4 低圧H_g-Ar放電におけるH_g6¹P₁準位の励起機構

・和邇 浩一

(松下電子工業株式会社)

1. まえがき

低圧H_g-Ar放電における水銀185nm共鳴線の発光は254nm共鳴線とは異なる特性を持つ¹⁾。しかし185nm線は254nm線ほど詳しく理論的に考察とれていない。そこで低圧H_g-Ar放電アフターグロー中の両共鳴線の減衰特性を理論的に解析して実験結果と比較した。その結果、185nm線の上位準位である6¹P₁準位の励起機構について新しい知見を得た。

2. 計算方法

図1に計算で考慮した水銀のエネルギー準位と遷移過程を示す。各励起状態の密度 n_i ($i = P, \delta, r, s$)、電子密度 n_e について次の速度方程式が成り立つ。

$$\frac{dn_i}{dt} = \sum_{j \neq i} C_{ji} n_j n_e - \sum_{j \neq i} C_{ij} n_i n_e - S_i n_i n_e - A_{i\delta}^* n_i \quad (1)$$

$$\frac{dn_e}{dt} = \sum_j S_j n_j n_e - D_a \nabla^2 n_e \quad (2)$$

C_{ji} , S_j は電子衝突励起・電離の速度係数であり、 $A_{i\delta}^*$ は放射の閉じ込めを考慮した実効的な遷移確率で放射準位 ($i = \delta, s$) でのみ零でない値を持つ。 D_a は両極性拡散係数である。電子温度 T_e については次のエネルギー平衡式を得る。

$$\frac{3}{2} n_e \frac{dT_e}{dt} = -P_{\delta\delta} - P_{el} - P_{in} \quad (3)$$

$P_{\delta\delta}$ は拡散、 P_{el} は原子との弾性衝突、 P_{in} は非弾性衝突による損失項である。以上の連立微分方程式を解いて共鳴線の強度変化を計算した。

3. 結果および考察

図2にアフターグロー中の共鳴線発光強度の計算結果を実験値¹⁾とともに示す。励起断面積のデータが見当たらない6³P_{0,1,2} (以下6³P) 準位から6¹P₁準位への励起による流入を省略して計算すると(破線)、185nm線の減衰が大きく $t > 10\mu s$ では実験値の1/4以下となった。実験値を説明するには、 T_e が低下したアフターグロー中で基底状態からの直接励起よりも、励起ポテンシャルが低い6³P→6¹P₁遷移の方が支配的になると考える必要がある。

そこで励起断面積を適当に与えて6³P→6¹P₁遷移を計算に導入すると、実線のように実験値とほぼ一致させることができた。このことから、6³P準位から6¹P₁準位への流入はアフターグロー中では直接励起の10倍以上、定常放電でも1.5倍以上を占めることがわかり、実験値から励起断面積を推定できる。

4. むすび

低圧H_g-Ar放電中のH_g6¹P₁準位は、大半が6³P準位からの励起によって作られることがわかった。この結果は185nm共鳴線の挙動を理解する上で役立つものと考えられる。

参考文献: 1) 奥野、和邇、宮本: 昭58照明学会全国大会7

Populating process of Hg 6¹P₁ level

in a low pressure Hg-Ar discharge, Koichi Wani

図1 計算に考慮した過程

図2 計算結果 ○、●は実験値