

射频功率占比对氮掺杂二氧化钛薄膜性能的影响

胡家培^{1,2}, 张 华¹, 徐惠民¹, 曹 强¹, 唐 超³, 刘旭杰¹, 李炎峰¹

(1. 安徽科技学院 机械工程学院, 安徽 凤阳 233100; 2. 五河县职业技术学校, 安徽 蚌埠 233300;
3. 神龙汽车有限公司, 武汉 湖北 430000)

摘 要: 本研究主要利用射频耦合直流磁控溅射技术, 在室温下用 TiO_2 陶瓷靶在玻璃基底上制备 N 掺杂到 TiO_2 薄膜。同时也利用光学轮廓仪、X 射线衍射、扫描电子显微镜、X 射线光电子能谱和紫外可见分光光度计研究了不同射频功率占比对薄膜的微观结构和光学性能的影响。实验结果表明: 随着射频功率的增加, 薄膜的沉积速率增加, 薄膜的结晶性变优, 晶粒尺寸变大, N 掺入的比例增加, Ti 的价态出现未完全氧化的 Ti^{3+} , 薄膜的禁带宽度也相应地减小, N 掺杂 TiO_2 薄膜的吸收边扩展到可见光区域。

关 键 词: TiO_2 薄膜; 射频功率占比; 直流耦合

中图分类号: TB34

文献标识码: A

文章编号: 1002-0322(2020)01-0026-05

doi: 10.13385/j.cnki.vacuum.2020.01.05

Effect of RF Power Ratio on Properties of Nitrogen-Doped TiO_2 Film

HU Jia-pei^{1,2}, ZHANG Hua¹, XU Hui-min¹, CAO Qiang¹, TANG Chao³, LIU Xu-jie¹, LI Yan-feng¹

(1. College of Mechanical Engineering, Anhui University of Science and Technology, Fengyang 233100, China;

2. Wuhe County Vocational and Technical School, Bengbu 233300, China;

3. Dongfeng Peugeot Citroen Automobile Company Ltd, Wuhan 430000, China)

Abstract: This study mainly used RF coupled DC magnetron sputtering technology to prepare N-doped TiO_2 thin films on glass substrates at room temperature with TiO_2 ceramic targets. At the same time, the effects of different RF power ratios on the microstructure and optical properties of the films were investigated by optical profilometry, X-ray diffraction, scanning electron microscopy, X-ray photoelectron spectroscopy and UV-visible spectrophotometer. The experimental results show that, with the increase of RF power, the deposition rate of the film increases, the crystallinity of the film becomes better, the grain size becomes larger, the proportion of N doping increases, and the valence state of Ti shows incompletely oxidized Ti^{3+} . The forbidden band width is also correspondingly reduced, and the absorption edge of the N-doped TiO_2 film is extended to the visible light region.

Key words: TiO_2 film; RF power ratio; DC coupling

在众多催化剂中, 二氧化钛纳米材料在太阳能电池、有机合成、水和空气净化、癌症治疗、阴极防腐、自洁抗菌材料等领域有着广泛的应用^[1-4]。氧化还原电位高, 化学稳定性好, 价格低廉, 无毒, 是同类半导体光催化剂中性能最好的^[5,6]。

然而, 由于二氧化钛宽的禁带宽度(锐钛矿相的 $E_g=3.2\text{eV}$, 金红石相的 $E_g=3.0\text{eV}$)导致它可利用的可见光范围很窄^[7]。人们为解决这一问题进行了许多尝试, 取得了不同程度的成功。将 TiO_2 的吸收范围从紫外光谱扩展到可见光光谱

的主要工作集中在掺杂上。特别是在 TiO_2 中掺杂 $\text{F}^{[8]}$ 、 $\text{S}^{[9]}$ 、 $\text{N}^{[10]}$ 。Asahi 等人^[11]认为, 由于 N 离子半径小, 电子能带位置最优, TiO_2 中 N 的掺杂是提高其可见光活性最有效的方法。

梅乐夫等^[12]研究了使用溶胶-凝胶法制备 N 掺杂 TiO_2 薄膜, 通过紫外可见光谱(UV-VIS)分析, 观察到薄膜对波长在 500nm 以下的可见光有显著的吸收。丁万昱等^[13]研究了使用直流脉冲磁控溅射法溅射单一 Ti 靶制备 N 掺杂 TiO_2 薄膜, 退火后薄膜呈现 anatase 相和 rutile 相的结构, 禁

收稿日期: 2019-04-25

作者简介: 胡家培(1989-), 男, 安徽省六安市人, 硕士生。

通讯作者: 张华, 博士, 教授。