جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة القادسية
كلية التربية /قسم الفيـزياء

عنـــــــوان البحث

كواشف الأثر النووي CR-39

بحث تقدمت به الطلبتان (أسراء جاسم محمد - رحاب شاكر ميران)

وهو جزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في الفيزياء

بأشراف الاستاذ
الدكتور /انيس علي الحمزاوي

١٤٣٨هـ

٢٠١٧م

بَلْ هُوَ آيَاتٌ بَيِّنَاتٌ فِي صُدُورِ الَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ وَمَا يَجْحَدُ بِآيَاتِنَا إِلَّا الظَّالِمُونَ

(صدق الله العلي العظيم)

سورة العنكبوت /الاية ٧٩

أ

الاهداء

الـــــى التي زرعتني بالحياة بذرة.....

وسقتني من دمها قطرة من بعد قطرة.....

الـــــى التي لا تروق أغصانها ألا بماء حنانها وبركات دعائها.....

الـــــى ذلك النور البهي المشع بالأمل والسعادة.....

الـــــى أمي الغالية.....

الـــــى من قوم أخلاقي بعد أن خلقني ربي.....

إلـــــى من أرشدني الى العلم فأنار لي دربي.....

الـــــى من ترعرعت الروح بأفضاله ولا نطمح ألا برضاه.....

الـــى أبي العزيز.....

الـــى سندي وعدتي الى عوني يوم شدتي الى قرة عيني.....

الـــى أخوتي.....

الـــى كل قلب خفق حبا لي ووفاء.....

الـــى أساتذتي ألأفاضل وكل من ساهم في تعليمي.....

أهدي ثمرة جهودي وأرجوا قبولها.. ...

شكر وتقدير ب

اللهم لك الحمد حمداً كثيراً لا يعد ولا يحصى ،اللهم لك الشكر على ما أسبغت به علي من نعمك الغزيرة ،أحمدك اللهي وأشكرك عدد ما تتنفس الكائنات على ما يسرت لي من اعداد هذا البحث

كما اتوجه بجزيل الشكر والامتنان الى اساتذتي(الدكتورة زينب طارق) التي لم تتوانى لحظة في تقديم يد العون والمساعد والارشاد لإخراج هذا البحث على اتم وجه منذ ان كان عنواناً الى الانتهاء منه .

كما اتوجه بالشكر الجزيل الى جميع اساتذتي على ما بذلوه من جهد طوال السنوات الدراسية و وقوفهم بجانبي لحظة بلحظة طيلة ايام دراستي في هذه السنوات .

الفصل الأول

المقدمة

1-1 مبدأ الكشف:-

نظرا لطبيعة الإشعاع غير المرئية كان لبد من إيجاد الطرق والأدوات الملائمة للكشف عن الإشعاع وقياسه كذاك بما أن الهدف الرئيسي للوقاية الإشعاعية هو معرفة الإشعاع وتوفير المعلومات اللازمة عنه ومعرفة مقدار ما قد يحدثه من أثار سلبية على الإنسان والبيئة بالإضافة إلى تقدير ضرورة إجراء هذه القياسات ودرجة ملائمة الأجهزة لنوع القياس وذلك لغايات تخفيض الجرعات الإشعاعية .

ومن هنا تم تطوير عدة تقنيات وأدوات لقياس الإشعاع وأكثرها شيوعا

1-أجهزة المراقبة.

2-أجهزة المسح الإشعاعي.

3-أجهزة التحذير من الإشعاع .

وبناء على هذه الأهداف يمكن أن يتم تصنيف أجهزة الكشف ولقياس الإشعاع فئتين رئيستين :-

أجهزة القياس الجرعات الإشعاعية وما يتعلق بها .

أجهزة قياس النشاط الإشعاعي الناتج عن المواد المشعة سواء كانت طبيعية أو صناعية .

تستخدم الكواشف النووية لكشف الجسيمات و الفوتونات التي تنبعث من انويه المواد المشعة وهذه الكواشف تعتمد في عملها على عمليات التأين التي تحدثها الجسيمات والفوتونات المشعة أثناء اجتيازها للمادة وتتوقف على :-

1- نوع الإشعاع وطبيعته وشدته .

2- طبيعة المادة .

تسمى المواد التي تتأثر بالإشعاع بشكل يمكن معه الاستفادة من الأثر الناتج (بكواشف الإشعاع radiation detectors.)

تعرف الكواشف النووية بأنها مجوعة الأجهزة المستخدمة في الكشف عن الإشعاعات النووية المختلفة ولقياس طاقة تلك الإشعاعات . فعندما تتأثر الأشعة على اختلاف أنوعها سواء أكانت جسيمات مشحونة أم جسيمات غير مشحونة ، مثل النيترونات ، أو حتى الأشعة الكهرومغناطيسية مع الكاشف النووي فأن الحصيلة النهائية

لتبادل التأثير بالنسبة لأغلب أنواع .الكواشف هي (تشكل كمية من الشحنات الكهربائية ضمن مادة الكشف أو ما يسمى بالحجم الفعال للكاشف التي تجمع عند قطب معاكس) .

1-2 كواشف الأثر النووىالصلبة SOLID STATE NUCLEAR TRACK DETECTORS

تختلف أجهزة الكشف عن الأشعة الكهرومغناطيسية باختلاف نوع الإشعاعوالتأثيرالذي يحدثه في هذه الكواشف. فمنها الكواشف الغازية وتشتمل على ثلاثة أنواع رئيسة وهي كشاف حجرة التأين (Ionization chamber detector) وكشاف التناسب (Proportional detector) وعداد كايكر ميلر

(Geiger) – Muller counter)وان مبدأ عمل هذه الكواشف يستند على التأين الذي يحدث للغاز في الكاشف نتيجة لتعرضه للجسيمات المشحونة. ومن أجهزة الكشف الأخرى عن الجسيمات المشحونة هو العداد الوميضي(Scintillation counter) الذي يعمل على مبدأ تحويل الطاقة الحركية للجسيمات إلى ومضات ضوئية وذلك بالاعتماد على خواص المواد العضوية أو غير العضوية لمادة الكاشف التي تقوم بإطلاق ومضات ضوئية عندما تسقط عليها الجسيمات المشحونة. وهنالك أيضا كواشف أشباه الموصلات(Semiconductor detectors)التي تعمل وفق مبدأ إنتاج أزواج من الإلكترونات والفجوات نتيجة لسقوط الجسيمات المشحونة على منطقة الاستنزاف لهذه الكواشف كما في كاشف الحاجز السطحي (Surface - Barrier detector)والتي تعد من الكواشف الجيدة للكشف عن جسيمات ألفا وقد ظهرت في الآونة الأخيرة كواشف الأثر النووي الصلبة والتي هي مواد صلبة عازلة كهربائيا لها القابلية على خزن تأثير الإشعاعات الجسميةالمؤبنة على شكل تلف (ضرر) في تركيبها الداخلي والاحتفاظ بها لفترات طويلة. إذ يمكن مشاهدة مناطق التلف أما باستخدام المجهر الإلكتروني مباشرة أو باستخدام المجهر الضوئي بعد معاملتها ببعض المحاليل الكيميائية الكاشطة. حيث إن هذه المواد الكاشطة تهاجم المناطق التي تعرضت للإشعاع (المناطق التالفة) بمعدل اكبر من المناطق السليمة لان هذه المناطق أكثر هشاشة من المناطق التي لم تتعرض للإشعاع لامتلاكها طاقة حرة اكبر من المناطق السليمة بسبب سقوط الجسيمات المشحونة عليها. إذ يزداد معدل مهاجمة المواد الكيماوية للمادة كلما قل وزنها الجزيئي مما يؤدي إلى تحللها (Degrade) بشكل كبير.

إن هذه المواد الكاشفة تستطيع الكشف عن الجسيمات المشحونة الثقيلة والتي كتلتها اكبر من كتلة الإلكترونات مثل البروتونات وجسيمات ألفا وشظايا الانشطار وكذلك لها القابلية على الكشف عن النيترونات من خلال قياس الآثار التي تحدثها البروتونات المرتدة عن سقوط النيترونات على تلك الكواشف لقد اتسعت وتعددت مجالات استخدام كواشف الأثر النووي الصلبة بشكل كبير لما تمتلكه من خصائص وميزات أهمها :

1 – سهولة استعمالها وانخفاض كلفتها، كما أن عملية قشط الآثار وإظهارها عملية سهلة

2 – عدم الحاجة إلى مصدر للطاقة الكهربائية مما يجعلها مناسبة تماماً لعمليات يتعذر استخدام الأجهزة الإلكترونية فيها ،كقلب المفاعل النووي والأبحاث الفضائية والكشف عن المستويات المنخفضة من الإشعاع ولفترات زمنية طويلة .

3 – لها القابلية على الاحتفاظ بالآثار عند خزنها لمدة طويلة من الزمن عند الدرجات الحرارية الاعتيادية أو درجة حرارة الغرفة، وبالمقابل فإن الدرجات الحرارية العالية تعمل على تلاشي عدد من الآثار المتكونة في هذه المواد مما يؤدي إلى نقصان عددها .

4 – لها حساسية وكفاءة عاليتين قد تصل إلى 100 % كما في المايكا والكواشف البلاستيكية لذا فهي تستخدم في قياس الدفق النيتروني أو لقياس الجرع النيترونية وذلك بقياس الآثار التي تخلفها البروتونات المرتدة عن النيترونات أو عن طريق جسيمات آلفا الناتجة عن استخدام التفاعل (n,α)

5 – لا تذوب في المحاليل الكيميائية بسبب تجانسها وتناظرها العاليين إذ أن المحاليل الكيميائية الكاشطة لا تستطيع إذابتها ولكنها يمكن أن تقلل من سمكها عن طريق عملية التحلل.

6 – لها القابلية على قياس مدى عالٍ من الجرعات.

7 – دقة النتائج التي يمكن الحصول عليها من هذه الكواشف وسهولة تحليلها ولذلك استخدمت كمراجع شخصية لقياس الجرعات الإشعاعية التي يتعرض لها الإنسان وكذلك استخدمت في الأقمار الصناعية.

8 – إن الجسيمات الثقيلة المشحونة كشظايا الانشطار النووي يمكن تسجيلها وتمييزها عن الجسيمات المشحونة الخفيفة مثل ($^{4}He, ^{3}He, ^{2}H, ^{1}H$) والنيترونات باستخدام هذه الكواشف.

إن الخصائص العملية لهذه الكواشف مثل توافرها وسهولة استخدامها وانخفاض كلفتها أدت إلى استخدامها بشكل كبير في الكثير من المختبرات ومن قبل العديد من الباحثين وفي مجالات تطبيقية مختلفة منها استخدامها في مجال الفيزياء النووية، وفيزياء البلازما الأرض.كما استخدمت في مجال الطب وعلوم الحياة ومجال فيزياء الفلك وعلم الفضاء ودراسة الأشعة الكونية القادمة من أعماق الفضاء إلى جو الأرض كما تعد من الأدوات المهمة في رصد الزلازل والبحث عن الإشارات التحذيرية من الهزات الأرضية .

3–1 أنواع كواشف الأثر النووي الصلبة

تقسم كواشف الأثر النووي إلى قسمين رئيسين هما الكواشف اللاعضوية والكواشف العضوية فالكواشف اللاعضوية هي التي لا يدخل في تركيبها عنصري الكاربون والهيدروجين، ومن أبرز أنواع هذه الكواشف المايكا، إذ يستخدم لتسجيل آثار النيترونات وشظايا الانشطار ويمتاز بحساسيته العالية للدقائق المشحونة ذات

الكتلة الأكبر من amu 30 ويتميز باستقراره العالي عند تسجيله للدقائق المشحونة حتى درجة الحرارة C^0 400 فضلاً عن أن كاشف المايكا يحتوي على ذرات اليورانيوم والثاليوم بتركيز ($10^{-8} - 10^{-10}$) مما يسبب خلفية إشعاعية عالية بعد القشط إذ يستخدم محلول حامض الهيدروفلوريكHF بتركيز % 48 ودرجة حرارة بحدود (20 - 25) C^0 في عملية القشط أما كاشف الزجاج فانه يعد من الكواشف الجيدة في الكشف عن النيترونات وبخاصة في المفاعلات النووية وذلك لتحمله درجات الحرارة العالية وقابليته على تحسس شظايا الانشطار ويمتاز بنفس المواصفات التي يمتلكها المايكا ويتم إظهار الآثار بالطريقة نفسها كما للمايكا.

أما الكواشف العضوية وهي عبارة عن مواد بوليمرية، والبوليمرات هي جزيئات كبيرة متكونة من وحدات صغيرة متكررة ومرتبطة مع بعضها تدعى مونومر(Monomer) وتتكون وحدات المونومر في معظم اللدائن من ذرات مرتبطة مع بعضها بأصرة تساهمية تغلب عليها أصرة هيدروجين كاربون (H-C) وتشتمل البوليمرات العضوية على مركبات تحتوي فضلا عن ذرات الكاربون والهيدروجين والأوكسجين والنتروجين على الكبريت والهالوجينات مع العلم أن اغلب الأواصر التي تربط بين هذه الذرات تكون سهلة الكسر عند تعرضها للإشعاع .إن من ابرز أنواع الكواشف العضوية هي الكواشف السليلوزية إذ تتضمن أنواعاً متعددة منها نترات السليلوز(CN-85)واسيتات السليلوز (CA-80-15) و(LR-115) بأنواعه المختلفة وتمتاز هذه الكواشف باحتوائها على النتروجين في تركيبها الكيميائي فكاشف نترات السليلوز (CN-85) تركيبه الكيميائي $(C_6 H_{18} O_5 N_2)n$ وتعد اسيتات السليلوز من الكواشف الجيدة في الكشف عن النيترونات والجسيمات المشحونة مثل البروتونات وجسيمات ألفا وشظايا الانشطار والأيونات الثقيلة ويبلغ سمك هذه الكواشف μm 100 ويطلى من جانبيه بطبقة رقيقة من رابع بورات الليثيوم (LiB_4) القابل للذوبان بالماء. وتكمن أهمية وجود عنصري البور وB^{10} والليثيوم Li^6 في كونهما يمتلكان مقاطع عرضية كبيرة للتفاعل مع النيترونات البطيئة ويستخدم هيدروكسيد الصوديوم NaoH بعيارية 4N ودرجة حرارة C^0 50 ولمدة hrs(3 - 4) لقشط هذه الأنواع من الكواشف.

أما الكاشف LR-115 وتركيبه الكيميائي $C_{12}H_7O_{16}N_3$ يكون على أنواع عدة وهي (LR-115 II و LR-115I و LR-115 و LR-115II B و LR-115IB) ويقرب سمكه من μm (12-13) ويتكون من طبقة رقيقة من نترات السليلوز مثبتة على شريحة اكبر سمكا من البوليستر. يتم قشط هذا الكاشف باستخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم NaoH بعيارية 2.5N ودرجة حرارة C^0 60 ولمدة 5hrs، ويستخدم هذا الكاشف لقياس جرع النيترونات الحرارية والنيترونات السريعة وجسيمات ألفا ويستخدم LR-115 II في حساب تراكيز الرادون واليورانيوم في التربة والماء وداخل المنازل والعينات الجيولوجية .

يعد كاشف الماكر وفول من الكواشف العضوية أيضاً وهو عبارة عن بولي كاربونيتCarbonate (Ploy)وله التركيب الكيميائي $(C_{16}H_{14}O_3)n$ ويقرب سمكه من μm 300 وكثافته gm/cm^3 1.2. ولهذا الكاشف سطحان أحدهما أملس والآخر خشن ويجب أن يكون السطح الأملس مواجها للمصدر المشع وذلك لقلة التشوهات مما يعطي أثاراً واضحة، تتم عملية القشط لهذا الكاشف عادة بمزج % 80 من هيدروكسيد البوتاسيوم KOH مع % 20 من الايثانول عند درجة حرارة C^0 40 ولمدة 4hrs.

ويعد هذا الكاشف من الكواشف الجيدة في تسجيل آثار النيترونات وشظايا الانشطار ويستخدم في معايرة الرادون وقياس تراكيز اليورانيوم .

ومن الكواشف العضوية أيضا كاشف الليكسان إذ يستخدم في الكشف عن شظايا الانشطار (Fission fragment) والجسيمات المشحونة، وتركيبه الكيميائي $(C_{16}H_{14}O_3)n$ وكثافته $1.2\ gm/cm^3$ويشترك مع الماكر وفول في بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية وله القدرة على التمييز بين الأيونات الثقيلة، ويمكن الاحتفاظ بالكاشف بعد تشعيعه لفترة طويلة تحت ظروف مختلفة من ضغط وحرارة.

ومن الكواشف العضوية المهمة والتي تستخدم في العديد من المجالات، لما يمتلكه من خصائص كشفية وتسجيلية جيدة للجسيمات المشحونة، الكاشف النووي البلاستيكي الصلب CR-39 المستخدم في دراستنا الحالية وسنتطرق بالتفصيل إلى مواصفات وخصائص هذا الكاشف.

الكاشف CR-39

ظهر الكاشف النووي البلاستيكي الصلب CR-39 المستخدم في دراستنا CR-39 عبارة عن مادة بوليمرية وهو مختصر من(Columbia Resin) يحضر هذا الكاشف من عملية البلمرة لكاربونات الأليلدايكول المتعدد(Ploy Allydiglycal Carbonate)والصيغة الجزيئية له $(C_{12}H_{18}O_7)n$ وكثافته $1.32\ gm/cm^3$ يتميز هذا الكاشف بشفافيته البصرية وحساسيته العالية وتجانس وانتظام تركيبه. لقد أنجزت تجارب عدة من أجل تطوير وتحسين هذا الكاشف، فقد تم إنتاج كاشف متطور من CR-39 هو كاشف SR-86 ذو حساسية أعلى من CR-39 كما تم إنتاج كاشف آخر متطور أيضاً هو كاشف PM-355 الذي يمتاز بحساسيته العالية للكشف عن البروتونات.

وبشكل عام، فان كاشف CR-39 يعد من الكواشف الصلبة ذات الحساسية العالية للجسيمات المشحونة. ويعزى السبب الرئيسي إلى كون هذا الكاشف بوليمر ذو تركيب عضوي يحتوي على روابط الكاربون في مونومر مادة الكاشف وهذه الروابط ضعيفة نسبياً وتتكسر بسهولة عند تعرضها للإشعاع ولزيادة هذه الحساسية يتم إدخال روابط اضعف من روابط الكاربون إلى تركيبه الشبكي المترابط المقطع. وبذلك اصبح كاشف CR-39أكثر انتشاراً من الكواشف الأخرى، ومن أهم الخواص التي يتميز بها :

1- الشفافية البصرية والنقاوة العاليتين فضلاً عن تجانس مادته (Homogenous)وتماثل خواصه (Isotropic)

2 – حساسيته العالية للإشعاع (جسيمات ألفا والبروتونات والنيترونات) وبطاقات مختلفة فضلاً عن قابليته في تسجيل آثار البرتونات المرتدة ولمدى واسع من الطاقة MeV (20 - 0.1) والتي تجعل هذا الكاشف حساساً للنيترونات السريعة.

3 – القدرة التحليلية العالية (High Resolution)

٤ – لا يتأثر بالعوامل الجوية من درجة حرارة ورطوبة عند خزنه لفترات طويلة تحت الظروف الطبيعية، ولا يذوب في المحاليل الكيميائية الكاشطة بل يتحلل من خلال نقصان سمكه أثناء عملية القشط.

٥ – له استقرارية حرارية Thermost، مترابط المقطع Cross-Linkedومتبلور جزئياً (Amorphous With≈ 20% Crystalline).

ونظراً للخصائص والمميزات التي يمتلكها الكاشف CR-39 فقد استخدم في الكثير من التطبيقات والعديد من المجالات، منها استخدامه في قياس تراكيز اليورانيوم والرادون والثورون في المنازل وفي مواد البناء وفي التربة والمياه والأغذية وفي معاجين الأسنان كما يستخدم في الكشف عن الجسيمات المشحونة كالبروتونات وجسيمات ألفا وأيونات أخرى وكذلك في تسجيل الآثار الناتجة.عن الأشعة الكونية وإيجاد تراكيز اليورانيوم والثور يوم في النماذج الجيولوجية وفي حساب تراكيز الراديوم في الأسنان فضلاً عن حساب تركيز الرصاص pb في أسنان الأطفال

ويعد هذا الكاشف مجساً جيداً للتنبؤ عن الزلازل والهزات الأرضية من خلال قياس مقدار الزيادة في تركيز غاز الرادون المنبعث من التصدعات والشقوق الأرضية الواقعة على خط الزلازل في المدن التي تتعرض للزلازل والهزات

كما يستخدم الكاشف CR-39 كمرشح دقيق إذ تعرض قطعة رقيقة منه لحزمة من شظايا الانشطار وتقشط بمحلول كيماوي مناسب ولفترة زمنية معينة إذ يخترق هذا المحلول الآثار الكامنة مكوناً ثقوباً دقيقة عبر الكاشف الصلب وبقطر يتراوح بين nm (30 - 10) حيث يستخدم هذا الكاشف الدقيق لفصل الخلايا السرطانية من الدم كما يستخدم الكاشف في التصوير الشعاعي الذاتي للجسم بعد حقنه بالنظائر المشعة.

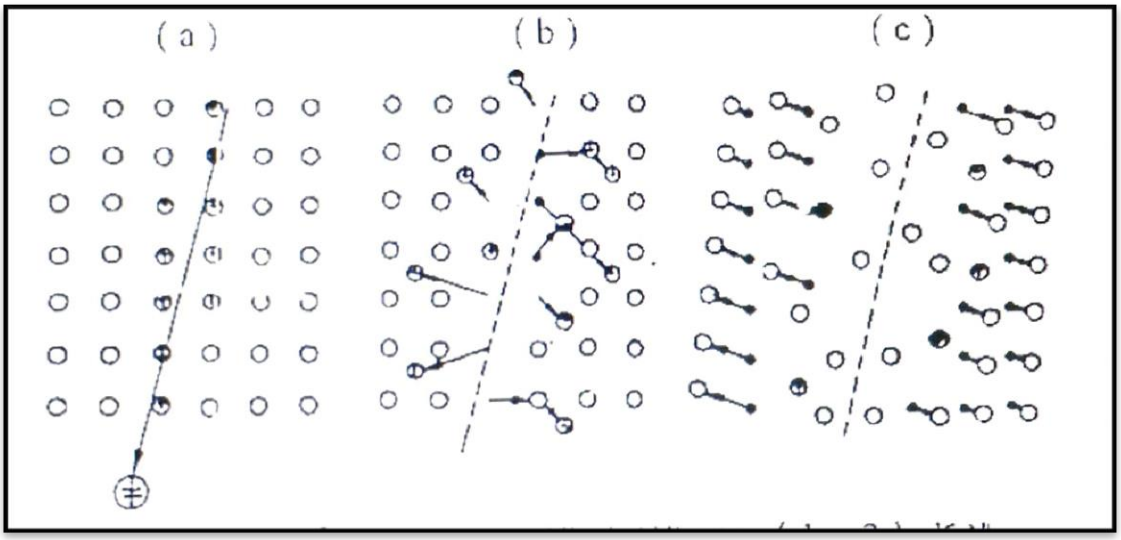
4-1كيفية تكون الأثر

لقد وجد في المواد الصلبة العازلة (زجاجية،بلاستيكية) إن الجسيمات المشحونة الثقيلة تنتج آثاراً عند مرورها في تلك المواد ويمكن ملاحظة المناطق الصغيرة التالفة إما باستخدام المجهر الإلكتروني مباشرة أو باستخدام المجهر الضوئي بعد معاملتها بمادة كيميائية تعمل على حفر وإظهار مناطق التلف المتكونة. وإن نوع وشكل المنطقة التالفة (المتضررة) لا يعتمد على متغيرات الجسيمات الساقطة (كتلتها وطاقتها وشحنتها) فحسب بل يعتمد على نوع المادة الكاشفة الصلبة أما حجم المناطق التالفة فيعتمد فضلاً عن العوامل في أعلاه، على نوع وتركيز ودرجة حرارة المحلول الكيميائي الكاشط وزمن القشط. لقد وضعت نماذج ونظريات متعددة من قبل العديد من الباحثين لتفسير تكون الآثار في تلك المواد وإن النظرية السائدة لتفسير تكوين الأثر في المواد اللاعضوية في منطقة الضرر الأساسية هي نظرية وخزة الانفجار الايوني (Ion Explosion Spike)

إذ يتسبب مرور الجسيمات المتأينة في المادة في تكوين منطقة تحتوي على تركيز عالٍ من الأيونات الموجبة، علماً أن زمن إعادة اتحاد الأيونات الموجبة مع الإلكترونات يكون طويلاً نسبياً بحدود Sec 13- 10 مقارنة بزمن اهتزاز الشبيكة البلورية وإن هذه الأيونات تضرب وبشدة إلكترونات الذرات المتصادمة الواقعة حول المناطق المجاورة لمسارها فتنتج منطقة إسطوانية مليئة بالأيونات الموجبة والتي تتنافر مع بعضها البعض بفعل القوة الكهروستاتيكية. فإذا كانت قوة التنافر اكبر

من قوة تجاذب ذرات المادة الصلبة فإنه يحدث تشوه في الشبيكة البلورية مخلفاً ورائها قلباً إسطوانياً فارغاً يمكن مشاهدته مباشرة بالمجهر الإلكتروني أو بالمجهر الضوئي بعد معالجته كيميائياً بعملية القشط.

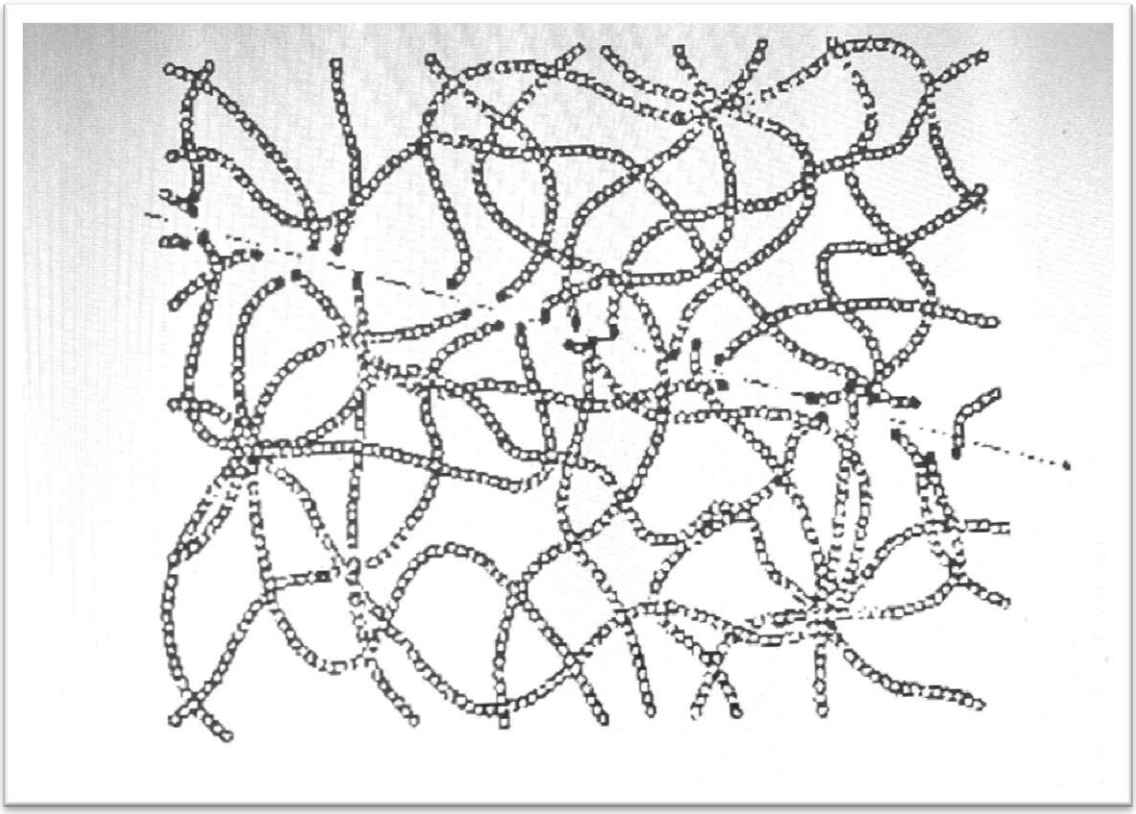
والشكل (2-1) يمثل تتابع عملية تكوين الآثار حيث يمثل (a) عملية دخول الجسيمة الثقيلة المشحونة والتي تولد تأيناً ابتدائيا للذرات على طول مسار الجسيمة، ويلي هذه العملية مرحلة ترتيب الأيونات الحشرية (البينية) والفجوات في مواقع الذرات نتيجة للقوة الكولومية الموجودة حول الأيونات الابتدائية التي تولدت كما في الشكل (b) واخيراً تحدث عملية القشط والتهدئة (c) .



شكل (٢-١) وخرة الانفجار الايوني في تكوين الاثر في المواد الصلبة غير العضوي

أما في البوليمرات والتي هي عبارة عن جزيئات كبيرة تتألف من وحدات متكررة ومرتبطة مع بعضها تدعى المونومير وهذه المونوميرات تكون مرتبطة مع بعضها في معظم اللدائن بآصرة تساهمية تغلب عليها آصرة هيدروجين _ كاربون (H-C)، وهذه الآصرة سهلة الكسر عند تعرضها للإشعاع مما ينتج عنها سلاسل بوليمرية صغيرة ذات نهايات فعالة متأينة تسمى الجذور الحرة والتي لها القابلية على التفاعل فيما بينها أو مع الذرات الأخرى

لذا فإن التأثير الرئيسي للأشعة على البوليمرات هو انحلالها (Degradation) أو تشابك جزيئاتها بعضها مع بعض، وهذان التأثيران يمثلان التغييرات الرئيسية في خواص البوليمر. إن سقوط الإشعاع على هذه البوليمرات يؤدي إلى تهيج هذه الجزيئات وتأينها وبالتالي قطع الروابط Bonds بينها، وإحداث تلف (Damage) في مادة البوليمر ولا يزول في الظروف الاعتيادية، ويعرف هذا الأثر المخزون بالأثر الكامن Latent Track. إن المناطق التالفة بتأثير الإشعاع المؤين تظهر قابلية أكبر على التفاعل مع المحاليل القلوية مثل هيدروكسيد الصوديوم NaOH مقارنة بالمناطق السليمة وذلك بسبب امتلاك المناطق التالفة طاقة أكبر من المناطق السليمة، لذا فإن المحلول الكيميائي يخترق المناطق المشعة بسرعة محدثاً أثراً يزداد عمقه ويتسع قطره مع زيادة زمن القشط ويمكن مشاهدة الأثر الكامن(المخزون) للإشعاع المؤين بعد إظهاره تحت المجهر الضوئي،



والشكل (2-2) يوضح تأثير الإشعاع على السلاسل البوليمرية

الفصل الثاني
الدراسات السابقة

1- قام الباحث انيس الحمزاوي وآخرون باستخدام كواشف الأثر النووي CR-39 لقياس تراكيز اليورانيوم في نماذج دم الإنسان المصابين بأمراض اللوكيميا بجنوب العراق عن طريق تسجيل شظايا الانشطار في كاشف الأثر النووي الناتجة عن قصف نوى اليورانيوم

بنيوترونات حرارية من المصدر النيوتروني$Be-Am^{214}$فقيض نيوتروني حراري مقداره 5×10^3 n/cm^2 حيث تراوحت تراكيز اليورانيوم بين 4,71PPb الى 1,19ppb للمرضى بينما كانت تراكيز اليورانيوم في دم الأصحاء 2,15ppb إلى0,86 ppb حيث أكدت الدراسة أن تراكيز اليورانيوم في دم المصابين باللوكيما أكثر من الأصحاء .

ودلت هذه الدراسة على كفاءة كواشف الأثر النووي على قياس التراكيز النادرة لليورانيوم في النماذج البالوجية

2- قام الباحث انيس الحمزاوي وآخرون باستخدام الكواشف الأثر النووي CR-39 لقياس

تراكيز اليورانيوم في نماذج الأنسجة السرطانية للمصابين في جنوب العراق عن طريق تسجيل شظايا الانشطار في كاشف الأثر النووي الناتجة عن قصف نوى اليورانيوم بنيوترونات حرريه من المصدر النيوتروني$Be Am^{214}$ بفيض نيتروني حراري مقداره $5 \times 10^3 n/cm^2$

في هذه الدراسة تم اختيار نموذج مصاب نموذج سليم لمقارنة النتائج. النماذج شملت أربعة أنواع من الأنسجة الرخوة (كلية ، ثدي ، معدة ، مبيض) أشارت النتائج أن تراكيز اليورانيوم في الأنسجة السليمة تراوحت بين mg/kg1,4 الى 4,76 في حين تراكيز اليورانيوم في الأنسجة السرطانية تراوحت بين mg/kg3,37 إلى 7,22 تراكيز اليورانيوم في الأنسجة السليمة كانت اقل بكثير من الأنسجة المصابة ودلت هذه الدراسة على وجود علاقة بين الأورام السرطانية وتراكيز اليورانيوم فيها .

3- قام الباحث انيس الحمزاوي وآخرون باستخدام الكواشف الأثر النووي العضوي ومن نوع CR-39 حيث تم قياس معدل القشط على طول سطح (Bulk Etch Rate) نتائج البحث

بأن نسبت القشط على طول السطح VB تزداد تركيز محلول القشط ودرجة حرارة المحل ويعزى ذالك الى زيادة سمك الطبقات المزالة للكاشف .

4- قام الباحثون مسعود خليفة سعاد العرابي نجاة شهبون باستخدام كواشف الأثر النووي البلاستيكية لوصف الفقد الخطي لطاقة جسيمات ألفا في الهواء . باستخدام الكثافة العددية لأثار ألفا كوسيلة لقياس شدة الإشعاع استطعما رسم منحنى الامتصاص وتحديد متوسط مدى ألفا في الهواء ، واستطعنا رسم منحني براج وتعديد موضع القمة التي يحدث عندها اكبر فقد للطاقة جسيمات ألفا في الهواء ، دلت النتائج على إمكانية استخدام كواشف الأثر النووي البلاستيكية في تحديد عمق الجرعة الإشعاعية من حزمة جسيمات مشحونة مثل البروتونات في معالجة الأورام السرطانية وذالك عن طريق دراسة مكافئات النسيج البشري وتحديد العمق الذي يحدث عنده اكبر فقد خطي للطاقة الجسيمات المتعجلة .

5- قام الباحث ياسر يحيى قاسم بدراسة بعض معلمات الأثر النووي تجريبيا ونظريا في كاشف CR-39 ذو سمك 250m استخدم برنامج حاسوبي (Track- Test) في حساب بعض متغيرات الأثر النووي وقد اطهرت النتائج

العملية والنظرية أن اعلى امتصاص للطاقة يكون MeV1.5تقريبا ،كذالك تبين أن قمة فتحة للأثر تكون كروية تقريبا عندة الطاقة MeV1.0,1.5(حيث أن زمن قشط hr كافية لهاتين الطاقتين للوصول الى القشط في مرحلة مابعد مدى الجسيم في الكاشف (Over Etched Steb) بينما تكون فتحت الأثر ذو شكل حاد للطاقات الأخرى) كما تبين أن اعلى قيمة لعمق الاثار المحسوبة تضريا للطاقة MeV2,5 فيما كانت اعلى قيمة لعمق الاثار المحسوبة عمليا للطاقة MeV1,5 .

الفصل الثالث

خصائص كواشف الاثر النووي

1-3 اشكال الاثار Track Geometry

يعتمد شكل الاثار المقشوطة على معدل القشط على الطول الاثر V_t (Track etch rate) معدل القشط العام على السطح (lk etch rateBu) ففي حالة سقوط الجسم بصورة عمودية على الكشف وثبوت (V_T) فأن سمك الكاشف المقشوط (h) في الزمن (t)يكون :

$$h=V_B.t$$

يعتمد طول الاثر (**L**) وقطر الاثر (**D**) والزاوية (θ) (Drip angle) نصف الزاوية رأس المخروط وهي الزاوية بين الاثر المقشوط والسطح على المعدل القشط على طول الاثر (V_T) وعلى معدل القشط على السطح (V_B) .

$$L=V_T.t$$

$$\theta = \mathbf{Sin^{-1}(V_B / V^T)}$$

أما قطر الأثر فيحسب من العلاقة

$$\boldsymbol{D = 2V_t.t[\frac{V_T - V_B}{V_B + V_B}]^{\frac{1}{2}} = 2h\,[\frac{V-1}{V+1}]^{\frac{1}{2}}}$$

أن قطر الأثر (D) دالة السمك الكاشف المكشوط (h) ونسبة معدل القشط (V)

إما في حالة السقوط المائل للجسم فأن الشرط اللازم لظهور الأثر هو .

$$\mathbf{V_T \sin\theta_c > V_B}$$

$\mathbf{Sin\ \Theta_c(V_B / V_T)}$

$\Theta C > \mathbf{Sin}^{-1}(V_B / V_T)$

2-3 معدل القشط العام على سطح الكاشف (V_B) Bulk Etch Rate

سرعة القشط العام على سطح الكاشف (V_B) تعتمد على نوع وتركيب مادة الكاشف ، نوع محلول القشط ، ظروف القشط (التركيز ودرجة الحرارة) .
أن اعتماد(V_B) على درجة الحرارة (T) يعطى بالعلاقة التالية :

$$V_B = A \exp(-E_B/K.T)$$

A: ثابت ، T: درجة الحرارة المطلقة ،K: ثابت بولتزمان ، E_B: طاقة التنشيط لمعدل القشط العام على السطح(Activation Energy for the Bulk Etch Rate)

3-3 معدل القشط على طول الأثر (V_T) Track Etch Rate

معدل القشط على طول الأثر (V_T) يكون دالة لنوع وسرعة وطاقة الجسيمات الساقطة التي تولد الاثر وعلى ظروف القشط (تركيز المحلول ودرجة الحرارة) . ثابت التجارب لمختلف الكواشف العضوية واللاعضوية
أن (V_T) تزداد مع زيادة معدل التأينات أن اعتماد V_T على درجة الحرارة تعطى بالعلاقة التالية :

$$V_T = B \exp(-E_B/k.t)$$

B: ثابت ، T : درجة الحرارة المطلقة ، K: ثابت بولتزمانE_B :طاقة التنشيط لمعدل القشط العام على السطح(Activation Energy for the Bulk Etch Rate)

3-4الزاوية الحرجة لكواشف الاثر النووي في الحالة الصلبة

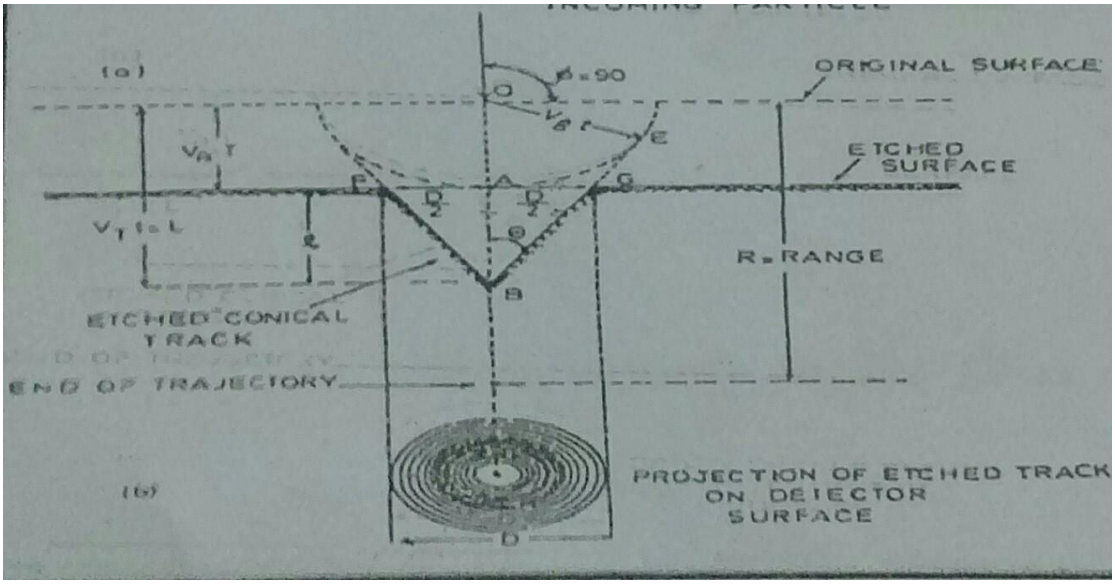
Critical angle of Solid State Nuclear Track Detctor

الزاوية الحرجة (Θ_c) هي الزاوية التي تحدد ظهور الاثار فاذا كانت الزاوية Θ هي الزاوية بين الاثر المقشوط وسطح الكاشف اقل من الزاوية الحرجة Θ_c فان الاثر لاتضهر فقط عندما تكون المركبة العمودية على سطح الكاشف لمعدل القشط اكبر من معدل القشط العام على السطح

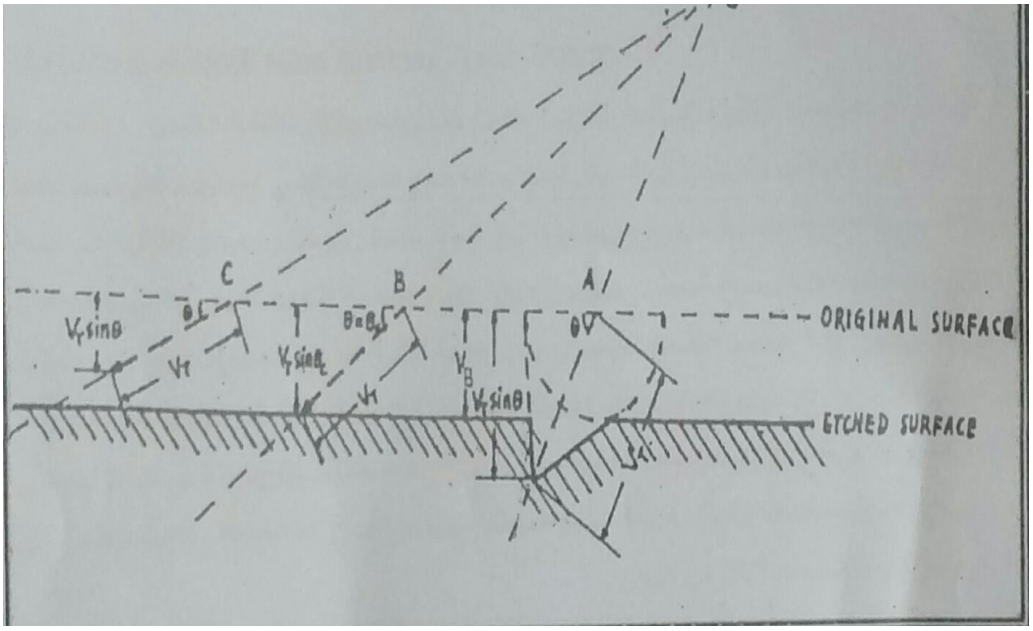
($V_T \sin \Theta_c > (V_B/V_T)$) فان الاثر يمكن ان يقشط كما موضح في الشكل (a,b,c-1) اما اذا كانت ($V_T \sin \Theta_c < V_B$) كما (C-2) فان الاثر لايظهر ان الحالة الحرجة لظهور الحجر هي :$V_T \sin \Theta_c = V_B$

$$\Theta_C = \text{are sin}\ (V_B/V_T)$$

في المواد ذات الزاوية الحرجة الصغيرة ($5-2^o$) مثل (Lexzn,McrOfol,Mica)ولحزم شظاية ذوات طاقة اعتيادية فان الاثر يكون طويل وغالبا ماتكون اسطوانية ذات نهاية مستدقة ، ما المواد ذات زاوية حرجة كبيرة (25^o) في الزجاج وكاشف CR-39 وكاشف نترات السليلوز ، فان الاثار تكون مخروطية الشكل وتظهر دائرية او بيضوية عندة النظر اليها بواسطة المجهر. ان قياس الزاوية الحرجة ترافقها تعقيدات ، لذا من المستحسن استعمال مفهوم الطبقة المزالة الحرجة (hc) (criticllauer removal) ان الطبقة المزالة الحرجة دالة لزاوية السقوط وبداية المدى لجسيم ففي بداية القشط تكون (V_T Sin Θ_c<V_B)لذالكلاتظهر الاثار وعند زيادة الى ان تتساوى السرعان (V_B=V_T) تظهر الاثار تعتبر هذة الحالة الحرجة لظهور الاثار ، من الممكن تعين حالتين هما : (hc=0) و(hc≠0) ففي الحالة الاولى تظهر الاثار مباشر ، اما في الحالة الثانية عندما (hc≠0) فان الاثار تظهر بعد زمن معين للقشط



شكل (1-3) يوضح الآثار المخروطي المقشوط في حالة السقوط العمودي للجسيمة



شكل (2-3) يوضح الزاوية الحرجة لكواشف الأثر النووي

5-3 كفاءة القشط Etching Effeciency

تعرف كفاءة الكشط بأنها النسبة بين عدد الاثار المقشوطة وعدد الجسيمات الساقطة وتكون اقل من واحد حسب المعادلة :

$$ƺ=1-(V_B/ V_T)$$

$$ƺ=1-(\text{Sin } Ɵ)$$

كفاءة القشط = عدد الاثار المقشوطة /ععد الجسيمات الساقطة

6-3 القشط الكهروكيميائيElectrochemical Etching

بالرغم من البحوث الجارية لدراسة عملية القشط الكهروكيميائي فان ميكانيكية القشط الكهروكيميائية لم تفسر بصورة جيدة لحد الان وذلك بسبب كونها عملية معقدة واغلب البحوث بينت ان عملية القشط تحدث بسبب :

1– الانهيار الكهربائي وان ميكانيكية الانهيارات الكهربائية تحدث نتيجة للمجال الكهربائي العالي .

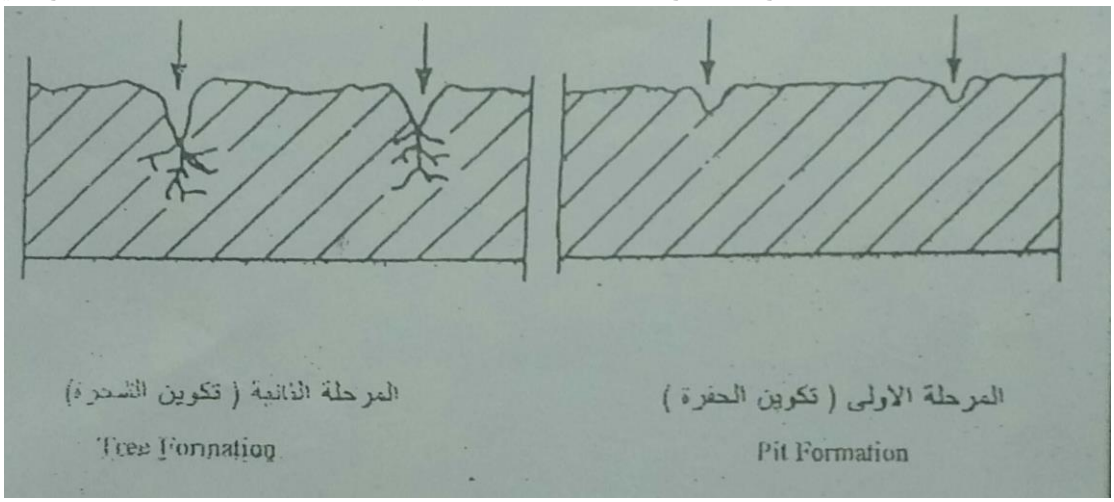
2- التاثير الحراري الداخلي

7-3 تقنية القشط الكهرو كيميائي TechiqueElectrochemical Etching

تحدث عملية القشط الكهروكيميائي اذا كانت كواشف الاثر تحدث الاجهادات مجال كهربائي خلال عملية القشط الكيميائي .

في هذا النوع يوضع الكاشف بشكل شطيرة بين حجمين منفصلين من الالكتروليت ويكون احدهم قاشط ويسلط فولتية عالية متناوبة عبر الكاشف من خلال القطعتين المغمورتين في الالمحاليلالالكتروليتية ان النموذج البسيط لظهور الاثر باستخدام عملية القشط الكهروكيميائي وينص على انه في بداية القشط فان المحلول القشط ينتشر بسرعة في الاثر المستتر وان وجود المجال الكهروكيميائي يعزز هذا الانتشار لمحلول الالكتروليت أن تغلغل وامتصاص محتول الالكتروليت تحت اجهاد مجال كهربائي يحدث في جميع أجزاء البوليمر لكن مدى التغلغل في منطقة الضرر يكون سريعا جدا وذلك بسبب ان منطقة الضرر تكون لها قابلية النفاذ والانتشار عالية جدا .

عند بدأ عملية القشط فان محلول القشط في منطقة الضرر يعمل على تكوين حفر يعمل على تكوين حفر الاثر وهي المرحلة الاولى من عملية القشط الكهروكيميائي في حالة تكوين الحفر فانها تعمل كمسارات توصيلية ناغذة في العوازل و المجال الكهربائي المتناوب الموضوع خلال العازل الكهربائي تيارات في المسارات التوصيلية والطاقة التوصيلية المفقودة المرافقة في المناطق الاثر تكون عالية في الترددات والفولتية العالية تؤدي الى حرارة موضوعية لمحلول القشط .هذا يودي الى زيادة في المعدل القشط المرحلة الثانية هي أن المجالات الكهربائية تنحرف الى مناطق المتضررة بصورة اسرع من المجالات الكهربائية الموضوعة على السطح هذه سوف تركز الانهيارات الكهربائية الحادثة وتنتج ما يدعى بظاهرة التشجير وذلك لان الضرر له نفس شكل الشجرة او يكون له جذع وفروع متشعبة من القمة في مناطق الانهيارات كما موضح في الشكل



ادناه .

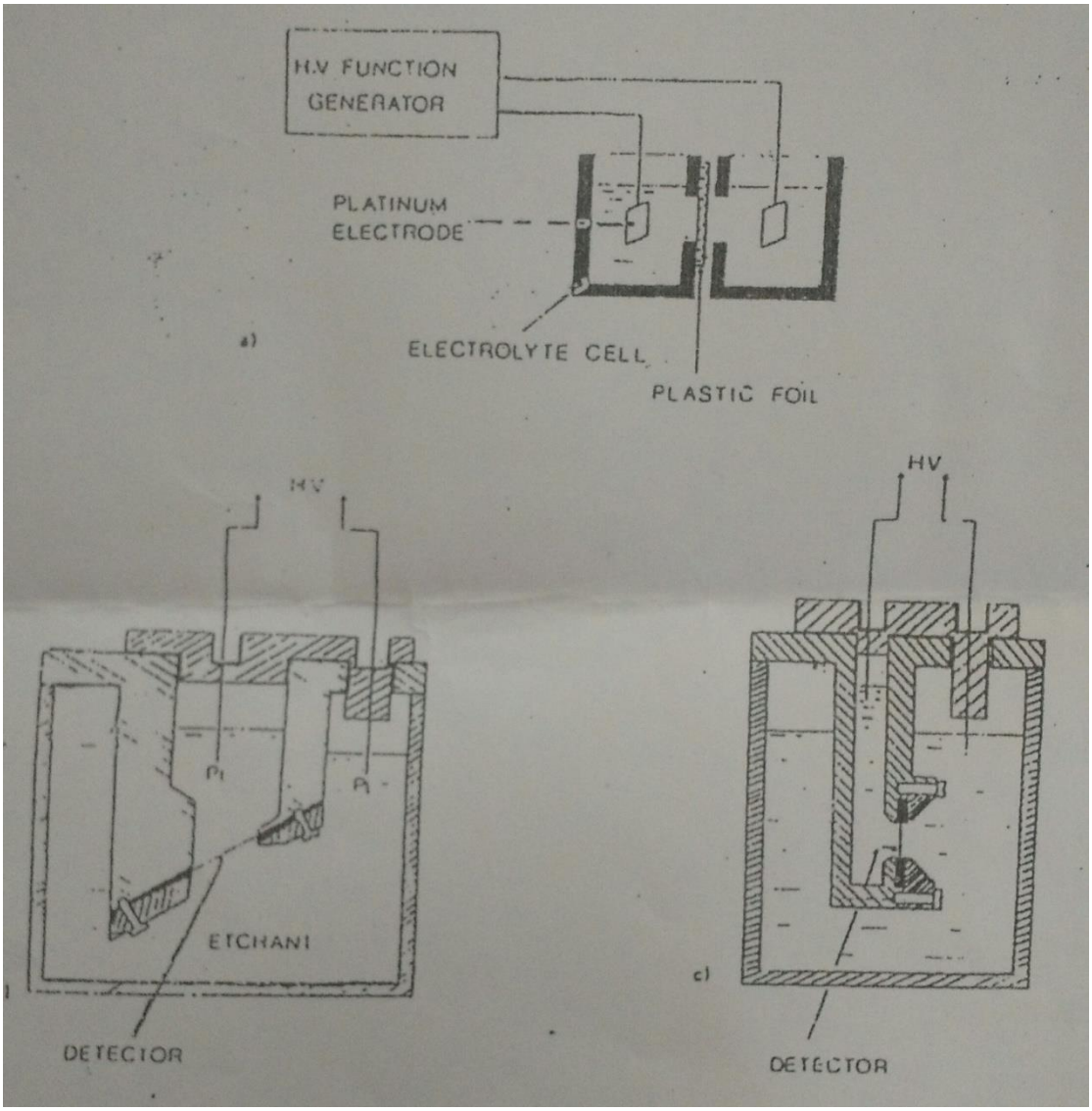
شكل (3-3) يوضح مراحل القشط الكهرو كيميائي

ان عملية القشط الكهرو كيميائي تعتمد على قوة المجال الكهربائي والتردد ونوع المحول القشط

تتكون مستلزمات القشط الهرو كيميائي من حدتين :-

1– حوض القشط

2– مجهر الفولتية



شكل (3-4) يوضح الانواع المألوفة لمنظومات القشط الكهرو كيميائي

8-3 الطريقة الجديدة للقشط الكهرو كيميائي New Method of ECE

يمكن استخدام فليتة (D.C) في عملية القشط الكهرو كيميائي اذا اقترحت كتلة اساسية وذالك للتغلب على مشكلة الانظمة الالكترونية النعقدة الضرورية للحصول على فولتية علية بتردد علية هذة الطريقة تستخدم عندما يكون سمك الكاشف قليل اذ ان اثر الجسيمات المشحونة يمكن ان يقشط خلال سمك الكاشف باكملة .

بالرغم من الفوائد العديدة لعملية القشط الكهرو كيميائي فان لها بعض نقاط الضعف التالية :

1–تاثير الدائرة القصيرة التي تؤدي الى ثقب الكاشف .

2– الاحتياج الى مجهر الفولتية المتناوية العالية والاجهزة .

3– زيادة حجم وتدخل الاثار التي يكون زمن تكونها قصيرا على حساب الاثار

التي تتكون بزمن طويل هذا القصور يظهر بسبب كبر سمك الكاشف الضروري لتجنب الدائرة القصيرة التي تؤدي ثقب الكاشف يعيق عملية القشط الكهرو كيميائي .

ان عملية القشط الكهرو كيميائي باستخدام فولتية (D.C) تتطلب دائرة صغيرة واجهزة غير معقدة ففي هذه الحالة تكوين الشجرة غير ضروري ، اما في حالة استخدام الفولتية (A.C) في عملية القشط الكهرو كيميائي فان ظهارة التشجير تحدث وذالك بالاعتماد على سمك الكاشف ةطولالاثر .

9-3 المعاملة الحرارية ومفهوم نموذج طاقة التنشيط المنفردة

Annealing &concept of single Modle

المعاملة الحرارية لضرر الاشعاع في المادة ظاهرة معقدة جدا والاسس الفيزيائية لها توضح بصورة جيدة لحد الان .

لمعرفة طبيعة ضرر الاشعاع ومعاملة الكاشف بصورة خاصة وجدوا ان كاشف الاثر النووي بالاثار في درجة حرارة الغرفة اما في درجات الحرارية العالية فان الاثار تختفي .

ان المعاملة الحرارية في البلورات تعتمد على انتشار القدرات المزاحة العائدة الى مكان الشبكية الصحيح ،من الممكن وصف عملية تتلاشى او اضمحلال الاثار بمعادلة

$$T = Const .exp (E_a/KT)$$

حيث ان T : درجة الحرارة المطلقة ، K : ثابت بولتزمان ، t : زمن المعاملة الحرارية ، E_a :

طاقة تنشط المعاملة الحرارية وهي ادنى طاقة لازمة لتحرك الذرة من احد مواضيع الخلايا الل انتشار اخر، وبذالك تكون دالة المادة ولاتعتمد على طاقة وكتلة وشحنة الجسيمات الساقطة ،من الملاحظ ان طاقة التنشيط لها نفس قيمة الانتشار الذري الذي يتضمن بان عملية المعاملة الحرارية في البلورات يماثل انتشار الذرة المزاحة العائدة الى مكان الشبيكة الصحيح .

ان المعاملة الحرارية تتكون من ثلاث خطوات أساسية :

1 - اتحاد الالكترونات مع الايونات لتكوين الذرات

2 - انتشار الذرات المزاحة الى مكان الشبيكة الصحيح .

3 – التعديل في الاجهادات الكهربائية والميكانيكية.

في الحالات معينة يجب إن يحول دون حدوث المعاملة الحرارية ،فغلى سبيل المثال كاشف المايكا يجب ان يحفظ بدرجة حرارة اقل من (300°C - 200) والكواشف البوليمرية تحتفظ بدرجة حرارة اقل من 70°C عندما تستخدم لتسجيل الاثر النووي في المختبرات تستخدم المعاملة الحرارية لمحو الخلفية الاشعاعية لجسيمات الثقيلة وتستخدم في بعض الأهداف الجيلوجية .

اغلب الباحثين يفسرون المعاملة الحرارية عل اساس معادلة (Annealing) للحصول على طاقة التنشيط لمختلف درجات المعملة الحرارية اما مفهوم طاقة التنشيط المفرد بدون الرجوع الى منحني (Annealing) ووجدت العلاقة تجريبية جديدة تمنح قيمة واحدة لطاقة التنشيط والتي خضعت لعدة انتقادات من الرفض والقبول بسبب التطبيقات الشاملة وكانت النتائج ملائمة وجيدة لجميع الكواشف .

ان نموذج طاقة التنشيط المفردة اقترح على فترات ان الأثر المتكون نتيجة لنموذج وخزة الانفجار ألايوني أما العلاقة التجريبية لهذا النموذج :

$$V_a = A_t \exp(-E_a/k.t)$$

K: ثابت ، T: درجة الحرارة ، k : ثابت بولتزمان ، E_a: طاقة التنشيط ، V_a : معدل الحرارة ويعرف بأنه المعدل الزمني لتغير طول او قطر الأثر (dl/dt) او (Dd/dt) .