

ФЛУКТУАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ГИГАНТСКОГО ИМПУЛЬСА СВЕТА И ИЗМЕНЕНИЕ ЕЕ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ЧЕРЕЗ НЕЛИНЕЙНЫЙ ПОГЛОТИТЕЛЬ

*Н.Г.Басов, Ю.А.Дрожбин, П.Г.Крюков, В.Б.Лебедев,
В.С.Летохов, Ю.А.Матвеев*

1. Представляет большой интерес исследование процесса формирования ультракоротких импульсов света в лазере с нелинейным поглотителем [1]. В работе [2] было обращено внимание на важную роль, которую могут играть флуктуации интенсивности многомодового излучения в образовании и развитии ультракоротких импульсов в этом лазере. Такие флуктуации являются результатом интерференции излучения со случайными фазами в очень большом числе мод.

В настоящей работе с помощью аппаратуры высокого временного разрешения (10^{-11} сек) наблюдались флуктуации многомодового излучения рубинового лазера и процесс выделения наиболее интенсивных флуктуационных выбросов при многократном прохождении через нелинейный поглотитель (криптоцианин).

2. Схема установки приведена на рис.1. Источником многомодового излучения служил рубиновый лазер 1 с модуляцией добротности затвором Керра (длительность импульса — $15+20$ нсек, длина резонатора 60 см, ширина спектра излучения — $1+2$ см⁻¹). С помощью усилителя на кристалле рубина 2 можно было регулировать мощностью излучения импульса.

Система двух диафрагм 3 с диаметром 1 мм и расстоянием между ними 1,5 мм создавала плоскую в пределах дифракционных ограничений волну. С помощью двух параллельных зеркал 4,4 ($R = 64\%$, расстояние – 1,5 мм) импульс света несколько раз пропускался через две кюветы с раствором криптоцианина 5,5. Для компенсации потерь в зеркалах и поглотителе между кюветами помещался кристалл рубина 6 (240 мм, диаметр 18 мм) с максимальным усилением на проход ~ 10 . Энергия импульса была не достаточна для изменения усиления рубина,

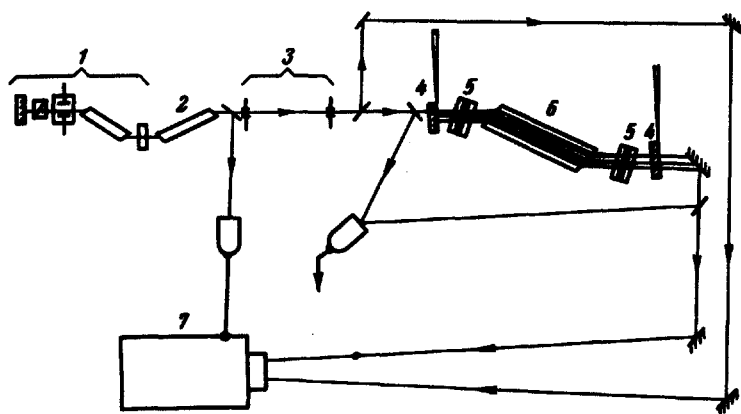


Рис.1. Схема эксперимента: 1 – рубиновый лазер с Q-модулирующей ячейкой Керра; 2 – рубиновый усилитель; 3 – диафрагма; 4 – параллельные зеркала; 5 – кюветы с криптоцианином; 6 – кристалл рубина; 7 – фотоэлектронный регистратор

Начальное пропускание каждой кюветы составляло 24%, поэтому в целом система для слабых сигналов находилась в устойчивом, поглощающем состоянии. Такая двухкомпонентная среда обладает способностью сокращать длительность импульсов, когда их интенсивность близка к пороговой, при которой общие потери в среде сравниваются с усилением. Это свойство двухкомпонентной среды было исследовано в работе [3]. Пороговая мощность в настоящем эксперименте составляла несколько $Mвт/см^2$.

Регистрация с высоким временным разрешением входного излучения, а также излучения, несколько раз прошедшего двухкомпонентную среду, осуществлялась специальным фотоэлектронным регистратором 7, разработанным в ВНИИОФИ [4]. Временное разрешение этого прибора измерялось с помощью ультракоротких лазерных импульсов и достигало примерно 10 псек. В наших опытах использовались длин-

ные развертки, когда разрешение было несколько хуже. Схема измерения позволяла регистрировать входное и выходное излучение.

На рис.2 приведены развертки во времени интенсивности входного (снизу) и выходного (сверху) излучения. Синусоида с периодом 3 *нсек* является масштабом времени. Видно, что входное излучение имеет флуктуационную структуру. Средняя длительность флуктуаций составляет 50 + 100 *нсек*, что согласуется с шириной спектра входного



Рис.2. Развертки во времени интенсивности входного (нижняя дорожка) и выходного (верхняя дорожка) излучения, полученные с помощью фотоэлектронного регистратора. Период синусоиды 3 *нсек*

излучения. При прохождении двухкомпонентной среды остаются наиболее интенсивные флуктуационные выбросы. Период их следования определяется временем двойного прохода двухкомпонентной среды (9,3 *нсек*). Эффективное выделение отдельных флуктуаций достигается только при условии, когда средняя интенсивность входного излучения близка к пороговой.

3. Двухкомпонентная среда является дискриминатором амплитуды импульсов. На рис.3,а приведена характеристика пропускания безынерционной двухкомпонентной среды для различной длины L , т.е. для различного числа проходов, полученная решением уравнения

$$\frac{\partial I}{\partial x} = \left(\alpha - \frac{\kappa_0}{1 + I/I_{\text{нас}}} \right) I,$$

где α – коэффициент линейного усиления на единицу длины с учетом всех линейных потерь, включая потери на зеркалах в схеме рис.1; κ_0 – начальный коэффициент насыщаемого поглощения на единицу длины; $I_{\text{нас}}$ – мощность насыщения. Пороговая интенсивность $I_{\text{пор}} = (\kappa_0 - \alpha)/\alpha$. С увеличением оптической плотности среды αL характеристика приобретает пороговый характер. На рис.3,б показано изменение флуктуационной структуры при прохождении через такую среду.

Если средняя интенсивность флуктуаций выбрана несколько ниже $I_{\text{пор}}$, то через среду проходят только редкие флуктуационные выбросы. Из-

ложенная качественная картина полностью объясняет результаты эксперимента.

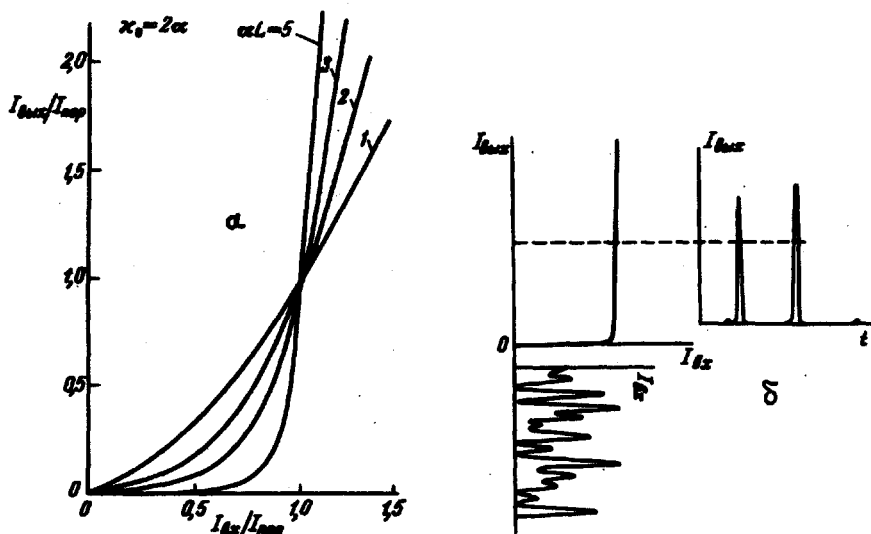


Рис.3. Двухкомпонентная среда: а – характеристика пропускания для случая $\kappa_0 = 2\alpha$ и $l_{\text{пор}} = l_{\text{нас}}$ для различных длин L ; б – изменение флуктуационной структуры при прохождении двухкомпонентной среды

4. По-видимому, аналогичный процесс выделения и сокращения наиболее интенсивных флуктуационных выбросов многомодового излучения при прохождении через нелинейный поглотитель происходит в лазере ультракоротких импульсов [1]. При многократном прохождении через нелинейный поглотитель с малым временем релаксации просветленного состояния наиболее интенсивные выбросы усиливаются, а менее интенсивные – затухают. В лазере это эквивалентно установлению определенных фазовых соотношений между модами (самосинхронизация или самофазировка мод). Сокращение длительности флуктуационных выбросов эквивалентно увеличению числа генерируемых мод.

5. Проведенный эксперимент показывает, что двухкомпонентная среда действительно способна сформировать ультракороткие импульсы света из флуктуационного шума многомодового излучения. В принципе, таким методом можно получить одиночные ультракороткие импульсы из интенсивного некогерентного излучения типа сверхлюминесценции.

Литература

- [1] A.J.De Maria, P.A.Stetser, H.A.Heynau. Appl. Phys. Lett., 8, 174, 1966.
- [2] В.С.Летохов. ЖЭТФ, 55, 1077, 1968.
- [3] Н.Г.Басов, П.Г.Крюков, В.С.Летохов, Ю.А.Матвеец. ЖЭТФ, 56 1969.
- [4] N.G.Basov, Yn.A.Drozhbin, V.V.Nikitin, A.S.Semenov, B.M.Stepanov, V.A.Yakovlev. High-speed photography, Stockholm, 1968.
-