

## ДИСПЕРСИЯ РЕЗОНАНСНОГО ОПТИКО-АКУСТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

С. Н. Мурзин, Б. Д. Осипов

1. Резонансный оптико-акустический эффект (РОАЭ) в многоатомных газах, когда стоячая звуковая волна в замкнутом объеме возникает за счет энергии, поступающей из внутренних степеней свободы молекул этого же газа, возбужденных импульсным лазерным излучением, наблюдался в работах [1, 2].

В данной работе исследованы частотные характеристики РОАЭ в многоатомных газах  $SF_6$ ,  $BCl_3$  и  $CH_3Br$  и показана возможность определения релаксационных параметров газа по дисперсии РОАЭ.

Обычно для индикации звуковой волны используется известный механический метод – метод конденсаторного микрофона, обладающий большой инерционностью. По-видимому, именно в связи с инерционностью датчика давления звуковой волны в [2] не были измерены частотные характеристики наблюдавшегося явления.

2. При исследовании РОАЭ нами был применен новый, практически безинерционный метод детектирования звуковых колебаний газа, являющийся СВЧ аналогом оптического метода Теплера.

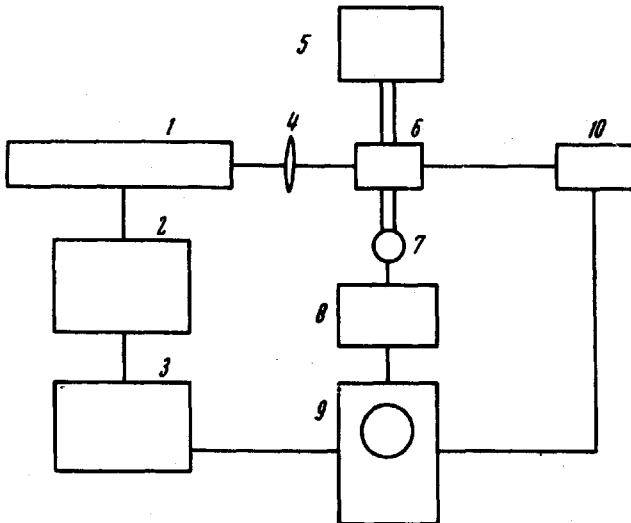


Рис. 1. 1 – импульсный  $CO_2$ -лазер, 2 – модулятор, 3 – задающий генератор, 4 – фокусирующая линза, 5 – СВЧ генератор, 6 – резонатор, 7 – детектор СВЧ, 8 – широкополосный усилитель, 9 – двухлучевой осциллограф, 10 – GeAu приемник

Схема эксперимента приведена на рис. 1. Излучение импульсного  $CO_2$ -лазера ( $\lambda = 10,6 \text{ мк}$ ) мощностью  $10 \text{ вт}$  с длительностью импульса  $\tau = 100 \text{ мксек}$  фокусировалось на входное окно акустического резонатора, при этом достигалась плотность потока энергии  $1 \text{ квт/см}^2$ . Акустический резонатор одновременно являлся СВЧ резонатором, настроен-

ным на частоту 18 Гц. При изменении плотности газа в резонаторе происходила перестройка СВЧ резонатора по частоте. Сигнал, пропорциональный изменению плотности газа, после усиления регистрировался на двухлучевом осциллографе.

3. Дисперсия РОАЭ исследовалась в зависимости от параметра  $\omega\tau$ , где  $\omega$  – собственная частота звуковых колебаний в резонаторе,  $\tau$  – время релаксации газа. Величина  $\tau$  варьировалась путем изменения давления исследуемого газа от 10 до 750 тор.

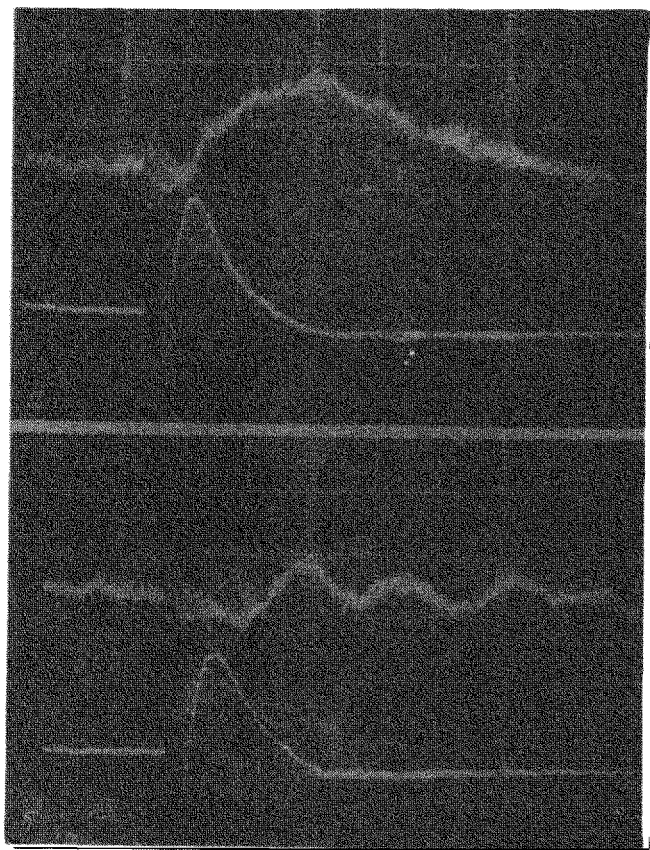


Рис. 2. Изменение плотности газа  $\text{SF}_6$  в звуковой волне: а – давление 30 тор, б – давление 300 тор. Развертка 100 мксек/см

При низких давлениях (до 50 тор) после действия лазерного импульса наблюдалось аperiodическое изменение плотности газа. При повышении давления аperiodический процесс сменялся колебательным процессом изменения плотности газа на собственной частоте звуковых колебаний газа в резонаторе. Для газов  $\text{SF}_6$ ,  $\text{BCl}_3$  и  $\text{CH}_3\text{Br}$  имелись свои характерные давления при котором аperiodический процесс переходил в колебательный. Осциллограммы изменения плотности  $\text{SF}_6$  показаны на рис. 2.

На рис. 3 приведена полученная из эксперимента зависимость величины  $k_2/k_1$ , характеризующей акустические потери в резонаторе на

расстоянии, равном длине волны, от давления и от соответствующего значения параметра  $\omega\tau$ , при  $\tau p = 2,5 \text{ мсек} \cdot \text{тор}$ .

4. Из теории распространения звука в многоатомном газе [3] известно, что зависимость волнового вектора  $k$  от параметра  $\omega\tau$  дается формулой:

$$k = k_1 + ik_2 = \omega \sqrt{\frac{1 - i\omega\tau}{C_0^2 - C_\infty^2 i\omega\tau}}, \quad (1)$$

где  $C_0$  и  $C_\infty$  — скорости звука при  $\omega = 0$  и  $\omega = \infty$ , соответственно.

Из (1) видно, что при  $\omega\tau \ll 1$  и  $\omega\tau \gg 1$  затухание звука на расстоянии, равном длине волны, оказывается малым. При значениях  $\omega\tau$  близких к  $\sqrt{C_0/C_\infty}$  существует область максимального поглощения.

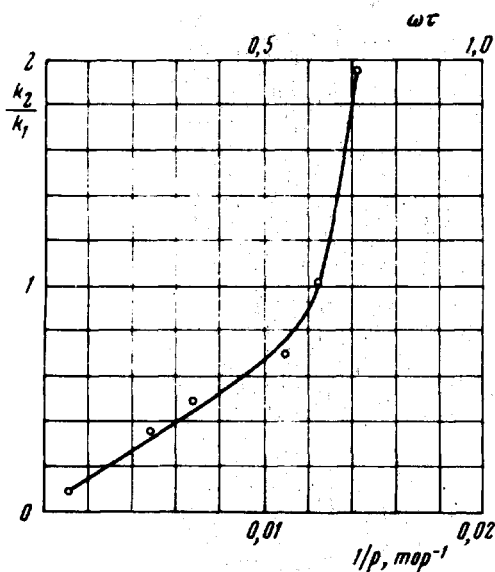


Рис. 3. Дисперсия РОАЭ в  $\text{SF}_6$

В случае РОАЭ скорость передачи энергии из внутренних степеней свободы молекул в звуковую волну ограничена временем релаксации, и поэтому область  $\omega\tau \geq \sqrt{C_0/C_\infty}$  является запрещенной. Таким образом, область возникновения РОАЭ ограничена условием  $\omega\tau \leq \sqrt{C_0/C_\infty}$ , где дисперсия РОАЭ описывается уравнением (1). В случае  $\omega\tau \ll 1$  можно пользоваться линейным приближением:

$$\frac{k_2}{k_1} = \frac{\omega\tau}{2} \left( \frac{C_\infty^2}{C_0^2} - 1 \right). \quad (2)$$

Из рис. 3 видно, что при  $\omega\tau > 0,7$  РОАЭ в  $\text{SF}_6$  не возникает, а при  $\omega\tau < 0,5$  величина  $k_2/k_1$  линейно зависит от  $\omega\tau$ . Величина  $\sqrt{C_0/C_\infty}$ , определенная по наклону линейного участка рис. 3, оказывается равной 0,7, что согласуется с границей РОАЭ  $\omega\tau > 0,7$ .

Аналогичные зависимости наблюдались для газов  $\text{BCl}_3$  и  $\text{CH}_3\text{Br}$ . Исключение составлял  $\text{NH}_3$ , в котором РОАЭ не наблюдался вплоть до давления 750 тор, что может быть связано с относительно большим временем колебательной релаксации и большей скоростью звука.

По независимым измерениям  $\omega\tau = \sqrt{C_0/C_\infty}$  и (2) можно определить время колебательной релаксации газа. Для исследованных газов получены следующие значения  $\tau\rho$  в единицах *мсек·тор*:  $\tau\rho_{\text{SF}_6} = 2,5$ ,  $\tau\rho_{\text{BCl}_3} = 4,0$ ,  $\tau\rho_{\text{C}_2\text{H}_2\text{Br}} = 8,0$ , что хорошо согласуется с [ 2, 4].

Обнаруженное явление, по-видимому, может наблюдаться также и в смесях газов и быть использовано при изучении кинетики химических реакций и фазовых переходов.

Институт спектроскопии  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
12 декабря 1972 г.

### Литература

- [ 1 ] R.D.Bates, Jr., G.W.Flynn, J.T.Knudtson. J.Chem. Phys., 53, 3621, 1970.
- [ 2 ] T.Aoki, M.Katayama. Japan. J. Appl. Phys., 10, 1303, 1971.
- [ 3 ] Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц. Механика сплошных сред, М., изд. ТТЛ, 1954, стр. 376
- [ 4 ] В.С.Аракелян, Н.В.Карлов, Г.П.Кузьмин, Ю.Н.Петров, О.М.Стельмах. Радиотехника и электроника, 15, 634, 1970.