تحديد درجة حرارة المتصل لثنائي الانبعاث الضوئي عالي الاستطاعة

رضوان شيخ شرف و عبد الفتاح فارس

قسم الهندسة الإلكترونية، كلية الهندسة الكهربائية والإلكترونية، جامعة حلب، سوريا

المستخلص. تم في هذا البحث إيجاد العلاقة التي تربط درجة حرارة المتصل T_j مع جهد الانحياز الأمامي V_f لثنائي الانبعاث الضوئي عالي الاستطاعة High Power LED من خلال رسم المميزات الكهربائية (I-V) للثنائي HP-LED عند ست درجات حرارة مختلفة. تمت نمذجة هذه المميزات ضمن مكتبة مطابقة المنحنى Curve Fitting في البيئة البرمجية Matlab للحصول على الشكل الرياضي الموافق لنموذج شوكلي للثنائي HP-LED، والتي من خلالها تم رسم العلاقة $V_f = f(T_j)$ بين درجة حرارة المتصل T_j مع جهد الانحياز الأمامي V_f عند مستويات تيار ثابتة، وبإيجاد النموذج الرياضي الخطي من الدرجة الأولى نحصل على العلاقة $V_f = A \cdot T_j + B$. بنيت الواجهات المرئية باستخدام البرنامج LabVIEW15 التي تسمح للمستخدم بإظهار هذه العلاقات والمميزات. كما تم إيجاد نموذج حراري لدراسة السلوك الحراري الديناميكي لثنائي الانبعاث الضوئي HP-LED، وذلك لتحديد درجة حرارة المتصل. أظهرت نتائج المحاكاة أن درجة الحرارة الأعظمية للمتصل هي 123.72°C وفق الشروط الحدية التالية: درجة حرارة المحيط 25°C وشروط الحمل الطبيعي $h=10 \text{ W/m}^2\text{k}$ واستطاعة المنبع الحراري 1W .

الكلمات المفتاحية: درجة حرارة المتصل، ثنائي الانبعاث الضوئي HP-LED، Ansys - Matlab،

LabVIEW.

١ - المقدمة

أصبحت ثنائيات الانبعاث الضوئي (Light Emitting Diodes LEDs) مصدر إضاءة جديد، وأظهرت فوائد أكثر من الإضاءة التقليدية، مثل تحسين المردود

وتخفيض استهلاك الطاقة، وطول فترة تشغيلها، كما

أنها صديقة للبيئة^[١].

الخصائص الضوئية والكهربائية لثنائيات الانبعاث الضوئي عالية الاستطاعة High Power LED تعتمد بشكل كبير على درجة حرارة المتصل

الأمامي، ويسبب إزاحة طول موجة القمة الطيفية، وبالتالي تغير نوعية اللون، كما يؤدي إلى تناقص المردود الضوئي^[٣]. لذلك فإن الحرارة الزائدة يجب أن تشتت إلى الجو المحيط، مما يتطلب استخدام طرق التبريد الحراري المختلفة، وذلك لعدم تجاوز درجة حرارة المتصل الأعظمية.

٣- طريقة البحث

تم خلال هذا البحث رسم مميزة الفولط - أمبير للثنائي HP-LED عن طريق منظومة إلكترونية تقوم بتحصيل معطيات الجهد V ، والتيار I للثنائي HP-LED وإرسالها إلى الحاسب، حيث يتم رسم منحنى الفولط - أمبير من خلال واجهة رسومية باستخدام بيئة برمجية LabVIEW تم إعدادها على الحاسب. تم إيجاد النموذج الرياضي لهذه المميزات، وهو عبارة عن نموذج شوكللي. وقمنا بإيجاد مميزات (I-V) عند ست درجات حرارة مختلفة تتراوح بين 22°C و 122°C ، ومن ثم تحويل كل مميزة إلى النموذج الرياضي الخاص بها ورسمها. وأخيراً تم رسم العلاقة $V_f = f(T_j)$ بين درجة حرارة المتصل T_j مع جهد الانحياز الأمامي V_f عند مستويات تيار ثابتة، وتحويلها إلى النموذج الرياضي الخطي من الدرجة الأولى للحصول على العلاقة $V_f = A \cdot T_j + B$. كما تم في هذا البحث تصميم نموذج ثلاثي الأبعاد 3D للوحة الدائرة المطبوعة ذات النواة المعدنية PCB باستخدام برنامج التصميم الهندسي SolidWork أولاً، ثم قمنا بتصميم نموذج 3D للثنائي P-LED single chip packages وفق الأبعاد المعطاة، ثم قمنا بتركيب ثنائي الانبعاث الضوئي على

الثنائي. ومع ذلك، لا يمكن تحديد درجة حرارة المتصل بشكل مباشر، لذلك هناك طرق بديلة، منها تحديد درجة حرارة المتصل بشكل غير مباشر باستخدام مميزات الفولط - أمبير للثنائي^[٢]. تم قياس مميزات الجهد مع التيار للثنائي HP-LED عند ست درجات حرارة مختلفة تتراوح بين 22°C و 122°C ، كما تمت نمذجة هذه المميزات. وأخيراً تم رسم العلاقة بين درجة حرارة المتصل T_j مع جهد الانحياز الأمامي V_f عند مستويات تيار ثابتة، وبإيجاد النموذج الرياضي الخطي من الدرجة الأولى نحصل على العلاقة $V_f = A \cdot T_j + B$.

تم في هذا البحث أيضاً إيجاد نموذج حراري لدراسة السلوك الحراري الديناميكي للثنائي HP-LED وذلك لتحديد درجة حرارة المتصل الأعظمية، حيث تم التصميم الهندسي ثلاثي الأبعاد ضمن البيئة البرمجية Solidwork، ثم قمنا باستخدام المحاكاة لدراسة السلوك الحراري المتغير مع الزمن للثنائي ضمن البيئة البرمجية Ansys15.

٢- أهمية البحث وأهدافه

تهدف هذه الدراسة إلى تحديد درجة حرارة المتصل باستخدام مميزات الفولط - أمبير لثنائي الانبعاث الضوئي عالي الاستطاعة HP-LED. وكذلك باستخدام المحاكاة الحرارية المتغيرة مع الزمن ضمن البيئة البرمجية Ansys. وتكمن أهمية هذا البحث في تحديد درجة حرارة المتصل، حيث إن زيادة درجة حرارة المتصل تؤثر في أداء ووثوقية الثنائي، كما تؤدي إلى تناقص عمر الأداة الافتراضي، وإنقاص قيمة الجهد

ثنائي الانبعاث الضوئي HP-LED، ودائرة ملائمة للجهد والتيار وحجرة التسخين. هذه المنظومة تقوم بمسح منحني الفولط - أمبير، وبالتالي نحصل على قيم الجهود V والتيار I المقابلة لنقاط مختلفة، ثم نقوم بإرسالها عن طريق المتحكم المصغر إلى الحاسوب PC. تم استخدام المنفذ التسلسلي COMPORT لربط المنظومة مع الحاسب، وتتم عملية الربط عن طريق دائرة الملائمة المنطقية MAX232، وباستخدام برنامج Software على الحاسب نرسم المنحني ($I - V$).

شكل ٢. المخطط الصندوقي لكامل للمنظومة الإلكترونية.

٤-٢-١ دائرة التحكم الأساسية

تم استخدام المتحكم المصغر ATMEGA16^[٤] كدائرة تحكم لها ثلاث وظائف رئيسة في المنظومة كما في شكل ٣، أولاً: تطبيق النبضات من المنفذ PWM للمتحكم المصغر على دائرة القيادة. ثانياً: استخدام المبدل التماثلي الرقمي ADC لتحويل قيم الجهود والتيارات التماثلية لثنائي الانبعاث الضوئي HP-LED من دائرة القيادة إلى قيم رقمية. ثالثاً: إرسال هذه المعطيات عبر منفذ الاتصال التسلسلي COM PORT إلى الحاسب. خوارزمية عمل المنظومة الإلكترونية مبينة في شكل ٤.

اللوحة PCB Star، بحيث تصبح قطعة واحدة، وذلك من أجل إجراء الدراسة الحرارية على العنصر. كما تم تصدير هذا النموذج النهائي إلى برنامج Ansys15 لدراسة السلوك الحراري الديناميكي للثنائي HP-LED وذلك لتحديد درجة حرارة المتصل الأعظمية.

٤- الدراسة التطبيقية

٤-١ المخطط العام للمنظومة الإلكترونية

المخطط العام للمنظومة الإلكترونية المراد تصميمها مبين في شكل ١، حيث نقوم بمسح مميزة ($I - V$) للثنائي HP-LED عن طريق دائرة قيادة Driver Circuit، والتي نتحكم بها عن طريق دائرة متحكم مصغر Microcontroller، ونتيجة المسح نحصل على قيم الجهود V والتيار I في نقاط مختلفة، ونقوم بإرسالها عن طريق دائرة المتحكم المصغر إلى الحاسوب PC، وباستخدام برنامج Software على الحاسب نرسم المنحني ($I - V$).

شكل ١. المخطط العام للمنظومة الإلكترونية.

٤-٢ المخطط الصندوقي للمنظومة الإلكترونية

المخطط الصندوقي للمنظومة الإلكترونية التي تم تصميمها مبين في شكل ٢، حيث يتألف من الدارات الإلكترونية التالية: دائرة أساسية تحوي المتحكم المصغر Microcontroller، ودائرة قيادة

شكل ٣. مخطط الدائرة الأساسية للمتحكم المصغر.

شكل ٤. المخطط التدفقي لخوارزمية عمل المنظومة.

٤-٢-٢ دائرة قيادة الثنائي HP-LED

تم استخدام منبع جهد ١٢ فولت لتغذية دائرة قيادة ثنائي الانبعاث الضوئي HP-LED له $V_D = 3.2V$ و $I_D = 350mA$ فتكون الاستطاعة المستهلكة ضمن الثنائي HP-LED:

$$P_{LED} = 3.2 \times 0.35 = 1.12W$$

تم اختيار الترانزستور BDX53 لقيادة الثنائي HP-LED وتم توصيله بدائرة المتحكم المصغر، وبتطبيق نبضات PWM القادمة من المتحكم المصغر على دائرة القيادة اعتباراً من القيمة الصفرية للجهد التي تجعل الترانزستور في منطقة القطع، وبشكل متزايد، مروراً بالمنطقة الفعالة للترانزستور إلى حدود الإشباع للترانزستور، ليستكمل عمل الترانزستور في مناطق الثلاثة، وبالتالي يتم مسح مميزة HP-LED كاملاً، كما هو مبين في شكل ٥. وعند كل قيمة للمسح يتم إرسال عينات من الجهد V_D والتيار I_D (من خلال مقاومة التفريع R_{sh}) إلى دائرة الملاعبة أولاً، ومن ثم إلى المتحكم المصغر من خلال المنفذين ADC0 و ADC1 لقراءتها، ومن ثم إرسالها عبر المنفذ التسلسلي إلى الحاسب وتخزينها في جدول موجود في البرنامج الذي تم تصميمه. وبرسم هذه النقاط نحصل على منحنى الفولت - أمبير (I-V curve) للثنائي HP-LED.

٤-٢-٣ دارات الملاعبة لقياس الجهد والتيار

بعد ورود معطيات الجهد والتيار من دائرة القيادة إلى دائرة الملاعبة، يتم تحويلها إلى الشكل الرقمي بواسطة المبدل التماثلي الرقمي ADC ضمن

المتحكم المصغر من خلال المنفذين ADC0 و ADC1.

إن دوائر الملاعبة لقياس التيار I_D والجهد V_D للثنائي HP-LED تتم من خلال دائرة مضخم التيار Current Amplifier، كما في شكل ٦، ودائرة تابع الجهد Voltage Follower كما في شكل ٧.

شكل ٥. دائرة قيادة الثنائي HP-LED المربوطة مع المتحكم المصغر.

شكل ٦. دائرة ملاعبة التيار.

شكل ٧. دائرة ملاعبة الجهد.

٤-٣ القسم البرمجي للمنظومة

تم تصميم القسم البرمجي لتشغيل وإعداد المنظومة الإلكترونية على الحاسب باستخدام البيئة

نجاح هذا النموذج بتمثيل الثنائي الحقيقي بنموذج رياضي ذي دقة عالية ٩٨,٢٨٪.

$$I = a \cdot e^{bV} \quad (1)$$

حيث: $a = 1.40179 \times 10^{-5}$, $b = 3.20249$

وقد تم تصميم واجهة مرئية باستخدام البرنامج LabVIEW15 تظهر شكل النموذج مع كتابة معادلة النموذج المقترح وتحديد بارامتراته وتحديد دقة النموذج Precision. وباعتبار النموذج الأسّي يمثل نموذج Shockley للثنائي HP-LED وبالمقارنة معه يتم حساب عامل المثالية n والتيار الإشباع العكسي I_0 ، كما هو موضح بشكل ١١. وقد أضيفت هذه الواجهة إلى واجهة المنظومة الإلكترونية التي أعدناها سابقاً، بحيث يتكامل عمل المنظومة الجديدة اعتباراً من تحصيل معطيات الجهد والتيار لرسم المميزات الكهربائية للثنائي HP-LED، وعرضها ضمن جدول يظهر فيه هذه المعطيات، ومن ثم تخزينها ضمن ملف يتم استدعاؤه عند اللزوم أو عند إيجاد نموذج كهربائي للثنائي HP-LED.

من أجل الاختبار الحراري نثبت ثنائي الانبعاث الضوئي HP-LED على لوحة دائرة مطبوعة (Metal Core Printed Circuit Board) MCPCB مصنوعة - من الألومنيوم. الدائرة المطبوعة MCPCB مؤلفة من طبقة أساس من الألومنيوم، وطبقة عازلة FR-4، وطبقة فيها النحاس كطبقة توصيل من أجل تبديد حراري أعلى من طبقة FR-4.

البرنامجية LabVIEW15^[٥]، وفي سبيل ذلك تم بناء الواجهات المرئية لاستقبال القيم الرقمية لمعطيات الجهد والتيار لثنائي الانبعاث الضوئي HP-LED وتحويلها إلى الشكل التماثلي وتخزينها ضمن جدول، ومن ثم رسم المنحنى (I-V). تم اختبار الثنائي HP-LED الذي يعطي ضوءاً أبيض اللون وذا استطاعة W1 بغية الحصول على مميزته الكهربائية برسم منحنى الفولط - أمبير، كما في شكل ٨.

وللحصول على منحنى (I-V) مستقل عن الواجهة المرئية، يتم تصدير صورة بسيطة ذات امتداد (bmp) عن المنحنى المرسوم في الواجهة المرئية فنحصل على شكل ٩.

يتم إدخال معطيات الجهد والتيار للثنائي HP-LED إلى البرنامج ضمن جدول موجود على الواجهة المرئية، كما هو مبين في شكل ١٠.

٤-٤ نمذجة المميزات الكهربائية (I-V) للثنائي HP-LED

تم إيجاد نموذج رياضي للمميزة الكهربائية للثنائي HP-LED باستخدام طريقة تقدير المربعات الصغرى (Least Squares Estimation) LSE اللاخطية^[٦] ضمن مكتبة مطابقة المنحنى Curve Fitting في البيئة البرمجية MATLAB^[٧] والتي تعتمد على تمثيل الإشارة بتتابع لا خطية كالتابع الأسّي، فنحصل على النموذج الرياضي الموضح بالعلاقة (1)، والمبين بشكل ٨ الذي يحتوي على النموذج الحقيقي للعينات والنموذج الرياضي (1)، حيث نلاحظ أن نسبة التطابق ٩٨,٢٨٪. وهذا يدل على

شكل ٨. المميزات الكهربائية (I-V) للثنائي HP-LED على الواجهة المرئية.

شكل ٩. المنحنى (I-V) للثنائي HP-LED التي حصلنا عليها من الواجهة المرئية.

Date	Time	Current (mA)	Voltage (Volte)
25/3/2017	12:49 م	0.000000	2.500000
25/3/2017	12:49 م	0.000351	2.509091
25/3/2017	12:49 م	0.001053	2.513636
25/3/2017	12:49 م	0.001754	2.522727
25/3/2017	12:49 م	0.002456	2.531818
25/3/2017	12:49 م	0.005965	2.550000
25/3/2017	12:49 م	0.012632	2.595455
25/3/2017	12:49 م	0.021404	2.654545
25/3/2017	12:49 م	0.036140	2.718182
25/3/2017	12:49 م	0.055088	2.777273
25/3/2017	12:49 م	0.078246	2.836364
25/3/2017	12:49 م	0.104211	2.895455
25/3/2017	12:49 م	0.130526	2.959091
25/3/2017	12:49 م	0.157544	3.022727
25/3/2017	12:49 م	0.186316	3.100000
25/3/2017	12:49 م	0.216491	3.168182
25/3/2017	12:49 م	0.246667	3.236364
25/3/2017	12:49 م	0.281404	3.295455
25/3/2017	12:49 م	0.317895	3.350000
25/3/2017	12:49 م	0.352632	3.400000
25/3/2017	12:49 م	0.358947	3.431818
25/3/2017	12:49 م	0.358947	3.431818
25/3/2017	12:49 م	0.358947	3.431818
25/3/2017	12:49 م	0.358947	3.431818
25/3/2017	12:49 م	0.358947	3.431818
25/3/2017	12:49 م	0.358947	3.431818
25/3/2017	12:49 م	0.358947	3.427273
25/3/2017	12:49 م	0.358947	3.427273

شكل ١٠. الواجهة المرئية التي تظهر المعطيات في الجدول Table.

شكل ١١. مميزة الثنائي HP-LED مع النموذج المقترح التابع الأسّي.

وأخيراً تم رسم العلاقة بين درجة حرارة المتصل T_f مع جهد الانحياز الأمامي V_f عند مستويات تيار ثابتة، كما هو مبين بشكل ١٥. وبايجاد النموذج الرياضي الخطي من الدرجة الأولى نحصل على العلاقة التالية:

$$V_f = A \cdot T_f + B \quad (2)$$

من أجل تيار ثابت $I=50\text{mA}$ تصبح العلاقة السابقة على النحو التالي:

$$V_f = -0.00233262 * T_f + 2.82577$$

٥- تحديد درجة حرارة المتصل باستخدام النمذجة الحرارية للثنائي HP-LED

٥-١ النمذجة الحرارية

التنبؤ لأداء الحراري للثنائيات HP-LEDs أصبح ضرورة مع زيادة تدفق الحرارة وكثافة التعبئة والتغليف، وأصبح تبديد الحرارة من متصل الثنائي إلى الوسط المحيط أكثر أهمية؛ وبما أن التركيب الداخلي معقد جداً، فإنه من الصعب القياس الدقيق لتوزيع درجات الحرارة الداخلية بالطرق التجريبية، وإنما يمكن التنبؤ بتوزيع درجات الحرارة الداخلية بواسطة النمذجة الحرارية باستخدام طريقة تحليل العناصر المنتهية *Finite Element Method* (FEM). وبالتالي كل الأعمال لتوصيف الثنائي HP-LED وتحسين خصائصه يمكن أن تتم من خلال المحاكاة بتكلفة بسيطة وتوفيراً للوقت لنقترب من تجريب مختلف التحسينات قبل التنفيذ للعنصر الحقيقي.

تم وضع الثنائي في حجرة التسخين المبينة في شكل ١٢، وبتثبيت حجرة التسخين عند درجات حرارة مختلفة (61.4°C ، 82.2°C ، 102°C ، 122°C) تتم المعايرة الحرارية بين درجة حرارة الثنائي HP-LED ودرجة حرارة المحيط ضمن الحجرة بتحديد زمن الإقامة لكل درجة حرارة مختلفة حوالي ٣٠ دقيقة^[٨].

شكل ١٢. حجرة التسخين المستخدمة للحصول على درجات الحرارة المختلفة.

بعد أن يصل المتصل إلى المعايرة الحرارية يتم رسم المميزات الكهربائية ($I-V$) للثنائي HP-LED عند درجات الحرارة المختلفة باستخدام البرنامج LabVIEW15 على الحاسب، ويتم تخزين هذه المميزات على القرص الصلب. وقد تم تصميم واجهة يتم إظهار هذه المميزات عند درجات الحرارة المختلفة معاً للتحليل والدراسة، كما هو مبين في شكل ١٣.

كما تمت نمذجة هذه المميزات معاً ليسهل إيجاد العلاقة بين درجة حرارة المتصل والجهد الأمامي، كما هو مبين في شكل ١٤.

قمنا بتصميم نموذج ثلاثي الأبعاد للوحة الدائرة المطبوعة ذات النواة المعدنية Star PCB باستخدام برنامج الرسم Solidwork أولاً، ثم قمنا بتصميم نموذج 3D للثنائي HP LED single chip packages وفق الأبعاد الموجود في الجدول ١، ثم قمنا بتركيب هذا الثنائي المضيء على اللوحة Star PCB بحيث تصبح قطعة واحدة لإيجاد الدراسة الحرارية على العنصر، كما في شكل ١٧.

أبعاد النموذج مبينة في الجدول ١ حيث: D (نصف القطر)، H (الارتفاع)، W (العرض)، L (الطول)، k (الناقلية الحرارية)، ρ الكثافة، C_p السعة الحرارية^[١٠].

تم استخدام البرنامج Ansys15 لتنفيذ المحاكاة على هذا النموذج النهائي ودراسة التحليل الحراري المتغير مع الزمن لدراسة السلوك الحراري للعنصر HP-LED، وفق الشروط الحدية التالية: درجة حرارة المحيط 25°C وشروط الحمل الطبيعي $h=10\text{W/m}^2\text{k}$ واستطاعة المصدر الحراري 1W ^[١١]. وتمت تجزئة النموذج الثنائي إلى 28727 عنصر سداسي السطوح مع استقلال الشبكة^[١٢] كما في شكل ١٨.

أجريت المحاكاة الحرارية في الحالة المتغيرة مع الزمن، وتم تحديد الزمن الكلي والفاصل الزمني لتشغيل الحل. لقد اخترنا زمناً إجمالياً بلغ ٢٠٠٠ ثانية مع فاصل زمني قدره ٢٠٠ ثانية^[١٣]، ونلاحظ أن الزمن الإجمالي الذي يحتاجه للوصول إلى الحالة المستقرة هي ١٢٥٠ ثانية، كما في شكل ٢٠. ولتوضيح التغيرات مع الزمن، أخذنا لوغاريتم محور الزمن، فحصلنا على شكل ٢١.

تم في هذا البحث استخدام برنامج Ansys الذي يعتمد على طريقة العناصر المنتهية المستخدمة على نطاق واسع لتحليل الحرارة في المنتجات الإلكترونية في مرحلة التصميم المبكر، وهي طريقة تحليل عددي لإيجاد الحلول التقريبية للمعادلات التفاضلية الجزئية (PDE) partial differential equations فضلاً عن الحلول التكاملية، ومن تطبيقات البرنامج حل معادلات انتشار الحرارة^[٩].

تم اختيار نوع الدراسة المتغيرة مع الزمن لدراسة السلوك الحراري الديناميكي للثنائي HP-LED، ومقياس التجزئة Mesh صغير جداً، حيث تم إيجاد نموذج حراري ثلاثي الأبعاد 3-D لثنائي الانبعاث الضوئي HP-LED وذلك لتحديد درجة حرارة المتصل. هذا الثنائي ذو استطاعة 1W والتدفق الضوئي له حوالي 70-80lm، وهبوط الجهد عليه 3.3V، والتيار الأمامي المار فيه هو 350mA، ويعمل في درجة حرارة الجو $T = 25^\circ\text{C}$ ^[١٠].

كما هو مبين في شكل ١٦، حيث يظهر ثنائي الانبعاث الضوئي HP-LED وأجزاء التركيب الداخلي له التي تتألف من: قالب الشريحة Die المصنوعة من GaN، وطبقة الأساس Substrate المصنوعة من Al_2O_3 والمادة اللاصقة مع القالب Die attach، والسبيكة الحرارية المدورة من الألومنيوم Al material heat slug، والمادة الحرارية البينية thermal interface (TIM)، ولوحة الدائرة المطبوعة ذات النواة المعدنية Metal Core Printed Circuit Board (MCPCB).

شكل ١٣. المميزات الكهربائية (I-V) للثنائي HP-LED عند درجات حرارة مختلفة.

شكل ١٤. المميزات الحقيقية (I-V) للثنائي HP-LED عند درجات حرارة مختلفة على اليسار مع المميزات الناتجة عن النموذج المقترح التابع الأسّي إلى اليمين.

شكل ١٥. العلاقة بين T_j مع V_f عند مستوى تيار ثابت مع النموذج الخطي.

شكل ١٦. الشكل الحقيقي للتنائي HP-LED والمكونات الداخلية التي يتركب منها.

شكل ١٧. نموذج 3D لـ Star PCB و HP-LED ثم لـ Star PCB و HP-LED معا.

جدول ١. طبقات HP-LED وأبعادها الأساسية مع خصائص المواد المركبة منها.

Designation	Material	D (mm)		H (mm)	k (W/m.K)	ρ (kg/m ³)	Cp (J/kg.K)
		L (mm)	W (mm)				
Die	GaN	1	1	0.02	301	6150	490
Substrate	Al ₂ O ₃	1	1	0.08	30	3980	758
Die attach	Ag paste	1	1	0.02	8	2400	300
Slug	Small	1.5		1.6	237	2770	875
	Big	3		0.6			
TIM		3		0.02	0.8	2800	705
MCPCB	Al	10		1.5	170	2700	900

شكل ١٨. تجزئة الأداة الإلكترونية المدروسة إلى عدد من العناصر المنتهية.

شكل ١٩. نتيجة محاكاة دراسة السلوك الحراري العابر للعنصر HP-LED.

شكل ٢٠. السلوك الحراري المتغير مع الزمن لـ HP-LED عند أعلى درجة Max وأخفض درجة Min.

شكل ٢١. السلوك الحراري المتغير مع الزمن لـ HP-LED عند أعلى درجة Max وأخفض درجة Min (لوغاريتمي).

UCB/EECS-2012-156.

[٢] **Keppens, A., Ryckaert, W. R., Deconinck, G. and Hanselaer, P.** (2008) High power light-emitting diode junction temperature determination from current-voltage characteristics, *Journal of Applied Physics*, **104**: 093104.

[٣] **Application Note 5313**, (2010) *Thermal Management of Avago High Power LED Emitter*, AV02-1958N, Ayushi.

[٤] www.atmel.com/literature, "ATMEGA16 data sheet".

[٥] **Travis, J. and Kring J.** (2006) *LabVIEW for Everyone: Graphical Programming Made Easy and Fun*, Prentice Hall, 1032 p.

[٦] **Chavent, Guy** (2010) "Nonlinear Least Squares for Inverse Problems", Series: Scientific Computation, XIV, 360p.

[٧] **Mathworks Press** (2013) *Curve Fitting ToolBox User's Guide*.

[٨] **Chang, M. H., Das, D. and Pecht, M.** (2011) Junction Temperature Characterization of High Power Light Emitting Diodes, *IMAPS Mid-Atlantic Microelectronics Conference, 23-24 June 2011 Atlantic City, New Jersey*.

[٩] **Chen, Z., Luo, X. and Liu, S.** (2010) Thermal analysis of 3D packaging with a simplified thermal resistance network model and finite element simulation, *ICEPT-HDP*, **3**: 737 –741.

[١٠] **Pan, K., Guo, Y., Zhu, W., Wang, X. and Zhou, B.** (2014) Study on Reliability and Lifetime Prediction of High Power LEDs, *TELKOMNIKA Indonesian Journal of Electrical Engineering*, **12**(2) February: 1132 - 1142.

[١١] **Vairavan, R., Sauli, Z., Retnasamy, V. and Kamarudin, H.**, (2013) *High Power LED Heat Dissipation Analysis via Copper Diamond Slug*, (ICAMET 2013), Bandung Indonesia, Pages: 3628-3633.

[١٢] **Rajendaran, V., Zalimanc, S., Vithyacharan, R. and Hussin, K.** (2015) *Heat Dissipation Analysis under Natural Convection Condition on High Power LED. Special Issue for International Conference of ICAMET, Bandung Indonesia*, Pages: 3634-3638.

[١٣] **Čuntala, J., Frivaldský, M. and Kondelová, A.** (2015) *Thermal Simulation of Power LED Diode in Comsol Environment*, Department of Mechatronics and Electronics, Univerzita 1, 010 26 Ľilina, Slovak Republic.

٥ - الخاتمة

تم في هذا البحث إيجاد العلاقة التي تربط درجة حرارة المتصل T_j مع جهد الانحياز الأمامي V_f لثنائي الانبعاث الضوئي HP-LED من خلال تصميم وتنفيذ نظام إلكتروني يقوم برسم المميزات الكهربائية (I-V) للثنائي HP-LED عند ست درجات حرارة مختلفة تتراوح بين 22°C و 122°C ، كما تمت نمذجة هذه المميزات بإيجاد نموذج رياضي للميزة. وأخيراً تم رسم العلاقة بين درجة حرارة المتصل T_j مع جهد الانحياز الأمامي V_f عند مستويات تيار ثابتة وإيجاد النموذج الرياضي الخطي من الدرجة الأولى نحصل على العلاقة $V_f = A \cdot T_j + B$. تم بناء الواجهات المرئية باستخدام البرنامج LabVIEW15 التي تتيح للمستخدم إعداد وتشغيل المنظومة الإلكترونية على الحاسب. كما تم إيجاد نموذج حراري لدراسة السلوك الحراري الديناميكي لثنائي الانبعاث الضوئي HP-LED، وذلك لتحديد درجة حرارة المتصل. أظهرت نتائج المحاكاة أن درجة الحرارة الأعظمية للمتصل هي 123.72°C .

المراجع

[١] **HSIEH C.** (2012) *Analysis of LED Technologies for Solid State Lighting Markets*, Technical Report No.

Determining the Junction Temperature of the High Power LED

Radwan S. Sharaf and Abdelfattah Fares

Dept. of Electronic Engineering, Faculty of Electrical & Electronic Engineering, University of Aleppo, Syria

Abstract. In this paper, the relationship between the junction temperature T_j and the forward bias voltage V_f of the high power LED is presented by drawing the I-V curve of the HP-LED at six different temperatures. The mathematical model was derived from the I-V curve of the high power LED, which was modeled within the Curve Fitting library in the MATLAB software environment. to obtain an exponential model, which is the Shockley model. and then the relationship $V_f = f(T_j)$ between junction temperature T_j and the forward bias voltage V_f was determined at constant current level, which is also drawn. the linear mathematical model of the first order was derived from the V_f - T_j curve to obtain the relationship $V_f = A \cdot T_j + B$. The visual interfaces are built to display results and curves using the LabVIEW software environment. A thermodynamic model was also presented to study the dynamic thermal behavior of the LED-HP to determine the junction's temperature. The simulation results showed that the maximum junction temperature is 123.72°C under the following limit conditions: Ambient temperature 25°C and normal convection conditions $h=10\text{W/m}^2\text{k}$ The thermal source power is 1W.

Keywords: High Power LED, Junction temperature, Matlab, Ansys, LabVIEW.