

Температурная зависимость ширины линий усиления CO₂-лазера с быстрой прокачкой

Невдах В.В.

Белорусский национальный технический университет

Основными компонентами активных сред мощных технологических CO₂-лазеров с быстрой прокачкой являются углекислый газ, азот и гелий в различном соотношении при давлениях, обеспечивающих однородное уширение их линий усиления за счет процессов бинарных столкновений.

Для численных оценок ширины линии усиления таких CO₂-лазеров на наиболее сильном лазерном переходе 00⁰1–10⁰0 обычно используют формулу, полученную для линии P20 этого перехода:

$$\Delta \nu_g = \gamma_{\text{CO}_2-\text{CO}_2} (\xi_{\text{CO}_2} + b_{\text{N}_2} \xi_{\text{N}_2} + b_{\text{He}} \xi_{\text{He}}) P_{\Sigma} \sqrt{300/T}, \quad (1)$$

где ξ_{CO_2} , ξ_{N_2} , ξ_{He} – доли CO₂, N₂ и He в смеси, $b_{\text{N}_2} = \gamma_{\text{CO}_2-\text{N}_2} / \gamma_{\text{CO}_2-\text{CO}_2} = 0.73$, $b_{\text{He}} = \gamma_{\text{CO}_2-\text{He}} / \gamma_{\text{CO}_2-\text{CO}_2} = 0.64$ – относительные коэффициенты столкновительного уширения линий молекул CO₂ молекулами и атомами буферных газов N₂ и He, соответственно, P_{Σ} – давление газовой смеси CO₂:N₂:He.

То, что коэффициенты b_{N_2} и b_{He} входят в формулу (1) как константы, по существу означает признание одинакового характера уширения спектральной линии при взаимодействии молекул CO₂ с различными столкновительными партнерами, что противоречит существующим представлениям о механизмах столкновительного уширения спектральных линий.

С помощью стабилизированного по частоте перестраиваемого CO₂-лазера измерены ненасыщенные коэффициенты поглощения в чистом углекислом газе и в бинарных смесях CO₂:N₂ и CO₂:He при давлении 100 Тор в диапазоне температур 300–700К на линии R22 и определены коэффициенты b_{N_2} и b_{He} . Установлено, что эти коэффициенты являются функциями температуры газа, причем различными. Это означает, что широко используемая формула (1) при температурах $T > 550\text{K}$ оказывается некорректной. Как известно, активные среды мощных технологических CO₂-лазеров с быстрой прокачкой содержат небольшое количество рабочих молекул CO, и значительно большие части молекул N₂ и атомов He, столкновения с которыми и обеспечивают основной вклад в столкновительную ширину контуров усиления лазерных линий. Проведенные оценки показывают, что величины столкновительных ширин линий усиления таких лазеров, полученные по формуле (1) и с использованием результатов настоящей работы, могут различаться больше чем на 100%.