

تأثير المجال الكهربائي المستقر على حساسية كاشف الأثر النووي البلاستيكي CR-39

علي عبد عباس

قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة البصرة

ISSN-1817-2695

((الاستلام 2002/2/16 ، القبول 2003/1/11))

المستخلص:

لقد تم حساب معدل القشط العام V_B لكاشف الأثر النووي CR-39 ، والذي يعتبر دالة لمعرفة تغير حساسية الكاشف - حيث يتناسبان عكسياً- وذلك بمعالجة الكاشف بالمجالات الكهربائية المستمرة وبشدة مختلفة ولفترات زمنية ثابتة. لقد وجد أن سرعة معدل القشط تقل بازدياد قيم المجال الكهربائي مما يؤدي إلى تحسين حساسية الكاشف ، إضافة إلى أن هذه المعالجة تؤثر على الآثار الناتجة من النيوترونات ولا تؤثر على الآثار الناتجة من جسيمات ألفا ، وذلك بسبب تأثير التأين النوعي الذي يعتمد على شحنة الجسيم الساقط .

1. المقدمة:

وعند تعرضه للإشعاع تنكسر الأواصر الكيميائية، وبذلك يفقد تلك الخاصية وتزداد احتمالية تكوين الآثار فيه. كما انه يذوب في المحاليل الكيميائية القاشطة بل يتحلل وينفسخ من خلال نقصان كتلته أثناء عملية القشط (وخاصة المناطق المتضررة بسبب الإشعاع). ومنذ اكتشاف كاشف الأثر البلاستيكي CR-39 عام 1978 م اهتم الكثير من الباحثين بدراسة العوامل المؤثرة على خواص وحساسية الكاشف (8). تُعد سرعة معدل القشط العام V_B إحدى أهم خصائص الكاشف التي تؤثر على حساسيته ، حيث تزداد حساسية الكاشف عند نقصان قيم سرعة معدل القشط العام V_B . ولتوضيح العلاقة بين سرعة معدل القشط العام وحساسية الكاشف يجب تعريف معدلات القشط على سطح الكاشف وطول الأثر.

في عام 1962 م توصل كل من Price و Walker (ومن بعدهما Fleicher) إلى تطوير نوع جديد من الكواشف النووية ، أطلق عليها كواشف الأثر النووي ذات الحالة الصلبة (SSNTD's) ، ومنذ ذلك الوقت ولحد الآن تم اكتشاف العديد من كواشف الأثر النووي مثل : الزجاج ، والمايكا ، LR-115 ، CN-85 ، وغيره (2،1). إن الكاشف CR-39 الذي تم اكتشافه من قبل Cartwright et al عام 1978م عبارة عن بوليمر ذو تركيب هيدروكاربوني $(C_{12}H_{18}O_7)_n$ ، ويعتبر هذا الكاشف من كواشف الأثر الأكثر حساسية (3، 4)، لذلك أستخدم في الكثير من التطبيقات البيئية والصناعية ومختلف مجالات العلم والتكنولوجيا (5، 6، 7) . إن لكاشف CR-39 شفافية بصرية فائقة، وهو مترابط المقطع،

1-1 معدل القشط العام على السطح V_B Bulk etch rate measurement :

وتركيز المحلول القاشط (9) ، ويوصف معدل القشط العام على السطح بالعلاقة التالية (10)

$$V_B = A \exp(-E_B / kT) \quad \dots (1)$$

حيث أن:

هو مقياس ما يزال من سطح الكاشف من وجه واحد بفعل تأثير المحلول الكيماوي القاشط ، او هو مقدار السمك المزال من سطح الكاشف في وحدة الزمن ، وهو يعتمد على طبيعة مادة الكاشف ودرجة حرارة

$$\Delta = \frac{1}{2}(x_1 - x_2) \quad \dots (3)$$

حيث إن:

x_1, x_2 يمثلان سمك الكاشف قبل وبعد القشط الكيميائي.

أما سمك الطبقة المزالة حسب طريقة فرق الوزن هي كالاتي (12):

$$\Delta = \frac{m_1 - m_2}{2A\rho} \times 10^4 \quad \dots (4)$$

حيث أن:

m_1, m_2 : يمثلان وزن العينة قبل وبعد القشط الكيميائي بوحدات (gm)

A: مساحة العينات بوحدات (cm^2)

ρ : كثافة مادة الكاشف CR-39 وهي مقاربة للقيمة ($1.32 gm/cm^3$)⁽¹³⁾

وباستخدام العلاقتين (3) أو (4) في العلاقة (2) تحسب قيم V_B .

A: هو مقدار ثابت ($\mu m/hr$)

E_B : طاقة التنشيط لمعدل القشط العام على السطح (J)

k: ثابت بولتزمان وقيمه ($1.381 \times 10^{-23} J.K^{-1}$)

T: درجة الحرارة المطلقة (درجة كلفن 0K)

ويمكن أن يحسب معدل القشط العام من العلاقة التالية (11):

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

حيث:

Δ : هو سمك الطبقة المزالة من وجه واحد بوحدات (μm)

t: زمن القشط بوحدات (hr)

ويتم حساب سرعة معدل القشط العام عمليا بطريقتين هما:

(1) طريقة فرق السمك .

(2) طريقة فرق الوزن .

إن سمك الطبقة المزالة من وجه واحد حسب طريقة فرق السمك تحسب كالاتي:

2-1 معدل القشط على طول الأثر (V_T): Track etch rate measurement

ويمكن أن يحسب معدل القشط على طول الأثر من العلاقة التالية (15):

$$V_T = V_B \frac{1 + (V_D / 2V_B)^2}{1 - (V_D / 2V_B)^2} \quad \dots (6)$$

حيث ان V_D هي سرعة نمو الأقطار وهي مقياس لتوسع أقطار آثار الدقائق الساقطة (سقوطا عموديا) أثناء عملية القشط الكيميائي ، ويحسب وفقا للعلاقة التالية (16):

$$V_D = \frac{\bar{D}}{t} \quad \dots (7)$$

حيث أن:

\bar{D} : معدلات قطر الأثر بوحدات (μm)

t: زمن القشط بوحدات (hr) ، لذا فان V_D يقاس بوحدات ($\mu m/hr$).

وهو المسافة التي يقطعها القاشط في وحدة الزمن ضمن منطقة الضرر للإشعاع ، ويعتمد هذا على طبيعة الإشعاع الساقط وشحنته وكتلته وطاقته وعلى طبيعة مادة القشط ودرجة حرارته وكذلك على طبيعة الكاشف المستخدم وإن V_T هي دائما أكبر من V_B ⁽¹⁴⁾ . إن معدل القشط على طول الأثر يعطى بالعلاقة التالية :

$$V_T = B \exp(-E_T / kT) \quad \dots (5)$$

حيث ان :

B: مقدار ثابت ($\mu m/hr$)

E_T : طاقة التنشيط لمعدل القشط العام على طول الأثر (J)

k: ثابت بولتزمان وقيمه ($1.381 \times 10^{-23} J.K^{-1}$)

T: درجة الحرارة المطلقة (درجة كلفن 0K)

3-1 حساسية كاشف الأثر :

تحتسب حساسية كاشف الأثر النووية CR-39 من العلاقة التالية (17) :

$$\text{Sensitivity} = \frac{V_T}{V_B} - 1 \quad \dots (8)$$

إن العلاقة (8) توضح أن حساسية الكاشف تتناسب تناسباً عكسياً مع سرعة معدل القشط العام V_B ، وهذا ما تم الحصول عليه عملياً.

2. المواد وطرق البحث :

$$V_B = -(1/2\rho)(m / A\Delta t) \quad \dots (9)$$

حيث أن:

ρ : تمثل كثافة الكاشف

A: مساحة الكاشف بوحدة (cm^2)

Δt : زمن القشط بالساعة

m: كتلة الكاشف بوحدة (gm)

في هذا البحث تمت معالجة الكاشف كهربائياً عند قيم مختلفة من المجال الكهربائي المستمر بعد تشعيع العينات باستخدام مصدر نيوتروني ($^{241}\text{Am} - \text{Be}$)، ومن ثم حساب سرعة معدل القشط العام لكل حالة، حيث يمكن إيجاد V_B من خلال قياس كتلة الكاشف قبل عملية القشط الكيميائي وبعده، ولفترات قشط زمنية ثابتة وذلك باستخدام العلاقة التالية (17) :

1-2 التشعيع بالنيوترونات :

كهربائياً كمرجع لغرض المقارنة، وعند أفضل ظروف قشط Optimum etching (18) وذلك باستخدام المحلول المائي لهيدروكسيد الصوديوم (NaOH) بعياريته (6.25)، وبدرجة حرارة $(70 \pm 1\text{C}^0)$ في حمام مائي، ولفترات قشط زمنية مختلفة، وكما في الجدول المرفق رقم (1).

تم تقطيع كاشف الأثر النووي CR-39 ذو السمك $(650 \mu\text{m})$ بهيئة قطع صغيرة بإبعاد تقريبية $(1\text{سم} \times 1\text{سم})$ ، ثم شععت أنياً باستخدام المصدر النيوتروني ($^{241}\text{Am} - \text{Be}$) ذو الفعالية الإشعاعية (5Ci) ولمدة (24) ساعة، بعدها تم تعريض العينات إلى مجال كهربائي مستمر، ولقيم مختلفة ولفترات زمنية ثابتة (ساعتان)، وتم قشطها جميعاً، بالإضافة إلى نموذج غير معرض إلى مجال

2-2 التشعيع بجسيمات ألفا :

ولمدة ساعتين، ولفرق جهد مقداره (1000 volts)، ثم قشطت العينتان - عند أفضل ظروف قشط، ولفترات زمنية مختلفة - فكان مقدار تناقص الكتلة متساو تقريباً في كل من العينتين، وهذا يعني أن المجال الكهربائي لم ينجح في إعادة ربط الأواصر الهيدروكربونية المتقطعة بسبب جسيمات ألفا، وذلك لكبر الأثر الناتج من جسيمات ألفا بسبب التأين النوعي العالي لها مقارنة بالنيوترونات (19). وكما تم إعادة التجربة عند فروق جهد مختلفة وكانت النتيجة واحدة.

وتضمنت الدراسة تأثير المعالجة الكهربائية على آثار جسيمات ألفا، التي تكون واضحة وكبيرة، فقد تم تعريض عينتين من كاشف الأثر النووي CR-39 للمصدر المشع ^{241}Am ذو الفعالية الإشعاعية (0.015mCi) ، والباعث بجسيمات ألفا بطاقة (5.48MeV) ولمدة (24) ساعة، وقد وضعت العينتان والمصدر المشع في حاوية من نوع Camberra وذلك من اجتمالية امتصاص جسيمات ألفا في الهواء، ثم رفعت العينتان من المصدر المشع وعرضت إحدى العينتين إلى مجال كهربائي مستمر

2-3 أسلوب وطريقة التعريض الكهربائي:

أخرى غير المجال الكهربائي ، والتي يمكن أن تكون شروطا حدودية لغرض هذا النوع من المعالجة . ولا يمكن زيادة فرق الجهد المسلط عن (1500 volts) وذلك لحصول تفريغ كهربائي بين لوحي المتسعة ، بسبب شدة المجال الكهربائي وصغر المسافة بين اللوحين والبالغة (0.175 cm) .

لغرض تعريض النماذج إلى المجال الكهربائي المستمر ، صممت متسعات كهربائية لهذا الغرض ، حيث يوضع النموذج داخلها ، وتوضع المجموعة داخل حيز مفرغ من الهواء إلى درجة (10^{-1} Torr) ، وفي درجة حرارة الغرفة ($23C^0$) ، وجعلها في أجواء شبه معنمة ، وتحت تأثير حجب كهربائي ومغناطيسي تام ، وذلك لغرض خلق أجواء تمنع تأثير أي عوامل

3. النتائج والمناقشة:

الأواصر الهيدروكربونية مما أدى إلى تحديد تأثير الإشعاع ، وبذلك تزداد حساسية الكاشف للإشعاع. ولهذا السبب نلاحظ نقصان قيم سرعة معدل القشط العام بزيادة المجال الكهربائي. ويمكن حساب قيم سرعة معدل القشط العام للكواشف المستخدمة برسم العلاقات البيانية بين كتلة الكاشف وزمن القشط ولغرض إجراء المقارنة حول تأثير المجال الكهربائي ولقيم مختلفة على كتلة الكاشف ولأزمان قشط مختلفة كما في الشكل (1) وباستخدام المعادلة رقم (9)، وعند رسم العلاقة بين سرعة معدل القشط العام V_B كدالة لحساسية الكاشف كما في الجدول رقم (2) الذي يثبت صحة العلاقة العكسية بين سرعة معدل القشط العام وحساسية الكاشف. وإما عند رسم العلاقة بين سرعة معدل القشط العام V_B كدالة لفرق الجهد المسلط (أو المجال الكهربائي) كما في الجدول رقم (3) ، نستطيع تحديد مدى زيادة حساسية الكاشف مع المعالجة الكهربائية وكما هو واضح في الشكل رقم (3) ، والتي تصل إلى حالة الاستقرار في حدود (1000 volts) ، وهذا يعني أنه يمكن زيادة حساسية الكاشف بتعريضه إلى مجال كهربائي يتراوح بين (1428 V/cm) ولغاية (5714 V/cm) ، أي بتغير فرق الجهد بين طرفي المتسعة من (250 V) ولغاية (1000 V) ، ومن ثم يستقر تأثير المجال على الكاشف ويكون التغير في الحساسية بعد هذه الشدة تغيرا بسيطا جدا ، بحيث يمكن اعتباره ثابتا.

الجدول (1) يوضح التناقص المستمر في كتلة الكاشف عند الاستمرار بعملية القشط الكيميائي لفترات زمنية مختلفة ، بسبب إزالة العديد من طبقات مادة الكاشف أثناء عملية القشط الكيميائي ، ووجد أن التناقص في كتلة الكاشف المعرض إلى مجال كهربائي أقل من التناقص في كتلة الكاشف غير المعرض إلى مجال كهربائي ، أي أن تأثير المعالجة الكهربائية كان واضحا ، فقد أعاد بناء المناطق المتضررة بالإشعاع جزئيا كالأتي :

عند تعرض الكاشف للإشعاع يسبب تهيج وتأمين جزيئات الكاشف، إن بعض هذه الجزيئات تعود إلى طبيعتها من خلال انبعاث أشعة أو من خلال انتقالات غير مشعة، كانتقال الطاقة إلى جزيئة أخرى⁽²⁰⁾. إن بعض الإليكترونات يتم اقتناصها في مواقع مختلفة أو ترتبط مع الجزيئات مكونة أيونات سالبة أو تعود لترتبط مع الأيونات الموجبة مكونة جزيئات متهيجة ، إن كلا من الأيونات والجزيئات المتهيجة تكتسب طاقة تذبذبية وتعاني من قطع الروابط فيما بينها لتشكل سلاسل معقدة من الجزيئات المستقرة ، جزيئات متأينة ، جذور حرة وجذور أيونية. ويعتمد عدد الانفصامات الحادثة في السلسلة الرئيسية للبوليمر على كمية الطاقة المفقودة من الجسيمة الساقطة وكما أن تكسير الروابط في البوليمر يسبب نقصانا في معدل الأوزان الجزيئية⁽²⁰⁾ ، لذلك نلاحظ أن تأثير المجال الكهربائي كان على تركيب البوليمر الهيدروكربوني فزاد من قوة ترابط

جدول رقم (1): تأثير القشط الكيميائي على كتلة الكاشف عند مراحل قشط مختلفة ولمجالات كهربائية مختلفة.

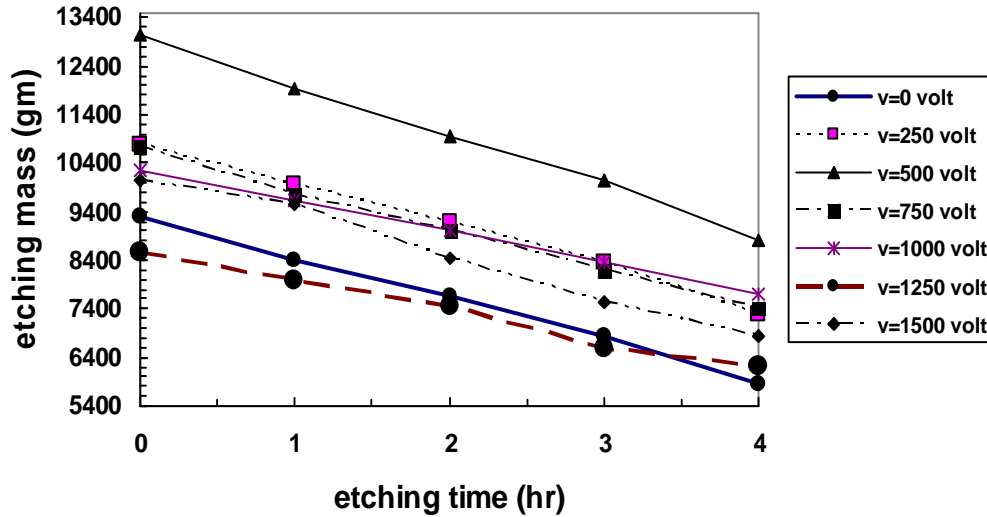
كتلة الكاشف مقاسه ب ($10^{-5} \times gm$) عند تعريضه إلى مجالات كهربائية مختلفة							زمن القشط (ساعة)
1500 volt	1250 volt	1000 volt	750 volt	500 volt	250 volt	0 volt	0
10050	8570	10260	10750	13030	10780	9310	0
9550	7980	9620	9750	11920	9980	8410	1
8430	7440	9010	9020	10960	9170	7660	2
7530	6600	8340	8200	10050	8340	6820	3
6850	6210	7700	7410	8820	7310	5870	4

جدول رقم (2): يوضح العلاقة بين سرعة معدل القشط العام ومعدل القشط على طول الأثر وحساسية الكاشف.

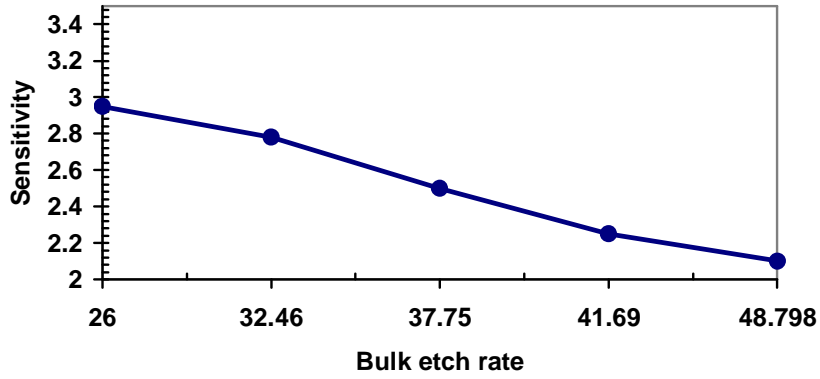
Sensitivity	$V_T (\mu m / hr)$	$V_B (\mu m / hr)$
2.10	151.4925	48.798
2.25	135.4925	41.690
2.50	132.1355	37.753
2.78	122.6988	32.460
2.95	102.700	26.000

جدول رقم (3): تأثير المعالجة الكهربائية على سرعة معدل القشط العام V_B .

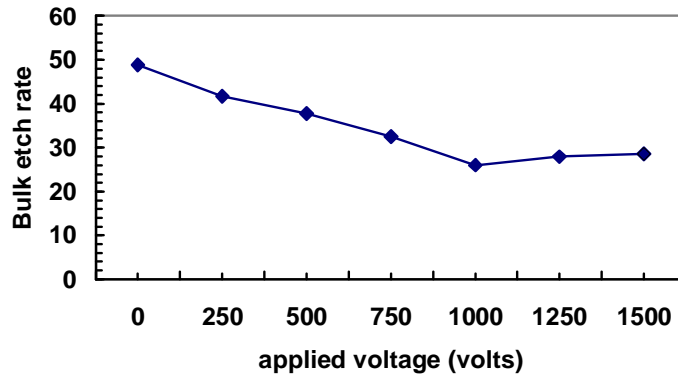
مساحة الكاشف $A(cm)^2$	سرعة معدل القشط العام $V_B (\mu m / hr)$	الفولتية المسلطة volts	المجال الكهربائي المسلط (V / cm)
0.675	48.798	0	0
0.795	41.690	250	1428
1.075	37.753	500	2857
1.000	32.460	750	4285
0.850	26.000	1000	5714
0.800	27.900	1250	7142
1.0175	28.540	1500	8571



شكل رقم (1) : تأثير القشط الكيميائي على كتلة الكاشف عند مراحل قشط مختلفة ولمجالات كهربائية مختلفة.



شكل رقم (2) : يوضح العلاقة بين سرعة معدل القشط العام وحساسية الكاشف .



شكل رقم (3): يوضح العلاقة بين معدل القشط كدالة لفرق الجهد المسلط.

4. الاستنتاج:

وجود جسيمات نيوترونية أو جسيمات ألفا أي أنها إحدى طرق الفحص والتمييز بين أنواع الإشعاعات النووية المختلفة ، والتي تصنف حسب الكتلة والشحنة. إن هذه المعالجة تفتح الأبواب أمام الدراسات والبحوث حول إمكانية إدخال مؤثرات أخرى مع المعالجة الكهربائية للوصول إلى تحسينات أفضل ، لرفع وزيادة حساسية الكاشف.

نقصان قيم سرعة معدل القشط العام بزيادة قيم المجال الكهربائي التي تؤدي إلى تحسين حساسية الكاشف للإشعاع النووي بنسبة مقدارها تقريبا (4.0%) ، وبالتالي يمكن الاستفادة منه بشكل جيد في التطبيقات الصناعية والهندسية التي تدخل كواشف الأثر كجزء ضروري وأساسي فيها. ويمكننا باستخدام المعالجة الكهربائية التمييز بين الآثار التي تبقى على حالتها والآثار التي تندمل ، مما يمكن الإشارة إلى

References:

1. Cartwright B. G., Shrik E. K. and Price P. B., Nucl. Instru. and Meth., 153, pp. 453, (1978).
2. Chacarvti S. K. and Nagpaul K. K., Proc.10th Int. Conf. 1979, Programs press, pp. 710-715, (1980).

3. Jaspal Singh, Surinder Singh and H. S. Virk, Nucl. Tracks Radiat. Meas. 15, (1-4), pp.187-190, (1988).
4. Somongy G. and Hunyaci I., Proc. 10th Int. Cont. (SSNTD's), Lyon, 2-7 july, pp.443, Programs press, Oxford, England, (1979).
5. Beuton, E. V. Gruhn T. Tran M. and Spohr R., Proc. 11th Int. Conf. (SSNTD's), Bristol, 7-12 September, 155, (1981).
6. Buggaly A. J. and Abbas A. A., J. Phy. and Meth. (Iraq) Vol. 3, pp. 91, (1994).
7. Kaleel M. A. and Fathi F. M., J. Raf. Sci., vol. 8 (2), pp.32-41,(1997).
8. Ram S. and Bose S. K., Nucl. Tracks, 9: No. 314, pp. 225-228,(1984).
9. Farid, S. M., Nucl. Track Rad. Meas., vol. 15, Nos. 1-4, pp. 145-149, (1988).
10. Green P. F., Ramli A. G., Al-Najjar S. A., Abu-Jarad F., and Durrani S. A., Nucl. Instrum. and Meth., 203,pp. 551-559, (1982).
11. Amin S., PhD. Thesis, University of Bristol, November, (1981).
12. Torreies J., Baixeras C., Dominho C., Fernando F., and Vaidolqudras A., Nucl. Tracks Rad. Meas., vol. 15, pp. 188, (1988).
13. Farid S. M., Appl. Rad. Isot., 37: No. 2, pp. 111-114, (1986).
14. Elanford G. E., Walker R. M. and Wefel J. P., Rad. Effects, vol. 5, pp. 41, (1970).
15. Henshaw D. L. and Benton E. V., Nucl. Ins. and Meth. vol. 65, pp. 180, (1981).
16. Ram S. and Bose s. K., Nucl. Track, vol. 9, pp. 224, (1984).
17. Dwiredi K. K. and Mukherji S., Nucl. and Meth., 195, pp. 433,(1979).
18. Muhammad S. N., A study of properties of nuclear track detector CR-39. Thesis presented to the college of Science, University of Basrah, (1990).
19. Tsoulfanidis N., Measurement and detection of radiation. McGraw-HILL Book Company, (1981).
20. Selman T. A., Determination of the response of the cellulose nitrat Plastic track detector CN-85 to a charged particles. Thesis presented to the college of science, University of Basrah, (1990).

The Electric Treatment to Increase the Sensitivity of CR-39 Plastic Nuclear Detector

Ali A. Abbas

*Physics department, College of science, University of Basrah,
Basrah, Iraq*

Abstract:

The bulk etch rate for plastic nuclear track detector has been determined as a function of changing sensitivity for the detector, which are inversely proportioned. This process has been done by having the detector being treated with DC electric field with different intensities and at constant intervals. It has been noted that the bulk etch rate decreases as the electric field values increase, which leads to the development of the detector sensitivity. Moreover, this treatment affects the tracks irradiated by neutrons, which dose not affects the tracks irradiated by alpha particles either. And this is due to the affect of specific ionization, which depends on the charge of incident particle.

