

多弧离子镀 Zr/ZrN 多层膜的力学性能研究*

刘 洋, 张雅楠, 高晟元, 赵祯贇, 郑明昊, 黄美东

(天津师范大学物理与材料科学学院, 天津 300387)

摘 要:采用多弧离子镀膜法制备了 ZrN 单层膜和不同调制比的 Zr/ZrN 多层膜, 研究了调制比对多层膜力学性能的影响。利用 X 射线衍射仪、扫描电子显微镜和微米压痕仪分别测试了薄膜的物相结构、表面形貌、硬度和结合力。结果表明: 多层膜中 ZrN 有较高的结晶度, 膜层表面形貌平整, 组织结构致密, 分布有球状 Zr 颗粒; Zr/ZrN 多层膜的硬度高于单层 ZrN 薄膜, 并随着调制比的增加先增大后减小, 调制比为 1:1 时, Zr/ZrN 多层膜的硬度达到 1541.58Hv, 结合力为 51.61N。

关 键 词:多弧离子镀; 调制比; ZrN; Zr/ZrN 多层膜; 力学性能

中图分类号: TB43; TB79

文献标识码: A

文章编号: 1002-0322(2022)05-0028-04

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2022.05.05

Research on Mechanical Properties of Zr/ZrN Multilayers by Multi-arc Ion Plating

LIU Yang, ZHANG Ya-nan, GAO Sheng-yuan, ZHAO Zhen-yun, ZHENG Ming-hao, HUANG Mei-dong

(College of Physics and Materials Science, Tianjin Normal University, Tianjin 300387, China)

Abstract: The multi-arc ion plating method was adopted to prepare ZrN single-layer films and Zr/ZrN multilayers with different modulation ratios, respectively, and the effects of modulation ratio on mechanical properties of the multilayers were studied. X-ray diffractometer, scanning electron microscopy and micro-indenter were used to characterize the phase structure, surface morphology, hardness and adhesive strength of the films. The results show that the ZrN layer within the multilayers has higher crystallinity. Surface morphology of the films is flat, and microstructure of the surface is dense. Some spherical Zr particles are distributed on the surface. Hardness of the Zr/ZrN multilayers is higher than that of the single ZrN film, and it first increases and then decreases with the modulation ratio. When the modulation ratio is 1:1, hardness of the Zr/ZrN multilayers reaches 1541.58 Hv, while the adhesive strength is 51.61N.

Key words: multi-arc ion plating; modulation ratio; ZrN; Zr/ZrN multilayers; mechanical property

如今全球约 20% 的技术发明与材料相关, 新材料技术和信息技术、生物技术、新能源技术被视为 21 世纪的支柱性高新技术, 世界各国都在大力支持新材料的研发和产业化应用^[1-2]。现代加工技术对材料的性能有了更高的要求, 表面改性技术得到突飞猛进的发展, 一些性能优异的新型涂层也相继被研究和开发。硬质涂层可以显著地改善刀模具的切削性能和抗磨损性能, 从而提高其使用寿命, 因而有着广泛的应用前景。

物理气相沉积氮化钛是一种非常成功的涂层技术, 制备的陶瓷型氮化钛硬质涂层不仅可以

保护刀具免受重型机械载荷和腐蚀的影响, 还能用于装饰或提升扩散屏障能力^[3]。同样是过渡族金属氮化物涂层的 ZrN 具有较高的热硬性、良好的耐腐蚀性能、美观的仿金色泽^[4-6], 但单层 ZrN 涂层脆性较大, 抵抗裂纹产生与扩展的能力很差, 严重制约了薄膜材料的实际应用。金杰等^[7]证明了单一金属及其氮化物的交替复合膜在掺杂第二种金属元素并形成二元金属及其氮化物的交替复合膜后, 抗冲蚀性能显著提升。Du 等^[8]的实验结果表明多层膜在界面处会产生 Hall-Petch 强化, 提高材料的综合性能。

收稿日期: 2022-01-04

作者简介: 刘洋 (1997-), 女, 山西省忻州市人, 硕士。

通讯作者: 黄美东, 教授。

* 基金项目: 天津市大学生创新创业项目 (202010065084)。