

Научно-исследовательская работа

Физика

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОДНОЧАСТОТНОГО ЛАЗЕРА НА ВАНАДАТЕ С  
Nd<sup>3+</sup> С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ И УДВОЕНИЕМ ЧАСТОТЫ**

*Выполнили:*

***Захарченко Владимир Олегович***

*Учащийся 11 класса*

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

***Никитина Олеся 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*

*Бронницы*

2022

## Вступление

Использование лазеров в интерферометрии, спектрометрии предъявляет высокие требования к степени пространственной и временно когерентности излучения [1-6].

Вместе с тем, отсутствуют приборы прямого измерения этих характеристик источников света.

Ранее нами была реализована методика измерения когерентности лазерного источника с использованием классического интерферометра Майкельсона, когда исходная волна с помощью светоделительной призмы расщепляется на два пучка, затем эти пучки сводятся на экране для наблюдения интерференции. Измерения видности интерференционной картины позволяет определить степень временной когерентности длину когерентности [3].

Однако для точной калибровки интерферометра требуется эталонный одночастотный лазерный источник с высокой степенью временной и пространственной когерентности.

Доступные на рынке китайские лазерные указки не обеспечивают стабильных параметров излучения, а одночастотные лазеры для научных исследований весьма дороги для образовательного учреждения.

Поэтому в нашей работе была поставлена цель:

1. Проектировать и осуществить сборку и юстировку излучателя одночастотного твердотельного лазера на кристалле ванадата с примесью ионов  $Nd^{+3}$  с накачкой полупроводниковыми диодами и удвоением частоты с помощью нелинейного кристалла ниобата лития  $LiNbO_3$ .
2. Использовать одночастотный лазер с диодной накачкой для калибровки интерферометра с целью получения устойчивой и качественной интерференционной картины с последующим цифровым измерением видности картины и времени когерентности

пучка.

## Основная часть

Функциональная схема излучателя с накачкой двумя лазерами полупроводниковыми диодами и нелинейным удвоением частоты приведена на рисунке 1.

Лазерные полупроводниковые диоды (1,2) (700-800нм) установлены в осветителе и при юстировке могут в небольших пределах перемещаться в плоскости, перпендикулярной пучку диода относительно конденсоров (3) и (4). Излучение обоих диодов с помощью призмы-куба (5) и объектива (6) фокусируется на кристалле ванадата (9). В качестве удвоителя частоты использован нелинейный кристалл ниобата лития (10).

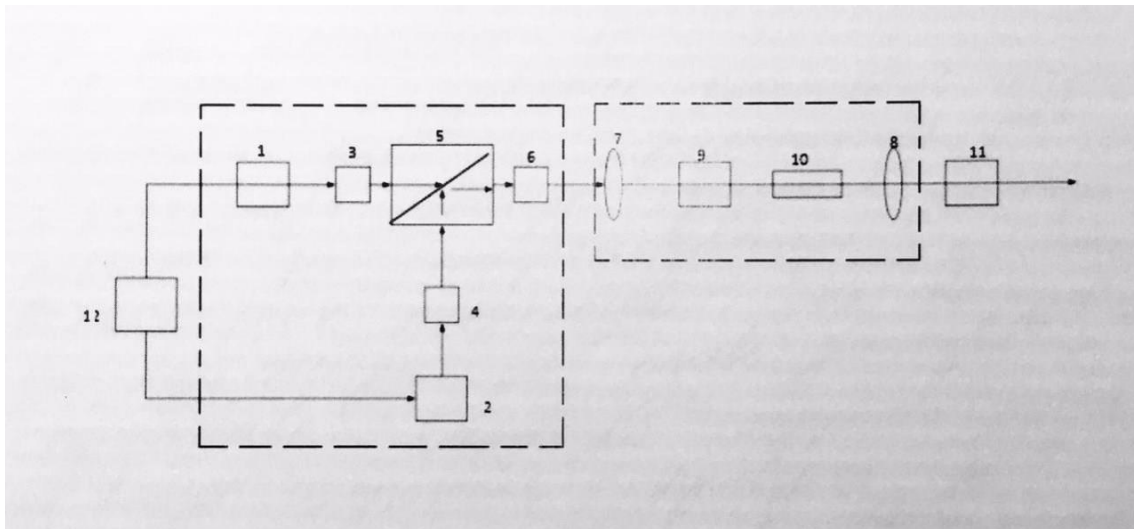


Рисунок 1. Функциональная схема лазерного излучателя с диодной накачкой.

- 1, 2 – полупроводниковые лазерные диоды накачки;
- 3, 4 – конденсоры;
- 5 – призма – куб для юстировки диодов накачки;
- 6 – объектив;
- 7, 8 – зеркало резонатора;
- 9 – кристалл ванадата;

- 10 – нелинейный удвоитель частоты;
- 11 – телескоп;
- 12 – стабилизированный источник питания 5 В.

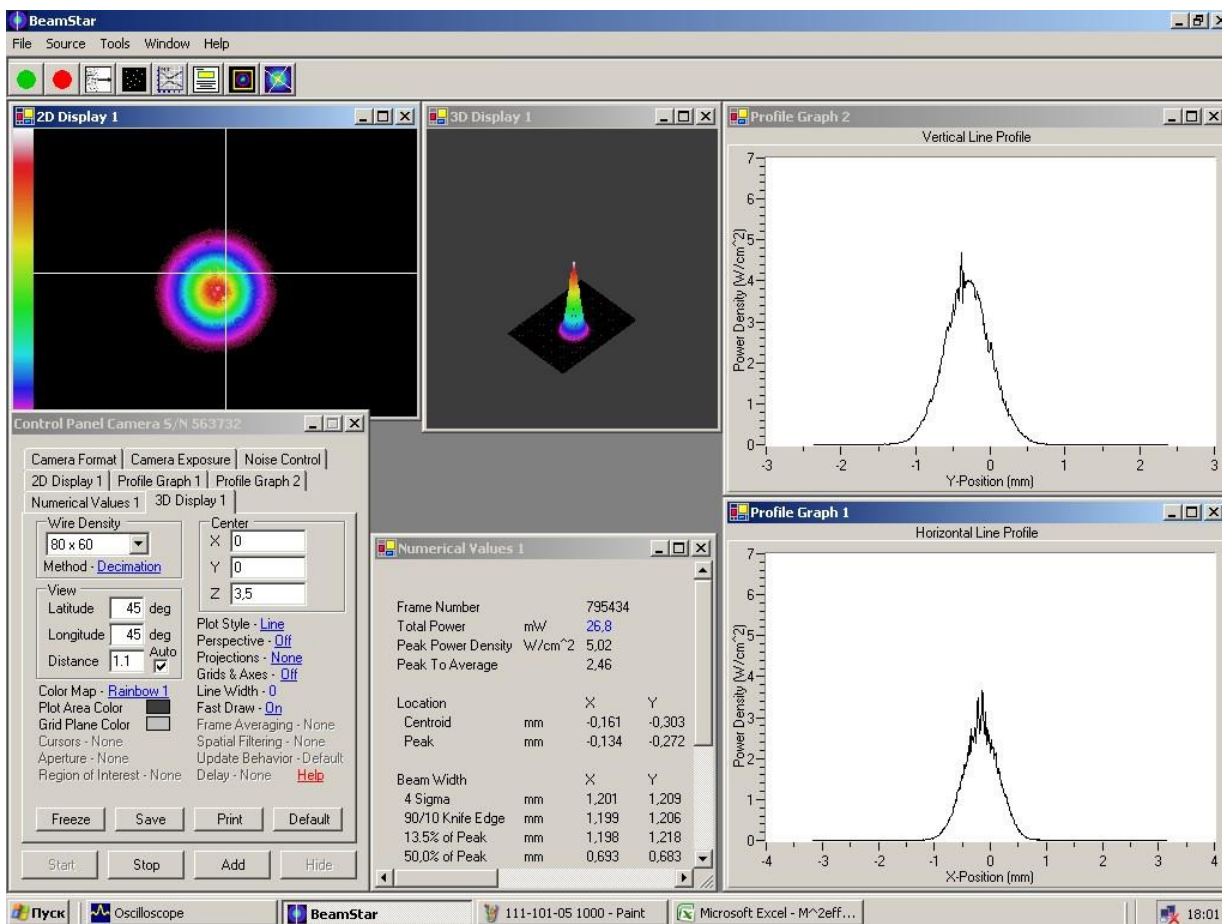


Рисунок 2. Структура лазерного пучка на выходе, полученная с помощью ПЗС – камеры на экране компьютера.

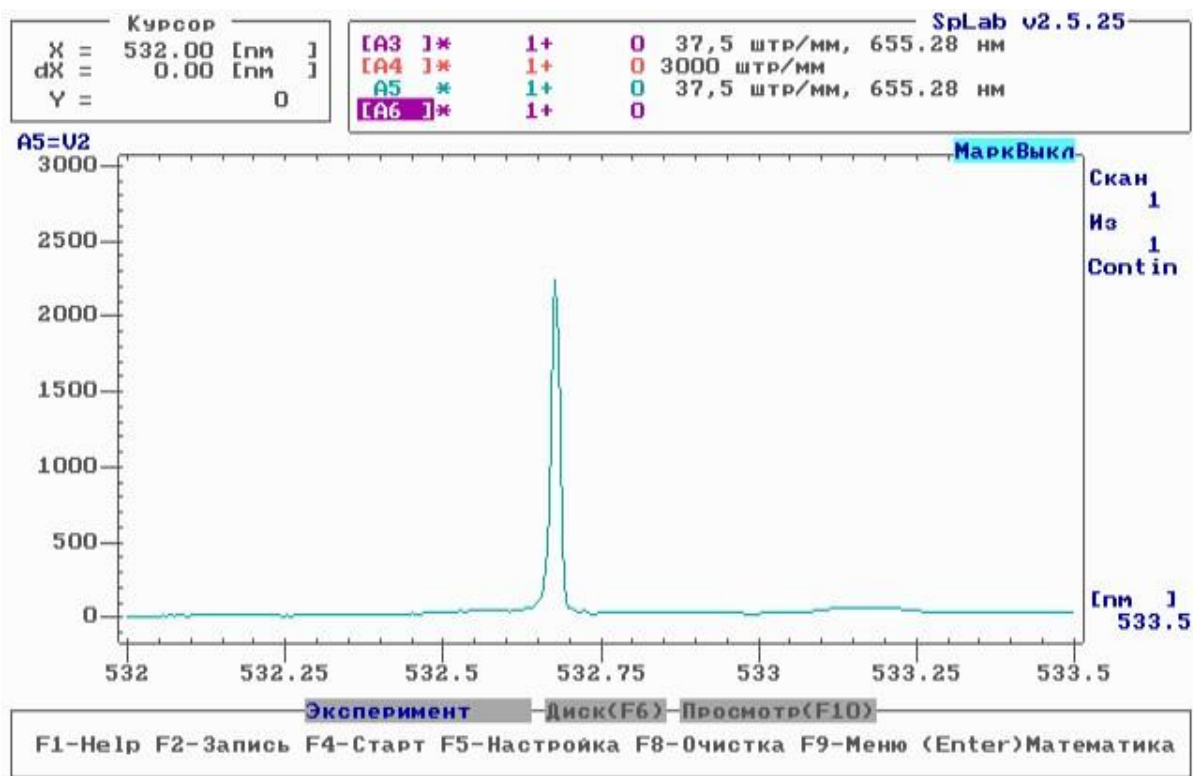


Рисунок 3. Спектр излучения одночастотного лазера на ванадате с удвоением частоты. Длина волны 532 нм.

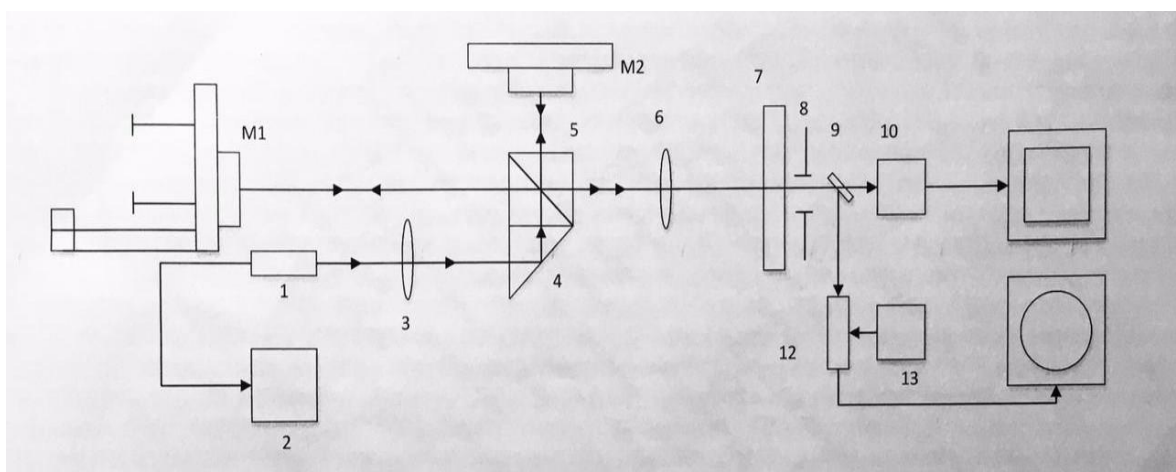


Рисунок 4. Схема интерферометра Майкельсона для измерения когерентности источников света.

1 – лазер одночастотный с диодной накачкой (длина волны 532 нм, мощность 20 мВт);

- 2 – блок питания лазера на 5 V постоянного напряжения;
- 3 – короткофокусная линза;
- 4 – поворотная призма полного внутреннего отражения;
- 5 – делитель пучка – призма – куб;
- 6 – длиннофокусная линза с фокусным расстоянием 1 метр;
- 7 – экран;
- 8 – диафрагма;
- 9 – полупрозрачная пластина;
- 10 – цифровая ПЗС –камера;
- 11 – компьютер;
- 12 – фотоэлектронный умножитель (ФЭУ);
- 13 – блок питания ФЭУ;
- 14 – осциллограф;
- M1 – подвижное зеркало с отчетным устройством;
- M2 – неподвижное зеркало плоское.

Оптический резонатор образован двумя зеркалами (7) и (8). Зеркало (7) с коэффициентом отражения 0,99 для зелёной линии 532нм, зеркало (8) – полупрозрачное с коэффициентом пропускания 0,4÷0,6. Для формирования требуемого диаметра пучка и его расходимости используется телескопическая система (11), состоящая из объектива и окуляра.

Лазерные диоды (номинальный ток 2А) питается стабилизированным напряжением 5 V от источника 12.

В работе исследовались оптические характеристики лазера с применением ПЗС–камеры и компьютера, спектры измерения регистрировались на спектрофотометре с применением компьютерных технологий на оборудовании ООО «Лазер-экспорт» на основе договора о сотрудничестве. Профиль лазерного пучка на выходе излучателя приведен на рисунке 2, характерный спектр излучения – на рисунке 3. Анализ экспериментальных результатов показывает, что лазер генерирует одну продольную моду, то есть является

одночастотным.

Данный лазер, проектированный в нашей работе, использован для калибровки интерферометра Майкельсона с целью измерения видности интерференционной картины, которая равна модулю степени временной когерентности [3].

Функциональная схема интерферометра Майкельсона приведена на рисунке 4. Когерентный пучок света от лазера (1) призмой полного внутреннего отражения направляется на расщепление пучка (призма-куб) (5). Один пучок света проходит через призму в направлении пучка лазера, отражается от неподвижного плоского зеркала M2, возвращаясь в призму, отражается от нее и идет на экран (7). Далее через отверстие в нем попадает на экран ПЗС – камеры, если на фотоэлектронный умножитель для измерения интенсивности света в центре темной и светлой полосы интерферограммы. Другой пучок отражается от призмы и идет под прямым углом к первоначальному лучу лазера к другому подвижному плоскому зеркалу M1, отражается от него, возвращаясь в призму, проходит ее и идет на экран.

На экране накладываются две когерентные волны от одного и того же источника и интерферируют. Компьютерная обработка сигнала с ПЗС – камеры позволяет измерить видность интерференционной картины, а также время и длину когерентности.

Подвижное зеркало M1 имеет механизм точной юстировки. Задача юстировки – точно соединить отраженные от зеркал M1 и M2 пучки на призме – делителя и пустить их по одной оптической оси на экран.

Если юстировка выполнена некачественно или пучок плохо сколлимирован (имеет большую угловую расходимость) получение четкой интерференционной картины будет затруднено.

В начале эксперимента расстояние до зеркал M1 и M2 устанавливается одинаковым. Наблюдаем четкую интерференционную картину с максимальной видностью. Затем сдвигаем подвижное зеркало M1 на 2 см. При этом разность хода пучков изменится на 4 см. Подстраиваем интерферометр до получения качественной интерференционной картины и опять измеряем видность



картины, она немного уменьшается. Сдвигая зеркало несколько раз до исчезновения интерференционной картины, когда разность хода оказывается больше длины когерентности лазера.

В нашей работе исследовалась когерентность различных лазеров, включая китайские лазерные указки. Наибольшая когерентность света наблюдалась в лазерах с эталоном Фабри-Перо, обеспечивающих одночастотный режим. Исследованный нами одночастотный лазер с диодной накачкой имел длину когерентности 3 м.

Для He-Ne лазера (длина резонатора 40 см) длина когерентности составила 11 см. Наименьшая степень когерентности наблюдалась у полупроводниковых лазеров и лазерных диодов в силу особого механизма генерации и относительно большой угловой расходимости.

## **Заключение**

Все это делает весьма актуальным продолжение исследований в данном направлении с целью разработки промышленного варианта прибора для измерения когерентности источников света с примененным ПЗС – камеры для компьютерной обработки интерферограммы по специальной программе.

## Список литературы.

1. Русинов М.М. Техническая оптика 2017., 488 с.
2. Тарасов Л. В. Физика лазера. изд 5-е, – М.: Пенад, 22017, 456 с.
3. Звелто О. Принципы лазеров. Перевод с английского. М.: Мир, 1990, с.558
4. Рябухо В. П. Лякин Д. В. Эффекты продольной пространственной когерентности света в интерференционном эксперименте. Оптика и спектроскопия, 2005, Т.48, В.2, с. 309–320.
5. Ландсберг Г.С. Оптика. М.: физматлит, 2010, с. 846
6. Пойзнер Б.И. Физические основы лазерной техники. Учебное пособие, Инорра – М, 2017