الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

ك/رقم.....

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
المدرسة العليا للأساتذة
القبة القديمة (الجزائر)
قسم الفيزياء

Ministère de l'enseignement Supérieur et de la recherche Scientifique
ECOLE NORMALE SUPERIEURE
Vieux –kouba (ALGER)
Département de physique

مذكرة بعنوان:

خصائص صمام السلسيوم للتضخيم الضوئي (SiPM)

مذكرة لنيل شهادة أستاذ التعليم الثانوي

إعداد الطلبة:

- موساوي خالد
- نَوال يوسف
- هبول إسماعيل

تحت إشراف الأستاذ:

– بوساحة بوزيد

لجنـة المناقشة:

الأستاذ:مولاي نصر الدين .....رئيسا.

الأستاذ: بيطام طارق.....ممتحنا.

الأستاذ:بوساحة بوزيد.....مشرفا.

السنة الدراسية: 2015/2014

دفعة جوان 2015

الفهرس

الاهداء .....

كلمة شكر.....

مقدمة.....1

الفصل الأول: أشباه النواقل والوصلة pn

1.I) نظرة على أشباه النواقل.....2

1.1.I) تعريف اشباه النواقل.....2

2.1.I) اشباه النواقل النقية.....2

3.1.I) النواقل، العوازل واشباه النواقل.....2

2.I) ذرة السلسيوم.Si.....3

3.I) بلورة السلسيوم.....4

4.I) مفهوم الفجوة.....5

5.I)تطعيم اشباه النواقل.....7

1.5.I) شبه الناقل الموجب type- p.....7

2.5.I) شبه الناقل السالب type-n.....9

6.I) الحركية في اشباه النواقل.....11

7.I) ناقلية ومقاومية شبه الناقل.....12

8.I) ثنائي الوصلة pn.....13

1.8.I) ثنائي الوصلة pn عند الاستقرار.....14

2.8.I) ثنائي الوصلة عند تطبيق جهد خارجي.....15

9.I) كثافة الشحنية الفراغية.....17

10.I) الحقل والكمون الكهربائيان.....18

11.I) الصمام الضوئي.....20

1.11.I) طريقة العمل.....21

2.11.I) استخدامات الصمام الثنائي.....21

12.I) الخلية الكهرو ضوئية.....22

13.I) اهم اوجه التشابه ولاختلاف.....22
14.I) الخلاصة.....22

الفصل الثاني: دراسة نظرية لجهاز للـ SiPM
1.II) تعريف صمام السلسيوم للتضخيم الضوئيSiPM.....23
2.II) تبرير فوائد الاستعمالSiPM.....24
3.II) مبدأ عمل SiPM.....25
1.3.II)عد الفوتونات ووقت تسجيلها.....26
2.3.II) التشبع.....26
4.II) خصائص SiPM.....27
1.4.II) الربح (Gain).....27
2.4.II) كفاءة كشف الفوتون.....28
3.4.II) الضجيج.....30
4.4.II) noise of optical cross-talk.....30
الفصل الثالث: دراسة تطبيقية على جهاز الـ SiPM
1.III) خصائص SiPM المستعملة في الاختبار.....32
1.1.III) إختبار التشغيل 33
2.1.III) نظام القراءات.....34
2.III) إضاءة LED 35
3.III) غرفة المناخ و قراءات درجة الحرارة.....36
4.III) نظام الحصول على البيانات.....36
5.III) منهجية التحليل.....37
1.5.III) قياس طيف photo-electron الواحد.....37
III. 6) قياس الربح.....39
7.III) خصائص الـ SiPM في حالة الاشتغال.....40
1.7.III) حساب المقاومةRq الخاصة بكل بكسل.....41
III. 2.7) حساب الشحنة Q.....42

III. 3.7) حساب الربحgain..... 42
III.4.7) حساب جهد الانهيار Vbd..... 42
III.5.7) حساب Cd(F)..... 43
III.6.7) حسابtau 43

III.6.7)حساب البعدd …… .44.
الخاتمة 45

قائمة الاشكال

الفصل الاول

الشكل(I–1):التمثيل الحزمي لمختلف أنواع المواد.....3

الشكل(I –2) ذرة السليسيوم.....4

الشكل (I –3) الغلاف الخارجيلذرة السليسيوم 4

الشكل(I–4) الذرة بداخل البلورة 5

الشكل(I–5) إنتاج الفجوات.....5

الشكل(I–6) حركة الفجوات 7

الشكل (I–7) مكونات التيار.....7

الشكل(I–8): شبه الناقل –type–p.....8

الشكل (I–9):مستويات الطاقة لشبه الناقل -type-p.....9

الشكل (I–10) شبه ناقل–type–n.....10

الشكل(I–11) مستويات الطاقة لشبه الناقل type–n.....10

الشكل(I–12):الحركية بدلالة الزمن.....11

الشكل(I–13) التركيب و الرمز الالكتروني لثنائي الوصلة 13

الشكل(I–14):الوصلة pn 14

الشكل(I–15):تركيز الإلكترونات و الفجوات 14

الشكل(I–16): منطقة الاستنزاف في الوصلة pn.....15

الشكل(I-17):الإنحياز العكسي.....16
الشكل(I-18) :الانحياز المباشر.....16
الشكل (I-19) مخطط يبين مستويات الطاقة قبل اتصال شبهي الناقلينn و p.....17
الشكل(I -20) مخطط يبين مستويات الطاقة بعد اتصال شبهي الناقلينn و p.....17
الشكل(I-21): يمثل عرض منطقة الشحنة المفرغة.....18
الشكل(I-22):يمثل الكثافة بدلالة X في المنطقة المفرغة.....18
الشكل(I-23):الحقل الكهربائي بدلالة X في المنطقة المفرغة.....18
الشكل(I-24):رسم تخطيطي يوضح الصمام الثنائي.....20
الشكل(I-25):التوصيل العكسي للصمام الثنائي.....20
الشكل(I-26):استخدامات الصمام الضوئي.....21

الفصل الثاني

الشكل(II-1):الكاشف.....24
الشكل(II-2) : APD 24
الشكل (II-3):الإلكترونات و الفجوات في وضع جيجر.....25
الشكل (II-4): دالة الجهد العكسي المطبق والربح.....28
الشكل(II-5):نبض الكشف عن كل فوتون.....28
الشكل (II-6): PDE كدالة الطول الموجي لPixel مختلفة 29
الشكل(II-7): العلاقة بين الطول الموجي وResponsivity لPixel مختلفة 29
الشكل (2-9): Crosstalk 31

الفصل الثالث

الشكل(III−1) : صور لـ PCB بالإضافة إلى SiPM في مربع أسود داخل غرفة المناخ على اليسار و غرفة المناخ سويا لعداد القياس على اليمين.....35

الشكل(III−2) :مخطط لنظام القياس مع مضخم BGA614.....35

الشكل(III−3) : الشكل الموجي ل photo-electron (اليسار) و طيف photo-electron (اليمين) مقاسة بـ S10943_8584.....38

الشكل(III−4) : اليسار: طيف ال photo-electron المُقاس بـ MPPC #11759 وعلى اليمين طيف ال photo-electron المُقاس بـ CPTA #857.كل من الطيفين أُخذ في نفس درجة الحرارة والجهد كما هو الحال في الشكل (III-3)، توزيع PDF باللون الأحمر و قمم Gaussian بالون الازرق.....40

الشكل (III−5) :تغيرات جهد الانحياز v_{bias} بدلالة شدة التيار i.....41

الشكل (III-6) :تغيرات الربح G بدلالة الجهد العكسي V_{bias}.....43

الفهرس الجداول

الجدول(I-1) بعض القيم لأهم خصائص كل منGe و Si.....20
الجدول(III-1): خصائص بعض SiPM.....33
جدول (III−2):النتائج المحصل عليها من الحسابات السابقة 44

المقدمة

تتمتع المواد نصف ناقلة بعدد من الخواص تجعلها من أكثر الأجسام الصلبة أهمية في العديد من التطبيقات، وإن الأجهزة الفيزيائية التي تستخدم أنصاف النواقل لتدهش بمدى تنوعها و اختلافها، وما زالت هذه المواد تدخل حقولا جديدة من التطبيقات العملية، وإذا كانت دراستها قد بدأت منذ عام 1920 إلا أنها لم تحظى بالاهتمام الفائق إلا بعد اختراع الترانزيستور (1949) وتواصل التطور منذ ذلك الحين إما على صعيد دراسة الخواص الاساسية والتعميق في فهمها أو في استخدام هذه الخواص في اختراع وتصميم أجهزة وتطبيقات جديدة.

من بين الأجهزة التي اعتمدت على هذه المادة هو صمام السليسيوم للتضخيم الضوئي SiPM، واستشعارا منا لأهمية هذا الموضوع حاولنا البحث فيه حيث قسمنا هذا العمل المتواضع ثلاثة فصول :

الفصل الأول :يشمل دراسة نظرية لأشباه النواقل والوصلة p-n

الفصل الثاني :يشمل دراسة صمام السليسيوم لتضخيم الضوئي SiPM.

الفصل الثالث : إلى دراسة خصائص جهاز الـ SiPM.