



جامعة الموصل
كلية العلوم

تحضير ودراسة الخصائص التركيبية والبصرية (الخطية واللاخطية)
لأكسيد الزنك المطعم بالألمنيوم والقصدير بشكل أحادي ومزدوج
بطريقة الرش الكيميائي الحراري

عباس عبدالرزاق كريم يونس

رسالة ماجستير

علوم الفيزياء

بإشراف

الأستاذ المساعد الدكتور

ذوالفقار علي زكر

الأستاذ الدكتور

ياسر عبدالجواد عبدالله

الخلاصة

تم تحضير أغشية رقيقة من أكسيد الزنك (ZnO) النقي، والمطعمة بعنصري الألمنيوم (AZO-Aluminum Doped Zinc Oxide) والقصدير (TZO -Tin Doped Zinc Oxide) كل على حدى، فضلاً عن أكسيد الزنك المطعم بعنصري الألمنيوم والقصدير بشكل مزدوج (ATZO-Aluminum and Tin Co-Doped Zinc Oxide)، وذلك باستخدام تقنية الرش الكيميائي الحراري على ركائز زجاجية عند درجة حرارة 400 °C. تم تحليل تأثير التطعيم والتطعيم المزدوج على البنية البلورية، والخصائص البصرية الخطية واللاخطية.

أظهر مخطط حيود الأشعة السينية (XRD) لغطاء ZnO النقي قمماً حادة ومرتفعة وبنية بلورية منتظمة من النوع السداسي غير المركز (wurtzite) وهذه القمم تتوافق مع الاتجاهات البلورية المختلفة مثل (100)، (002) و(101)، وهي المميّزة لبنية ZnO، وبلغت قمة (101) أعلى شدة لها بين المستويات. وقد أظهرت صور المجهر الإلكتروني الماسح (SEM) Scanning Electron Microscope أن التطعيم أدى إلى زيادة حجم الحبيبات مما يدل على تأثير التطعيم على تحسين البنية السطحية. أمّا من حيث الخواص البصرية الخطية، فقد فأظهرت القياسات الطيفية باستخدام مطياف UV-VIS أن نفاذية الأغشية الضوئية ازدادت مع التطعيم، حيث ارتفعت من 60% لغطاء ZnO النقي إلى 72%، 76% و 78% لأغشية AZO و TZO و ATZO على التوالي. كما أظهرت الامتصاصية والانعكاسية معامل الانكسار الخطي ومعامل الامتصاص الخطي ومعامل الخمود نقصاناً في الأغشية المطعمة بالمقارنة مع غطاء ZnO النقي. كما زادت فجوة الطاقة (Eg) من 3.235 eV في ZnO إلى 3.237 eV، 3.249 eV و 3.271 eV في AZO، TZO و ATZO على التوالي، وهذا يعكس تأثير التطعيم على البنية الإلكترونية للمواد.

أما بالنسبة للخصائص البصرية اللاخطية، فقد تم تحليل تأثير التطعيم باستخدام تقنية Z-Scan. حيث أظهرت النتائج أن التطعيم أدى إلى تقليل معامل الامتصاص غير الخطي (β_{eff})، الذي انخفض من 5.294 cm/W في غشاء ZnO النقي إلى 5.107 cm/W، 4.853 cm/W و 4.794 cm/W للأغشية AZO و TZO و ATZO على التوالي. فضلاً عن ذلك، لوحظ أن معامل الانكسار غير الخطي (n_2) كان سالباً في جميع الأغشية، مما يدل على سلوك إزالة التركيز الذاتي (Self-defocusing)، حيث زاد من $(-2.237 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{W})$ لغشاء ZnO إلى $(-2.201 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{W})$ ، $(-2.145 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{W})$ و $(-1.995 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{W})$ لأغشية AZO و TZO و ATZO على التوالي، مما يشير إلى تحسن الأداء غير الخطي للأغشية بعد التطعيم. كما لوحظ أن الجزء الحقيقي من القابلية اللاخطية انخفض مع التطعيم، بينما زاد الجزء التخيلي، ومع انخفاض التأثيرية اللاخطية ($\chi^{(3)}$) مع التطعيم.

In addition, it was observed that the nonlinear refractive index (n_2) was negative for all the films, indicating self-defocusing behavior, as it increased from $(-2.237 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{W})$ for ZnO films to $(-2.201 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{W})$, $(-2.145 \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{W})$, and $(-1.995) \times 10^{-9} \text{ cm}^2/\text{W})$ for AZO, TZO, and ATZO films, respectively, indicating the improvement of the nonlinear performance of the films after doping. It was also observed that the real part of the nonlinear susceptibility decreased with doping, while the imaginary part increased, and the nonlinear susceptibility ($\chi(3)$) decreased with doping. Thus, the improved linear and nonlinear structural and optical properties of the prepared films make them suitable for various applications such as solar cells, optoelectronic devices, optical switching, and frequency conversion.

Abstract

Pure zinc oxide (ZnO) thin films, doped with aluminum (Al) and tin (Sn) elements separately, in addition to co-doping (ATZO), were prepared using a chemical Pyrolysis Method on glass substrates at 400°C. The effect of doping and co-doping on the crystal structure, linear and nonlinear optical properties, and surface morphology of the films wasn't analyzed. The XRD pattern of pure ZnO shows sharp and high peaks and a regular crystal structure of hexagonal (wurtzite) type. These peaks align with various crystallographic orientations, including (100), (002), and (101), all of which are characteristic of the ZnO structure. The (101) peak reached the highest intensity among the planes in pure ZnO films, but its intensity decreased in the doped films. Scanning electron microscope (SEM) images showed that doping led to an increase in the grain size, indicating the effect of doping on crystal growth and improvement of the surface structure. In terms of linear optical properties, spectroscopic measurements using UV-VIS spectroscopy showed that the optical transmittance of the films increased with doping, rising from 60% for pure ZnO films to 72%, 76%, and 78% for AZO, TZO, and ATZO films, respectively. We recorded a decrease in the absorbance, reflectivity, linear refractive index, linear absorption coefficient, and extinction coefficient. The energy gap (E_g) increased from 3.235 eV in ZnO to 3.237 eV, 3.249 eV, and 3.271 eV in TZO, AZO, and ATZO, reflecting the effect of doping on the electronic structure of the materials. For the nonlinear optical properties (NLO), the effect of doping was analyzed using the Z-Scans technique.

The results showed that doping reduced the nonlinear absorption coefficient (β_{eff}), which decreased from 5.294 cm/w in pure ZnO films to 5.107 cm/w, 4.853 cm/w, and 4.794 cm/w for AZO, TZO, and ATZO films, respectively. We attribute this decrease to the increase in free carriers, which mitigates nonlinear absorption effects like two-photon absorption (TPA).

University of Mosul
College of Science



**Preparation and Study of the Structural and Optical
(Linear and Nonlinear) Properties of Aluminum and
Tin Doped Zinc Oxide in Single and Co-Doped
Forms Using the Spray Pyrolysis Method**

Abbas Abdulrazzaq Kareem Younes

M.Sc.

Science Physics

Supervised by

Prof. Dr.
Yasir Abdeljawad Al-Jawadi

Assist Prof. Dr.
Thoalfiqar Ali Zaker

1446 A.H

2025 A.D