

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СПЕКТРА ГЕНЕРАЦИИ
ТРЕТЬЕЙ ГАРМОНИКИ В SF_6

С. С. Алимжиев, С. Н. Козлов, С. М. Никифоров,
Б. Г. Сартаков, Э. М. Хохлов, А. Л. Штарков

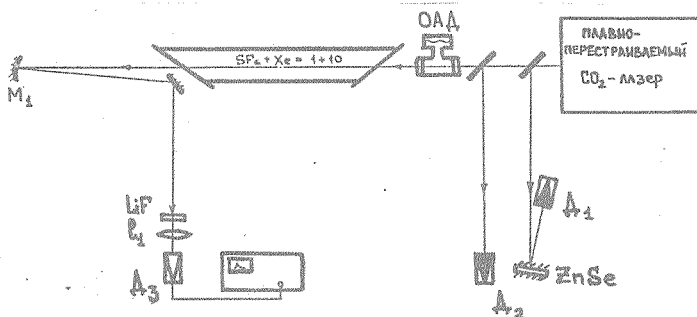
УДК 621.373.826

Исследован спектр генерации третьей гармоники в SF_6 с использованием плавно перестраиваемого по частоте импульсного CO_2 -лазера при температурах 300 К и 140 К. Обнаружена выраженная резонансная структура спектра с характерной шириной пиков $0,2 - 0,3 \text{ см}^{-1}$.

Исследованию спектра генерации третьей гармоники в газах, в частности, в SF_6 , посвящен целый ряд работ [1 - 4], в которых показано, что величина нелинейной восприимчивости и, следовательно, спектр генерации третьей гармоники (ГТГ) связаны с частотным положением многофотонных резонансов и распределением населенностей в системе нижних колебательных уровней. Исследование структуры спектра ГТГ в SF_6 при возбуждении молекул излучением CO_2 -лазера является удобной методикой изучения структуры нижних колебательных уровней и определения констант ангармонизма. Вместе с тем, в этих работах в качестве источника накачки использовалось излучение CO_2 -лазера, перестраиваемого по линиям генерации, что ограничивало спектральное разрешение методики величиной 2 см^{-1} и не позволило выявить структуру спектра ГТГ.

Эта работа посвящена исследованию спектра ГТГ в SF_6 с использованием плавно перестраиваемого по частоте CO_2 -лазера, что позволяет принципиально увеличить разрешение методики.

Эксперимент. Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Для исследования ГТГ использован плавно перестраиваемый



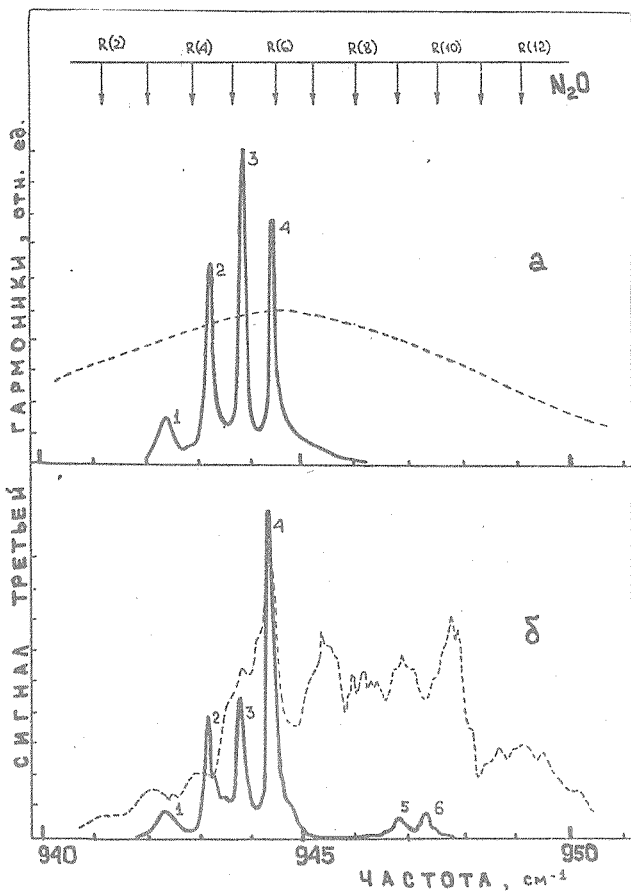
Р и с. 1. Схема экспериментальной установки

ваемый по частоте CO_2 -лазер /5/. Выходной импульс излучения с энергией 0,3 Дж и длительностью по полувысоте 40 нс направлялся в кивету с SF_6 длиной 1,5 м, охлаждаемую парами жидкого азота до температуры 140 К. Во всех экспериментах использовалась смесь SF_6 с Xe в соотношении 1:10.

Перестройка частоты CO_2 -лазера осуществлялась с шагом $0,05 \text{ см}^{-1}$. Абсолютная привязка частоты и измерение частотных интервалов проводились по линиям поглощения реперного газа N_2O , помещенного в кивету с оптико-акустическим детектором (ОАД), и пикам интерферометра Фабри-Перо из ZnSe толщиной 5,8 мм. Точность измерения частоты составляла $0,025 \text{ см}^{-1}$. Энергия излучения измерялась полостным пирозлектрическим калориметром ДЗ /6/. Плотность энергии на входе в кивету составляла $0,29 \text{ Дж/см}^2$ (7 МВт/см^2).

Для регистрации сигнала ГТГ использовался фотоприемник на основе GeAu ($T = 77 \text{ К}$). Излучение фокусировалось на приемник линзой L_1 из BaF_2 с $f = 10 \text{ см}$. Для подавления излучения на $\lambda = 10,6 \text{ мкм}$ перед приемником помещался фильтр из LiF толщиной 5 мм.

Экспериментальные результаты. На рис. 2 приведен спектр ГТГ при температуре 300 К и давлении смеси 3 тор. Спектр ГТГ имеет ярко выраженную резонансную структуру, в отличие от спектра поглощения SF_6 . Ширина пиков в спектре ГТГ составляет $0,2 - 0,3 \text{ см}^{-1}$ по полувысоте. Наличие резонансной структуры спектра,



Р и с. 2. Спектр ГТГ (сплошная линия) и спектр поглощения (штриховая линия) при $T = 300$ К (рис. 2а) и $T = 140$ К (рис. 2б), $\Phi = 0,29$ Дж/см², $\tau_u = 40$ нс, смесь SF₆:Xe = 1:10, P = 3 тор при $T = 300$ К

несмотря на значительный уровень возбуждения молекул в лазерном поле при комнатной температуре, подтверждает предположение о том, что ГТГ происходит лишь в системе низлежащих уровней.

На рис. 26 приведены спектры ГТГ при температуре 140 К. Плотность молекул в смеси $\text{SF}_6 + \text{Xe}$ при охлаждении оставалась постоянной и соответствовала давлению 3 тор при комнатной температуре. Частоты пиков спектра ГТГ приведены в табл. I.

Таблица I.

№ пика	Частота, см^{-1}	№ пика	Частота, см^{-1}
1	$942,3 \pm 0,1$	4	$944,49 \pm 0,025$
2	$943,22 \pm 0,025$	5	$946,8 \pm 0,1$
3	$943,97 \pm 0,025$	6	$947,2 \pm 0,1$

Меньшая точность измерения частоты пиков 1,5 и 6 связана с малой амплитудой сигнала на этих пиках.

Для сравнения на том же рисунке приведен спектр поглощения SF_6 при температуре 140 К, полученный ранее /7/. Совпадение пика 4 в спектре ГТГ с пиком поглощения подтверждает двухфотонный механизм возбуждения SF_6 на этой частоте. Это подтверждается также и тем, что амплитуда пика 4 увеличивается при охлаждении газа, приводящем к увеличению заселенности основного состояния.

Пик 1, которому также соответствует пик в спектре поглощения, по-видимому, соответствует трехфотонному переходу $0 \rightarrow 3\nu_3$, что согласуется с измерениями ИК спектра поглощения полосы $3\nu_3$ SF_6 /8/.

В спектре ГТГ имеется также ряд пиков (2,3,5,6), идентификация которых в настоящее время затруднена. Уменьшение амплитуды пиков 2 и 3 при охлаждении газа может объясняться соответствием пиков двухфотонным переходам с "горячих полос", например, $\nu_6 \rightarrow \nu_6 + 2\nu_3$. (Так как при температуре 140 К на уровне ν_6 находится 3% частиц, то появление в спектре "горячих полос" вполне вероятно.) Наблюдаемые пики 2,3 могут быть обусловлены и многофотонными переходами с возбужденных в лазерном поле колебательных уровней.

Очевидно, что расшифровка спектра ГТГ существенным образом упрощается при переходе к газодинамическому охлаждению до $T = 30 \text{ К}$ /9/, которое приводит к полному исключению "горячих по-

лос" и значительному сужению пиков из-за вымораживания вращательных степеней свободы.

Кроме того, дополнительная информация может быть получена при исследовании "синей" части спектра ГТГ ($\nu < 946 \text{ см}^{-1}$), что требует увеличения чувствительности регистрации ГТГ приблизительно в 100 раз.

Авторы благодарны А. М. Прохорову и Н. В. Карлову за внимание и поддержку этой работы.

Поступила в редакцию
5 апреля 1982 г.

Л и т е р а т у р а

1. J. F. Ward, G. H. C. New, Phys. Rev., 185, 157 (1969).
2. H. Kildal, T. F. Deutsch, IEEE J. Quant. Electron., QE-12, 429 (1976).
3. K. M. Chung, C. J. Stevens, M. F. Becler, IEEE J. Quant. Electron., QE-15, 874 (1979).
4. С. А. Ахманов, В. Н. Варакин и др., Письма в ЖТФ, 5, вып. 24, 1507 (1979).
5. С. С. Алимпиев, Ю. И. Бычков и др., Письма в ЖТФ, 5, 814 (1979).
6. С. С. Алимпиев, Л. С. Кременчугский и др., Тезисы IX Всесоюзного семинара "Импульсная фотометрия", 1982 г.
7. S. S. Alimpiev, N. V. Karlov et al., Opt. Commun., 31, 309 (1979).
8. A. S. Pine, A. G. Robiette, J. Molec. Spectr., 80, 388 (1980).
9. S. S. Alimpiev, N. V. Karlov et al., Conf. on Lasers and Electro-optics, Post-deadline papers, June 10-12, 1981, p. FNG-1.