

機械学習を用いた白色 LED パッケージング設計の解析

近畿大学 理工学部 電気電子通信工学科
柏尾知明

1. はじめに

Light-Emitting Diode (LED)は、小型、長寿命、高い発光効率などの特徴から、家庭用から産業用まで様々な用途で広く普及し、その市場は広がり続けている。特に白色 LED は、照明、家電製品、自動車など用途が広いため、LED メーカーによる白色 LED の開発競争が激しい。白色 LED の性能を示す指標の中でも発光効率は、消費電力を表す最も重要な指標の一つである。蛍光体式白色 LED は、青色の発光素子 (チップ) と蛍光体の組み合わせによって実現されており、白色 LED の発光効率は、チップ (発光素子) の発光効率 (電気から青色光への変換効率)、蛍光体による波長の変換効率の他、パッケージングの光取り出し効率によって決まる¹⁾⁷⁾。いっぽうで近年、人工知能技術の一種である機械学習は学術分野に留まらず産業分野、実社会において、予測・解析・最適化問題等で大きな成果を上げており、光学設計においても機械学習が活用されている。本稿では、白色 LED の発光効率を主な評価指標としたパッケージングの設計方法について解説する。白色 LED のパッケージング構造について解説し、光線追跡シミュレーションを用いた光学設計と、機械学習を用いたパッケージング設計の解析方法について紹介する⁸⁾。

2. 白色 LED パッケージングの設計

蛍光体式の疑似白色 LED は、青色チップと黄色蛍光体を組み合わせたタイプが一般的である。その他にも、黄色蛍光体の他に、赤色・緑色などの蛍光体を加えた高演色タイプの白色 LED があるが、基本的には黄色蛍光体のみを使用した白色 LED のほうが発光効率は高く、各種照明用途で広く普及している。白色 LED の製品設計においては、光学特性、電気的特性、温度特性、熱特性、寿命、信頼性、実装性など、目的や用途、要求事項に応じて考慮しなければならない評価指標が多い。特に発光強度や発光効率、電気的特性はチップに大きく依存するため、チップの設計や選択が重要になる。また、蛍光体の変換効率も白色 LED 製品の発光効率に大きく影響するため、蛍光体の開発も不可欠である。発光強度と寿命、製品サイズと放熱性など、避けられないトレードオフの関係が存在するため、製品の用途、目的、要求事項に合わせて、重要な設計項目を選ぶ必要がある。全ての設計項目を考慮できれば理想的であるが、開発コストが高くなり、製品価格が跳ね上がってしまう。

一般的な Surface Mount Device (SMD)タイプ LED では、パッケージングによる光の吸収によって、投入電力に対し 10%以上のエネルギーを損失する。特に小型サイズの SMD タイプ LED は、LED とリフレクタを形成するキャビティ樹脂壁面との距離が近く、パッケージング部材の光学特性の影響を受けやすい (図 1)。チップから出た青色光は、パッケージングの壁面で反射と吸収、蛍光体による波長変換を繰り返しながら、最終的にはパッケージング外に出ていくことになる。一般的な SMD タイプパッケージングでは、リードフレームに Cu 合金の母材に Ag メッキが施されたものが用いられ、反射率が高い。パッケージング樹脂には、ポリアミドなどの射出成型用樹脂が用いられており、Ag メッキより反射率が低く、光が当たった場合、吸収されやすい。封止樹脂には蛍光体やシリカなどの拡散