Научно-исследовательская работа

Физика

Одночастотный лазер на кристалле YVO4: Nd3+ с накачкой одним полупроводниковым лазерным диодом выходной мощностью 1Вт с термостабилизацией и удвоением частоты

Выполнила:

Романова Виктория Романовна, учащаяся 10 класса МАОУ СОШ №2 имени Н.А. Тимофеева Россия, г.о. Бронницы.

Руководитель:

Ашурбеков Сефер Ашурбекович, кандидат технических наук, доцент, педагог дополнительного образования МАОУ СОШ №2 имени Н.А. Тимофеева,

Россия, г.о. Бронницы

2022 г.

Оглавление:

Введение

1. Цели и задачи проекта
2. Проектирование одночастотного лазерного излучателя на кристалле ванадата

2.1. Функциональная схема

2.2. Методика сборки и юстировки лазерного излучателя

1. Возможность применения в люминесцентной лазерной микроскопии

3.1. Люминесцентная лазерная микроскопия

3.2. Функциональная схема

Заключение

Список рекомендуемой литературы

***Введение***

В современном мире лазерные технологии применяются во многих сферах жизни общества. Уровень развития лазерных технологий в России сравним с уровнем наиболее развитых стран. Поэтому техническое направление по лазерной физике в нашей школе соответствует приоритетным направлением науки и техники в России.

В последние годы всё больше развиваются твёрдотельные лазеры с диодной накачкой как компактные, малогабаритные лазеры с высоким качеством лазерного пучка и работающие в широкой области оптического спектра.

***1. Цели и задачи проекта***

В нашем исследовательском проекте были поставлены следующие цели и задачи:

1. Спроектировать лазерный излучатель на одном из самых перспективных активных материалов лазерной техники – на кристалле ванадата YVO4:Nd3+ с накачкой одним полупроводниковым лазерным диодом с мощностью выходного излучения 1 Вт с нелинейным удвоением частоты со стабилизацией температуры активного элемента и диода накачки, селекцией поперечных и продольных типов колебаний резонатора для осуществления одночастотного режима генерации.
2. Разработать оптимальную методику сборки и юстировки лазерного излучателя.
3. Разработать методику цифрового анализа характеристик лазерного пучка с применением ПЗС-камеры. Составить спецификацию лазерного излучателя.
4. Исследовать возможность использования ванадатного излучателя для сканирования автомобильных дорог при проектировании и ремонте.

***2. Проектирование одночастотного лазерного излучателя на кристалле ванадата***

По результатам исследовательского проекта разработан излучатель со следующими характеристиками:

|  |  |
| --- | --- |
| Режим работы | одночастотный |
| Длина волны | 532 нм |
| Диаметр пучка на выходе излучателя | 1,12 мм |
| Угловая расходимость | < 0,45 мРад |
| Рабочее напряжение | < 4,5 В |
| Мощность излучения на выходе излучателя | < 50 мВт |
| Поперечная мода | TEM00 |
| Диапазон рабочей температуры | 10 – 40 °C |
| Максимальная вариация выходной мощности в диапазоне рабочих температур | < 4% |

Практическая ценность результатов – показана возможность эффективного использования ванадатных излучателей в качестве надёжного источника в лазерных дальномерах и для сканирования автомобильных дорог при проектировании и ремонте. Максимальный диаметр лазерного пучка на расстоянии 100 м менее 10 мм.

*2.1. Функциональная схема*

Функциональная схема лазерного излучателя приведена на рисунке 2.1.

12

1

3

3

5

6

7

9

10

11

4

2

8

13

Рис. 2.1. Функциональная схема лазерного излучателя на кристалле YVO4:Nd3+ с накачкой одним полупроводниковым лазерным диодом и удвоением частоты.

1 – стабилизированный источник питания 5V;

2 – плата управления током диода накачки;

3 – лазерный диод накачки;

4 – конденсор;

5 – объектив;

6 – активный элемент;

7 – нелинейный кристалл ниобата лития;

8,9 – зеркала оптического резонатора для второй гармоники 532 нм;

10 – диафрагма;

11 – полупрозрачная пластина;

12 – фотоприёмник;

13 – двухкомпонентный телескоп;

Излучение лазерного диода (3) (700-800 нм) с помощью конденсора (4) и объектива (5) фокусируется на активный элемент (6). Последний вместе с нелинейным кристаллом для удвоения частоты (7) и зеркалами (8,9) установлен в корпусе резонатора. Диод накачки (3) питается от стабилизированного источника питания (1) через плату управления током (2), которая запаивается на основании диода. На выходе излучателя установлен телескоп (13) для формирования необходимого диаметра пучка и его угловой расходимости. Для стабилизации выходной мощности установлен отводной узел, состоящий из полупрозрачной пластины (11), установленной под углом Брюстера к излучению, и фотоприёмника (12), сигнал с которого подаётся в плату управления током (2).

*2.2. 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, 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.

***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.

1

5

6



7

8

9

10

11

2

4

3

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.