

المجلة الأردنية للفيزياء

ARTICLE

معدل القشط العام لكاشف الأثر النووي CR-39 باستعمال المحلول القاشط
NaOH/Ethanol

ياسر يحيى قاسم

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

Received on: 1/8/2015;

Accepted on: 25/2/2016

الملخص: يهدف البحث إلى إيجاد معدل القشط العام (V_B) لكاشف الأثر النووي CR-39 باستعمال المحلول القاشط NaOH/Ethanol بدلاً من NaOH/Water بتركيزات مختلفة (1.5-4.0) N في درجة حرارة $(50 \pm 1)^\circ\text{C}$. استعملت في إيجاد قيم معدل القشط العام طريقة القياس المباشر لسلك الطبقة المزلة جراء القشط الكيميائي للكاشف. وقد وجد أن قيم معدل القشط العام المقاسة باستعمال المحلول القاشط NaOH/Ethanol أكبر بكثير من قيم معدل القشط العام بالمحلول القاشط NaOH/Water؛ إذ تراوحت قيم معدل القشط العام المقاسة بين $(11.813-18.268) \mu\text{m}\cdot\text{hr}^{-1}$ عند التركيزات المستخدمة.

الكلمات الدالة: كاشف الأثر النووي CR-39، معدل القشط العام، المحلول القاشط NaOH/Ethanol.

Bulk Etch Rate of CR-39 Detector Using NaOH/Ethanol Etchant

Y. Y. Kasim

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

Extended Abstract:

The science of solid-state nuclear track detectors was born in 1958. Operation of the solid-state nuclear track detector is based on the fact that a heavy charged particle will cause extensive ionization of the material when it passes through a medium. The bulk etch rate V_B is the rate of removal of the undamaged surface of the detector. Due to the chemical reaction between the etching solution (etchant) and the detector material, some molecules of the detector material are removed. The final effect is the removal of the material from the detector surface. During etching, the material is removed layer by layer and the thickness of the detector becomes smaller and smaller. The aqueous solutions of NaOH or KOH are the most frequently used chemical solutions in this regard.

With the discovery of the relative fast etchant of NaOH/ethanol solution for the CR-39 detector, more etchants can be chosen for CR-39 in various applications. The bulk etch and track etch rates depend on the molarities of the NaOH/ethanol solution. In the present investigation, the bulk etch properties of CR-39 in NaOH/ethanol were measured from direct measurements instead of using the track length-diameter method. The track length-diameter method is an indirect method, which might not be able to take into account the effects resulting from precipitation of etch products onto the alpha-particle track walls. The latter has likely occurred in etching of CR-39 using NaOH/ethanol as found in the present work. The advantage of the direct method used in the present paper is that the results will not be affected by such precipitation.

The paper aims to determine the bulk etch rate of the nuclear track detector CR-39 using the etchant solution NaOH/Ethanol. A piece of plastic detector CR-39 Page Mouldings (Worcestershire, England) with 200 μm thickness and dimensions of (1.2x1.2) cm^2 was used. The detectors were etched by the aqueous solution NaOH/Ethanol instead of NaOH/Water with different molarities (1.5-4.0) N at a temperature of (50 \pm 1) $^\circ\text{C}$. The direct measurement method of the removed layer from the detector surface has been used to find the bulk etch rate. It was found that the bulk etch rates measured by using the etchant solution NaOH/Ethanol are much greater than those obtained by using NaOH/Water. Their values have ranged between (11.813-18.268) $\mu\text{m}\cdot\text{hr}^{-1}$.

Keywords: SSNTD's, Bulk etch rate, CR-39, Ethanol etchant.

المقدمة

إن كاشف الأثر النووي CR-39 عبارة عن مادة بوليمرية بلاستيكية صلبة من نوع متعدد الكربون، ويمتاز بتجانس مادته وتمائل خواصها وبخلفيته الإشعاعية القليلة، فضلاً عن حساسيته العالية للكشف عن الجسيمات المشحونة ومنها جسيمات ألفا وكذلك الكشف عن النيوترونات. فقد وجد أن معدل القشط العام (V_B) لهذه الكواشف ومعدل قشط الأثر (V_T) يتأثران بتغير تراكيز المحاليل القلوية المائية القاشطة، مثل هيدروكسيد الصوديوم NaOH وهيدروكسيد البوتاسيوم KOH، حسب العلاقة [6, 7]:

$$V_x = F_x C^n e^{\left(\frac{E_k}{kT}\right)} \quad (1)$$

إن V_x يمثل V_B أو V_T ، و F_x ثابت يعتمد على نوع المادة، و C تركيز المحلول القاشط في مدى ($15N \geq C \geq 3N$)، و T درجة حرارة المحلول القاشط بالكلفن.

ويمكن صياغة المعادلة (1) على الشكل الآتي:

$$y = a_1 x^{a_2} e^{a_3} \quad (2)$$

ونظراً لأهمية معدل القشط العام (V_B) في التحكم في عملية تكوين الأثر من خلال نسبة معدل القشط (V) المعتمدة على معدل القشط العام ومعدل قشط الأثر (V_T)، فإنه يجب قياسه بشكل دقيق. ويمكن استخدام طرائق مختلفة لقياسه وباعتماد نمطين؛ إما بتشجيع الكاشف بجسيمات ألفا أو بدون تشجيعه. ومن الطرائق المستخدمة لقياس معدل القشط العام قياس سمك المادة المزالة من سطح الكاشف، وذلك بقياس سمك الكاشف قبل عمليات قشط متعاقبة وبعدها لأزمان قشط قصيرة ضمن مدة ثبات V_B ، ثم يحسب V_B من العلاقة الآتية [8]:

$$V_B = \frac{1}{2} \frac{h}{t} \quad (3)$$

حيث h (μm) سمك الطبقة المزالة من سطح الكاشف في زمن (t hr)، والعامل (1/2) يشير إلى قشط وجهي

إن التطور في دراسة معدل القشط على طول الأثر (V_T) ومعدل القشط العام (V_B) أدى إلى اكتشاف العديد من المحاليل القاشطة التي تستخدم في إظهار الآثار الناتجة من الجسيمات النووية التي يقصف بها الكاشف. فقد تمكن العديد من الباحثين من التوصل إلى محاليل قاشطة لكواشف الأثر النووي الصلبة تكون ذات فعالية أكبر في قشط الكواشف الصلبة السميكة وتعمل على تقليل زمن إظهار الآثار المستترة في الكاشف [1]. إن معدل القشط العام هو مقدار ما يزال من سطح الكاشف خلال عملية التفاعل الكيميائي بين المادة القاشطة ومادة الكاشف، مما يؤدي إلى تقليل سمكه (Degradation) مع تقدم عملية القشط [2]. ويعد معدل القشط العام من معلمات الكاشف؛ إذ يعتمد على عوامل عدة منها؛ نقاوة المادة الأساسية المصنوع منها الكاشف، ومدى تجانسها وتمائل خواصها، وطبيعة جزيئات الكاشف البوليمري وظروف بلمرته خلال عملية الإنتاج، فضلاً عن اعتماده على العوامل البيئية في أثناء تشجيع الكاشف. فالمواد القاشطة لا تزيل السطح العام فقط، بل تسبب كذلك الانتفاخ في مادة الكاشف تبعاً لطبيعة جزيئات كاشف الأثر النووي وظروف بلمرتها خلال عملية إنتاجه، فضلاً عن اعتماده على العوامل البيئية مثل الرطوبة، والجفاف، وتغير درجات الحرارة خلال فترة التشجيع للكاشف [3].

والى جانب كون V_B معلماً كاشفياً فإنه يعد أيضاً معلماً قشطياً مهماً (etching parameter)، حيث يعتمد على نوع المحلول الكيميائي القاشط، وتركيزه، ودرجة حرارته [2, 4]. ويمتلك معدل القشط العام قيمة واحدة محددة تحت ظروف قشطية وبيئية معينة وضمن سمك قليل مزال من سطح الكاشف ولفترة قشط قصيرة. وقد تتغير قيمته بشكل لاطخي لزمن قشط طويل؛ أي عندما تكون كمية المادة المزالة من سطح الكاشف كبيرة. وفضلاً عن هذا، فإن عملية التسخين، ونوع المحلول الكيميائي القاشط، وتركيزه، ودرجة حرارته لها تأثير كبير على V_B [5].

باستخدام محلول NaOH/Ethanol قد يزيل سمكاً من سطح الكاشف أكبر من طول الأثر المتكون فيه، وبذلك لا يمكن الحصول على آثار مقشوفة في الكاشف لإجراء القياسات عليها. لذا استخدمنا درجة حرارة 50 °C للمحلول القاشط للتقليل من معدل القشط العام للحصول على آثار مقشوفة لإجراء مثل هذه الدراسات. ويمكن استخدام درجات حرارة أعلى أو أقل لدراسات أخرى تبعاً لهدف الدراسة [1, 13, 14, 15].

النتائج والمناقشة

الشكل (1) يمثل سمك الطبقة المزالة من سطح الكاشف لأزمان قشط متعاقبة لكل تركيز للمحلول القاشط. ويلاحظ من الشكل أن مقدار ما يزال من سطح الكاشف يتناسب تناسباً طردياً وخطياً مع زمن القشط بثبوت الظروف الأخرى. فزيادة زمن القشط تعمل على زيادة مدة التفاعل بين الكاشف والمحلول القاشط وبالتالي زيادة مقدار ما يتحلل (degradation) من مادة الكاشف من السطح، وبذلك يزداد سمك الطبقة المزالة من سطح الكاشف ويقبل سمكه. أما الشكل (2) فإنه يمثل العلاقة بين سمك الطبقة المزالة وتركيز المحلول القاشط لأزمان قشط مختلفة، وهي علاقة طردية؛ إذ يلاحظ أن زيادة تركيز المحلول القاشط تؤدي إلى زيادة طاقة التفاعل بين الكاشف والمحلول، مما يعمل على تحلل كمية أكبر من مادة الكاشف من السطح العام للكاشف المتفاعل مع المحلول للفترة الزمنية للقشط نفسها وبالتالي زيادة سمك الطبقة المزالة ونقصان سمك الكاشف.

من حساب الميل في الشكل (1) وباستعمال المعادلة (3)، تم إيجاد معدلات القشط العام (V_B) لكاشف الأثر النووي CR-39 عند التراكيز المختلفة للمحلول القاشط، كما هو مبين في الجدول (1) والشكل (3). ويلاحظ أن معدل القشط العام يزداد خطياً مع زيادة تركيز المحلول القاشط؛ إذ إن زيادة التركيز تؤدي إلى تحلل كمية أكبر من مادة الكاشف وبالتالي زيادة معدل القشط العام للكاشف. وقد وجد أن تغير معدل القشط العام مع التراكيز المستخدمة للمحلول القاشط NaOH/Ethanol في الشكل (3) تتبع العلاقة:

$$V_B = a + bN \quad (4)$$

حيث $a=8.0562$, $b=2.5053 \mu\text{m/h}$

الكاشف من الجهتين. ومع تطور الأجهزة، أصبح بالإمكان قياس فرق السمك المزال مباشرة بطريقة تدعى (Peeled-off) [9, 10].

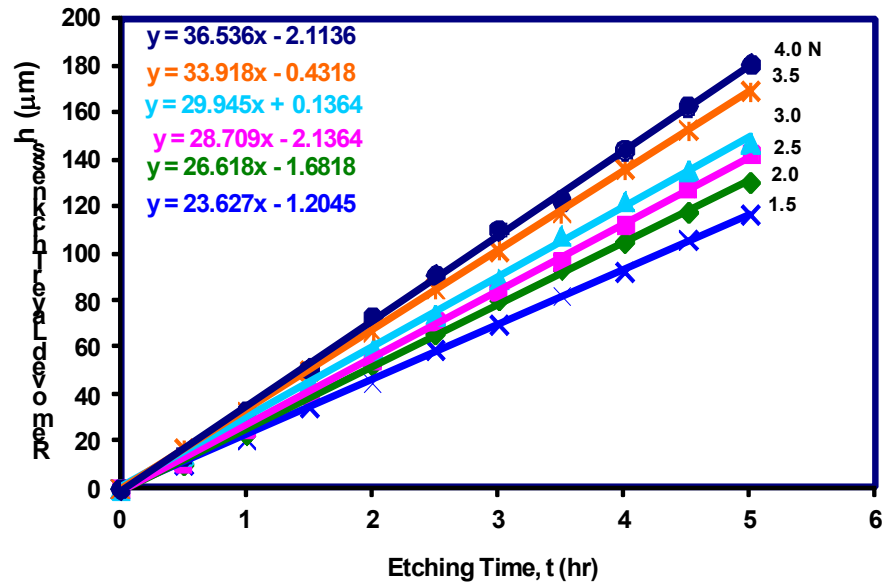
وهناك طرائق أخرى لقياس V_B منها القياس التثاقلي [2]، وطريقة قياس أقطار شظايا الانشطار باستخدام المصدر المشع ^{252}Cf [8]. وهناك طريقة أخرى لقياس معدل القشط العام (V_B) وهي طريقة قياس طول- قطر الأثر (L_c-D). وهذه الطريقة ليست بالسهولة مقارنة بالطرائق السابقة في عملية حساب V_B ، لأنها تتطلب الحصول على صور للآثار المتكونة في الكاشف، وتتطلب قياساً دقيقاً لكل من قطر الأثر (D) وطوله (L_c) تجريبياً بشكل مباشر [7, 11, 12].

يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير المحلول القاشط NaOH/Ethanol على معدل القشط العام (V_B) لكاشف الأثر النووي CR-39 ومقارنة النتائج التي يتم الحصول عليها من هذا البحث مع القيم الناتجة من استعمال المحلول القاشط NaOH/Water.

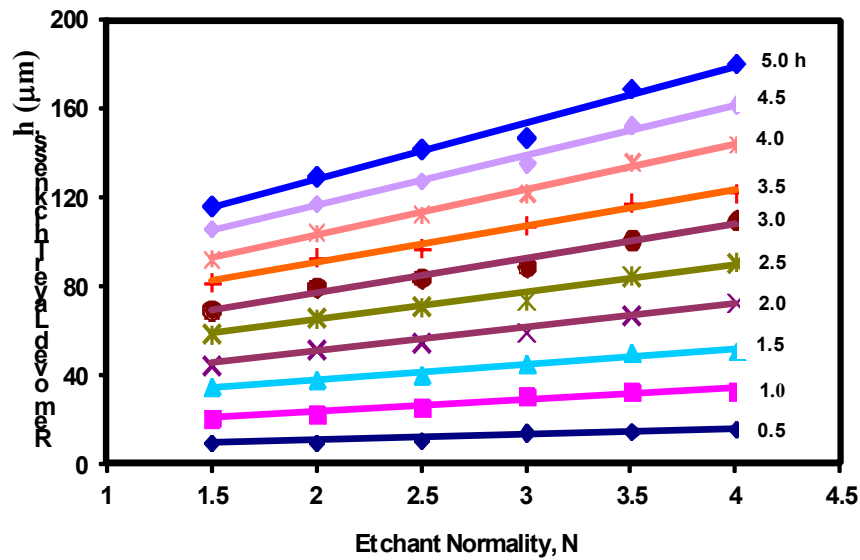
طريقة العمل

استعمل كاشف الأثر النووي CR-39 من Page Mouldings (Worcestershire, England) سمكه 200 μm وقُطع بأبعاد $1.2 \times 1.2 \text{ cm}^2$ ، وصقلت الحافات بشكل جيد للتخلص من الخدوش ولجعلها حادة وواضحة للحصول على قياسات دقيقة لسمك الكاشف ومن ثم معدل القشط العام له. لإجراء عملية القشط الكيميائي للكاشف، استعملت المادة الكيميائية NaOH بنقاوة 95% حيث أذيت في مادة الإيثانول Ethanol بنقاوة 95% وبتركيز مختارة N (1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0) لكاشف عند درجة حرارة $(50 \pm 1)^\circ\text{C}$ لأزمان قشط مختلفة لكل تركيز [1, 13, 14]. لإيجاد معدل القشط العام (V_B) بطريقة القياس المباشر، يقاس سمك الكاشف قبل القشط وبعده ويحسب مقدار السمك المزال (h) من سطح الكاشف وللأزمان القشطية المتعاقبة عند كل تركيز للمحلول القاشط. لقد استعملت في تصوير سمك حافة الكاشف وقياسه كاميرا رقمية (Digital Camera) من نوع MDCE-5A مثبتة مباشرة على المجهر الضوئي وموصلة إلى حاسوب.

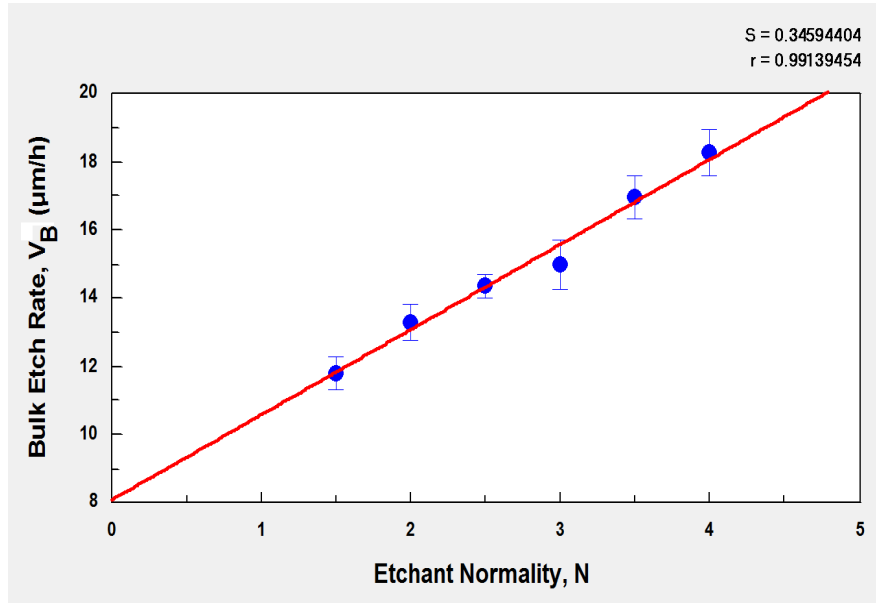
وجدير بالذكر أن معدل القشط العام للكاشف باستخدام NaOH/Ethanol أكبر بكثير منه باستخدام المحاليل القلوية مثل NaOH/Water و KOH/Water. وعليه، فإن إجراء عملية القشط في درجة حرارة عالية مثل 70°C



الشكل (1): العلاقة بين سمك الطبقة المزالة وزمن القشط عند تراكيز مختلفة للمحلول القاشط.



الشكل (2): العلاقة بين سمك الطبقة المزالة وتركيز المحلول القاشط لأزمان قشط مختلفة.



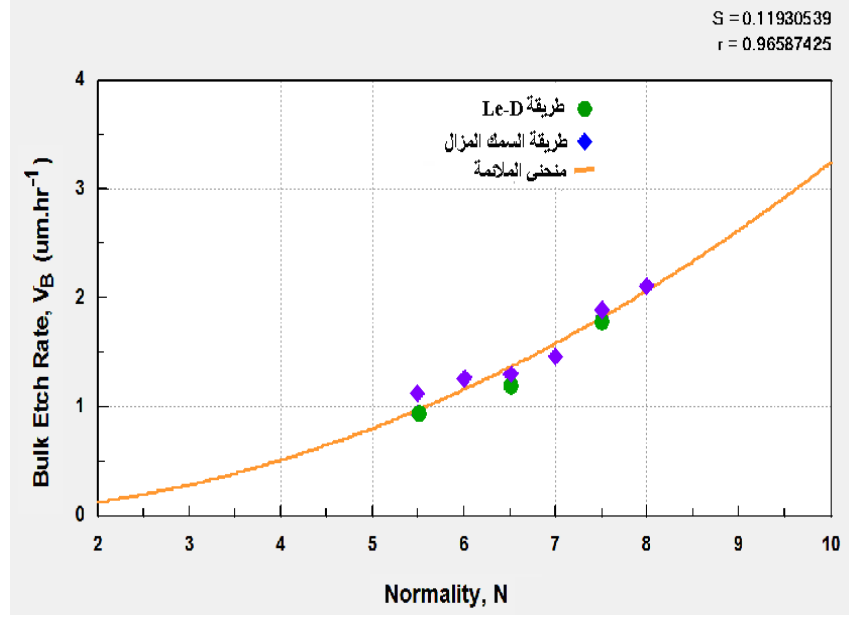
الشكل (3): تغير معدل القشط العام لكاشف الأثر النووي CR-39 مع تركيز المحلول القاشط.

الجدول (1): معدلات القشط العام لكاشف الأثر النووي CR-39 عند تراكيز مختلفة للمحلول القاشط.

Normality, N	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0
V_B ($\mu\text{m hr}^{-1}$)	11.813	13.309	14.354	14.972	16.959	18.268
	± 0.485	± 0.566	± 0.351	± 0.727	± 0.643	± 0.703

إن الزيادة الشديدة في معدل القشط العام باستعمال المحلول القاشط NaOH/Ethanol مقارنةً بمعدل القشط العام باستعمال المحلول NaOH/Water يرجع سببها إلى امتزاج (miscibility) مادة الإيثانول مع النواتج العضوية للكاشف CR-39 البولييمري (allyl diglycol carbonate) خلال عملية القشط. فكربونات الصوديوم هي أحد النواتج في أثناء عملية قشط الكاشف CR-39، وإن معدل تكون كربونات الصوديوم في أثناء عملية القشط يكون أكبر للمحلول NaOH/Ethanol مما هو عليه للمحلول NaOH/Water. وهذا يعمل على تراكم طبقة من ترسبات كربونات الصوديوم على سطح الكاشف CR-39 بسبب عدم ذوبانيتها وتشبعها في الإيثانول التي تزيد من كميات المادة المزالة من سطح الكاشف بشكل كبير مما يؤدي بدوره إلى زيادة كبيرة في معدل القشط العام [1، 15].

ليبيان مدى الاختلاف بين قيم معدل القشط العام (V_B) لكاشف الأثر النووي CR-39 في الشكل (3) التي تم الحصول عليها في هذا البحث باستعمال المحلول القاشط NaOH/Ethanol مع قيم معدل القشط العام باستعمال المحلول القاشط NaOH/Water، نورد الشكل (4) لمعدل القشط العام [7] Kasim and Al-Nia'emi لكاشف الأثر النووي CR-39 بطرائق مختلفة عند تراكيز (5.5, 6.0, 6.5, 7.0, 7.5, 8.0) N للمحلول القاشط NaOH/Water. يلاحظ من الشكلين (3) و(4) وجود اختلاف واضح وفرق كبير في قيم معدلات القشط العام للمحلولين القاشطين؛ إذ إن المحلول NaOH/Ethanol يُسرّع بشكل كبير من عملية القشط الكيميائي مقارنةً بالمحلول NaOH/Water، مما يزيد من معدلات القشط العام بشكل أكبر.



الشكل (4): معدلات القشط العام بطريقة السمك المزال وطريقة D-L_e مع منحنى الملاءمة (fitting) عند تراكيز مختلفة للمحلول القاشط NaOH/Water [Ref. 7].

الاستنتاجات

هو عليه عند استعمال المحلول القاشط NaOH/Water، مما يوفر وقتاً وجهداً كبيرين تتطلبهما الآثار لمثل هذه الجسيمات.

إن الزيادة الكبيرة لمعدل القشط العام باستخدام المحلول القاشط NaOH/Ethanol عند درجات حرارة وتركيز عاليين لا تخلو من سلبيات؛ إذ إن السمك المزال يكون أكبر من طول الأثر المقشوط مما يؤدي إلى إزالة الأثر بالكامل وعدم مشاهدة آثار مقشوطة في الكاشف لإجراء القياسات عليها.

من النتائج التي حصلنا عليها، يمكن أن نستنتج أن المحلول القاشط NaOH/Ethanol ذو فعالية عالية في عملية القشط ويعطي نتائج جيدة لمعدل القشط العام V_B وبقيم أكبر مما هي عليه باستعمال المحلول القاشط NaOH/Water. وتعد هذه الحالة جيدة ومفيدة جداً، حيث يمكن الاستفادة منها في مجالات عديدة، منها تنظيف الكاشف من آثار الخلفية الإشعاعية قبل استعماله في إجراء تجارب وقياسات معينة ولاسيما قياس تراكيز الرادون، وكذلك في عمليات ترقيق الكاشف إلى سمك قليل بحدود ($h \leq 20 \mu\text{m}$) للتمكن من استعماله في تجارب دراسة نمو الخلايا البيولوجية، فضلاً عن أن مثل هذه المحاليل تساعد في عمليات القشط في إظهار آثار الجسيمات النووية ذات الطاقات العالية في الكواشف السميكة في زمن أقصر مما

المراجع

- [10] Szydłowski, A., Sadowski, M., Czyzewski, T., Jaskola, M., Kormona, A., Kedzierski, J. and Krestschmer, W., *Radiat. Meas.*, 312 (1999) 257.
- [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.
- [12] 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. Instrum. and Meth. in Phys. Res. B*, 254 (2007) 254.
- [13] Tse, K.C.C., *Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B*, 263 (2007) 300.
- [14] Yu, K.N. and Nikezic, D., In: *Nuclear Track Detectors: Design, Methods and Applications*, Editor: Maksim Sidorov and Oleg Ivanov (2009), Nova Science Publishers, Inc.
- [15] Chanl, K.F., Siu, S.Y.M., McClella, K.E., Tse, A.K.W., Lau, B.M.F., Nikezic, D., Richardson, B.J., Lam, P.K.S., Fong, W.F. and Yu, K.N., *Radiation Protection Dosimetry*, 122(1-4) (2006) 160.
- [1] Chan, K.F., Ng, F.M.F., Nikezic, D. and Yu, K.N., *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 263 (2007) 284.
- [2] Nikezic, D. and Yu, K.N., *Materials Science and Engineers R*, 46 (2004) 51.
- [3] Ng, F.M.F., Nikezic, D. and Yu, K.N., *Radiat. Meas.*, 40 (2005) 380.
- [4] Mahmood, I.H.T., "An Alternative Method for Extracting Parameters and Profiles of Tracks in CR-39 and LR-115 Detectors", M.Sc. Thesis, Department of Physics, College of Education, University of Mosul, Iraq (2011).
- [5] Khan, H.A., *Nucl. Instrum. and Meth.*, 78 (1980) 491.
- [6] Somogyi, G. and Hunyadi, I., In: *Proceedings of 10th International Conference of Solid State Nuclear Track Detectors*, Loyn and Suppl. 2, Nuclear Tracks, Pergamon Press, Oxford (1980) 443.
- [7] Al-Nia'emi, S.H.S. and Kasim, Y.Y., *Jordan J. Phys. (JJP)*, 6(1) (2013) 17.
- [8] Durrani, S.A. and Bull, R.K., "Solid State Nuclear Track Detection", (Pergamon Press, Oxford, 1987).
- [9] Ho, J.P.Y., Yip, C.W.Y., Nikezic, D. and Yu, K.N., *Radiat. Meas.*, 36 (2003) 155.