

文章编号: 1001-3806(2011)06-0773-02

入射角对含钴氧化铝膜红外偏振光谱特性研究

王丽丽

(枣庄学院 物理与电子工程系, 枣庄 277160)

摘要: 为了研究入射角度对含钴阳极氧化铝膜近红外偏振光谱特性的影响, 采用阳极氧化的方法制备了阳极氧化铝膜, 向其孔中镀入了钴, 然后利用 UV-3101PC 型分光光度计对其进行透射光谱测试, 并在入射角分别为 30° 和 45° 时测试了其偏振光谱。结果表明, 这种含钴阳极氧化铝膜在近红外波段具有良好的透射率和消光比, 且消光比随着入射角的增大而显著提高。

关键词: 薄膜; 薄膜光学; 阳极氧化铝膜; 偏振器; 电镀

中图分类号: O484.4⁺1; O436.3 **文献标识码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1001-3806.2011.06.013

Effect of incident angles on IR polarizing property of Co-Al₂O₃ film

WANG Li-li

(Department of Physics & Electronic Engineering, Zaozhuang University, Zaozhuang 277160, China)

Abstract: In order to study effect of incident angles on IR polarizing property of Co-Al₂O₃ film, Co was implanted into the pores of anodic alumina by means of electroplating. Its transmittance spectrum was measured with UV-3101PC spectral photometer, and its polarizing spectrum was tested at the incident angles of 30° and 45° respectively. The experimental result indicates that such anodic alumina film with Co columns has good transmittance and extinction ratio in the near-infrared waveband, and the extinction ratio improves notably with increase of the incident angle.

Key words: thin films; film optics; anodic alumina film; polarizer; electroplating

引言

偏振器件是重要的光学器件之一。目前已有的各种各样的偏振元件(如格兰棱镜、尼科耳棱镜、二向色薄膜、金属线栅、干涉薄膜等)已广泛应用于光隔离器、光调整器、光转换开关等,但它们都具有体积大、效率低、造价高等缺点。光电通信的发展迫切需要一些体积小、重量轻且效率高的微偏振元件,因此,研究开发一些新型的微偏振器件是非常必要的。

近年来,由于金属纳米线/复合结构体系具有不同于块体材料的光学特性,其制备和光学特性引起了人们很大的兴趣^[1-3]。在钴纳米线/阳极氧化铝膜复合体系的研究方面,国外的 SHINGUBARA 等人^[4]在阳极氧化铝膜的微孔中沉积了钴纳米线,研究了钴纳米线长径比与其磁性的关系;国内的 LI 等人^[5]通过改变沉积液的 pH 值,在阳极氧化铝模板中用交流电沉积的方法制备出了不同晶体结构的钴纳米线阵列。这

些工作主要集中在钴纳米线的制备和磁性方面,对于含钴阳极氧化铝膜纳米复合体系光学特性尤其是偏振特性方面,还鲜有报道。

本文中以阳极氧化铝膜为模板,采用交流电沉积的方法,制备了含钴阳极氧化铝膜,制备了测试样品,测得了含钴阳极氧化铝膜的透射光谱,并重点研究了不同入射角度下的偏振光谱。

1 样品制备及测试方法

取纯度为 99.99% 的单晶铝片,分别放入丙酮和乙醇中,用超声波振荡器清洗以除去表面油污;用去离子水反复冲洗,然后进行阳极氧化。氧化所采用的电解液为硫酸溶液,0.4 mol/L,氧化电压为 25V。氧化结束后,将样品放入磷酸中扩孔,磷酸浓度为 0.3 mol/L,扩孔温度为 30℃,时间为 5min。扩孔处理后,采用交流电镀的方法用硫酸钴电解液在孔的底部电镀钴柱,电源频率为 50Hz,电压为 20V,其中电解液的组成是:CoSO₄·7H₂O 为 40g/L,硼酸为 40g/L;沉积时间为 25min,反应在 0℃ 下进行。反应结束后,将样品放入去离子水中煮沸,这样在膜表面会形成一层水封膜;再将样品放入 CuCl₂ 溶液中浸泡,除掉铝基底,这样得到了含钴阳极氧化铝膜。

作者简介:王丽丽(1981-),女,硕士,主要从事光学方面的研究。

E-mail: wanglili1981@163.com

收稿日期:2011-02-21;收到修改稿日期:2011-04-14

采用参考文献[6]中的测试样品制备方法,将样品固定在两块直角棱镜($n_g = 1.67$)之间,利用溴代萘($n = 1.65$)作为胶合剂,LaK2玻璃、溴代萘与阳极氧化铝膜的折射率($n_i = 1.6$)相近,这样可以尽量减少玻璃和氧化铝膜界面之间的光学损耗[7]。测试样品的透射光谱和偏振光谱均在UV-3101PC型分光光度计上完成,其中偏振光谱采用双光路同向起偏的方法完成采集[8]。

2 结果与分析

对含钴阳极氧化铝膜样品进行了X射线衍射图谱表征,发现在 2θ 分别为 41.6° 和 44.8° 时,存在两个明显的衍射峰,分别对应六角密堆积结构Co(100)和面心立方结构(111)晶面衍射峰,且Co(100)峰在这两个峰中占主导,这说明阳极氧化铝膜上生成的Co为面心立方和六角密堆积共存的结构[9],且钴纳米线具有一定的结晶取向。

测试样品的透射光谱如图1所示。由图1可以看出,样品在可见光波段的透射较小,而在近红外波段,含钴阳极氧化铝膜有较好的透射,且随着波长的增加,含钴阳极氧化铝膜透射率逐渐增大。

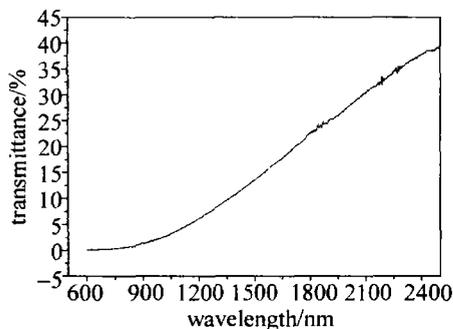


Fig. 1 Transmittance spectrum of anodic alumina film with Co columns in the visible and near-infrared band

为测试含钴阳极氧化铝膜偏振特性的入射角度效应,制备了结构角为 30° 和 45° 的两块玻璃棱镜。含钴阳极氧化铝膜的偏振光谱曲线如图2所示,曲线a和曲线b分别为入射角是 30° 和 45° 时s分量的透射率;曲线c和曲线d分别为入射角是 30° 和 45° 时p分量的透射率。由图中曲线可以看出:(1)样品在近红外波段表现出良好的偏振特性;(2)随着入射角的增加,p分量和s分量的透射率均逐渐减小,但p分量和s分量损耗的机理不同:s分量的损耗主要源于界面处的反射损耗;p分量的损耗主要是由于样品的吸收。所以当入射角增大时,s分量和p分量的透射率均下降;(3)曲线在1670nm和2170nm附近的波动是由于胶合剂溴代萘的吸收所致,由于p分量和s分量在此处均有波动,所以这并不影响样品的消

光比。

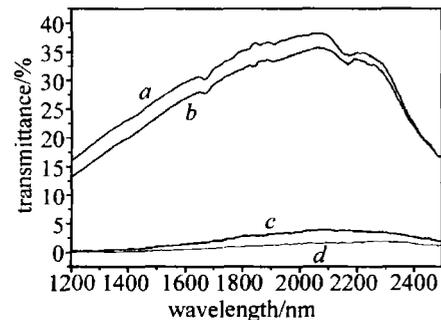


Fig. 2 Polarizing property of anodic alumina with Co columns

另外,还研究了入射角对含钴阳极氧化铝膜消光比的影响。实验结果表明,含钴阳极氧化铝膜的消光比随入射角的增加而提高。表1中给出光纤通信和大气探测典型波长下入射角分别为 30° 和 45° 时样品的消光比[10]。

Table 1 Extinction ratio of anodic alumina with Co columns

30°		45°	
wavelength/nm	extinction ratio/dB	wavelength/nm	extinction ratio/dB
1300	18.01	1300	21.68
1550	13.77	1550	17.70
2000	10.26	2000	13.42
2400	9.23	2400	11.46

由表1可以看出,含钴阳极氧化铝膜在1300nm,1550nm,2000nm和2400nm时有较好的消光比,并且消光比随入射角的增加而明显增大。入射角为 30° 时,样品在以上几个波长的消光比分别为18.01dB,13.77dB,10.26dB和9.23dB;而在入射角为 45° 时,样品在以上几个波长的消光比分别达到了21.68dB,17.70dB,13.42dB和11.46dB。

3 结论

用电镀的方法向阳极氧化铝膜中填入金属钴,形成了钴纳米金属阵列。实验结果表明,这种含钴阳极氧化铝膜在近红外波段不但有较大的消光比,而且有良好的透射率,其消光比随着入射角的增大而显著提高。这种含钴阳极氧化铝膜偏振器制作简单体积小,在光电集成领域有着非常广泛的应用前景。

参考文献

- [1] TAKANO K, SAITO M, MIYAGI M. Cube polarizers by the use of metal particles in anodic alumina films[J]. Applied Optics, 1994, 33(16): 3507-3512.
- [2] PANG Y T, MENG G W, ZHANG L D, et al. Silver nanowire array infrared polarizer[J]. Nanotechnology, 2003, 14(1): 20-24.
- [3] LIN Y, XIE T, ZHANG L D, et al. Ordered nickel oxide nanowire

(下转第832页)

包的干扰区域减小,从而发生分组冲突的概率变小,单位时间内传输的数据包增多,信道的空分复用能力提高,因此相比 NLOS(a)方式获得了更好的网络性能。

3.4 仿真小结

对两类拓扑结构下的仿真结果可以得出:紫外 NLOS(a)通信方式的能量辐射在空间上是发散的,当网络节点采用此种方式发送时,仅有一小部分能量被目的节点接收,这样既造成能量浪费,又对其它节点的通信产生了干扰(暴露终端)。利用紫外光 NLOS(b)通信方式的方向性特点,可以将传输能量集中在特定方向上,多个通信节点只要合理地调整其空间的通信覆盖区域,可以在同一频带内无碰撞地并发传输,提高了信道的空分复用能力,获得了高的吞吐量、低的端到端时延、低的抖动率、低的丢包率。而且采用 NLOS(a)方式时,发射光功率要比 NLOS(b)方式高近 3 个数量级或者更多,这对于紫外光源器件是个挑战。因此,实际紫外无线光 Mesh 网络中,对于紫外 NLOS(a)和 NLOS(b)通信方式,优先选用后者。数据传输速率大时,网络的丢包率较严重。作者仿真时设置的数据传输速率下获得的丢包率可能不满足实际网络的需求,这就需要根据业务的需求,设置相应的数据传输速率满足丢包率要求。

4 结论

首先简要介绍无线 Mesh 网络、紫外光通信,其次分析紫外非视距通信方式的原理、工作方式及其覆盖范围,利用紫外光非视距通信的单次散射大气信道传输模型,采用 NS-2 网络仿真软件,对紫外 NLOS(a)类和 NLOS(b)类工作方式进行了网络仿真,分析了两类工作方式的网络性能,说明紫外 NLOS(b)类接入方式更适合无线 Mesh 网络的组网。在此没有对 NLOS(c)类通信方式进行仿真,考虑到其实现的复杂度以及它无法发挥紫外光通信“全方位通信”的优势。由于大气散射,紫外物理层特性不同于无线射频通信,所以不能直接应用无线射频通信中的相应协议,在后续的工作中,将考虑改进目前的 MAC 协议、路由协议来适合

紫外传输特性,已便于将来利用紫外光非视距通信方式组建无线 Mesh 网络。

参考文献

- [1] ZHANG Y, GUO D. Wireless mesh network theory and technology [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2007:7-11 (in Chinese).
- [2] SHAW G A, NISCHAN M L, IYEHGAR M A, *et al.* NLOS UV communication for distributed sensor systems [J]. Proceedings of SPIE, 2000, 4126: 83-96.
- [3] XU X, WANG P, YAN Y L, *et al.* Study on ultraviolet NLOS propagation model in low visibility [J]. Laser Technology, 2009, 33(5): 551-554 (in Chinese).
- [4] LI J Y, QIU K N. Military application of UV communication [J]. Optics & Optoelectronic Technology, 2005, 3(4): 19-21 (in Chinese).
- [5] CHANG Sh L, YANG J K, YANG J C, *et al.* The experimental research of UV communication [J]. Proceedings of SPIE, 2004, 5284: 344-348.
- [6] JIA H H, YANG J K, CHANG Sh L, *et al.* Study and design on high data rate UV communication system [J]. Proceedings of SPIE, 2005, 6021: 60211O/1-60211O/7.
- [7] SHAW G A, SIEGEL A M, MODEL J. Extending the range and performance of non-line-of-sight ultraviolet communication links [J]. Proceedings of SPIE, 2006: 62310C/1-62310C/12.
- [8] CHEN G, XU Z, DING H, *et al.* Path loss modeling and performance trade-off study for short-range non-line-of-sight ultraviolet communications [J]. Optics Express, 2009, 17(5): 3929-3940.
- [9] HE Q F, SADLER B M, XU Zh Y. Modulation and coding tradeoffs for non-line-of-sight ultraviolet communications [J]. Proceedings of SPIE, 2009, 7464: 74640H/1-74640H/12.
- [10] WANG P, GAO J. Research on performance of marine UV communication [C]//11th IEEE International Conference on Communication Technology. Hangzhou: IEEE, 2008: 371-374.
- [11] WANG J L, LUO T, DAI M, *et al.* UV NLOS communications atmospheric channel model and its performance analysis [C]//2009 WRI World Congress on Computer Science and Information Engineering. Los Angeles, California USA: IEEE, 2009: 85-88.
- [12] TANG Y, NI G Q, ZHANG L J, *et al.* Study of single scatter model in NLOS UV communication [J]. Optical Technique, 2007, 33(5): 759-760 (in Chinese).
- [13] ZHAO T F, FENG Y L, KE X Zh, *et al.* Research on the coverage area of communication in the solar-blind UV communication network [J]. Acta Optica Sinica, 2010, 30(8): 2229-2235 (in Chinese).
- [14] ZHENG Y X. Approximate performance analysis of wireless ultraviolet links [C]//IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. Honolulu, USA: IEEE, 2007: 577-580.

(上接第 774 页)

- arrays and their optical absorption properties [J]. Chemical Physics Letters, 2003, 380(526): 521-525.
- [4] SHINGUBARA S, MORIMOTO K, NAGAYANAGI M, *et al.* Aspect ratio dependence of hysteresis property of high density Co wire array buried in porous alumina template [J]. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2004, 272/276(2): 1598-1599.
 - [5] LI F Sh, WANG T, REN L Y, *et al.* Different crystal structures of cobalt nanowire arrays preparation and magnetic properties [J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49(8): 731-734 (in Chinese).
 - [6] CAO X L, CHE Y L, WANG W, *et al.* The fabrication and transmissivity of porous alumina templates [J]. Laser Technology, 2006, 30

(4): 415-417 (in Chinese).

- [7] HUANG L F, SAITO M, MIYAGI M, *et al.* Graded-index profile of anodic alumina films that is induced by conical pores [J]. Applied Optics, 1993, 32(12): 2039-2044.
- [8] TANG H J, WU F Q, WEI Y H, *et al.* Measurement of extinction ratio of anodic alumina with metallic columns by dual-path equidirectional polarization method [J]. Acta Photonica Sinica, 2006, 35(11): 1752-1755 (in Chinese).
- [9] TANG H J, WU F Q, ZHANG Sh. Optical properties of Co-Al₂O₃ nanowire array composite structure [J]. Applied Physics, 2006, A85(1): 29-32.
- [10] LAN X J. Laser technology [M]. Beijing: Science Press, 2000: 282-283, 303-304 (in Chinese).