

УДАРНОЕ УШИРЕНИЕ ЛИНИЙ ПЕРЕХОДА $10^0 0-0^0 1$ МОЛЕКУЛЫ CO_2 АТОМАМИ He, Ar, Kr, Xe В ДИАПАЗОНЕ 300–700К

К.И. Аршинов¹, О.Н. Крапивная¹, В.В. Невдах², С.Р. Сырцов¹, В.Н. Шут¹

¹ Институт технической акустики НАН Беларуси, Витебск

² Белорусский национальный технический университет, Минск

E-mail: itaaki@yandex.ru, v.v.nev@bk.ru

При расчетах энергетических характеристик мощных технологических CO_2 -лазеров, решении задач переноса излучения в атмосфере Земли и других планет требуется знание коэффициентов ударного уширения спектральных линий молекул CO_2 компонентами газовой смеси, в том числе и атомами инертных газов, и их температурных зависимостей. Молекулы CO_2 в этих задачах обычно находятся в составе газовых смесей при давлениях, когда их ударные ширины линий $\Delta\nu_L$ определяются вкладами от парных столкновениями молекул CO_2 с другими компонентами газовой смеси. Известны немногочисленные работы, содержащие результаты измерения коэффициентов уширения линий молекул CO_2 атомами инертных газов [1–3].

Цель работы – экспериментальное определение коэффициентов ударного уширения линий перехода $10^0 0-0^0 1$ молекул CO_2 атомами инертных газов He, Ar, Kr, Xe в диапазоне 300-700 К. Для этого сравнивались коэффициенты поглощения (КП) на центральных частотах линий поглощения молекул CO_2 , измеренные с помощью стабилизированного по частоте перестраиваемого CO_2 -лазера в чистом CO_2 и в бинарных смесях $\text{CO}_2:\text{He}/\text{Ar}/\text{Kr}/\text{Xe}=1:Y$, где Y – доля инертного газа в смеси. Ударная ширина линий CO_2 для бинарной смеси $\text{CO}_2:M_i$ может быть представлена в виде

$$\Delta\nu_L = \gamma_{\text{CO}_2-\text{CO}_2} \cdot (\xi_{\text{CO}_2} + b_{\text{CO}_2-M_i} \xi_{M_i}) P_\Sigma, \quad (1)$$

где $\gamma_{\text{CO}_2-\text{CO}_2}$ – ударная ширина линии за счет столкновения молекул CO_2 между собой при давлении 1 Тор, $\xi_{\text{CO}_2} = p_{\text{CO}_2} / p_\Sigma$ и $\xi_{M_i} = p_{M_i} / p_\Sigma$ – доли CO_2 и инертного газа в смеси, $b_{\text{CO}_2-M_i} = \gamma_{\text{CO}_2-M_i} / \gamma_{\text{CO}_2-\text{CO}_2}$ – относительный коэффициент ударного уширения линии молекул CO_2 атомами инертного газа M_i , $\gamma_{\text{CO}_2-M_i}$ ударная ширина линии CO_2 атомами инертного газа M_i при давлении 1 Тор, p_{CO_2} , p_{M_i} и p_Σ – парциальные давления CO_2 , инертного газа и суммарное давление смеси соответственно. Значения коэффициентов $b_{\text{CO}_2-M_i}$ определялись из выражения

$$\alpha_{\text{CO}_2} / \alpha_{\text{CO}_2-M_i} = 1 + Y \cdot b_{\text{CO}_2-M_i}, \quad (2)$$

где α_{CO_2} и $\alpha_{CO_2-M_i}$ КП в чистом CO_2 и в смеси $CO_2:M_i$. КП измерялись для смесей с $Y = 2$ при давлениях $P_{CO_2} = P_2 = 100$ Тор. Погрешность измерения не превышала $2 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1}$. Были проведены измерения КП на линиях $R(8)$, $R(22)$, $P(8)$, $P(22)$, $P(32)$ и $P(36)$ перехода $10^0 0-00^0 1$ молекулы CO_2 для температур в диапазоне 300-700 К и получены зависимости $b_{CO_2-M_i}(T)$. На рис. 1 приведены температурные зависимости КП для линии $P(22)$, измеренные в чистом CO_2 и в газовых смесях $CO_2:He/Ar/Kr/Xe$. Зависимости $b_{CO_2-M_i}(T)$ представлены на рис. 2, где штриховыми линиями показаны линейные аппроксимации функций $b_{M_i}(T) = a_0 + a_1 \cdot T$.

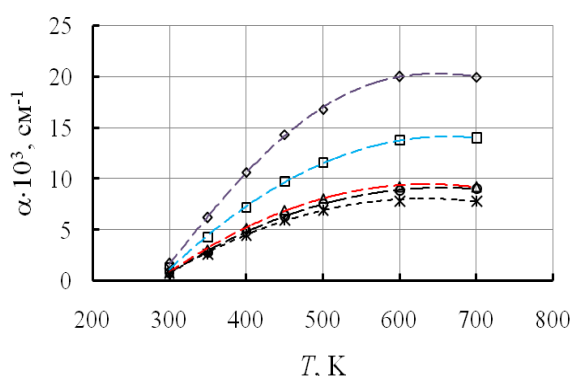


Рис.1 Температурные зависимости ненасыщенных КП для линии $P(22)$ перехода $10^0 0-00^0 1$ молекулы CO_2 : \diamond – чистый CO_2 , \circ – газовая смесь $CO_2:Ar=1:2$, Δ – $CO_2:Kr=1:2$, \square – $CO_2:Xe=1:2$, ж – $CO_2:He=1:2$

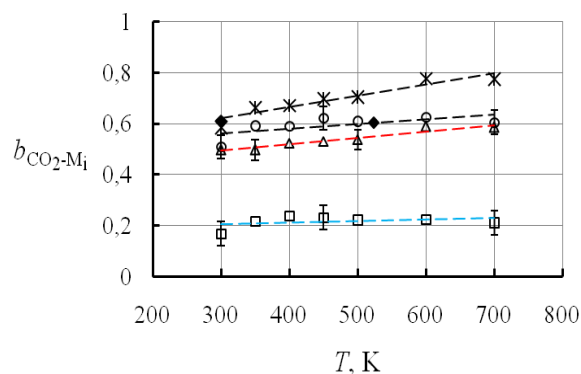


Рис.2 Температурные зависимости относительных коэффициентов столкновительного уширения линии $P(22)$ перехода $10^0 0-00^0 1$ CO_2 атомами инертных газов: \circ – Ar, Δ – Kr, \square – Xe, ж – He

Результаты данной работы показывают, что атомы Хе, имеющие наибольшую массу из всех рассмотренных атомов инертных газов, наименее эффективны в ударном уширении спектральных линий молекул CO_2 . Этот результат качественно согласуется с результатами [4], в которой показано, что степень влияния массы атомов буферного газа m_2 на коэффициент столкновительного уширения линий поглощающей молекулы с массой m_1 определяется фактором $\sim [m_1 / (m_1 + m_2)]^{n/2}$, где $n = (q-3)/(q-1)$ для потенциала межмолекулярного взаимодействия типа r^{-q} . Аналогичные результаты получены для всех исследуемых линий. Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ (грант № Ф15СО-003).

1. Буланин М.О., Булычев В.П., Ходос Э.Б. // Опт. и спектроск. 1980. Т. 48, вып. 4. С. 732–737.
2. Meyer T.W., Rhodes C.K., Haus H.A. // Phys. Rev. A. 1975. V. 12, №5. P. 1993–2008.
3. Robinson A.M., Weiss Can J.S. // J. Phys., 1982. V. 60. P. 1656–1659.
4. Claeau C., Henry A., Hurtmans D., Valentin A. // J. Quant. Spectr. Radiat. Trans. 2001. V. 68. P. 273–298/