



الجمهورية العربية السورية
هيئة الطاقة الذرية

هـ ط ذ س - خ ع / ت د ع 923
نيسان 2011

تقرير عن دراسة علمية مخبرية
قسم الخدمات العلمية

تأثير معدل جرعة أشعة غاما على ترانزستورات JFET

جمال الدين عساف

هـ ط ذ س - خ ع / ت د ع 923

تقرير عن دراسة علمية مخبرية

تأثير معدل جرعة أشعة غاما على ترانزستورات JFET

Gamma dose rate effect on JFET transistors

د. جمال الدين عساف

قسم الخدمات العلمية

تشرين الثاني 2010

تأثير معدل جرعة أشعة غاما على ترانزستورات JFET

د. جمال الدين عساف-قسم الخدمات العلمية

الخلاصة

تمت في هذا العمل دراسة تأثير تغيير مُعدّل الجرعة من أجل جرعة ثابتة على خواص الضجيج لترانزستورات JFET بعد تشعيها بأشعة غاما . كانت معدلات الجرعة المتاحة للتشيع بها 6 معدلات هي: 1 و 2.38 و 5 و 10 و 17 و 19 kGy/h من أجل جرعة ثابتة مقداره $600 kGy$. تبين أنه في مجال معدل الجرعة المتوسطة (بالنسبة للمجال المدروس في هذا العمل) أي بين 2.38 و 5 kGy/h وجود علاقة غير تناسبية بين معدل الجرعة والضجيج. أما في القيم المنخفضة والعالية للمجال المدروس فتبين أن تأثير مُعدّل الجرعة يشابه تأثير الجرعة حيث يتناسب الضجيج طردياً معهما. لقد تم تفسير هذه النتائج بأن تأثير مُعدّل الجرعة ناجم عن محصلة تنافس بين عدة ظواهر وتفاعلات وبالتالي من أجل قيم معينة لهذه البارامترات والظواهر يمكن أن تنتج كميات مختلفة لتأثير مُعدّل الجرعة سواء بالتناسب الطردي أو العكسي . من جهة أخرى لم يُلاحظ أي علاقة بين معدل الجرعة وكمية استعادة الخواص الأساسية (مقدرة كنسبة مئوية) كما حصل سابقاً عند دراسة تأثير الجرعة.

الكلمات المفتاح

ترانزستور JFET ، معدل الجرعة، أشعة غاما، الضجيج

Gamma dose rate effect on JFET transistors

Dr. Jamal-Eddin Assaf

Abstract:

The effect of Gamma dose rate on JFET transistors is presented. The irradiation was accomplished at the following available dose rates: 1, 2.38, 5 10 , 17 and 19 kGy/h at a constant dose of 600 kGy .

A non proportional relationship between the noise and dose rate in the medium range (between 2.38 and 5 kGy/h) was observed. While in the low and high ranges, the noise was proportional to the dose rate as the case of the dose effect. This may be explained as follows: the obtained result is considered as the yield of a competition between many reactions and events which are dependent on the dose rate. At a given values of that events parameters, a proportional or a non proportional dose rate effects are generated.

No dependence effects between the dose rate and thermal annealing recovery after irradiation was observed .

Key words:

JFET transistors, dose rate, Gamma ray, noise.

الخلاصة

تمت في هذا العمل دراسة تأثير تغيير مُعدّل الجرعة من أجل جرعة ثابتة على خواص الضجيج لترانزستورات JFET بعد تشعيها بأشعة غاما . كانت معدلات الجرعة المتاح التشعيع بها 6 معدلات هي: 1 و 2.38 و 5 و 10 و 17 و 19 kGy/h من أجل جرعة ثابتة مقداره $600 kGy$.

تبين أنه في مجال معدل الجرعة المتوسطة (بالنسبة للمجال المدروس في هذا العمل) أي بين 2.38 و $5 kGy/h$ وجود علاقة غير تناسبية بين معدل الجرعة والضجيج. أما في القيم المنخفضة والعالية للمجال المدروس فتبين أن تأثير مُعدّل الجرعة يشابه تأثير الجرعة حيث يتناسب الضجيج طردياً معهما. لقد تم تفسير هذه النتائج بأن تأثير مُعدّل الجرعة ناجم عن محصلة تنافس بين عدة ظواهر وتفاعلات وبالتالي من أجل قيم معينة لهذه البارامترات والظواهر يمكن أن تنتج كميات مختلفة لتأثير مُعدّل الجرعة سواء بالتناسب الطردي أو العكسي . من جهة أخرى لم يُلاحظ أي علاقة بين معدل الجرعة وكمية استعادة الخواص الأساسية (مقدرة كنسبة مئوية) كما حصل سابقاً عند دراسة تأثير الجرعة.

الكلمات المفتاح

ترانزستور JFET ، معدل الجرعة، أشعة غاما، الضجيج

قائمة المحتويات

الصفحة	الموضوع
3	1. المقدمة
3	2. تشعيع العينات و منظومة القياس
4	3. توصيف الضجيج في ترانزستور JFET
5	4. تأثير أشعة غاما على خواص ضجيج الترانزستور JFET
8	5. معدل الجرعة
10	6. النتائج التجريبية
10	1.6 تأثير معدل الجرعة
14	2.6 استعادة تأثير التشعيع بواسطة التلدين الحراري
15	7. النتائج والمناقشة
15	8. المراجع

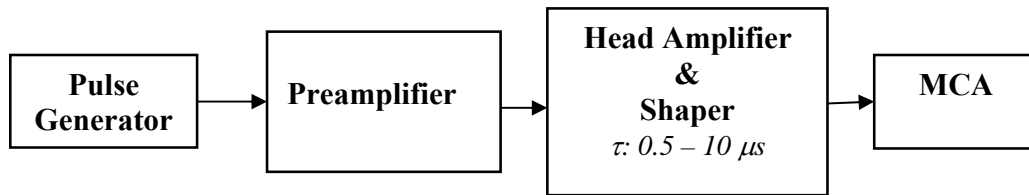
1 . المقدمة

يعتبر هذا العمل استكمالاً لأعمال سابقة عُنِي بتأثير الإشعاع وخاصة غاما على ترانزستورات JFET تجارية تستخدم في المضخات الأولية في قناة إلكترونيات نووية لقياس الإشعاع. جرى في أعمال سابقة دراسة تأثير أشعة غاما والنترونات بجرعات مختلفة على خواص هذه الترانزستورات عند مُعدّل جرعة ثابت (dose rate) [3-1]. أما في هذا العمل فقد تمت دراسة تأثير هذا المعدل على خواص نفس النوع من الترانزستورات أي تغيير مُعدّل الجرعة من أجل جرعة تشعيع ثابتة.

2. تشعيع العينات و منظومة القياس

جرى التشعيع في محطة التشعيع بمركز دير الحجر التي تحوي على منبع غاما Co. وبغية التشعيع بعدة مُعدّلات جرعة، جرى وضع العينات على مسافات متباينة من منبع الإشعاع وُحِد زمن التشعيع بحيث تتلقى العينات جرعة ثابتة.

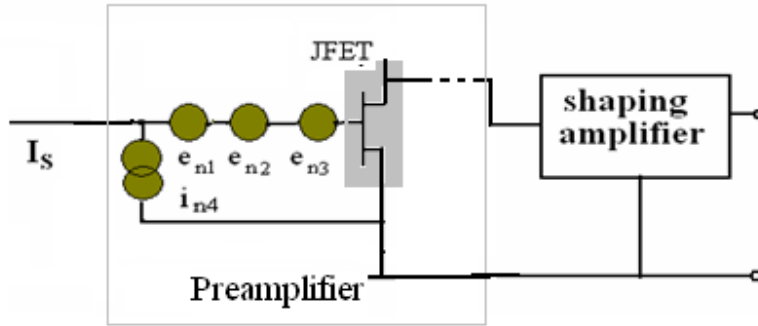
كما في بقية الأعمال السابقة، جرى دراسة تأثير الإشعاع باستخدام الضجيج الإلكتروني كأداة لتقييم هذا التأثير من خلال نفس منظومة القياس التي استخدمت في هذه الأعمال [3-1]. يبين الشكل 1 مخططاً لمنظومة تحصيل المعلومات عن الإشعاع النووي موضعاً مكان تواجد الترانزستور JFET كمرحلة أولى في دارة المضخم الأولي (preamplifier) الذي يتصل من جهة مدخله مع منبع إشارة تمثل تيار الكاشف بطريقة تجعل منه مولداً لشحنات تُماثل الشحنات التي تظهر عادة عند خرج كاشف الإشعاع. يتصل مخرج المضخم الأولي مع دخل دارة المضخم الرئيسي مع دارة تشكيل الإشارة (shaping amplifier) وهي دارة مرشح بترددات مختلفة أو بثابت زمني متغير القيمة طبقاً لهذه الترددات يُعرف بزمن التشكيل τ . يتصل خرج المضخم الرئيسي مع محلل متعدد الأقيسة الذي يقوم بقياس مطالات الإشارة والضجيج عند مخرج المنظومة .



الشكل 1 :مخطط صندوقي لمنظومة القياس المستخدمة

3. توصيف الضجيج في ترانزستور JFET

يوضح الشكل 2 منابع الضجيج الناجمة عن الترانزستور JFET منسوبة إلى مدخله وعدد هذه المنابع في الحالة العامة أربعة: ثلاثة منابع جهدية e_{n1}, e_{n2}, e_{n3} ومنبع تيار واحد i_{n4} [6-1]. تمت دراسة أثر الإشعاع النووي على زيادة الضجيج الإلكتروني الناجم عن منابع ذاتية (intrinsic) مثل i_{n4}, e_{n1}, e_{n2} أو منابع جديدة تنشأ نتيجة تأثير الإشعاع مثل e_{n3} بالتفصيل والبارامترات التي توصفها في هذا النوع من الترانزستورات في أعمال سابقة [3-1].



الشكل 2: مخطط يبين المرحلتين الرئيسيتين من منظومة القياس وخاصة منابع الضجيج الناجمة عن الترانزستور JFET (المرحلة الأولى من دائرة المضخم الأولي) منسوبةً إلى دخله .

نتيجة القياسات التي تجري بواسطة المحلل متعدد الألفية يتم استخراج قيمة البارمتر المسمى الشحنة المكافئة للضجيج ENC الذي يمثل نسبة الضجيج إلى الإشارة وتقدر بالشحنة الكهربائية أو بعدد الإلكترونات.

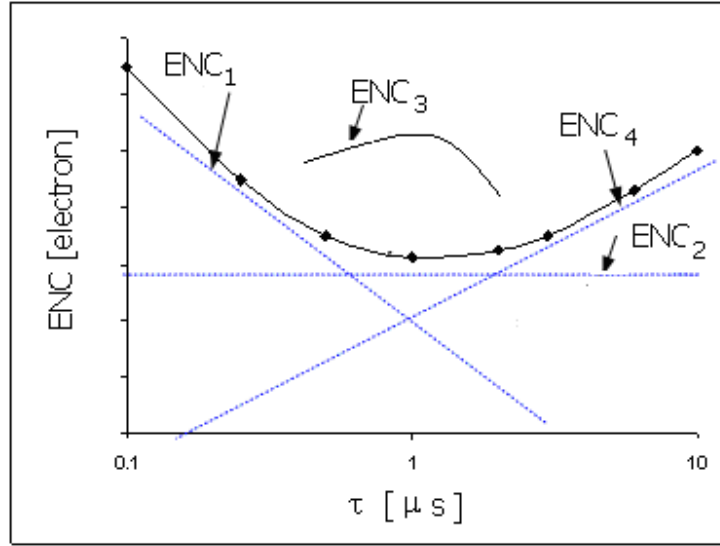
تُعطى قيمة ENC الكلية الناجمة عن منابع الضجيج في ترانزستور JFET المستخدم في المضخمات الأولي بالعلاقة العامة التالية [6-2]:

$$ENC = (ENC_1^2 + ENC_2^2 + ENC_3^2 + ENC_4^2)^{1/2} \quad (1)$$

حيث: $ENC_1, ENC_2, ENC_3, ENC_4$ الحدود المُشكّلة لشحنة الضجيج الكلية وهي تمثل الشحنات المكافئة لمنابع الضجيج الأربعة. تُمثل هذه المنابع فيزيائياً بالكثافات الطيفية لطاقتها (power spectral densities) بوحدات V^2/Hz لمنبع التوتر و A^2/Hz لمنبع التيار .

تتعلق مساهمة كل حد من حدود المعادلة (1) بخواص الترانزستور JFET وبشروط عمله الفيزيائية. تجريبياً وفي هكذا منظومة قياس، تقاس ENC كتابع لـ τ أي المنحني $ENC(\tau)$ ، وبين الشكل 3 مخططاً لمنحني نموذجي (typical) لهذا التابع موضحاً المركبات الموافقة لمنابع الضجيج

المحتمل وجودها بشكل عام في الترانزستور JFET . إن للمركبات ENC_1 , ENC_2 , ENC_4 علاقة بسيطة مع τ وهي توافق منابع الضجيج الذاتية التي تتواجد في الحالة العادية، في حين يتجلى تأثير المركبة ENC_3 بظهور تحديات في شكل المنحني وخاصة في الوسط حيث أن علاقتها بـ τ علاقة معقدة دُرست بالتفصيل سابقاً [6]. تنشأ هذه المركبة حصراً بعد التشعيع نتيجة تأثير الإشعاع . يؤثر الإشعاع كذلك على باقي المركبات الذاتية بزيادة في مركباتها بنسب مختلفة. دُرست بالتفصيل الزيادة على هذه المركبات كنابع للجرعة من أجل مُعدّل جرعة ثابتة [6-7]. وبشكل مختصر فإن الضجيج كان يتزايد بزيادة الجرعة ولكن بنسب متفاوتة بين مركبة وأخرى.

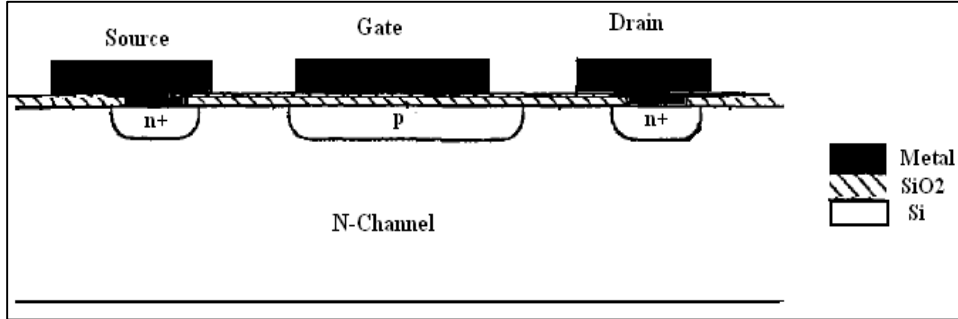


الشكل 3: منحنى تخطيطي للنابع $ENC(\tau)$ تظهر فيه مركباته التفصيلية الأربعة الموافقة لمنابع الضجيج المحتمل وجودها بشكل عام في الترانزستور JFET.

4. تأثير إشعاع غاما على خواص ضجيج الترانزستور JFET

من أجل تفسير النتائج التجريبية التي حصلنا عليها لابد من إعادة التذكير بتأثير إشعاع غاما على هذه العنصر. نبين بداية في الشكل 4 رسماً تخطيطياً لتركيبية هذا الترانزستور ، حيث يلاحظ أن هناك ثلاث مواد تدخل في تركيبه وهي المعدن الذي يشكل أقطاب اتصال مع الدارات الأخرى ونصف الناقل (غالباً Si) وأكسيد نصف الناقل (SiO_2). تتواجد في الحالة العادية عدة عيوب (defects) في كل من نصف الناقل و أكسيد نصف الناقل وما بينهما أي السطح الفاصل (Si/SiO_2 interface) وهي في الحالة الأخيرة عبارة عن شوائب مكونة من ذرات (H, OH, N) أو جزيئات SiO_2 فقدت ذرات أكسجين وأصبحت على شكل Si-O bonds [8] . تُشكل هذه العيوب

مصائد [traps] للشحنات الحرة بنوعها الإلكترونات والثقوب وهذا يتعلق بنوع المصيدة (مانحة أو مستقبلية) و بسويتها الطاقية.



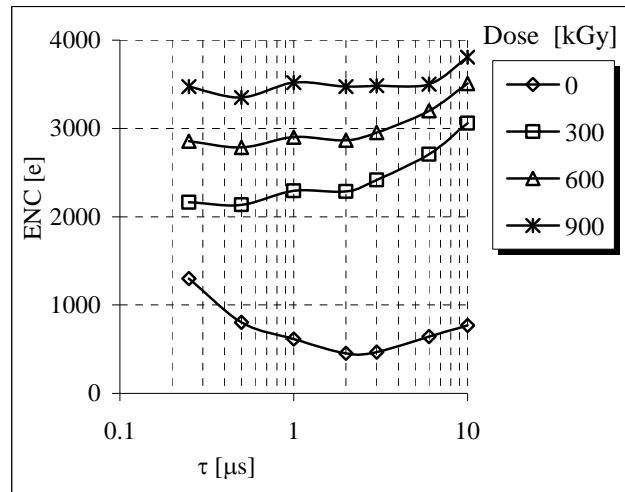
الشكل 4: رسم تخطيطي لمقطع عرضي لبنية ترانزستور JFET يبين مكوناته المادية الأساسية.

يؤدي تأثير أشعة غاما عملياً على أنصاف النواقل إلى [8-11]:

- توليد مؤكد لأزواج إلكترونات- ثقوب في كل من نصف الناقل و أكسيده.
- احتمال نشوء عيوب نقطية إضافية ناتجة عن ظاهرة انزياح الذرات بفعل إلكترونات كومبتون.

بعد توليد الحوامل (generation) ، يحدث في ل المناطق عملية إعادة إتحاد (recombination) أولي لأزواج إلكترونات-ثقوب ثم يهاجر ما تبقى منها باتجاهين متعاكسين تحت تأثير الحقول الكهربائية المتواجدة. تتعلق شدة الفصل بين هذه الحوامل وسرعتها بشدة الحقل المتواجد وبكتلة الحوامل (الإلكترونات أسرع لأن كتلتها أقل من كتلة الثقوب). يتواجد في منطقة الأكسيد حقل ضعيف مما يجعل الثقوب تمشي قليلاً ومن ثم يجري اصطياها من قبل العيوب التي تشكل مصائد بكمية كبيرة قرب أو عند التماس Si/SiO₂ بينما تذهب الإلكترونات خارج الأكسيد [9,12]. أما في منطقة القناة، وهي التي تشكل الحجم الأكبر في تركيبة الترانزستور، فيسود حقل كهربائي عال مما يزيد الفصل بين أزواج إلكترونات-ثقوب ولكن في نفس الوقت تكتسب الإلكترونات طاقة حركية إضافية تجعلها تؤين وتولد أزواجاً أخرى من إلكترونات-ثقوب وهذا ما يسمى بأثر التأين (impact ionization) [4] ، ثم تنفصل هذه الحوامل عن بعضها البعض وهكذا. ونتيجةً لبط حركة الثقوب تكون نسبة اصطياها أكبر من نسبة اصطياها للإلكترونات حيث تتجمع قرب أو عند التماس Si/SiO₂ مما يُكوّن شحنات موجبة مصطادة (positive trapped charges) متشكلة في الأكسيد وعند التماس. يحصل كذلك اصطياها لبعض الإلكترونات من قبل مصائد ذاتية أو تشكلت بعد التشعيع في Si منتجة تراكم لشحنات سالبة. يؤدي تشكل هذه الشحنات بشكل عام إلى تغيير في قيم الحقل الكهربائي ويسبب انزياحات في عتبات التشغيل الفولطية [13]. إذا كانت أغلب الثقوب تذهب لتشكل شحنة فضاء موجبة فإن أغلب الإلكترونات (التي تنجو من الاصطياد) تشكل تيار

تسريب إضافي على شكل تيار ضجيجي بين البوابة والمصرف (junction leakage current noise).
ويُشكل هذا التيار المركبة ENC_4 من الشحنة المكافئة للضجيج الكلية [14,13,4].
يمكن أن تلفظ هذه المصائد في مرحلة تالية ما اصطادته من حوامل شحنة وهذا يتعلق بمستويات الطاقة ودرجة الحرارة ، وتكون محصلة تأثير الإشعاع في النهاية عبارة عن عمليتان متعاكستان من توليد وإعادة انضمام لحوامل الشحنة. تتصف هاتان العمليتان بأنهما عشوائيتان مع الزمن وتؤديان إلى حصول تيار ضجيجي يسمى ضجيج G-R يسبب في نشوء تموجات في تيار المصرف-المصرف على شكل ما يعرف بحدود لورنتز (Lorentzian terms) [14,6-4] ، ويعد تأثير هذا النوع من الضجيج الأقوى بعد التشعيع، ويوافق المركبة ENC_3 من الشحنة المكافئة للضجيج الكلية.
إذاً يتجلى تأثير الإشعاع بشكل كبير على مركبتين وهما ENC_3 و ENC_4 . تؤدي التغيرات السابقة التي تحدث في منطقة قناة الترانزستور إلى إنقاص ناقليتها الأومية مترجمة ذلك بتغيير طفيف في الناقلية التبادلية للترانزستور g_m كما بينا في عمل سابق [15] وهذا يؤدي إلى زيادة طفيفة في الضجيج الحراري المتعلق بهذا البارمتر والممثل بالحد ENC_1 ، ويمكن أن يكون هناك تأثير أيضاً لضجيج الترددات المنخفضة $1/f$ والممثل بالحد ENC_2 [15,4]. يبين الشكل 5 منحنيات $ENC(\tau)$ تجريبية مأخوذة من عمل سابق [15] لترانزستور JFET تعرض لأربع جرعات من أشعة غاما من أجل مُعدّل جرعة ثابت ويلاحظ تغير قيمة ENC الكلية بمركباتها (مجال τ) حيث يظهر جلياً تأثير الإشعاع على زيادة ENC_3 (وسط المنحني) و ENC_4 (يمين المنحني) [15].



الشكل 5: منحنيات $ENC(\tau)$ تجريبية لترانزستور JFET تعرض لعدة جرعات من أشعة غاما عند مُعدّل جرعة ثابت [15].

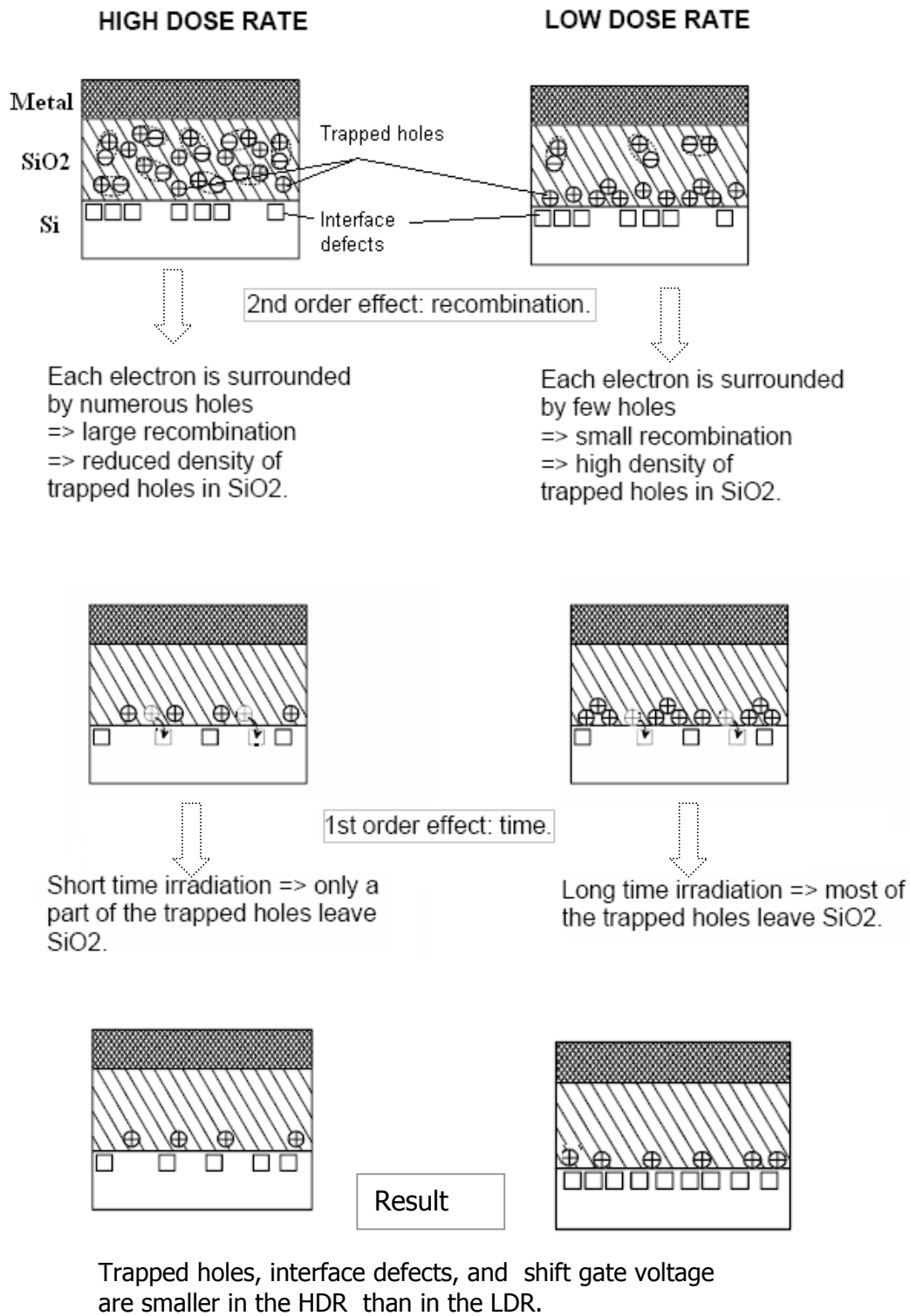
5. تأثير مُعدّل الجرعة

يعرف مُعدّل الجرعة (dose rate) بأنه تغير الجرعة الممتصة من قبل المادة بوحدة الزمن. أي من أجل جرعة ثابتة فإن العينات التي تتعرض لمُعدّل جرعة أقل يدوم تشعيعها زمناً أطول ولكن بكثافة تشعيع أقل. وبما أن الجرعة تتناسب مع طاقة الإشعاع فإن مُعدّل التأين يتناسب طردياً مع مُعدّل الجرعة.

ظهرت ضرورة معرفة تأثير مُعدّل الجرعة (وليس الجرعة فحسب) على عمل العناصر الإلكترونية من أن بعض التجارب الفيزيائية الضخمة والتي تحوي مسرعات تتعرض العناصر فيها إلى جرعات عالية بحدود 10 Mrad ولكن بمُعدّل جرعة منخفض جداً يصل إلى 0.05 rad/s وكذلك الأمر في تطبيقات الفيزياء الفلكية [16]. يصنف مُعدّل الجرعة المنخفض (low dose rate) بأنه يقع في المجال 50 rad/s ومادون.

تبين من أعمال عديدة أن مُعدّل الجرعة المنخفض يؤثر بشكل كبير على الترانزستورات ثنائية القطبية (bipolar transistors) ويعرف هذا التأثير بـ (ELDR-Enhanced Low Dose Rate) ، حيث تبين أن الضرر الذي يسببه الإشعاع في هذا المجال من مُعدّل الجرعة يتناسب عكساً مع مُعدّل الجرعة [9,12,16,17,18] .

أُقرحت في هذه الأعمال عدة آليات ونماذج لشرح هذه النتيجة العملية. وعزت ذلك إلى تشكل شحنة الفضاء الموجبة نتيجة اصطياذ الثقوب في منطقة أكسيد السيلكون التي تغطي وصلة القاعدة- الباعث في هذه النوع من الترانزستورات. من المعلوم أن طبقة أكسيد السيلكون SiO_2 أصبحت تتواجد في تركيبة جميع العناصر الإلكترونية في تكنولوجيا الإلكترونيات الدقيقة ولكن حجمها وأبعادها تختلف من عنصر لآخر، وبالتالي يمكن تعميم مناقشة هذا التأثير على بقية العناصر التي تحوي Si و SiO_2 . يُمكن شرح زيادة شحنة الفضاء الموجبة في حالة مُعدّل الجرعة المنخفض مقارنة مع مُعدّل الجرعة العالي كما يلي: في حالة مُعدّل الجرعة العالي فإن الكمية الكبيرة من أزواج إلكترونات-ثقوب تزيد من مُعدّل إعادة اتحاد (recombination rate) هذه الحوامل وهذا ينقص من عدد الثقوب التي تهجر ويتم اصطياذها لاحقاً مشكّلةً شحنة الفضاء الموجبة. وهناك نموذج يضيف أن الثقوب عندما تغادر طبقة SiO_2 في التماس الفاصل بين Si و SiO_2 فإنها تخلق عيوباً بينية (interface defects) قرب هذا التماس كما يبين الشكل 6 الذي يشرح الفارق بين تأثير مُعدّلات الجرعة العالية والمنخفضة حسب هذا النموذج [9]. تقدم هذه الفرضيات والنماذج الفارق بين حالتين حديتين يكون الفارق في معدل الجرعة بينهما كبيراً، أما إذا لم يكن هذا الفارق كبيراً فمن الصعب التنبؤ بما يحدث عند مُعدّل جرعة ما لأن ذلك يتبع لعوامل عديدة منها: تركيبة العنصر وأبعاد الطبقات المشكّلة له ونوعها وخاصة طبقة SiO_2 و شدة الحقول الكهربائية الموجودة و عدد وطبيعة العيوب الذاتية و تلك التي تنشأ بعد التشعيع، ودرجة الحرارة... الخ. تتعلق طبعاً مركبات الضجيج الناجمة عن التشعيع والتي سبق ذكرها بهذه الفروق الناجمة عن تغيير مُعدّل الجرعة وبالعوامل التي تحددها.



الشكل 6: رسم تخطيطي يشرح الفارق بين تأثير مُعدّلي الجرعة العالية والمنخفضة في تركيبة Metal-SiO₂-Si [9].

6. النتائج التجريبية

1.6 تأثير مُعدّل الجرعة

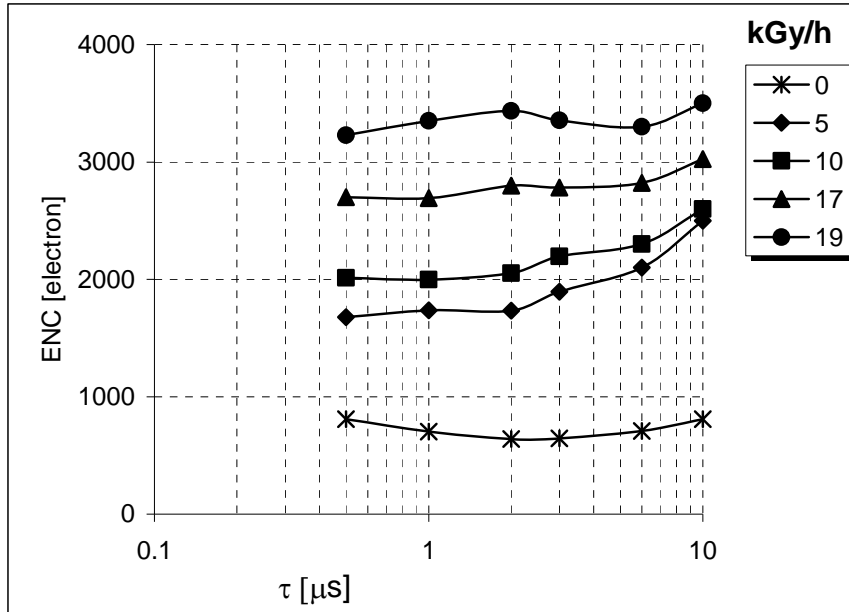
جرى تشعيع عدد من العينات بستة مُعدّلات جرعة مختلفة مقدرة بـ kGy/h وهي المتاحة في محطة التشعيع بمركز دير الحجر من منبع غاما ⁶⁰Co من أجل جرعة ثابتة قدرها 600 kGy وهي الواحدات المعمول بها في المحطة. إن الواحدة المتعارف عليها في الأدبيات العالمية لمعدل الجرعة في هذا المجال هي rad/sec . يبين الجدول 1 مُعدّلات الجرعة التي تم التشعيع بها بكلتا الواحدتين. لم تتمكن طبعاً من التشعيع عند مُعدّلات جرعة أخفض من ذلك لعدم وجود الإمكانية لذلك حالياً في محطة التشعيع. ضمن هذا الواقع يمكن تصنيف مُعدّلي الجرعة 1 و $2.38 kGy/h$ فقط كمُعدّلات جرعة منخفضة حسب التصنيفات المتعارف عليها في الأدبيات العالمية وأما الباقي فهي متوسطة وعالية وحبذا لو كان بالإمكان التشعيع بمُعدّلات من رتبة $1 rad/sec$ أو أقل.

Dose rate	
kGy/h	rad/sec
1	27.77
2.38	66.1
5	138.9
10	277.78
17	472.77
19	527.78

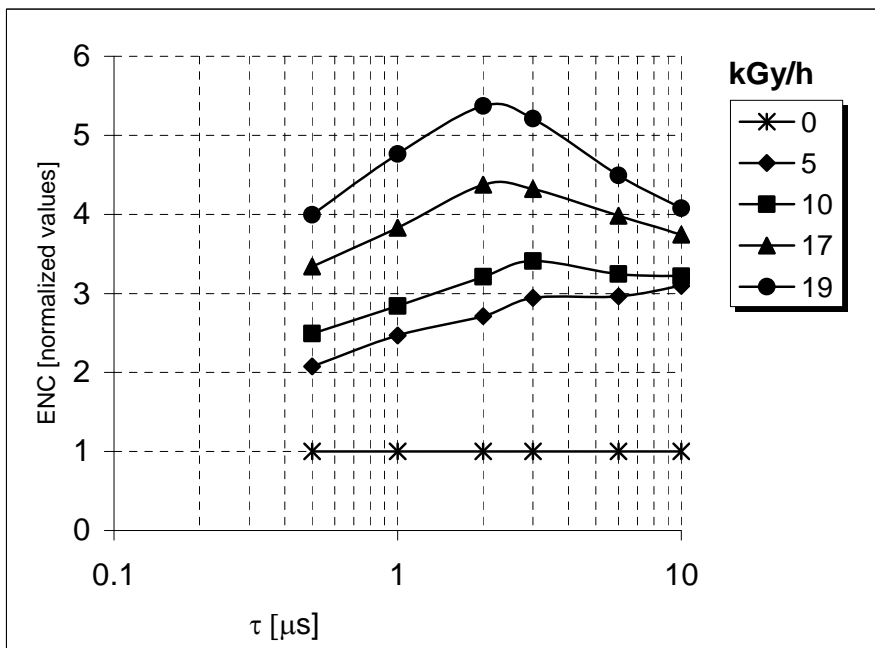
الجدول 1: قيم مُعدّلات الجرعة التي شُعت بها العينات

لوحظ في البدء أن تأثير مُعدّل الجرعة ليس كتأثير الجرعة، أي أنه في مجال معين من مُعدّلات الجرعة ازداد الضجيج مع زيادة المُعدّل، وعلى العكس فقد لوحظ في مجال آخر علاقة غير تناسبية بين معدل الجرعة والضجيج. من أجل تقديم النتائج بشكل واضح، نبين أولاً المجال الذي تناسب فيه الضجيج مع مُعدّل الجرعة وهو المجال المتوسط والعالي أي في المجال $5-19 kGy/h$ وهو ما يبينه الشكل 7-أ، حيث نلاحظ أولاً أن الضجيج يزداد مع زيادة مُعدّل الجرعة، وثانياً وجود زيادة ملحوظة في مركبتي ENC_3 و ENC_4 اللتان تقعان تقريباً في منتصف ويمين المنحنيات، على التوالي. يمكن رؤية هذا بشكل أوضح عند رسم

المنحنيات المنسوبة إلى المنحني قبل التشعيع (0 kGy/h) المبين في الشكل 7- ب .
 يبين الشكل 8 منحنيات الضجيج من أجل كامل مجال مُعدّل الجرعة .

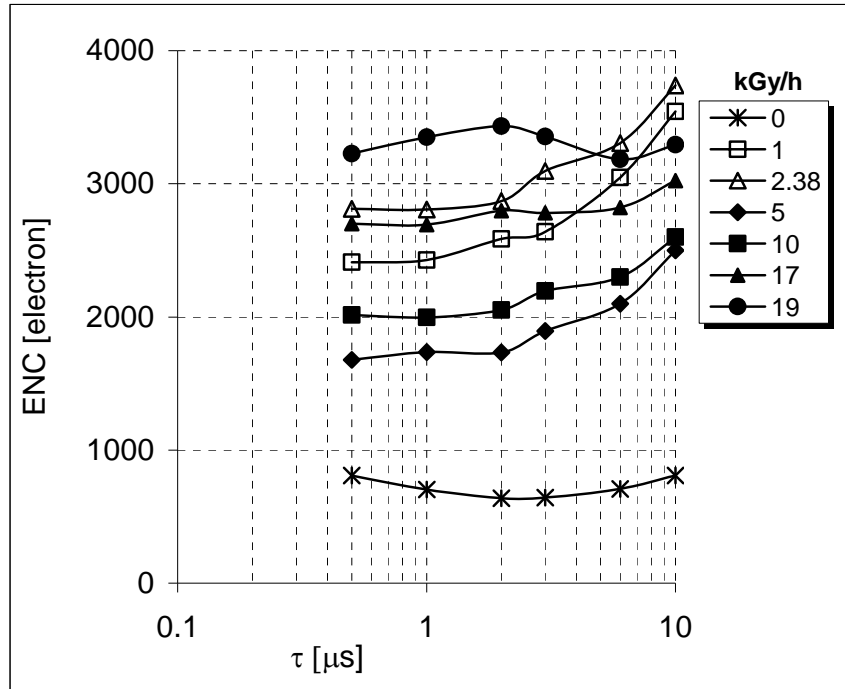


-أ-

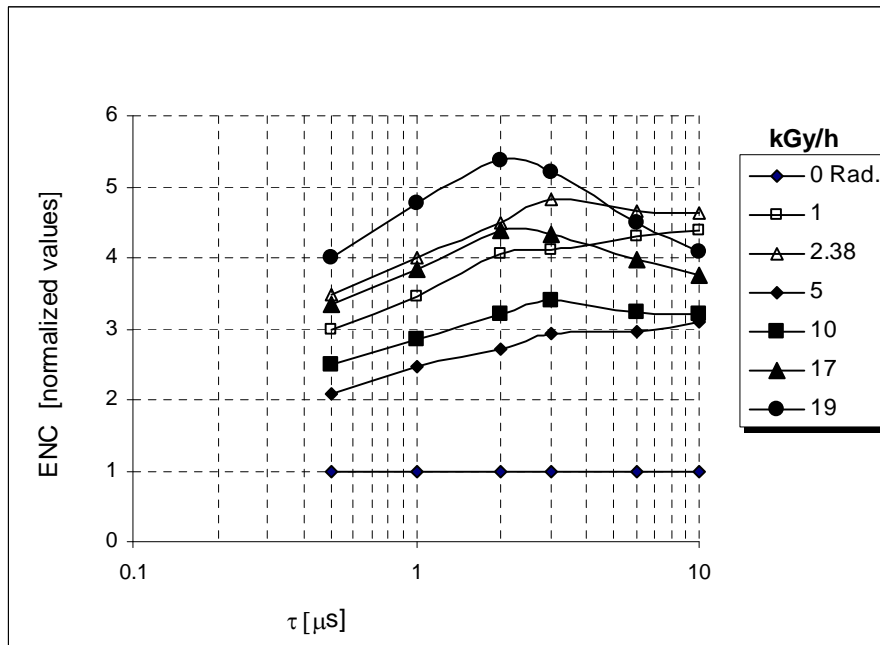


-ب-

الشكل 7: منحنيات الشحنة المكافئة للضجيج (أ- المنحنيات الأساسية، ب- المنحنيات المنسوبة للمنحني قبل التشعيع) عند جرعة ثابتة قدرها 600 kGy و من أجل عدة قيم لمعدّل الجرعة في المجال الذي يتناسب فيه الضجيج طردياً مع معدل الجرعة.



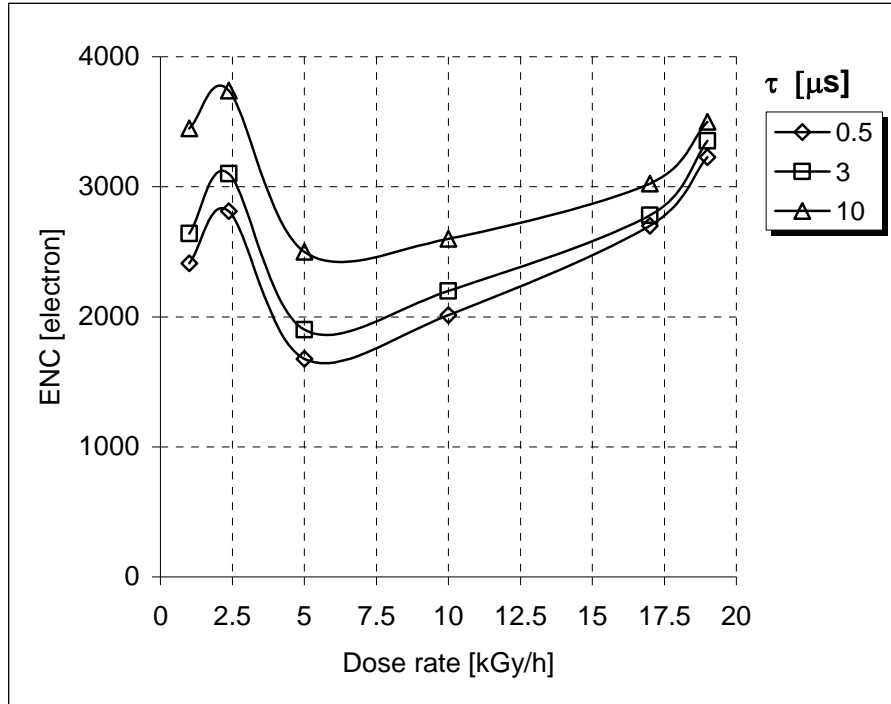
-|-



-ب-

الشكل 8: منحنيات الشحنة المكافئة للضجيج (أ- المنحنيات الأساسية، ب- المنحنيات المنسوبة للمنحنى قبل التشعيع) عند جرعة ثابتة قدرها 600 kGy و من أجل كامل مُعدّل الجرعات الذي جرى التشعيع عندها.

نرى من الشكل 8 بوضوح أن المنحنيات التي تُمثل "الجرعات المنخفضة" نسبياً وهي 1 و 2.38 kGy/h لها قيم أكبر من المنحنيات التي تمثل مُعدّلات الجرعات الأعلى أو تتداخل معها. من أجل توضيح سلوكٍ تابعية الضجيج لمُعدّل الجرعة فقد رُسمت المنحنيات التي تُمثل الشحنة المكافئة للضجيج كتابع لمُعدّل الجرعة كما في الشكل 9 من أجل عدة قيم لـ τ تمثل المناطق الرئيسة للمنحنيات $ENC(\tau)$ المبينة في الشكل 8-أ وهذه القيم هي 0.5 و 3 و $10 \mu\text{s}$.



الشكل 9: الشحنة المكافئة للضجيج كتابع لمعدل الجرعة من أجل عدة قيم لـ τ تمثل المناطق الرئيسة للمنحنيات $ENC(\tau)$.

من جميع المنحنيات السابقة يمكن استنتاج الملاحظات التالية عن تأثير مُعدّل الجرعة في المجال المدروس ومقدراً بـ kGy/h :

- 1- في المجال المنخفض لمعدل الجرعة أي بين 1 و 2.5 تقريباً يتناسب الضجيج طردياً مع مُعدّل الجرعة وكذلك الأمر في المجال العالي بين 5 و 19 (ليس بشكل خطي تماماً) . قياساً على ذلك يمكن التنبؤ أنه في مجال القيم الصغيرة جداً لمُعدّل الجرعة (أقل بكثير من 1) وحتى 2.5 يمكن أن يسيطر هذه التناسب. أما في المجال المتوسط بين 2.5 و 5 فهناك تناسباً عكسياً.
- 2- إن نتيجة تقاطع المنحنيات التي تمثل التناسبات الطردي والعكسي في المجال بين 1 و 5 يتمثل بوجود قيمتين للضجيج عظمى عند 2.38 وصغرى عند 5 .
- 3- تزداد مركبات ENC_3 , ENC_4 (الموافقة لقيم τ : 3 و $10 \mu s$) بتزايد مُعدّل الجرعة بشكل أكبر من زيادة ENC_1 ($\tau = 0.5 \mu s$) مما يؤكد التأثير الكبير لمركبتي ضجيجي G-R و تيار التسريب بمُعدّل الجرعة.

يتبين مما سبق أنه لا توجد علاقة واضحة بين معدل الجرعة والتخريب الذي يحصل (ممثلًا بالضجيج) كما هو الحال في حال تأثير الجرعة. في الحقيقة إن الأعمال المنشورة حول تأثير مُعدّلات الجرعة على ترانزستورات JFET قليلة مقارنة مع تلك التي تبين هذا التأثير على الترانزستورات ثنائية القطبية وأغلبها يتحدث دوماً وفي الحالتين عن تأثير مُعدّل الجرعة على الخواص الساكنة وخاصة انزياح عتبات فولطية التشغيل الأسمية لهذه الترانزستورات. حيث تبين أن هذا الانزياح يزداد بزيادة مُعدّلات الجرعة المنخفضة المعتبرة في هذه الأعمال (أقل من 1 kGy/h) [19] ، ولم يتوافر لدينا أي عمل عن تأثير مُعدّل الجرعة على الضجيج . على كل حال، يمكن تفسير النتيجة التي حصلنا عليها بأن تأثير مُعدّل الجرعة ناجم عن محصلة تنافس بين عدة ظواهر وتفاعلات تحصل بمُعدّلات (عدد الظواهر بوحدة الزمن) مختلفة من أهمها:

- توليد حوامل الشحنة (الذي يتناسب مع مُعدّل الجرعة) وما يتبعه زمنياً من إعادة انضمامها وقيم الأزمنة التي تسيرها قبل اصطياها
- إعادة بعثها من جديد (detrapping) وهذه الأخيرة تتعلق بطبيعة العيوب المتواجدة وعددها.
- إضافة إلى ما بيناه في الفقرة 5 من تأثير معدل الجرعة بناء على نماذج وفرضيات وردت في أعمال علمية أخرى وتتلخص أنه عند معدلات الجرعات المنخفضة تزداد شحنة الفضاء المصطادة على الحد الفاصل SiO_2/Si في بنية الترانزستور المشكّلة من الثقوب الموجبة.

إذاً من أجل قيم معينة لهذه البارامترات والظواهر يمكن أن تنتج كميات مختلفة لتأثير مُعدّل الجرعة سواء بالتناسب الطردي أو العكسي وما بينها من قيم عظمى (peaks) .

2.6 استعادة تأثير التشعيع بواسطة التلدين الحراري (recovery by annealing).

كما حصل في عمل سابق [20] فقد تم إجراء اختبار استعادة الخواص الأولية بعد تأثير التشعيع المتمثل بزيادة الضجيج الالكتروني. تم تعريض العينات إلى عدة دورات من التلدين الحراري عن طريق التسخين التدريجي داخل فرن كهربائي حتى درجة الحرارة 140°C وهي درجة الحرارة التي تتحملها العينات لمدة ساعتين. لم يُلاحظ أي علاقة بين معدل الجرعة ونسبة الاستعادة كما حصل من أجل جرعات مختلفة في العمل السابق حيث تناسبت الاستعادة عكساً مع جرعة التشعيع. ظهر في هذا العمل أن الاستعادة كانت متساوية تقريباً وبمتوسط قيمة حوالي 90% .

7. النتائج والمناقشة

جرى تشعيع عدد من العينات بستة مُعدّلات جرعة مختلفة مقدرة بـ kGy/h من منبع غاما ^{60}Co من أجل جرعة ثابتة قدرها 600 kGy .

تبين أنه في مجال معدل الجرعة المتوسطة (بالنسبة للمجال المدروس في هذا العمل) أي 2.5 و 5 kG/h لوحظ وجود علاقة غير تناسبية بين معدل الجرعة والضجيج، إذ أن منحنيات الضجيج التي تُمثل هذه المعدلات كان لها قيم أكبر من المنحنيات التي تمثل مُعدّلات الجرعات الأعلى أو تتداخل معها.

أما في القيم المنخفضة والعالية للمجال المدروس فتبين أن تأثير مُعدّل الجرعة يشابه تأثير الجرعة حيث يتناسب الضجيج طردياً معهما. يُمكن تفسير هذه النتائج بأن تأثير مُعدّل الجرعة ناجم عن محصلة تنافس بين عدة ظواهر وتفاعلات وبالتالي فمن أجل قيم معينة لهذه البارامترات والظواهر يمكن أن تنتج كميات مختلفة لتأثير مُعدّل الجرعة سواء بالتناسب الطردي أو العكسي .

من جهة أخرى، لم يُلاحظ أي علاقة بين معدل الجرعة و نسبة الاستعادة كما كانت الحال عند دراسة تأثير الجرعة.

8. المراجع

- [1] J. Assaf, Study and measurements of the noise components in the charge sensitive preamplifier _AECS-S/RRE 85_ April 2001
- [2]: J. Assaf, Radiation Effects on the Response of S_i -JFET Transistors used in Preamplifiers_ AECS-S/FRSR 242. October 2001.
- [3] J. Assaf High dose effect of Gamma and neutrons on the N-JFET electronics components, AECS-SS\Rss 705_2006.
- [4] Mark W.Lund et al., Nucl. Instr. And Meth in Nucl.Physc Resea. A380_ 1996_p.p 318-322.
- [5]. M. Citterio et al., IEEE Trans.Nucl. Science Vol.42 No.6_ 1995.
- [6] : G.Cesura et al. Nuclear Physics B(Proc. Suppl)32, 1993 _p.p 546-55
- [7] J. Assaf, Extracting the noise spectral densities parameters of JFET transistor by modeling a nuclear electronics channel response . AECS-SS RSS 826 , July 2009.
- [8] [4] Mara Bruzzi Recent Results on the Development of Ultra Radiation Hard Semiconductor Detectors for Very High Luminosity Collider on behalf of the RD50 Collaborations, September 16, LECC2004, Boston, USA
- [9] Martin Dentan, Introduction to Radiation Effects on electronic components and circuits, CERN /EFDA JET CSU/March 2006.
- [10]:Andrew Holmes-Siedle and Len Adams, Handbook of Radiation Effects, Oxford University Press 1993.
- [11] K. E. Holbert, Radiation Effect and Damage, Internet article:
<http://www.eas.asu.edu/~holbert/eee460/RadiationEffectsDamage.pdf>
- [12] H. P. Hjalmarson et al., Dose- rate dependence of radiation –induced interface trap density in silicon bipolar transistors, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 250 (2006)269-273..

- [13] Zheng Yuzhan et.al, Annealing behaviour of radiation damage in JFET-input operation amplifier, Journal of semiconductors, Vol. 30, No. 5, May 2009.
- [14] Claudio Arnaboldi *et al.* , Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 517 (2004)313.
- [15] J. Assaf, High gamma dose induced damage on two types of discrete JFET transistors, Physica B 404 (2009) 73–78.
- [16] Miguel Ullan et al., Ionization damage on ATLAS_SCT front-end electronics considering low dose rate effects, IEEE Trans.Nucl. Science Vol.49 No.3, 2002.
- [17] Radiation-induced charge trapping in bipolar base oxides, reported by D. M. Fleetwood, L. C. Riewe (Sandia National Laboratories) and S. C. Witczak and R. D. Schrimpf (University of Arizona Dept. of Electrical and Computer Engineering) USA, 1993.
- [18] K. Hayama et al., Dose rate dependence of radiation-induced lattice defects and performance degradation in npn Si bipolar transistors by 2-Mev electron irradiation. Physica B 401-402 (2007) 469-472.
- [19] William C. Jenkis and Richard L. Martin, A comparison of methods for simulating low dose-rate Gamma Ray testing of MOS devices, IEEE Transaction on Nuclear Science Vol. 38, No.6, December1991.
- [20] J. Assaf , Recovering behavior of JFET transistors after Gamma rays irradiation. Radiation Physics and Chemistry. DOI 10.1016/j.radphyschem.2010.09.016.

Document Data Sheet

Performing organization: Atomic Energy Commission of Syria	Document : Data Sheet: Data of Issue: Sponsor's data:	Document number: Project No. Sponsor's reference:
---	--	---

Other receiver than sponsoring organization : Non	Sponsoring Organization: Atomic Energy Commission of Syria
Document title and subtitle: Gamma dose rate effect on JFET transistors	
Authors: Jamal Assaf	
<p>Abstract</p> <p>The effect of Gamma dose rate on JFET transistors is presented. The irradiation was accomplished at the following available dose rates: 1, 2.38, 5 10 , 17 and 19 <i>kGy/h</i> at a constant dose of 600 <i>kGy</i>.</p> <p>A non proportional relationship between the noise and dose rate in the medium range (between 2.38 and 5 <i>kGy/h</i>) was observed. While in the low and high ranges, the noise was proportional to the dose rate as the case of the dose effect. This may be explained as follows: the obtained result is considered as the yield of a competition between many reactions and events which are dependent on the dose rate. At a given values of that events parameters, a proportional or a non proportional dose rate effects are generated.</p>	
Keywords: JFET transistors, dose rate, Gamma ray, noise.	
Classification system and class:	
Index system/thesaurus and index terms:	

Supplementary bibliographic data:		ISSN:	
		ISB:	
Security classification:	Language: Arabic	No. of pages:17	No. of copies
Distributed by :	Recipient's notes:		
Price:			

تأثير معدل جرعة أشعة غاما على ترانزستورات JFET

د. جمال الدين عساف-قسم الخدمات العلمية

الخلاصة

تمت في هذا العمل دراسة تأثير تغيير مُعدّل الجرعة من أجل جرعة ثابتة على خواص الضجيج لترانزستورات JFET بعد تشيعها بأشعة غاما . كانت معدلات الجرعة المتاحة للتشيع بها 6 معدلات هي: 1 و 2.38 و 5 و 10 و 17 و 19 kGy/h من أجل جرعة ثابتة مقداره 600 kGy . تبين أنه في مجال معدل الجرعة المتوسطة (بالنسبة للمجال المدروس في هذا العمل) أي بين 2.38 kGy/h و 5 kGy/h وجود علاقة غير تناسبية بين معدل الجرعة والضجيج. أما في القيم المنخفضة والعالية للمجال المدروس فتبين أن تأثير مُعدّل الجرعة يشابه تأثير الجرعة حيث يتناسب الضجيج طردياً معهما. لقد تم تفسير هذه النتائج بأن تأثير مُعدّل الجرعة ناجم عن محصلة تنافس بين عدة ظواهر وتفاعلات وبالتالي من أجل قيم معينة لهذه البارامترات والظواهر يمكن أن تنتج كميات مختلفة لتأثير مُعدّل الجرعة سواء بالتناسب الطردي أو العكسي . من جهة أخرى لم يلاحظ أي علاقة بين معدل الجرعة وكمية استعادة الخواص الأساسية (مقدرة كنسبة مئوية) كما حصل سابقاً عند دراسة تأثير الجرعة.

الكلمات المفتاح

ترانزستور JFET ، معدل الجرعة، أشعة غاما، الضجيج

Gamma dose rate effect on JFET transistors

Dr. Jamal-Eddin Assaf

Abstract:

The effect of Gamma dose rate on JFET transistors is presented. The irradiation was accomplished at the following available dose rates: 1, 2.38, 5, 10, 17 and 19 kGy/h at a constant dose of 600 kGy .

A non proportional relationship between the noise and dose rate in the medium range (between 2.38 kGy/h and 5 kGy/h) was observed. While in the low and high ranges, the noise was proportional to the dose rate as the case of the dose effect. This may be explained as follows: the obtained result is considered as the yield of a competition between many reactions and events which are dependent on the dose rate. At a given values of

that events parameters, a proportional or a non proportional dose rate effects are generated.

No dependence effects between the dose rate and thermal annealing recovery after irradiation was observed .

Key words:

JFET transistors, dose rate, Gamma ray, noise.

SYRIAN ARAB REPUBLIC
ATOMIC ENERGY COMMISSION
DAMASCUS- P.O.BOX: 6091



Report on Scientific Laboratory Study
Department of Scientific Services

Gamma dose rate effect on JFET transistors

Dr. J. Assaf

AECS – SS\RSS 923

April 2011