

Научно-исследовательская работа
Физика

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДНОЧАСТОТНОГО ЛАЗЕРА НА ВАНДАТЕ
 $\text{YVO}_4:\text{Nd}^{3+}$ С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ И УДВОЕНИЕМ ЧАСТОТЫ**

Выполнили:

Сухов Кирилл Александрович

Учащийся 11 класса

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

Титкова Елена Васильевна

Учащаяся 11 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

Введение

Лазерные технологии относятся к списку критически важных факторов для независимого развития государства, а уровень исследований и разработок лазерных технологий в России сравним с уровнем наиболее развитых стран. Поэтому образовательное и научно-техническое направление по лазерной физике и лазерным технологиям в исследовательской лазерной лаборатории нашей школы соответствует приоритетным направлениям науки, техники и критических технологий в России.

В нашем исследовательском проекте были поставлены следующие цели и задания:

1. Спроектировать лазерный излучатель на одной из самых перспективных активных материалов лазерной техники на кристалле ванадата $YVO_4:Nd^{3+}$ с накачкой одним полупроводниковым лазерным диодом (700-800нм) выходной мощностью излучения 1 Вт с нелинейным удвоением частоты, со стабилизацией температуры активного кристалла и диода накачки, селекцией поперечных и продольных типов колебаний резонатора для осуществления одночастотного режима генерации.
2. Разработать оптимальную методику сборки и юстировки лазерного излучения.
3. Разработать цифровую методику анализа характеристик лазерного пучка с применением ПЗС-камеры. Составить спецификацию лазерного излучателя.
4. Исследовать возможность использования ванадатного излучения в цифровой микроскопии.

1. Проектирование одночастотного лазерного излучения на кристалле ванадата.

В последние годы обозначился бурный рост твердотельных лазеров с диодной накачкой как компактных, малогабаритных лазеров с высоким качеством лазерного пучка и работающих в широкой области оптического спектра – от ультрафиолетовой области (лазеры на 3й и 4й гармониях) до ближней инфракрасной области. Обозначились перспективные направления применения данных лазеров – микроскопия, оптическая локация, навигация, экологический мониторинг; лазерная спектроскопия, клиническая медицина и диагностика (все направления клинической медицины), голография и ее применения.

1.1 Функциональная схема

В нашем проекте реализован действующий макет лазерного излучателя на кристалле ванадата на второй гармонике (532нм) работающий в одночастотном режиме.

Функциональная схема лазерного излучателя приведена на рисунке 1. Накачка активного кристалла производится полупроводниковым лазерным

диодом с $\lambda=700-800\text{nm}$ выходной мощностью 1 Вт. Излучение диода (700-800nm) с помощью конденсора(4) и объектива(6).

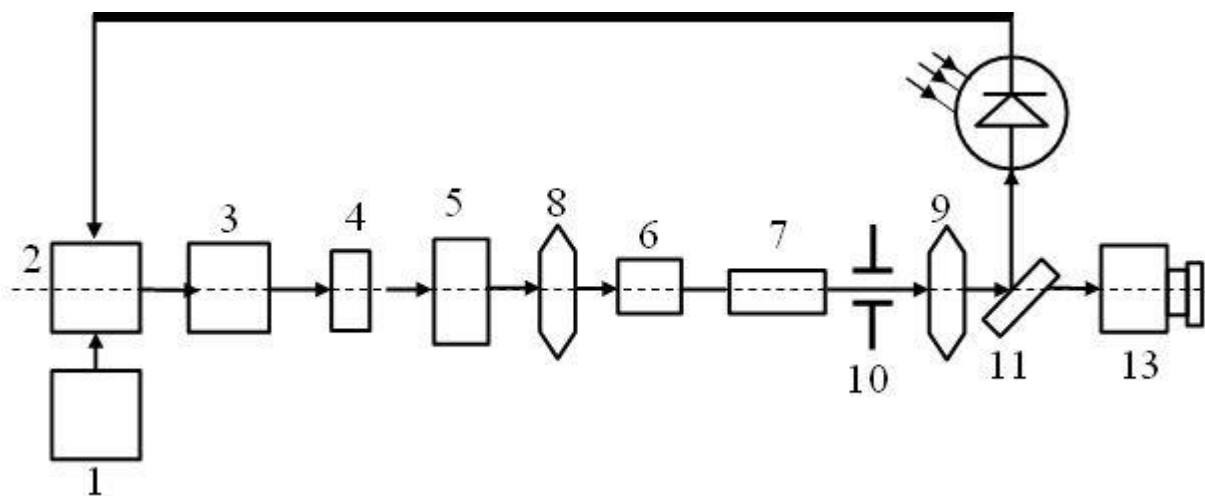


Рис 1. Функциональная схема лазерного излучателя на кристалле $\text{YVO}_4:\text{Nd}^{3+}$ с накачкой одним полупроводниковым лазерным диодом и удвоением частоты.

- 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 резонатора для второй гармоники 532nm;
- 10 – диафрагма;
- 11 – полупрозрачная пластина;
- 12 – фотоприемник;
- 13 – двухкомпонентный телескоп.

направляется на активный элемент в специальной железной оправке для отвода тепла, помещенный в корпус оптического резонатора. Активный элемент и лазерный диод установлены на элементах Пельтье для выбора и удержания оптимальной температуры. В оптический резонатор устанавливаются оптические элементы в специальных оправках – входное зеркало с коэффициентами отражения 0.988, выходное полупрозрачное с коэффициентом пропускания 0,4-0,6 для второй гармоники. Для формирования геометрических параметров выходного излучения на выходе лазерного излучателя установлен двухкомпонентный телескоп. Для плавной регулировки мощности выходного излучения её стабилизации за счёт обратной связи установлен отводной узел, состоящий из полупрозрачной пластины (11), установленный под углом Брюстера к излучению.

1.2 Цифровой анализ профиля лазерного пучка.

Функциональная схема цифрового измерения диаметра лазерного пучка на выходе излучателя и угловой расходимости приведены на рисунках 2 и 3 соответственно.

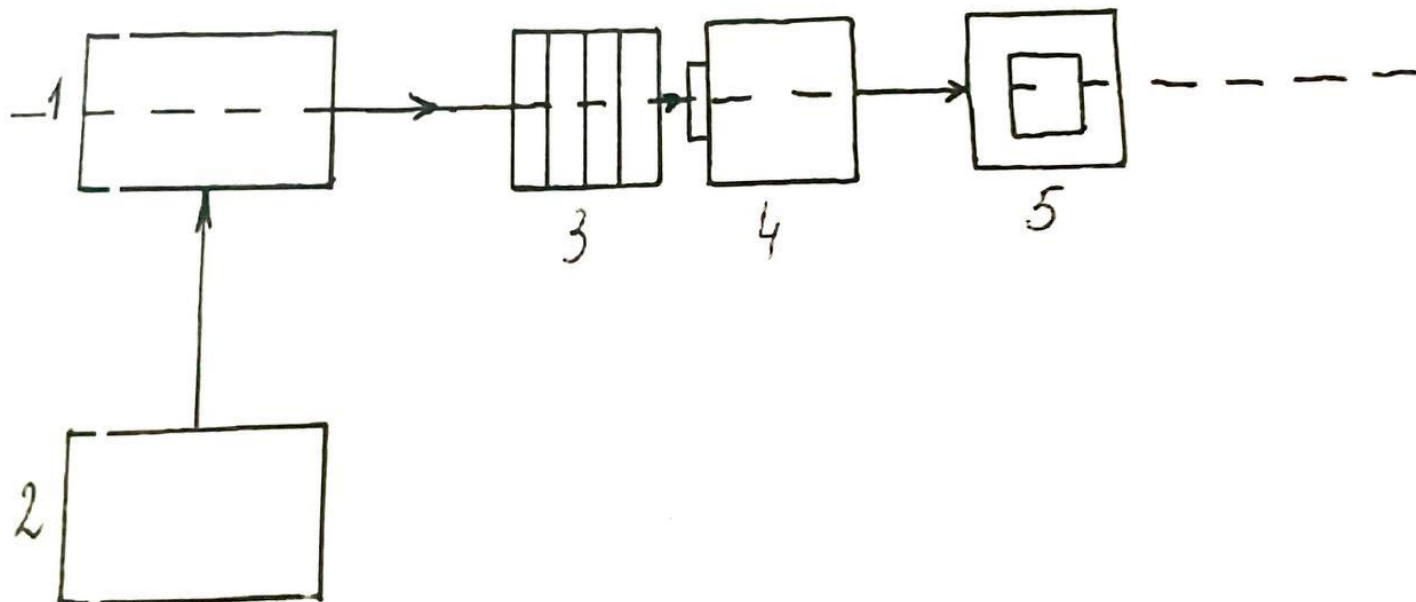


Рис.2 Схема измерения диаметра лазерного пучка на выходе лазера его эллиптичности:

- 1- Лазер на ванадате с диодной накачкой;
- 2- стабилизированный блок питания 5V;
- 3- набор нейтральных фильтров;
- 4- ПЗС-камера;
- 5- компьютер.

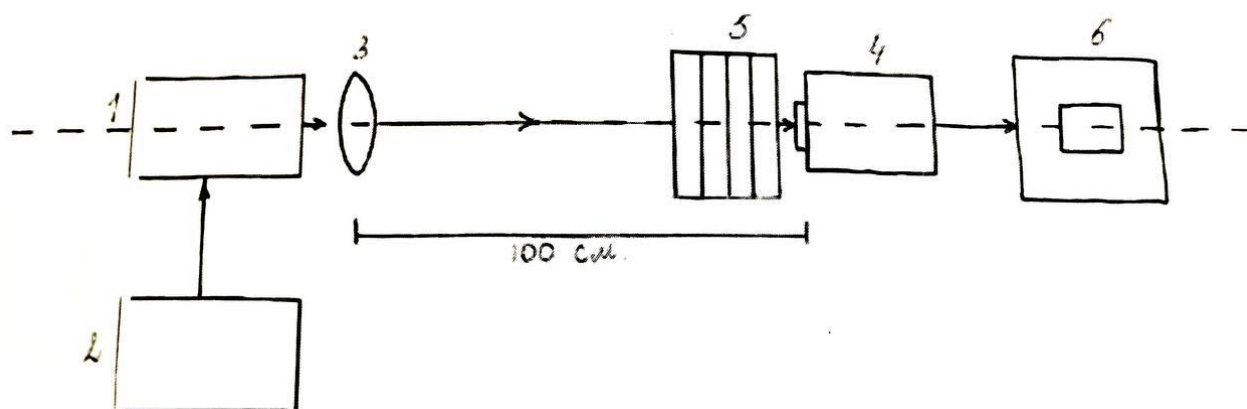


Рис.3 Схема измерения угловой расходимости лазера на ИАГ с диодной накачкой.

- 1- ИК-лазер на ИАГ: с диодной накачкой;
- 2- стабилизированный источник питания 5V;

- 3- собирающая линза с $F=100$ см;
- 4- ПЗС камера;
- 5- набор нейтральных фильтров;
- 6- компьютер.

В качестве примера на рисунке четыре приведён профиль лазерного пучка на расстоянии 5 – 10 см от выходного торца излучателя, на рисунке 5 представлен профиль пучка в фокусе собирающей линзы с фокусным расстоянием 100 см. Анализ рисунков показывает ,что излучатель генерирует одну поперечную моду, диаметр пучка 1, 2 мм ,угловая расходимость 0,56 мРад.

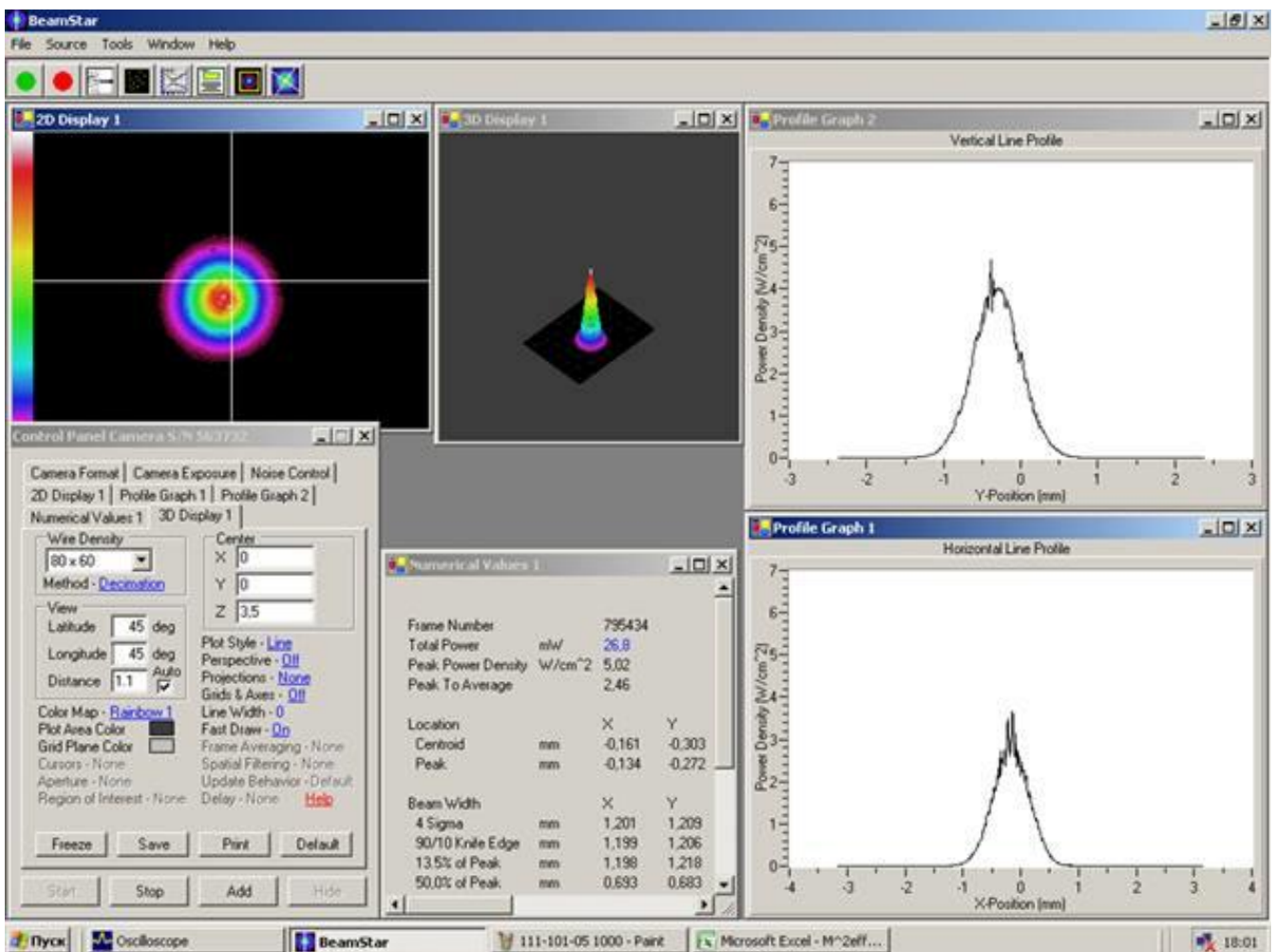


Рис. 4 Профиль лазерного пучка на выходе лазера, полученная с применением ПЗС-камеры компьютера.

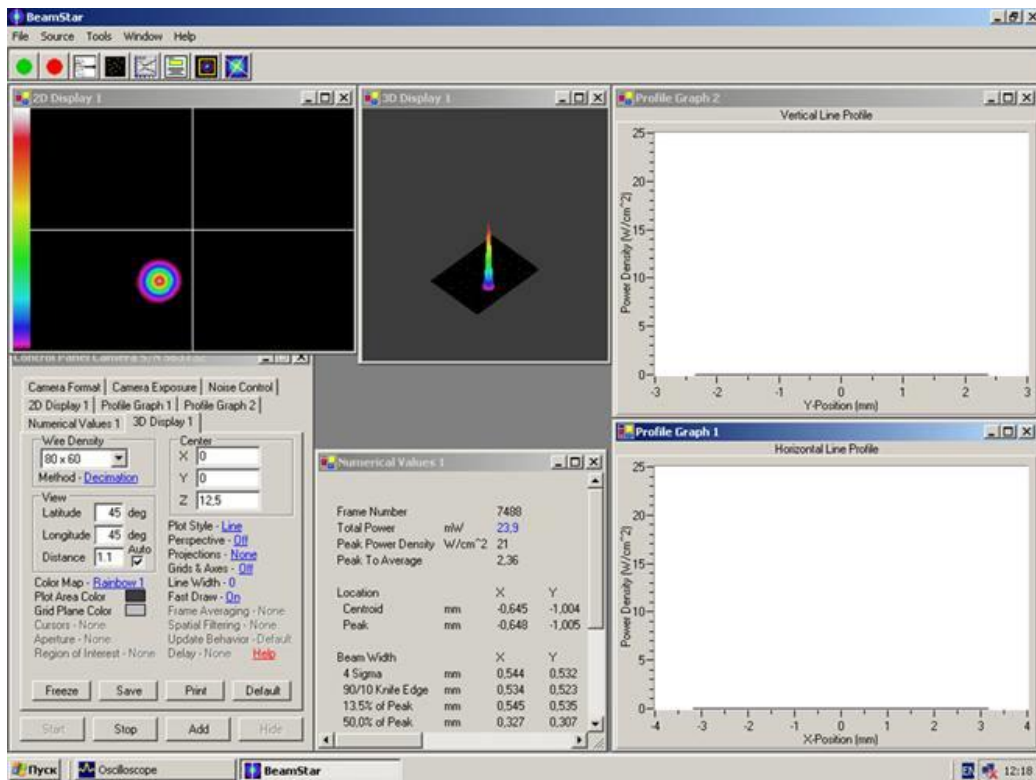


Рис. 5 Профиль лазерного пучка в фокусе собирающей линзы с фокусным расстоянием 1 м.

2. Применение в ванадатного лазера в люминесцентной микроскопии.

2.1 краткая характеристика люминесцентной микроскопии.

Люминесцентная микроскопия основана на способности многих веществ биологического происхождения светиться под действием падающего на них света. Люминесценцию возбуждают обычно 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 люминесцентного микроскопа. В последние годы достигнуты значительные успехи в разработке компактных малогабаритных лазеров с диодной накачкой и удвоением, утроением частоты.

Представляется перспективным использование таких лазеров в люминесцентной микроскопии в сочетании с цифровой ПЗС- камерой и компьютером для цифровой обработки распределения nano частиц в микробиологии.

2.2 Функциональная схема люминесцентного микроскопа. В работе использован действующий макет лазерного микроскопа с использованием разработанного лазерного излучателя.

Функциональная схема люминесцентного микроскопа приведена на рисунке(6). Излучение лазера на второй : шти 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 фото мишень ПЗС-камеры (10), и на экране компьютера (11) формируется видимое изображение люминесцирующих центров структуры. Компьютерная программа проводит цифровой анализ распределения люминесцирующих нано частиц

микробиологической структуры по различным параметрам - размерам, скорости и плотности нано частиц 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. На рисунке 5 представлены характерные картинки оптических изображений люминесцирующих центров микробиологических жидких структур. Представляется целесообразным продолжение исследований по лазерной люминесцентной микроскопии с целью разработки и оптимизации компьютерных программ цифрового анализа распределения люминесцирующих нано частиц по размерам, подвижности и их плотности на оптических изображениях с целью повышения точности диагностики структур в микробиологии.

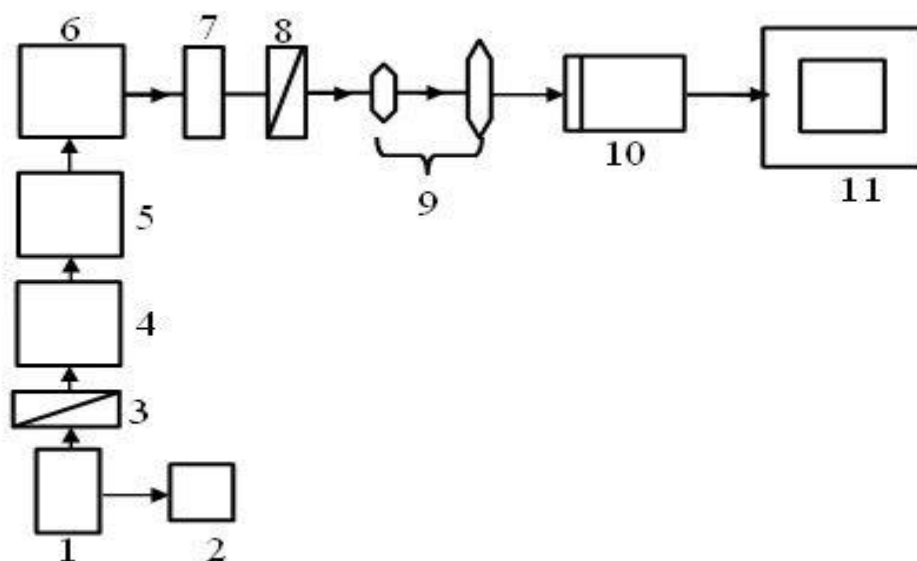


Рис. 6. Функциональная схема лазерного люминесцентного микроскопа с цифровым анализом оптического изображения.

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

Заключение.

1. Разработан малогабаритный стабильный лазерный источник на кристалле ванадата на второй гармонике с угловой расходимостью < 0.45 миллирадиан, мощностью выходного излучения < 20 мВт.

2. Практическая ценность результатов заключается в возможности эффективного использования ванадатного лазера в люминесцентной микроскопии.

3. Присутствует возможность собрать данный излучатель в виде модульной конструкции.

Список литературы.

1. Тарасов Л. В. Физика лазера, 2017. с. 439.
2. Крылов К. И., Прокопенко В. Т., Митрофанов А. С. «Применение лазеров в машиностроении и приборостроении», П. Машиностроение, 1978. с. 336.
3. Русинов М. М. Техническая оптика, 2017. с. 488.
4. Гольшевская В. И., Егорова и др. Люминесцентная микроскопия, 2018. с. 36.
5. Мельникова И. И. Учебное пособие по медицинской оптике. Одесса - 2007.