

Научно- исследовательская работа

Физика

**МНОГОЦЕЛЕВАЯ ЛАЗЕРНАЯ МИКРОСКОПИЯ С ЦИФРОВЫМ
АНАЛИЗОМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ НА ОПТИЧЕСКИХ
ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

Выполнили:

Соснова Алёна Алексеевна

Учащаяся 11 класса

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

Кушнир Юлия Владимировна

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

Вступление

Разработка неразрушающих оптических методов и средств контроля биомедицинских структур в видимой и ближней инфракрасной областях спектра, использующих одновременно несколько физических явлений – оптическое поглощение, оптическое пропускание, фотолюминесценцию, изменение поляризации излучения при взаимодействии объектом исследования – важнейшее направление лазерной интроскопии [1-8].

Использование ПЗС – камер и компьютерных программ цифрового анализа распределения биомедицинских наночастиц оптических изображений позволяет повысить точность диагностики патологий.

Научная техническая новизна проекта состоит в разработке физических и технических принципах лазерной микроскопии с использованием нескольких оптических характеристик одновременно и в цифровой обработке оптических изображений.

В работе были поставлены задачи:

1. Осуществить сборку, юстировку и измерение параметров двух малогабаритных твердотельных лазеров в качестве основных источников излучения в лазерном микроскопе – один непрерывный, одночастотный с диодной накачкой и удвоение частоты (532нм, 20мВт), второй также с диодной накачкой, инфракрасный (1064нм, 100мВт), одномодовый.
2. Разработать действующий макет лазерного микроскопа с возможностью наблюдения структуры объектов на длинах волн лазерного излучения 532нм и 1064нм, как в режиме светлого поля, так и темного при возбуждении фотолюминесценции фиолетовым лазером (405нм) с цифровым анализом оптических изображений.

Основная часть

Функциональна схема лазерного микроскопа приведена на рисунке 1.

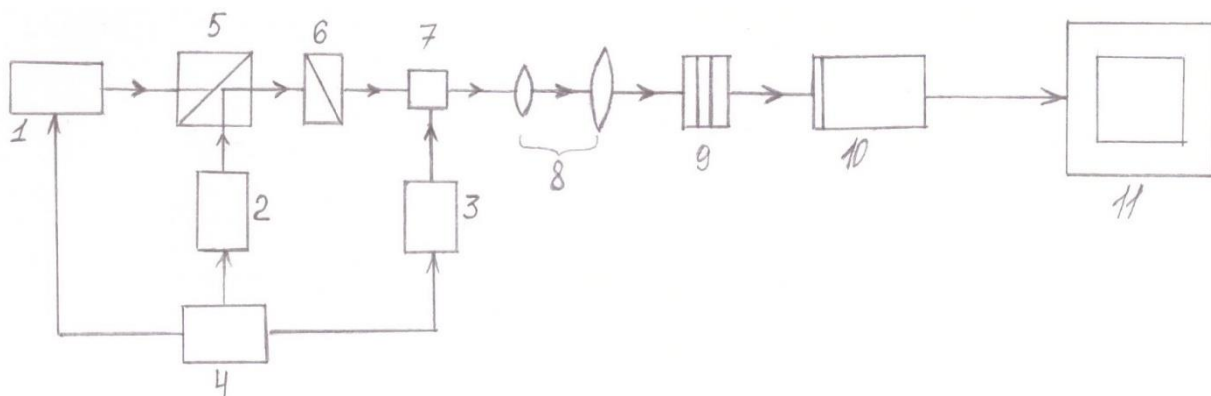


Рис. 1. Функциональная схема лазерного цифрового микроскопа.

- 1- твердотельный лазер с диодной накачкой 1064нм
- 2- лазер с диодной накачкой и удвоением частоты 532нм
- 3- фиолетовый лазер с диодной накачкой для возбуждения фотолюминесценции (режим «тёмного» поля)
- 4- стабилизированный источник питания 5V
- 5- призма-куб
- 6- поляризатор
- 7- исследуемый объект
- 8- телескопическая система
- 9- набор нейтральных фильтров
- 10- ПЗС-камера
- 11- ноутбук

Излучение лазеров (1-2) на требуемой длине волны 532нм или 1064нм дополнительно поляризуется поляризатором (6) и с помощью призмы – куба

направляется на исследуемую структуру (7), прошедшее излучение с помощью телескопической системы с малой глубиной резкого изображения (8) после ослабления набором нейтральных фильтров (9) подаётся на фотомишень ПЗС-камеры(10) и на экране ноутбука (11), наблюдается видимая картина оптического изображения. Это режим «светлого» поля. Режим «тёмного» поля осуществляется возбуждением фотолюминесценции фиолетовым лазером (3) перпендикулярно каналу наблюдения, и на ПЗС- камеру попадает только люминесцентное излучение люминесцирующих наночастиц.

Компьютерная программа выполняет цифровой анализ распределения наночастиц по размерам и плотности на оптическом изображении. Оптико – электронное увеличение лазерного микроскопа составляет 200-1200крат. Разрешающая способность 2-3мкм.

Качество оптического изображения существенно зависит от качества оптических пучков лазеров. С целью оптимизации различных применений лазерных микроскопов в измерительной технике нами в лазерной исследовательской лаборатории нашей школы спроектирована, собрана и отъюстирована линейка компактных лазеров с диодной накачкой с требуемыми характеристиками для целей лазерной микроскопии.

Функциональная схема излучателя с накачкой двумя одноваттными лазерными полупроводниковыми диодами и нелинейным удвоением частоты кристаллом ниобата лития приведена на рисунке 2.

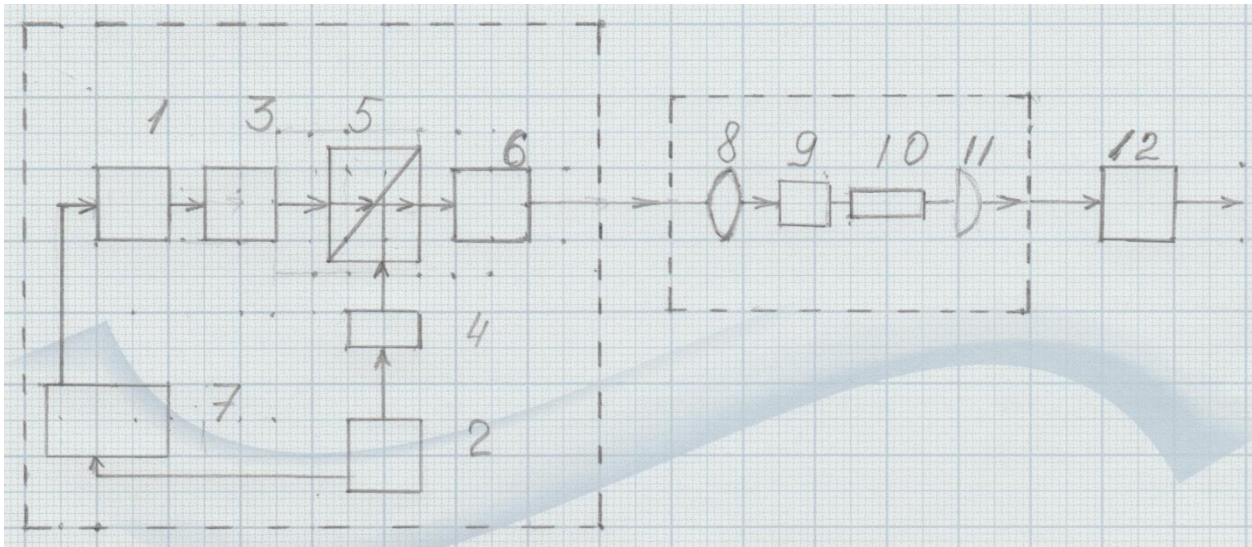


Рис.2 Функциональная схема лазерного излучателя с накачкой двумя лазерными диодами и удвоением частоты

1, 2- одноваттные лазерные диоды накачки

3,4- конденсоры

5- призма-куб

6- объектив

7- стабилизированный источник питания

8, 11- зеркала резонатора

9- кристалл ванадата

10- нелинейный кристалл ниобата лития

12- телескоп

Лазерные полупроводниковые диоды (1, 2) (700-800нм) установлены в осветителе и при юстировке могут в небольших пределах перемещаться в плоскости, перпендикулярной оптической оси, относительно конденсаторов (3, 4). Излучение обоих диодов с помощью с помощью призмы – куба (5) и с объектива (6) фокусируется на кристалл ванадата (9) в медной оправке для отвода тепла. В качестве удвоителя частоты используется нелинейный кристалл ниобата лития LiNbO_3 (10). Оптический резонатор образован двумя зеркалами

(8, 11). Зеркало (8) с коэффициентом отражения 0,99 для зелёной линии 532нм, зеркало (11) – полупрозрачное (коэффициент пропускания 0,4 – 0,6). Для формирования требуемого диаметра пучка на выходе лазера и его угловой расходимости используется телескопическая система (12), состоящая из объектива и окуляра. Лазерные диоды накачки питаются стабилизированным напряжением 5V от источника (7). В работе исследовались оптические характеристики лазера с применением ПЗМ – 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 приведена на рисунку 3, а в фокусе метровой линзы на рисунке 4, характерный спектр излучения лазера приведён на рисунке 5.

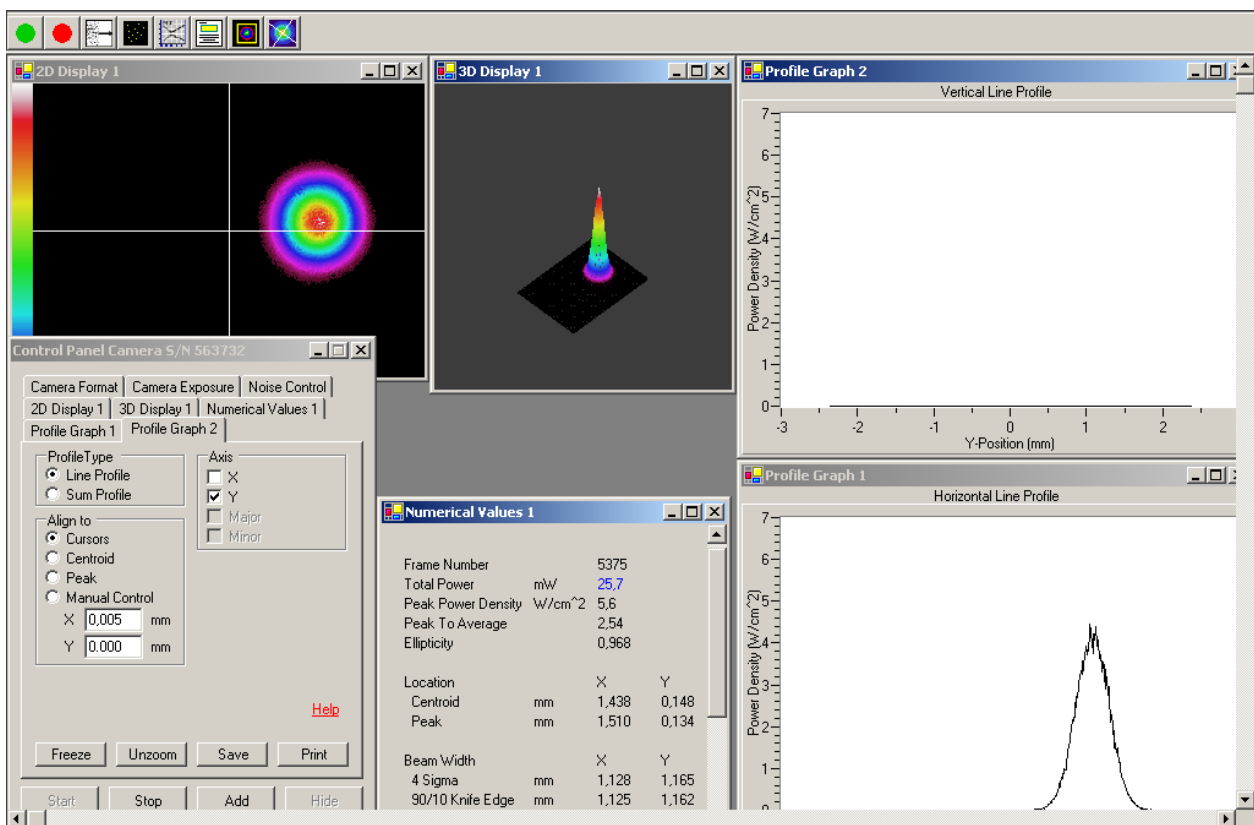


Рис.3. Профиль лазерного пучка на выходе лазера (532нм).

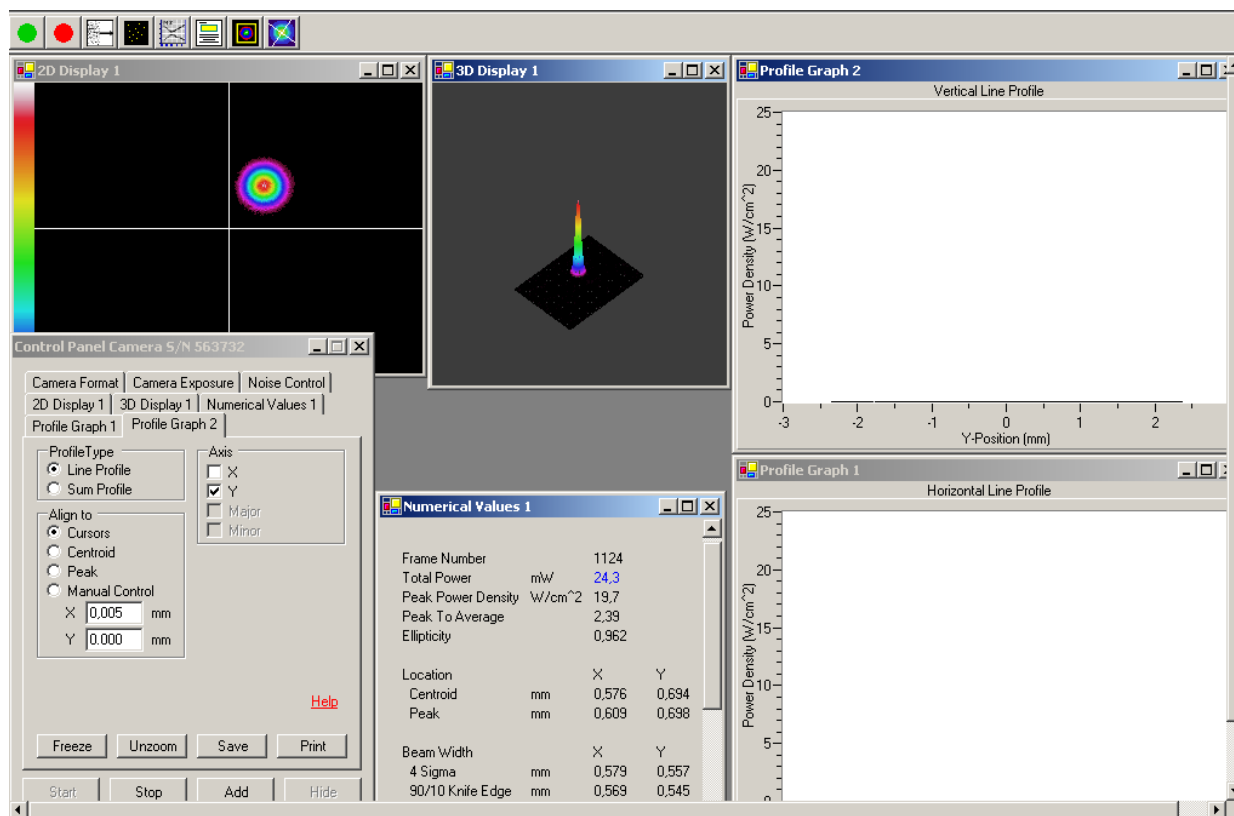


Рис.4. Структура лазерного пучка в фокусе метровой линзы.

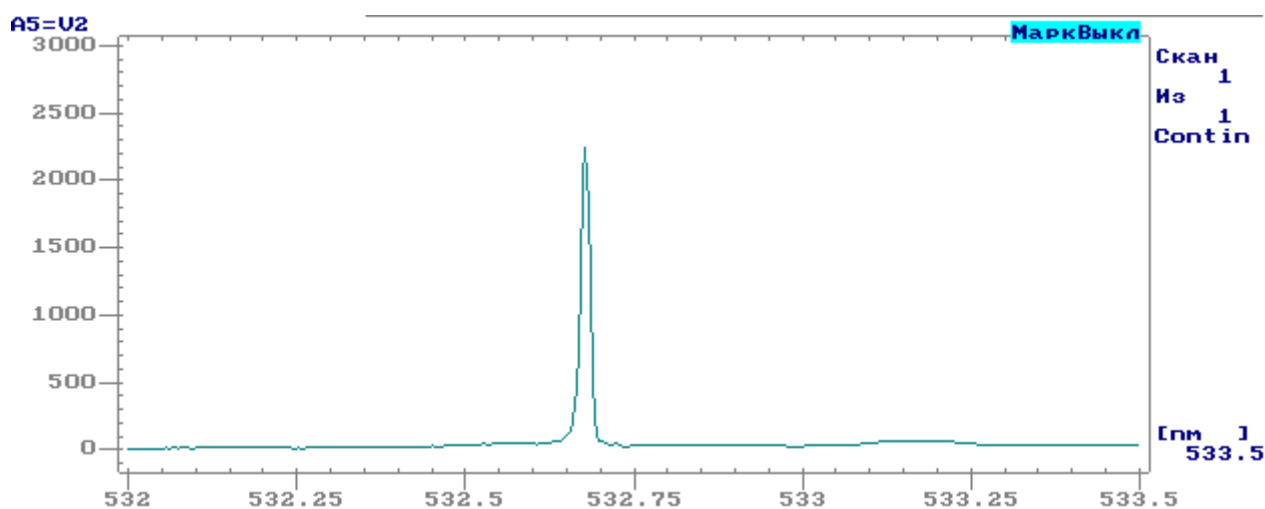


Рис.5. Спектр излучения одночастотного лазера на ванадате с удвоением частоты. Длина волны 532нм.

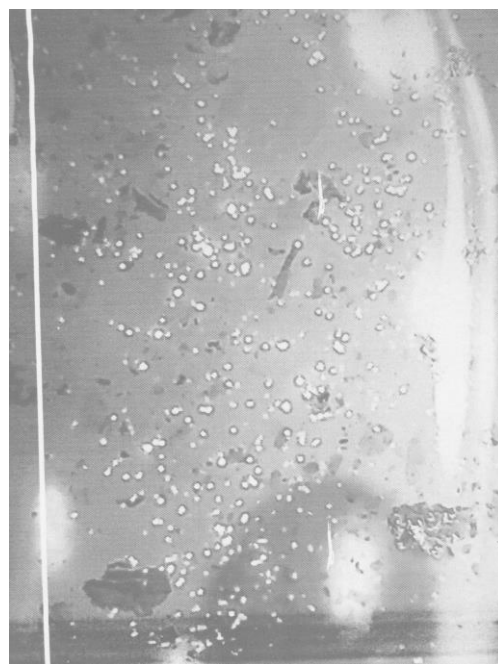
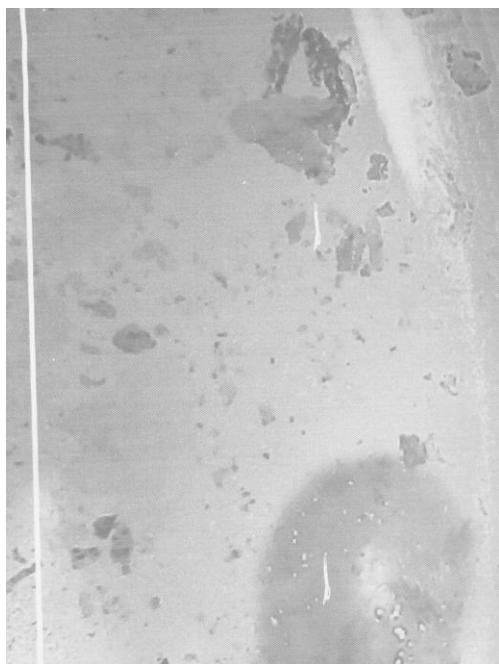
Анализ структуры лазерного пучка показывает, что расходимость излучения составляет $\approx 0,55$ миллирадиан. Диаметр пучка на выходе лазера $\approx 1,12$ мм.

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%.

Заключение

Спроектированные нами компактные стабилизированные диодные лазеры идеально подходят в качестве основных источников излучения для лазерной микроскопии.



Список литературы

1. Ландсберг Г. С. Оптика. М.: физматгиз, 2010г.- с. 846
2. Тарасов Л. В. Физика лазера. 2017г. – с. 439
3. Звелто О. Принципы лазеров. «Мир», 1990г. – с. 557
4. Крылов К. И., Прокопенко В. Т., Митрофанов А. С. « Применение лазеров в машиностроении и приборостроении», Л., Машиностроение, 1978г. – с. 336
5. Райнер К. Микроскопы. Мир книги, 2008г.
6. Тимченко П. Е., Тимченко Е. В., Лазерная конфокальная микроскопия. Методические указания., 2014г. – с. 76
7. Русинов М. М. Техническая оптика., 2017г. – с.488
8. Гольшевская В. И., Егорова и др., Люминесцентная микроскопия., 2008г. – с. 36