تأثير زمن التعرض للأشعة السينية على كاشف الأثر النووي CR-39

عمار عبد عبدالله البطاوي

قسم الفيزياء ، كلية التربية ، جامعة تكريت ، تكريت ، العراق

(تاريخ الاستلام: / /٢٠٠٧ ، تاريخ القبول: / /٢٠٠٧)

الملخص:

درس تأثير الأشعة السينية بأزمان تعرض مختلفة على أقطار آثار جسيمات الفا وسرعة نمو الآثار وزمن ظهورها باستخدام كاشف الأثر النووي CR-39. وجد أن زيادة زمن التعرض للأشعة السينية يحسن المعلمات المذكورة. إن حساسية الكاشف للتعرض للأشعة السينية المسبوق بالتشعيع بجسيمات ألفا هي أفضل مما لحالة تشعيع ألفا اللاحق. كما لعب سمك الكاشف دوراً واضحاً في استجابته ، فالكاشف الرقيق يستجيب أفضل من الكاشف السميك.

المقدمة:

هنالك العديد من العوامل البيئية التي تؤثر على استجابة كواشف الأثر النووي منها الأمواج فوق الصوتية والمجال الكهربائي والايونات الخفيفة ودرجات الحرارة والضغط القوي والجرع العالية من الأشعة الكهرومغناطيسية وكذلك وجود الأوكسجين فضلا عن تركيز ودرجة حرارة المحلول القاشط وإضافة المحاليل الكيميائية إلى المحلول القاشط وظروف الخزن والرطوبة ونوعية المحلول القاشط وغيرها[1-6] . كما توجد عوامل خاصة بالكاشف نفسه تؤثر على حساسية الكاشف النووية ، مثل نقاوة المونمر والتركيب الجزيئي للبوليمر وظروف البلمرة فضلا عن مقاومة التأكسد. ويمكن أن تكون بعض العوامل المذكورة في أعلاه قبل أو أثناء أو بعد التشعيع بالجسيمات المشحونة ، وبعضها قد يؤدي إلى تحسين كل من ظروف القشط وحساسية الكواشف النووية[4-6].

لقد اتسعت وتعددت مجالات استخدام كواشف الأثر النووي بشكل كبير لما تمتلكه من خصائص وميزات منها سهولة الاستعمال و أنها لا تحتاج إلى مصدر قدرة وتحتفظ بالآثار ودقيقة النتائج[7-8] ، أن هذه الخصائص أدت إلى استخدامها بشكل كبير في الكثير من المختبرات ومن قبل العديد من الباحثين في مجالات تطبيقية مختلفة. وان من بين الأشعة الكهرومغناطيسية التي استخدمت في الدراسات السابقة والتي تؤثر بشكل واضح على حساسية الكواشف النووية هي أشعة الليزر[6,9-11] والأشعة فوق البنفسجية[3,6] وأشعة كاما[12-14].

إن الهدف من هذه الدراسة هو معرفة مدى تأثير التعرض للأشعة السينية قبل وبعد التشعيع بجسيمات الفا على استجابة الكاشف CR-39 وكذلك معرفة تأثير سمك الكاشف في هذه الاستجابة وذلك من اجل الحصول على معلومات يمكن أن تفيد الباحثين في وضع تفسيرات علمية واقعية لما يحدث داخل البوليمر نتيجة تعرضه للأشعة السينية.

الجزء النظري:

الكواشف الصلبة للأثر النووي:

تختلف أجهزة الكشف عن الأشعة النووية باختلاف نوع الإشعاع والتأثير الذي يحدثه في هذه الكواشف. فمنها الكواشف الغازية والعداد الوميضي وكواشف أشباه الموصلات وتعتبر هذه الكواشف جيدة للكشف عن جسيمات الفا، ومنها كذلك الكواشف الصلبة للأثر النووي وهي التقنية المستخدمة في هذه الدراسة. وهذه الكواشف هي مواد لها القابلية على خزن تأثير الإشعاع المؤين لفترة زمنية طويلة نسبيا على شكل تلف في تركيبها الداخلي والذي يمكن إظهاره أو مشاهدته تحت المجهر الضوئي بطريقة تعرف بالقشط الكيميائي وإن المناطق التالفة بتأثير الإشعاع المؤين تظهر قابلية على التفاعل السريع مع بعض المحاليل الكيميائية [15]. أما المناطق غير التالفة بسبب عدم مرور الإشعاع المؤين خلالها فتكون بطيئة التفاعل مع تلك المحاليل. لذا فان المحلول الكيمائي يخترق المناطق المشعة بسرعة اكبر محدثا حفرة يزداد عمقها ويتسع قطرها مع زيادة الزمن الذي يتفاعل فيه المحلول مع مادة الكاشف. أما كيفية تكون الأثر فقد وضعت عدة نظريات لتفسير تكون الأثر ولعل من أهم هذه النظريات هي نظرية وخزة الانفجار الأيوني والمقترحة من قبل Fleischer التي أوضحت أن الجسيمات المشحونة المؤينة عند مرورها في المادة فإنها تكون منطقة ذات تركيز عالي من الايونات الموجبة علما إن زمن إعادة اتحاد الايونات الموجبة مع الالكترونات يكون طويلا نسبيا بحدود 10^{-13} sec مقارنة بزمن اهتزاز الشبيكة وان هذه الايونات تضرب وبشدة الكترونات الذرات المتصادمة الواقعة حول المناطق المجاورة لمسارها فتنتج منطقة اسطوانية مليئة بالايونات الموجبة والتي تتنافر مع بعضها البعض بفعل القوى الكهروستاتيكية. فإذا كانت قوة التنافر اكبر من قوة تجاذب ذرات المادة الصلبة فإنه يحدث تشوه في الشبيكة مخلفا وراءه قلبا اسطوانيا فارغا يمكن مشاهدته بالمجهر[16].

تفاعل الأشعة السينية مع البوليمرات:

إن الكاشف البوليمري يتكون من ذرات الكاربون والهيدروجين والأوكسجين المترابطة مع بعضها بأواصر تساهمية، وهذا النوع من الأواصر يتفكك إلى جذور حرة أو جذور وايونات حرة، والجذور الحرة هي التي تدخل بنسبة اكبر في التفاعلات الكيميائية والناتج النهائي لهذه التحولات هو بوليمرات ذات أشكال خطية أو متفرعة أو متشابكة. أما الايونات الحرة فعمرها قصير نسبياً وإن قوة الآصرة البين – ذرية هي التي تحدد مدى ثبات البوليمر[6].

إن تفاعل الأشعة السينية ذات الطاقة العالية نسبياً مع جزيئات الكاشف يشمل تحفيز وتأيين الجزيئات ومن ثم انبعاث الالكترونات بسرع واطئة نسبياً والتي تقود الى أنتاج ايونات أكثر من خلال مهاجمتها لجزيئات أخرى. وبعد مضي فترة 10^{-12}sec تقريباً تحدث عملية إعادة ترتيب جزيئي في الايونات والجزيئات المحفزة والترتيب الجديد يكون عشوائياً، وهذا يعني حصول عملية تحلل في الكاشف البلاستيكي وعملية التحلل هذه هي السبب في ليونة الكاشف[17].

الجانب العملي:

المواد والأجهزة المستخدمة:

في هذا البحث استخدم كاشف الأثر النووي CR-39 بسمكين أحدهما 500µm والأخر 1250µm، وهيدروكسيد الصوديوم NaOH كمادة

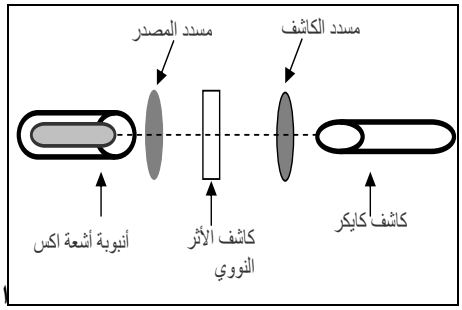
قاشطة، واستخدم الحمام المائي نوع HAAKE F3 ذي المدى الحراري ^{o}C(270–20) وبدقة تصل إلى $1^{o}C$. وكما استخدم مجهر ضوئي من نوع OLYMPUS فيه عدستان عينيتان أحداهما تكبيرها 10X لحساب عدد الآثار، والأخرى 7X مدرجة لحساب قطر الأثر وخمس عدسات شيئية أربع منها جافة (40 ,20 ,10 ,4)، والخامسة زيتية(60) وقوة التكبير تعطى حسب العلاقة:

قوة التكبير = قوة تكبير العدسة العينية × قوة تكبير العدسة الشيئية

واستخدم جهاز للأشعة السينية 35kV مجهز من قبل شركة PHYWE ألماني المنشأ الذي يعمل بأقصى تيار 1mA، وكان الأنود المستخدم في هذا البحث هو الأنبوب النحاسي Cu-tube. أما المصدر المشع لجسيمات ألفا فهو مصدر الامريشيوم ^{241}Am، بفعالية إشعاعية 74kBq .

التشعيع وظروف القشط:

قطع هذا الكاشف إلى عدد من القطع بأبعاد $1\times1\ cm^2$. وتم تشعيعها بجسيمات ألفا المنبعثة من مصدر ^{241}Am الساقطة عمودياً على وجه الكاشف بمساحة دائرية صغيرة قطرها 1.2 mm وهذا المصدر يعطي مجموعة من الطاقات والطاقة السائدة لجسيمات ألفا هي5.486MeV بشدة نسبية86% وكان التشعيع لمدة 4min في الهواء. والمسافة بين المصدر المشع والكاشف ثابتة وهي 2cm، وقد استخدمت لأجل التعرض للأشعة السينية ترتيباً هندسياً خاصاً يحوي كل من المصدر المشع وقطعة الكاشف كما موضح ذلك في الشكل (1).



لشكل (١) مخطط الترتيب الهندسي لمنظومة الأشعة السينية المستخدمة في التشعيع

ولغرض معرفة تأثير الأشعة السينية فقد وضع الكاشف بشكل عمودي على اتجاه أشعة اكس وبفولتية قدرها 35kV بين قطبي أنبوبة الأشعة السينية ، أي بعد تشعيع الكاشف بجسيمات ألفا هذا في الحالة الأولى ، أما في الحالة الثانية فقد تم تعريض الكاشف للأشعة السينية أولاً ومن ثم تشعيعه بجسيمات ألفا (عكس العملية الأولى).

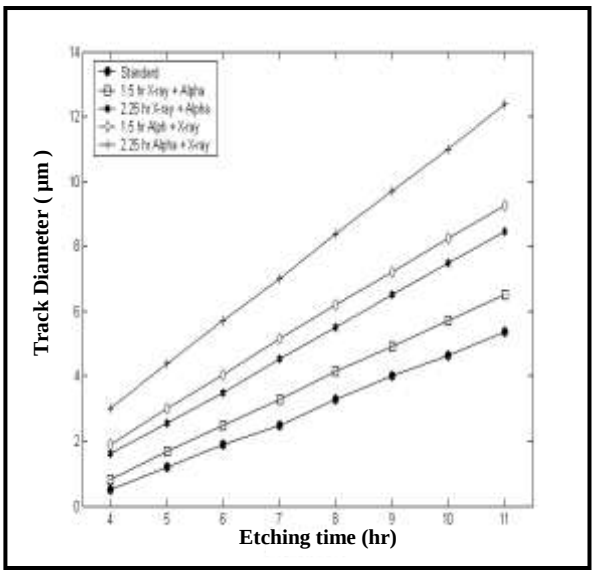
واستخدم المحلول الكيمياوي NaOH بعيارية 6.25 ، وعند درجة حرارة $70\pm1^{o}C$ لقشط الكاشف البلاستيكي ، فوضع المحلول الكيماوي داخل قناني وضعت داخل حمام مائي يستخدم لتسخين المحلول القاشط. بعد انتهاء عملية القشط جفف الكاشف بنسيج ناعم كي لا يخدش وجه الكاشف ولإزالة الأوساخ الناتجة عن عملية القشط.

النتائج والمناقشة:

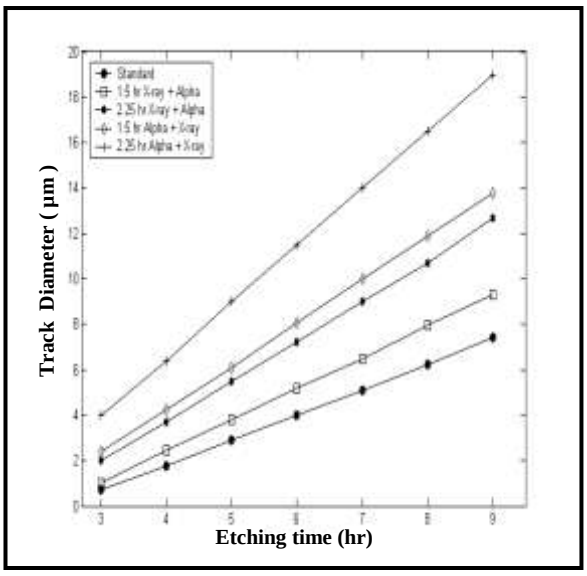
درست حالتان للتشعيع الأولى تمثلت في تعريض الكاشف للأشعة السينية ثم تشعيعه بجسيمات ألفا ، أما الثانية فقد تمثلت في تشعيع الكاشف بجسيمات ألفا ثم تعريضه للأشعة السينية . وقد استخدم الكاشف البلاستيكي CR-39 بسمكين أحدهما 500µm والأخر 1250µm ، ودرست استجابتهما للأشعة.

استخدم بداية الكاشف السميك Thick detector ، وتركت قطعة منه دون تعريض للأشعة السينية لتعتمد كمرجع قياسي Standard وباقي الكواشف عرضت للأشعة السينية بأزمنة مختلفة ومدة قشط متغيرة ، وطبقت حالتا العمل ويتضح من الشكل (2) أن رسوم الحالة الثانية قد أعطت نتائج اكبر ، أي أن الكاشف أكثر استجابة في حالة تطبيق الحالة الثانية من العمل. وهذا يتفق مع ما توصل إليه كل من Blatchey et-al[18] و Khan et-al[19] باستخدام أشعة كاما الكهرومغناطيسية.

ثم استخدم الكاشف الرقيق Thin detector ، وكذلك تركت قطعة منه دون تعريض للأشعة السينية لتستخدم كمرجع قياسي Standard الشكل (3) ، وظهرت نفس الملاحظات للشكل (٢) السابق ، وان تفاعل هذه الأشعة مع جزيئات الكاشف تسبب ليونة للكاشف وتكون هذه الليونة اكبر نسبياً في وضع الحالة الثانية . لذا تكون الاستجابة اكبر ، وهذا يتفق مع ما توصل إليه الباحث (البطاوي)[20] باستخدام الكاشف PM-355.



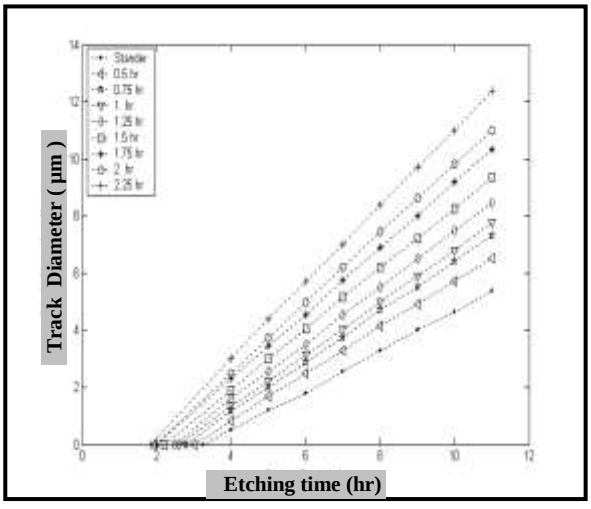
الشكل (2) : تأثير حالتي العمل على الكاشف السميك



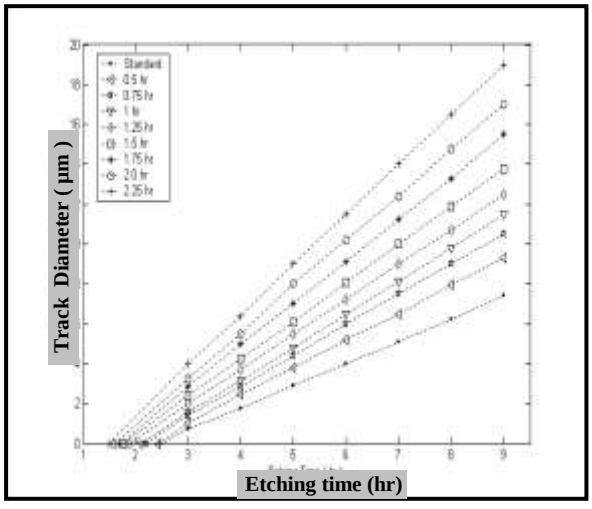
الشكل (3) : تأثير حالتي العمل على الكاشف الرقيق

واعتمدت للقياسات اللاحقة حالة التشعيع بجسيمات ألفا ثم التعريض للأشعة السينية فاستخدم الكاشف السميك 1250µm ، وأيضاً ترك مرجع قياسي Standard وعرضت باقي الكواشف بأزمان مختلفة للأشعة السينية ، ويتضح من الشكل (٤) أن زيادة زمن القشط للكواشف بعد ظهور الآثار تؤدي إلى زيادة أقطار هذه الآثار وان هذه الزيادة تكون خطية تقريباً إلى أن تبدأ الآثار بالاندماج ، علماً أن قطر الأثر المسجل هو المعدل ل20 قراءة للقطر وذلك للحصول على اقل نسبة خطأ .

واستخدم بعدها الكاشف الرقيق 500 µm ، وترك مرجع قياسي Standard وعرضت باقي الكواشف بأزمان مختلفة للأشعة السينية ، ويتضح من الشكل (٥) أن أقطار آثار الكاشف القياسي تكون اقل من أقطار الكواشف المعرضة للأشعة السينية والتي قشطت بنفس الأزمان كما هو الحال في الشكل (٤) والسبب في ذلك يعود إلى أن سقوط جسيمة ألفا على الكاشف ونفوذها فيه يؤدي إلى انفصام السلاسل البوليميرية مما يؤدّي إلى توليد جذور حرة عند اثر الجسيمة الساقطة . وعند تعرض الكاشف للأشعة السينية فأنها ستؤدي إلى تهيج جزيئات البوليمير ثم تفككها إلى جذور حرة وان التهيج في المناطق المشععه بألفا يكون اكبر من باقي مناطق الكاشف . إن هذا التهيج والتأين يرافقه انبعاث الكترونات بسرع واطئة وهذه الالكترونات تنتج ايونات أكثر من خلال مهاجمتها جزيئات أخرى . بعد ذلك تحدث عملية إعادة ترتيب سريعة للايونات والجزيئات المحفزة ، هذا الترتيب العشوائي يسهل عملية القشط وبذلك تزداد سرعة القشط على طول الأثر وبذلك تكون أقطار الآثار المقشوطة في هذا الحالة اكبر من أقطار أثار الكاشف القياسي ، ويتضح أيضاً زيادة معدل قطر الأثر مع زيادة زمن القشط .



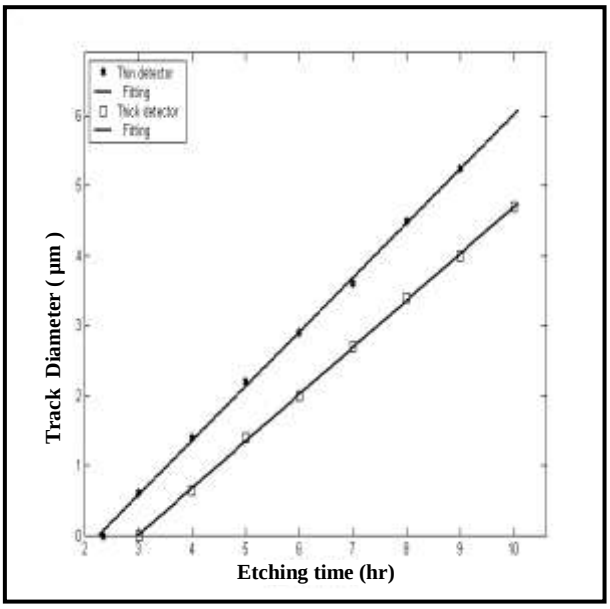
الشكل (4) : قطر الأثر دالة لزمن القشط للكاشف (السميك) لحالة بعد التشعيع



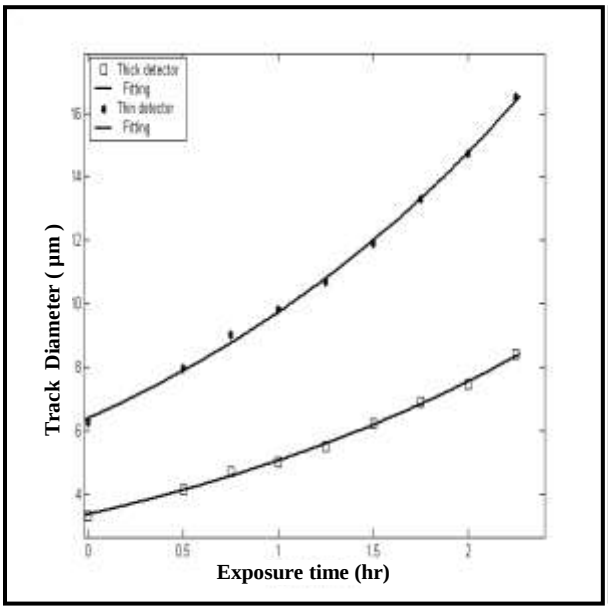
الشكل (5) : قطر الأثر دالة لزمن القشط للكاشف (الرقيق) لحالة بعد التشعيع

ورسم تغير قطر اثر الكاشفين الرقيق والسميك دالة لزمن القشط وذلك عند زمن تعرض مقداره ساعتين كما في الشكل (٦) ، وتبين من خلال النتائج أن استجابة الكاشف ذي السمك القليل اكبر من استجابة الكاشف ذي السمك الكبير والسبب في ذلك يعود إلى عامل يدعى كثافة التراص Close packing density إذ أن هذا العامل يزداد بزيادة سمك الكاشف ، وعلى هذا فان كثافة التراص للكاشف السميك اكبر منها للكاشف الرقيق ، حيث أن لكثافة التراص دوراً مهماً في تقوية الأواصر لان الأواصر تكون متراصة مع بعضها البعض وبالتالي تكون قابلية اختراقها من قبل جسيمة ألفا صعبة وعندها يصبح تحطيم أواصر الكاشف السميك أكثر صعوبة من تحطيم أواصر الكاشف الرقيق الذي كثافة تراصه اقل ، وان معدل نسبة الفرق بين استجابتيهما قد بلغت 75% [21].

ويبين الشكل (7) ، والحالة لزمن قشط مقداره 8hr لكلا الكاشفين ويتضح من المنحنيين أن قطر الأثر يتناسب طردياً تقريباً مع زمن التعرض للأشعة السينية ، أي بزيادة زمن التعرض للأشعة السينية يزداد قطر الأثر إلا أن هذه الزيادة تكون قليلة لازمان تعرض اقل من ساعة أما أزمان التعرض التي اكبر من ذلك فتكون الزيادة كبيرة نسبياً وخصوصاً للكاشف الرقيق أما للكاشف السميك فتكون هذه الزيادة اقل منها للكاشف الرقيق . وهذا يدل على أن الكاشف الرقيق أكثر استجابة من الكاشف السميك .



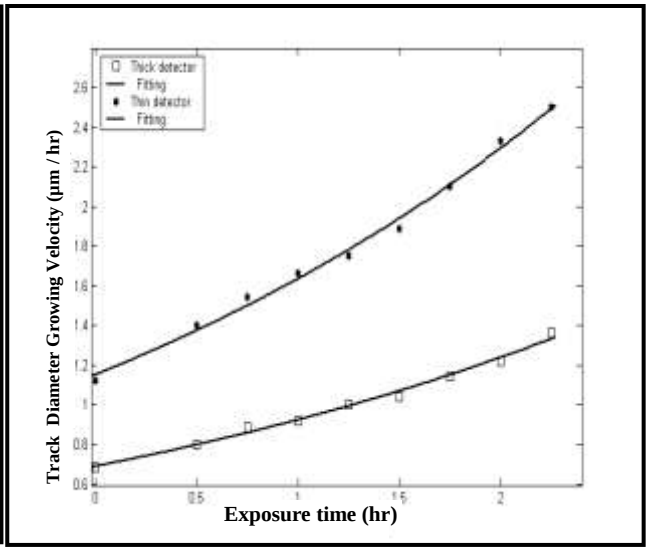
الشكل (6) : مقارنة بين الكاشفين الرقيق والسميك عند زمن تعرض مقداره ساعتين



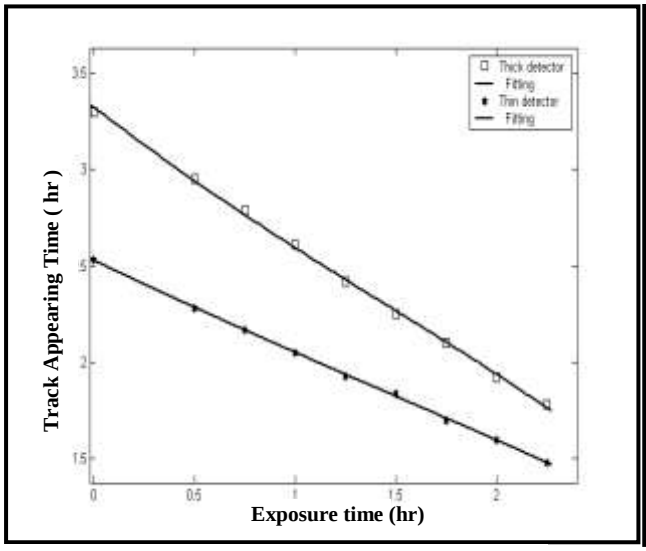
الشكل (7) : تغير قطر الأثر دالة لزمن التعرض للأشعة السينية لكلا الكاشفين الرقيق والسميك

أن ميل كل خط مستقيم من الشكلين (4 و 5)، يمثل سرعة نمو قطر الأثر V_D . وان قيمة V_D هي ثابتة لكل زمن تعرض وقد حسبت لكل أزمان التعرض للأشعة السينية ولكلا الكاشفين كما موضح بالشكل(8)، ويتبين من الشكل أن سرعة نمو قطر الأثر للكاشف الرقيق هي اكبر منها للكاشف السميك وتكون أيضاً سرعة النمو متزايدة بشكل اكبر بعد زمن تعرض قدره ساعة.

ويبين الشكل (9) رسماً لعلاقة بداية ظهور الأثر كدالة لازمان التعرض للأشعة السينية وذلك من خلال تقاطع الخطوط المستقيمة مع المحور السيني للكاشفين الرقيق والسميك وذلك في الشكلين (4 و5)، ويتضح من الشكل أن العلاقة بينهما عكسية، أي كلما زاد زمن التعرض تناقص زمن بداية ظهور الأثر، أي أن تعرض الكاشف للأشعة السينية يقلل من زمن القشط الكيمياوي اللازم لبداية ظهور الآثار، ويتبين كذلك أن زمن بداية ظهور الآثار بالنسبة للكاشف الرقيق هو أسرع منه للكاشف السميك.



الشكل (8) : سرعة نمو قطر الأثر دالة لزمن التعرض للأشعة السينية لكلا الكاشفين



الشكل (9) : بداية ظهور الأثر دالة لزمن التعرض للأشعة السينية لكلا الكاشفين

الاستنتاجات :

أن استجابة الكاشف عند تشعيعه بجسيمات ألفا ثم تعريضه للأشعة السينية تكون اكبر منها عند تعريضه للأشعة السينية وثم تشعيعه بجسيمات ألفا. وظهر من النتائج أن استجابة الكاشف الرقيق اكبر من استجابة الكاشف السميك وان معدل زيادة قطر الأثر وسرعة نمو هذا القطر يتناسبان تناسباً طردياً مع أزمان التعرض للأشعة السينية كما وأن تعريض الكاشف البلاستيكي للأشعة السينية يؤدي إلى تقليل زمن بداية ظهور الأثر .

المصادر

1- Fleischer R.L. , Price P.B. & Walker R.M. , "Nuclear Tracks in Solids Principles & Application" , University of California press , England (1975).
2- Khan H.A. , Nucl. Inst. Meth. 173 , 55-62 (1980).
3- Yadav J. , Singh V.P. , Gomber K.L. & Sharma A.P. , Proc. 10th Int. Conf. Solid State Nuclear Track Detector , Pergamon , Oxford , 199 (1980).
4- Durrani S.A. and Bull R.K. , "Solid State Nuclear Track Detection" , Pergamon press , Oxford. (1987).
5- Randhaw G.S. , Kumar Sh. & Virk H.S. , Radiat. Meas.22 (3) , 523-527 (1997).
6- AL-Nia'emi , S.H.S. , "Effect of Electromagnetic Radiation on the Properties of Nuclear Track Detector CR-39 and Building of Electrochemical Etching System" , Ph.D. , Thesis , University of Mosul , Iraq (1998).
7- Khan H. A. and Qureshi I.E. , Role of SSNTD in Nuclear Physics Research . Proceedings of the Pakistan Academy of science , 33(1-2) , 19-28 (1996).
8- Tsuruta T. , Reseach and Development of Solid State Track Detectors for External Dosimetry in Japan , Atomic Energy Research Inst. Japan , 36-160 (2002).
9- Kukreja L.M. , Bhawalkar D.D ,Chatterjee U.K. & Gupta B.L. , Sci. Eng. 10, 19-25 (1985).
10- Solyman W.A. ,J. Edu. And Sci. , 21 , 139-146 (1994).
11- Gaillard S., Fuchs J.& Cowan T.,E., Review of Scientific Instruments , 78 , 013304 (2007).
12- Zamani M. , Savides E. , Petrakis j. & Charalambous S. , Nucl. Tracks. , 12 (1-6) , 141-144 (1986).
13- Ipe N.E. & Ziemer P.L. , Nucl. Tracks. , 11(3), 137-140 (1986).
14- Su C.S. , Nucl. Tracks. Radiat. Meas. , 13 (2/3) 147-150 (1987).
15- Martin B. , Nuclear and particle physics , John Wiley & sons , Ltd. (2006).
16- Fleischer R. L., Price P.B. & Walker R.M., J. Appl. Phys. , 36 (11) 3645 – 52 (1965).
17- Williams D.H. & Fleming I. , Spectroscopic Method in Organic Chemistry . Mc GRAW- HILL Book company (UK) Limited. (1980).
18- Blatchley C.C., Zimmerman P.D. Pruet O.E. , Sioshansi P. & Wittel F. , Nucl. Inst. Meth. 201 , 535-537 (1982).
19- Khan H.A. , Atta M.A. Yameen S. , Haroon M.R. & Hussain A. , Nucl. Inst. Meth. 127, 105-108 (1975).
20- البطاوي ، عمار عبد عبدالله . "تأثير كل من أشعة كاما والتسخين على استجابة كاشف الأثر النووي PM-355" . رسالة ماجستير ، كلية التربية ، جامعة الموصل ، العراق ، (١٩٩٩)
21- ادم ، كوركيس عبدال & كاشف الغطاء ، حسين علي . "تكنولوجيا وكيمياء البوليمرات . جامعة البصرة (1980)"

Effect of The X- Ray Exposure Time on the Nuclear Track Detector CR-39

Ammar A. A. Al-Battawy
Department of Physics , College of Education , University of Tikrit , Tikrit , Iraq
(Received / / 2007, Accepted / / 2008)

Abstract
The effect of X-rays of various exposure times on the alpha particles tracks diameters , tracks growth velocity and the tracks appearing time is investigated using the CR-39 nuclear track detector. Increasing the X–rays exposure time is found to improve the above mentioned parameters . The detector sensitivity to X-ray exposure preceded by alpha particles irradiation is better than being followed by that irradiation Also . The detector thickness played a clear role in the response , thin detector responds better than thick detector .