

Отчет по лабораторной работе

Исследование временных характеристик твердотельного лазера на кристалле YAG:Nd^{3+} с ламповой накачкой

Работу выполнили студенты
440 группы радиофизического факультата

Виноградов И.Д., Есюнины Д.В. и М.В.,
Понур К.А., Платонова М.В., Сарафанов Ф.Г.,
Шиков А.П.

Нижний Новгород, 15 февраля – 20 февраля 2020 г.

Содержание

Введение	2
1. Экспериментальное исследование лазера	3
1.1. Получение лазерной генерации	3
1.2. Зависимость характерных времен генерации от накачки	3
1.2.1. Время задержки начала генерации	3
1.2.2. Длительность генерации	4
1.3. Осциллограммы излучения генерации	4
1.4. Отдельный пичок генерации	5
1.5. Расчет численных величин	5
Заключение	6
Список литературы	6

Введение

В настоящей работе изучаются временные характеристики лазера с оптической накачкой. В роли накачки выступает ксеноновая газоразрядная лампа, излучение которой фокусируется в активной среде. Излучение обеспечивает инверсию населенностей в активной среде, в роли которой используется кристалл алюмоиттриевого граната, легированный неодимом, в виде стержня. В качестве селектирующей системы выступает резонатор Фабри-Перо, образованный двумя плоскими зеркалами: одно из них глухое ($R_1 = 99.8\%$), через второе осуществляется вывод генерируемого лазером излучения ($R_2 = 92\%$).

Измерение выходных характеристик производится с помощью фотоприемного устройства, данные с которого вводятся через АЦП в компьютер. Запуск поджигающего импульса ксеноновой вспышки и запуск записи сигнала с фотоприемника синхронизированы и запускаются по команде с компьютера.

Допустимый диапазон напряжений поджига определяет границы, в которых можно снимать характеристики лазера: для данной установки допустимы напряжения поджига от 1000 до 2000 вольт.

1. Экспериментальное исследование лазера

1.1. Получение лазерной генерации

При минимально возможном напряжении накачки $U=1000$ вольт была получена лазерная генерация в свободном режиме. В силу невозможности исследовать на данной установке генерацию при меньших напряжениях, полагаем

$$U_{\text{пор}} = 1000 \text{ В.}$$

1.2. Зависимость характерных времен генерации от накачки

Было снято 15 осциллограмм импульса генерации с помощью программы, в которой задавалось напряжение поджига (оно же – напряжение накачки) и снималась осциллограмма после запуска поджига. Фиксировалось два времени: t_1 – время начала генерации (первый пичок) и t_2 – конец генерации (последний пичок). По измерениям построены графики для времени задержки начала генерации $t_1(U)$ и для длительности генерации $\tau(U) = t_2(U) - t_1(U)$.

1.2.1. Время задержки начала генерации

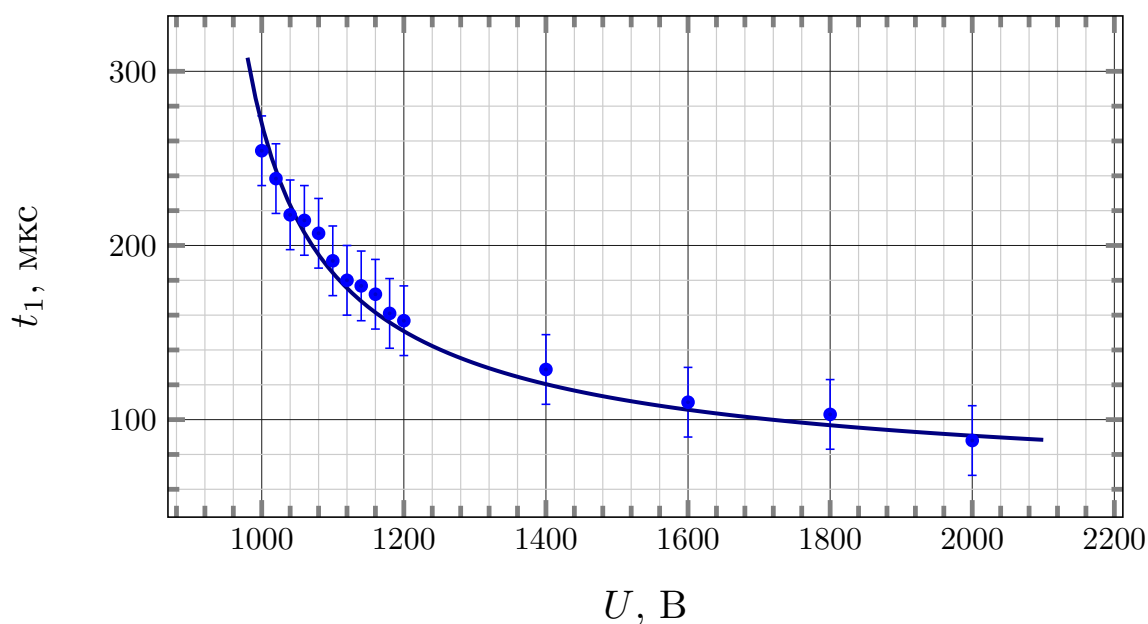


Рис. 1. Зависимость задержки генерации от накачки

1.2.2. Длительность генерации

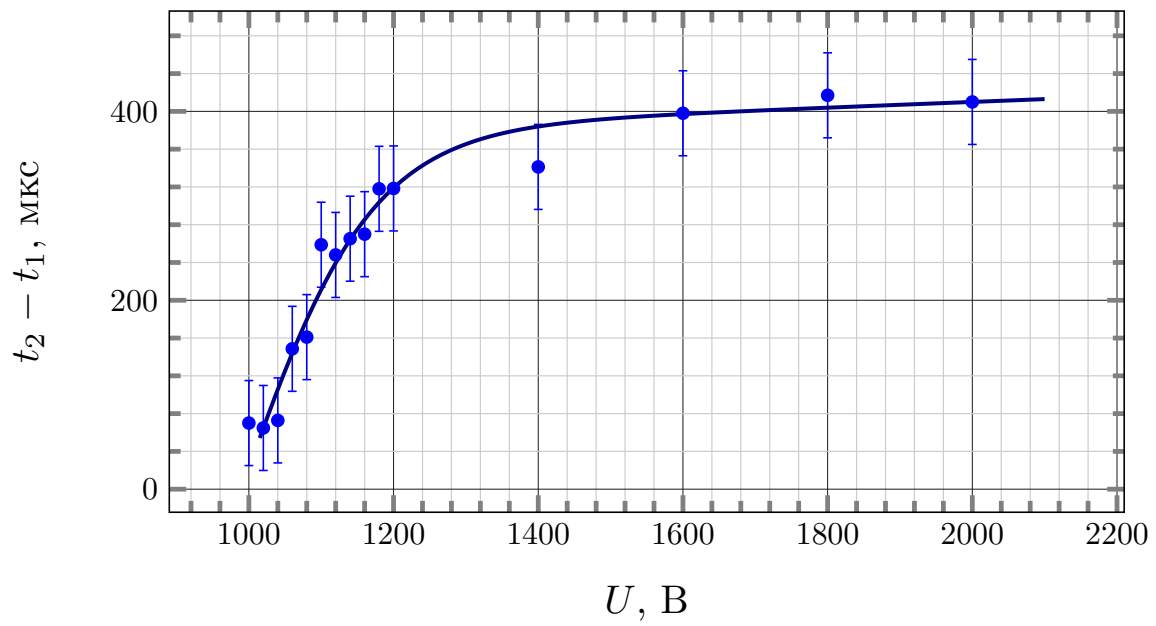


Рис. 2. Зависимость длительности генерации от накачки

1.3. Осциллограммы излучения генерации

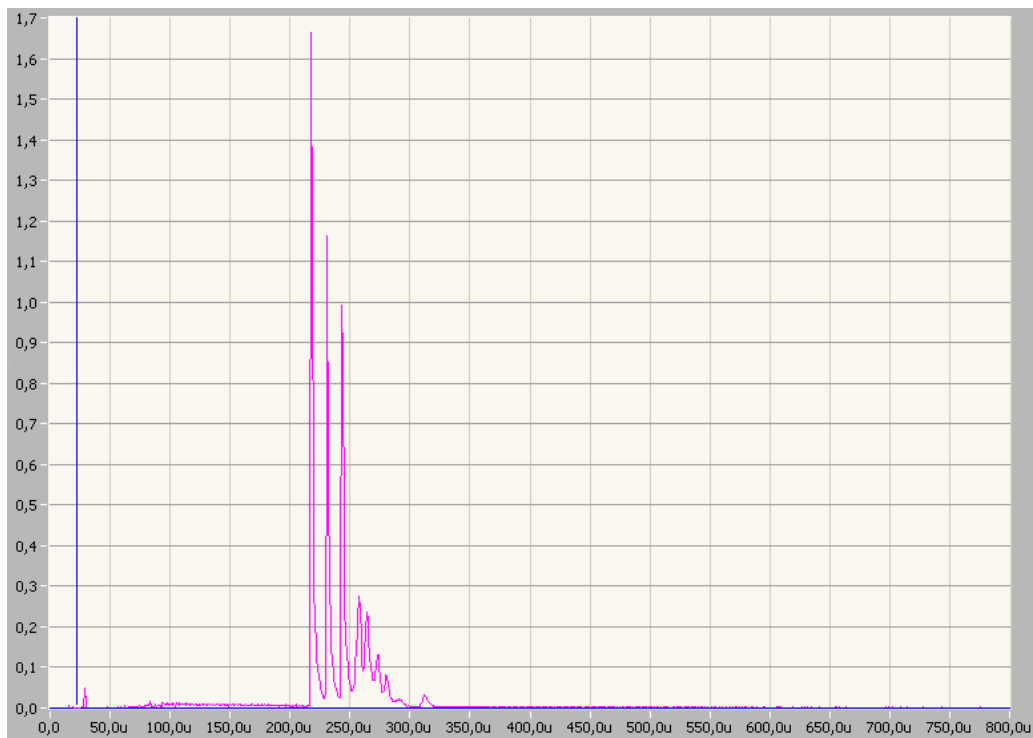
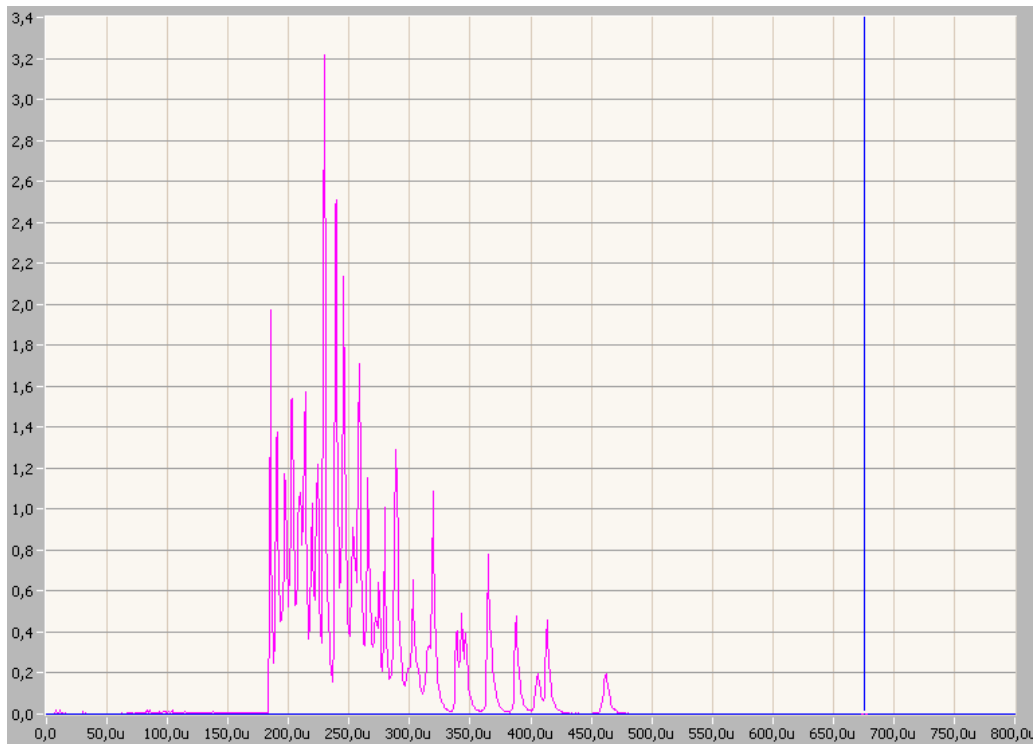


Рис. 3. Излучение генерации при $U = 1040$ В

Рис. 4. Излучение генерации при $U = 1100$ В

1.4. Отдельный пичок генерации

При напряжении накачки $U = 1200$ вольт были измерены средняя¹ длительности одного пичка генерации

$$\tau_1 \approx 5 \text{ мкс}$$

и средний временной интервал между пичками

$$\delta t \approx 6.5 \text{ мкс.}$$

1.5. Расчет численных величин

Сечение лазерного перехода $\sigma_{\text{изл}}$. В соответствии с формулой (6) в методичке

$$\sigma_{\text{изл}} = \frac{\lambda^4}{8\pi c n^2 \tau_{\text{сп}} \delta \lambda} = 1.53 \cdot 10^{-19} \text{ см}^2$$

¹Усреднение по десяти пичкам

Пороговая разность населенностей $\Delta N_{\text{пор}}$. См. (23) в методичке

$$\begin{aligned}\Delta N_{\text{пор}} &= \frac{8\pi c n^2 \tau_{\text{сп}} \delta \lambda}{\lambda^4} \left[K_{\text{п}} - \frac{1}{l} \ln \sqrt{R_1 R_2} \right] = \frac{K_{\text{п}} - \frac{1}{l} \ln \sqrt{R_1 R_2}}{\sigma_{\text{изл}}} \\ &= \frac{0.1 \text{ см}^{-1} - 0.1 \text{ см}^{-1} \ln \sqrt{0.998 \cdot 0.92}}{1.53 \cdot 10^{-19} \text{ см}^2} = 0.68 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}.\end{aligned}$$

Пороговую энергию накачки $E_{\text{пор}}$.

$$E_{\text{пор}} = \frac{CU_{\text{пор}}^2}{2} \cdot 0.4 \cdot 0.1 = \frac{400 \cdot 10^{-6} \text{ Ф} \cdot 10^6 \text{ В}^2}{2} \cdot 0.04 = 8 \text{ Дж}.$$

Показатель усиления рабочей среды.

$$K_{\text{усил}} = \sigma \Delta N = 1.04 \text{ см}^{-1}$$

Заключение

В настоящей работе мы

Список литературы

- [1] Савикин А.П., Шарков В.В., Еремейкин О.Н. Исследование временных характеристик твердотельного лазера на кристалле YAG:Nd³⁺ с диодной накачкой (практикум). Н.Новгород: издательство ННГУ, 2013.