

Syntheses of Silver Nanoparticles Using Two Energies, 300 and 500 mJ of Nd: YAG Laser

N. A. Al_Jubbori⁽¹⁾ , M. A. D. Al-Jubbori^{(2)*} , A. E. Ezwam⁽³⁾ ⁽¹⁾Department of Chemical, Biological and Radiological Safety and Security, Presidency of the University of Mosul, Iraq⁽²⁾Department of Physics, College of Education for Pure Sciences, University of Mosul, Mosul, Iraq⁽³⁾Physics Department, College of Sciences, Tripoli University, Libya

Article information

Article history:

Received: May 06, 2024

Accepted: October 06, 2024

Available online: January 01, 2025

Keywords:

Silver Nanoparticles

Pulsed Laser

Transmission Electron Microscope

Silver Nanoparticle Diameters

Correspondence:

Mushtaq Abed Dawood Al-

Jubbori,

mushtaq_phy@uomosul.edu.iq

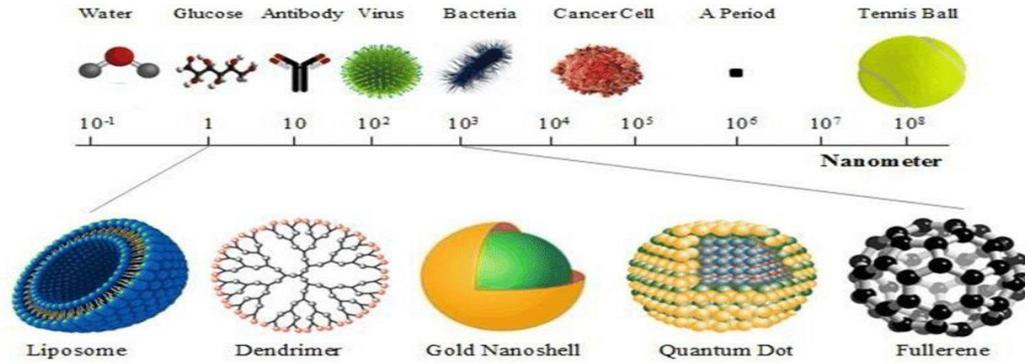
Abstract

The aim of this paper is to prepare silver nanoparticles using the pulsed laser ablation method in liquid (PLAL). This method is considered unconventional, fast, clean, long-lasting, and non-toxic, using a Q-switched pulsed laser (1064 Nd: YAG) nanometers. With two ablation energies (300, 500 mJ) and a number of pulses (50, 100, 150, 200), the laser ablation process was carried out at room temperature, by immersing the metal in deionized water (distilled water) with (5 mL). After preparing the solutions, we noticed the change in the color of deionized distilled water increases with the number of pulses, this is a good indicator of the production of silver nanoparticles. The color of the solution ranges from pale yellow to dark yellow. The physical properties were analyzed by transmission electron microscope (TEM) at a pulse of 200 and were shown by this examination showed that there were nanoparticles in the prepared solutions of silver, and the results of the TEM images showed that at two energies (300, 500 mJ) spherical silver nanoparticles were obtained, from these images the diameters of nanoparticles were measured using the (ImageJ) program, it was shown that the diameter distribution range between (4.41 - 42.87 nm), which was approximately centered at (18.13) nm for silver, and at 500mJ laser power the diameter distribution range between (3.12- 26.60 nm), which was approximately centered at (16.67) nm for silver.

DOI: [10.33899/edusj.2024.149313.1455](https://doi.org/10.33899/edusj.2024.149313.1455), ©Authors, 2025, College of Education for Pure Science, University of Mosul.This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. المقدمة.

تولي البحوث الحديثة اهتماماً كبيراً بتقانات النانو؛ نظراً لخصائصها الفيزيائية والكيميائية الرائعة، وتنوع تطبيقاتها الواسعة بتحضير العينات النانوية بتقنيات متطورة، كما هو الحال في الأبحاث العلمية المذهلة في العديد من المجالات بما في ذلك الفيزياء والكيمياء [1]. ويعتمد مبدأ هذه التقنية على التحكم أو إعادة هيكلة المادة على المستويين الذري والجزيئي من أجل الحصول على مواد نانوية متميزة الخواص وعالية الأداء [2]. والسببان الرئيسان للتغير في السلوك من الحالة السائبة أو التقليدية إلى الحالة النانوية هما أولاً: زيادة مساحة السطح النسبية، وثانياً: هيمنة التأثيرات الكمية. وستؤدي الزيادة في مساحة السطح (لكل وحدة كتلة) إلى زيادة مقابلة في التفاعل الكيميائي مما يجعل بعض المواد النانوية مفيدة ونافعة بوصفها محفزات لتحسين كفاءة خلايا الوقود والبطاريات، ونظراً لتقليل حجم المادة إلى عشرات النانومتر أو أقل من ذلك؛ فمن الممكن أن تبدأ هذه التأثيرات الكمومية في لعب دور مهم في تغيير الخصائص البصرية أو الكهربائية أو المغناطيسية للمادة بشكل كبير [3]. إن كلمة "نانو" مصطلح مشتق من الكلمة اليونانية "Nanos" والتي تعني: القزم الصغير [4]. وتم تعيين هذه الكلمة "نانو" للإشارة إلى الرقم (10⁻⁹) أي: واحد من المليار من أية وحدة قياس، والنانومتر: هو ألف جزء من المليون من المتر (10⁻⁹) m ولمقارنة الأبعاد النانوية فإن قطر شعرة الإنسان الواحدة يبلغ (80000 nm)، ويبلغ قطر خلية الدم الحمراء حوالي (7000) nm وقطر جزء الماء (0.3) nm تقريباً. والشكل (1) يوضح أمثلة التراكيب النانوية على المقياس النانوي؛ لأنه في هذا المقياس يمكن أن تكون خصائص المواد مختلفة تماماً عن تلك الموجودة على النطاق الأكبر [5,6].

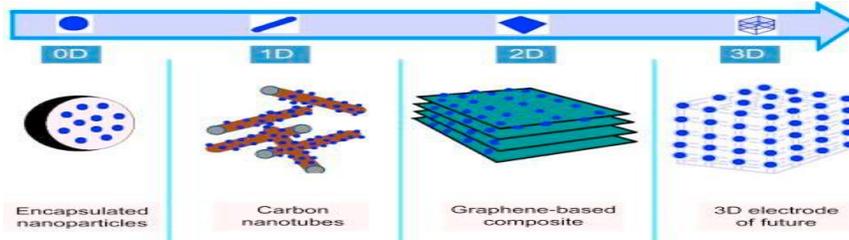


الشكل (1): يوضح مخطط البنية النانوية [7]

إن تمثل المواد ذات البنية النانوية Nano Structured Materials (NSMs) مجالاً نشطاً للبحث، وقطاعاً تقنياً اقتصادياً مع توسع كامل في العديد من المجالات التطبيقية، واكتسبت المواد ذات البنية النانوية (NSMs) أهميتها في التقدم التكنولوجي؛ نظراً لخصائصها الفيزيائية والكيميائية القابلة للضبط مثل: التوصيل الكهربائي، والحراري، ونقطة الانصهار، والنشاط التحفيزي، وامتصاص الضوء، والتشتت مما أدى إلى تحسين الأداء على حالاتها السائبة أو (التقليدية) كبيرة الحجم [8,9]. ويمكن تعريف المواد النانوية (NM) Nano Materials على أنها تلك المواد النانوية التي لها مكونات تركيبية على الأقل إحدى أبعادها في حيز النانو. وقد أدى صغر حجم هذه المواد إلى أن تسلك سلوكاً مغايراً للمواد التقليدية أو السائبة والتي يكون حجمها أكبر من الأبعاد النانوية أي: أكبر من (100) nm؛ لأن الأبعاد النانوية تبدأ من (1-100) نانومتر لهذا السبب يقال عنها إنها تقع ضمن الحجم النانوي أو المدى النانوي. وتعد المواد النانوية هي مواد البناء للقرن الحادي والعشرين، ولبناته الأساسية، والركن المهم من أركان تكنولوجياته والتي تشمل تكنولوجيا النانو، وتكنولوجيا المعلومات والاتصالات، والتكنولوجيا الحيوية وما إلى ذلك والتي تعدّ معياراً للتقدم العلمي ونهضته [10,11,12].

وتصنف المواد النانوية على أساس مادي إلى ثلاثة رتب، الأولى: **المواد النانوية العضوية**: والتي يدخل في تركيبها الكربون، وبشكل عام تحتوي على المواد ذات البنية النانوية (NSMs)، وتكون هذه المواد بأشكال مختلفة، مثل: الأنابيب المجوفة، والفلورين (C60)، والأنابيب النانوية الكربونية (CNTs)، وألياف الكربون النانوية، والجرافين (Gr). ومن الممكن تحضير مثل هذه المواد بإحدى الطرائق كالقسط بالليزر، والترسيب الكيميائي. **الثانية: المواد النانوية غير العضوية**: وهي المواد النانوية التي لا يدخل في تركيبها عنصر الكربون ويمكن تحضير هذه المواد من بعض المعادن منها: الذهب (Au) أو الفضة (Ag) أو النحاس (Cu) وأكاسيد المعادن. **الثالثة: المواد النانوية المركبة**: وهي مواد تتكون من أكثر من مادة نانوية أو من جسيم نانوي مع جسيم غير نانوي كبعض المعادن والأكاسيد، ويكون هذا النوع من المواد أكثر تعقيداً من النوعين السابقين. فعلى سبيل المثال: ألياف نانوية هجينة أو هياكل أكثر تعقيداً، وقد تكون المركبات ذات البنية النانوية عبارة عن مجموعة ناتجة من دمج بعض المركبات أو المعادن منها الكربون أو المعادن العضوية، وغير العضوية لينتج مادة جديدة مثل: (السيراميك أو البوليمر) [13,14,15,16].

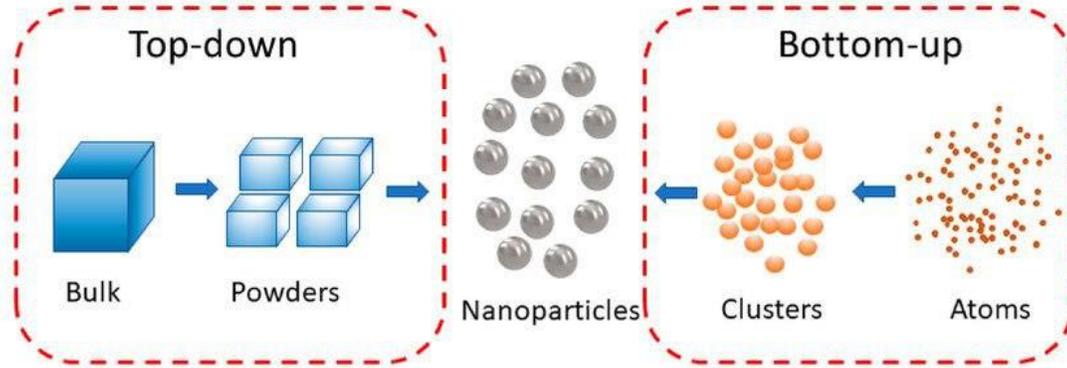
هنالك سمة رئيسة تميز أنواعاً مختلفة من المواد النانوية أبعادها [17]. لذا من ناحية أخرى تصنف المواد النانوية اعتماداً وبشكل أساس على (أبعادها، وتكوينها، وشكلها، وتوحيدها) والتي تقع ضمن المدى النانوي، وتشمل هذه الأبعاد مواد نانوية ذات بعد صفري (0D): ويمتاز هذا النوع بامتلاكه جميع الأبعاد لكونه صغيراً جداً ضمن المدى (1-50) nm، أما من ناحية مستويات الطاقة فتكون منفصلة لذلك فقد أطلق عليها الذرات الاصطناعية، مثل: جسيمات الفضة والذهب [18,19,20]. أما الصنف الثاني: فهو مواد نانوية أحادية الأبعاد 1D: وتكون هذه المواد ببعدين ضمن المدى النانوي، أما البعد الآخر فسيكون كبيراً خارج المقياس النانوي مقارنة بالبعدين الآخرين، ويكون طول الأبعاد أصغر من (100 nm) وتشمل هذه الفئة: الألياف النانوية والأسلاك النانوية [21,22]. أما المواد النانوية ثنائية الأبعاد (2D): فلديها حجم واحد ضمن الأبعاد النانوية، والأبعاد الأخرى كبيرة مقارنة بالبعد الأول، وتشمل هذه الفئة ورقة الجرافين النانوية، والأغشية الرقيقة، وهناك مواد ثلاثية الأبعاد (3D): تمتلك جميع الأبعاد التي تقع خارج المدى النانوي بمعنى أبعادها أكبر من (100 nm)، مثل: التراكيب البلورية التي تحتوي على حبيبات [23,24,25]. كما هو موضح في الشكل (2).



الشكل (2): تصنيف المواد النانوية (a) 0D: الجسيمات النانوية، (b) 1D: الأسلاك، والقضبان والألياف النانوية، (c) 2D: الأفلام والألواح والشبكات ثنائية الأبعاد، (d) 3D: المواد ثلاثية الأبعاد [26].

أما من ناحية طرق تصنيعها أو إنتاجها فهناك طرق عديدة لإنتاج الجسيمات النانوية، منها طريقة (من أعلى إلى أسفل): هذه الطريقة تبدأ بحجم محسوس من المادة فتُصغر إلى أجزاء أصغر فأصغر من أجل الوصول إلى حجم النانومتر أي: إلى مستوى (100) nm، كما أن إنتاج الجسيمات النانوية من الأعلى إلى الأسفل كان يلعب دوراً حيوياً في إنتاج التراكيب النانوية، لأن له العديد من القيود التي تشمل التكلفة العالية ويحتاج إلى وقت أطول في النقش وما إلى ذلك. ومن بين التقنيات المستعملة في ذلك الحفر هي: الاستئصال الليزر [27,28,29]. أما الطريقة الثانية: فهي طريقة (من أسفل إلى أعلى) وتمتاز هذه الطريقة بتنظيم الذاتي لذرات أو الجزيئات منفردة. أي: تقوم بترتيب نفسها في بنيتها نتيجة خصائصها الطبيعية، وتتميز هذه بصغر حجم المادة الناتجة بالإضافة إلى ذلك قلة الهدر للمادة الأصلية، وتحقيق قوة ترابط بين

الجسيمات النانوية الناتجة، وغالباً ما تستعمل الطرق الكيميائية لإنتاج هذا النوع من الجسيمات [30,31]. هنالك طرق أخرى تعتبر من الطرق النظيفة وغير المكلفة لتحضير المواد النانوية ومن أهم هذه الطرق هي: الطريقة الخضراء (Green synthesis) مثل تحضير المركبين النانويين (Curcumin\oxide zinc) و [32] (Curcumin\ selenium). تحضر المواد النانوية أيضاً من مركبات نانوية حيوية ثلاثية مثل (Ag/ZnO/chitosan (Ag/ZnO/Cs) عن طريق تثبيت جسيمات نانوية من الفضة إلى مصفوفة ZnO/Cs بواسطة طريقة الاستئصال بالليزر كمعادن متعددة الوظائف. وفي دراستنا الحالية تم الاعتماد على طريقة الاستئصال الليزري في السوائل (من الأعلى إلى الأسفل) لتحضير جسيمات الفضة النانوية وبنبضات مختلفة ومعرفه مدى تأثير عدد النبضات على الخصائص البصرية للجسيمات المحضرة والتي سننظر إليها بالتفصيل في الجانب العملي. الشكل (3) يوضح طرق إنتاج المواد النانوية.



الشكل (3): طرق إنتاج المواد النانوية [33]

2. الجانب العملي

2.1 المواد المستخدمة:

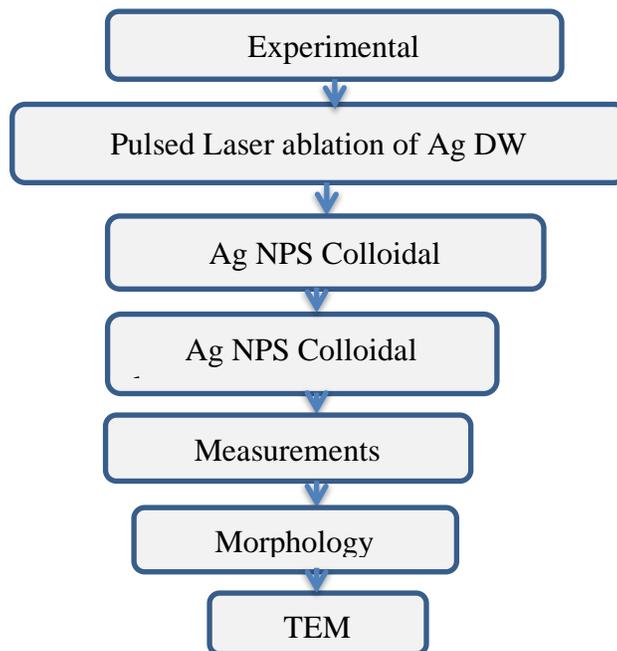
في دراستنا الحالية استعمل هدف معدني خام من الفضة ذات نقاوة عالية جداً (1000)، وقبل البدء بعملية الاستئصال نقوم بعملية صقل سطح مادة الهدف المعدني بورق السنفرة للتخلص من الشوائب، وبعد ذلك يتم غسلها بمادة الإيثانول عالي النقاوة، ومن ثم بماء مقطر (Distilled Water) خالي من الأيونات. ثم يوضع الهدف في أسفل أناء زجاجي، ويغمر بالماء المقطر الخالي من الأيونات (DW)، وكان حجم الماء المستعمل في كل عملية استئصال هو (5 mL) كذلك أثناء عملية الاستئصال يتم تحريك الأثناء الزجاجي وفي داخله مادة الهدف المغمورة في الماء المقطر الخالي من الأيونات بواسطة جهاز دوار يعمل على الطاقة الضوئية. والشكل (4) يوضح هدف الفضة قبل الاستئصال وبعده.



الشكل (4): هدف من الفضة قبل الاستئصال بعد الاستئصال (a) قبل الاستئصال و (b) بعد الاستئصال.

2.2 طريقة التحضير.

يبين هذا الجانب كيفية الحصول على جسيمات الفضة النانوية باستخدام تقنية الاستئصال بالليزر النبضي في السوائل، كما هو موضح في المخطط المبين بالشكل (5).



الشكل (5): مخطط توضيحي لعملية الحصول على جسيمات النانوية

يوضح الشكل (6) صورة فوتوغرافية لمنظومة الاستئصال بالليزر النبضي للهدف المعدني عالي النقاوة ذات عيار (1000) (فضة) المغمورة في الماء مقطر (Distilled Water) (DW) خالي من الايونات. تتألف المنظومة من مصدر ليزر (Q-Switched Nd: YAG) ذي منشأ صيني بثلاثة أطوال موجية (532 nm, 1064 nm, 1320 nm) مع أقصى طاقة (2000 mJ) لكل نبضة وزمن النبضة (10 ns) ومعدل التكرار (6Hz).



الشكل (6): صورة فوتوغرافية للمنظومة المستخدمة للاستئصال.

إذ تمت عملية الاستئصال للأهداف المعدنية في جامعة الموصل كلية التربية للعلوم الصرفة قسم الفيزياء في مختبر البحوث. ويوضح الجدول (1) خصائص الجهاز المستخدم.

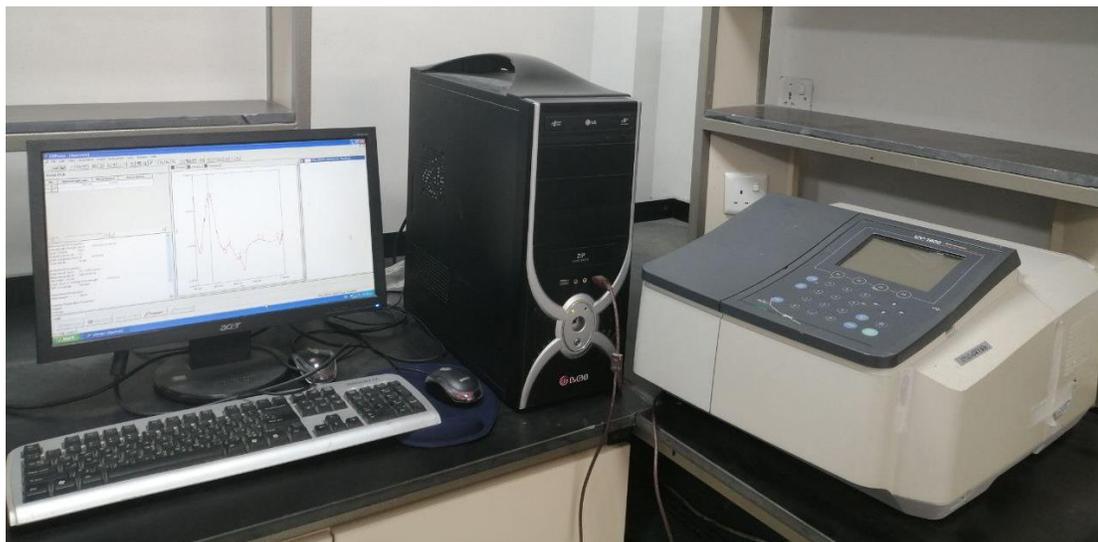
جدول (1): خصائص الليزر النبضي المستخدم

الخاصية	القيمة
مدة النبضة	10 ns
معدل التكرار	1-10 Hz
طاقة الليزر	2000 mj
الوضع العرضي	TEM ₀₀
نوع الليزر	Q-switched Nd:YAG
الطول الموجي	532 nm, 1064 nm, 1320 nm

2.3 الأجهزة المستخدمة.

مطياف الأشعة المرئية وفوق البنفسجية (UV-Visible).

يستعمل هذا الفحص للإشارة إلى التحليل الطيفي للامتصاص والانعكاس في المنطقة الطيفية للأشعة فوق البنفسجية المرئية (UV-Vis)، إذ إنّ للامتصاص و الانعكاس تأثيراً كبيراً في النطاق المرئي على اللون للمادة الكيميائية المعنية بالفحص. تم وضع المحاليل المحضرة بطرق مختلفة في خلية من الكوارتز سمكها 1 cm (1) وبدرجة حرارة الغرفة ، ويشير تغير لون المحلول الغروي للمواد المستعملة عن تولد جسيمات نانوية. تم قياس أطيف الامتصاص لمحاليل الجسيمات النانوية بواسطة مقياس الطيف الضوئي المزدوج للأشعة فوق البنفسجية – المرئية (UV-Visible) ضمن مدى الأطوال الموجية (190-1100) nm وذلك باستعمال جهاز (UV-Visible) 1800 double beam spectrophotometer المصنع من قبل شركة (Shimadzu, Japanes) والشكل (7) يوضح مخطط للجهاز المستعمل بالفحص.



الشكل (7): جهاز مطياف الأشعة فوق البنفسجية والأشعة المرئية.

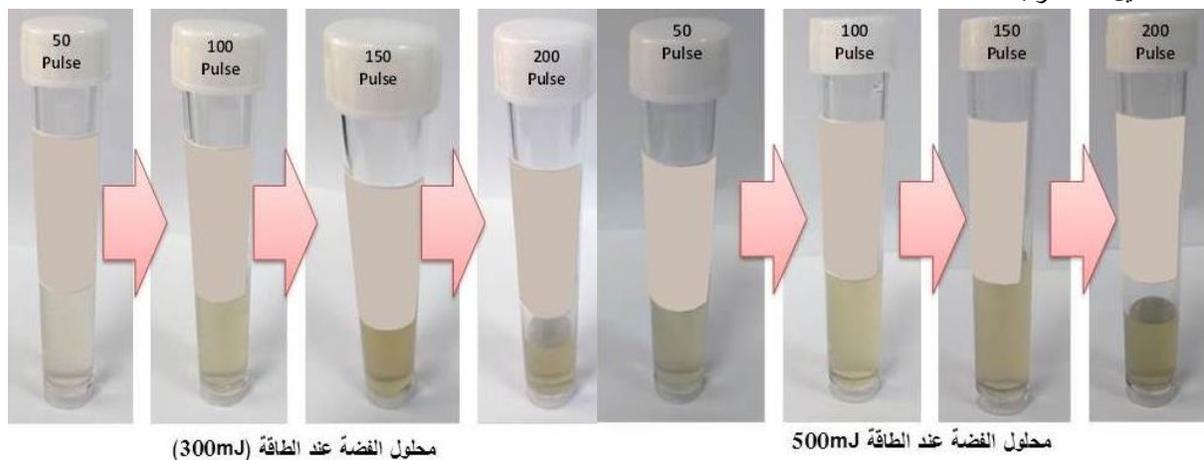
ولأجل دراسة الخصائص المورفولوجية للسطح تم استخدام المجهر الإلكتروني النافذ (Transmission Electron Microscope (TEM)). و الذي يعتبر أداة قوية ومميزة لوصف الجسيمات النانوية ، إذ من السهل أن تعطي معلومات عن شكل وحجم الجسيمات النانوية ، وكذلك يمكن أن تكشف عن طبيعة العيوب البلورية عبر المجهر الإلكتروني النافذ (TEM). تم تحديد خصائص مورفولوجية للجسيمات النانوية مثل: شكل وحجم الجسيمات باستخدام المجهر الإلكتروني النافذ (TEM) نوع Zeiss-EM10C-100Kv-Germany في جامعة شريف للتكنولوجيا / إيران. الذي يظهر في الشكل (8). وحيث تم حساب قطر الجسيمات النانوية باستخدام برنامج يدعى (Image J).



الشكل (8): المجهر الإلكتروني النافذ (TEM)

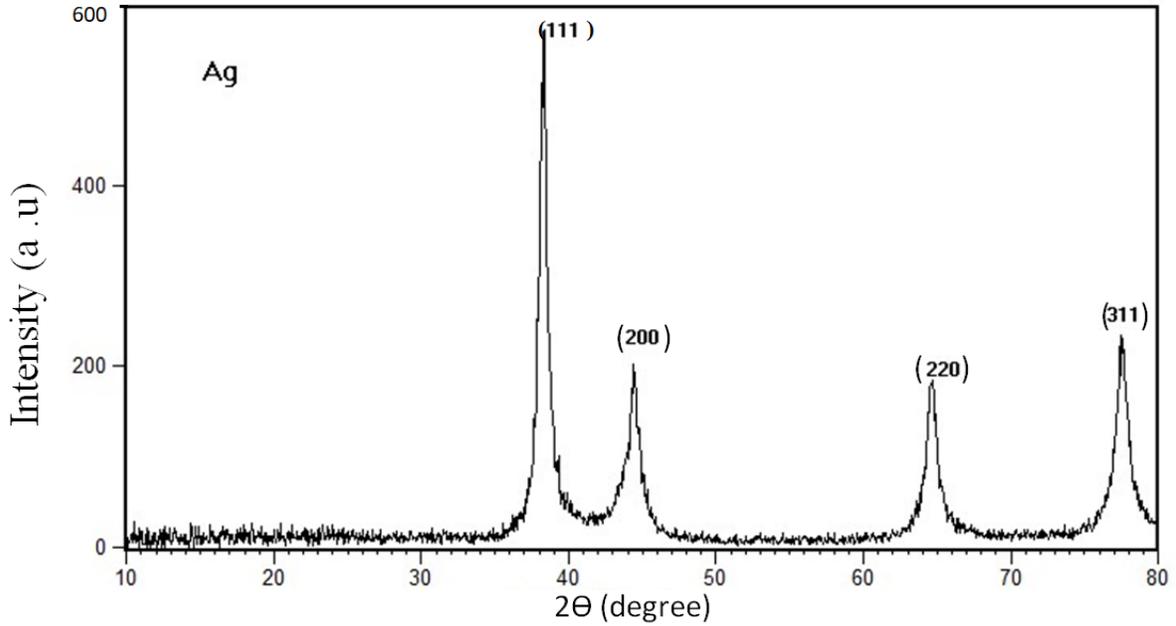
4. النتائج والمناقشة:

في دراستنا الحالية تم تحضيرُ المحاليل الغروية للفضة، ودراسةُ نتائج التأثيرات لبعض معاملات الليزر مثل: طاقة الليزر، وعدد نبضات الليزر على خواص الجسيمات النانوية المحضرة من بين المؤشرات الأولية للحصول على جسيمات نانوية، هو تغيُّر لون المحلول أو الماء المقطر والشكل (8) يبين تدرج لون المحلول لجسيمات الفضة للطاقة (300, 500 mJ) ولعدد نبضات مختلفة (200, 150, 100, 50) نبضة. ونلاحظ من الشكل أن لون المحلول يصبح داكناً شيئاً فشيئاً نحو اللون الأصفر لهذه المحاليل المحضرة.



الشكل (9): صور محاليل الجسيمات النانوية للفضة عند طاقات مختلفة (300, 500 mJ) ولعدد نبضات مختلفة.

أظهرت نتائج الفحص لحيود الأشعة السينية لعينة الفضة: أن النظام البلوري هو مكعب الشكل ممرکز الأوجه، ومتعدد التبلور، ونلاحظ من الشكل (10) أن هناك أربع قيم عند الزوايا (38.2763°) ، (44.4084°) ، (64.7056°) ، (77.5220°) والتي تطابق المستويات (111)، و (200)، و (220)، و (311) وأيضاً نبيّن أن النتائج التي تم الحصول عليها أن المسافة بين المستويات الذرية (d) وزوايا الحيود (2θ) التي تلاقي قيم الحيود للمسحوق تطابق إلى حد كبير نتائج البطاقة الدولية المرقمة Card ICDD-00-004-0783 لمادة الفضة، وأن اتجاه المستوى البلوري بالاتجاه (111) هو المهيمن كما هو موضح في الشكل (9). تم حساب حجم البلورات وتبين أنها ضمن المقياس النانوي، إذ كانت بحدود (14-24)nm كما في الجدول (2) وكذلك يوضح التوافق بين البيانات التجريبية والقياسية.



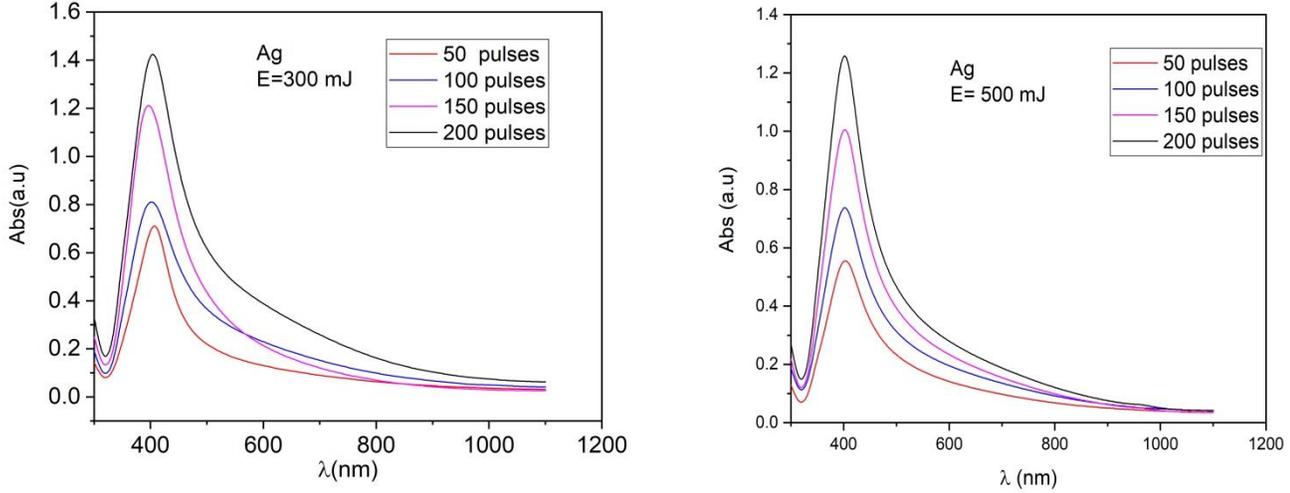
شكل (10): حيود الأشعة السينية لمسحوق الفضة النانوية.

الجدول (2): النتائج التجريبية والقياسية للأشعة السينية لمسحوق الفضة النانوي .

(hkl)	$d_{hkl}(Å)$ القياسية	$d_{hkl}(Å)$ التجريبية	FWHM (deg)	$2\theta(deg)$ القياسية	$2\theta(deg)$ التجريبية	D (nm) الحجم الحبيبي
111	2.35900	2.35152	0.3444	38.1164	38.2763	24.4047
200	2.044000	2.04001	0.4920	44.2773	44.4084	17.4321
220	1.445000	1.44065	0.4428	64.4257	64.7056	21.2050
311	1.231000	1.23037	0.7200	77.4723	77.5220	14.1451

و من خلال الشكل (11) الذي يوضح مقارنة الامتصاصية لطاقة الليزر (300, 500 mJ) ولعدد نبضات مختلفة (200, 150, 100, 50) نبضة ، و نلاحظ أن قمم الامتصاص في المنطقة المرئية هي دليل للمعادن المتميزة في تكوين الجسيمات النانوية. وكما لوحظ أن قمم الامتصاص للجسيمات النانوية للفضة التي أعدت عند الطاقات (300, 500 mJ) بقيت ثابتة عملياً عند (400) nm ، وقمم الامتصاص تضاعفت بشكل كبير مع زيادة عدد النبضات وهذا يتفق مع [Sanchez ., 2007]

والعينات التي تم تحضيرها عند طاقة (300 mJ) لجسيمات الفضة النانوية أظهرت قمم امتصاص أكبر من تلك التي تم تحضيرها عند الطاقة 500 mJ ولعدد نبضات مختلفة (50, 100, 150 and 100)، وهذا متعلق بتركيز جسيمات النانوية في المحلول.

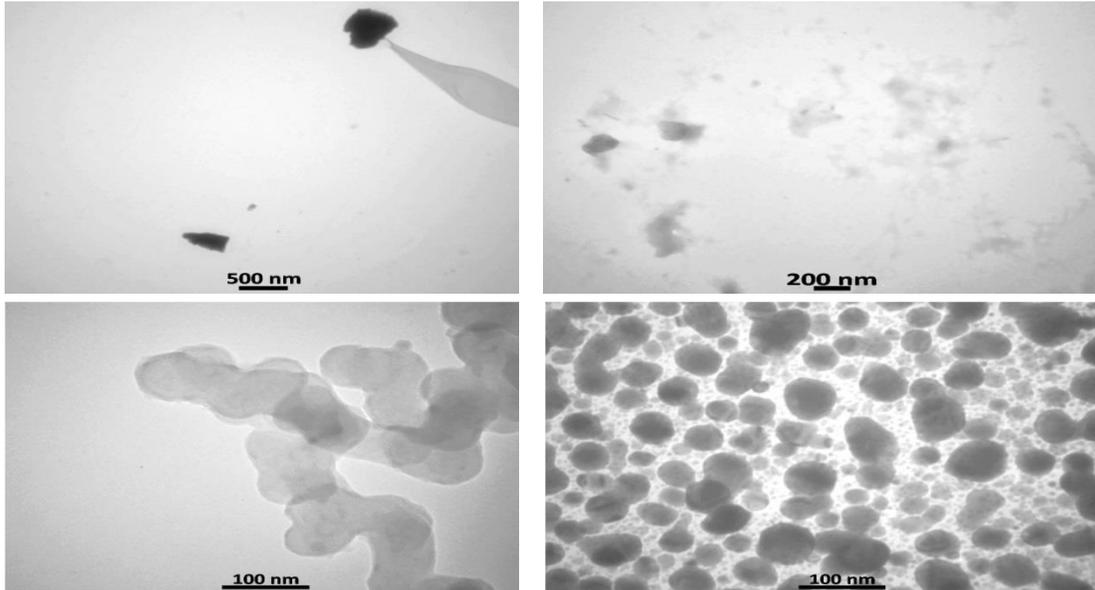


الشكل (11): الامتصاصية مع الطول الموجي عند الطاقة (300, 500 mJ) ولعدد من النبضات المختلفة لجسيمات الفضة.

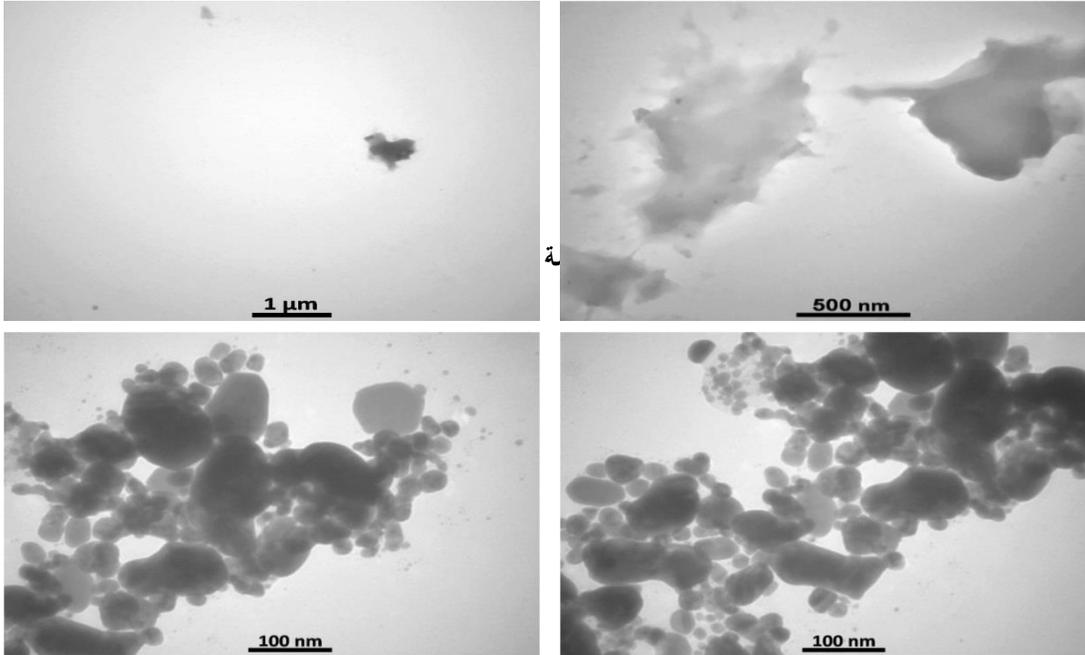
إذ تم استخدام جهاز المجهر الإلكتروني النافذ (TEM) الذي يعمل على تحديد خصائص مورفولوجيا للجسيمات النانوية ، مثل : شكلها وحجمها وكذلك للتأكد من العينات المحضرة للحصول على جسيمات نانوية عند طاقات ليزر مختلفة (300, 500 mJ) و عند نبضة (200 pulse).

في الشكلين (12,13) إذ أظهرت صور المجهر الإلكتروني النافذ (TEM) التي يتم تخليقها بواسطة الاستئصال بالليزر النبضي في السائل المقطر الخالي من الأيونات عند عدد نبضات 200 نبضة وللطاقات (300)mJ ، (500) mJ. ويمكن الملاحظة من خلال صور ال(TEM) ، أن الجسيمات الناتجة هي كروية الشكل وذات الأبعاد مختلفة لكلا الطاقتين (300) mJ ، (500) mJ. وتم قياس أكثر من 100 جسيمة للطاقة (300)mJ إذ تتراوح هذه الأقطار من (4.41-42.87) nm وبمعدل (18.52) nm . وكما تم قياس أكثر من 100 جسيمة للطاقة (500) mJ ، إذ تراوحت أقطارها من (3.12-26.60)nm وبمعدل (12.10) nm كما هو موضح في الشكل

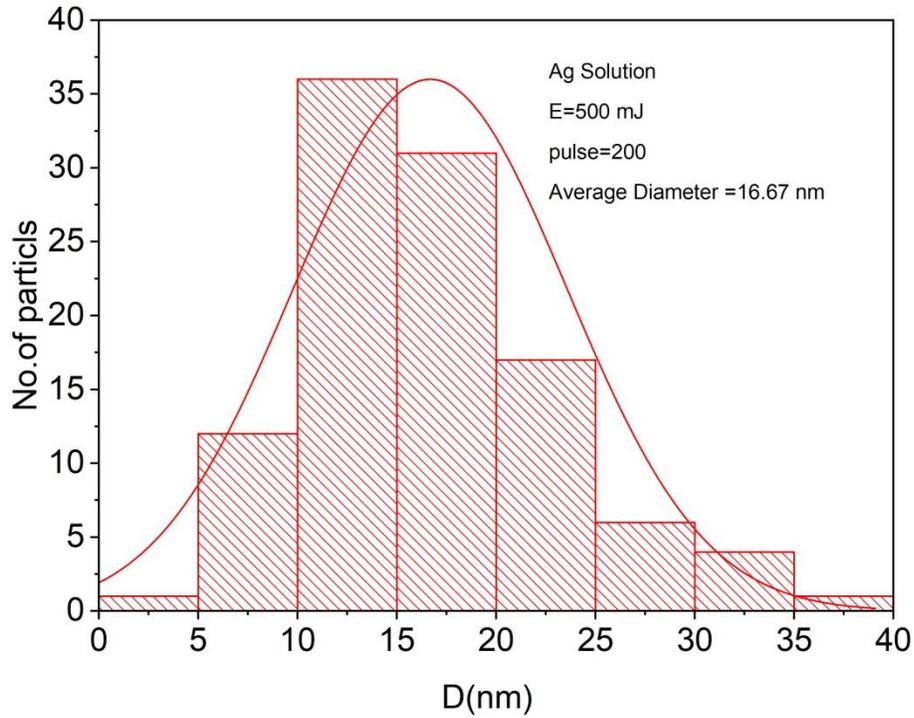
(15,14) التوزيع الاحصائي لهذه الجسيمات النانوية. من الممكن تطبيق هذه النتائج في المستقبل على بعض أنواع البكتريا ، وملاحظة مدى استجابتها ومقارنتها مع المضادات الحيوية المستخدمة لمعالجة تلك البكتريا.



الشكل (12): صور TEM الأبعاد مختلفة لمحلول الفضة النانوية عند الطاقة (300) mJ ولعدد نبضات 200 نبضة.



الشكل (14): التوزيع الإحصائي لأقطار جسيمات الفضة النانوية المحضرة في المحلول عند طاقة (300 mJ).



الشكل (15): التوزيع الإحصائي لأقطار جسيمات الفضة النانوية المحضرة في المحلول عند طاقة (500 mJ).

5. الاستنتاجات

تم تحضير جسيمات الفضة النانوية بطريقة الاستئصال بالليزر النبضي في السائل (PLAL) ، وذلك باستعمال ليزر نبضي (Q-Switched) ، (1064 Nd: YAG) نانومتر وبطائفي استئصال (300, 500) mJ ولعدد من النبضات (50, 100, 150, 200) نبضة عند درجة حرارة الغرفة، وبعد تحضير المحاليل لاحظنا التغير في لون الماء المقطر منزوع الايونات بزيادة عدد النبضات ، وهذا يُعد مؤشراً جيداً على إنتاج جسيمات الفضة النانوية لَوْن المحلول

من الأصفر الباهت إلى الأصفر الداكن. درست الخصائص الفيزيائية عن طريق فحص المجهر الإلكتروني النافذ عند نبضة (200 Pulse) وتبين من خلال هذا الفحص أنّ هنالك جسيمات نانوية للمحاليل المحضرة للفضة. وكما أظهرت نتائج صور الـ TEM أنّه عند الطاقين (300, 500) mJ تم الحصول على جسيمات فضة نانوية كروية الشكل، ومن خلال هذه الصور تمّ قياس أقطار هذه الجسيمات النانوية بواسطة برنامج (ImageJ) وتبين أنّ نطاق توزيع القطر بين (4.41–42.87) نانو وبمعدل (18.52) نانومتر للفضة، وعند طاقة ليزر (500 mJ) كان نطاق توزيع القطر بين (3.12–26.60) وبمعدل (12.10) نانومتر للفضة.

6. Acknowledgements

We thank the University of Mosul, College of Education for Pure Science, for contributing to the success of this study.

7. المصادر

- [1] N. Al-Jubbori and M. Al-Jubbori, "Preparation and study of some physical properties of copper nanoparticles by pulsed laser ablation in liquids technique," *J. Educ. Sci.*, vol. 31, no. 2, pp. 105–113, 2022, doi: 10.33899/edusj.2022.133494.1229.
- [2] M. F. Al-Hakkani, "Biogenic copper nanoparticles and their applications: A review," *SN Appl. Sci.*, vol. 2, no. 3, pp. 1–20, 2020, doi: 10.1007/s42452-020-2279-1.
- [3] S. L. Logunov, T. S. Ahmadi, M. A. El-Sayed, J. T. Khoury, and R. L. Whetten, "Electron dynamics of passivated gold nanocrystals probed by subpicosecond transient absorption spectroscopy," *J. Phys. Chem. B*, vol. 101, no. 19, pp. 3713–3719, 1997, doi:org/10.1021/jp962923f.
- [4] C. Burda, X. Chen, R. Narayanan, and M. A. El-Sayed, "Chemistry and properties of nanocrystals of different shapes," *Chem. Rev.*, vol. 105, no. 4, pp. 1025–1102, 2005, doi:org/10.1021/jp207447c
- [5] M. A. Bratescu, S.-P. Cho, O. Takai, and N. Saito, "Size-Controlled Gold Nanoparticles Synthesized in Solution Plasma," *J. Phys. Chem. C*, vol. 115, no. 50, pp. 24569–24576, Dec. 2011, doi: 10.1021/jp207447c.
- [6] F. Wang, R. Tang, H. Yu, P. C. Gibbons, and W. E. Buhro, "Size-and shape-controlled synthesis of bismuth nanoparticles," *Chem. Mater.*, vol. 20, no. 11, pp. 3656–3662, 2008, doi:org/10.1021/cm8004425
- [7] M. F. Al-Hakkani, "Biogenic copper nanoparticles and their applications: A review," *SN Appl. Sci.*, vol. 2, no. 3, p. 505, 2020, doi:org/10.1007/s42452-020-2279-1.
- [8] A. Majdalawieh, M. C. Kanan, O. El-Kadri, and S. M. Kanan, "Recent advances in gold and silver nanoparticles: synthesis and applications," *J. Nanosci. Nanotechnol.*, vol. 14, no. 7, pp. 4757–4780, 2014, doi:org/10.1166/jnn.2014.9526.
- [9] N. Iki, "Silver nanoparticles," *Anal. Sci.*, vol. 34, no. 11, pp. 1223–1224, 2018, doi:org/10.2116/analsci.highlights1811.
- [10] J. H. Nam and P. Bruggeman, "Effect of the pH on the Formation of Gold Nanoparticles Enabled by Plasma-Driven Solution Electrochemistry," *Plasma Process. Polym.*, p. e2400140, 2024, doi:org/10.1002/ppap.202400140.
- [11] E. Navarro et al., "Toxicity of silver nanoparticles to *Chlamydomonas reinhardtii*," *Environ. Sci. Technol.*, vol. 42, no. 23, pp. 8959–8964, 2008, doi:org/10.1021/es801785m.
- [12] Y. Zhao, S. Li, Y. Zeng, and Y. Jiang, "Synthesis and properties of Ag/ZnO core/shell nanostructures prepared by excimer laser ablation in liquid," *APL Mater.*, vol. 3, no. 8, 2015, doi:org/10.1063/1.4928287
- [13] J. B. Wang, C. Y. Zhang, X. L. Zhong, and G. W. Yang, "Cubic and hexagonal structures of diamond nanocrystals formed upon pulsed laser induced liquid–solid interfacial reaction," *Chem. Phys. Lett.*, vol. 361, no. 1–2, pp. 86–90, 2002, doi:org/10.1016/S0009-2614(02)00871-0.
- [14] I. Khan, K. Saeed, and I. Khan, "Nanoparticles: Properties, applications and toxicities," *Arab. J. Chem.*, vol. 12, no. 7, pp. 908–931, 2019, doi :org/10.1016/j.arabjc.2017.05.011.
- [15] S. E. McNeil, "Nanotechnology for the biologist," *J. Leukoc. Biol.*, vol. 78, no. 3, pp. 585–594, 2005, doi:org/10.1189/jlb.0205074.
- [16] X. Zheng et al., "Laser-induced growth of monodisperse silver nanoparticles with tunable surface plasmon resonance properties and a wavelength self-limiting effect," *J. Phys. Chem. C*, vol. 111, no. 41, pp. 14962–14967, 2007, doi:org/10.1021/jp074583b.
- [17] M. Fang, W.-M. Zeisberg, C. Condon, V. Ogryzko, A. Danchin, and U. Mechold, "Degradation of nanoRNA is performed by multiple redundant RNases in *Bacillus subtilis*," *Nucleic Acids Res.*, vol. 37, no. 15, pp. 5114–5125, 2009, doi:org/10.1093/nar/gkp527.
- [18] G. Chen, J. Seo, C. Yang, and P. N. Prasad, "Nanochemistry and nanomaterials for photovoltaics," *Chem. Soc. Rev.*, vol. 42, no. 21, pp. 8304–8338, 2013, doi:org/10.1039/C3CS60054H
- [19] J. Jeevanandam, A. Barhoum, Y. S. Chan, A. Dufresne, and M. K. Danquah, "Review on nanoparticles and nanostructured materials: history, sources, toxicity and regulations," *Beilstein J. Nanotechnol.*, vol. 9, no. 1, pp. 1050–1074, 2018,

doi.org/10.3762/bjnano.9.98

- [20] Y. Kim, J. H. Han, B. H. Hong, and Y. Kwon, "Electrochemical synthesis of CdSe quantum-dot arrays on a graphene basal plane using mesoporous silica thin-film templates," *Adv. Mater.*, vol. 22, no. 4, pp. 515–518, 2010, doi:org/10.1002/adma.200902736.
- [21] N. Liu, G. Fang, W. Zeng, H. Long, and X. Zhao, "Giant enhancement of field emission from selectively edge grown ZnO–carbon nanotube heterostructure arrays via diminishing the screen effect," *J. Phys. Chem. C*, vol. 115, no. 29, pp. 14377–14385, 2011, doi:org/10.1021/jp204724t.
- [22] T. Bhuvana and G. U. Kulkarni, "Highly conducting patterned Pd nanowires by direct-write electron beam lithography," *ACS Nano*, vol. 2, no. 3, pp. 457–462, 2008, doi:org/10.1021/nn700372h.
- [23] S. Eustis, D. Wang, S. Lyapustina, and K. H. Bowen, "Photoelectron spectroscopy of hydrated adenine anions," *J. Chem. Phys.*, vol. 127, no. 22, 2007, doi:org/10.1063/1.2806033.
- [24] N. A. Al-Jubbori and M. A. Al-Jubbori, "Preparation and study of some physical properties of copper nanoparticles by pulsed laser ablation in liquids technique," *J. Educ. Sci.*, vol. 31, no. 2, pp. 105–113, 2022, doi: 10.33899/edusj.2022.133494.1229.
- [25] S. N. Rashid, K. A. Aadim, and A. S. Jasim, "Silver Nanoparticles Synthesized by Nd: YAG Laser Ablation Technique: Characterization and Antibacterial Activity," *Karbala Int. J. Mod. Sci.*, vol. 8, no. 1, pp. 71–82, 2022, doi: 10.33640/2405-609X.3210.
- [26] M. Skiba, J. Zaporozhets, and V. Vorobyova, "Gold nanoparticles with natural polymer synthesized by plasma–liquid interactions: Size-control, characterization and colorimetric detection of melamine based on the size effect of gold nanoparticles," *Nano-Structures & Nano-Objects*, vol. 37, p. 101113, 2024, doi:10.2777/76945.
- [27] .S. Baturay, A. Tombak, D.Kaya, Y.S., Ocak, M., Tokus, M. Aydemir, and T., "Kilicoglu. Modification of electrical and optical properties of CuO thin films by Ni doping". *Journal of SolGel Science and Technology*, 78, pp.422-429. 2016.doi.org/10.1007/s10971-015-3953-4.
- [28] V. T. Lee, H. Sondermann, and W. C. Winkler, "Nano-RNases: oligo-or dinucleases?," *FEMS Microbiol. Rev.*, vol. 46, no. 6, p. fuac038, 2022, doi:10.1093/femsre/fuac038
- [29] J.G. Simmons "Conduction In Thin Dielectric Film" *Journal of Physics D: Applied Physics*, Vol.4.No.5 ,pp. 613-630 .1971. DOI 10.1088/0022-3727/4/5/202
- [30] R. K. Goyal, "Nanomaterials and Nanocomposites, Synthesis, Techniques, and Applications, Properties, Characterization." Taylor & Francis Group CRC, 2018, doi:org/10.1201/9781315153285.
- [31] V. Harish, M . M. Ansari, D. Teari, and A. B. Yadav, "Cutting-edge advances in tailoring size, shape, and functionality of nanoparticles and nanostructures: A review," *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.*, vol. 149, p. 105010, 2023, doi:org/10.1016/j.jtice.2023.105010
- [32] C. Pandit, S. Banerjee, S. Pandit, and D. Lahiri , "Recent advances and challenges in the utilization of nanomaterials in transesterification for biodiesel production," *Heliyon*, vol. 9, no. 4, 2023, doi:org/10.1016/j.heliyon.2023.e15475
- [33] H. Lu, S. Y. Tang, G. Yun, H. Li, and Y. Zhang, "Modular and Integrated Systems for Nanoparticle and Microparticle Synthesis—A Review," *Biosensors*, vol. 10, no. 11, pp. 1–34, 2020, doi: 10.3390/BIOS10110165.

تحضير جسيمات الفضة النانوية لطاقتين (300 و 500) باستعمال ليزر النديم: يوم ياك (Nd:YAG laser)

نور عطاالله الجبوري⁽¹⁾، مشتاق عبد داود الجبوري⁽²⁾، عياد الهادي الزوام⁽³⁾

(1) شعبة السلامة والأمن الكيمياوي والبايولوجي والاشعاعي , رئاسة الجامعة الموصل
(2) قسم الفيزياء، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة الموصل، الموصل، العراق
(3) قسم الفيزياء كلية العلوم جامعة طرابلس. ليبيا

المستخلص

إنّ الهدف من البحث : هو تحضير جسيمات الفضة النانوية التركيب باستخدام طريقة الاستئصال بالليزر النبضي في السائل (PLAL) ، إذ تعدّ هذه الطريقة طريقة غير تقليدية و سريعة ونظيفة وغير سامة وذات ثبات طويل، وذلك باستعمال ليزر نبضي (Q-switched)، (Nd: YAG 1064) (نانومتر) وبطاقتي استئصال (300, 500 mJ) ولعدد من النبضات (50, 100, 150, 200) نبضة، وعملية الاستئصال بالليزر تمت عند درجة حرارة الغرفة، وتم ذلك من خلال غمر المعدن في ماء منزوع الأيونات (الماء المقطر). وبعد تحضير المحاليل بحجم (5 ملم) ، إذ لاحظنا التغير في لون الماء المقطر منزوع الأيونات مع زيادة عدد النبضات، وهذا يعد مؤشراً جيداً على إنتاج جسيمات الفضة النانوية هو تغير لون المحلول من الاصفر الباهت إلى الأصفر الداكن. وقد تم تحليل الخصائص الفيزيائية عن طريق الفحص المجهر (TEM) : المجهر الإلكتروني النافذ عند نبضة (200 Pulse) ، وتبين من خلال هذا الفحص أنّ هنالك جسيمات نانوية للمحاليل المحضرة للفضة. وكما أظهرت نتائج صور ال (TEM) أنّه بوجود الطاقتين (300, 500 mJ) تم الحصول على جسيمات فضة نانوية كروية الشكل، ومن خلال هذه الصور تم قياس أقطار هذه الجسيمات النانوية بواسطة برنامج (ImageJ) تبين أنّ نطاق توزيع القطر يكون بين (4.41 نانومتر -42.87 نانومتر) والتي تركزت تقريباً عند (18.13) نانومتر للفضة، وعند طاقة ليزر 500 mJ، كان نطاق توزيع القطر بين (3.12 نانومتر -26.60 نانومتر) والتي تركزت تقريباً عند (16.67) نانومتر للفضة.