

▣ Opto-Messtechnik:

LED-Detektive auf Fehlersuche

Bis zu 100 000 Stunden Lebensdauer versprechen manche Hersteller von LEDs für ihre Produkte. Doch die Realität sieht oft anders aus. Die Helligkeit fällt schneller ab als zugesagt, und auch frühe Totalausfälle sind keine Seltenheit. Mit geeigneten Nachweismethoden lässt sich feststellen, an welcher Stelle Fehler gemacht wurden.

Wenn irgendwo eine Wohnzimmerbeleuchtung nach kurzer Zeit immer trüber wird, dann ist das noch harmlos. Schon ärgerlicher ist es, wenn während einer Präsentation ein Beamer seinen Geist aufgibt. Gefährlich wird der Ausfall von LEDs, wenn dadurch die Sicherheit von Menschenleben oder hohe Sachwerte bedroht sind – beispielsweise in Autoscheinwerfern oder -bremslichtern.

Klaffen bezüglich Lebensdauer Theorie und Praxis auffällig weit auseinander, dann wird mancher Endanwender rebellisch. Geht es dabei um größere Geldsummen, kann die Sache vor Gericht landen. Zu klären ist dann: Hat der LED-Hersteller schlechte Ware geliefert oder hat der Leuchtenhersteller beim Einbau Fehler gemacht? Beides ist an der Tagesordnung. Nicht immer ist auf den ersten Blick ersichtlich, wer wann wo nachlässig gearbeitet hat. Das zu klären, erfordert tiefergehende Analysen. Nur auf dieser Ba-

sis sind Ausfälle in Zukunft vermeidbar.

Das Betriebsverhalten der modernen Hochleistungs-LEDs ist überaus komplex. Ihr Einsatz erfordert im Vergleich zu konventionellen Lichtquellen viel detailliertes Know-how. Falsche Behandlung ist die häufigste Ursache für eine früh einsetzende Degradation; mit genauerer Kenntnis der speziellen Eigenschaften von LEDs hätte sie in vielen Fällen vermieden werden können. Auf diesem Gebiet hat ein renommiertes Halbleiter-Testhaus eine Marktlücke erkannt und seine Kompetenzen in Richtung Optoelektronik ausgedehnt, speziell auf Hochleistungs-LEDs. Die Labors von Rood Microtec in Stuttgart (www.rood-microtec.com) verfügen über eine breite Palette an Untersuchungseinrichtungen, die die Ursachen für Schäden an LEDs aufdecken. Diese können sehr verschieden sein, oft spielen mehrere zusammen. In detektivischer Arbeit

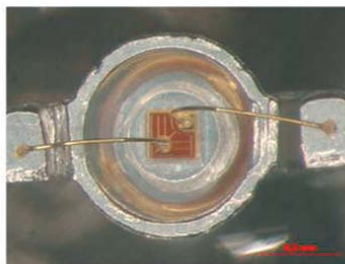
analysieren hochkarätige Spezialisten, was sich im betreffenden Fall genau abgespielt hat.

Kommen defekte LEDs zur Untersuchung, dann durchlaufen sie der Reihe nach verschiedene Prüfungen. Am Anfang stehen naturgemäß die zerstörungsfreien Verfahren. Manche Veränderungen sind bereits mit bloßem Auge zu erkennen, etwa Verfärbung des Gehäuses oder der Vergussmasse, auch mechanische Veränderungen, Verschmutzung sowie Schäden auf der Leiterplatte. Genauere Details zeigen sich dann unter dem Mikroskop, so z.B. ob die Chipfläche im Ganzen oder nur noch in Teilbereichen leuchtet. Unter einer Wärmebildkamera sind lokale Überhitzungen erkennbar.

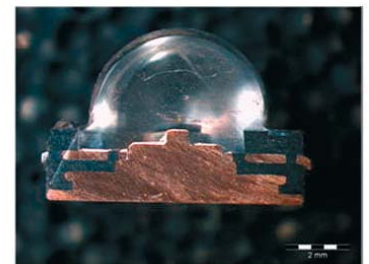
Der nächste wichtige Schritt ist die Kennlinienvermessung: Der Zusammenhang zwischen Strom und Spannung liefert eine ganze Reihe von wichtigen Auskünften. Gemessen wird dabei nicht nur in Durchlassrichtung, sondern auch in Sperrrichtung. Die Höhe des Sperrstroms und sein Kennlinienverlauf liefern aussagekräftige Angaben über den Zustand des Chips – nicht nur bei bereits geschädigten LEDs, sondern auch bei fabrikneuen. Wie eingehende Untersuchungen nachgewiesen haben, erreichen Exemplare mit niedrigerem Sperrstrom eine län-



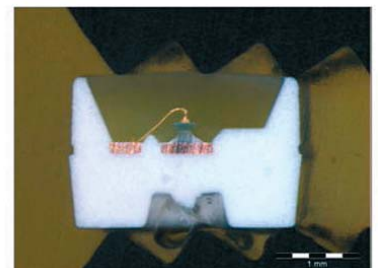
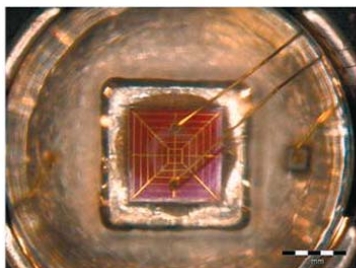
Bondverbindungen



Chipdesign

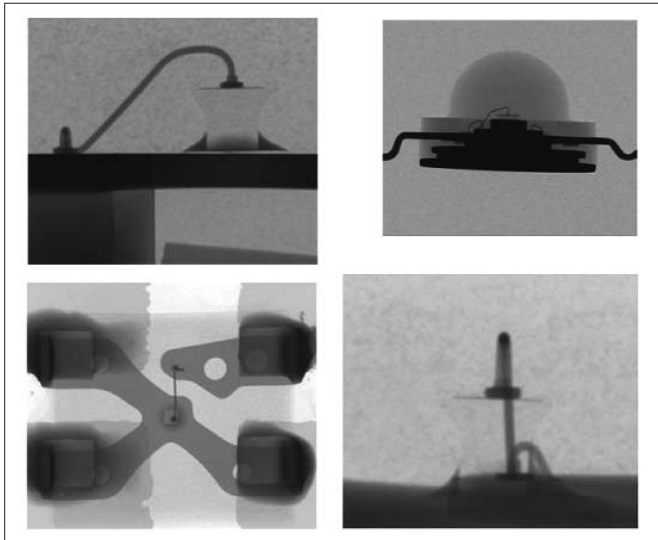


Gehäuseaufbau



▮ Schon unter dem optischen Mikroskop offenbaren sich viele Fehler in LED-Chips und Gehäusen.

(Bilder: Rood Microtec)



! Weitere Details kommen in Röntgenaufnahmen zu Tage, insbesondere Bonddraht-Führungen und -Abhebungen.

gere Lebensdauer als solche mit höherem. So bietet diese Messgröße eine Möglichkeit der Klassifizierung vor der Auslieferung an den Kunden.

Weitere Details offenbaren sich in Röntgenuntersuchungen. So sind etwa Bonddraht-Führung und -Verbindung sowie eventuelle Bonddraht-Abhebungen häufige Ursache für einen plötzlichen Totalausfall. Haben alle diese verschiedenen zerstörungsfreien Prüfungen noch kein eindeutiges Ergebnis gebracht, dann liefern die anschließenden zerstörenden zusätzliche Erkenntnisse. Der Chip wird durchgesägt; in Schlibfbildern unter einem optischen Mikroskop oder Raster-Elektronenmikroskop treten Schädigungen in der Struktur klar zu Tage.

Gesichert ist: Die häufigste Ursache für eine zu schnelle Degradation bzw. Totalausfall des Chips ist Überhitzung im Betrieb. Dadurch entstehen interne Versetzungen der regelmäßigen Kristallstruktur, die die komplexen Strukturen aus unterschiedlich zusammengesetzten und dotierten Halbleiterbereichen zunehmend zerstören. Bestmögliche Wärmeableitung ist deshalb beim Einbau oberstes Gebot.

Die Wahrheit steht in den Fußnoten

Aber auch wer bei der Entwärmung beste Arbeit leistet, kennt möglicherweise einige andere schädigende Einflüsse nicht. So sind LEDs überaus empfindlich gegenüber elektrostatischen Entladungen. Diese führen zwar nicht gleich zum Totalausfall, wohl aber zu einer Verschlechterung der Eigenschaften. Eine so geschädigte LED wird sehr viel schneller altern als üblich. Deshalb sind bei der Montage Schutzmaßnahmen wie bei der Verarbeitung von CMOS-Halbleitern notwendig. Weiterhin ist Feuchte während der Lagerung und im Betrieb schädlich, schließlich auch eine „unsaubere“ Stromversorgung mit kurzen hohen Spitzen von einem Schaltnetzteil. Diese müssen sorgfältig weggefiltert werden. Fehler können auch bei der Verarbeitung gemacht werden; so schadet dem Chip eine zu hohe thermische Belastung beim Lötten.

Im übrigen findet die Degradation nicht nur im Chip selbst statt. Auch andere Teile können sich mit der Zeit verändern, so z.B. die Vergussmasse. Hier hat sich Silikon als dauerhafter gezeigt als das früher viel verwendete Epoxid. Bei weißen LEDs sinkt außerdem mit der Zeit der Umwandlungswirkungsgrad des Phosphors, der ei-

nen Teil des blauen Lichts in orangefarbiges umwandelt. Dies weisen spektroskopische Untersuchungen anhand der Verschiebung der Lichtfarbe nach. Aber nicht immer sind Montage- oder Behandlungsfehler die Ursache, denn von den zahllosen LED-Herstellern, die auf diesen rasant wachsenden Markt drängen, liefert durchaus nicht jeder Spitzenqualität. Datenblätter sind graue Theorie; Werte, die darin als „typisch“ bezeichnet werden, geben nicht in jedem Fall den realen Mittel-

wert wieder. Reinhard Pusch, Geschäftsführer bei Rood Microtec auf einem kürzlich abgehaltenen LED-Workshop von Bayern Photonics e.V.: „Mancher Hersteller teilt nur die positiven Eigenschaften mit, und die weniger positiven verschweigt er. Also sollte man besonders darauf achten, was er nicht sagt. Das könnte kritisch sein.“ Ein sehr sorgfältiges Studium der Angaben ist unabdingbar. Ein Betrieb außerhalb der Spezifikationen kann schwerwiegende Folgen haben. Pusch:

„In den Fußnoten steht oft die ganze Wahrheit.“

Die Kombination all dieser Untersuchungsverfahren ermöglicht es Rood Microtec, die Fehler systematisch einzukreisen und daraufhin vorbeugende Maßnahmen zur künftigen Vermeidung zu definieren. Eine Empfehlung sind Lebensdauertests von mindestens 1000, besser 10 000 Stunden, abhängig von der Applikation. Auf dass die LED lange leuchte.

Helmuth Lemme / jw