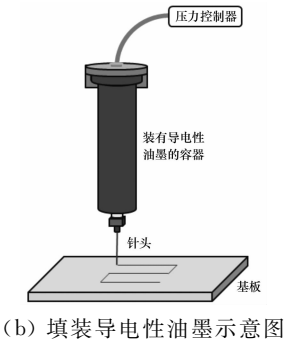
要考虑制造工艺复杂程度和制造成本. 文献[3]介绍了网版印刷、凸版印刷等制造平面螺旋天线的方式, 但由于这些技术需要转印等工序, 增加了制造成本. 由于直写技术具有对基板材质要求不高、制造方式简单等优点, 并且可以通过计算机编程任意修改天线的尺寸, 因此, 本文利用直写技术探讨制造平面螺旋天线的可行性.

1 实验设备及工作原理

研究采用的导电性油墨为 CANS ELCOAT-P100,它具有良好的导电性、附着性,可在常温下干燥.实验装置如图 1 所示,图中实验装置的规格如表 1 所示.实验中需要把装满导电油墨的容器固定在 Z 轴上,并利用直角坐标系统控制其在 X、Y、Z 轴上的运动.为了使导电性油墨可以定量地喷出,采用压力补偿控制器控制压力的强度,使导电性油墨直接从针头被挤压到基板上,同时利用直角坐标系统控制针头的移动,从而得到所设计的形状^[4].



(a) 整体实验装置图



(b) 填装导电性油墨示意图

图 1 实验装置

表 1 实验装置规格

名称	规格
坐标控制系统	X ₁ : LP092-ST-700L-IDLE (YASKAWA)
	X ₂ : LPS180Y-700-44SA-WC (YASKAWA)
	Y: LPS180Y-700-44SA-WC (YASKAWA)
	Z: LP-090-SB-10 (MITSUBISHI)
压力补偿控制器	ACCURA 8DX (Iwashita Engineering, Inc.)
导电性油墨	Elcoat P100 (CANS)
针头	MN-28G-13 standard needle (Iwashita Engineering, Inc.)

2 速度和压力对线宽的影响

直写技术中针头的移动速度对产品的质量至关重要,如果超速将会导致导线断路,产品无法使用.为考察不同速度对导线线宽的影响,本文在速度变化范围为 2~10 mm/s 的条件下,分别在不施加压力和施加压力(10 kPa)的情况下进行试验.试验所用针头内径均为 180 μm.

不施加压力时,导电性油墨的喷出量依靠其自身重力来实现,因此,实验过程中控制好针头与基板的距离十分关键,控制不好就会导致导电性油墨与基板无法接触.如图 2 所示:随着针头移动速度的增加,线宽呈减小趋势.经万用表测定显示,电流均可以正常通过各段导线.

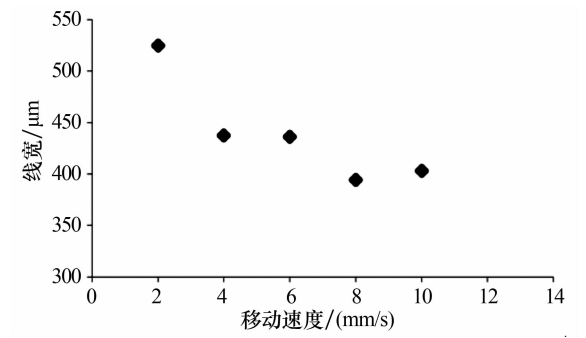


图 2 移动速度对线宽的影响

施加压力时的试验情况如图 3 所示:随着针头移动速度的增加,线宽虽然仍呈减小趋势,但减小幅度比无压力时更均匀,而且线宽有了明显的增加.经万用表测定显示,电流均可以正常通过各段导线.以上试验表明,施加压力后可有效增加线宽,且不需要严格控制针头与基板之间的距离,因此施加压力更有利于试验的进行.

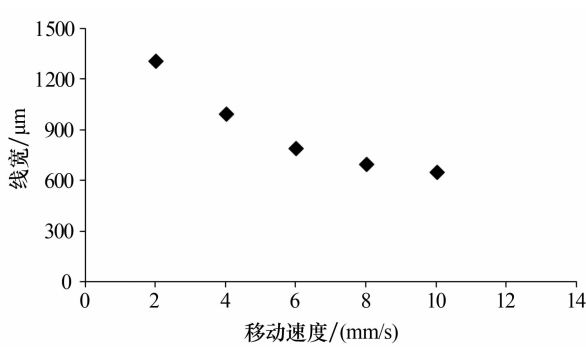


图 3 移动速度对线宽的影响(10 kPa)

3 电感的计算

电感值随平面螺旋天线线圈形状的变化发生变化,其计算方法较多,但由于相对于线宽来说导线的厚度非常薄,大多数电感值的计算方法中都忽略了导线的厚度.公式(1)为没有考虑导线厚度的 Modified wheeler 电感计算公式^[5]:

$$L_{mw} = 2.34\mu_0 \frac{n^2 d_{avg}}{1 + 2.75\rho}, \tag{1}$$

其中: $d_{avg} = 0.5(d_{out} + d_{in})$; $\rho = (d_{out} - d_{in}) / (d_{out} + d_{in})$; n 为电感的圈数; μ_0 为真空磁导率,约为 $1.257 \mu\text{H/m}$.从(1)式可以看出,电感值随着圈数、 d_{out} 和 d_{in} 的增大而增大.

如果考虑导线的厚度,Grover 法^[6]可以更精确地计算出天线的电感值,其计算公式为:

$$L_T = L_0 + \sum M, \tag{2}$$

$$L_0 = \sum L_n, \tag{3}$$

$$L_n = 2l_n [\ln(\frac{2l_n}{w+t}) + 0.50049 + \frac{w+t}{3l_n}], \tag{4}$$

其中: L_T 为总电感值, L_0 为电感的自感, M 为互感, L_n 为螺旋电感各段的自感, l_n 为螺旋电感每段的长度, w 和 t 分别是导线的宽度和厚度.从(4)式可以看出,导线厚度仅会略微减小电感值,其计算过程相对复杂.

4 螺旋天线的制作

通过尺寸设计,以及计算机编程,所制作的平面螺旋天线如图 4 所示.在测量所制造的平面螺旋天线的实际尺寸后,将其代入(2)—(4)式计算,结果约为 $2.7 \mu\text{H}$.

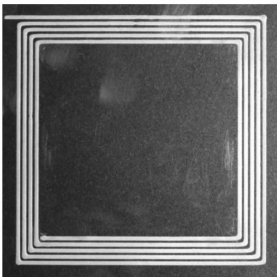


图 4 利用直写技术制造的平面螺旋天线

为了测量天线的实际电感值,使用 HP 公司生产的 4263B LCR 表对若干个天线线圈进行测量,其测量值为 $2.6 \sim 3.1 \mu\text{H}$.理论计算值在实际测量结果范围内,这说明在制作具有一定电感值的平面螺旋天线时,可以利用电感计算方法来提前推断其电感值是否符合设计要求.

将天线的两端与 IC 卡芯片连接,制作成简单的标签后,利用阅读器对标签进行测试,发现所制作的标签可以正常工作,说明线圈内部磁通量的变化产生了电压,电压足以提供正常的能量来支持芯片正常工作,使芯片可以进行数据交换.

5 结论

本文利用直写技术制作了平面螺旋天线,理论计算值和实测电感值显示,计算值在测量结果值范围内,因此在现有实验设备条件下可以使用直写技术来制作平面螺旋天线.由于本次实验仅研究了速度对实验的影响,因此,在今后的研究中将考虑不同压力以及针头内径大小对试验的影响,以确定最佳试验参数.

参考文献:

[1] 戴彩艳. 13.56 MHz RFID 读写器天线的研究与设计[D]. 福州:福建师范大学,2013.

[2] 刘丽梅,李娟,苏冠群. RFID 天线制作应用价值及前景分析[J]. 金卡工程,2007(12):54-56.

[3] 刘春格. RFID 电子标签天线的印刷[J]. 出版与印刷,2011(1):37-39.

[4] Oh Sung Taek, Lee In Hwan, Cho Hae Yong. Fabrication characteristics of conductive materials for the flow rate and nozzle moving speed[J]. Journal of Industrial Science and Technology Institute, 2013,27(1):1-4.

[5] Mohan S S, Hershenson M, Boyd S P, et al. Simple accurate expressions for planar spiral inductances[J]. IEEE J Solid-State Circuits, 1999, 34(10):1419-1424.

[6] Greenhouse H M, Member Senior. Design of planar rectangular microelectronic inductors [J]. IEEE Transaction on Parts, Hybrids, and Packing, 1974, 10(2):101-109.