34 H I D ランプ発光管内の 熱流動解析

河原英仁 和辻浩一 (松下電子工業株式会社)

1. はじめに

メタルハライドランプの設計に役立つようなシミュレーションモデル¹⁾を構築することが求められている。今回その前段階として、高圧水銀ランプについて、熱流動現象の数値解析に基づいたランプ特性の予測を試みたので、結果を報告する。

2. 熱流動解析の方法

流体中の単位体積要素内のパラメータを支配する方程式はエネルギー方程式、質量保存式、運動方程式であり、(1)式のような一般形微分方程式で表せる²⁾。

$$\partial(\rho\phi)/\partial t + \text{div}(\rho u\phi) = \text{div}(\Gamma \text{grad}\phi) + S \cdots (1)$$

ここで、 ϕ は各々の方程式におけるパラメータを表し、 ρ は密度、 Γ は一般的な拡散係数、 S は生成項と呼ばれる。(1)式は、解析領域を多数の要素に分割して離散化し、数値的に解けばよい。

3. 解析モデル

発光管モデルとして図1に示すような軸対称形の垂直点灯を想定し、各種パラメータの分布を軸対称とみなした。発光管の単位体積要素内では熱平衡が成り立つとし、温度の関数である電子密度からジュール熱を、励起原子密度から光学的に薄いラインの放射損失を求めた。管壁からは、ステファーンボルツマン則に従って熱が放射されるものとした。また、光学的に厚い放射(185nm, 254nm)のエネルギー収支は要素内でバランスするものと仮定することにより、生成項の取り扱いを簡略化した。なお(1)式を解くのに、差分法による熱流体解析用汎用プログラム³⁾を用いた。

4. 計算結果

図2に対称軸上のパラメータの分布を、図3に管中央部での半径方向の分布を示す。ガスは対称軸上で下から上へ、管壁付近で上から下へ流れており、発光管内部で対流が起きていることがわかる⁴⁾。

5. おわりに

水銀ランプ発光管内の熱流動現象をいくつかの仮定に基づいてモデル化して数値的に解き、定性的に妥当と思われる結果を得た。

参考文献 1. J.T.Dakin, et al, J. Appl. Phys. 66, 4074 (1989) 2. S.V.Patankar著, 水谷, 香月訳「コンピュータによる熱移動と流れの数値解析」, 森北出版 (1985) 3. 香月, 中山「熱流動の数値シミュレーション」, 森北出版(1990) 4. W.Elenbaas "The high pressure mercury vapour discharge", North-Holland Publishing Company(1951)

A computer model of thermal convection in HID lamp.
Hidehito Kawahara, Koichi Wani

図1 発光管モデル

図2 対称軸上の分布

図3 半径方向分布(管中央部)