جامعة الموصل
كلية التربية للعلوم الصرفة

التحكم في الأبعاد الهندسية لقضبان أوكسيد الخارصين النانوية المنماة بتقنية الترسيب البخاري الكيميائي لتطبيقات التنظيف الذاتي

ميثاق علي صالح عباس

رسالة ماجستير

الفيزياء

بإشراف
الأستاذ المساعد
الدكتور ياسر حسين محمد

١٤٤٧ هـ ٢٠٢٥ م

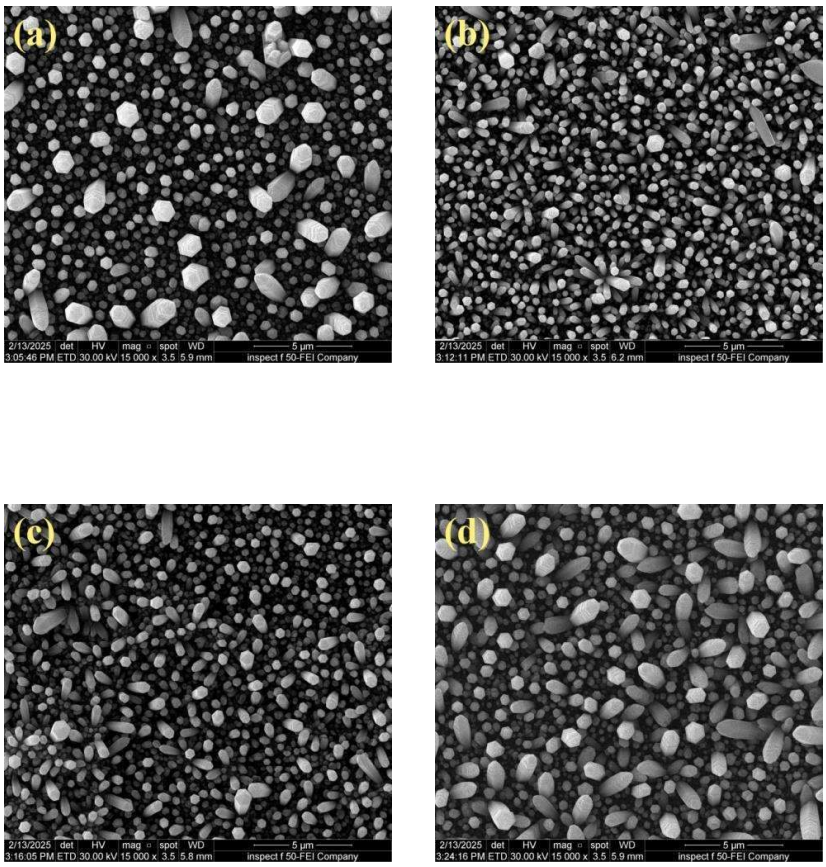
الخلاصة

تم تحضير بنى نانوية أحادية وثنائية الأبعاد من أوكسيد الخارصين (ZnO) بهيئة أغشية رقيقة وقضبان نانوية عمودية وذلك للتحكم في خصائصها البصرية والتركيبية والمورفولوجية. تمثل هذه الدراسة البحثية جهداً منهجياً لدراسة تصنيع قضبان أوكسيد الخارصين النانوية (Zinc oxide nanorods (ZnO NRs)) بمحاذاة رأسية (عمودية) باستخدام تقنية الترسيب البخاري الكيميائي (Chemical vapor deposition (CVD)) المدعومة بطبقة البذور (Seed layer)، عند الضغط الجوي لاستكشاف عاملين رئيسيين: (1) تأثير المسافة الفاصلة (3, 4, 5, and 6 cm) بين بودقة التبخير (مصدر السلائف) والركائز الزجاجية، على خصائص الأغشية الرقيقة لأوكسيد الخارصين المتكونة كطبقة بذور (طبقة محفزة)، و (2) تأثير درجة حرارة النمو (450, 500, 550, and 600 °C)، على نمو ZnO NRs، ولتحسين خصائصها الوظيفية لتطبيقات الأسطح ذاتية التنظيف (Self-cleaning surfaces). لتقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعينات المحضرة تم استخدام مجموعة متكاملة من التقنيات التحليلية المتقدمة مثل: مقياس الطيف الضوئي للأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي (Ultraviolet-visible (UV-Vis.) spectrophotometer)، مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy)، حيود الأشعة السينية (X-ray diffraction (XRD))، المجهر الإلكتروني الماسح بمجال الانبعاث (Field emission scanning electron microscope (FESEM))، ومطيافية الأشعة السينية المشتت للطاقة (Energy-dispersive X-ray (EDX) spectroscopy). للتأكد من الخصائص الوظيفية (التطبيقية)، تم قياس زاوية التلامس للماء (Water contact angle (WCA)) على الأسطح للقضبان النانوية المحضرة. بينت النتائج أن تغير المسافة الفاصلة أدى إلى تغيرات واضحة في الخصائص البصرية والمورفولوجية لطبقة البذور، مع ملاحظة انزياحا أزرقاً في فجوة الطاقة البصرية من 3.23 eV إلى 3.28 eV، مع زيادة المسافة. أما صور المجهر الإلكتروني كشفت عن تأثير مسافة الفصل الحاسمة على مورفولوجيا الأغشية الرقيقة، بينما أكد تحليل EDX التركيب العنصري الصحيح للعينات المحضرة. كما أظهرت المقارنة لعملية تصنيع ZnO NRs للعينات المنماة بطبقة بذور مع العينات المنماة بدون طبقة بذور تفوقاً واضحاً للعينات المدعومة بطبقة البذور من حيث الانتظام والمحاذاة وطول القضبان النانوية وجودتها، مما يؤكد الدور الحاسم لطبقة البذور في إنتاج مصفوفات نانوية رأسية عالية الجودة ذات نمو منتظم. ، تم دراسة تأثير درجة حرارة النمو على الخصائص الفيزيائية والكيميائية لـ ZnO NRs. بينت النتائج أن درجة الحرارة 550 °C تمثل الدرجة المثلى، حيث أنتجت قضباناً نانوية منتظمة الطول والقطر بكثافة عالية. أظهرت نتائج EDX نسب مختلفة قليلاً بين ذرات Zn و O مع وجود نقصاً لعنصر Zn في العينات المحضرة. أكدت تحليل FTIR وجود روابط Zn-O المميزة عند حوالي 625–651cm^{-1}، مع غياب الشوائب العضوية. أظهرت نتائج XRD للعينات المحضرة بنية Wurtzite السداسية متعددة التبلور مع اتجاه تفضيلي قوي على طول المحور-*c*. أما اختبارات زاوية التلامس فأظهرت سلوكاً كارهاً للماء (WCA=125°) للعينات المحضرة عند درجة حرارة 600 °C، مما يؤهلها لتطبيقات التنظيف الذاتي.

Abstract

التحكم في الأبعاد الهندسية لقضبان أوكسيد الخارصين النانوية المنماة بتقنية الترسيب البخاري الكيميائي لتطبيقات التنظيف الذاتي

المؤلف: ميثاق علي صالح عباس **المشرف أ. م. د ياسر حسين محمد** **الناشر : جامعة الموصل**

الملخص البياني	النتائج
	تم تصنيع قضبان أوكسيد الخارصين النانوية بمحاذاة رأسية (عمودية) باستخدام تقنية الترسيب البخاري الكيميائي المدعومة بطبقة البذور (Seed layer)، عند الضغط الجوي لاستكشاف عاملين رئيسيين: (1) تأثير المسافة الفاصلة (3, 4, 5, and 6 cm) بين بودقة التبخير (مصدر السلائف) والركائز الزجاجية، على خصائص الأغشية الرقيقة لأوكسيد الخارصين المتكونة كطبقة بذور (طبقة محفزة)، و (2) تأثير درجة حرارة النمو (450, 500, 550, and 600 °C)، على نمو ZnO NRs، ولتحسين خصائصها الوظيفية لتطبيقات الأسطح ذاتية التنظيف. حيث حددت الظروف المثلى للنمو، لتحقيق كفاءة تنظيف ذاتي تصل إلى 83.3%، مع زاوية تلامس مائية عالية (125°)، مما يؤهلها لتطبيقات مستدامة في معالجة المياه والطاقة النظيفة وفقاً لأهداف التنمية المستدامة،

المستلخص

تم تحضير بنى نانوية أحادية وثنائية الأبعاد من أوكسيد الخارصين (ZnO) بهيئة أغشية رقيقة وقضبان نانوية عمودية وذلك للتحكم في خصائصها البصرية والتركيبية والمورفولوجية. تمثل هذه الدراسة البحثية جهداً منهجياً لدراسة تصنيع قضبان أوكسيد الخارصين النانوية ((Zinc oxide nanorods (ZnO NRs) بمحاذاة رأسية (عمودية) باستخدام تقنية الترسيب البخاري الكيميائي ((Chemical vapor deposition (CVD) المدعومة بطبقة البذور (Seed layer)، عند الضغط الجوي لاستكشاف عاملين رئيسيين: (1) تأثير المسافة الفاصلة (3, 4, 5, and 6 cm) بين بودقة التبخير (مصدر السلائف) والركائز الزجاجية، على خصائص الأغشية الرقيقة لأوكسيد الخارصين المتكونة كطبقة بذور (طبقة محفزة)، و (2) تأثير درجة حرارة النمو (450, 500, 550, and 600 °C)، على نمو ZnO NRs، ولتحسين خصائصها الوظيفية لتطبيقات الأسطح ذاتية التنظيف (Self–cleaning surfaces). لتقييم الخصائص الفيزيائية والكيميائية للعينات المحضرة تم استخدام مجموعة متكاملة من التقنيات التحليلية المتقدمة مثل: مقياس الطيف الضوئي للأشعة فوق البنفسجية والضوء المرئي (Ultraviolet–visible (UV–Vis.) spectrophotometer)، مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فوريه (Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy)، حيود الأشعة السينية (X–ray diffraction (XRD))، المجهر الإلكتروني الماسح بمجال الانبعاث (Field emission scanning electron microscope (FESEM)، ومطيافية الأشعة السينية المشتت للطاقة (Energy–dispersive X–ray (EDX) spectroscopy). للتأكد من الخصائص الوظيفية (التطبيقية)، تم قياس زاوية التلامس للماء (Water contact angle (WCA)) على الأسطح للقضبان النانوية المحضرة. بينت النتائج أن تغير المسافة الفاصلة أدى إلى تغيرات واضحة في الخصائص البصرية والمورفولوجية لطبقة البذور، مع ملاحظة انزياحا أزرقاً في فجوة الطاقة البصرية من 3.23 eV إلى 3.28 eV، مع زيادة المسافة. أما صور المجهر الإلكتروني كشفت عن تأثير مسافة الفصل الحاسمة على مورفولوجيا الأغشية الرقيقة، بينما أكد تحليل EDX التركيب العنصري الصحيح للعينات المحضرة. كما أظهرت المقارنة لعملية تصنيع ZnO NRs للعينات المنماة بطبقة بذور مع العينات المنماة بدون طبقة بذور تفوقاً واضحاً للعينات المدعومة بطبقة البذور من حيث الانتظام والمحاذاة وطول القضبان النانوية وجودتها، مما يؤكد الدور الحاسم لطبقة البذور في إنتاج مصفوفات نانوية رأسية عالية الجودة ذات نمو منتظم. ، تم دراسة تأثير درجة حرارة النمو على الخصائص الفيزيائية والكيميائية لـ ZnO NRs. بينت النتائج أن درجة الحرارة 550 °C تمثل الدرجة المثلى، حيث أنتجت قضباناً نانوية منتظمة الطول والقطر بكثافة عالية. أظهرت نتائج EDX نسب مختلفة قليلاً بين ذرات Zn و O مع وجود نقصاً لعنصر Zn في العينات المحضرة. أكدت تحليل FTIR وجود روابط Zn–O المميزة عند حوالي $625–651 cm^{-1}$، مع غياب الشوائب العضوية. أظهرت نتائج XRD للعينات المحضرة بنية Wurtzite السداسية متعددة التبلور مع اتجاه تفضيلي قوي على طول المحور–c. أما اختبارات زاوية التلامس فأظهرت سلوكاً كارهاً للماء (WCA=125°) للعينات المحضرة عند درجة حرارة 600 °C، مما يؤهلها لتطبيقات التنظيف الذاتي.

mithaq.23esp12@student.uomosul.edu.iq

الكلمات المفتاحية

القضبان النانوية

أوكسيد الخارصين

تقنية الترسيب البخاري الكيميائي

تطبيقات التنظيف الذاتي

https://uomosul.edu.iq/libcentral

E-Mail : central_library@uomosul.edu.iq

Abstract

This research study represents a systematic effort to investigate the fabrication of vertically aligned zinc oxide nanorods (ZnO NRs) using the chemical vapor deposition (CVD) technique supported by a seed layer, under atmospheric pressure. The study aims to explore two main factors: (1) the effect of the separation distance (3, 4, 5, and 6 cm) between the Evaporation Crucible (precursor source) and the glass substrates on the properties of the zinc oxide thin films formed as a seed layer (catalytic layer), and (2) the effect of the growth temperature (450, 500, 550, and 600 °C) on the growth of ZnO NRs, with the goal of enhancing their functional properties for self-cleaning surface applications. To evaluate the physical and chemical characteristics of the prepared samples, an integrated set of advanced analytical techniques was used, including: Ultraviolet-visible (UV-Vis.) spectrophotometry, Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy, X-ray diffraction (XRD), Field emission scanning electron microscopy (FESEM), and Energy-dispersive X-ray (EDX) spectroscopy. To assess the functional (application-related) properties, the water contact angle (WCA) was measured on the surfaces of the prepared nanorods. The results indicated that varying the separation distance led to clear changes in the optical and morphological properties of the seed layer, with a noticeable blue shift in the optical band gap from 3.23 eV to 3.28 eV as the distance increased. The FESEM images revealed the critical influence of the separation distance on the thin film morphology, while EDX analysis confirmed the correct elemental composition of the prepared samples. Furthermore, a comparative analysis between ZnO NRs grown with and without a seed layer demonstrated a significant advantage for the seed-supported samples in terms of alignment, uniformity, nanorod length, and quality, confirming the crucial role of the seed layer in producing high-quality vertically aligned nanostructures. Secondly, the effect of growth temperature on the physical and chemical properties of ZnO NRs was examined. The findings showed that 550 °C represents the optimal temperature, resulting in nanorods with uniform length and diameter and high density. The EDX results revealed slightly different atomic ratios of Zn and O, with a deficiency of Zn in the prepared samples. FTIR analysis confirmed the presence of characteristic Zn–O bonds at approximately 625–651 cm^{-1}, with the absence of organic impurities. The XRD results

of the prepared samples indicated a polycrystalline hexagonal wurtzite structure with a strong preferential orientation along the c-axis. Water contact angle measurements revealed a hydrophobic behavior (WCA = 125°) for samples prepared at 600 °C, qualifying them for self-cleaning applications.

University of Mosul
College of Education
for Pure Science

Controlling the Geometric Dimensions of Zinc Oxide Nanorods Grown by Chemical Vapor Deposition Technique for Self-Cleaning Applications

Mithaq Ali Salih Abbas

M. Sc. Thesis

Physics

Supervised by

Assist. Prof.

Dr. Yasir Hussein Mohammed

2025 A. D. **1447 A.H.**