

# Научно-исследовательская работа

Физика

Модульный лазер с диодной накачкой  
для цифровой люминесценции

Выполнили:

Брусков Артём Алексеевич,

Волков Артём Сергеевич,

Обучающиеся 10 А класса

МАОУ СОШ №2 им. Н. А. Тимофеева

г.о. Бронницы

Руководитель:

Ашурбеков Сефер Ашурбекович,

педагог дополнительного образования,

кандидат технических наук,

доцент

Бронницы 2024

# Оглавление

## Введение

1. Лазер на  $\text{YVO}_4 : \text{Nd}^{3+}$  с удвоением частоты
2. Цифровые датчики и цифровая лаборатория
  - 2.1. О программе;
  - 2.2. Установка программного обеспечения
  - 2.3. Регистрация данных с датчика
3. Функциональная схема и описание люминесцентного микроскопа

## Заключение

## Список литературы

# Введение

Люминесцентная микроскопия основана на способности многих веществ биологического происхождения светиться под действием падающего на них света. Люминесценцию возбуждают обычно ультрафиолетовым или фиолетовым светом, излучение люминесценции имеет большую длину волны, чем длина волны возбуждающего света. Осветители люминесцентного микроскопа традиционно используют мощные источники света (ртутно- кварцевые лампы сверхвысокого давления или галогеновые кварцевые лампы), излучающие преимущественно в коротковолновой области оптического спектра. Теплозащитные светофильтры защищают от перегрева другие светофильтры препараты и оптику микроскопа. В последние годы достигнуты значительные успехи разработке компактных малогабаритных лазеров с диодной накачкой с удвоением, утроением частоты. Представляется перспективным использование таких лазеров в люминесцентной микроскопии в сочетании с цифровой ПЗС- камерой и компьютером для цифровой обработки распределения наночастиц в микробиологии. В нашей работе были поставлены задачи:

1. Спроектировать твердотельный лазер с диодной накачкой с удвоением (532 нм) или утроением частоты (354 нм) с помощью нелинейного кристалла ниобата лития для использования в люминесцентном микроскопе в качестве основного источника возбуждения.
2. Спроектировать, собрать и отъюстировать действующий макет лазерного люминесцентного микроскопа с компьютерным анализом распределения наночастиц на оптических изображениях.

# 1. Лазер на $\text{YVO}_4:\text{Nd}^{3+}$

Функциональная схема излучателя твердотельного лазера на ванадате с накачкой двумя двухваттными лазерными диодами и удвоением или утроением частоты приведена на рисунке 1. Лазерные полупроводниковые диоды (1, 2) (0,7- 0,8 мкм) установлены в корпусе осветителя и при юстировке могут в небольших пределах перемещаться относительно конденсоров (4) и (5). Излучения обоих диодов после конденсоров (4) и (5) с помощью призмы- куба (6) и объектива (7) фокусируются на кристалл ванадата (9), зажатый в медной оправе для отвода тепла (10). В качестве нелинейного удвоения или утроения частоты используется кристалл ниобата лития (11). Оптический резонатор образован двумя зеркалами (8) и (13). Зеркало (8) - входное с коэффициентом отражения 0,99 для линии 532 нм или 354 нм. Зеркало (13) - выходное полупрозрачное. Зеркала (8) и (13) в специальных оправках вклеиваются в корпус резонатора. Для стабилизации температуры лазерных диодов накачки активного элемента, нелинейного кристалла (11), корпуса осветителя и резонатора установлены на элементах Пельтье. Диафрагма (12) отсекает поперечные моды более высоких порядков, двухкомпонентный телескоп (14) формирует требуемые геометрические параметры лазерного пучка. В работе исследовались характеристики лазерного пучка с применением ПЗС-камеры и компьютера.

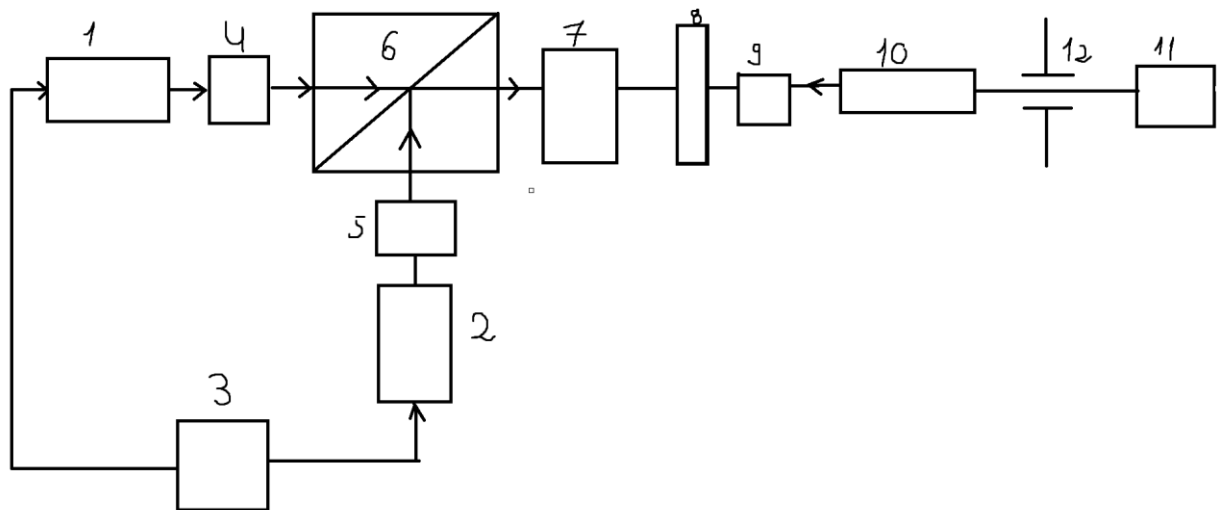


Рис. 1. Функциональная схема инфракрасного лазерного излучателя

1,2 – диоды накачки;

3 – стабилизированный источник питания 5V;

4,5 – конденсоры;

6 – призма-куб;

7 – объектив;

9, 11 – входное и выходное зеркала на 532 нм и 354 нм;

10 – кристалл ванадата 4×4×4 мм в медной оправке 10 для отвода тепла;

11 – нелинейный кристалл для удвоения или утроения частоты;

## 2. Цифровая лаборатория

Наш процесс изучения лазеров организован как работа с цифровой лабораторией, кроме лазерной техники в состав лаборатории входят цифровые датчики. Именно они конкретными значениями «рассказывают» нам о том, что происходит внутри лазера и тем самым помогают лучше понять происходящие в нем процессы. Показания датчиков выводятся на компьютер, где они наглядно представляются в виде графиков и таблиц. Это позволяет очень удобно обрабатывать результаты экспериментов и помогает сделать правильные выводы.

### 2.1. О программе

Программное обеспечение для цифровых датчиков компании «Научные развлечения» «НауЛаб» предназначено для работы с данными, получаемыми от цифровых датчиков, подключённых к персональному компьютеру. Работа с данными может состоять из одного или нескольких нижеперечисленных пунктов:

- получение данных;
- вывод зависимости физической величины от времени на экран;
- построение графика;
- составление электронного отчёта.

Обращаем ваше внимание на то, что некоторые шаги по установке программного обеспечения и функциональные возможности программы могут

отличаться от описанных в данном руководстве по причине изменения версий программного обеспечения.

## 2.2. Установка программного обеспечения

Для начала работы с программным обеспечением «НауЛаб» вам необходимо установить некоторые системные компоненты (драйверы)<sup>1</sup>. Все драйверы и программное обеспечение поставляются на флэш-носителях или их можно скачать на сайте производителя по ссылке, указанной в паспорте.

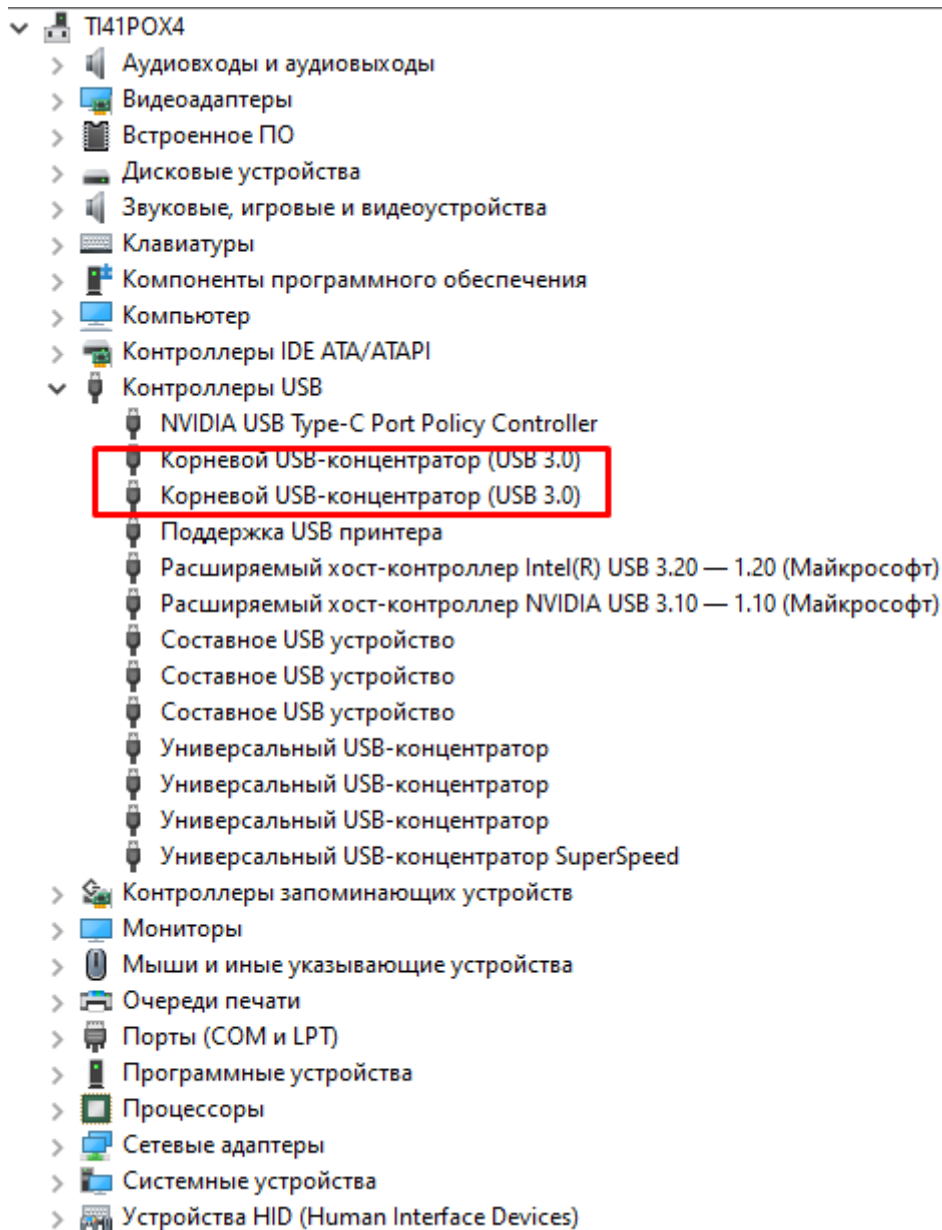
Для работы необходим персональный компьютер со следующими характеристиками:

|                       |                                    |
|-----------------------|------------------------------------|
| Центральный процессор | Intel Atom N 270 или лучше         |
| Оперативная память    | 512 Мб или больше                  |
| Жёсткий диск          | Не менее 500 Мб <sup>2</sup>       |
| Порты ввода-вывода    | Не менее двух свободных USB-портов |
| Периферия             | Рекомендуется манипулятор мышь     |
| Операционная система  | Windows 2000/XP/Vista/7            |

<sup>1</sup> Для установки нового оборудования пользователь, осуществляющий его установку, должен обладать правами администратора.

<sup>2</sup> В случае использования записи видеофайлов для дальнейшей обработки объём свободного места на жёстком диске зависит от выбранного алгоритма и качества сжатия видеофайла.

1. Установите программное обеспечение «НауЛаб» и драйверы, запустив файл <путь>\setup\_dll.exe и следуя появляющимся на экране рекомендациям.
2. Подключите к свободному разъёму USB персонального компьютера кабель USB, идущий от датчика.
3. Дождитесь уведомления в системном лотке, что новое оборудование установлено и работает нормально.
4. Проверьте корректность установки драйверов, открыв «Пуск» → «Панель управления» → «Система и безопасность» → «Диспетчер устройств» → «Контроллеры USB». В данной ветке должно присутствовать устройство(а) USB Serial Converter без предупреждающих значков.



Программное обеспечение установлено корректно, и вы можете приступить непосредственно к работе. Запустите программу «НауЛаб» двойным нажатием на ярлык программы на рабочем столе или «Пуск» → «Программы» → «Научные развлечения» → «НауЛаб»

## Регистрация данных с датчика

При запуске программы откроется окно выбора предметной области:



Луч достигает выходного зеркала и частично отражается. Эта отраженная часть опять проходит через усиливающую среду кристалла и достигает выходного зеркала. Входное зеркало почти полностью отражает этот луч и опять отправляет его в кристалл. Зная скорость света и расстояние между зеркалами несложно посчитать количество усиления в секунду.

$$\frac{300000000\text{м/с}}{0,03\text{м}} = 10000000000\text{с}$$

Получается, что луч успевает за секунду проходить около пяти миллиардов кругов. В результате из резонатора выходит устойчивое лазерное излучение с длиной волны 1064 нм.

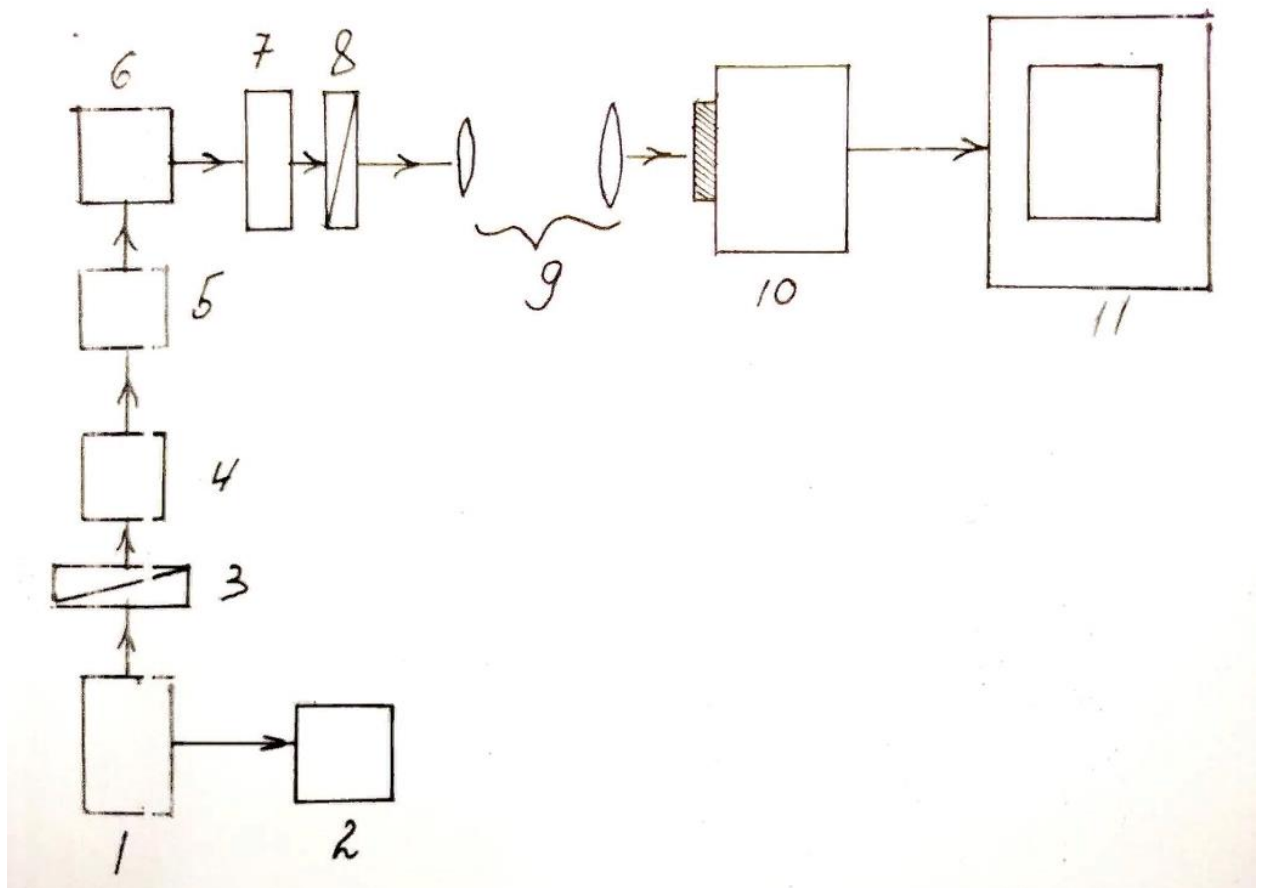
### 3. Функциональная схема люминесцентного микроскопа

Функциональная схема люминесцентного микроскопа приведена на рисунке 4. Излучение лазера на второй или третьей гармонике (1), питаемого стабилизированным источником 5V (2), дополнительно поляризуется поляризатором (3), коллимируется конденсором (4) и с помощью объектива (5) фокусируется на исследуемую микробиологическую структуру (6). Люминесцентное излучение после анализа изменения поляризационных свойств пучка анализатором (8) с помощью телескопической системы (9) направляется на фотомишень ПЗС-камеры (10), и на экране компьютера (11) формируется видимое изображение люминесцирующих центров структуры. Компьютерная программа проводит цифровой анализ распределения люминесцирующих наночастиц микробиологической структуры по различным параметрам – размерам, скорости и плотности наночастиц на оптическом изображении. Запирающий светофильтр (7) отсекает возбуждающее излучение лазера (1) от попадания на ПЗС-камеру. Полезное оптико-электронное увеличение – 200-1200 крат, разрешающая способность – 2-5 мкм. Представляется целесообразным продолжение исследований по лазерной люминесцентной микроскопии с целью разработки и оптимизации компьютерных программ цифрового анализа распределения люминесцирующих наночастиц по размерам, подвижности и их плотности на оптических изображениях с целью повышения точности диагностики структур в микробиологии.

Рис. 4. Функциональная схема лазерного люминесцентного микроскопа с цифровым анализом оптического изображения

1 – лазер на ванадате с диодной накачкой и удвоением (532 нм) или с утроением (354 нм) частоты

- 2 – стабилизированный блок питания лазеров 5V
- 3 – поляризатор
- 4 – конденсор
- 5 – объектив
- 6 – исследуемый объект
- 7 – запирающий светофильтр
- 8 – анализатор



### Список литературы

1. Тарасов Л. В. Физика лазера 2017 стр. 439.

2. Крылов К. И. Прокопенко В. Т. Митрофанов А. С. «Применения лазеров в машиностроении и приборостроении», п. Машиностроение, 1978 с. 336.
3. Борейшо А.С. Лазеры: применения и приложения. Учебное пособие. Лань, СПб, 2016.
4. Русинов М. М. Техническая оптика 2017 с. 488.
5. Рудаков П. И. Сафонов И. В. Обработка сигналов и изображений. – 2000, с. 413
6. Гольшев В. И., Егорьев и др. Люминесцентная микроскопия, 2018. с. 36.
7. Мельникова И. И. Учебное пособие по медицинской оптике. Одесса – 2007.