

المجلة الأردنية للفيزياء

ARTICLE

معدل القشط العام لكاشف الأثر CR-39 المُعرّض لأشعة غاما باستخدام طريقة $D-L_e$

ياسر يحيى قاسم

قسم الفيزياء، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

Received on: 9/2/2014;

Accepted on: 4/10/2015

الملخص: تم إيجاد معدل القشط العام للكاشف CR-39 تحت تأثير أشعة غاما من ^{60}Co وذلك باستخدام طريقة قياس قطر- طول الأثر ($D-L_e$). شُغ الكاشف بجسيمات ألفا من مصدر الامريشيوم ^{241}Am بطاقة 3.5 MeV مباشرة بعد التعريض لأشعة غاما. تم قياس معدل القشط العام بوصفها دالة لجرعة الامتصاص لأشعة غاما عند معدل جرعة 0.306 kGy/h ولجرعات مختلفة تراوحت بين (0.0 - 8.262) kGy/h. لقد وجد أن معدل القشط العام (V_B) يزداد تقريباً بشكل أسي مع الجرعة (D_γ)، وأن قيمته كانت بين (1.703-3.838) $\mu\text{m/hr}$ بالترتيب تبعاً للجرعات المُختبرة، وأن قيمة معلم الخاصية للتعرض لأشعة كاما (g) كانت 94.5 MGy^{-1} . لقد أظهرت طريقة القياس $D-L_e$ لمعدل القشط العام للكاشف CR-39 المُعرّض لجرعات غاما توافقاً جيداً مع آخرين استخدموا طرائق قياس مختلفة.

Bulk Etch Rate of CR-39 Track Detector Exposed to Gamma Dose using $D-L_e$ Method

Y. Y. Kasim

Physics Department, College of Education for Pure Science, Mosul University, Iraq.

Extended Abstract:

The use of solid state track detectors (SSNTD's) has already become well-known which has been extensively used in nuclear physics, space physics, biophysics, geology, nuclear engineering, monitoring radon concentrations of radon gas by recording their emitted alpha particles and in many other field. It is known that some plastic types of the solid state nuclear detector such as polycarbonate CR-39 and PM-355, cellulose nitrate CN-85 and LR-355 or cellulose acetate CA-80 are highly sensitive to ionizing radiations and charged particles.

Operation of the solid-state nuclear track detector is based on the fact that a heavy charged particle which is heavier than electron will cause extensive ionization of the material when it passes through a medium. Along the path of the alpha particle, a zone enriched with free chemical radicals and other chemical species is then created. This damage zone is called a latent track. Now when a piece of material containing latent tracks is exposed to some chemically aggressive solution, chemical reaction would be more intensive along the latent track. The overall effect is that the chemical solution etches the surface of the detector material, but with a fast rate in the damaged region. In this way a track of the particle is formed, which may be seen under an optical microscope or by other counting techniques.

The secondary electrons or γ -rays should also contribute to produce damage in plastic detectors. Though low LET radiation such as γ - rays or electrons cannot form any etchable tracks, in the plastic detectors, it is observed that some changes in macroscopic properties of the detector such as the sensitivity, the etching rates, the brittleness or change in color all are induced when irradiation dose becomes higher than about Mrad. An increase of bulk etching rate has been reported as the most striking change among macroscopic properties.

Recently researchers keep on investigating irradiation effects of low LET radiation such as γ -rays, UV-light or electrons by using and developing various methods and different approaches for measuring parameters of solid state nuclear track detectors, such as the track etch rate (V_T), the bulk etch rate (V_B), the sensitivity (V), the etched track length (L_e) and how these parameters are varied with the detector depth in analog with the variations in the track growing stages. Accordingly, this study deals with investigating irradiation effects of low LET radiation of γ -rays on the bulk etch rate of (V_B) of the plastic polycarbonate solid state nuclear track detector CR-39 using tracks diameter-length ($D-L_e$) measurement approach.

A group of five pieces of plastic detector CR-39 of thickness 250 μm and dimension (1.5x1.5) cm^2 were used. Four of them were exposed to γ -rays from ^{60}Co (368.21Ci) of dose rate 0.306 kGy/h with doses (2.754, 4.590, 6.426, 8.262) kGy regarded to irradiation times (9, 15, 21, 27) h respectively, while the last detector piece was left without γ -rays irradiation. Both γ -rays irradiated and un-irradiated detectors were then directly irradiated by alpha particles of energy 3.5 MeV from ^{214}Am (1 μCi) source.

In order to reveal alpha particles tracks, the detectors were etched by the aqueous solution of KOH of molarity 6.5 N at a temperature (70 \pm 1) $^\circ\text{C}$ for (1.5-4) h with recurrent increase 0.5 h. The profiles of the tracks and their diameters and lengths were measured using the digital camera MDCE-5A fixed on an optical microscope and connected to a computer. Using the track diameter-length ($D-L_e$) measurement approach the bulk etch rate (V_B) was measured as a function of γ -rays absorbed dose. It was found that the bulk etch rate (V_B) increased exponentially with the dose ($D\gamma$), and its value was between (1.703-3.838) $\mu\text{m/hr}$ corresponding to the examined γ -rays doses. The γ -irradiation characteristic parameter (g) was also calculated and it was found equals to 94.5 MGy^{-1} . However, the $D-L_e$ measurement method of the bulk etch rate of the detector CR-39 exposed to γ -doses showed a good agreement with others used different measurement methods and approaches.

Keywords: Track detector; CR-39; Gamma-ray exposure; Dose-rate; Bulk etch rate.

المقدمة

حساسيته مثل نقاوة المونمر، والتركيب الجزيئي للبوليمر، وظروف البلورة [3].

إن دراسة تأثير العوامل البيئية في الكاشف تمكنا من معرفة وقياس التأثيرات الحقيقية للجسيمات المشحونة التي بقصف بها الكاشف. ومهما يكن تأثير العوامل البيئية في الكاشف إيجابية كانت أم سلبية فإنها مفيدة في جوانب متعددة؛ فمثلاً التأثيرات السلبية للأشعة الكهرومغناطيسية عند ظروف معينة تعمل على صلاية الكاشف البوليمري (البلاستيكي) ونقصان حساسيته للجسيمات المشحونة وهي تعد سلبية في الكشف عن الجسيمات بينما تعد إيجابية في الاستعمالات الصناعية للكاشف البوليمري.

إن التأثير الكبير والملاحظ لدرجة الحرارة المتمثلة بالتلدين والتبريد على الصفات الكشفية والقشطية وسهولة إنجاز هذه العملية أدت إلى دراسات مختلفة لمعرفة هذا التأثير قبل قصف الكاشف بالجسيمات وبعده، في حين أن تأثير الأشعة الكهرومغناطيسية لا يأخذ المدى نفسه لكون هذه العملية تحتاج إلى طاقات وجرعات عالية للوصول إلى تأثيرات ملحوظة، فضلاً عن أن تلك التأثيرات تكون غير منتظمة وقد تتغير أنياً بتغير معاملات الإشعاع ومعلمات المادة المعرضة لها. فالأشعة الكهرومغناطيسية ذات الطاقات

يعد معدل القشط العام معلماً كشفياً من معالم الكاشف إذ يعتمد على عوامل عدة، منها نقاوة المادة الأساسية المصنوع منها الكاشف، ومدى تجانسها وتماثل خواصها، وطبيعة جزيئات الكاشف البوليمري، وظروف بلورتها خلال عملية إنتاج الكاشف فضلاً عن اعتمادها على العوامل البيئية أثناء تشعيع الكاشف. إلى جانب كون V_B معلماً كشفياً فإنه يعد معلماً قشطياً (Etching Parameter) مهماً أيضاً، إذ أنه يعتمد على نوع المحلول الكيميائي القاشط وتركيزه ودرجة حرارته [1،2].

تلعب العوامل البيئية دوراً كبيراً في التأثير على الصفات الكشفية والتسجيلية لكواشف الأثر النووي البلاستيكية (SSNTD's) كالحساسية، والزاوية الحرجة، ومعدلات القشط العام والأثر. ويمكن تقسيم هذه العوامل إلى نوعين: الأول هي العوامل الفيزيائية ومن أمثلتها الأمواج فوق الصوتية، والمجال الكهربائي، ودرجات الحرارة العالية، والجرعات العالية من الإشعاعات الكهرومغناطيسية. والنوع الثاني هي العوامل الكيميائية مثل نوع المحلول القاشط، وتركيزه، ودرجة حرارته، ونوع المحاليل المضافة إلى المحلول القاشط فضلاً عن وجود الأوكسجين والرطوبة والماء، وظروف الخزن [3،4،5]. وهناك عوامل أخرى تخص الكاشف نفسه، ولاسيما العضوية منها، لها تأثير على

وتعدّ طريقة قياس طول- قطر الأثر (L_e-D) في حساب معدل القشط العام V_B للكاشف واحدة من الطرائق التي تتطلب الحصول على صور للأثار المتكونة في الكاشف، وتتطلب قياساً دقيقاً لكل من قطر الأثر (D) وطوله (L_e) تجريبياً [9, 10] إذ يتم حساب معدل القشط العام (V_B) من العلاقة [11]:

$$V_B = \frac{D^2}{4tL_e} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4L_e^2}{D^2}} \right] \quad (1)$$

حيث L_e هو طول الأثر، D قطر فتحة الأثر و t زمن القشط.

يهدف البحث إلى إيجاد معدل القشط العام (V_B) بطريقة قياس قطر-طول الأثر لكاشف الأثر النووي CR-39 المعرض لجرعات من أشعة غاما، وإمكانية الوصول إلى عمل معايرة للكاشف CR-39 باستخدام التشعيع لقياس جرعات غاما.

طريقة العمل

أُستعملت خمس قطع من الكاشف CR-39، بسمك 250μm وبأبعاد 1.5×1.5 cm² وصقّلت حافاتها لجعلها ناعمة وخالية من الخدوش قدر الإمكان للحصول على حافات حادة لإجراء قياسات دقيقة. تم تعريض أربع قطع من الكاشف تحت نفس الظروف إلى ثلاث جرعات معينة من أشعة غاما وهي (8.262, 6.426, 4.590, 2.754) kGy لأربع فترات زمنية (27, 21, 15, 9)h من مصدر الكوبلت ⁶⁰Co نوع (Model C 198) معدل جرعته عند إجراء التجربة هو 0.306 kGy/h، فيما تركت القطعة الخامسة كنموذج قياسي بدون تعريض لأشعة غاما. شغّعت القطع المُعرّضة لأشعة غاما وكذلك النموذج القياسي بجسيمات ألفا بطاقة 3.5 MeV من مصدر الأمشيوم (1μCi) ²⁴¹Am الباعث لجسيمات ألفا معدل طاقتها القصوى 5.485 MeV ومتوسط مداها في الهواء يقرب من 4.16 cm. وقد تم الحصول على الطاقة 3.5 MeV من خلال تغيير البعد بين المصدر المشع والكاشف في الهواء.

أُستعملت المادة الكيميائية القلوية KOH نقاوتها 95% بدرجة حرارة C °(70±1) وعيارية N 6.25 في عملية القشط الكيميائي لقطع الكواشف لإظهار آثار جسيمات ألفا المتكونة فيها. تم تصوير الأشكال الجانبية (profiles) للأثار المقشوة لجسيمات ألفا في الكواشف المُعرّضة لجرعات غاما وكذلك في النموذج القياسي غير

العالية تفقد جزءاً معيناً من طاقتها عند مرورها في كل وحدة سمك معين من المادة المختزقة، وإن طاقتها تتضاءل تدريجياً بزيادة عمق الاختراق، كما إن امتصاصها من قبل المادة يعتمد على طاقة فوتوناتها والجرعة (أي زمن التعرض لها)، وعلى كثافة المادة المعرضة لها والعدد الذري لمكوناتها [6]. إن تعرض الكواشف النووية الصلبة إلى جرع من الأشعة الكهرومغناطيسية والالكترونات لا تفضي إلى إنتاج آثار (مسارات) ملحوظة في تلك الكواشف مثل ما تتركه الجسيمات المشحونة والتي كتلتها أكبر من كتلة الالكترونات الناتجة عن تفاعل الفوتونات مع مادة الكاشف، ولكنها قد تترك تأثيرات واضحة المعالم في صفات وخصائص تلك الكواشف [7].

إن التأثير الناتج عن تفاعل الإشعاع مع الكواشف البوليميرية يختلف كما عن التأثير الناتج عن درجة الحرارة. ولهذا فعند تعرض الكاشف CR-39 والذي يمتاز بحساسية وكفاءة عاليتين في الكشف عن الجسيمات إلى إشعاع كهرومغناطيسي يؤدي ذلك إلى كسر السلسلة الرئيسية لمجموعة الكاربونيل مما يؤدي إلى انحلال البوليمر وتكون الجذور الحرة، ووجود الأوكسجين له دور كبير، إذ يعدّ عاملاً مؤكسداً يُسرّع من عملية الانحلال ويقلل من الاستقرار الحرارية للبوليمر (thermal stability) فيمنع إعادة ارتباط الجذور الحرة أو السلاسل المكسرة الناتجة مما يقلل من الوزن الجزيئي للمادة. إن المناطق التي تمتاز بوزن جزيئي قليل تمتلك طاقة كامنة أكبر من المناطق السليمة وهذا يسهّل عملية انحلال الكاشف ويُسرّعها عند إجراء عملية القشط عليه بعد قصفها بالجسيمات المشحونة، وبذلك تزداد معدلات القشط V_B و V_T. وقد يؤدي دخول الجذور في تفاعلات معينة إلى حصول تشابك في السلاسل البوليميرية (cross linking) مما يزيد من الوزن الجزيئي للبوليمر وهذا يؤدي إلى نقصان معدل القشط V_B، لذا فإن وجود الأوكسجين يعدّ مهماً لمنع إعادة ارتباط الجذور الحرة.

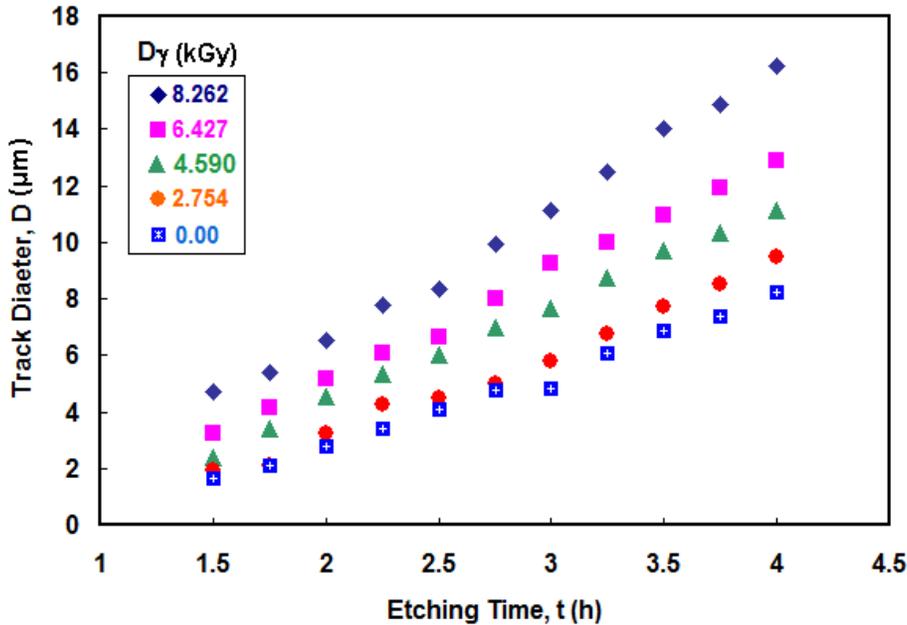
لقد وجد أن الكاشف CR-39 الذي يقصف بالجسيمات المشحونة مثل جسيمات ألفا إذا ما تعرّض لأشعة غاما قبل قصفها بالجسيمات المشحونة أو بعدها فإن ذلك يؤدي إلى زيادة حساسية الكاشف وكذلك زيادة أقطار الأثار وأطوالها [8, 5]، فضلاً عن أنه يظهر تأثيراً واضحاً في معدلات القشط مثل معدل القشط العام V_B والأثر V_T ونسبة معدل القشط (الاستجابة) V للكاشف، إذ أن معدلات القشط تعتمد نوع الإشعاع الكهرومغناطيسي وشدته وطاقته [2].

أما الشكل (2) فإنه يبين العلاقة بين طول الأثر وزمن القشط لجسيمات ألفا في كاشف CR-39 المُعرض لجرعات مختلفة من أشعة غاما، إذ يلاحظ من الشكل أن طول الأثر ينمو بشكل أسّي تقريباً وبصورة تدريجية مع تقدم عملية القشط وصولاً إلى أقصى قيمة له والتي تمثل نقطة التشبع (saturation) أو الثبوت والتي تمثل نهاية المرحلة الأولى لنمو الأثر وهي مرحلة المخروط المنتظم وبداية المرحلة الثانية للنمو وهي مرحلة القشط المفرط. وهذا يحدث مع وصول المحلول القاشط إلى نهاية المسار المتضرر وهي نهاية مدى الجسيم في الكاشف والذي يمثل وصول رأس الأثر المقشوط إلى هذه النقطة إذ يكون الأثر الناتج مخروطي الشكل ذا نهاية مستدقة أو مدببة (cone tip). إن القيمة القصوى لطول الأثر أو قيمة التشبع والثبوت (L_{max}) تعتمد على طاقة الجسيم الساقط وكذلك تعتمد على نوع الكاشف وتركيبه ومنشأه، وإنها ترتبط بشكل وثيق بمعدل نمو الأثر. ويلاحظ من الشكلين (1 و2) أيضاً أن تأثير أشعة غاما يكون منتظماً حيث أن زيادة جرعة غاما تؤدي إلى زيادة أقطار وأطوال الأثار وتساوع معدل نمو الأثر ووصول طول الأثر إلى حالة التشبع بشكل أسرع.

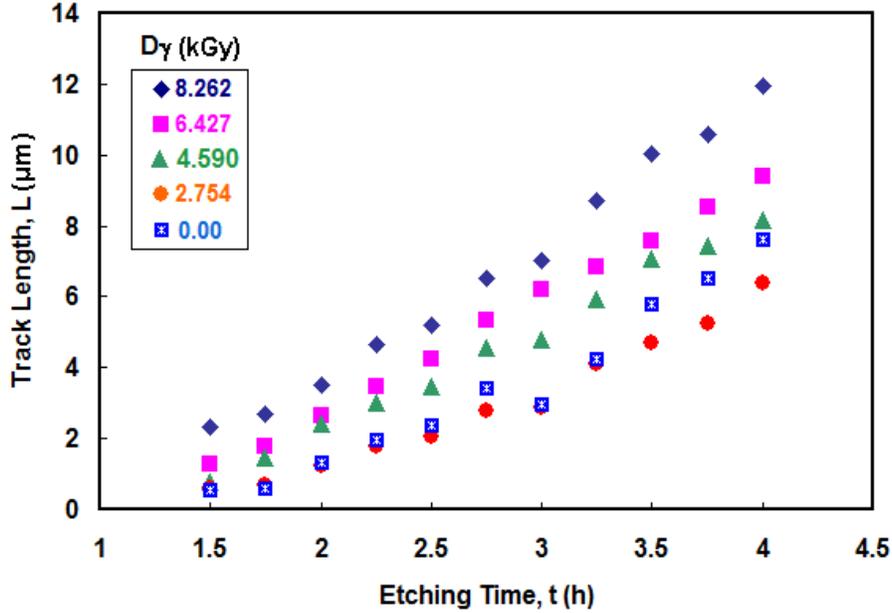
المعرض لأشعة غاما وقيست أقطارها وأطوالها لجميع أزمان القشط المتعاقبة لنمو الأثر ضمن مرحلة الشكل المخروطي المنتظم ومرحلة القشط المفرط (over-etched). وباستعمال طريقة قياس قطر- طول الأثر ($D-L_c$) [9,10,11] من الصور المباشرة للأثار فقد تم حساب قيم معدل القشط العام V_B للكاشف CR-39 المُعرض لأشعة غاما وقورنت مع تلك التي تم قياسه للنموذج القياسي غير المُعرض لأشعة غاما. استعملت في الحصول على صور الأثار كاميرا رقمية Digital Camera MDCE-5A مثبتة على المجهر الضوئي وموصلة إلى حاسوب يعمل ضمن برنامج معين (software) مرفق مع الكاميرا يتم تنصيبها في الحاسبة لغرض إجراء قياسات أقطار الأثار وأطوالها.

النتائج والمناقشة

يبين الشكل (1) العلاقة بين أقطار الأثار مع زمن القشط لجسيمات ألفا في كاشف CR-39 المُعرض لجرعات مختلفة من أشعة غاما، إذ يلاحظ أن العلاقة ليست خطية تماماً بل شبه أسية إذ يزداد قطر الأثر مع زيادة زمن القشط ضمن مرحلة النمو المخروطي المنتظم لشكل الأثر ويستمر بالزيادة مع تقدم القشط في مرحلة القشط المفرط خارج مدى الجسيم في الكاشف.



الشكل (1): أقطار الأثار مع زمن القشط لجسيمات ألفا في كاشف CR-39 المُعرض لأشعة غاما.

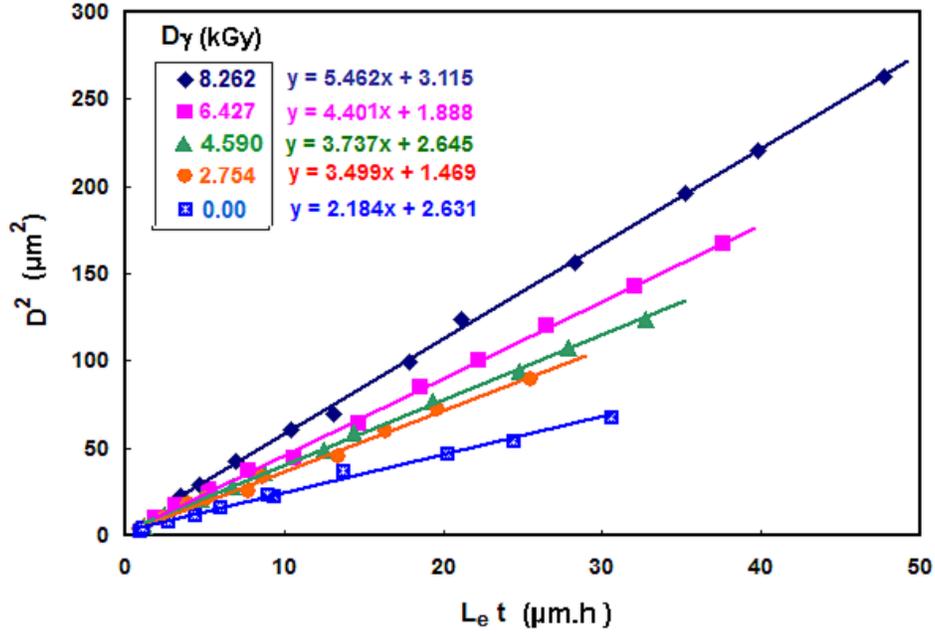
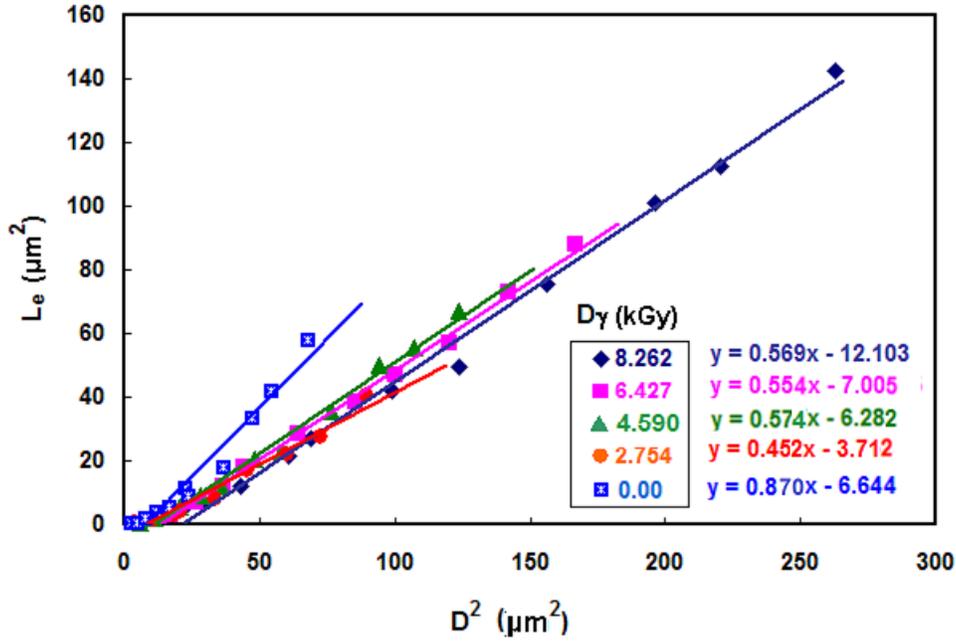


الشكل (2): أطوال الأثار مع زمن القشط لجسيمات ألفا في كاشف CR-39 المعرض لأشعة غاما

القاشط وبالتالي زيادة في كمية المادة المنحلة من الكاشف وزيادة أكثر لمعدلات القشط.

يُبين الشكلان (3) و(4) على التوالي العلاقة بين مربع قطر الأثر مع حاصل ضرب فترة القشط في طول الأثر المتكون خلال هذه الفترة ($L_e t$ و D^2), ومربع طول D^2 و L_e^2) لتلك الفترة الزمنية لطاقة جسيمات ألفا 3.5 MeV لجرعات أشعة غاما التي عرَّض لها الكاشف (8.262, 6.427, 4.590, 2.754, 0.0) kGy. يلاحظ من الشكلين أن العلاقة بين كل من ($L_e t$ و D^2) و (L_e^2 و D^2) هي علاقة خطية في مرحلة الشكل المخروطي المنتظم للأثر، وأن هذه العلاقة لا تستمر بالتغير بشكل خطي مع زيادة ساعات القشط لأكثر من هذه المرحلة، لأن طول الأثر يزداد مع زيادة زمن القشط ويصل إلى التشبع والثبوت في نهاية المرحلة الأولى عندما يصل رأس الأثر المقشوط إلى نهاية مدى الجسيم في الكاشف، ويستمر بالثبوت في مرحلة القشط المفرط في حين يستمر قطر الأثر بالزيادة مع تقدم القشط في مرحلة القشط المفرط خارج مدى الجسيم في الكاشف. وعليه فإن القياسات في هذا البحث يجب أن تكون ضمن مرحلة المخروط المنتظم لشكل الأثر لجرعات أشعة غاما التي عرَّض لها الكاشف وكما هو واضح من الشكلين (2 و3).

ويعزى سبب الزيادة في أقطار الأثار وأطوالها في أعلاه إلى أن تعرض الكاشف إلى أشعة غاما يؤدي إلى تحفيز جزيئات البوليمر للكاشف وتأيئتها، وهذا يعني حصول تحلل في مادة الكاشف. وتعد عملية التحلل هذه ذات أهمية كبيرة لأن البوليمر يعتمد إلى حد كبير على طول السلسلة البوليمرية وترتيبها إذ أن هذا التحلل يؤدي إلى زيادة الطاقة الكامنة للكاشف المُعرَّض لأشعة غاما ويؤدي إلى خفض الحاجز الطاقوي للتفاعل بين جزيئات المحلول القاشط وجزيئات الكاشف. ويتشعب هذه الكواشف المُعرَّضة لأشعة غاما بجسيمات ألفا تُضاف طاقة إضافية أخرى كبيرة للمناطق الساقطة عليها الجسيمات والتي تعمل على كسر أواصر إضافية وتكوين جذور حرة أكثر على طول على طول مسارها في الكاشف، وبذلك تعمل على زيادة إضافية للطاقة الكامنة للمناطق الساقطة عليها الجسيمات. إن هذه الزيادة في الطاقة الكامنة لتلك المناطق المشبعة بجسيمات ألفا تؤدي إلى زيادة عدد الجزيئات الداخلة في التفاعل مع المحلول القاشط وزيادة معدل التفاعل ومن ثم انحلال أكثر لمادة الكاشف مما يعني زيادة معدلي القشط العام V_B والأثر V_T للكاشف. إن زيادة جرعة أشعة غاما تعني إعطاء طاقة إضافية أكثر للكاشف ومن ثم زيادة أكثر لعدد الأواصر المُكسرة عند تشعبها بالجسيمات المشحونة والتي تعمل على إنتاج ضرر أكبر في الكاشف وهذا يعني دخول جزيئات أكثر في منطقة الضرر في عملية التفاعل مع المحلول

الشكل (3): العلاقة بين D^2 و $L_e t$ الشكل (4): العلاقة بين D^2 و L_e

ويبدأ رأس الأثر المقشوط بالولوج الى هذه المنطقة حيث يكون على بعد أكبر من مدى الجسيم في الكاشف. ونتيجة لذلك فإن عمق الأثر (x)، والذي يمثل المسافة من سطح الكاشف الأصلي إلى نهاية الأثر المقشوط، يكون أكبر من مدى الجسيم في الكاشف (R)؛ أي أن $x > R$. وعليه فإن المدى المتبقي (R')، والذي يمثل المسافة المتبقية بين رأس الأثر المقشوط ونهاية مدى الجسيم على طول المسار المتضرر، تصبح قيمته سالبة حسب المعادلة $R' = R - x$ وان

إن اقتصر القياسات على المرحلة الأولى لنمو الأثر، والتي تنتهي مع وصول رأس الأثر المقشوط إلى نهاية مدى الجسيم في الكاشف حيث يصبح الأثر تام القشط ($over-etched$)، يعود سببه إلى تشبع طول الأثر وثبوته في المرحلة الثانية (مرحلة القشط المفرط) على الرغم من استمرار أقطار الآثار بالزيادة مع تقدم القشط. فالقشط في المرحلة الثانية يحصل في المنطقة السليمة تحت (خارج) منطقة التلف الناتج من الجسيمات الساقطة على الكاشف

$$y = 1.727 e^{0.0945x} \quad (2)$$

ما تم عمله هو مواعمة (fitting) المُعطيات مع الدالة الأسية:

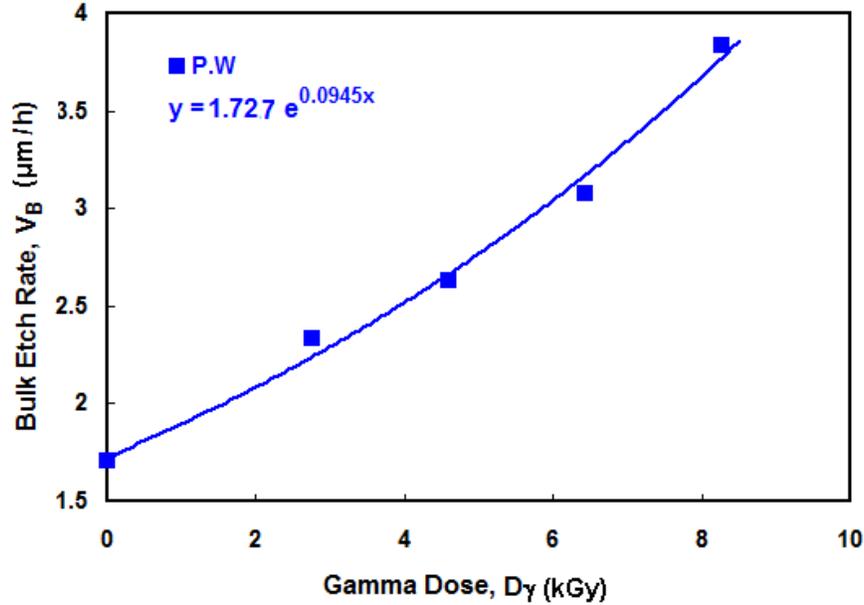
$$y = a e^{bx} \quad (3)$$

الجدول (1): معدل القشط العام بطريقة L_c-D للكاشف

المعرض لأشعة غاما		
D _γ (kGy)	V _B (μm/h)	Ln(V _B γ/V _{B0})
8.262	3.838	0.813
6.427	3.073	0.590
4.590	2.630	0.435
2.754	2.331	0.314
0.00	1.703	0.00

الأثر الناتج لا يكون مخروطي الشكل مدبب الرأس بل مدور (rounded) الرأس. فالأثر المقشوط الناتج هذا لا يمثل الأثر الحقيقي لأنه خارج منطقة التلف على بعد أكبر مدى الجسيم وحينها لا يُسمَّى أثرا بل يُسمَّى حفرة القشط (etch pit)، ولهذا يجب التوقف عن قياسات معلمات الأثر مع الدخول إلى المرحلة الثانية من القشط [12].

من نتائج الشكلين (3) و(4) واستعمال العلاقة (1) فقد تم حساب معدلات القشط العام (V_B) للكاشف CR-39 المُعرَّض لجرعات مختلفة من أشعة غاما وكما موضح في الجدول (1). ولعمل معايرة للكاشف CR-39 لجرعات غاما فقد تم رسم معدل القشط العام للكاشف بوصفها دالة لجرعة (جرعة الامتصاص) لأشعة غاما كما موضح في الشكل (5)، ووجد انه يزداد تقريبا بشكل أسي (exponentially) مع زيادة جرعة غاما حسب العلاقة:



الشكل (5): تغير معدل القشط العام للكاشف CR-39 مع جرعة أشعة غاما

$$V_{B\gamma} = V_{B0} e^{gD\gamma} \quad (4)$$

وهكذا فإن الصيغة العامة للمعادلة هذه تمثل معادلة معايرة الكاشف لأشعة غاما تحت أية ظروف تجريبية؛ أي أن بالإمكان استعمال الكاشف كقياس لجرعة غاما التي تعرَّض لها الكاشف أو الجرعة التي امتصها.

يُمثَّل المتغير y في المعادلة (3) معدل القشط العام (V_B) للكاشف المُعرَّض إلى أشعة غاما، ويُمثَّل المُعاملان a و b معدل القشط العام للكاشف (القياسي) غير المُعرَّض إلى أشعة غاما (V_{B0}) والمعلم المُميز (characteristic

إن المعادلة (3) تتفق مع ما وجدته [13،14] في دراستهم لمعدل القشط العام V_B للكواشف المُعرَّضة لأشعة غاما بطرائق قياس أخرى وتحت ظروف قشطية وجرعات غاما مختلفتين، وقد أشاروا أيضا إلى أن معدل القشط العام V_B يزداد أسياً مع الجرعات المُعرَّضة لها الكاشف أو الممتصة من قبل الكاشف تحت شروط معدل جرعة ثابت لأشعة غاما، وتحت ظروف جوية معينة محيطية بالكاشف ووجود الأوكسجين أثناء التعرض إلى غاما. وعليه يمكن كتابة المعادلة التي حصلنا عليها بصيغة عامة مشابهة للصيغة التي أوردها [13،14] وهي:

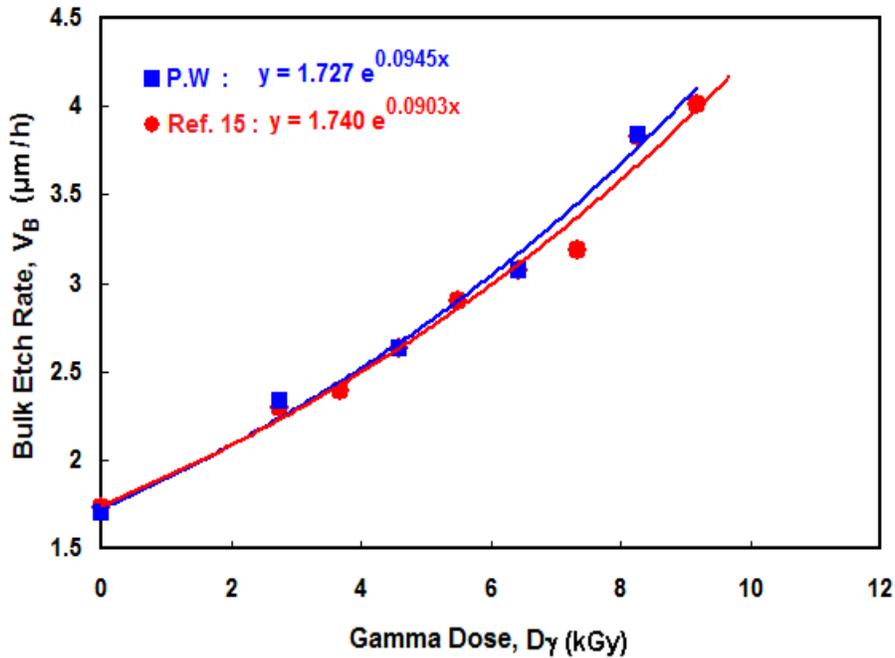
تتفق نتائجنا مع ما وجدته [13] بتعريض كاشف CR-39 لأشعة غاما بمعدل جرعة 6 kGy/h من مصدر ^{60}Co وتحت ظروف تجريبية مختلفة، من أن معدل القشط العام للكاشف يزداد تقريباً على شكل أسّي مع جرعة أشعة غاما، وإنها تتبع العلاقة العامة نفسها في المعادلة (3 أو 4)، ووجد أن المعلم المُميّز (g) كان بحدود $g = 35.9 \text{ MGy}^{-1}$.

وجدير بالذكر فإن قيمة المعلم المُميّز (g) يعتمد بشكل قوي على معدل الجرعة الممتصة لأشعة غاما في الكاشف $R(\text{Gy/h})$ ، وتتغير مع الجرعة الممتصة $D_\gamma(\text{Gy})$ في حالة تغير معدل الجرعة، وكذلك يعتمد على الظروف القشطية والتجريبية، ويعتمد أيضاً على الظروف الجوية المحيطة بالكاشف أثناء التعريض لأشعة غاما التي ترتبط بشكل وثيق بوجود الأوكسجين ومقدار ما يتسرب منه خلال سطح الكاشف أثناء التعرض لأشعة غاما وما يذوب (dissolved oxygen) داخله في منطقة التلف الناتج من الجسم المشحون تحت سطح الكاشف.

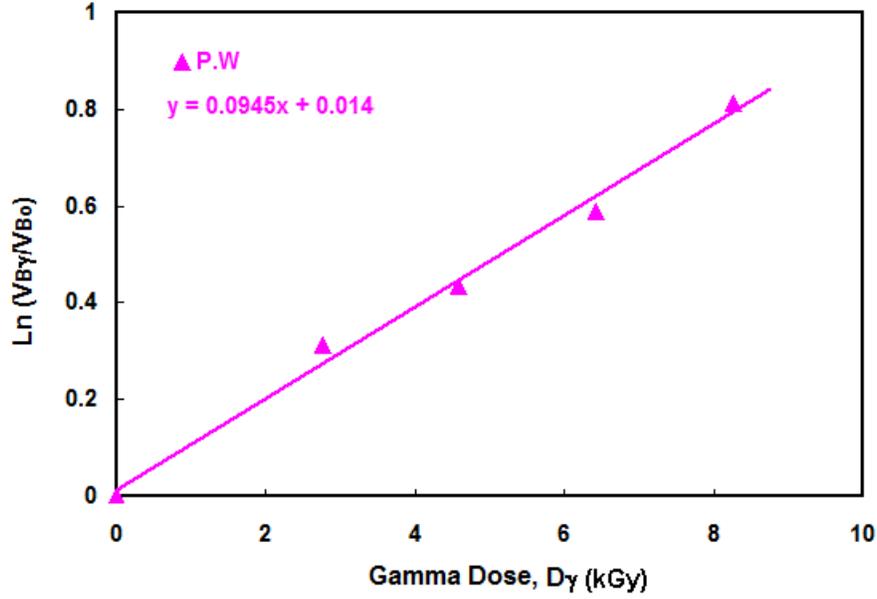
ويمكن إيجاد قيم المعلم المُميّز (g) كذلك من رسم العلاقة بين $\ln(V_{B\gamma}/V_{Bo})$ وجرعة أشعة غاما (D_γ) كما موضح في الشكل (7)، حيث نحصل على خط مستقيم ميله يساوي قيمة g، ويظهر من الشكل أن $g = 94.5 \text{ MGy}^{-1}$.

parameter) للتعرض لأشعة غاما (g) ويقاس بوحدة Gy^{-1} ، على التوالي. $a = V_{Bo}$ هو نقطة تقاطع المنحنى مع محور معدل القشط العام ويساوي $1.727 \mu\text{m/h}$ وهذه القيمة متطابقة تقريباً مع القيمة المقاسة المعطاة في الجدول (1) وهي $1.703 \mu\text{m/h}$ ، وهذه القيمة تعتمد على نوع الكاشف والظروف القشطية من نوع المحلول وبعياريته ودرجة حرارته. أما D_γ فإنه يمثل جرعة التعرض (أو الامتصاص) لأشعة غاما بوحدة غراي (Gy). ومن المواءمة نجد أن $g = 94.5 \text{ MGy}^{-1}$.

إن نتائجنا بطريقة قياس قطر-طول الأثر (D-L) للكاشف CR-39 تتفق بشكل جيد مع نتائج المرجع [15] للكاشف CR-39 نفسه باستخدام طريقة قياس مختلفة وهي طريقة القياس التثاقلي gravitational method (أي فرق الكتلة الناتج من عمليات القشط المتعاقبة للكاشف) عند الظروف التجريبية نفسها ولجرعات غاما نفسها المستخدمة في هذا البحث فضلاً عن استخدامه لجرعات إضافية أخرى مختلفة وكما هو واضح من مقارنة النتائج في الشكل (6). فقد وجد [15] وكما موضح في الشكل (6) أن العلاقة بين معدل القشط العام للكاشف CR-39 وجرعات أشعة غاما تزداد أسياً وتتبع العلاقة العامة نفسها في المعادلة (3 أو 4) وأن نقطة التقاطع تساوي $V_{Bo} = 1.74 \mu\text{m/h}$ والقيمة التي قاسها بطريقة القياس التثاقلي كانت $V_{Bo} = 1.73$ ، وإن المعلم المُميّز كان $g = 90.3 \text{ MGy}^{-1}$ وهذه النتائج متفقة مع النتائج التي حصلنا عليها. كذلك



الشكل (6): مقارنة معدل القشط العام للكاشف CR-39 المُعرّض لأشعة غاما مع نتائج المرجع [15]



الشكل (7): العلاقة بين لوغاريتم معدل القشط النسبوي للكاشف CR-39 وجرعة غاما المُعرّض لها

الاستنتاجات

كونها تعتمد على القياس المباشر لأقطار الآثار وأطوالها من صور المقاطع الجانبية لصور الآثار. وعليه يمكن القول انه بقياس معدل القشط العام والاعتماد على المعادلة التي تم الحصول عليها ومن حساب قيمة المعلم المُميّز للتعرض لأشعة كاما (g) فإنه من الممكن معايرة الكاشف واستعماله كمقياس لمعدل جرعات أشعة غاما.

من خلال النتائج التي حصلنا عليها يمكن أن نستنتج أن تعريض الكاشف CR-39 إلى جرعات من أشعة غاما يظهر تأثيراً ملحوظاً على خصائص الكاشف ولاسيما معدل القشط العام V_B إذ يتغير طردياً وبشكل أسي مع زيادة جرعة أشعة غاما، وإن طريقة D-L_e المستخدمة في حساب معدل القشط العام V_B هي طريقة جيدة وتعطي نتائج جيدة

المراجع

- [8] Ipe, N.E. and Ziemer, D.L., Nucl. Tracks, 11(3) (1986) 137.
- [9] Balestra, S., Cozzi, M., Giacomelli, G., Giacomelli, R., Giorgini, M., Kumar, A., Mandrioli, G., Manzoor, S., Margiotta, A.R., Medinaceli, E., Partizii, L., Popa, V., Qureshi, I.E., Rana, M.A., Sirri, G., Spurio, M., Togo, V. and Valieri, C., Nucl. Instr. and Meth. in Physics Research, B 254 (2007) 254.
- [10] Al-Nia'emi, S.H. and Kasim, Y.Y., Jordan J. Phys., 6(1) (2013) 17.
- [11] Manzoor, S., Balestra, S., Cozzi, M., Errico, M., Giacomelli, G., Giorgini, M., Kumar, A., Margiotta, A., Medinaceli, E., Patrizii, L., Popa, V., Qureshi, I.E. and Togo, V., Nucl. Phys. Proc. Suppl., 172 (2007) 92. DOI:0.1016/j.nuclphysbps.2007.07.017.
- [1] Szydłowski, A., Sadowski, M., Czyżewski, T., Jaskola, M., Kormona, A., Kedzierski, J. and Krestschmer, W., Radiat. Meas., 312 (1999) 257.
- [2] Nikezic, D. and Yu, K.N., Materials Science and Engineers, R 46 (2004) 51.
- [3] Randhaw, G.S., Shyam, K. and Virk, H.S., Radiat. Meas., 22(3) (1979) 523.
- [4] Khan, H.A., Nucl. Instr. and Meth., 78 (1980) 491.
- [5] Durrani, S.A. and Bull, R.K., "Solid state nuclear track detection", (Pergamon Press, Oxford, 1987).
- [6] Yamauchi, T., Ichijo, H. and Oda, K., Radiat. Meas., 34 (2001) 85.
- [7] Tager, A.A., "Physical chemistry of polymers". (Mir. Publishers, Moscow, USSR, 1978).

- [14] Yamauchi, T., Taniguchi, T., Oda, K., Ikeda, T., Honda, Y. and Tagawa, S., Radiat. Meas., 31 (1999) 121-126.
- [15] Al-Hubayti, Y.Y., M.Sc. Thesis, Physics Dept., College of Education, University of Mosul, Iraq (2005).
- [12] Mahmood, I.H.T, M.Sc. Thesis, Physics Department, College of Education, Mosul University, Iraq (2011).
- [13] Oda, K., Yoshida, K., Yamauchi, T., Ikeda, T., Honda, Y. and Tagawa, S., Radiat. Meas., 28 (1997) 85.