

ИССЛЕДОВАНИЕ ИОДНОГО ЛАЗЕРА С МОДУЛИРОВАННОЙ ДОБРОТНОСТЬЮ

Г. Л. Андреева, В. И. Малышев, А. И. Маслов,
Г. Я. Соловьев, В. Н. Сорокин

Иодный лазер с возбуждением при фотодиссоциации молекул CF_3I является одним из немногих газовых лазеров, допускающих использование модуляции добротности для повышения мощности импульсов излучения.^{1,2,3}

Основной целью настоящей работы являлось исследование возможности накопления возбужденных атомов иода в процессе фотолиза молекул CF_3I . Одновременно ставилась задача исследовать процессы возникновения и релаксации инверсной населенности в активной среде ОКГ.

В работе исследовался фотодиссоционный иодный лазер на молекулах CF_3I , в котором модуляция добротности осуществлялась вращением призмы резонатора. Экспериментальная установка состояла из следующих основных элементов: кварцевой кюветы длиной 250 мм с внутренним диаметром 12 мм, призмы полного внутреннего отражения (максимальная скорость вращения призмы - 400 об/сек), выходного плоского зеркала резонатора с коэффициентом отражения $\approx 50\%$ на $\lambda = 1,315$ мкм и регистрирующей аппаратуры (ФЭК и калориметр). Расстояние между призмой и зеркалом ≈ 1 м. Накачка осуществлялась двумя импульсными лампами ИФП-5000 ($C = 75$ мкф, электрическая энергия накачки $E_n = 100 + 2400$ дж). Система регистрации позволяла одновременно наблюдать временную

картину излучения ОКГ и измерять полную энергию излучения. Точность измерения энергии излучения $\approx 10\%$, временное разрешение системы ≤ 5 нсек при мощности излучения в несколько квт и больше. Длительность и форма импульса ламп накачки определялись с помощью фотоэлемента с магниевым фотокаатодом (область чувствительности от 2000 Å до ≈ 3200 Å). Электрооптическая система синхронизации позволяла создавать задержку t_3 между моментом поджига ламп и моментом включения добротности от 0 до 300 мсек с точностью $\pm (5\% - 10\%) t_3$.

Из теории лазера с модулированной добротностью и мгновенным включением добротности⁴ следует, что при энергиях накачки, значительно превышающих пороговую, полная энергия гигантского импульса (Г.И.) пропорциональна среднему (по длине резонатора) значению инверсной населенности в момент включения добротности. Таким образом, включая добротность в различные моменты времени после начала накачки и измеряя энергию Г. И., можно получить сведения о величине инверсной населенности в различные моменты времени и определить интервал времени, где инверсная населенность превышает пороговую, т.е. время существования инверсии. Этот метод и был использован нами для исследования временной зависимости величины инверсной населенности атомов иода при различных энергиях накачки и различных давлениях рабочего вещества - CF_3I .

Следует отметить, что полученные нами результаты носят несколько приближенный характер, так как время включения добротности в наших экспериментах было конечным и составляло $\approx 10^{-6}$ сек. В частности, по этой причине и временная картина в большинстве случаев была достаточно сложной и состояла из нескольких Г. И., длительность которых изменялась в пределах от 80 до 150 нсек. Общая же длительность всей серии Г. И. не превышала 5 мсек. Проведено также сопоставление измеренной энергии E , мощ-

ности W и длительности импульса генерации τ в режиме свободной генерации ($E_{сг}$, $W_{сг}$, $\tau_{сг}$) и в режиме модулированной добротности ($E_{гн}$, $W_{гн}$, $\tau_{гн}$) при различных энергиях накачки E_n и давлениях рабочего вещества P_n . В таблице 1 в качестве примера приведены указанные выше величины для энергии накачки $E_n = 1840$ дж.

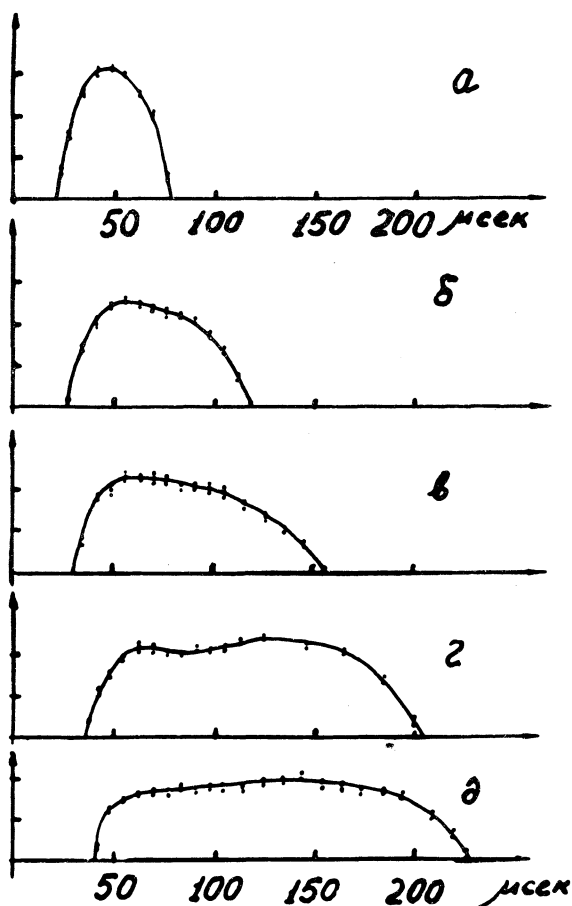
Таблица 1

Давление, атм	Энергия импульса, дж			Пиковая мощность, кВт			Длительность импульса		
	$E_{сг}$	$E_{гн}$	$\frac{E_{сг}}{E_{гн}}$	$W_{сг}$	$W_{гн}$	$\frac{W_{гн}}{W_{сг}}$	$\tau_{сг}$	$\tau_{гн}$	$\frac{\tau_{сг}}{\tau_{гн}}$
0,05	0,14	0,05	2,8	7	500	70	20 мксек	100 нсек	200
0,15	0,42	0,06	7	21	600	30	20 мксек	100 нсек	200

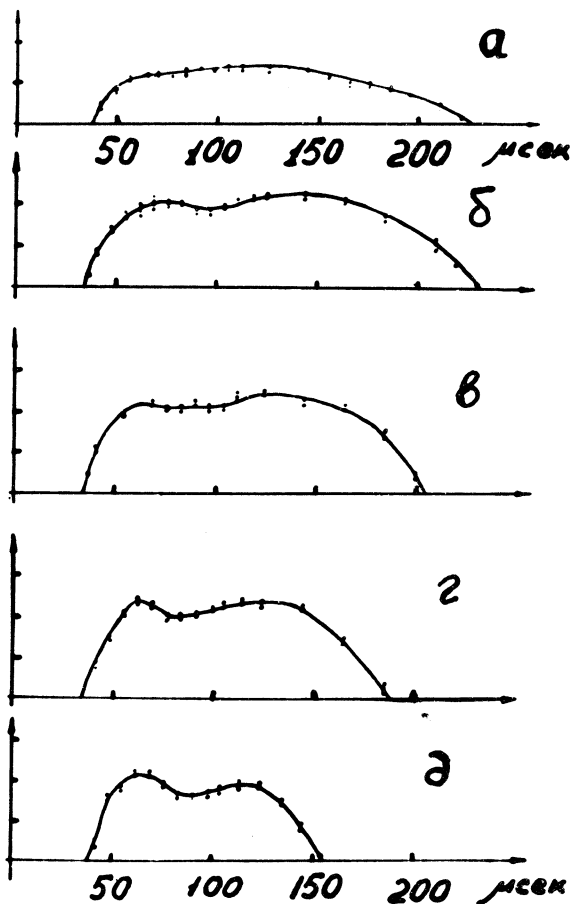
Как видно из таблицы 1, максимальная достигнутая мощность составляла 0,6 Мвт при $E_n = 1840$ дж и давлении рабочего газа CF_3I , равном 0,15 атм.

Полученные временные зависимости энергии излучения Г. И. при различных давлениях рабочего вещества CF_3I и различных энергиях накачки приведены на рис. 1,2,3 (длительность импульса накачки во всех случаях не превышала 100 мксек).

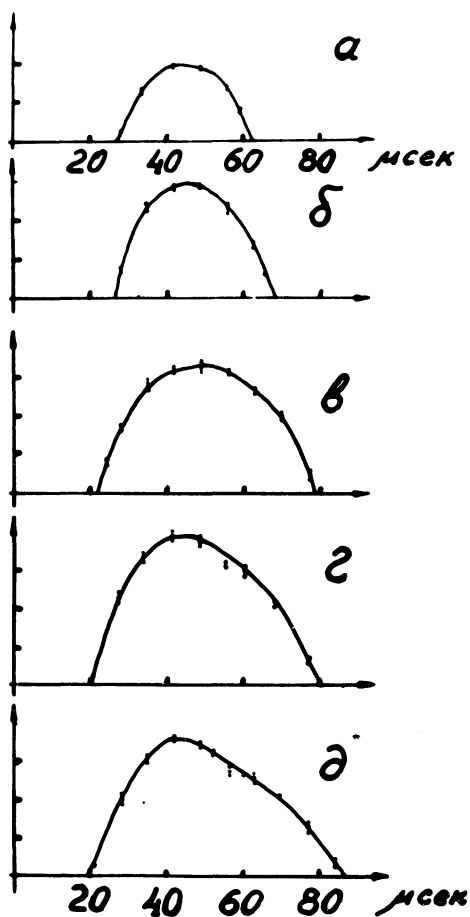
Как видно из рис. 1, время существования инверсии τ_n при постоянном давлении рабочего вещества $P_n = 0,15$ атм резко уменьшается с увеличением энергии накачки (от $\tau_n \approx 230$ мксек при $E_n = 760$ дж до $\tau_n \approx 50$ мксек при $E_n = 1840$ дж). Зависимости τ_n от давления рабочего вещества (рис. 2 и 3) существенно отличаются при разных величинах энергии накачки. Так, при сравнительно малой накачке $E_n = 940$ дж (и относительно небольшом превышении над порогом $E_n/E_n \approx 3$, рис.2) τ_n уменьшается с увеличением давления



Р и с. 1. Зависимость полной энергии излучения (пропорциональной величине инверсной населенности) от момента включения добротности при давлении рабочего вещества CF_3I $P_v = 0,15$ атм и различных энергиях накачки E_n : а - $E_n = 1840$ дж, б - $E_n = 1360$ дж, в - $E_n = 1140$ дж, г - $E_n = 940$ дж, д - $E_n = 730$ дж.



Р и с. 2. Зависимость полной энергии излучения от момента включения добротности при энергии накачки $E_n = 940$ дж ($E_n/E_n \approx 3$) и различных давлениях рабочего вещества $P_в$: а - $P_в = 0,05$ атм, б - $P_в = 0,10$ атм, в - $P_в = 0,15$ атм, г - $P_в = 0,20$ атм, д - $P_в = 0,25$ атм.



Р и с. 3. Зависимость полной энергии излучения от момента включения добротности при энергии накачки $E_n = 1840$ дж ($E_n/E_{cr} \approx 6$) и различных давлениях рабочего вещества P_n : а - $P_n = 0,05$ атм, б - $P_n = 0,10$ атм, в - $P_n = 0,15$ атм, г - $P_n = 0,20$ атм., д - $P_n = 0,25$ атм.

CF_3I , а при $E_n = 1840$ дж ($E_n/E_n \approx 6$) зависимость τ_n от давления CF_3I обратная (рис. 3). При этом следует отметить, что при $E_n = 940$ дж во всей области давлений P_n τ_n превышает полную длительность импульса накачки $t_n \approx 100$ мксек и при $P_n > 0,1$ атм оно составляет ≈ 230 мксек, в то время как при $E_n = 1840$ дж $\tau_n < t_n$.

Таким образом, изменение энергии накачки приводит к существенным количественным и качественным изменениям физико-химических процессов, происходящих в иодном лазере. Это указывает на то, что время существования инверсии τ_n ограничивается не просто тушением возбужденных атомов иода исходным рабочим веществом CF_3I , а определяется вторичными реакциями с продуктами фотолиза молекул CF_3I . Полученные данные позволяют определить также интервал давлений рабочего газа, энергий накачки и длительностей импульса накачки, в пределах которых можно эффективно использовать метод модулированной добротности.

Поступила в редакцию
21 июля 1970 г.

Л и т е р а т у р а

1. J. Kasper, G. Pimentel. Appl. Phys. Lett., 5, 231 (1964).
2. Т. Л. Андреева, В. А. Дудкин, В. И. Малышев, Г. В. Михайлов, В. Н. Сорокин, Л. А. Новикова. ЖЭТФ, 49, 1408 (1965).
3. С. Ferrar. Appl. Phys. Lett., 12, 381 (1968).
4. А. Л. Микаэлян, М. Л. Тер-Микаэлян, Ю. Г. Турков. Оптические квантовые генераторы на твердом теле. Изд. Сов. Радио, Москва, 1967 г.