光纤传感腐蚀监测研究

董飒英[1],刘云峰[1,2],王洪仁[1]

(1.海洋腐蚀与防护国防科技重点实验室,洛阳船舶材料研究所青岛分部,山东 青岛 266071;2.山东大学 材料科学与工程学院,山东 济南 250061)

摘要:通过化学、物理的方法用金属敏感膜取代光纤的原始包层监测海洋环境中金属结构物的腐蚀状况。通过腐蚀前后光功率的变化表征腐蚀的发生和发展。

关键词:光纤传感;腐蚀监测;金属敏感膜;光功率

中图分类号:O613.42;O657.92 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-3096(2005)07-0094-03

海洋大气和海水介质中的任意一种金属都要遭受不同程度的腐蚀。过去的经验表明,腐蚀只能通过采取有效的保护措施进行抑止,而无法根本地消除。作者研究了光导纤维在海洋环境中监测船用钢材和飞机用铝材的传感方法。

材料的腐蚀是一个长期而复杂的过程,是材料和环境相互作用的结果。目前工程中应用的腐蚀监测方法难以避免取点数量有限,耗费人力物力,以及对结构的破坏性测量等缺点[1],因而有必要将光纤传感技术应用于腐蚀工程中。

光纤传感抗电磁干扰,可方便地进行光电或电光转换,易与计算机相匹配而集结成网。光纤工作频带宽,动态范围大,适合于遥测遥控,是一种优良的低损耗传输线;光纤本身不带电,体小质轻,易弯曲,便于埋置在隐蔽部位监测材料和结构的关键参数,抗辐射性能好,特别适合于易燃、易爆、空间受严格限制及强电磁干扰等恶劣环境下使用。因此,光纤传感技术已成为智能结构的主要组成部分。

1 光纤传感腐蚀监测原理

根据光波导理论,当光在光纤内传输时,光波将在所有纤蕊与包层界面处发生全反射而沿光纤全长传输。但如果光纤某段的包层由于某种外部原因破坏波导条件时,光束将不满足全反射条件,从而出现部分光泄漏或双折射现象,因而光纤的输出光能量或偏振态与该点外部工况条件有依赖关系。

通过制备特种材料光纤敏感膜,并将特种材料光纤预埋在被测结构处,使外部工况条件对膜材料的腐蚀状况有一定的调制作用,那么检测光纤的输出光能量的变化就可以实现原位腐蚀监测。具体地,就是取代光纤纤芯外包皮的部分区域制作特种材料敏感膜,经电化学修饰方法处理后,由于腐蚀的作用改变光传输信号的能量,通过膜材料与被检测体的相关性分析,获取被测试体全面可靠的腐蚀信息,从而实现现

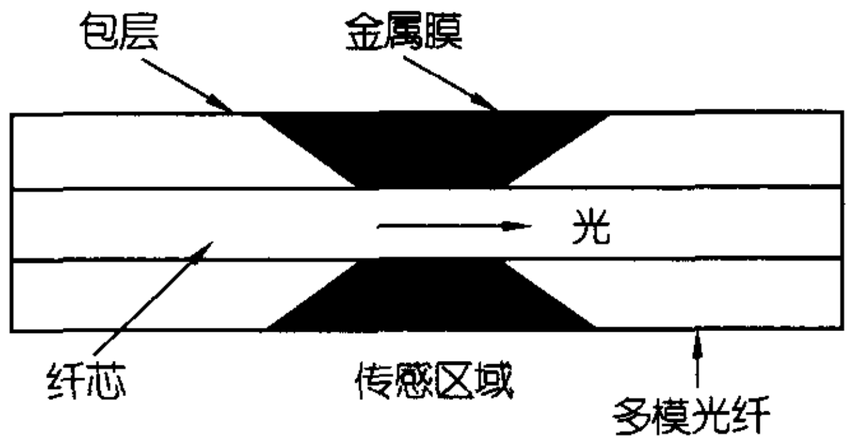

图 1 光纤传感腐蚀监测结构示意

Fig.1 The setup of fiber optic corrosion sensor

收稿时间:2005-3-21;修改时间:2005-05-09

基金项目:青岛市自然科学基金(03-2-jZ-20)

作者简介:董飒英(1968-),女,黑龙江哈尔滨人,高级工程师,博士在读,主要从事光纤传感腐蚀监测的研究,电话:0532-5843204,手机:13969629875,E-mail:dongsy02@mails.tsinghua.edu.cn

代光学、电子学在腐蚀监控过程的应用(图 1)。

2 钢质敏感膜腐蚀前后光功率的变化情况

由图 2 可以看出，随着腐蚀的进行，光功率出现明显的上升趋势，前后变化达到近 100μW。这是钢材料由全部包覆光纤纤芯到水溶液包覆纤芯的全程变

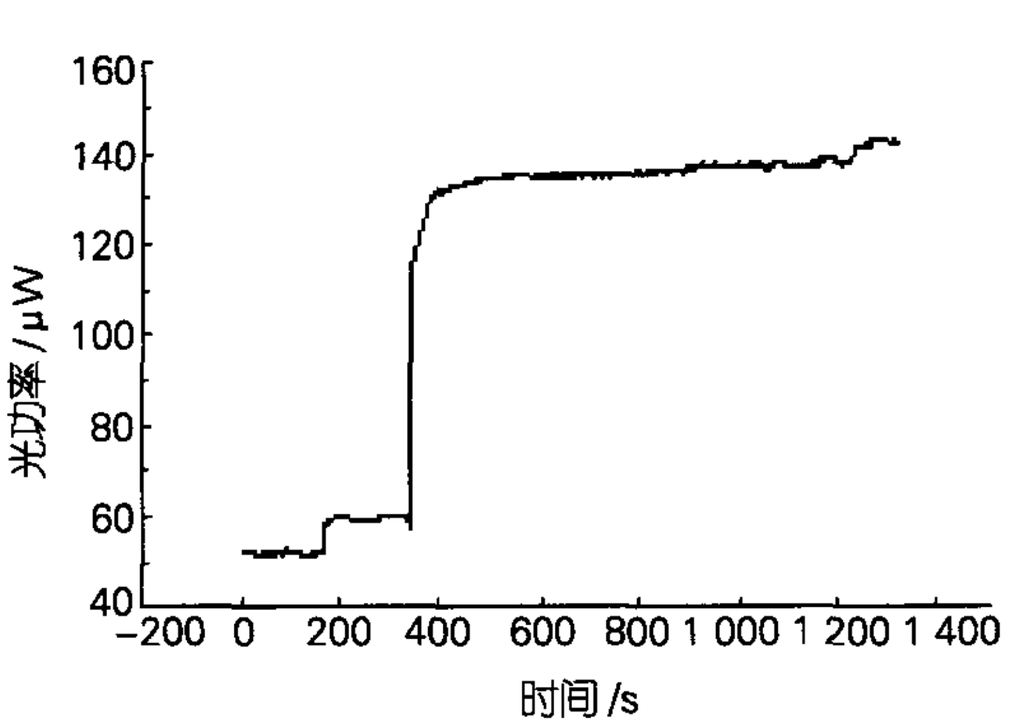

图 2 真空沉积钢质敏感膜腐蚀前后光纤输出光功率变化情况

Fig. 2 The contrast of output light power before and after corrosion using steel film deposited in vacuum

化。包覆层折射率的不同导致输出光能量的变化[2,3]。

3 铝质敏感膜腐蚀前后光功率的变化情况

图 3 中铝材料光功率的变化更加平滑连续，初始下降的原因可能是因为腐蚀性溶液的加入，机械冲击的结果。而且铝材料的检测重现性很好[4,5]。

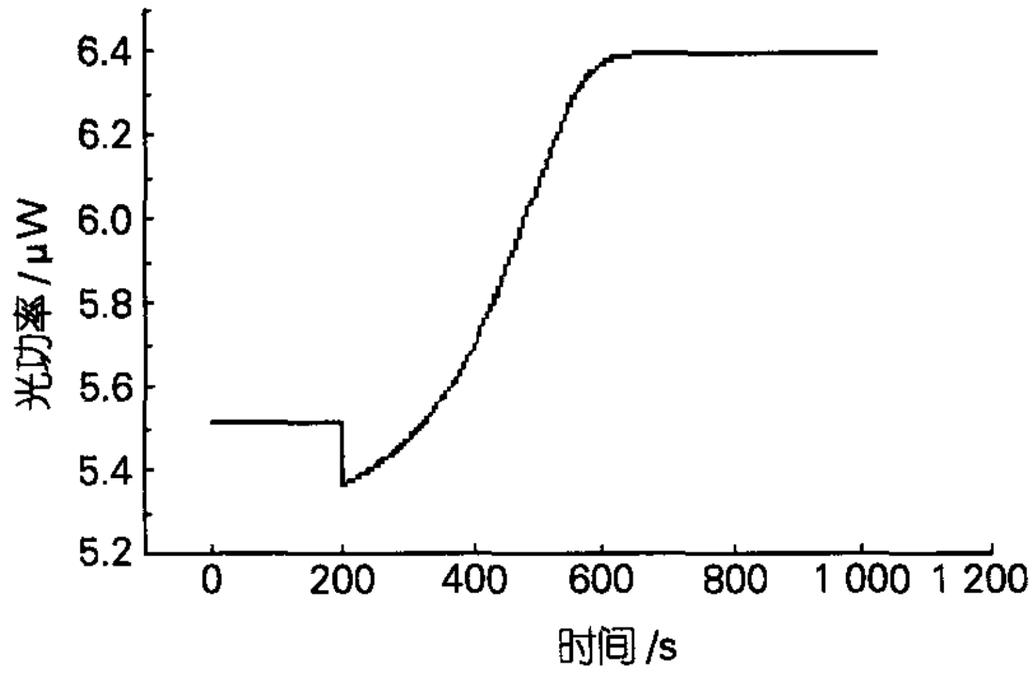

图 3 真空沉积铝质敏感膜腐蚀前后光纤输出光功率变化情况

Fig. 3 The contrast of output light power before and after corrosion using aluminum film deposited in vacuum

4 敏感膜材料与被监测材质的微观结构相似性分析

图 4 是用 X－射线衍射仪完成的光纤表面敏感膜与被监测材料的相似性分析。由图可知，它们特征谱峰的位置是一致的，只是谱峰的强度略低，说明晶面由于化学修饰作用而有一定的倾斜。

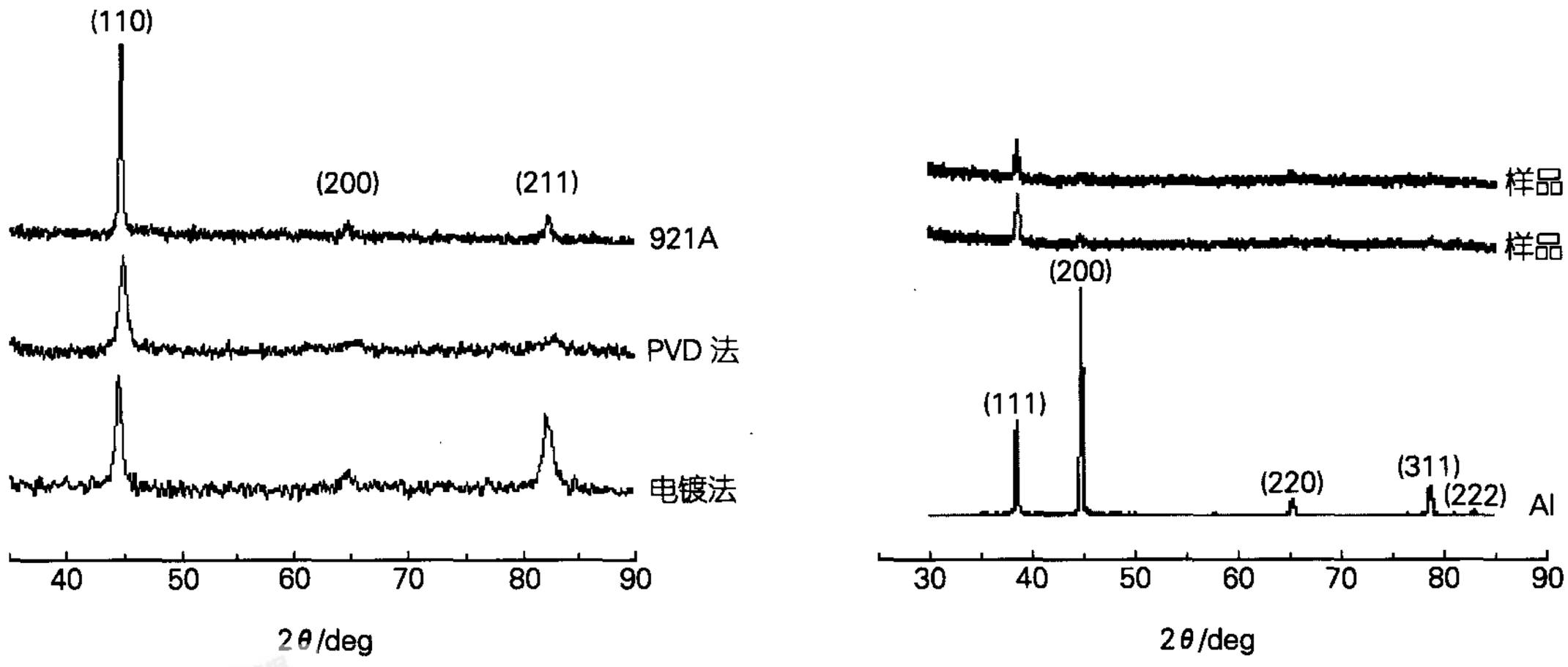

图 4 X－射线衍射分析

Fig. 4 X－Ray Diffraction Analysis for Al material

5 结论

利用化学的、物理的方法将金属沉积在光纤纤芯上制成的敏感膜，由于其对纤芯中传输的光有散射作用，破坏了原有的光纤内部光传输的全反射条件，造成光输出功率的下降。随着腐蚀的进行，金属膜的溶解，金属膜逐步被空气、水等介质取代，原有的全反射条件得到恢复，从而输出光功率增加。微观分析表明经修饰的敏感膜与被监测材质有一定的相关性，可以定性地代表被测材料的腐蚀状况。

参考文献：

[1] McKenzie S G. Techniques for monitoring corrosion of steel in concrete [J]. **Corrosion Prevention & Control**, 1987, 34: 11 - 17

[2] Li X M, Chen W M, Huang Z Q, *et al*. Fiber optic corrosion sensor fabricated by electrochemical method [J]. **SPIE**, 1998, 3330: 126 - 133

[3] Peter L F, Dryver H. Corrosion detection in reinforced concrete roadways and bridges via embedded fiber optic sensors [J]. **Smart Mater Struct**, 1998, 7: 21 - 228

[4] Elster J, Greene J, Jones M, et al. Optical fiber - based chemical sensors for detection of corrosion precursors and by - products [J]. **SPIE**, 1999, 3540: 251 - 257

[5] Cooper K R, Elster J, Jones M, et al. Optical fiber - based corrosion sensor systems for health monitoring of aging aircraft [J]. **IEEE**, 2001, 13: 847 - 856

Corrosion monitoring of metal structures by optical fiber sensing

DONG Sa - ying[1], LIU Yun - feng[1,2], WANG Hong - ren[1]

(1. State Key Laboratory for Marine Corrosion and Protection, Qingdao, 266071, China; 2. School of Materials Science and Engineering, Shandong University, Jinan 250061, China)

Received: Mar. 21, 2005

Key words: optical fiber sensing; corrosion monitoring; corrosion - sensitive metallic film; output light power

Abstract: A new optical fiber sensor was made by physical, chemical and electrochemical methods to monitor corrosion of metall structures in marine environment. The metallic film, such as aluminum and steel, replaces the original cladding of fiber and is subject to corrosion. The output light power will change with its corrosion occurring and developing.

本文编辑：刘珊珊）

万方数据 WANFANG DATA