

溅射电压对高功率脉冲磁控溅射 Cu 箔微观结构及性能的影响*

余康元, 何玉丹, 杨 波, 罗江山

(中国工程物理研究院激光聚变研究中心, 四川 绵阳 621900)

摘 要:采用高功率脉冲磁控溅射(HiPIMS)工艺制备出铜(Cu)箔,研究了溅射电压对 Cu 箔微观结构和性能的影响。结果表明:在溅射电压 700~950V 范围内,Cu 箔均呈现出明显的(111)晶面择优取向,其晶粒尺寸在 27.7~36.5nm 之间,相对密度在 96.1%~98.5%之间,明显优于普通直流磁控溅射制备的 Cu 箔;随着溅射电压的增大,Cu 箔由韧性逐渐向脆性转变,其电阻率逐渐降低至 $2.38\mu\Omega\cdot\text{cm}$,接近纯 Cu 的 本体电阻率。

关 键 词:高功率脉冲磁控溅射;Cu 箔;微观结构;相对密度;电阻率

中图分类号:TB742;O484

文献标识码:A

文章编号:1002-0322(2023)03-0001-04

doi:10.13385/j.cnki.vacuum.2023.03.01

Effect of Sputtering Voltage on Microstructure and Properties of Cu Foils Deposited by High Power Impulse Magnetron Sputtering

YU Kang-yuan, HE Yu-dan, YANG Bo, LUO Jiang-shan

(Laser Fusion Research Center, China Academy of Engineering Physics, Mianyang 621900, China)

Abstract: Copper(Cu) foils were deposited by high power impulse magnetron sputtering(HiPIMS) method. The effects of sputtering voltage on the microstructure and properties of the Cu foils were investigated. The results show that the Cu foils deposited with the sputtering voltages of 700–950V present (111) crystal preferred orientation obviously, their grain sizes are between 27.7nm and 36.5nm, and the relative densities are between 96.1% and 98.5%, which is distinctly superior to that of the Cu foils prepared by ordinary DC magnetron sputtering. With the increase of sputtering voltage, the Cu foil gradually changes from ductility to brittleness, and the resistivity gradually decreases to $2.38\mu\Omega\cdot\text{cm}$, which is close to the solid-state resistivity of pure Cu.

Key words: HiPIMS; Cu foil; microstructure; relative density; electrical resistivity

在爆炸箔起爆系统(Exploding Foil Initiator System)研究中,铜作为一类典型的爆炸箔材料,其桥箔形状和桥区尺寸对起爆性能及能量利用率有重要影响^[1-5]。此外,不同方法制备的Cu爆炸箔的密度、电阻率以及微观结构等各不相同,导致其电爆性能也差异较大^[6-11]。高功率脉冲磁控溅射技术作为一种离子化物理气相沉积新技术,通过较高的脉冲峰值功率和较低的脉冲占空比,能够获得较高的溅射金属离化率,在金属薄膜沉积过程中能够有效提高薄膜的致密度和膜基结合力^[12-15]。Cu箔一般采用蒸发(电阻或电子束)、磁控溅射、压延、电镀等方法制备^[8,16-18],而采用高功率脉冲磁控溅射技术能够进一步提高Cu箔

的密度,改善微观结构,增强膜基结合强度,有望提升Cu箔的电爆性能。本文拟采用高功率脉冲磁控溅射工艺制备Cu箔,主要研究溅射电压对Cu箔微观结构及性能的影响,为其电爆性能评价提供依据。

1 实验材料与方法

1.1 Cu箔的制备

本实验使用沈阳腾鳌真空技术有限公司设计研制的非标磁控溅射复合镀膜系统^[19],配有3inch磁控溅射靶枪、750W精密直流电源(最高电压600V、最大电流1.3A)和2kW高功率脉冲发生器(最高电压1000V、最大峰值电流400A、脉宽2~

收稿日期:2023-01-06

作者简介:余康元(1998-),男,湖南省长沙市人,硕士生。

通讯作者:罗江山,研究员。

* 基金项目:国家自然科学基金(12104425)。