

## ФОРМИРОВАНИЕ СУБНАНОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ ДЛЯ МОЩНОЙ ЛАЗЕРНОЙ УСТАНОВКИ НА НЕОДИМОВОМ СТЕКЛЕ

Н.Е. Быковский, С. Денус\*, А. Дубик\*, В.В. Иванов, Я. Марчак\*, Я. Овсик\*,  
Я. Петровский\*, Ю.В. Сенатский, Г.В. Склизков

*Рассмотрены схемы двух генераторов субнаносекундных импульсов на кристалле YAG:Nd<sup>3+</sup> с активной синхронизацией мод и двумя методами модуляции добротности — двухступенчатой и периодической. Генераторы используются в качестве задающих в мощных неодимовых лазерных установках.*

В качестве задающих генераторов субнаносекундных импульсов для мощных неодимовых лазерных установок используются генераторы с активной синхронизацией мод и модуляцией добротности резонаторов на кристаллах YAG:Nd<sup>3+</sup>, YLF:Nd<sup>3+</sup> и неодимовых стеклах /1–7/. В настоящей статье сообщается о генераторах на кристаллах YAG:Nd<sup>3+</sup> с активной электрооптической и акустооптической модуляцией в резонаторах, разработанных совместно ФИАН и Институтом физики плазмы и лазерного микросинтеза (ИФПМ), ПНР. Схемы генераторов представлены на рис: 1а и 2а. Для модуляции добротности в обоих генераторах используется четвертьволновый электрооптический затвор на основе ячейки Погкельса с кристаллом DKDP, запирающий резонатор до момента достижения максимума инверсии в активном элементе. Для формирования субнаносекундных импульсов использовано два подхода: активная синхронизация мод на предварительном участке развития генерации с последующим включением добротности (схема рис. 1) и вырезание субнаносекундного импульса за счет периодического включения добротности (схема рис. 2).

Резонатор генератора по схеме рис. 1 длиной 75 см образован сферическим "глухим" зеркалом (1) и выходным плоским зеркалом (2), диафрагма (3) служит для выделения основной поперечной моды. В генераторе используется акустооптический модулятор (4) со стоячей волной и частотой модуляции 50 МГц и двухступенчатый электрооптический затвор на ячейке Погкельса (5) с поляризатором (6). В момент достижения максимума инверсии в кристалле YAG:Nd<sup>3+</sup> Ø 6×63 мм (7) напряжение на ячейке (5) скачком уменьшается с четвертьволнового (3,4 кВ) до 2,8 кВ, приоткрывая резонатор. При этом под действием синхронизирующего моды модулятора (4) формируется последовательность импульсов "предгенерации" с периодом резонатора 4,5 нс (рис. 1б). Через 3 мкс после первой ступени напряжение на ячейке Погкельса скачком за ~ 5 нс уменьшается до нуля и сформированные импульсы усиливаются, образуя на выходе генератора пуг из 8 – 10 импульсов. Спектр и длительность импульсов определяются эталоном (8) и зависят также от глубины модуляции акустооптического модулятора (4). Перестройка длительности может осуществляться в интервале 0,3-1 нс (рис. 2в, г).

Резонатор генератора с периодической модуляцией добротности (оптическая длина 190 см) образован плоскими зеркалами с коэффициентами отражения 100 и 30–50% (1, 2) и положительной линзой с фокусным расстоянием 1 м (3), находящейся на расстоянии 96 см от выходного зеркала (2). Диафрагма (4) диаметром 0,5–0,8 мм расположена перед выходным зеркалом и селекционирует основную поперечную моду, а линза (5) коллимирует расходящееся выходное излучение генератора. Выбранная схема позволяет полностью использовать сечение активного элемента Ø 6×75 мм из кристалла YAG:Nd<sup>3+</sup> (6). В начальный момент на ячейку Погкельса (7) подается запирающее напряжение 3,6 кВ с источника питания (9). В момент достижения максимума инверсии в активном элементе УФ излучением искры от дополнительного электрода (10) поджигается разрядник (11), закорачивающий отрезок заряженного кабеля на землю. Отражения на концах кабеля формируют на ячейке периодическое трапециевидальное напряжение с крутизной фронтов ~ 10<sup>13</sup> В/с. Под действием этого напряжения электрооптический затвор (7) открывается на ~ 1 нс с периодом, равным времени обхода резонатора (12,6 нс в данном случае), при этом формируется пуг из 3–4 импульсов с длительностью отдельного импульса 0,5–1 нс по полувысоте в зависимости от параметров резонатора (рис. 2б, в). Время развития пуга ~ 90 нс соответствует 7–8 обходам резонатора излучением.

\* ИФПМ, Варшава, ПНР.

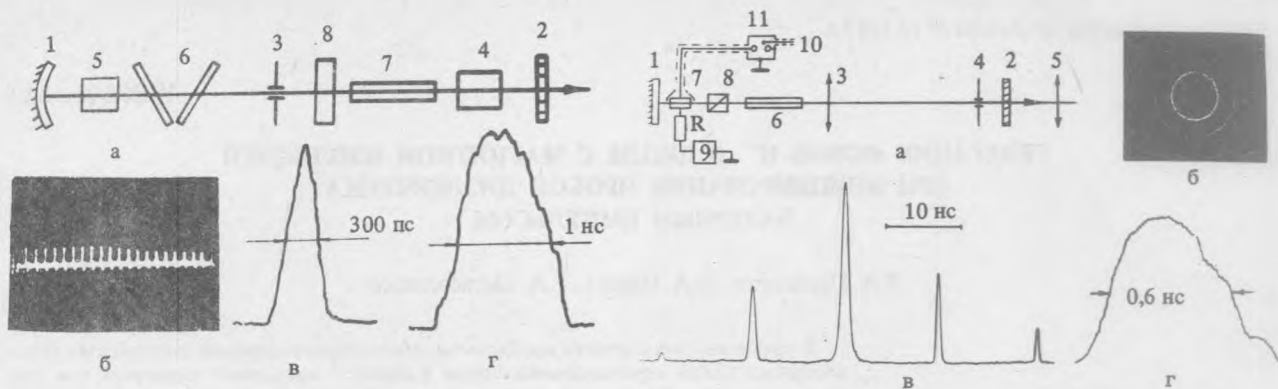


Рис. 1. а – оптическая схема генератора с акустооптической модуляцией и электрооптическим двухступенчатым включением добротности резонатора; б – осциллограмма цуга импульса "предгенерации"; в, г – денситограмма одиночного вырезанного импульса на выходе генератора, глубина модуляции акустооптического модулятора 0,7 (в) и 0,3 (г).

Рис. 2. а – оптическая схема генератора с периодической модуляцией добротности; б – спектр излучения генератора, полученный на интерферометре Фабри – Перо (область дисперсии  $1,7 \text{ \AA}$ ); в, г – денситограммы цуга импульсов с выхода генератора и одиночного вырезанного импульса, снятые на фоторегистраторе "Агат-СФ-3".

Вследствие быстрого развития генерации снижается необходимая точность согласования периода управляющего напряжения на ячейке с оптической длиной резонатора; для оптической схемы рис. 2а допустимо рассогласование  $\pm 1-2 \text{ см}$ . Энергия цуга импульсов  $\geq 1 \text{ мДж}$ , ширина спектра излучения с длиной волны  $1,064 \text{ мкм} < 0,2 \text{ см}^{-1}$  (рис. 2б). Допускается режим работы генератора с частотой до 2 Гц.

Одиночные импульсы могут выделяться из цуга, излучаемого генераторами, дополнительными электрооптическими затворами с использованием разрядников с лазерным поджигом. Точность синхронизации выделяемых импульсов с внешней аппаратурой 0,5–1 нс. Описанные генераторы используются в экспериментах на мощных лазерных установках "Дельфин-1" в ФИАН и четырехканальной лазерной установке в ИФПМ /8,9/, а также могут применяться в качестве источников субнаносекундных импульсов для решения других прикладных задач.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Kuizenga D. J. IEEE J. QE-17, 1694 (1981).
2. Annual Report to the Laser Facility Committee 1986, Rutherford Appleton Laboratory, RAL-86-046, pp. C1.2-C1.5 (1986).
3. Luther-Davies B. Opt. Comm., 57, 345 (1986).
4. Laser-Fusion Program Semiannual Report 72, Lawrence Livermore Lab., Livermore, 1973, UCRL-50021-72-2, 66.
5. Басов Н. Г. и др. Труды ФИАН, 103, 3 (1978).
6. Быковский Н. Е., Плетнев Н. В., Сенатский Ю. В. Квантовая электроника, 4, 1301 (1977). Препринт ФИАН № 137, М., 1975.
7. Быковский Н. Е., Дорофеев В. И., Сенатский Ю. В. Квантовая электроника, 6, 1578 (1979). Препринт ФИАН № 41, М., 1977.
8. Иванов В. В., Сенатский Ю. В., Склизков Г. В. Письма в ЖЭТФ, 45, 410 (1987).
9. Denus S. et al. Laser and Particle Beams, 4, 119 (1986).

Поступила в редакцию 26 августа 1987 г.