

lighting

Fachmedium für LED-Beleuchtung

4. Elektronik lighting congress, 27. Mai 2014:

Ideen für neues Licht

>> Seite 17




Gleichmäßige
Objektausleuchtung
mit Ringlicht

>> Seite 44

 Viel Licht, wenig Strom
mit High-Density LED Arrays

>> Seite 27

 Effizienz und Komfort
genau beleuchtet

>> Seite 47



**Kostenloser
Versand**

Für Bestellungen
Über 65 €!



DIGIKEY.DE

Optikentwicklung:

Medizinleuchten mit Multi-Color-LED

Anhand von Leuchten mit Multi-Color-LEDs, welche einen sehr hohen Farbwiedergabewert besitzen und zudem eine einstellbare Farbtemperatur ermöglichen, werden Optikkonzepte zur spektralen und geometrischen Farbmischung und Strahlformung aufgezeigt. Weiterhin wird die Produktionsmesstechnik für die farbmetrische und photometrische Einstellung bzw. Kalibrierung solcher Multi-Color-LED-Leuchten dargestellt.

Durch den Einzug von LEDs in Medizinleuchten, aber auch in die Endprodukte der Allgemeinbeleuchtung ergibt sich für die Hersteller und Entwickler solcher Systeme mittlerweile ein weites Gebiet an neuen Möglichkeiten. Neben einem

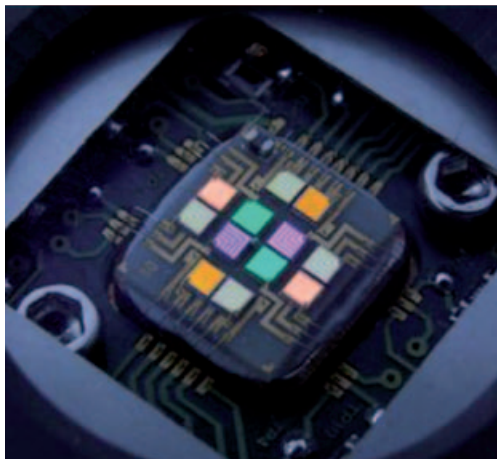


Bild 1. Beispiel einer Multi-Color-LED. (alle Bilder: opsira)

gezielt ausgeleuchteten Lichtfeld ist es insbesondere die Anforderung an die spektrale Lichtqualität, die sich hauptsächlich aus den Parametern Farbort, Farbtemperatur und Farbwiedergabewert ergibt, ein entscheidendes Kriterium. Dabei kommt einem hohen Farbwiedergabewert eine besondere Bedeutung zu. Anstelle der Beleuchtungseinrichtungen mit weißen LEDs mit hohem Farbwiedergabewert finden heute zunehmend Beleuchtungssysteme Verwendung, mit denen eine dynamische Farbtemperatur- bzw. Farbort-einstellung möglich ist. Solche Leuchtensysteme können mit Multi-Color-LEDs aufgebaut werden. Aufgrund des Multi-Chip-Aufbaus ist die örtliche Mischung der verschiedenen Farben, welche von den unterschiedlichen Chips emittiert wird, ein wichtiger Faktor.

Spektralverteilung von Multi-Color-LEDs

Im Gegensatz zu weißen LEDs, die ein durch den LED-Produktionsprozess fest vorgegebenes Emissionsspektrum aufweisen, ergibt sich bei Multi-Color-LEDs die später erzielbare Spektralverteilung durch die Basis-Spektren der einzelnen Chips. Durch die Definition dieser Basis-Spektren, die später in einer Mischung das Gesamtspektrum bilden, müssen folgende Anforderungen erfüllt werden:

- variable Farbtemperatur im gewünschten Bereich,
- hohe Farbwiedergabewerte R_a und R_g ,
- Farborte mit geringen Abständen zur Planck-Kurve,
- ein ausreichender Lichtstrom, um die photometrischen Werte der Anwendung zu erfüllen.

Dabei müssen die Basispektren so gewählt werden, dass die spätere Anforderung genügend gut erfüllt werden kann, jedoch die Komplexität des Systems nicht zu hoch wird.

Bild 1 zeigt eine Multi-Color-LED, die fünf verschiedene Basis-Chips integriert, wobei jede Chip-Art zwischen zwei- und viermal eingesetzt ist. In Bild 2 sind die Basis-Spektren einer Vier-Chip-LED dargestellt, Bild 3 zeigt ein daraus gemischtes resultierendes Spektrum, das durch unterschiedliche Gewichtung mittels PWM oder Stromeinstellung der LED-Chips erzeugt wird. Durch die Mischung der einzelnen Spektren lassen sich derzeit mit einer solchen Vier-Chip-

Technologie in etwa folgende Anforderung umsetzen:

- dynamische Farbtemperatureinstellung CCT: 3.000 K bis 5.500 K
- allgemeiner Farbwiedergabewert, $R_a > 96$
- Rot-Farbwiedergabewert $R_g > 97$
- Abstand zur sogenannten Planck-Kurve $dC < 0,0003$

Polychromatische Strahlendaten als Basis der Optikentwicklung

Für eine korrekte Simulation während des Optikentwicklungsprozesses sind entsprechende Modelle der verwendeten Komponenten notwendig. Werden im Optiksysteem Multi-Color-LEDs eingesetzt, sind für die Entwicklung der Optik nicht nur die photometrische Charakteristik von Bedeutung, sondern auch die spektralen Eigenschaften der LEDs. Für die Entwicklung von Optiksyste-men mit Multi-Color-LEDs sind darum polychromatische Strahlendaten notwendig. Diese Daten enthalten die Information, wie viel Licht pro Wellenlänge von welcher Position der LED in welche Richtung ausstrahlt. Sie beschreiben somit vollständig die geome-

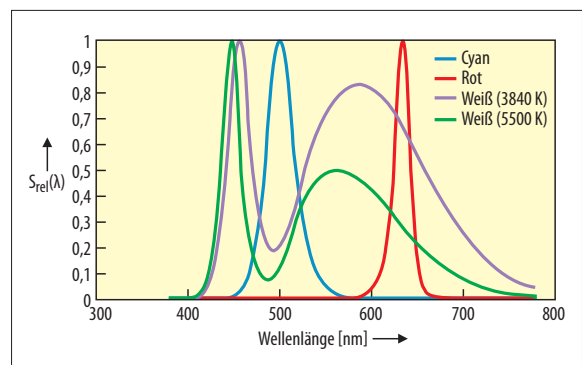


Bild 2. Basis-Spektren einer Multi-Color-LED.

trische und spektrale Charakteristik der Lichtquelle.

Zur Erfassung von polychromatischen Strahlendaten nutzt man eine polychromatische Strahlendichtekamera mit bis zu zehn Bandpassfiltern, die über den kompletten Spektralbereich verteilt sind. Zusätzlich wird ein Spektroradiometer eingesetzt. Auf einem Nahfeldfotogoniometer werden die Detektoren, Spektroradiometer und Strahlendichtekamera sowie die Lichtquelle montiert.

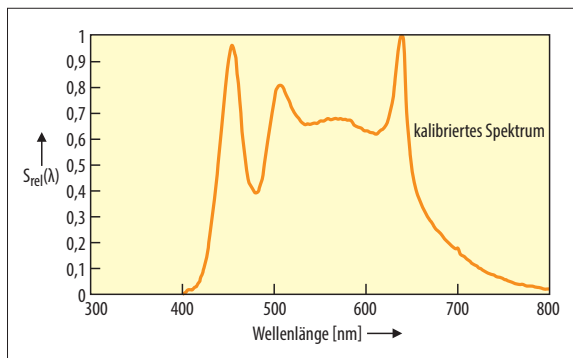


Bild 3. Resultierendes Spektrum einer Multi-Color-LED.

Bei der Vermessung der LED wird mittels des Goniometers die Strahldichtekamera sowie das Spektroradiometer um die Lichtquelle geführt. Mit der Strahldichtekamera werden mit jedem der zehn Bandpassfilter jeweils ca. 10.000 Strahldichteaufnahmen aus allen Blickrichtungen erfasst.

Aus den rund 10.000 Strahldichtebildern mit einem Bandpassfilter lässt sich jeweils ein Strahlendatensatz ableiten. Dieser Strahlendatensatz enthält die geometrische Charakteristik bei der gemessenen Wellenlänge. Alle Strahlendatensätze zusammen beschreiben die geometrische Charakteristik über den gemessenen Wellenlängenbereich. Die Messdaten des Spektrometers liefern eine noch feiner aufgelöste spektrale Fernfeldcharakteristik. Diese Daten können verwendet werden, um noch höher aufgelöste polychromatische Strahlendatensätze zu erzeugen.

Optiksystem für Multi-Color-LEDs

Insbesondere wenn die Anwendung einen engen Abstrahlwinkel erfordert, z.B. stark gebündeltes Licht bei Operationsleuchten, muss die Lichtemission von Multi-Chip-LEDs aktiv durch das optische System gemischt werden.

Dies ist auch dann erforderlich, wenn die Verteilung eine hohe Flankensteilheit aufweist, z.B. bei Leseleuchten in Flugzeugen. Bei solchen Systemen ist oft eine homogene Verteilung der Beleuchtungsstärke und der Farbe notwendig.

Eine Möglichkeit der örtlichen Farbmischung ist der Einsatz von Kondensoroptiken. Die Kondensoroptik, bestehend aus einem bikonvexen Linsen-Array, wird in Verbindung mit einem Kollimator eingesetzt. Der Kollimator parallelisiert die Abstrahlung der LED-Lichtquelle. Durch das bikonvexe Linsen-Array der Kondensoroptik werden dann viele tausend Lichtquellen-Zwischenbilder auf der Austrittsfläche des Kondensors erzeugt. Neben der Farbmischung wird über den Beschnitt der einzelnen Linsenpaare des Array die Beleuchtungsstärkeverteilung – z.B. rund, elliptisch, quadratisch – erzeugt.

Bild 4 zeigt eine Kondensor-Optik mit einem Linsen-Array bestehend aus ca. 1000 bikonvexen Linsenpaaren. Die Anordnung der Linsenpaare ist dabei so gewählt, dass sich insgesamt eine runde Beleuchtungsstärkeverteilung mit homogenem Mittenbereich und steilen Flanken ergibt (Bild 5). Bild 6 schließlich zeigt die Farbhomogenität

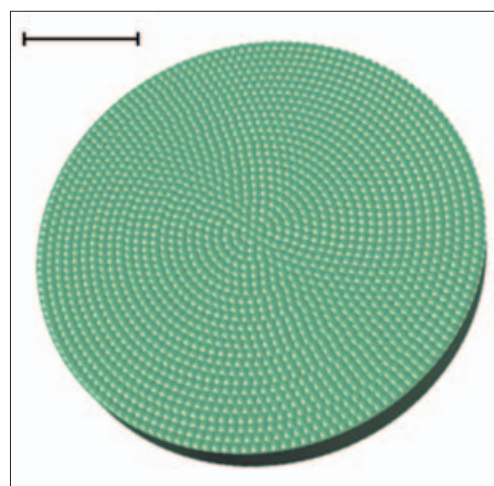


Bild 4. Kondensoroptik zur Farbmischung und Erzeugung des Lichtfeldes.

im Lichtfeld. Obwohl in der Anwendung eine Multi-Color-LED mit gesättigten Farben vorhanden ist, ergibt sich hier eine geringe Variation der Farbkoordinaten D_{xy} mit ca. $\pm 0,004$ über das Lichtfeld.

Neben der Verwendung von Kondensoroptiken ist der Einsatz von Lichtlei-

SUNON.

Total Thermal Solution

High all-encompassing design
High cost-efficient solution



www.sunon.com
info@sunoneurope.com
Sunonwealth Electric Machine Industry Co., Ltd.



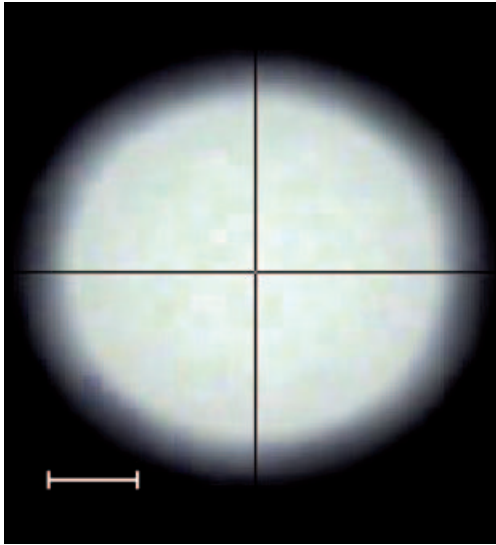


Bild 5. Mit Kondensoroptik erzeugtes Lichtfeld mit homogener Beleuchtungsstärkeverteilung und steilen Flanken.

tern eine weitere Möglichkeit, um eine geometrische Farbmischung zu erzeugen.

Kalibrierung von Multi-Color-LEDs im Produktionsprozess

Aufgrund der Variation von LEDs in Bezug auf die spektrale Charakteristik – hier sind z.B. die dominante Wellen-

länge oder auch der Farbort zu nennen – und auf den Lichtstrom ist im Produktionsprozess eine Kalibrierung von Leuchtensystemen mit Multi-Color-LEDs notwendig. Eine schnelle und dabei präzise Kalibrierung kann hier mit einem Spektrometer in Verbindung mit einem photometrischen Kamerasystem durchgeführt werden. Das photometrische Kamerasystem erfasst Lichtmenge und Beleuchtungsstärke bzw. die Lichtstärke. Mit dem Spektrometer wird dann die spektrale Verteilung ermittelt.

Ein mögliches Kalibrierverfahren besteht darin, die einzelnen LED-Farbkanäle (Basisspektren) des Leuchtensystems zu vermessen. Auf Basis der Messergebnisse der Farbkanäle erfolgt über einen Algorithmus die Kalibrierung der Leuchte auf die vorgegebenen Zielwerte. Hierbei kommuniziert das Messsystem direkt mit der zu kalibrierenden Leuchte. Das Ziel der

Kalibrierung besteht nun darin, für jeden LED-Farbkanal den exakten Stromwert für eine bestimmte Farbtemperatur- bzw. Dimm-Einstellung zu bestimmen.

In vielen modernen Leuchtenprodukten mit hohen Anforderungen an die Farbqualität und Farbstabilität werden oft-

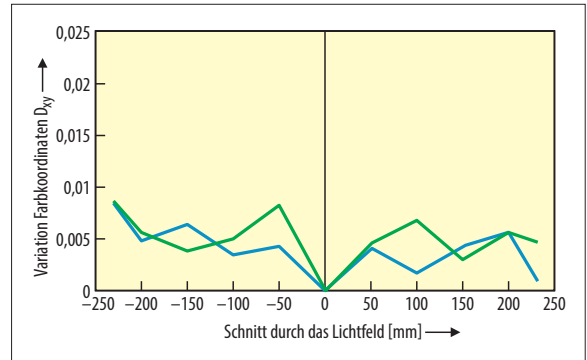


Bild 6. Auswertung der Farbkoordinaten als Schnitt durch die Verteilung.

mals Sensoren für die Farbmessung in die Leuchtenelektronik integriert. Während des Kalibrierprozesses der LED-Kanäle können auch die vorhandenen Sensoren für die Farbmessung kalibriert werden.

Volker Schumacher (opsira GmbH) / jw

Reflektierendes Silikon:

Mit einem Reflexionsgrad von 98 %

Ein hochreflektierendes weißes Gießsilikon eignet sich mit Reflexionsgraden bis zu 98 % besonders für die Realisierung von Reflektoren in LED-Leuchten.

Der Chemiekonzern Dow Corning hat unter dem Namen „MS-2002 Moldable White Reflector Silicone“ ein weißes Gießsilikon herausgebracht, das sich durch einen besonders hohen Reflexionsgrad auszeichnet. Das Material behält, anders als Epoxidharze, Polycarbonat und Acryl, auch bei Temperaturen von mehr als 150 °C seine mechanischen, thermischen und optischen Eigenschaften. Damit bleiben Form und Farbe ebenso wie der Reflexionsgrad stabil: Eine Gelbverfärbung oder physikalische Degradation tritt nicht auf. Das Material lässt sich laut Hersteller leicht verarbeiten und formen und erweitert damit den Spielraum für den Designer von LED-Lampen und LED-Leuchten. Wegen des hohen Reflexions-



Das Gießsilikon „MS-2002 Moldable White Reflector Silicone“ ist photothermisch stabil und lässt sich leicht verarbeiten, auch im Spritzguss.

(Bild: Dow Corning)

grades und der hochweißen Farbe ist eine zusätzliche Beimischung von Flüssigsilikon oder Farbpigmenten nicht erforderlich. Wegen der guten thermischen und optischen Stabilität lässt sich das Material auch für Teile verwenden, die im direkten Kontakt mit der LED stehen. Damit kann der sonst übliche Luftspalt zwischen der LED und der Optik entfallen. Darüber hinaus bietet das Material eine hohe, wiederholgenaue Formtreue, was auch Hinterschnidungen und sogar die Verarbeitung im Spritzgussverfahren erlaubt.

Die Materialeigenschaften werden vom Hersteller als „hochviskos“ und „schnell härtend“ beschrieben, die Shore-Härte ist mit A 84 angegeben.

jw