

附加偏置电场对电弧离子镀 TiN 薄膜结构和性能的影响*

武英桐, 李晓敏, 白 睿, 王东伟, 王 宇, 黄美东

(天津师范大学物理与材料科学学院, 天津 300387)

摘 要: 为了改善电弧离子镀薄膜表面存在的大颗粒污染问题, 在真空室内附加一个与靶-基连线垂直的偏置电场, 探究不同偏置电压对薄膜表面形貌、微观结构和力学性能的影响规律。结果表明, 不同电压下 TiN 薄膜均呈晶态, 沿(111)晶面择优生长, 薄膜的微观结构受偏置电场的影响很小。随偏置电压增大, 薄膜的结合力、显微硬度呈现先增后减趋势, 在 24V 时均达最大值, 电压进一步增大到 32V 时, 结合力和显微硬度反而有少许下降。偏置电场可以有效改善薄膜表面形貌, 当电压为 32V 时, 薄膜表面质量最好, 摩擦系数仅为 0.115。

关 键 词: 电弧离子镀; 偏置电场; 表面形貌; 显微硬度; 结合力

中图分类号: TG156.88; TB114.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-0322(2021)01-0063-04

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2021.01.13

Effects of Extra Biased Electric Field on Structure and Properties of TiN Films Deposited by Arc Ion Plating

WU Ying-tong, LI Xiao-min, BAI Rui, WANG Dong-wei, WANG Yu, HUANG Mei-dong

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

Abstract: In order to solve or reduce macro-particle pollution in arc ion plating, an extra biased electric field is applied during the deposition of TiN films. The influence of extra biased voltage on surface morphology, microstructure, micro-hardness, adhesion strength and friction coefficient of the TiN films is investigated. The results show that all the TiN films have(111) preferential growth plane, and the microstructure is little affected by the extra biased electric field. Both adhesion strength and micro-hardness of the TiN films increase with increasing voltage from 0 to 24V, followed by a small decrease at 32V. The extra biased field greatly improves surface morphology of TiN films, and the smallest friction coefficient of 0.115 is achieved at 32V.

Key words: arc ion plating; extra biased electric field; surface morphology; micro-hardness; adhesion strength

TiN 属于间隙相, 熔点高达 2955℃, 原子之间以共价键、金属键及离子键的混合键结合^[1]。因此, TiN 薄膜具有高硬度、优异的耐热耐磨^[2]和耐腐蚀^[3]等特性。TiN 作为第一代硬质薄膜材料已经于 20 世纪 80 年代在工业生产中得到广泛应用, 而最主要的硬质薄膜制备技术是电弧离子镀技术^[4]。由于电弧离子镀具有沉积速率高、薄膜附着力强、膜层致密、力学性能好等优点^[5], 它在装饰镀及刀具镀、航空工业^[6]、钟表行业硬质薄膜制备中具有不可替代的作用, 然而, 电弧离子镀膜过程中, 由于电弧温度高, 在对靶材进行蒸发时, 不可避免地会在靶表面产生小液滴, 随后沉积到

薄膜表面形成大颗粒, 造成所谓的大颗粒污染^[7], 成为该技术进一步发展和应用的主要障碍。为了解决这一问题, 人们进行了大量尝试, 赵彦辉^[8]等人通过开发一种多模式、频率和强度可调的旋转横向磁场, 来控制弧斑的运动, 用以改善弧斑的放电形式, 减少大颗粒的发射。但该方法存在旋转磁控弧源系统的制作与装配难度较大, 技术不甚成熟等问题, 目前应用较少; 黄美东^[9]等人通过调整脉冲负偏压的大小, 使得基底的排斥力大于大颗粒本身的重力和离子阻力, 从而找到最佳脉冲负偏压参数, 以此有效减少大颗粒的数量。此法已是较为成熟的减少大颗粒的方法, 但在最优

收稿日期: 2020-05-23

作者简介: 武英桐(1997-), 男, 山西省太原市人, 本科生。

通讯作者: 黄美东, 教授。

* 基金项目: 国家级大学生创新创业计划项目(201810065009)。