دراسة تأثير ضوء ليزر (هليوم – نيون) على خواص الخلية الشمسية وأدائها

تغريد محمود يونس
قسم الفيزياء / كلية التربية
جامعة الموصل

الاستلام	القبول
2008 / 03 / 03	٢٠٠٩ / 02 / 16

ABSTRACT

The present study tackles the effect of He – Ne laser light on the electric characteristics and the performance of Si - solar cell. A He – Ne laser light of (λ = 632.8 nm) wavelength and (1mW) power has been used to irradiate the solar cells in two modes: continuous wave (cw) and discontinuous at chopper frequency (25 Hz) at different periods of time of irradiation. Measurements of I–V at experimental solar radiation intensity of (40.6 mW/cm^2) have been made at room temperature. In these measurements the short circuit current (I_{sc}), the open circuit voltage (V_{oc}), and the fill factor (FF) have been studied, then the efficiency of the solar cell has been found. The results have shown that the solar cells irradiation by the continuous laser light led to inconsistent increase in the values of cell performance parameters, i.e. the value of I_{sc} is higher than its original value before irradiation, in addition to the increase in the cell efficiency as the time of irradiation increases. On the contrary, we have noticed that these values have increased when the cells are irradiated by the discontinuous laser light.

الملخص:

يتناول هذا البحث دراسة تأثير ضوء ليزر (هليوم – نيون) على الخواص الكهربائية للخلايا الشمسية السليكونية وأدائها. حيث تـم اسـتخدام ضـوء ليـزر ذي طـول مـوجي (λ=632.8nm) وقدرة (1mW) لغرض تشعيع الخلايا الشمسية, وتم ذلك باستخدام أسـلوبين في التشعيع الأسلوب المستمر والأسلوب النبضي (25Hz) وبأزمان مختلفـة. وقـد أجريـت

قياسات (I-V) عند شدة إشعاع شمسي مختبري مقداره ($40.6\ mW/cm^2$) وعند درجة حرارة الغرفة(30ºC). ومن هذه القياسات تم دراسة كل من تيار الدائرة القصيرة (I_{sc}) وفولتية الدائرة المفتوحة (V_{oc}) وعامل الملء (FF) ومن ثم إيجاد كفاءة الخلية الشمسية. وقد أوضحت النتائج إن تشعيع نماذج الخلايا الشمسية بضوء ليزر He – Ne بالأسلوب المستمر أدى إلى زيادة متغيرة في قيم معالم خرج الخلية، إذ ازدادت قيمة تيار الدائرة القصيرة عن قيمته الابتدائية قبل التشعيع كما ازدادت كفاءة الخلية الشمسية مع زيادة زمن التشعيع في حين لاحظنا أن هذه القيم تناقصت في حالة تشعيع الخلايا بضوء الليزر بالأسلوب النبضي.

١- المقدمة:

الخلية الشمسية نبيطة Device يعتمد مبدأ عملها على ظاهرة التأثير الفوتوفولتائي Photovoltaic Effect لتحويل الأشعة الشمسية إلى طاقة كهربائية بصورة مباشرة. ونظراً لاستخداماتها الكثيرة في الوقت الحاضر ومنها بشكل أساسي للأغراض الفضائية وهذا يجعلها عرضه إلى أنواع عديدة من الإشعاعات مثل جسيمات ألفا وبيتا والنيوترونات والبروتونات والالكترونات وكذلك الأشعة الكهرومغناطيسية والتي تشمل أشعة كاما مما يؤثر على أداء هذه الخلايا. إذ تؤثر هذه الإشعاعات على خواص الخلية الشمسية والتي تحددها معالم خرج الخلية والمتمثلة بتيار الدائرة القصيرة (I_{sc}) Short circuit current وفولتية الدائرة المفتوحة (V_{oc}) Open circuit voltage وعامل الملء Fill Factor (FF) ومن ثم كفاءة تحويل الطاقة للخلية (η) [2]. لذلك تناول عدد من الباحثين دراسة تلك التأثيرات ومن بينهم الحمداني وجماعته [3] الذين لاحظو إن الخواص الكهربائية للخلايا الشمسية السلكونية الأحادية البلورة تتأثر بأشعة كاما المنبعثة من المصدر المشع (CO^{60}) لمدى من الجرعات الإشعاعية يتراوح بين (20.72 KGY-0.5KGY) وأوضح في دراسته إن زيادة جرعات الإشعاع تؤدي إلى زيادة لاخطية في القيم العظمى للتيار (I_m) كما تزداد القيم العظمى للفولتية (V_m) وكذلك يزداد كل من تيار الدائرة القصيرة (I_{sc}) وفولتية الدائرة المفتوحة (V_{oc}) مما يؤدي إلى زيادة كفاءة الخلية (η).

أما الباحث الحديثي [1] فقد وجد أن استخدام أشعة كاما في تشعيع الخلايا الشمسية السليكونية يكون مفيدا خاصة عندما تكون فترة التعرض للإشعاع قصيرة، بمعنى إن الجرعة الإشعاعية الممتصة قليلة، إذ يعمل الإشعاع بمثابة عملية تلدين (Annealing) الأمر الذي يساعد في تقليل كثافة العيوب التي تتأثر بالإشعاع ومن ثم تزيد من مقاومية الخلية الشمسية للإشعاع. في حين تعريض الخلية لأشعة كاما لفترات طويلة أو جرع عالية قد يسبب في تردي خواص الخلية وتلفها. وقد درس Ashry and Fayek [5] تأثيرات الإشعاع على

الخلايا الفوتوفولتائية غير المتجانسة التركيب Cu2S/Cds وقد تضمن هذا أشعة كاما المنبعث من المصدر (CO^{60}) وحزم الإلكترون (عند طاقة 1.5Mev) فوجدا أن تيار الدائرة القصيرة يزداد بزيادة معدل الجرعة في حين لم يظهر أي تلـف للخلايـا عنـد الجـرع الإشـعاعية 300Mrad لأشعة كاما و380Mrad لحزم الإلكترون، ومن جهة أخرى ازدادت كـل مـن فولتية الدائرة المفتوحة وتيار الدائرة القصيرة قليلاً مع زيادة الجرعة الممتصة.

أما تأثير ضوء الليزر على أداء الخلايا الشمسية فلم يحظ بكثير من الاهتمام، ولغرض معرفة طبيعة هذا التأثير لابد من عرض بسيط لعمل جهاز الليزر. يعد جهـاز الليـزر مـن الأجهزة المهمة في توليد ضوء مضخم بواسطة الانبعاث المحفز للإشعاع فضلا عن امتلاكه صفات مهمة لا تتوفر في المصادر التقليدية للضوء منها: أحادي الطول الموجي، التشاكه، ذو انفراجيه قليلة وسطوع عالٍ. جميع هذه الصفات دفعت ضوء الليزر للدخول في العديـد مـن التطبيقات العلمية وفي مختلف مجالات الحياة. وبالنظر للحاجة الماسة لهذا النوع من المصادر الضوئية جاء التطور العلمي والتكنولوجي لأجهزة الليزر متزامنا لسد تلك الحاجة. فقد تم بناء ليزرات متنوعة في أوساطها الفعالة وهذا يعني أنها تنتج ضوءاً بأطوال موجية مختلفة. فهناك ليزر الهليوم – نيون وليزر ثاني اوكسيد الكاربون وليزر النديميوم ياك وليـزرات الـصبغة وليزر أشباه الموصلات. وهذا الطيف الواسع من الليزرات يغطي مواقع متعددة من الطيـف الكهرومغناطيسي μm (0.3-1.5) [8].

ومن الدراسات التي توضح تأثير ضوء الليزر على الخلايا الشمسية دراسة Young and Wood [6]، التي بينت انه يمكن عمل خلايا شمسية سليكونية بواسطة الزرع ألايـوني الذي يتبعه تلدين بالإشعاع الليزري النبضي، وذلك باختيار قياسات صحيحة للـزرع وكثافـة حالة الليزر ودرجة حرارة الأرضية وتحسين طول انتشار الحاملات الأقلية، كل هذه العوامل مهمة للحصول على خلايا شمسية عالية الكفاءة. وتناول Ruhi and Benjü [4] خـصائص التوصيلية الضوئية للسليكون البلوري المهدرج (C-Si:H) لمفرق p-i-n فضلاً عن دراسـة الخصائص الكهربائية له وذلك باستخدام ليزر He-Ne بطول موجي (632.8 nm) بوصـفه مثيراً مع كثافة ضوئية مسيطر عليها بواسطة مرشحات كثافة طبيعية المعيار.

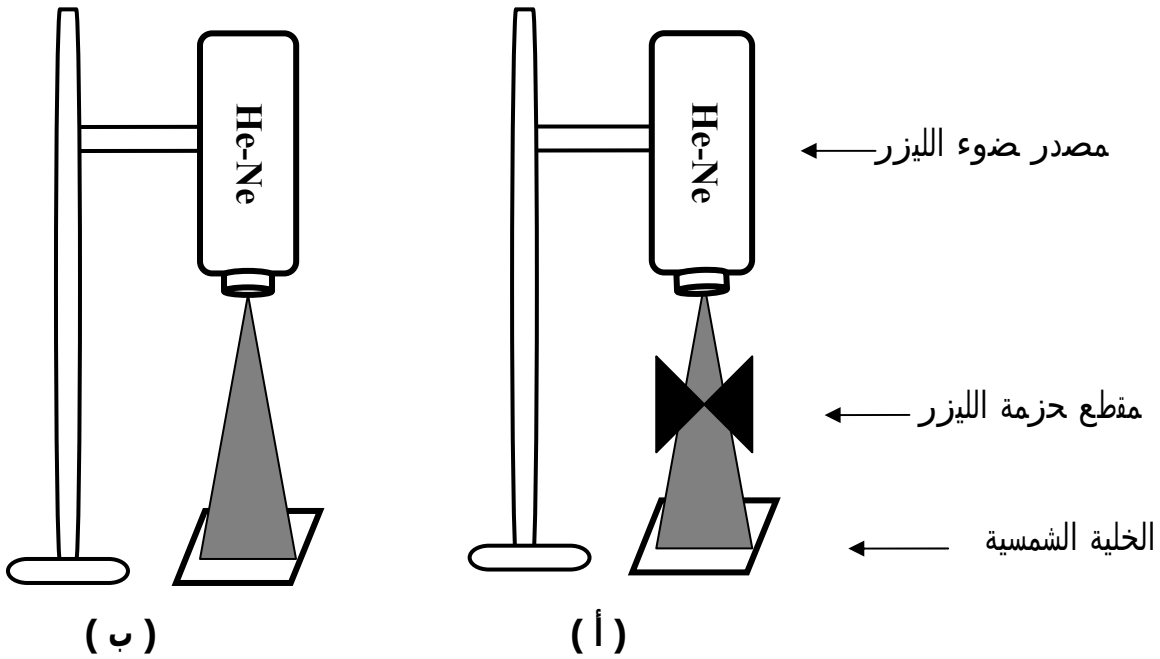
في هذا البحث سوف نتناول دراسة تأثير ضوء الليـزر (He-Ne) بطـول مـوجي (632.8 nm) وبطاقة (E=1.9eV) على الخواص الكهربائية للخلية الشمسية وكذلك تـأثيره على معالم خرج الخلية الشمسية وعلى أدائها. هذا، إن الفقرة الثانية من هـذه الدراسـة هـي الجزء العملي والذي ستتضمن طريقة تشعيع نماذج الخلايا الشمسية بـضوء الليـزر وكـذلك القياسات الكهربائية، والفقرة الثالثة ستركز على النتائج والمناقشة. أما الاسـتنتاجات سـتكون الفقرة الرابعة من هذا البحث.

٢- الجانب العملي:

لغرض تحقيق هدف البحث في بيان تأثير ضوء ليزر الهليـوم – نيـون علـى أداء الخلايا الشمسية، استخدمت عينات خلايا شمسية تم الحصول عليها من شركة المنصور وهي من نوع pn وبكفاءة قياسية (η = 12%). إذ تم تنظيفها باستخدام المحاليل الكيماوية: مثـل الأسيتون وايزوبروبانول والميثانول ثم قطعت نماذج الخلايا الى مساحات متقاربة بحيث كانت الشبكة المعدنية على سطح الخلية متماثلة في كل النماذج جهد الإمكان وذلك لضمان تقلـيص نسبة الخطأ في القياسات.

٢-١ التشعيع بضوء ليزر الهليوم - نيون :

إن جهاز الليزر المستخدم في هذه الدراسة هو مـن شـركة (Leybold Heareus) ويبعث ضوءا بطول موجي 632.8 nm وبقدرة 1mW وان ضوء الليزر يعمـل بموجـة مستمرة وبالنمط الأساسي TEMoo. تم وضع نموذج الخلية أمام حزمة ضوء الليزر وعلـى مسافة مناسبة بحيث أن بقعة ضوء الليزر تغطي دائما نفس المساحة مـن النمـوذج. وكـان التشعيع بأسلوبين: الأسلوب المستمر ولفترات زمنية 30,60,90,120 دقيقـة علـى التـوالي والأسلوب النبضي وذلك باستخدام مقطع لحزمة ضوء الليـزر (25 Hz) ولـنفس الفتـرات الزمنية وعند درجة حرارة الغرفة (30ºC). الشكل (١) يوضح منظومة الليـزر المـستخدمة لتشعيع الخلايا الشمسية.

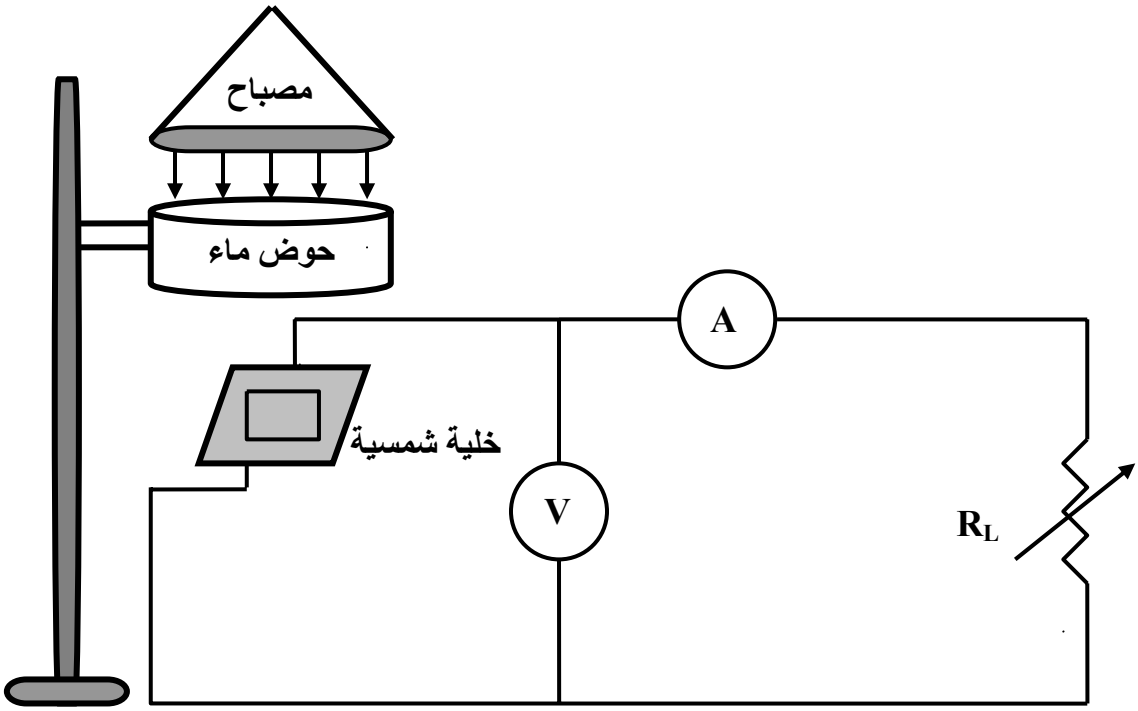


الشكل (١): منظومة الليزر المستخدمة في تشعيع الخلايا الشمسية

(أ) الأسلوب النبضي (ب) الأسلوب المستمر

٢-٢ القياسات العملية: الخواص الكهربائية

إن إجراء القياسات العملية لدراسة الخواص الكهربائية للخلية الشمسية يتطلب بناء منظومة شمسية مختبرية تتكون من مصباح تنكستن للإضاءة Tungsten light source مثبت بصورة عمودية بحيث يمكن التحكم بارتفاعه لتغيير شدة الضوء الساقط على الخلية الشمسية وقد تم معايرته عند شدة $40.6mW/cm^2$، وللحفاظ على ثبات درجة الحرارة تم استخدام حوض زجاجي فيه ماء مثبت تحت المصباح (لغرض إمرار الضوء من خلاله). وتحت الحوض الزجاجي وعلى مسافة معينة تم وضع قاعدة من الخشب لغرض تثبيت الخلية الشمسية عند دراستها. وتحتوي هذه القاعدة من إحدى جوانبها على أقطاب التوصيل وهذه بدورها تربط إلى الدائرة الكهربائية لدراسة خواص الخلية الشمسية وكما موضح بالشكل (٢):



الشكل (٢): منظومة الدائرة الكهربائية لقياس خواص التيار – الفولتية للخلية الشمسية نوع pn

تمتلك الخلايا الشمسية نوعين من المقاومات هما مقاومة توالي ذاتية (R_{se}) ومقاومة توازي مترابطة مع الخلية (R_{sh}) وتعد هذه المقاومات من العوامل التي تؤثر على مميزات الخلايا الشمسية. وتتمثل مقاومة التوالي للخلية بالمقاومة الذاتية لشبه الموصل المصنوعة منه الخلية ومقاومة الموصلات المعدنية والتوصيلات الكهربائية البينية وكذلك مقاومات الوصل بين المعدن وشبه الموصل. أما مقاومة التوازي فتحدث من تسرب التيار خلال مفرق p-n

حول حافة الخلية، وكذلك مناطق داخلية أخرى وذلك بسبب العيوب البلورية التي قد تحدث بسبب تأثيرات خارجية مثل التشعيع بأشعة الليزر أو أشعة كاما وغيرها أو بسبب وجود شوائب غير مرغوبة في منطقة المفرق. إن قيمة مقاومة التوالي (R_{se}) العالية جداً وقيم مقاومة التوازي (R_{sh}) الواطئة جدا تؤدي إلى تقليل كل من تيار الدائرة القصيرة وفولتية الدائرة المفتوحة [2]، ويمكن حساب كل من هذه المقاومتين من خلال المعادلتين التاليتين [1]:

$$(dI/dV)_{I=Ish} = 1/R_{sh} \quad (1)$$

$$(dI/dV)_{V=Voc} = 1/R_{se} \quad (2)$$

من المعلوم، إن كفاءة الخلية الشمسية هي النسبة بين القدرة العظمى الخارجة من الخلية إلى القدرة الكلية للضوء الداخل الى الخلية ولغرض حساب هذه الكفاءة أخذت قياسات التيار– فولتية لكل نموذج من الخلايا تحت الدراسة ومن هذه القياسات تم دراسة ثلاثة متغيرات لما يخرج من الخلية الشمسية لغرض دراسة أدائها. وهذه المتغيرات هي تيار الدائرة القصيرة (I_{sc}) وهو التيار الخارج من الخلية والمتولد بواسطة الضوء عند الظروف المثالية وعندما تكون مقاومة الحمل صفر. والمتغير الثاني هو فولتية الدائرة المفتوحة (V_{oc}) وهي الفولتية الخارجة من الخلية عندما تكون مقاومة الحمل مالانهاية وقيمتها تتحدد بخصائص شبه الموصل لاعتمادها على تيار الإشباع (I_o) لثنائي القطب، إما المتغير الثالث فهو عامل الملء (FF) وهو قياس لمدى مربعية خصائص الخرج وقيمته في الخلايا المثالية تكون دالة لفولتية الدائرة المفتوحة [2] ويعرف عامل الملء بالعلاقة:

$$FF = Vm \,.\, Im / Voc \,.Isc \quad (3)$$

حيث إن :

$$Pm = Vm.\ Im \quad (4)$$

وهي القدرة العظمى الخارجة من الخلية الشمسية. إما كفاءة تحويل الطاقة η فيمكن التعبير عنها بالعلاقة الآتية:

$$\eta = FF \,.Voc \,.\, Isc \ / \ Pin \quad (5)$$

حيث Pin هي القدرة الكلية للضوء الداخل الى الخلية والتي يمكن حسابها من العلاقة:

$$Pin = E.A \quad (6)$$

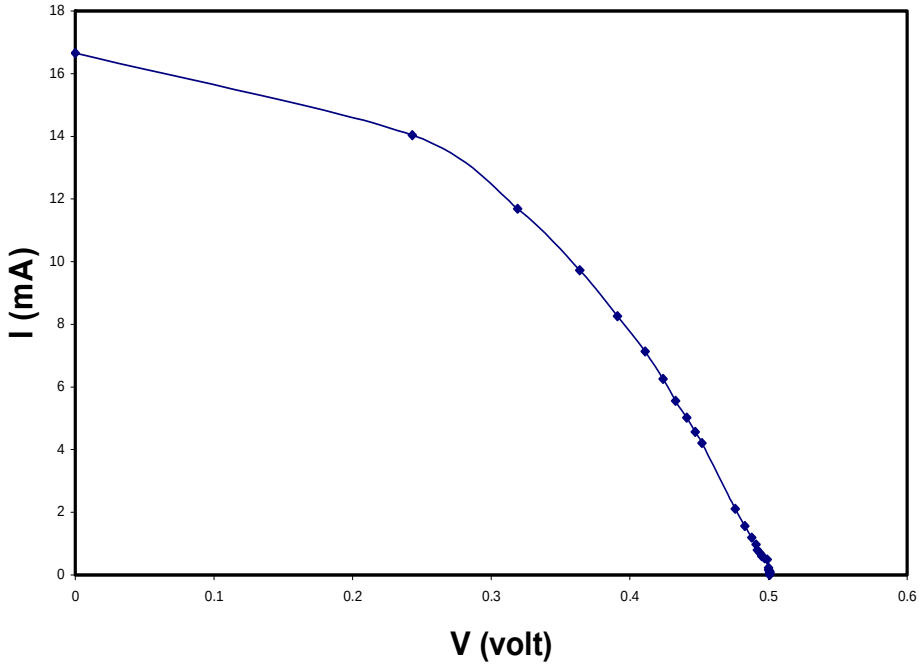
حيث A مساحة الخلية الشمسية و E هي شدة الإشعاع الساقط على الخلية، وقد تم حسابه باستخدام جهاز Digital Luxmeter (Model : LX101013) ويقيس الشدة بوحدة Lux ومن العلاقة الآتية تم تحويل الشدة بوحدة Lux إلى الشدة بوحدة (mW/cm^2) [7]:

$$200\ Lux = 1\ mW / cm^2 \quad (7)$$

وان شدة الإشعاع الشمسي المختبري الساقط على الخلية هو بمقدار $40.6\ mw/cm^2$ عند درجة حرارة الغرفة.

3- النتائج والمناقشة:

لغرض معرفة الأداء الحقيقي للخلايا الشمسية المستخدمة تم أخذ قياسات التيار- فولتية لأحدى نماذج هذه الخلايا بوصفه مثالا نموذجيا قبل التشعيع بضوء ليزر - He Ne والموضحة بالشكل (3) وقد أخذت هذه القياسات من تغير مقاومة الحمل (R_L) بصورة تدريجية في المدى (∞ - 0)، ومن هذا الشكل يمكن أيجاد المتغيرات التي يعتمد عليها أداء الخلية الشمسية والذي يحدده كل من تيار الدائرة القصيرة I_{sc} وفولتية الدائرة المفتوحة V_{oc} وعامل الملء FF والتي منها يمكن حساب كفاءة تحويل الطاقة للخلية، ولقد وجد عمليا أن قيمة كل من ($I_{sc} = 16.65\times 10^{-3}$ A) و ($V_{oc} = 0.501$ volt) لهذا النموذج. وباستخدام المعادلة (1) تم الحصول على قيمة عامل الملء والتي مقدارها (FF= 0.438) أما كفاءة الخلية الشمسية فتم حسابها من المعادلة (3) ووجد أن مقدارها ($\eta = 12.77\%$) عند شدة إشعاع داخل ($40.6\ mW/cm^2$) .



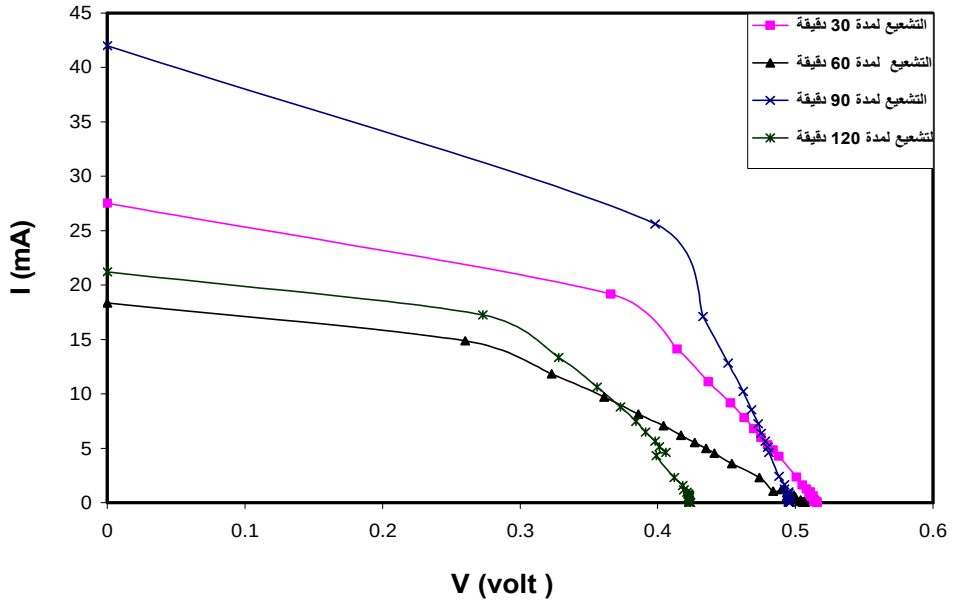
الشكل (٣): خواص التيار- فولتية للخلية الشمسية قبل التشعيع بضوء الليزر

من دراسة خواص التيار – فولتية لنماذج الخلايا الشمسية بعد تشعيعها بضوء ليزر He – Ne بالأسلوب المستمر مقاسة لفترات زمنية متعاقبة (30, 60, 90, 120) دقيقة على التوالي وكما هو موضح بالشكل (4) والجدول (1)، لاحظنا إن هناك تذبذبا في قيم معالم خرج الخلية مع زيادة زمن التشعيع. إذ تزداد قيمة كفاءة الخلية من 12.77% قبل التشعيع إلى

22.17% بعد مرور نصف ساعة من زمن التشعيع بضوء الليزر في حين وجدنا إن مع زيادة زمن التشعيع إلى ساعتين فان قيمة كفاءة الخلية تقل إلى 13.11% وهذه القيمة مازالت اكبر من قيمتها الابتدائية قبل التشعيع، كما نلاحظ زيادة في قيمة عامل الملء من 0.438 قبل التشعيع إلى 0.52 بعد مرور ساعتين من زمن التشعيع. وقد يعزى هذا التذبذب في قيم معالم خرج الخلية بعد التشعيع لأسباب منها إن هذه النماذج المستخدمة تحت الدراسة مع إنها تمتلك نفس المساحة ولكنها تختلف من حيث توزيع أقطاب التوصيلات المعدنية إذ لم نتمكن من السيطرة على كونها بنفس الترتيب (متشابهة نوعا ما) وهذا قد يؤثر على تصرف الخلية الشمسية إذ إن هذا التركيب المعدني للأقطاب يمنع 5-15% من الضوء الساقط على سطح الخلية من الدخول إليها [2].

أما الزيادة في قيمة تيار الدائرة القصيرة (I_{sc}) من قيمته 16.65mA قبل التشعيع إلى 21.22mA بعد مرور ساعتين من زمن التشعيع فقد تكون ناتجة من العيوب المتكونة داخل الخلية الشمسية والتي تسببها فوتونات الإشعاع الساقط عليها إذ إن هذه العيوب تسبب عادة تغيراً في عدد مراكز التوليد وإعادة الاتحاد وكذلك على طول انتشار الحاملات الأقلية[2].

إن تشعيع نماذج الخلايا الشمسية بضوء ليزر He – Ne بالأسلوب المستمر يعني إن هناك زيادة في درجة حرارة النماذج وهذه الحرارة لها تأثير على فجوة الطاقة Energy Gap [9] إذ إن زيادة درجة حرارة الخلية يؤدي إلى نقصان فجوة الطاقة وكلما قل عرض الفجوة يزداد امتصاص الضوء وبذلك فان تيار الدائرة القصيرة يزداد، كما إن هذه الحرارة تؤثر على فولتية الدائرة المفتوحة وعامل الملء ومع زيادة زمن التشعيع إلى ساعتين ولاحظنا كذلك نقصان قيمة فولتية الدائرة المفتوحة V_{oc} مما يؤدي إلى خفض القدرة الخارجة والكفاءة مع زيادة درجة الحرارة ولكن ما زالت قيمة الكفاءة اكبر من قيمتها قبل التشعيع.

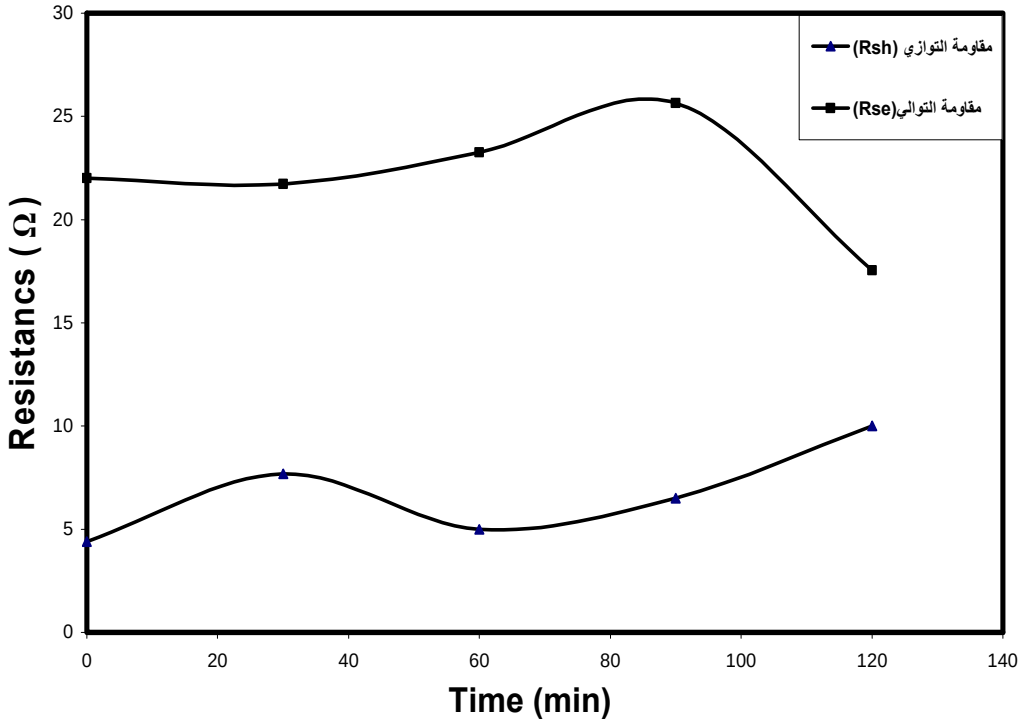


الشكل (4) خواص التيار - الفولتية لخلية شمسية مشععه بضوء ليزر He-Ne بالأسلوب المستمر

الجدول رقم (١): قيم معالم خرج الخلية الشمسية المشععة بضوء ليزر He – Ne بالأسلوب المستمر

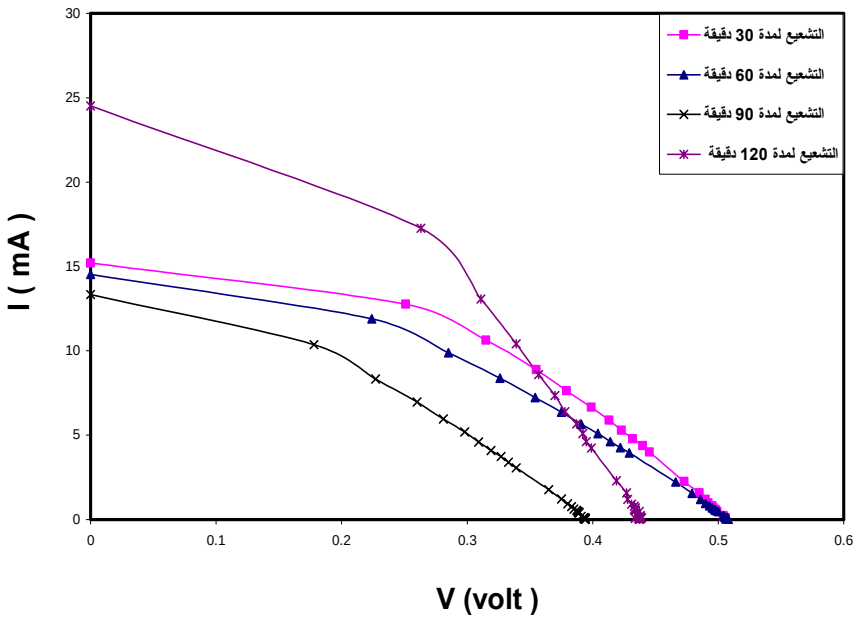
الزمن (دقيقة)	Isc mA	Voc (volt)	F F Unitless	η(%)	R_{se} (Ω)	R_{sh} (Ω)
Before	16.65	0.501	0.438	12.77	٢٢	٤,٤
30	27.51	0.516	0.515	22.17	٢١,٧٣	٧,٦٩
60	18.35	0.507	0.421	16.48	٢٣,٢٥	٥
90	42.0	0.496	0.523	18.52	٢٥,٦٤	٦,٥
120	21.22	0.424	0.52	13.11	١٧,٥٤	١٠

بعد حساب قيم كل من مقاومتي التوالي (R_{se}) والتـوازي (R_{sh}) للخلايـا الشمـسية باستخدام المعادلتين (١،٢) وكما مبين في الجدول أعلاه يتضح أن قيمة مقاومة التوالي أكبـر من قيمة مقاومة التوازي وأن هناك تغيراً في قيم كل من هاتين المقاومتين مع زيـادة زمـن تشعيع الخلايا الشمسية بضوء الليزر بالأسلوب المستمر إذ تقل قيمة مقاومة التوالي مع زيادة زمن التشعيع وتتغير قيمتها من (Ω) ٢٢ قبل التشعيع إلى (Ω) ١٧,٥٤ بعد التـشعيع بـزمن ١٢٠ دقيقة، بينما وجدنا إن مقاومة التوازي تزداد مع زيادة زمـن التـشعيع إذ تتغيـر مـن (Ω) ٤,٤ قبل التشعيع إلى (Ω)١٠ بعد التشعيع بزمن ١٢٠ دقيقة وكما موضح بالشكل (5).



الشكل (٥): تغير مقاومتي التوالي والتوازي مع زمن تشعيع الخلايا الشمسية بضوء الليزر بالأسلوب المستمر

أما في حالة التشعيع بضوء ليزر He-Ne بالأسلوب النبضي، وكما يلاحظ من الشكل (٦) والجدول (2)، وجدنا أن هناك نقصاناً في قيم معالم خرج الخلية الشمسية مع زيادة زمن التشعيع إذ تقل قيمة تيار الدائرة القصيرة من قيمته 16.65mA قبل التشعيع إلى 13.34mA بعد مرور ساعة ونصف من زمن التشعيع، كما نلاحظ نقصاناً في قيمة عامل الملء من 0.438 قبل التشعيع إلى 0.357 بعد التشعيع ومن ثم نقصان كفاءة الخلية الشمسية من قيمتها الابتدائية 12.77% قبل التشعيع إلى 8.33% بعد مرور ساعة ونصف من زمن التشعيع. إن الخسارة في تيار الدائرة القصيرة غالبا ما يعزى سببه إلى عملية إعادة الاتحاد في المادة وسطوح شبه الموصل. من الواضح إن النقصان في القيم أعلاه بعد التشعيع بضوء الليزر بالأسلوب النبضي لا يظهر تأثيراً حرارياً على هذه الخلايا مقارنة بالأسلوب المستمر.



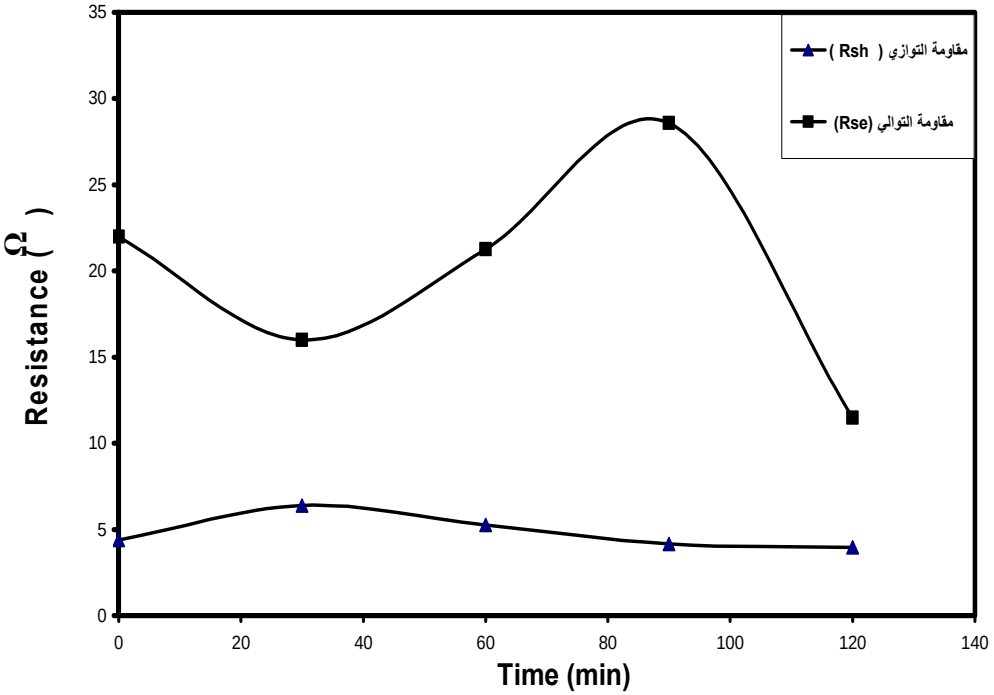
الشكل (6) خواص التيار - فولتية لخلية شمسية مشععة بضوء ليزر He - Ne بالأسلوب النبضي

لجدول رقم (٢): قيم معالم خرج الخلية الشمسية المشععة بضوء ليزر He – Ne بالأسلوب النبضي

R_{sh} (Ω)	R_{se} (Ω)	η(%)	F F Unitless	Voc (volt)	Isc mA	الزمن (دقيقة)
4.4	22	12.77	0.438	0.501	16.65	Before
6.4	16	11.64	0.433	0.506	15.21	30
5.26	21.27	11.69	0.459	0.508	14.54	60
4.16	28.27	8.33	0.357	0.394	13.34	90
3.94	11.49	11.83	0.449	0.437	24.51	120

كما نلاحظ من الجدول (٢) نقصان كل من مقاومة التوالي (R_{se}) ومقاومة التـوازي (R_{sh}) مع زيادة زمن تشعيع الخلايا الشمسية بضوء الليزر بالأسلوب النبضي إذ تقـل قيمـة مقاومة التوالي من ٢٢ Ω قبل التشعيع الى ١١,٤٩ Ω بعد التشعيع بـزمن ١٢٠ min وكمـا موضح بالشكل (٧).

إن تغير قيم المقاومتين مع تغير زمن تشعيع الخلايا الشمسية فـي كـلا الأسـلوبين المستمر والنبضي قد يعزى لعدة أسباب منها عدم اسـتقرار قـدرة ضـوء ليـزر He-Ne المستخدم في التشعيع ١٠٠% إذ أن القدرة تكون ما بـين (٠,٩٩٨ mW – ١,٠٠١ mW)، كما أن مقاومات الوصل المعدني Metal contact بأشعة الليزر ومن ثم يؤثر على النتيجـة النهائية لمقاومة التوالي والتوازي.



الشكل (7) تغير مقاومتي التوالي والتوازي مع زمن تشعيع الخلايا الشمسية بضوء الليزر بالأسلوب النبضي

الاستنتاجات :

من خلال هذه الدراسة تم التوصل إلى الاستنتاجات الآتية :

يكون تأثير ضوء ليزر He – Ne بالأسلوب المستمر على الخلايا الشمسية اكبر مما هو في الأسلوب النبضي وذلك بسبب الحرارة الناتجة عن الأسلوب المستمر.

١) لوحظ وجود تحسن في أداء الخلية الشمسية وكفاءتها في حالة تشعيع الخلايـا بـضوء الليزر بالأسلوب المستمر مقارنة بالأسلوب النبضي ويعزى هذا التحـسن إلـى عمـق اختراق أشعة الليزر من سطح الخلية إذ يؤدي إلى إمكانية توليد أزواج إلكترون_ فجوة

في المنطقة القريبة من الوصلة مما يؤدي إلى زيادة عدد الحاملات الأقليـة وتقلـيص الخسائر ومن ثم سوف تزداد كفاءة الخلية.

٢) أن ضوء الليزر المستخدم في تشعيع الخلايا الشمسية تحت الدراسة قد أثر على أداء كل من مقاومة التوالي ومقاومة التوازي للخلية ومن ثم أدى الى تغييـر مميـزات الخليـة الشمسية.

٣) عند تشعيع الخلايا الشمسية بضوء الليزر بالأسلوب المستمر وجد أن هناك زيادة فـي قيمة عامل الملء وتيار الدائرة القصيرة ونقصان في قيمـة مقاومـة التـوالي وهـذه خصائص مرغوبة في أنتاج الخلايا الشمسية، مما يدل على أن التشعيع بضوء الليـزر بالأسلوب المستمر أفضل من الأسلوب النبضي.

المصادر :

١) الحديثي، أحمد رفيق عبد المجيد (١٩٩٤) "تأثير الإشعاع الكهرومغناطيسي (أشعة كاما) على أنجازية الخلايا الشمسية المصنعة محليا". رسالة ماجستير مقدمة إلى كلية التربيـة – أبن الهيثم - جامعة بغداد.

٢) كرين، مارتن، (١٩٨٩) ترجمة د. يوسف مولود حسن، الخلايـا الشمـسية، جامعـة الموصل.

٣) الحمداني، علي هادي عبد المنعم، طعمة، سعد عبد الوهاب والبيـاتي، عبـد الحـسين "دراسة تأثير تشعيع الخلايا الشمسية السليكونية بأشعة كاما" المؤتمر التكنولوجي الثامن لليزر والكهروبصريات، ٢٠٠٢.

4) R. Kaplan and B. Kaplan, "Photoconductivity Studies of Crystalline Si:H p-i-n" Tr. J. of Physics, Vol.22, PP. [873 – 883], 1998.

5) M. Ashry and S. A. Fayek, "Radiation effects on fabricated Cu_2S/cds hetrojunction photovoltaic Technology, Vol.23, pp. 441-450, 2001.

6) R. T. Young and R. F. Wood, "Laser processing for high - efficiency Si solar cells" J. Appl. Physics, Vol.53, No.2, 1982 .

7) A. Fuad, D. Rusdiana, H. Saragi, M. Barmawi and Irzaman "Spectral Response of Al/Si Photodiode as IR Sensor" Jl. Ganesha 10. Bandung, Indonesia, 2001.

8) B. B. Laud, Lasers and nonliner optics, 2nd Ed., New age International (p) Ltd. Publishers, 2004.

9) S. M. Sze, "Physics Semiconductor Devices", A wiley – Interscience Publication, Jone Wily & Sons, 1981.