

**КИНЕТИКА ЗАСЕЛЕНИЯ ТРИПЛЕТНЫХ СОСТОЯНИЙ МОЛЕКУЛЫ
ВОДОРОДА В ЭЦР РАЗРЯДЕ**
**THE KINETICS OF HYDROGEN TRIPLET STATES Population in ECR
DISCHARGE**

Шахатов В.А., Лебедев Ю.А., *Lacoste A., *Bechu S.

*ИНХС РАН, Россия, Москва, Ленинский пр. 29, e-mail: shakhatov@ips.ac.ru,
lebedev@ips.ac.ru*

**LPSC, Universite Joseph Fourier Grenoble 1, CNRS/IN2P3, Grenoble INP, 53,
Avenue des Martyrs, 38026 Grenoble, France, e-mail: bechu@ips.in2p3.fr,
ana.lacoste@ujf-grenoble.fr*

The applicability of plasma diagnostics of ECR-discharges by emission of triplet electron-excited states of hydrogen molecules was analyzed on the base of the level-to-level semi-empirical collisional-radiative model. One of the main results is that often used emission of $d^3\Pi_u$ -state can not be applied for diagnostic of these discharges in the frame of simple coronal model.

На основе уровневой столкновительно-излучательной модели исследована возможность использования излучения триплетных состояний водорода в ЭЦР-разряде для диагностики плазмы.

Уровневая столкновительно-излучательная модель плазмы использована для анализа применимости спектральных методов диагностики ЭЦР-разрядов по излучению триплетных состояний молекулы водорода ($N^3\Lambda_\sigma = a^3\Sigma_g^+, c^3\Pi_u, d^3\Pi_u, e^3\Sigma_u^+, f^3\Sigma_u^+, g^3\Sigma_g^+, h^3\Sigma_g^+, i^3\Pi_g, k^3\Pi_u$ и $r^3\Pi_g$). В расчетах использовались экспериментальные двухтемпературные ФРЭЭ с группами «холодных» (T_e^c, n_e^c) и «горячих» (T_e^h, n_e^h) электронов. Исходными параметрами в модели являлись температура газа 400-600 К, давление газа $(0.25-0.96)\times 10^{-2}$ Тор, концентрации электронов $n_e^c = (0.13-2.3)\times 10^{10}$ см⁻³, $n_e^h = (0.3-0.8)\times 10^{10}$ см⁻³ и температуры электронов $T_e^c = 0.6-2.0$ эВ, $T_e^h = 2.0-6.0$ эВ при процентном содержании атомарного водорода 4.0%. Показано, что механизм заселения триплетных состояний зависит от времени пребывания газа в разряде. Время релаксации заселенностей состояний $N^3\Lambda_\sigma$ изменяется от 10^{-6} до 0.2 с. Концентрации $H_2(N^3\Lambda_\sigma)$ принимают значения $1.7\times 10^4-8.2\times 10^7$ см⁻³. Распределение заселенностей состояний $N^3\Lambda_\sigma$ отличается от больцмановского. Показано, что вторичные процессы дают наибольший вклад в рождение и гибель состояний $a^3\Sigma_g^+, c^3\Pi_u, d^3\Pi_u, e^3\Sigma_u^+, g^3\Sigma_g^+, h^3\Sigma_g^+, i^3\Pi_g$ и $r^3\Pi_g$. Состояние $d^3\Pi_u$ нельзя использовать для диагностики разряда. Наименьший вклад вторичные процессы дают в образование и гибель состояний $f^3\Sigma_u^+$ и $k^3\Pi_u$. Дипольные переходы $f^3\Sigma_u^+ \rightarrow a^3\Sigma_g^+, g^3\Sigma_g^+$ и $k^3\Pi_u \rightarrow a^3\Sigma_g^+$ могут применяться для диагностики плазмы. Процессы с участием $H_2(X^1\Sigma_g^+, v=1-4)$ могут давать вклад в кинетику возбуждения триплетных состояний $c^3\Pi_u, d^3\Pi_u, e^3\Sigma_u^+, h^3\Sigma_g^+, i^3\Pi_g$ и $r^3\Pi_g$ при колебательных температурах основного состояния ~ 3000 К.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ №15-08-00070.