تحديد ظروف القشط الملائمة لزيادة كفاءة إظهار آثار جسيمات ألفا المسجلة في كاشف الأثر النووي CN-85

❖ محمد حمود الزهـيري

❖❖ عبدالله أحمد الشامي

المستخلص

تمت دراسة ظروف القشط الملائمة لزيادة الكفاءة في إظهار الآثار المسجلة بواسطة كاشف الأثر النووي للحالة الصلبة CN-85 بتعريض قطع من الكاشف لجسيمات ألفا المنبعثة من نظير الأمريشيوم ^{241}Am وتم إظهار آثارها في الكاشف باستخدام محلول هيدروكسيد البوتاسيوم KOH في محاليل عيارية ودرجات حرارة متفاوتة.

بلغت أعلى كفاءة قشط η للكاشف ٧٥,٥% عند عيارية 4N لمحلول KOH ، ودرجة حرارة $60^{o}C$.

The optimal etching conditions for solid-state nuclear track detector (SSNTD) type CN-85 have been studied by using KOH solution in different temperatures and normalitys. These are done after irradiating the pieces of detector with alpha particles, which are emitted from isotopic ^{241}Am source. It is found that the optimal etching efficiency was 75.9% at 4N, and temperature $60^{o}C$.

---

* جامعة إب / كلية العلوم – قسم الفيزياء

** جامعة صنعاء / كلية التربية – قسم الفيزياء

١. المقدمة Introduction :

نظراً للخصائص المتميزة التي تتمتع بها كواشف الأثر النووي للحالة الصلبة SSNTDsعن بقية الكواشف والمتمثلة في أنها متينة، ورخيصة التكلفة، وسهلة الاستخدام، ولا تتطلب إجراءات إلكترونية معقدة[١]. إضافة إلى قابليتها - دون غيرها من الكواشف الإلكترونية- قياس المستويات الواطئة للاشعاع النووي عن طريق تجمع الأثر لفترات طويلة من الزمن[٢] ، قد تصل إلى ملايين السنين مثل تسجيل شظايا الانشطار وجسيمات ألفا المرتدة من العناصر تلقائية الانحلال ^{244}Pu ، ^{232}U ، ^{332}Th في الصخور و الأحجار النيزكية[٣].

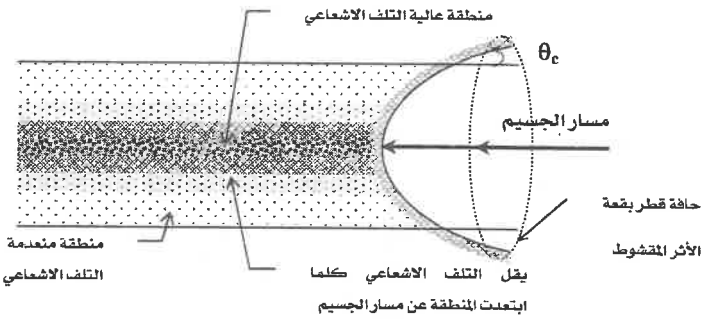
تعد كواشف نترات السليلوز Cellulose Nitrate Detectors (CN) ذات حساسية Sensitivity عالية جيدة لأن مجموعات الإستر Esterifying groups المتمثلة بمجموعة النيتريت NO_2 ليست ذات رابطة قوية مع السلسلة السليلوزية Cellulosic Chain [4] . مما يجعلها سهلة الكسر عند مستويات طاقية واطئة وتكوين جذور حرة.

وكواشف نترات السليلوز الشائعة الاستخدام هي CA-80-15 ، CN-85 المنتجان بوساطة شركة Kodak - Path الفرنسية ويختلف الثاني عن الأول في لونه الوردي الخفيف[٥]، وكاشف LR-115 Type I & II المغطى بطبقة حساسة من نترات السليلوز سمكها 6mm موضوعة على قاعدة من البوليستر سمكها 100 µm ، وتضاف طبقة رقيقة من بورات الليثيوم ($Li_2B_4O_7$) - التي يمكن إزالتها بالماء - إلى الكواشف السابقة لتسجيل النيوترونات الحرارية (طاقتها eV 0.025)[6]، ويعد كاشف CN-85 النسخة المطورة لكاشف CA-80-15 ،والكاشف المستخدم نوع CN-85 المنتج من شركة Kodak-path بفرنسا ، صيغته الجزيئية $(C_6H_8O_6N_9)_n$ ، وكثافته 1.52 $g.cm^{-3}$ ، وسمكه 100µm [7]، وجهد التأين (I) له 81.1 eV ، ويعد الكاشف من أفضل الكواشف في تحسس جسيمات ألفا ، والجسيمات المشحونة ، وشظايا الانشطار ، وغير حساس للضوء

والإشعاعات الكهرومغناطيسية مثل γ-ray و x-ray ، ولا يتأثر مباشرة بالنيوترونات .

ميكانيكية إظهار الأثر في الكواشف البوليمرية :

تعمل الجسيمات المؤينة التي تمر خلال المواد العازلة على تكوين مسارات ضيقة من التلف الإشعاعي في الحدود من 30~ إلى $100\ ^{o}A$ ، ويمكن ملاحظة هذا التلف بوساطة المجهر الإلكتروني، ويبين الشكل(١) مسارات التلف الاشعاعي حول مسار الجسيم الساقط، وتقل شدة التلف تدريجيا كلما ابتعدت المنطقة عن



شكل (١) مناطق التلف الإشعاعي

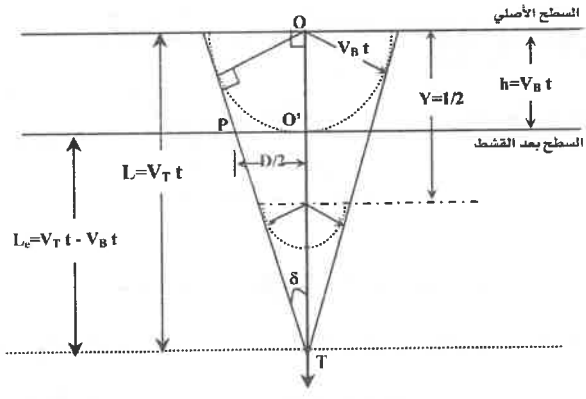
مسار الجسيم، واستطارة الزوايا الصغيرة لأشعة اكس X-ray ، ويتطلب ذلك إجراءات أكثر دقة ، ولذلك تستخدم تقنية القشط

الكيميائي على نطاق واسع لتثبيت وتكبير مسار الأثر المستتر Latent track [٣]، لنتمكن من ملاحظته باستخدام المجهر الضوئي .

وفي تقنية القشط تستخدم محاليل كيميائية تسمى القواشط Etch ants التي تعمل على تحلل مناطق التلف الإشعاعي في الكاشف بمعدل أكبر بكثير من المناطق التي لم تتعرض للتلف فيتم بذلك إظهار مسارات التلف ، والشكل (٢) يوضح سرعات تفاعل محلول القشط في جرم bulk الكاشف V_B وفي قطاعات مختلفة في منطقة الأثر track V_T .

تختلف المحاليل القاشطة المستخدمة في إظهار الأثر المستتر باختلاف كواشف الأثر للحالة الصلبة وبصورة عامة تستخدم هيدروكسيدات فلزات المعادن القلوية .

يعتمد تحديد الشكل الهندسي للأثر على خاصية التجانس Isotropic [٨]، ففي المواد المتجانسة (الكواشف العضوية) يهاجم المحلول القاشط جرم Bulk الكاشف بنفس المعدل وفي جميع الاتجاهات بصورة تماثلية Isotopically ، وفي حالة السقوط المباشر للجسيم على سطح الكاشف (بزاوية سقوط =90^o)، فإنه عند زمن قشط t سوف تمتد فتحة الاثر المقشوط Etch-pit إلى مسافة L من النقطة



شكل(٢) تمثيل للمنظر الجانبي لفتحة الأثر المقشوط عندما سقوط الجسيم عموديا على سطح الكاشف

الأصلية ، في الشكل (٢) يكون طول الأثر ابتداءً من السطح الأصلي للكاشف حتى نهاية الأثر

$$L=V_T t \qquad (١)$$

والطبقة المزالة من جراء عملية القشط

$$h=VB\ t \qquad (٢)$$

وطول حفرة القشط track - pit

$$Le=(VT - VB) . t \qquad (٣)$$

وزاوية رأس المخروط للأثر

$$\sin\delta = \frac{V_B t}{L} = \frac{V_B}{V_T} \qquad (٤)$$

وتعرف بالزاوية الحرجة للقشط critical angle etching ويرمز لها بالرمز θ_c ، وتمثل الزاوية الصغرى التي يصنعها الأثر مع السطح لكي يتم أظهاره بالمحلول القاشط ، ويعبر عنها بالعلاقة الآتية :

$$\sin\theta c = VB/VT = 1 / V \qquad (٥)$$

وقطر فتحة الأثر المقشوط

$$D = 2V_B t\sqrt{\frac{V_T - V_B}{V_T + V_B}} \qquad (٦)$$

وبالتعويض في المعادلة (٦) بالمقدار $V=V_T/V_B$ تصبح كما يأتي :

$$D = 2V_B t\sqrt{\frac{V-1}{V+1}} \qquad (٧)$$

وعادة تحسب كفاءة كاشف الأثر من العلاقة :

$$\eta = 1 - \sin\theta_c \qquad (٨)$$

حيث θ_c هي الزاوية الحرجة Critical angle .

وبالتعويض من المعادلة (٥) نحصل على العلاقة:

$$\eta = 1 - VB/VT \qquad (٩)$$

وتعتمد كفاءة الكاشف بصورة أساسية على معدلي مهاجمة المحلول الكيميائي لمسارات التلف المستتر التي تسببها الأيونات الساقطة (ويعبر عن ذلك بسرعة قشط الأثر V_T ، وسرعة قشط سطح الكاشف V_B)[٩]، والّذين بدوريهما يعتمدان على : نوع مادة الكاشف، وعملية التصنيع، وحالات القشط، ونوع الجسيم المسبب للأثر، وزاوية السقوط[١٠]

٢. الطريقة والمواد Materials and Methods :

تم تشعيع رقائق من كاشف CN-85 عن طريق جسيمات ألفا بطاقة 5.48Mev المنبعثة من مصدر الامريشيوم ^{241}Am ، وضبطت عملية التشعيع بحيث تكون زاوية سقوط جسيمات الفا قائمة، وأجريت عملية القشط الكيميائية

باستخدام محلول KOH بعياريات مختلفة للمدى من 1N إلى 6N عند درجات حرارة مختلفة.

أستخدم مجهر ضوئي نوع Opton [Grermanny] لقياس أقطار فتحة الأثر المقشوط ، وبقوة تكبير 100×125 .

تم حساب معدل القشط النسبي (حساسية الكاشف لمحلول القشط) من العلاقة:

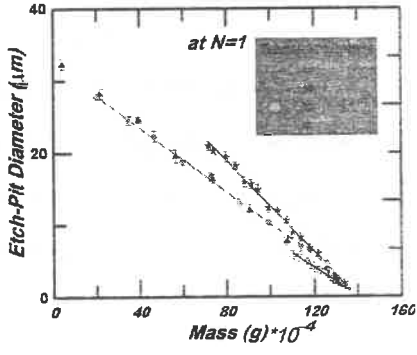
$$V = 2\left[\frac{1+[A\rho|Slop.of.D(h)|]^2}{1-[A\rho|Slop.of.D(h)|]^2}\right] \qquad (١٠)$$

حيث أن : A ، ρ مساحة وكثافة الكاشف ، t زمن القشط

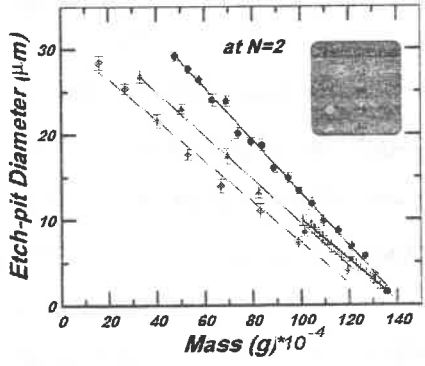
ويمكن اشتقاق العلاقة السابقة بالاستفادة من المعادلة (٧) ثم بالتعويض عن معدل قشط سطح الكاشف $V_B = \frac{dh}{dt} = \frac{1}{2A\rho}\frac{dm}{dt}$ و معدل نمو الأقطار $V_D = \frac{dD}{dt}$

٤. النتائج والمناقشة Results and Discussion :

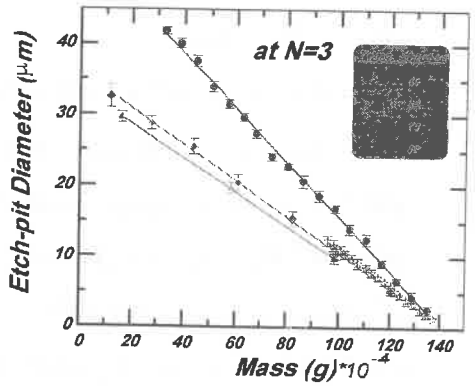
تصف الاشكال البيانية من (٣) الى (٨) تغير قطر فتحة الأثر D مقابل تغير كتلة الكاشف نتيجة عملية القشط عند درجات حرارة وعياريات مختلفة لمحلول KOH ، ويلاحظ زيادة في نمو الأقطار بزيادة كل من درجة حرارة وتركيز محلول القشط .



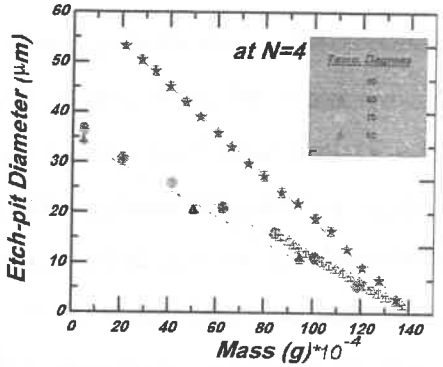
شكل(٣) العلاقة بين قطر فتحة الأثر وكتلة الكاشف المقشوط عند درجات حرارة مختلفة وتركيز 1N لمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم.



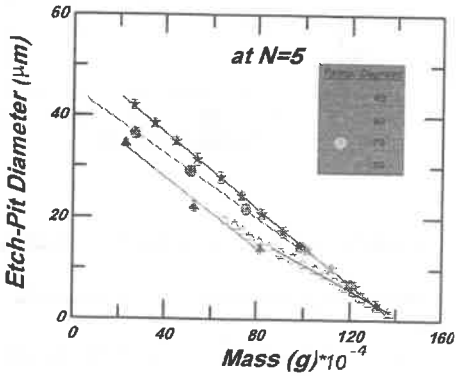
شكل(٤) العلاقة بين قطر فتحة الأثر وكتلة الكاشف المقشوط عند درجات حرارة مختلفة وتركيز 2N لمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم.



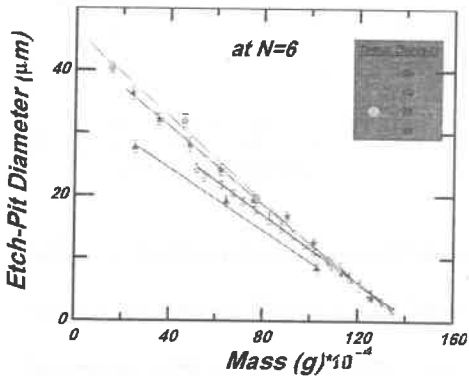
شكل(٥) العلاقة بين قطر فتحة الأثر وكتلة الكاشف المقشوط عند درجات حرارة مختلفة وتركيز 3N لمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم.



شكل(٦) العلاقة بين قطر فتحة الأثر وكتلة الكاشف المقشوط عند درجات حرارة مختلفة وتركيز 4N لمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم.



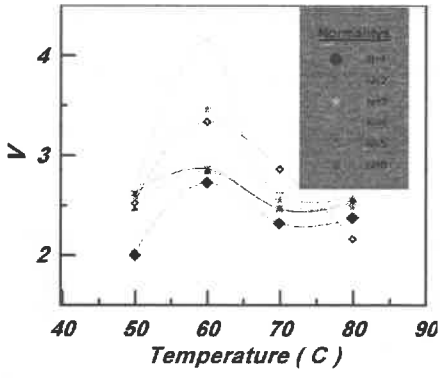
شكل(٧) العلاقة بين قطر فتحة الأثر وكتلة الكاشف المقشوط عند درجات حرارة مختلفة وتركيز 5N لمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم.



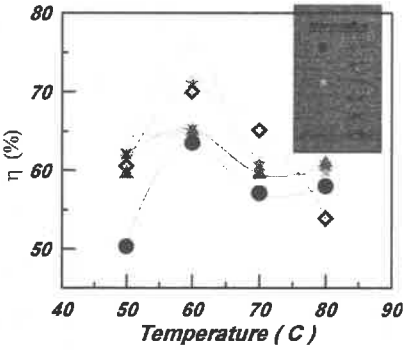
شكل(٨) العلاقة بين قطر فتحة الأثر وكتلة الكاشف المقشوط عند درجات حرارة مختلفة وتركيز 6N لمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم.

و يلاحظ من الشكل (٩) أن قيم V تتراوح بين الزيادة والنقصان لعدم انتظام كثافة التلف الإشعاعي، حيث تزداد قيمة V بزيادة درجة حرارة وتركيز محلول KOH

إلى أن تصل إلى أقصى قيمة عند درجة حرارة $60^{o}C$ وعيارية 4N ، بعدها تبدأ بالنقصان، وكذلك بالنسبة لكفاءة محلول القشط η - الشكل (١٠) - أذ أنها ترتبط بالمعدل النسبي للقشط، ويفسر ذلك أنه في بداية القشط يكون المعدل V_T قريبا من المعدل V_B فيكون طول الأثر المقشوط أطول بقليل من سمك الطبقة المزالة فتكون فتحة المخروط كبيرة وزاوية θ_c كبيرة ، وبزيادة درجة حرارة وتركيز المحلول القاشط يزداد معدل مهاجمة المحلول للمناطق المتضررة من الإشعاع وتكون $V_T>>V_B$ فيزداد طول الأثر المقشوط ومن ثم طول مخروط التلف وبذلك تقل θ_c إلى الحد الذي عنده تقل كثافة المناطق المتضررة فتقل قيمة V_T فيقل طول الأثر المقشوط فتزداد قيمة θ_c .



شكل(٩): العلاقة بين حساسية الكاشف مقابل درجات حرارة القشط عند تراكيز مختلفة لمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم.



شكل(١٠): العلاقة بين كفاءة قشط الكاشف مقابل درجات حرارة القشط عند تراكيز مختلفة لمحلول هيدروكسيد البوتاسيوم.

إن استخدام محلول القشط KOH في هذه الدراسة بعياريات مختلفة قد ساعد في الحصول على حساسية مرتفعة (S=4.15) وكفاءة قشط عالية (η=75.9) عند عيارية 4N ودرجة حرارة $60\ ^{o}C$ مقارنة بالدراسة التي قام بها الباحث AL-Jabbery,H.M.(1995)[١١]، و الباحثة Nada,F.T.(1996)[١٢].

على نفس الكاشف حيث استخدما محلول NaOH وقد حصلا على أقصى حساسية S (١,٨٠١ ، ١,٣٩٠)، أقصى كفاءة قشط (٤٤,٤٨، ٢٨,٠)، عند درجتي حرارة ($50^{o}C,40^{o}C$)، وعيارية (2N,4N) بالترتيب، واختيار العيارية 4N تتفق مع ما توصل إليه الباحث Zamani,M.,et al. (1986) وجماعته[١٣].

٤. المصادر References :

[1] Wong,C. F. & L.Tommasino ; *" Energy Discrimination of Alpha Particles by Electrochemical Etching of Track Detectors" ;* Nucl .Tracks , vol. 6, No. 1, (1982), PP. 17-24 .

[٢] Luk,H.B. ; *"On the Use of Cellulose Nitrate As Solid State Nuclear Track Detectors"* ; Nucl . Inst . and Meth , 212 , (1983) ,PP . 479 - 482 .

[3] Durrani , S .A . & Bull . R . K. ; *"solid state Nuclear Track Detection : Principles ,methods and Applications. "*, Pergamon Books Ltd. . , (1987).

[٤] Wehr.M, Richards . J and Adir . T ; "Physics of the Atom ." ; Addison -Wesley Publishing company .Inc,(1984) .

[٥] Charvat,J., and Frantisek, S; *"Optimization of Etching Characteristics for Cellulose Nitrate and CR-39 Track Detectors."* Nucl. Tracks Radiat Meas.,vol .,14, No .4 , (1988), PP. 447- 449 .

[٦] Kodak Company, "*Kodak CN-85 Films, Kodak LR-115 Films.*"; EASTMAN KODAK COMPANY ,(1986).

[٧] Malik,S.R ;*"Application of N-IFFDT in Studies of Spatical Dist. and Uranium Content....."* Nucl. Tracks, 4(1981)309-319.

[8] Somogyi,G.;*"Development of Etching Nuclear Tracks."*;Nucl. Inst. Meth ,173(1980) 21-24.

[٩] Tavarest,O.A. P. & Terranova , M. L.;*"Alpha Activity of ^{190}Pt Isotopic Measured with CR -39 Track Detectors."* ; Radia. Meas ., vol. 27 ,No .1,(1979) , PP . 19 - 25 .

[١٠] Damkjacr,A.,*"The Efficiency of Cellulose Nitrate LR-115-2 for Alpha Particle Detection."* ; Nuclear Tracks , vol .12 , Nos. 1-6,(1986), PP.295 - 298 .

[١١] Al-Jabbery,H.M.N.*"Study the Characteristic of Solid State Nuclear Track Detectors CN-85."*, Thesis, Msc. in Physics , Education college , University of Baghdad , July (1996) .

]١٢[Nada .F .T .;" *Comparison Study OF Some Organic AND Inorganic Nuclear Track Dedectors AND Their Applications IN Environmet.*";A THESIS SUBMITTED TO THE COLLEGE OF EDUCATION UNIVERSITY OF AL-MUSTANSIRIYAH IN PARTIAL FULFILLMENT OF REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY , (1996)

]١٣[Zamani,M. and others ; *"Etching Properties of CN - 85 Plastic Track Detectors."* ; Nucl . Tracks Radia . Meas.,vol. 11,Nos. 1-2, (1986) , PP.39-43.