

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРОВ ДЛЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

COMPARATIVE RESEARCH OF PARAMETERS OF LASERS FOR MEASURING SYSTEMS

Москва, Московский государственный технический университет «МАМИ»
Moscow, Moscow State Technical University «MAMI»

The research of parameters of radiation of different phylums of lasers will allow considerably to increase accuracy of measurements at the expense of the count of stabilities of radiation of used lasers, and also to apply cheaper phylums of lasers with the conforming righting systems of their parameters.

Is established, that the divergence of a beam (ray) of the semiconducting laser is much higher, than gas; however it is patched by application of collimating optical systems.

The instability of the directional diagram of semiconducting lasers on the average is higher the order, than for gas, that is explained in particular (personally) by noise of modal distribution and more broad radiation spectrum, and accordingly, demands application of high-performance methods of stabilization.

С целью разработки высокоточных лазерных измерительных систем необходимо исследовать параметры излучения различных типов и экземпляров излучателей. Это позволит значительно повысить точность измерений за счет учета нестабильностей излучения применяемых лазеров, а также применять более дешевые типы лазеров с соответствующими системами стабилизации их параметров.

Экспериментальные исследования проводятся в рамках научных и исследовательских работ кафедры «Автоматика и микропроцессоры» МГТУ «МАМИ», а так же в ходе выполнения работ по научно-исследовательской теме министерства науки и технологий РФ, руководителем которой является проф. Веденов В.М.

Наиболее важные эксперименты дублируются в вечернее время, а также летом, с целью исключения влияния на точность получаемых результатов сторонних стохастических факторов. Достоверность результатов экспериментов проверяется многократно повторяемыми опытами.

Лазер, применяемый в измерительной системе, должен отвечать следующим требованиям: высокая надежность; малый угол расходимости луча; одномодовый режим работы; видимый спектр излучения; стабильность параметров во времени.

Наиболее полно характеристики лазерного излучателя определяются его углом расходимости луча, нестабильностью диаграммы направленности (ДНЛ) и величиной амплитудно-фазовых флуктуаций интенсивности излучения во времени. По указанным параметрам были проведены экспериментальные исследования различных излучателей.

Объектами экспериментальных исследований являлись лазерные излучатели, использующиеся или предлагаемые к использованию в опорных лазерных осеметрических системах с двумя оптически обращенными каналами (ЛИС ДОК), а также разработанные оптические элементы и блоки ЛИС ДОК.

Проведенные экспериментальные исследования можно подразделить на следующие основные фазы:

- исследование основных физических характеристик излучения используемых лазерных излучателей: диаметра луча, расходимости излучения и однородности лазерного зонда;
- исследование нестабильности диаграммы направленности лазерного излучения используемых типов лазерных излучателей;
- исследование оптического блока ЛИС ДОК, предназначенного для осеметрических измерений, и экспериментальная проверка математических моделей;
- исследование макета лазерной измерительной системы с двумя оптически обращенными каналами.

Расходимость пучка излучения определяется методом двух сечений (рис. 1 и рис. 2) путем измерения диаметров пучка d_1 и d_2 . Измерения диаметров d_1 и d_2 производятся по заданному уровню интенсивности. Согласно этому методу искомый угол вычисляется по формуле:

$$\Theta = 2 \cdot \arctg[(d_2 - d_1) \cdot 2 \cdot L]$$

Установлено, что расходимость луча полупроводникового лазера существенно выше, чем газового; однако это исправляется применением коллимирующих оптических систем. Большинство производимых полупроводниковых лазерных модулей оснащаются встроенной оптической коллимирующей системой.

Для исследования нестабильности диаграммы направленности лазеров была создана экспериментальная установка (рис. 3), позволяющая регистрировать дрейф энергетического центра лазерного зонда. Установка состоит из оптической скамьи 1, на которой установлен позиционно-чувствительный фотоприемник на юстировочной подставке 2, которая жестко закреплена струбциной 3. Рядом с фотоприемником смонтирован прецизионный предусилитель 4. С противоположной стороны оптической скамьи установлено оптическое юстировочное кольцо 5, в котором закреплен лазер 6 (на фото показан газовый лазер ЛГН-207). С предусилителя 4 сигнал поступает на оконечный прецизионный усилитель постоянного тока 7, и затем, на регистрирующий прибор.

Прецизионный усилитель постоянного тока был разработан специально для данной экспериментальной установки. Усилитель собран на прецизионных малошумящих операционных усилителях с нулевым напряжением смещения.

Разработанный усилитель питается через высокостабилизированный импульсный вторичный источник питания с двуполярным напряжением 12 вольт.

Разработанный усилитель имеет возможность установить любой коэффициент усиления от 4 до 1000000. Данный усилитель может быть применен как в составе самих лазерных измерительных систем, так и для экспериментального исследования параметров лазерных излучателей.

В качестве регистрирующих приборов использовались милливольтметры, а также 4-х канальный электронный самописец модели Н338-4П, высокоточный двухканальный цифровой осциллограф модели С1-116, имеющий полосу пропускания 250 МГц и оснащенный цифровым мультиметром (на фото не показаны).

Все устройства установки питаются от сети 220 вольт через одну и ту же фазу. Все металлические части установки, а также корпуса всех приборов соединены между собой и заземлены на шину заземления и на нулевой провод. Для соединения приборов и электрических цепей применяются экранированные провода, оплетка которых также заземлена.

Исследования параметров лазеров проводятся в зависимости от следующих отрезков времени:

- коротковременная, от момента включения лазера и в течение 5 минут;
- коротковременная по истечении прогрева лазера спустя 20 минут в течение 15 минут;
- долговременная, после прогрева лазера в течение 20 минут; исследование в течение нескольких часов.

На рис. 4 показан фрагмент записи регистрации положения энергетического центра лазерного луча по поверхности позиционно-чувствительного фотоприемника (ПЧФ) по одной координате (координате X). Перемещение (блуждание) энергетического центра вызвано нестабильностью диаграммы направленности лазера. Масштаб записи: по вертикали – 1 мкм/деление, по горизонтали – 5 секунд/деление.

Проведение таких измерений одновременно по двум координатам (по горизонтальной X и вертикальной Y) позволяет вычислить вектор диаграммы направленности и охарактеризовать таким образом каждый конкретный тип и экземпляр лазерного излучателя.

Нестабильность диаграммы направленности полупроводниковых лазеров в среднем на порядок выше, чем у газовых, что объясняется в частности шумом модового распределения и более широким спектром излучения, и соответственно, требует применения высокоэффективных методов стабилизации.

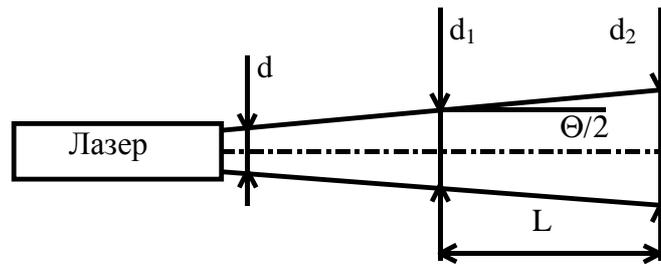


Рис. 1. Схема измерения расходимости луча лазера.
Fig. 1. The scheme of measurement of a divergence of a laser beam.

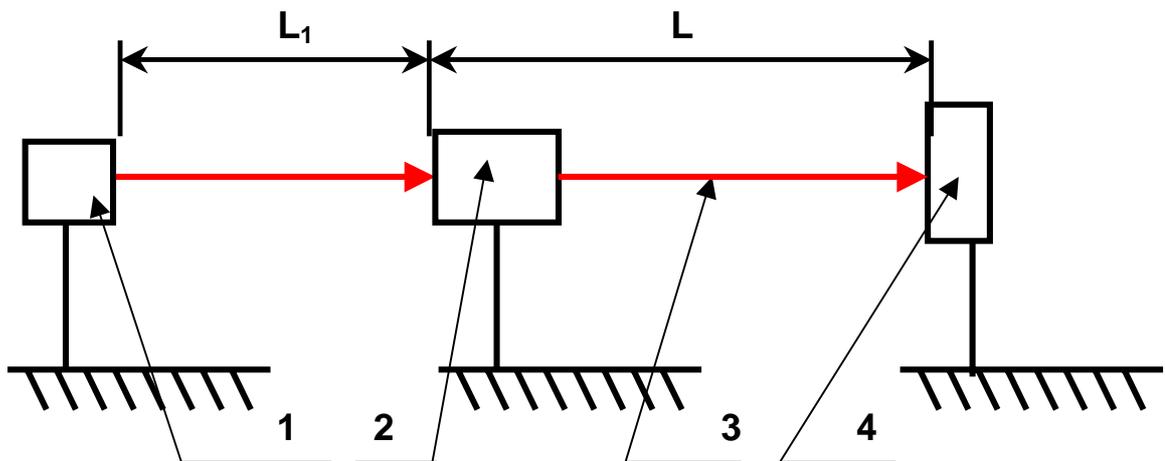


Рис. 2. Схема установки для измерения угловой расходимости лазерного луча. 1 – лазер, 2 – оптический удлинитель, 3 – лазерный луч, 4 – фотоприемник.
Fig. 2. The installation diagram for measurement of an angular divergence of a laser beam. 1 - laser, 2 - optical extender, 3 - laser beam, 4 - photodetector.

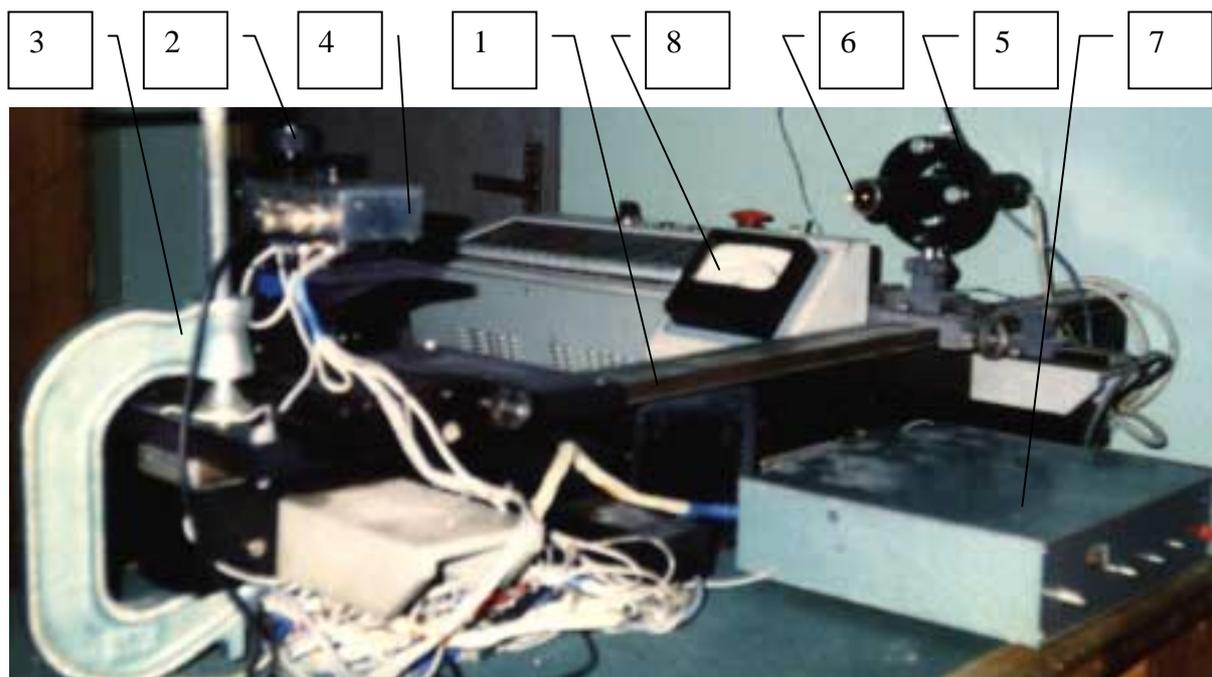


Рис. 3. Установка для исследования нестабильности энергетической оси лазерного излучения.
Fig. 3. The installation for research of instability of a power axis of a laser radiation.

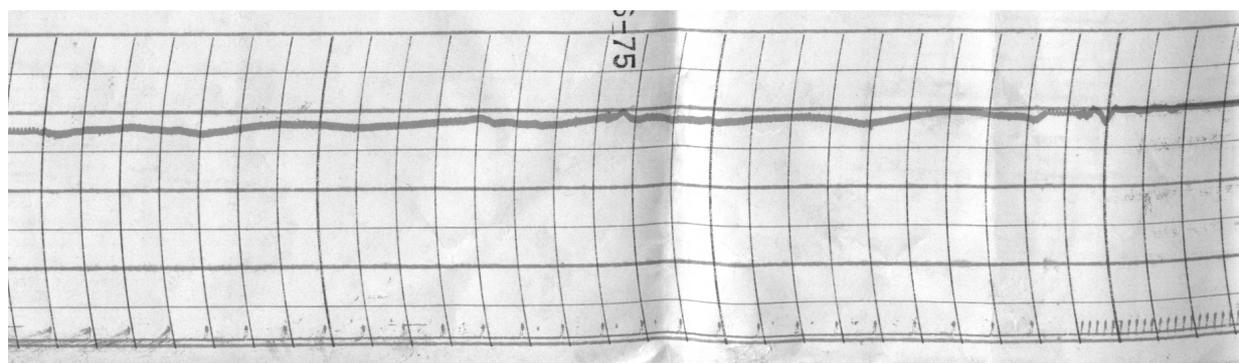


Рис. 4. Запись перемещения энергетического центра лазерного зонда по поверхности ПЧФ, произведенная на электронном самописце.
Fig. 4. A record of moving(movement) of power center of the laser probe on a surface of a photodetector made on an electronic recorder.