

تأثير الأشعة السينية X-Ray في معدلات سرعة القشط (V_D و V_B) لكاشف

الأثر النووي CR-39

ديمن نوزاد جبار¹، احمد عبد ابراهيم²، خليل ابراهيم محمد³

^{1,2} قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة كركوك، كركوك، العراق.

³ قسم الفيزياء، كلية التربية-الحويجة، جامعة كركوك، كركوك، العراق.

¹Demanawzad1992@gmail.com, ²dean.ahmed2017@uokirkuk.edu.iq,

³Khalil69phy@uokirkuk.edu.iq

الملخص

يهدف البحث الى دراسة تأثير الاشعة السينية X-ray على عدد من المعلمات كاشف الاثر النووي CR-39 المشع بجسيمات الفا منها اقطار الاثار، ومعدل القشط العام ومعدل نمو قطر الاثر. تم تعريض الكواشف الى الاشعة السينية بفولتية 5 kV وتيار 0.01 mA لازمان مختلفة (0.5-2.5) h بفاصل 0.5 h قبل التشعيع بجسيمات الفا وبعده بطاقة 2.5 MeV من مصدر امريشيوم ²⁴¹Am. فقد وجد أن استجابة الكاشف في حالة التعريض (X-ray+Alpha) اكبر مما في حالة (Alpha+X-ray) بالمقارنة مع حالة القياسية المشعة بجسيمات الفا فقط. كذلك وجد أن اقطار الاثار ومعدل القشط العام يزدادان مع تقدم زمن التعريض للأشعة السينية للحالتين كليهما، قبل التشعيع بجسيمات الفا وبعدها.

الكلمات الدالة : كاشف الاثر النووي CR-39؛ جسيمات الفا؛ الاشعة السينية؛ معدل القشط العام.

DOI: <http://doi.org/10.32894/kujss.2020.15.3.5>

Effect of the X-Ray on the Etch Rate Velocities (V_B and V_D) of the Nuclear Track Detector CR-39

Diman Nawzad Jabar¹, Ahmed Abed Ibrahim², Khalil Ibrahim Mohammed³

^{1,2} Physics Department, College of Science, Kirkuk University, Kirkuk, Iraq.

³ Physics Department, College of education-Hawija, Kirkuk University, Kirkuk, Iraq.

¹Demanawzad1992@gmail.com, ²dean.ahmed2017@uokirkuk.edu.iq,

³Khalil69phy@uokirkuk.edu.iq

Abstract

The paper aims to study the effect X-Ray on different parameters of the nuclear track detector CR-39 irradiated with alpha particle. The parameters are tracks diameter, the Bulk etch rate, Track diameter growth rate. The detectors were exposed to X-Ray of voltage 5 kV and current 0.01 mA for different periods of time (0.5-2.5) h with step 0.5 h before and after irradiation with alpha particles of energy 2.5MeV emitted from ²⁴¹Am source. It was found that the detector response in the case of irradiation with (X-ray+Alpha) is greater than that in the case (Alpha+X-ray) as compared to the slandered one irradiated with alpha particles only. It was also found that the track diameters and the bulk etch rate increase with the progress of the exposure time to X-ray for both cases, before and after irradiation with alpha particles.

Keywords: Nuclear track detector CR-39; Alpha particles; X-Ray; Bulk etch rate.

DOI: <http://doi.org/10.32894/kujss.2020.15.3.5>

1. المقدمة:

اكتشفت كواشف الاثر النووي الصلبة (SSNTDs) من قبل العالم D.Young في عام 1985 [1]. تمتاز الكواشف النووية الصلبة بفعاليتها على الاحتفاظ بتأثير الجسيمات المشحونة المؤينة على شكل ضرر دائم في التركيب الداخلي لمادة الكاشف لفترة طويلة تحت ظروف اعتيادية [2]. يعد كاشف CR-39 من اهم الكواشف العضوية التي لا تحتوي على النيتروجين [3] وهو عبارة عن تركيب هايدروكربوني عشوائي الترتيب الصيغة الجزيئية له $(C_{12}H_{18}O_7)$ ، ويمتاز الكاشف بتجانس مادته وتمائل خواصه وشفافيته وحساسيته العالية [4]. لا يمكن لكواشف الاثر النووي الكشف عن الالكترونات او الاشعة كهرومغناطيسية ولكن يمكن ان تعد وسيلة لمعرفة تأثير الالكترونات واشعة كاما والاشعة السينية في استجابتها الطاقوية [5]. من تطبيقات كواشف الاثر النووي فهي تدخل في المجالات العلمية والتكنولوجية [6] وكذلك تستخدم في دراسة علم الارض والمجالات الطبية وفي علم فيزياء الفلك وعلم الفضاء وفي فيزياء البلازما. كواشف الاثر النووي تمتلك خواص ومميزات عديدة منها رخيص ثمنها وسهولة التعامل معها، الجرعة العالية من الاشعة الكهرومغناطيسية (UV, X, γ) لا تؤدي الى تكوين الاثار ولكن لها تأثيرات مهمة في الخواص الفيزيائية والكيميائية لمادة الكاشف [7]. هناك عديد من العوامل تتأثر بها كواشف الاثر النووي منها الامواج فوق الصوتية والمجالات الكهربائية ودرجات الحرارة العالية والجرعة العالية من الاشعاعات الكهرومغناطيسية ونوع المحلول القاشط وتركيزه والمحاليل المضافة اليه والزمن اللازم للقسط [8]. ان تأثير الاشعاع في البوليمرات يكون بنوعين اما التشابك او الانحلال، والتحلل الاشعاعي في البوليمر ناتج عن استخدام الاشعاعات الجسيمية او الكهرومغناطيسية تؤدي الى عمليات التآين والاثارة في ذرات البوليمر وهذه تؤدي الى انشطار السلسلة الرئيسية للبوليمر مكونة جذورا حرة، اما عملية التشابك تؤدي الى زيادة قوة البوليمر وصلابته. ان الاشعاع يؤدي الى زيادة التلف في جزيئات المادة التي تتفاعل معها وتحطيم الاواصر التي تربطها. ان تفاعل الاشعة السينية ذات الطاقة العالية نسبيا مع جزيئات الكاشف يشمل تحفيز وتآين الجزيئات ثم انبعاث الالكترونات بسرعة وإطئة نسبيا [9]. بعض التغيرات الفيزيائية التي تحدث في البوليمر نتيجة الاشعاع تؤدي الى تغير اللون او تغير الامتصاصية او تكون النواتج عديمة الذوبان او نواتج متشابكة [10]. ان تفاعل الجسيمات المشحونة مع البوليمرات تعتمد على مبدأ كولوم، ان مرور الجسيمات المشحونة عبر الكاشف تؤدي الى كسر الاواصر في السلسلة الرئيسية وتحلل بعض الجزيئات وتكون

الجنور الحرة (Formation of free radicals) [11]. يهدف البحث الى معرفة مدى تأثير اشعة السينية في كاشف الاثر النووي CR-39 قبل تشعيه بجسيمات ألفا وبعده، وايهما اكثر استجابة فضلا عن تأثيرات التي تحدث داخل البوليمر نتيجة تعرضه للأشعة السينية.

2. الجزء العملي:

في هذا البحث اخذت مجموعتين من كواشف CR-39 بأبعاد $(0.5 \times 0.5) \text{ cm}^2$ وكل مجموعة تتكون من 5 قطع من الكاشف، المجموعة الاولى تم تشعيها بجسيمات الفا المنبعثة من مصدر الامريشيوم ^{241}Am الساقطة عموديا على وجه الكاشف ذات طاقة 2.5 Mev لمدة دقيقة واحدة، وتم تعريضها للأشعة السينية ((RONTGENDERAT,X)) (RAY APPARATUS) الماني المنشأ) فولطية (5 KV) والتيار (0.01 mA) لأزمن تعريض (0.5-2.5) h بفارق نصف ساعة، اما المجموعة الثانية تجرى عليها نفس العملية السابقة نفسها ولكن بطريقة معكوسة ليكون تعريض اشعة السينية اولا ثم تشعيها بجسيمات الفا، وتركت قطعة من الكاشف CR-39 مشعة بجسيمات الفا دون تعريضها للأشعة السينية ليكون كاشف قياسي (Standard). تم قشط كل قطعة من المجموعتين باستخدام المحلول الكيميائي هيدروكسيد الصوديوم NaOH بعيارية 6.25N ووضع المحلول داخل اقداح زجاجية وتم وضعها في حمام مائي بدرجة حرارة $70 \pm 1^\circ \text{C}$ ، بعد كل فترة زمنية محددة للقشط يتم رفع قطعة الكاشف ويغسل بالماء ثم يجفف. ثم تبدأ المشاهدة المجهرية ونقل صور أقطار الاثار وسمكه بواسطة الكاميرا الرقمية الى الحاسوب مباشرة. حيث تم قياس سمك الكاشف قبل عملية القشط الكيميائي وبعدها، ومن فرق السمك قبل عملية القشط الكيميائي وبعدها Δh تم حساب معدل القشط العام (V_B) من العلاقة (1) للمجموعتين، ثم رسمت العلاقة بين V_B وزمن التعرض للأشعة السينية للمجموعتين. وايضا رسمت العلاقة بين اقطار الاثار وزمن القشط لكل حالة.

3. الحسابات:

3.1 سرعة القشط العام:

يتم ايجاد معدل القشط العام V_B بطريقة سمك الكاشف إذ يقاس سمك الكاشف قبل عملية القشط الكيميائي وبعدها

حسب المعادلة الاتية:

$$V_B = \frac{1 \Delta h}{2 \Delta t} \quad (1)$$

إذ ان مقدار التغير بسمك الكاشف (Δh) والتغير في زمن القشط الكيميائي (Δt) hr. ويقاس V_B بوحدات ($\mu\text{m/hr}$).

3.2 سرعة نمو قطر الاثر V_D :

هو معدل الزمني لزيادة أقطار الاثار المتكونة في الكاشف جراء قصفه بالجسيمات المشحونة نتيجة القشط الكيميائي،

ويمكن قياس V_D باستخدام العلاقة الآتية:

$$V_D = \frac{\Delta D}{\Delta t} \quad (2)$$

4. النتائج والمناقشة:

الاشكال (1-5) تمثل العلاقة بين اقطار الاثار μm (D) مع زمن القشط عند ازمان تعرض للأشعة السينية (0.5, 1, 1.5, 2 and 2.5)

وللحالات الثلاث أي قبل التعريض للأشعة السينية ($\text{Alpha}+\text{X-ray}$) وبعده ($\text{X-ray}+\text{Alpha}$) وكذلك للحالة القياسية (Alpha). نجد ان اقطار اثار جسيمات الفا للحالة ($\text{X-ray}+\text{Alpha}$) يعطي استجابة اكبر من

اقطار اثار جسيمات الفا لحالة ($\text{Alpha}+\text{X-ray}$) بالمقارنة مع الاقطار القياسية Standard وتحت الظروف القشبية

نفسها. ويكون اقطار الاثار الكاشف القياسي اقل من اقطار الاثار المعرضة لأشعة السينية لحالة ($\text{Alpha}+\text{X-ray}$)

والسبب في ذلك لان عند قصف جسيمة الفا على الكاشف ونفوذها فيه يؤدي الى تكسر السلسلة الرئيسية في البوليمر

وتكون هذه السلاسل ذات نهايات فعالة (جذور حرة)، ثم يتولد عدد جديد من الجذور الحرة. وعند تعرض الكاشف لأشعة

السينية في حالة ($\text{Alpha}+\text{X-ray}$) تؤدي الى تهيج جزيئات البوليمر ثم تفككها الى جذور حرة وهذا التهيج يصاحبه

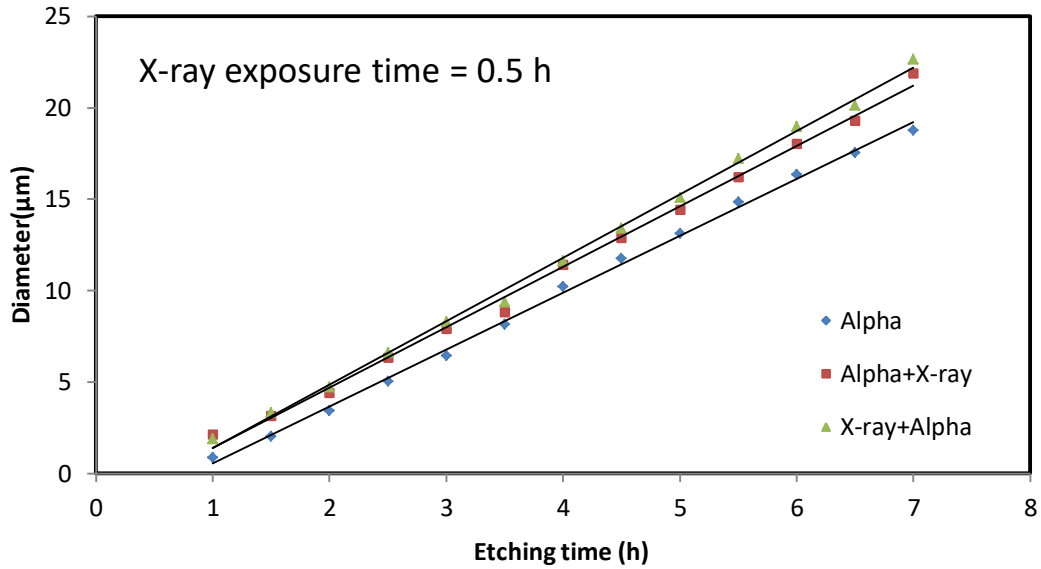
انبعاث الكترولونات وهذه الإلكترونات تنتج ايونات اكثر من خلال مهاجمتها لجزيئات اخرى وبعد ذلك تحدث عملية اعادة

ترتيب بين الجزيئات المحفزة والالكترونات، وان هذا الترتيب يسهل عملية القشط الكيميائي ذلك تكون اقطار الاثار الكاشف

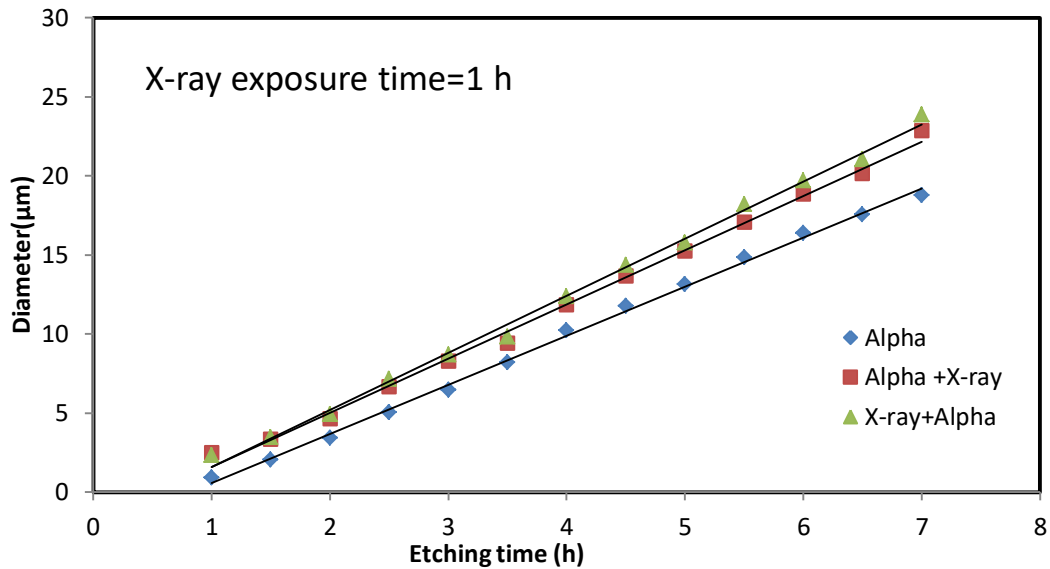
القياسي اقل من اقطار الاثار المعرضة لأشعة السينية [12]. بتشجيع الكواشف المعرضة لأشعة السينية بجسيمات ألفا أي

في حالة ($\text{X-ray}+\text{Alpha}$) تُضاف طاقة إضافية أخرى كبيرة للمناطق التي تسقط عليها الجسيمات تعمل على كسر

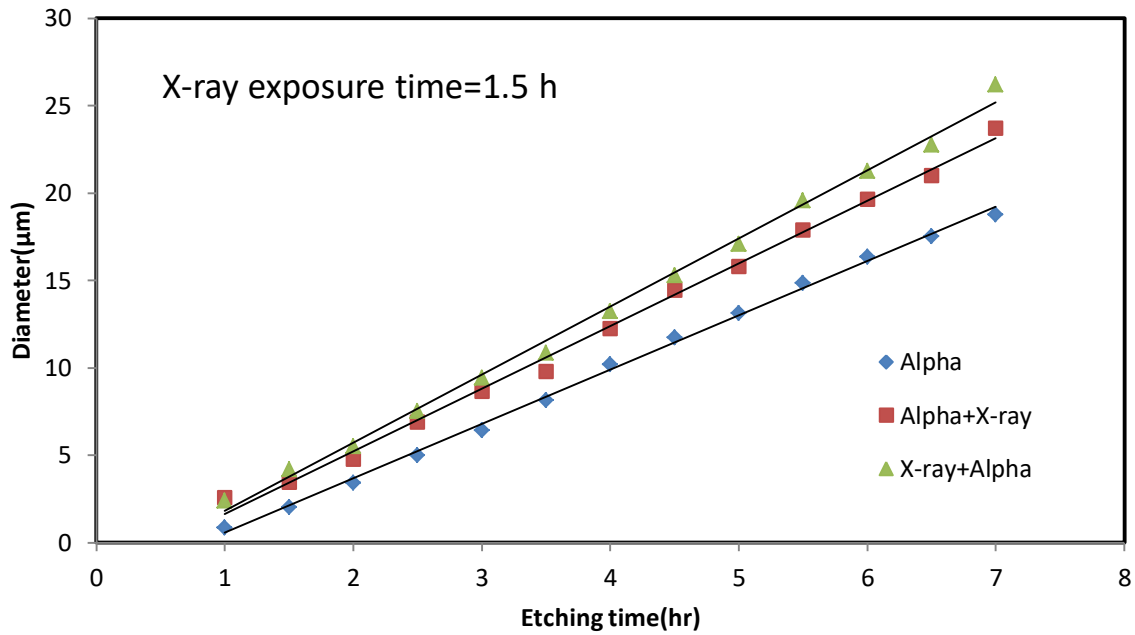
أواصر إضافية وتكوين جذور حرة أكثر على طول مسارها في الكاشف، وبذلك تعمل على زيادة إضافية للطاقة الكامنة للمناطق التي تسقط عليها الجسيمات [13].



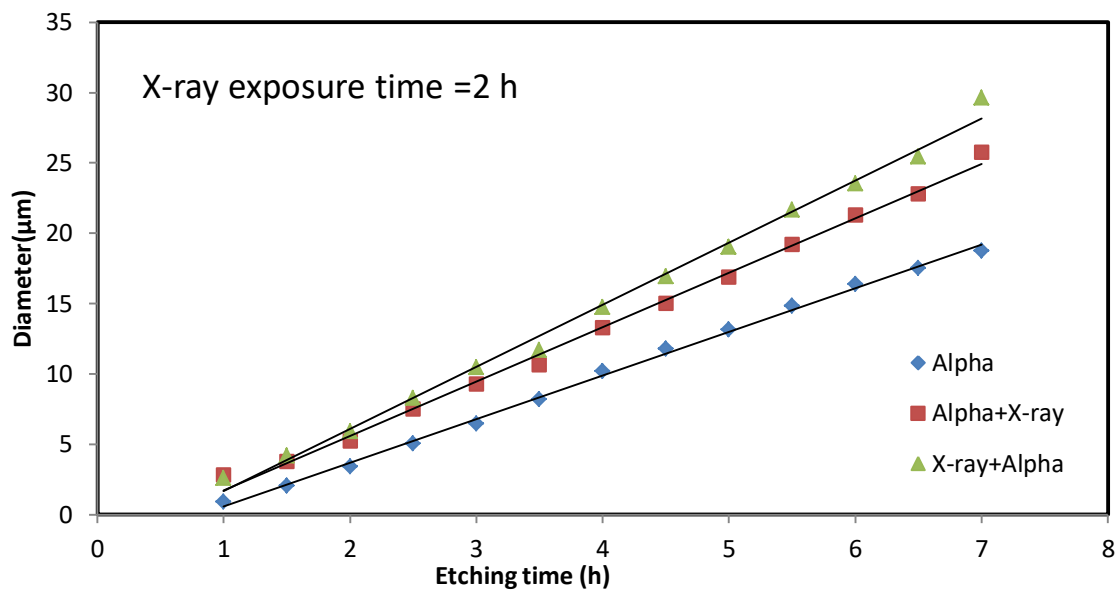
شكل 1: يمثل علاقة تغير اقطار الاثار مع زمن القشط عند زمن التعرض للاشعة السينية 0.5 h.



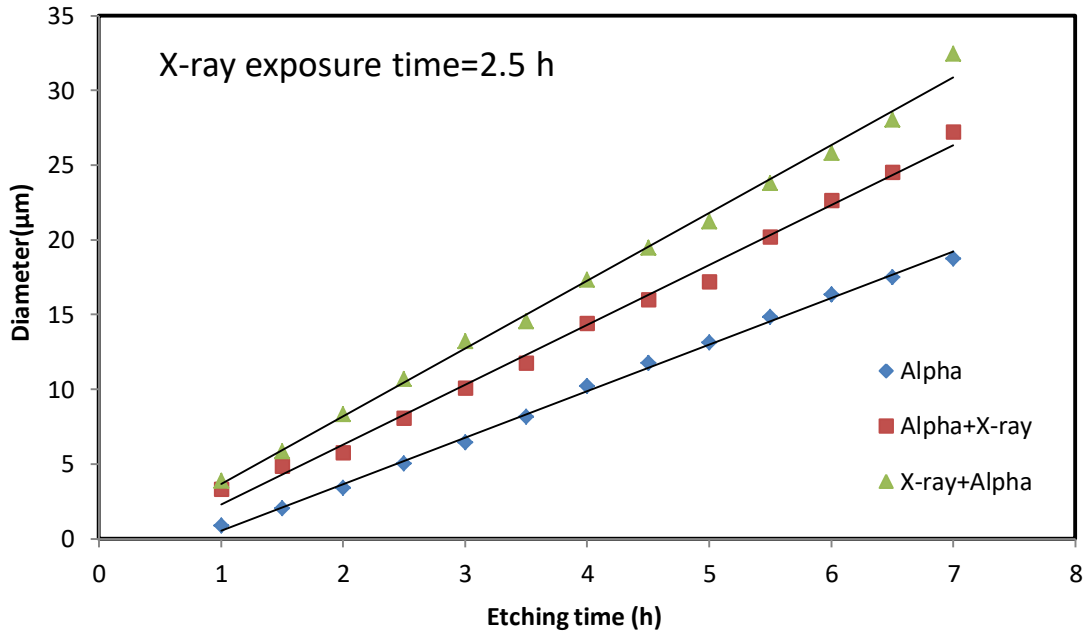
شكل 2: يمثل علاقة تغير اقطار الاثار مع زمن القشط عند زمن التعرض للاشعة السينية 1 h.



شكل 3: يمثل علاقة تغير اقطار الاثار مع زمن القشط عند زمن التعرض للاشعة السينية 1.5 h.

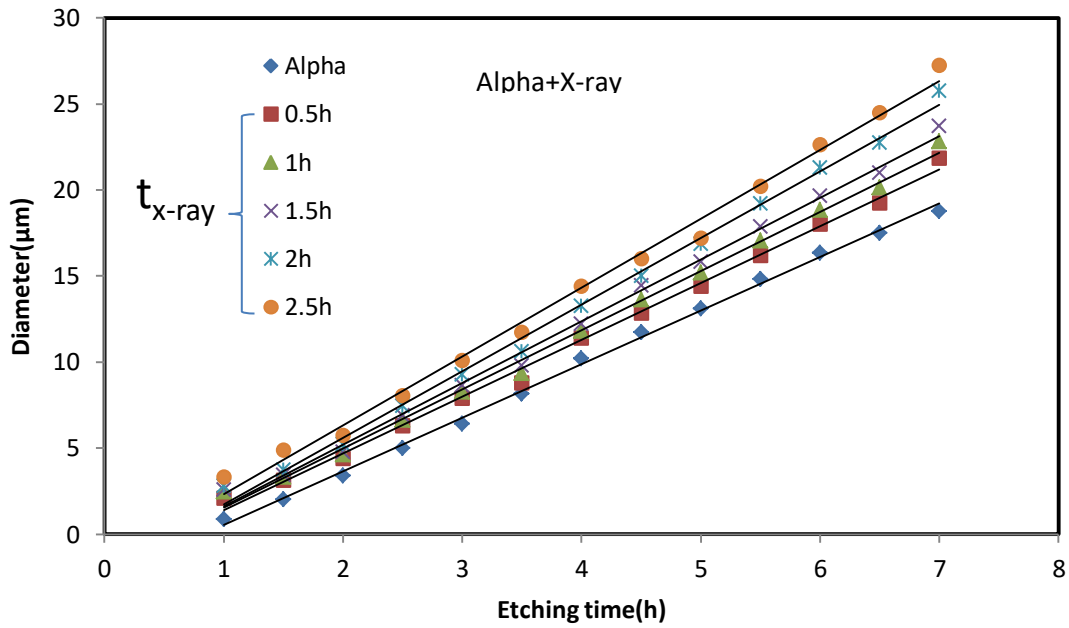


شكل 4: يمثل علاقة بين تغير اقطار الاثار مع زمن القشط عند زمن التعرض للاشعة السينية 2 h.

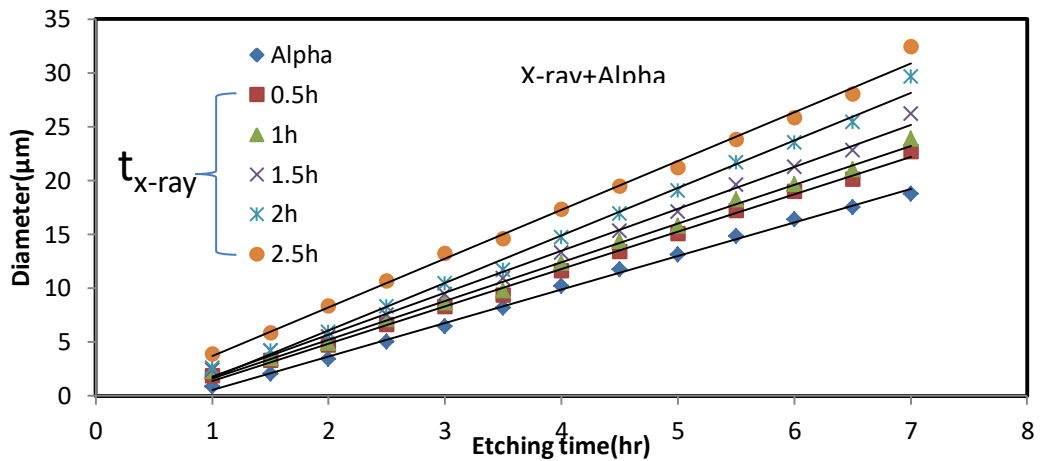


شكل 5: يمثل علاقة تغير اقطار الاثار مع زمن القشط عند زمن التعرض للاشعة السينية 2.5 h.

الشكلان 6 و 7 يمثلان علاقة اقطار الاثار مع زمن القشط نلاحظ عند زيادة زمن التعرض للاشعة السينية يزداد قطر الأثر، أي ان الزيادة في قطر الاثر تكون قليلة عند زمن نصف ساعة لكن عند زمن التعرض ساعتين تكون كبيرة نسبيا، و نلاحظ ايضا ان استجابة الكاشف لحالة (X-ray+Alpha) اكبر من حالة (Alpha+X-ray) لان بتشيع الكواشف المعرضة لأشعة السينية بجسيمات الفا (X-ray+Alpha) تضاف طاقة إضافية أخرى تعمل على كسر أوامر اضافية وتكوين جذور حرة أكثر على طول المسارها، وتعمل على إنتاج ضرر أكبر في الكاشف (13).



شكل 6: يمثل علاقة تغير اقطار الاثار مع زمن القشط عند ازمان التعريض المختلفة لحالة (Alpha+X-ray).



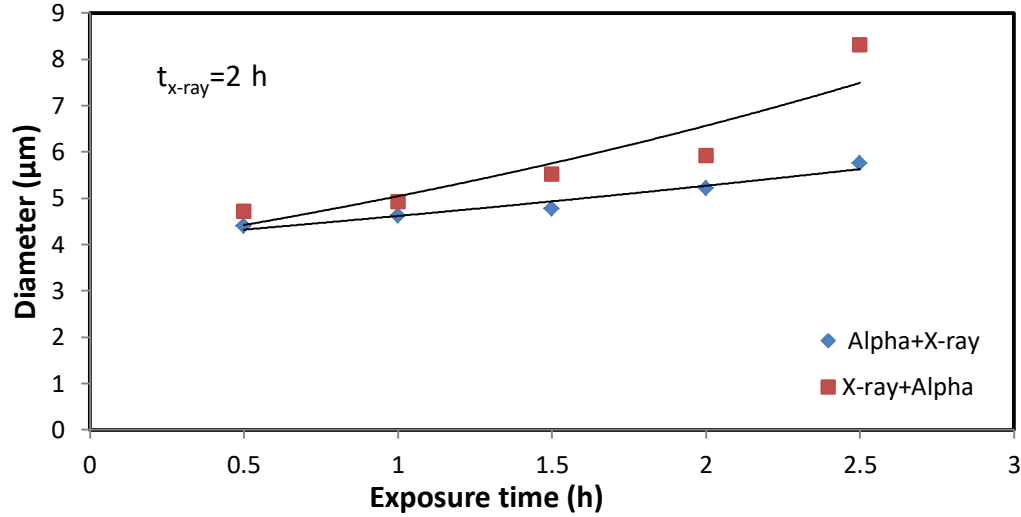
شكل 7: يمثل علاقة تغير اقطار الاثار مع زمن القشط عند ازمان التعريض المختلفة لحالة (X-ray+Alpha).

اما الشكلين 8 و 9 يمثل علاقة اقطار الاثار مع زمن التعرض للأشعة السينية، فقد وجد ان اقطار الاثار تزداد

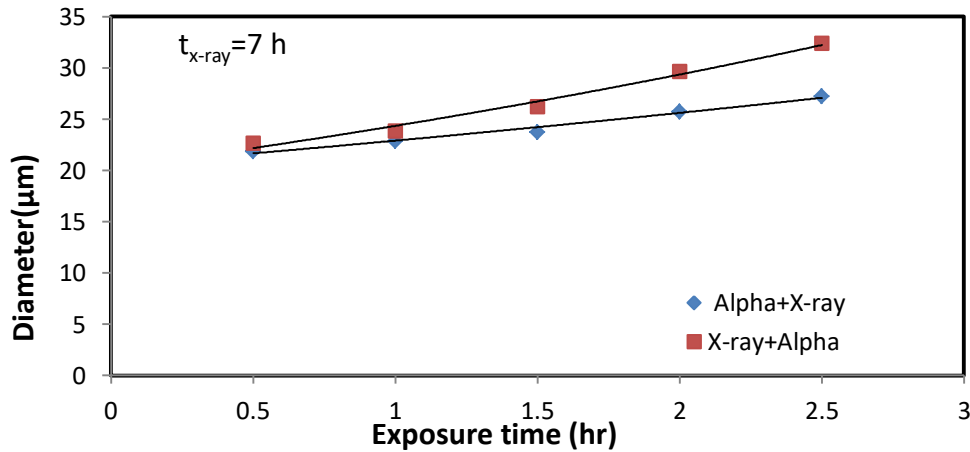
بازدياد زمن التعريض للأشعة السينية عند زمن القشط ثابت، أي ان اقطار الاثار تتناسب طرديا مع زمن التعرض للأشعة

السينية، الا ان هذه الزيادة تزداد كلما كان زمن التعرض أكثر، أي أن الزيادة تكون اقل لازمان اقل من ساعة وتزداد

لازمان تعرض أكبر، استجابة حالة (X-Ray+Alpha) اكبر من حالة (Alpha+X-Ray).

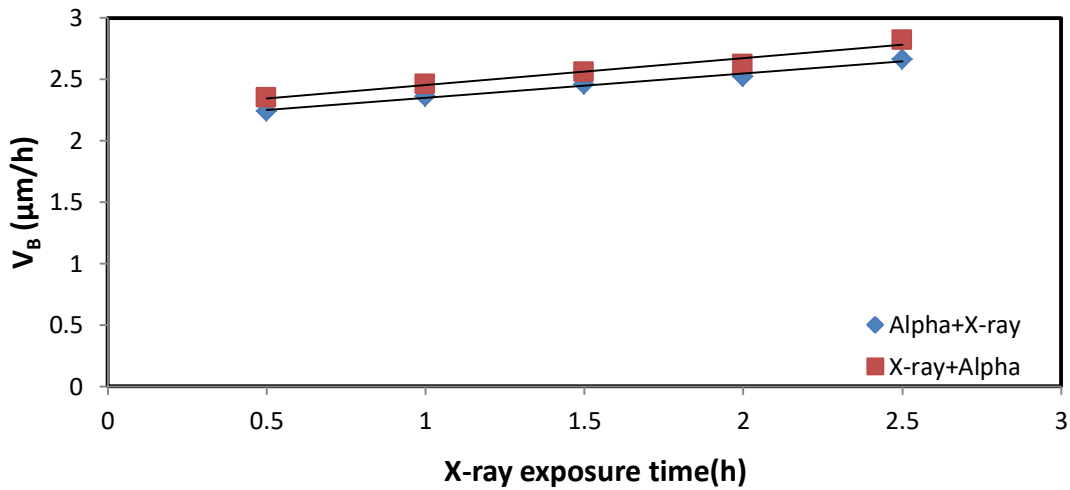


شكل 8: يمثل علاقة تغير اقطار الاثار مع زمن التعرض للأشعة السينية عند زمن القشط 2 h.



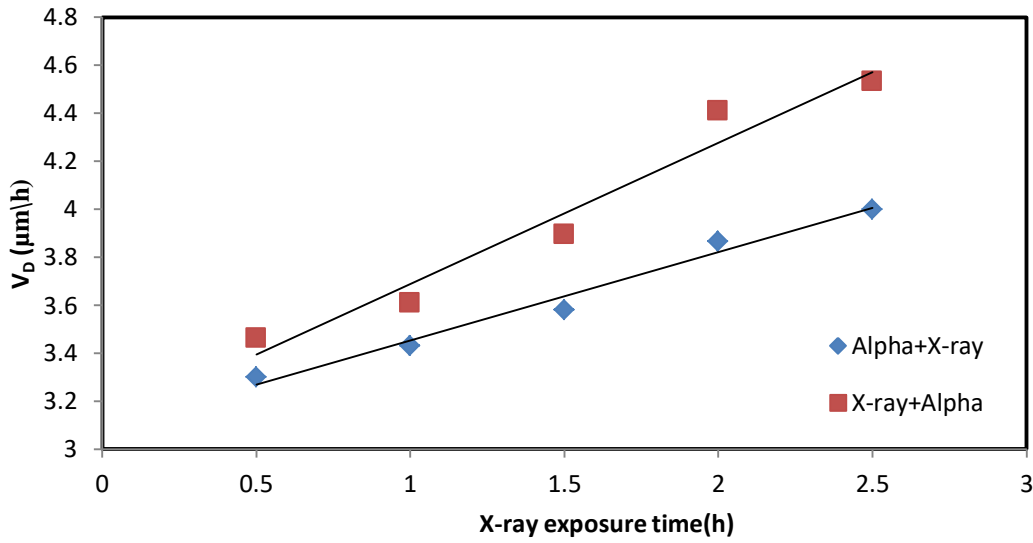
شكل 9: يمثل علاقة بين اقطار الاثار مع زمن التعرض لأشعة السينية عند زمن القشط 7 h.

الشكل 10 يمثل علاقة معدل القشط العام V_B مع زمن التعرض للأشعة السينية عند زمن القشط 7 hr (7) يبين ان معدل القشط العام لحالة (X-Ray + Alpha) استجابته اكبر من حالة الثانية (Alpha + X-Ray) اي تزداد سرعة القشط العام بزيادة زمن التعرض للأشعة السينية السبب ناتج عن زيادة في عمليات التحلل جراء القشط الكيميائي يؤدي الى تكوين جذور حره وسلاسل قصير مما يؤدي الى اكتسابها طاقة اضافية وزيادة التناثر فيما بينها، كلما زادت زمن التعرض للأشعة السينية يؤدي الى زيادة في عمليات التحلل ومن ثم زيادة في معدل القشط العام V_B [14]



شكل 10: تمثل علاقة معدل القشط العام V_B مع زمن التعرض للأشعة السينية عند زمن القشط 7 h.

يلاحظ في الشكل 11 ان معدل نمو قطر الاثر (V_D) للحالة (X-ray+Alpha) هو اكبر مما في الحالة (Alpha+X-ray) وهما اكبر مما في الحالة القياسية بدون تعرض الكاشف للأشعة السينية وهذا يعني ان الاشعة السينية تؤثر بشكل ايجابي في الكاشف وتزداد من استجابته للجسيمات المشحونة.



شكل 11: تمثل علاقة نمو قطر الاثر (V_D) مع زمن التعريض للأشعة السينية.

أما الشكل 12 فإنه يمثل صوراً لبعض الآثار الناتجة في الكاشف للحالات الثلاث Alpha و Alpha+X-ray و

X-ray+Alpha لأزمان القشط 2 h و 7 h إذ يمكن ملاحظة الزيادة في اقطار الآثار عند التعرض للأشعة السينية.

5. الاستنتاجات:

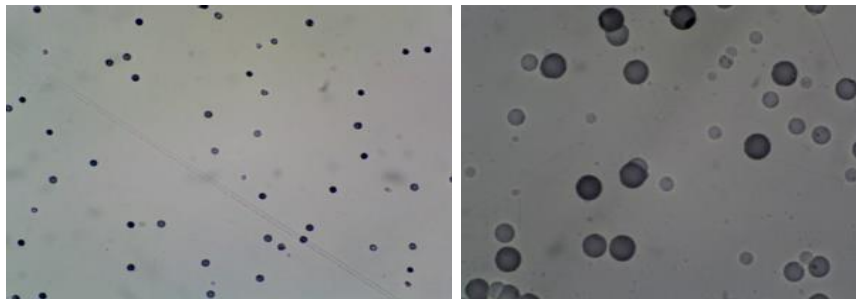
من النتائج التي تم الحصول عليها لوحظ ان استجابة الكاشف عند تعريضه للأشعة السينية أولاً ثم جسيمات الفا (X-

ray+Alpha) اكبر من حالة تشعيع الكاشف بجسيمات الفا ثم تعريضه للأشعة السينية (Alpha+X-ray) وان اقطار

الآثار وكذلك معدل القشط العام يزدادان بزيادة زمن التعرض للأشعة السينية، أي ان معدل القشط العام واقطار الآثار

يتناسبان طردياً مع زمن التعرض لأشعة السينية.

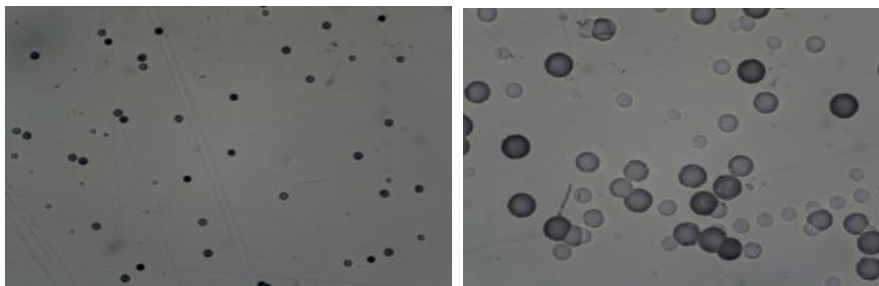
Alpha / A



t=2h

t=7h

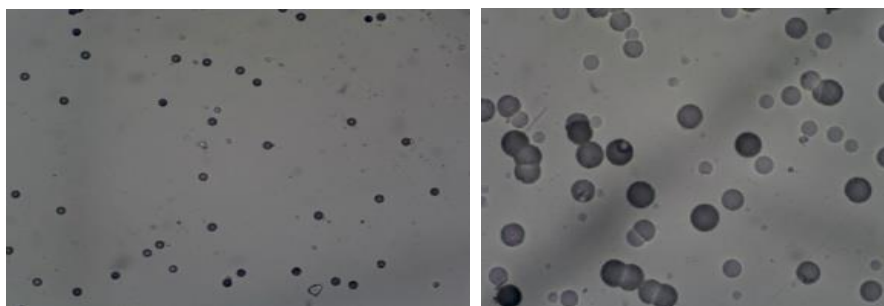
Alpha+X-ray / B



t=2h

t=7h

X-ray+Alpa / C



t=2h

t=7h

شكل 12: صور الاثار الناتجة في الكاشف للحالات الثلاث لزماني القشط 2h و 7h عند زمن التعريض للأشعة

السينية 2 h.

المصادر:

- [1] D. A. Young, "*Etching of Radiation Damage in Lithium Fluoride*", Nature, 128, 375 (1958).
- [2] S. H. S. Al – Nia'emi, "*Effect of electromagnetic radiation on the properties of nuclear track detector CR-39 and building of the electrochemical etching system*" Ph.D. Thesis, College of Science, University of Mosul (1998).
- [3] L. A. S. Pereira, C. A. T. Sáenz, C. J. L. Constantino, E. A. C. Curvo, A. N. C. Dias, C. J. Soares, & S. Guedes, "*Micro-Raman spectroscopic characterization of a CR-39 detector*" Applied spectroscopy, 67(4), 404 (2013).
- [4] Nada M. Hassan, Ahmed A. Ibrahim, "*Effect of Heat Treatment on Bulk Etch Rate Activation Energy of CR-39 Detector* ", Kirkuk University Journal, 11(4), 1 (2016) (in Arabic).
- [5] M. Sadowski, E. M. Al-Mashhadani, A. T. Szydlowski, T. Czyzewki, L. Glowacka M. Jaskola, C. Rolfs, and M. Wielunski, "*Comparison of responses of CR-39 and PM-355 Track detectors to fast protons, deuterons and 4He ions with energy range 0.2-4.5 MeV* ", Radiation Measurements, 25(1-4), 175 (1999).
- [6] S. Manzoor, S. Balestra, M. Cozzi, M. Errico, G. Giacomelli, M. Giorgini, & V. Popa, "*Nuclear track detectors for environmental studies and radiation monitoring*", Nuclear Physics B-Proceedings Supplements, 172, 92 (2007).
- [7] Wathab Hazim Yousif , "*Study The Recording Characteristics and Etchant on CR-39 Nuclear Track Detector by Using Some Chemical Solutions* " M.Sc. thesis, Department of physics, College of Science, Kirkuk University, Iraq (2018) (in Arabic).

- [8] S. Singh, A. Neerja, "*The effect of gamma-irradiation on the activation energy of bulk and track etching in CR-39 plastic track detector*", Radiation measurement, 42, 1507 (2007).
- [9] Suzan Bahadden Mohammad, "*Finding of Optimum Etching Condition for Nuclear Track Detector CR-39 and the Effect of Laser*" M.Sc. Thesis, Department of physics, College of Science, Kirkuk University, Iraq (2014). .(in Arabic).
- [10] Ammar A. A. Al-Battawy, Khalid Ali, Amer H. Ali, "*Effect The Variation of X-Rays Voltage Tube on the Etching Parameters of CR-39 Nuclear Track Detector* ", 3rd International Advances in College of Science, University Baghdad, 2251, (2009). (in Arabic) .
- [11] J. Rojas-Herrera, H. G. Rinderknecht, A. B. Zylstra, M. Gatu Johnson, D. Orozco, M. J. Rosenberg, H. Sio, F. H. Seguin, J. A. Frenje, C. K. Li, and R. D. petrasso "*Impact of x-ray dose on the response of CR-39 to 1–5.5 MeV alphas* ", Plasma Science and Fusion Center, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts 02139, USA, 86, 033501 (2015).
- [12] Ammar A. A. Al-Battawy, "*Effect of the X-Ray Exposure Time on the Nuclear Track Detector CR-39*" , Tikrit Journal of Pure Science, 14(1), 124 (2009). (in Arabic).
- [13] Yasir Y. Kasim , "*Bulk Etch Rate of CR-39 Track Detector Exposed to Gamma Dose Using D-Le Method* ", Jordan Journal of Physics , 8(4), 217 (2015).(in Arabic).
- [14] Yasir Y. Kasim , "*Formulation of an experimental equation for variation of the general etch rate of the CR-39 nuclear detector with etching time and radiation dose* ", Journal of Education and Science , 23(43), 120 (2010).(in Arabic).