

ИМПУЛЬСНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ ДОБРОТНОСТИ В ЛАЗЕРЕ
НА НЕОДИМОВОМ СТЕКЛЕ С НЕЛИНЕЙНЫМ ПОГЛОТИТЕЛЕМ

Н. Е. Быковский, Н. В. Плетнев,
Ю. В. Севатский, С. И. Федотов

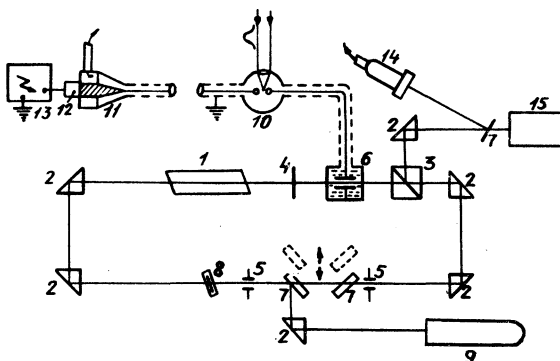
УДК 621.378.325

При включении добротности ячейкой Керра в кольцевом лазере на неодимовом стекле с нелинейным поглотителем получена генерация пуга импульсов с длительностью $(1 \pm 3) \cdot 10^{-10}$ сек. Точность привязки пуга к моменту включения добротности $\approx 10^7$ сек.

В различных физических и прикладных исследованиях в качестве источников ультракоротких световых импульсов широко применяются лазеры на неодимовом стекле с нелинейными поглотителями. В силу статистической природы формирования ультракоротких импульсов (УКИ) от этих лазеров трудно получить стабильно воспроизводимую временную картину генерации. От вспышки изменяется форма и структура импульсов, а также - в пределах $10^{-5} + 10^{-4}$ сек - положение момента испускания импульсов по отношению к началу работы источника накачки. Такая нестабильность затрудняет синхронизацию генератора с работой комплекса измерительной и управляющей установкой аппаратуры и практически закрывает ряд применений лазеров данного типа.

В данной работе исследованы характеристики излучения кольцевого лазера на неодимовом стекле с нелинейным поглотителем, в схему которого был введен затвор Керра /1/ (рис.1). В составе генератора: активный элемент (1) ϕ 8 x 300 мм с торцами, срезанными под углом 85° к оси, помещенный в осветитель с четырьмя лампами ИФЛ-5000, 4 призмы полного внутреннего отражения (2), образывавшие резонатор длиной 360 см; диафрагмы (5) ϕ 3 мм, служившие для селекции основной поперечной моды; кветта с раствором красителя № 3955 в нитробензоле с начальным пропусканием 50%.

Элементы затвора: призма Глана-Тейлора (3), полуволновая пластинка из слюды (4), ячейка Керра (6), управлявшаяся разрядником (10) с поджигом от независимого рубинового лазера с Q-модуляцией. Кабельная линия заряжалась источником (13) через сопротив-



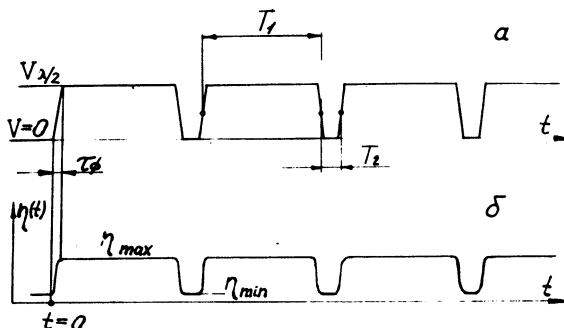
Р и с.1. Схема устройства кольцевого лазера на неодимовом стекле с нелинейным поглотителем и электрическим затвором. Обозначения в тексте

ленге (12) до напряжения $V_{\lambda/2}$, соответствующего полуволновой разности хода в ячейке. Управляющий ячейкой импульс контролировался на осциллографе СИ-14 с помощью емкостного делителя (11). Регистрация световых импульсов осуществлялась фотоэлементом ФК-4 (14) и фотоэлектронным регистратором ФЭР-02М (15). Параллельные пластинки (7) служили для заведения в резонатор луча истривочного He-Ne лазера (9), вывод излучения производился либо через грань призмы (3), либо пластинами (7).

Работа затвора поясняется рис.2. В момент времени $t = 0$, соответствовавший максимуму инверсии, пробивался разрядник, импульс полуволнового напряжения с крутым передним фронтом ($\tau_{\phi} \approx 1+2$ нсек) прикладывался к ячейке, и в резонаторе начинала развиваться генерация. Соотношение длин формирующей и передающей кабельных линий было таково, что открытое состояние затвора поддерживалось в течение времени T_1 , в десятки раз превышавшего время обхода излучением резонатора $T \approx 12$ нсек. Затем, после прико-

да на ячейку отраженного импульса, затвор закрывался на время $T_2 \approx T$, снова открывался на время T_1 , и т.д. (рис.2а,б).

На рис.3 для нескольких значений энергии накачки представлены осциллограммы излучения, соответствующие $T_1 \approx 400$ нсек и



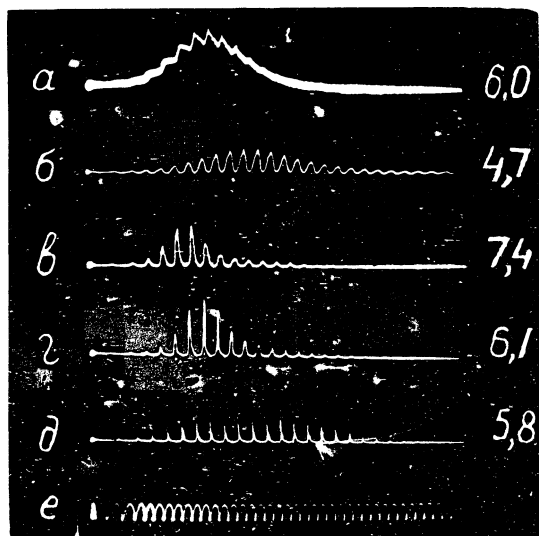
Р и с.2. Идеализированные формы импульсов: а - управляющего напряжения на ячейке Керра, б - пропускания затвора. $\eta(t)$ - функция пропускания затвора; η_{max} , η_{min} - ее значения в максимуме и минимуме; $\eta_{min} \neq 0$ из-за небольшого остаточного пропускания затвора

$T_2 \approx 12$ нсек. При отсутствии нелинейного поглотителя и высоких значениях накачки генерация развивалась в первом окне пропускания и представляла собой гигантский импульс, слабо промодулированный по амплитуде с периодом T (рис. 3а). С понижением накачки глубина модуляции возрастала и генерация перемещалась последовательно во второе, а затем и в третье окна пропускания. На пороге генерации наблюдался пуч глубоко промодулированных по интенсивности импульсов с длительностью $\approx 2 + 5$ нсек (рис. 3б).

При введении нелинейного поглотителя и последовательном понижении накачки наблюдалось сокращение длительности импульсов (рис. 3 в-д), а также увеличение времени развития генерации до ≈ 3 мсек. Фотоэлектронным регистратором зарегистрированы импульсы с длительностями $1.3 \cdot 10^{-10}$ сек при контрасте излучения не хуже 10^3 . На рис.4 представлены осциллограммы импульсов пуча без красителя (а), с красителем (б) и микрофотограмма одного

из импульсов цуга, зарегистрированного на фоторегистраторе (г) в той же вспышке, что и осциллограмма (б).

Энергия цуга на пороге составляла 0,1 дж. При фиксированной накачке генерация цуга наблюдалась в каждой вспышке с разбро-

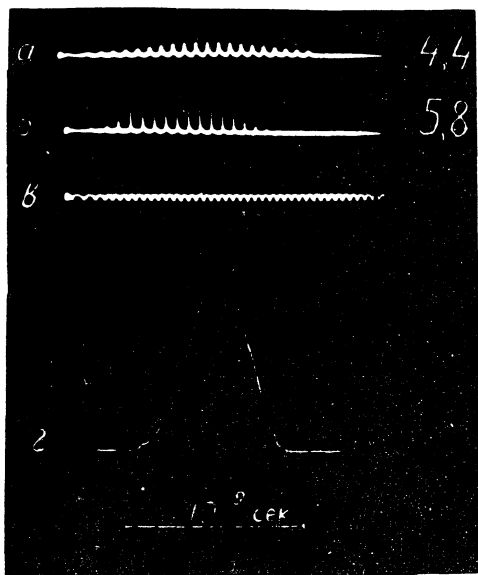


Р и с.3. Осциллограммы импульсов излучения кольцевого лазера: а, б - без нелинейного поглотителя в резонаторе; в, г, д - с нелинейным поглотителем; е - метки времени 8 нсек. Цифрами указаны значения энергии накачки осветителя в кдж

сом времени развития по отношению к моменту срабатывания разрядника не более 10^{-7} сек.

Обсудим полученные результаты. Причиной возникновения цуга в генераторе без красителя являются быстрые (с характерным временем $\tau_{\Phi} \ll T$) переключения затвора. Причем при однократном включении в генераторе развивается 30% модуляция гигантского импульса с периодом T (рис. 3а), а при повторных включениях - более глубокая (близкая к 100%) модуляция (рис. 3б). Модуляция с периодом T от однократного включения добротности - известное явление /2/.

После первого выключения затвора исходное слабо промодулированное излучение срезается до уровня, зависящего от контраста затвора. Условия дальнейшего развития генерации определяются со-



Р и с.4. Осциллограммы импульсов пуга без красителя (а), с красителем (б) и микрофотограмма одного из импульсов пуга, зарегистрированного на фоторегистраторе (г) в той же вспышке, что и осциллограмма (б); (в) - метки времени 8 нсек. Цифры указаны энергии накачки в кдж

отношением времен T_1 , T_2 и T и величиной остаточного пропускания затвора. Если общая длина кабельной линии соответствует целому числу периодов T , а время выключения затвора $T_2 \ll T - \tau_{\phi}$, то реализуются условия для вырезания из исходного излучения наиболее коротких импульсов. Образование пуга коротких ($\approx 10^{-9}$ сек) импульсов путем быстрого переключения затвора Поккальса в резонаторе лазера на гранате с неодимом наблюдалось в работе /3/, где в отличие от нашей работы короткий импульс вырезался не из развивающейся генерации, а из спонтанного излучения.

Образованные за счет электрической модуляции световые импульсы сжимались нелинейным поглотителем. Для эффективного скаптия необходимы низкий уровень мощности и большие времена взаимодействия излучения с красителем /4/. В нашем эксперименте за счет многократных переключений затвора уровень мощности мог периодически понижаться, а время развития генерации — затягиваться. Определенную роль в формировании УКИ играли и флуктуационные выбросы, поскольку в некоторых случаях наблюдалась 100-пикосекундная структура полученных импульсов. В работе /5/ получены УКИ в лазере на рубине, в резонаторе которого наряду с нелинейным поглотителем также использовался электрооптический затвор. Однако, в отличие от нашего эксперимента в /5/ производилось однократное включение добротности, не оказывавшее заметного влияния на стабилизацию генерации пула, поскольку по данным автора генерация пула носила вероятностный характер.

Предложенный в данной работе лазер способен излучать УКИ, момент появления которых привязан с точностью не хуже 10^{-7} сек к моменту срабатывания поджигаемого внешним источником разрядника. Это позволяет более чем на два порядка повысить точность привязки генерации к началу работы источника накачки и осуществить синхронизацию излучаемых УКИ с внешней аппаратурой.

Авторы выражают благодарность Г. В. Склякову за полезное обсуждение работы.

Поступила в редакцию
3 марта 1976 г.

Л и т е р а т у р а

1. Н. Е. Быковский, С. М. Захаров, Н. В. Плетнев, Д. В. Сенатский, С. И. Федотов. Препринт ФИАН № 137, 1975 г.
2. А. В. Милинкевич, В. А. Савва, А. М. Самсон, Т. Ш. Эфендиев. ЖПС, 21, 604 (1974).
3. R. L. Carman, B. C. Johnson, L. L. Steinmetz. Optics Comm., 2, 2, 16 (1973).
4. А. Н. Жерихин, П. Г. Криков, Е. В. Курганова, Д. А. Матвеец, С. В. Чекалин, С. А. Чурилова, О. Б. Шатберашвали. ЖЭТФ, 66, I, 116 (1974).
5. H. Salzman. Phys. Lett., 32A, 1, 40 (1970).