

دراسة إمكانية استخدام النفاذية الضوئية في تقدير كثافة آثار جسيمات ألفا المتشكلة على الكاشف CR-39

حسام العامري¹ ، يوسف أبو علي² ، محمد حسن عبيد³

1. جامعة دمشق، كلية العلوم، قسم الفيزياء.

2. جامعة دمشق، كلية العلوم، قسم الفيزياء.

3. هيئة الطاقة الذرية السورية، قسم الوقاية والأمان، دمشق، ص. ب. 6091

الملخص:

في هذا البحث، حُدِّت كثافة آثار جسيمات ألفا على كواشف CR-39 بأقل زمن وجهد ممكنين. حيث عُرِضت عينات متماثلة من الكاشف CR-39 لمصدر ألفا بأزمنة مختلفة ومن ثم نُمِشت العينات كيميائياً وعدت آثار جسيمات ألفا المتشكلة باستخدام المجهر الضوئي. إضافة لذلك، قيست نفاذية هذه الكواشف باستخدام مطيافية UV-Vis في المجال الطيفي (400-1000 nm) ووجد أن النفاذية تتخفّض بازدياد زمن التشعيع. جرى بعدها ربط نفاذية الكواشف بكثافة الآثار والحصول على منحنى المعايرة، ودرس تأثير تركيز الآثار وزمن التنميش على نفاذية الكواشف.

الكلمات المفتاحية: النفاذية الضوئية، آثار جسيمات ألفا، الكاشف CR-39، مطيافية UV-VIS

تاريخ الإيداع: 2022/12/4

تاريخ الموافقة: 2023/1/23



حقوق النشر: جامعة دمشق -

سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق

النشر بموجب الترخيص

CC BY-NC-SA 04

Studying the possibility of using the optical transmittance to estimation density of the alpha particle tracks on CR-39 detector

Hossam Alameri¹, Yousef Abou-Ali²
Muhammad Hassan Obeid³

1. Damascus University, Faculty of Science, Department of Physics.

2. Damascus University, Faculty of Science, Department of Physics.

3. Syrian Atomic Energy Commission, Department of Protection and Safety, Damascus, P.O. Box 6091

Received :2022/12/4

Accepted:2023/1/23



Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Abstract:

In this research, the alpha particle tracks density on CR-39 detectors was determined in minimum time and effort. Identical samples of CR-39 were irradiated for different irradiation times by an alpha source and chemically etched and the tracks counted using an optical microscope. In addition, the transmittance of these detectors was measured using UV-Vis spectroscopy in the spectral range of (400 - 1000 nm) and found that the transmittance is decreasing with increasing irradiation time. Then, the transmittance of the detectors was correlated with tracks density and obtained a calibration graph as well as the effect of tracks concentration and etching time on the transmittance detectors was studied.

Keywords: Transmittance, Tracks Of Alpha Particles, CR-39 Detector, UV-VIS Spectrophotometer.

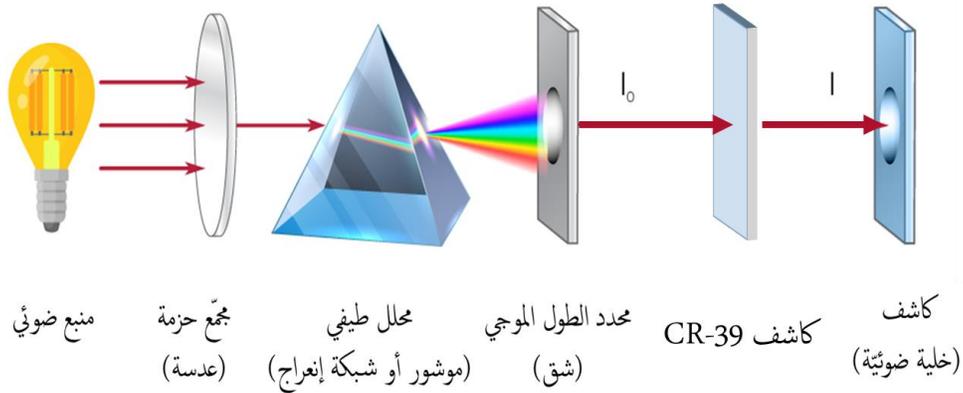
المقدمة:

تعد كواشف الحالة الصلبة النووية (Solid State Nuclear Track Detectors, SSNTDS) من أهم الكواشف الحساسة لقياس نواتج التفاعلات النووية في البيئة. تعددت مجالات استخدام كواشف الأثر النووي بشكل كبير لما تمتلكه من خصائص وميزات، تم استخدام هذه الكواشف لعقود في مجموعة واسعة من التخصصات. ومن أكثر هذه الكواشف شيوعاً هو الكاشف البوليمري بولي أليل ديغليكول كربونات (Poly Allyl Diglycol Carbonate, PADS) والمعروف تجارياً باسم CR-39 نظراً للخصائص والمميزات التي يمتلكها ودرجة عالية من الوضوح الضوئي. ويستخدم في الكثير من التطبيقات والعديد من المجالات منها استخدامه في قياس تراكيز اليورانيوم والرادون، وكما يستعمل في الكشف عن الجسيمات المشحونة كالبروتونات وجسيمات ألفا والأيونات الثقيلة وكذلك في تسجيل الأشعة الكونية. لذلك اجريت أبحاث عديدة حول الكاشف CR-39 [1-4]. حاول الكثير من العلماء تكريس بحوثهم لفهم آليات تشكل الأثر في كواشف الأثر النووي، فدرست المعاملات الرئيسية التي تتحكم في تشكل الأثر [5] ودرست المميزات الضوئية للأثار النووية على الكاشف CR-39 [6] و معدل تمشيش سطح هذا الكاشف [2] وكذلك قياس الانعكاس المنتظم وغير المنتظم والنفاذية لهذه الكواشف باستخدام مقياس طيفي [7]. بالإضافة لذلك، وضعت برامج حاسوبية لدراسة الاثر النووي الناتج وكيفية تطوره ودراسة متغيراته. فقد وضع نموذج حاسوبي لتبعثر الضوء من خلال أثر جسيم ألفا [8] وبرنامج حاسوبي يسمى TRACK-TEST لحساب معلمات الأثر [9] وجرى تطوير برنامج حاسوبي لدراسة الضوء المتبعثر من مجموعة آثار جسيمات ألفا في كاشف CR-39 [10]. قديماً جرت دراسة الأثار المحفورة في كواشف SSNTDS باستخدام المجاهر الضوئية وكانت الاجراءات تستغرق وقتاً طويلاً. بسبب الاستخدام الواسع لهذه الكواشف فقد أجريت محاولات عديدة لإيجاد أنظمة عد باستخدام عدادات الشرارة (Spark counting system) أو استخدام أنظمة تعتمد على المجاهر الضوئية أو الإلكترونية، نشر العديد من المقالات التي تصف تقانات أكثر تطوراً لتقدير كثافة الأثار عن طريق الانعكاس الكلي للضوء عن الأثار المحفورة [6، 11] وجرى تحديد كثافة الأثار على الكاشف CR-39 باستخدام مضاعف ضوئي [12] وتطوير حساس ضوئي (CRFOS) لمراقبة بصرية عبر الانترنت لإشعاعات ألفا الصادرة من Th^{232} باستخدام الكاشف CR-39 [13] وتطوير حساس ضوئي FOS عبر الانترنت لمراقبة إشعاعات ألفا الصادرة من Am^{241} باستخدام الكاشف CR-39 [14].

في هذا البحث، تم استخدام المطيافية الضوئية UV-vis كجهاز لتحديد آثار الجسيمات المشحونة الثقيلة المتشكلة على سطح الكاشف CR-39 بأقل زمن وجهد ممكنين، وذلك بالقيام بقياس النفاذية الضوئية للكواشف المتعرضة. من أجل ذلك، جرى دراسة أطياف النفاذية الضوئية للكواشف البلاستيكية CR-39 المشععة وغير المشععة بجسيمات ألفا.

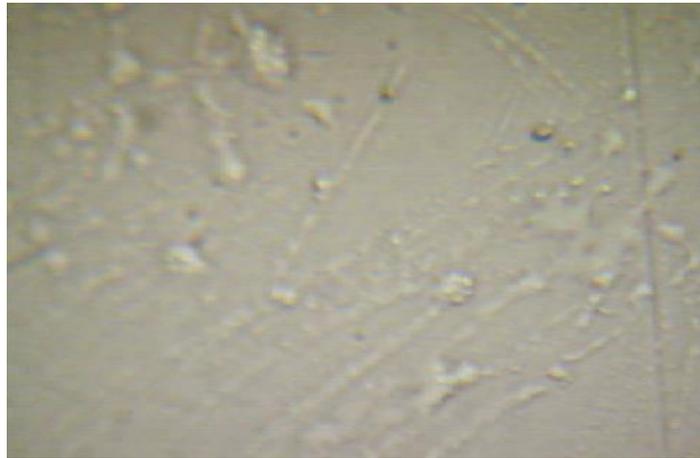
العمل التجريبي:

استخدمت الكواشف البلاستيكية من النوع CR-39 من إنتاج شركة Pershore البريطانية حيث جرى قصها بأبعاد (1×1 cm) باستخدام جهاز قص ليزري طراز USBKZI (Shanghai Sihao Machinery Equipment co. ltd, Shanghai, China) ومن ثم قسمت إلى 8 مجموعات ورمزت كما يلي: $G_8, G_7, G_6, G_5, G_4, G_3, G_2, G_1, 9$ ، في كل مجموعة ثلاثة كواشف. جرى قياس النفاذية الضوئية لهذه الكواشف قبل تشعيها باستخدام مطيافية UV-Vis (SPECORP PLUS 210)، تستطيع هذه المطيافية قياس النفاذية والامتصاصية ضمن المجال الطيفي 185-1200 nm، توفر المطيافية إمكانية اختيار قياس محدد الطول الموجي (0.2/0.5/1/2/4 nm) في المجال الطيفي (400 – 1000 nm) كما هو واضح في الشكل 1.



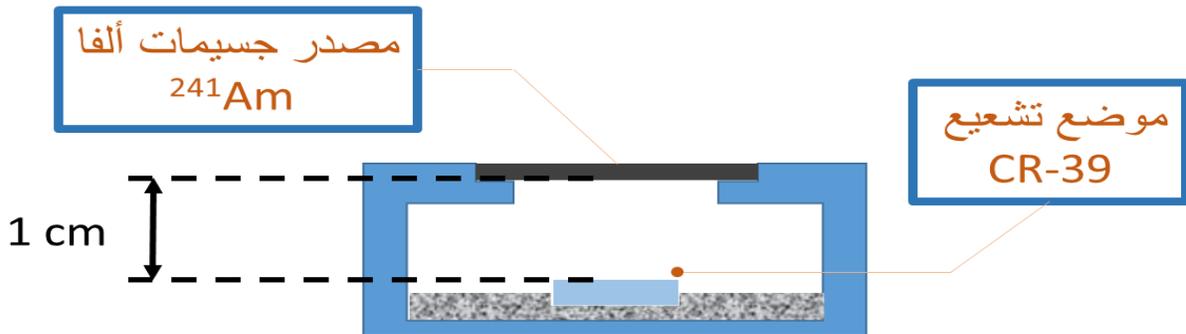
الشكل 1: مخطط تمثيلي لمسار الحزمة الضوئية في المطيافية UV-Vis المستعملة في قياسات النفاذية الضوئية لكواشف CR-39.

يوضح الشكل 2 سطح الكاشف G₈ قبل التشعيع كما تم تسجيله بالواسطة الكاميرا المحلقة بالمجهر الضوئي.



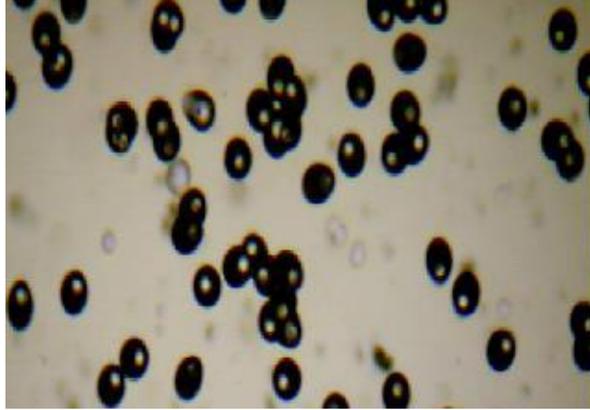
الشكل 2: شكل سطح الكاشف G₈ قبل التشعيع.

تركبت المجموعة الأولى G₁ بدون تشعيع (Blank) كعينة شاهد، في حين جرى تشعيع باقي المجموعات (G₂, ..., G₈) باستخدام حامل العينات الموضح بالشكل 3) بتعريضها لمصدر جسيمات ألفا (أمريشيوم ²⁴¹Am) نشاطه 500 Bq، وعلى مسافة 1 cm من المصدر، وذلك وبأزمنة تشعيع مختلفة (150, 300, 450, 600, 1050 1350, 1500 s).



الشكل 3: رسم هندسي يبين حامل العينات.

جرى بعد ذلك تمشيش سطح الكواشف في حمام مائي عند درجة الحرارة 70 درجة مئوية في محلول قلوي من هيدروكسيد الصوديوم (Na OH تركيزه 6.25 N بأزمنة تمشيش (1، 3، 4، 5 و 11 hour) لإظهار الآثار (الشكل 4) ومن ثم جرى تنظيف الكواشف بالماء المقطر لإزالة الشوائب. وجرى قياس نفاذية الكواشف بعد التشعيع والتتميش باستخدام مطيافية UV-Vis.

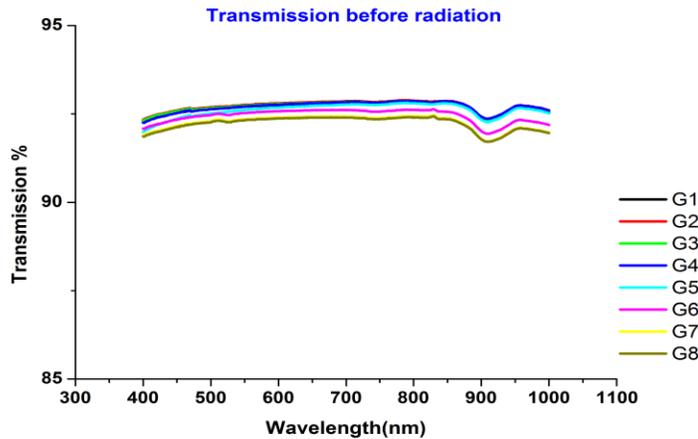


الشكل 4: يوضح شكل الآثار على سطح الكاشف بعد التشعيع والتتميش (شععت المجموعة G₈ بزمن 1500 s) كما تم تسجيله بالواسطة الكاميرا المحلقة بالمجهر الضوئي.

1. النتائج والمناقشة:

1.3. دراسة النفاذية قبل التشعيع

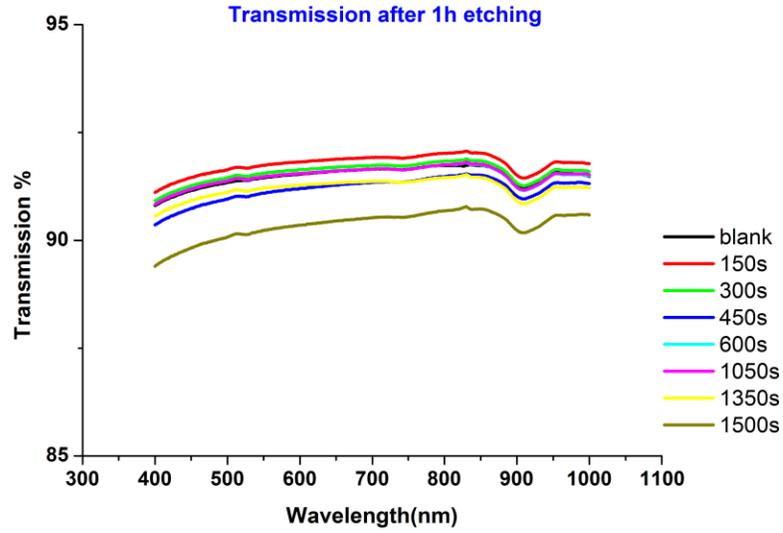
يبين الشكل 5، نتائج قياس نفاذية الكواشف البلاستيكية بدلالة طول الموجة قبل عملية التشعيع. يُلاحظ أن قيم النفاذية كانت متقاربة جداً لدرجة التطابق بالنسبة لجميع الكواشف، مما يؤكد تجانس مادة الكاشف التي اقتطعت منها الشرائح المدروسة.



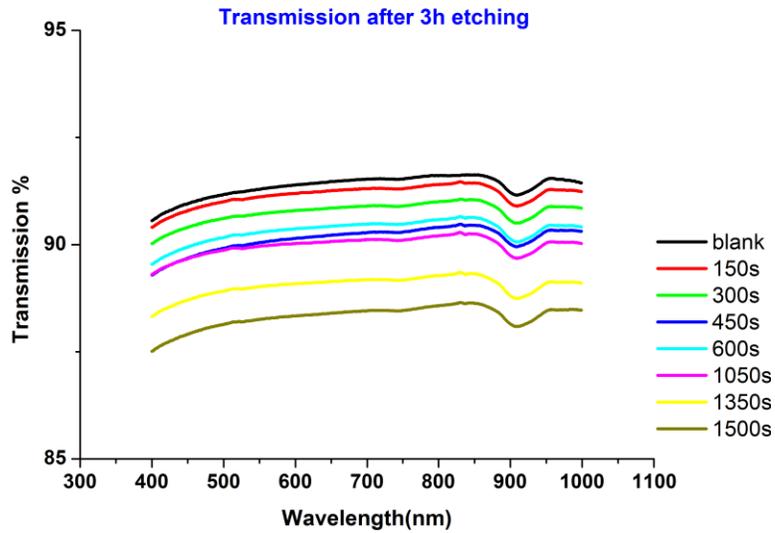
الشكل 5: نتائج قياس نفاذية الكواشف بدلالة طول الموجة قبل التشعيع.

2.3. دراسة النفاذية بعد التشعيع والتتميش

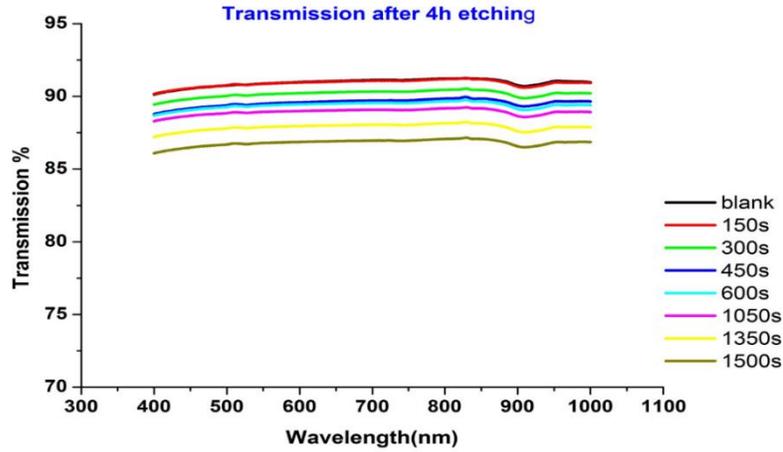
بعد القيام بعملية التشعيع جرى التمشيش الكواشف لمدة (1، 3، 4، 5 و 11 hour) وقيست نفاذيتها. تمثل الأشكال (6، 7، 8، 9 و 10) نفاذية الكواشف المشععة بأزمنة مختلفة بدلالة طول الموجة وعند أزمنة تمشيش مختلفة (1، 3، 4، 5 و 11 hour) على الترتيب.



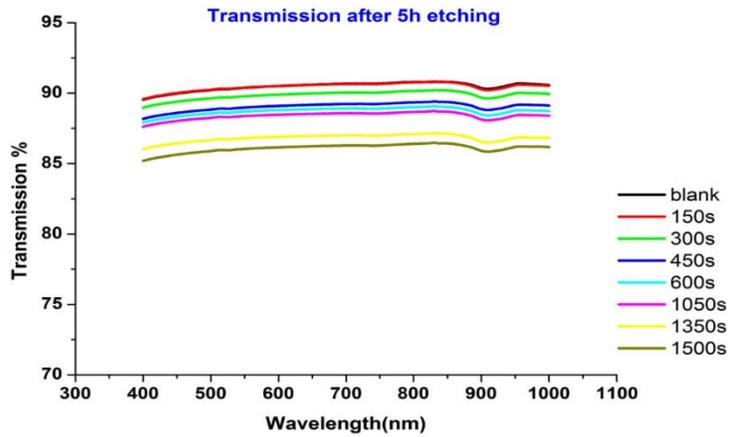
الشكل 6: نفاذية الكواشف بدلالة طول الموجة بعد التشعيع بأزمنة مختلفة والتنميش لمدة ساعة.



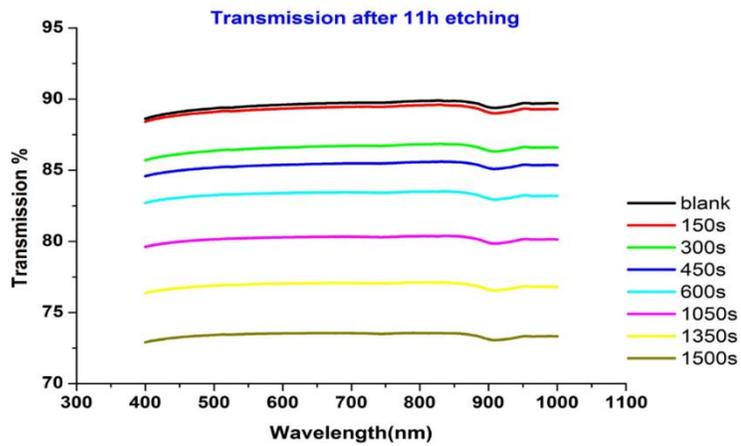
الشكل 7: نفاذية الكواشف بدلالة طول الموجة بعد التشعيع بأزمنة مختلفة والتنميش لمدة 3 ساعات.



الشكل 8: نفاذية الكواشف بدلالة طول الموجة بعد التشعيع بأزمنة مختلفة والتنميش لمدة 4 ساعات.

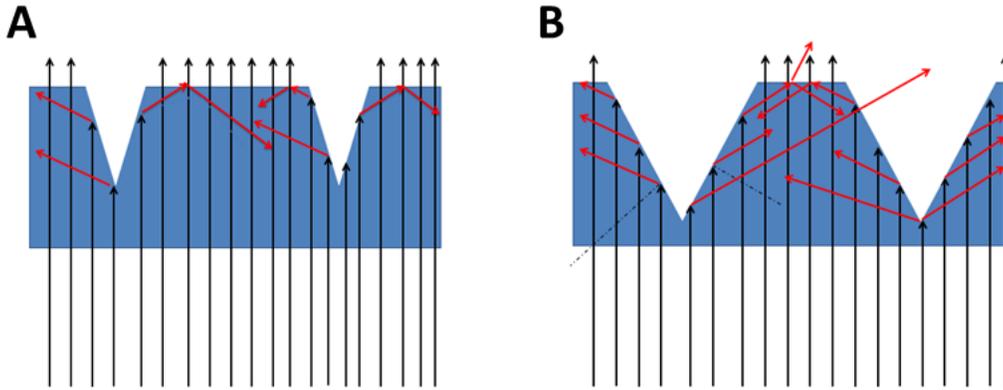


الشكل 9: نفاذية الكواشف بدلالة طول الموجة بعد التشعيع بأزمنة مختلفة والتنميش لمدة 5 ساعات.

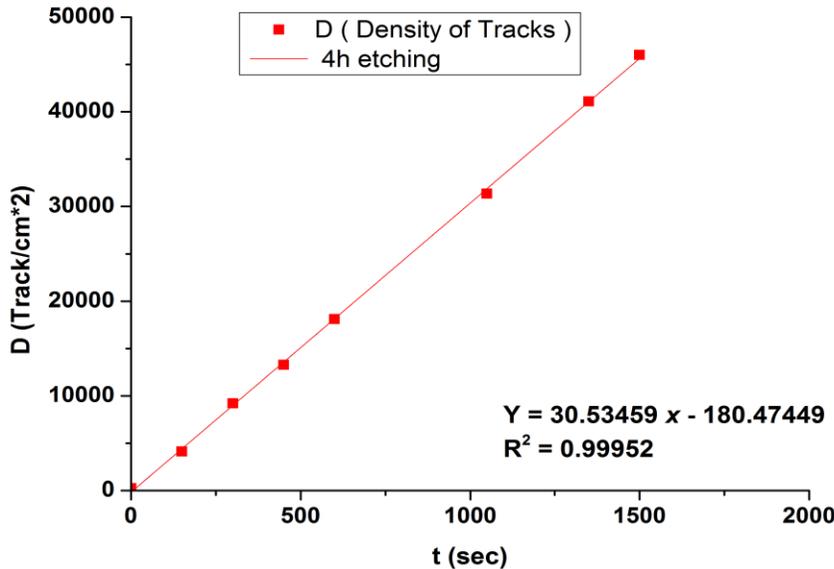


الشكل 10: نفاذية الكواشف بدلالة طول الموجة بعد عملية التشعيع بأزمنة مختلفة والتنميش لمدة 11 ساعات.

بمقارنة الأشكال من 6 إلى 10 تُلاحظ تناقص نفاذية الكواشف بعد التشعيع والتميش وذلك بسبب تشكل الآثار على سطح الكواشف. وكان التناقص في نفاذية الكواشف ضئيلاً عند عملية التتميش لأقل من 4 ساعات وذلك لصغر أبعاد الأثر (الأشكال 6 و 7)، و تتناقص النفاذية بشكل أكبر مع ازدياد زمن التشعيع والتميش (الأشكال 8-10). ويعزى ذلك لازدياد تركيز الآثار على سطح الكاشف وإلى الشكل المخروطي للأثر المتشكل والذي يسبب انعكاس كلي داخلي للضوء الوارد [8] كما هو واضح في الشكل 11. أي كلما ازداد عدد الآثار ازدادت الانعكاسات الكلية الداخلية للضوء مما يؤدي إلى انخفاض نفاذ الضوء من الكاشف. على اعتبار أن الغاية من العمل هي إيجاد طريقة لحساب كثافة الآثار بأقل زمن وجهد ممكنين، جرى اعتماد زمن تميش 4 ساعات. حيث جرى عد الآثار المتشكلة بواسطة المجهر الضوئي بتكبير (20x20) (الطريقة التقليدية) وتم رسم المنحني بين كثافة الآثار على سطح الكاشف وزمن التشعيع (الشكل 12).

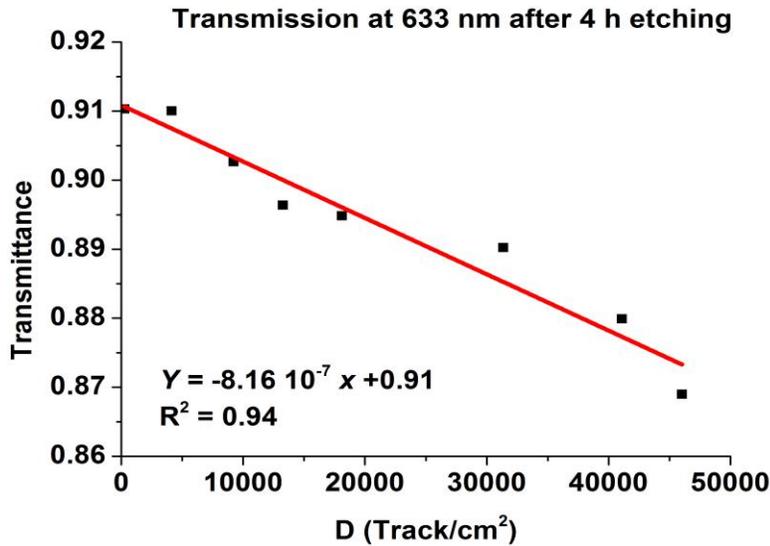


الشكل 11: رسم تمثيلي يوضح الانعكاس الكلي الداخلي للضوء خلال الآثار المتشكلة على سطح الكاشف CR-39. (A) الانعكاس عن الآثار بأنصاف أقطار صغيرة. (B) الانعكاس عن الآثار بأنصاف أقطار صغيرة.



الشكل 12: تغير كثافة الآثار على سطح الكاشف بدلالة زمن التشعيع.

نلاحظ من الشكل 12، إن تركيز الأثار على سطح الكاشف يتناسب طردياً مع زمن التشعيع ويعزى ذلك إلى زيادة تركيز جسيمات ألفا الساقطة على سطح الكاشف. وتكون الأثار مترابطة عند أزمنة تشعيع كبيرة. في حين يمثل الشكل 13 تغير النفاذية بدلالة تركيز الأثار عند الطول الموجي 633 nm (الليزر المستخدم في التجربة هو هليوم نيون ليزر) والذي يبين ارتباطاً خطياً متناقصاً للنفاذية بازدياد كثافة الأثار بمعامل ارتباط خطي جيد نسبياً؛ $R^2 = 0.94$. يمكن استخدام هذا المنحني كمنحني معايرة، من تحديد المعادلة المعبرة عن هذا المنحني ($Y = -8.16 \cdot 10^{-7} x + 0.91$) فيمكن حساب تركيز آثار جسيمات ألفا في الكواشف البلاستيكية من نوع CR-39 ضمن مجال التعريض المدروس.



الشكل 16: يبين منحني معايرة النفاذية كتابع لكثافة الأثار عند الطول الموجي 633 nm .

2. الخاتمة:

جرى في هذا البحث دراسة إمكانية الاستفادة من تغير الخواص الضوئية لكواشف CR-39 نتيجة تعريضها لجسيمات ألفا في تحديد تركيز آثار جسيمات ألفا المتشكلة على سطحها. حيث جرى تعريض كواشف CR-39 لمصدر ألفا، ومن ثم عولجت هذه الكواشف كيميائياً (تتميش) لإظهار الأثار وقيست نفاذية هذه الكواشف باستخدام المطيافية الضوئية UV-VIS في المجال (400-1000 nm)، ودرّس تغير نفاذية الكواشف بدلالة زمن التشعيع وقد أظهرت النتائج أن نفاذية الكواشف تتناقص مع ازدياد زمن التشعيع وجرى ربطها بكثافة الأثار من خلال منحني المعايرة. وأظهرت النتائج أن قياس نفاذية الكاشف CR-39 المشع عن طريق مقياس المطيافية الضوئية UV-VIS يوفر طريقة جيدة لقياس كثافة الأثار بأقل زمن وجهد ممكنين.

معلومات التمويل :

هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

3. المراجع:

- [1] Pereira, L.A.S., et al., Micro-Raman spectroscopic characterization of a CR-39 detector. Applied spectroscopy, 2013. 67(4): p. 404-408.
- [2] El Ghazaly, M. and N.M. Hassan, Characterization of saturation of CR-39 detector at high alpha-particle fluence. Nuclear Engineering and Technology, 2018. 50(3): p. 432-438.
- [3] Saad, A., et al., Ultraviolet radiation-induced modifications of the optical and registration properties of a CR-39 nuclear track detector. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 2015. 359: p. 131-136.
- [4] El Ghazaly, M. and H. Hassan, Spectroscopic studies on alpha particle-irradiated PADC (CR-39 detector). Results in Physics, 2014. 4: p. 40-43.
- [5] Nikezic, D. and K. Yu, Formation and growth of tracks in nuclear track materials. Materials Science and Engineering: R: Reports, 2004. 46(3-5): p. 51-123.
- [6] Nikezic, D. and K. Yu, Optical characteristics of tracks in solid state nuclear track detectors studied with ray tracing method. Nucl. Track Detect. Des. Meth. Appl, 2009: p. 177-195.
- [7] Traynor, N.B., et al., Cr-39 (padc) reflection and transmission of light in the ultraviolet–near-infrared (uv–nir) range. Applied spectroscopy, 2018. 72(4): p. 591-597.
- [8] Nikezic, D. and K. Yu, Analyses of light scattered from etched alpha-particle tracks in PADC. Radiation measurements, 2008. 43(8): p. 1417-1422.
- [9] Nikezic, D. and K. Yu, Computer program TRACK_TEST for calculating parameters and plotting profiles for etch pits in nuclear track materials. Computer Physics Communications, 2006. 174(2): p. 160-165.
- [10] Nikezic, D. and K. Yu, Light scattering from an assembly of tracks in a PADC film. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, 2009. 602(2): p. 545-551.
- [11] Nikezic, D., et al., Application of the ray tracing method in studying α tracks in SSNTDs. Radiation measurements, 2005. 40(2-6): p. 375-379.
- [12] Abumurad, K.M., A.M. Ismail, and H. Abu-Safia, A photometry method for measuring tracks density on SSNTDs. Radiation measurements, 2005. 40(2-6): p. 303-306.
- [13] Kulkarni, A., et al., Online optical monitor of alpha radiations using a polymeric solid state nuclear track detector CR-39. Sensors and Actuators B: Chemical, 2012. 161(1): p. 697-701.
- [14] Joshirao, P.M., et al., Development of optical monitor of alpha radiations based on CR-39. Applied radiation and isotopes, 2013. 81: p. 184-189.