

RFID 丝印墨层厚度影响因素的研究

王森, 钱军浩

(江南大学, 无锡 214122)

摘要: 介绍了丝网印刷 RFID 标签天线的工艺特点; 在分析了标签天线电阻的计算方法的基础上, 提出了天线电阻主要受天线墨层厚度和导电油墨导电性能两方面的影响。分别分析了丝网、刮墨刀、丝网目数等因素对天线墨层厚度的影响, 以及导电油墨的黏度及导电油墨的干燥效果对其导电性能的影响。为实际生产中, 调整丝印 RFID 天线的电阻提供理论参考。

关键词: 丝网印刷; RFID; 标签天线; 墨层厚度

中图分类号: TS871.1; TS852 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)19-0097-04

Study on Influencing Factors of Ink Thickness by RFID Screen Printing

WANG Sen, QIAN Jun-hao

(Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The process feature of screen printing RFID tags antenna was introduced. The influences of antenna resistance from antenna ink layer thickness and the conductivity of the conductive printing ink was put forward based on the analysis of electronic tag antenna resistance calculation method. The influence of screen, doctor blade, and mesh on the ink layer thickness of antenna, and the influence of the viscosity and drying effect of conductive ink on the conduction performance of the antenna were analyzed. The purpose was to provide reference for regulation of the resistance of RFID tags antenna.

Key words: screen-printing; RFID; tag antenna; ink thickness

RFID 是射频识别技术的英文缩写, 俗称电子标签。它是一种利用射频信号, 通过空间耦合(交变磁场或电磁场)实现无接触信息传递, 并通过所传递的信息达到识别目标的自动识别技术。与传统的标签相比, RFID: 可实现单个物体的识别; 可穿透外部材料读取数据; 可同时对多个物体进行识读; 可重复储存信息; 储存信息量大等。在物流、零售、身份识别、交通、食品监管、防伪等领域都, 具有广阔的应用前景。

目前, RFID 天线的生产方法主要有线圈绕制法、蚀刻法和直接印刷法^[1]。相较而言, 直接印刷天线的方法具有生产效率高、适应性强、成本低、准确性好、无污染等优点, 更加适合 RFID 的大规模推广应用。

1 RFID 天线丝网印刷工艺分析

丝网印刷 RFID 标签天线一般采用非接触式印

刷, 这样可以获得良好的印刷质量, 避免蹭脏^[2]。非接触式印刷是指丝网和基板之间有一固定的距离, 刮板推动浆料流过丝网时, 使丝网倾斜, 并与基板接触, 印出图形, 由于印刷后丝网即反弹回位, 不会将印刷图案蹭模糊。

印刷标签天线的丝网比较好的是镍箔穿孔网。这种丝网的网面平整性好、厚薄均匀, 印刷出的图案印迹的稳定性和精密性较高; 印刷精度高, 可以分辨间隔为 0.1 mm 的电路, 定位精度最高可达 0.01 mm。制版方式比较好的是间接感光制版法, 这种制版方法的图像分辨力和印制精度比其它的网版制版方法好, 可以印制出更加精细的电路线条^[3]。

目前, 丝网印刷 RFID 天线是最有效的方式, 但其也有不足之处。如印刷电子标签天线的厚度一般为 0.01~0.04 mm, 这就要求丝网印刷出的线足够细, 并且由于标签的印刷面积有限, 还要求 2 条线之

间的间隙越小越好,然而在现实中要做到这点是非常困难的。

2 无源 RFID 标签天线工作原理及电阻计算方法

无源 RFID 标签传输信号所需的能量是由标签线路与阅读器之间的谐振实现的,见图 1。当阅读器

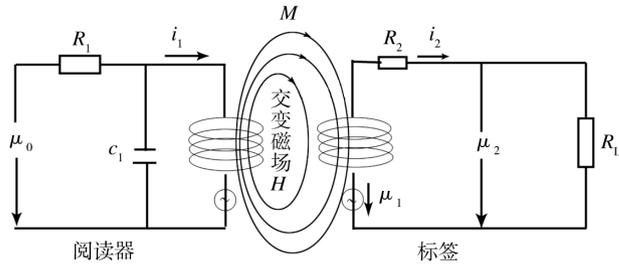


图 1 无源 RFID 标签天线的工作原理

Fig. 1 Working principle of passive RFID tag antenna

电路中输入交流电时,会向周围发射出交变的磁场,从而引起标签线圈中磁通量的改变,根据电磁感应原理,线圈两端会形成交变电压,因而标签线路中会因为这种互感的现象而产生交变电流^[4]。

在直流电路中导线电阻取决于导电横截面尺寸:

$$R = \frac{\rho l}{wt_h} \quad (1)$$

其中: R 为电路电阻; ρ 为电阻率; l 为电路长度; w 为宽度; t_h 为厚度。

在交流电路中,电子没有能完全渗透到导体中,因此和直流电路不同,交流电路中导体表面的电流密度较高,这称之为“表面效应”。一个固定频率的导体的表面厚度 δ 可以表示为:

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}} \quad (2)$$

其中: f 为电路的频率; μ 为渗透率; σ 为导体的电导率。

印刷 RFID 天线墨层的表面粗糙度 Δ 会影响交流电路的电阻。其单位长度的电阻 R_s 可以表示为:

$$R' = \frac{1}{w} \sqrt{\frac{\pi \mu f}{\sigma}} \quad (3)$$

$$c = \left[1 + \frac{2}{\pi} \tan^{-1} \left\{ 1.4 \left(\frac{\Delta}{\delta} \right)^2 \right\} \right] \quad (4)$$

$$R_s = cR' \quad (5)$$

其中: c 为表面粗糙度校正因子。

在实际生产中,丝网印刷 RDID 天线的电阻由天线墨层厚度和导电油墨本身的导电性能两方面决定。

3 影响天线墨层厚度的因素分析

3.1 丝网印刷理论墨层厚度的计算方法

丝网印刷理论透墨量是指由丝径、目数及丝网厚度等丝网基本技术参数决定的单位面积内透过丝网网孔油墨的总量^[3]。

理论墨层厚度 H = 理论透墨量 G / 网点面积

透墨量 G 近似等于丝网网孔的体积 V ,而丝网网孔的体积 V 主要由丝网目数 M 决定。

丝网目数 M 是指每平方厘米(或每平方英寸)内所具有的网孔数目。

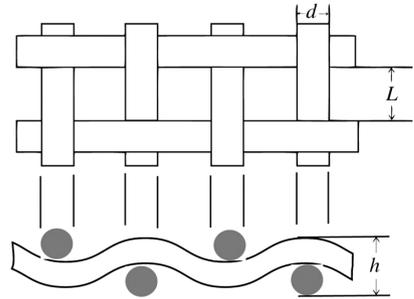


图 2 丝网尺寸示意图

Fig. 2 Sketch map of screen size

假设丝网的每个网孔都为大小相等的正方形,每根丝线的直径都相等为 d (μm),则网孔的边长 L (cm)为:

$$L = \frac{1}{M} - d \times 10^{-4} \quad (6)$$

网孔的面积 S (cm^2)为:

$$S = L^2 = \left(\frac{1}{M} - d \times 10^{-4} \right)^2 \quad (7)$$

静态时,丝网厚度 h (cm)可近似为:

$$h = 2d \times 10^{-4} \quad (8)$$

则丝网网孔的体积 V 即透墨量 G (cm^3)的大小为:

$$G = V = Sh = \left(\frac{1}{M} - d \times 10^{-4} \right)^2 \times 2d \times 10^{-4} \quad (9)$$

因此当油墨转印到承印物表面时,承印物表面油墨厚度 H (cm)即可近似为:

$$H = \left(\frac{1}{M} - d \times 10^{-4} \right)^2 \times 2d \times 10^{-4} \times M^2 \quad (10)$$

3.2 实际影响墨层厚度的因素

实际丝网印刷印刷标签天线过程中,天线的墨层厚度是受丝网结构参数以及各种工艺条件影响的^[4]。

3.2.1 丝网特性对墨层厚度的影响

理论上讲,丝网印刷的墨层厚度应该等于丝网的厚度,但是在印刷的时候,墨层厚度总是小于丝网厚度,这是由于丝网本身对油墨有一定的吸附性,即丝网印刷时油墨的流动和吸附是同时进行的,这个过程直到油墨失去流动性成为胶体为止。所以,丝网参数对墨层厚度的影响主要表现在其对油墨吸附能力的大小。

当油墨在单位面积内均匀分布时,实际墨层厚度与丝网厚度的关系可表示为:

$$H' = h \times A = 1.82d \times A \quad (11)$$

其中: H' 为丝网印刷膜层厚度; h 为丝网厚度; A 为网孔面积百分比。

3.2.2 刮墨刀对墨层厚度的影响^[5]

丝网印刷中,刮墨刀作用于网版上力的大小直接影响到透墨量的多少。见图 3,刮墨刀与网版以一定

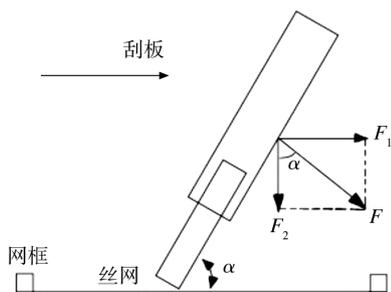


图 3 刮墨刀受力分析

Fig. 3 Force analysis of doctor blade

角度接触,在压力作用下将油墨向下挤压,并以一定速度向前运动。其中,压力大小为 F ,刮印角度为 α ,移动速度为 v 。

如图 3,压力 F 可以分解为水平的力 F_1 (带动油墨向前移动)和垂直的力 F_2 (挤压油墨通过网孔),即:

$$F_1 = F \sin \alpha, \quad F_2 = F \cos \alpha \quad (12)$$

显然,当 F 越大、 α 越小时, F_2 越大,即挤压油墨的力越大,通过的墨量越多,墨层越厚。

印刷过程中,刮板在压印时会有一定的弯曲。如图 4 刮板角度变为 α_0 , α_0 大小与刮印速度有直接的关系,其关系见图 5。刮板刮印的速度越快,刮板与丝

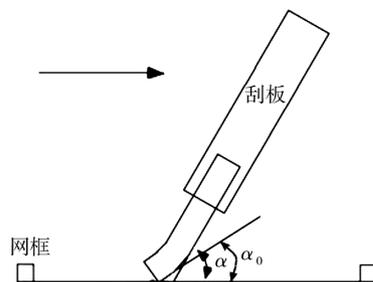


图 4 印刷中网版的变形

Fig. 4 Distortion of doctor blade in printing

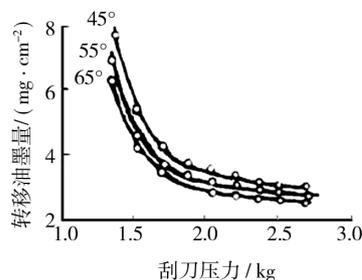


图 5 转移墨量与压力在不同刮印角下的关系曲线

Fig. 5 The relations between the amount of ink transfer and pressure under different scraping angle

网印版的摩擦阻力与油墨的粘性增大,刮板的弯曲变形也就越大,而刮板角度则变小,刮板对丝网的印版的压力降低,影响了油墨的透墨量。

对移动速度 v 来说,只有在一定速度范围内, v 增大,填入网孔的墨量增加,墨层厚度也会增加;超出该速度范围,填墨量则减少,甚至油墨仅在网孔顶部掠过,却不填满网孔,墨层减小。

其次,对刮墨刀的截面形状来说,刮墨刀越锐,线接触越细,出墨量就越大,墨层越厚。

3.2.3 丝网目数与墨层厚度的关系

在保持其它因素不变的情况下,丝网目数 n 与墨层厚度 H 的关系见图 6,从中可以看出,墨层厚度随网版目数的增加而不断减小,并且当网版目数较少时,对墨层厚度的影响较大。当网版目数超过一定范围时,可以看到墨层厚度几乎保持不变,即网版目数对墨层厚度的影响近似为零。

由于目数少的网版丝网直径较大,印刷出的图形表面粗糙度大,线条中间的墨层不厚实,因此精细的图文应尽量选择较大的网版目数。

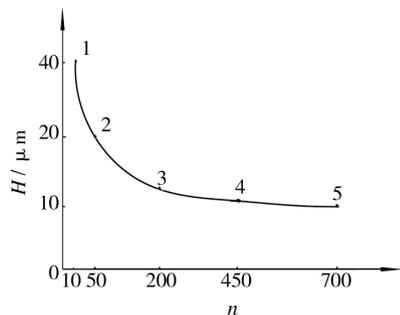


图6 丝网目数 n 与墨层厚度 H 的关系

Fig. 6 The relationship between n and H

4 导电油墨的性质对电阻的影响

导电油墨按导电材料的性质可分为无机和有机2类。印制RFID天线的导电油墨大部分都是导电银浆、导电银碳混合浆料或导电铜浆,通称为导电浆料。导电浆料主要由导电相、黏合剂、填充剂、溶剂、柔韧剂等几部分组成^[6]。

在印刷时,当刮墨刀剪切力大于或等于银浆内部阻止其塑性变形的屈服力时,银浆开始流动。若银浆黏度太小,银浆流动性太大,印刷过程中印迹易扩大,图案清晰度和细小线条分辨率都会下降,墨膜厚度减小,线路的电阻增大;而黏度太大,在一定剪切速率下,银浆滚动性好,流动性差,不易转移到承印材料上,墨膜中间会出现空隙、断线及针眼等问题,尤其是细导线的印刷均匀度严重下降,墨层的表面粗糙度增加,线路的电阻也会变大。

与金属导电不同,导电油墨是经过加热固化、溶剂挥发后,其中的金属粒子之间的间隙减小,填充率增加,从而形成一个粒子连接而成的导电通路,因此导电油墨干燥效果直接关系到天线的导线性能。若干燥不完全,线路中导电粒子接触面积小,导电率必然下降。此外,导电油墨干燥速度的快慢还会影响到天线的尺寸。

5 结语

除此之外,丝印RFID天线的墨层厚度还受上墨量、印刷环境等多方面因素的影响。其中,丝网目数和干燥效果是影响墨层厚度和导电油墨的导电性能最为关键的2个因素。在实际生产的过程中,应在对

选用的导电油墨的性能充分了解的基础上,根据电子标签的设计要求,选择适当的丝网目数,合理调整其它因素,这对提高生产效率、降低废品率是十分重要的。

参考文献:

- [1] 刘丽梅,李娟,苏冠群. 浅析RFID印刷天线技术及应用价值[J]. 中国自动识术,2007(5): 52-54.
- [2] 杜玉宝. 智能标签天线的丝网印刷工艺参数研究[J]. 出版与印刷,2008(4):45-37
- [3] 唐宝玲. 电子标签(RFID)天线的印制技术[J]. 印制电路信息,2007(6):24-27
- [4] FINKENZELLER K. 射频识别技术[M]. 吴晓峰. 陈大才,译. 北京:电子工业出版社,2006.
- [5] MIOP Sp Wood. An Overview of Screen Printing Stencil Systems, Mesh ProPerties and Mesh Color in Relation to Print Quality[J]. Professional Printer, JANUARY/FEBRUARY, 2001. (余不详)
- [6] 李婧伟,唐正宁,王志宏. 基于印制电路板精细丝网印刷过程的数学模型研究[J]. 包装工程,2008,29(2): 94-95.
- [7] 冯瑞乾. 印刷原理及工艺[M]. 北京:印刷工业出版社,2005.
- [8] 刘彩凤. 基于导电银浆流变特性的导线印刷品质分析与控制[J]. 包装工程,2009,30(5): 54-59.