

САМОМОДУЛЯЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ МОЩНОГО ИМПУЛЬСНОГО CO_2 -ЛАЗЕРА ПРИ ВКЛЮЧЕНИИ НЕЛИНЕЙНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ

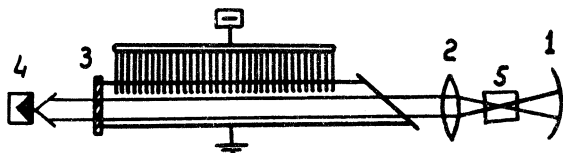
К. Карлова, Н. В. Карлов, Г. П. Кузьмин

В этой работе описан эффект самомодуляции лазерного излучения при достижении мощности внутри резонатора $\sim 10^6$ вт. Применяв в CO_2 -лазере с поперечным возбуждением сложный оптический резонатор и поместив в его фокальную область кристаллы, достаточно прозрачные в инфракрасной области, мы получили преобразование импульса излучения длительностью 10 мксек в серию коротких регулярных пиков. Описываемый эффект является обратным по отношению к эффектам, возникающим при модуляции добротности за счет введения в резонатор просветляющихся фильтров, например, на основе газов SF_6 и BCl_3 /1,2/. В нашем случае при достижении в фокальной области плотности мощности, достаточной для возникновения нелинейных эффектов в среде, происходит срыв генерации за счет возникновения дифракционных потерь. Последующее включение добротности возможно через характерное время релаксации поглощающей среды.

Возможность такого эффекта была предсказана в работе А. П. Ведуты с сотрудниками /3/, где наблюдалась четырехфотонная параметрическая генерация при самофокусировке в оптическом стекле К-2, образцы которого помещались внутри резонатора рубинового лазера. Авторы предположили, что при достаточной длительности импульсов излучения из-за дифракционных потерь при самофокусировке внутри резонатора должен произойти срыв генерации лазера. Это явление авторами /3/ не наблюдалось, так как длительность импульса излучения из рубинового лазера составляла в режиме синхронизации мод 10 нсек.

Для получения эффекта самомодуляции излучения нами был использован лазер с поперечным возбуждением, детально описан-

ный в работе /4/. Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Для увеличения концентрации излучения внутри резонатора применялась система, состоящая из линзы и вогнутого зеркала с фокусными расстояниями 100 мм. Генерация в такой системе возможна лишь при точном совпадении фокусов линзы и зеркала, что является существенным при наблюдении эффекта самомодуляции.



Р и с. 1. Схема экспериментальной установки: 1 - фокальное зеркало; 2 - линза из NaCl ; 3 - полупрозрачное зеркало из Ge ; 4 - приемник на основе Ge:Zn ; 5 - кристалл NaCl или KRS-5 .

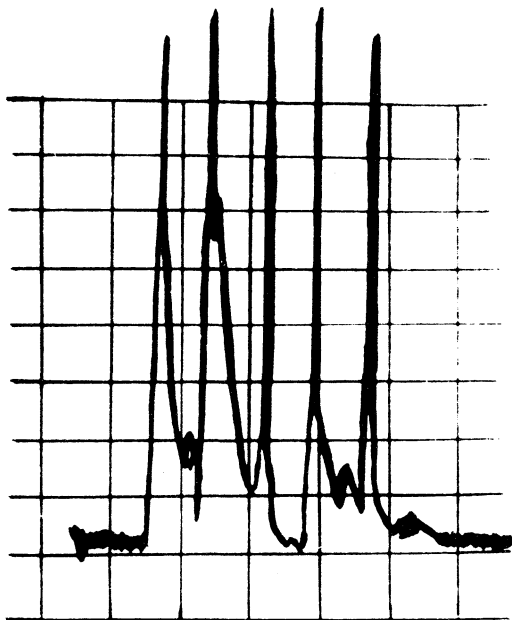
Для регистрации формы импульсов часть мощности выводилась через полупрозрачное зеркало из Ge на приемник Ge:Zn .

При помещении в фокусе оптической системы кристаллов NaCl или KRS-5 , по мере увеличения мощности накачки импульсы излучения длительностью 10 мксек, имеющие в режиме свободной генерации форму, приведенную в работе /4/, приобретают пичковую структуру (рис. 2,3). В отличие от работы /4/ здесь пичковая структура в виде регулярной последовательности коротких ($\sim 0,5$ мксек) импульсов излучения получена без принудительной модуляции добротности вращающимся зеркалом.

Полученный эффект мы объясняем тепловой самофокусировкой в кристаллах, прозрачных в инфракрасной области, которая наблюдалась нами ранее вне резонатора и описана в работе /5/. Внешнее проявление механизма самомодуляции аналогично модуляции просветляющимся фильтром, но по сути является следствием противоположных процессов. Если при модуляции просветляющимся фильтром начальная мощность служит для включения добротности путем уменьшения потерь в резонаторе, то в описываемом случае возрастание мощности приводит к увеличению потерь и срыву генерации с последующим включением добротности через характерное время релаксации.

Наличие последовательности импульсов, стоящих друг от друга на время порядка 10-20 мксек, определяется временем теп-

ловой релаксации среды. Действительно, при самофокусировке, приводящей к срыву генерации, происходит разогрев малого объема в фокальной области. Новое включение добротности может произойти



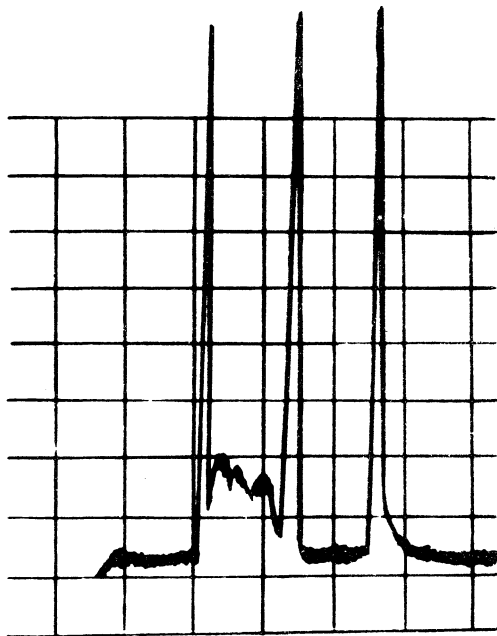
Р и с. 2. Пиковая структура импульса излучения при помещении в фокус оптической системы резонатора кристалла NaCl. Одно деление 10 мксек.

лишь после распределения температуры в фокусе таким образом, чтобы обеспечивалась генерация без потерь, т.е. при условиях, исключающих самофокусировку. Характерное время распределения тепла в среде равно

$$\tau = c\rho a^2/k,$$

где c - удельная теплоемкость, k - теплопроводность, ρ - удельная плотность, a - поперечный размер нагретого объема вещества. Для NaCl $k = 0,017$ кал/град.см.сек; $\rho = 2,17$ г/см³; для KRS-5 $c = 0,06$ кал/г град, $k = 0,0012$ кал/град.

Значения τ для NaCl и KRS-5 равны соответственно $22a^2$ сек и $35a^2$ сек. Это качественно объясняет различие между частотой следования пиков в NaCl и KRS-5.



Р и с. 3. Пиковая структура импульса излучения при помещении в фокус оптической системы резонатора кристалла KRS-5. Одно деление 10 мксек.

Реальное время, необходимое для релаксации всей системы в целом, определяется требуемым перепадом температуры в фокальной области, который может быть незначительным вследствие того, что весь процесс происходит на грани самовозбуждения лазера. Так как изменение температуры определяется как $T = T_0 \exp(-t/\tau)$, то время восстановления исходных условий t реально может быть порядка 10^{-5} сек, если учесть, что размер фокальной области при самофокусировке может быть значительно меньше 10^{-2} см.

Следует отметить, что наблюдаемый нами эффект позволяет сделать вывод, что существенный вклад в процесс самофокусиров-

ки дает тепловой механизм. Этот вывод можно сделать на том основании, что предполагаемый в работе /6/ нетепловой механизм самофокусировки в кристаллах NaCl за счет образования полос поглощения на возникающих центрах окраски здесь, по-видимому, не работает, так как время жизни центров окраски составляет многие часы (например, по данным работы /7/), и они имеют тенденцию накапливаться.

Для получения пикового режима генерации время релаксации поглотителя должно быть больше характерного времени активной среды лазера. При обратной ситуации возможна стабилизация излучения лазера, что использовалось Р. Пателом и Я. Варшавским в работе /8/.

Авторы /8/ в резонатор рубинового лазера помещали среду (напр., бензол), поглощение в которой за счет релеевского рассеяния увеличивается с увеличением интенсивности света. При этом присущий рубиновому лазеру хаотический пиковый режим исчезал почти полностью.

Таким образом, введение в резонатор импульсного CO_2 -лазера нелинейных инерционных потерь приводит к возникновению пикового режима генерации, что может быть использовано для увеличения пиковой мощности лазера и исследования механизма возникновения потерь.

Поступила в редакцию
9 марта 1972 г.

Л и т е р а т у р а

1. O. E. Wood, S. E. Schwarz. Appl. Phys. Letts., 11, 88 (1967).
2. Н. В. Карлов, Г. П. Кузьмин, Ю. П. Петров, А. М. Прохоров. Письма в ЖЭТФ, 7, 174 (1968).
3. А. ... Ведута, Б. С. Кирсанов, Н. П. Фурманов. Краткие сообщения по физике № 4, 54 (1971).
4. Н. В. Карлов, Ю. Б. Конев, Г. П. Кузьмин. Краткие сообщения по физике № 8, 17 (1971).
5. Н. В. Карлов, Г. П. Кузьмин, А. М. Прохоров. Письма в ЖЭТФ, 12, 363 (1971).
6. М. С. Броден, А. М. Камуз. Письма в ЖЭТФ, 13, 170 (1971).

7. Д. И. Вайсбурд, Л. А. Маликин. Известия высших учебных заведений /Физика/, вып. 5, 151 (1971).
8. Р. Пантелл, Я. Варшавский. Тезисы докладов на III-м Всесоюзном симпозиуме по нелинейной оптике. Бремен, 1967 г.