

ハロゲン電球の長寿命化と高効率化に関する研究

別 所 誠*

Study on improvement of life and efficiency of halogen lamps

by Makoto BESSHO

ハロゲン電球は白熱放射を利用した光源で演色性が高く、さらにコンパクト性、きらめき感、光束維持率の面でも優れた特徴を有する。これらの特徴から、デパート、飲食店等では使用頻度が高く、さらに欧米諸国では一般照明用光源としても広く使用されている。しかし、白熱発光であることと、フィラメント温度が2800K前後であるため、可視放射は投入電力の1割程度で、約7割が目に見えない赤外放射となっている。そのため、高輝度放電ランプや蛍光灯などに比べて、効率のよい光源とは言えない。また、寿命に関しては、ハロゲンサイクルの導入で白熱電球よりは長い、高輝度放電ランプや蛍光灯などに比べると劣る。そこで、本研究では、消費電力削減、CO₂削減等も念頭におき、ハロゲン電球の長寿命化と高効率化の実現を目的としている。その実現のため、

- ① 発光管内のタングステン輸送現象の解明
- ② 多層赤外反射膜の導入
- ③ ミラー一体型電球における反射ミラー等の最適設計

の3つを研究課題として取り上げ、それらの研究成果を本論文の第3章～第5章にまとめている。

本論文は、ハロゲン電球の長寿命化及び高効率化に関する一連の研究をまとめたものであり、以下の6章から構成されている。

第1章では、本研究の背景、目的、意義および論文の構成について述べている。

第2章では、ハロゲン電球の開発の歴史的経緯について述べ、ハロゲン電球におけるハロゲンサイクルの重要性について説明している。また、電圧、電流、消費電力、効率、寿命に関するお互いの関係について、経験式を示し、概説している。さらに、ハロゲン電球の高効率化および長寿命化に有効となる方策について述べている。

第3章では、高効率および長寿命を実現するため、ハロゲンサイクルにおけるタングステン輸送現象に着目し、熱流体-化学平衡複合シミュレーションを新規に提案している。まず、シミュレーションの基礎となる基本方程式から具体的なシミュレーション方法まで詳細に述べている。また、H₂Oの量が異なる2種類の初期組成について、数値計算結果（複合シミュレーションおよび従来の平衡計算）と実験結果を比較し、実験におけるタングステンの析出状況に合致するのは複合シミュレーションで、従来の化学平衡計算では実験結果を十分に説明できないことを明らかにしている。さらに、熱流体-化学平衡複合シミュレーションにより、各種化合物の分圧分布、その過渡的変化の様子、バルブ内温度分布、対流の様子等を考察することが可能となり、ハロゲン電球の設計に有用であると結論付けている。

第4章では、多層赤外反射膜の構成および構成材料に求められる条件を示し、反射膜の設計法について述べている。2スタック1種類、3スタック2種類、計3種類の赤外反射膜を設計・試作し、よりシ

*新潟大学大学院自然科学研究科

現在 東芝ライテック株式会社

〔新潟大学博士（工学）平成21年9月24日授与〕

ンプルな2スタック構造でも800nmから1700nmにわたり十分な反射特性が得られることを明らかにしている。赤外反射膜は電球バルブ外面につけられるが、反射した赤外光がフィラメントに戻り、フィラメントの再加熱に寄与する必要がある。そこで、バルブ形状を楕円体とし、帰還率とバルブの長軸半径、短軸半径の関係について考察し、バルブ形状の設計指針を明らかにしている。設計に基づいて電球を試作し、寿命一定(フィラメント温度一定)の条件で、従来のものに比べて36%の効率向上を確認している。

第5章では、ミラー一体型ハロゲン電球の調光に関する考察結果についてまとめている。光利用率の向上には、短フィラメントが望ましいため、7mmのトリプルコイルの電球を試作し、ダブルコイル

(フィラメント長10mm)に比べて光利用率を5%向上させることに成功している。また、ミラーに関しては、これまで市販製品には多面体ミラーが採用されていたが、各微小ミラーの境界部分が光利用率向上の障害になっていることを指摘し、自由曲面ミラーを提案している。実際に自由曲面ミラーを最適設計し、光利用率を24%(多面体ミラー)から39%(自由曲面ミラー)に向上させることに成功している。

第6章では、ハロゲン電球の長寿命化および高効率化に関する一連の研究を総括している。

終わりに、本研究の遂行ならびに学位論文の執筆に当たり、ご指導とご鞭撻を賜りました大河正志教授に深く感謝申し上げます。