

Tesista: Edgar Arbey Villegas Gómez

Título al que aspira: Doctor en Ciencia de Materiales, UNMdP

Tema: "Desarrollo de películas cerámicas nano y microestructuradas aplicadas a dispositivos electrónicos"

Director de tesis: Dr. Rodrigo Parra

Co-director: Dr. Leandro Ramajo

Lugar de Trabajo: Facultad de Ingeniería, UNMdP

Fecha de Defensa: 4 de mayo de 2020

Jurados:

Dra. Nora Pellegrini (IFIR, CONICET-UNR)

Dr. Gustavo Suárez (CETMIC, CONICET-UNLP)

Dr. Matías Valdes (CDS, INTEMA, CONICET-UNMdP)

Resumen

En esta tesis se optimizó la técnica de spray pyrolysis o nebulización pirolítica para el desarrollo de películas delgadas basadas en óxido de cinc y dióxido de estaño. Con el objetivo de obtener películas con resistencia eléctrica controlada y alta transmitancia óptica en el rango visible del espectro electromagnético para aplicaciones en dispositivos electrónicos.

Se relacionaron variables microestructurales como el tamaño de grano y el espesor de la película, con parámetros ópticos y eléctricos, usando un modelo que relaciona dichas variables. De este modelo se determinó una relación directa entre la morfología de los granos y la conductividad de las películas de ZnO. Dado que la densidad de barreras de potencial está relacionada con el número de fronteras entre granos, el control del tamaño de grano fue una estrategia para controlar la resistividad.

Mediante el diseño de una cámara equipada con lámparas de luz ultravioleta, se evaluó el comportamiento eléctrico de películas basadas en ZnO y SnO₂, obteniendo como resultado una correspondencia entre la respuesta UV y la microestructura de las mismas. En este sentido, las películas con una morfología de grano pequeño, presentaron valores mayores de la relación entre la corriente en oscuridad y la corriente bajo iluminación, comparadas con las que presentaron microestructuras de granos grandes. De esta manera se determinó que las películas de ZnO con morfología de granos pequeños, y de espesores bajos, responden de mejor manera a la luz ultravioleta, en comparación con las películas gruesas y granos grandes.

También se evaluó la influencia de diferentes dopantes tales como aluminio, galio y estaño en los valores del band gap de las películas de óxido de cinc, donde se determinó un degeneramiento de la banda de conducción o lo que se conoce como efecto Burstein-Moss, para diferentes grados de dopado.

Como resultado del análisis de la respuesta UV de las diferentes películas estudiadas, se determinó que la película que presenta las mejores prestaciones para ser usada en un dispositivo sensor fue la película de óxido de cinc dopada con estaño. Se diseñó un

dispositivo sensor de luz UV, usando una película de óxido de cinc dopada con estaño. Por otro lado, se diseñó una cámara para el estudio de la respuesta eléctrica de películas de SnO₂ sometidas a ambientes con humedad variable. Se establecieron las condiciones en las cuales estas películas podrían ser usadas en la implementación de dispositivos optoelectrónicos tales como sensores. A partir de los ensayos y análisis sobre las películas de SnO₂, se determinó que las películas con bajos espesores presentan una mayor respuesta o variación de la resistencia en función de los cambios en la humedad en comparación con las películas más gruesas. Sin embargo, al incluir dopantes como flúor, la conductividad de las películas mejoró notablemente, pero la respuesta a los cambios de humedad disminuyó. Se observaron aumentos en los tiempos de relajación y disminuciones en la relación entre la resistencia máxima en aire seco y la resistencia mínima en aire húmedo.

Abstract

In this thesis, the spray pyrolysis technique was optimized for the development of thin films based on zinc oxide and tin dioxide. Aiming to obtain films with controlled electrical resistance and high optical transmittance in the visible range of the electromagnetic spectrum for applications in electronic devices.

Microstructural variables such as grain size and film thickness were related to optical and electrical parameters, using a model that related these variables. From this model, a direct relationship between grain morphology and conductivity of ZnO films was determined. Since the density of potential barriers is related to the number of grain boundary, control of grain size was a strategy to control resistivity.

Through the design of a camera equipped with ultraviolet light lamps, the electrical behavior of ZnO and SnO₂ based films were evaluated, resulting in a correspondence between the UV response and their microstructure. In this sense, the films with a small grain morphology, presented higher values of the relationship between the dark current and the current under illumination, compared with those that presented large grain microstructures. In this way, it was determined that ZnO films with small grain morphology, and low thickness, respond better to ultraviolet light, compared to thick films and large grains.

The influence of different dopants such as aluminum, gallium and tin on the band gap values of zinc oxide films was also evaluated, where a degeneration of the conduction band which is known as the Burstein-Moss effect was determined, for different degrees of doping.

As a result of the analysis of the UV response of the different films studied, it was determined that the film that presented the best performance to be used in a sensor device was tin-doped zinc oxide film. A UV light sensing device was designed, using a tin doped zinc oxide film. On the other hand, a camera was designed to study the electrical response of SnO₂ films subjected to environments with variable humidity. The conditions under which these films could be used in the implementation of optoelectronic devices such as sensors were established. From the tests and analyzes on the SnO₂ films, it was determined that the films with low thicknesses present a greater response or variation in resistance as a function of changes in humidity compared to thicker films. However, by including dopants such as fluorine, the conductivity of the films improved markedly, but the response to changes in humidity decreased. Increases in relaxation times and decreases in the relationship between maximum resistance in dry air and minimum resistance in humid air were observed.

