

Научно-исследовательская работа

Физика

**ЛАЗЕР-КОНСТРУКТОР МОДУЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ
ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРОФИЛЬНЫХ ШКОЛ, ИНТЕРЕСУЮЩИХСЯ
НАУКОЙ**

Выполнили:

Матвиенко Диана Алексеевна

Студентка 2 курса

РТУ МИРЭА

Дьяконов Дмитрий Викторович

Учащийся 6 класса

МАОУ СОШ № 2 имени Н. А. Тимофеева, Россия, г. Бронницы

Руководитель:

Ашурбеков Сефер Ашурбекович

*Кандидат технических наук, доцент, педагог дополнительного
образования*

МАОУ СОШ № 2 имени Н. А. Тимофеева, Россия, г. Бронницы

Бронницы

2023

Оглавление.

Аннотация.

Введение.

1. Обоснование актуальности темы.
2. Анализ существующих методов сборки и юстировки излучателей.
3. Постановка задачи исследования.
4. Конструкция и функциональная схема модуля накачки с двумя лазерными диодами.
5. Схема активного модуля резонатора на кристалле ванадата
6. Спецификация лазерных излучателей.

Заключение.

Список литературы.

Аннотация.

Представлены предварительные результаты разработки инновационного лазер-конструктора модульной конструкции, состоящего из набора предварительно собранных и отъюстированных модулей накачки, модулей активных резонаторов и модулей двухкомпонентных телескопов, отличающегося тем, что различные комбинации модулей на подложке лазерного излучателя впервые позволяют относительно быстро получить генерацию на важных с точки зрения практических применений длинах волн 475 нм, 532 нм, 770 нм и 1064 нм. Предложенный лазер-конструктор позволяет обучающимся после определения требований к лазерному излучателю при выполнении проектов самим собрать и отъюстировать твёрдотельный лазерный излучатель с диодной накачкой, поскольку стоимость подобных излучателей на лазерном рынке весьма высока для образовательного учреждения.

Введение.

1. Обоснование актуальности системы.

Лазерная физика и лазерные технологии относятся к приоритетным направлениям развития науки, техники и критических технологий в России. Изучение конструкции различных лазеров и лазерных технологий любознательными учениками сегодня весьма затруднено ввиду отсутствия в школьных кабинетах физики наглядных пособий по лазерной тематике. В значительной степени это объясняется тем, что сборка и юстировка современного лазерного излучателя с диодной накачкой – длительный и сложный процесс, требующий высокой квалификации работника. Обычно сборка излучателя с вклеиванием оптических деталей занимает 5-7 дней. [1-3]

В нашей работе впервые предложен новый способ сборки и юстировки лазерных излучателей с диодной накачкой, состоящий в том, что лазерный излучатель выполняется в виде заранее отъюстированных профессионалом независимых наборов модулей накачки, модулей активных резонаторов и модулей телескопов, объединённых в один «Лазер-конструктор» и позволяющий при различных сочетаниях на единой подложке излучателя получать генерацию на различных длинах волн оптического спектра.

2. Анализ существующих методов сборки и юстировки лазерных излучателей с диодной накачкой.

Сборку и юстировку твердотельного лазерного излучателя с накачкой полупроводниковыми лазерными диодами производят, как правило, начиная с оптических элементов и лазерных диодов накачки, затем последовательно собирают и юстируют оптические элементы резонатора – входное зеркало, активный элемент и нелинейный кристалл, выходное зеркало. В последнюю очередь юстируют телескоп. Наиболее ответственная операция – юстировка резонатора.

Под юстировкой резонатора понимают точное выставление и ориентировку зеркал и других элементов внутри резонатора. В общем случае резонатор можно считать отъюстированным, если выполнены условия:

- 1) центры зеркал и их центры кривизны находятся на одной линии – оси резонатора;
- 2) ось активного элемента и ось резонатора совпадают.

От точности юстировки оптических элементов излучателя зависит все важнейшие характеристики лазера – энергетические и спектральные, модовый состав и пространственная индикатрисса излучения в ближней зоне.

Главная цель юстировки – добиться генерации.

Дальнейшая юстировка производится по максимуму мощности или энергии излучения.

Наиболее распространённые методы юстировки – это метод оптического рычага, автоколлимационный метод и интерференционный метод.

В проекте мы использовали метод оптического рычага с использованием вспомогательного твердотельного лазера видимого диапазона (532 нм) малой мощности выходного излучения (менее 5 мВт).

Излучение лазера через диафрагму с тонким отверстием направляется строго вдоль оптической оси резонатора и активного элемента. Далее устанавливают входное зеркало так, чтобы отражённый от него блик попал в центр диафрагмы.

Таким же образом выставляют активный элемент, нелинейный кристалл, выходное зеркало.

Все существующие методы сборки и юстировки лазерного излучателя весьма трудоёмки и занимают длительное время вплоть до одной недели. Зеркала резонатора в железных оправках, как правило, клеиваются в корпус резонатора, а время высыхания клея более одних суток и в целом юстировка и сборка твердотельного излучателя занимает 5-7 дней. [4-5]

3. Постановка задачи исследования.

В нашей работе были поставлены задачи проектирования, сборки и юстировки модуля накачки с двумя лазерными диодами, двух модулей активных резонаторов на кристалле $YVO_4:Nd^{3+}$, двух модулей телескопов, которые обеспечили бы возможность генерации непрерывного лазерного излучения на длине волны 1064 нм, а также на длине волны второй гармоники 532 нм. Оба лазерных излучателя востребованы в лазерной и люминесцентной микроскопии, что особенно актуально в лабораториях проектного образования при выполнении исследовательских проектов.

4. Конструкция и функциональная схема модуля накачки с двумя лазерными диодами.

Функциональная схема универсального модуля накачки с двумя лазерными диодами представлена на рис.4.1.

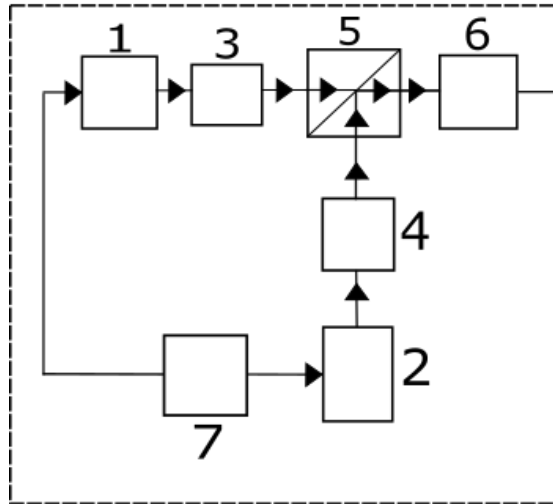


Рис.1.1. Функциональная схема инфракрасного лазерного излучателя с диодной накачкой двумя диодами.

- 1,2 – четырёхваттные лазерные диоды накачки (700-800 нм);
- 3,4 – конденсоры;
- 5 – призма-куб;
- 6 – объектив;
- 7 – стабилизированный источник питания 5V.

Полупроводниковые лазерные диоды накачки (1,2) установлены в корпусе осветителя. Диоды питаются стабилизированным источником питания на 5V и имеют возможность в небольших пределах перемещаться относительно конденсоров (3,4). Излучение диодов накачки направляется конденсорами на призму-куб (5). Далее лазерный пучок, строго отъюстированный в вертикальной плоскости, направляется вдоль оси резонатора. Суммарная мощность накачки 2 Вт.

5. Схема модулей резонаторов.

На рис. 5.1. представлены функциональные схемы двух активных резонаторов на $\text{YVO}_4:\text{Nd}^{3+}$ - а) резонатора на основной гармонике 1064 нм; б) резонатора на второй гармонике 532 нм.

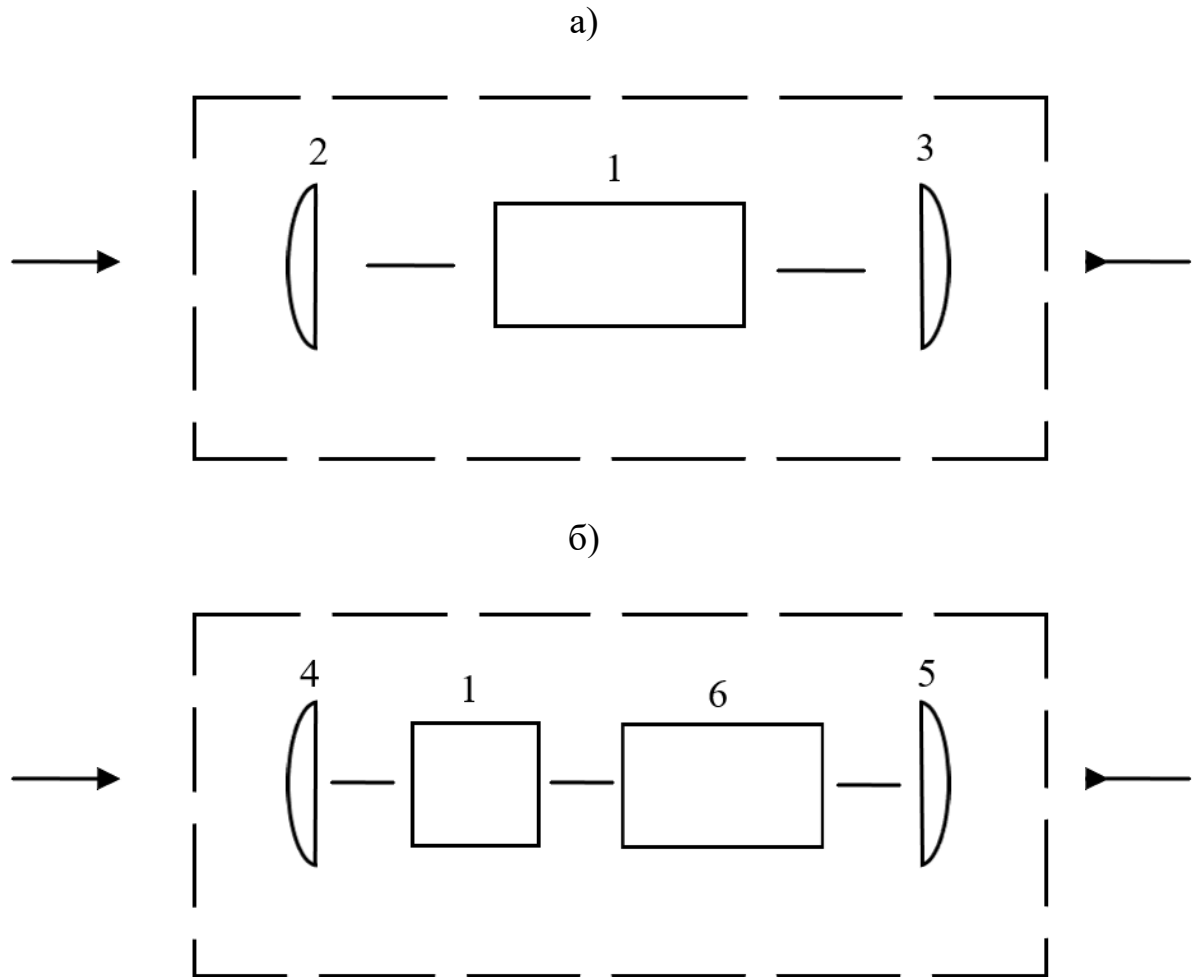


Рис. 5.1. Функциональные схемы модулей активных резонаторов на $\text{YVO}_4:\text{Nd}^{3+}$ а) резонатора на основной гармонике 1064 нм; б) резонатора на второй гармонике 532 нм.

- 1 – активный элемент ванадата с неодимом $4 \times 4 \times 4$ мм;
- 2 – выходное зеркало с многослойными покрытиями на 1064 нм, с коэффициентом отражения $\sim 96-98\%$;
- 3 – выходное зеркало на 1064 нм, коэффициент пропускания 40-60%;
- 4 – входное зеркало на 532 нм;
- 5 – выходное зеркало на 532 нм;
- 6 – нелинейный кристалл ниобата лития $2 \times 2 \times 10$ мм.

Юстировка и сборка всех модулей выполнены с высоким качеством на специальном лабораторном стенде, собранном на виброустойчивых лазерных сотовых столах.

6. Спецификация лазерных излучателей.

По результатам исследовательского проекта разработаны два излучателя со следующими характеристиками.

6.1. Излучатель второй гармоники.

Режим работы	Непрерывный одномодовый
Длина волны	532 нм
Диаметр пучка на выходе излучателя	1,4 мм
Угловая расходимость	< 0,5 мРад
Мощность излучения на выходе излучателя	< 20 мВт
Поперечная мода	TEM ₀₀
Диапазон рабочей температуры	10 – 40 °С
Вариация выходной мощности	< 5%

6.2. Излучатель первой гармоники.

Режим работы	Непрерывный одномодовый
Длина волны	532 нм
Диаметр пучка на выходе излучателя	1,6 мм
Угловая расходимость	< 1 мРад
Мощность излучения на выходе излучателя	< 50 мВт
Поперечная мода	TEM ₀₀
Диапазон рабочей температуры	10 – 40 °С
Вариация выходной мощности	< 5%

Заключение.

1. Разработаны малогабаритные стабильные лазерные излучатели на кристалле ванадата на гармониках мощностью в непрерывном режиме 50 мВт и угловой расходимостью менее 1 миллирадиан.
2. Практическая ценность результатов заключается в возможности эффективного использования ванадатных излучателей в качестве надёжного источника в лазерных дальномерах и для сканирования автомобильных дорог и зданий при проектировании и ремонте, а также в люминесцентной микроскопии.

Список рекомендуемой литературы.

1. Вейко В.П., Петров А.А., Самохвалов А.А. Введение в лазерные технологии. Опорный конспект лекций по курсу «Лазерные технологии» под редакцией Вейко В.П. – СПб: Университет ИТМО. 2018. – 161 с.
2. Вейко В.П., Шахно Е.А., Лазерные технологии в задачах и примерах: Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2014. – 88 с.
3. Комиссаров А.В. Теория и технология лазерного сканирования для пространственного моделирования территорий. Новосибирск: СГТА, 2015. – 103 с.
4. Пойзнер Б.И. Физические основы лазерной техники. Учебное пособие. – Москва: ИНФА – М, 2018. – 160 с.
5. Звелто О. Принцип лазеров. Перевод с английского. – Москва: Мир, 1990. – 558 с.