المجلة الأردنية للفيزياء

ARTICLE

تأثير درجة حرارة المحلول الكيميائي في معدل القشط العام لكاشف CR-39

سعيد حسن سعيد النعيمي قسم الفيزياء، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة الموصل، العراق.

<i>Received on: 30/1/2014; Accepted on: 22/4/2015</i>

الملخص: في هذا البحث، تمت دراسة تأثير درجة حرارة المحلول القاشط في معدل القشط العام (V_B) لكاشف الأثر النووي CR-39. استعملت طريقة القياس المباشر لـ "طول- قطر" (L_e-D) آثار جسيمات ألفا في الكاشف. استعمل مصدر الأمريشيوم ²⁴¹Am ²⁴¹ نشاطه الإشعاعي 1μCi للتشعيع بجسيمات ألفا بطاقة 2.5MeV. قُشط الكاشف بالمحلول المائي NaOH/water بتركيز N 6.25 N بدرجات حرارة C⁰ ± (5 , 60 , 65 , 60). قيست أطوال الآثار وأقطارها من الصور المباشرة للآثار المقشوطة في الكاشف المشعع. وجد أن معدل القشط العام يزداد أسياً مع درجة حرارة المحلول؛ إذ تراوحت قيمه بين ¹⁻ 1.400 (1.1022-1.401) ضمن مدى درجة الحرارة المذكورة.

الكلمات المفتاحية: CR-39، قشط الأثر، جسيمات ألفا، كاشف الأثر النووي.

Effects of Chemical Solution Temperature on the Bulk Etch Rate of the Detector CR-39

Sa'eed Hassan Sa'eed Al-Nia'emi

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

Abstract: The effects of chemical etchant temperatures on the bulk etch rate $V_{\rm B}$ of CR-39 SNTDs were investigated. The bulk etch rate is determined through direct measurement of "length-diameter Le-D" of alpha-particles track in the detector. Alpha-particles irradiations were made with energy of 2.5MeV under normal incidence radioactive source ²⁴¹Am of an activity of 1 µCi. The detector is etched by an aqueous solution of NaOH/water with 6.25 normality N in the temperature range (55, 60, 65, 70) ±1 °C. The lengths and diameters of alpha-particles tracks are directly measured from the tracks images obtained from the irradiated detector. It was found that the bulk etch rate is exponentially increasing with the temperature of the solution and its values ranged between (1.1022-1.424) µm.h⁻¹ in the above temperature range.

Keywords: CR-39; Track etch; Alpha particle; Nuclear track detector.

المقدمة

السينية [7] وأشعة الليزر [8]، والمجال الكهرباني [9]، والمعالجة الحرارية للكاشف (التسخين) [10]، وكذلك نوع المحلول القاشط وتركيزه ودرجة حرارته [11، 12، 13]، ونوع المحاليل المضافة إلى المحلول القاشط [14]، وعملية رج المحلول القاشط (stirring) في أثناء القشط [15]. وهناك عوامل تخص الكاشف نفسه لها أيضاً تأثير في حساسيته ومعلماته مثل نوع الكاشف ومنشئه [16]،

تؤدي العوامل البيئية دوراً كبيراً في التأثير على الصفات الكشفية والتسجيلية لكواشف الأثر النووي البلاستيكية SSNTD'S كالحساسية والزاوية الحرجة ومعدل القشط العام (V_B) ومعدل قشط الأثر (D) وطول الأثار (L_o) المتكونة فيها وأقطارها (D). من هذه العوامل الأمواج فوق الصوتية [1] والإشعاعات الكهرومغناطيسية مثل الأشعة فوق البنفسجية [2، 3، 4] وأشعة غاما [5، 6] والأشعة

يعد معدل القشط العام أحد معالم الكاشف. فهو معلم كشفي (detecting parameter) لاعتماده على عوامل منها؛ نقاوة المادة الأساسية المصنع منها الكاشف، ومدى تجانسها وتماثل خواصها, وطبيعة جزيئات البوليمر المكون للكاشف، وظروف بلمرتها خلال عملية إنتاج الكاشف، فضلاً عن اعتمادها على العوامل البيئية عند تشعيع الكاشف. وإلى جانب كون V_B معلماً كشفياً فإنه يعد معلماً قشطياً (etching parameter) مهماً، لاعتماده على نوع المحلول الكيميائي القاشط المستعمل في إظهار الآثار في الكاشف وتركيزه ودرجة حرارته [11، 12، 14]. عموماً، فإن معدل القشط العام (V_B) للكاشف يمتلك قيمة واحدة، وقد تكون وضمن سمك مزال قليل من سطح الكاشف، في حين أن قيمته وضمن سمك مزال مليل من سطح الكاشف، في حين أن قيمته قد تتغير عندما يزال سمك كبير لفترات قشط طويلة.

تعد طريقة قياس "طول- قطر" الأثر (L_e-D) طريقة حديثة وليست سهلة، ولكن نتائجها دقيقة مقارنة بالطرائق الأخرى التي كانت تستعمل سابقاً في عملية إيجاد V_B. فهذه الطريقة تتطلب الحصول على صور لعدد كبير من الأثار المتكونة في الكاشف، وتتطلب قياساً دقيقاً لكل من قطر الأثر (D) وطوله (L_e) تجريبياً بشكل مباشر وهذا يحتاج إلى وقت وجهد غير قليل. يتم حساب معدل القشط العام (V_B) من العلاقة [20، 13، 21]:

$$V_{B} = \frac{D^{2}}{4tL_{e}} \left[1 + \sqrt{1 + \frac{4L_{e}^{2}}{D^{2}}} \right]$$
(1)

حيث L_e طول الأثر، وD قطر فتحة الأثر، وt زمن القشط، كما هو موضح في الشكل (1).

يهدف البحث إلى إيجاد معدل القشط العام لكاشف CR-39 ودراسة تأثير درجة حرارة المحلول الكيميائي القاشط NaOH/water عليه، وإيجاد علاقة رياضية شبه تجريبية تبين نمط هذا التغير.



الشكل (1): رسم تخطيطي جانبي لـ "الأثر المقشوط" للسقوط العمودي للجسيمات.

طريقة العمل

استعمل كاشف الأثر النووى البلاستيكي CR-39 ذو الحساسية العالية والخلفية الإشعاعية القليلة بسمك 200 μm لقياس معدل القشط العام له. استعملت أربع قطع من الكاشف بأبعاد (1X1)cm، ثم شُعِّعت بجسيمات ألفا بطاقة 2.5 MeV من مصدر أمريشيوم ²⁴¹Am نشاطه الإشعاعي (1μCi) والطاقة الرئيسية لجسيمات ألفا المنبعثة منه هي 4.16 بمتوسط مدى في الهواء يقرب من 4.16 cm. تم الحصول على الطاقة 2.5 MeV من خلال تغيير البعد بين المصدر المشع والكاشف فى الهواء. أجريت عملية القشط الكيميائى للكاشف لإظهار آثار جسيمات ألفا، باستعمال المحلول المائي NaOH/water بتركيز 6.25 N عند درجات حرارة ℃ 1°C ± (55, 60, 65, 70). تم تصوير الأشكال الجانبية (profiles) للآثار وقياس أقطارها وأطوالها لأزمان قشط مختلفة لمراحل نمو الأثر ضمن مرحلتي الأثر المخروطي المنتظم والقشط المفرط للآثار (over-etching)، وذلك لإيجاد معدل القشط العام بطريقة قياس "طول - قطر" الأثر(Le-D) [12، 13].

استعملت في عملية تصوير الأثار المقشوطة وقياس أطوالها وأقطارها مباشرة منظومة حاسوبية متكونة من مجهر بصري مثبت عليها كاميرا رقمية (digital camera) من نوع MDCE-5A موصولة إلى حاسوب يعمل ضمن برنامج معين خاص بالكاميرا التي يتم تنصيبها في المنظومة، وذلك لإجراء القياسات على الآثار التي يتم تصويرها.

النتائج والمناقشة

يبين الشكل (2) العلاقة بين قطر الأثر وزمن القشط، حيث يلاحظ أن أقطار الآثار تزداد مع زمن القشط، وان هذه الزيادة تختلف باختلاف درجة حرارة المحلول القاشط؛ إذ تكون أكبر عند درجات الحرارة الأعلى، ويستمر قطر

الأثر بالزيادة مع تقدم القشط في مرحلة الأثر المخروطي المنتظم كما في الشكل وكذلك في مرحلة القشط المفرط خارج مدى الجسيم في الكاشف.



الشكل (2): تغير قطر الأثر مع زمن القشط.

يمثل الشكل (3) العلاقة بين طول الأثر(L) المقاس مباشرة وزمن القشط (t) في درجات حرارة مختلفة للمحلول الكيميائي القاشط. يلاحظ من الشكل أن طول الأثر ينمو لاخطيا وبصورة تدريجية مع تقدم عملية القشط وصولا إلى أقصى قيمة له، التي تمثل نقطة التشبع أو نقطة ثبات تقابل ذروة براك (Bragg peak) التي بعدها يصبح معدل نمو طول الأثر مساوياً للصفر (ميل المنحني $0 = \frac{dL}{4L}$)؛ أي يصبح طول الأثر ثابتاً مهما تقدمت عملية القشط. وهكذا يدخل الأثر عندئذٍ في مرحلة القشط المفرط (المرحلة الثانية) خارج المسار المتضرر في المنطقة السليمة تحت نهاية مسار الجسيم في الكاشف، ويبدأ رأس الأثر المدبب بالاستدارة (rounded) وصولاً إلى الشكل الكروى للأثر مع تقدم عملية القشط حيث يقترب معدل قشط الأثر باتجاه عمق الأثر V_T من معدل القشط العام V_B وما يلبث أن يساويه بعد زمن قشط قليل جدا، وعندها يبدأ القشط بمعدل متساو هو VB في جميع الاتجاهات. إن نقطة ثبات طول الأثر أو نقطة التشبع تحدث مع وصول المحلول القاشط إلى نهاية المسار المتضرر وهى نهاية مدى الجسيم

في الكاشف الذي يمثل وصول رأس الأثر المقشوط إلى هذه النقطة؛ إذ يكون الأثر الناتج خلال هذه المرحلة (وهي الأولى) مخروطي الشكل ذا نهاية مدببة (cone tip). وهذه النتائج تتوافق مع ما وجده [21، 22، 23].

يلاحظ من الشكل (3) أيضاً، أن زمن بداية ثبات طول الأثر وتشبعه يقل بزيادة درجة حرارة المحلول القاشط للطاقة نفسها؛ إذ إن زيادة درجة حرارة المحلول القاشط تزيد من سرعة التفاعل بين المحلول والكاشف، فتزيد من معدل قشط الأثر باتجاه العمق، وبذلك تسرع من نمو الأثر ووصوله إلى حالة التشبع (saturation)، وإن مقدار القيمة القصوى لطول الأثر (نقطة التشبع) تحصل عند القيمة نفسها لدرجات الحرارة المختلفة للطاقة الواحدة لجسيمات ألفا التي تساوي هنا بحدود ($L=8.4 \ \mu$) لطاقة ألفا 2.5 الطاقة الجسيم الساقط ألفا التي تساوي هنا بحدود ($L=8.4 \ \mu$) لطاقة ألفا 2.5 (21، 22، 23، 24]، وتعتمد على نوع الكاشف وتركيبه ومنشئه، وترتبط بشكل وثيق بمعدل نمو الأثر.



الشكل (3): تغير طول الأثر مع زمن القشط.

يُبيِّن الشكلان (4) و(5) العلاقة بين مربع قطر الأثر وحاصل ضرب الفترة الزمنية للقشط في طول الأثر المتكون خلال هذه الفترة ((L_et, D^2) والعلاقة بين مربع قطر الأثر ومربع طوله ((L_e^2, D^2) لتلك الفترة الزمنية في درجات حرارة القشط المختلفة. يلاحظ من الشكلين أن العلاقة بين كل من ((L_e^t, D^2) ورا (L_e^t, D^2) بشكل عام هي تقريباً علاقة خطية في مرحلة الشكل المخروطي المنتظم للأثر ذي الرأس المدبب (المرحلة الأولى من مراحل نمو الأثر)، لأن طول الأثر يزداد مع زيادة زمن القشط ويصل إلى الثبات أو

حالة التشبع في نهاية هذه المرحلة الأولى عندما يصل رأس الأثر المقشوط إلى نهاية المسار المتضرر تحت نهاية مدى الجسيم في الكاشف. ويستمر طول الأثر ثابتًا مهما ازداد زمن القشط بعد الدخول في مرحلة القشط المفرط (المرحلة الثانية)، في حين يستمر قطر الأثر بالزيادة مع تقدم القشط في هذه المرحلة (القشط المفرط) خارج مدى الجسيم في الكاشف. وهذا ما تمت ملاحظته عند رسم أقطار الآثار مع زمن القشط في مرحلة القشط المفرط التي لم يتم تضمينها هنا لأنها لا تدخل في الحسابات.





وعليه، فإن قياساتنا يجب أن تكون ضمن المرحلة الأولى لنمو الأثر، ويعزى السبب في ذلك إلى أن أطوال الآثار المتكونة Le وكذلك المعدل الزمنى لتغير طول الأثر (dL/dt) لا يستمران بالزيادة مع استمرار زيادة أقطار الآثار مع تقدم القشط، لأن ثبات طول الأثر يعنى أن عمق الأثر (x) يصبح مساويا لمدى الجسيم داخل الكاشف، وأن المدى المتبقي للجسيم داخل الكاشف [R'(=R-X)=0] يصبح مساوياً للصفر ويصبح الأثر تام القشط (-etched out). وعليه، فإن أيّ تقدم في عملية القشط بعد هذه النقطة على عمق أكبر من مدى الجسيم على طول امتداد مسار الجسيم خارج المسار المتضرر فى المنطقة السليمة في الكاشف يؤدي إلى أن تكون قيمة المدى المتبقي للجسيم غير مقبولة لأنها تصبح سالبة. وفضلا عن ذلك، فإن معدل قشط الأثر يهبط بشكل كبير ومفاجئ ليصبح مساويا لمعدل القشط العام (V_T=V_B)، وتصبح نسبة معدل القشط مساوية للواحد (V=1) مهما استمرت عملية القشط في هذه المرحلة. ولهذا، فإنه لا يمكن إجراء قياسات لمعلمات الأثر في هذه المرحلة لأن المنطقة المقشوطة تقع خارج مدى الجسيم ولا تمثل الأثر الحقيقى الناتج من سقوط الجسيم على الكاشف بل تدعى حفرة القشط (etch pit) ولا يجوز إجراء قياسات عليها، لذا من المفروض التوقف عن القشط عند ثبات طول الأثر أو تشبعه وعدم الاستمرار لفترات أطول.

من نتائج الشكلين (4) و(5)، تم إيجاد معدلات القشط V_B من المعادلة (1) للكاشف 29-CR عند درجات

حرارة مختلفة للمحلول القاشط كما هو موضح في الجدول (1). والشكل (6) يوضح العلاقة بين معدل القشط العام (V_B) ودرجة حرارة المحلول القاشط (T)، حيث يلاحظ أن معدل القشط العام يزداد بشكل أسي مع زيادة درجة حرارة المحلول القاشط؛ إذ إن زيادة درجة الحرارة تُسرّع التفاعل بين المحلول القاشط والكاشف وتزيد من ثم من معدلات بين المحلول القاشط والكاشف وتزيد من ثم من معدلات قشط الكاشف. وباستخدام برنامج 1.3 Curve Expert لرسم العلاقة، فقد وُجد أنها تأخذ الصيغة الرياضية التجريبية الآتية:

$$V_b = (a+bT) / (1+cT+dT^2)$$
 (2)

$$a = 119.139$$
, $b = -0.8395$, $c = 3.322$, $d = -0.0390$

الجدول (1): معدل القشط العام بطريقة Le-D عند

رجاب حرارة محتلفة للمحلول الفاشط.	
Temp. (°C)	V_{B} (µm h ⁻¹)
55	1.1022± 0.0363
60	1.1643 ± 0.0143
65	1.2255 ± 0.032
70	1.424 ± 0.0414



الشكل (6): العلاقة بين معدل القشط العام ودرجة حرارة المحلول القاشط.

الاستنتاجات

Le-D لقياس VB هي طريقة جيدة وتعطي نتائج دقيقة، لأنها تتعامل مع الصور الحقيقية للأثار المقشوطة المتكونة في الكاشف وقياس أطوالها وأقطارها مباشرة وبشكل دقيق. ويمكن استخدام المنحني بين معدل القشط العام ودرجة حرارة المحلول كمنحني معايرة لإيجاد معدل القشط العام عند أي درجة حرارة ضمن الظروف المستخدمة.

يلاحظ من النتائج أن رفع درجة حرارة المحلول القاشط يُحسنَّن معدل القشط العام V_B حيث يؤدي إلى زيادته، ومن ثم إلى زيادة معدل قشط الأثر بالعمق مما يزيد من سرعة إظهار الأثر من خلال إزالة كميات أكثر من مادة الكاشف من السطح ومن المسار المتضرر للجسيم الساقط كلما زادت درجة حرارة المحلول القاشط. كذلك يلاحظ أن طريقة

المراجع

- [7] Ng, F.M.F. and Yu, K.N., Materials Chemistry and Physics, 100 (2006) 38.
- [8] Jaleh, B., Parvin, P., Mirabaszadeh, K. and Katouzi, M., Radiat. Meas., 38 (2004) 173.
- [9] Al-Nia'emi, S.H.S. and Khidher, N.S., Abhath Al-Yarmouk -Basic Sciences and Engineering, 15(1) (2006) 17.
- [10] Al-Nia'emi, S.H.S. and Al-Obedy, A.A.I., Abhath Al-Yarmouk, Basic Sciences and Engineering, 12(1) (2003) 1.
- [11] Al-Nia'emi, S.H.S. and Al-Obedy, A.A.I, Abhath Al-Yarmouk, Basic Sciences and Engineering, 13(2) (2004) 113.
- [12] Al-Nia'emi, S.H.S. and Kasim, Y.Y., Jordan J. of Phys., 6(1) (2013) 17.

- Pandey, A.K., Kalsi, P.C. and Iyer, R.H., Nucl. Instrum. and Meth. in Physics Research, B134 (1998) 393.
- [2] Khayrat, A.H. and Durrani, S.A., Radiat. Meas., 25 (1995) 163.
- [3] Tse, K.C.C., Ng, F.M.F. and Yu, K.N., Poly. Degradation Stability, 91 (2006) 2380.
- [4] Tse, K.C.C., Nikezic, D. and Yu, K.N., Radiat. Meas., 43 (2008) S98.
- [5] Vilensky, A.I., Zagorski, D.L., Kabanov, V.Ya. and Mchedlishvili, B.V., Radiat. Meas., 36 (2003) 131.
- [6] Al-Hubayti, Y.Y.K., M.Sc. Thesis, Department of Physics., College of Education, University of Mosul, Iraq (2005).

- [19] Nikezic, D. and Yu, K.N., Materials Science and Engineers, R46 (2004) 51.
- [20] 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
- [21] Dörschel, B., Hermsdorf, D., Kadner, K. and Kühne, H., Radiat. Prot. Dosimetry, 78(3) (1998) 205.
- [22] Azooz, A.A., Al-Nia'emi, S.H.S. and Al-Jubbori, M.A., Computer Physics Communications, 183 (2012) 2470.
- [23] Al-Hubayti, Y.Y.K., Ph.D. Thesis, Department of Physics, College of Education, University of Mosul, Iraq (2013).
- [24] Azooz, A.A., Al-Nia'emi, S.H.S. and Al-Jubbori, M.A., Radiation Measurements, 47 (2012) 67.

- [13] 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, B254 (2007) 254.
- [14] Chan, K.F, Ng, F.M.F., Nikezic, D and Yu, K.N, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B263 (2007) 284.
- [15] Ho, J.P.Y., Yip, C.W.Y., Nikezic, D. and Yu, K.N., Radiat. Meas., 36 (2003) 141.
- [16] Randhaw, G.S., Shyam, K. and Virk, H.S., Radiat. Meas., 22(3) (1979) 523.
- [17] Leonardi, F., Caresana, M., D'Alessandro, M., Mishra, R., Tonnarini, S., Trevisi, R. and Veschetti, M., Radiat. Meas., 44 (2013) 787.
- [18] Szydlowski, A., Sadowski, M., Czyzewski, T., Jaskola, M., Kormona, A., Kedzierski, J. and Krestschmer, W., Radiat. Meas., 312 (1999) 257.