新たに出現したLED照明を対象とする、新しいグローバルな車載照明規格

クリスチャン・ジャング、フィリップ・プラスナー、ジョー・ヤブロンスキー、ヨアヒム・ライル

自動車の前方や後方に取り付けられる外装照明や車内の内装照明において、LEDが採用されるケースはますます増えている。本稿では、このような状況の中で自動車メーカーに影響を与える、標準化団体によるグローバルな取り組みについて詳説する。

車載分野に使用されるLEDは、寿命が長い上に故障率が非常に低いと考えられていることから、その用途はますます拡大している。自動車、トラック、バイクがさらされる過酷な環境的条件下においても、LEDは極寒の冬にも猛暑の夏にも故障することなく、それに付随する温度、湿度、振動などの環境的影響に耐えると期待されている。それでも業界ではやはり、予測される性能を特性評価して文書化するための手段が必要であり、その要求を満たすべく、新しいグローバルな規格がいくつか制定されている。

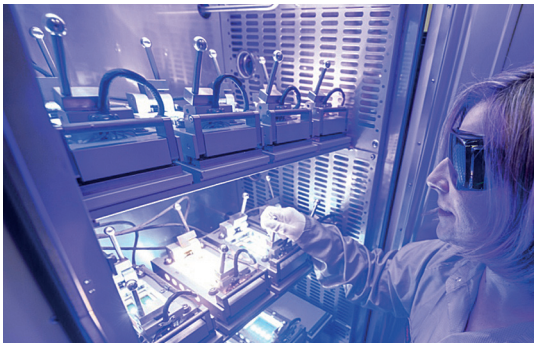

図1　サーマルチャンバを用いたHTOLストレス試験を管理する試験技術者。

そのような過酷な条件下におけるLEDの耐久性は、開発に使用される材料や工程、LEDメーカーのノウハウや経験、車載分野の開発者のスキルに依存する。市場に提供されているすべてのLEDが、車載分野に適しているわけではない。車載分野に適合するLEDを、その他すべての製品と区別するために、非常に具体的に仕様が定められた一連の試験に合格した車載LEDのみを、特定用途向けに認定するということが一般的に行われている。この試験は、製品仕様の外側境界を確認することを目的して設計されているものの、仕様の範囲内で実施される。

LEDは、定められた条件下で要件を満たせば車載分野に適合すると認定される。つまり、ここで採用されているのは「test-to-pass」のアプローチである。このような環境的条件下でLEDを試験するには、サーマルチャンバなどの特殊な装置が必要で（**図1**）、試験手順はコストと時間のかかるものとなる。LEDメーカーが試験手順を最適化し、顧客が信頼できる試験結果を入手できるようにするには、標準化された試験手法が必要だということで市場の見解は一致している。

半導体規格

以前はLEDの試験は、車載電子部品評議会（AEC：Automotive Electronics Council）が策定した規格AEC-Q101「Stress Test Qualification for Automotive Grade Discrete Semiconductors」（車載グレードのディスクリート半導体部品用ストレス試験適合性認証）に基づいて行われていた。この規格はシリコンベースの半導体には適しているが、発光性のあるIII-V族化合物半導体に固有の特性には対応していない。この問題に対処するために、国際電気標準会議（IEC：International Electrotechnical Commission）は、車載分野向けLEDの適合性試験を行うための国際規格を策定する取り組みを開始した。ヘッドライトにおける可変配光型走行ビーム（ADB：adaptive driving beam）など、車載照明分野の機能はますます拡大していることから、このような規格の必要性が高まっている。AEC-Q101は最近（C版からD版に）改訂されたが、それでもまだ、LEDとシリコン半導体デバイスの試験にはかなりの違いがある。IECの規格は、LEDに関連する具体的な問題に対応する。

これと並行して、米国自動車研究協議会（USCAR：United States Council for Automotive Research）は、LEDの過剰ストレス試験手順を定める取り組みに着手した。つまり、仕様の範囲を超えてLEDを試験することで故障を引き起こす、「test-to-failure」の方法論に基づく試験である。この過剰ストレス試験は、製品の故障動作に関する情報を得るのに適している。**図2**は、test-

to-passとtest-to-failureの方法論を図式化したものである。

IEC 60810の適合性認証試験

車載分野向けLEDの適合性試験を定義するためのIECの取り組みは、上述のAEC発行の規格AEC-Q101を基盤としている。AEC-Q101の中で参照されている、電子機器技術評議会(JEDEC: Joint Electron Device Engineering Council)の試験規格も、IEC委員会による試験手順の定義に用いられている。

GTB(International Automotive Lighting and Light Signalling Expert Group)は、世界中のすべての主要な光源メーカー、セット(またはランプ)メーカー、自動車メーカーを代表する団体である。同団体に所属する車載照明の専門家らが、IEC規格の最初の草案を作成した。複数回に及ぶミーティングを経て、提案された手順に対する全般的な合意が得られている。

GTBの専門家グループによる合意が得られたことを受け、IECの正式な手続きが開始した。同規格は、IEC TC34A委員会の多大な支持を得て、IEC委員会による正式な投票過程で承認された。このLED適合性試験は、既存規格であるIEC 60810「Lamps for Road Vehicles—Performance Requirements」(路上走行車用ランプ—性能要求事項)に新たに追加される形で、2014年中に発行される予定である。

試験の詳細と不合格基準

多くの側面において、シリコン半導体にAEC-Q101試験を適用した経験が参考にできたが、多数のLED固有の定義や基準をIECレベルで定義する必要があった。最も重要な試験要件としては、高温動作寿命(HTOL)試験、温度サイクル(TMCL)試験、高温高湿動作寿命(WHTOL)試験、電源温度サイクル(PTMCL)試験、人体モデルの静電気放電(ESD-HBM)試験、機械モデルの静電気放電(ESD-MM)試験、可変周波数振動(VVF)試験、機械的衝撃(MS)試験、はんだ熱耐性(RSH-TTW)試験、はんだ熱耐性(RSH-reflow)試験、熱衝撃(TMSK)試験、硫化水素(H_2S)試験、パルス動作寿命(PLT)試験、露(DEW)試験、混合ガス流腐食(FMGC)試験といったものがある。さらにこの規格では、不合格基準も規定されている。

試験時には、各種技術的パラメータの変化が定期的に監視される。例えば、独オスラム社(Osram)は最近、HTOLの条件下でストレス試験を実施した26個のLEDの光束維持率について、標準的な試験結果のサンプル集合を採取した。すべての試験対象LEDについて、1000時間後の光束維持率が90%以上という結果が得られている。実際、サンプル集合の大部分で95%を超える光束維持率が確認された。

LEDの試験には、非常に特殊な試験装置が必要となる。前出の図1は、HTOLの条件下でLEDのストレス試験を行うための試験チャンバ内部の例を示している。

試験と用途要件のマッチング

車載照明の種類が異なれば、要件も異なる可能性がある。例えば、エンジンコンパートメントの近くに配置されるヘッドライト用のLEDは、かなりの高温にさらされるのに対し、車両後部の方向指示器に用いられるLEDは、それほどの高温にさらされることはないかもしれない。

図3は、IECに基づくLED適合性認証が、適切な性能特性を持つLEDを

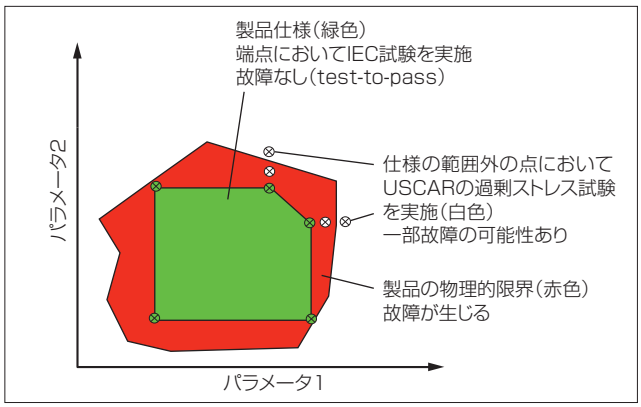

図2 製品仕様を、端点におけるIECの適合性試験と、USCARの過剰ストレス試験と比較した様子を図で表した。2つの試験手法の違いを示している。

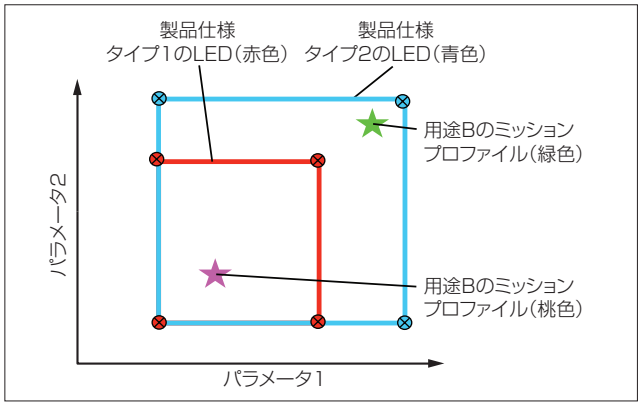

図3 2つのLEDの製品仕様と、2つの用途のミッションプロファイルを、図式化して比較した。

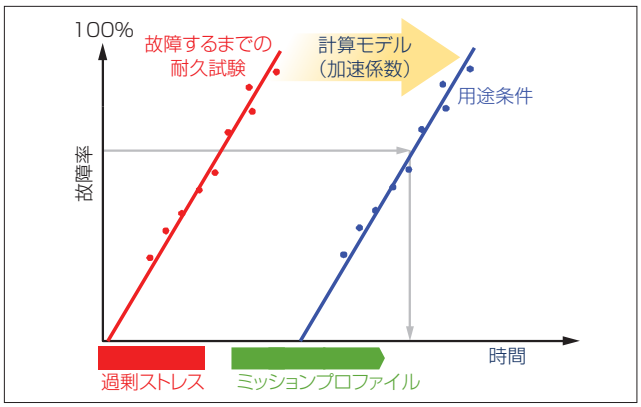

図4　実際の用途の条件下での堅牢性試験と故障予測を表すグラフ。

開発者が選択する上で役立つ様子を説明している。赤色の枠と青色の枠は、2種類のLEDの仕様範囲を表している。この仕様は、端点におけるIECの適合性試験によって検証されている。2つの星印は、2つの異なる車載用途AおよびBの要件（ミッションプロファイル）を表している。タイプ1のLEDは用途Aのみに適しているのに対し、タイプ2のLEDはAとBの両方の用途に適していることが見てとれる。

USCAR-33の過剰ストレス試験

一方、USCARの照明グループ（Lighting Group）は、自動車外装照明に使用されるLEDに特化した共通の要件集合を定める必要性があると判断した。SAE/USCAR-33「Specification for Testing Automotive LED Modules」（車載LEDモジュールの試験仕様）の発行により、USCARは、米国の自動車OEM企業によるLED照明の迅速な採用を促すための規格を定めた。この規格では、任意の駆動電子部品を含むLEDモジュール全体の試験が網羅されており、LED部品の過剰ストレス試験に関するセクションがある。

LEDの過剰ストレス試験の背景には、LEDデバイスの故障限界を判定しようという意図がある。その試験の多くは、多様な環境で部品を試験しながら、温度（最大接合部温度Tjよりも15℃上、など）と順電流（最大値の130%）の両方において、メーカーの仕様範囲を超えて行われる。各試験の継続時間は1500時間、または、試験対象デバイスの50%以上が故障するまでと規定されている。このような厳しい要件によって、すべての部品とモジュール全体が、過酷な車載環境での使用に適していることが保証される。

総括と今後の課題

IEC 60810の適合性試験は、特定製品の仕様範囲を検証することを目的とする。仕様範囲の端点を表すように試験条件が選択された状態で、すべての試験に合格したLEDは、その製品仕様の範囲内にある用途に適しているという、一定の信頼水準を満たすとみなすことができる。

USCAR-33の過剰ストレス試験は、仕様の範囲外でLEDを試験し、過剰なストレスを加えた条件下で故障の種類や件数に関する詳しい情報を得ることを目的とする。ただし、USCAR-33の過剰ストレス試験の条件下で故障が記録されたとしても、実地における故障に関して、何の直接的な結論も導くことはできない。

まだ不足しているのは、LEDの体系的な堅牢性調査のための手順を規定する国際規格である。それは、製品の仕様範囲を超えて体系的な試験を行い、過剰ストレスの関数として劣化を記録するというアプローチに基づくものである。アレニウス（Arrhenius）、アイリング（Eyring）、ペック（Peck）、ノリス・ランズバーグ（Norris-Landzberg）、コフィン・マンソン（Coffin-Manson）といったよく知られたモデル化手法と組み合わせることによって、正常動作中に劣化（または故障件数）を予測することが可能となる。

図4は、体系的な堅牢性調査におけるtest-to-failureの手順と、計算モデルを用いた故障率予測を図式化したものである。LEDに対してこの種類の堅牢性調査を行うための標準手法の立案に向け、関連標準化団体による取り組みは既に開始されている。

ADBヘッドライトなど、より複雑なLEDランプ用の規制については、UN-ECE R123に記載されている（国際連合欧州経済委員会[UNECE：United Nations Economic Commission for Europe]の指揮の下で最初に作成されたが、世界的な進展と調和することを目的としていた）。このようなヘッドライトは、電子的にオン／オフするLEDによって実現される。こうしたシステムは特に、標準化された堅牢性調査手順があれば、より広範囲かつ容易に普及が促進されるだろう。

著者紹介
フィリップ・プラスナー博士（DR. PHILIPP PLATHNER）は、独オスラム社（Osram）の標準化責任者、クリスチャン・ジャング博士（DR. CHRISTIAN JUNG）は同シニアスタッフエンジニア、ジョー・ヤブロンスキー（JOE JABLONSKI）は同アプリケーションエンジニアリングマネージャー、ヨアヒム・ライル（JOACHIM REILL）は同LEDアプリケーションエンジニアリング担当シニアディレクター。

LEDJ