

指认, 506.8eV 为 TiO₂ 俄歇峰, 507.8eV 为 TiO_x ($x < 2$) 俄歇峰, 507.0eV 为 ZrO_x 俄歇峰, 502.7eV 为 AlO_x 俄歇峰。由图可见, 表面和溅射深度 0.9min (depthA) 处, 氧元素主要以 TiO₂ 形式存在。溅射深度 3.9min (depthB) 到溅射深度 6.0min (depthD) 时, 氧元素主要以低价氧化钛形式存在, 结合深度剖析谱, 此时氧含量明显低于表层氧含量, 没有充分氧化。溅射深度 7.2min (depthE) 到溅射深度 9.6min (depthF), 氧元素主要以 ZrO_x 形式存在, 结合深度剖析谱可知, 从深度 E 到深度 G 氧含量逐渐增多, 说明氧化程度加剧。当到达溅射深度 10.5min (depthG) 时, 峰形发生变化, 低能区俄歇峰变为一宽峰, 推断此处氧元素除主要以 ZrO_x 形式存在外还含有少量的 AlO_x 形式。溅射深度超过 11.4min (depthH) 后, 氧元素主要以 AlO_x 形式存在。

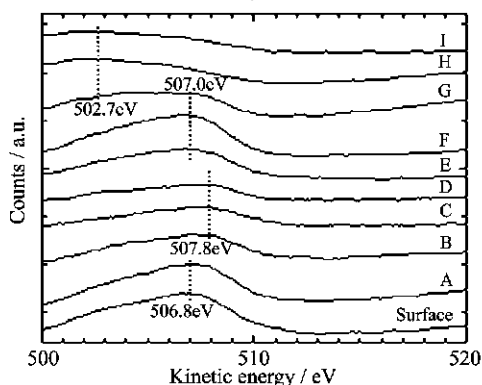


图 8 热处理后不同溅射深度处的 O KLL 俄歇线形谱

Fig. 8 The O KLL line shape spectra of Ti/ZrN₂/Al annealed at 400 °C for 6h

真空热处理时间对界面扩散反应的影响在 2h 之内不明显, 当超过 4h 后, 纯 Ti 层和纯 ZrN₂ 层逐渐变薄, Ti 明显往内层扩散, 时间超过 6h 时, 纯 Ti 层和 ZrN₂ 层完全消失, 同时界面处 TiN_x 增多。随着时间的延长, 氧在整个膜层中的含量增加。说明延长处理能有效地促进界面扩散反应的进行, 但同时导致薄膜的氧化程度的加剧。

3 结论

采用磁控溅射技术制备的 Ti/ZrN₂/Al 复层薄膜在沉积过程中存在界面扩散, 并发生了界面化学反应, 在 Ti/ZrN₂/Al 界面处生成了 TiN_x。适当的真空热处理过程可以促进 Ti/ZrN₂ 薄膜样品界面扩散和界面化学反应的进行, 有利于 Ti、ZrN₂、Al 膜层间形成良好的化学结合。提高真空热处理温度和延长处理时间有利于 Ti/ZrN₂/Al 薄膜样品界面扩散反应的进

行, 但同时导致薄膜氧化的加剧。

参考文献

- [1] L Krusin Elbaum, M Wittmer, C Y Ting and J J Cuomo. Thin Solid Films, 1983, 104: 81-87.
- [2] M Ostling, S Nygren, C S Petersson, H Norstrom, P Wiklund, R Buchta, H O Blom and S Berg. J Vac Sci Technol, 1984, A2: 281-290.
- [3] Y Igarashi, T Yamaji and S Nishikawa. JPN J Appl Phys, 1990, 29: L2337-2342.
- [4] E Budke, J Krempel Hesse, H Maidhof, H Schussler. Sur & Coat Technol 1999, 112: 108-113.
- [5] 朱永法. 物理化学学报, 1993, 9 (2): 211-217.
- [6] 臧建兵. 人工晶体学报, 1996, 25 (4): 330-334.
- [7] 高巧君. 磨料磨具与磨削, 1991, 1 (61): 2-8.
- [8] Zhu Y F, Zheng B, Yao W Q, et al. Diamond And Related Materials, 1999, 8 (6): 1073-1078.
- [9] Zhu Y F, Zheng B, Yao W Q et al. Surface And Interface Analysis, 1999, 28: 254-257.
- [10] Zhu Y F, Wang L, Yao W Q, et al. Applied Surface Science, 2001, 171 (1/2): 143-150.
- [11] ZHU Yong-Fa, WANG Li, YAO Wen-Qing, CAO Li-Li. The Chemical Journal of Chinese Universities (高等学校化学学报), 2000, 21 (8): 1269-1272.
- [12] Zhu Y F, Cao L L. Applied surface Science, 1998, 133: 213-220.
- [13] Yong fa Zhu, Li Wang, Wenqing Yao, Lili Cao. The Interface Diffusion and Reaction Between Ti and Si₃N₄ Multilayers During Metallization [J]. Surface and Interface Analysis, in press.

收稿日期: 2001-03-21

作者简介: 朱永法 (1964-), 男, 理学博士, 副教授, 从事超硬薄膜材料的制备及摩擦化学、表面与界面物理化学以及环境催化等方面的研究, 联系地址: 北京清华大学化学系 (100084)

* * * * *

用定向柱晶合金 CM 186 生产单晶涡轮叶片

CM 186LC 是发展用于定向柱晶叶片的一个含 3% Re 的高合金化的镍基高温合金。合金含有最佳量的 C, B, Hf 和 Zr。用 CM 186 生产单晶铸件的生产试验证明该合金可以较容易地铸造为航空涡轮的带多叶片的扇形段。为此, Cannon-Muskegon 公司和 Rolls-Royce 公司联合发展成功了用于 RRA 涡轮风扇发动机的 CM 186LC 单晶叶片扇形段。所做的评定包括: 生产单晶叶片扇形段的单晶“籽晶”技术; 不改变含铼定向柱晶 CM 186LC 化学成分的高蠕变强度和韧性; 具有宽裕晶粒缺陷规范的低成本高涡轮效率的单晶叶片扇形段。

(全宏声)