

Научно-исследовательская работа

Физика

**МОДУЛЬНЫЙ МАЛОШУМЯЩИЙ ЛАЗЕР НА ВАНАДАТЕ С ДИОДНОЙ
НАКАЧКОЙ**

Выполнили:

Дроздова Дарья Алексеевна

Учащаяся 10 А класса

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

Краснова Елена Евгеньевна

Учащаяся 10 А класса

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

Руководитель:

Соловьёва Наталья Сергеевна

Директор МАОУ СОШ №2 имени Н.А. Тимофеева г.о. Бронницы

МАОУ СОШ №2 имени Н.А. Тимофеева г.о. Бронницы

*Бронницы
2023*

Введение

Представлены результаты разработки твёрдотельного лазера на кристалле $\text{YVO}_4:\text{Nd}^{3+}$ с диодной накачкой и удвоением частоты с модульной конструкцией для лабораторий проектного образования. Выполнен цифровой анализ профиля лазерного пучка, результаты которого свидетельствуют о высоком качестве лазерного пучка. Показана возможность практического использования излучателя в лидарах и дальномерах для сканирования объектов дорожной инфраструктуры.

В нашей работе были поставлены задачи:

1. Спроектировать и осуществить сборку и юстировку одномодового излучателя на кристалле ванадата на основной гармонике 1064 нм с накачкой двумя полупроводниковыми лазерными диодами с угловой расходимостью менее 1 миллирадиан.
2. Спроектировать осуществить сборку и юстировку ванадатного лазера с диодной накачкой на второй гармонике 532 нм с нелинейным удвоением частоты с помощью кристалла ниобата лития.
3. Исследовать оптические характеристики излучателей с применением ПЗС – камеры путём компьютерной обработки профиля пучка.

Основная часть

1. Проектирование ванадатного лазера с диодной накачкой на основной гармонике 1064 нм.

1.1. Функциональная схема.

Функциональная схема излучателя с накачкой двумя полупроводниковыми лазерными диодами представлена на рисунке 1.1.

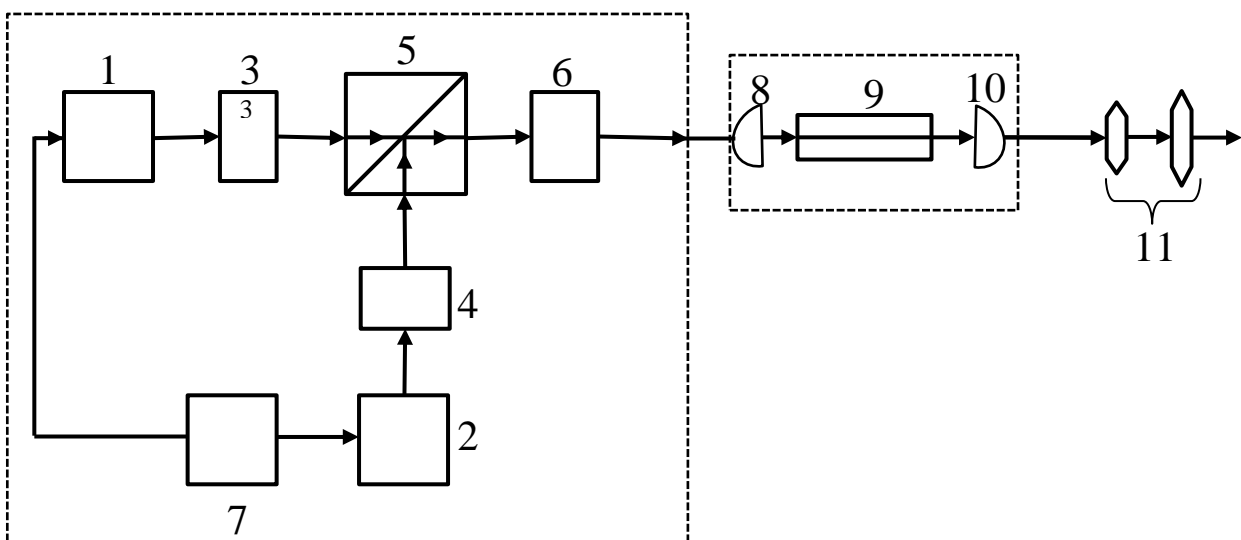


Рис. 1.1. Функциональная схема инфракрасного лазерного излучателя с диодной накачкой двумя диодами.

- 1,2 – четырёхваттные лазерные диоды накачки (700-800 нм);
- 3,4 – конденсоры;
- 5 – призма-куб;
- 6 – объектив;
- 7 – стабилизированный источник питания 5V;
- 8,10 – зеркала оптического резонатора;
- 9 – кристалл ванадата;
- 11 – двухкомпонентный телескоп для формирования геометрических параметров лазерного пучка.

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 фокусируется на активном элементе (9), который вместе с зеркалами (8, 10) установлен в корпусе резонатора. Одно зеркало (8) с коэффициентом отражения 0,98 для линии основной гармоники 1064 нм, второе (10) – полупрозрачное, с коэффициентом пропускания 40-60%. Корпуса осветителя и резонатора размещены на элементах Пельтье. Геометрические параметры излучения формируются с помощью двухкомпонентного телескопа (11)

1.2. Методика сборки и юстировки излучателя.

Для юстировки и сборки используется специальный стенд, на котором размещён вспомогательный юстировочный лазер, призма и экран с тонким отверстием. Вначале зелёный луч лазера 532 нм направляют строго вдоль оси стенда на одной и той же высоте и по нему ориентируют и закрепляют основание излучателя. Закрепляют на платформе корпуса осветителя и резонатора.

После этого юстируют оптические элементы осветителя, вначале определяют правильное положение призмы-куба, чтобы отражённый от него пучок попал в отверстие экрана, далее добиваются правильного креста от излучения лазерных диодов, устанавливают объектив, добиваются фокусировки излучения на активном элементе. Резонатор юстируют в такой последовательности: входное зеркало, активный элемент, выходное зеркало. В последнюю очередь производится юстировка телескопа.

2. Проектирование ванадатного лазера с диодной накачкой на второй гармонике 532 нм.

2.1. Функциональная схема.

Функциональная схема ванадатного лазерного излучателя с диодной накачкой и удвоением частоты представлена на рисунке 2.1.

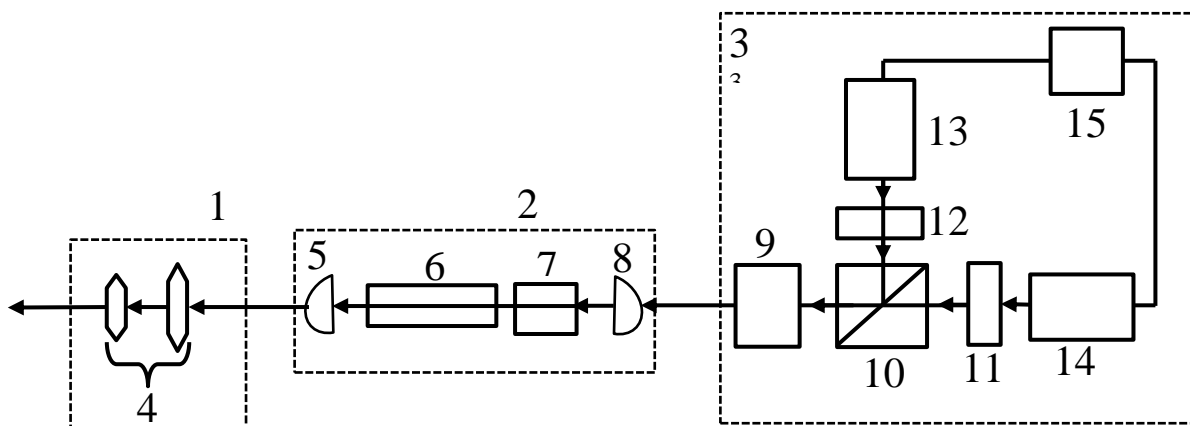


Рис. 2.1. Функциональная схема лазерного излучателя на кристалле ванадата с накачкой двумя полупроводниковыми лазерными диодами и удвоением частоты.

- 1 – корпус телескопа;
- 2 – корпус резонатора;
- 3 – корпус осветителя;
- 4 – телескопическая система;
- 5 – выходное зеркало резонатора;
- 6 – нелинейный кристалл для удвоения частоты (ниобат лития);
- 7 – активный элемент (кристалл ванадата 4*4*4мм);
- 8 – входное зеркало резонатора;
- 9 – объектив;
- 10 – призма-куб;
- 11,12 – конденсоры;
- 13,14 – полупроводниковые лазерные диоды накачки;
- 15 – стабилизированный источник питания 5V;

Конструктивно лазерный излучатель выполнен в комбинации корпуса телескопа (1), корпуса резонатора (2) и корпуса осветителя (3). Корпуса последних размещены на элементах Пельтье для стабилизации температуры активного элемента и лазерных диодов. В корпусе осветителя установлены два полупроводниковых лазерных диода (13,14), которые в небольших пределах могут перемещаться относительно конденсоров (11,12). Излучение обоих диодов с помощью призмы-куба (10) и объектива (9) фокусируется на кристалле ванадата с примесью неодима (4*4*4мм) в медной оправке, приклеенном к основанию корпуса резонатора. В корпусе резонатора установлены также зеркала в специальных оправках. Одно из них (8) – входное с коэффициентом отражения 0,98 для линии второй гармоники 532 нм, второе – выходное (5) с коэффициентом пропускания 0,4 – 0,6. Нелинейный кристалл ниобата лития (6) ориентирован вдоль оптической оси излучателя. Для юстировки и сборки используется вспомогательный лазер 532 нм с блоком питания и призмой. Для цифрового анализа профиля пучка используется ПЗС-камера и компьютер.

2.2. Цифровое измерение оптических характеристик.

В работе исследовались оптические характеристики лазера с применением ПЗС-камеры и компьютера. Спектры излучения регистрировались на

спектрофотометре с применением компьютерных технологий на оборудовании ООО «Лазер-Экспорт» по договору о содружестве.

Профиль лазерного пучка на выходе излучателя приведён на рисунке 2.2, характерный спектр излучения лазера приведён на рисунке 2.3.

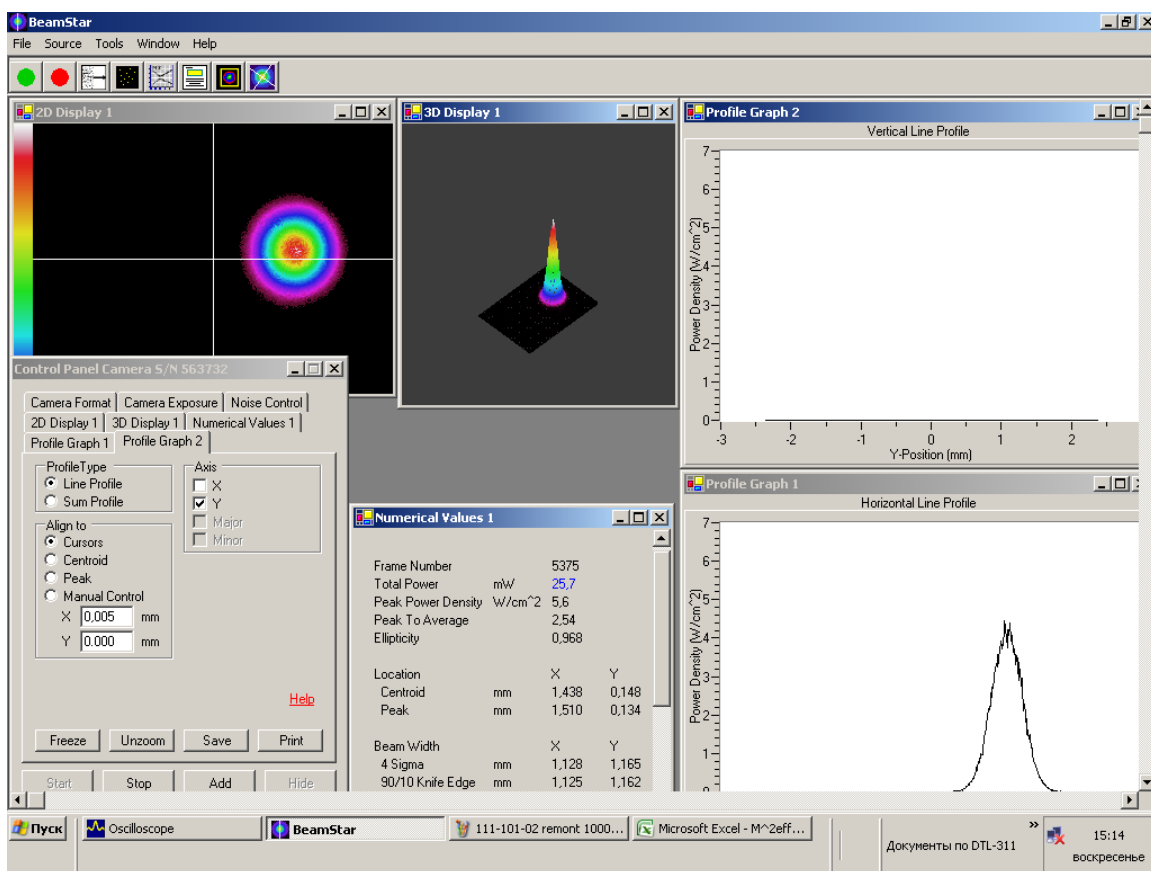


Рис. 2.2. Профиль лазерного пучка на выходе лазера ($\lambda=532\text{nm}$).

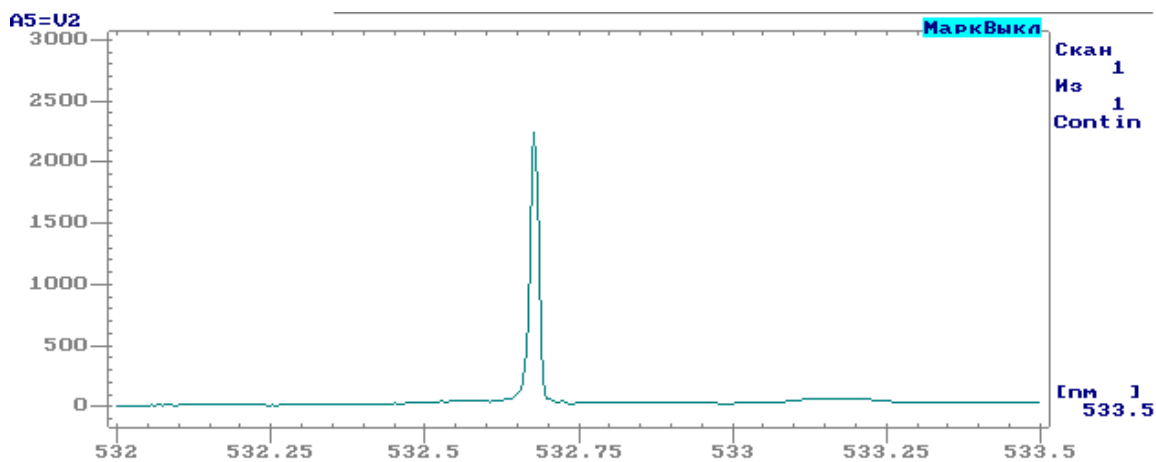


Рис. 2.3. Спектр излучения одночастотного лазера на ванадате с удвоением частоты ($\lambda=532\text{нм}$).

Анализ структуры лазерного пучка показывает, что диаметр пучка на выходе лазера $\approx 1,12\text{мм}$.

Спектр излучения демонстрирует, что лазер генерирует одну продольную моду, т.е. является одночастотным. Выходная мощность лазера 20мВт. Степень горизонтальной поляризации 300:1, эллиптичность 0,96; уровень амплитуды шумов менее 0,5%.

3. Возможность применения в люминесцентной лазерной микроскопии

3.1. Люминесцентная лазерная микроскопия

Люминесцентная микроскопия основана на способности многих веществ биологического происхождения светиться под действием падающего на них света. Люминесценцию обычно возбуждают ультрафиолетовым или фиолетовым светом, а само 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 люминесценции микроскопа. В последние годы достигнуты значительные успехи в разработке компактных, малогабаритных лазеров с диодной накачкой с удвоением или утроением частоты. Представляется перспективным использование таких лазеров в люминесцентной микроскопии в сочетании с ПЗС-камерой и компьютером для цифровой обработки распределения наночастиц в микробиологии. 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.

3.2. Функциональная схема

В работе спроектирован макет лазерного люминесцентного микроскопа с использованием разработанного нами ванадатного излучателя с накачкой одним полупроводниковым лазерным диодом на второй или третьей гармониках в качестве основных источников возбуждения люминесценции микробиологических структур. Функциональная схема такого микроскопа приведена на рисунке 3.1.

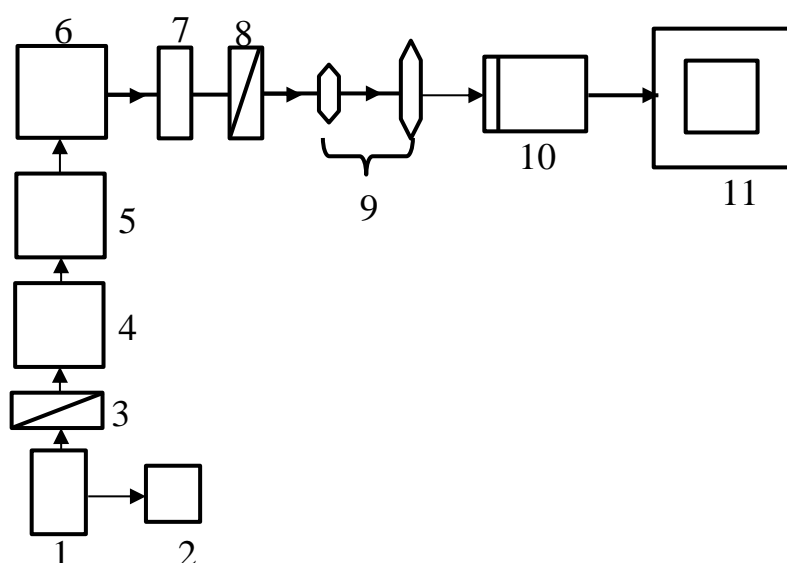


Рис 3.1. Функциональная схема лазерного люминесцентного микроскопа с цифровым анализом оптического изображения.

1. – лазер на ванадате с диодной накачкой и удвоением (532 нм) или утроением (354 нм) частоты;
2. – стабилизированный блок питания 5V;
3. – поляризатор;
4. – конденсор;
5. – объектив;
6. – исследуемый объект;
7. – запирающий светофильтр;
8. – анализатор;
9. – двухкомпонентный телескоп (телескопическая система);
10. – ПЗС-камера;
11. – компьютер.

Излучение лазера на второй или третьей гармонике (1), питаемого стабилизированным источником питания 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. 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.

Заключение

1. Разработан малогабаритный стабильный лазерный излучатель на кристалле ванадата на гармониках мощностью в непрерывном режиме 50 мВт и угловой расходимостью менее 0,45 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.
6. Мотуз В.О., Сарычев Д.С. Применение лазерного сканирования и 3D-моделей в жизненном цикле автомобильных дорог // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. №1 (2) – с. 12-15.
7. Бойков В.Н., Федотов П.А., Пуркин В.И. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог. Москва: МАДИ (ГТУ). 2005. – 224 с.
8. Голышевская В.И., Егорова и др. Люминесцентная микроскопия. 2018. – 36 с.