

Отчет по лабораторной работе

# Исследование временных характеристик твердотельного лазера на кристалле $\text{YAG:Nd}^{3+}$ 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 – 21 февраля 2020 г.

# Содержание

<b>Введение . . . . .</b>	<b>2</b>
<b>1. Экспериментальное исследование лазера . . . . .</b>	<b>3</b>
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 . . . . .	6
1.5. Расчет численных величин . . . . .	6
<b>Заключение . . . . .</b>	<b>6</b>
<b>Список литературы . . . . .</b>	<b>7</b>

## 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  $U$  (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

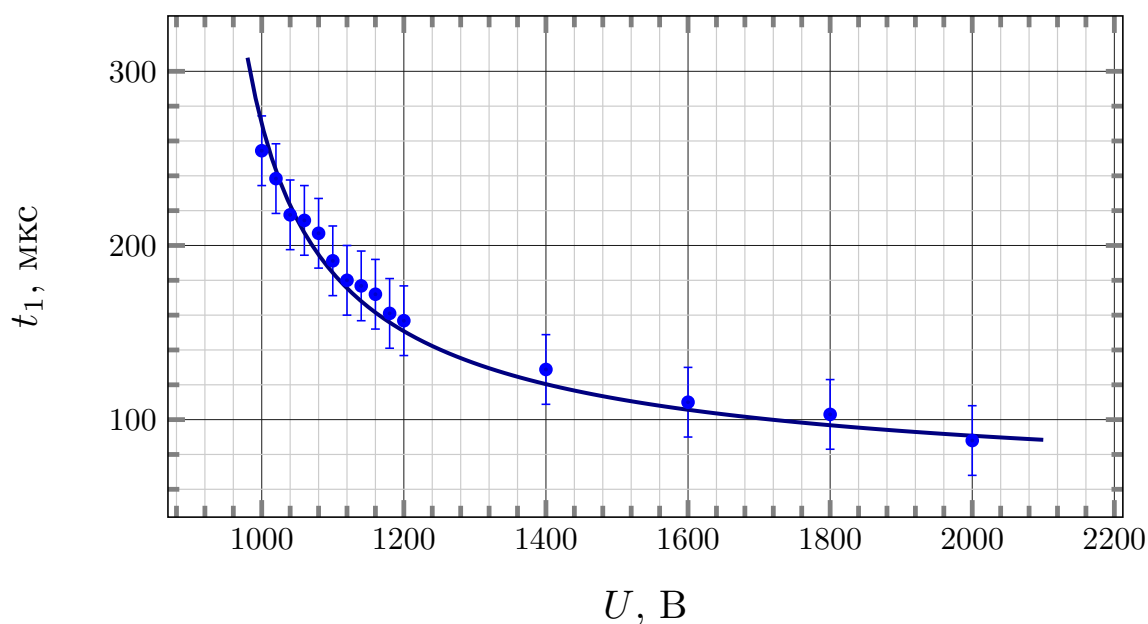


Рис. 1. Зависимость задержки генерации от накачки

### 1.2.2. Длительность генерации

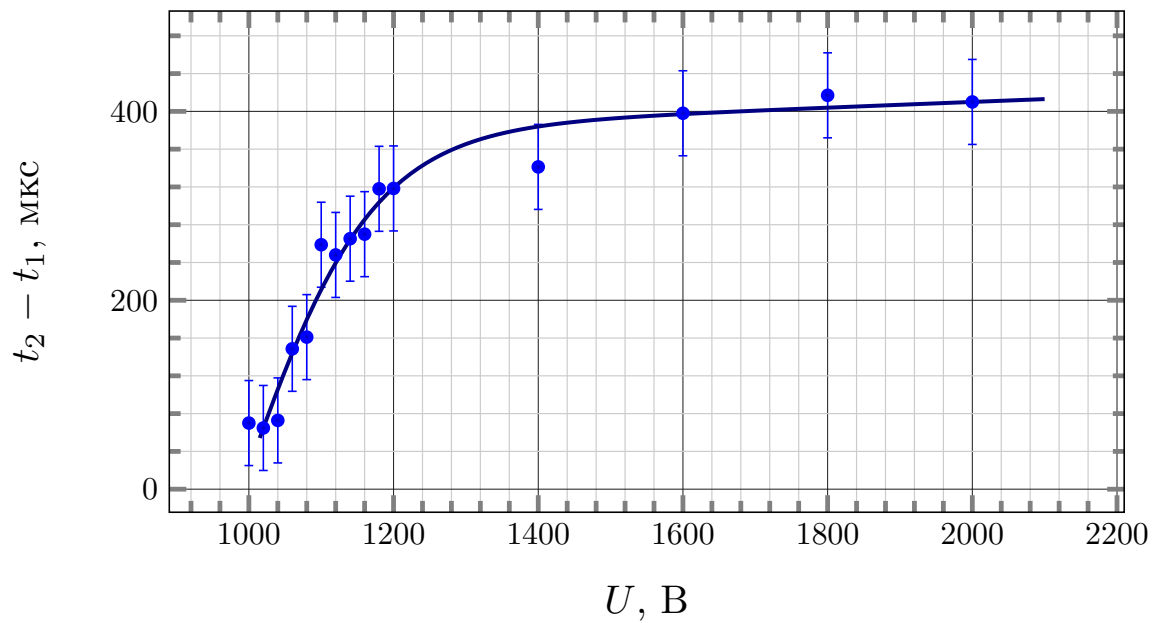


Рис. 2. Зависимость длительности генерации от накачки

### 1.3. Осциллограммы излучения генерации

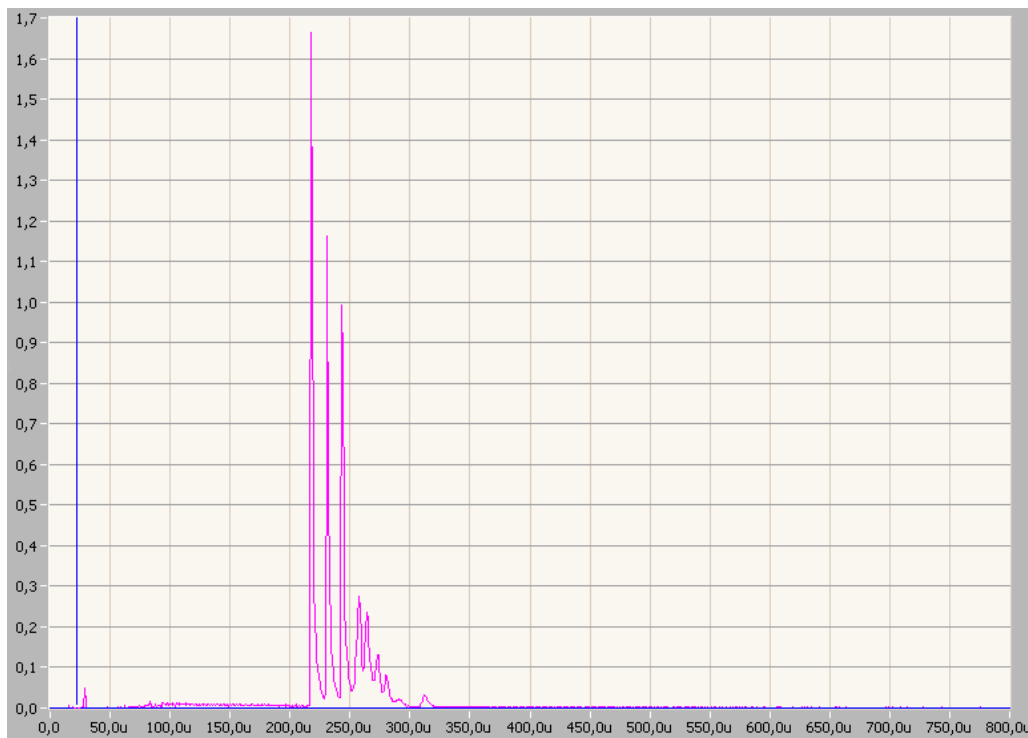
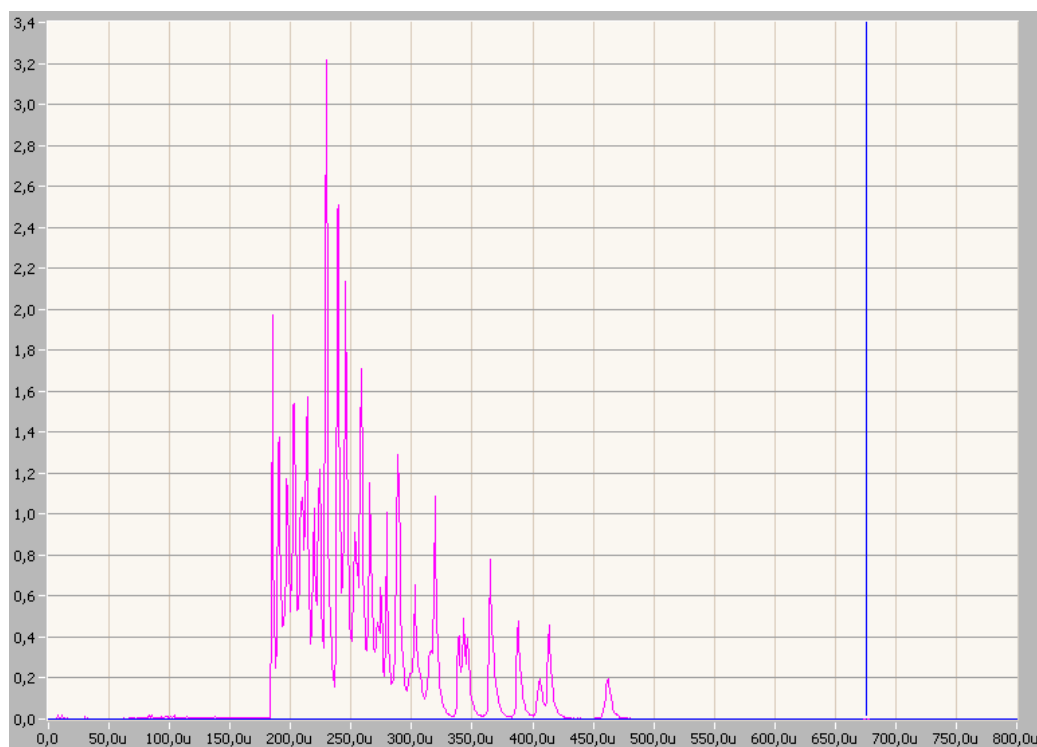
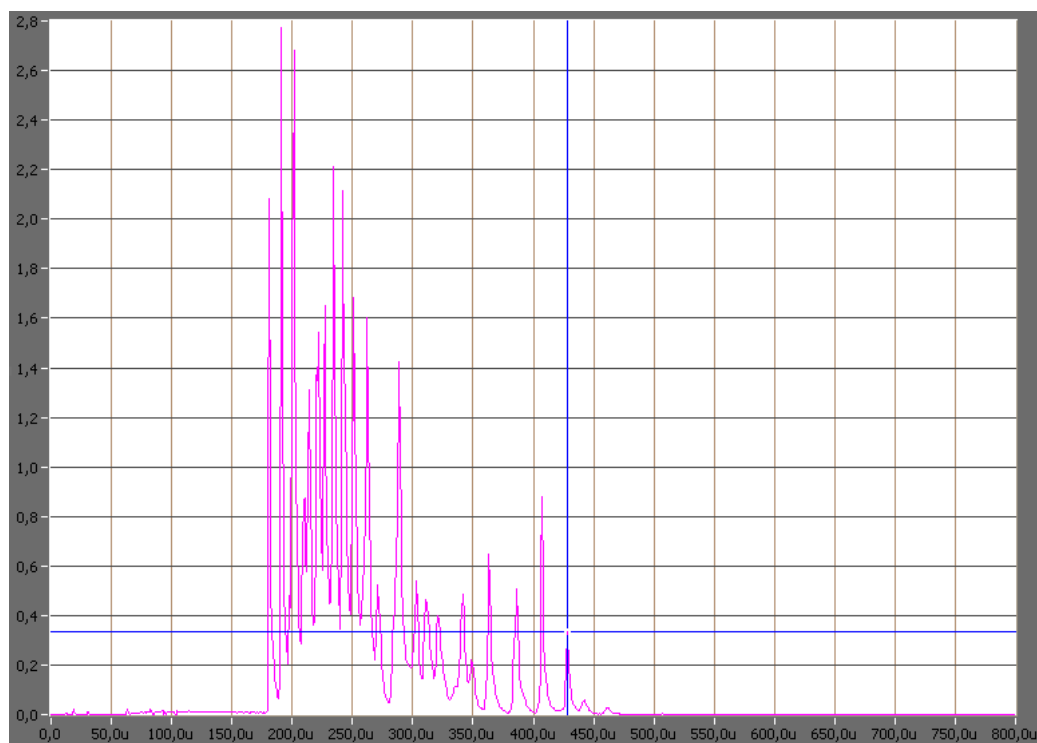


Рис. 3. Излучение генерации при  $U = 1040$  В

Рис. 4. Излучение генерации при  $U = 1100$  ВРис. 5. Излучение генерации при  $U = 1120$  В

## 1.4. Отдельный пичок генерации

При напряжении накачки  $U = 1200$  вольт были измерены средняя<sup>1</sup> 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

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

**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.**

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

**Сравнение практически полученной величины энергии накачки с теоретической.** Теоретически оценим пороговую энергию генерации  $E_{\text{пор}}$  как

$$E_{\text{пор}}^T = \Delta N_{\text{пор}} h \nu V \approx 10 \text{ Дж},$$

где  $V \approx 7.85 \text{ см}^3$  - объем лазерной среды,  $\nu = 2.83 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$  - частота основного перехода,  $h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$  - постоянная Планка.

---

<sup>1</sup>Усреднение по десяти пичкам

## Заключение

В настоящей работе были изучены временные характеристики генерации твердотельного лазера на кристалле  $\text{YAG:Nd}^{3+}$ . Также были рассчитаны сечение лазерного перехода  $\sigma_{\text{изл}}$ , пороговая инверсия населенности  $\Delta N_{\text{пор}}$  и показатель усиления рабочей среды  $K_{\text{усил}}$ .

Экспериментально было определено пороговое напряжение накачки  $U = 1000$  В и пороговая энергия накачки  $E_{\text{пор}} = 8$  Дж. Теоретически рассчитанное значение  $E_{\text{пор}}^T = 10$  Дж.

## Список литературы

- [1] Савикин А.П., Шарков В.В., Еремейкин О.Н. Исследование временных характеристик твердотельного лазера на кристалле  $\text{YAG:Nd}^{3+}$  с диодной накачкой (практикум). Н.Новгород: издательство ННГУ, 2013.