

小形LED電球の放熱改善技術

Improvement of Heat Dissipation in Small-Type LED Light Bulbs

細田 雄司* 高橋 健治*
Yuji Hosoda Kenji Takahashi

小型の省エネルギー照明用光源として、E17口金形状対応のLED (Light Emitting Diode) 電球を開発した。技術ポイントは、放熱技術である。熱シミュレーションにより改善すべき箇所を割り出し、その対策として、LEDパッケージとヒートシンクの密着、ヒートシンクの表面処理を行った。これらにより、所定温度以下でのLED駆動を可能とした。

We have developed small-type (E17) Light-Emitting Diode (LED) light bulbs for low-power-consumption lighting applications. The technical key is the dissipation of heat. Heat simulation studies showed two points that should be improved. Good contact between the LED package and heat sink and surface modification of the heat sink have made it possible to drive the LED under the specified temperature.

1. LED電球の特長と小型化の意義

地球温暖化防止のため、CO₂排出量の削減手法の1つとして脱白熱電球が挙げられる。LED電球は、発光体にLED半導体素子を使用する。LED素子は、下記のような特徴を有しており、地球環境と人に優しい光源である。

消費電力が小さい(省エネ)

長寿命

水銀などを用いず、環境負荷が小さい(クリーン)

赤外/紫外線をほとんど含まない

現在、日本における電球口金の約3億個中、約1.8億個はまだ白熱電球を使用している。特に、小形電球タイプは置き換えが進んでいない。電球形蛍光灯も省エネ光源として用いられているが、光源が蛍光灯であるために、更なる小型化と調光対応が技術的に困難である(E17口金形状対応: 電球 35×67 mm, 電球形蛍光灯: 45×89 mm)。

当社は、小形白熱電球に代わる省エネ光源開発を目的として小形LED電球の開発を行い、世界初のE17口金形状対応の小形LED電球の開発に成功した。LED素子の省エネ・長寿命の特長を生かしながら小型化を実現するための鍵となるポイントは「放熱と小型化(軽量化)の両立」である。以下に、開発した技術の詳細を述べる。

2. E17形LED電球の放熱と小型化の両立技術

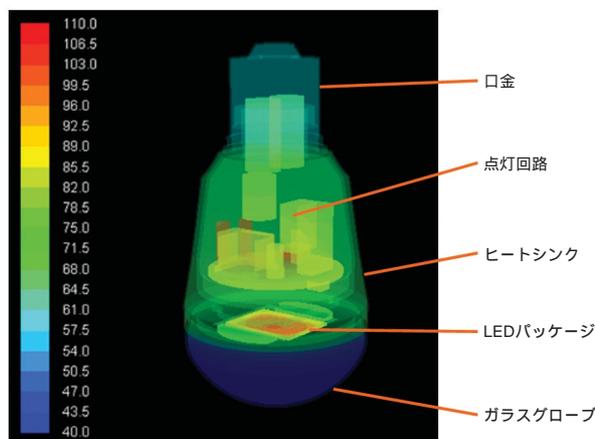
2.1 放熱の必要性

今回開発した製品において、光束の目標スペックを満たすためには5.5 Wの電力を投入する必要がある。しか

し、電力を大きくすると各 부품の温度が上がるため、熱を逃がすことが重要である。LEDは、高温となると発光効率低下と短寿命が発生するため、LEDのジャンクション温度を絶対最大定格温度(一瞬でも超えると、製品の劣化・破壊が起きる可能性がある温度)以下とする必要がある。

LED電球であっても一般電球サイズ(E26口金形状対応)の場合は、放熱性を確保しやすく、全光束などの性能は比較的確保しやすい。これに対して、小形電球サイズ(E17口金形状対応)の場合は放熱面積が小さいため熱放射性が悪く、発光効率低下や短寿命が発生する。放熱性を確保するために、放熱部材を大きくしてしまうと、ランプ形状が大きくなってしまふ。よって放熱性と小型設計の両立が必要となる。

2.2 シミュレーションによる改善ポイントの割り出し
シミュレーション技術を用いて開発対象である小形LED電球の熱の拡散を計算した。第1図に示す初期試作品の熱



第1図 LED電球の熱シミュレーション

Fig. 1 Heat simulation of LED light bulb

* ライティング社 照明事業ビジネスユニット
Lighting Business Unit, Lighting Company

シミュレーション結果より、以下の2点の考察が得られた。

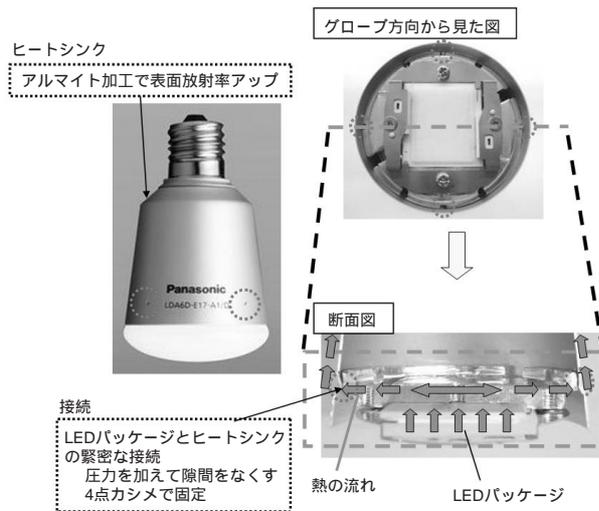
- (1) 点灯回路とLEDパッケージの温度が局所的に高くなっており、ヒートシンクへの熱伝導効率が低いと考察される
- (2) 内部温度が全体的に高くなっており、ヒートシンクの熱放射率が十分でないと考察される

2.3 放熱特性を高めるための対策

シミュレーションの結果から、小形LED電球の放熱性改善の対策として、以下の2つの対策を行った。

〔1〕高温発熱部のLEDパッケージとケースの接続

LEDパッケージの熱伝導性を向上させるために、圧力を加えてLEDパッケージとヒートシンクを均一に密着させた。また、ヒートシンクがテーパ状であるので、4点カシメを適用することにより密着状態のまま固定した。その結果、LEDパッケージの熱をヒートシンクに効率よく逃がすことに成功した。



第2図 圧入 + カシメ構造

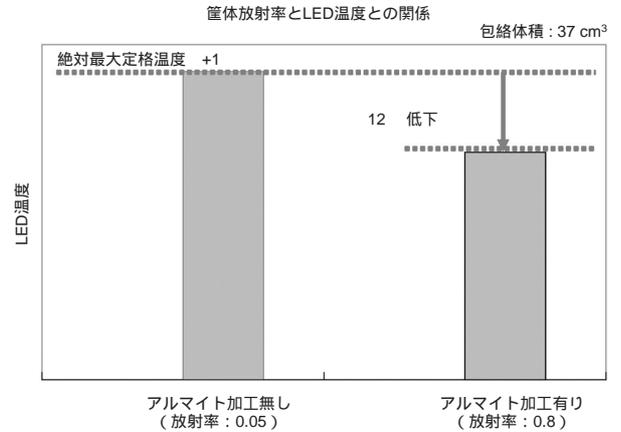
Fig. 2 Press fitting and heatsink clamping

〔2〕ヒートシンクの表面処理による熱放射率改善

筐体（きょうたい）外側に使用する材料は2万時間の長寿命に耐えうる強度、難燃性を考慮して金属を採用している。中でも高熱伝導性、軽量、加工性、コストを考慮し、アルミニウムを採用した。

さらに、アルミニウムを陽極として強酸中で電気化学的に酸化させ、表面に酸化アルミニウムを生成させるアルマイト加工を施した。これにより放射効率を向上させた。LED温度が絶対最大定格温度以下であれば、2万時間の寿命は確保できるが、発光効率の向上のためにLED温度はより低い方が望ましい。アルマイト加工により、LED

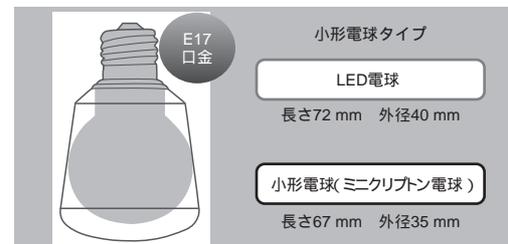
温度を絶対最大定格温度より12%高い温度から、12%下げることになった（第3図）。



第3図 筐体放射率とLED温度との関係

Fig. 3 Relationship between emissivity and LED temperature

以上の取り組みにより、LED温度を目標値以下にすることに成功した。その結果、発光効率が向上し光束の目標スペックを達成、2万時間の長寿命を実現した。また、第4図に示すように、小形電球とほぼ同等のサイズを実現した。



第4図 小形電球とのサイズ比較

Fig. 4 Size comparison of small type light bulbs

3. LED電球の動向と展望

LED素子は、発光効率（lm/W）が、年々約10%~20%向上する一方、コストも低価格化の方向に進んでいる。

今回開発に成功した小形LED電球は、従来の電球形蛍光灯では寸法的に置き換えが難しかった器具でも使用可能である。今後は、高出力化、色展開が加速され、LED電球のいっそうの普及が進むと考えられる。