مجلة الدراسات التربوية والعلمية - كلية التربية - الجامعة العراقية
العدد السادس والعشرون - المجلد الأول - علوم الفيزياء - أيلول 2025 م
doi.org/10.52866/esj.2025.01.26.04

تاثير نبضات الليزر على الخصائص التركيبية ومورفولوجيا السطح لجسيمات السيلينوم النانوية

زينب علي حسين ، رشا حامد أحمد
جامعة تكريت / كلية التربية للعلوم الصرفة - قسم الفيزياء

مستخلص:

في هذا العمل تم تحضير جسيمات السيلينيوم النانوية باستخدام تقنية الاستئصال بالليزر في السائل وترسيبها بطريقة الرش الحراري لغرض دراسة وتحديد الخصائص التركيبية لهذه الجسيمات النانوية. إذ حصلنا على الجسيمات النانوية عن طريق تغيير نبضات الليزر بعدة قيم مختلفة وهي (30,40,50) نبضة. ولتحديد مورفولوجيا السطح والشكل والحجم لتلك الجسيمات أستخدمت تقنيتي مجهر القوة الذرية (AFM) والمجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال (FE-SEM)، والذي أكد أن حجم الجسيمات كان في حدود النانومتر. كما لوحظ وجود تأثير كبير لنبضات الليزر على حجم الجسيمات. كما تحديد التركيب البلوري بواسطة تقنية حيود الأشعة السينية (XRD).

الكلمات المفتاحية: جسيمات السيلينيوم النانوية، الاستئصال بالليزر النبضي، نبضات الليزر، الخواص التركيبية.

Effect of laser pulses on structural, surface morphology properties of selenium nanoparticles.

Zainab Ali Hussain , Rasha Hamid Ahmed
Department of Physics, College of Education for Pure Sciences,
Tikrit University

Abstract:

In this work, selenium nanoparticles produced using the laser ablation technique were studied in order to determine the characteristics of these nanoparticles . Nanoparticles were obtained by varying the pulses of the laser considering values of 30, 40, and 50 pules. The morphology of these nanoparticles was determined using the atomic force microscopy (AFM) and field emission scanning electron microscopy (FE-SEM) techniques, confirming that the size of the particles was in the order of nanometers. A great influence of the laser pulses on the particle size was also observed . The Crystal structure was determined by X-ray diffraction (XRD).

Keywords: Selenium nanoparticles, pulsed laser ablation, Laser Pulse, structural characteristics.

1 - المقدمة Introduction

المواد النانوية هي مواد لها أهمية كبيرة فهي تتميز بأحجام جزيئات تتراوح بين نانومتر واحد ومئة نانومتر [1]. يكمن السر في هذه الخصائص الاستثنائية عندما يتقلص حجم الجسيمات إلى النانو فان الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة تخضع لتغيرات كبيرة، فالجسيمات النانوية هي قطعة مذهلة من التكنولوجيا التي تستمر في التحسن لأنها صغيرة جدًا ويمكن استخدامها لأغراض علاجية لتوصيل الأدوية مباشرة إلى الأنسجة المحددة [2] . هذا يرجع إلى قدرتها على الانفصال عن جدران الخلايا وخصائصها الفريدة مقارنة بالمواد التقليدية [3]. هنالك طريقتان رئيسيتان لصنع جزيئات السيلينيوم النانوية (SeNPs) الأولى تستخدم العوامل الكيميائية والكائنات البيولوجية، بما في ذلك النباتات والفطريات والبكتيريا وتسمى «التصنيع الأخضر»، لتحويل السيلينيوم المؤكسد إلى حالته العنصرية ، أما الطريقة الثانية فهي الطريقة الفيزيائية وتسمى الاستئصال بالليزر النبضي في السائل (PLAL) [4،5] . عد تكنولوجيا الليزر تقنية واعدة لإنتاج المستحلبات المعدنية والجسيمات النانوية والتي لها فائدة رئيسية للتطبيقات البيولوجية إذ أنها تصنع جزيئات نانوية بسطح خالٍ من أي أيونات متفاعلة متبقية، كما أنه لا يتطلب الكثير من التكلفة لإعدادها كمعالج [6]. إن طريقة النبضات الليزرية في السائل مهمة لأنها يمكن أن تصنع جزيئات نانوية بأحجام وأشكال مختلفة يمكن استخدامها في العديد من التطبيقات [7]. هذه الطريقة تقلل حجم المواد الكبيرة عن طريق تقطيعها إلى قطع أصغر باستخدام شعاع الليزر، كما ان الجسيمات النانوية التي يتم إنشاؤها بواسطة ضوء الليزر النبضي تكون عالية الجودة [8]. تنتج هذه الطريقة جزيئات نانوية مستقرة للغاية وبشكل سريع وتعتبر بديلاً فعالاً من حيث التكلفة للمواد الكيميائية المعروفة بتسببها في التلوث [9]. يعد السيلينيوم (Se) من أفضل العناصر التي استخدمت في التطبيقات البايولوجية والفيزيائية إذ أنه عنصر غير معدني في مجموعة الكالكوجين يقع في الدورة الرابعة من الجدول الدوري وعدده الذري 34 وله كتلة ذرية مقدارها 78.963 [10]. ونقطة انصهاره هي 217°C [11]. السيلينيوم وحده والمواد النانوية التي تحتوي على السيلينيوم تظهر موصلية ضوئية مذهلة، ونشاط شبه موصل، ونشاط بيولوجي [12].

2. الجزء العملي Experimental Part

1.2 : تحضير المحاليل الغروية النانوية

تم إستخدام تقنية الإستئصال باليزر النبضي في السائل (PLAL) لتحضير جسيمات السيلينيوم النانوية Se_{NPs} عند درجة حرارة الغرفة تم وضع الهدف المعدني ذو القطر 8mm والطول 1cm في قاع دورق زجاجي (بيكر) وتم غمره بالإيثانول بكمية قدرها 5ml ، وتم ضبط المسافة بين الهدف ومصدر الليزر على بعد 12cm، وبميل 5cm عكس اتجاه المستخدم ومستوى السائل فوق العينة كان 6mm إذ تم إستخدام عدد نبضات مختلفة (30,40,50) Pulse وبطول موجي(1064nm) وطاقة الليزر (240mJ) ومعدل التكرار (6HZ) وأمد النبضة (9ns) للحصول على محاليل لمعدن السلينيوم.

2.2 :تحضير الاغشية الرقيقة

حُضرت أغشية رقيقة من المحاليل التي تم

الحصول عليها من عملية الإستئصال بالليزر النبضي في السائل. (PLAL) إذ تم تحضير هذه الأغشية بطريقة الترسيب بالرش، حيث وضع (5ml) من كل محلول في جهاز الرش ووضعت الركيزة (الشريحة) على مصدر حراري بدرجة (50^0C) وتكرر العملية (4) مرات كل (20sec) للحصول على غشاء رقيق، إذ كانت أبعاد القواعد الزجاجية (3cm×3cm) وتم تنظيفها قبل الرش وتم تحضير أغشية من هذه المحاليل لدراسة الخصائص التركيبية (XRD)،(FE-SEM) و (AFM) للجسيمات المحضرة.

3. النتائج والمناقشة
Results and Discussion

درست الخصائص التركيبية من خلال قياس حيود الأشعة السينية (XRD)، ومن ثم دراسة مورفولوجية السطح (التضاريس) ومعرفة حجم الجسيمات النانوية من خلال فحص المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال (FE-SEM)، وتم فحص طبوغرافية السطح من خلال مجهر القوة الذرية (AFM).

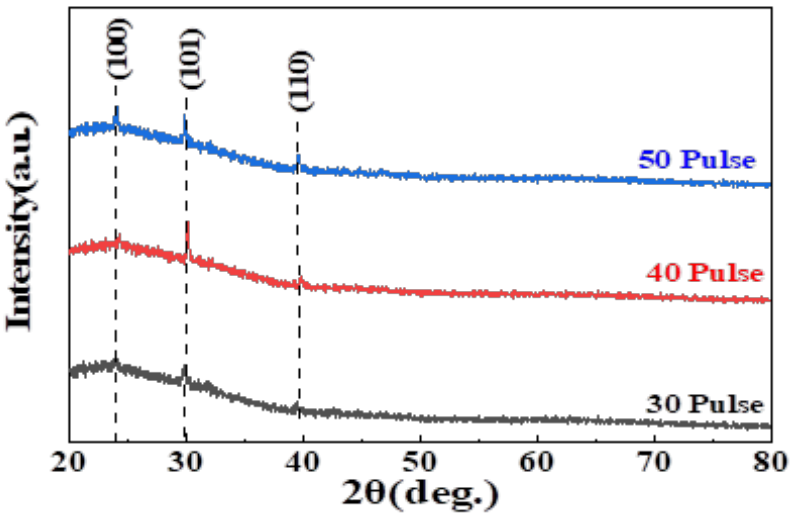
3.1: قياس حيود الاشعة السينية

أظهرت نتائج حيود الأشعة السينية إن جسيمات السيلينوم تمتلك نظام بلوري له بنية سداسية، إذ وجدت ثلاث قمم رئيسية تمثل مستويات حيود البنية النانوية للسيلينيوم عند الزوايا (°41.0004،°29.7584،°23.5654) التي تتوافق مع المستويات (110)، (101)، (100) على التوالي كما في الشكل (1)، كما أظهرت النتائج زيادة في الشدة عند زيادة عدد النبضات (30،40،50) Pluse و وجود زيادة كبيرة في درجة التبلور مع نقصان معدل حجم البلورة من 92.6317 إلى 6.585382عند زيادة عدد النبضات وبقاء الطاقة ثابتة [13]. وقد تم تلخيص النتائج كما هو مبين في الجدول (1).

وتم حساب الحجم البلوري بإستخدام معادلة رقم (1) المتمثلة بمعادلة ديباي شيرر

$$D_{ave} = K\lambda/\beta \cos\theta \quad \text{.....(1)}$$

K ثابت شيرر ، λ: الطول الموجي للأشعة السينية ومقداره (1.54184 Å) ، β: عرض منتصف القمة، θ : زاوية براك.



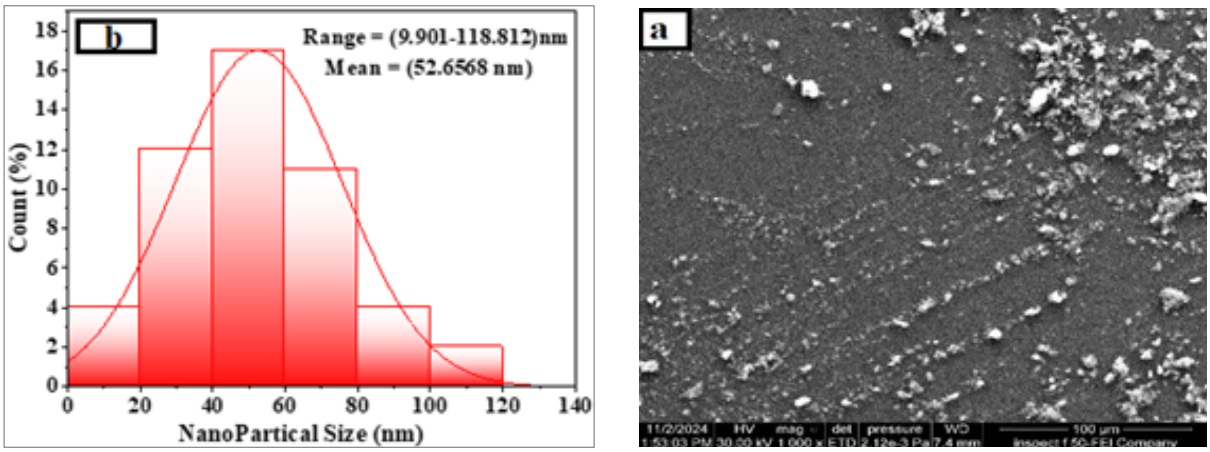
الشكل (1)
حيود الأشعة السينية لجسيمات السيلينيوم النانوية عند نبضات مختلفة

الجدول (1) نتائج حيود الأشعة السينية لجسيمات السيلينيوم النانوية

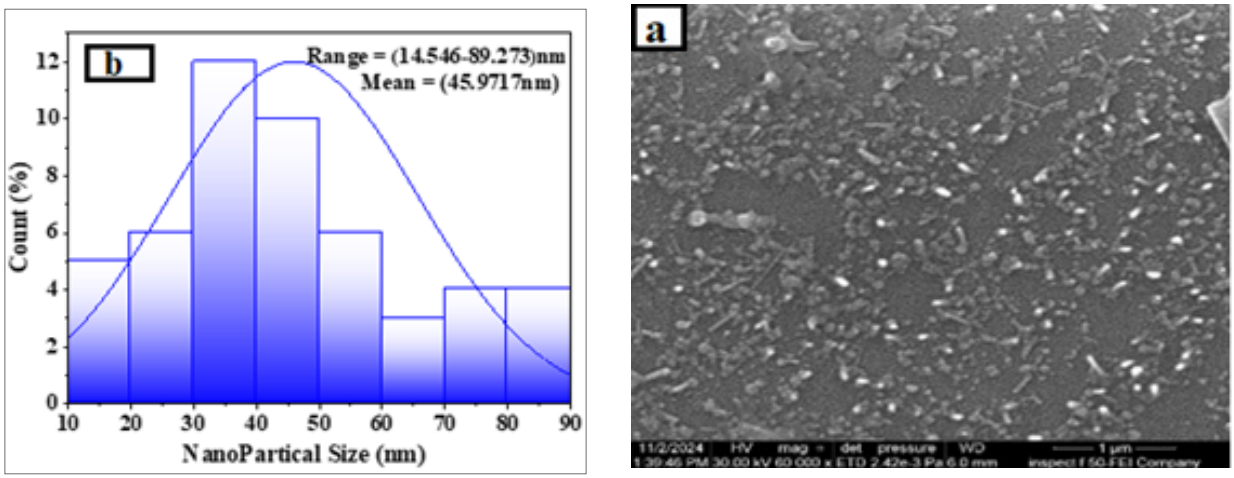
النبضات Pulse	ضعف زاوية الحيود 2θ(deg)	عرض منتصف القمة FWHM (deg)	المسافة بين المستويات البلورية d_{hkl} (A°)	معاملات ميلر (hkl)	الحجم البلوري C.S (nm)	معدل الحجم البلوري $(C.S)_{avg}$ (nm)	رقم البطاقة Card NO.
30	23.5654	2.0456	3.7723	(100)	3.967192	92.6317	06-362
	29.7584	3.9371	2.9998	(101)	2.087808		06-362
	41.0004	0.0312	2.1995	(110)	271.8401		06-362
40	23.5654	3.7588	3.7723	(100)	2.15901	80.50048667	06-362
	29.7584	0.6541	2.9998	(101)	12.56675		06-362
	41.0004	0.0374	2.1995	(110)	226.7757		06-362
50	23.873	6.9741	3.7243	(100)	1.163632	6.585382	06-362
	30.107	2.5207	2.9666	(101)	3.260964		06-362
	41.404	0.5532	2.1788	(110)	15.33155		06-362

2.3 : قياس المجهر الإلكتروني الماسح الباعث للمجال

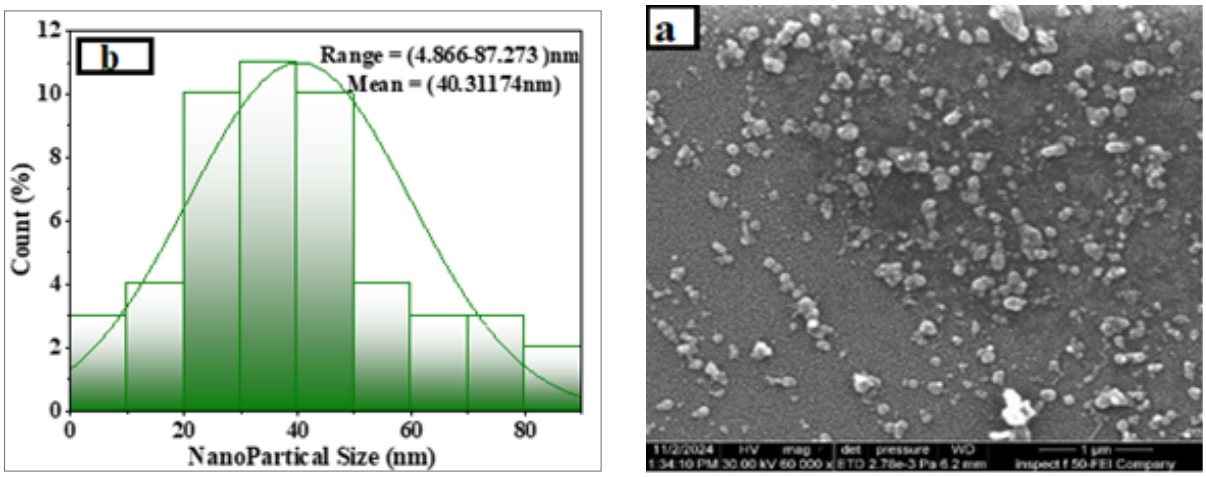
تم اجراء فحص FE_SEM للأغشية المحضرة لمعرفة معدل أقطار وأشكال وأحجام جسيمات السيلينوم النانوية وكذلك دراسة تضاريس السطح حيث يعتبر هذا القياس دليلاً على تكوين الجسيمات النانوية، من خلال برنامج (Imag J) تم تحديد أشكال الجسيمات النانوية وحساب معدل حجومها، ولإنشاء مخطط بياني يوضح التوزيع الحجمي للجسيمات النانوية تم إستخدام برنامج (Origin2018). وبينت النتائج إن الجسيمات النانوية المحضرة تقع ضمن المقياس النانوي، وإن أشكال الجسيمات بتغير النبضات هيكروية وشبه كروية مع ظهور بعض التكتلات كما هو مبين في الأشكال (2)، (3)، (4) عند 30Pulse، Pulse 40، Pulse 50 الصور(a) تبين صورة بمقياس و بتكبير (60000X) والصورة (b) تمثل توزيع الأقطار لجسيمات السيلينيوم النانوية، إذ نلاحظ إنخفاضاً في حجم الجسيمات عند زيادة عدد نبضات الليزر بسبب زيادة الجسيمات المستأصلة التي تتجمع بالقرب من سطح الهدف وبالقرب من سطح المحلول الذي يمثل عائقاً في طريق شعاع الليزر الساقط فتمتص هذه الجسيمات طاقة الليزر وتعمل هذه الطاقة على إنقسام وتفتيت هذه الجسيمات لتنتج جسيمات أصغر حجماً، وهذا يؤدي إلى تقليل شدة الشعاع الذي يصل إلى الهدف مما لا يسبب أي زيادة أخرى في عدد المواد المذابة [14]. كما يبين الجدول (2) نتائج (FESEM) وحساب معدل أصغر جسيمة وأكبر جسيمة ومعدل متوسط أقطار الجسيمات النانوية.



الشكل (2) صور FESEM عند (Pulse 30)



الشكل (3) صور FESEM عند (Pulse 40)



الشكل (4) صور FESEM عند (Pulse 50)

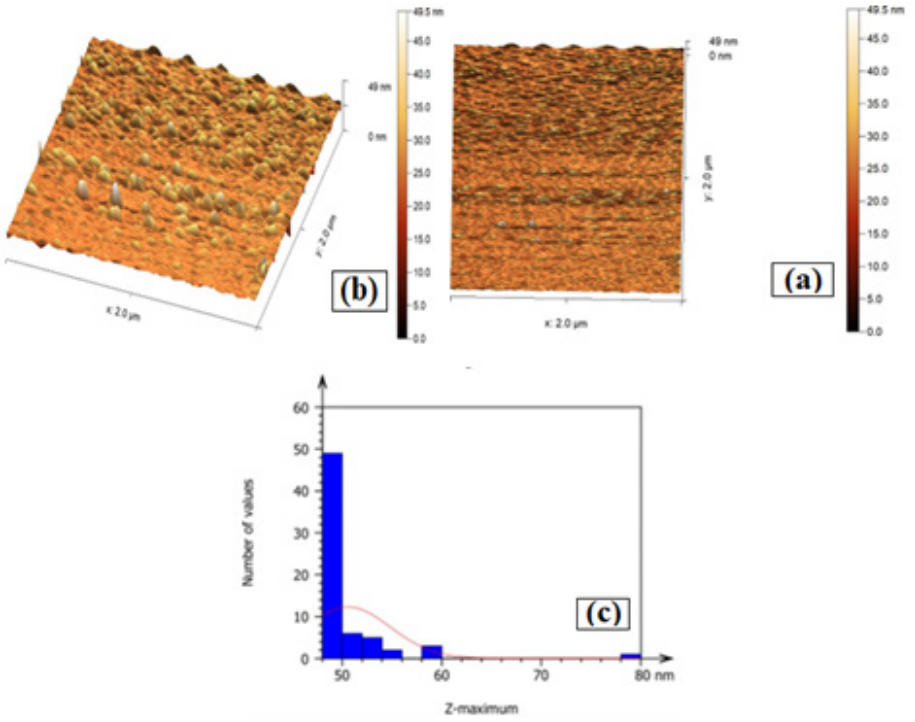
الجدول

(2) نتائج FESEM لجسيمات السيلينيوم النانوية

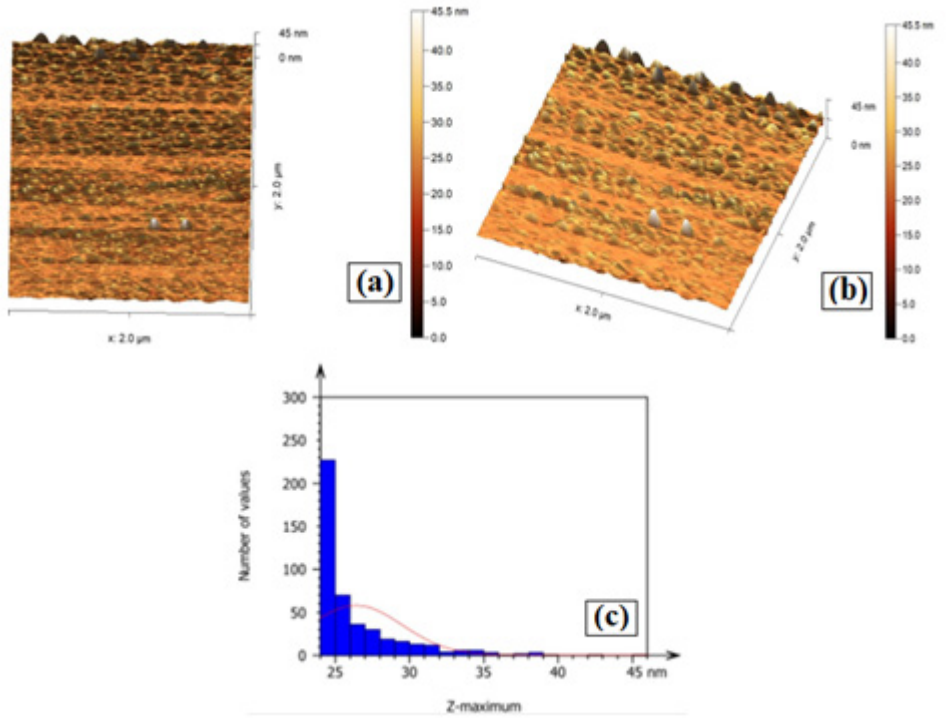
النبضات **Pulse**	اعلى قيمة **Max (nm)**	اقل قيمة **Min (nm)**	متوسط الحجم الحبيبي **Mean (nm)**
30	118.812	9.901	52.6568nm
40	89.273	14.546	45.9717nm
50	87.273	4.866	40.31174nm

3.3 : قياس مجهر القوة الذرية (AFM)

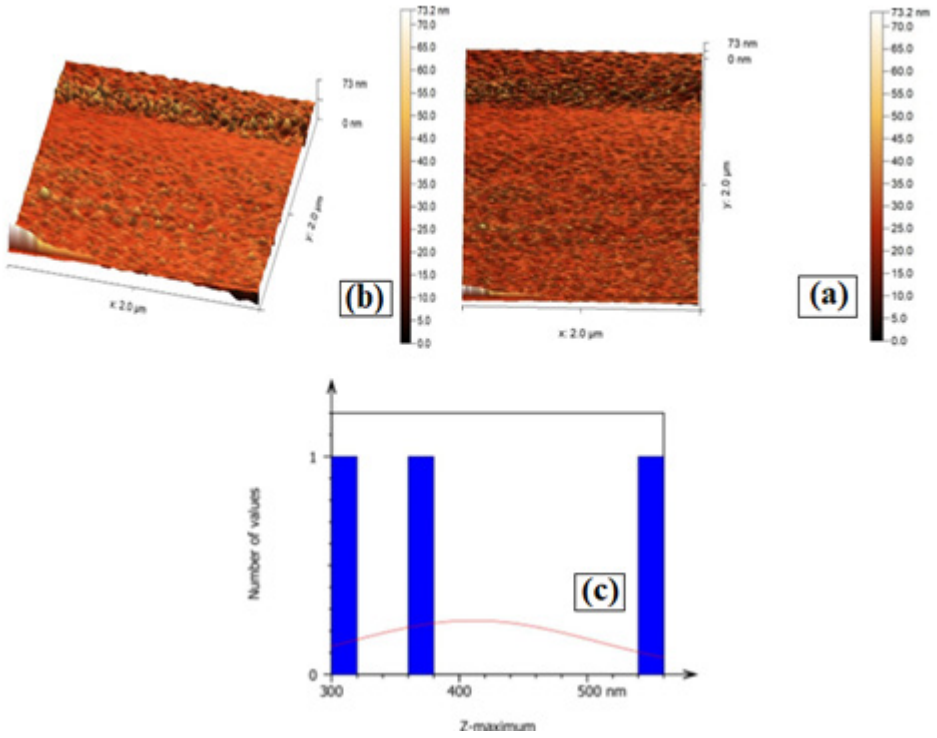
أستخدم جهاز (AFM) لإلتقاط صورة للجسيمات النانوية المحضرة لتحديد حجم الجسيمات بالإضافة إلى تحديد توزيع حجم هذه الجسيمات النانوية بشكل عام ودراسة تضاريس جسيمات السيلينوم النانوية المحضرة وتم الحصول على صور ثنائية الأبعاد (2D)، والتي توضح خشونة السطح ومتوسط الجذر التربيعي، كما تم الحصول على صور ثلاثية الأبعاد (3D) تمثل تضاريس الأسطح وتظهر المظهر المورفولوجي للحبيبات المتكونة على الأسطح، ومن هذه الصور حصلنا على قيمة سمك السطح، مما يعني أعلى قمة للحبيبات البلورية على السطح. وكذلك تم الحصول على مخطط يمثل النسب المئوية لتوزيع الحبيبات المتراكمة التي نمت على السطح، ومن ثم الحصول على متوسط حجم الحبيبات لكل عينة. توضح الأشكال (5)، (6)، (7) تحليلات مجهر القوة الذرية (AFM) لجسيمات السيلينوم النانوية (Se_{NPS}) المحضرة باستخدام تقنية (PLAL) عند (30،40،50) Pluse، تمثل (a) صورة ثنائية الأبعاد، و (b) صورة ثلاثية الأبعاد، و(c) مخطط بياني للنسب المئوية لتوزيع الحجوم الحبيبية التي حصل لها إنماء على سطوح النماذج، قد تم تلخيص بيانات سمك السطح، ومتوسط خشونة السطح، ومعدل الجذر التربيعي ومعدل حجم الجسيمات النانوية في الجدول (3). أظهرت نتائج فحوصات مجهر القوة الذرية (AFM) إن الأسطح كانت ملساء وعالية الجودة، بالإضافة إلى تكوين مجموعات شبه كروية ذات أحجام حبيبة متقاربة (حبيبات دقيقة)، ومع زيادة عدد نبضات الليزر نلاحظ انخفاضاً في حجم الحبيبات وذلك بسبب وقت الإستئصال الأطول الذي يؤدي إلى تضييق توزيع حجم الجسيمات النانوية بسبب تفاعل شعاع الليزر المزيل مع الجسيمات النانوية المنتجة [15]. ويظهر الانخفاض في حجم الجسيمات بسبب تأثير تجزئة الليزر. حيث أن نبضة الليزر تجعل الجسيمات الأكبر تتفتت إلى جسيمات أصغر فأصغر [16]. وإن معدل الخشونة يزداد مع زيادة عدد النبضات [17].



الشكل (5) صور AFM عند (Pulse 30)



الشكل (6) صور AFM عند (Pulse 40)



الشكل (7) صور AFM عند (Pulse 50)

الجدول (3) نتائج AFM لجسيمات السيلينيوم النانوية

النبضات	معدل حجم الجسيمات (nm)	معدل الجذر التربيعي (nm)	متوسط خشونة السطح (nm)	سمك السطح (nm)
30	25.7124	2.61983	1.83104	49.5
40	24.2841	2.75554	1.93720	45.5
50	19.9669	3.56967	2.62451	73.2

4 : الإستنتاج Conclusions

أثبتت طريقة الإستئصال بالليزر النبضي في السائل أنها طريقة فعالة لإنتاج جسيمات السيلينوم النانوية ويشكل سهل وسريع ومنخفض التكلفة، بالإضافة إلى أمكانية التحكم في الخصائص التركيبية للجسيمات النانوية من خلال التحكم في معلمات الإستئصال، إذ أن الزيادة في عدد النبضات أدى إلى نقصان الحجم البلوري وحجم الجسيمات النانوية وتحسن في درجة التبلور.

and Main Methods of Obtaining Selenium Nanoparticles," Int. J. Mol. Sci., 22(19), p. 10808, 2021. doi: 10.3390/ijms221910808.

9. Menazea, A. A., Ismail, A. M., Awwad, N. S., and Ibrahium, H. A., "Physical Characterization and Antibacterial Activity of PVA/Chitosan Matrix Doped by Selenium Nanoparticles Prepared via One-Pot Laser Ablation Route," J. Mater. Res. Technol., 9(5), pp. 9598-9606, 2020. doi: 10.1016/j.jmrt.2020.06.077.

10. Butterman, W. C., and Brown, R. D., Mineral Commodity Profiles – Selenium, U.S. Geological Survey, p. 20, 2004. doi: 10.3133/ofr0318.

11. Quintana, M., Haro-Poniatowski, E., Morales, J., and Batina, N., "Synthesis of Selenium Nanoparticles by Pulsed Laser Ablation," Appl. Surf. Sci., 195(1-4), pp. 175-186, 2002. doi: 10.1016/S0169-4332(02)00549-4.

12. Kong, H., et al., "Synthesis and Antioxidant Properties of Gum Arabic-Stabilized Selenium Nanoparticles," Int. J. Biol. Macromol., 65, pp. 155-162, 2014. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2014.01.011.

13. Al-Mousawi, M. M. A., "Studying the Effect of the Number of Laser Pulses on the Structure, Morphology, and Optical Properties for a Thin Film of GO-Ag Nanocomposites," University of Babylon, College of Sciences for Women, Department of Laser Physics, Iraq.

14. Salim, E. T., and Rashed, H. H., "Laser Pulses Effect on the Structural and Optical Properties of ZnO Nanoparticles Prepared by Laser Ablation in Water," Eng. Technol. J., 32(2), pp. 198-207, 2014.

15. Semaltianos, N. G., Logothetidis, S., Perrie, W., Romani, R., Potter, R. J., Edward-

References المصادر

1. McNeil, S. E., "Nanotechnology for the Biologist," J. Leukocyte Biol., 78, pp. 585-594, 2005. doi: 10.1189/jlb.0205074.

2. Alawi Abu Bakr Al-Habash, N., Mah Nanotechnology, King Fahd Al-Watan Library, Deposit No. 1430-2707, 2018.

3. Ali, A. K., "One-Step Synthesis of Copper Oxide Nanoparticles Using Pulsed Laser Ablation in Water: Influence of the Laser Wavelengths on Optical Properties," Eng. Technol. J., 31(7B), pp. 0-0, 2013. doi: 10.30684/ETJ.31.7B.10.

4. Hosnedlova, B., Kepinska, M., Skalickova, S., Fernandez, C., Ruttkay-Nedecky, B., Peng, Q., et al., "Nano-Selenium and Its Nanomedicine Applications: A Critical Review," Int. J. Nanomedicine, 13, pp. 2107-2128, 2018. doi: 10.2147/IJN.S157541.

5. Skalickova, S., Milosavljevic, V., Cihalova, K., Horky, P., Richtera, L., and Adam, V., "Selenium Nanoparticles as a Nutritional Supplement," Nutrition, 33, pp. 83-90, 2017. doi: 10.1016/j.nut.2016.05.001.

6. Aadim, K. A., and Jasim, A. S., "Silver Nanoparticles Synthesized by Nd:YAG Laser Ablation Technique: Characterization and Antibacterial Activity," Karbala Int. J. Mod. Sci., 8(1), pp. 71-82, 2022. doi: 10.33640/2405-609X.3210.

7. Rashid, S. N., Aadim, K. A., Jasim, A. S., and Hamad, A. M., "Synthesized Zinc Nanoparticles via Pulsed Laser Ablation: Characterization and Antibacterial Activity," Karbala Int. J. Mod. Sci., 8(3), pp. 462-476, 2022. doi: 10.33640/2405-609X.3240.

8. Varlamova, E. G., Turovsky, E. A., and Blinova, E. V., "Therapeutic Potential

son, S. P., French, P., Sharp, M., Dearden, G., and Watkins, K. G., "Silicon Nanoparticles Generated by Femtosecond Laser Ablation in a Liquid Environment," J. Nanopart. Res., 2009.

16. Tarasenko, N. V., Burakov, V. S., and Butsen, A. V., "Laser Ablation Plasmas in Liquids for Fabrication of Nanosize Particles," Publ. Astron. Obs. Belgrade, 82, pp. 201-211, 2007.

17. Yasoob, N., Ghdeeb, N. J., Harb, N. H., and Jassim, R. H., "Study the Morphological and Optical Properties of CdO Doped ZnO Thin Films Prepared by (PLD) Technique," University of Baghdad, College of Science for Women, Department of Physics, Iraq.