

**Зайков В. И.**  
**V.I.Zaykov**

## **МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ИНЖЕКЦИОННОГО ЛАЗЕРА СЕРИИ DLDPM12-655-25**

## **METHODS FOR MEASURING THE RADIATION PATTERN OF A SEMICONDUCTOR INJECTION LASER OF DLDPM12-655-25 SERIES**



**Зайков Валерий Иванович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление недвижимостью и кадастры» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре); 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, ул. Котовского, д. 8, кв.17. E-mail: [valerii\\_zaikov@mail.ru](mailto:valerii_zaikov@mail.ru)

**Mr. Valery I. Zajkov** – PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Property Management and Cadastre, Komsomolsk-on-Amur State Technical University (Russia, Komsomolsk-on-Amur) 681013, Komsomolsk-on-Amur, 8 street Kotovskiy, apt.17. E-mail: [valerii\\_zaikov@mail.ru](mailto:valerii_zaikov@mail.ru)

**Аннотация.** Разработан метод и представлены результаты измерения параметров диаграммы направленности излучения лазерного модуля серии DLDPM12-655-25. Полученные результаты могут быть использованы для разработки оптических систем, преобразующих лазерное излучение.

**Summary.** The method is developed and results are presented of the measurement of parameters of a directional radiation pattern of a laser module, series DLDPM12-655-25. The received data can be further used for development of optical systems that can transform laser radiation.

**Ключевые слова:** полупроводниковый лазерный модуль, режим генерации, ширина диаграммы направленности, расходимость лазерного излучения.

**Key words:** semi-conductor laser module, oscillation mode, directional pattern width, divergence of laser radiation.

УДК 535.8:621.373.8

Диаграмма направленности излучения относится к пространственным параметрам лазерного пучка и определяет зависимость распределения интенсивности (энергии) излучения по угловым направлениям в заданной системе координат. Вид диаграммы направленности в значительной степени зависит от конфигурации оптического резонатора и обусловлен дифракционными эффектами на его выходном зеркале. В связи с этим, исследование диаграммы направленности как пространственно-энергетического параметра, определяющего зависимость распределения интенсивности излучения по угловым направлениям, имеет смысл рассматривать в дальней зоне лазерного излучения (зоне Фраунгофера), которая характеризуется независимостью относительных распределений амплитуды и фазы от расстояния. Конфигурация оптического резонатора инжекционного полупроводникового лазера с достаточной степенью приближения соответствует плоскому резонатору с зеркалами прямоугольной апертуры. При этом в качестве апертуры резонатора следует рассматривать зону излучения, ограниченную размерами  $l_x$  и  $l_y$  на торцевой поверхности активного слоя полупроводникового инжекционного лазера. Методика расчета интенсивности излучения по угловым направлениям в этом случае предполагает решение двумерной задачи.

В этом случае исходными данными для расчета являются углы дифракции  $\theta_x$  и  $\theta_y$ , характеризующие ширину диаграммы направленности относительно оси  $OX$  и  $OY$ . Если рассматривать процесс излучения как дифракцию плоской монохроматической волны на прямоугольном отверстии, то аналитическая зависимость, характеризующая распределение интенсивности в дальней зоне по угловым направлениям может быть получена в виде [1] :

$$I_{\theta_x, \theta_y} = I_0 \left( \frac{\sin u_1}{u_1} \right)^2 \left( \frac{\sin u_2}{u_2} \right)^2, \quad (1)$$

где

$$u_1 = \frac{\pi l_x}{\lambda} \sin \theta_y, \quad u_2 = \frac{\pi l_y}{\lambda} \sin \theta_x.$$

Значения углов  $\theta_x$  и  $\theta_y$  определяют ширину диаграммы направленности лазерного излучения в дальней зоне на первые дифракционные минимумы:

$$\sin \theta_y \approx \theta_y = \frac{\lambda}{l_x}, \quad \sin \theta_x \approx \theta_x = \frac{\lambda}{l_y}. \quad (2)$$

Для расстояния  $L_z$ , которое соответствует дальней зоне анализа амплитудно-фазового распределения лазерного излучения, при дифракционном ограничении на апертуре прямоугольного отверстия должно выполняться неравенство в виде [2]:

$$L_z \gg \frac{l_x l_y}{\lambda}. \quad (3)$$

Представленные соотношения (1) и (2) позволяют выполнить необходимый анализ распределения интенсивности излучения полупроводникового инжекционного лазера по угловым направлениям и оценить ширину диаграммы направленности лишь в рамках принятых ограничений для случая дифракции плоской монохроматической волны на отверстии прямоугольной формы. В реальных условиях характер распределения энергии при излучении полупроводникового инжекционного лазера в плоскости торцевой поверхности активного слоя может существенно отличаться от аналога, принятого в качестве модели.

Исследование зависимости распределения интенсивности (мощности) излучения по угловым направлениям осуществляется с помощью угломерного устройства, выполненного на базе оптического теодолита типа 2Т-30. Схема экспериментальной установки показана на рис. 1.

Конструкция устройства должна обеспечивать возможность установки лазерного модуля таким образом, чтобы зона излучения на торцевой поверхности активного слоя располагалась в точке пересечения вертикальной и горизонтальной оси вращения теодолита. В этом случае ошибка в измерении углов расходимости в двух взаимно перпендикулярных плоскостях будет минимальной. Для измерения интенсивности (средней мощности) излучения применяется фотоэлемент с максимальной чувствительностью в данной области спектра. Схема подключения регистрирующего прибора к фотоэлементу в этом случае может быть пассивной.

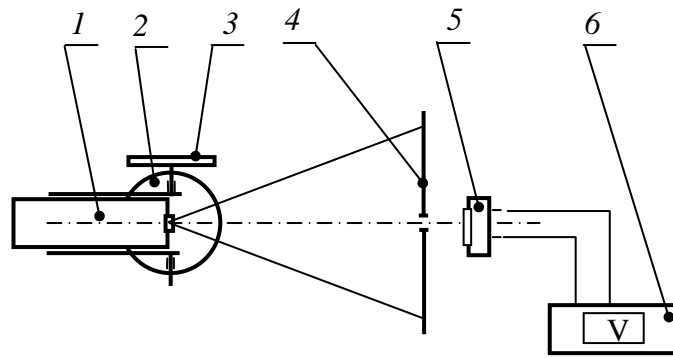


Рис. 1. Схема экспериментальной установки для исследования диаграммы направленности излучения:

- 1 – лазерный модуль DLDPМ12-655-25; 2, 3 – угломерные устройства;  
4 – экран с диафрагмой; 5 – фотодиод ФД-24; 6 – регистрирующее устройство

Методика экспериментальной оценки ширины диаграммы направленности излучения полупроводникового инжекционного лазера DLDPМ12-655-25 заключается в последовательном определении зависимости между относительной мощностью (интенсивностью) излучения и значениями углов  $\theta_x$  и  $\theta_y$ .

Поскольку поперечное сечение лазерного пучка характеризуется двумя осями симметрии, то для однозначной трактовки результатов измерений вводится следующая прямоугольная система координат:

- начало координат задается в центре поперечного сечения лазерного пучка;
- ось  $OX$  совпадает с горизонтальной осью симметрии поперечного сечения лазерного пучка;
- ось  $OY$  совпадает с вертикальной осью симметрии поперечного сечения лазерного пучка;
- ось  $OZ$  проходит через центр поперечного сечения лазерного пучка и ориентирована по оси диаграммы направленности. Изображение поперечного сечения лазерного пучка в заданной системе координат показано на рис. 2.

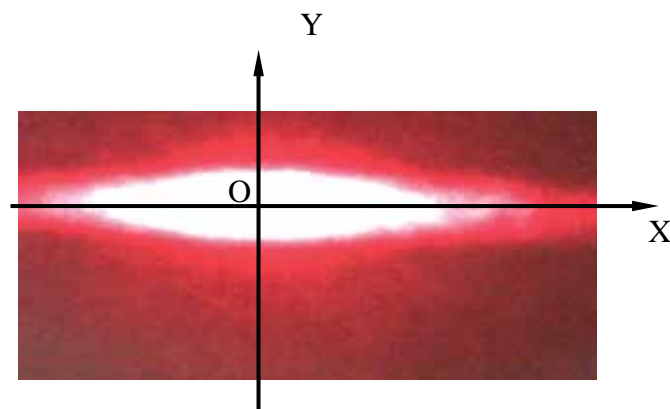


Рис. 2. Изображение поперечного сечения лазерного пучка в заданной системе координат

Таким образом, в ходе предварительной настройки экспериментальной установки при закреплении лазерного модуля в угломерном устройстве необходимо обеспечить согласование осей симметрии поперечного сечения лазерного пучка относительно вертикальной и горизонтальной осей вращения теодолита. Так, например, если в исходном положении горизонтальная ось симметрии поперечного сечения лазерного пучка ориентирована перпендикулярно вертикальной оси вращения теодолита, то отсчет дискретных значений угла  $\theta_x$  производится по горизонтальному кругу, а отсчет дискретных значений угла  $\theta_y$  – по вертикальному кругу теодолита. Исходное положение оси диаграммы направленности, которому соответствует начальный (нулевой) отсчет, фиксируется в момент получения максимального сигнала на регистрирующем приборе при наведении лазерного пучка на фотоэлемент.

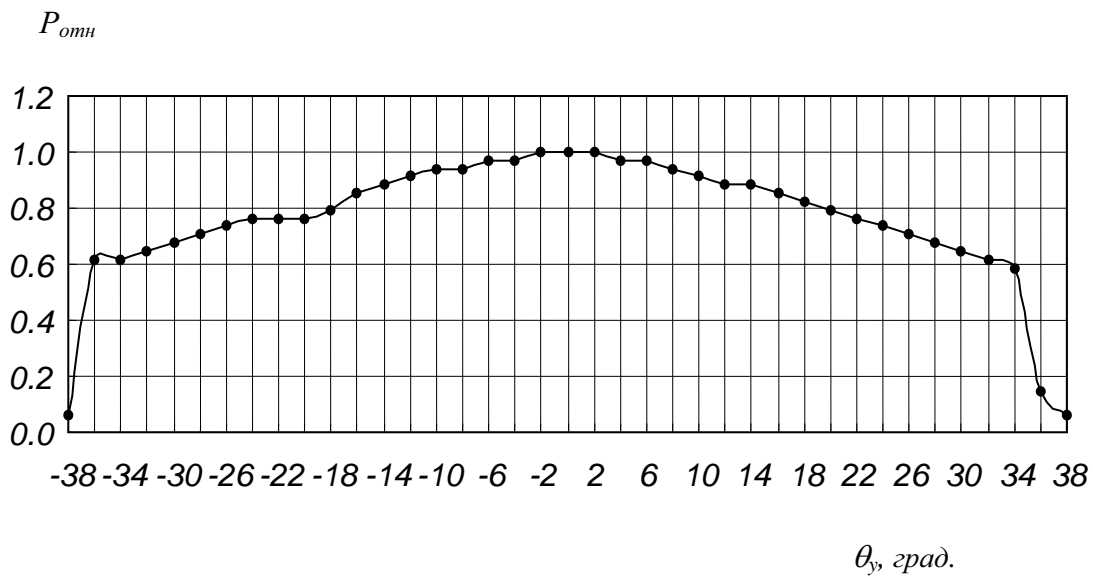


Рис. 3. Относительное распределение энергии в поперечном сечении лазерного пучка по угловым направлениям относительно оси OY

В соответствии с предлагаемой методикой выполнено многократное измерение параметров зависимости  $P_{отн} = f(\theta_x, \theta_y)$  для полупроводниковых инжекционных лазеров серии DLDPM12-655-25. Полученные результаты в графическом виде представлены на рис. 3 – 4.

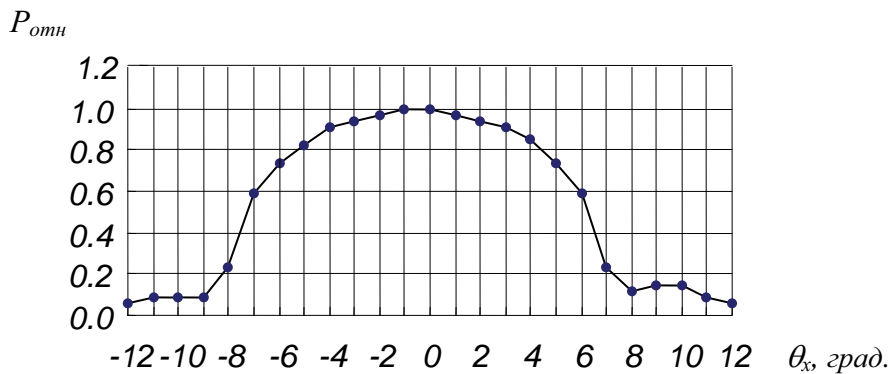


Рис. 4. Относительное распределение энергии в поперечном сечении лазерного пучка по угловым направлениям относительно оси OX



При оценке характера зависимости относительного распределения энергии в поперечном сечении лазерного пучка по угловым направлениям относительно осей симметрии следует отметить, что существенное различие в ширине диаграммы направленности в двух взаимно перпендикулярных плоскостях в целом не нарушает гомоцентричности исходного лазерного пучка. Использование двухкомпонентной центрированной оптической системы абберационного типа для формирования протяженного лазерного пучка интерференционной структуры может привести к дополнительным энергетическим потерям. Однако изначально достаточно высокая мощность излучения полупроводникового лазерного модуля серии DLDPM12-655-25 позволяет в определенной степени пренебречь уровнем данных потерь.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Калитеевский, Н. И. Волновая оптика / Н. И. Калитеевский. – М.: Высшая школа, 1978. – 383 с.
2. Зайков, В. И. Метод контроля пространственной размерной увязки с применением протяженных лазерных пучков интерференционной структуры: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Зайков Валерий Иванович. – Л., 1990 – 180 с.