

Variación de la cromaticidad con la temperatura de unión en LEDs de alta potencia

S. Patirnac[†], M.A. Satorre Aznar⁽¹⁾, E. Gilabert Pérez⁽²⁾

(1) Departamento de Física aplicada, Universitat Politècnica de València.

(2) Departamento de Ingeniería textil y papelera, Universitat Politècnica de València.
msatorre@fis.upv.es;gilabert@txp.upv.es

RESUMEN

La principal conclusión de este trabajo es que el color final que emiten los LEDs depende de la temperatura final de trabajo. Si ésta varía lleva asociada un cambio en la cromaticidad, que en algunos casos llega a ser detectable a simple vista. Además los LEDs de diferentes colores (azul, verde, rojo) no cambian del mismo modo para iguales variaciones de temperatura, haciendo de éste un trabajo necesario para el control de la luz finalmente emitida por los diodos.

INTRODUCCIÓN

Teniendo en cuenta el auge que está experimentando el mercado de los LEDs, pronto será una realidad el uso exclusivo de los mismos en todos los ámbitos de la iluminación y esto hace que los conocimientos sobre este tipo de lámparas sean necesarios para el diseño de futuras luminarias. El objeto del presente estudio consiste en un análisis de la relación existente entre las características del color y la temperatura que se alcanza en el diodo, que para algún tipo de LED específico ya se ha empezado a estudiar [1]. Hasta ahora se toman como características de color de los LEDs las que aparecen en las especificaciones técnicas del fabricante. Sin embargo sus respuestas espectrales se obtienen para encendidos del orden de los milisegundos, esto hace que sus respuestas no sean las esperadas cuando los LEDs funcionan durante un tiempo de encendido normal donde las temperaturas finales de equilibrio en los mismos sean distintas de las que establecieron la respuesta espectral del LED. Esta temperatura real de trabajo tiene una influencia directa y crucial en la vida del dispositivo, ya que ésta disminuye al aumentar la temperatura de trabajo.

MATERIALES Y MÉTODO

Se han usado LEDs de la marca Avago Technologies, todos de 3 W de potencia, y de los siguientes tipos: rojos (amber, red orange, red, deep red), azules (green, blue, royal blue) y blancos (cool white, neutral white, warm white). Para cada uno de ellos se han tomado medidas de la temperatura de unión a diferentes intensidades (100, 200, 350, 500, 600, 700 mA), con una cámara térmica (Cantronic Systems; modelo IR980-600) y medidas de la distribución espectral con un espectrómetro de la marca StellarNet (10 cm distancia entre sensor óptico y fuente).

Las medidas se han tomado de dos maneras: en la primera los LEDs están acoplados únicamente al PCB (20x20mm, baquelita, doble cara de Cu), y en la segunda se utiliza un disipador (Al sin anodizar: 105x100x40mm). El tiempo de medida ha sido de 10 minutos para estabilizarse a una determinada temperatura, y se deja enfriar a temperatura ambiente antes de comenzar una nueva medida. A partir de las distribuciones espectrales se calcula la cromaticidad tomando intervalos de 1 nm [2].

RESULTADOS

Las gráficas que aparecen en la figura 1 muestran como ejemplo el efecto de la temperatura en los LEDs tipo Amber. En ellas se ven los desplazamientos de la longitud de onda de emisión máxima, para diferentes intensidades de corriente, similares con y sin disipador. También se observa la respuesta diferente de intensidad luminosa (eje Y) en los LEDs con y sin disipación. Aunque en ambos casos el máximo se consigue para corrientes de 350 mA, cayendo bruscamente en el caso “sin disipación” para 400 mA, pero no en el caso “con disipación”.

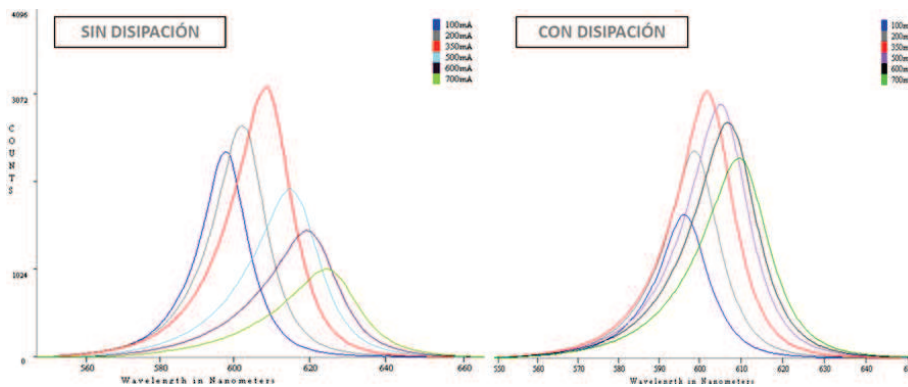


Figura 1. Distribución del LED Amber. Izquierda sin disipación. Derecha con disipación.

En el caso de LEDs Green, perteneciente a los azules, apenas experimenta cambios en los máximos de emisión. Sin embargo el ancho de banda cambia con intensidad de corriente (temperatura) y con la presencia del disipador. El máximo de emisión de los LEDs blancos también se desplaza hacia mayores longitudes de onda, y el cambio del ancho de media banda es más sensible que el de los LEDs rojos. Estos LEDs se caracterizan por tener dos máximos, uno correspondiente a la parte azul del espectro que es la encargada de excitar el material que le da la apariencia final de blanco.

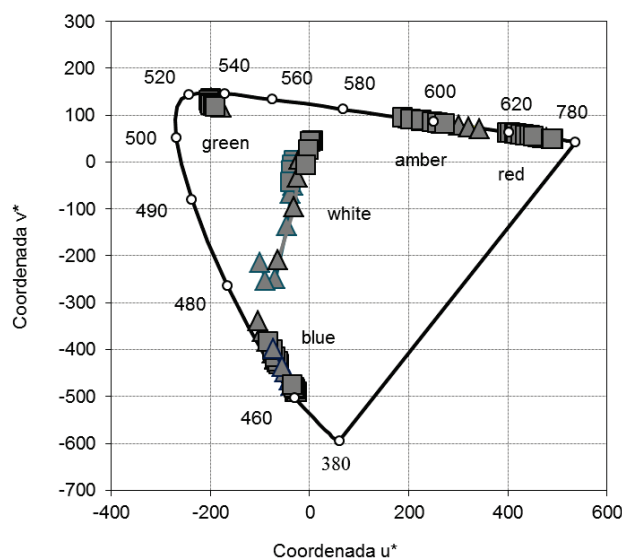
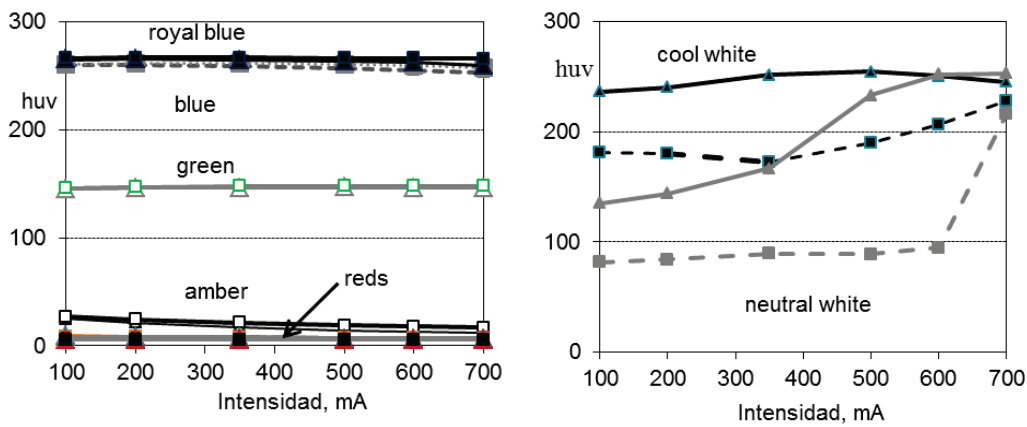


Figura 2. Diagrama de cromaticidad CIE u^*, v^*

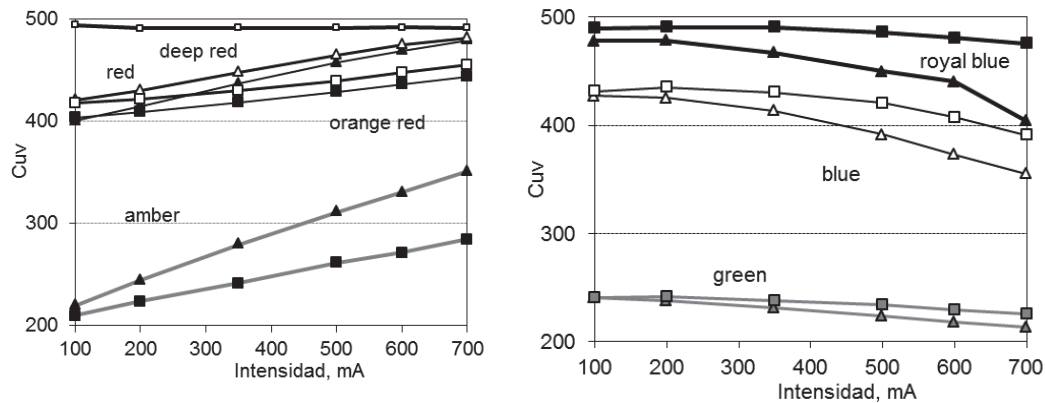
Con estas distribuciones espectrales se han calculado las cromaticidades de cada LED a cada intensidad, sin disipador y con disipador, representadas en un diagrama uniforme del espacio CIELUV 1976 (figura 2), donde el triángulo representa sin disipador y el cuadrado con disipador. Se puede comprobar cualitativamente los efectos obtenidos en las distribuciones espectrales como la de la figura 1.

De la representación del tono en función de la intensidad podemos establecer comportamientos diferentes. La Figura 3 muestra que el verde y los rojos apenas cambian de tono, azules y Amber disminuye muy poco el tono con la intensidad y, en general, casi no dependen del disipador. En cambio la Figura 4 indica que los blancos son muy variables en su comportamiento, mientras que el Cool White tiene pequeñas variaciones de tono, el Neutral White tiene cambios bruscos y pasa de tono verde amarillento a turquesa. En ambos casos, el disipador tiene un marcado efecto, y en el ejemplo del Neutral White cambia de amarillo a cian.



Figuras 3 y 4. Variaciones del tono de los LEDs

En las figuras siguientes se ha representado el croma psicométrico en función de la intensidad. En la figura 5 se muestran las variaciones de los LEDs rojos, presentando un aumento del croma en todos, excepto en Deep Red que es constante. En todos ellos el disipador disminuye el croma, siendo más importante cuanto mayor es la intensidad. En la Figura 6 se muestran las variaciones en el grupo de los azules, donde siempre hay una disminución de la saturación, aunque en el ejemplo del Green es muy pequeña. Contrariamente, la disipación provoca en los LEDs azules un aumento de la saturación.



Figuras 5 y 6. Variaciones de la saturación de los LEDs

Finalmente los LEDs blancos muestran variaciones muy diferentes a los anteriores, y el ejemplo de Cool White sin disipación muestra una variación importante con la intensidad (figura 7).

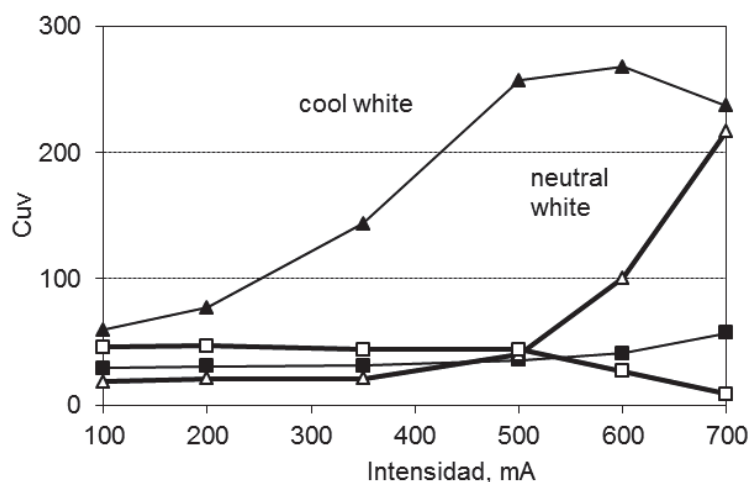


Figura 7. Variaciones de la saturación de los LEDs blancos.

CONCLUSIONES

Un aumento de temperatura de funcionamiento, supone un cambio en el color que no afecta por igual a todos los LEDs, los rojos aumentan su longitud de onda de emisión máxima que cambia poco el tono angular pero aumenta el croma. Los LEDs azules también cambian muy poco de tono pero disminuye el croma psicofísico. El efecto del disipador es diferente en ambos grupos, así en los rojos disminuye el croma, mientras que en los azules su presencia aumenta el croma.

En el caso de los LEDs blancos la temperatura de unión afecta de forma distinta el diodo emisor y la capa fluorescente provocando una disminución de su intensidad con el aumento de la temperatura. Esto da lugar a que la radiación azul sea la dominante, provocando un aumento de la temperatura de color correlacionada y, por ende, un cambio en el índice de reproducción cromática.

Dado que el fabricante proporciona las características del color y flujo luminoso a una temperatura de 25 °C hay que tener siempre presente que variarán con el aumento de la misma. Así pues, para instalar luminarias LED en espacios donde la calidad de la luz es el factor más importante como pueden ser los museos, los expositores, bibliotecas o salas de dibujo se hace preciso conocer de qué forma se ven afectadas las características de color con el incremento de la temperatura de unión. Este conocimiento hará que el diseño de la luminaria sea más eficaz y adecuado a cada caso en particular.

REFERENCIAS

- [1] Keppens, A.; Ryckaert, W.R.; Deconinck, G., and Hanselaer, P., *Journal of Applied Physics* 108, 043104-043111 (2010)
- [2] Eduardo J. Gilabert: "Medida del color", Ed. UPV, 473-483 (2002).