

## ПОРОГОВЫЙ ХАРАКТЕР ВИДИМОЙ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ<sup>1)</sup>, ВОЗБУЖДАЕМОЙ ИК-ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

*Н.Г.Басов, В.Т.Галочкин, С.И.Заворотный,  
В.Н.Косинов, А.А.Овчинников, А.Н.Ораевский,  
А.В.Панкратов, А.Н.Скачков, Г.В.Шмерлинг*

В работе [1] по фотохимическому действию инфракрасного лазерного излучения был обнаружен пороговый характер лазерохимического процесса. Дальнейшие исследования [2] подтвердили пороговый характер реакций, инициируемых ИК-излучением лазера.

Возникает вопрос: обусловлены ли эти пороговые явления особенностями вторичных стадий лазерохимического процесса или сам процесс активации молекул путем резонансного воздействия ИК-излучения лазера носит пороговый характер?

Для выяснения этого вопроса необходимо исследовать особенности возбуждения высоких колебательных уровней в молекулах при резонансном воздействии излучения лазера на колебательные степени свободы. Для этого оказалось удобным использовать флуоресценцию в видимой и ультрафиолетовой области спектра, возникающую при воздействии на молекулу резонансным ИК-излучением [3 – 9].

Удобными объектами для изучения флуоресценции являются трихлорид бора  $BCl_3$  и гексафторид серы  $SF_6$ , резонанснопоглощающие излучение  $CO_2$ -лазера. Для проведения экспериментов в широкой области режимов облучения нами использовались импульсы ИК-излучения ( $\lambda = 10,6 \mu$ ) длительностью 5 мксек с энергией  $2 + 3$  дж, и импульсы 0,01 – 1 сек с энергией в импульсе до 2 дж. Импульсы микросекундного диапазона получались с помощью  $CO_2$ -лазера с поперечным разрядом; импульсы в диапазоне 0,01 – 1 сек формировались путем модуляции непрерывно действующего  $CO_2$ -лазера дисковым модулятором. Для получения требуемой интенсивности лазерное излучение фокусировалось длиннофокусными линзами из  $NaCl$ . Кювета с исследуемым газом имела 2 окна: из кремния – для ввода лазерного излучения, и фтористого лития – для регистрации флуоресценции.

<sup>1)</sup> Эти результаты были доложены на VIII конференции по квантовой электронике в Сан-Франциско (июнь 1974 г.)

Импульс лазерного излучения регистрировался фоторезистором (GeAu, 77K); флуоресценция ( $\lambda = 0,4 - 1,1 \text{ мкм}$ ) – фотоумножителем. Оба сигнала записывались двухлучевым осциллографом, запускавшимся от сигнала лазерного импульса.

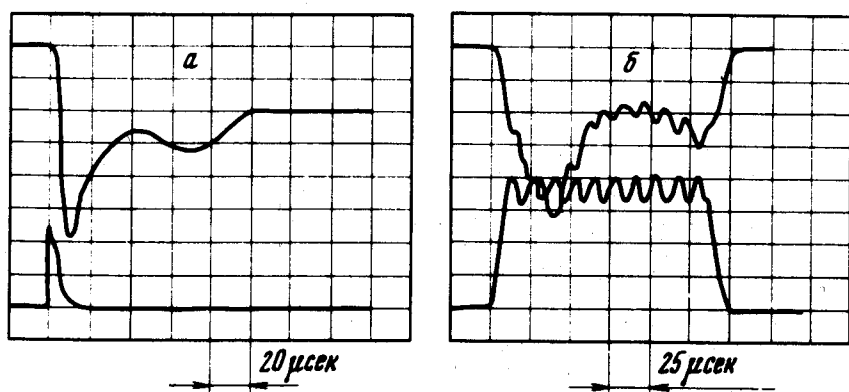


Рис. 1. Типичные осциллограммы импульсов видимой флуоресценции. 1 – импульс  $\text{CO}_2$ -лазера, 2 – флуоресценция. а –  $\text{SF}_6$ , импульсный лазер; б –  $\text{BCl}_3$ , лазер ЛГ-22.

Типичные осциллограммы флуоресценции представлены на рис. 1. Флуоресценция  $\text{SF}_6$  при облучении 5 мксек импульсом возникает с задержкой, зависящей от давления газа. При давлении 20 тор задержка составляет 5 мксек, при давлении 2 тора – 40 мксек. Двойной импульс свечения обнаруживается при давлении  $\text{SF}_6$  менее 12 тор; при больших давлениях сохраняется только первый импульс. Наблюдавшиеся времена задержки меньше времени  $V - T$ -релаксации, что не позволяет объяснить флуоресценцию термической диссоциацией.

Характер видимого свечения  $\text{SF}_6$  и  $\text{BCl}_3$  при облучении импульсами длительностью  $\tau = 10^{-2} \div 1 \text{ сек}$  зависит от давления газов. При  $P > 100 \text{ тор}$  наблюдается два импульса свечения, причем первый возникает с задержкой 10 – 20 мсек и длится около 50 мсек, а второй возникает через 0,1 сек после начала облучения и обрывается синхронно с лазерным облучением. При  $P < 100 \text{ тор}$  двойная структура импульса свечения отсутствует.

Изучение зависимости интенсивности свечения  $\text{SF}_6$  от интенсивности лазерного облучения короткими импульсами ( $\tau_{\text{имп}} = 5 \text{ мксек}$ ) показало, что свечение имеет пороговый характер (рис. 2, а). Величина пороговой плотности облучения уменьшается с  $2,8 \cdot 10^4 \text{ вт/см}^2$  при  $P_{\text{SF}_6} = 2 \text{ тор}$  до  $1,7 \cdot 10^4 \text{ вт/см}^2$  при  $P_{\text{SF}_6} = 20 \text{ тор}$  (рис. 3, а).

Аналогичные зависимости были сняты для  $\text{SF}_6$  и  $\text{BCl}_3$  при времени облучения 50 мсек (рис. 2, б). Эксперименты показали, что пороговый характер видимой флуоресценции сохраняется и в этих условиях, причем для  $\text{BCl}_3$  он выражен ярче, чем для  $\text{SF}_6$ . Зависимость порогов флуоресценции от давления газов для  $\tau_{\text{имп}} = 50 \text{ мсек}$  представлена на рис. Обращает на себя внимание быстрый рост пороговых величин интенсивности облучения при  $P < 100 \text{ тор}$ , в области ослабления порогового ха-

рактера свечения (рис. 2, б). Рост пороговых интенсивностей с уменьшением давления, наблюдавшийся при различных режимах облучения, может быть связан с затруднением процесса возбуждения высоких колебательных уровней молекул, если последний имеет столкновительную природу. Однако, следует отметить, что обнаруженный в данной работе пороговый характер флуоресценции молекул не следует из результатов

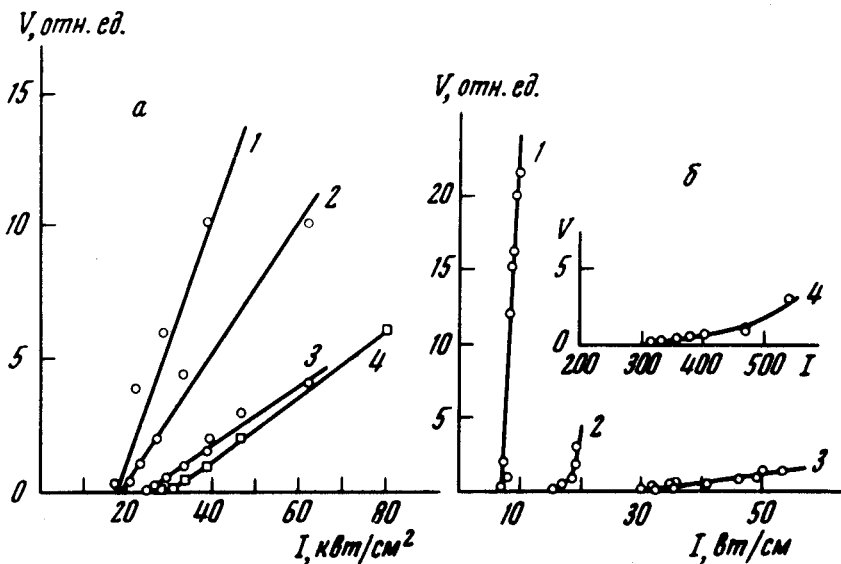


Рис. 2. Зависимость интенсивности видимой флуоресценции от интенсивности лазерного излучения. а)  $\tau_{\text{имп}} = 5$  мксек; 1 —  $\text{SF}_6$ ,  $P = 20$  тор, 2 —  $\text{SF}_6$ ,  $P = 10$  тор, 3 —  $\text{SF}_6$ ,  $P = 4$  тор, 4 —  $\text{SF}_6$ ,  $P = 2$  тор. б)  $\tau_{\text{имп}} = 50$  мсек; 1 —  $\text{BCl}_3$ ,  $P = 380$  тор, 2 —  $\text{BCl}_3$ ,  $P = 100$  тор, 3 —  $\text{BCl}_3$ ,  $P = 60$  тор, 4 —  $\text{SF}_6$ ,  $P = 380$  тор

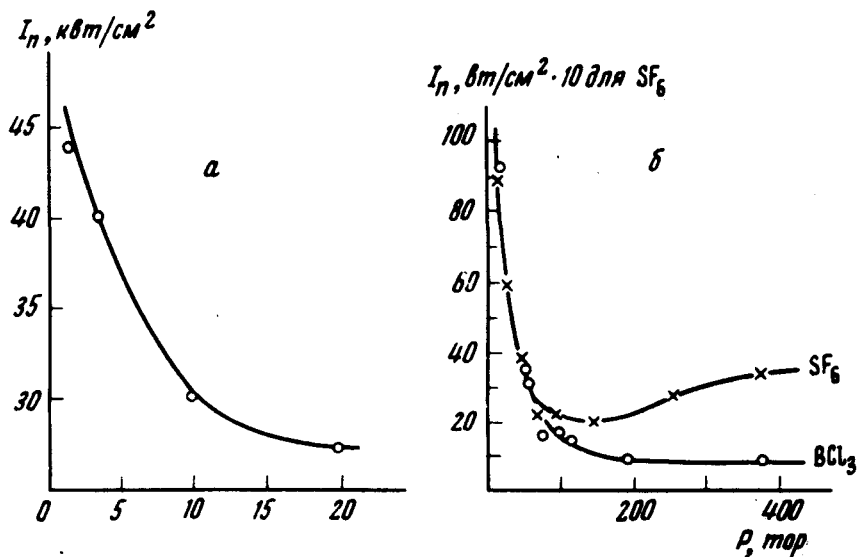


Рис. 3. Зависимость порогов видимой флуоресценции от давления поглощающих газов. а —  $\tau_{\text{имп}} = 5$  мксек. б —  $\tau_{\text{имп}} = 50$  мсек

теоретических работ, посвященных резонансному возбуждению молекул ИК-излучением лазеров [10 – 13]. Расчеты в этих работах основаны на одномодовой модели молекулы. Взаимодействие колебательных мод может приводить [14] к ряду качественных особенностей механизма резонансного возбуждения высоких колебательных уровней. Одна из этих особенностей – возможность запasti молекулой значительно больше колебательной энергии, чем в случае одной моды. Повидимому, на этом пути следует искать интерпретацию обнаруженного эффекта.

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

Поступила в редакцию  
28 ноября 1974 г.

### Литература

- [1] Н.Г.Басов, Е.П.Маркин, А.Н.Ораевский, А.В.Панкратов. ДАН СССР. сер. физ., **198**, 1043, 1971.
- [2] Н.Г.Басов, А.Н.Ораевский, А.В.Панкратов. *Laser in chemistry and biology* N- Y, 1974.
- [3] M.C.Borde, A.Henry, M.L.Henry. *Compt. rend Acad. Sci.*, **B262**, 1389, 1966.
- [4] M.C.Borde, A.Henry, M.L.Henry. *Compt. rend Acad. Sci.*, **B363**, 619, 1966.
- [5] G.Cohen, C.Borde, L.Henry, *Compt. rend. Acad. Sci.*, **B265**, 267, 1967.
- [6] В.В.Лосев, В.Ф.Папуловский, В.П.Тычинский, Т.А.Федина. *Химия высоких энергий*, **3**, 331, 1969.
- [7] Н.В.Карлов, Ю.Н.Петров, А.М.Прохоров, О.П.Стельмах. *Письма в ЖЭТФ*, **11**, 220, 1970.
- [8] N.R.Isenor, V.Merchant, R.S.Hallsworth. M.C. Richardson. *Can. J. Phys*, **51**, 1281, 1973.
- [9] R.U.Ambartzumian. N.V.Chekalin, V.S.Poljakov, V.S.Letokhov, E.A.Ryabov. *Chem. Phys. Lett.*, **25**, 515, 1974.
- [10] Н.Д.Артамонова, В.Т.Платоненко, Р.В.Хохлов. *ЖЭТФ*, **58**, 2195, 1970.
- [11] Ю.В.Афанасьев, Э.М.Беленов, Е.П.Маркин, И.А.Полузтков. *Письма в ЖЭТФ*, **13**, 462, 1971.
- [12] Н.Г.Басов, А.Н.Ораевский, А.А.Степанов, В.А.Щеглов. *ЖЭТФ*, **65**, 1836, 1973.
- [13] Б.Ф.Гордиец, А.И.Осипов, В.Я.Панченко. *ЖЭТФ*, **65**, 894, 1973.
- [14] А.Н.Ораевский, А.А.Степанов, В.А.Щеглов. *Препринт ФИАН №8*, 1974.