

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 535.375.56

DOI: 10.17223/00213411/63/9/178

Д.В. ПЕТРОВ^{1,2}, И.И. МАТРОСОВ¹, А.Р. ЗАРИПОВ¹, А.С. ТАНИЧЕВ¹

КОЭФФИЦИЕНТЫ САМОУШИРЕНИЯ И СДВИГА КОЛЕБАТЕЛЬНО-ВРАЩАТЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ КР АЗОТА И КИСЛОРОДА В ДИАПАЗОНЕ ДАВЛЕНИЙ 1–50 АТМ

Ключевые слова: комбинационное рассеяние света, азот, кислород, коэффициенты уширения, коэффициенты сдвига, давление.

В связи с развитием направления газоанализа атмосферного воздуха с помощью спектроскопии комбинационного рассеяния света (КР) [1, 2] для повышения точности измерений концентраций примесей являются востребованными коэффициенты сдвига (δ) и уширения (γ) основных компонентов (N_2 и O_2). Это обусловлено тем, что сжатие анализируемого газа до десятков атмосфер является наиболее эффективным методом обеспечения требуемого соотношения сигнал/шум. Однако среди представленных в литературе значений данных параметров наблюдается значительное расхождение, особенно для δ_{N_2} [3–7]. В этой связи нами было проведено исследование, направленное на экспериментальное получение данных параметров.

В работе использовался спектрометр, построенный на базе монохроматора МДР-23 (относительное отверстие 1:6, $f = 600$ мм), в фокальной области которого был установлен матричный фотодетектор Hamamatsu S10141 (2048×512 пикселей размером 12 мкм) с охлаждением Пельтье до -10 °С. При дифракционной решетке 1200 штр./мм и входной щели шириной 30 мкм и высотой 4 мм одновременно регистрируемый диапазон частотных сдвигов составлял ~ 800 cm^{-1} при разрешении ~ 3 cm^{-1} . Калибровка длин волн осуществлялась по спектру излучения неоновой лампы [8]. Для возбуждения КР использовался непрерывный твердотельный лазер ($\lambda = 532$ нм, $P = 500$ мВт). Для усиления сигналов КР применялась многопроходная оптическая система, представленная в работе [9]. На данном оборудовании для N_2 и O_2 было зарегистрировано по две серии спектров в диапазоне 1–50 атм с шагом 5 атм. Температура газа составляла (298 ± 1) К. Время накопления каждого спектра в зависимости от давления варьировалось в диапазоне 100–4000 с. Отметим, что отдельные колебательно-вращательные линии O - и S -ветвей были разрешены, в то время как Q -ветви даже при 1 атм представляли собой неразрешенные контуры.

На наблюдаемые в эксперименте линии дополнительно накладывался инструментальный контур, возникающий за счет спектральной ширины лазерного излучения и аппаратной функции спектрометра. Данный контур можно считать гауссовым, полуширина которого для нашего случая составляет 3.63 cm^{-1} . Поскольку для диапазона исследуемых давлений истинный контур линий можно считать лоренцовским, то наблюдаемые линии были аппроксимированы контурами Фойгта с фиксированными значениями гауссова контура (3.63 cm^{-1}). Для N_2 анализировались линии от $J = 0$ до 18, для O_2 от $N = 1$ до 25. Данная процедура с помощью программного пакета Origin была выполнена для каждого зарегистрированного спектра и получены данные о полуширинах (полуширина на полувысоте) и частотных сдвигах. Отметим, что указанная аппроксимация была выполнена одновременно для всех обозначенных линий для учета их взаимного перекрытия. Полученные в результате величины после нормировки на давление и усреднения, а также значения среднеквадратического отклонения (СКО) представлены в табл. 1 и 2. Поскольку линии с ростом давления уширяются и перекрывают друг друга, то для получения корректных значений полуширин важно учесть полуширины двух соседних линий. В этой связи в указанных таблицах не представлены значения для линий N_2 с $J = 0, 1, 17, 18$ и для линий O_2 с $N = 1, 3, 23, 25$, поскольку мы полагаем, что в нашем случае они получены с большой ошибкой.

Таблица 1

Коэффициенты сдвига δ [10^{-3} $cm^{-1}/атм$] для линий колебательно-вращательных полос N_2 и O_2

Молекула	Данная работа	Данные других авторов				
N_2	-3.1 ± 0.6	-5.5 ± 1 [4]	-3.5 ± 0.5 [5]	-3.2 ± 0.3 [6]	-2.1 ± 0.5 [7]	
O_2	-3.2 ± 0.6	-	-	-	-	-3.1 ± 0.2 [10]

Анализ полученных данных показал следующее. Значение $\delta_{N_2} = -3.1 \pm 0.6 \cdot 10^{-3}$ $cm^{-1}/атм$ с учетом доверительного интервала соответствует работам [5, 6], а значение $\delta_{O_2} = -3.2 \pm 0.6$ – [10]. В свою очередь, коэффициенты сдвигов, приведенные в [4, 7], по-видимому получены с ошибкой. С учетом доверительных интервалов значения γ_{N_2} соответствуют данным [7, 11], а значения γ_{O_2} – [10]. Как следует из табл. 2, СКО получен-

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>