الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
المدرسة العليا للأساتذة
القبة القديمة – الجزائر

Ministère de l'Enseignement Supérieure
et de la Recherche Scientifique
Ecole Normale Supérieure
Vieux – Kouba (Alger)

قسم الفيزياء

Département de Physique

مذكرة تخرج لنيل شهادة أستاذ التعليم الثانوي

تطعيم السيليسيوم بتقنية التحول النيتروني داخل مفاعل نووي للبحث

من إعداد:

- بن الصادق فطيمة
- بوحنيك الزهرة

تحت إشراف:

- الباحث: زقار فوضيل
- الأستاذ: خضراوي محمد

لجنة المناقشة

- الأستاذ: خضراوي محمد..... رئيسا
- الأستاذ: أولداش مصطفى..... ممتحنا
- الأستاذ: زقار فوضيل ..... مشرفا
- الأستاذ: خضراوي محمد..... مساعد مشرف

السنة الدراسية: 2014-2015

دفعة جوان 2015

الفهـــــــــرس

المقدمة..... 1

الفصل الأول: عموميات حول تكنولوجية و فيزياء السيليسيوم

I-1- تمهيد.....3

I-2- أشباه النواقل والتطعيم 3

I-2-1 : تصنيف المواد.....3

I-2-2 : أهم حزم الطاقة في المادة الصلبة 4

I-2-3 : نوعا أشباه النواقل (الذاتية وغير الذاتية).....5

I-3- تعريف السيليسيوم Silicon.....9

I-4- خصائص السيليسيوم.....10

I-4-1 : الخصائص الفيزيائية.....10

I-4-2 : الخصائص الكيميائية.....11

I-4-3 : نظائر السيليسيوم.....12

I-5- استخراج السيليسيوم.....13

I-6- أنواع السيليسيوم.....14

I-6-1 : السيليسيوم متعدد التبلور (Polycristal).....14

I-6-2 : السيليسيوم أحادي التبلور(Monocristallin).....15

I-7- شرح مختصر لآلية تطعيم السيليسوم بالفوسفور (الطريقة التقليدية).....16

الفصل الثاني: التدفق النيتروني في مفاعل نووي للبحث

II-1- تمهيد.....19

II-2- مفاعلات البحوث النووية.....19

II-2-1 : تعريف المفاعلات النووية.....19

II-2-2 : مفاعلات البحوث النووية.....21

II-2-3 : الخصائص المميزة لمفاعلات البحث النووية.....23

II-2-4 : تطبيقات مفاعلات البحث النووية.....23

II-3- النيترونات في المفاعلات النووية.....24

II-3-1 : النيترونات الحرارية.....24

II-4- كثافة النيترونات.....,.....25

II-5- التدفق النيتروني.....25

II-6- توزيع طاقة كثافة التدفق النيترونية.....26

II-7- المقاطع العرضية.....26

II-7-1 : المقطع الفعال المجهري.....26

II-7-2 : المقطع الفعال العياني.....27

II-8- قياس التدفق النيتروني بطريقة تنشيط الشريحة.....28

II-8-1: الاختيار الأمثل للكاشف.....28

II-9- قياس التدفق النيتروني.....30

II-9-1 : القياس المطلق.....30

II-9-2 : القياس النسبي.....30

II-10- المنبع النيتروني.....30

<u>الفصل الثالث</u>: دراسة تطعيم السيليسيوم بتقنية التحول النوتروني (NTD)

III-1- تمهيد.....32

III-2- منشآت التطعيم التحولي للسيليسيوم بالنيترونات.....32

III-3- تطعيم السيليسيوم بتقنية التحول النيتروني NTD 34

III-4- تقنية التحول بالنيترونات.....36

III-5- متطلبات التشعيع.....37

III-6- عدم تجانسية التشعيع.....38

III-7- تباينات المقاومية.....40

III-8- شرح نظام تطعيم السيليسيوم بالاستحالة النيترونية في مفاعلات البحث..44

III-9- التسهيلات والمتطلبات العامة لعملية NTD-Si 45

III-10- قيم الثابت K المستعملة في بعض المفاعلات النووية للبحث.....47

الفصل الرابع: محاكاة لتطعيم السيليسيوم في مفاعل بحث ومناقشة النتائج

IV-1- تمهيد.....48

IV-2- التشعيع النيتروني لـ Si ذاتي في مفاعل HANARO.....48

IV-3- نماذج لتطبيقات NTD-Si 54

IV-3-1 : الديود(الصمام الثنائي).....55

IV-3-2 : الترانزيستور.....55

IV-3-3 : الخلية الشمسية.....56

خاتمة وخلاصة.....57

الملاحق.....

قائمة المصطلحات (عربية – إنجليزية).....

قائمة المراجع.....

مقدمـــــــــــة:

لقد عرف الإنسان منذ القدم المواد بمختلف أشكالها وحاول تصنيفها إلى عوازل، نواقل، أشباه الموصلات (النواقل)، فهذه الأخيرة تتمتع بعدد من الخواص تجعلها من أكثر الأجسام الصلبة أهمية في العديد من التطبيقات (خاصة في مجال الإلكترونيات)، فتم تكثيف البحث عن سبل تحسين وترقية طرق تطعيمها لما لها من دور في تطوير العديد من الأجهزة الإلكترونية الدقيقة والمعقدة، وترقية تطبيقاتها المختلفة والمتعددة.

تحتوي أشباه النواقل النقية (الذاتية) على عدد متساوي من نوعي حاملات الإلكترونات والثقوب (الفجوات)، إلا أنه يلزم في معظم التطبيقات عينات تحتوي على أحد نوعي الحاملات فقط.

نتحصل على مثل هذه العينات بواسطة تطعيم شبه الموصل بالشوائب الملائمة، وينتج عن عملية التطعيم هذه أنصاف نواقل مشوبة (غير نقية) تدخل في العديد من التطبيقات الإلكترونية، ولها استعمالات واسعة في كثير من الأجهزة الفيزيائية الشائعة مثل: المقوّم، الكاشف، الخلية الشمسية، الترانزيستور. يعد الجيرمانيوم ($^{73}_{32}\mathrm{Ge}$) والسيليسيوم ($^{28}_{14}\mathrm{Si}$) خاصة وغيرهما، من العناصر التي حظيت بدراسة مستفيضة واهتمام بالغ في فيزياء الجسم الصلب، ومع تطور الفيزياء وبالأخص النووية أثمرت الأبحاث في السنوات الأخيرة عن ظهور تقنية جديدة للتطعيم؛ إضافة لطرق التطعيم القديمة (التقليدية)، سميت بتقنية التطعيم بالاستحالة النيترونية NTD (Neutron Transmutation Doping).

وتقنية NTD هي من بين الاستعمالات المعتادة لمختلف مفاعلات البحث النووية التي تمتلك أنظمة تشعيع و تطعيم خاصة تحقق جملة من المطالب الفيزيائية التي تفرضها أغراض الصناعة على المواد الإلكترونية كالتوزيع المنتظم للشوائب ودقة في المقاومية.

واستشعارا منا لأهمية هذا الموضوع حاولنا التطرق لهذه التقنية بشيء من التبسيط والشرح، حيث قسمنا هذا العمل المتواضع إلى أربعة فصول؛ في الفصل الأول بدأنا ببسط

المفاهيم التمهيدية الضرورية التي تتعلق بالموضوع والإشارة إلى عموميات حول السيليسيوم وملخص للطريقة التقليدية للتطعيم.

أما في الفصل الثاني أخذنا لمحة عامة عن المفاعلات النووية وبصفة خاصة مفاعلات البحوث النووية ثم بدأنا بتعريف مجمل لنظام التشعيع النيتروني وأهدافه بالأخص إنتاج NTD–Si الذي يمتاز بتجانس عال ومقاومية نهائية (هدف) مضبوطة، وفي الفصل الثالث تم شرح مبدأ تقنية NTD على السيليسيوم كنقطة رئيسية، أين تناولنا أساسياتها وأهم المعاملات المميزة لها والكميات المتغيرة خلالها كالتسهيلات والمتطلبات ....إلخ.

والفصل الرابع الذي اختتمنا به، فقد قمنا بعمل محاكاة لتطعيم السليسيوم باللاستحالة النيترونية في مفاعل البحث النووي الكوري "HANARO" باستعمال مجدول Excel ومناقشة النتائج المتحصل عليها ومقارنتها مع النتائج العملية المعمول بها في المفاعل، ثم أشرنا إلى أمثلة عن تطبيقات NTD–Si.

وهدفنا وراء كل هذا هو إيضاح هذه التقنية (NTD–Si) وإبراز مزاياها على الطرق التقليدية، ومدى انتشار تطبيقاتها والاهتمام العالمي بها.