

## ИЗМЕРЕНИЕ УСИЛЕНИЯ В СМЕСИ $N_2O+N_2$ С ПОМОЩЬЮ ИНФРАКРАСНОГО СПЕКТРОМЕТРА ИКС-21

Н. Г. Воронин, Е. А. Лепнева,  
Л. Н. Поскачеева и Н. Н. Широков

Исследована инверсная заселенность в смеси  $N_2O+N_2$  за отраженной ударной волной с разрешением по времени  $10^{-5}$  с методом прямого усиления с использованием стандартного инфракрасного спектрометра ИКС-21. Максимальный коэффициент усиления  $\alpha=1.2 \cdot 10^{-2} \text{ см}^{-1}$  получен при  $T=1950 \text{ К}$ ,  $p=26 \div 28 \text{ атм.}$  в смеси 20%  $N_2O+80\% N_2$  на длине волны 10.96 мкм.

В настоящее время в связи с изучением лазерных переходов в различных веществах появилась необходимость измерения коэффициента усиления и поглощения в широком диапазоне длин волн. Исследования, как правило, проводятся методом прямого усиления. Для зондирования ис-

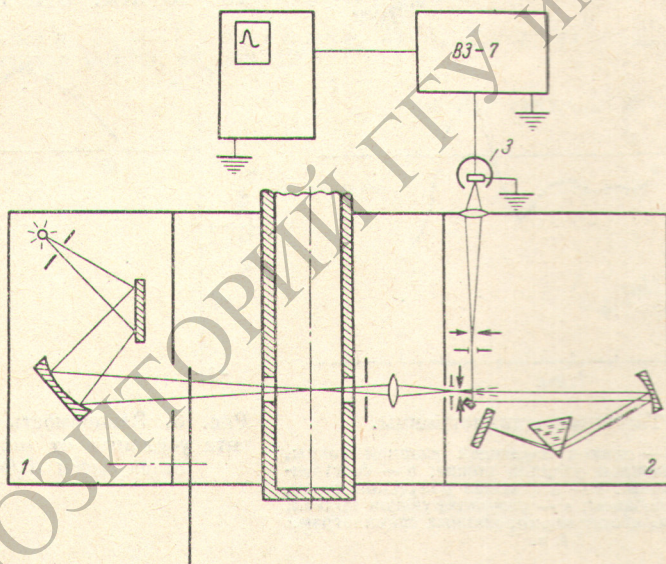


Рис. 1. Схема измерения коэффициента усиления.

1 — блок глобара, 2 — монохроматор, 3 — фотосопротивление.

следуемой среды обычно используют лазер, генерирующий на соответствующей длине волны (например, в [1]). Подобная схема позволяет получить разрешение вплоть до вращательной структуры исследуемой колебательной полосы. Однако возникают практические трудности, связанные с подбором лазера, стационарно излучающего в рассматриваемом диапазоне длин волн. В данной работе использована схема измерений коэффициента усиления (поглощения) с применением источника непрерывного спектра — глобара.

Основой оптической схемы (рис. 1) является стандартный прибор ИКС-21, включающий в себя глобар и монохроматор. С помощью монохроматора выделяется излучение с требуемой длиной волны и шириной спектрального интервала в инфракрасном диапазоне длин волн. В работе исследовались газы, нагретые ударными волнами. В связи с кратковременностью рассматриваемых процессов для регистрации излучения применялся малоинерционный приемник излучения на основе фотоспротивления из германия, легированного ртутью, сигнал с которого поступал на осциллограф и фотографировался. Спектральная чувствительность приемника давала возможность проводить измерения в диапазоне длин волн  $2 \div 14$  мкм. Описанная методика измерений, проверенная на смеси  $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ , находившейся в состоянии термодинамического равновесия, была использована для исследования закиси азота. Измерения проводились за отраженной ударной волной на расстоянии 30 мм от торца ударной трубы при температурах  $1800 \div 2300$  К и давлениях  $10 \div 45$  атм. Эти параметры

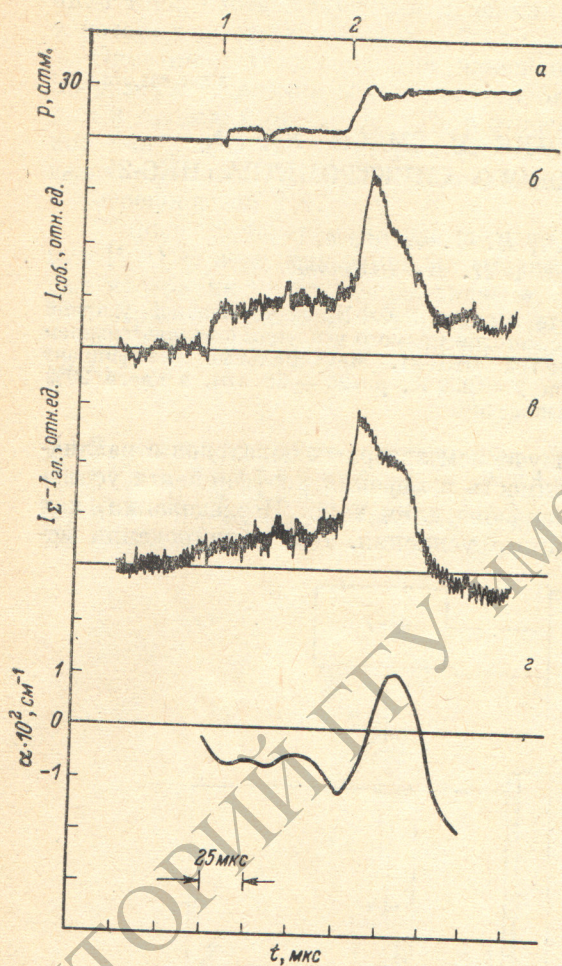


Рис. 2. Типичные осциллограммы.

а — давления: 1 — приход падающей ударной волны, 2 — приход отраженной ударной волны; б — собственное излучение смеси; в — изменения излучения смеси, просвечиваемой глобаром; г — результирующая кривая, полученная при обработке нормированных осциллограмм б и в.

определялись из равновесного газодинамического расчета по измеренным начальным давлениям и скоростям ударной волны. При таких условиях наблюдалось значительное собственное излучение смеси, поэтому проводились две серии экспериментов: в первой измерялось собственное излучение газа  $I_{\text{соб.}}$  (рис. 2, б), во второй — излучение смеси, просвечиваемой глобаром  $I_{\text{Г}}$ . Коэффициент усиления вычислялся по формуле

$$\alpha = 1/d \ln [(I_{\text{Г}} - I_{\text{соб.}})/I_{\text{гл.}}],$$

где  $I_{\text{гл.}}$  — интенсивность излучения глобара,  $d$  — диаметр трубы. Полученная таким образом зависимость коэффициента усиления от времени приведена на рис. 2, г. При сравнении с осциллограммой давления (рис. 2, а)

длина волны, ширина спектрального интервала в инфракрасном диапазоне длин волн. В работе исследовались газы, нагретые ударными волнами. В связи с кратковременностью рассматриваемых процессов для регистрации излучения применялся малоинерционный приемник излучения на основе фотоспротивления из германия, легированного ртутью, сигнал с которого поступал на осциллограф и фотографировался. Спектральная чувствительность приемника давала возможность проводить измерения в диапазоне длин волн  $2 \div 14$  мкм. Описанная методика измерений, проверенная на смеси  $\text{CO}_2 + \text{Ar}$ , находившейся в состоянии термодинамического равновесия, была использована для исследования закиси азота. Измерения проводились за отраженной ударной волной на расстоянии 30 мм от торца ударной трубы при температурах  $1800 \div 2300$  К и давлениях  $10 \div 45$  атм. Эти параметры

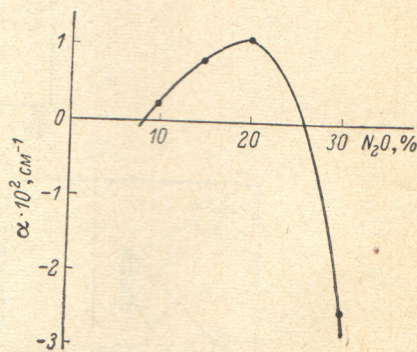


Рис. 3. Зависимость коэффициента усиления от молярного состава смеси  $\text{N}_2\text{O} + \text{N}_2$ .

видно, что инверсия возникает через  $\sim 20$  мкс после прихода отраженной ударной волны и существует  $\sim 30$  мкс.

Усиление измерялось для длины волны  $\sim 11$  мкм при ширине спектрального интервала 0.375 мкм. Такой спектральный интервал включает вращательные компоненты  $P$ -ветви от  $P(16)$  до  $P(44)$  лазерного колебательного перехода  $N_2O(00^01) \rightarrow N_2O(10^00)$  с центром полосы в  $\lambda = 10.96$  мкм в  $P(30)$ . Были получены зависимости усиления от давления, температуры, молярной доли  $N_2O$  в рабочей смеси  $N_2O + N_2$ . На рис. 3 представлена зависимость коэффициента усиления от молярного состава смеси, где значения коэффициента усиления даны для оптимальных давлений и температур в каждой смеси. Максимальный коэффициент усиления  $\alpha = 1.2 \cdot 10^{-2} \text{ см}^{-1}$  был достигнут на смеси 20%  $N_2O + 80\%$   $N_2$  при  $T = 1950 \text{ К}$  и  $p = 26 \div 28 \text{ атм}$ . Полученная нами зависимость коэффициента усиления от температуры для смеси 20%  $N_2O + 80\%$   $N_2$  хорошо согласуется с кривой, приведенной в [1] для вращательной линии с максимальным коэффициентом усиления.

Предложенная схема позволяет измерять коэффициент усиления, усредненный по вращательным компонентам. В случае, когда вращательные линии сильно уширены, коэффициент усиления, усредненный по спектральному интервалу с центром вблизи вращательной компоненты с максимальным коэффициентом усиления, должен хорошо согласовываться с коэффициентом усиления, измеренным для этой вращательной линии. В противном случае необходимо непосредственно измерять коэффициент усиления (поглощения) отдельной вращательной компоненты. Однако используемый нами глобар для этой цели непригоден из-за малой интенсивности его излучения в узком спектральном интервале, необходимым для разрешения вращательных линий.

#### Литература

- [1] А. И. Демин, Е. М. Кудрявцев, Ю. А. Кулагин, Н. Н. Соболев. Письма в ЖЭТФ, 18, 249, 1963.

Поступило в Редакцию 9 июня 1975 г.

---