

# 化学镀 Fe-Mo-B和 Fe-W-B合金的耐蚀性能

## Investigation on the Corrosion Resistance Characteristic of Chemical Plating Fe-Mo-B and Fe-W-B Alloys

欧阳义芳

Ouyang Yifang

王玲玲

Wang Lingling

廖树帜

Liao Shuzhi

张邦维

Zhang Bangwei

(广西大学物理系 南宁市西乡塘路 10号 530004)

(Department of Physics, Guangxi University,  
10 Xixiangtanglu, Nanning, Guangxi, 530004)

(湖南大学物理系 长沙 410082)

(Department of Physics, Hunan  
University, Changsha, Hunan, 410082)

吴伟明

Wu Weiming

邓文

Deng Wen

钟夏平

Zhong Xiaping

(广西大学物理系 南宁市西乡塘路 10号 530004)

(Department of Physics, Guangxi University, 10 Xixiangtanglu, Nanning, Guangxi, 530004)

**摘要** 系统地研究了化学镀 Fe-Mo-B和 Fe-W-B合金镀层的耐腐蚀特性。结果表明该合金镀层的耐蚀能力很强, 腐蚀率很低。非晶态 Fe-Mo-B合金的耐蚀能力优于晶态 Fe-W-B合金。

**关键词** 化学镀 合金镀层 耐蚀性

**Abstract** The corrosion resistance characteristic of chemical plating Fe-Mo-B and Fe-W-B alloys was systematically studied. The results indicated that the corrosion resistance of these alloys coating was very strong and the corrosion rate was very low. The corrosion resistance of amorphous Fe-Mo-B alloys was better than that of crystalloid Fe-W-B alloys.

**Key words** chemical plating, alloy coating, corrosion resistance

中图法分类号 TQ 153.2

化学镀铁基合金始于 80年代初期<sup>[1]</sup>。对 Fe-B二元合金化学镀的研究<sup>[2]</sup>表明, 其耐蚀特性较差。对于在 Fe-B中加入 Mo、W等构成的三元合金化学镀<sup>[3,4]</sup>工艺的研究已作过详细报道。由于该合金系统具有良好的电磁特性, 因而是一种很有潜力的功能材料。本文主要研究 Fe-Mo-B和 Fe-W-B合金的耐蚀特性。

### 1 实验方法

化学镀 Fe-Mo-B和 Fe-W-B合金的样品制备工艺在文献<sup>[3,4]</sup>已作详细报道。试样基底为紫铜片, 合金成分用化学分析方法测试, 结构用 x-ray衍射分析确定。实验所用的样品的成分和结构如表 1所示。本文用挂片减重法测试合金镀层的耐腐蚀性能。在室温下分别将样品置于腐蚀溶液中进行腐蚀试验。腐蚀时失重小于试样镀层的重量, 腐蚀后的试样经

KYKY2000SEM电镜进行形貌分析确定为均匀腐蚀。用分度值为 0.01 mg的光电读数分析天平称重, 用样品腐蚀前后的重量差来计算试样的年腐蚀率。

表 1 样品的成分和结构

Table 1 The elements and structure of samples

样品号 Sample No.	Fe (at. %)	W or Mo (at. %)	B (at. %)	结构 Structure
FeWB-1	90.2	3.5	6.3	晶态 Crystalloid
FeWB-2	93.7	4.3	2.0	晶态 Crystalloid
FeWB-3	85.6	2.5	11.9	晶态 Crystalloid
FeWB-4	92.1	3.6	4.3	晶态 Crystalloid
FeWB-5	88.2	2.5	9.3	晶态 Crystalloid
FeMoB-1	71.1	14.0	14.9	非晶态 Amorphous
FeMoB-2	63.4	13.3	23.3	非晶态 Amorphous
FeMoB-3	58.7	11.3	30.0	非晶态 Amorphous
FeMoB-4	73.6	16.3	10.1	非晶态 Amorphous
FeMoB-5	74.7	18.9	6.4	非晶态+ 晶态 Amorphous+ crystalloid

## 2 结果与讨论

### 2.1 合金镀层的成分和结构的影响

合金镀层在各种腐蚀液中的年腐蚀率与合金中 B 的含量关系见图 1。图 1(a) 表示 Fe-Mo-B 分别在 1 mol/L HCl、1 mol/L NaOH、1 mol/L NaCl、0.1 mol/L 柠檬酸、0.1 mol/L  $H_2SO_4$  和 0.2 mol/L HCl 中的腐蚀情况；图 1(b) 表示 Fe-W-B 在 1 mol/L HCl 和 1 mol/L NaCl 中的腐蚀情况。由图 1(a) 可看出，Fe-Mo-B 合金镀层在 1 mol/L NaOH 和 1 mol/L NaCl 溶液中腐蚀率很小，腐蚀率随合金中 B 含量的变化不明显；在 0.1 mol/L 的柠檬酸溶液中腐蚀率随合金中 B 含量的增加稍有增加；在 0.1 mol/L  $H_2SO_4$  中，腐蚀率随 B 含量增加略有下降；在 1 mol/L HCl 中，腐蚀率先随 B 含量的增加而降低，但在高 B 含量时腐蚀率又上升。对 Fe-W-B 合金，从图 1(b) 可以看到它在 1 mol/L HCl 和 1 mol/L NaCl 中的腐蚀率随 B 含量变化起伏较大。在两种腐蚀溶液中，其起伏趋势都极相似。对 Fe 基合金，胡望宇等<sup>[5]</sup>研究了化学

镀 Fe-B 合金镀层在 5%  $HNO_3 + C_2H_5OH$  腐蚀液中的腐蚀性能。借助于 Fe 元素的电子探针线扫描，发现有许多贫铁的腐蚀坑，认为可能是应力或氢的演变引起的。他们未给出具体的数据，但总的说来耐蚀性能很差。加入 Mo、W 后，由于 Mo、W 使镀层孔隙率降低，可显著地改善 Fe-B 合金的耐蚀性能。从纯铁在硫酸中的钝化曲线<sup>[6]</sup>可见，加入 Mo、W 能使腐蚀电位向正方向移动，提高热力学稳定性，有利于耐蚀能力的提高。从图 2 可以看到，随着 Mo 或 W 含量的增加，合金的腐蚀率先下降而后上升。对于 Fe-Mo-B 合金，上升过程与合金镀层的结构以及组元的偏析有关，即与样品中的晶态相有关；而对 Fe-W-B 合金，上升过程应是由于沉积速率过高引起表面光洁度下降以及 W 的偏析所致。总的说来，Fe-Mo-B 合金比 Fe-W-B 合金的耐蚀性能要强，我们认为主要原因是结构方面的影响。Fe-Mo-B 合金是非晶态而 Fe-W-B 合金是晶态。一般说来，非晶态合金的耐蚀能力优于晶态合金。这从 Fe-Mo-B 本身也可以看出。在 Fe-Mo-B 合金中出现晶态时，其腐蚀率迅速增加。

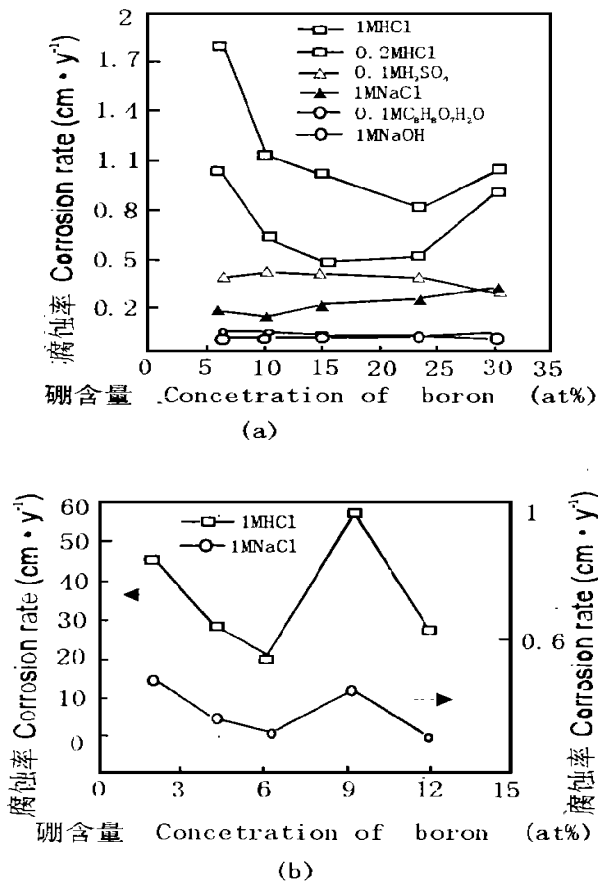


图 1 腐蚀速率与合金中 B 含量的关系

(a) Fe-Mo-B, (b) Fe-W-B

Fig. 1 The dependence of corrosion rate on the B content  
(a) Fe-Mo-B, (b) Fe-W-B

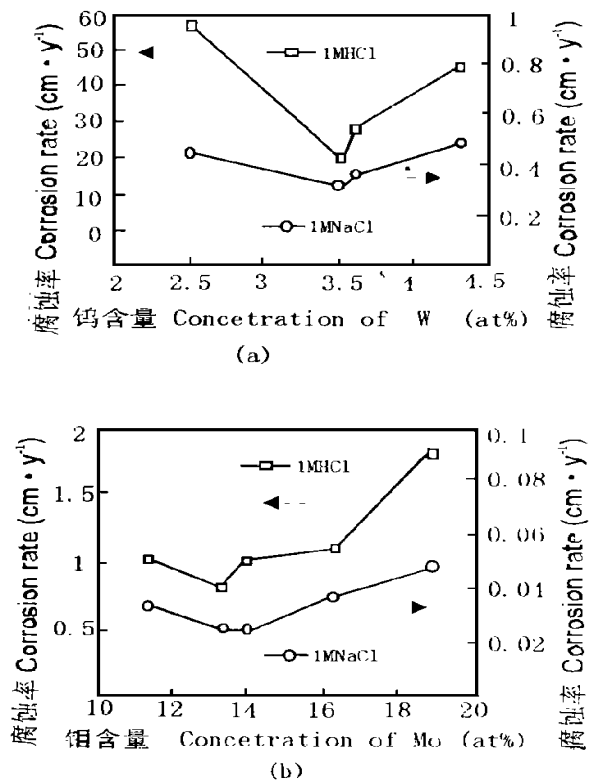


图 2 腐蚀速率与合金中 Mo、W 含量的关系

(a) Fe-W-B, (b) Fe-Mo-B

Fig. 2 The dependence of corrosion rate on the Mo or W content  
(a) Fe-W-B, (b) Fe-Mo-B

## 2.2 腐蚀液的影响

合金镀层的耐蚀能力在碱性溶液中要比在酸性溶液中强得多,在碱性溶液中的腐蚀率仅约为酸性溶液中的百分之一。这是由于样品的制备是在碱性溶液中进行的,因而其耐蚀性在碱性溶液中最强;在盐中次之;在酸性溶液中最差。这与 Ni-Cu-B<sup>[7]</sup>合金镀层的结果相似。

## 2.3 沉积速率的影响

Fe-Mo-B和 Fe-W-B合金镀层的年腐蚀率与镀层沉积速率的关系如图 3所示。从图可见,对于 Fe-Mo-B, 腐蚀率随沉积速率的增加而下降。这是由于 Fe-Mo-B属非晶态,沉积速率的增加有利于阻止其晶化过程,使样品完全非晶化,因而腐蚀率降低。对于 Fe-W-B合金, 腐蚀率随镀速的增加先下降后上

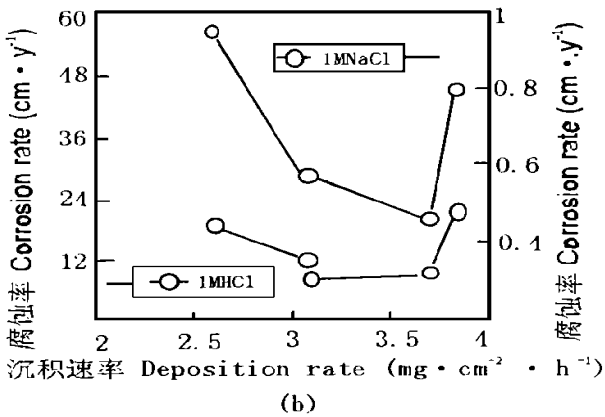
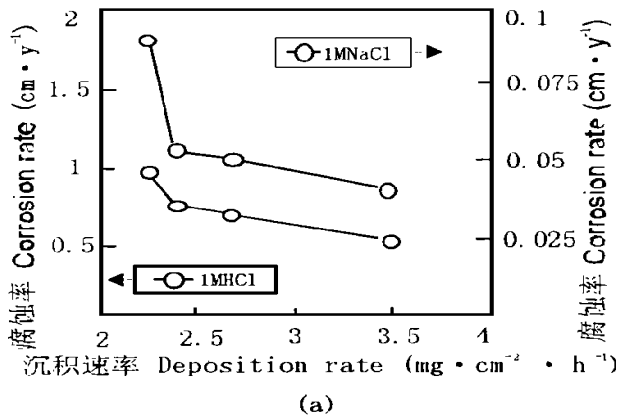


图 3 腐蚀速率与沉积速率的关系  
(a) Fe-Mo-B, (b) Fe-W-B

Fig. 3 The dependence of corrosion rate on the deposit rate  
(a) Fe-Mo-B, (b) Fe-W-B

升。这是由于随沉积速率的增加, W 的含量也随着增加,使合金的稳定性增加。然而,随沉积速率增加,合金表面的光洁度下降,这又有利于腐蚀过程的发生。在上面两种作用的共同影响下,使腐蚀率呈现图 3 (b) 所示的情形。Fe-W-B合金在高沉积速率时腐蚀率迅速增加的另一个可能原因是因为沉积速率过高,在镀层中引入了过多的位错、晶界、堆垛层错和偏析等缺陷。

## 3 结论

(1) 化学镀 Fe-Mo-B非晶态合金的耐蚀性能与非金属元素 B 的关系不很明显,但随着 Mo 含量的增加而增加。对不同的腐蚀液来说,耐碱性腐蚀液的能力最强,盐类次之,酸性最差。沉积速率的增加有利于合金的耐蚀性能。

(2) 化学镀 Fe-W-B合金的耐蚀性能受非金属元素 B 的影响比较大,在 B 含量为 6% 左右时最佳。合金中 W 含量的增加有利于合金的耐蚀能力。对腐蚀溶液来说,与 Fe-Mo-B相似。沉积速率在 2.5 mg / cm<sup>2</sup> · h ~ 3.6 mg / cm<sup>2</sup> · h 范围内,耐腐蚀能力最好。

(3) 化学镀 Fe-Mo-B非晶态合金的耐蚀性能优于化学镀 Fe-W-B合金镀层。

## 参考文献

- 1 Ruscior C, Croiala E. Chemical iron-phosphorus films. J Electrochem Soc, 1971, 118: 696.
- 2 Hu Wanyu, Zhang Bangwei. Electroless deposition of iron-boron alloys. Trans IM F, 1993, 71: 30.
- 3 Yi Ge, Wang Lingling, Ouyang Yifang et al. Preparation of iron-tungsten-boron alloy deposits by electroless plating. Met Finishing, 1996, 94 (11): 4.
- 4 Yi Ge, Wang Lingling, Ouyang Yifang et al. Amorphous Fe-Mo-B alloy deposits by chemical plating (in press).
- 5 Hu Wanyu, Zhang Bangwei. Structure and crystallization of amorphous Fe-B alloys obtained by chemical plating. Physica B, 1991, 175: 396.
- 6 于福州. 金属材料的耐腐蚀性. 北京: 科学出版社, 1982.
- 7 Hu Wanyu, Wang Lingling et al. Preparation and properties of electroless Ni-Cu-B alloy deposits. Trans IM F, 1994, 72 (4): 141.

(责任编辑: 莫鼎新 邓大玉)