

Testen von LED – Teil 1

Warum Zuverlässigkeits-Tests an LEDs?

LEDs gelten weithin als „Low Cost“-Produkte. Das darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass sie je nach Einsatzgebiet dennoch höchste Anforderungen hinsichtlich Leistung und Zuverlässigkeit erfüllen müssen, was Qualifikation und Produktionstests zwingend erforderlich macht.

Lichtemittierende Dioden (LEDs) haben durch stark gewachsene Lichtausbeute und höhere Lebensdauer, gepaart mit geringeren Kosten, die klassischen Lichtquellen überrundet. Die LED bietet als wartungsarme Lichtquelle zahlreiche Vorteile für eine große Bandbreite an Anwendungen, beispielsweise optische Signale. Aufgrund ihrer Eigenschaften werden LEDs zunehmend in sicherheitskritischen Bereichen eingesetzt, z. B. in Verkehrsampeln und Bahnsignalen, als Außenbeleuchtung und Instrumentierung bei Automobilen, in der Luft- und Raumfahrt, Sensorik, in der Datenkommunikation sowie in der Medizintechnik.

Qualifikation von LEDs

Qualifikation dient nicht nur als Entscheidungsgrundlage für Freigabe und Einsatz neuer Produkte im Markt. Vielmehr ist sie Grundlage für Langzeitzuverlässigkeit aller elektronischen und optoelektronischen Komponenten, da sie Schwachstellen frühzeitig aufdeckt. Diese können zum Ausfall kompletter Geräte führen und ziehen fast immer einen Imageverlust mit sich. Qualifizierungen liefern Aussagen zur Langzeitzuverlässigkeit der LEDs unter bestimmten Betriebsbedingungen und minimieren Ausfallkosten. Anhand der Ergebnisse aus der Qualifikation werden Schwachstellen im Herstellungsprozess erkannt und können abgestellt werden.

Mittels Untersuchungen wie Lebensdauertests, klimatischen und mechanischen Umwelttests, Restgasanalysen sowie Fehleranalysen, werden die optischen und elektrischen Parameter, die mechanische Stabilität und die geforderten Umweltbedingungen überprüft.

Qualifikationen werden für die Zielmärkte Automotive, Luft- und Raumfahrt, Telekommunikation und Signaltechnik unter anderem nach TELCORDIA, AEC-Q, ESCC, JEDEC und MIL-Standard durchgeführt, ebenso nach kundenspezifischen Anforderungen. Um einen geeigneten Qualifikations-Flow zu erstellen, ist Erfahrung auf dem Gebiet der Ausfallmechanismen und der technischen Testmöglichkeiten notwendig.

Lebensdauer-Abschätzung von LEDs

Die Zuverlässigkeitsbetrachtung geht einen Schritt weiter als die Qualifikation. Hier werden LED-Tests unter Beobachtung der degradations-relevanten Parameter durchgeführt. Die Lebensdauerabschätzung wird auf Grundlage der Wahrscheinlichkeitsrechnung (MTBF) ermittelt und es werden Fehleranalysen durchgeführt, die Fehlermechanismen aufdecken und Fehlerkriterien definieren. Auch die Sub-Komponenten werden dafür untersucht.

Alterung und Lebensdauer einer LED

Um Aussagen zur Lebensdauer einer LED treffen zu können, muss man die Technologie dahinter verstehen. Beim Langzeitverhalten von Lumineszenz- und auch Laserdioden, spielen die zeitlichen Veränderungen ihrer Emissionseigenschaften die entscheidende Rolle. Die Intensität der Emissionsstrahlung einer unter konstanten Bedingungen

betriebenen Lumineszenzdiode nimmt kontinuierlich ab. Dieses Verhalten wird als Alterung oder Degradation bezeichnet und hängt anscheinend mit der Wanderung bzw. Ausweitung von Störstellen im Kristall zusammen. Eine abrupte Abnahme der Emission, wie sie von Glühlampen her bekannt ist, wird bei Halbleiterlichtquellen nur bei der Laserdiode beobachtet, wenn infolge einer Kettenreaktion der Vorwärtstrom so hoch wird, dass es zu einer Zerstörung der Diode kommt.

Im Allgemeinen wird die Lebensdauer einer LED als die Zeit definiert, in der die Lichtleistung bei definierter Umgebungstemperatur und definiertem Durchlassstrom 50 % des gemessenen Ursprungslichtstroms unterschreitet (t_{50}). Allerdings geht der Trend dazu, bereits bei 70 % oder 80 % Restleistung des Ursprungslichts das Ende des Lebenszyklus zu definieren. Also bei einem Lichtverlust von 20 bis 30 % wird, je nach Applikation und Hersteller, schon das „end of life“ definiert. Standard-LEDs erreichen unter normalen Betriebsbedingungen Lebensdauerwerte in der Größenordnung von 50 000 bis 100 000 h, was mehr als 11 Jahren ununterbrochener Leuchtdauer entspricht.

Degradation des Lichtstroms

Die Degradation des LED-Lichtstromes ist im wesentlichen von der Temperatur der lichtemittierenden Schicht im Halbleiterkristall bei Betrieb abhängig, auch „Junction“ genannt. Entscheidend für die Junction-Temperatur (T_j) ist der Temperaturhaushalt einer LED, die maßgeblich auch von der äußeren Umgebungstemperatur (T_{amb}) beeinflusst wird. Die maximal zulässige Junction-Tem-

AUTOR

Dipl.-Ing. Guenther Lippold, Leiter für die Optoelektronik bei der Microtec GmbH in Stuttgart, guenther.lippold@microtec.de

peratur darf nicht überschritten und sollte vom Hersteller im Datenblatt angegeben werden (z. B. T_j max. 100°C oder 130°C). Die T_j ist neben der Umgebungstemperatur auch von der Bestromung (I_f) abhängig. Bei erhöhter Umgebungstemperatur darf also ein bestimmtes I_f nicht überschritten werden. Ebenso wird durch stark schwankende Umgebungstemperatur die Lebensdauer verkürzt. Eine weitere Ursache der Degradation kann in einer zunehmenden Trübung der Vergussmassen, Gehäuse oder der für die Linsen eingesetzten Kunststoffe liegen (z. B. ausgelöst durch UV-Licht). Daher steigen manche Hersteller für die Gehäuse von Epoxid auf Silikon um.

Je nach angewandter Technologie kommen weitere Ursachen für die Degradation hinzu, dazu zählt z. B. bei Lumineszenzkonversions-LEDs die Alterung des Fluoreszenzfarbstoffs. Diese führt bei weißen LEDs neben der Degradation auch zu einer Farbverschiebung. Durch Umwelttests wie z. B. Temperatur und Feuchte oder auch UV, also Simulation

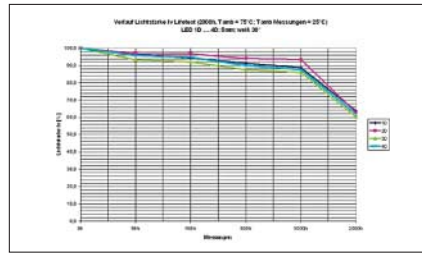


Bild 1: Lichtstärkeverlauf über 2 000 h (Umgebungstemperatur: 75°C , T_{amb} Messungen: 25°C) für LED 1D bis 4D, 5 mm, weiß 30°

von Sonnenstrahlung, können die genannten Einflüsse im Vorfeld definiert werden.

LED-Lebensdauertest

Um verlässliche Aussagen über die Lebensdauer von LEDs in sinnvollen Zeiträumen zu erhalten, sind besondere Messstrategien erforderlich.

Die Degradation der zu messenden LED wird durch erhöhten Stress, also durch Betrieb bei einer höheren Umgebungstemperatur (T_{amb}) als der später vorgesehene Betriebstemperatur (operating temperature), beschleunigt (**Bild 1 und 2**). Dennoch bleiben die erfassten Zeiträume

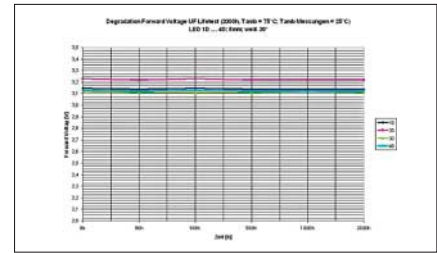


Bild 2: Degradation Forward Voltage UF Livetest (Umgebungstemperatur: 75°C , T_{amb} Messungen: 25°C) für LED 1D bis 4D, 5 mm, weiß 30°

kurz im Vergleich zum Lebenszyklus einer LED. Die Messwerte müssen daher mit mathematischen Verfahren extrapoliert werden, um die gewünschten Aussagen zur Gesamtlebensdauer zu erhalten.

Beispielsweise ist aus einer Degradationsmessung über 1 000 h auf das Bauteilverhalten über einen Zeitraum von 100 000 h zu schließen. Ungenaue Messungen können daher zu erheblichen Fehlern bei der Bauteilbeurteilung führen oder das Gesamtergebnis unbrauchbar machen. Daher muss auf eine exakte Durchführung der Messungen Wert gelegt werden. Die entscheidenden Einflussfaktoren ►

Bild 3: LED-Testanlage
von Bauer Engineering



bzw. Messgrößen für die Ermittlung der Degradation – Durchlassstrom I_f , Durchlassspannung U_f , Umgebungstemperatur T_{amb} , Lichtausbeute P_{opt} und Lichtstärke I_v – müssen daher während der gesamten Messung exakt eingehalten und gemessen werden. Entscheidend sind auch die maximal zulässige T_j und der thermische Widerstand R_{thJA} der LED, die vom Hersteller angegeben werden.

Viele LEDs werden außerdem im Pulsbetrieb eingesetzt, um während kurzer Pulszeiten von wenigen μs und bei hoher Strombeaufschlagung größere Lichtleistungen zu erzielen. Dies führt zu stärkeren thermischen und mechanischen Belastungen als im Konstantstrombetrieb, was die Lebensdauer selbstverständlich verkürzt. Die Lebensdauerwerte für Pulsbetrieb lassen sich nicht aus den Lebensdauerwerten mit Konstantstrom ableiten, sondern müssen separat, bei vergleichbaren Messbedingungen, ermittelt werden. Für eine genaue Aussage zur Lebensdauer ist ein Lifetest an mehr als 20 Bauteilen pro Typ erforderlich.

Degradationsmessung

Das übliche Verfahren ist, die LEDs in einer Temperaturkammer bei konstantem Strom (I_f) und einer Umgebungstemperatur größer als die später vorgesehene Betriebstemperatur altern zu lassen. Am Messplatz müssen die LEDs stets unter gleichen Bedingungen vermessen werden. Langjährige Testerfahrung und exakt kalibriertes Equipment sind dafür notwendig. Konstante Bedingungen müssen insbesondere für den Durchlassstrom, die Betriebstemperatur einschließlich der thermischen Ankopplung wie auch für die Lichtleistungserfassung herrschen. Bereits kleinste Abweichungen können das Messergebnis erheblich verfälschen, zumal die durch die Degradation bedingten Unterschiede zwischen den einzelnen Messungen in der Regel sehr klein sind.

Um Temperaturschankungen zu vermeiden, sollten die LEDs für Zwischenmessungen nicht aus der Temperaturkammer entnommen werden. Die LEDs müssen daher während des Test-Zeitraums in der Prüfvorrichtung verbleiben und die Messwerte für eine spätere Auswertung gespeichert werden. Zur Analyse des Degradationsverlaufs sind parallel mehrere Messreihen für unterschiedliche Temperatur- und Strombelastung durchzuführen.

Testequipment

Die LED-Testanlage (Bild 3) bestimmt die Degradation von LEDs. Dazu werden die LEDs bei einer Temperatur von bis zu $125^\circ C$ und einem definierten Vorwärtsstrom gestresst. Die Strombelastung kann entweder konstant (bis zu 500 mA DC) oder gepulst (bis zu 3 A) erfolgen. Die Vermessung einzelner Prüflinge erfolgt automatisch zu vordefinierten Zeitpunkten, ohne die Bauteile aus der Testanlage nehmen zu müssen. *(wird fortgesetzt)*



infoDIRECT

420p0907

www.all-electronics.de

▶ [Link zur Microtec](#)