

## الحقول فائقة الدقة في المواد ذات البنية المكعبة

حسان كاملة<sup>(1)</sup>

تاريخ الإيداع 2015/03/01

قبل للنشر في 2015/05/14

### الملخص

درست في هذا البحث درجة حرارة الحقول فائقة الدقة للمركبات المستخدمة في مجال تصنيع الدارات الإلكترونية ذات الإستطاعات العالية التي تتحمل درجات حرارة مرتفعة المستخدمة في الدارات التكاملية والالكترونيات الضوئية وتقنيات الليزر. ولما كان هذا الحقل يتشكل فقط بالجوار المباشر للذرات المسبورة على الشبكة البلورية فقد إكتشف بواسطة الترابط الاضطرابي الزاوي (PAC) الذي يمثل التفاعل بين العزوم النووية للنويات المسبورة النشطة والحقول فائقة الدقة المتشكلة. تمثل هذه الطريقة PAC أفضل طريقة لقياس الحقول فائقة الدقة في المواد ذات البنية المكعبة. كما يُبين في هذا المقال أن العيوب التي وجدت بجانب الذرات المسبورة هي عيوب ناشئة عن الأماكن الشاغرة المتوضعة بين نرات الشبكة المكعبة.

**الكلمات المفتاحية:** الحقل الفائق الدقة، الترابط الاضطرابي الزاوي، الأسر الإلكتروني،

البنية الشبكية المكعبة، العزوم النووية.

---

(1) أستاذ مساعد، قسم الفيزياء، كلية العلوم، جامعة دمشق، سورية.

## Hyper-Fine Fields in Cubic Structure Materials

H. Kamleh<sup>(1)</sup>

Received 01/03/2015

Accepted 14/05/2015

### ABSTRACT

In this particular research, the temperatures of high precision devices used in the manufacturing field of high power electronic circuits that can handle high temperatures has been studied, those circuits are used in ICs and LEDs and Laser techniques. Since the hyper fine field occurs around sonde atoms, it has been demonstrated that perturbed Angular Correlation (PAC) Method which presents the interaction between nuclear momentum of the active tested nucleus and the formed hyper fine field is the best way to measure the hyper fine field in the cubic structure material. It has been, as well, that the defects which formed near the sonde atoms is because of the empty places between cubic lattice atoms.

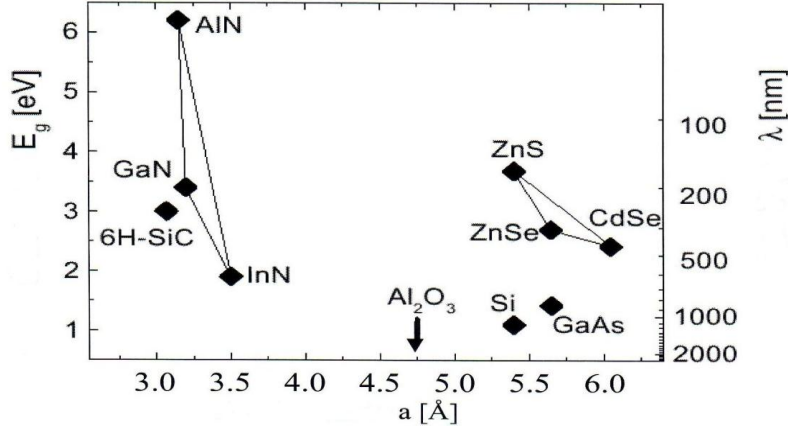
**Key words:** Hyperfine fields, Perturbed angular correlation, Electron capture, Cubic lattice structure, Nuclear momentum.

---

<sup>(1)</sup> Associate Prof., Department of Physics, Faculty of Sciences, Damascus University, Syria.

## المقدمة

نظراً إلى الحاجة الماسة والمتزايدة إلى ديودات مصدرة للضوء وليزرات ديودية في المجال الضوئي الأخضر والأزرق ازدادت البحوث في الأعوام القليلة الماضية لإيجاد أنصاف نواقل ذات ثغرة طاقة  $E_g$  عريضة، كان منها سلسلة الفصيلة الثالثة التريدية، إذ إن ثغرة الطاقة لتتريد الأنديموم هي 1.9 eV ولتتريد الغاليوم 3.4 eV ولتتريد الألمنيوم 6.2 eV [1]. ويبين الشكل (1) ثغرة الطاقة  $E_g$  لعدد من أنصاف النواقل بدلالة ثابتة الشبكة البلورية لها.



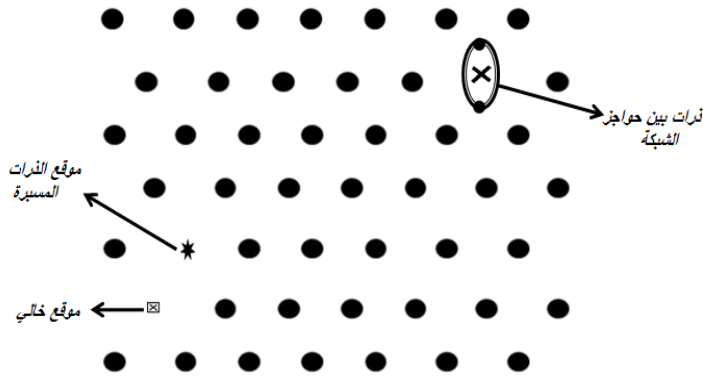
الشكل (1) ثغرة الطاقة  $E_g$  لبعض أنصاف النواقل بتابعية ثابتة الشبكة البلورية  $a$ .

وللتتريدات صفة أخرى مهمة إذ إنها تتحمل درجات حرارة عالية نسبياً ومن ثم يمكن استخدامها في مجال الاستطاعات الكبيرة. تُتخذ رقائق التتريد (مثل نتريد الغاليوم) التي يبلغ سطحه بضعة سنتيمترات مربعة على ركازة بحيث تتناسب شبكتها البلورية مع شبكة التتريد. من هنا تأتي أهمية دراسة العيوب البلورية لمعرفة صلاحية الركازة فضلاً عن مقوماتها العالية للاستعمال كركازة. إن أهم الطرائق لكشف هذه العيوب وتحديد هويتها الطريقة المعروفة باسم الترابط الاضطرابي الزاوي (PAC) التي يمكن بواسطتها كشف التأثيرات الموضوعية الفائقة الدقة عند مواقع نوى السبر. فهذه الطريقة تقيس تدرج الحقل الكهربائي الفائق الدقة الناشئ عن توزيع الشحنات الكهربائية والنوى في البنية المكعبة الذي يؤثر في نواة السبر المشعة من خلال التأثير بين هذا الحقل المتدرج الفائق الدقة وعزم رباعي الأقطاب لنواة السبر (ذات السبين النووي أكبر من 1/2) [2]. وتدرج الحقل هذا في الجوار المباشر للنواة حساس جداً بالنسبة إلى الكثافة الالكترونية في هذا الجوار. وهذا ما يفيد في كشف العيوب، من عيوب بلورية وشوائب كيميائية.

## مواد البحث وطرائقه

في العناصر ذات البنية المكعبة للشبكة البلورية يكون الحقل الفائق الدقة مساوياً للصفر [3] ومن ثمَّ عند غياب ذرة ما من هذه الشبكة يتشكل عيب في البلورة، عندها يتولد الحقل الكهربائي الفائق الدقة بجوار هذا العيب الذي يمكن قياسه من خلال طريقة (PAC) التي تمثل التفاعل بين العزوم النووية للنويات المسبورة المزروعة والحقول فائقة الدقة المتشكلة في الشبكة البلورية المكعبة. يتشكل الحقل فائق الدقة في الجوار المباشر للذرات المسيرة (عيوب، وذرات غريبة، وتصدع في البلورة) إذ يحدث التفاعل بين عزم رباعي الأقطاب Q للنويات المسرعة مع الحقل الفائق الدقة المتشكلة في البلورة المكعبة.

يمكن من خلال العيوب المختلفة التي تتولد عندها الحقول تبيان الخواص البنيوية والالكترونية للعناصر المدروسة، وعندما تصطدم النوى المسرعة  $^{111}\text{Sn}$  بالشبكة البلورية للعناصر ذات البنية المكعبة تحدث العيوب، ويتولد الحقل الكهربائي الفائق الدقة، وتأخذ ذرات الـ  $^{111}\text{Sn}$  مواقع على حاجز الشبكة البلورية وتتشكل العيوب؛ (الشكل 2).

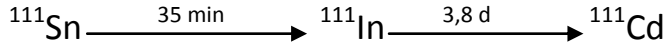


الشكل (2) يوضح المواقع المكروية في الشبكة البلورية بعد الصدم بالنوى المسرعة لـ  $^{111}\text{Sn}$ .

تكون طاقة ذرات الشبكة البلورية أكبر بعدة مرات من طاقة ارتباطها، ومن ثمَّ فإنَّ ذرات البلورة تخسر مواقعها على الشبكة البلورية، وتتحرك في مواقع أخرى؛ وهذا يعني تشكل عيوب بين ذرات الشبكة وبشكل خاص في الجوار المباشر للذرات المسيرة. إنَّ طاقة الارتباط في أنصاف النواقل محصورة في المجال من 10-30 eV [4].

عندما تصدم النوى المسيرة الشبكة البلورية المكعبة يتولد الحقل فائق الدقة فتتخرب البنية التناظرية للشبكة البلورية المكعبة بجوار الذرات الغريبة؛ ولكن قيمة الحقل فائق الدقة لا تتعدم لوجود العيوب بجوار الذرات الغريبة. وبالإفادة من قيم الحقل غير المنعدمة يمكن تحديد توزيع الشحنات في جوار السبر.

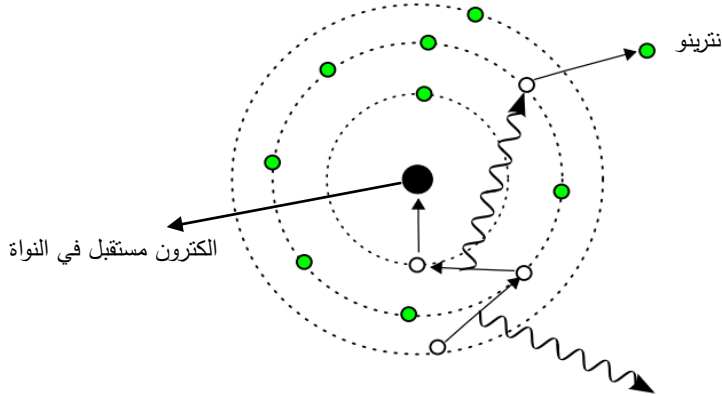
ينتج انحلال النظير  $^{111}\text{Sn}$  من خلال الأسر الإلكتروني (Ec) عند زمن نصفي  $T_{1/2}$  مساوياً 2.8 d يوماً [4] بحسب المعادلة الآتية:



يتفكك نحو 61% من نويات الـ  $^{111}\text{Sn}$  من خلال الأسر الإلكتروني (Ec) وتوليد النترينو) بحسب المعادلة الآتية [5] (الشكل 3).



نترينو + نوترون  $\rightarrow$  إلكترون + بروتون



الشكل (3) يوضح اكتشاف الأسر الإلكتروني في السوية الأساسية  $^{111}\text{Sn}$  وتوليد النترينو.

يتولد لدينا نترينو وحيد الطاقة التي يعبر عنها بالعلاقة الآتية:

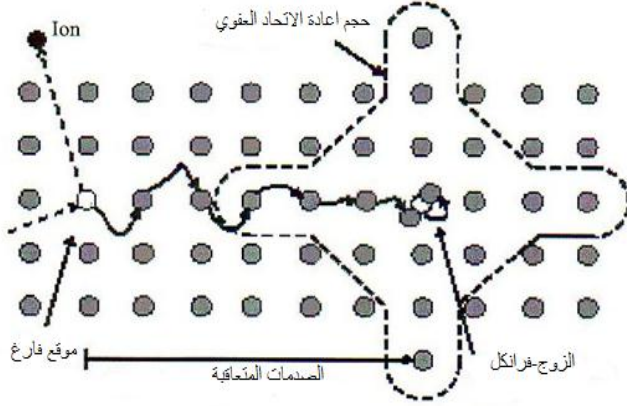
$$E = Q^2 / 2MC^2$$

إذ إن  $Q = 2436 \text{ kev}$ ، وهي قيمة طاقة الإلكترون للمدار K المستقبلي من قبل البروتون في النواة و  $M$  هي كتلة ذرات الـ  $^{111}\text{In}$  [6].

عند صدم الأجسام الصلبة بالأيونات المسرعة الحاملة لطاقة أولية كافية تتشكل لدينا آليتان ميكانيكيتان الأولى تؤدي إلى التوقف أو التخريب، والآلية الثانية تؤدي إلى التفاعل مع الإلكترونات وتكون الآلية الغالبة هي التي تمتلك طاقة حركية كبيرة. فمن أجل الأيونات الحاملة لطاقة حركية كبيرة وعدد كتلي  $A$  صغير يكون التفاعل كهربائياً، أم من أجل الأيونات الحاملة لطاقة حركية صغيرة وعدد كتلي  $A$  كبير فيحدث التخريب وهذا

التخريب يؤثر في المدارات ومن ثمَّ تخسر الذرات مواقعها على الشبكة كذلك يمكن للأيون متابعة حركته حتى يصبح ساكناً وهنا يحدث العيب ويخسر الأيون طريقه.

تتشكل العيوب من خلال تطويل أمد الصدم الايوني المتعاقب على ذرات الهدف (الشكل 4)، وهذا يحدث دوماً عندما يكون الصدم مرناً وناقلاً للطاقة K إذ إنَّ قيم الطاقة المنشورة أكبر من طاقة ذرات حاجز الشبكة البلورية. يتولد الزوج - فرانكل الوحيد فقط عندما تكون المسافة بين الأزواج - فرانكل كبيرة كفاية إذ لدينا في الشكل (4) الزوج - فرانكل ثابت في البلورة داخل حجم إعادة الاتحاد العفوي.



الشكل (4) يوضح تولد عيوب فرانكل من خلال الصدم المتعاقب.

يدعى المجال الذي تتولد فيه عيوب فرانكل بحجم إعادة الاتحاد العفوي. الزوج - فرانكل يكون ثابتاً عندما توجد الأماكن الفارغة خارج حجم إعادة الاتحاد العفوي بين ذرات الحاجز، إذ إنَّ كبر هذا الحجم يتعلق بدرجة الحرارة.

### الخلاصة

يعالج هذا العمل التفاعلات مفردة الدقة للنشاط الإشعاعي للذرات المسيرة  $^{111}\text{In}$  باستخدام طريقة (PAC) ويوضح أن الجزء المضطرب في حاجز الشبكة البلورية يصف الذرات المسيرة الموجودة بشكل كبير في المادة. وقد تبين أن الأيونات  $^{111}\text{Cd}$  تنشأ من خلال تفكك  $^{111}\text{In}$  الناتج عن عملية - أوجيه، ومن ثمَّ يمكن الحصول على Cd الحيادية من خلال النقاط الكترونات الجوار بعد زمن استرخاء وهو الزمن الذي يحتاج إليه Cd المسير للخروج من الطبقة ومن ثمَّ لبلوغ حالته الأساسية الحيادية. وقد تم تبيان مجال زوج فرانكل وصفيًا والشروط اللازمة لتشكله ضمن حجم إعادة الاتحاد العفوي حيث يتولد الحقل فائق الدقة وينشأ عنه حركية لالكترونات للمادة.

## REFERENCES

- 1- Edgav, J. H. strite, S. Akasaki, J. Amano, H. Wetzal, C. 1999. Properties, processing and related semiconductors, INSPEC, the Institution of Electrical Engineers, London.
- 2- Nakamura, S. Fasol, G. 1997. The Bleu Laser Diode, Springer Berlin Heidelberg New York.
- 3- Ruske, F. 2009. Indiumm plantation in GaN Untersucher mitder Winkel Bonn.
- 4- MoH, N.F. Davis, E.A. 2011. Electronic processes in non-crystalline materials, oxford university New York.
- 5- Kesten, J. 2012. The electric field gradient of  $^{111}\text{Cd}$  single crystal : Hyperfine Interactins 52 pp 17-27.
- 6- Kehr, K.W. 2014. Empirical information on quantum diffusion; Hyperfine Interaction 17-19 pp 63-74.