

丙纶基纳米金属薄膜的导电性能

黄新民¹, 孟灵灵^{1,2}

(1. 盐城工学院纺织服装学院, 江苏 盐城 224051; 2. 江南大学生态纺织教育部重点实验室, 江苏 无锡 214122)

摘 要: 采用真空射频磁控溅射技术, 在不同规格的丙纶热轧纺粘非织造布表面沉积不同金属的功能性纳米薄膜。测试结果表明, 纺织材料表面沉积纳米银金属薄膜的导电性较之其它金属好, 且银纳米薄膜在 10 nm 时呈现半导体性能, 在 100 nm 时呈现最佳导电性能。原子力显微镜(AFM) 分析该纳米结构表面镀层形貌发现, 不同纺织材料对沉积纳米金属后的导电性有一定影响。

关键词: 非织造织物; 染整; 磁控溅射; 丙纶; 导电性; 纳米; 金属薄膜

中图分类号: TS190.67 文献标识码: A 文章编号: 1000-4017(2013)03-0013-03

Conductivity of polypropylene nonwoven-based nano metal film

HUANG Xin-min¹, MENG Ling-ling^{1,2}

- (1. College of Textile & Clothing, Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224051, China;
2. Key Laboratory of Science & Technology of Eco-Textile, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: Vacuum RF magnetron sputtering technology is used to deposit the metal of nano-thin film on polypropylene nonwovens with different specifications. It is found that the surface of textile materials deposited with nano-silver film has better conductivity than that with other metal film, and the textiles can obtain semiconductivity with nano-silver film of 10 nm and the best conductivity with nano-silver film of 100 nm. Nano-structured surface coatings are analyzed by the atomic force microscope (AFM), and the results show that the matrix has a certain influence on the conductivity of treated fabric.

Key words: nonwoven fabric; dyeing and finishing; magnetron sputtering; polypropylene; electrical conductivity; nano; metal film

随着纺织技术的发展, 纺织材料的应用领域由服装、装饰和清洁用品等逐渐延伸到农业、工业、国防、文化和体育等领域, 功能性纺织材料的应用越来越广。纳米结构的金属材料由于其独特的导电性能, 应用前景广泛。以纺织材料作为基材沉积纳米金属薄膜可制得理想的功能纺织材料^[1-2]。本试验主要运用高真空磁控溅射表面沉积技术^[3-8], 在纺织材料(三种不同规格的丙纶热轧纺粘非织造布) 表面沉积三种不同金属(锌、铝、银) 纳米功能膜, 利用 SX1934 型数字式四探针测试仪测定各样品方块电阻, 并对其导电性能进行对比分析; 利用原子力显微镜(AFM) 观察了薄膜表面的微观结构。

1 试验部分

1.1 试验材料

基材 丙纶热轧纺粘非织造布, 规格分别为 WH 30 g/m²、WH 60 g/m²、WH 120 g/m²

先将非织造布裁剪成约 4.0 cm × 6.0 cm 大小, 放入 250 mL 的无水乙醇溶液中浸洗, 在 KQ-50B 型超声波清洗器中振荡 30 min, 以较好地去除非织造布表面

的有机溶剂、灰尘等杂质, 再用清水反复漂洗, 并用蒸馏水漂洗干净, 最后放入 60 °C 的烘箱中, 将试样烘干, 样品装袋后放入干燥皿中待用。

靶材 采用纯度为 99.99% 的银(Ag)靶、铝(Al)靶和锌(Zn)靶。

1.2 纳米金属薄膜的制备

本试验采用 1.5×10^{-4} Pa 本底真空、99.999 9% 的高纯氩工作气体和射频溅射, 具体的工艺参数如下表 1 所示。

表 1 溅射系统工艺参数

Table 1 sputtering system process parameters

工艺参数	参数设定值
溅射方式	射频
本底真空度/Pa	1.5×10^{-4}
靶材与基材间距/mm	60
反应气体	无
溅射气体	Ar(99.999 9%)
气体流量/(cm ³ · min ⁻¹)	20
溅射压强/Pa	0.5
溅射功率/W	100
基底温度	室温

沉积时试样的温度为室温, 为控制沉积时基体的温度, 采用水循环冷却装置冷却基材、靶材和分子泵,

收稿日期: 2012-12-08

作者简介: 黄新民(1979-) 男, 讲师, 主要从事功能纺织材料研究, E-mail: huangxinmin@126.com.

以避免因高温而引起基材变形和纳米金属颗粒的扩散运动。

为避免杂质颗粒落到基材表面,采用由下向上的溅射方式,即基材在上、靶材在下的结构。为保证纳米金属薄膜的纯度,先将反应室抽至本底真空 1.5×10^{-4} Pa,然后充入高纯氩气(99.999 9%)作为溅射气体,为了去除靶材表面杂质,预溅射 1~5 min。为使溅射出的金属纳米粒子能均匀分布在基材上,驱动样品架的电机以约 100 r/min 的恒定转速旋转。溅射厚度由膜厚仪监测控制。

2 结果与讨论

2.1 靶材对纺织材料导电性能的影响

改变靶材(Zn、Al、Ag),按 1.2 节工艺在 30 g/m^2 基材上沉积不同金属纳米功能膜,膜厚 30 nm;研究不同靶材对纺织材料导电性能的影响,结果见表 2。

表 2 靶材对镀膜纺织材料导电性的影响

Table 2 Effect of target material on the conductivity of coated textile material

靶材	方块电阻(Ω/\square)		
	最大值	最小值	平均值
锌	-	-	不可测量
铝	123.3	20.8	62
银	58.1	2.5	19.78

由表 2 可知,金属本身的导电性能直接影响其纺织材料纳米金属镀层的导电性。一般而言,银的导电能力在这三种金属中是最好的,铝次之。三种金属的相对电导率分别为:锌 26%、铝 60%、银 100%^[9]。当这三种纯金属纳米颗粒在纺织材料表面沉积,采用四探针测试仪测量薄膜的方块电阻,除纳米锌膜无法测得方块电阻外,纳米铝膜和纳米银膜均可测得方块电阻。虽然在平均值上银膜的方块电阻小,表现出来的导电性能更好,但是测试时铝膜在某些镀膜均匀点仍可以表现与银膜一样的方块电阻值。由此可见,纳米金属在一定程度上改变了金属原有的导电能力。此外,纳米锌膜的不导电性与纳米铝膜的导电能力小,除了本身因素外,样品从真空中取出后接触空气被氧化也是一个原因。综上,在纺织材料上溅射沉积纳米银膜,其表现的导电性能最佳。

2.2 基材对镀膜纺织材料导电性的影响

以银为靶材,按 1.2 节工艺在不同基材($30、60、120 \text{ g/m}^2$)上沉积相同的金属纳米功能膜,膜厚 50 nm,研究不同基材对镀膜纺织材料导电性和纳米银颗粒粒径的影响,结果见表 3。

表 3 基材对镀膜纺织材料导电性和纳米银颗粒粒径的影响

Table 3 Effect of the substrate on the conductivity and nano silver particle diameter of coated textile material

基材 ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	方块电阻(Ω/\square)			纳米银粒径/nm		
	最大值	最小值	平均值	最小	最大	平均
30	44.2	1.2	14.2	5	210	49.66
60	12.7	0.2	2.375	6	120	36.99
120	4.1	0.1	1.685	4	73	16.91

由表 3 可以看出,随着基材单位面积质量的增大,镀膜纺织材料的方块电阻越小,即导电性能越好。此外,随着基材单位面积质量的增大,薄膜颗粒的尺寸越来越小,说明薄膜表面越来越平整。

采用原子力显微镜(AFM)观察纳米银薄膜的微观结构,见图 1。

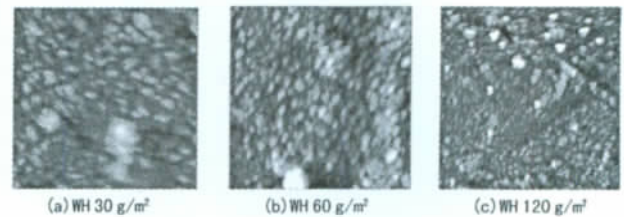


图 1 不同规格基材溅射纳米银的微观结构

Fig. 1 AFM images of different specifications nanostructures with silver thin film

图 1 表明,随着基材单位面积质量的增加,丙纶纤维表面的纳米银颗粒由最初的模糊、凹凸不平的沉积分布逐渐转变为清晰、均匀分布。这是由于随着基材单位面积质量的改变,基材表面纤维分布越来越平整,银粒子扩散到薄膜-基材界面越来越均匀,进而使薄膜表面分布均匀,连续性提高。

2.3 溅射厚度对纺织材料导电性能的影响

以银为靶材,按 1.2 节工艺在 120 g/m^2 基材上,溅射不同厚度的薄膜(10、30、50、100 nm),研究溅射厚度对纺织材料导电性能的影响,结果见表 4。

表 4 溅射厚度对镀膜纺织材料导电性的影响

Table 4 Effect of sputtering thickness on conductivity of coated textile material

膜厚/nm	方块电阻(Ω/\square)		
	最大值	最小值	平均值
10	-	-	不可测得
30	57.8	2.7	16.215
50	4.1	0.1	1.685
100	0	0	0

由表 4 可以看出,当薄膜厚度为 10 nm 时,由于薄膜的不连续性和纺织品表面不平整,四探针测试仪无法测定薄膜的方块电阻,此时纳米银膜为半导体^[10]。当薄膜厚度增大到 30 nm 时,基材上的纳米银薄膜连

续性增强,电子在其中的移动能力增强,薄膜显示出了导电性能,但此时薄膜结构并不十分均匀,所以其方块电阻分布范围较宽。当薄膜厚度增大到 50 nm 时,薄膜更加致密且均匀,溅射出的银原子沉积于纤维与纤维之间的连接处,对不同纤维表面的薄膜起到了一定的连接作用,使薄膜能够形成统一的整体,因此薄膜方块电阻均值迅速下降,不同位置的导电性能差异也进一步缩小,因此方块电阻值分布范围变窄。当薄膜厚度增大到 100 nm 时,其方块电阻值趋向于零,显示最佳的导电性能^[5]。

3 结论

(1) 金属本身电导性好,制成的金属镀层导电性随之增强;随基材单位面积质量的增加,镀膜材料导电性能得到提高;在 100 nm 范围内,膜厚越大,镀膜材料的导电性越好。

(2) 随着基体材料的改变,纳米银颗粒粒径逐渐变小,薄膜的比表面积增大,表面粗糙度越来越小,从而使镀膜材料在导电性能方面有一定的优越性。随着膜厚度的增加,金属膜越来越致密,纳米结构的连续性

增加,因而导电性能也增加。□□

参考文献:

- [1] 邓炳耀,晏雄,魏取福. 沉积铝纳米结构薄膜非织造布的制备和导电性[J]. 纺织学报, 2006(11): 44-47.
- [2] 徐晓峰,陈小立,郭玉良,等. 磁控溅射法研制防紫外纳米铝膜涤纶织物[J]. 印染, 2007, 33(12): 10-12.
- [3] 李芮. 磁控溅射技术[J]. 印染, 2008, 34(5): 5-6.
- [4] 王鸿博,高秋瑾,王银利,等. 等离子体预处理对丙纶基材溅射银薄膜的影响[J]. 印染, 2009, 35(15): 10-12.
- [5] 洪剑寒,王鸿博. 非织造布磁控溅射镀银的导电和抗紫外性能[J]. 印染, 2008, 34(6): 10-11.
- [6] 王鸿博,李颖,陈艳,等. PET 非织造基溅射 TiO₂/Nd/TiO₂ 及其抗菌性[J]. 印染, 2010, 36(15): 5-7.
- [7] 赵晓燕,王鸿博,高卫东,等. 磁控溅射法研制稀土激活 TiO₂ 抗菌材料[J]. 印染, 2007, 33(20): 5-8.
- [8] 徐晓峰,陈小立,郭玉良,等. 磁控溅射法研制防紫外纳米铝膜涤纶织物[J]. 印染, 2007, 33(12): 10-12.
- [9] 金属材料的性能[EB/OL]. <http://www.jxcad.com.cn/read-htm-tid-210191.html>.
- [10] 金原稔,藤原英夫. 薄膜[M]. 北京: 电子工业出版社, 1988, 113-124.

无锡金景化工产品有限公司

招 聘

●印花工程师

熟悉活性印花,分散印花,酸性印花工艺、流程,懂印花染料、助剂测试、应用。年薪 10 万以上。

●酸性染料事业部经理

熟悉酸性染料应用、对酸性染料市场比较了解。年薪 10 万以上。

●分散染料事业部经理

熟悉分散染料及高水洗分散染料的应用、对分散染料市场比较了解。年薪 10 万以上。

●销售员

1. 从事染料: 活性染料或分散染料或酸性染料或阳离子染料, 助剂销售工作 2 年以上。
2. 熟悉基础的染料、助剂知识。
3. 工资 + 提成, 发展空间大。
4. 工作地点: 江苏、浙江、上海。

地址: 无锡市东亭中路华夏之春 2-3 号 801 室
联系人: 姚娟 13771514723

邮编: 214101
E-mail: wuxijhg@163.com

电话: 0510-88203148
传真: 0510-88200802