جامعة الموصل
كلية التربية للعلوم الصرفة

دراسة الخصائص البصرية الخطية واللاخطية لأوكسيد القصدير المطعم بالألمنيوم المحضر بطريقة الرش الكيميائي الحراري

فاطمة إبراهيم إسماعيل ابراهيم

رسالة ماجستير

الفيزياء

بإشراف

المدرس
الدكتور عمار تحسين زكر

الاستاذ المساعد
الدكتور ذوالفقار علي زكر

١٤٤٦هـ

٢٠٢٤م

الخلاصة

في هذا الرسالة تم دراسة تأثير التطعيم بالألمنيوم بنسب (3%، 5%، 7%) على الخواص البصرية الخطية، واللاخطية، والخواص التركيبية لأغشية أوكسيد القصدير الرقيقة SnO_2 المحضرة باستخدام تقنية الانحلال الكيميائي الحراري على قواعد زجاجية عند درجة حرارة 400°C. وكشف حيود الأشعة السينية عن بنية متعددة التبلور ورباعية للأغشية الرقيقة المرسبة وبالإتجاه السائد، والمفضل (110) حيث كان معدل الحجم البلوري ($G_s = 32.68\ nm$) للغشاء النقي، بينما انخفض الى (16.37 nm) عندما أصبحت نسبة التطعيم بـ (Al) 7%. وقد كشفت صور EDX / SEM أن الجسيمات النانوية كروية، وشبه كروية ومتكتلة، وتتجمع في أنماط، وكثافات مختلفة مع ذرات Al متشابكة داخل الشبكة البلورية ل SnO_2.

ومن خلال النتائج المستحصلة من دراسة منحيات الخصائص البصرية كدالة للطول الموجي عند نسب تطعيم مختلفة لوحظ ازدياد نفاذية الاغشية الرقيقة مع زيادة الطول الموجي بينما ينخفض كل من الإمتصاصية (A) ومعامل الانعكاس (R)، ومعامل الخمود (K)، ومعامل الانكسار (n)، وثابت العزل الكهربائي بجزئيه (الحقيقي والخيالي) مع زيادة الطول الموجي. كما لاحظنا من خلال دراسة تأثير نسبة التطعيم بالألمنيوم (Al) على اغشية أوكسيد القصدير SnO_2 النقية انخفاض منحنيات طيف النفاذية، ومقدار فجوة الطاقة البصرية مع زيادة نسبة التطعيم بينما لوحظ ارتفاع منحنيات طيف الإمتصاصية (A) الانعكاسية (R)، ومعامل الخمود (K) ومعامل الانكسار (n)، وثابت العزل الكهربائي بجزئيه (الحقيقي والخيالي).

وكشفت الخصائص البصرية اللاخطية لأغشية SnO_2 النقية والمطعمة بـ Al عن زيادة في معامل الإمتصاص β_{eff} لمستويات التطعيم أقل من 7%. كما أشارت النتائج إلى أن معامل الإنكسار اللاخطي n_2 يتغير في المدى ($0.96 * 10^{-8} - 5.25 * 10^{-8} cm^2/W$) عند مستويات مختلفة من التطعيم. حيث كشفت النتائج عن تحسن في الأجزاء الحقيقية، والخيالية للحساسية اللاخطية (x^3) مع زيادة تركيز التطعيم. إن سهولة تغيير الخصائص البصرية للمادة تحت الدراسة تجعل منها مادة واعدة في التطبيقات المختلفة باستخدامها كعنصر بديل لأوكسيد القصدير الإنديوم (ITO) في تطبيقات السماحية ε بالقرب من الصفر (ENZ)، والأجهزة الكهروضوئية.

Abstract

This study investigates the effect of aluminum doping at concentrations of 3%, 5%, and 7% on the linear and nonlinear optical properties, as well as the structural characteristics, of thin SnO_2 films prepared via the spray pyrolysis technique on glass substrates at 400°C. X-ray diffraction (XRD) analysis revealed a polycrystalline and tetragonal structure for the deposited thin films, with a preferred orientation along the (110) plane. The average crystallite size for the undoped film was (Gs = 32.68nm), which decreased to (16.37nm) when the aluminum doping level reached 7%.

EDX/SEM images showed that the nanoparticles exhibited spherical, near-spherical, and clustered morphologies, with varying patterns and densities, and Al atoms were intercalated within the SnO_2 crystal lattice. The results from optical property curves, analyzed as a function of wavelength at different doping levels, showed an increase in film transmittance with wavelength, while absorbance (A), reflectance (R), extinction coefficient (K), refractive index (n), and dielectric constant (both real and imaginary components) decreased as the wavelength increased.

Furthermore, the effect of Al doping on the pure SnO_2 films indicated a reduction in transmittance spectra and optical bandgap energy with increasing doping concentration, whereas absorbance (A), reflectance (R), extinction coefficient (K), refractive index (n), and dielectric constant (real and imaginary components) exhibited an increase.

The nonlinear optical properties of both pure and Al-doped SnO_2 films revealed an enhancement in the effective absorption coefficient β_{eff} βefffor doping levels below 7%. Additionally, the nonlinear refractive n2

varied in the range of $(0.96 * 10^{-8} - 5.25 * 10^{-8} cm^2/W)$at different doping levels. The results also demonstrated an improvement in the real and imaginary parts of the third-order nonlinear susceptibility ($X^{(3)}$) with increasing doping concentration.

The tunability of the optical properties of the studied material highlights its potential as a promising alternative to indium tin oxide (ITO) for various applications, particularly in epsilon-near-zero (ENZ) permittivity and optoelectronic devices.

University of Mosul
College of Education
for Pure Sciences

Study of linear and nonlinear optical properties of Aluminum doped Tin Oxide prepared using Thermochemical spray method

Fatima Ibrahim Ismael Ibrahim

M.Sc. Thesis

Physics

Supervised by

Lecturer
Dr. Ammar Tahseen Zakar

Assist. Prof.
Dr. Thoalfiqar Ali Zakar

1446 A.H **2024 A.D**