5 Xe/Ne混合ガス中放電パラメータの ボルツマン方程式解析(2)

澤田貞夫 酒井洋輔 田頭博昭

(北海道大学工学部)

1. はじめに 近年、Xeの共鳴準位(3P_1)から発する真空紫外光(147 nm)を利用する蛍光灯の開発が進められている。筆者らはバッファガスとしてNeを用いた場合を取り上げ、Xe/Ne混合ガス中の放電パラメータをペニング電離($Xe + Ne^* \rightarrow Xe^+ + Ne + e$)を考慮したボルツマン方程式で解析してきた¹⁾。本報告では、更にXeの累積電離とXe*同士の衝突による電離を考慮して解析した結果について述べた後、このデータを用いて放電ランプの基礎特性について検討する。

2. 解析方法 解析の基本としては、Sakaiら²⁾、およびSawadaら³⁾が提案したボルツマン方程式を用いた。本解析に必要な各種衝突断面積の内、前報¹⁾で取り上げていないXeの累積断面積としてTon-Thatらの理論値⁴⁾、Xe*同士の衝突による電離断面積としては $2.5 \times 10^{-15} \text{ cm}^2$ (Hg*の場合と同じ値を仮定)を採用した。

3. 解析結果 累積電離とXe*同士の衝突による電離は電子密度 n_e に依存するが、 α/E は各混合割合 $K (= N_{Xe}/(N_{Xe} + N_{Ne}))$ に対し、 n_e の増加に従い特に低 E/p で増加する(図1)。Xe共鳴準位への励起周波数 R_{ex} は、 E/p の増加に従い急増するが、 n_e の増加に対しては低 E/p で若干減少傾向が見られるのみである。この準位への励起に費やされる電気エネルギーの割合 $\alpha_{ex} \epsilon_{ex}/E$ は、他準位への励起確率の小さい低 E/p (電子エネルギーが小)で大きくなる。また、 n_e の増加に対しては低 E/p で若干減少している(図2)。

4. 放電ランプ特性への検討 ランプ電圧を高く維持できれば R_{ex} は大きくなり(図2)147nm 発光強度の増加が期待できるが、同時にNeの赤色発光準位への励起も増加する¹⁾ので、本目的のランプとしての最適電圧を選ぶ必要がある。ランプ電流を増加(n_e の増加)した場合には、 R_{ex} は、一定 E/p においても減少するが、同時にランプ電圧の低下(E/p の低下)により大幅に減少する(図2)。即ち、ランプ電圧が大きく減少しない範囲では、電流密度を増加すれば、発光強度の増加が期待でる。高い E/p を維持して注入電流を増加するための一方法に、パルス点灯が挙げられよう。

1) 澤田, 他, 照明学会東京支大会, 1(1989).

2) Y. Sakai, et al., J. Phys. D. 22, 276(1989).

3) S. Sawada, et al., J. Phys. D. 22, 282(1989).

4) Ton-That, et al., Phys. Rev. A. 15, 517(1977).

図1 E/p_0 ($V \cdot cm^{-1} Torr^{-1}$)

図2 E/p_0 ($V \cdot cm^{-1} Torr^{-1}$)

A Boltzmann equation analysis of discharge parameters in Xe/Ne mixtures (2).

Sadao Sawada, Yosuke Sakai and Hiroaki Tagashira