3 Xe/Ne、Xe/He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、希ガス蛍光ランプの高周波点灯やパルス点灯が試みられている。そこで筆者らは本ランプの代表的構成ガスであるXe/Ne及びXe/He (Ne、Heをバッファガス) 混合ガス中の放電パラメータをパルスタウンゼント法 (PT) に対し、ペニング電離 (α_{pe})、Xeの累積電離 (α_{cu}) を考慮したボルツマン方程式で解析し、定常タウンゼント法 (SST、上記電離の他にXe* 相互間の衝突による電離 (α_{mm}) を考慮) の解析結果¹⁾を参考に検討した。

2. 解析方法 基本的には、Sakai らのボルツマン方程式 (PT)²⁾を用いた。 α_{pe} 、 α_{cu} を考慮した電子の連続の式は、 $\partial n_e(t)/\partial t = R_i n_e(t) + R_{pe} N_{Bu^*}(t) + r_{cu} n_e N_{Xe^*}(t)$ で示される。また、Bu* およびXe* の拡散を無視した連続の式は、それぞれ、 $\partial N_{Bu^*}(t)/\partial t = R_{Bu^*} n_e(t) - R_{pe} N_{Bu^*}(t) - R_{10} N_{Bu^*}(t)$ 、 $\partial N_{Xe^*}(t)/\partial t = R_{Xe^*} n_e(t) - r_{cu} n_e N_{Xe^*}(t) - R_{co} N_{Xe^*}(t)$ で示される。ここで、 n_e 、 N_{Bu^*} 、 N_{Xe^*} は、それぞれ電子数密度、バッファガス及びXeの準安定励起原子の数密度、 R_{pe} 、 $r_{cu} N_{Xe^*}$ は α_{pe} 、 α_{cu} の各周波数。 R_{10} 、 R_{co} は α_{pe} や α_{cu} を経ないでBu* やXe* が崩壊する周波数である。 $\partial n_e(t)/\partial t = \lambda n_e(t)$ 、 $\partial N_{Bu^*}(t)/\partial t = \lambda N_{Bu^*}(t)$ 、 $\partial N_{Xe^*}(t)/\partial t = \lambda N_{Xe^*}(t)$ であるとすると、電子、Bu*、Xe* の連続の式は、それぞれ、 $\lambda = R_i n_e + R_{pe} N_{Bu^*} + r_{cu} n_e N_{Xe^*}$ 、 $\lambda N_{Bu^*} = R_{Bu^*} n_e - (R_{pe} + R_{10}) N_{Bu^*}$ 、 $\lambda N_{Xe^*} = R_{Xe^*} n_e - (r_{cu} n_e + R_{co}) N_{Xe^*}$ となり、これらの式を満足する電離周波数 λ を得る。本解析ではガスの混合割合K ($=Xe/(Xe+Bu)$) を $10^{-3} \sim 10^{-1}$ 、 $n_e = 10^6 \sim 10^{12} \text{ cm}^{-3}$ の範囲で行い、各種衝突断面積や α_{pe} 断面積は前報¹⁾の値を用いた。なお、電子のクーロン相互作用は考慮していない。

3. 解析結果 図1にKを 10^{-1} 、 10^{-2} 、

$n_e = 10^9 \text{ cm}^{-3}$ の場合の α/E 対 E/N (α : 電離係数 ($=\lambda/W$; PT)、 E : 電界強度、 N : 原子数密度) の関係をSSTの結果¹⁾と併せて示す。PTにおける α/E は低 E/N になるに従いSSTより小さな値を示した。図2にXe/Ne、 $E/N = 5.7 \text{ Td}$ の場合の全電離周波数に対する各種電離周波数の割合 (γ_{xe} 、 γ_{ne} 、 γ_{pe} 、 γ_{cu} 、 γ_{mm}) 対電流密度J ($=n_e q V_d$ 、 q :

電子の電荷、 V_d : 電子の移動速度) の関係を示す。図3にXeの共鳴準位への励起に費やされる電気エネルギーの割合 ($\alpha_{ex} \varepsilon_{ex}/E$) 対 E/N の関係を示す。PTにおけるエネルギー割合はSSTより約一桁小さい。

参考文献 1) 澤田、他: 照學全大、11平成2年

2) Y. Sakai et al: J. Phys. D.

Appl. Phys. 19 2393 (1986) 図2 電流密度J ($\text{A} \cdot \text{cm}^{-2}$)

A Boltzmann equation analysis of discharge parameters in Xe/Ne and Xe/He mixtures(2). Sadao Sawada, Yosuke Sakai and Hiroaki Tagashira