

О МЕХАНИЗМЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ ГЕНЕРАЦИИ В ИОННОМ АРГОНОВОМ ОКГ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

И.Л.Бейтман, Л.А.Вайнштейн, П.Л.Рубин, Н.Н.Соболев

Основными процессами, обеспечивающими заселение верхних лазерных уровней непрерывного аргонового ионного ОКГ являются: (1) – возбуждение электронным ударом из основного состояния $Ar^+ [1,2]$,

(2) — из состояний конфигурации $3d Ag^+$, (3) — радиационное каскадное заселение [2] и (4) — прямое электронное возбуждение из основного состояния нейтрального атома Ag (процесс Беннета) [3]. Отсутствие данных о сечениях возбуждения ионов не позволяло провести прямое сравнение интенсивности этих процессов, имеются лишь косвенные экспериментальные данные [1-3].

Т а б л и ц а

Значения $\langle v\sigma \rangle$ ($10^{-10} \text{ см}^3/\text{сек}$) для конфигураций Ag^+

$T^\circ K \cdot 10^{-4}$ переход	3	5	8	10
$3p - 4p$	0,18	3,0	14	23
$3p - 3d$	3,0	44	190	300
$3p - 4d$	0,078	2,4	16	28
$3p - 5d$	0,0047	0,22	1,8	3,4
$3p - 4s$	0,23	2,7	11	17
$3p - 5s$	0,003	0,10	0,62	11
$3d - 4p$	1900	2000	2000	1900
$4s - 4p$	4800	6600	7700	8000

Нами проведен расчет скоростей возбуждения $\langle v\sigma \rangle$ ионов электронным ударом из основного и возбужденных состояний (скобки $\langle \rangle$ означают усреднение по максвелловскому распределению скоростей). Сечения σ находились численно в Борн-Кулоновском приближении, в котором внешний электрон описывается кулоновскими волновыми функциями непрерывного спектра с $z = 1$. В этом приближении эффективное сечение возбуждения конфигурации в целом почти не зависит от схемы связи атомных электронов. Расчет сечений для переходов между отдельными уровнями не проводился, так как он требует использования промежуточной схемы связи, что представляет весьма трудоемкую задачу. В расчетах использовались полуэмпирические радиальные волновые функции [4]. Полученные значения $\langle v\sigma \rangle$ приведены в таблице.

Для оценки скорости накачки примем в соответствии с экспериментальными данными, что при условиях, близких к оптимальным (с точки

зрения мощности генерации) концентрация электронов составляет $5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ и температура электронов $80\,000^\circ\text{K}$ [5]. Оценки показывают, что при этих условиях основной вклад в накачку дает процесс (1).

Число актов возбуждения уровней конфигурации составляет $3,5 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3} \text{ сек}^{-1}$, что согласуется с величиной, получаемой по максимально достижимой мощности генерации ($\sim 1 \text{ Вт/см}^3$). Такая же скорость накачки получается при $n_e = 10^{14} \text{ см}^{-3}$, $T_e = 50\,000^\circ\text{K}$.

Если принять радиационную скорость распада конфигурации $3p^4 3d \sim 10^9 \text{ сек}^{-1}$, то скорость накачки конфигурации $4p$ за счет процесса (2) при $n_e = 5 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$, $T_e = 80\,000^\circ\text{K}$ составит $\sim 40\%$ от того, что дает процесс (1).

Каскадные переходы с конфигурации $4d$ также могут внести заметный вклад в заселение верхних лазерных уровней. С учетом вероятностей радиационных переходов с $4d$ на $4p$ и $3p$ [6] получим, что этот вклад достигает 30% от непосредственной накачки из основного состояния Ar^+ . Таким образом процессы (1), (2), (3) вносят в накачку примерно одинаковый вклад. Каскадными же переходами с $5s$ и $5d$ можно пренебречь, поскольку скорости возбуждения этих уровней на порядок меньше, чем $4p$.

Можно показать, что процесс (4) начинает играть заметную роль в заселении верхних лазерных уровней при высокой температуре электронов ($80\,000^\circ\text{K}$ и выше) [3].

Для оценки роль ударов второго рода в дезактивации верхних лазерных уровней в таблице приведены сечения переходов $4s - 4p$. При концентрации электронов 10^{14} см^{-3} скорость дезактивации за счет электронных ударов составляет $4 \cdot 10^7 \text{ сек}^{-1}$, что сравнимо с вероятностями радиационных переходов ($\sim 10^8 \text{ сек}^{-1}$).

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступило в редакцию
14 июля 1967 г.
После переработки
19 сентября 1967 г.

Литература

- [1] E.F.Labuda, E.I.Gordon, R.C.Miller. IEEE J.Quant. Elect., QE -1, 273, 1965.
- [2] R.J.Rudko, C.L.Tang. Appl. Phys. Lett., 9, 41, 1966.
- [3] W.R.Bennett. Appl. Optics, Supplement 2, Chemical Lasers, 1965, p.3; W.R.Bennett etc. Phys. Rev. Lett., 17, 987, 1966; G.N.Mercer, V.P.Chebotaev, W.R.Bennett. Jr. Appl. Phys. Lett., 10, 177, 1967.

- [4] Л.А.Вайнштейн. Опт. и спектр., 11, 301, 1961; Л.А.Вайнштейн, И.И.Собельман. Борновские эффективные сечения возбуждения атомов электронами. Препринт ФИАН № 66, 1967.
- [5] В.Ф.Китаева, Ю.И.Осипов, Н.Н.Соболев. ДАН СССР 172, 317, 1967; V.F.Kitaeva, Yu.I. Osipov, N.N.Sobolev. IEEE J.Quant. Elect., QE-2, 635, 1966.
- [6] H.Statz etc. J.Appl. Phys., 36, 2278, 1965; H.Statz etc. Physics of Quantum Electronics. Mc Graw Hill Book Co. New-York, 1965, p.3.