

## المساهمة في دراسة مفعول وتأثير الإشعاع الضوئي

## على الصمّامات الباعثة للضوء

كمال رميدي<sup>1</sup>

تاريخ القبول 12 أكتوبر 2019

تاريخ الإرسال 07 جويلية 2019

## الملخص (Abstract)

يصف هذا العمل، التجارب التي أجريناها على تحديد الخصائص الكهربائية للصمّامات الكهروضوئية المسوقة تجارياً بألوان مختلفة وكذلك تأثيرها الكهروضوئي (الإشعاع الضوئي). لقد تم إجراء هذه التجارب في مخبر تكامل المواد مع النظام في مدينة بوردو1 التي تمتلك نضد قياس يسمح بتحديد الخصائص الجوهرية لمختلف صمّامات الباعثة للضوء (الكهروضوئية) في الاستقطاب المباشر والعكسي، وبالمناسبة سمح هذا النضد بمقارنة القيم التجريبية بالقيم النظرية التي تم الحصول عليها عن طريق النمذجة.

كما أُجري عمل ثانٍ بالمعهد الوطني المتعدد التقنيات في الحراش، الجزائر العاصمة، لإعداد وسائل قياس لإظهار وجود مفعول فولطي ضوئي على مختلف الصمّامات الكهروضوئية، كما قمنا بقياس الخصائص الكهربائية للصمّامات الكهروضوئية المختلفة، ودرسنا شدة إضاءتها باستخدام مقياس بيرانومتر (EPLEY) وهو مقياس شدة الإشعاع الضوئي، واشتمل هذا العمل على الصمّامات الباعثة للضوء باللون الأحمر والأخضر والأصفر. بالإضافة إلى ذلك، وضعنا أيضاً جهازاً في المدرسة العليا للأساتذة بالقبة يقيس حساسية الصمّامات الكهروضوئية المختلفة وفقاً لقوة إضاءة مصدر الضوء.

الكلمات المفتاحية: صمّامات كهروضوئية؛ فولطية ضوئية (خلايا فولطية ضوئية)؛ مفعول؛ خصائص شدة إضاءة.

## Titre Contribution à l'étude de l'effet et de l'effet

## du rayonnement lumineux sur les LED

**Résumé:** Ce travail décrit nos expériences sur la caractérisation électrique de diodes électroluminescentes commerciales de différentes couleurs ainsi que sur leur effet photoélectrique. Cette expérimentation a été menée à l'IMS (Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système) de bordeaux qui possède un banc de mesure permettant la caractérisation intrinsèque de différentes

<sup>1</sup> المدرسة العليا للأساتذة بالقبة، البريد الإلكتروني: remidikam@gmail.com

diodes électroluminescentes en polarisation directe et en inverse. Ce banc permet accessoirement de comparer ces valeurs expérimentales aux valeurs théoriques obtenues par modélisation.

Un second travail effectué à l'ENP d'El-Harrach nous a permis de mettre en place des moyens de mesure pour montrer qu'il existe un effet photovoltaïque sur les leds. Nous avons pour cela mesuré les caractéristiques électriques de différentes LED et étudié leurs intensités lumineuses à l'aide d'un pyranomètre EPLEY. Ce travail avait concerné des LED rouge, verte et jaune. Par ailleurs, nous avons aussi mis en place à l'ENS de Kouba un dispositif qui permet de mesurer la sensibilité des différentes leds en fonction de la puissance de l'éclairage d'une source lumineuse.

**Mots clés :** Valves photoélectriques ; photovoltaïque (cellules photovoltaïques) ; effet; propriétés d'intensité d'éclairage

### 1- المدخل (INTRODUCTION)

إنّ اختراع أول صمام كهروضوئي باللون الأحمر، المعروف بـ (LED)، يرجع إلى عام 1962 من قبل نيك هولون ياك (Nick Holon yak Jr) وبيفاكويبا (S. Bevacqua)، و(LED) هي اختصار للجملّة الإنجليزيّة (-light emitting diodes)، وقد اقتصر عمل الباحثين لبضع سنوات على بعض الألوان، مثل الأحمر (1962)، والأصفر والأزرق أو الأخضر (1972)، [1 ، 2].

تعدّ الصمّامات الكهروضويّة التقليديّة المنخفضة الاستطاعة بديلاً مثيراً للاهتمام عن مصادر الضوء التقليديّة، مثل المصابيح الفلوريّة (التألق) أو التوهج أو التفريغ. إنّها توفّر، بشكل خاصّ ميزة مثيرة للاهتمام كما هي صغيرة جداً، ومنخفضة استهلاك الكهرباء وكطاقة وذات عمر طويل للغاية ولها القدرة على اختيار لون دقيق للغاية من بين العديد من الأخرى.

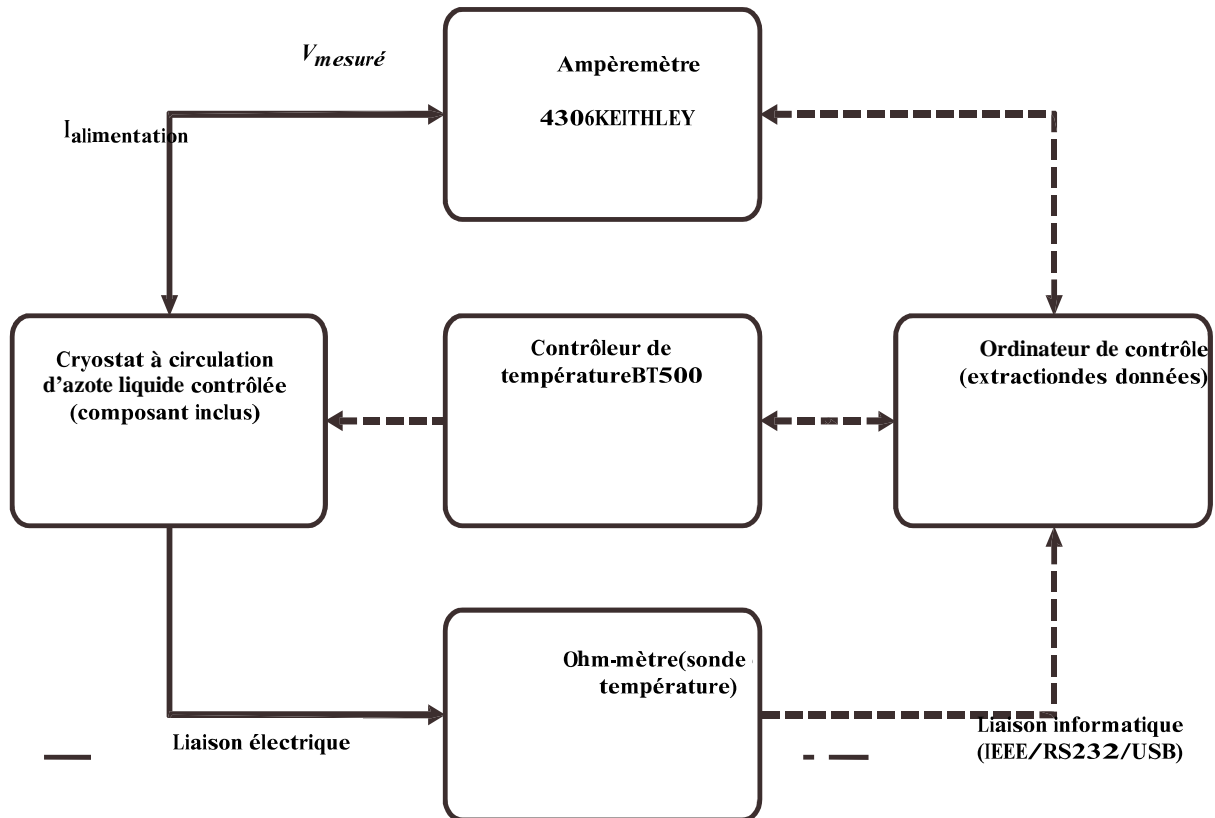
توجد الصمّامات الكهروضويّة أيضاً بكثرة في حياتنا، ولديها ميزة كبيرة مقارنة بأنواع أخرى من الإضاءات: عمليّة استحداث الفوتون من الصمّامات الكهروضويّة هي فعّالة للغاية. في الواقع، في كلّ صمام كهروضوئيّ يعطي كلّ إلكترون فوتون، وسيكون للاستخدام الأكثر انتشاراً، للصمّامات الكهروضويّة للإضاءة، تأثير مهمّ للغاية في اقتصاد الطّاقة وحماية البيئة. ويتمّ في الوقت الحاضر استخدامها في أجهزة التّحكّم عن بعد، لدينا لوحات الإشهار وإشارات المرور. يتضاعف أداء الصمّامات الكهروضويّة كلّ ثلاث سنوات، فبالنسبة للأسعار، فهي مقسومة على عشر، كلّ عشر سنوات [3]، ومع ذلك، يطرح هذا التّطور عدداً من مشكلات القياس سواء بالنسبة لجوانب تحديد خصائص معدّات الإضاءة أو للمشاكل المتعلّقة بالسلامة والأمن في استخدام هذه المصادر. إنّ الصمّامات الكهروضويّة (الثنائيات الباعثة للضوء) هي مصادر ذات أبعاد صغيرة جداً تبعث تدفقاً مهمّاً في زاوية صلبة منخفضة.

تعمل العديد من اللجان الفنية، على المستوى الدولي، ولا سيما في اللجنة الدولية للإضاءة (CIE) على الجوانب المختلفة لهذه التّدابير [4]، وفي ما يتعلّق بتأثيرها الفولطيّ الضوئيّ، لم تكن هناك أعمال كثيرة في هذا الاتجاه، ونظرًا لأنّ الصمّامات الكهروضوئيّة تتكوّن أساسًا من تقاطع PN غير معتم، فإنّ الفوتونات يمكنها الوصول إليها، وبالتالي إنتاج تأثير فولطيّ ضوئيّ، هو مثل تقاطعات عمود ضوئيّ تقليديّ تمامًا، من المؤكّد أنّ الصمّامات الكهروضوئيّة لم يتمّ تكييفها لهذه الوظيفة، مثلًا من المحتمل ألاّ يخضع الغطاء لطلاء مضادّ للانعكاس، ومع ذلك، فليس من المؤكّد أنّ هذا التأثير موجود.

إنّ المبدأ الأساسيّ، هو قياس تغيّر التيار الكهربائيّ وفقًا للتوتر الكهربائيّ المطبقّ على مربطيّ الصمّام الكهروضوئيّ المنظّم بدرجة الحرارة.

## 2-الأدوات والطرائق (Materials and methods)

أ) تحديد الخصائص الكهربائية للصمّامات الكهروضوئيّة التقليديّة المختلفة الألوان: يمثّل الشّكل 1 مخطّط التّضدّ في درجة الحرارة التي يتمّ السيطرة عليها من خلال هذا التّضدّ، ودرجة الحرارة الخارجيّة لتجميع الصمّام الكهروضوئيّ



الشكل. 1. صورة المبدأ الأساسي للقياس  $I=f(V)$

تتكوّن الأدوات المستخدمة من:

1- محلل وسائط أنصاف النواقل (الموصلات) KEITHLEY 6430 متّصل بواسطة ناقل IEEE موصل بالوحدة المركزيّة لكمبيوتر التّحكّم ويتكوّن هذا الجهاز من مصدر التّيّار الكهربائيّ (من  $10^{-16}$  A إلى  $0.1$  A) بخطأ  $10^{-17}$  A (بدقّة 0.1 %) ومصدر التّوتر الكهربائيّ (0 إلى 10 V) بخطأ  $10^{-6}$  فولت وبدقّة (0.1%).

2- منظم البرد لسائل النيتروجين LN2 للرقابة، التي يقع فيها المكوّن، حيث يسمح بتنظيم درجة الحرارة على مدى يتراوح من 80 إلى 350 درجة كلفان (درجة حرارة مطلقة) بدقّة 0.1 كلفان؛

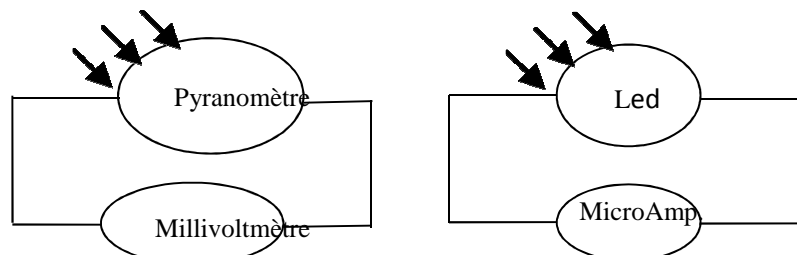
3- وحدة التّحكّم في درجة الحرارة (وحدة التّحكّم في درجة الحرارة BT 500) المستخدمة في التّنظيم الحراريّ أثناء القياسات، حيث يتحكّم في مقاومة تسخين ناظم البرد باستخدام نظام PID أوتوماتيكيّ (مشتقّ متكامل نسبيّ).

4- مضخّة جافّة (ADIXEN) يتمثّل دورها في إجراء فراغ أوليّ (1: -2 Torr) في غرفة الفراغ في منظم البرد.

5- أوم متر يعطي قيمة مقاومة، تدل على مقاومة مسبار، المناسبة لقيمة مقاومة المسبار الحراريّ OPT10، هذا المسبار يسمح بالوصول إلى درجة حرارة حزمة TP من الصّمّام الكهروضوئيّ؛ للتغلب على مقاومة الكابلات الكهربائيّة، يتمّ توصيل الصّمّام الكهروضوئيّ في القياس بأربعة أسلاك مع كابلات (Keithley) TRIAX [6,7].

(ب) تأثير الطاقة الضوئيّة على الصّمّامات الباعثة لضوء المصابيح المختلفة:

يعتمد جهاز القياس على مقياس البيرانومتر (مقياس الإشعاع السّماويّ)، وهو جهاز يقيس الإضاءة بالواط على المتر المربع ( $W/m^2$ ) ويتمّ ترتيبه في نفس المستوى الذي يتمّ فيه اختبار الصّمّام الكهروضوئيّ (LED). نختار الاتجاه الصّحيح للصّمّام الكهروضوئيّ، وذلك للحصول على أقصى شدّة للتّيّار عند مربطيه (طرفيه)، ونأخذ عدة قياسات (حوالي عشرين) في يوم واحد، معامل مقياس البيرانومتر المستخدم هو ( $C = 9.56 \times 10^{-6} V / (W/m^2)$ ).



الشكل 2. رسم تخطيطي لجهاز قياس الإضاءة وفقاً لتيار الصّمّام الضوئي  $V_p = f(I_d)$

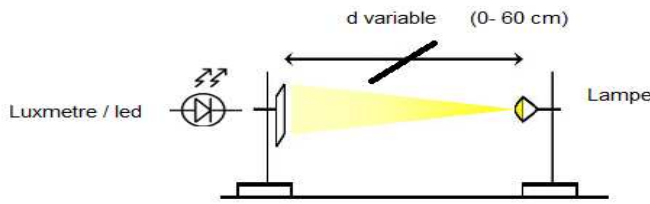
الشكل 1. صورة مبدأ الأساس للقياس  $I = f(V)$ .

ج قياس حساسية مختلف الصمّات الكهروضوئية، الخضراء والصفراء والحمراء وفقا لشدة إضاءة المصدر.

- مصدر التّوتر الكهربائي المستقر  $U = 12V$  والتيار الكهربائي  $I = 4A$  لتشغيل المصباح.

- جهاز لقياس الإضاءة (luxmètre).

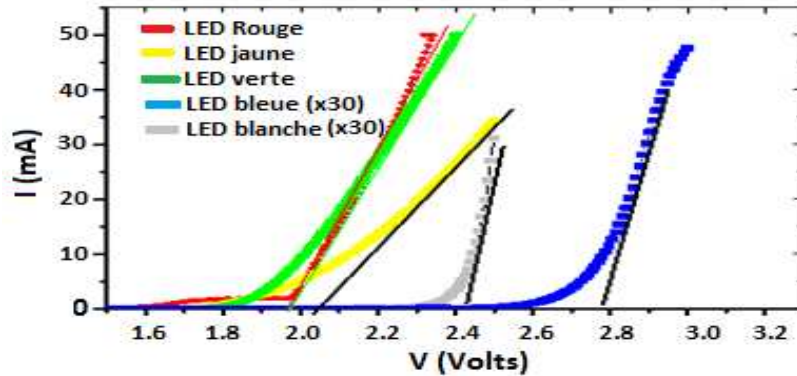
- مقياس رقمي متعدّد القياسات يستخدم لقياس شدة التّيّار الكهربائيّ عبر الصمّام الكهروضوئيّ باللون الأصفر والأحمر والأخضر اعتمادًا على شدة إضاءة مصدر الضّوء.



الشكل 3: رسم تخطيطي لجهاز القياس (led)  $P=f(I_d)$ ,  $E(v)=f(v)$

### 3. النتائج (Results):

(أ) خصائص التّوتر-التيار للصمّات الكهروضوئية التقليدية الأحمر والأخضر والأصفر والأبيض والأزرق: يوضّح الشكل 4، خصائص التّوتر-بدلالة التّيّار الكهربائيّ النموذجي (الحقيقي) للصمّام الكهروضوئيّ المسوّقة في السّوق، يُظهر المخطّط الأوّل بمقياس خطّي توتر العتبة  $V_s$ ، يفصل بين منطقتين رئيسيتين: حيث الصمّام الثنائيّ عابرة  $(V > V_s)$  و A حيث الصمّام الثنائيّ مسدود (موقفة)  $(V < V_s)$ . هذا هو سلوك الصمّام الثنائيّ، وهذا المخطّط مناسب تمامًا لمستويات القذف العالية  $(V > V_s)$ . وتظهر بذلك الخاصية  $I(V)$  النموذجي (المقالي) للصمّات الكهروضوئية التقليدية المدروسة في الشكل 4.



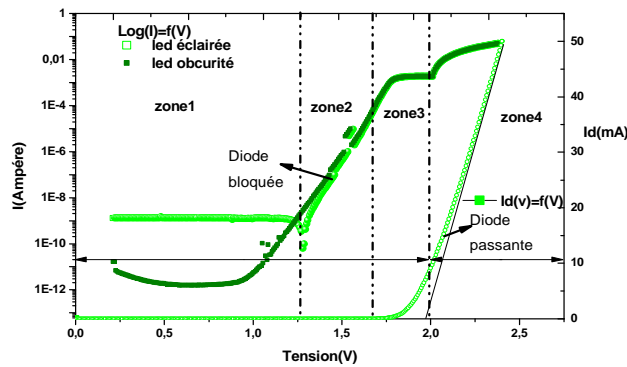
الشكل 4: المميّزة التجريبية لصمّات ضوئية؛

الأحمر والأخضر والأصفر والأبيض والأزرق

الجدول 1 يبين مقارنة جهود العتبة بالنسبة للصبّامات الكهروضوئية المسوقة في السوق المدروسة تجريبياً من ألوان مختلفة.

صبّام ضوئي	الأحمر	الأخضر	الأصفر	الأبيض	الأزرق
جهود العتبة (v)	1.9	2	2.1	2.45	2.8

الجدول 1 مقارنة جهد العتبة بالنسبة للمصابيح من ألوان مختلفة.



الشكل 5 مميزة الصّبّام الباعث للضوء الأخضر

$\log I=f(V)$  والعكسي  $I=f(V)$  (في حالتي الاستقطاب المباشر)

يميز المخطّط الثاني لوغاريتم  $\log I(V)$  في حالة الاستقطاب العكسي المكمل لأول أربعة أنظمة لقذف

التيار:

\*مستوى منخفض للغاية من القذف (المنطقة الأولى):  $100\text{pA} \leq I \leq 10\text{nA}$

\*انخفاض مستوى القذف (المنطقة الثانية):  $10\text{nA} \leq I \leq 1\text{mA}$

\*متوسط مستوى القذف (المنطقة الثالثة): \*  $1\text{mA} \leq I \leq 20\text{mA}$  ارتفاع مستوى الحقن (المنطقة

الرابعة):  $I \geq 20\text{mA}$

وتمثل المناطق الأولى والثانية والثالثة 5% من الطاقة الضوئية بينما تمثل المنطقة والرابعة 95%.

( $V < V_s$ ) يوضّح هذا الرسم البياني الظاهرة جيداً عند مستويات الحقن المنخفض

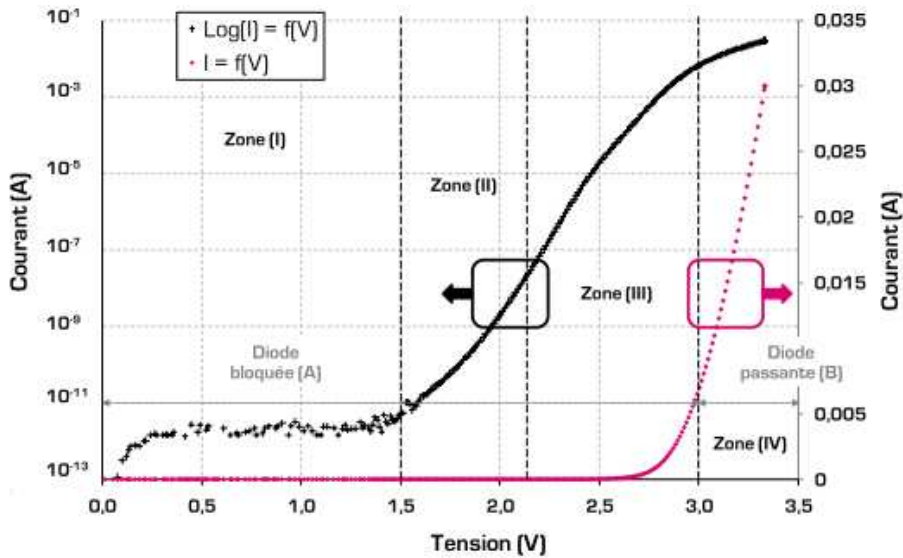
تجدر الإشارة إلى أنّ تطوير النماذج سوف يتبع الرسم البياني  $\log I(V)$  أو يسجل  $I(V)$  اعتماداً على مستويات الحقن. الهدف من هذا الجزء هو التذكير بالنموذج التحليلي المعروف لظواهر النقل في مناطق التشغيل الأربعة بشكل مستمر أنّ تطوير النماذج سيتبع الرسم البياني  $I(V)$  أو  $\log I(V)$  وفقاً لمستويات الحقن. والهدف منه. يوضّح هذا الرسم البياني الظاهرة جيّداً عند مستويات الحقن المنخفض ( $V < V_s$ ). تجدر الإشارة إلى أنّ تطوير النماذج سوف يتبع الرسم البياني  $I(V)$  أو يسجل  $I(V)$  اعتماداً على مستويات الحقن. الهدف من هذا الجزء هو التذكير بالنموذج التحليلي المعروف لظواهر النقل في مناطق التشغيل الأربعة بشكل مستمر يوضّح هذا الرسم البياني الظاهرة جيّداً عند مستويات الحقن المنخفض ( $V < V_s$ ) تجدر الإشارة إلى أنّ تطوير النماذج سوف يتبع الرسم البياني  $I(V)$  أو يسجل  $I(V)$ ، وفقاً لمستويات الحقن. والهدف من هذا الفرع هو التذكير بالنموذج التحليلي المعروف جيّداً لظواهر النقل في مجالات التشغيل الأربعة على أساس مستمر.

سمح لنا هذا العمل بتسليط الضوء على جدوى استخدام الثنائيات كهربائياً في كاشف الصور مع تيار صورة تمّ الكشف عنه 10nA LED بالنسبة للأزرق LED وبالنسبة يبلغ 010 pA الأخضر؛ لذلك نحن متفائلون للغاية بشأن النتائج المستقبلية لهذا البحث (Photo détecteur).

هناك عمل تجريبيّ حقّق في جامعة بوردو1، داخل مخبر تكامل المواد مع النظام  
(IMS - CNRS UMR 5218)

بقيادة الأستاذ ب. فويلات حول مميّزة الصمّام الباعث للضوء من نوع جدّ رفيع صنع داخل المخبر وهو  
غليوم دو الصّوديوم (GaN)

فتحصلنا على المنحنى المبين في الصورة المبينة في الشكل 6



الشكل 6 مميّزة الصمّام الباعث [8].

$I=f(V)$  و  $\log I=f(V)$  الاستقطاب المباشر (في حالة GaN)

نلاحظ أنّ النتائج المتحصّل عليها باستعمال الصّمام الباعث للضّوء GaN كما هي موضّحة فيما يأتي:

\* مستوى منخفض للغاية من القذف (المنطقة الأولى)  $I \leq 10 \mu A$ :

\* انخفاض مستوى القذف (المنطقة الثانيّة):  $10 \mu A \leq I \leq 1 \mu A$

\* متوسّط مستوى القذف (المنطقة الثالثّة):  $1 \mu A \leq I \leq 10 \text{ mA}$

\* ارتفاع مستوى الحقن (المنطقة الرابعة):  $I \geq 10 \text{ mA}$

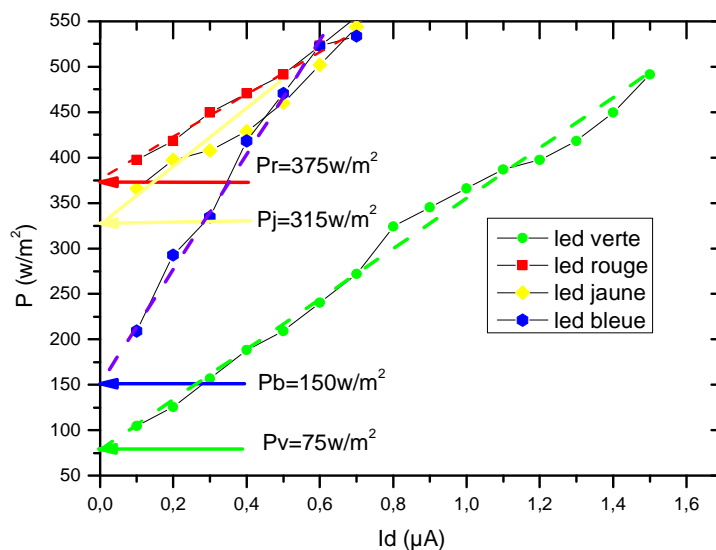
إذا قمنا بمقارنة بالنسبة للصمام الباعث للضّوء الأخضر المسوّقة في السّوق المدروسة تجريبيا الموضّحة الشّكل 5 والنتائج المتحصّل عليها باستعمال الصّمام الباعث للضّوء GaN، الشّكل 6، متقاربة جدا مما يبين صلاحية العمل التجريبي المنجز.

ب- نماذج الكهربائيّة للصمامات الكهروضويّة التقليديّة الأحمر والأخضر والأصفر والأزرق يسمح المعامل في المفعول الفولطيّ ضوئيّ للصمامات الكهروضويّة (مصباح LED) المختلفة:

$C = 9.56 \cdot 10^{-6} v / (w/m^2)$  بتحويل التّوتر الكهربائي (v) بين طرفي مقياس البيرومتر (مقياس الإشعاع

السّماوي) إلى شدّة إضاءة  $(w/m^2)$  جدول شدّة الإضاءة بدلالة التّيّار الذي يعبر الصّمامات الكهروضويّة المختلفة.

يتمّ رسم مخطّط بيان الاستطاعة الضّويّة  $P (w/m^2)$  بدلالة التّيّار  $I d (\mu A)$  للصّمامات الكهروضويّة المختلفة باللون الأحمر والأصفر والأخضر. باستخدام برنامج الإكسيل (Excel) لرسم هذه المخطّطات البيانيّة.



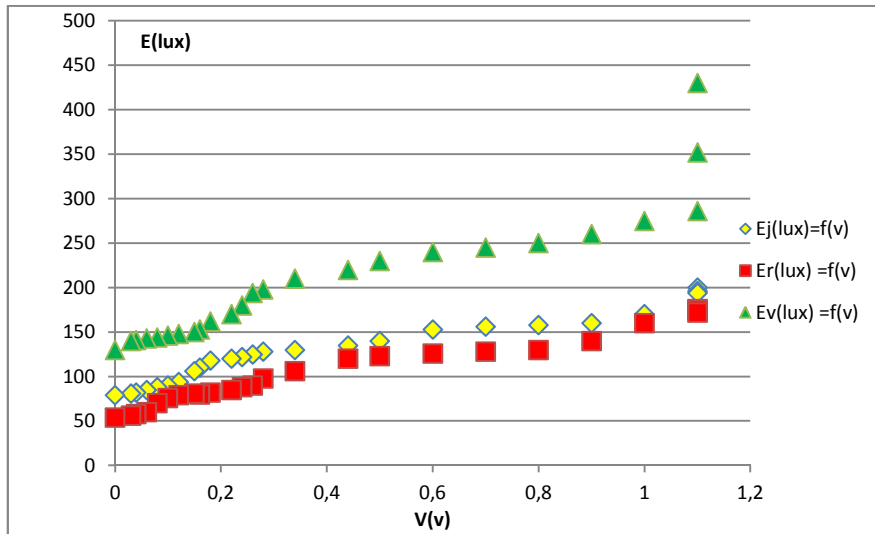
الشّكل 6. القدرة المضئيّة  $P=f(I d (\mu A)) (w / m^2)$  كدالة للمعرف الحالي



يوضّح الشكل 6 أن هناك مفعولا فولطي ضوئيا لهذه الصمّات الكهروضوئية، ونرى أن الصمّام الأخضر ( $100 \text{ w/m}^2$ ) هو الأكثر حساسية بعد الأصفر ( $370 \text{ w/m}^2$ ) والأحمر ( $370 \text{ w/m}^2$ ). والأقل حساسية هو أن المنحنى خطّي في كلّ هذه المصابيح  $P = a \cdot Id + b$ . حيث  $a$  تمثّل الميل  $\Delta p / \Delta i$  للمخطّط البياني و  $b$  تمثّل الاستطاعة الضوئية عندما تكون شدة التيار  $I = 0$ .

ج- قياس حساسية مختلف الصمّات الكهروضوئية، الخضراء والصفراء والحمراء بدلالة استطاعة الإضاءة لمصدر الضوء (مصباح).

نضيء مقياس شدة الضوء (لوكسميتر، luxmètre) على مسافة مائة سنتيمتر، ونقيس بشكل متزامن شدة الضوء التي تسري الصمّات الكهروضوئية والتوتر الكهربائي بين مربطي مقياس شدة الضوء وعن طريق تغيير المسافة من صفر إلى ستين سنتيمترا بين المرّة الأولى التي يضيء فيها الصمّام الكهروضوئي والمصباح المغدّي بواسطة مولد توتر مستمر، ومرّة ثانية بين الإضاءة والمصباح المضيء، ويتمّ قياس الجهد كلّ مرّة بين مربطي الصمّام بالجهاز الرقمي الدقيق المتعدد القياسات وإضاءة المصباح، بمقياس شدة الضوء. يوضّح الشكل 7 النتائج على شكل جدول.



الشكل 7 الرّسم البياني للإضاءة E وفقا لمصابيح LED

المختلفة باللون الأخضر والأصفر والأحمر  $E=f(V(v))$

القيم المطلقة التي قدّمها مقياس شدة الضوء، لا ينبغي أن تعتبر دقيقة بمعنى الكلمة.

يسترجع رأس المقياس الضوئي في الواقع، كلّ التدفق الضوئي الموجود في نصف المساحة، وبالتالي ينعكس على الأجسام الموجودة في الغرفة، أو ترسل إلى مصابيح سقف الغرفة، إذا لم يتمّ إطفائها خلال التجربة. وسوف تميل هذه العناصر إلى تغيير قيم شدة الإضاءة في الواقع بسبب الصمّات الكهروضوئية.

بالإضافة إلى ذلك، لا تتم معايرة مقياس شدة الضوء. يولد رأس المقياس الضوئي أخطاء، يمكن أن تصل إلى 20٪، إذا كان المرشح الفعلي للرأس الضوئي يختلف اختلافاً كبيراً عن منحنى حساسية العين البشرية  $V$  (لامبدا)، وبشكل عام، يتم معايرة أجهزة قياس في ما يتعلق بإضاءة  $A$  والتي لها طيف مرئي معروف، هل الصمّامات الكهروضوئية لديها أطيف مختلفة تماماً والتفاعل مع شكل المرشح حيث يمكن أن يسبب أخطاء كبيرة في قيم الإضاءة.

#### 4- المناقشة (Discussion)

لقد قمنا في هذا العمل بوصف ثلاث تجارب رئيسية على تحديد الخصائص الكهربائية للصمّامات الكهروضوئية التجارية بألوان مختلفة وكذلك تأثيرها الفولطي ضوئي، كما اتخذت عمداً التدابير في ظل ظروف الاستخدام الحقيقي في هذه التجارب.

يمكن أن نستخرج من المنحنى الأول ( $V$ ) الخاصية التيار-التوتر المباشر لضوء الصمّامات الكهروضوئية التقليدية، في سلم قياس خطي (الشكل 4) وسيطين وظيفيين يتوافقان مع نظام مستوى القذف العالي: توتر العتبة  $V_s$  (الإحداثي السيني في الأصل) ومقاومة على التسلسل  $RS$  (معكوسة الميل)، ويرتبط توتر العتبة مع توتر البث  $V_d$ . يفصل  $V_s$  منطقتين رئيسيتين:  $B$  حيث يتم الصمّام عابرة ( $V > V_s$ ) و  $A$  حيث الصمّام مسدود ( $V < V_s$ ). السلوك هو سلوك الصمّام، هذا المخطط مناسب تماماً لمستويات القذف العالي ( $V \geq V_s$ ).

من أجل استقطاب التوتر  $V \geq V_s$ ، النظام لا يزال لا يسمح بنقل البث، وإعادة التركيب فقط في المنطقة النشطة يكون ممكناً، ومناطق الاحتواء بمثابة حاجز محتمل. يرجع الحد في التيار إلى المقاومة المكافئة للطبقات المختلفة المكونة للشريحة. والمعادلة التالية تنمذج توتر البث  $V_d$  بين مربطي الصمّام الكهروضوئي

$$I_d V_d = V_s + RS$$

يُميّز المخطط الثاني  $\log I(V)$ ، المكمل للأول، أربعة أنظمة قذف للتيار تتكيف مع مستويات منخفضة من القذف ( $V < V_s$ ).

الشكل 5: هذا المخطط مناسب تماماً لمستويات القذف المنخفضة ( $V < V_s$ ). نلاحظ أن تطوير النموذج سوف يتبع مخطط  $I(V)$  أو  $\log I(V)$ ، اعتماداً على مستويات القذف، والهدف من هذا الجزء هو التذكير بالنموذج التحليلي المعروف لظواهر النقل في مناطق التشغيل الأربعة على الصمّام الكهروضوئي التقليدي.

يوضح الشكل 6 أن هناك مفعولاً فولطياً ضوئياً لهذه الصمّامات الكهروضوئية

نلاحظ أن الإضاءة تتناسب تقريباً مع التوتر الكهربائي بين مربطي هذه الصمّامات الكهروضوئية المختلفة كما نلاحظ أن هذه التجربة تهدف إلى إظهار وجود تأثير ضوء المصباح على هذه الصمّامات الكهروضوئية وأن نفس التوتر الكهربائي لإضاءة الصمّامات الكهروضوئية مختلف وأن الصمّام الكهروضوئي الأخضر هو الأكثر حساسية ثم الصمّام الكهروضوئي الأصفر، والأقل حساسية هو الصمّام الكهروضوئي الأحمر

## 5-الخلاصة (Conclusion)

لقد مكّنا هذا العمل من إبراز مدى استخدام الصمّامات الكهروضوئية (مصابيح LED) في كاشف الصّور ببساطة، تيار الصّورة المحرّض هو في حدود 100 nA، ونحن متفائلون للغاية بشأن النتائج المستقبلية لهذا البحث، وكذا الفوائد الصنّاعية هي أيضا مهمّة جدا، ودمج الميزات (السّمات) الجديدة في الشّمعدانات الشمسية، هي واحدة من أولويّات الصنّاعة في الوقت الحاضر، وبالتالي أحد النّشاطات البحثية هو تطوير ميزات جديدة داخل هذا التّركيب (التّجهيز).

إنّ النّتائج المتوصّل، ستعمل على التّحقّق من صحّة فرضيّاتنا، التي تمّ تحديدها بالفعل، والتي ستمكّنا أيضا من تقييم إمكانات الصمّامات الكهروضوئية (مصابيح LED) في المجال الفولطيّ ضوئيّ وفحص المنافذ التي يمكن دمجها فيها، وقد اخترنا بالفعل واحدة في مجال أجهزة الاستشعار الشمسية.

لقد سمح لنا العمل الثّاني المنجز لإعداد وسيلة قياس لإظهار وجود مفعول الفولطيّ ضوئيّ على الصمّامات الكهروضوئية في المعهد الوطني المتعدّد التّقنيّات، حيث قمنا بقياس الخصائص الكهربائية للصمّامات الكهروضوئية المختلفة ودرسنا شدّة إضاءتها باستخدام مقياس البيرانومتر (مقياس الإشعاع السّماويّ) EPLEY.

قمنا في المدرسة العليا للأساتذة بالقبة، بقياس حساسية الصمّامات الكهروضوئية (مصابيح LED) المختلفة بجهاز قياس بدلالة استطاعة إضاءة مصدر الضّوء ولوحظ أنّ الإضاءة تناسب تقريبا مع التّوتر بين مربطيّ هذه المصابيح المختلفة.

لاحظنا أنّ هذه التّجربة أثبتت وجود مفعول فولطيّ ضوئيّ للمصباح على هذه الصمّامات الكهروضوئية وأنّ الإضاءة لنفس التّوتر الخاصّ بالصمّام الكهروضوئيّ مختلف وأنّ الصمّام الكهروضوئيّ الأخضر هو الأكثر حساسية، ثمّ الصمّام الكهروضوئيّ الأصفر، والأقلّ حساسية هو الصمّام الكهروضوئيّ الأحمر.

## 6-المراجع (References)

- [1] Nobel Shocker : حصل RCA على المصباح الأزرق الأول في عام 1972. [أرشيف]، على spectrum.ieee.org (تم الوصول إليه في 21 أكتوبر 2015).
- [2] C. Noé، التشكيل الضوئي في الأمراض الجلدية: فهم واستخدام المصابيح، John Libbey Eurotext Doin، coll. "الليزر والتقنيات".
- [3] Haitz's law قانون هايتس. الضوئيات الطبيعية، المجلد. 1، رقم 1، (2007)، ص. 23 (DOI10.1038 / ) .nphoton.2006.78 .Bibcode 2007NaPho ... 1 ... 23.
- [4] (الأعضاء التالية أسماؤهم في تقرير TC 2-45 . هو تقرير CIE 127-1997 (قياس المصابيح) W. V.CIE (127: 2007) ويحل محل 27 مايو 2011 -
- [5] Raphaël Baillot أطروحة مقدمة من جامعة بوردو دكتوراه في العلوم الفيزيائية والهندسة: 21 (2007) نوفمبر
- [6] Singleton. [ ] نظرية باند والخصائص الإلكترونية للمواد الصلبة: مطبعة جامعة أكسفورد، (2001)
- [7] J. R. Barnes، Robust، J. R. Barnes (2004) electronic design book book vol. 1: سيرينغر
- [8] Raphaël Baillot لتقييم موثوقية الثنائيات الباعثة للضوء (GAN) (2011)، ص 52: 21 نوفمبر