

جامعة قاصدي مرياح ورقلة
كلية الرياضيات وعلوم المادة
قسم الفيزياء



مذكرة

ماستر أكاديمي

مجال: علوم المادة

فرع: فيزياء

تخصص : فيزياء الإشعاعات، كاشف وبصريات إلكترونية

من إعداد : خرفي إبتسام

بعنوان:

دراسة خلايا شمسية من الجرافين

نوقشت يوم: 25 /05 /2017

أمام لجنة المناقشة المكونة من:

رئيسا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر أ	د. بن مبروك لزهري
ممتحنا	جامعة ورقلة	أستاذ مساعد أ	أ.لمقدم سومية
مشرفة	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر أ	د.باباحني أم الخير

الموسم الجامعي: 2016/2017

الإهداء

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

أهدي ثمرة جهدي الى من قال عز وجل

" وَقَضَىٰ رَبُّكَ أَلَّا تَعْبُدُوا إِلَّا إِيَّاهُ وَبِالْوَالِدَيْنِ إِحْسَانًا "

إلى من أفتقده في مواجهة الصعاب ولم تمهله الدنيا لأرتوي من حنانه

* أبي *

إلى من علمتني وعانته الصعاب لأصل الى ما أنا فيه

إلى الشمعة التي أضاءت طريقي.... الى روضة الحب التي تنبت أزكى الأزهار

* أمي *

إلى من شاركوني حزن الأم وبهم أستمد عزتي وإصراري

إلى من هم اقرب إلي من روعي

* إخوتي *

إلى براعم الحياة وصفاء الوجود

إلى أجمل طفلين في الكون

* ممدوسر *

إلى من تلذذت علي أيديها....إلى من أمدتني بنصائحها وتوجيهاتها

* أستاذتي *

إلى كل فرد دفعني دون إستثناء....إلى كل هؤلاء....أهدي ثمرة جهدي المتواضع.

شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين، الحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا أن هدانا الله الحمد لله والشكر لله والصلاة والسلام على رسول الله.

أتقدم أولاً وآخراً بالشكر لله عز وجل الذي بنعمته تتم الصالحات، فله الحمد حتى يرضى وله الحمد إذا رضي وله الحمد بعد الرضى.

من باب الإعراف بالجميل يطيب لي أن أضع اللمسات الأخيرة لمذكرتي هذه ببالح الشكر والتقدير للدكتورة الفاضلة "بابا حني أم الخير" لمنحني أفضل فرصة علمية وقبولها للإشراف وعلى إقتراحها لي هذا الموضوع وما بذلته من جهد وجميل الصبر ومتابعة مدة الإشراف.

أشكر أيضاً الدكتور الكريم "بن مبروك لزه" لقبوله ترؤس لجنة المناقشة، كما أشكر الأستاذة المحترمة "لمقدم سومية" لقبولها مناقشة هذه المذكرة وأتمنى أن يفيدوني بأرائهم القيمة.

كما أشكر كل أعضاء فريق البحث بمخبر الإشعاع والبلازما وفيزياء السطوح بقسم الفيزياء بجامعة قاصدي مرباح ورقلة.

فلا يغيب عن خاطرنا إلا أن نتقدم بالشكر الجزيل إلى الزميلات "نور، رندة،

إيمان".

و كل من ساهم ومد لنا يد العون في إنجاز هذا العمل المتواضع.

وشكراً.

فهرس المحتويات

أ	فهرس المحتويات
ب	فهرس الأشكال
ج	فهرس الجداول
1	المقدمة العامة

الفصل الأول: عموميات حول الجرافين ومدى إستعمالته في الخلايا الشمسية

2	I. المقدمة
2	1.1. الجرافين
3	2.1. البنية البلورية للجرافين
3	3.1. البنية الإلكترونية للجرافين
4	4.1. خصائص الجرافين
4	5.1. طرق إنتاج الجرافين
5	1.5.I. تقنية المايكرو ميكانيكية Exfoliation micromécanique
5	2.5.I. تقنية الترسيب الكيميائي لطورالبخار chemical vapor dépositio CVD
5	3.5.I. تحول أكسيد الجرافين Réduction d oxyde de graphème
6	6.I. إستخدامات الجرافين
6	7.I. تطبيقات الجرافين في الخلايا الشمسية
7	8.I. أهمية الجرافين في زيادة كفاءة الخلية الشمسية
7	9.I. مكونات الخلية الكهروضوئية
10	II. مبدأ عمل الخلية الشمسية
11	1.1.II. ربط الخلايا الضوئية
13	2.1.II. بنية الخلية الشمسية المصنوعة من الجرافين
13	3.1.II. تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية
14	4.1.II. أنواع الخلايا الشمسية
15	1.4.II. خلايا عضوية
16	2.4.II. خلايا غير عضوية
16	3.4.II. خلايا جرافين
17	5.1.II. بنيات الخلية الضوئية العضوية
18	6.1.II. مزايا الخلية الشمسية
18	7.1.II. سلبيات الخلية الشمسية
18	8.1.II. المنحنى المميز تيار- جهد (I-V) للخلية الشمسية



20	..... عامل إمتلاء الخلية FF	9.II
20	..... Le rendement مردود الخلية الشمسية	10.II
21	..... بعض المقادير الفيزيائية للطاقة	III
22	..... العوامل المؤثرة في الخلية الشمسية	1.III
22	..... Résistance série المقاومة المتسلسلة	2.III
23	..... Résistance de l'émetteur مقاومة الباعث	3.III
23	..... Résistance de la grille face avant مقاومة الشبكة الأمامية	4.III
23	..... Résistance de contact مقاومة التماس	5.III
24	..... محاكاة مونتي كارلو	6.III
24	..... طريقة مونتي كارلو	7.III
25	..... خوارزمية مونتي كارلو Metropolis	8.III

الفصل الثاني : النمذجة العددية

27	..... المقدمة	II
27	..... الظاهرة الفيزيائية	1.II
28	..... الطاقة الواردة من الخلية الشمسية	2.II
28	..... قيم الإضاءة في منطقة ورقلة	3.II
29	..... المنحنى المميز تيار - جهد (I-V) لخلية شمسية من الجرافين	4.II
30	..... قانون بلانك (Équation de plank)	5.II
31	..... مخطط حساب طاقة الفوتونات و عددها	6.II

الفصل الثالث: مناقشة وتحليل النتائج

32	..... مقدمة	III
32	..... دالة الإحتمال لطول الموجي	1.III
33	..... عدد الفوتونات بدلالة عدد الإلكترونات	2.III
34	..... الخسارة في عدد الفوتونات	3.III
35	..... الخسارة في طاقة الفوتونات	4.III
35	..... عدد الفوتونات وعدد الإلكترونات المتحررة	5.III
36	..... طاقة الفوتونات وطاقة الفوتونات المحررة للإلكترونات	6.III
37	..... فعل كومبتون	7.III
37	..... تأثير فعل كومبتون على عدد الفوتونات	1.7.III
37	..... تأثير فعل كومبتون على الخسارة في طاقة الفوتونات	2.7.III
38	..... المنحنى المميز تيار - جهد	8.III
40	..... تأثير المقاومات التسلسلية R_S على المنحنى المميز تيار - جهد	1.8.III

40	..... 2.8.III تأثير المقاومات الموازية R_{sh} على المنحنى المميز تيار - جهد
41	..... 9.III تأثير شدة الإضاءة على كثافة التيار J_{PH}
42	..... 10.III دور الجرافين في زيادة فعالية الخلية الشمسية
44	..... الخلاصة العامة
	..... الملخص

فهرس الأشكال

الفصل الأول: عموميات حول الجرافين ومدى إستعمالاته في الخلايا الشمسية

- 2 الشكل 1.I: بنية الجرافين
- 3 الشكل 2.I: أبعاد خلية للجرافين
- 5 الشكل 3.I: تقنية التقشير المايكرو ميكانيكية
- 5 الشكل 4.I: تحول أكسيد الجرافين
- 8 الشكل 5.I: حزمة التكافؤ - حزمة التوصيل
- 9 الشكل 6.I: الوصلة P-N junction La
- 9 الشكل 7.I: الوصلة P-N junction la عند الاستقرار
- 10 الشكل 8.I: منطقة شحنة فراغية في الوصلة P-N
- 11 الشكل 9.I: يمينا مخطط الحزم، يسارا بنية الخلية الشمسية
- 12 الشكل 10.I: مجموعة خلايا على التسلسل
- 12 الشكل 11.I: مجموعة خلايا على التفرع
- 13 الشكل 12.I: بنية خلية الشمسية من الجرافين
- 14 الشكل 13.I: ظاهرة كومبتون
- 17 الشكل 14.I: بنية خلية الشمسية a-Si:H
- 18 الشكل 15.I: بنية خلية عضوية أحادية الطبقة
- 18 الشكل 16.I: بنية خلية عضوية ثنائية الطبقة
- 19 شكل 17.I: مميزات تيار جهد لخلية مثالية في الظلام وتحت تأثير الضوء
- 23 الشكل 18.I: المقاومات التسلسلية للخلية الشمسية
- 25 الشكل 19.I: تقدير قيمة π



فهرس الجداول

الفصل الثاني: النمذجة العددية

الجدول 1.II: قيم الإضاءة في منطقة ورقة حسب الأشهر 28

الفصل الثالث: مناقشة وتحليل النتائج

الجدول 1.III: قيم الثوابت معادلة المنحنى المميز تيار – جهد 39

الجدول 1.III: نتائج كثافة التيار بتأثير الإضاءة في منطقة ورقة 42



المقدمة العامة

المقدمة العامة

تستخدم الطبقات الرقيقة في مختلف المجالات خاصة في الصناعات الإلكترونية حيث تستعمل في صنع الخلايا الشمسية، الشاشات المسطحة، صناعة الحواسيب، الهواتف النقالة، صناعة الطائرات والصناعات الغذائية.... إلخ.

إن الجرافين من المواد المكتشفة حديثا في سنة 2004، الذي يمتلك طبقة رقيقة ثنائية الأبعاد مكونة من ذرات الكربون النقية، كما له مزايا إستثنائية تجعله محط إهتمام الباحثين و الصناعيين.

الخلايا الشمسية أو الفولطية عي عناصر تقوم بتحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية حيث يسعى العالم لتحسين مردودها وفعاليتها، بعد إكتشاف المادة العجيبة (الجرافين) أستعملت في تطبيقات عديدة منها إنتاج الخلايا الشمسية .

في هذه الدراسة نتعرف على الجرافين حيث نبرز بعض خصائصه الاستثنائية و نتعرف على بنيته وبعض استخداماته وأهمته في زيادة فعالية الألواح الشمسية، و قد قسمت المذكرة إلى ثلاث فصول.

في الفصل الأول: نقوم بتقديم معلومات عامة حول الجرافين و مدى استخدامه في الخلايا الشمسية كما نبرز أنواع أخرى للخلايا، و نحدد برنامج حسابي بلغة الفورتران المنحنى المميز تيار – جهد للخلية الشمسية .

في الفصل الثاني: نقترح دالة لحساب الإحتمال في إختيار الطول الموجي، كما نقترح حساب عددي بلغة الفورتران ونستعمل محاكاة مونت كارلو من أجل حساب الإلكترونات المتحررة بفعل الفوتونات وكذا الخسارة في عدد الفوتونات و طاقتها ومدى تأثير تفاعل الفوتونات مع الالكترونات (فعل كومبتون) على هذه الخسارة.

في الفصل الثالث: نقدم نتائج الحساب و نقوم بتحليل ومناقشة نتائج المنحنيات المميزة تيار – جهد ونتائج تأثير كومبتون على الخسارة في عدد الفوتونات و طاقتها ومعرفة عدد الإلكترونات المحررة بفعل الفوتونات، ونقوم بتأثير شدة الإضاءة في منطقة ورقة على كثافة التيار، كما نبرز دور الجرافين في زيادة فعالية الألواح الشمسية.

الفصل الأول:

عموميات حول الجرافين ومدى
استعمالاته في الخلايا الشمسية

الفصل الأول : عموميات حول الجرافين ومدى استعملاته في الخلايا الشمسية

I. المقدمة:

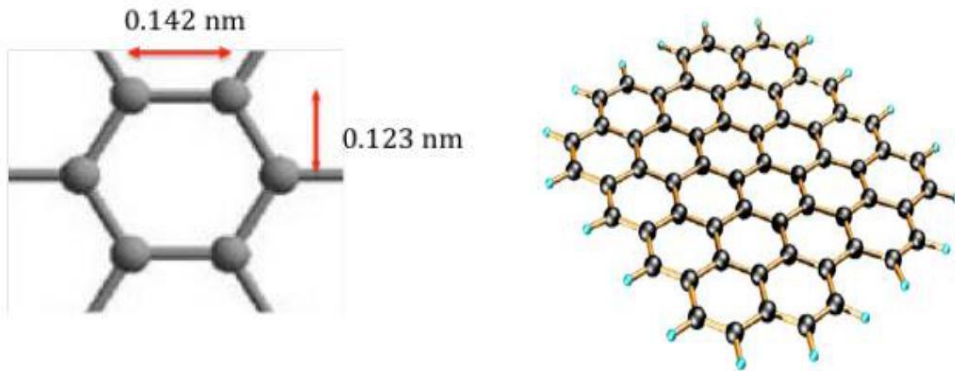
نقدم في هذا الفصل معلومات عامة حول الجرافين واستخداماته وكذا تطبيقاته في مختلف المجالات وبالخصوص في الخلايا الشمسية، كما نتعرف على أنواع جديدة للخلايا ونبرز أهمية الجرافين في زيادة كفاءة الألواح الشمسية.

1.I. الجرافين :

تم عزل الجرافين من الجرافيت ودراسته في عام 2004 م من طرف العالمين كوستيا نوفوسيلوف واندريه جيم في جامعة مانشستر. في عام 2010 تحصل كل من العالمين على جائزة نوبل في الفيزياء لقيامهما بتجارب على بنية الجرافين ، فتمكنا من تسجيل خصائص يمتازها الجرافين عن بقية المعادن كالألماس والنجاس.... الخ [1].

الجرافين هو طبقة ذرية واحدة من سداسي الكربون، جلب اهتمام الكثير من البحوث بسبب بنيته الفريدة من نوعها وخصائصه الإستثنائية [1] فالجرافين هو مادة ثنائية الأبعاد (Bidimensionnel) 2D .

يتألف من ذرات الكربون النقية فقط ذات التهجين SP^2 التي تكون مرتبة في شبكة سداسية منتظمة مشابهة لبيوت النحل المتراصة إن الجرافين يعد وحدة البناء الأساسية لمادة الجرافيت، والجرافين هو احد المواد النانو كربونية [2] .



الشكل (1.I) بنية الجرافين [2].

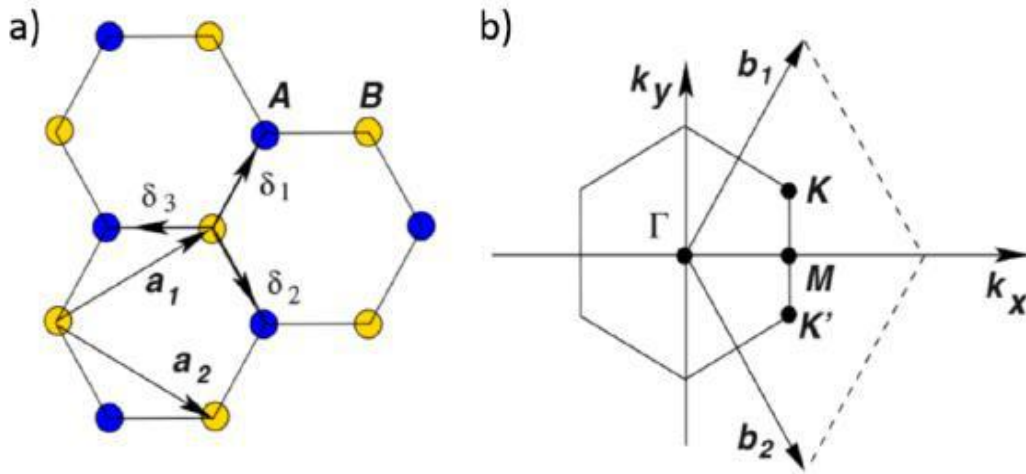
2.I. البنية البلورية للجرافين :

الجرافين عبارة عن بلورة ثنائية الأبعاد تتألف من ذرات الكربون وهي كخلية مترابطة بواسطة روابط تساهمية، تحوي الخلية الواحدة من الجرافين على ذرتين A و B تقع على مسافة $a_{c-c} = 1.42 \text{ \AA}$ وهي تتألف من شبكتين ثلاثيتين متطابقتين. متجهي الشبكات في الفضاء معرف كالتالي:

$$\vec{a}_2 = \frac{a_{c-c}}{2} (3, -\sqrt{3}) / \vec{a}_1 = \frac{a_{c-c}}{2} (3, \sqrt{3})$$

و ثوابت الشبكة في الفضاء : $\|\vec{a}_1\| = \|\vec{a}_2\| = a = 2.456 \text{ \AA}$

$$K' = \left(\frac{2\pi}{3a_{c-c}}, -\frac{2\pi}{3\sqrt{3}a_{c-c}} \right) \text{ و } K = \left(\frac{2\pi}{3a_{c-c}}, \frac{2\pi}{3\sqrt{3}a_{c-c}} \right) : K' \text{ و } K$$



الشكل (2.I): أبعاد خلية للجرافين [28].

3.I. البنية الإلكترونية للجرافين :

التكوين الإلكتروني للكربون هو $1S^2 2S^2 2P^2$ وبالتالي الكربون له أربعة إلكترونات تكافؤ في الجرافين في المدارات S واثنين في المدارات P من ذرة الكربون C، نوع التهجين SP^2 حيث يتم توجه هذه المدارات ب 120° في مستوى الجرافين. وتربط ذرات الكربون بروابط قوية σ و σ^* هي المسؤولة على تماسك الشبكة [28].

4.I. خصائص الجرافين:

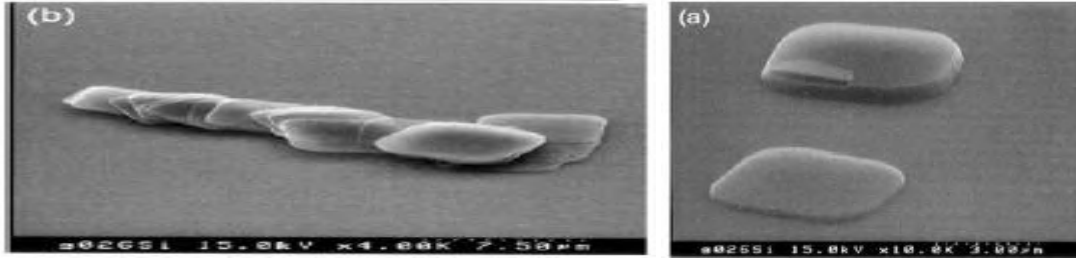
- ينفرد الجرافين بوجود خصائص ومزايا استثنائية هامة مما حفز إهتمام الباحثين والصناعيين وإيجاد تطبيقات واسعة له في مجال الإلكترونيات والفيزياء والكيمياء وعلم المواد خاصة نذكر منها :
1. وحدة قياس سمك الجرافين هي من رتبة النانو متر (nm)، فهو من المواد المتناهية الصغر ذو طبقة رقيقة جدا مرنة وشفافة .
 2. الخصائص الالكترونية للجرافين وجدت اهتماما كبيرا من طرف الباحثين خاصة في التطبيقات التقنية وذلك لان حركية الالكترونات في الجرافين تفوق كثيرا حركيتها في السيلسيوم (Si)، الذي كان العنصر الافضل ناقلية على الاطلاق قبل اكتشاف الجرافين في سرق 2004 .
 3. الروابط الكيميائية بين ذرات الكربون المشكلة للجرافين قوية جدا فهي روابط تساهمية أو تكافؤية مما يجعله يمتاز بالمتانة والصلابة وتبلغ المسافة بين الذرات 1.42 \AA [6].
 4. إن للجرافين ناقلية حرارية جيدة حيث تقدر ما يقارب $5.30(0.4) \times 10^3 w/m$ الى $4.84(0.44) \times 10^3$ [3].
 5. كان للعالمين كوستيا ونوفوسيلوف واندرية جيم فضلا في اكتشاف الناقلية الكهربائية للجرافين حيث تقدر ب $7200(S/m)$ رغم بنيتها الثنائية الأبعاد فهو مادة استثنائية خارقة للعادة [9].
 6. معدل الامتصاص نظريا لطبقة واحدة من الجرافين هو % 2.3، والجرافين يعكس جزء صغيرا جدا من الضوء المرئي الساقط عليه. لذلك يعتبر مادة شفافة وتقدر شفافيته % 97.7 [5].
 7. حركية الشحنات $2.10^5 \text{ cm}^2 \text{ v}^{-1} \text{ s}^{-1}$ اكبر قيمة معروفة خلال سنة 2013 [4]

5.I. طرق إنتاج الجرافين :

يمكن أن ينتج الجرافين باستخدام مجموعة متنوعة من التقنيات حيث بدأت من تقنيات بسيطة الى احداث التقنيات، نذكر منها:

1.5.I. تقنية المايكرو ميكانيكية (Exfoliation micromécanique):

هي تقنية من بين الطرق المستعملة للإنتاج، حيث أستعملت هذه التقنية من قبل Ruoff et All فاستخدموا شريط لاصق لفصل طبقة الجرافين من رقائق الجرافيت ويتطلب هذا التقشير عدة خطوات للحصول على طبقة واحدة من الجرافين، إلا أن العيب في هذه التقنية هو كونها تنتج كميات قليلة [7].



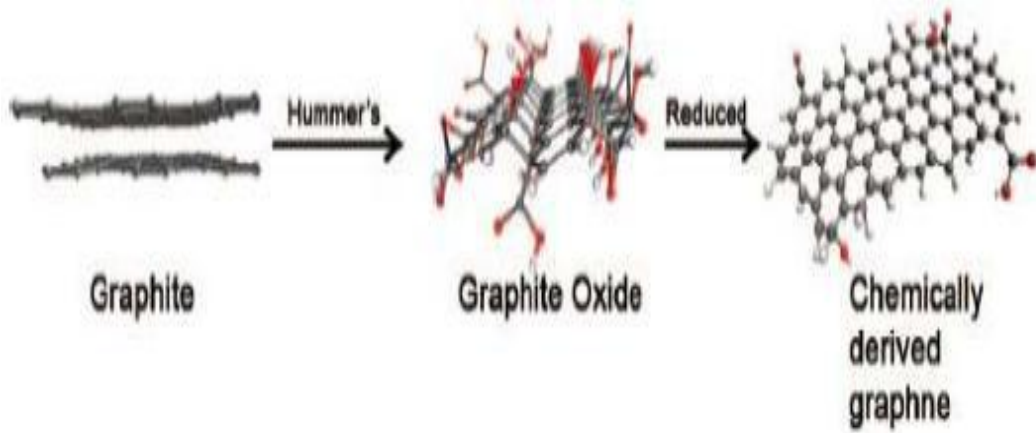
الشكل (3.I): تقنية التقشير المايكرو ميكانيكية [7].

2.5.I. تقنية الترسيب الكيميائي لطورالبخار (chemical vapor dépositio CVD):

تمكن هذه التقنية من إنتاج الجرافين أحادي الطبقة بكميات كبيرة، ويتم استعمال معادن محفزة (الركيزة) ، في هذه التقنية قد تكون اما النحاس او النيكل.... الخ ، والتي يتم ازالتها بعد تشكل الجرافين على سطحها ونقل الجرافين إلى معدن آخر عبر مراحل معينة ، تكون الطبقات المنتجة للجرافين ذات جودة عالية [8].

3.5.I. تحول اكسيد الجرافين (Réduction d oxyde de graphène):

هذه الطريقة تنطوي على إنتاج اكسيد الجرافيت من الجرافين وقد اكتشفت هذه التقنية من Rouff et All في 2006، يتم تعديل الجرافيت كيميائيا في الماء حيث يتفكك بواسطة استخدام طريقة أكسدة هامرز وأكبر ميزة في هذه التقنية في كونها منخفضة التكلفة [7].



الشكل (4.1): تحول أكسيد الجرافين [7].

6.I. إستخدامات الجرافين :

جذب الجرافين مؤخرا اهتمام الباحثين والصناعيين نظرا لخصائصه الرائعة وإستخداماته المختلفة نذكر منها:

- إن للجرافين عدة تطبيقات في الهندسة الميكانيكية والهندسة الكهربائية والإلكترونيات الدقيقة وغيرها، فهو يعبر من المواد الأكثر أهمية .
- يمكن أن يستخدم لتحلية المياه ذات التكلفة المنخفضة حيث أعدت أغشية بإستخدام أكسيد الجرافين لتحلية مياه البحر من الجسيمات الضارة والغازات بتكلفة أقل من التقنيات التقليدية [11] .
- القدرة على إستخدام الترانزستورات ذات تردد عالي مع الجرافين نظرا لسرعة العالية للإلكترونات مقارنة مع إلكترونات السيليكون [11] .
- يمكن أن يستخدم أيضا كمادة هامة جدا لطلاء الصدأ فهو يحمي من التآكل [11].
- قد برز الجرافين بإعتباره أقوى المواد لتكنولوجيات مابعد السيليكون فستستخدم في اجهزة الإستشعار عن بعد.
- كما طبق الجرافين في شاشات عرض للهواتف النقالة .

الفصل الأول : عموميات حول الجرافين ومدى استعملاته في الخلايا الشمسية

7.I. تطبيقات الجرافين في الخلايا الشمسية :

حتى الآن الجرافين والمواد المشتقة منه خلقت اهتماما بحثيا واسعا نظرا لخواصه الخارقة الفيزيائية والكيميائية، حيث استخدم في عدة مجالات وبصفة كبيرة في الخلايا الشمسية فهي بديل للطاقة الشمسية القائمة على السليكون. وظهر أهم تطبيق في استبدال الأقطاب التقليدية مثل أكسيد القصدير الأنديوم وأكسيد القصدير الفلور في الاجهزة الضوئية حيث يوجد نوعين من الخلايا المتكونة من الجرافين نوع يستعمل الجرافين طبقة واحدة ونوع اخر يستعمل كقطب شفاف وقد أظهرت كلا النوعين من الخلايا الشمسية الأداء الجيد والتي تحفز على تطوير الخلايا الشمسية العضوية والغير عضوية مع الجرافين كقطب شفاف [12]. بالإضافة الى أن طاقة فجوة الجرافين معدومة فله القدرة على امتصاص كل الفوتونات الساقطة على سطح الخلية .

8.I. أهمية الجرافين في زيادة كفاءة الخلية الشمسية :

تستخدم التقنيات الحالية للخلايا الشمسية أقطاب كهربائية موصلة تسمى الإلكتروودات، وتكون مطلية بطبقة من البلاتين والتي تعتبر مادة غير متوفرة إضافة الى تكلفتها العالية، ولأن الجرافين يتمتع بقدرة توصيل ممتازة، فانه يمكن استخدامه في تصميم الأقطاب الكهربائية فإنه يعمل على تقليل التكلفة وكذلك الوزن مع الحفاظ على الكفاءة، كما أكد فريق من الباحثين عندما أجري قياسات تتعلق بانتشار حاملات الشحنة في الجرافين، حيث وجد أن كل فوتون واحدا قد ينتج إلكترون واحدا وهذا يزيد من مردود خلية الجرافين، وفريق اخر من الباحثين الصينيين توصل الى أن الألواح الشمسية المزودة بالجرافين تولد الكهرباء بفعل أشعة الشمس كما يمكنها توليدها في حالة المطر أيضا [29].

9.I. مكونات الخلية الكهروضوئية :

1.9.I. حزمة التكافؤ-حزمة التوصيل : حزمة التكافؤ Equivalence band : هي الحزمة الطاقية المعبرة

عن مستويات الطاقة للإلكترونات التكافؤ، اي الإلكترونات التي تؤمن الترابط بين ذرات العنصر لتشكيل البنية البلورية له، ويمثل المستوى E_V مستوى الطاقة الأدنى لهذه الحزمة .

الفصل الأول : عموميات حول الجرافين ومدى استعملاته في الخلايا الشمسية

حزمة النقل (التوصيل) Conduction band : وهي الحزمة الطاقية المعبرة عن مستويات الطاقة للالكترونات الحرة والتي تشارك في عملية نقل التيار الكهربائي من دون ان تسهم في تركيب اية ذرة خاصة ويمثل المستوى E_C مستوى الطاقة الاعلى لهذه الحزمة . وتفصل بين هاتين الحزمتين ما يسمى بالفجوة Energy gap .

عند اعطاء طاقة اكبر من طاقة الفجوة فان الالكترونات تعمل على كسر الروابط الموجودة في حزمة التكافؤ فتكون حرة فتنتقل الى حزمة التوصيل [16] .



الشكل (5.I) : حزمة التكافؤ - حزمة التوصيل [16].

2.9.I. التطعيم DOPAGE: نظرا لكون ناقلية انصاف النواقل النقية (اشباه الموصلات) تعتبر صغيرة جدا اذا ما قورنت

مع ناقلية المعادن ، فلن بعض الشوائب تضاف الى اشباه الموصلات النقية وذلك للرفع من ناقليتها ، ويطلق على عملية اضافة الشوائب هذه بعملية التطعيم [16] .

تصنف اشباه الموصلات المطعمة من حيث المواد المطعمة بها الى اشباه موصلات من النوع السالب (N-type) واشباه الموصلات من النوع الموجب (P-type).

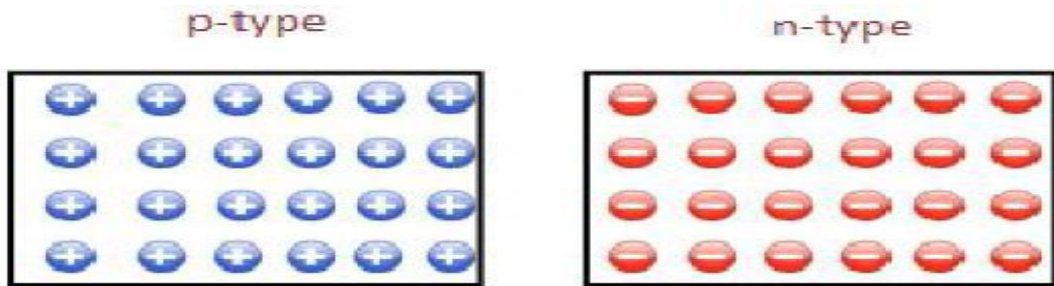
لتوليد الشحنة الموجبة في الخلية الكهروضوئية تدخل ذرات البور (B) والموجود في العمود الثالث عشر التي تملك ثلاث الكترونات تكافؤية، فتربط هذه الذرات مع ذرات السيليكون ويتشكل ثقب ايجابي الشحنة ، تسمى مادة السيليكون مع شوائب البور ناقلا ايجابيا او وصلة من نوع (p).

الفصل الأول : عموميات حول الجرافين ومدى استعملاته في الخلايا الشمسية

ولتوليد الشحنة السالبة في الخلية الكهروضوئية تدخل ذرات الفوسفور (P) التي تملك خمس إلكترونات الموجودة في العمود الخامس عشر فترتبط هذه الذرات مع ذرات السيليكون ويتشكل ثقب سلبي الشحنة، تسمى مادة السيليكون مع شوائب الفسفور ناقلا سلبي أو وصلة من نوع (N) [16].

3.9.I. ثنائي الوصلة P-N La Jonction :

تتكون الوصلة الثنائية P-N من بلورتين متلاصقتين من اشباه الموصلات احدهما من نوع N-type الغني بالالكترونات الحرة لوجود شائبة خماسية والجزء الثاني من نوع P-type الغني بالفجوات لوجود شائبة ثلاثية. عند توصيل الجزئين مع بعض عند منطقة التلامس تنتقل من شحنات سالبة من N-type وتلتحم مع الثقوب الموجودة في الجزء P-type يرمز لثنائي القطب (صمام ثنائي او ديود) في الدوائر الالكترونية كالآتي [16].

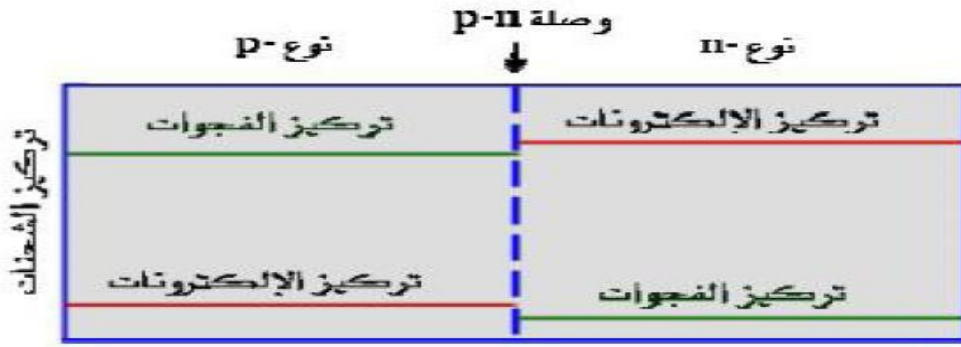


الشكل (6.I): الوصلة P-N La jonction [16]

4.9.I. ثنائي الوصلة عند الاستقرار Jonction P-N à l'équilibre :

عند تشكيل ثنائي الوصلة P-N يكون تركيز كل من الالكترونات والفجوات على جانبي الوصلة ، كما في الشكل (7.I) ونتيجة لهذا الاختلاف في التركيز على جانبي الوصلة فان الشحنات سوف تنتشر من الوسط الاكثر تركيزا الى الوسط الاقل تركيزا حيث تنتشر الالكترونات من المنطقة N الى المنطقة P، كما تنتشر الفجوات من المنطقة P الى المنطقة N.

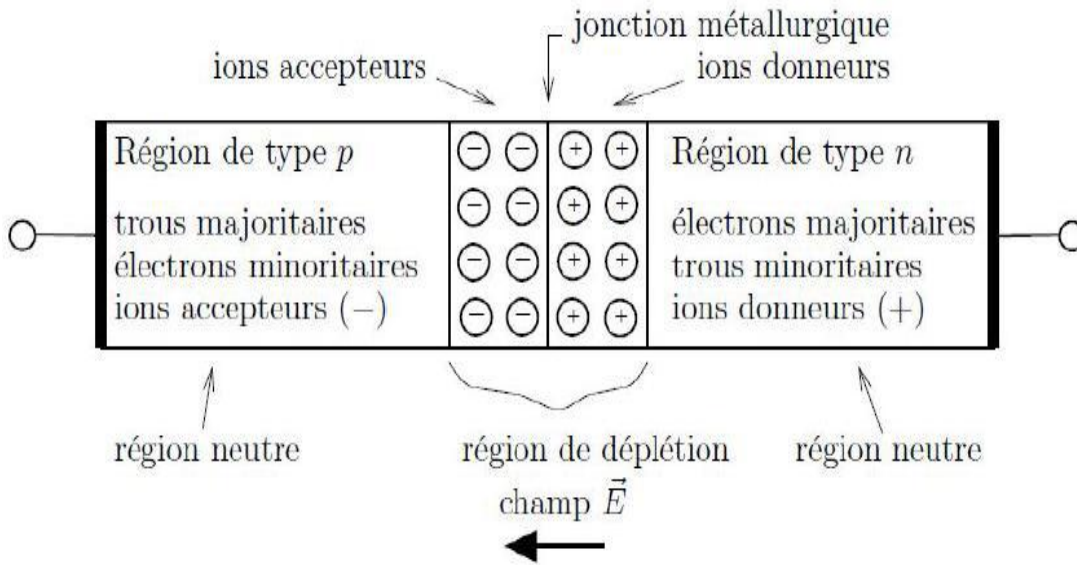
الفصل الأول : عموميات حول الجرافين ومدى استعملاته في الخلايا الشمسية



الشكل (7.I): الوصلة la jonction P-N عند الاستقرار [17].

ونتيجة لعملية الانتشار والاتحاد هذه نجد ان المنطقة القريبة من الوصلة اصبحت لا تحتوي على الكثرونات او الفجوات حرة ، كما ان الشحنة في هذه المنطقة اصبحت غير متعادلة لان الالكترن الذي يعبر الى المنطقة p يترك ذرته على شكل ايون موجب كما ان الفجوة التي تعبر من المنطقة p الى المنطقة N تبقى ذرتها على شكل ايون سالب . وهكذا تتكون شحنة فراغية (space-charge) على جانبي الوصلة ويطلق على هذه المنطقة التي تكونت فيها الشحنة الفراغية منطقة الاستنزاف او منطقة الانتقال

[17].



الشكل (8.I): منطقة شحنة فراغية في الوصلة P-N [17].

الفصل الأول : عموميات حول الجرافين ومدى استعملاته في الخلايا الشمسية

II. مبدأ عمل الخلية الشمسية :

الخلية الشمسية هي مركبة الكترونية تحول الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية ويرتكز هذا التحويل على ثلاث مراحل هي :

❖ امتصاص الفوتون (في حالة ما اذا كانت طاقة الفوتون الوارد اكبر من طاقة الفجوة (énergie de gap)).

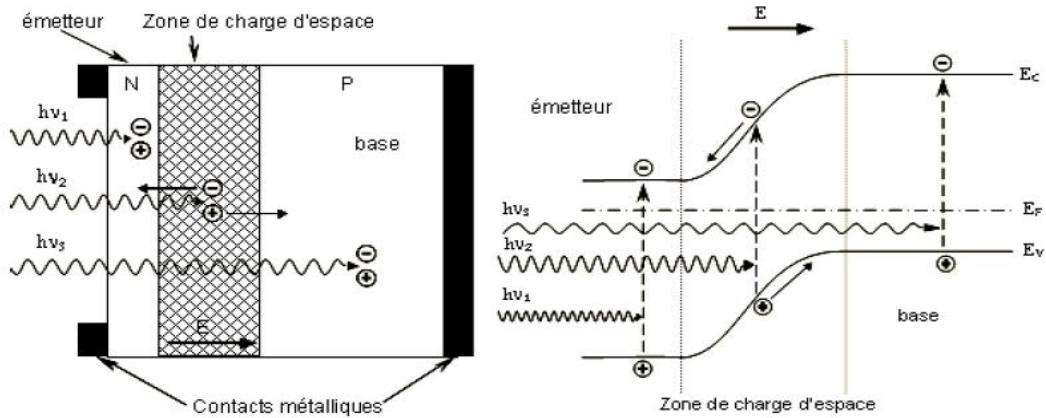
❖ تحويل طاقة الفوتون الى طاقة كهربائية بانشاء الازواج (الكترونات /ثقوب) في اشباه الموصلات.

❖ جمع الالكترونات المتحررة في الخلية [23].

تشكل المواد المكونة للخلايا الشمسية من مستويين طاقيين ، كما هو موضح في الشكل (9.I) ، اختراق ضوء لسطح الخلية

يحدث انتقال الكترون من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل ، عندما يتحرك الكترون من حزمة التكافؤ الى حزمة التوصيل يترك ثقب

في موضعه.



الشكل (9.I): يمينا مخطط الحزم ،يسارا بنية الخلية الشمسية [22] .

عند سقوط فوتونات الضوء على الخلية الشمسية تولد حوامل (الكترون-ثقب) في منطقة P وN وكذا في منطقة الشحنة

الفراغية، حيث تسلك هذه الحوامل سلوك مختلف عند كل منطقة :

✓ في المنطقة P او N تنتقل حاملات الشحنة الاقل عدد الى منطقة الشحنة الفراغية بتاثير الحقل الكهربائي .

الفصل الأول : عموميات حول الجرافين ومدى استعملاته في الخلايا الشمسية

في منطقة الشحنة الفراغية الأزواج (ثقب-إلكترون) المولدة بالفوتونات، تتفرق تحت تأثير الحقل الكهربائي فتتجه الإلكترونات نحو المنطقة P بينما تتجه الثقوب إلى منطقة N [23].

1.II ربط الخلايا الضوئية :

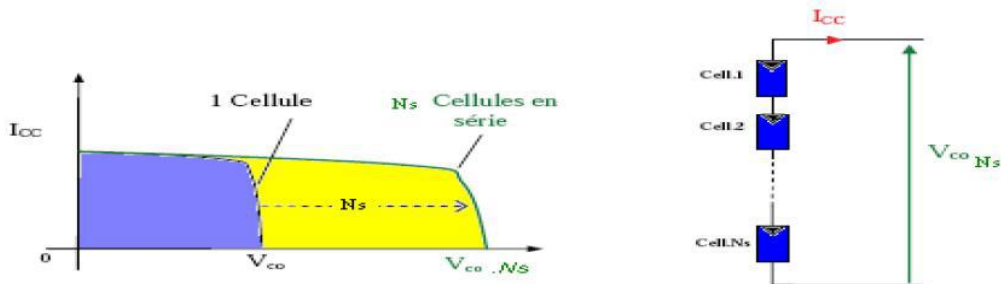
1.1.II ربط الخلايا على التسلسل: ربط مجموعة خلايا على التسلسل N_S يزيد من جهد المولد للخلايا الضوئية

(GPV) حيث يمر في الخلايا، والخاصية الناتجة لمجموعة على التسلسل يتم الحصول عليها عن طريق إضافة جهد إبتدائي لكل خلية. المعادلة التالية تلخص الخصائص الكهربائية لمجموعة على التسلسل:

$$V_{oc} = N_S \cdot V_{oc} \quad (1.I)$$

حيث N_S مجموعة الخلايا على التسلسل. جهد الدائرة المفتوحة .

والتيار ينتج من خلية واحدة ويزيد بانتظام في حين يبقى التوتر منخفضا جدا، فالمجموعة على التسلسل تسمح بزيادة الجهد وبالتالي زيادة الإستطاعة للخلايا وعادة تكون مصنوعة من 36 خلية على التسلسل للحصول على الجهد الأمثل V_{op} من جهد بطارية 12V [13].



الشكل (10.I): مجموعة خلايا على التسلسل [13].

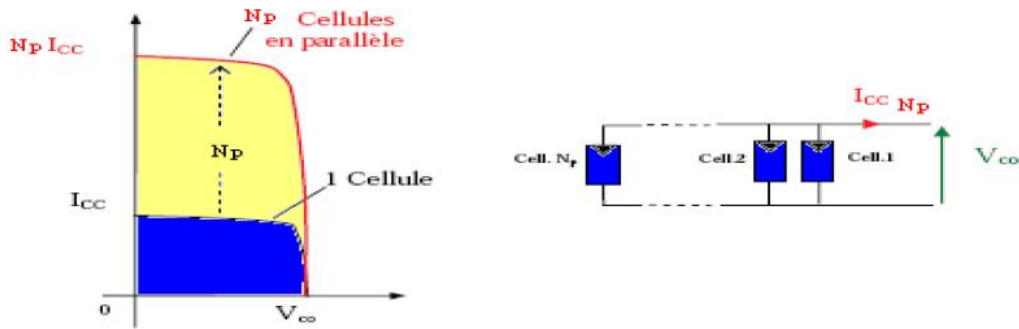
2.1.II ربط الخلايا على التفرع : من ناحية أخرى، مجموعة الخلايا على التفرع N_p هي عملية ممكنة تسمح

بزيادة إنتاج تيار الخروج للمولد في مجموعة خلايا متطابقة متصلة على التوازي، فتتعرض الخلايا إلى نفس الجهد والخصائص الناتجة للمجموعة عن طريق إضافة التيارات. المعادلة التالية تمثل الخصائص لمجموعة على التوازي للخلايا [13].

الفصل الأول : عموميات حول الجرافين ومدى استعماله في الخلايا الشمسية

$$I_{CC} = N_p \cdot I_{CC} \quad (2.I)$$

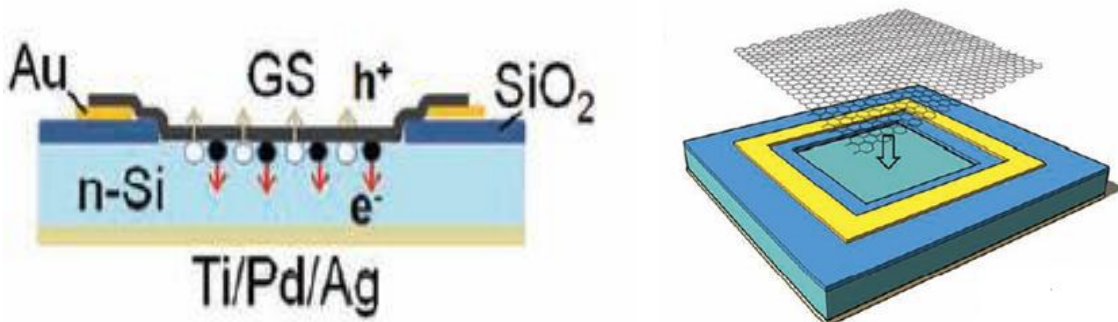
حيث N_p : مجموعة الخلايا على التفرع. I_{CC} : تيار الدائرة المفتوحة .



الشكل (11.I): مجموعة خلايا على التفرع [13].

2.II. بنية الخلية الشمسية المصنوعة من الجرافين:

هي عبارة عن خلية مكونة من عدة طبقات الاولى عبارة عن ركيزة، حيث يمكن أن تكون تيتانيوم (Ti) أو بالاديوم (pd) أو فضة (Ag)، توضع فوقها طبقة من السيليسيوم (Si) مطعمة من نوع n كما هو موضح في الشكل (12.I)، كما تستعمل أيضا طبقة من أكسيد السيليسيوم تتخللها طبقة من الجرافين والكبريت وتستعمل الأقطاب من مادة الذهب (Au) .



الشكل (12.I): بنية خلية شمسية من الجرافين [18].

3.II. تحويل الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية :

تتحول الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية من خلال تأثيران :

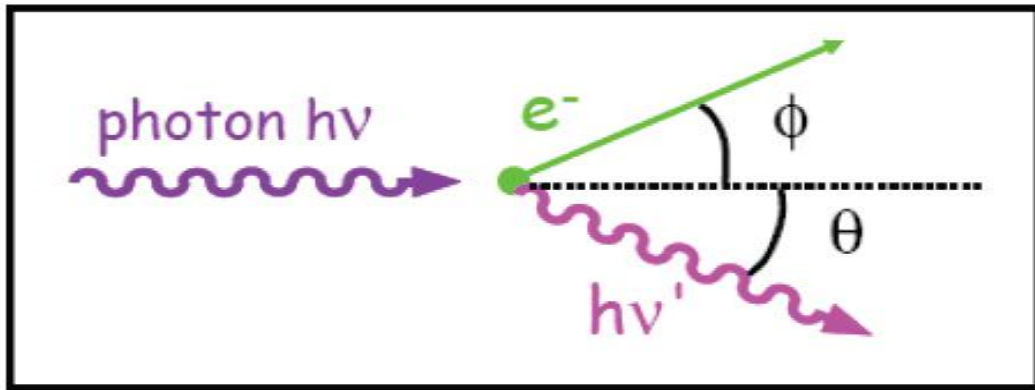
1.3.II. التأثير الكهروضوئي (الفعل الكهروضوئي) : أكتشف الفعل الكهروضوئي سنة 1839 من طرف

الباحث الفرنسي هنري بيكريل و يقصد به تحويل الإشعاع الشمسي أو الضوئي مباشرة إلى طاقة كهربائية بواسطة الخلايا الشمسية (الكهروضوئية) .

كما أكد العالم الفيزيائي انشتاين سنة 1905 أن الضوء يستطيع تحرير الإلكترونات من بعض المعادن مثل الليثيوم و السيزيوم عندما يسقط عليها إشعاع كهرومغناطيسي ذي طول موجي مناسب. والتحويل الحراري يعتمد على تحويل الإشعاع الشمسي إلى طاقة حرارية عن طريق المجمعات الشمسية والمواد الحرارية، فإذا تعرض جسم داكن اللون ومعزول إلى الإشعاع الشمسي فإنه يمتص الإشعاع وترتفع درجة حرارته يستفاد من هذه الحرارة في التدفئة، التبريد و التسخين [15].

3.2.II. ظاهرة كومبتون (تأثير كومبتون) : تأثير كومبتون او ظاهرة كومبتون هو ناتج عن تشتت الفوتون

والإلكترون نتيجة التصادم وخلال هذا التصادم تتغير الزاوية θ مع اتجاه الفوتون ويتسبب هذا التأثير بنقصان الطاقة يقابله زيادة في طول موجة الفوتون ،وهو ينطبق على الأشعة الكهرومغناطيسية ذات الطاقات العالية مثل فوتونات أشعة غاما وفوتونات أشعة أكس عالية الطاقة، حيث ينتقل جزء من طاقة الفوتون إلى الإلكترون [19].



الشكل (13.I): ظاهرة كومبتون [19]

الفصل الأول : عموميات حول الجرافين ومدى استعملاته في الخلايا الشمسية

وتعطي العلاقة الرياضية لظاهرة كومبتون :

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos \theta) \quad (3.I)$$

حيث :

λ : هي طول موجة الشعاع الساقط. λ' : طول موجة الشعاع المشتت. h : ثابت بلانك. m_e : الكتلة السكونية للإلكترون. C : سرعة

الضوء. θ : زاوية التشتت او الإنعكاس

ويعرف المقدار $\frac{h}{m_e c} = 2.43 \times 10^{-12} m$ وهو طول موجة كومبتون.

4.II. أنواع الخلايا الشمسية:

تصنف الخلايا الشمسية إلى أنواع تبعا للمادة المستخدمة في التصنيع والكفاءة المستخلصة منها وهناك ثلاثة أنواع :

1.4.II. خلايا عضوية :

تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية يتركز على تأثير الضوئية ، حيث تختلف تركيبة الخلايا العضوية عن الخلايا

الغير عضوية التي تعتمد على فصل الأكسيتونات.

والأكسيتون هو عبارة عن شبه جسيم و هو يعبر عن حالة حدودية بين الإلكترون والفجوة، حيث أنه في أشباه الموصلات

تنشأ هذه الأكسيتونات والتي تحمل شحنة كهربائية مجموعها مساويا للصفر، لأنها حالة فاصلة بين الإلكترون والفجوة وبالتالي

لا تحمل تيار كهربائيا.

تأثير الألواح الشمسية يقوم على تحويل الضوء إلى طاقة كهربائية. ويشمل هذا التحويل مجموعة من العمليات [14]:

● **إمتصاص الفوتون الوارد وتوليد الأكسيتون** : امتصاص الفوتون من المواد العضوية، على عكس غير العضوية ، يتم

تشكيل الأكسيتون من الزوج (إلكترون - ثقب) بواسطة الجذب الكهروستاتيكي، وهناك نوعان من الأكسيتونات : أكسيتون

صغير يرتبط بقوة وأكسيتون ضعيف الارتباط.

الفصل الأول : عموميات حول الجرافين ومدى استعملاته في الخلايا الشمسية

• **إنتشار وتفكك الإكسيتونات:** حركة الأكسيتون في المواد تكون بالقفز من جزيء واحد إلى آخر، حتى تصل إلى موقع

التفكك الذي يسمح للفصل بين حاملات الشحنة. هذه العملية يمكن الحصول عليها بعد عمليات مختلفة: الإثارة الحرارية، ووجود الشوائب، وتوليد الحقل الكهربائي، من خلال الفرق بين حاجز محتمل بين المعادن وأشبه الموصلات .

• **النقل وتجميع الشحنة :** نقل الشحنات إلى الأقطاب هي التي تسيطر عليها حركة الناقلات في الطبقات العضوية

وتتأثر بما بإعادة التركيب الشحنات والتفاعل مع الذرات وشحنات الوسط. الفرق بين الأقطاب هو في الأصل الحقل الكهربائي لمجموعة من حاملات الشحنة إلى الأقطاب الكهربائية الخاصة بها (الإلكترونات على الكاثود والثقوب على الأنود).

II.2.4. خلايا غير عضوية :

وأما تعرف بخلايا السيليكون التي أساسها الوصلة و تختلف تركيبها من حيث البنية عن باقي الخلايا وهناك نوعان من

الخلايا الفولطوضوئية المتكونة من السيليكون احادي البلورات ومتعدد البلورات وتتراوح كفاءة التحويل فيها من 8 % - الى 22%

وتصل الكفاءة النظرية ال 29 % وهناك خلايا مصنوعة من السيليكون الابلوري الذي يصنع من الوصلة (p-i-n) فعندما

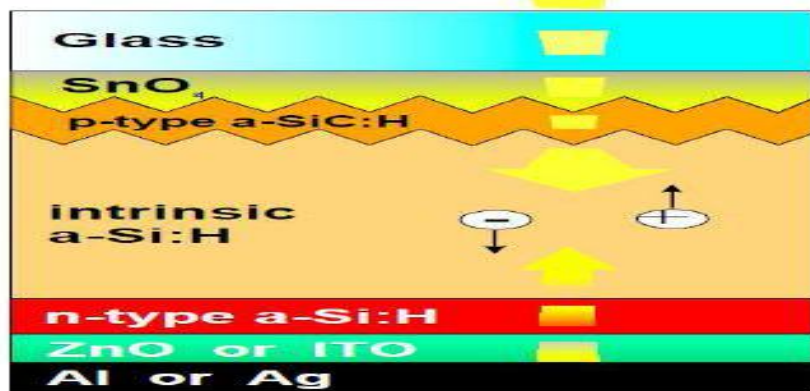
يدخل ضوء الشمس على شكل فوتونات إلى الخلية الشمسية يتم امتصاصه بواسطة الطبقة (i) و كل فوتون ممتص يولد زوج

(الكثرون - ثقوب)، ثم يتحرك الالكثرون باتجاه الطبقة N والثقب الى الطبقة P بسبب الحقل الكهربائي الموجود بين هذه

الطبقات. كما يضاف للوصلة في الجهة التي يرد منها الضوء طبقة ناقلة وشفافة تسمى طبقة الأكسيد الناقل الشفاف ويرمز

لهاب : Transparent Conducting Oxide (TCO) وفي الجهة الأخرى تضاف طبقة وصل معدني وتسمح

هاتان الطبقتان بإجراء وصلات معدنية ناقلة تسمح بنقل التيار [16].



الشكل (14.I): بنية خلية الشمسية a-Si:H [16].

3.4.II. خلايا جرافين :

في الواقع طبقات الجرافين المكونة من الالكترونات هي طبقة متداخلة، مما يعني اننا بحاجة الى كمية اقل من الضوء لجعل الالكترونات تقفز بين الطبقات. ومستقبليا يمكن استخدام هذه الخاصية للحصول على خلايا شمسية عالية الفعالية وسيمكن استعمال الجرافين للحصول على خلايا اقل سماكة واخف وزنا بالالاف المرات مقارنة مع خلايا السيليكون .

5.II. بنيات الخلية الضوئية العضوية :

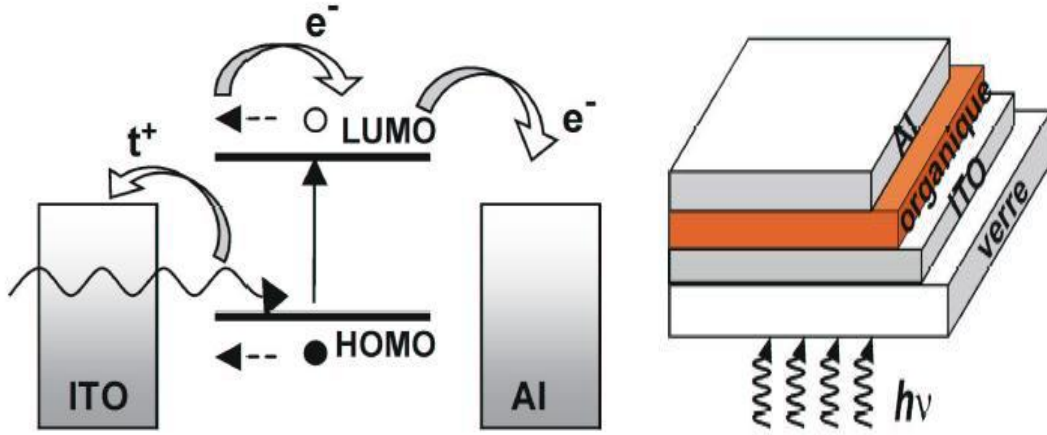
1.5.II. بنية أحادية الطبقة : تدعى عموما بنية Schotky، تتكون من طبقة عضوية متوضعة بين إلكترودين

معدنيين (الشكل 14.I). أكسيد الأنديوم والتيتان (ITO) الذي يستخدم غالبا في المصعد و Al أو Mg بالنسبة

للمهبط. إختيار المعادن محدد من أجل تحقيق تلامس أومي من جهة المادة العضوية ومن الجانب الاخر بسبب الحقل

الكهربائي الذي نشئ في شكل حاجز كموني وهذا الحاجز هو المسؤول علة تفكك الأكسيتونات حيث يجب أن تمر من

خلال سمك كامل المادة لوصول موقع التفكك وطول الإنتشار الأكسيتوني ضعيف من رتبة 5-30 نانومتر (nm) [14].



الشكل (15.I): بنية خلية عضوية أحادية الطبقة [14].

2.5.II. بنية ثنائية الطبقة: تدعى أيضا ببنية hétérojonction تتكون من مادتين من طبيعتين مختلفتين (مانح

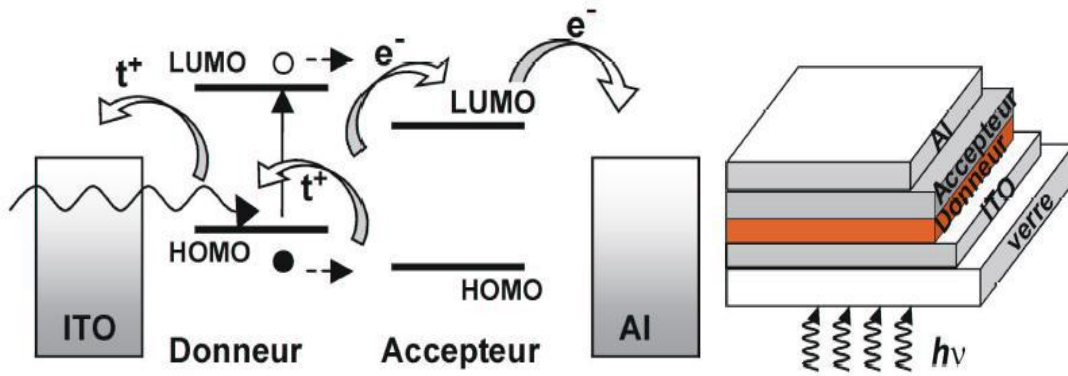
ومستقل الإلكترونات) في وضع تلامس بين الإلكترودين (الشكل 12) حيث الواجهة المعطية (المانحة)/المصعد (ITO)

والمستقبل /المهبط (Al)، في هذه الحالة المنطقة النشطة من أجل التحويل الكهروضوئي نجد أنها بين الواجهتين بين المانح

والمستقبل. الحقل الكهربائي الناشئ في هذه الواجهة ناتج عن الفرق بين كمون التأين والجذب الإلكتروني للمستقبل الذي

يسمح بتفكك الأكسيتونات التي تصل لهذا الموقع أين الشحنات الحرة ستنتشر كل على حدة باتجاه إلكتروداتها على التوالي :

الإلكترونات من طرف المستقبل جهة الكاتود والثقوب من طرف المانح جهة الانود [14].



الشكل (16.I): بنية خلية عضوية ثنائية الطبقة [14].

6.II. مزايا الخلية الشمسية:

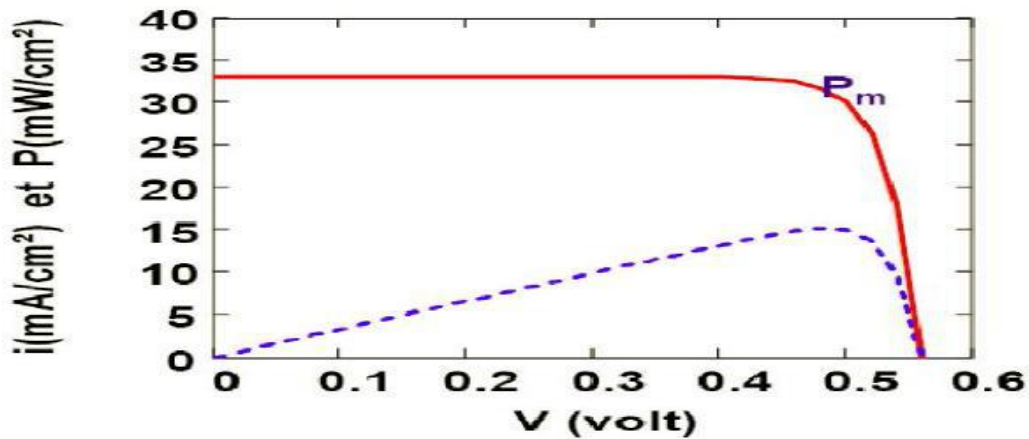
- ليس لها ضوضاء عند العمل.
- تحتاج إلى صيانة قليلة أولا تحتاج.
- تدوم لفترات طويلة حيث تبقى فعاليتها لمدة عشرين إلى ثلاثين سنة.

7.II. سلبيات الخلية الشمسية:

- احد اكبر عيوب و سلبيات انظمة الخلايا الشمسية هو تكلفتها المبدأية المرتفعة فتكلفة انشائها كبيرا نسبيا.
- ألواح الطاقة الشمسية بحاجة إلى ان تكون نظيفة باستمرار و خالية من الاتربة و العوالق حتى تستطيع أن تعمل بكفاءة.
- الضباب و السحب يقلل من كفاءة انظمة الطاقة الشمسية.

8.II. المنحنى المميز تيار- جهد (I-V) للخلية الشمسية:

تسمى العلاقة ما بين الجهد المطبق على أقطاب الخلية والتيار المار مميزة الجهد-تيار IV-characteristic عند دراسة تغير التيار بدلالة الجهد المطبق نحصل على المنحنى المنقط و المستمر الموضح في الشكل (17.I).



شكل (17.I) : مميزات تيار جهد لخلية مثالية في الظلام وتحت تأثير الضوء.

الفصل الأول : عموميات حول الجرافين ومدى استعملاته في الخلايا الشمسية

$$I = I_{ph} - I_0 \left(e^{\frac{q(V+R_S I)}{nKT}} - 1 \right) - \frac{V - R_S I}{R_{SH}} \quad (4.I)$$

حيث n :

عامل مثالي لديود: n=1

I_{ph}: التيار الضوئي.

V: الجهد المولد في الخلية.

R_S: المقاومة التسلسلية للديود الثنائي

R_{SH}: المقاومة على التوازي للديود .

T : درجة الحرارة المطلقة بكلفن K حيث. T = (25C °)

K : ثابت بولتزمان بجي K/J = 1.38×10⁻²³

q : شحنة الإلكترون (q=1,6× 10⁻¹⁹ C)

I₀: التيار التشبع.

ومن خصائص الخلية شمسية: I (V) [16]

• I_{cc} : تيار في دائرة قصيرة (V =0) ويساوي التيار الناتج بوساطة الضوء عند فرق كمون قيمته صفر، أي يتم الحصول عليه

عند قصر الدارة I_{cc}=I_{ph}.

• V₀ الفولتية في الدارة مفتوحة (I=0) و نحصل عليه عندما لا يمر تيار عبر الخلية، أي يجعل التيار معدوما في المعادلة(4)

• تؤخذ الاستطاعة من الخلية عند استطاعة أعظمية ب: P_m و يكون التيار عندها I_m وفرق الكمون V_m حيث :

$$P_m = I_m \times V_m \quad (5.I)$$

الفصل الأول : عموميات حول الجرافين ومدى استعملاته في الخلايا الشمسية

9.II. عامل إمتلاء الخلية FF :

$$FF = \frac{P_{\max}}{V_{oc} \cdot I_{cc}} = V_{\max} \cdot \frac{I_{\max}}{V_{oc} \cdot I_{cc}} \quad (6.I)$$

10.II. Le rendement : مردود الخلية الشمسية

ويعني كفاءة الاستهلاك الطاقة، وهي النسبة بين الطاقة القصوى الواردة من الخلية والطاقة الضوئية الساقطة ويرمز له ب η ويعطى بالعلاقة التالية :

$$\eta = \frac{P_{\max}}{P_{inc}} = FF \cdot I_{CC} \cdot \frac{V_{oc}}{P_{inc}} \quad (7.I)$$

III. بعض المقادير الفيزيائية للطاقة [21]:

❖ التدفق الطاقى Flux énergétique :

ورمزه Φ ووحدته في النظام الدولي للوحدات هي [W] وهو الإستطاعة المنبعثة من مصدر في كامل الفضاء في اتجاه التدفق.

❖ L'Emittance : الإنبعث

وهي نسبة التدفق المنبعث من سطح العنصر في جميع الإتجاهات ورمزها M ووحدته في النظام الدولي للوحدات

$[W.m^{-2}]$ ويعطى بالعلاقة التالية :

$$M = \frac{d\phi}{d\varepsilon} [W.m^{-2}] \quad (8.I)$$

حيث : $d\phi$ التدفق الطاقى و $d\varepsilon$ عنصر السطح.

والإنبعثية الطاقوية الإجمالية هي الكمية التي تسمح بمقارنة كثافة الطاقة المنبعثة من المصادر بدرجات مختلفة .

❖ الإضاءة Luminance:

يرمز لها ب L_{ox} ووحدتها في النظام الدولي $[W.m^{-2}.sr^{-1}]$ وتعتبر عن عنصر السطح $d\epsilon$ وفق المتجه OX من الزاوية $d\Omega$ بالنسبة للسطح، وتعطى

بالعلاقة التالية :

$$L_{ox} = \frac{d^2\phi_{ox}}{d\epsilon_n d\Omega} = \frac{d^2\phi_{ox}}{d\epsilon \cos(\theta) d\Omega} \quad (9.I)$$

$$[L_{ox}] = W.m^{-2}.sr^{-1}$$

❖ الشدة Intensité:

ويرمز لها ب I ووحدتها $[W.sr^{-1}]$. الإتجاه OX الذي يجعل الزاوية θ في وضعها الطبيعي N على سطحه هيئة إنبعائها اذا $d\phi_{ox}$ هو جزء من تدفق يشع في زاوية صلبة $d\Omega$ ، ووحدته قياسها هي الواط لكل زاوية صلبة وهي نفسها واط لكل ستراديان وتعطى بالعلاقة التالية :

$$I_{ox} = \frac{d\phi_{ox}}{d\Omega} \quad (10.I)$$

حيث : $d\Omega$ الزاوية الصلبة و $d\phi_{ox}$ التدفق الطاقى في المتجه OX .

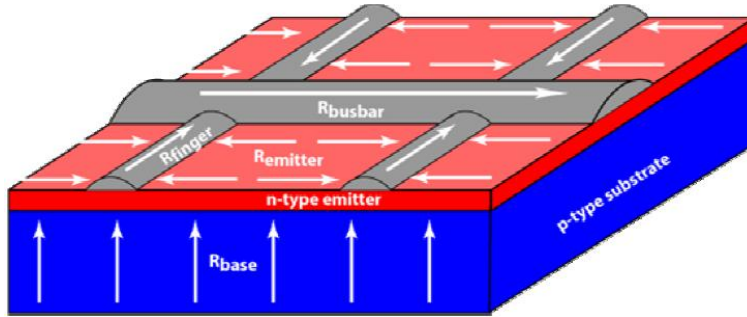
1.III.العوامل المؤثرة في الخلية الشمسية :

- الإمتصاص الغير كامل للفوتونات.
- الانعكاس على السطح.
- المقاومات المتوازية.
- تسلسل المقاومات.
- مردود التجميع.

• فائض الطاقة.

2.III. المقاومة المتسلسلة Résistance série :

إن للمقاومة التسلسلية في الخلية الشمسية لها تأثير في حركة التيار عبر قاعدة الخلية الشمسية، حيث أن في حالة الخلايا الكهروضوئية التقليدية يتم وضع الوصلة P-N في الوجه الامامي (المضاء).



الشكل (18.I): المقاومات التسلسلية للخلية الشمسية.

3.III. مقاومة الباعث Résistance de l'émetteur :

وتعطى بالعلاقة التالية :

$$R_e = \frac{R_{sheet} L^2}{12L^2} \quad (11.I)$$

حيث 1:المسافة بين السطور، L: ظلع الخلية و R مقاومة الباعث .

4.III. مقاومة الشبكة الأمامية Résistance de la grille face avant :

وتعطى على النحو التالي : (12.I)

$$R_{gav} = \frac{\rho_m L}{12dh}$$

الفصل الأول : عموميات حول الجرافين ومدى استعملاته في الخلايا الشمسية

حيث h هو ارتفاع خط المعدن، d هو عرض الخط، ρ_m مقاومة المعدن .

5.III. مقاومة التماس : Résistance de contact

تعتمد مقاومة التماس على مواد من اشباه الموصلات (Si و Ga As) وتطعيم (اضافة شوائب) من نوع n أو p

وترتكز على حساب المقاومة الكلية وتعطى بالعلاقة التالية :

$$R_t = 2R_C + \left(\frac{R_{sh} 1}{W} \right) \quad (13.I)$$

حيث R_{sh} : المقاومة المتوازية ، W : طول الناقل المعدني ، 1: المسافة بين كل ناقلين معدنيين ، R_C : مقاومة التماس .

III. 6. محاكاة مونتي كارلو: تتأسس طريقة مونتي كارلو على الحساب الرياضي لدوال المتغيرات العشوائية ، وهي

طريقة شائعة الاستعمال في جميع مجالات العلوم .

حيث تعتمد على استخدام الأعداد العشوائية و الاحتمالات الإحصائية في حل المسائل المختلفة [24] .

III.7. طريقة مونتي كارلو:

تستند الفكرة الأساسية لطريقة مونتي كارلو، على الاختيار العشوائي للهيئات، و حساب طاقة التفاعل أثناء ذلك [26] حيث

تستخدم هذه المحاكاة في [27]:

فيزياء الجسيمات، نظرية الحقل الكمومي، الفيزياء الفلكية، النمذجة الجزيئية .

إن استخدام طريقة مونتي كارلو لنمذجة المسائل الفيزيائية يسمح بدراسة الجمل المعقدة المولدة عشوائيا من عدد لا متناه من

الهيئات التي يمكن أن تشغلها الجملة.

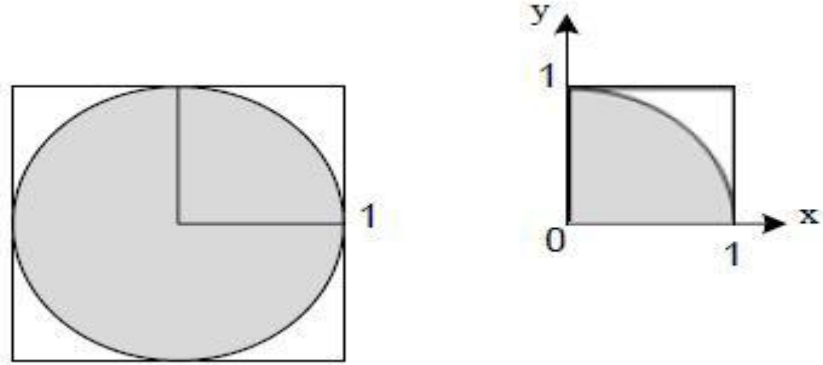
لتوضيح فكرة المحاكاة باستعمال طريقة مونتي كارلو المستندة على الأعداد العشوائية ، نطبق الطريقة في حساب قيمة π كمثال.

الفصل الأول : عموميات حول الجرافين ومدى استعملاته في الخلايا الشمسية

نعتبر أحد أرباع الدائرة المرسومة داخل المربع، كما في الشكل (25.I) [24].

نأخذ قيم عشوائية لكل من المتغيرين x و y محصور بين $[0, 1]$ ، تقبل الهيئات التي يتحقق فيها الشرط $X^2 + Y^2 \leq 1$.

إن مجموع الهيئات المقبولة تسمح بتقدير مساحة ربع الدائرة.



الشكل (19.I): تقدير قيمة π [24].

و يمكن تقدير قيمة π بالعلاقة التالية:

$$\pi = \frac{4 * \text{مساحة الربع المضلل من الدائرة}}{\text{مساحة المربع}} \quad (14.I)$$

8.III. خوارزمية مونتي كارلو Metropolis:

ابتكرها العالم Metropolis سنة 1953 هي طريقة ديناميكية تولد التوزيع الاحتمالي المرتكز على إحداثيات تحريك عشوائي

حيث:

- تسمح لنا بإجراء تغيرات عشوائية على نماذج معينة (عموما من عدد محدود من المتغيرات المستمرة أو المتقطعة التي تم تغييرها بشكل عشوائي).
- يسمح لنا بحساب الطاقة للجملية بالهيئة الجديدة.

الفصل الأول : عموميات حول الجرافين ومدى استعملاته في الخلايا الشمسية

- إذا كان للهيئة الجديدة طاقة أقل من طاقة الهيئة القديمة أو تساويها، أي $\delta E \leq 0$ ، فإن احتمال الهيئة الجديدة أكبر من احتمال الهيئة القديمة أو يساويه، و بالتالي فهي هيئة مقبولة، لأنه يوجد توجه نحو الطاقات الدنيا.
- أما إذا كان للهيئة الجديدة طاقة أكبر أي $\delta E > 0$ فإنه لقبولها يختار عدد عشوائي من المجال $[0.1]$ ويقارن بمعامل بولتزمان $\exp(-\delta E / KT)$
- فإذا كان هذا العدد العشوائي أقل من معامل بولتزمان فإن هذه الهيئة مقبولة، أما إذا كان أكبر منه فإن الهيئة الجديدة ترفض وتعاد الجملة إلى الهيئة السابقة [26].

الفصل الثاني:

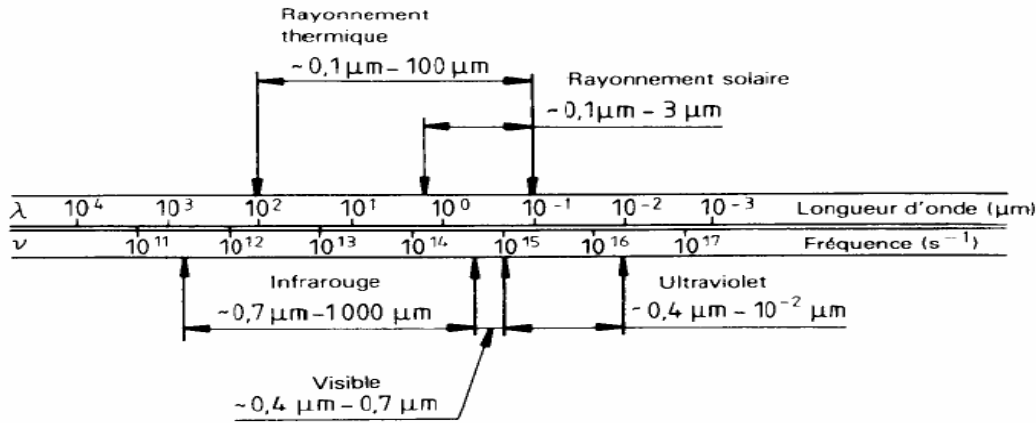
النمذجة العددية

II. المقدمة:

نقوم في هذا الفصل بمحاكاة الإشعاع الشمسي الذي تتلقاه خلية شمسية و نحسب الإلكترونات المتحررة بفعل الفوتونات كما نحسب الخسارة في عدد الفوتونات و في طاقتها اعتمادا على المحاكاة العددية باستعمال طريقة مونتج كارلو . نحاول في هذا العمل ابراز دور الجرافين في زيادة فعالية و مردود الخلية الشمسية. اقترحنا للحساب دالة احتمال لإختيار الطول الموجي للفوتونات الواردة الى سطح الخلية تتوافق مع قانون بلانك لإشعاع الجسم الاسود.

1.II. الظاهرة الفيزيائية:

إن كل فوتون يرد الى الخلية الشمسية بطاقة قدرها $h\nu$ حيث $\nu = c/\lambda$ وان الطول الموجي λ الذي ينتمي لمجال الإشعاع الشمسي (الشكل) و المرفق بكل فوتون يختار عشوائيا وفق دالة الاحتمال المتوافقة مع قانون بلانك لإشعاع الجسم الاسود و المبينة بالشكل (1.II).



الشكل (1.II): تغير الطول الموجي في مختلف مجالات الإشعاع.

يتم الحصول على منحى دالة الاحتمال انطلاقا من معادلة الآتية :

$$\Pr(\lambda) = \frac{U(\lambda, T)}{U(\lambda_0, T)} = \frac{\lambda_0^5}{\lambda^5} \frac{e^{\frac{hc}{\lambda_0 kT}} - 1}{e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1} \quad (1.II)$$

نختار طولاً موجياً عشوائياً λ في مجال الاشعاع الشمسي ; $(0.1\mu\text{m}-3\mu\text{m})$ و نختار قيمة عشوائية بين $y \in (0-1)$ فإذا كان $y \leq \Pr(\lambda)$ تكون الهئية المختارة مقبولة اما في الحالة العكسية اي $y \geq \Pr(\lambda)$ ترفض هذه الحالة .

2.II. الطاقة الواردة من الخلية الشمسية:

تم حساب الطاقة الواردة من الخلية الشمسية بالعلاقة التالية :

$$dE_{ph.cal} = \frac{E_L}{dt.ds} \quad (2.II)$$

حيث: E_L هي شدة الإضاءة في منطقة ورقلة، dt هي المدة الزمنية و ds تمثل مساحة سطح الخلية.

3.II. قيم الإضاءة في منطقة ورقلة:

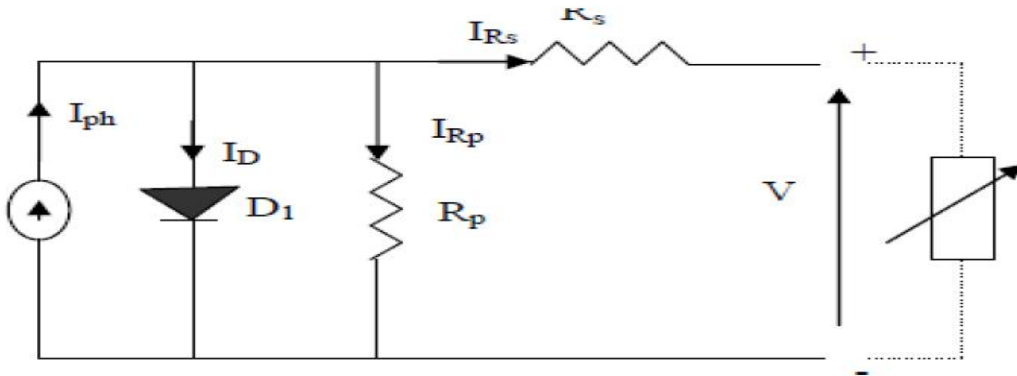
الجول (1.II): قيم الإضاءة في منطقة ورقلة حسب الاشهر .

الشهر	$E_L = [W / m^2]$
جانفي	637
فيفري	768
مارس	798
أفريل	987
ماي	1017

1014	جوان
997	جويلية
965	أوت
894	سبتمبر
780	أكتوبر
656	نوفمبر
591	ديسمبر

4.II. المنحنى المميز تيار - جهد (I-V) لخلية شمسية من الجرافين:

تسمى العلاقة ما بين الجهد المطبق على اقطاب الخلية والتيار المار بها مميزة تيار - جهد . ويوضح الشكل (؟؟؟؟) الدارة المكافئة للخلية الشمسية باعتبار المقاومة المتسلسلة والمتوازية .



وبتطبيق قانون كيرشوف على العقد A و B. حيث $R_p = R_{SH}$

$$I = I_{ph} - I_D - I_{SH} \quad (3.II)$$

$$I_{SH} = \frac{V_D}{R_{SH}} = \frac{V + R_s I}{R_{SH}} \quad (4.II)$$

$$V_D = R_{SH} I_{SH} = V + R_S I \quad (4.II)$$

$$I_D = I_0 \left(e^{\frac{qV_D}{nKT}} - 1 \right) \quad (5.II)$$

$$I = I_{ph} - I_0 \left(e^{\frac{q(V+R_S I)}{nKT}} - 1 \right) - \frac{V - R_S I}{R_{SH}} \quad (6.II)$$

حيث :

I_{ph} : التيار الضوئي.

V : الجهد المولد في الخلية .

R_S : المقاومة التسلسلية

R_{SH} : المقاومة على التوازي

T : درجة الحرارة المطلقة بالكلفن K حيث $(T=25 C^0)$

K : ثابت بولتزمان حيث $K_B = 1.38 \times 10^{-23} J/S$

q : شحنة الإلكترون ($q=1.6 \times 10^{-19}$)

I_0 : تيار التشبع و n عامل مثالي للديود.

5.II. قانون بلانك (Équation de plank) :

يصف قانون بلانك لتوزيع الطاقة الكهرومغناطيسية المنبعثة من الجسم الأسود عند درجة الشمس على سطح الأرض بالعلاقة

التالية :

$$U(\lambda, T) = \frac{8\pi h^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\frac{hc}{\lambda KT}} - 1} \quad (8.II)$$

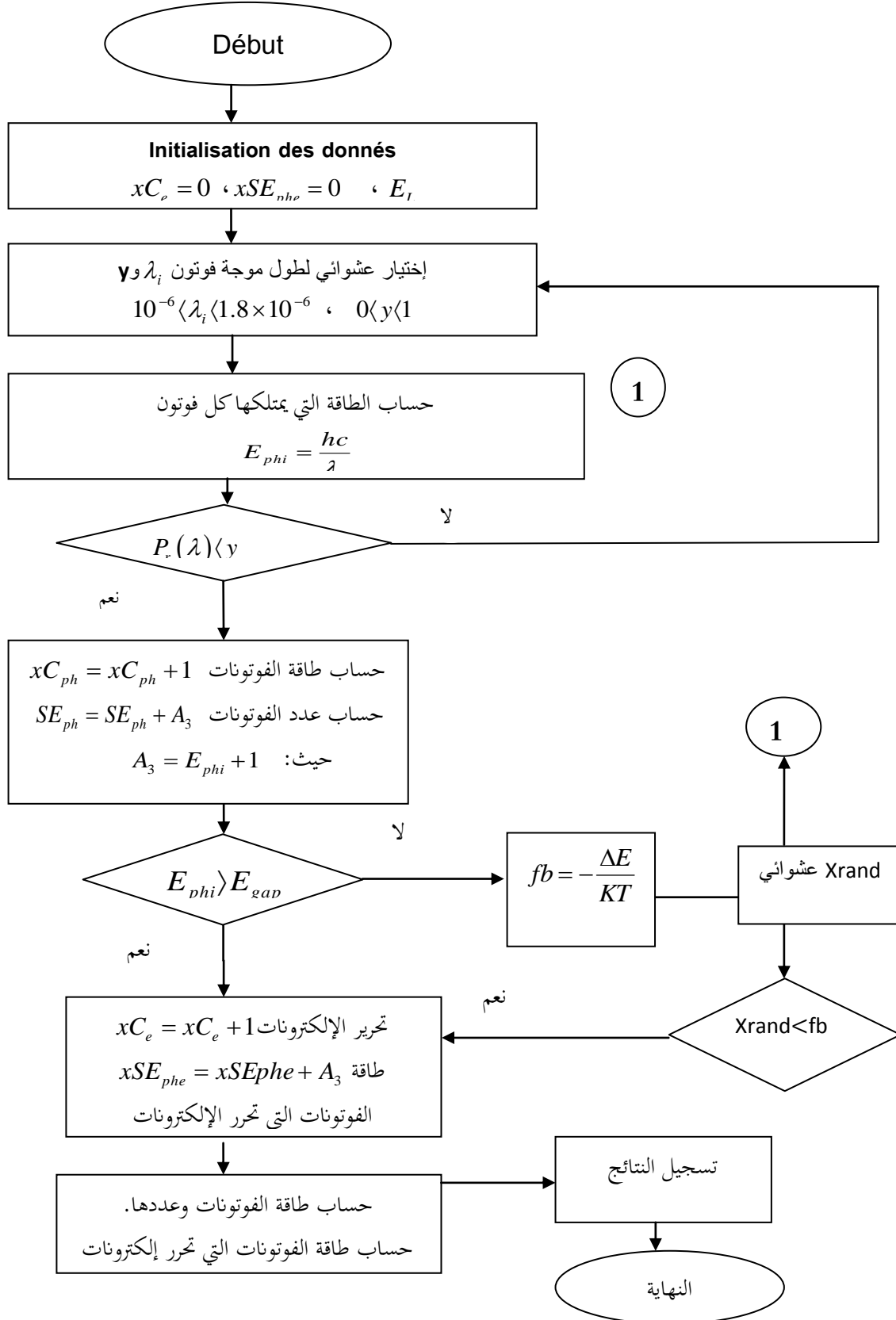
C : سرعة الضوء ($3.10^8 m/s$).

T : درجة حرارة الشمس على سطح الأرض وتعطى ب $T = 5800k$.

$h = 6.26 \cdot 10^{-23} \text{ J}\cdot\text{s}$ ثابت بلانك

λ : الطول الموجي ب μm .

6.II. مخطط حساب طاقة الفوتونات و عددها:



الفصل الثالث:

مناقشة وتحليل النتائج

III. مقدمة:

في هذا الفصل نعرض نتائج محاكاة الإشعاع الشمسي المؤثر على خلية شمسية تشتمل على الجرافين. استعملنا المحاكاة بطريقة مونت كارلو، قمنا بحساب الإلكترونات المتحررة بفعل الفوتونات وكذا الخسارة في عدد الفوتونات وطاقاتها. إعتدنا في ارفاق الطول

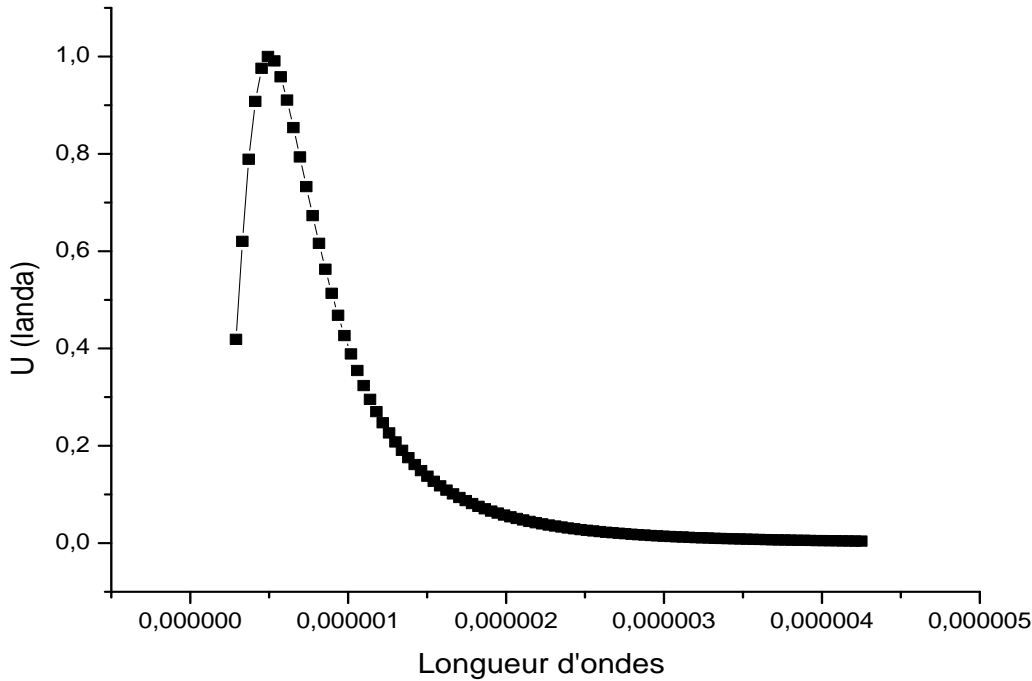
الموجي لكل فوتون على دالة إحتمال تتوافق مع قانون بلانك لإشعاع الجسم الأسود. قمنا أيضا بإيجاد المنحنى المميز تيار - جهد

للخلية ودراسة تأثير فعل كومبتون على الخسارة في عدد الفوتونات وطاقاتها وإبراز دور الجرافين في زيادة كفاءة الألواح الشمسية .

1.III. دالة الإحتمال لطول الموجي:

من قانون بلانك لإشعاع الجسم الأسود و بالقسمة على الكثافة الطيفية لإشعاع عند طول موجي أعظمي نحصل على دالة

الإحتمال موضحة في الشكل (1.III) :



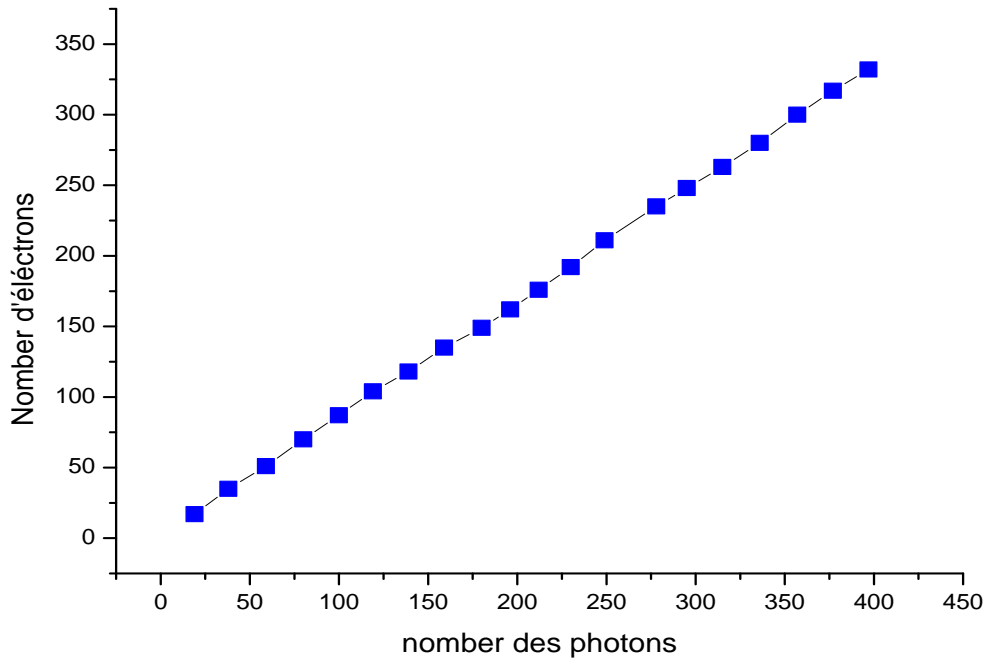
الشكل (1.III): منحنى دالة الإحتمال.

منحنى دالة الاحتمال لاختيار الطول الموجي المرفق بكل فوتون ، حيث أن دالة الاحتمال تتوافق مع قانون بلانك لإشعاع

الجسم الأسود التي تتغير من 0 الى 1 وهذا يتوافق مع قوانين الإحتمال .

2.III. عدد الفوتونات بدلالة عدد الإلكترونات :

قمنا بإرفاق كل فوتون بطول موجي معين. يبين الشكل (2.III) تغير عدد الفوتونات بدلالة عدد الإلكترونات.



الشكل (2.III) : عدد الفوتونات بدلالة عدد الإلكترونات .

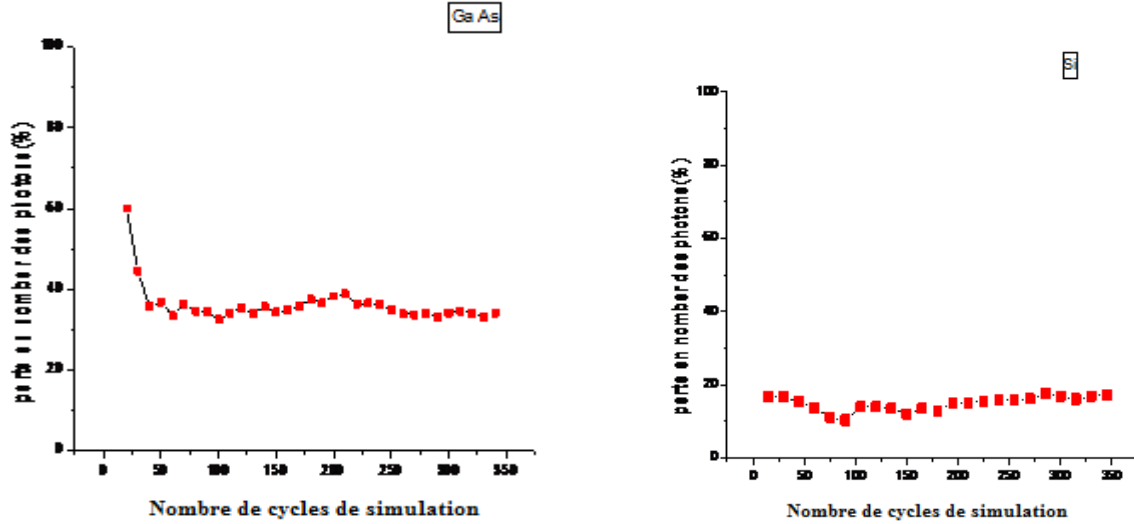
ان زيادة عدد الفوتونات يرافقه زيادة في عدد الإلكترونات المتحررة حيث نلاحظ ان المنحنى يتغير بدالة خطية تمر بالمبدأ من

الشكل $e_{lib} = \alpha N_{ph}$ حيث α هو ميل المستقيم :

$$\alpha = 0.85 .$$

3.III. الخسارة في عدد الفوتونات :

وفق المخطط الموجود في المحور الثاني قمنا بحساب الخسارة في عدد الفوتونات وفي الطاقة لخلية (Ga As) وخلية (Si) وقنا بالمقارنة بينهما .



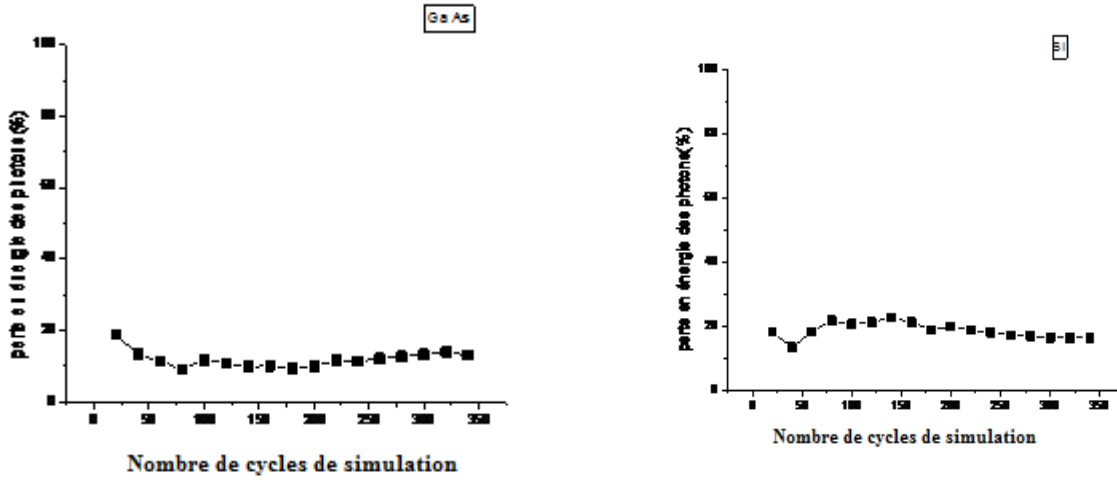
الشكل (3.III): الخسارة في عدد الفوتونات يمينا لخلية (Si) و يسارا لخلية (Ga As) .

نلاحظ شبه ثبات في الخسارة في عدد الفوتونات لكنتا الخليتين حيث خسارة خلية (Ga As) أكبر خسارة خلية (Si) وتقدر

حولي 40% وخسارة الفوتونات بالنسبة لخلية السيلسيوم تقدر ب 18.5 % حيث أعطيت الخسارة في عمل DJAADI

18.5% soumaia ومنه خلية (Si) أحسن كفاءة من (Ga As) [30].

4.III. الخسارة في طاقة الفوتونات:

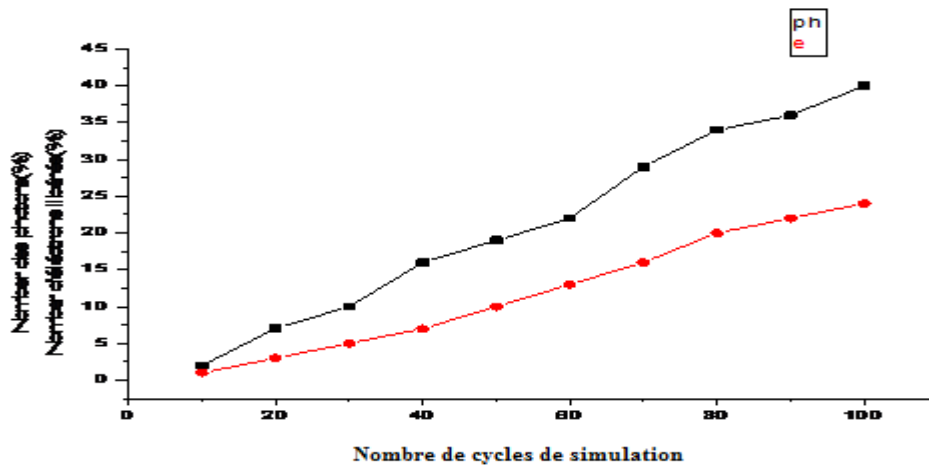


الشكل (4.III): الخسارة في طاقة الفوتونات يمينا لخلية (Si) و يسارا لخلية (Ga As).

تقدر الخسارة في طاقة الفوتونات في خلية (Si) ب 20% و في خلية (Ga As) ب 19 %.

5.III. عدد الفوتونات وعدد الإلكترونات المتحررة :

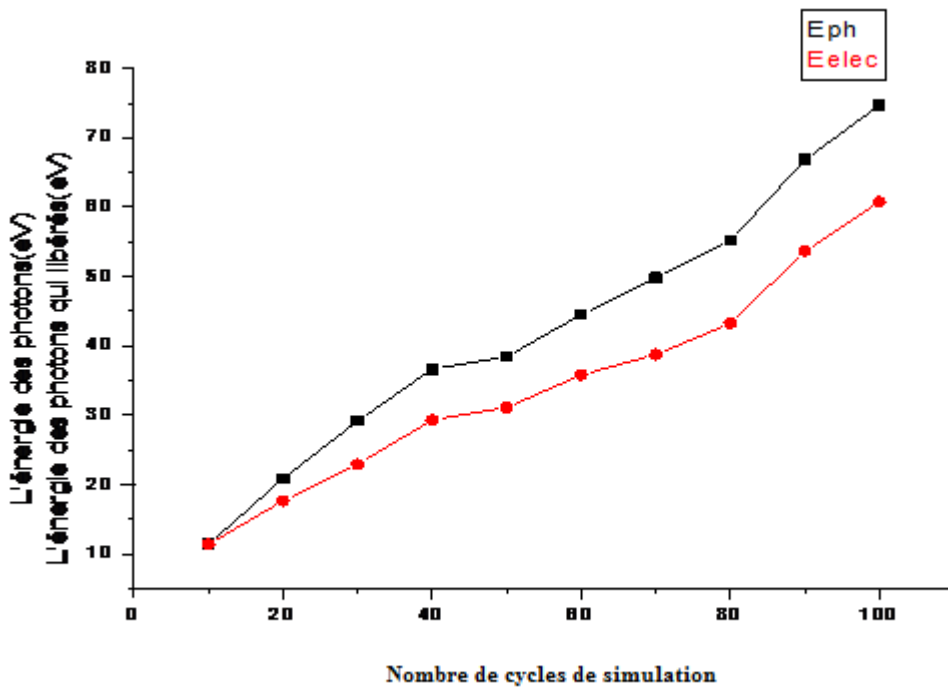
وفق المخطط الموجود في المحور الثاني قمنا بحساب عدد الفوتونات وعدد الإلكترونات المتحررة .



الشكل (5.III): تغير عدد الفوتونات وعدد الإلكترونات المتحررة خلال المحاكاة.

نلاحظ زيادة في عدد الفوتونات وعدد الإلكترونات المتحررة خلال المحاكاة اي عند زيادة عدد دورات المحاكاة و هذه النتيجة منطقية و متوقعة. نلاحظ أيضا أن عدد الفوتونات أكبر من عدد الإلكترونات المتحررة و هذا ايضا منطقيا و متوقعا فليس كل فوتون يستطيع تحرير الكترول.

6.III. طاقة الفوتونات كلها وطاقة الفوتونات المحررة للإلكترونات:



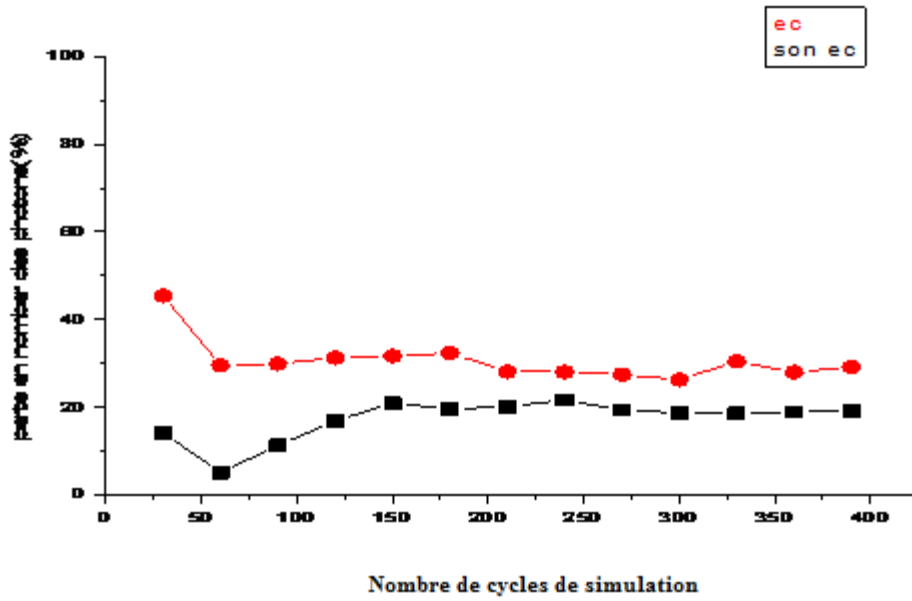
الشكل (6.III):طاقة الفوتونات بدلالة محاكاة .

نلاحظ زيادة في طاقة الفوتونات وطاقة الفوتونات المحررة للإلكترونات المتحررة خلال المحاكاة اي عند زيادة عدد دورات المحاكاة

7.III. فعل كومبتون:

1.7.III. تأثير فعل كومبتون على عدد الفوتونات :

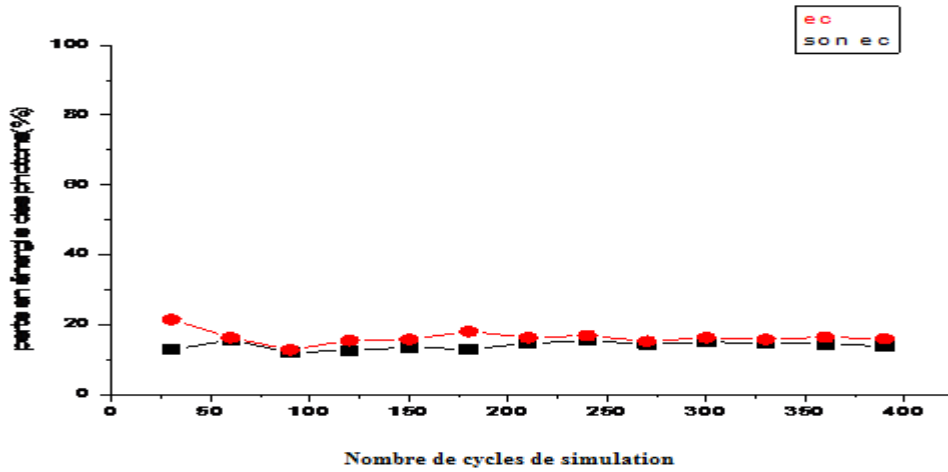
باعتبار أن الفوتونات تتأثر بالإلكترونات على سطح الخلية فإن تأثير فعل كومبتون نتيجة لتصادم الفوتون بالإلكترون فيتسبب هذا بنقصان الطاقة يقابله زيادة في الطول الموجي .



الشكل (4.III): تأثير فعل كومبتون على عدد الفوتونات.

نلاحظ نقصان طفيف ثم ثبات في كلتا المنحنيين (بتأثير فعل كومبتون على عدد الفوتونات وبدون تأثير فعل كومبتون) وهذا بزيادة عدد دورات المحاكاة حيث يزيد فعل كومبتون من الخسارة في عدد الفوتونات ب 5% على نتيجة الخسارة في عدد الفوتونات بدون تأثير فعل كومبتون.

2.7.III. تأثير فعل كومبتون على الخسارة في طاقة الفوتونات:



الشكل (5.III): تأثير فعل كومبتون على الخسارة في طاقة الفوتونات .

نلاحظ شبه تطابق في المنحنيين ووجود اختلاف طفيف في تأثير فعل كومبتون وهذا يعني ان ظاهرة كومبتون لها تأثير ضعيف على عدد الفوتونات وليس لها تأثير على الخسارة في طاقة الفوتونات وهذا يمكن تفسيره على ان الفوتونات المفقودة و الضائعة بفعل كومبتون تكون غالبا ذات طاقات صغيرة .

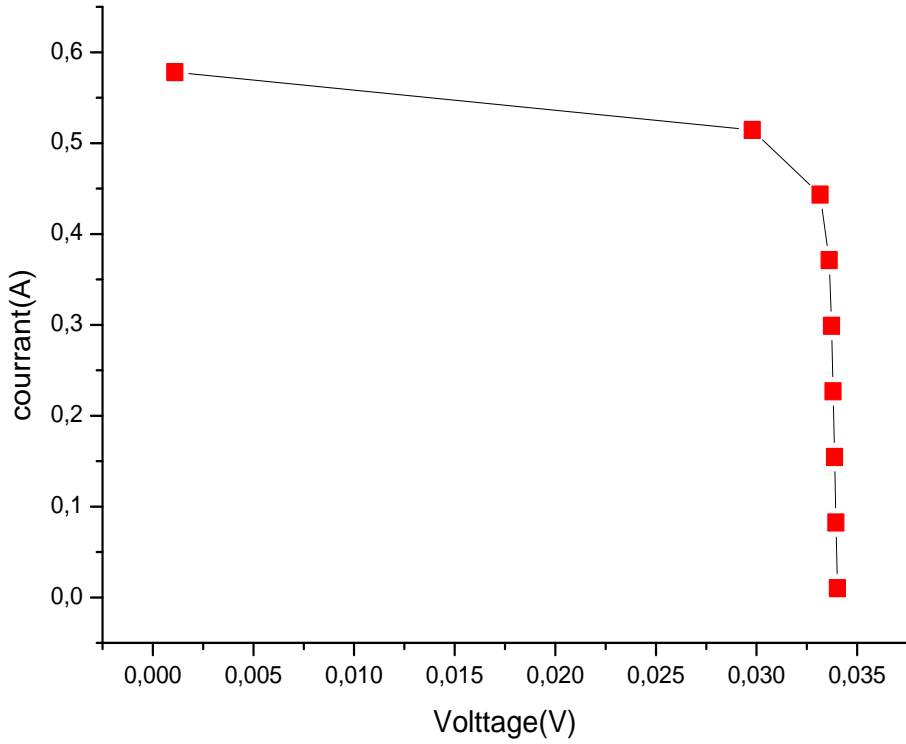
8.III. المنحنى المميز تيار - جهد :

توصف مميزة تيار- جهد للخلية الشمسية بالمعادلة الآتية :

$$I = I_{ph} - I_0 \left(e^{\frac{q(V+R_S I)}{nKT}} - 1 \right) - \frac{V - R_S I}{R_{SH}} \quad (1.III)$$

الجدول (1.III): قيم الثوابت معادلة المنحنى المميز تيار - جهد [10].

R_s	R_{sh}	N	I_0	I_{ph}
$\in [0.1 - 0.4]\Omega$	$\in [1000 - 10000]\Omega$	1.3	10^{-9}	$34.02 \times 10^{-9} A cm^{-2}$



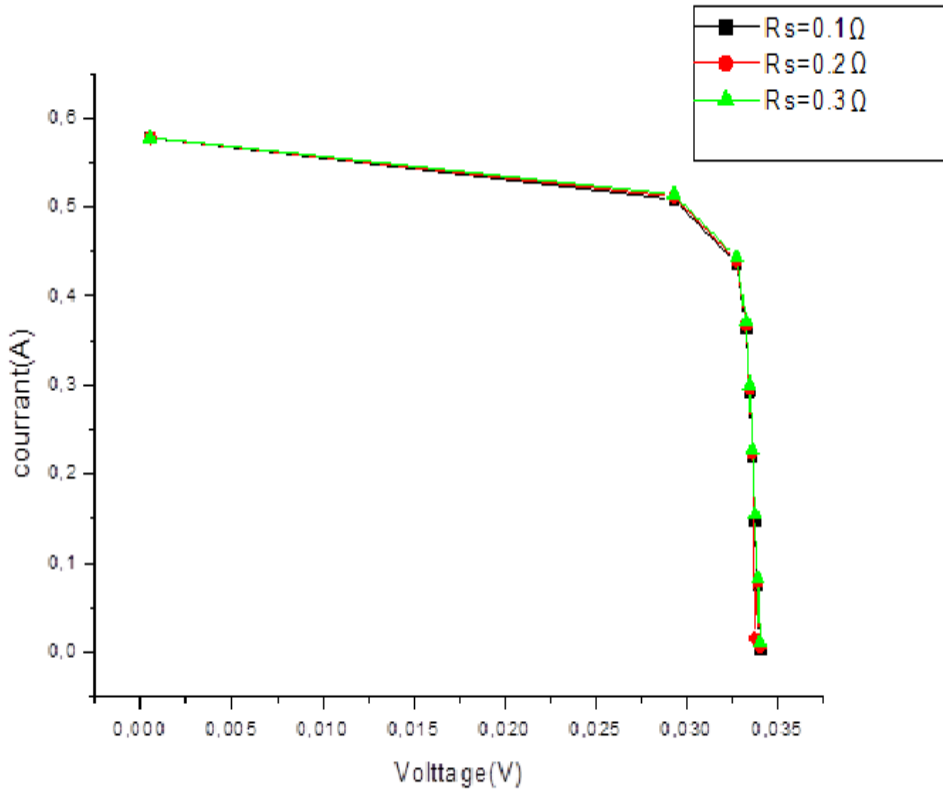
الشكل (6.III): منحنى مميز تيار - جهد.

نلاحظ تناقص في شدة التيار مع تناقص الجهد في مرحلتين بين 0.03-0 ثم تناقص أشد للتيار بين 0.03-0.032 ثم في

المرحلة الثالثة يتناقص التيار حتى الانعدام عند جهد يقدر ب 0.032 volt .

1.8.III. تأثير المقاومات التسلسلية R_S على المنحنى المميز تيار- جهد :

من أجل المقاومات $R_S = 0.1\Omega$ ، $R_S = 0.2\Omega$ ، $R_S = 0.3\Omega$



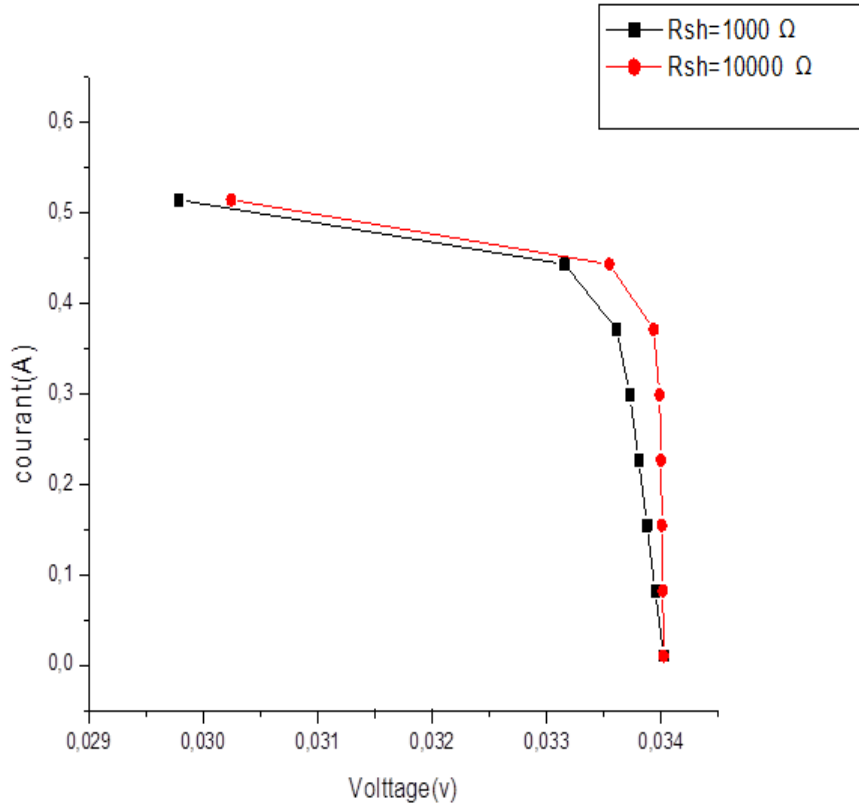
الشكل (7.III): تأثير المقاومات على منحنى المميز .

نلاحظ تطابق في المنحنيات الثلاثة وهذا دليل أن المقاومات التسلسلية ليس لها تأثير على منحنى المميز تيار _ جهد مهما

اختلفت قيم R_S .

2.8.III. تأثير المقاومات الموازية R_{sh} على المنحنى المميز تيار - جهد:

من أجل المقاومات $R_{sh} = 10^4\Omega$ و $R_{sh} = 10^3\Omega$



الشكل (8.III): تأثير المقاومات الموازية على المنحنى المميز .

تؤثر المقاومات الموازية على منحنى المميز تيار - جهد، حيث نلاحظ تناقص في التيار وإختلاف ضئيل في المنحنيين دليل على أن المقاومات الموازية تؤثر على منحنى تيار - جهد.

9.III. تأثير شدة الإضاءة على كثافة التيار J_{PH} :

قمنا بحساب الشحنة q المحررة باستعمال محاكاة مونت كارلو ثم قمنا بتقدير كثافة التيار التي توافق شدة اضاءة ما في منطقة ورقة و كانت النتائج كالتالي :

الجدول (1.III): نتائج كثافة التيار بتأثير الإضاءة في منطقة ورقلة :

الأشهر	$E_L = [W / m^2]$	$J_{PH} (A.cm^{-2})$
جانفي	637	16.95
فيفري	768	18.98
مارس	798	21.61
أفريل	987	27.94
ماي	1017	35.80
جوان	1014	33.16
جويلية	997	31.46
أوت	965	32.34
سبتمبر	894	23.27
أكتوبر	780	21.28
نوفمبر	656	16.18
ديسمبر	591	14.70

نلاحظ من خلال جدول النتائج وجود تناسب طردي بين شدة الإضاءة وكثافة التيار فكلما كانت الإضاءة كبيرة (ماي، جوان) تكون كثافة التيار كبيرة .

10.III. دور الجرافين في زيادة فعالية الخلية الشمسية:

1- ان لمادة الجرافين طاقة فجوة معدومة مما يعني ان كل فوتون يصلها يكون نظريا قادرا على تحرير الكترول.

2- من خصائص الجرافين ان حركية الالكترونات فيه كبيرة $2.10^5 \text{ cm}^2 \cdot \text{v}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ و هذا ما يجعله من افضل المواد التي تستعمل كمواد ملتقطة للإلكترونات المحررة.

3- تتغير عدد المواقع لذرات الكربون في الجرافين وفق العلاقة التالية :

$$N = 3 \left(\frac{S_{tot}}{S} - 2 \right) + 10 \quad (2.III)$$

حيث : S_{tot} مساحة الركيزة و تأخذ 1 cm^2 ، S مساحة خلية واحدة سداسية للجرافين تقدر ب $0.036 \times 10^{-14} \text{ cm}^2$

حيث كل موقع يوافق ذرة كربون في الجرافين ، وكل ذرة قادرة على تحرير إلكترون واحد مما يجعل عدد الإلكترونات المحررة تزيد بزيادة عدد المواقع لذرات الكربون في الجرافين (زيادة مساحة الجرافين). و يمكن أن يكون عدد الإلكترونات المحررة أكبر من العدد المحسوب سابقا بالمحاكاة.

4- باعتبار أن الفوتون الواحد يمكن أن يحرر أكثر من إلكترون [29] يتضاعف عدد الالكترونات المحررة مما يزيد من فعالية الخلية الشمسية .

نتيجة:

إن وضع طبقة من الجرافين على خلية شمسية يرفع كثيرا من فعالية الخلية، وذلك بزيادة عدد الإلكترونات المحررة وكذلك برفع كفاءة التقاط الإلكترونات المحررة.

الخلاصة العامة

الخلاصة العامة

تم عزل مادة الجرافين من الجرافيت مؤخرا في سنة 2004م، و أصبح محط إهتمام الكثير من العلماء نتيجة الخصائص التي تمتلكها هذه المادة، مما جعلها مادة إستثنائية. حيث طبقت في مجالات عديدة منها الخلايا الشمسية أو الفولطية. ان الطاقة الشمسية هي من اهم الطاقات المتجددة النظيفة التي تصل الى سطح الأرض عن طريق الأشعة الشمسية ، والتي يمكن تحويلها الى طاقة كهربائية و حرارية من خلال آليتي التحويل الكهروضوئي و التحويل الحراري.

في هذه المذكرة قمنا بدراسة خلية شمسية تحوي الجرافين حيث تقدر طاقة فجوة طبقة الجرافين صفر $E_{gap} = 0eV$ و قمنا أيضا بإبراز أنواع أخرى للخلايا الشمسية. أنجزنا في هذا العمل حساب عددي بلغة الفورترون و باستعمال محاكاة مونتني كارلو بحسب الإلكترونات المتحررة بفعل الفوتونات، وكذا الخسارة في عدد الفوتونات وطاقتها، قمنا كذلك بدراسة تأثير (تفاعل الالكترونات و الفوتونات) المسمى فعل كومبتون على عدد الفوتونات وطاقتها، و قمنا بتأثير شدة الإضاءة في منطقة ورقة علة كثافة التيار، كما حاولنا إبراز دور الجرافين في زيادة فعالية الألواح الشمسية قمنا كذلك بإيجاد المنحنى المميز تيار-جهد لهذه الخلية الشمسية حيث أبدت النتائج التي تحصلنا عليها توافق مع بعض الاعمال [29] .

يمكن إجراء دراسات أكثر تعمقا على هذا النوع من الخلايا من طبقة الجرافين أو من طبقات أخرى ثنائية الأبعاد من حيث مدى تأثير عدد الفوتونات على كثافة التيار(التأثير الكمي)، كما يمكن إجراء دراسات تجريبية تتعلق بإنتاج الجرافين و دراسة تأثير مختلف الشروط الفيزيائية على الخصائص الكهربائية لهذه الخلية.

المراجع

المراجع

- [1] Harder ,Better,Faster,Stronger ; "La Recherche Britannique Sur Le Graphene "; Science et Technologie au Royaume-Uni(2013).
- [2] بزيو حليلة ،"ماهمة في دراسة توضع الجرافين بتقنية الترسيب الكيميائي CVD "مذكرة ماستر جامعة ورقلة (2015).
- [3]A.Balandin,S.Ghosh,W.Bao,I.Calzo ,D.Teweldebrhn,F.Miao,C.Ninglai ;"Superior Thermal Conductivity of Single-Layer Graphene "; Nano Letters ;Vol.8 ; N.3 ;pp 902-907(2008).
- [4] Cecilia Mattevi ,Hok Wonkin ,Manishchowalla ;"A review of chemical vapour deposition of graphene on copper ";The Royal Society of chemistry ;Vol.21 ; pp 3324-3334(2011).
- [5]R.R.Nair,P.Balake,A.N.Grigorenka,K.S.N.ovezelov ,T.J.Booth,T.Stauber, N.M.R.Pers ,A.K.Geim ; "Fine structure constant defines visual transparency of graphene ";Science ;Vol.320 ;(2008).
- [6] A.H.Castro Neto,F.Guinea,N.M.R.Peres,K.S.Nevelov and A.K.Geim ;"The electronic properties of graphene ";Reviews of modern physics ; Vol.81 ;(2009).
- [7] Sonnath and Richa kumar ;"A Review on the Properties and Applications of Graphene ";Journal of Material Science and Mechanical Engineering ;No.10 ; Vol.2 ;pp 70-37(2015).
- [8] O.Babahani ;"Simulation numérique par la méthode de Monte Carlo de la déposition de couche minces par procédés CVD ";Thèse de Doctorat ; Université Kasdi Merbah ;(2013).
- [9] T.Kuilla,S.Bhadra,D.Yao,N.Hoonkin ,S.Bose,J.Heehee ; "Recent advances in graphene based polymer composites ";progress in polymer science ; pp 1350-1375 (2010).
- [10] A. Zerga, F. Benyarou et B. Benyoucef Institut de Physique - Laboratoire de Physique Energétique et Matériaux Université de Tlemcen, B.P. 119, 13000 Tlemcen (2010)
- [11] Cohen-Tanugi,David,Grossman,C.Jeffrey ;"Water Desalination across Nanoporous Graphene ";Nano Letters ; No.7 ; Vol.12 ;pp 3602-3608 (2012).
- [12] Z.Yin,S.Wu ,X.Zhou,X.Huang,Q.Zhang,F.Boey,H.Zhang ; "Electrochemical Deposition of ZnO Nanorodson Transparent Reduced Graphene Oxide Electrodes for Hybrid Solar Cells "; Small ;No.2 ; Vol.6 ;pp 307-312 (2010).
- [13] H.Kamelia ;"Modélisation d'une cellule photovoltaïque :étude comparative "Mémoire De Magister Université Tizi-Ouzou(2012).
- [14] S.Alem-Boudjemline ;"Réalisation en caractérisation des cellules photovoltaïque plastique ";Thèse de Doctorat ;Université D'angers(2004).

المراجع

- [15] مسعودي الضاوية، "تأثير مخروط عاكس على تركيز مركز شمسي"، مذكرة أكاديمية جامعة قاصدي مرياح ورقلة (2001).
- [16] ميموني إيمان، "مساهمة في دراسة الطبقات الرقيقة للخلايا الشمسية a-Si:H و a-Si المرسبة بتقنية PECVD" مذكرة ماستر جامعة ورقلة (2016).
- [17] البهلول اليعقوبي "الكتاب حول العناصر الإلكترونية ثنائي شبه موصل (1987).
- [18] B.Xinming Li,H.Zhu ,K.Wang,A.Cao,J.Wei,C.Li,Y.Jia,Z.Li,D.W ; "Graphene-on-Silicon Schottky Junction Solar Cell ";Vol.22 ;pp 2743-2748(2010).
- [19] Aloine Selmi ; "L'influence des impuretés sur les coefficients des transports "Mémoire De Master Université Tunis-EL MANAR(2011).
- [20] M.Cerniak-reczulska,A.Niedzielska,A.Jedrjczak ;"Graphene as a material for solar cells application ";Advances in material science ;N.4(46) ; Vol.15 (2015).
- [21] I.U.T.de Sait-Omer Dunkerque "Cours de Rayonnement "Olivie PERROT (2010-2011).
- [22] S.Oussidhoum ; "Etude comparative de performance de cellules solaire à jonction simple et multiple ";Mémoire de magister ;Université mouloud mammeri de Tizi-ouzou (2015).
- [23] K.AMARA ; "Contribution à l'étude de conception d'une central photovoltaïque de puissance (1MW) interconnectée au réseau de distribution électrique moyenne tension ";Mémoire de magister ;Université mouloud mammeride de Tizi-ouzou (2014-2015).
- [24] قريشة سلسمة، "مساهمة في دراسة توزيعات المشتقات الفضائية للحقول الكهربائية الموضوعية في البلازما" مذكرة ماجستير جامعة قاصدي مرياح ورقلة (2008).
- [25] MOHAMED OULED SALEM ; "Analyse ,Modélisation et Simulation des Perts dans un Module Photovoltaïque à Base de Silicium Monocristallin ";Mémoire de Magister ;Université Abou Baekar Belkaid-Tlemcen (2009-2010).
- [26] شبحي اسماعيل، "حساب دوال توزيع الحقل الكهربائي الموضوعي ومشتقاته داخل البلازما، باستخدام المحاكاة العددية مونتي كارلو: تطبيق على طيف الهيليوم" مذكرة دكتوراه جامعة منتوري -قسنطينة (2005).
- [27] S.Hadjadj ;" calcul par la méthode de Mont Carlo des probabilités de la réactivité à la surface lors de la déposition d'une couche mince a-Si:H par le procédé PECVD";Mémoire de master; Université de ouargla (2015).
- [28] M.Olivier;" Développement de la croissance de graphène par CVD sur cobalt, analyses morphologique et structurale " ; thèse de doctorat de l'université Paris-Saclay, préparée au NIMBECEA-CNRS UMR 3685 (2015).

المراجع

[29] <http://isias.transition89.lautre.net...30/4/> 2017

[30] S.Djaadi; "Caractérisation d'une cellule photovoltaïque de silicium polycristallin ";Mémoire de master ; Université Kasdi Merbah (2012).

ملخص:

الجرافين من المواد المكتشفة حديثاً، وهو يمتلك خصائص إستثنائية جعلته محط إهتمام الباحثين و الصناعيين. استعمل الجرافين في مجالات عديدة منها الخلايا الشمسية حيث يسعى العلماء الى تحسين مردودها وفعاليتها. نَتم في هذه العمل بدراسة خلية شمسية من الجرافين. إقترحنا في هذا العمل حساب عددي بلغة الفورترن و استعملنا محاكاة مونتج كارلو لحساب الخسارة في عدد الفوتونات وطاقتها. كانت بعض نتائجنا متوافقة مع أعمال أخرى. ودرسنا تأثير الإلكترونات على خسارة الفوتونات "فعل كومبتون". هذا العمل هو خطوة اولي في ابراز دور الجرافين في زيادة فعالية و مردود الألواح الشمسية.

الكلمات المفتاحية: الجرافين، خلية شمسية، وصلة P-N، محاكاة مونتج كارلو.

Résumé :

Le Graphène est un matériau récemment découvert. Il possède des propriétés exceptionnelles. Il est devenu le matériau qui retient l'attention des chercheurs et des industriels. Le Graphène peut être utilisé dans plusieurs applications, il est utilisé dans les cellules solaires où les chercheurs cherchent à améliorer ses rendements et ses efficacités. Dans ce travail nous étudions une cellule solaire de Graphène. Nous utilisons la simulation de Monte Carlo et le langage Fortran pour calculer la perte en nombre de photons et en l'énergie. Quelques résultats sont en accord avec d'autres travaux. Nous étudions aussi l'effet des électrons sur la perte des photons « effet Compton ». Ce travail mis en évidence le rôle du Graphène dans l'augmentation de l'efficacité et du rendement des panneaux solaires.

Mots de clefs : Graphène, cellule solaire, Jonction P-N, Simulation Monte Carlo.

Summary :

Graphene is a newly discovered material. It has exceptional properties. It has become the materi that catches the attention of researchers and industrialists. The graphene can be used in sever applications, it is used in solar cells where researchers seek to improve their yields and efficiencys. In th work we study a solar cell of Graphene. We use the Monte Carlo simulation and the Fortran language calculate the loss in photons and in the energy. Some results are in agreement with other works. We al study the effect of electrons on the photon loss "Compton effect". This work highlighted the role Graphene in increasing the efficiency and yields of solar panels.

Key words : Graphene, solar cell, P-N Junction, Monte Carlo Simulation.