المصادر والمراجع

[1] Nikezic, D. and Yu, K.N., Materials Science and Engineers, R 46 (2004) 51.

[2] Khan, H.A., Nucl. Instr. and Meth., 78 (1980) 491.

[3] Durrani, S.A. and Bull, R.K., "Solid State Nuclear Track Detection", (Pergamon Press, Oxford, 1987).

[4] Manzoor, S., "Nuclear Track Detectors for Environmental Studies and Radiation Monitoring", (Physical Department, University of Bologna, 2006).

[5] 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.

[6] Somogyi, G. and Hunyadi, I., in: Proc. 10th Int. Conf. "Solid State Nuclear Track Detectors", Lyon, and Suppl. 2, Nuclear Tracks, Pergamon Press, Oxford (1980) 443.

[7] Pandey, A.K., Kalsi, P.C. and Iyer, R.H., Nucl. Instr. and Meth., in: Physics Research B 134 (1998) 393.

[8] Al–Nia'emi, S.H.S., Ph.D. Thesis, Physics Dept., College of Science, University of Mosul, Iraq (1998).

[9] Fazal–ur–Rehman, Abu-Jarad, F., Al–Jarallah, M.I. and Farhat, M., Radiat. Meas. 34 (2001) 617.

[10] Szydlowski, A., Sadowski, M., Czyzewski, T., Jaskola, M., Kormona, A., Kedzierski, J. and Krestschmer, W., Rad. Meas., 312 (1999) 257.

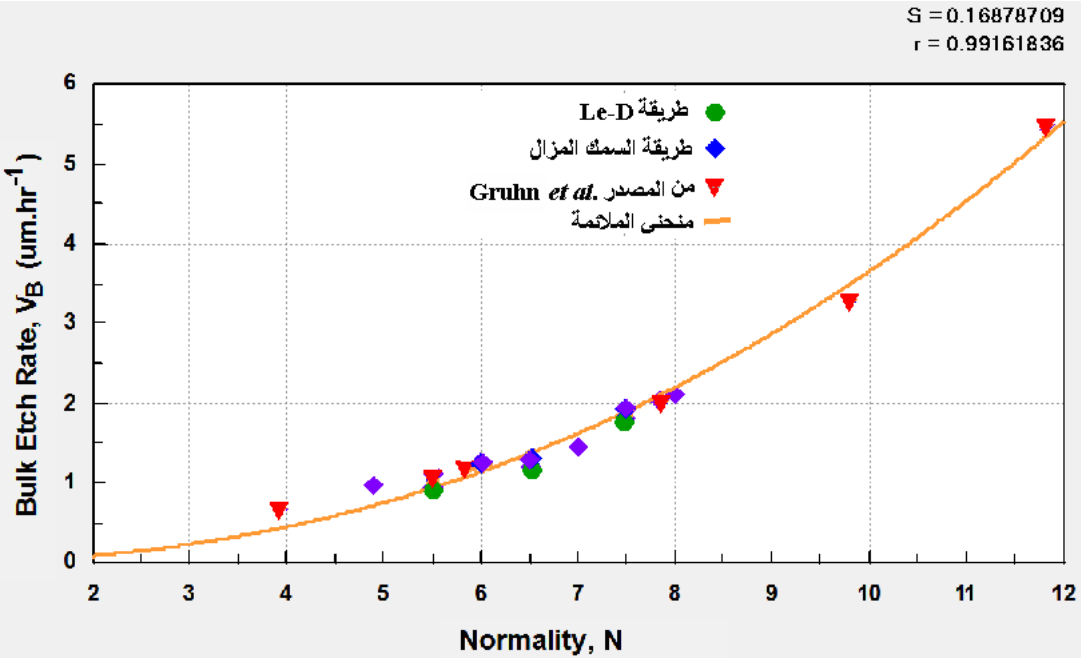
[11] Gruhn, T.A., Li, W.K., Benton, E.V., Cassou, R.M. and Johnson, C.S., in: Proceedings of the 10th Conference on SSNTD, Lyon, 2–6 July (1979) 291.

[12] Mahmood, I.H.T., M. Sc. Thesis, Physics Dept., College of Education, University of Mosul, Iraq (2011).

[13] Ho, J.P.Y., Yip, C.W.Y., Nikezic, D. and Yu, K.N., Radiat. Meas., 36 (2003) 155.

[14] Ahmed, H.A., M.Sc. Thesis, Physics Department, College of Education, University of Mosul, Iraq (2010).

[15] Dörschel, B., Hermsdorf, D., Reichelt, U., Starke, S. and Wang, Y., Radiat. Meas., 37 (2003) 563.



الشكل (6): معدلات القشط العام بطريقة السمك المزال وطريقة Le-D للدراسة الحالية ودراسة [11] ومنحني المُلاءَمة عند عياريات مختلفة للمحلول القاشط

الجدول (3): مقارنة قيم معدل القشط العام للكاشف CR-39 بطرائق مختلفة

Normality, N	معدل القشط العام V_B ($\mu m.hr^{-1}$)		
	طريقة Le-D	طريقة السمك المزال	منحني المُلاءَمة
5.5	0.944 ± 0.0163	1.1379 ± 0.0229	1.0418
6.0	….	1.268 ± 0.0223	1.223
6.5	1.222 ± 0.0243	1.321 ± 0.0205	1.418
7.0	…..	1.471 ± 0.0177	1.625
7.5	1.831 ± 0.024	1.919 ± 0.0135	1.845
8.0	…..	2.125 ± 0.010	2.079

الاستنتاجات

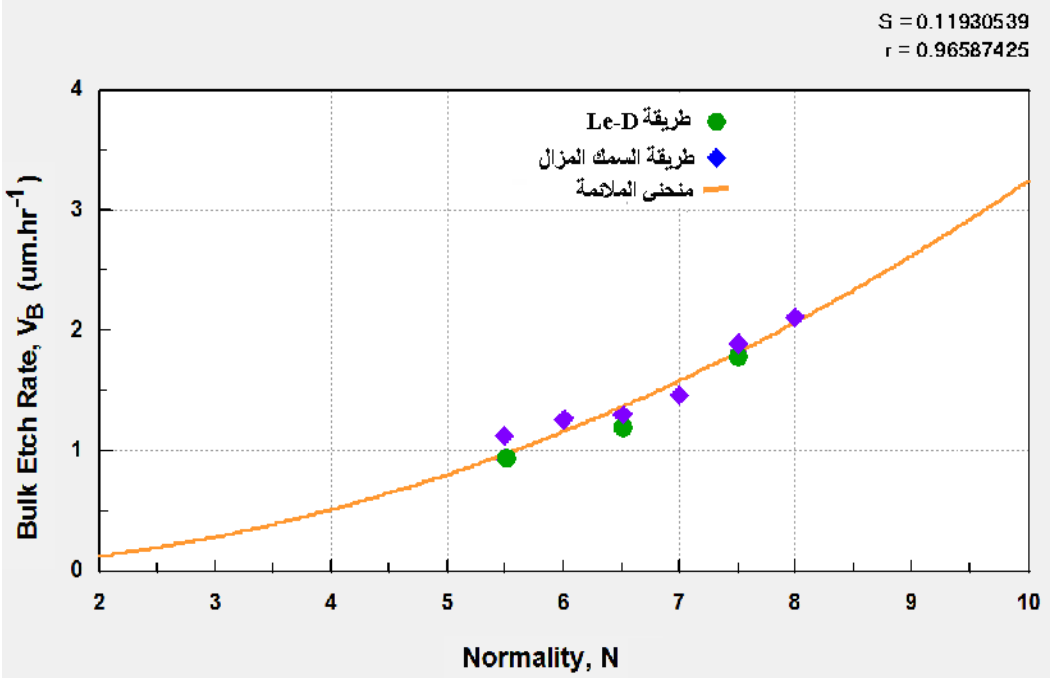
من النتائج التي حصلنا عليها نستنتج أن طريقة Le-D هي طريقة جيدة لقياس V_B وتعطي نتائج جيدة، ولكنها ليست طريقة سهلة حيث تتطلب الحصول على صور للأثار في الكاشف وقياس أطوالها وأقطارها بدقة، وأن معدل القشط العام لا يعتمد على طاقة الجسيمات التي يشعع بها الكاشف. فقد وجد أن نتائج قياس V_B بطريقة السمك المزال التي لا تتطلب تشعيع الكاشف بالجسيمات متوافقة مع نتائج V_B المقاسة بطريقة Le-D التي تتطلب تشعيع الكاشف بالجسيمات المشحونة بطاقات مختلفة. كذلك يلاحظ أنه بالإمكان استخدام منحني المُلاءَمة لإيجاد معدل القشط العام عند أي عيارية للمحلول القاشط ضمن الظروف القشطية المستخدمة في هذا البحث.

المنحني، نحصل على القيم النظرية لمعدل القشط (V_B) لتلك العياريات للمحلول القاشط في هذه الطريقة، ويمكن الحصول من هذا المنحني على معدل القشط للكاشف CR-39 عند أي عيارية عند الظروف القشطية المستخدمة في هذا البحث. ويلاحظ أن قيم V_B الناتجة من طريقة قياس السمك المزال (من المعادلة 2) وطريقة قياس Le-D (من المعادلة 4) متطابقة، وأنها تتطابق مع منحني الملاءمة الناتج من المعادلة (6) باستخدام النقط جميعها في الطريقتين، حيث وجد أن ثوابت المعادلة (6) لمنحني الملاءمة كانت a_1=0.16544 $\mu m\ hr^{-1}$، وa_2=2.31764، وa_3=2.24012.

أما الشكل (6) فإنه يوضح مقارنة قيم V_B الموضحة في الشكل (5) باستخدام الطريقتين؛ طريقة السمك المزال وطريقة Le-D مع النتائج التي وجدها [11] لمعدل القشط العام (V_B) باستخدامه طريقة قياس أقطار شظايا الانشطار للظروف القشطية نفسها ولكن لعياريات (تراكيز) قشط مختلفة. ويلاحظ من الشكل (6) أن قيم V_B المقاسة في هذه الدراسة بالطريقتين تتوافق مع ما وجده [11] بشكل جيد وتتطابق مع منحني المُلاءَمة الناتج من المعادلة (6) باستخدام النقط جميعها للدراسة الحالية ودراسة [11]. وقد وجد أن ثوابت المعادلة (6) لمنحني الملاءمة كانت a_1=0.0.18667 $\mu m\ hr^{-1}$، وa_2=2.2648، وa_3=2.23767.

الجدول (3) يمثل مقارنة نتائج معدلات القشط العام (V_B) التي حصلنا عليها من طريقة Le-D وطريقة السمك المزال وكذلك النتائج التي تم الحصول عليها من المُلاءَمة؛ إذ يظهر توافق جيد بين النتائج. كذلك فإن النتائج التي حصلنا عليها تتوافق مع ما وجده [12]، حيث وجد أن قيمة V_B باستخدام طريقة السمك المزال كانت 1.3146 $\mu m.hr^{-1}$ وكانت 1.3192 $\mu m.hr^{-1}$ بطريقة القياس التثاقلي (قياس الكتلة المزالة) باستعمال المحلول القاشط NaOH عند ظروف 70±1°C و6.25 N.

ولعدم عثورنا على دراسات تحت الظروف القشطية ذاتها وضمن عياريات المحلول نفسها المستخدمة في دراستنا هذه، فإننا نورد قيمًا فردية لمعدل القشط العام V_B عند عياريات مختلفة لدراسات أخرى تقع ضمن مدى العياريات المستخدمة وعند درجة الحرارة للمحلول القاشط نفسه المستخدم في دراستنا وهي 70±1°C. ويلاحظ أن قيمة V_B باستخدام المحلول القاشط NaOH عند عيارية 6.25 N كانت V_B = 1.23 $\mu m.hr^{-1}$ [13]، وكانت V_B=1.45 $\mu m.hr^{-1}$ [14]، بينما كانت V_B=1.317 $\mu m.hr^{-1}$ عند [12]، كما نجد أن معدل القشط العام كان يساوي V_B=1.73 $\mu m.hr^{-1}$ باستخدام محلول NaOH بعيارية 7.25 [15]. وبالمقارنة مع نتائجنا في الجدول (3) نجد أن هذه القيم متوافقة مع النتائج التي حصلنا عليها وتقع ضمنها.



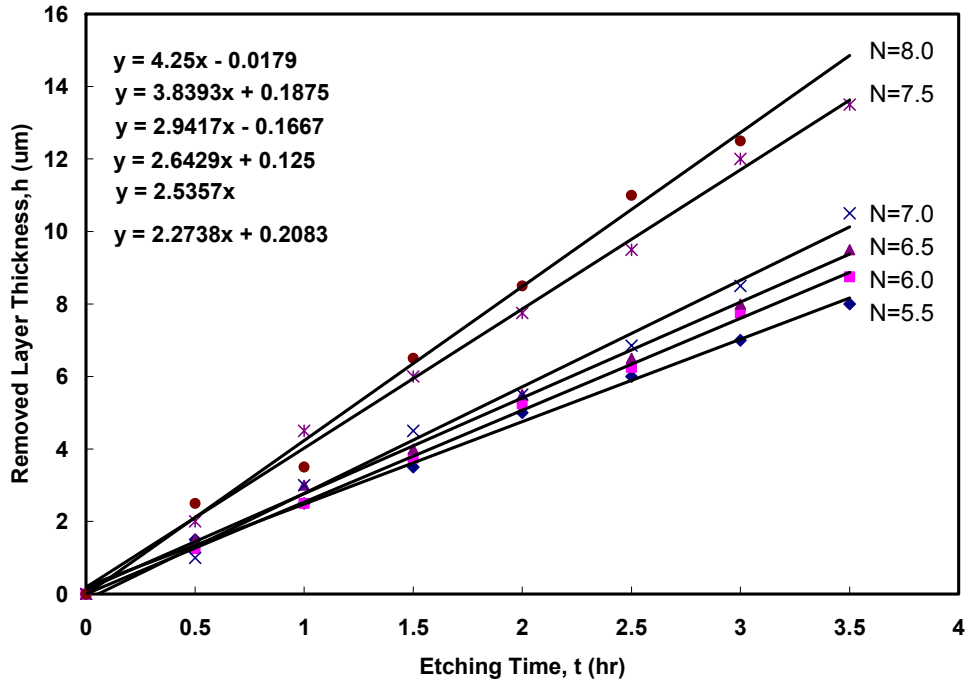
الشكل (5): معدلات القشط العام بطريقة السمك المزال وطريقة Le-D للدراسة الحالية مع منحني المُلاءَمة عند عياريات مختلفة للمحلول القاشط

إن التوقف عن القشط عند الأزمان التي أشرنا إليها أعلاه يعود سببه إلى أن أطوال الآثار المتكونة وكذلك المعدل الزمني لتغير طول الأثر لا تستمر بالزيادة مع استمرار زيادة أقطار الآثار مع تقدم القشط؛ إذ لا يجوز أن تصبح قيمة المدى المتبقي (R') سالبة عندما يصل المحلول القاشط إلى عمق أكبر من مدى الجسيم داخل الكاشف ويصبح الأثر مفرط القشط (over-etched). وبعد قياس أطوال الآثار وأقطارها مباشرة من صور الآثار، فقد تم حساب معدلات القشط العام (V_B) باستخدام المعادلة (4) [4] وكما في الجدول (1) لكل طاقة للجسيم ولكل عيارية للمحلول القاشط.

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

Normality, N	$E\alpha$ (MeV)	V_B (μm hr^{-1})
5.5	4.3	0.944 ± 0.0163
6.5	3.3	1.222 ± 0.0243
7.5	2.3	1.831 ± 0.024

ولقياس V_B بطريقة سمك الطبقة المزالة من خلال قشط الكاشف بدون تشعيعه بجسيمات ألفا، فقد قُشِط الكاشف CR-39 بالمحلول نفسه NaOH وبدرجة الحرارة (70±1)ºC نفسها للطريقة الأولى وبعيارية (5.5، 6، 6.5، 7، 7.5، 8) N، وتم قياس سمك الطبقة المزالة لأزمان قشط متعاقبة ولكل عيارية للمحلول، حيث ظهرت العلاقة بينهما طردية خطية، واتضح أن سمك الطبقة المزالة من السطح العام للكاشف يزداد بزيادة عيارية المحلول القاشط بثبوت الظروف الأخرى كما هو موضح في الشكل (4). وباستخدام المعادلة (1) تم إيجاد معدلات القشط العام للكاشف CR-39 عند عياريات المحلول القاشط أعلاه وكما هو مبين في الجدول (2).

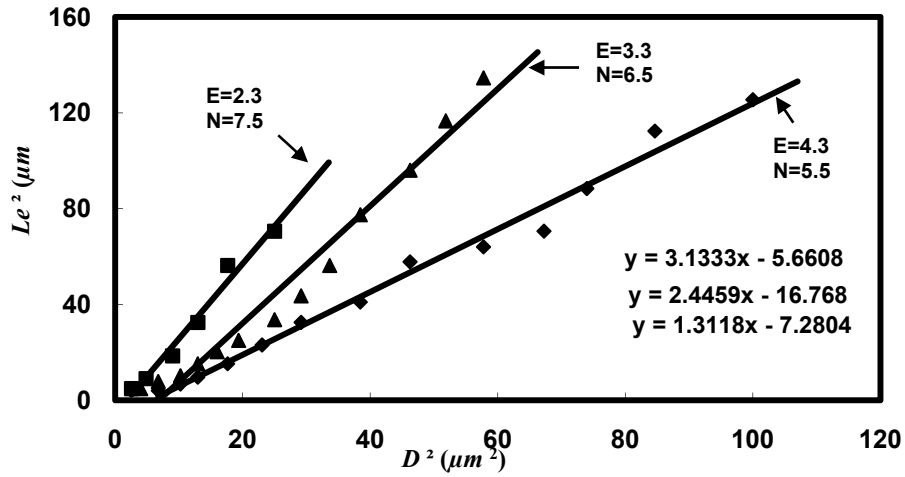


الشكل (4): العلاقة بين السمك المزال وزمن القشط

الجدول (2): معدل القشط العام بطريقة قياس السمك المزال

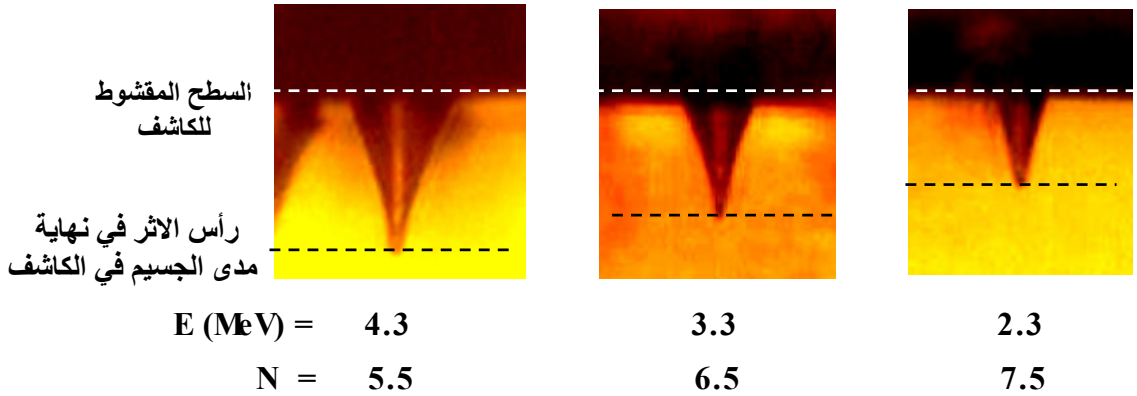
Normality, N	V_B (μm hr^{-1})
5.5	1.137 ± 0.0229
6.0	1.268 ± 0.0223
6.5	1.321 ± 0.0205
7.0	1.471 ± 0.0177
7.5	1.919 ± 0.0135
8.0	2.125 ± 0.010

النقط في الشكل (5) تمثل قيم معدلات القشط العام للكاشف CR-39 للعياريات المختلفة للمحلول المعطاة في الجدول (2). وبإجراء عملية المُلاءَمة (Fitting) لهذه النقط باستخدام المعادلة (6) نحصل على منحنٍ لمعدل القشط يتغير أسياً مع عيارية المحلول القاشط، وهذا المنحني يتوافق مع شكل تغير قيم V_B المتمثلة في المثلثات الصلدة في الشكل نفسه مع عيارية المحلول القاشط. وبإسقاط قيم العياريات المستخدمة على هذا



الشكل (2): العلاقة بين Le^2 وD^2

الشكلان (1) و(2) يبينان العلاقة بين مربع قطر الأثر وحاصل ضرب فترة القشط في طول الأثر المتكون خلال هذه الفترة (D^2 و Let)، والعلاقة بين مربع قطر الأثر ومربع طوله (Le^2, D^2) لتلك الفترة الزمنية لطاقات جسيمات ألفا (2.3، 3.3، 4.3) MeV بتراكيز قشط مختلفة بعيارية (5.5، 6.5، 7.5) N على الترتيب ولأزمان قشط مختلفة تعتمد على عيارية المحلول القاشط وطاقة الجسيمات. يلاحظ من الشكلين أن العلاقة بين كل من (Le^*t, D^2) و(Le^2, D^2) هي علاقة خطية تقريباً 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 الثبوت أو حالة التشبع في نهاية المرحلة الأولى عندما يصل رأس الأثر المقشوط إلى نهاية مدى الجسيم في الكاشف، في حين يستمر قطر الأثر بالزيادة مع تقدم القشط في مرحلة القشط المفرط خارج مدى الجسيم في الكاشف. وعليه، فإن قياساتنا يجب أن تكون ضمن مرحلة المخروط المنتظم لشكل الأثر، وقد أجرينا القياسات لأزمان قشط (1.75، 4.15، 8) hr للطاقات (2.3، 3.3، 4.3) MeV على الترتيب عند ثبوت طول الأثر. والشكل (3) يعرض صورًا تجريبية للمظهر الجانبي للأثر المقشوط في الكاشف CR-39 للطاقات الثلاث أعلاه عند ثبوت طوله ووصول رأس الأثر إلى نهاية مدى الجسيم في الكاشف الذي يمثل نهاية مرحلة الشكل المخروطي المنتظم لنمو الأثر لتبدأ بعدها مرحلة القشط المفرط.



الشكل(3): صور تجريبية للمظهر الجانبي للأثر المقشوط في نهاية مرحلة المخروط المنتظم لنمو الأثر

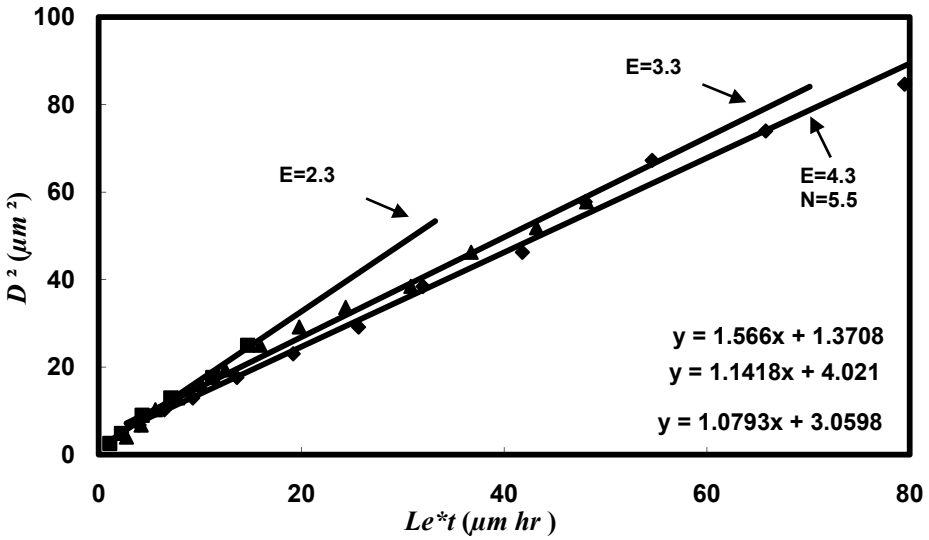
وبعيداً عن السطح مما يوفر عمليات قشط متعاقبة بفترات زمنية مناسبة لقياس أطوال الآثار وأقطارها بدقة أكثر، فضلاً عن أنه يجب أخذ الفرق بين طاقة وأخرى ليس أقل من (0.7-0.6) *Mev* لكي يعطي فرقًا واضحاً بين أطوال الآثار قابلاً للقياس عند الفترة الزمنية نفسها، لذلك اخترنا الطاقات بعد طاقة الذروة بحيث يكون الفرق بينها في حدود 1 *MeV*.

ولإيجاد معدل القشط العام (V_B) بطريقة القياس المباشر لسمك الطبقة المزالة (h) من سطح الكاشف، فقد تم قشط كاشف CR-39، بدون تشعيعه بجسيمات ألفا، بعياريات مختلفة (5.5، 6، 6.5، 7، 7.5، 8) N للمحلول القاشط NaOH عند درجة حرارة (70 ± 1)°C لأزمان قشط مختلفة لكل عيارية. وقد استخدمت المعادلة (6) في إجراء عملية المُلاءَمة (Fitting) للنتائج التجريبية لمعدل القشط العام بطريقة السمك المزال للعياريات المختلفة للمحلول القاشط ولدرجة الحرارة أعلاه.

لتصوير الأشكال الجانبية للآثار المتكونة في الكاشف وقياس أطوالها وأقطارها مباشرة، وكذلك لقياس السمك المزال من سطح الكاشف بعملية القشط، فقد استخدمت كاميرا رقمية (Digital Camera) من نوع MDCE-5A مثبتة مباشرة على المجهر الضوئي وموصلة إلى حاسوب يعمل ضمن برنامج معين لغرض نقل صور الآثار ليتم إجراء عمليات القياس عليها.

النتائج والمناقشة

هناك نمطان في إيجاد معدل القشط العام (V_B) للكاشف المستخدم؛ إذ يمكن إيجاده إما بتشعيعه بالجسيمات المشحونة أو بدون تشعيعه بتلك الجسيمات في طرائق قياس V_B. وهناك طريقة حديثة لقياس V_B وهي قياس طول - قطر الأثر (Le-D) [4]؛ إذ تتطلب هذه الطريقة تشعيع الكاشف بالجسيمات المشحونة وتصوير شكل الأثر المقشوط المتكون في الكاشف بفعل المحلول القاشط، وقياس طوله وقطره بشكل تجريبي مباشر، بينما تتطلب الطرائق المعروفة - ومنها طريقة قياس سمك الطبقة المزالة من سطح الكاشف - قياس سمك الكاشف بعد عمليات قشط لفترات زمنية متعاقبة دون أن يحتاج إلى تشعيعه بالجسيمات المشحونة.



الشكل (1): العلاقة بين Le*t وD^2

(Directional parameter) للكواشف غير المتجانسة (Non-homogenous)، وغير متماثلة الخواص (Non-isotropic) مثل المايكا، لأن V_B يختلف باختلاف اتجاه القشط على سطح الكاشف. وقد وجد أن معدل القشط العام (V_B) ومعدل قشط الأثر (V_T) يتأثران بتغير عيارية المحلول القاشط حسب العلاقة [6]:

$$V_x = F_x C^n e^{(-\frac{E_k}{kT})} \qquad (6)$$

حيث V_x يمثل V_B أو V_T، و F_x ثابت يعتمد على نوع المادة، وC عيارية (Normality) المحلول القاشط في مدى ($15N \geq C \geq 3N$)، وT درجة حرارة المحلول القاشط بالكلفن.

ويمكن صياغة المعادلة (6) بالشكل الرياضي الآتي:

$$y = a_1 \; x^{a_2} \; e^{a_3} \qquad (7)$$

إن العوامل المؤثرة على كواشف الأثر النووي تؤدي دوراً كبيراً في التأثير على الخصائص الكشفية والتسجيلية، وكذلك على معدل القشط العام ومعدل قشط الأثر. ومن هذه العوامل: نوع المحلول القاشط، وتركيزه، ودرجة حرارته، فضلاً عن عوامل أخرى منها الترددات فوق السمعية [7]، ودرجات الحرارة العالية والجرعات العالية من الإشعاعات الكهرومغناطيسية [8، 9]. وبما أن V_B أحد المعلمات القشطية والكشفية المهمة في تكوّن الآثار وتطور نموها، فهناك عدد كبير من الدراسات تبين اعتماد V_B على عوامل عديدة مثل: نقاوة المادة الأساسية والتركيب الجزيئي لمادة الكاشف (البوليمر)، وظروف البلمرة، والظروف البيئية في أثناء التشعيع، والظروف القشطية (نوع المحلول، ودرجة حرارته، وتركيزه) [10]، فضلاً عن عوامل بيئية أخرى. كذلك فإن الانتفاخ في مادة الكاشف نتيجة امتصاصه للماء من المحلول القاشط في أثناء عملية القشط له تأثير في قيمة V_B، لذا يجب التخلص من الماء الممتص بعد كل عملية قشط، كما أن تجانس مادة الكاشف وتماثل خواصها هما الآخران لهما تأثير في قيمة V_B؛ إذ إن هاتين الصفتين تجعلان المحلول القاشط يهاجم المادة بشكل عام بمعدل قشط متساوٍ في الاتجاهات المختلفة.

طريقة العمل

استعمل كاشف الأثر النووي البلاستيكي CR-39 بسمك 200 μm لقياس معدل القشط العام له. وهو عبارة عن مادة بوليمرية بلاستيكية صلبة من نوع متعدد الكربون يمتاز بتجانس مادته وتماثل خواصها وبخلفيته الإشعاعية القليلة، فضلاً عن حساسيته العالية للكشف عن الجسيمات المشحونة ومنها جسيمات ألفا وكذلك الكشف عن النيوترونات. فقد استعمل مصدر الأمريشيوم المشع ^{241}Am بفعالية (1μCi) في تشعيع الكاشف وهو باعث لجسيمات ألفا بمعدل طاقة قصوى 5.485 MeV ومتوسط مداه في الهواء يقرب من 4.16 cm. فقد استخدمنا طاقات أقل من معدل الطاقة القصوى، وذلك بتغيير البعد بين المصدر المشع والكاشف في الهواء، حيث اختيرت الطاقات (2.3، 3.3، 4.3) MeV في عملية التشعيع. استعملت المادة الكيميائية NaOH بنقاوة 95% وفي درجة حرارة (70±1)ºC وبعياريات مختارة (5.5، 6.5، 7.5) N للطاقات أعلاه على التوالي، وذلك لإجراء عمليات القشط الكيميائي للكاشف لغرض حفر المناطق التالفة لإظهار الآثار المتكونة فيه جراء تشعيعه بجسيمات ألفا. بعد ذلك، يصار إلى تصوير الأشكال الجانبية (profiles) للآثار وقياس أقطارها وأطوالها للطاقات الثلاث وللعياريات الواردة أعلاه لأزمان قشط مختلفة لمراحل نمو الأثر ضمن مرحلة القشط المخروطي المنتظم ومرحلة القشط المفرط (Over-etching) وذلك لإيجاد معدل القشط العام بطريقة قياس طول-قطر الأثر Le-D.

إن السبب في اختيار العياريات للمحلول القاشط بين 5.5 و8 N هو أنه لعيارية أقل من 5.5 N سنحتاج وقتاً طويلاً للحصول على صور الآثار المتكونة في الكاشف نتيجة البطء في معدل قشط الأثر (V_T) باتجاه عمق الأثر، وسيكون الفرق الزمني بين قشط وآخر كبيرًا. أما بالنسبة للعيارية الأكثر من 8 N، فإن معدل قشط الأثر يكون كبيراً بحيث لا تتوفر فترة زمنية كافية بين قشط وآخر لتسجيل أطوال الآثار وأقطارها بدقة، كما أن الأثر يظهر بسرعة كبيرة ويذوب الكاشف وينتهي لأنه رقيق؛ إذ إن سمكه بحدود 200 μm.

أما اختيار الطاقات قيد الدراسة فقد تم على أساس منحني معدل فقدان الطاقة مع طاقة الجسيمات الذي يزداد مع زيادة طاقة جسيمات ألفا ويصل أقصى قيمة له عند طاقة (1.5-1) MeV . وعند استخدام طاقات أقل من طاقة الذروة فإن الآثار المقشوطة الناتجة تكون قريبة من السطح وبزمن قشط قليل بحيث تصل إلى نهايتها دون أن يتوفر وقت كاف بين قشط وآخر لتسجيل أطوال الآثار بشكل دقيق. لذا نعمد إلى اختيار طاقات أكبر من طاقة الذروة حيث يكون مدى الجسيمات كبيرًا داخل المادة

المقدمة

هناك معلمان أساسيان يتحكمان في تكوين الأثر هما معدل القشط العام (Bulk Etch Rate, V_B)، ومعدل قشط الأثر (Track Etch Rate, V_T) أو ما يسمى معدل القشط على طول الأثر أو عمقه. فمعدل القشط العام هو مقدار ما يزال من سطح الكاشف خلال عملية التفاعل الكيميائي بين المادة القاشطة ومادة الكاشف مما يؤدي إلى تقليل سمكه مع تقدم عملية القشط [1]. ويعد معدل القشط العام معلماً من معالم الكاشف؛ إذ يعتمد على عوامل عدة منها: نقاوة المادة الأساسية التي يصنع منها الكاشف، ومدى تجانسها وتماثل خواصها، وطبيعة جزيئات الكاشف البوليمري وظروف بلمرته خلال عملية الإنتاج، فضلاً عن اعتماده على العوامل البيئية في أثناء تشعيع الكاشف؛ إذ وجد أن عملية التسخين لها تأثير كبير على V_B في كواشف الأثر النووي [2]، فضلاً عن التأثير الملحوظ للإلكترونات والأشعة الكهرومغناطيسية المؤينة في الكاشف. وإلى جانب كون V_B معلماً كشفياً، فإنه يعد أيضاً معلماً قشطياً مهماً؛ إذ يعتمد على نوع المحلول الكيميائي القاشط، وتركيزه، ودرجة حرارته.

ونظراً لأهمية معدل القشط العام (V_B) في التحكم في عملية تكوين الأثر من خلال نسبة معدل القشط (V) المعتمد على معدل القشط العام ومعدل قشط الأثر (V_T)، فإنه يجب قياسه بشكل دقيق. ويمكن استخدام طرائق مختلفة لقياسه باعتماد نمطين: إما بتشعيع الكاشف بجسيمات ألفا أو بدون تشعيعه.

يمكن قياس V_B من خلال قياس سمك المادة المزالة من سطح الكاشف، وذلك بقياس سمك الكاشف قبل عمليات قشط متعاقبة وبعدها لأزمان قشط قصيرة ضمن مدة ثبوت V_B، ثم يحسب V_B من العلاقة [3]:

$$V_B = \frac{1}{2}\frac{\Delta h}{\Delta t} \qquad (1)$$

حيث Δh (μm) سمك الطبقة المزالة من سطح الكاشف في زمن Δt (hr).

وهناك طريقة لقياس V_B تدعى القياس التثاقلي [1]، وتعتمد هذه الطريقة على ما يزال من مادة الكاشف جراء عملية القشط الكيميائي لزمن محدد. وتتم هذه العملية بقياس كتلة الكاشف قبل عملية القشط وبعدها لزمن قشط محدد، ثم يحسب V_B من العلاقة:

$$V_B = \frac{1}{2\,\rho\,A}\frac{\Delta m}{\Delta t} \qquad (2)$$

حيث Δm (gm) كتلة الطبقة المزالة من سطح الكاشف في زمن Δt (hr)، وA (cm^2) مساحة سطح الكاشف، وρ (gm/cm^3) كثافة مادة الكاشف.

ومن الطرائق الأخرى في قياس معدل القشط العام طريقة قياس أقطار شظايا الانشطار باستخدام المصدر المشع ^{252}Cf، ولأن نسبة معدل القشط عالية $(V >> 1)$ في هذه الحالة، فإنه يمكن إيجاد V_B بقياس مباشر لأقطار شظايا الانشطار $D_f(\mu m)$ عند زمن قشط $t(hr)$ باستخدام العلاقة الآتية [3]:

$$V_B = \frac{D_f}{2\,t} \qquad (3)$$

وهناك طريقة أخرى حديثة لقياس معدل القشط العام (V_B)، وهي طريقة قياس طول- قطر الأثر (Le-D). وتعد هذه الطريقة صعبة مقارنة بالطرائق السابقة في عملية حساب V_B، لأنها تتطلب الحصول على صور للآثار المتكونة في الكاشف، وتتطلب قياساً دقيقاً لكل من قطر الأثر (D) وطوله (Le) تجريبياً بشكل مباشر، وهي ليست بالعملية السهلة. ويجب إجراء القياسات خلال المرحلة الأولى لنمو الأثر وهي مرحلة النمط المخروطي المنتظم لحين وصول رأس الأثر إلى نهاية مدى الجسيم في الكاشف [4، 5]؛ إذ يتم حساب معدل القشط العام (V_B) من العلاقة:

$$V_B = \frac{D^2}{4tLe}\left[1+\sqrt{1+\frac{4Le^2}{D^2}}\right] \qquad (4)$$

$$D = 2\;V_B\,t\sqrt{\frac{(V_T - V_B)}{(V_T + V_B)}} \qquad (5)$$

حيث أن Le طول الأثر، وD قطر فتحة الأثر، وt زمن القشط.

وجدير بالذكر أن معدل القشط العام له قيمة واحدة ضمن الظروف المستخدمة من محلول القشط والعامل البيئي المؤثر، وهو لا يعتمد على اتجاه القشط (Scalar parameter) في حالة كون مادة الكاشف متجانسة (Homogenous)، ومتماثلة الخواص (Isotropic) مثل كاشف CR-39 وكاشف PM-355؛ في حين يمتلك قيمتين ضمن الظروف المستخدمة حيث يكون اتجاها القشط

المجلد 6، العدد 1، 2013. ص ص. 17- 25

المجلة الأردنية للفيزياء

ARTICLE

إيجاد معدل القشط العام لكاشف الأثر النووي CR-39 باستخدام طريقة Le-D

سعيد حسن سعيد النعيمي ویاسر یحیى قاسم
قسم الفيزياء، كلية التربية، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

Received on: 3/4/2012; Accepted on: 14/11/2012

الملخص: يُعد معدّلا القشط العام V_B والقشط على طول الأثر V_T معلمين مهمّين في تحديد شكل الأثر ومتابعة نموه. لذا يهدف هذا البحث إلى إيجاد معدل القشط العام (V_B) لكاشف CR-39 باستخدام طريقة قياس قطر- طول الأثر (Le-D)، وذلك عن طريق تشعيع الكاشف بطاقات مختلفة (2.3، 3.3، 4.3) MeV لجسيمات ألفا من مصدر الأمريشيوم ^{241}Am. تم قشط الكاشف بعياريات مختلفة من محلول NaOH في درجة حرارة ^oC (70±1)، وذلك لحساب أطوال الآثار المتكونة في الكاشف وأقطارها لأزمان قشط مختلفة تبعًا للطاقة الساقطة وعيارية المحلول القاشط. كذلك يهدف البحث إلى إيجاد معدل القشط العام V_B بطريقة القياس المباشر لسمك الطبقة المزالة (h) من سطح الكاشف بعد عمليات قشط متعاقبة باستعمال عياريات (5.5 -8) N بزيادة 0.5 N حيث أن الكاشف بهذه الطريقة لا يتطلب تشعيعه بجسيمات ألفا. لقد وجد أن معدل القشط العام (V_B) لكاشف الأثر النووي CR-39 المقاس بطريقة Le-D كان (1.137-1.919) $\mu m.hr^{-1}$ عند عياريات N (5.5-7.5) للمحلول الكيميائي القاشط، وقد أظهرت هذه القيم تطابقا جيداً مع القيم المقاسة بطريقة سمك الطبقة المزالة التي كانت (0.944-1.831) $\mu m.hr^{-1}$ عند العياريات نفسها أعلاه. كذلك أظهرت القيم المقاسة بطريقة Le-D توافقًا جيداً أيضًا مع نتائج عملية المُلاءَمة التي أظهرت قيمًا لـ V_B بين (1.0418-1.845) $\mu m.hr^{-1}$، فضلاً عن توافقها مع نتائج دراسات أخرى بطرائق مختلفة.

Determination of the Bulk Etch Rate of the Nuclear Track Detector CR-39 Using Le-D Method

S. H. S. Al-Nia'emi and Y. Y. Kasim
Physics Department, College of Education, Mosul University, Mosul, Iraq.

Abstract: The bulk etch rate (V_B) and the track etch rate (V_T) are important parameters in identifying the track profiles and their growing rate. The aim of this paper is to determine the bulk etch rate of CR-39 detector using the track's diameter-length (Le-D) measurement method by irradiating the detector with different energies of alpha particles from ^{241}Am source. Different normalities of the chemical solution NaOH at a temperature of (70±1) ^oC are used in etching the detectors to measure the track's lengths and diameters at different etching times corresponding to the energy of the incident particles and the etchant normality. The paper also aims to find the bulk etch rate by using the method of direct measurement of the removed layer thickness from the detector surface through alternating etching processes using normalities of (5.5-8) N. It is necessary to mention here that this method does not require to irradiate the detector with alpha particles. The bulk etch rate (V_B) values of CR-39 detector found by Le-D method were (1.137-1.919) $\mu m.hr^{-1}$ at normalities of (5.5-7.5) N. They showed good agreement with the values measured by the removed layer method which were (0.944-1.831) $\mu m.hr^{-1}$, and they also showed good agreement with other values which resulted by Gruhn *et al.* for the same normalities. The V_B measured by Le-D method also showed good agreement with the fitting curve produced by fitting the experimental results of both methods, which showed V_B between (1.0418-1.845) $\mu m.hr^{-1}$ for the same normalities, in addition to good agreement with results of other studies using different methods.

Corresponding Author: S. H. S. Al-Nia'emi **Email**: saeed_alnaeme@yahoo.com