



اعتماد الخصائص البصرية لأوكسيد الزنك ZnO على حجم الجسيم واستخدامها في تصميم وتحسين اداء طلاءات بصرية غير عاكسة للمنطقة الطيفية فوق البنفسجية

عصمت رمزي عبد الغفور بشار محمد صالح

كلية العلوم - جامعة الانبار

الخلاصة:

معلومات البحث:

تاريخ التسليم: 2016/12/8
تاريخ القبول: 2017/1/17
تاريخ النشر: 2018 / 6 / 22

DOI: 10.37652/juaps.2017.145239

الكلمات المفتاحية:

Nano ZnO,
Bros model,
المصفوفة المميزة,
الطلاءات البصرية.

تم دراسة تغير فجوة الطاقة ومعامل الانكسار لمادة اوكسيد الزنك (ZnO) مع تغير حجم الجسيم النانوي، وتم وضع تصميم نظري لطلاء مضادة للانعكاس ذو طبقة مفردة من ZnO بسمك ربع طول موجة التصميم ضمن المدى (300 – 400 nm) من الطول الموجي للأشعة فوق البنفسجية، عند تغير حجم الجسيم لمادة الطلاء من (2.4-40 nm)، واختيرت مادة اوكسيد الالمنيوم (Al_2O_3) كأرضة اساس للتصميم. اذ تم تصميم برنامج حاسوبي بلغة MATLAB النسخة (7.11.0) ليصف انعكاسية التصميم كدالة لحجم الجسيم (Particle size) ومعامل الانكسار وفجوة الطاقة للطلاء، وايضا يصف الانعكاسية كدالة للطول الموجي لحالة السقوط العمودي والمائل للتصميم المقترح كطلاء بصري مضادة للانعكاس، وذلك بالاعتماد على نموذج بورس ونظرية المصفوفة المميزة كأساس نظري. وقد اظهرت النتائج ان اقل قيمة في الانعكاسية للتصميم ($Air/Nano\ ZnO/Al_2O_3$) كانت بمقدار (0.0278%) عند زاوية سقوط (0°) وطول موجي بمقدار (350nm) وذلك عندما يكون حجم الجسيم لمادة الطلاء ($Ps = 2.8\ nm$).

1. المقدمة (Introduction):

اوكسيد الزنك (ZnO) مادة شبه موصلة جذبت اهتماماً كبيراً في صناعة الاغشية الرقيقة، لها فجوة طاقة واسعة ومباشرة بحدود (3.3 eV) ومعامل انكسار ($n=2$) عند درجة حرارة (300 K)، ولها نفاذية عالية للأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet)، وتمتلك صلابة ممتازة وتعد من المواد واطنة الكلفة لذلك تستخدم على نطاق واسع في العديد من المجالات العلمية والصناعية كتصنيع الاجهزة الالكترونية والخلايا الشمسية واجهزة استشعار الغاز، واكسيد الزنك مادة حساسة للتغيرات الكيميائية لذلك تستخدم في صناعة اجهزة الاستشعار

الكهروكيميائية ومراقبة البيئة [1,2]. مع التطور في تقنية النانو (Nanotechnology) فان مادة اوكسيد الزنك كغيرها من المواد شبه الموصلة قد اخذت دوراً رائداً في هذا المجال، اذ تظهر معظم أشباه الموصلات مجموعة متنوعة وفريدة من الخصائص البصرية والإلكترونية عند الحجم النانوية تختلف عن الخصائص الموجودة في المواد ذات البنى الطبيعية (Bulk Materials) [3]، ويظهر هذا التغير في الخصائص نتيجة لاحد الاثار المباشرة لتقليل حجم المواد الى الحجم النانوية وهو الحجز الكمي (Quantum confinement) او تكميم مستويات الطاقة للإلكترونات المادة ضمن حجم محدد، ونتيجة لذلك فأن مستويات الطاقة للمادة تصبح منفصلة، ويظهر تأثيره من خلال تغير كثافة الحالات (Density of states) وفجوة الطاقة (Energy gap) للمادة، وبالتالي

* Corresponding author at: College of Science, University of Anbar.
E-mail address :

اذ ان R نصف قطر البلورة بوصفها نقطة كمومية كروية الشكل،
 ϵ السماحية النسبية او ما يعرف بثابت العزل الكهربائي. وايضا:
 $\Delta E_g = E_g^{nano}(R) - E_g^{bulk}$
تمثل E_g^{bulk} فجوة الطاقة للمادة بالحجم الطبيعي (Bulk bandgap)،
 $E_g^{nano}(R)$ فجوة الطاقة للمادة في النقاط الكمومية (Quantum dots) وتعرف بفجوة الطاقة الفعالة (Effective bandgap). وبالتالي تصبح المعادلة (2) بالصيغة التالية [9]:

$$E_g^{nano}(R) = E_g^{bulk} + \frac{\hbar^2 \pi^2}{2R^2} \left[\frac{1}{m_e^*} + \frac{1}{m_h^*} \right] - \frac{1.786 e^2}{\epsilon R} - \frac{0.124 e^4}{h^2 \epsilon^2} \left[\frac{1}{m_e^*} + \frac{1}{m_h^*} \right]^{-1} \dots \dots (3)$$

من الحد الثاني في الطرف الايمن للمعادلة اعلاه نلاحظ ان فجوة الطاقة الفعالة تتناسب عكسيا مع R^2 اي ان فجوة الطاقة تزداد بنقصان حجم الجسم، ومن الحد الثالث نلاحظ ان فجوة الطاقة تتناقص مع تناقص R وذلك بسبب زيادة قوة التفاعل الكولومي (Columbic interaction)، اما الحد الاخير يمثل الارتباط بين جزيئين، ان الحدين الثالث والاخير صغيرة جدا مقارنة بالحد الثاني لذلك يمكن ان تهمل، فتصبح المعادلة (3) بالشكل التالي:

$$E_g^{nano}(R) = E_g^{bulk} + \frac{\hbar^2 \pi^2}{2R^2} \left[\frac{1}{m_e^*} + \frac{1}{m_h^*} \right] \dots \dots (4)$$

2.2. المصفوفة المميزة

تعرف السماحية البصرية (η) ايضا بمعامل الانكسار الفعال (Effective Refractive Index)، وهي احدى الصفات البصرية المهمة للأوساط المادية وتعطى بالصيغة الآتية:

$$\eta = \frac{H}{E} \dots \dots (5)$$

في حالة السقوط العمودي للموجة تكون قيمة السماحية البصرية مساوية للجزء الحقيقي من معامل الانكسار للوسط [10]:
 $\eta = n \dots \dots (6)$

تصبح الخصائص البصرية والالكترونية للمواد تعتمد على حجمها. ويكون الحجز الكمي اما في بعد واحد وتعرف المواد التي تقع تحت تأثير هذا الحجز بالأسلاك الكمومية (Quantum wires)، او يكون ثنائي البعد وتعرف ببئر الطاقة الكمومية (Quantum wells)، اما عندما يكون الحجز الكمي في الابعاد الثلاثة فان النظام يعرف عندها بالنقاط الكمومية (Quantum dots) والتي يمكن تعريفها على انها مواد شبه موصلة تكون فيها الالكترونات حبيسة في الاتجاهات الثلاثة داخل ابعاد البنية البلورية التي يكون حجمها مساوياً او اصغر من طول موجة دي برولي (DeBrogliewavelength) للالكترون والتقب [4,5,6].

1.2 الجزء النظري نموذج تقريب الكتلة الفعالة - Effective Mass Approximation (EMA)

عندما يصبح نصف القطر (R) للبلورية شبه الموصلة مساويا او اصغر من نصف قطر بور الطبيعي للـ Exciton (مستوى طاقة المقيد للإلكترون أو فجوة) يبدأ تأثير الحجز الكمي (Quantum confinement)، ويمكن حساب نصف قطر بور للمواد من خلال العلاقة الآتية [7]:

$$\alpha_0 = \frac{4\pi\epsilon_0\epsilon_r\hbar^2}{e^2} \left[\frac{1}{m_e^*} + \frac{1}{m_h^*} \right] \dots \dots (1)$$

حيث ان: ϵ_0 و ϵ_r السماحية الكهربائية للفراغ والمادة الشبه موصلة على التوالي، e شحنة الالكترون، m_e^* الكتلة الفعالة (Effective mass) للإلكترون و m_h^* الكتلة الفعالة للثقب (الفجوة). يعد نموذج بورس (Brus model) او ما يعرف بنموذج تقريب الكتلة الفعالة (EMA) احد اكثر النماذج النظرية التي تستخدم لفهم اعتماد قيمة فجوة الطاقة في النقاط الكمومية لأشباه الموصلات على حجم الجسم، ووفق هذا النموذج فان قيمة التغير في فجوة الطاقة للنقاط الكمومية (ΔE_g) يعطى بمعادلة Brus بالصيغة التالية [8]:

$$\Delta E_g = \frac{\hbar^2 \pi^2}{2R^2} \left[\frac{1}{m_e^*} + \frac{1}{m_h^*} \right] - \frac{1.786 e^2}{\epsilon_r R} - \frac{0.124 e^4}{h^2 \epsilon^2} \left[\frac{1}{m_e^*} + \frac{1}{m_h^*} \right]^{-1} \dots \dots (2)$$

$$\begin{bmatrix} B \\ C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} +\cos\delta & i\sin\delta/\eta_1 \\ i\eta_1\sin\delta & \cos\delta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ \eta_{sub} \end{bmatrix} \dots (10)$$

حيث ان (B,C) تمثل عناصر المصفوفة والتي تمثل المجال الكهربائي والمغناطيسي، وتمثل η_1 السماحية البصرية للغشاء، و η_{sub} السماحية البصرية للأساس، اما δ فتتمثل سمك الطور (Phase thickness) ويعطى بالعلاقة التالية:

$$\delta = 2\pi n_1 d_1 \cos\theta_1 / \lambda$$

من خلال المعادلة (10) يمكن توفير كل المعلومات المطلوبة لإيجاد قيمة السماحية البصرية الداخلة لنظام يتكون من غشاء رقيق مفرد مرسب على سطح مادة اساس، وبالتالي ايجاد قيمة الانعكاسية للنظام من خلال المعادلة (9).

3.2. معامل الانكسار - Refractive index (n)

يتم تحديد الخصائص البصرية للمادة بشكل كامل من خلال معامل الانكسار الخاص بها، ويعطى لوسط ما من خلال العلاقة التالية:

$$n = \frac{c}{v} \dots \dots \dots (11)$$

تمثل c سرعة الضوء في الفراغ ($3 \times 10^8 \text{ m/sec}$)، v سرعة الضوء في الوسط.

في الوسط المتجانسة موحد الخواص تكون قيمة معامل الانكسار واحدة لأي نقطة في جميع الاتجاهات وللاستقطابين العمودي والاقصي [15].

يرتبط معامل الانكسار في المواد شبه الموصلة ارتباطاً وثيقاً بفجوة الطاقة E_g ، وقد بذلت محاولات عديدة لإيجاد صيغ رياضية تربط معامل الانكسار بفجوة الطاقة، كالعلاقات البسيطة الآتية [16].

$$n = \alpha + \beta E_g \dots \dots \dots (12)$$

حيث ان: $(\alpha = 4.048)$ و $(\beta = -0.62 \text{ eV}^{-1})$.

تعد هذه المعادلة مستقلة عن درجة الحرارة، ونلاحظ من خلالها ان قيمة معامل الانكسار تقل بزيادة فجوة الطاقة، وبالرجوع الى المعادلة (4) يمكننا القول ان معامل انكسار للنقاط الكمومية يتناقص مع تناقص الحجم.

كما جرى اقتراح العلاقة التجريبية الآتية [17]:

$$n = 1 + \sqrt{\left(\frac{A}{E_g + B}\right)^2} \dots \dots \dots (13)$$

اذ ان: $(A = 13.6 \text{ eV})$, $(B = 3.4 \text{ eV})$.

اما في حالة السقوط المائل وبسبب تأثير ظاهرة الاستقطاب تتفصل السماحية البصرية للوسط الواحد الى جزئين هما السماحية البصرية للاستقطاب الموازي (η_p) والسماحية البصرية للاستقطاب العمودي (η_s)، وتعطى بالصيغ التالية [11]:

$$\eta_p = n / \cos\theta \dots \dots \dots (7)$$

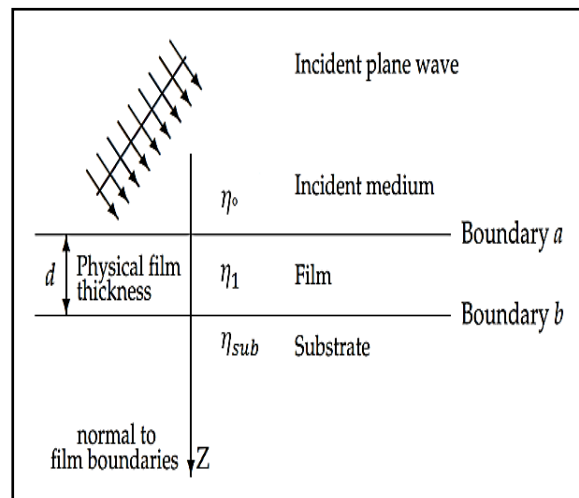
$$\eta_s = n \cos\theta \dots \dots \dots (8)$$

عند سقوط اشعة كهرومغناطيسية على حد يفصل بين سطحين مختلفين في الخصائص البصرية فان قيمة الانعكاسية R في الشعاع الساقط تعطى بالصيغة التالية:

$$R = \left(\frac{\eta_o - \eta_1}{\eta_o + \eta_1}\right)^2 \dots \dots \dots (9)$$

اذ ان: η_o و η_1 تمثل السماحية البصرية لوسطي السقوط والنفوذ على التوالي.

اما عند سقوط اشعة كهرومغناطيسية على غشاء رقيق مفرد مكون من حدين فاصلين مرسب على مادة اساس كما في الشكل (1):



الشكل (1) موجة مستوية ساقطة على غشاء رقيق [12]

فان السماحية البصرية للمنظومة في حالة السقوط العمودي والمائل ولأي من الاستقطابين يمكن تحديدها من خلال معادلة المصفوفة المميزة (Characteristic Matrix) [13] والتي تربط بين المركبات المماسية (Tangential Components) المستمرة للمجالين الكهربائي والمغناطيسي الساقطة على المنظومة والخارجة منها، وتعطى بالصيغة التالية [14].

(45°) لقياس قيم الانعكاسية عندها كونها الاكثر اهمية, من خلال الاشكال من (3) الى (6) يمكن ملاحظة تغير انعكاسية الـ ZnO دالة للتغير في حجم الجسيم وفجوة الطاقة ومعامل الانكسار, فيمكن ملاحظة التزايد في انحدار منحني الانعكاسية عندما يصبح حجم الجسيم للمادة مساوي او اصغر من نصف قطر بور للـ Exciton (α_B), وذلك نتيجة لزيادة تأثير الحجز الكمي, حيث نحصل على اقل قيمة لانعكاسية ZnO بمقدار ($R=0.0664\%$) في حالة السقوط العمودي و ($R_p=0.0006\%$) وعند زاوية سقوط (45°) عندما يكون حجم الجسيم ($P_s=2.4 \text{ nm}$). ان هذا الانخفاض في انعكاسية الـ ZnO يمكن استخدامه في انتاج سطوح غير مطلية مضادة للانعكاس.

3.3. التصميم المقترح للطلاء (Nano ZnO) على اساس من (Al_2O_3):

في البدء تم دراسة الانعكاسية للمادة الأساس (Al_2O_3) معامل الانكسار لها ($n_{sub}=1.76$) والتي أظهرت أن انعكاسية اوكسيد الالمنيوم هي (7.58%) وكما موضح بالشكل (7), ثم قمنا ببناء تصميم الطلاء لحالة السقوط العمودي والمائل عند زاوية سقوط 45°, اذ قمنا بإضافة طبقة واحدة من ZnO (ذات سمك ربع طول موجة التصميم) مع الاخذ بنظر الاعتبار تغير حجم الجسيم للطلاء ($L = 0.25\lambda_0$) من (2.4-40 nm) ودراسة تأثير اضافة الطلاء وتغير حجم الجسيم له على الخصائص البصرية للمنظومة,

توضح الاشكال من (8) الى (10), تغير الخصائص البصرية عند طول موجة التصميم ($\lambda_0 = 350 \text{ nm}$) للتصميم ($Air/Nano \text{ ZnO}/Al_2O_3$), اذ يمكن ملاحظة ان التصميم يظهر عند حجم الجسيم لمادة الطلاء (20-40 nm), انعكاسية بمقدار ($R=15\%$) تقريباً, وذلك لان المادة الطلاء عند هذا الحجم تمتلك معامل انكسار يقترب من (2) وهو معامل انكسار المادة بحجمها البلوري الطبيعي ($Bulk \text{ ZnO}$), ويظهر التناقص في انعكاسية التصميم عند حجم اصغر من (10 nm) وهذا يكون بسبب تناقص معامل انكسار الطلاء والذي ينتج بسبب تزايد تأثير الحجز الكمي عند حجم يقترب من نصف قطر بور للمادة, الان ان هذا التأثير يظهر بشكل كبير عندما يصبح حجم الجسيم للمادة مساوياً او اصغر من نصف قطر بور, فينخفض معامل انكسار

ويمكن ايضا ربط معامل الانكسار بفجوة الطاقة من خلال الصيغة الرياضية الاتية:

$$n^2 - 1 = \frac{A}{(E_g + B)^2} \quad \dots \dots (14)$$

اذ ان: ($A=25E_g+212$), ($B=0.21E_g+4.25$).

2. الجزء العملي (Experimental Part):

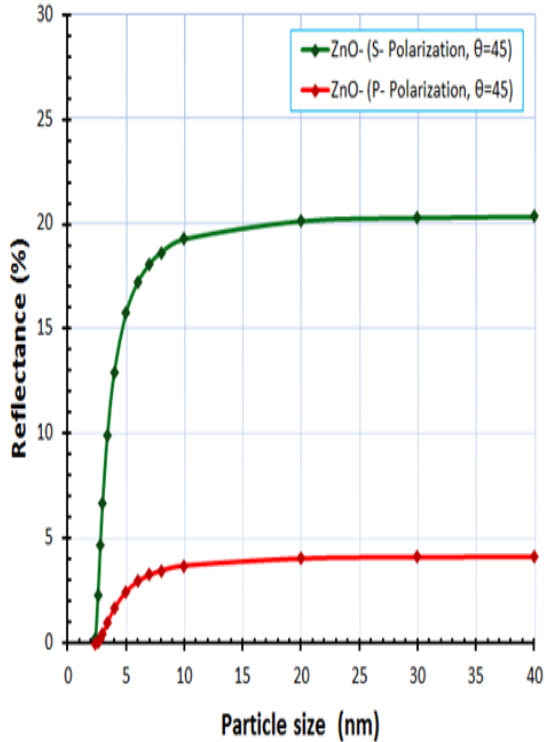
تم في هذه الدراسة تصميم برنامج حاسوبي بلغة (MATLAB) النسخة 7.11.0, ومن خلال هذا البرنامج تم تقدير حجم الجسيم لمادة ZnO بالقيم (2.4, 2.6, 2.8, 3, 3.4, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 20, 30, 40) nm وقياس فجوة الطاقة ومعامل الانكسار والانعكاسية كدالة لتغير حجم الجسيم, كما تم من خلال هذا البرنامج تصميم وتحسين طلاء بصري مضادة للانعكاس من مادة ZnO بسمك ربع طول موجة التصميم ($\lambda_0 = 350 \text{ nm}$) بالاعتماد على تغير حجم الجسيم للـ ZnO, على اساس من مادة Al_2O_3 التي تستخدم كأساس في صناعة الكواشف البصرية, ضمن المدى (300-400 nm) من الطول الموجي للظيف الكهرومغناطيسي.

1.3. فجوة الطاقة ومعامل انكسار ZnO دالة للتغير في حجم الجسيم (Ps):

تم دراسة فجوة الطاقة E_g ومعامل الانكسار n لمادة ZnO كدالة لتغير حجم الجسيم ($P_s=2R$) [18], وقد اظهرت الدراسة ان تناقص حجم الجسيم عن الحجم الطبيعي (Bulk Size) يؤدي الى تغير قيمتي فجوة الطاقة ومعامل انكسار, اذ تزداد قيمة فجوة الطاقة وتتناقص قيمة معامل الانكسار, ويكون هذا التغير قليل جدا حتى يصبح حجم الجسيم للمادة مساوياً او اصغر من نصف قطر بور للـ Exciton ($\alpha_B = 2.34$), حيث تبدأ عندها قيمة التغير في هذه الخصائص بالازدياد بشكل ملحوظ مع تناقص حجم الجسيم وذلك نتيجة لزيادة تأثير الحجز الكمي. الشكل (1) يوضح تغير قيمتي E_g و n دالة لتغير حجم الجسيم لمادة ZnO.

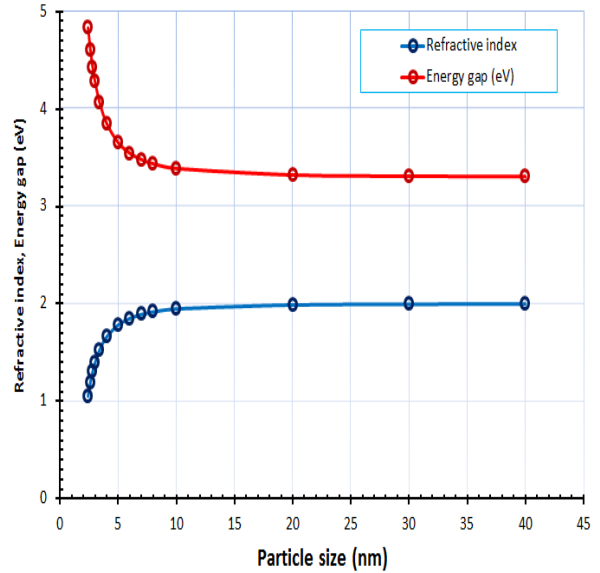
2.3. انعكاسية ZnO دالة للتغير في حجم الجسيم (Ps):

تم دراسة الانعكاسية الـ ZnO كدالة لحجم الجسيم, اذ اختير الهواء كوسط لسقوط الاشعة, واختيرت زاويتي السقوط ($\theta_0 = 0^\circ$) و ($\theta_0 =$)

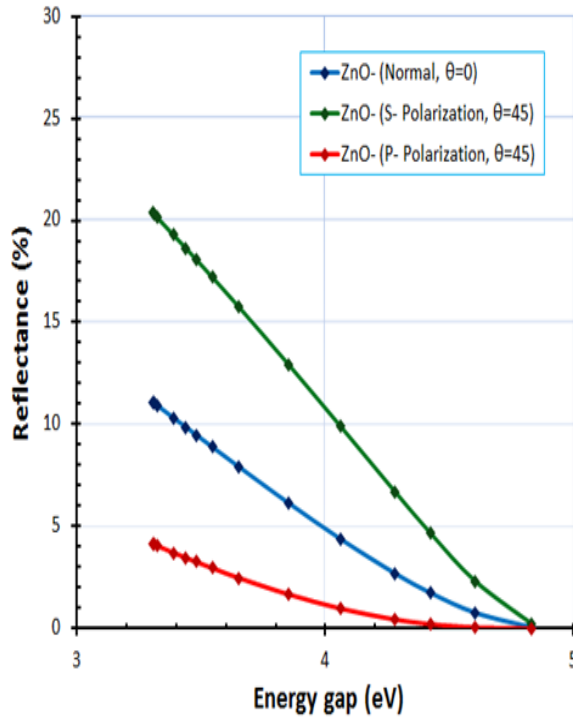


شكل (4) تغير انعكاسية ZnO دالة للتغير في حجم الجسيم عند زاوية سقوط 45° .

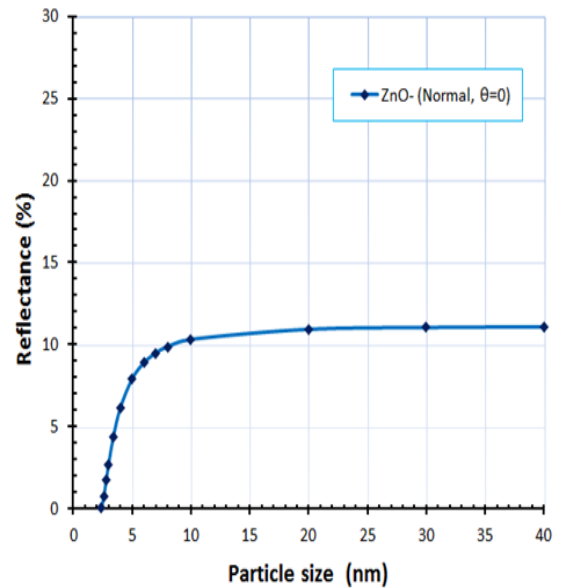
الطلاء بشكل اكبر لنحصل على اقل قيمة لانعكاسية التصميم عند حجم يساوي (2.8 nm). ومع تناقص حجم الجسيم اصغر من (2.8 nm) فان معامل انكسار الطلاء ينخفض ايضا فيقل تأثيره على انعكاسية القاعدة بصوره تدريجية وهذا ما يسبب عودة انعكاسية التصميم للارتفاع من جديد.



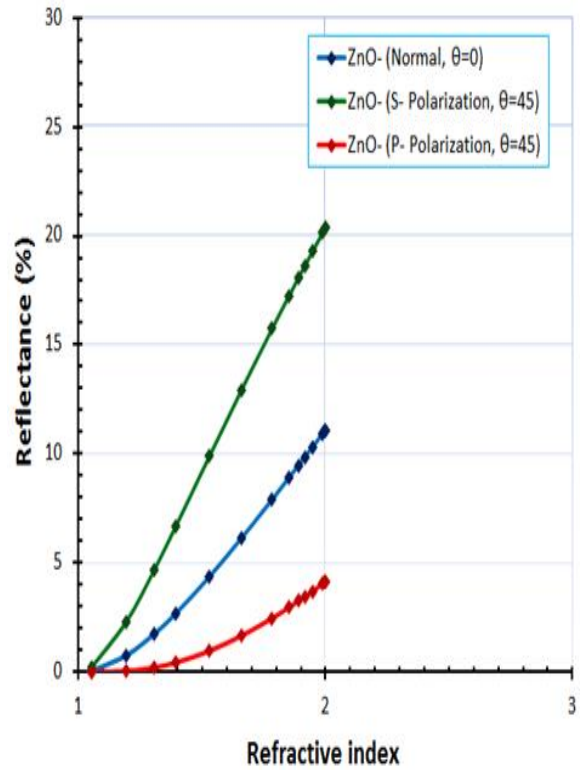
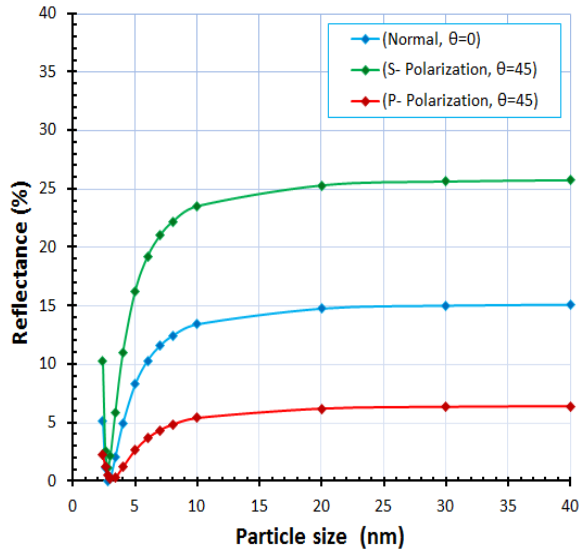
شكل (2) تغير معامل انكسار وفجوة طاقة ZnO دالة للتغير في حجم الجسيم.



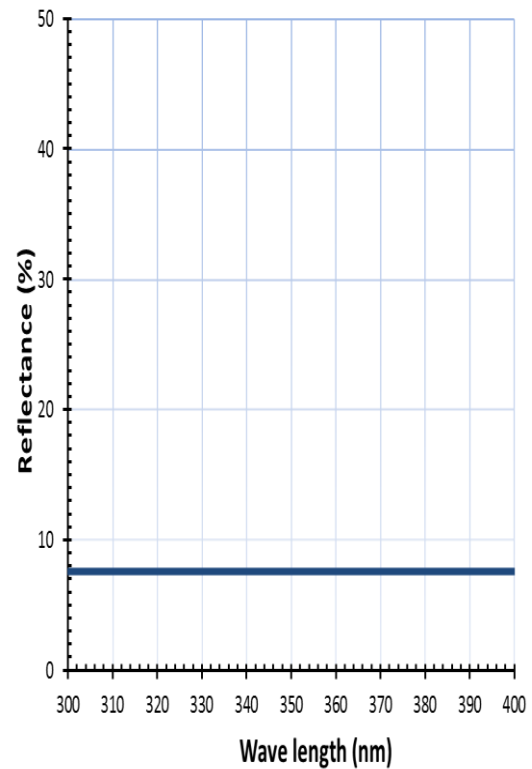
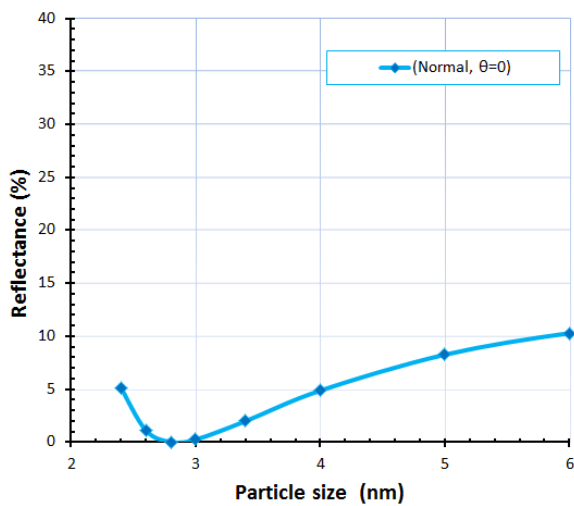
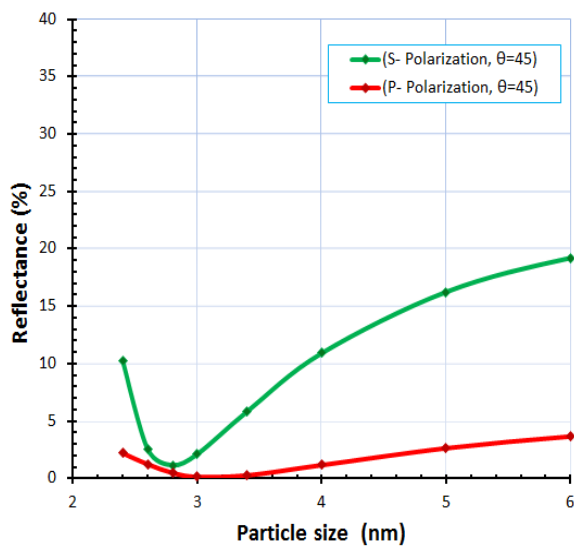
شكل (5) تغير انعكاسية ZnO دالة للتغير في فجوة الطاقة لحالة السقوط العمودي والمائل عند 45° .



شكل (3) تغير انعكاسية ZnO دالة للتغير في حجم الجسيم في حالة السقوط العمودي.



شكل (6) تغير انعكاسية ZnO دالة للتغير في معامل الانكسار لحالة السقوط العمودي والمائل عند 45° .



شكل (7) الانعكاسية دالة للطول الموجي لأوكسيد الألمنيوم ولحالة السقوط العمودي من الهواء الى أوكسيد الألمنيوم.

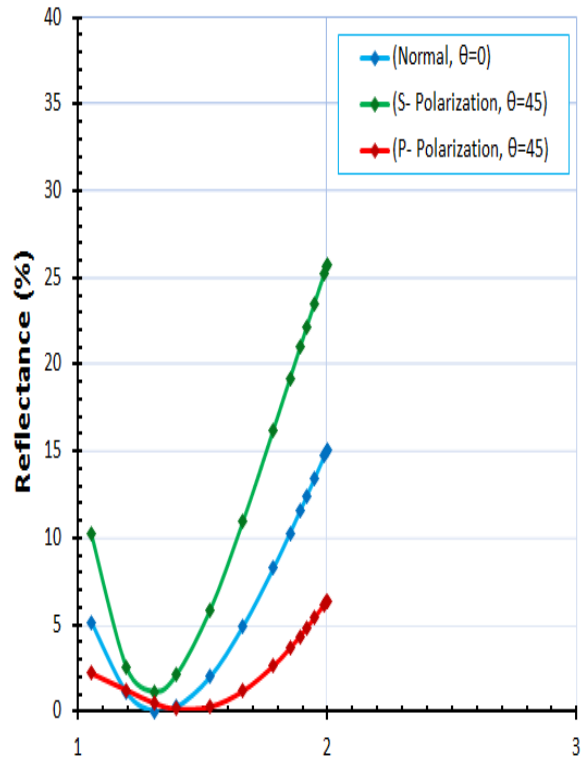
شكل (8) الانعكاسية دالة لحجم الجسيم للتصميم (Air/Nano ZnO/Al_2O_3) لحالة السقوط العمودي والمائل عند 45° , عند طول موجة التصميم $(\lambda_0=350 \text{ nm}, L=0.25\lambda_0, n_{sub}=1.76)$

يتضح من البيانات السابقة ان التصميم (Air/Nano ZnO/Al₂O₃) حقق اقل قيمة للانعكاسية عند طول موجة التصميم بقيمة (R=0.0278%) في حالة السقوط العمودي, عندما يكون حجم الجسم لمادة الطلاء (Ps=2.8 nm), لذلك يمكن اقتراحه كتصميم مضاد للانعكاس عند هذا الحجم.

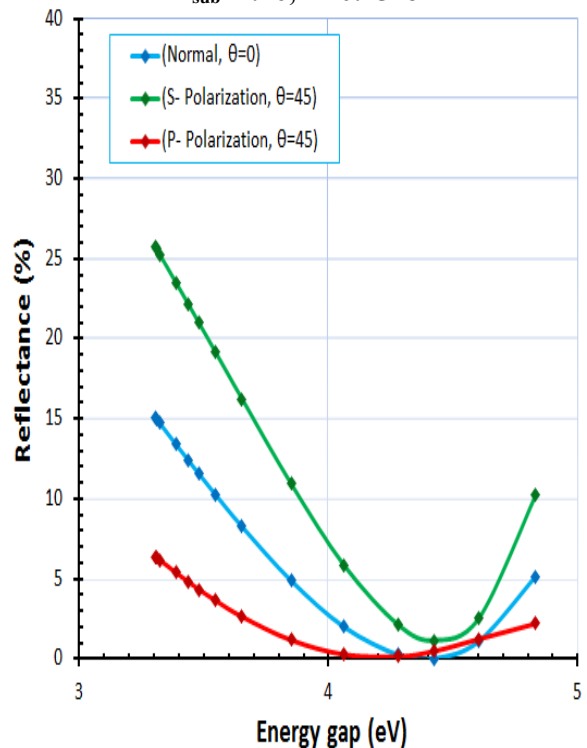
Air/Nano ZnO/Al₂O₃

(Ps=2.8 nm, L=0.25λ₀, n_{sub}=1.76, λ₀=350 nm)

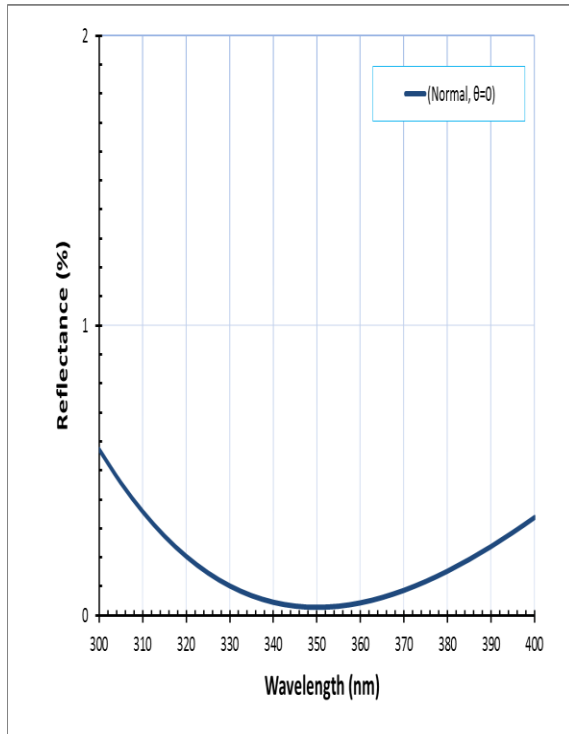
توضح الاشكال من (11) الى (17) تأثير تغير زاوية السقوط (0-75°) في قيم الانعكاسية للتصميم المضاد للانعكاس ضمن الطول الموجي (300-400 nm). عند زاوية السقوط (0-5°) يكون الاستقطاب في الموجات المنعكسة قليل جدا ولا يمكن التمييز بين نمطي الاستقطاب (P,S), وذلك لان التغير في قيمة السماحية البصرية للتصميم تعتمد على زاوية السقوط لذلك يكون قيمة التغير في انعكاسية الاستقطابين قليلة جدا. الا انه مع زيادة زاوية السقوط فان التأثير يكون اكبر اذ تتفصل انعكاسية الاستقطابين فيمكن التمييز بينهما, عند طول موجة التصميم ولزاوية سقوط (15°) نلاحظ ان قيمة R_s تبقى ثابتة تقريبا بينما تزداد قيمة R_p بشكل طفيف جدا, اما عند زاوية سقوط (30°) يمكن ملاحظة ان قيم R_p و R_s متساوية تقريبا, اما عند زاوية السقوط اكبر من (30°) فان R_p و R_s تزداد بشكل واضح مع ملاحظة ان الزيادة في قيمة R_s تكون اكبر من R_p, كما نلاحظ أن هناك إزاحة جانبية للطول الموجي المركزي نحو الاطوال الموجية القصيرة وذلك بسبب التغير الحاصل في سمك البصري للطبقة الطلاء في حالة السقوط المائل، والذي بدوره يعتمد على معامل الانكسار الفعال الذي يتغير بتغير زوايا السقوط ونمط الاستقطاب، فعندما تزداد زاوية السقوط، يبدو الغشاء بسمك بصري اقل, لذلك فان الطول الموجي الذي تحقق قيمة سمك الغشاء ربعة ينتقل نحو اطوال موجية اقصر من طول موجة التصميم (λ₀) [19]. والجدول (1) يوضح تأثير تغير زوايا السقوط على قيم الانعكاسية.



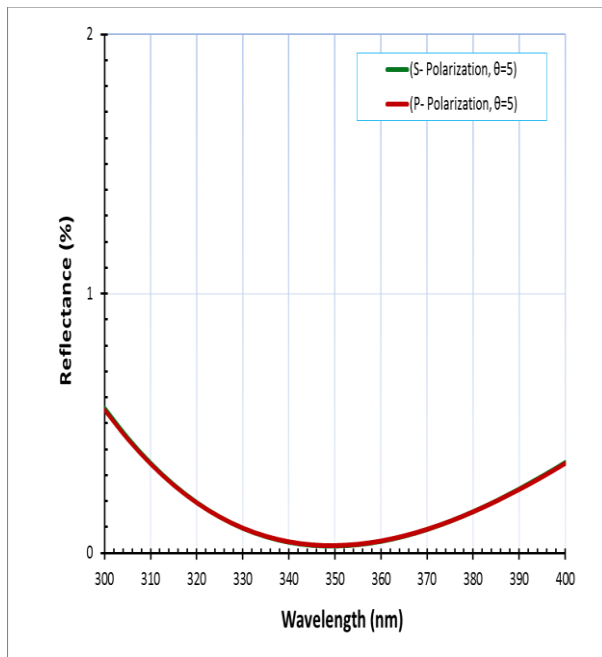
شكل (9) الانعكاسية دالة لمعامل انكسار الطلاء للتصميم (Air/Nano ZnO/Al₂O₃) عند طول موجة التصميم (λ₀=350 nm), n_{sub}=1.76, L=0.25λ₀



شكل (10) الانعكاسية دالة لفجوة طاقة الطلاء للتصميم (Air/Nano ZnO/Al₂O₃) عند طول موجة التصميم (λ₀=350 nm), n_{sub}=1.76, L=0.25λ₀



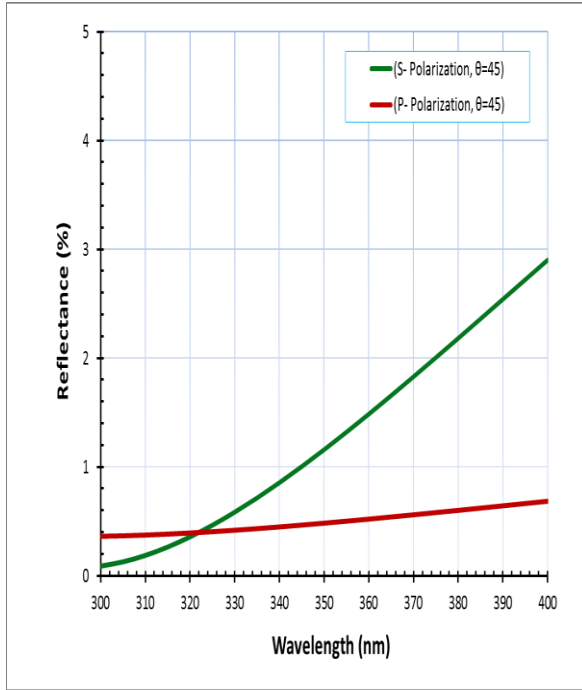
شكل (11) الانعكاسية دالة للطول الموجي للتصميم Air/Nano ZnO/Al₂O₃ ولزاوية سقوط $(\theta_0 = 0^\circ)$,
Ps = 2.8 nm, L = 0.25λ₀, n_{sub}=1.76, λ₀=350 nm



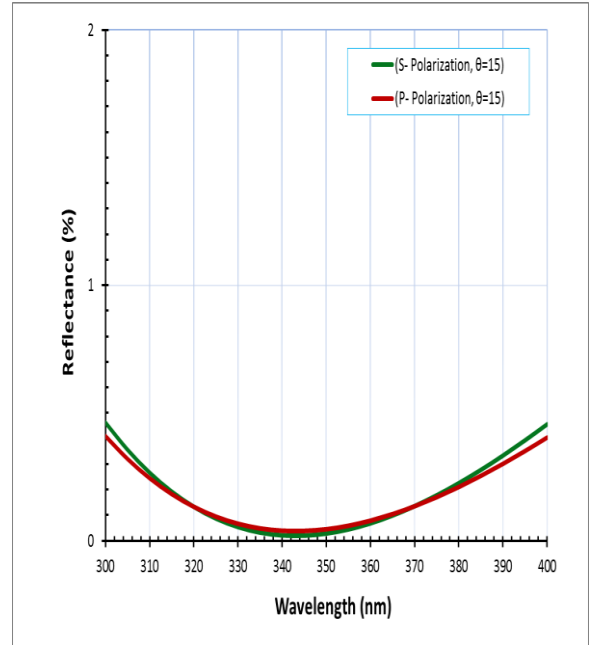
شكل (12) الانعكاسية دالة للطول الموجي للتصميم Air/Nano ZnO/Al₂O₃ ولزاوية سقوط $(\theta_0 = 5^\circ)$,
Ps = 2.8 nm, L = 0.25λ₀, n_{sub}=1.76, λ₀=350 nm

جدول (1) تأثير تغير زاويا السقوط على التصميم (Air/Nano (ZnO/Al₂O₃), عند (Ps=2.8 nm)

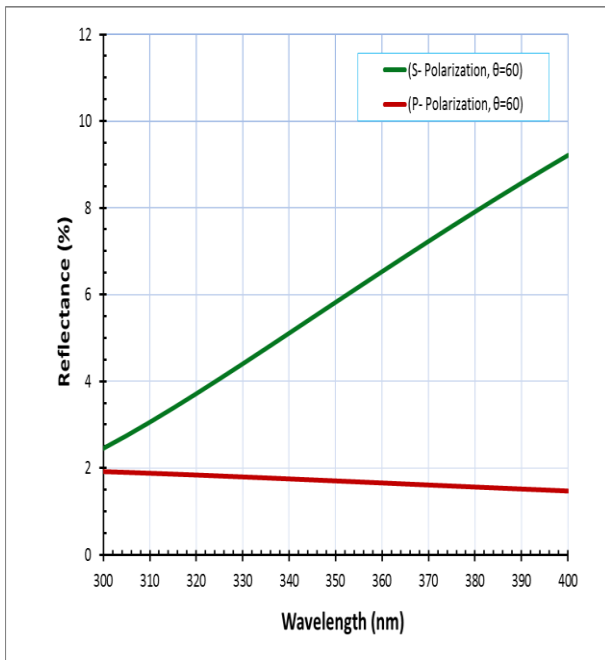
الانعكاسية R % للتصميم (Air/Bulk ZnO/Al ₂ O ₃) عند طول موجة التصميم (λ ₀ =350 nm)	أقل انعكاسية R % لنمط الاستقطاب		الانعكاسية R % لنمط الاستقطاب عند طول موجة التصميم (λ ₀ =350 nm)		زاوية السقوط (θ ₀ deg.) التسلسل
	P-	S-	P-	S-	
15.1235	15.1235	0.0278	0.0278	0.0278	0
15.0199	15.2272	0.0287 at (λ ₀ =349 nm)	0.0269 at (λ ₀ =349 nm)	0.0289	5
14.1844	16.0792	0.0376 at (λ ₀ =343 nm)	0.0194 at (λ ₀ =343 nm)	0.0449	15
11.2888	19.2654	0.091 at (λ ₀ =323 nm)	0.001 at (λ ₀ =323 nm)	0.1681	30
6.4239	25.7854	0.3622 at (λ ₀ =300 nm)	0.088 at (λ ₀ =300 nm)	0.483	45
0.94	38.0051	1.47 at (λ ₀ =400 nm)	2.453 at (λ ₀ =300 nm)	1.702	60
4.929	60.3612	11.79 at (λ ₀ =400 nm)	18.11 at (λ ₀ =300 nm)	12.3532	75
				24.9004	



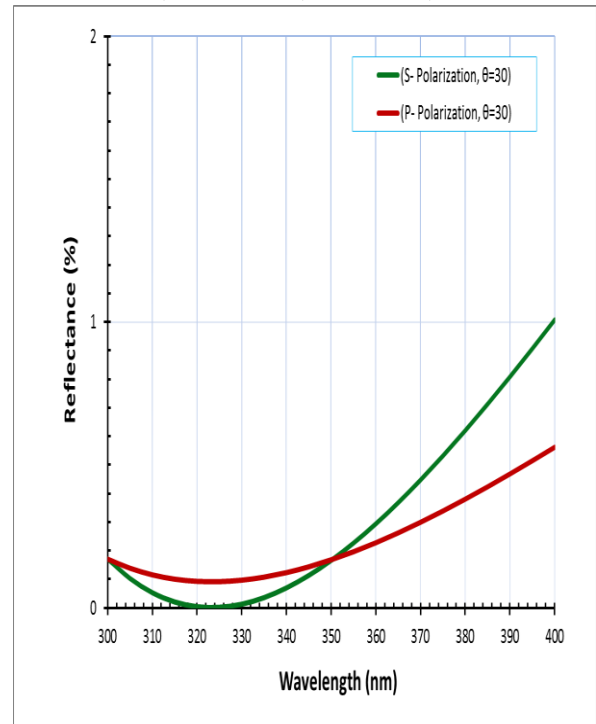
شكل (15) الانعكاسية دالة للطول الموجي للتصميم Air/Nano ZnO/Al₂O₃ ولزاوية سقوط $(\theta_0 = 45^\circ)$,
Ps =2.8 nm, L= 0.25 λ_0 , n_{sub}=1.76, λ_0 =350 nm



شكل (13) الانعكاسية دالة للطول الموجي للتصميم Air/Nano ZnO/Al₂O₃ ولزاوية سقوط $(\theta_0 = 15^\circ)$,
Ps =2.8 nm, L= 0.25 λ_0 , n_{sub}=1.76, λ_0 =350 nm



شكل (16) الانعكاسية دالة للطول الموجي للتصميم Air/Nano ZnO/Al₂O₃ ولزاوية سقوط $(\theta_0 = 60^\circ)$,
Ps =2.8 nm, L= 0.25 λ_0 , n_{sub}=1.76, λ_0 =350 nm



شكل (14) الانعكاسية دالة للطول الموجي للتصميم Air/Nano ZnO/Al₂O₃ ولزاوية سقوط $(\theta_0 = 30^\circ)$,
Ps =2.8 nm, L= 0.25 λ_0 , n_{sub}=1.76, λ_0 =350 nm

عندما يكون حجم الجسيم لمادة الطلاء ($\text{Ps}=2.8 \text{ nm}$). ان هذه الخصائص يمكن استخدامها في انتاج كواشف بصرية ذات كفاءته عالية.

المصادر

[1] Y.W. Heo, D.P. Norton, L.C. Tien, Y. Kwon, B.S. Kang, F. Ren, S.J. Pearton, J.R. Laroche, "ZnO nanowire growth and devices", Materials Science and Engineering R, No. 47, pp. 1-47, (2004).

[2] Wisam J. Aziz, "Fabricating and characterizing of ZnO nanostructure solar cells" Journal of Kerbala University, Vol. 11, No. 4, pp. 287-292, (2013).

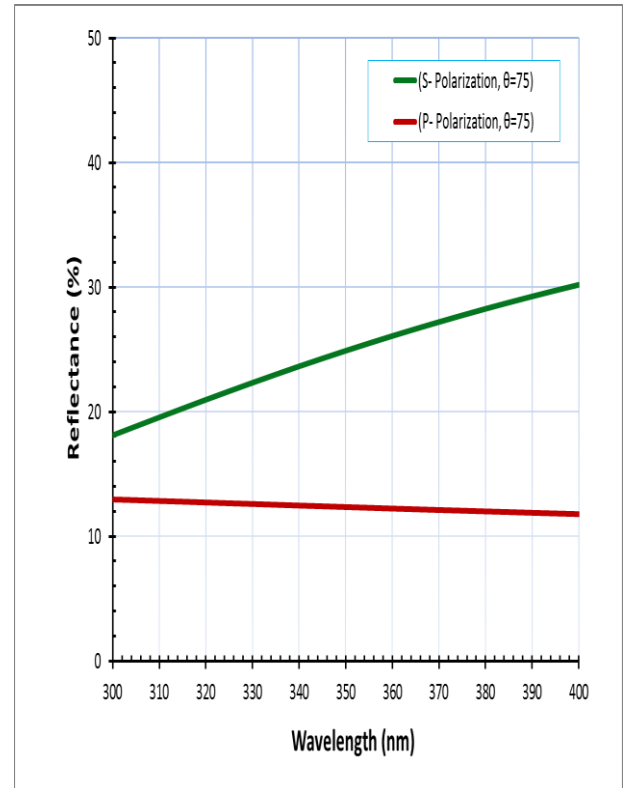
[3] Ulrike Woggon, (1997) "Optical Properties of Semiconductor Quantum Dots" ISBN: 9783540609063, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Germany.

[4] L. Banyai, S. W. Koch, (1993) "Semiconductor Quantum Dots" ISBN: 9789810213909, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

[5] علي سكاف, (2011) "المدخل الى الالكترونيات النانوية علم وهندسة", سلسلة كتب التقنيات: ISBN: 9789953824437 (وتطبيقات) الاستراتيجية والمتقدمة, المنظمة العربية للترجمة.

[6] Guozhong Cao, (2004) "Nanostructures and Nanomaterials: Synthesis, Properties, and Applications" ISBN: 9781783260881, Imperial College Press.

[7] B. Bhattacharjee, D. Ganguli, K. Iakoubovskii, A. Stesmans and S. Chaudhuri, "Synthesis and characterization of sol-gel derived ZnS:Mn²⁺ nanocrystallites embedded in a silica matrix" Indian



شكل (17) الانعكاسية دالة للطول الموجي للتصميم Air/Nano ZnO/Al₂O₃ ولزاوية سقوط ($\theta_0 = 75^\circ$), $\text{Ps} = 2.8 \text{ nm}$, $L = 0.25\lambda_0$, $n_{\text{sub}} = 1.76$, $\lambda_0 = 350 \text{ nm}$

3. الاستنتاجات (Conclusions):

يمكن التحكم في الخصائص البصرية لمادة اوكسيد الزنك من خلال التحكم في حجم الجسيم, لذلك فانه يمكن الحصول على طلاءات بصرية نانوية مفردة مضادة للانعكاس من خلال السيطرة على حجم الجسيم للطلاء, فعند تصميم طلاء بصري مضادة للانعكاس ضمن الطول الموجي (300-400 nm) من الأشعة فوق البنفسجية باستخدام من مادة ZnO النانوية على اساس من Al₂O₃ يعطي كفاءة عالية مقارنة بطلاء من بمادة ZnO عند حجم الجسيم الاعتيادي, حيث تم الحصول على اقل قيمة في الانعكاسية لطبقة من ZnO بسمك ربع طول موجة التصميم بمقدار (0.0278%) لحالة السقوط العمودي عند طول موجة التصميم

- [14] H. Angus Macleod, (2010) "Thin-Film Optical Filters" Fourth Edition ISBN: 9781420073027, CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC.
- [15] Massimiliano Di Ventra, Stephane Evoy, James R. Heflin, Jr., (2004) "Introduction to Nanoscale Science and Technology" ISBN: 9781402077579, Springer Science and Business Media, Inc.
- [16] Asmiet Ramizy, Z. Hassan, Khalid Omar, Y. Al-Douri, M.A. Mahdi "New optical features to enhance solar cell performance based on porous silicon surfaces" Applied Surface Science, Vol. 257, No. 14, pp. 6112-6117, (2011).
- [17] D.K. Ghosh, L.K. Samanta, G.C. Bhar, "A simple model for evaluation of refractive indices of some binary and ternary mixed crystals", Infrared Phys. No. 1, pp. 43-47, (1984).
- [18] M.A. Mahdi, Z. Hassan, S.S. Ng, J.J. Hassan, S.K. Mohd Bakhori, "Structural and optical properties of nanocrystalline CdS thin films prepared using microwave-assisted chemical bath deposition" Thin Solid Films, pp. 3477-3484, 2012.
- [19] James D. Rancourt, (1996) "Optical Thin Films: User Handbook" ISBN: 9780819422859, SPIE Press
- Academy of Sciences, Vol. 25, No. 3, pp. 175-180, (2002).
- [8] Shashank Sharma, Ravi Sharma, "Study on the optical properties of MN doped ZnS nanocrystals" International Scientific Journal (ISJ), Vol. 2, No. 1, pp. 120-130, (2015).
- [9] Z. L. Wang, Yi Liu, Ze Zhang, (2003) "Handbook of nanophase and nanostructured materials, Volume II" ISBN: 9780306472497, Kluwer Academic Plenum.
- [10] J.J. Zhong; A.R.L. Travis; F.P. Payne and J.R. Moore, "The Antireflection Coating for a Wedge Flat Panel Projection Display", Convention Centre, San Jose, California, pp.914-917, (2001).
- [11] Michael Bass, (1995) "Handbook of Optics: Fundamentals, techniques, and design" Second Edition, ISBN: 9780070477407, McGraw-Hill Education.
- [12] Yusuf Simsek, (2008) "Development of Software for Calculations of The Reflectance, Transmittance and Absorbance of Multilayered Thin Films" M.Sc. Thesis, Middle East Technical University, Turkey.
- [13] Alaa j. Ghazai, (2008) "Design and manufacture (He-Ne) laser windows multiplayer antireflection coating" J.Thi-Qar Sci., Vol. 1, No. 2, pp. 79-86, (2008).

Optical Properties Dependence of ZnO on Particle Size and Use in Design and Optimization of Antireflection Coating Performance for UV Spectrum

Asemat R. Abdul-Gaffor Bashar M. Salih

Abstract:

In this study, the energy gap and refractive indexes of ZnO with the change of the nanoparticle size, and put design theory for single-layer Antireflection coatings at a quarter wave thickness at λ_o in the UV spectrum range of 300-400 nm, when particle size is in the range of 2.4–40 nm. Aluminum oxide (Al_2O_3) have been selected as substrate. MATLAB language programs with version of 7.11.0 were used to describe the reflectance as a function of particle size, refractive indexes, energy gap and the wavelength at normal and oblique incidence which are depending on Brus model and Characteristic Matrix theory as a basic theory. The coating design (Air/Nano ZnO/Si) by was obtained at a lower value of (0.0278%) at the incident angle of 0° with wavelength of 350 nm and particle size of ($Ps=2.8$ nm).