

Metal Oxide (Quantum Dots) for Gas Sensor Application

أوكسيد المعدن النقطي الكمي في تطبيق المتحسس الغازي

مروة عبد المحسن حسن^{1*}، اسماء هادي محمد¹، وهب باسم مهدي¹، احسان صلاح حسن¹، امانى عبد الله كميل¹، ايمان محي
علوان^{*}، نزار خلف محان¹

¹الجامعة المستنصرية، كلية العلوم، قسم الفيزياء، بغداد، العراق.

marwamedicalphysics@gmail.com

Abstract

The research included the preparation of zinc oxide (Quantum Dots) with a diameter of 4.33-6.37 nm as indicated in the results of transmission electron (HRTEM) microscopy at different points of the colloidal (ZnO Q.Ds) produced using Iraqi materials and simple conventional devices available in the local market. . The manufacturing process was carried out by a simple chemical process by adding 0.4 g of crystallized zinc acetate to 100 ml of isopropyl alcohol C₃H₉O with constant stirring for a period of 30 minutes under the influence of 70 oC temperature. The effect of adding sodium sulphide (Na₂S) has been studied where the weight (0.15 grams) was added to the previous solution prepared within the above paragraph and then added 10 ml of TEA under the effect of constant stirring using a magnetic mixer for five hours . Then a white colloidal ZnO was obtained and separated using a 6000 rpm centrifuge for only one hour. The product was washed with distilled water and methanol and dried in a vacuum oven for 7 hours at a drying temperature of 50 oC. The results of the synthesis properties of zinc oxidized colloidal quantum dots by X-ray diffraction study showed that zinc oxide granules were centered towards (102), (110), (103), (200), (112), (201), (101), (100) and (002). The sensitivity results showed high efficiency of gas sensing under lighting effect.

Keywords: zinc oxide, quantum dot metal, gas sensor

الخلاصة

تضمن البحث تحضير أوكسيد الخارصين (Quantum Dots) بقطر يتراوح بين 4.33-6.37 nm كما مبين في نتائج فحص Transmission electron (HRTEM) microscopy عند نقاط مختلفة من الناتج المحضر colloidal(ZnO Q.Ds) باستخدام مواد عراقية و اجهزه تقليدية بسيطة متوفرة في السوق المحلية. تمت عملية التصنيع من خلال اجراء عملية كيميائية بسيطة باضافة 0.4 غرام من خلات الخارصين المتبلورة الى 100 ml من isopropyl alcohol C₃H₉O مع التحريك المستمر ولفترة زمنية مقدارها 30 دقيقة تحت تأثير درجة حرارة 70 °C. تم دراسة تأثير اضافة كبريتيد الصوديوم Sodium sulphide (Na₂S) حيث تمت اضافة وزن (0.15) غرام للمحلول السابق المحضر ضمن الفقرة اعلاه ومن ثم تم اضافة 10 ml من TEA تحت تأثير التحريك المستمر باستخدام الخلاط المغناطيسي لمدة خمس ساعات. بعد ذلك تم الحصول على colloidal ZnO ابيض اللون يتم فصله باستخدام جهاز الطرد المركزي بسرعة 6000 rpm لمدة ساعة واحدة فقط. يغسل الناتج بالماء المقطر والميثانول ويجفف بالفرن المفرغ لمدة 7 ساعات بدرجة تجفيف 50 °C. اظهرت نتائج الخصائص التركيبية لأوكسيد الخارصين Colloidal Quantum Dots النممة من خلال دراسة حيود الاشعة السينية بان حبيبات أوكسيد الخارصين قد تمحورت باتجاه (102), (101), (112), (201), (200), (103), (110), (101), (002), (100). اظهرت نتائج التحسسية كفاءة عالية لتحسس الغاز تحت تأثير الاضاءة.

الكلمات المفتاحية: أوكسيد الخارصين، المعدن النقطي الكمي، متحسس غازي.

المقدمة

Quantum Dots: هي نقاط كمية عبارة عن أشباه موصلات تتسم خصائصها الإلكترونية بأنها شديدة القرب والارتباط بحجم وشكل البلورة المفردة وبصورة عامة، كلما تناقص حجم البلورة، كلما كبرت فجوة النطاق، وكلما تزايد فرق الطاقة فيما بين أعلى نطاق تكافؤ (حزمة تكافؤ) ، وأقل نطاق توصيل (حزمة التوصيل)، ومن ثم تكون هناك حاجة إلى المزيد من الطاقة لإثارة النقطة الكمية، وفي الوقت ذاته، تنبعث المزيد من الطاقة عند عودة البلورة لحالتها المستقرة [1-3]. فهناك ميزة رئيسة **Quantum Dots** تتمثل: في أنه بسبب القدرة العالية على الضبط المسموح بها لحجم **crystal** المُنتجة، فمن الممكن أن يكون هناك ضبط وتحكم دقيق للخصائص الإنتاجية للمادة، كما أنه يمكن تجميع **Quantum Dots** متنوعة الأحجام ضمن غشاء نانوي متدرج متعدد الطبقات بالإضافة إلى التقييد في الثلاثة أبعاد كلها، ومثال ذلك **Quantum Dots** ، فإن أشباه الموصلات المحددة والمقيدة كموميًا تشتمل على:

- **Quantum Wires** : والتي تقيد الإلكترونات أو الثقوب في بعدين مكانيين، وتسمح بالانتشار الحر في البعد الثالث.
- **Quantum Wells** : والتي تقيد الإلكترونات أو الثقوب في بعد واحد فقط وتسمح بالانتشار الحر في بعدين آخرين.

هناك العديد من الطرق لتقييد وتحديد **excitons** في أشباه الموصلات، مما يؤدي إلى وجود العديد من الطرق لإنتاج وتصنيع **Quantum Dots**. وبصورة عامة، تنمو **Quantum wires**، **Quantum wells** و **Quantum Dots**، من خلال الأساليب الفوقية المتقدمة في البلورات النانوية التي أنتجتها الطرق الكيميائية أو عملية زراعة الأيونات، أو في الأجهزة النانوية التي أنتجتها أساليب الطباعة الحجرية القائمة على الفن [3-5].

الجانب العملي

يتضمن الجانب العملي جزئين أساسيين:

الجانب الأول: تحضير أكسيد الخارصين (**Colloidal Quantum Dots**) عالي الشفافية باستخدام طريقة كيميائية بسيطة جدًا غير مكلفة.

الجانب الثاني: قياسات تتعلق بأوكسيد الخارصين المحضر للوقوف على أفضل الظروف في تحضير الأوكسيد وتشمل: الخصائص البصرية، والتركيبية، ومن ثم تحضير نبيطة مفرق هجين كمتحسس غازي عالي الكفاءة.

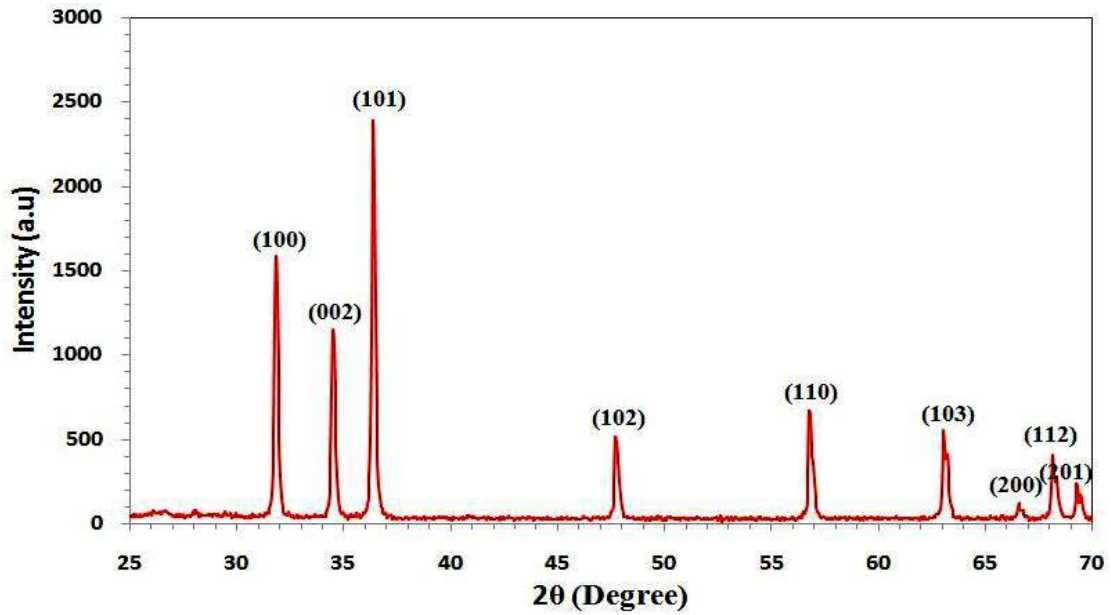
تحضير أكسيد الزنك (Colloidal Quantum Dots)

- استعمال 0.4 غرام من خلات الخارصين المتبلورة وإضافتها إلى **isopropyl alcohol C₃H₉O** 100 ml مع التحريك المستمر ولفترة زمنية مقدارها 30 دقيقة تحت تأثير حرارة 70 درجة.

- تم دراسة تأثير إضافة كبريتيد الصوديوم (sodium sulphide (Na_2S))؛ حيث تمت إضافة أوزان مختلفة (0.1, 0.15 and 0.2) غرام للمحلول السابق المحضر ضمن الفقرة اعلاه ومن ثم تم اضافة 10 ml من TEA تحت تأثير التحريك المستمر باستخدام الخلاط المغناطيسي لمدة خمس ساعات.
- بعد ذلك تم الحصول على colloidal ZnO أبيض اللون يتم فصله باستخدام جهاز الطرد المركزي بسرعة 6000 rpm لمدة ساعة واحدة فقط.
- يغسل الناتج بالماء المقطر والميثانول ويجفف بالفرن المفرغ لمدة 7 ساعات بدرجة تجفيف 50°C .
- تم ترسيب الناتج المتكون على شرائح من السليكون نوع n-type لتحضير مفرق هجين كمتحسس غازي عالي الكفاءة.

النتائج والمناقشة

أظهرت نتائج الخصائص التركيبية لأوكسيد الخارصين Colloidal Quantum Dots المنماة، وذلك من خلال دراسة حيود الأشعة السينية بأن حبيبات أوكسيد الخارصين قد تمحورت باتجاه (102), (110), (103), (200), (112), (201), (100), (002), (101) عند أفضل شروط التحضير شكل (1). وتم حساب قطر أوكسيد الخارصين النقطي الكمي بحدود تتراوح بين 4.33-6.37 nm.

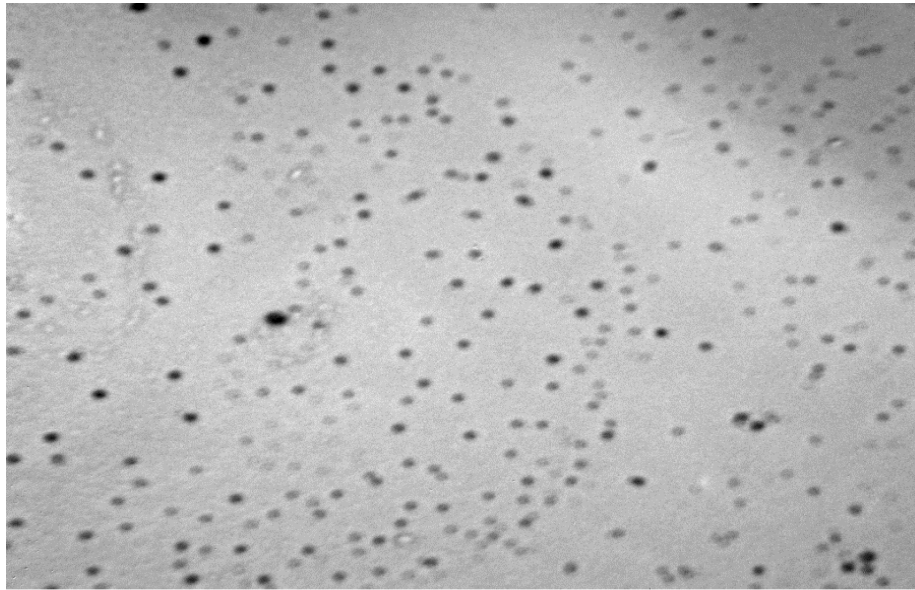


شكل رقم (1): يوضح حيود الأشعة السينية لأوكسيد الخارصين Colloidal Quantum Dots.

تم دراسة تأثير إضافة كبريتيد الصوديوم Sodium Sulphide (Na_2S) على حيود الأشعة السينية لأوكسيد الخارصين المحضر؛ حيث وجد أن شدة التبلور (intensity) تزداد مع زيادة الوزن لكبريتيد الصوديوم المضاف للمحلول وأن أفضل وزن هو 0.15 غرام.

أظهرت نتائج فحص (HRTEM) Transmission electron microscopy بأن أكسيد الخارصين (Quantum Dots) المحضر بقطر يتراوح بين 4.33-6.37 nm عند إضافة كبريتيد الصوديوم بوزن 0.15 غرام كما هو مبين في الشكل رقم (2).

إن أكسيد الخارصين (Quantum Dots) المحضر بقطر يتراوح بين 4.33-6.37 nm مما يجعله يمتلك خصائص كهربائية وبصرية جديدة، وذلك بسبب ظاهرة حدوث الحبس الكمي excitons and phonons (اتساع فجوة الطاقة، أي: الفجوة بين حزمة التوصيل وحزمة التكافؤ) داخل التركيب النانوي.

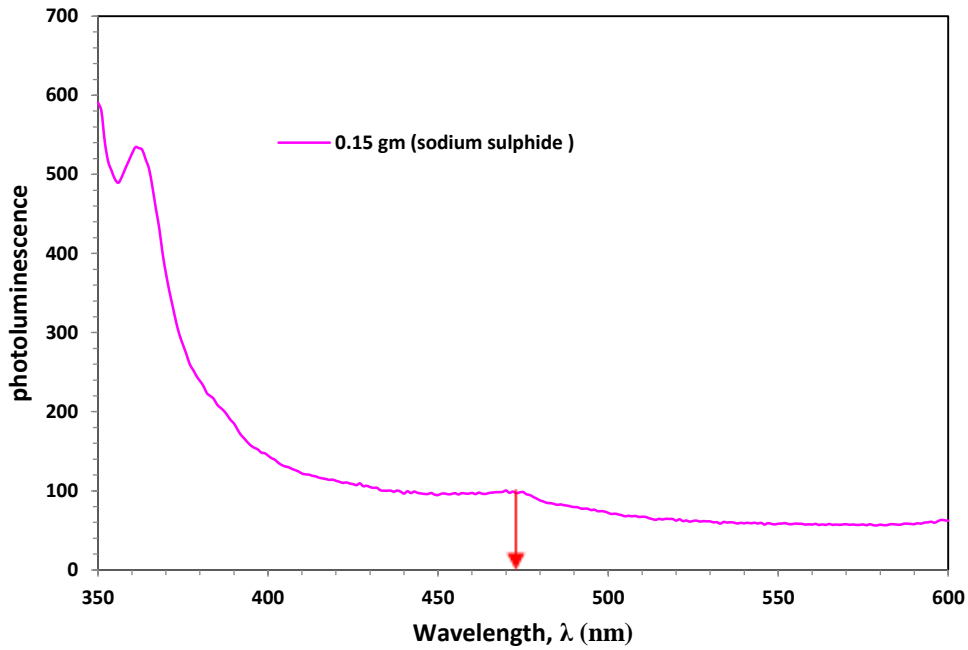


1dfb.tif
Print Mag: 99200x @ 8.0 in
15:34 07/11/13
TEM Mode: Imaging

100 nm
HV=80kV
Direct Mag: 50000x
X: 86.4 Y: -552.3 T:0.4
SATF Punjab University Chandigarh

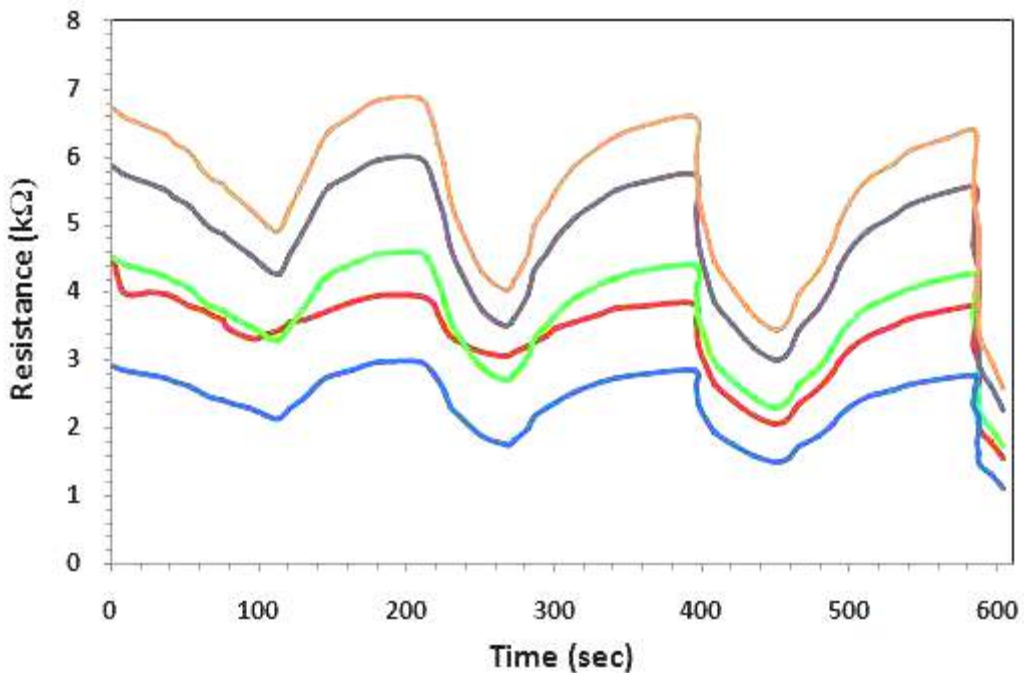
شكل رقم (2): يوضح نتيجة (HRTEM) Transmission electron microscopy لأكسيد الخارصين Colloidal Quantum Dots.

تضمنت الخصائص البصرية عند درجة حرارة الغرفة، وذلك من خلال قياس الاضاءة الضوئية Photoluminescence ؛ حيث أظهرت قيمتين، الأولى: تابعة للانبعاثات فوق البنفسجية عند طول موجي 360 nm ، والثانية: تكون عرضية تابعة للانبعاثات الخضراء عند الطول الموجي كما 475 nm كما هو مبين في الشكل رقم (3).



شكل رقم (3): يوضح الخصائص البصرية لأوكسيد الخارصين Colloidal Quantum Dots.

أظهرت نتائج التحسسية كفاءة عالية لتحسس غاز الهيدروجين السام تحت تأثير الإضاءة عند درجة حرارة الغرفة كما هو مبين في الشكل رقم (4)؛ حيث نلاحظ أن زمن الاستجابة للمتحمس سريع مع وجود نسبة قليلة جداً من الغاز السام، مما يجعله متحمس يعمل بكفاءة عالية، ومعتمد في الكشف عن كميات ضئيلة للغازات القاتلة.



شكل رقم (4): يوضح التحسسية العالية للكشف عن غاز الهيدروجين القاتل .

الاستنتاجات

- 1- تحضير أوكسيد الخارصين (Quantum Dots) بقطر يتراوح بين 4.33-6.37nm.
- 2- إنتاج أوكسيد الخارصين (Quantum Dots)، يجعله يمتلك خصائص كهربائية وبصرية جديدة، وذلك بسبب ظاهرة حدوث الحبس الكمي excitons and phonons داخل التركيب النانوي.
- 3- استخدام أوكسيد الخارصين النانوي كمتحسس عالي الكفاءة لكميات ضئيلة من الغازات القاتلة.

المصادر

1. D. Haranath, SonalSahai, V. Shanker, M. Husain. (2011). "*Synthesis of Optically Transparent and Highly Luminescent ZnO Quantum Dots*", Search & Research, Vol-II No. 2 (1-3).
2. Gillian Kiliani,1 Reinhard Schneider, Dimitri Litvinov, Dagmar Gerthsen, Mikhail Fonin, Ulrich Rüdiger, Alfred Leitenstorfer, and Rudolf Bratschitsch. (2011). "*Ultraviolet photoluminescence of ZnO quantum dots sputtered at room-temperature*", First publ. in: Optics Express 19, 2, pp. 1641-1647 doi:10.1364/OE.19.001641.
3. MadhuchhandaChoudhury, Siddhartha SankarNath, Rajarshi Krishna Nath. (2011). "*ZnO: PVP Quantum Dot Ethanol Sensor*", Journal of Sensor Technology, 1, 86-90 doi:10.4236/jst.2011.13012 Published Online September 2011 (<http://www.SciRP.org/journal/jst>).
4. RobinaShahid, Hesham M.A. Soliman, MarwaFathy and MamounMuhammed. (2012). "*Novel low temperature route for large scale synthesis of ZnO quantum dots*", International Journal of Sciences (ISSN 2305-3925).
5. SunitaGulia and Rita Kakkar. (2013). "*ZnO quantum dots for biomedical applications*", Advanced Materials Letters.