

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ ГЕНЕРАЦИИ  
НЕОДИМОВОГО ЛАЗЕРА В РЕЖИМЕ САМОСИНХРОНИЗАЦИИ МОД 92

А.А.Малютин, М.Я.Щелев

Создание лазеров с синхронизацией и самосинхронизацией мод [1,2] поставило перед экспериментаторами в области квантовой электроники, задачу измерения временных интервалов длительностью  $\sim 10^{-12}$  сек. Временное разрешение осциллографической методики ограничено в настоящее время величиной  $\sim 3 \cdot 10^{-10}$  сек, т.е. по крайней мере на два порядка ниже требуемого. В работах [3,4] была предложена оригинальная методика, показавшая, что измерение столь малых длительностей возможно методами нелинейной оптики. Тем не менее методы измерения длительностей световых импульсов, основанные на наблюдении нелинейных оптических эффектов, в современном их виде не позволяют судить однозначно о временной структуре излучения [5]. Естественно, что непосредственный ответ на этот вопрос может дать только прямой метод измерения, и этим методом, на наш взгляд, является электронно-оптическая скоростная фотография. Экспериментальное временное разрешение этой методики  $\sim 10^{-11}$  сек [6], хотя и не позволяет измерить длительность сверхкоротких импульсов (можно оценить только верхнюю границу их длительности), позволяет, однако, решить многие задачи.

В данной работе мы остановимся, в основном, на вопросе временной структуры генерации неодимового лазера, работавшего в режиме самосинхронизации мод с модуляцией добротности просветляющимся фильтром. Будет проведено также сравнение результатов, получающихся при исследовании этого лазера с помощью электронно-оптической камеры и методом двухфотонной люминесценции.

Схема экспериментальной установки, позволяющая одновременно регистрировать временные и спектральные характеристики излучения неодимового лазера, приведена на рис.1. Здесь  $Z_1$  и  $Z_2$  зеркала резонатора, нанесенные на клиновидные подложки ( $\sim 5^\circ$ ), с коэффициентом отражения 99 и 50% соответственно.  $K_1$  - кювета, устанавливаемая в резонатор под углом Брюстера, с раствором просветляющегося красителя в нитробензоле (начальное пропускание 40-50%),  $AЭ$  - неодимовый активный элемент, срезанный под углом Брюстера ( $\ell = 240$  мк и

$\phi$  15 мм).  $Z_3$  – клиновидная, а  $\Pi$  – плоскопараллельная разделительные пластины;  $Z_4$ ,  $Z_5$  и  $Z_6$  – зеркала с коэффициентом отражения 99%.  $K_2$  – кювета с раствором красителя родамин-6G в этиловом спирте. ЭОК – электронно-оптическая камера на основе преобразователя типа УМИ, работающая в режиме щелевой развертки. ФЭК<sub>1</sub> и ФЭК<sub>2</sub> – коаксиальные фотозлемнты: первый – для запуска ЭОК, второй – для регистрации излучения на осциллографе И2-7. Ф.-П.- интерферометр Фабри – Перо ( $t = 0,3$  мм) для регистрации интегрального спектра излучения. ФА – фотоаппараты, Ф – светофильтры, З – рассеиватель. Эксперимент проводился при оптической длине резонатора лазера  $\sim 750$  мм, расстояние от просветляющегося фильтра до плотного зеркала соответствовало  $\sim 1/15$  от оптической длины резонатора.

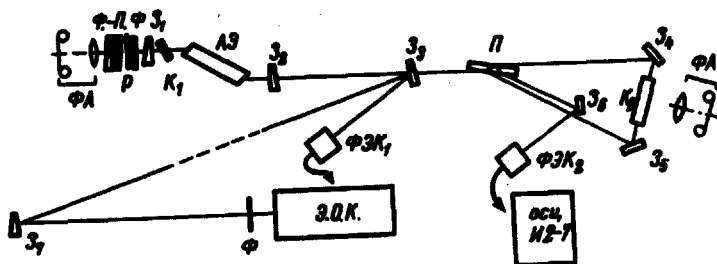


Рис.1. Схема экспериментальной установки

Временная структура генерации в зависимости от положения просветляющегося фильтра внутри резонатора уже исследовалась ранее в работах [7,8]. Однако при малых расстояниях от плотного зеркала до фильтра осциллограф регистрирует обычно одиночные на аксиальном интервале импульсы. Исследование импульса генерации с помощью ЭОК показало, что и в этом случае генерация состоит из групп импульсов с расстоянием между импульсами определяемым удвоенным расстоянием от фильтра до плотного зеркала (в нашем случае  $\sim 330$  псек). Рис.2,а (см. вклейку) показывает один аксиальный интервал генерации (4,9 нсек) для разных вспышек при неизменных условиях эксперимента. В некоторых случаях в структуре импульсов, расположенных на расстоянии  $\sim 330$  псек, наблюдается "сбой", который достигает  $\sim 100$  псек. Наблюдалась также структура и внутри аксиального периода, снова с тем же характерным временем, но положение которой, также как и число компонент менялось от вспышки к вспышке (рис.2,б, см. вклейку).

Дальнейшее увеличение скорости развертки позволило обнаружить еще более тонкую временную структуру импульса генерации. Рис.2,а (см.вклейку) показывает группу импульсов, отстоящих друг от друга на 330 *псек*, причем каждый импульс в свою очередь состоит из отдельных пиков, расстояние между которыми порядка нескольких десятков пикосекунд. Использование при съемке ступенчатого ослабителя, помещаемого перед щелью ЭОК, дает возможность оценить соотношение интенсивностей пиков в тонкой структуре (соседние ступени отличаются в 1,6 раза). Эксперимент показал, что расстояние между пиками, число их и относительная интенсивность в тонкой структуре могут меняться в широких пределах. Эти факты пока не находят удовлетворительного объяснения.

Как уже указывалось, одновременно с электронно-оптической регистрацией фотографировалась картина люминесценции в родамине-6G и спектр генерации (рис.3,а,б,в). При самом различном виде генерации картина двухфотонной люминесценции и спектр генерации менялись не существенно. Длительность импульса, измеренная по двухфотонной методике менялась в пределах 1,5-2 *псек*, спектр от 5 до 7  $\text{см}^{-1}$ . В некоторых случаях короткий импульс в родамине располагался на фоне более широкого ( $\sim 15-20$  *псек*). Результаты сопоставления картины генерации на экране ЭОК и в родамине являются, по-видимому, еще одним подтверждением того факта, что двухфотонная методика недостаточно надежный способ восстановления временной структуры генерации. Даже измерение длительности сверхкоротких импульсов этим методом не является удовлетворительным, поскольку число сфазированных мод и, следовательно, длительность импульсов может меняться за время генерации [9], картина же люминесценции в родамине регистрируется обычно интегрально по импульсам. Если даже будет достигнута необходимая для восстановления временной картины генерации точность измерения контраста ( $\approx 0,1\%$ ), эти соображения останутся в силе.

В заключение авторы выражают благодарность за обсуждение результатов работы В.В.Коробкину, Т.И.Кузнецовой и П.П.Пашину, а также за помощь в работе Р.В.Серову.

Физический институт  
им.П.Н.Лебедева  
Академии наук СССР

Поступило в редакцию  
25 февраля 1969 г.

## Литература

- [1] L.E.Hargrove, R.L.Fork, M.A.Pollack. Appl. Phys. Lett., 5, 4, 1964.
  - [2] A.J.De Maria, D.A.Stetser, H.Heynau. Appl. Phys. Lett., 8, 174, 1966.
  - [3] J.A.Armstrong. Appl. Phys. Lett., 10, 221, 1967.
  - [4] J.A.Giordmaine, P.M.Rentzepis, S.L.Shapiro, K.W.Wecht. Appl. Phys. Lett., 11, 216, 1967.
  - [5] Т.И.Кузнецова. ЖЭТФ, 53, 2453, 1968.
  - [6] V.V.Korobkin, M.Ya. Schelev. High-Speed photography, edited by N.R.Nilsson and L.Högberg, Stockholm, 1968, p.36.
  - [7] Т.И.Кузнецова, В.И.Малышев, А.С.Маркин. ЖЭТФ, 52, 438, 1967.
  - [8] R.Harrach, G.Kachen. J. Appl. Phys., 39, 2482, 1968.
  - [9] W.H.Glenn, M.I.Brienza. Appl. Phys. Lett., 10, 221, 1967.
-