

ИССЛЕДОВАНИЕ ШИРИНЫ ЛИНИИ И СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ИЗЛУЧЕНИЯ ФОТОДИССОЦИАЦИОННОГО ЛАЗЕРА НА МОЛЕКУЛАХ C_3F_7J

В. Н. Волков, И. Г. Зубарев

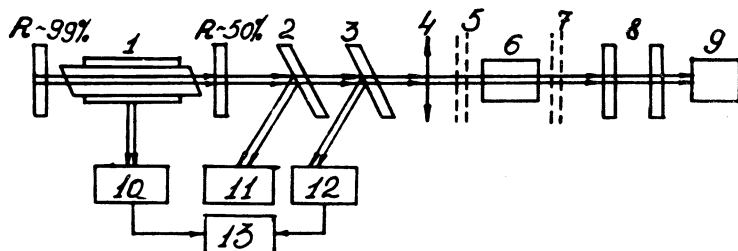
Целью настоящей работы являлось экспериментальное исследование ширины и структуры линии перехода ${}^2P_{1/2} - {}^2P_{3/2}$ атома йода в фотодиссоциационном лазере. Для получения качественных эталоннограмм (т.е. с высоким пространственным разрешением) фотографирование производилось на второй гармонике излучения данного лазера ($\lambda = 6575 \text{ \AA}$).

Йодный фотодиссоциационный лазер работает в широком диапазоне давлений — от нескольких тор до сотен тор^{1,2}. Структура спонтанной линии перехода ${}^2P_{1/2} - {}^2P_{3/2}$ атома йода и влияние на нее магнитного поля изучены в работе³. Однако до настоящего времени не было работ, посвященных прямым исследованиям спектрального состава и ширины линии перехода ${}^2P_{1/2} - {}^2P_{3/2}$ атома йода в условиях генерации^{*}).

Блок-схема установки, на которой проводились исследования, представлена на рис. 1. Лазерной кюветой служила внутренняя полость коаксиальной лампы-вспышки⁴ диаметром 15 мм и длиной 250 мм. Использование внутренней полости такой лампы-вспышки

*) Одновременно аналогичные исследования проводились авторами работы⁵, но с применением ЭОП для регистрации интерферограмм.

в качестве лазерной кюветы позволяло избавиться от влияния неконтролируемого магнитного поля на активную среду лазера. Магнитное поле в кювете не превышало 10 эрстед. В лазерную кювету с помощью системы откачки и напуска (на блок-схеме не указана) поступало рабочее вещество C_3F_7J либо смесь C_3F_7J



Р и с. 1. Схема экспериментальной установки

1 - фотодиссационный лазер; 2,3 - отводящие стеклянные пластины; 4 - линза $f = 33$ см; 5 - фильтр инфракрасный ИКС-2; 6 - кристалл КДР; 7 - фильтр СЗС-14; 8 - эталон Фабри-Перо; 9 - регистрирующая камера от спектрографа СП-51; 10 - фотоэлемент Ф-7; 11 - калориметр; 12 - фотодиод; 13 - осциллограф типа ОК-17М.

с ксеноном. Лампа-вспышка питалась от батареи конденсаторов емкостью 300 мф, заряженной до 2 кв. Общая индуктивность подводящей цепи и лампы-вспышки не превышала 5 мкгн. Резонатор лазера состоял из двух плоских зеркал с коэффициентами отражения 100% и 50%, расположенных на расстоянии 30 см и настраиваемых параллельно друг другу с помощью коллиматора с точностью до 10^{-4} рад. Часть излучения лазера отводилась плоскопараллельными пластинами на калориметр и фотодиод, сигнал с которого подавался на осциллограф типа ОК-17М. Лазерный импульс имел квазинепрерывный характер с длительностью ~ 25 мксек и энергией, в зависимости от давления рабочего веществ-

ва, в диапазоне 0,02–0,15 джоуля. Исследования проводились при давлениях чистого C_3F_7J от 5 тор до 120 тор. Использовалась также смесь C_3F_7J (5 тор) и ксенона (700 тор).

Световой импульс лазера линзой с фокусным расстоянием 33 см фокусировался на кристалл КДР. Максимальный коэффициент преобразования лазерного излучения во вторую гармонику составлял 1%. Перед кристаллом КДР помещался фильтр ИКС-2, пропускающий излучение лазера и отсекающий свет лампы-вспышки. Излучение второй гармоники попадало на эталон Фабри-Перо, после которого стояла регистрирующая камера от спектрографа типа ИСП-51, состоящая из объектива с фокусным расстоянием 270 мм и фотографической кассеты, помещенной в фокусе объектива. Для фотографирования применялась пленка типа А-2.

Основные экспериментальные результаты представлены на рис. 2. На рис. 2а,б представлены интерферограммы второй гармоники излучения фотодиссоциационного лазера, в качестве рабочего вещества которого используется чистый C_3F_7J при давлении 40 тор. Эталоннограмма, представленная на рис. 2а, получена с эталоном Фабри-Перо с зазором между пластинами 2 мм, на рис. 2б – 30 мм. На эталоннограмме рис. 2б произошло переналожение порядков. На рис. 2в представлена интерферограмма второй гармоники излучения лазера, в качестве рабочего вещества которого использована смесь C_3F_7J при давлении 5 тор и ксенона при давлении 700 тор. Структура спектра излучения первой гармоники при наполнении лазерной кюветы чистым веществом C_3F_7J при давлении 40 тор показана на рис. 2г. Интерферограмма получена с помощью ЭОП (на рис. 1 не указан) при использовании эталона Фабри-Перо с двухмиллиметровым промежутком.

Спектр излучения лазера (рис. 2г) состоит из двух линий, частотный интервал между которыми равен 0,47 $см^{-1}$. Эти две линии соответствуют двум самым интенсивным компонентам сверхтонкой структуры пере-

хода ${}^2P_{1/2} - {}^2P_{3/2}$ атома йода³. Спектр второй гармоники (рис. 2а,б) состоит из трех линий. Частотный интервал между коротковолновой и длинноволновой линиями здесь составляет $0,94 \text{ см}^{-1}$, т.е. равен удвоенному частотному интервалу между компонентами сверхтонкой структуры. Третья линия лежит точно посередине между длинноволновой и коротковолновой линиями. Наличие этой третьей линии связано со смещением двух частот на кристалле КДР. Как хорошо известно, нелинейная поляризация имеет вид

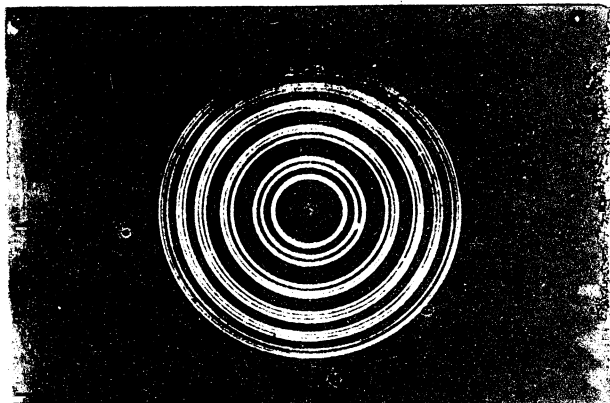
$$P \sim \frac{1}{2} \chi E_1^2 \cos 2\omega_1 t + \frac{1}{2} \chi E_2^2 \cos 2\omega_2 t + \chi E_1 E_2 \cos(\omega_1 + \omega_2) t,$$

где χ - константа нелинейной поляризуемости, ω_1 , ω_2 - частоты, генерируемые лазером, E_1 , E_2 - амплитуды электромагнитных волн с частотами ω_1 , ω_2 соответственно. Поэтому после кристалла КДР излучение состоит из двух компонент с удвоенными частотами $2\omega_1$ и $2\omega_2$, а также из компоненты с суммарной частотой $(\omega_1 + \omega_2)$.

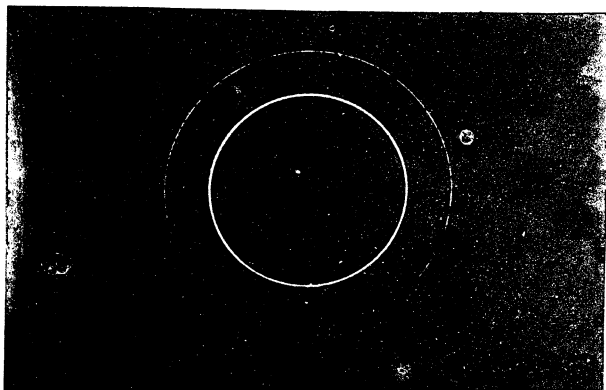
Обработка многочисленных экспериментальных результатов показала, что если в качестве рабочего вещества лазера используется чистое вещество C_3F_7J при давлении от 5 до 120 тор, то всегда генерируют две самые интенсивные компоненты сверхтонкой структуры перехода с частотным интервалом между ними в $0,47 \text{ см}^{-1}$. Если же лазерную кювету наполнять смесью вещества C_3F_7J при парциальном давлении в несколько тор и ксенона при парциальном давлении ~ 1 атм, то излучение фотодиссоциационного лазера состоит из одной линии.

Генерация одной спектральной линии при давлении рабочей смеси 1 атм, возможно, связана с тем обстоятельством, что отдельные компоненты сверхтонкой структуры, уширение линий которых при таких давлениях может носить ударный характер, начинают сильно перекрываться и составляют один общий однородно уширенный контур.

а



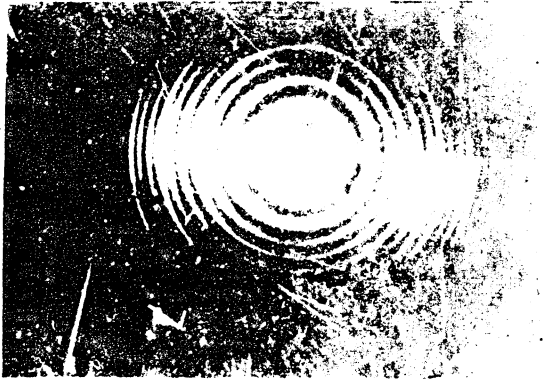
б



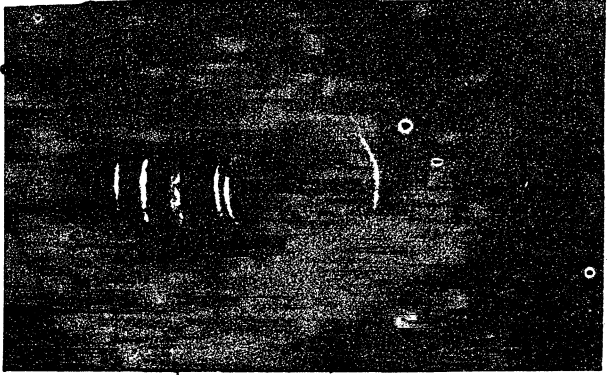
Р и с. 2. Интерферограммы Фабри-Перо второй
зера на

а - рабочее вещество C_3F_7J при давлении 40
бочее вещество C_3F_7J при давлении 40 тор; зазор
смесь C_3F_7J (5 тор) и ксенона (~ 700 тор). г -
 C_3F_7J , полученная с помощью ЭОП¹ а. Рабочее ве-
пластинами

8



2



гармоники излучения фотодиссоциационного ла-
молекулах C_3F_7J
тор; зазор между пластинами эталона 2 мм. б - ра-
между пластинами эталона 30 мм. в - рабочее вещество
- интерферограмма излучения лазера на молекулах
шество C_3F_7J при давлении 40 тор; зазор между
эталона 2 мм.

Как показали измерения, ширины линий во всех вышеперечисленных случаях не превосходят $5 \cdot 10^{-3}$ см⁻¹, что равно ширине аппаратной функции использованного нами эталона Фабри-Перо (зазор между пластинами 3 см).

В заключение авторы выражают благодарность А. З. Грасюку за чтение рукописи и ряд ценных критических замечаний, а также И. И. Собельману, Т. Л. Андреевой и В. Н. Сорокину за обсуждение результатов.

Поступила в редакцию
2 июля 1970 г.

Л и т е р а т у р а

1. Kasper, Parker. J. Chem. Phys., 43, 1827 (1965).
2. M. Pollack. Appl. Phys. Letters, 8, 36 (1966).
3. J. Verges. Spectrochimica acta, 24B, 177 (1969).
4. В. Н. Волков, С. С. Волошко, В. С. Зуев, В. А. Кагулин. ЖПС, в печати.
5. В. С. Зуев, В. А. Кагулин, О. Н. Носач. Вторая международная конференция "Лазеры и их применение", Дрезден, 1970 г.