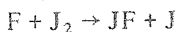


О ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ИНВЕРСИИ НА ПЕРЕХОДЕ $J^*(P_{1/2}) \rightarrow J(P_{3/2})$ В ХИМИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ



М.С. Курдоглян, А.Н. Ораевский

УДК 621.373.826

На основе данных о распределении энергии по степеням свободы продуктов в реакции $F + J_2 \rightarrow JF + J$ показано, что на переходе $J^(P_{1/2}) \rightarrow J(P_{3/2})$ может создаваться инверсная населенность. Ожидаемые значения коэффициента усиления равны $(1 \div 5) \cdot 10^{-2} \text{ см}^{-1}$.*

В настоящее время созданы лазеры на основе большого числа химических реакций /1, 2/. Ведутся поиски новых реакций с целью расширения диапазона длин волн, генерируемых химическими лазерами.

В работе /3/ детально исследовалась реакция $F + Br_2 \rightarrow FBr + Br$. Было определено, что атомы брома образуются в возбужденном спин-орбитальном состоянии тогда, когда атомы фтора также спин-орбитально возбуждены. Такое ограничение может привести к некоторым трудностям при создании чисто химических лазеров.

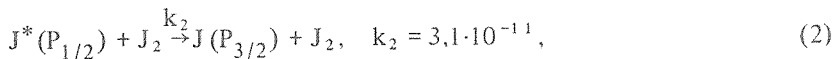
Для накачки йодного лазера представляет интерес реакция

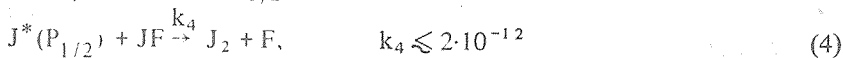
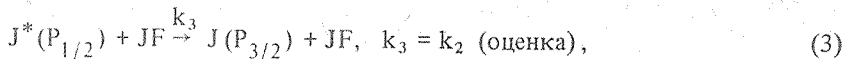


где, согласно /4/, $k_1 = 4,3 \cdot 10^{10} \text{ см}^3/\text{с}$.

Авторы работы /5/, исследовавшие реакцию (1) в молекулярном пучке, пришли к выводу, что $k^*/k = 8,3$, где k^* и k — доли атомов йода, образующихся соответственно в состояниях $P_{1/2}$ и $P_{3/2}$. Принципиально важным является тот факт, что в условиях работы /5/ распределение атомов фтора по спин-орбитальным состояниям являлось равновесным с $T = 300 \text{ К}$ (доля спин-орбитально возбужденных атомов фтора составляла 0,07).

Для выяснения условий образования инверсии необходимо рассматривать кроме реакции накачки (1) также и процессы тушения возбужденного йода. Основными каналами тушения являются следующие:





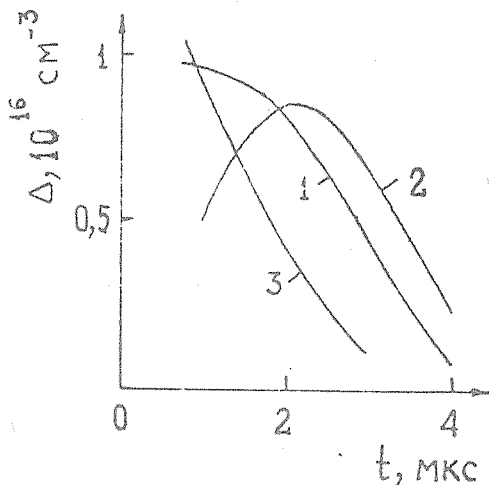
Скорости процессов даны в $\text{см}^3/\text{с}$. Значение k_2 взято из работы /6/. Скорость процесса (4) принята равной скорости процесса $J^*(P_{1/2}) + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{JCl} + \text{Cl}$.

Уравнения для концентраций компонентов, соответствующие процессам (1) – (4), решались на ЭВМ для следующих начальных данных: начальная концентрация молекулярного йода $[J_2]_0 = 10^{16} \text{ см}^{-3}$, полное число атомов фтора $[F]_0 = 2 [J_2]_0$. Временной профиль образования атомарного фтора задавался в форме

$$[F] = [F]_0 (t/\tau^2) \exp(-t/\tau).$$

Зависимость инверсии $\Delta = 2 [J^*] - [J]$ от времени при различных значениях длительности инициирования τ представлена на рис. 1. Видно, что максимальные значения инверсии при $\tau = 0,5 \text{ мкс}$ и $\tau = 1 \text{ мкс}$ близки. Дальнейшее увеличение τ должно привести к падению максимальной инверсии.

Считая линию доплеровски уширенной, для коэффициента усиления, соответствующего максимуму инверсии, получаем: $\gamma = (7/24) \sigma_D \Delta = 5 \cdot 10^2 \text{ см}^{-1}$, где $\sigma_D = 2,1 \cdot 10^{-17} \text{ см}^2 / 3/$.



Р и с. 1. Зависимость инверсии от времени: $\tau = 0,5 \text{ мкс}$ (1), $\tau = 1 \text{ мкс}$ (2), $\tau = 0$ (мгновенное иницирование).

В заключение следует упомянуть о работе /7/, авторы которой пытались детектировать излучение атомарного йода, образующегося в реакции (1). Отрицательный результат этой работы нельзя считать опровержением выводов работы /5/, поскольку при оценке предполагаемой интенсивности излучения $J^*(P_{1/2})$ авторы /7/ использовали завышенное значение коэффициента Эйнштейна A_J и заниженное значение коэффициента Эйнштейна $A_{2 \rightarrow 0}$ перехода $v = 2 \rightarrow v = 0$ молекулы HF, с которой проводилось сравнение, и не учитывали тушение возбужденного йода в объеме и на стенках реактора.

Учитывая возможности, связанные с использованием реакции (1) для создания химического лазера, необходимо тщательное экспериментальное исследование распределения энергии, выделяющейся в реакции (1), по степеням свободы всех продуктов реакции.

Поступила в редакцию 6 июля 1984 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Химические лазеры. Под ред. Р. Гросса и Дж. Ботта. М., Мир, 1980.
2. Башкин А.С. и др. Химические лазеры. М., Наука, 1982.
3. Гордон Е.Б. Докторская диссертация. ИХФ АН СССР, Черноголовка, 1980.
4. Appelman E.H., Clyne M.A.A. J. Chem. Soc. Faraday Trans., II, 71, 2072 (1975).
5. Trikle T., Wanner J. J. Chem. Phys., 78, 6091 (1983).
6. Burde D.H., Mcfarlan R.A. J. Chem. Phys., 64, 1850 (1976).
7. Agrawalla B.S. et al. J. Chem. Phys., 79, 6416 (1983).