

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НОВГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ЯРОСЛАВА МУДРОГО»

МАТЕРИАЛЫ ДОКЛАДОВ СТУДЕНТОВ

Часть 2

*XXIII научная конференция
преподавателей, аспирантов и студентов НовГУ
21 – 26 марта 2016 года*

Великий Новгород
2016

УДК 001
Т29

Печатается по решению
РИС НовГУ

Т29

Материалы докладов студентов. Ч. 2. XXIII научная конференция преподавателей, аспирантов и студентов НовГУ. Великий Новгород, 21 – 26 марта 2016 г. / Сост. Г.В. Волошина, Т.В. Прокофьева; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2016. – 202 с.

УДК 001

© Новгородский государственный
университет, 2016
© Авторы статей, 2016

А.И. Тимофеев, магистрант
Н.П. Корнышев, научный руководитель

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСХОДИМОСТИ ЛАЗЕРНОГО ЛУЧА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Известно, что пространственные свойства излучения лазеров определяются распределением интенсивности и фазы колебаний в пространстве. Распределение интенсивности излучения в поперечном сечении пучка характеризует вид и размер пятна, а по направлениям — вид диаграммы направленности и расходимость пучка [1, 2]. При изучении расходимости лазерного излучения принципиально важными являются два вопроса: какую минимальную расходимость пучка можно получить, и при каких условиях измерения расходимости дают однозначный результат.

Так как вблизи излучающей апертуры лазера пространственное распределение имеет сложную конфигурацию, то в большинстве случаев практический интерес представляет измерение данной характеристики, в так называемой, дальней зоне. Дальняя зона (или *зона Фраунгофера*) определяется, как область пространства вдоль оси лазерного пучка, расположенная на таком расстоянии от излучателя лазера, начиная с которого диаграмма направленности лазерного излучения остается постоянной [3]. Ширину диаграммы направленности в дальней зоне количественно характеризуют углом

расходимости лазерного излучения, который определяется как плоский или телесный угол, характеризующий ширину диаграммы направленности лазерного излучения в дальней зоне по заданному уровню углового распределения энергии или мощности лазерного излучения, определяемому по отношению к его максимальному значению [3]. Указанный параметр обычно нормируется при выпуске лазеров из производства.

Для практического определения угла расходимости лазерного излучения используют три основных метода [4]: 1) метод сечений; 2) метод регистрации диаграммы направленности; 3) метод фокального пятна.

Наиболее простым и часто используемым на практике является метод сечений, при котором расходимость излучения определяют путём измерения в дальней зоне диаметров двух поперечных сечений пучка d_1 и d_2 , отстоящих друг от друга на расстоянии ΔL (см. рис.1), и последующего вычисления искомого угла Θ по формуле

$$\Theta = 2 \arctg \frac{d_2 - d_1}{2 \Delta L}.$$

Измерения параметров d_1 и d_2 производятся здесь по одному и тому же критерию, а именно: по заданному уровню интенсивности либо заданной доле энергии (мощности).

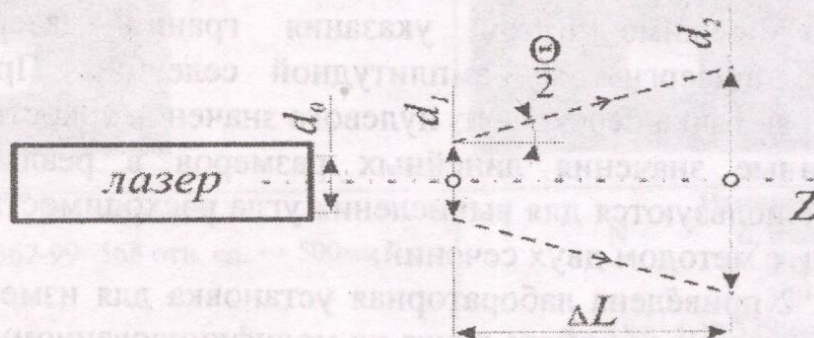


Рис.1 Методы определения угла расходимости лазерного излучения

В известных работах [1,2,5,6] реализация метода сечений предполагает расположение матричного фотоприемника в дальней зоне на фиксированном расстоянии ($\approx 1-3$ м) от источника лазерного излучения. Такой вариант реализации метода сечений удобен, поскольку не требует большого помещения, однако не обеспечивает достаточной точности из-за сравнительно малой разности размеров сечений пятна и, следовательно, повышенной относительной ошибки измерения.

Более точное измерение обеспечивается при увеличении разности размеров сечения пятна. Это достигается при увеличении расстояния от источника излучения до плоскости изображения и фронтальном расположении фотоприемника с возможностью масштабирования изображения пятна и калибровкой телевизионного измерителя по эталонному изображению линейки.

Рассматриваемый в статье модифицированный метод измерений может быть охарактеризован, как метод двух сечений с фронтальным расположением фотоприемника, инвариантный к масштабированию изображения лазерного пятна. При этом фиксируются два изображения лазерного пятна в двух

сечениях разнесенных на расстояние не менее 10-20м. При этом производится оптическое масштабирование телевизионного изображения пятна таким образом, чтобы обеспечить достаточно большой его горизонтальный размер (по возможности не менее $1/3$ части от соответствующего размера кадра). В наблюдаемом поле зрения должен располагаться эталонный объект (линейка) для последующей калибровки телевизионной измерительной системы.

Обработка полученных изображений в телевизионной измерительной системе сводится к следующим операциям:

- выполняется амплитудная селекция – ограничение сигнала снизу на выбранном уровне квантования с целью отсекаания фона, для удобства проведения последующих измерений;

- производится калибровка системы путем измерения линейных горизонтальных размеров эталонных объектов в относительных единицах (число тактовых импульсов заполнения видеосигнала пятна на выбранном уровне квантования). Измерение производится в интерактивном режиме путем указания границ эталонного объекта. Вводятся истинные значения эталонных объектов в реальных единицах (например, мм).

- вычисляются коэффициенты калибровки, на которые в дальнейшем будут умножаться измеряемые в относительных единицах искомые значения горизонтальных размеров лазерных пятен. Измерение производится также в интерактивном режиме путем указания границ лазерных пятен по изображению, подвергнутому амплитудной селекции. При этом граница определяется как точка перехода из нулевого значения яркости в не нулевое.

Полученные значения линейных размеров в реальных единицах в дальнейшем используются для вычисления угла расходимости лазерного пучка в соответствии с методом двух сечений.

На рис. 2 приведена лабораторная установка для измерения пространственных характеристик лазерного пучка по модифицированному методу двух сечений, где ПЗС-камера (1) размещена в плоскости лазерного источника излучения (3).

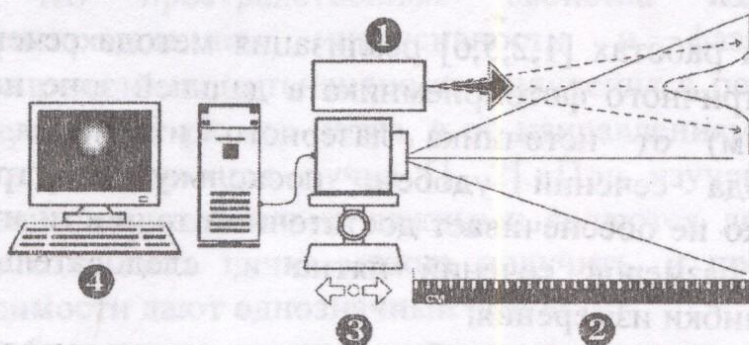


Рис.2 Блок-схема лабораторной установки

В качестве ПЗС-камеры используется цифровая видеокамера фирмы SONY (DSR-TRV230E) со следующими характеристиками: 1) формирователь изображения (1/6-дюймовый ПЗС) обеспечивает приблизительно 800000 элементов изображения; 2) комбинированный объектив с приводным трансфокатором обеспечивает 25-кратное увеличение; 3) фокусное расстояние объектива (2,4-60) мм; 4) изображение на экране ЖКД (6,2 см (2,5 дюйма) по диагонали) имеет размеры 50,3х37,4 мм.

В составе лабораторной установки также имеются: фотометрическая скамья, источник питания Б5-47 (12В, 3А), ПЭВМ (4) с устройством видео-захвата Aver DVD EZ Maker Gold, программным обеспечением для съемки с усреднением видеопоследовательности Videomix и программным обеспечением для анализа изображений и измерения линейных размеров Gel Analysis, защитные очки и линейка (2). На рис.3,4 приведены примеры изображений лазерного пятна в процессе измерения его линейных размеров.

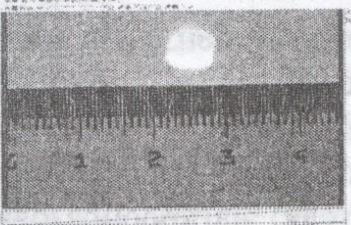
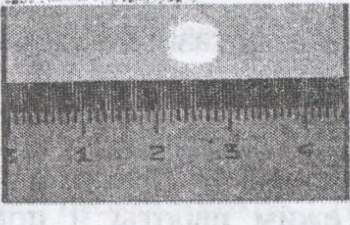
										
Калибровка $(x_2 - x_1) = 670 - 16 = 654$ отн.ед. $\leftrightarrow 40$мм	Измерение <table><tr><th>N</th><th>d, mm</th><th>I, отн. ед.</th></tr><tr><td>1</td><td>22</td><td>0</td></tr><tr><td>2</td><td>28</td><td>0</td></tr></table> $d_1 = (x_2 - x_1) = 28 \text{ мм} - 22 \text{ мм} = 6 \text{ мм}$	N	d, mm	I, отн. ед.	1	22	0	2	28	0
N	d, mm	I, отн. ед.								
1	22	0								
2	28	0								

Рис.3 Форма пятна на расстоянии 1 м

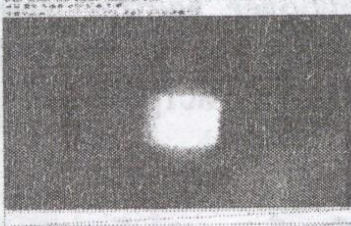
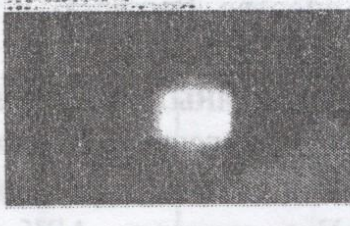
										
Калибровка $(x_2 - x_1) = 667 - 99 = 568$ отн. ед. $\leftrightarrow 500$мм	Измерение <table><tr><th>N</th><th>d, mm</th><th>I, отн. ед.</th></tr><tr><td>1</td><td>202</td><td>0</td></tr><tr><td>2</td><td>329</td><td>0</td></tr></table> $d_2 = (x_2 - x_1) = 329 \text{ мм} - 202 \text{ мм} = 127 \text{ мм}$	N	d, mm	I, отн. ед.	1	202	0	2	329	0
N	d, mm	I, отн. ед.								
1	202	0								
2	329	0								

Рис.4 Форма пятна на расстоянии 20 м

Литература

1. Климков Ю.М. Основы расчета ОЭП с лазерами. М.: Советское радио, 1978. 264 с.
2. Метод. указ. к лаб. работам по дисц. «Лазерная техника»: учеб.-метод. пос. / сост. А.В. Скрипник. под ред. В.Ю. Храмова. СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. 64 с.
3. ГОСТ 24453-80 Измерения параметров и характеристик лазерного излучения. Термины, определения и буквенные обозначения величин.
4. ГОСТ 26086-84 Лазеры. Методы измерения диаметра пучка и энергетической расходимости лазерного излучения.
5. Потёмкин Ф.В., Михеев П.М. Измерение пространственных характеристик лазерного пучка // Тр. конф. «Измерения и автоматизация 2006». М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2006. С.68-73.
6. Патент 2547163 РФ, МПК G01J1/00, G01J1/10. Способ измерения параметров и характеристик источников излучения / Пантюшина Е.Н., Чертов А.Н., Коротаев В.В., Горбунова Е.В., Перетягин В.С.; заяв. и патентообл. ФГАОУ ВО СПб. уни-тет ИТМО. № 2013158588/28; заявл. 27.12.2013; опубл. 10.04.2015. Бюл. №10. 19 с.