

## ХИМИЧЕСКИЙ ЛАЗЕР НА РАЗВЕТВЛЕННОЙ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ ФТОРА С ВОДОРОДОМ

22

*О.М.Баюковский, Г.К.Васильев, Е.Ф.Макаров, В.Л.Тальрозе*

В последние годы было проведено широкое рассмотрение принципиальных возможностей создания лазеров на основе химических реакций [1, 2]; примером такого рассмотрения являются работы Тальрозе [3] и Ораевского [4]. Сообщалось [5 – 7] о получении лазерного действия на колебательно возбужденных  $\text{HC}^*$  и  $\text{HF}^*$  в цепных фотохимических реакциях. Скорость населения "верхнего" уровня в таких реакциях не больше, чем  $W_0 \nu$ :  $W_0$  – скорость фотоиницирования,  $\nu$  – длина цепи. Анализ данных [5 – 7] показывает, что практически эффективны в населении "верхнего" уровня небольшое число звеньев цепи, а инверсия и генерация имеют место лишь при достаточно большой скорости фотоиницирования  $W_0$ , так что в результате в суммарных затратах энергии в генераторе главную долю занимает электрическая энергия, затрачиваемая в лампе-вспышке и говорить в данном случае о химическом лазере можно лишь с известной натяжкой.

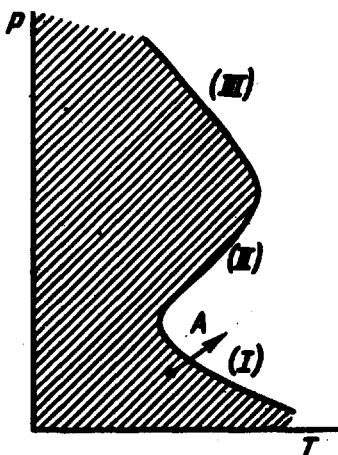


Рис. 1

Основные трудности создания "истинно" химических лазеров связаны, в частности, с тем, что реакция должна протекать с достаточно большой скоростью, т.е. иметь небольшую энергию активации, и, вместе с тем, реакционная смесь должна успеть до начала реакции заполнить объем оптического резонатора. По-видимому, наиболее полно удовлетворяют обоим требованиям разветвленные цепные реакции вследствие существования в них пределов воспламенения – кривых в координатах

давление ( $P$ ) – температура ( $T$ ) (рис. 1), разделяющих области значений  $P, T$ , где реакция практически не идет (на рисунке заштриховано), от областей, где реакция идет взрывным образом [8]. Одной из характерных реакций такого типа является реакция водорода с фтором, для

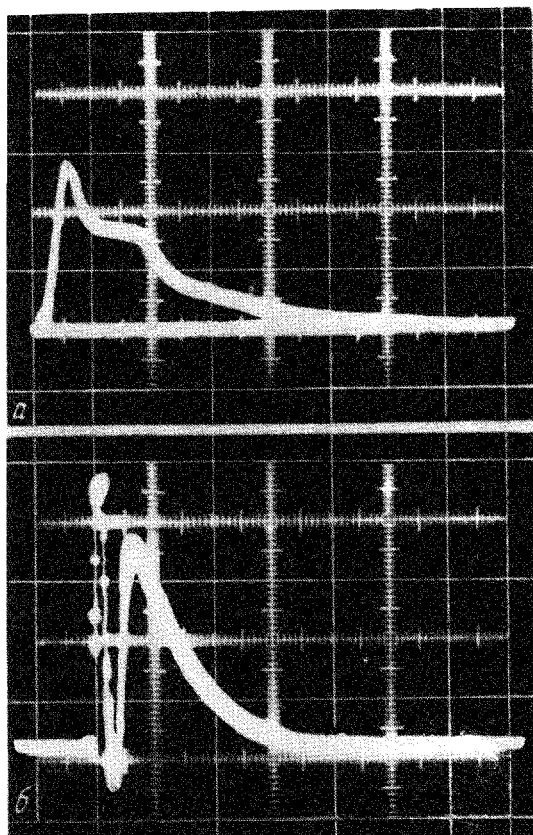


Рис. 2. Осциллограммы импульсов: *a* – хемилюминесценции, развертка 50 мксек/см и *б* – генерации, развертка 5 мксек/см

которой Семеновым и Шиловым [9] было установлено существование первого (I) и второго (II) пределов воспламенения. Кроме того, в этой реакции возможно существование и третьего (III) цепного предела воспламенения. Исследование механизма этой реакции [10] показало, что разветвление в ней осуществляется в реакциях колебательного возбужденного фтористого водорода. В этом случае следовало ожидать, что внутри области воспламенения накопление продуктов на верхнем уровне будет вначале происходить по закону  $\sim a e^{t/\tau}$ , где  $a$  – величина, зависящая от скорости иницирования,  $\tau$  – характеристическое время разветвления цепи.

Авторами исследовалась смесь фтора с водородом примерного стехиометрического состава вблизи первого предела воспламенения. Переход предела (см. стрелку А на рис. 1) осуществлялся электрическим разрядом с энергией ( $Q_E$ ) на 1,5 – 2 порядка ниже запаса химической энергии. Реакционный сосуд представлял собой трубку с окнами из фтористого кальция, установленными под углом Брюстера. Была получена генерация на многих линиях колебательных полос молекулы  $HF^*$  в диапазоне волновых чисел 3600 – 4200  $см^{-1}$ , соответствующих колебательным переходам в молекуле  $HF$ . На рис. 2 представлены осциллограммы импульсов хемилюминесценции *a* и генерации *b* на переходе  $P_4$  колебательной полосы 2 – 1 (сигнал на осциллограмме *b* снят на шкале более чем в 100 раз грубой по сравнению с *a*). Длительность импульса генерации на полувысоте составляла  $\sim 5$   $мксек$ . С помощью калориметра была измерена полная энергия света в импульсе  $Q_L$ . Можно ввести понятия "электрического" и "химического" КПД такого ОКГ: электрический КПД –  $K_E = Q_L / Q_E$ , химический КПД –  $K_C = Q_L / \eta Q_C$ , где  $\eta$  – глубина выгорания смеси,  $Q_C$  – запас химической энергии. Оценка по результатам экспериментов дала  $K_E = 2 + 10\%$ ,  $K_C \approx 0,2\%$ . Указанные величины на несколько порядков превосходят достигнутые в известных фотохимических импульсных ОКГ. По-видимому, в данном случае мы подошли значительно ближе к истинно химическому лазеру, если считать критерием такого лазера  $K_E \geq 100\%$ .

Филиал института химической физики  
Академии наук СССР

Поступило в редакцию  
10 февраля 1969 г.

### Литература

- [1] J. C. Polanyi. J. Chem. Phys., 34, 347, 1961.
- [2] Chemical Lasers. Appl. Optics. Suppl. 2, 1965.
- [3] В.Л.Тальрозе. Кинетика и катализ, 5, 11, 1964.
- [4] А.Н.Ораевский. ЖЭТФ, 45, 1771, 1963; ЖЭТФ, 55, 1421, 1968.
- [5] J. V. V. Kasper, G. Pimentel. Phys. Rev. Lett., 14, 352, 1965.
- [6] К. Компа, G. Pimentel. J. Chem. Phys., 47, 857, 1967.
- [7] R. W. F. Gross, N. Cohen, T. A. Jacobs. J. Chem. Phys., 48, 3821, 1968.
- [8] Н.Н.Семенов. О некоторых проблемах химической кинетики и реакционной способности. М., 1958.
- [9] Н.Н.Семенов, А.Е.Шилов. Кинетика и катализ, 6, 3, 1965.
- [10] Г.А.Капралова, Е.М.Трофимова, А.Е.Шилов. Кинетика и катализ, 6, 977, 1965.