

基于等离子体在磁控溅射增强的模拟*

王晓明¹, 鄂东梅², 武俊生¹, 张绪跃¹, 周艳文¹

(1. 辽宁科技大学表面工程研究所, 辽宁 鞍山 114051; 2. 沈阳真空技术研究所有限公司, 辽宁 沈阳 110042)

摘 要:磁控溅射为代表的真空法已经成为制备薄膜的主流方法, 磁场分布、等离子体密度分布及其温度等因素会直接影响到薄膜的质量。因此, 选择合适的模型研究磁控溅射过程中气体放电时等离子体粒子以及电子分布非常重要。本文根据气体放电的基本原理, 对圆柱形溅射装置采用流体模型, 以电子、离子、亚稳态离子和中性粒子为主要粒子的等离子体建立物理模型, 采用有限差分方法对所建立的模型, 利用计算机编程数值模拟了直流溅射系统内气体放电的过程得到等离子体粒子的分布以及电子温度分布特性的模拟结果。

关 键 词:等离子体; 磁控溅射; 离子分布

中图分类号: O411.3; TB43

文献标识码: A

文章编号: 1002-0322(2020)03-0005-06

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2020.03.02

Simulation of Magnetron Sputtering Enhancement Based on Plasma

WANG Xiao-ming¹, E Dong-mei², WU Jun-sheng¹, ZHANG Xu-yue¹, ZHOU Yan-wen¹

(1. Research Institute of Surface Engineering, University of Science and Technology Liaoning, Anshan 114051, China; 2. Shenyang Vacuum Technology Institute Co., Ltd., Shenyang 110042, China)

Abstract: The vacuum deposition represented by magnetron sputtering has become the mainstream method for preparing thin films. Therefore, it is very important to choose a suitable model to study the distribution of plasma, particles and electrons during gas discharge in magnetron sputtering. According to the basic principle of gas discharge, the fluid model was adopted for cylindrical sputtering device, and the physical model of plasma with electrons, ions, metastable ions and neutral particles as the main particles is established. The finite difference method is applied to the model. The simulation results of plasma particle distribution and electron temperature distribution in DC sputtering system are obtained by computer programming to simulate the process of gas discharge in DC sputtering system.

Key words: plasma; magnetron sputtering; ion distribution

近年来,磁控溅射技术在固体靶表面的溅射基理,非平衡磁控溅射以脉冲磁控溅射对沉积涂层的影响等方面的研究取得了重要的进展^[1-3]。溅射对沉积镀膜的核心是在低真空条件下产生等离子体,通过等离子体轰击将固体靶面原子击出,因此控制等离子体的能量分布行为是研究磁控溅射工艺的关键,尽管目前许多国内外研究者都不遗余力的研究工艺参数对不同成分涂层的影响,并根据不同材料开发了一系列的沉积过程^[4-6]。直流非平衡磁控溅射是磁控溅射技术中的

重要里程碑,使得溅射技术直接过渡到离子镀阶段,而脉冲磁控溅射技术对沉积高质量的非导电涂层做出了重要贡献^[7-9]。这两项关键技术的核心是改变等离子体的密度分布和输出过程,因此控制离子流的行为状态则是磁控溅射研究的核心环节^[10-12]。

1 研究对象及模型

磁控溅射系统的真空室为圆柱形腔体^[13-16]。下极板附近环绕着矩形圆线圈,上极板放置基

收稿日期: 2019-02-26

作者简介: 王晓明(1962-),男,辽宁省鞍山市人,硕士,高级工程师。 通讯作者: 周艳文,教授,博士生导师。

基金项目: 国家自然科学基金(51372109); 国家自然科学基金(51672119); 辽宁省科技厅(601009817-01)及辽宁科技大学大学生创新创业(201610146010)项目资助。