

Grundprinzipien von SMD-LEDs

im Einsatz von professionellen Videomodulen

Der Artikel geht auf einige Grundlagen von LED-Videomodulen ein, um im weiteren Verlauf die Funktionsweise und das Prinzip von LEDs bzw. SMD-LEDs zu erläutern und ein besseres Verständnis für die qualitativ und folglich preislichen Differenzen zu erlangen.

Einleitung

Der lichtemittierende Diode (kurz LED) wird nicht nur als Leuchtmittel in der Beleuchtungstechnik eine wichtige Rolle zugesprochen, auch im Bereich visueller Präsentationstechnik, als bildwiedergebende Technologie, spielt die LED eine sehr große Rolle. Die Nachfrage nach hochauflösenden LED-Videowänden ist in den letzten Jahren rasant gestiegen, nicht zuletzt aufgrund eines massiven Fortschritts dieser Technologie. Bei temporären Installationen im Bereich der professionellen Veranstaltungstechnik wie auch bei permanenten medientechnischen Installationen sind Wände aus LED-Videomodulen oftmals ein fester Bestandteil. Insbesondere im Broadcasting-Bereich ist durch die Umstellung auf den High-Definition-Standard die Notwendigkeit vorhanden, die LED-Wände in den TV-Studios mit einer entsprechend hohen Auflösung anzupassen, um Moire-Fehler durch Unterabtastung zu vermeiden und ein homogenes Bild in der Kamera zu erzeugen.

In den letzten Jahren wurde der zuvor von europäischen, amerikanischen und japanischen Herstellern besetzte, hochwertige LED-Videomodulmarkt von chinesischen Herstellern immer mehr eingenommen. Dies lässt

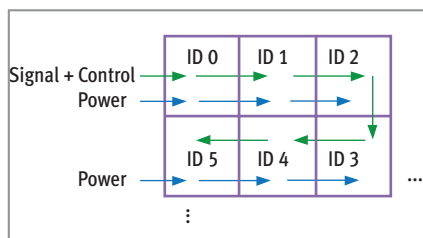


Bild 1. Aufbau einer LED-Wand – Bildsignal und Strom werden durchgeschliffen

sich nicht zuletzt auf günstige Preise zurückführen, aber auch auf durchaus innovative und qualitativ konkurrenzfähige Produkte. Die Anzahl an Herstellern ist hoch und deren Angebote und Preise vielfältig. Verschiedene Parameter und Eigenschaften definieren die Qualität eines LED-Videomoduls bzw. einer Wand aus Modulen. Die mechanische Präzision, die Handhabung und die Ausführung der dazugehörigen Konstruktion zum Aufbau sind für das Resultat des Gesamtbildes entscheidend. Weitergehend sind die weniger offensichtlichen Eigenschaften wie die elektronische Ansteuerung der LEDs und die dafür verwendeten Treiber-ICs¹⁾ für das gesamte Produkt ebenso wichtig, wie die Qualität der verbauten LEDs. Diese definieren zum größten Teil den Preis eines Produktes, der somit nicht nur massiv von LED-Modul-Hersteller zu -Hersteller variiert, sondern auch innerhalb des Produktkatalogs eines Herstellers. Abhängig vom Kundenwunsch können verschiedenwertige LEDs verbaut werden, wodurch das fertige Produkt durchaus dreimal so teuer werden kann.

Durch fehlende Normen und Standards dieser Technologie, ist es für den Abnehmer schwierig, den qualitativen Unterschied und somit das beste Preis-Leistungsverhältnis zu ermitteln. Dieser Artikel geht auf einige Grundlagen von LED-Videomodulen ein, um im weiteren Verlauf die Funktionsweise und das Prinzip von LEDs bzw. SMD²⁾-LEDs zu erläutern. Dadurch soll ein besseres Verständnis für die qualitativen und folglich preislichen Differenzen geschaffen werden.

Grundlagen von LED-Videomodulen

Prinzipiell besteht eine LED-Wand aus mehreren LED-Modulen. Ein Modul ist eine Art in sich geschlossenes kleines Display, in der Regel mit einem Eingang für Stromversorgung (Power) und einem Eingang für das, zumeist auf einem proprietären Standard basierenden, Bildsignal bzw. Steuersignal (**Bild 1**). Oftmals gibt es für beide Eingänge wiederum auch direkte Ausgänge an die weitere fol-

gende Module angeschlossen werden. Das Bildsignal wie auch Steuersignal wird durch einen externen Controller bereitgestellt. Dieser Controller bietet marktübliche Standards wie etwa DVI und HDMI, um ein Bildsignal entgegenzunehmen. Die Module kennen nach entsprechender Einrichtung ihre Position in der Wand und wissen, welchen Teil des empfangenen Bildes sie darstellen sollen. Über eine dazugehörige Software lassen sich Parameter wie Farbtemperatur und Helligkeit justieren.

Mit Hilfe verschiedener mechanischer Konstruktionen lassen sich die Module aufnehmen und stabilisieren, womit nahezu beliebig große Wände gestellt oder auch gegangen werden können.

Die Gesamtauflösung einer Installation, also die Anzahl an Bildpunkten in horizontaler und vertikaler Richtung, wird durch die Anzahl an verbauten Modulen und durch den sogenannten Pixel-Pitch bestimmt; er beschreibt den Abstand von einem Bildpunkt zum nächsten. In der Regel wird dieses Maß von Mittelpunkt zu Mittelpunkt der benachbarten Bildpunkte angegeben.

Funktionsprinzip einer Leuchtdiode

Die LED selbst ist ein Halbleiterbauelement, das durch das Prinzip der Elektrolumineszenz Licht erzeugt. Sie ist ein monochromatischer Lichterzeuger, d.h. ein LED-Chip emittiert Licht nur in einer dominanten Wellenlänge. Die Wellenlänge ist hierbei über die Bandlücke zwischen Valenzband und Leitungsband definiert.

Eine Leuchtdiode besteht aus zwei unterschiedlich dotierten Halbleitermaterialien. Dotieren bezeichnet das Einbringen von Störstellen mittels Fremdstoffen, um die elektrischen Eigenschaften des Halbleiters zu ver-

Tobias Schwirten ist Director Solutions bei der Lang AG

www.lang-ag.com



Nina Chen ist Junior Manager Project Business bei der Lang AG



¹⁾ Integrated circuit – integrierter Schaltkreis
²⁾ surface mounted device; zu Deutsch: Oberflächenmontiertes Bauelement

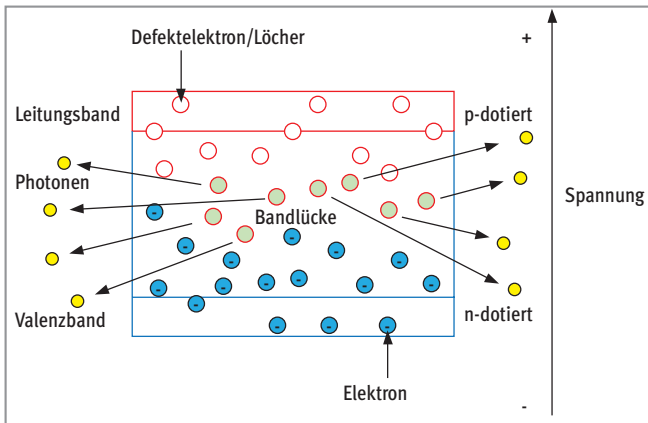


Bild 2. Rekombination in der Sperrschicht und Abgabe von Photonen

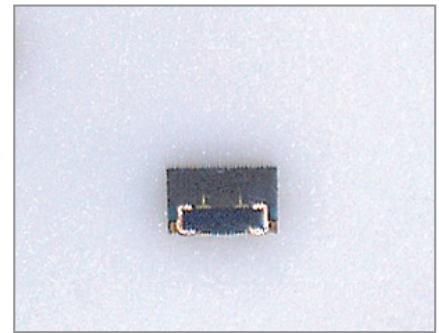


Bild 3. Beispiel einer SMD-LED in PCB-Bauform (0,8 x 0,8[mm])

ändern. In der Regel besteht ein Halbleiter aus drei Schichten, dem Valenzband, das als n-dotierte Schicht bezeichnet wird, und dem Leitungsband – die p-dotierte Schicht. Zwischen diesen zwei Schichten befindet sich die sogenannte Bandlücke. Die Aufspaltung in diese Bänder beruht auf den unterschiedlichen Energieniveaus der Elektronen. In der n-Schicht, die mit Elementen der V-Hauptgruppe dotiert ist, ist ein Überschuss an negativ geladenen Elektronen vorzufinden. Der p-Übergang weist das Äquivalent auf, nämlich Defektelektronen bzw. Elektronenlöcher. Hier werden Elemente der III-Hauptgruppe verwendet, die ein Elektron weniger besitzen. Liegt in Durchlassrichtung eine konstante Spannung an, diffundieren die Elektronen und die Löcher in die Bandlücke, wo sie miteinander rekombinieren. Die dabei entstehende Energie wird in Form von Lichtquanten bzw. Photonen freigesetzt (Bild 2).

Das Grundmaterial der LED-Chips besteht aus einer III-V-Halbleiterverbindung, meistens mit einer Galliumverbindung als Basismaterial. Die Farbe der LED wird durch die Wahl des chemischen Materials und ihres Verhältnisses bestimmt. Indiumgalliumnitrid findet besondere Anwendung bei grünen und blauen Leuchtdioden. Hierbei werden mit unterschiedlichen Verhältnissen von Galliumnitrid und Indiumnitrid unterschiedliche Wellenlängen erzeugt. Rotes Licht emittierende Leuchtdioden sind in der Regel Aluminiumindiumgalliumphosphide.

Das von seinem Spektrum her breitbandige, weiße Licht kann über die Kombination der drei, die Primärfarben, emittierenden RGB-LEDs erzeugt werden. Eine weitere Möglichkeit, um eine weißes Licht emittierende LED zu produzieren, wird von manchen Herstellern über einen alternativen Ansatz realisiert. Hierzu werden in der Regel blaues Licht emittierende LEDs mit einer Phosphorschicht versehen. Je nach Zusammensetzung

der Phosphorschicht wird das blaue Licht in weitere Wellenlängen konvertiert und so weißes Licht erzeugt.

„Binning von LEDs“

Die Verfahrenstechnik zur Herstellung von grünen und blauen LEDs unterscheidet sich sehr zu der von roten Leuchtdioden. Um Kosten einzusparen, sind einige Unternehmenskooperationen auf dem SMD-LED-Markt entstanden. Es ist nicht unüblich, dass sich Produzenten auf die Herstellung eines LED-Materials spezialisieren und im Packaging-Prozess (siehe unten) die fehlende Komponente von anderen Unternehmen einkauft. Aber auch LEDs mit dem gleichen chemischen Grundmaterial weisen untereinander Differenzen auf. Um diese Differenzen gering zu halten, klassifizieren die Hersteller ihre Produktionschargen in „Bins“. Für ein professionelles Videomodul ist es wichtig, dass die LEDs in ihren Parametern Luminanz, Wellenlänge, Spannung und Strom so gleich wie möglich sind, um ein homogenes Bild zu produzieren, ohne massive elektronische Nachkalibrierung.

Die Unterteilung der Bins erfolgt hierbei nicht über definierte Normen oder Richtlinien, sondern werden vom Produzenten selbst festgelegt. Es kann vorkommen, dass ein Hersteller nur eine sehr feine Streuung der Parameter toleriert und eine stärkere Selektion der LEDs erfolgt. Die Folge ist eine erhöhte Chargenproduktion, was sich wirtschaftlich auf den Preis auswirkt.

Trotz strenger Selektion sollten die fertigen SMD-LEDs vor dem Lötprozess zum Videomodul durchgemischt werden, um die Auswirkung in der Produktion der LED-Chips durch etwaige Toleranzen der photometrischen Parameter im Mittel so gering wie möglich zu halten. Das bietet zudem Vorteile für die weitere Kalibrierung, die in der Regel nach

der schwächsten LED erfolgt. Diese wird als Maß genommen und die luminanzstärkeren LEDs werden in ihrer Helligkeit auf die dunkelste herunterkalibriert.

SMD-LED-Grundprinzipien

In einem LED-Videomodul sind in der Regel RGB-SMD-LEDs verbaut, wobei in einem Gehäuse in den meisten Fällen drei LED-Chips, jeweils für rotes, grünes und blaues Licht, verbaut sind. Durch additive Farbmischung kann ein weißes Bild oder entsprechende Mischfarben erzeugt werden. Die Chips sind üblicherweise in der „In-line Anordnung“ (Bild 4) in ein PLCC³⁾-Kunststoffgehäuse verpackt, das über Lötsocket, so genannte J-Leads, mit dem PCB⁴⁾ des Videomoduls verbunden sind.

Ein weitere LED-Bauform neben PLCC ist die als PCB-Style-LED bezeichnete Form. In der Regel sind PLCC-LEDs nur bis zu einem Außenmaß von 2,1 x 2,1 [mm] verfügbar, damit lassen sich LED-Module mit einem minimalen Bildpunkt Abstand (Pixel-Pitch) von 2,3 mm x 2,3 mm realisieren. Diese PLCC-Bauform zeichnet sich durch hervorragende Kapselung der inneren Strukturen gegenüber der Umgebung aus. Dieses ist insbesondere im Außenbereichseinsatz für ein Produkt mit angestrebter Langlebigkeit über viele Jahre wichtig. Dazu sind im Gegensatz im Innenraumbereich Tendenzen zu immer kleineren Bildpunktabständen klar zu beobachten. Pixel-Pitches von 1,2 mm haben bereits Marktreife erreicht. Prototypen mit 0,75 mm sind bereits auf Messen gezeigt worden. Derartig miniaturisierte Baugrößen sind als PLCC-Variante nicht verfügbar. Hier bietet der Markt daher die hier recht neuartige Bauform

³⁾ plastic leaded chip carrier

⁴⁾ printed circuit board – Leiterplatte

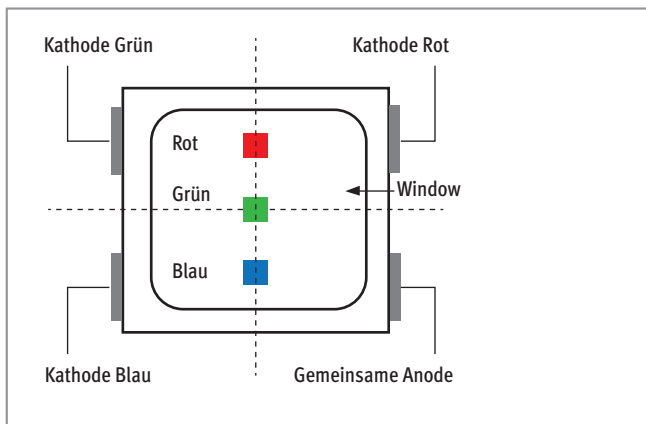


Bild 4. In-line Anordnung einer SMD-LED in PLCC-Bauform

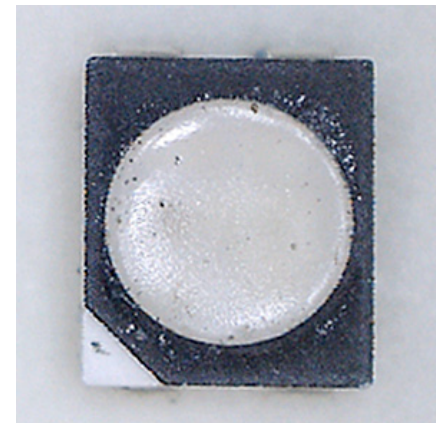


Bild 5. Whiteface-SMD-LED der Marke Cree (PLCC)

als Printed Circuit Board (PCB) an: Epoxidharz wird nicht zur Kapselung in einen Hohlraum eines PLCC-Gehäuses gefüllt, sondern per Maske auf ein PCB-Gehäuse aufgetragen. Mit dieser Bauform lassen sich SMD-Gehäuse mit Außenmaßen von beispielsweise 0,8 x 0,8 [mm] fertigen (**Bild 3**).

Durch die In-Line Anordnung wird das Colorshifting⁵⁾ im horizontalen Einblickwinkel gering gehalten. Qualitativ hochwertige Module können einen Einblickwinkel von bis zu 160° sowohl horizontal als auch vertikal erreichen.

Die Epoxidstruktur des „Windows“, der Fläche, aus der das Licht emittiert (**Bild 4**) spielt für den Einblickwinkel eine wesentliche Rolle. Die Brechung des emittierenden Lichtes kann an dieser Stelle durch definierte Strukturen des Epoxids gerichtet und optimiert werden.

Packaging

Der Vorgang des Packaging, also das Zusammenfügen der einzelnen LED-Chips in ein SMD-Gehäuse, wird zum Teil direkt durch die Hersteller der Halbleiter geleistet, teilweise auch durch weitere Lieferanten die in dem

Fall also zwischen Halbleiterproduzent und Video-Modul-Hersteller agieren. Ebenfalls im Markt vertreten sind Modulhersteller die den Vorgang des Packaging direkt im eigenen Hause übernehmen.

Neben „Whiteface“-SMD-LEDs gibt es auch „Blackface“-Varianten. Hierbei ist das Epoxid des Windows verdunkelt (**Bild 5 und 6**).

Dadurch wird ein höherer Schwarzwert als bei einer whiteface LED erreicht, aber gleichzeitig wird auch Licht absorbiert, wodurch diese LEDs eine geringere Luminanz erreichen (**Bild 7**). Der Vorteil der blackface LED findet sich vor allem im Indoor-Installationsbereich, wo meist geringes Umgebungslicht vorhanden ist und eine Luminanz von 1000–2000 cd/m² ausreicht. Bedingt durch Sonneneinstrahlung und anderen Fremdlichteinwirkungen bei Outdoor Installationen, weisen die entsprechenden Produkte für den Außeneinsatz üblicherweise einen Helligkeitswert von min. 5000 cd/m² auf und nutzen whiteface LEDs für einen effizienteren Einsatz.

Ein weiterer entscheidender Faktor ist das Kunststoffgehäuse der SMD-LED und das Drahtbonding der Chips, die die Lebensdauer eines LED-Chips drastisch verkürzen

können. Sogenannte Microcracks sind bei SMD-Bauteilen ein häufiges Problem. Hierbei entstehen kleinste Risse im Epoxid des Gehäuses, wodurch Fremdstoffe und Feuchtigkeit eindringen können und dadurch Korrosion sowohl an den LED-Halbleitern als auch an den Lötstellen der Golddrähte in dem Gehäuse entstehen können (**Bild 8–10**).

Folglich können Komplettausfälle entstehen, die als Pixelfehler in den Videomodulen sichtbar sind.

Shader

Ein weiterer wichtiger Parameter für die Homogenität und vor allem für den Einblickwinkel eines Videomoduls ist der sogenannte Shader⁶⁾, ein Kunststoffrafter, welches hauptsächlich die Zwischenräume der LEDs bedeckt und somit auch das darunter liegende PCB. Er definiert zum großen Teil den Schwarzwert und wie bereits erwähnt die Homogenität eines Videomoduls, da dieser neben der SMD-LED einen großen Teil der visuellen Fläche ausmacht. Je nach Ausrich-

⁵⁾ Farbverschiebung

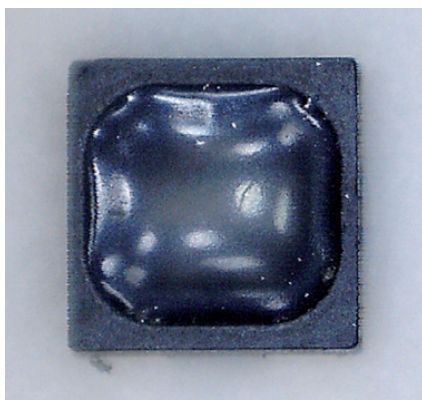


Bild 6. Blackface SMD-LED der Marke Osram (PLCC)

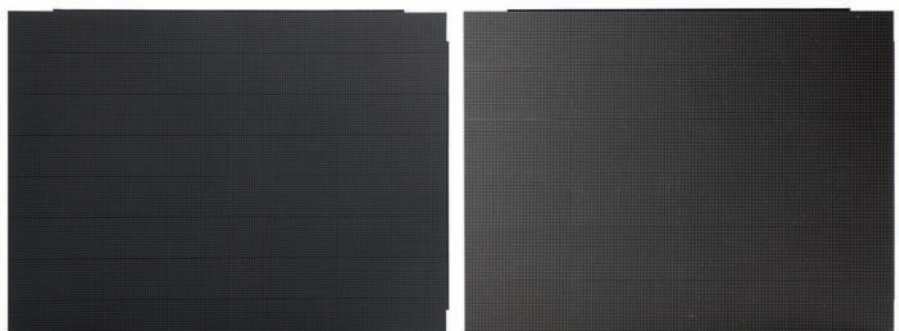


Bild 7. Vergleich zwischen Whiteface- und Blackface-LEDs in Videomodulen (links: whiteface, rechts: blackface)

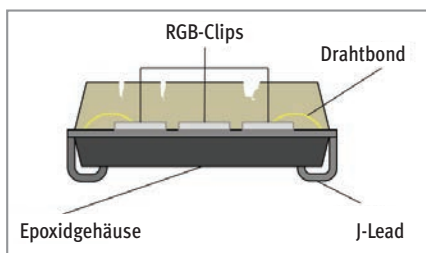


Bild 8. Microcracks oben

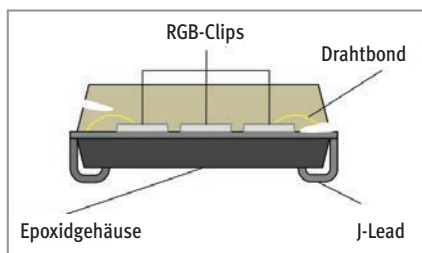


Bild 9. Microcracks seitlich

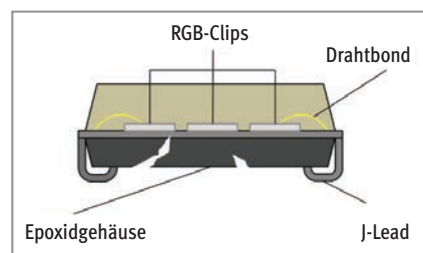


Bild 10. Microcracks unten

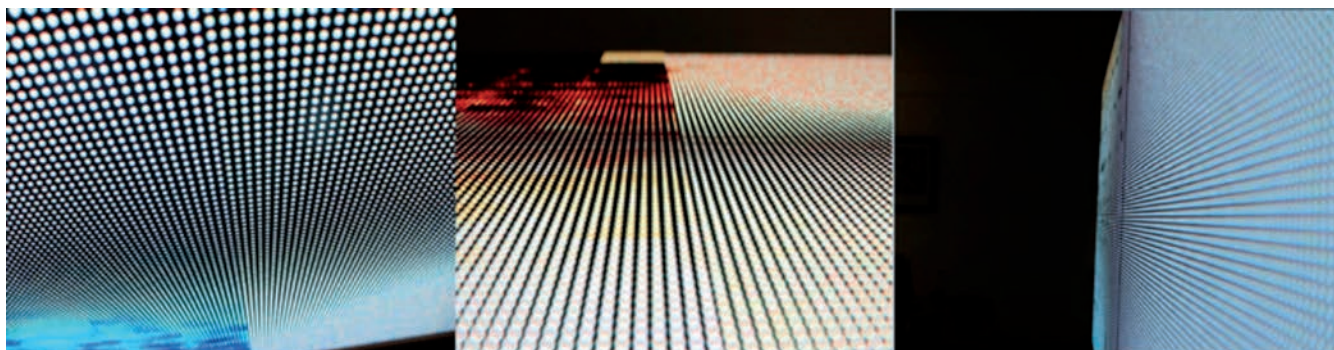


Bild 11. Vergleich zwischen gutem und schlechtem Einblickwinkel – v.l.n.r. vertikal von unten, vertikal von oben, horizontal von rechts

tion in X-Y- und Z-Achse wird die Richtung des emittierenden Lichts durch den Shader beeinflusst. Wie in Bild 11 zu erkennen, kann das den Einblickwinkel und im Endeffekt die Qualität massiv beeinflussen. Je nach Anwendungsfall werden verschiedene Arten von Shadern genutzt, so findet man im Outdoor-Einsatz häufig LED-Module deren Shader eine Art Dach oberhalb der LEDs bilden um so die Fremdwirkung von Umgebungslicht zu verringern.

Alterung

Ein wichtiger Faktor für die Langzeitbeurteilung eines LED-Video modul-Produkts, ist die Alterung der SMD-LEDs. Definiert wird sie als das Zeitintervall, in der die Lichtausbeute auf 50 % ihrer Anfangshelligkeit gesunken ist.⁶⁾ Sie ist ein maßgebendes Beurteilungskriterium für die Wirtschaftlichkeit und Qualität eines solchen Displays. Durch thermische Belastung verändert sich auf molekularer Ebene die Kristallstruktur des Halbleitermaterials, wodurch Fehlstellungen entstehen, an denen weniger Photonen freigesetzt werden, dadurch wird bei gleichem Strom eine geringere Lichtstärke erzeugt und die Effizienz sinkt. Generell erfahren Leuchtdioden auf InGaN-Basis eine schnellere Alterung als InAlGaP. In der Praxis lässt sich die Alterung

dadurch erkennen, dass bei der additiven Farbmischung der Videomodule, das Weißbild einen hohen Anteil des roten Spektrums aufweist. Aber auch das Epoxid des Gehäuses erfährt eine Alterung, die in Form von Trübung in Erscheinung tritt.

Schlussbemerkung

Durch die Nachfrage nach immer hochauflöseren Videomodulen, werden neue technologische Anforderungen an die Hersteller und Packaging-Firmen gestellt. Die SMD LEDs müssen immer kleiner werden und gleichzeitig muss die Qualität und Effizienz entsprechend gesteigert werden. Besonders die Ableitung der thermischen Belastung und die Qualität des Packagings beeinflussen die Langlebigkeit und Wirtschaftlichkeit einer LED und gleichzeitig die der Videomodule.

Bildwiedergebende Systeme aus LED-Modulen bringen bei aktuellen Entwicklungen wie beispielsweise REC BT2020 viele Vorteile mit sich, wodurch in Zukunft innovative und spannende Produkte zu erwarten sind. Mit bereits verfügbaren Systemen die einen Pixelpitch von 1,2 mm aufweisen und in Studien teilweise unter 1 mm, sind diese bereits vergleichbar mit zum Beispiel Full-HD-LC-Displays mit einer Bildschirmdiagonale um die 100 inch und darunter. Folglich lassen sich auch relativ kleine 4k-LED-Wände realisieren. Es ist weiterhin abzusehen, dass LED-Systeme sowohl High-Dynamic-Range (HDR) wie auch Wide-Color-Gamut-Inhalte wiedergeben können. Des Weiteren sind sowohl die LED und deren Ansteuerung wie auch die genutzten Controller in der Lage Inhalte mit erhöhter Bildwiederholrate wiederzugeben. |

Filmpalast am ZKM bekommt Laserprojektionssystem

Nachdem am 5. Oktober die Installationsarbeiten im CineStar in Berlin bereits begonnen haben, zieht nun auch der Filmpalast am ZKM in Karlsruhe nach und rüstet auf die nächste Generation des Imax-Laser-Projektionssystems und 12-Kanal Tonsystems um. Nach einer mehrwöchigen Umbauphase, beginnend ab etwa 12. Oktober, wird das bestehende Imax-Kino Filmpalast am ZKM am 5. November 2015 pünktlich zum Start von Sony Pictures „James Bond 007 – Spectre“ mit der Lasertechnologie wiedereröffnet. Das duale 4K-Laser-Projektionssystem des Herstellers wurde von Grund auf neu konzipiert und verfügt über eine völlig neue Projektionseinheit mit Laser-Lichtquellen sowie einer Reihe von eigenentwickelten Technologien. www.imax.com

⁶⁾ Deutsch: Schattierer
⁷⁾ Nach DIN IEC/PAS 62 717