

Efeitos do ressecamento e migração das Pastas Térmicas sobre a Temperatura no Ponto de Solda em Luminárias de LED

Esse estudo aborda o efeito do envelhecimento das Pastas Térmicas aplicadas como material de interface em um Módulo de LED, sobre as propriedades térmicas da aplicação e sua capacidade dissipativa. Para tanto, foi utilizado um método de modelação numérica através do software COMSOL Multiphysics®.

O estudo demonstrou que a penetração de ar por entre a PCB e o Dissipador em Alumínio, consequência da degradação da Pasta Térmica, produziu uma elevação alarmante da Temperatura no ponto de solda do LED.

Introdução

Nos últimos anos, o mercado mundial de iluminação tem visto um crescente aumento de interesse, por parte do público em geral, no uso de luminárias com a tecnologia LED. De fato, o LED apresenta inúmeras vantagens sobre as lâmpadas convencionais, como vida útil aumentada (100.000 horas), baixo consumo elétrico, maior eficiência luminosa e ainda vantagens estruturais, como maior durabilidade.

Entretanto, luminárias desenvolvidas para operação com o LED, comumente enfrentam problemas associados a seu desempenho térmico, já que 70% do total da energia consumida pelo LED é convertida em calor, fato que produz um aumento substancial da temperatura no chamado ponto de solda do componente LED à PCB.

Se não corretamente administrado, esse aumento de temperatura acarretará em uma diminuição expressiva da vida útil dos LEDs, podendo ainda causar, com frequência, falhas no funcionamento adequado do equipamento, além de alterações no fluxo luminoso, como mudanças de cor, etc.

Portanto, a manutenção da temperatura no ponto de solda do LED, dentro dos limites operacionais especificados pelo fabricante é absolutamente crucial para um produto confiável e de bom desempenho.

Um sistema de dissipação térmica que envolva o uso do ar, como elemento que possibilite a troca de calor com o ambiente é muito importante e está ligado ao correto dimensionamento do dissipador que será incorporado ao projeto da luminária.

Contudo, tão importante quanto a correta especificação do dissipador, é a escolha de uma solução que garanta e controle o correto fluxo e condução do calor gerado no LED, no caminho entre o ponto de solda e a superfície de contato do dissipador de calor.

Para esse fim, ainda é muito comum, principalmente nos mercados em desenvolvimento, o emprego dos chamados Compostos Térmicos, mais popularmente conhecidos como Pastas Térmicas.

Esse estudo, tem por objetivo demonstrar os sérios problemas associados ao uso das Pastas Térmicas em Luminárias de LED, e seus efeitos nocivos à durabilidade, confiabilidade e desempenho luminotécnico desses produtos, no médio e longo prazo.



Modelagem numérica

Nesse estudo, um módulo de LED composto por uma placa de 36 LEDs foi montado sobre um dissipador retangular de alumínio, sendo que na área de contato entre as 2 superfícies, foi aplicada uma camada homogênea de Pasta Térmica, na espessura de 0,20mm e índice de condutividade térmica de 2,8W/m.k.

O módulo foi então submetido a seguidos ciclos térmicos, com o consequente aumento e diminuição da temperatura no ponto de junção do LED à PCB, durante um total de 10.000 horas.

Após esse período, verificou-se a degradação de um conteúdo equivalente a 38% da quantidade de Pasta que havia sido aplicada originalmente na montagem do Módulo de LED. Essa degradação foi resultado do chamado "dry-out" ou ressecamento da Pasta, que acontece por conta da exsudação dos óleos básicos que fazem parte da formulação das Pastas. Com o ressecamento, parte da pasta aplicada como interface entre PCB e Dissipador de Alumínio, migrou de sua posição original, sendo substituída por uma fina camada de ar.

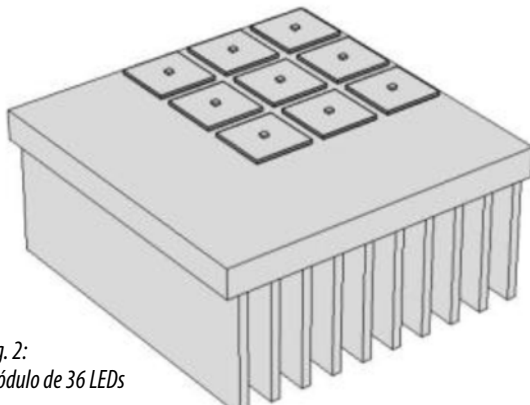


Fig. 2:
Módulo de 36 LEDs

A equação que serve como parâmetro para esse estudo é a que demonstra o comportamento da energia em um estado estável:

$$\nabla \cdot (k \nabla T) = 0$$

Em que K, é a condutividade térmica (W/m.K) e T a temperatura (K). Para solucionar essa equação, foi utilizado o módulo de transferência de calor provido pelo sistema COMSOL Multiphysics®. Nesse sistema todas as condições limítrofes foram devidamente estabelecidas.

Foi aplicado um fluxo térmico na parte inferior dos LEDs (1W por LED) e o dissipador foi resfriado através de convecção natural, estabelecida em um coeficiente de $h=5$ (W/m².K).

Todas as superfícies exteriores do LED como substrato, conexão do componente foram consideradas como adiabáticas.

RESULTADOS

Leitura Térmica Inicial

Após 48 horas do início da simulação, foi realizada uma leitura do perfil térmico do módulo, conforme exibido na figura 3. A temperatura no ponto de solda atingiu 70°C, graças à excelente condução térmica entre PCB e Dissipador, em função da ainda inalterada integridade da pasta térmica. Nesse momento, não havia a presença de ar entre PCB e Dissipador e o contato entre ambas as superfícies pode ser considerado como perfeito.

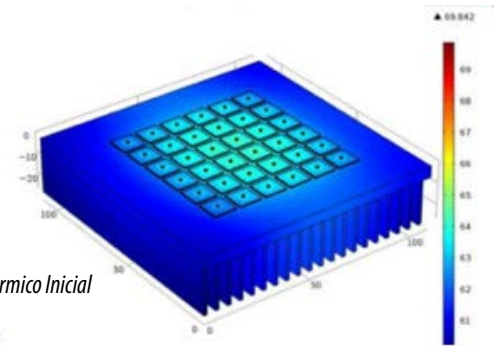


Fig. 3:
Perfil Térmico Inicial

Efeitos Térmicos da Degradação da Pasta

O efeito da penetração do ar, nas áreas de contato entre a PCB e o Dissipador, como resultado do ressecamento da Pasta Térmica após 10.000 horas de teste é exibido na Figura 4. Pode ser verificado um expressivo aumento na temperatura do ponto de solda, que é consequência direta da redução na taxa de transferência de calor entre seu ponto de geração (diodo) e seu ponto de dissipação natural (dissipador de alumínio). O ar é conhecido como um pobre condutor térmico (0,026W/m.k) e assim, o calor não é propriamente conduzido até o radiador, sendo aprisionado pela lâmpada.

Detalhe curioso, contudo, é que não houve alteração na temperatura média do Dissipador de Alumínio ao longo das 10.000 horas de teste. Sua temperatura média se manteve, portanto, estável, embora a temperatura no ponto de solda tenha sofrido intensa elevação. Essa constatação também nos mostra a importância de focar estudos de gerenciamento térmico em luminárias de LED sobre o ponto de solda e não na temperatura do dissipador.

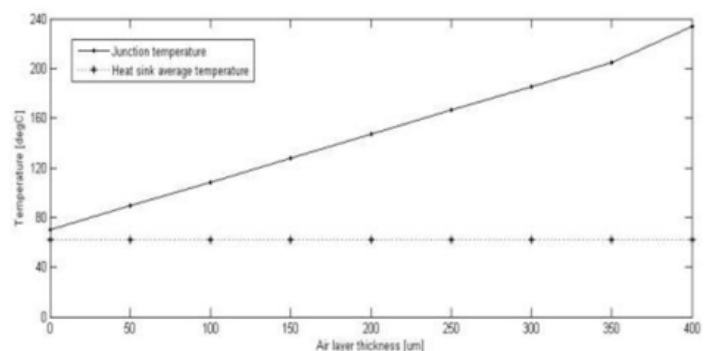


Fig. 4:
Evolução Térmica com a Degradação da Pasta Térmica

Após 10.000 horas de teste e a perda de 38% do conteúdo de Pasta Térmica originalmente aplicada no módulo de teste, o aumento de temperatura no ponto de solda foi da ordem de 55%. A própria temperatura da Pasta Térmica sofre uma variação de +58%, o que compromete a performance térmica de todo o sistema. A figura 5 ilustra a diferença de temperatura no conjunto ao longo do teste.

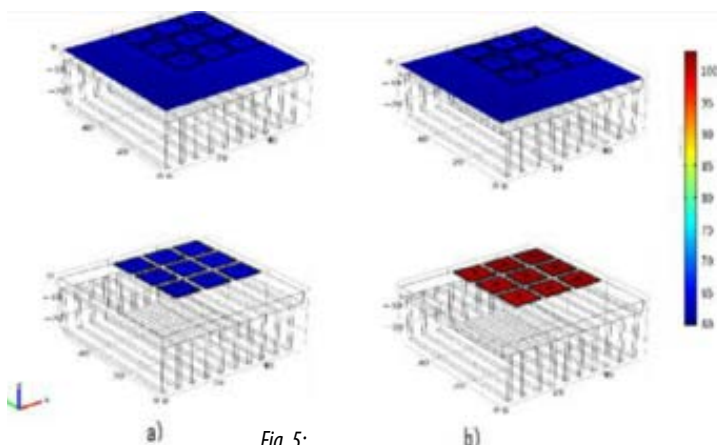


Fig. 5:
Perfil Térmico do Dissipador e na base da PCB em:

a) $t=0$
b) $t=10.000h$

CONCLUSÃO

Concluindo, o estudo demonstrou que o design adequado do gerenciamento térmico de uma Luminária LED é absolutamente imprescindível no desenvolvimento de um projeto que ofereça confiabilidade e qualidade. Mais que isso, o design térmico não deve levar em conta somente a especificação e seleção de um meio de meio de convecção adequado ou seja, do dissipador, mas também deve dedicar grande atenção à forma como acontecerá a migração térmica da região em que o calor está armazenado (ponto de solda) para seu ponto de troca com o ambiente (Dissipador).

Para esse fim, o uso da Pasta Térmica, embora tenha apresentado excelente desempenho inicial, não se mostrou confiável, à medida que, dada a composição oleosa da pasta, os ciclos térmicos da luminária produziram seu ressecamento e conseqüente penetração do ar. Essa camada de ar, por sua vez, acabou por atuar como um isolante térmico, dificultando a passagem do calor entre LED e dissipador, fazendo aumentar a temperatura no ponto de solda.

Por fim, vale mencionar que em outros estudos ficou demonstrado que para cada 1°C em que o LED opera acima do limite de temperatura definido por seu fabricante, há uma redução de vida útil entre 20% a 30%.

K. Ben Abdelmlek*1,
Z. Araoud1,
K. Abderrazek2,
K. Charrada1,
and G. Zissis3

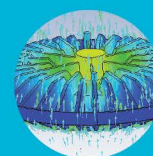
GESTÃO DE CALOR SÉRIA

Conhecimento, estrutura e soluções adequadas para sistemas de iluminação LED.

THERMAL Tape®
Custo-benefício insuperável



INTERFACES TÉRMICAS DE ALTA TECNOLOGIA.
Desempenho e durabilidade superiores.



SIMULAÇÃO TÉRMICA COMPUTACIONAL.



ENSAIO DE CARACTERIZAÇÃO TÉRMICA LABORATORIAL.
Com exclusiva medição direta da temperatura na junção do LED (Tj).



ANÁLISE DE RESULTADOS E LAUDOS.

A Celera dispõe de avançadas ferramentas usadas mundialmente para medição e caracterização térmica de Luminárias LED.

Nosso laboratório realiza ensaios térmicos em luminárias inteiras, revelando informações como medição direta da Temperatura de Junção (Tj), Curva Térmica Característica as quais eram, até hoje, exclusividade dos laboratórios dos grandes fabricantes de componentes LED.

Consultoria Térmica pode ajudá-lo a desenvolver produtos mais confiáveis e duradouros, muito além das 50.000 horas.