

*Двенадцатая Международная научно-техническая конференция  
«Оптические методы исследования потоков»  
Москва, 25 — 28 июня 2013 г.*

УДК 621.315.592

В.В. Близнюк, И.В. Крайнов, О.О. Костина, В.С. Ефремов

*НИУ «МЭИ», Россия,  
111250, Москва, Красноказарменная ул., 14, E-mail: omfi@mpei.ac.ru*

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ДИОДОВ  
В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ С НЕПРЕРЫВНЫМ РЕЖИМОМ РАБОТЫ**

**АННОТАЦИЯ**

Показано, что для обеспечения непрерывного режима работы оптоволоконных измерительных систем с лазерными диодами необходимо проводить диагностику состояния их гетероструктуры путем измерения степени поляризации излучения.

Предложена методика точных измерений степени поляризации прямого излучения лазерных диодов в плоскости, перпендикулярной *p-n*-переходу (далее – вертикальная плоскость), без нарушения функциональных возможностей оптических систем.

**ЛАЗЕРНЫЙ ДИОД, ПОЛЯРИЗАЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ, ВОЛОКОННО ОПТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, ПРИЕМНИК ИЗЛУЧЕНИЯ**

**ВВЕДЕНИЕ**

В последние годы наблюдается значительное расширение парка лазерных диодов (ЛД), используемых в оптических измерительных системах, в том числе и в системах, использующих эффект Доплера.

Эффективное использование современных лазерных систем с ЛД невозможно без их диагностики с помощью высокоточных рабочих средств измерений (РСИ) параметров и характеристик лазерного излучения. В данной работе основное внимание уделено вопросам обеспечения высокоточных измерений поляризационных характеристик ЛД, знание которых необходимо для оптимального согласования лазерного излучения с оптическим волокном.

**ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

Современные измерительные системы с ЛД базируются на транспортировании лазерного излучения по оптическому волокну. При этом возникает необходимость определения поляризационных характеристик излучения, вводимого в волокно.

Следует также отметить, что степень поляризации излучения характеризует состояние гетероструктуры ЛД и степень ее деградации, и это необходимо учитывать при проектировании измерительных систем, работающих в непрерывном режиме [1]. Особый интерес представляет анализ поляризационных характеристик излучения на выходе оптического волокна, т.е. непосредственно в рабочей области измерительных систем [2].

Предлагаемая нами методика определения состояния поляризации оптического излучения должна позволять проводить такой анализ.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Известные методы измерения степени поляризации излучения требуют перекрывания пучка излучения, что исключает возможность непрерывного контроля состояния гетероструктуры ЛД, а также не позволяют обеспечивать высокую воспроизводимость результатов измерений.

Нами предлагается способ постоянного контроля степени поляризации излучения ЛД, при котором обеспечивается непрерывная работа волоконно оптической системы.

Методика измерений степени поляризации излучения ЛД основана на том, что угловые зависимости отражательной способности плоских границ раздела двух сред различны для излучения, поляризованного в плоскости падения, и в плоскости падения перпендикулярной плоскости. Когда в качестве таких границ используются определенным образом расположенные приемные поверхности фотодиодов, измерения степени поляризации излучения ЛД в вертикальной плоскости могут осуществляться без анализатора и фазовой пластины. В случае, когда падающее на приемную поверхность фотодиода излучение полностью поглощается в фоточувствительном слое, степень поляризации определяется по формуле:

$$p(i) = \frac{A_{\perp}(i) + A_{\parallel}(i) - 2A_{\text{Фд}}(i)}{A_{\parallel}(i) - A_{\perp}(i)}, \quad (1)$$

где  $A_{\perp}(i)$ ,  $A_{\parallel}(i)$  и  $A_{\text{Фд}}(i)$  - поглощательные способности приемного элемента фотодиода при падении на него под углом  $i$  излучения, линейно поляризованного в плоскости, перпендикулярной плоскости падения, излучения, поляризованного в плоскости падения, и диагностируемого излучения ЛД соответственно.

Параметры  $A_{\perp}(i)$  и  $A_{\parallel}(i)$  определяются при калибровке фотодиодов, а параметр  $A_{\text{Фд}}(i)$  в случае диагностики одномодового излучения ЛД находится достаточно просто расчетным путем. Непрерывные измерения степени поляризации излучения ЛД в вертикальной плоскости без нарушения нормального режима функционирования лазера в оптико-электронной системе при минимальных потерях потока излучения, обусловленных этими измерениями, возможны только при использовании для таких измерений периферийной части пучка прямого излучения. Поэтому центры приемных поверхностей фотодиодов должны располагаться в той части вертикальной плоскости, через которую распространяется периферийная часть пучка. На рис.1а изображен профиль пучка одномодового излучения в вертикальной плоскости. Видно, что сила одномодового излучения ЛДГРО в плоскости, перпендикулярной  $p$ - $n$ -переходу, быстро уменьшается с увеличением угла  $\theta$  между осью пучка и некоторым произвольно выбранным лучом. Так, лучи ОА и ОВ указывают направления, в которых сила излучения меньше осевой силы излучения в 7,39 раза и в 2983 раза соответственно. При этом луч ОА распространяется под углом  $20^{\circ}$  к оси пучка, а луч ОВ - под углом  $36^{\circ}$ . Угол  $\theta'$ , под которым распространяется луч ОД, определяется из условия максимально допустимых потерь мощности излучения ЛД при измерениях его степени поляризации. Из анализа рис.1а следует, что в случае расположения приемных площадок фотодиодов в поперечном сечении пучка излучения ЛДГРО их центры должны находиться на отрезке ДВ, а в косом сечении – в пределах плоского угла ВОД. На рис.1б изображено поперечное сечение одномодового пучка излучения на расстоянии  $L$  от выходного зеркала ЛД. Линии равной силы излучения имеют форму эллипсов разных размеров. Заштрихованная часть поперечного сечения пучка

наглядно иллюстрирует факт потери части мощности прямого излучения ЛД при непрерывных измерениях его степени поляризации.

На рис.1б видно, что основные потери мощности имеют место вблизи вертикальной плоскости, то есть в области оптимального расположения приемных площадок фотодиодов.

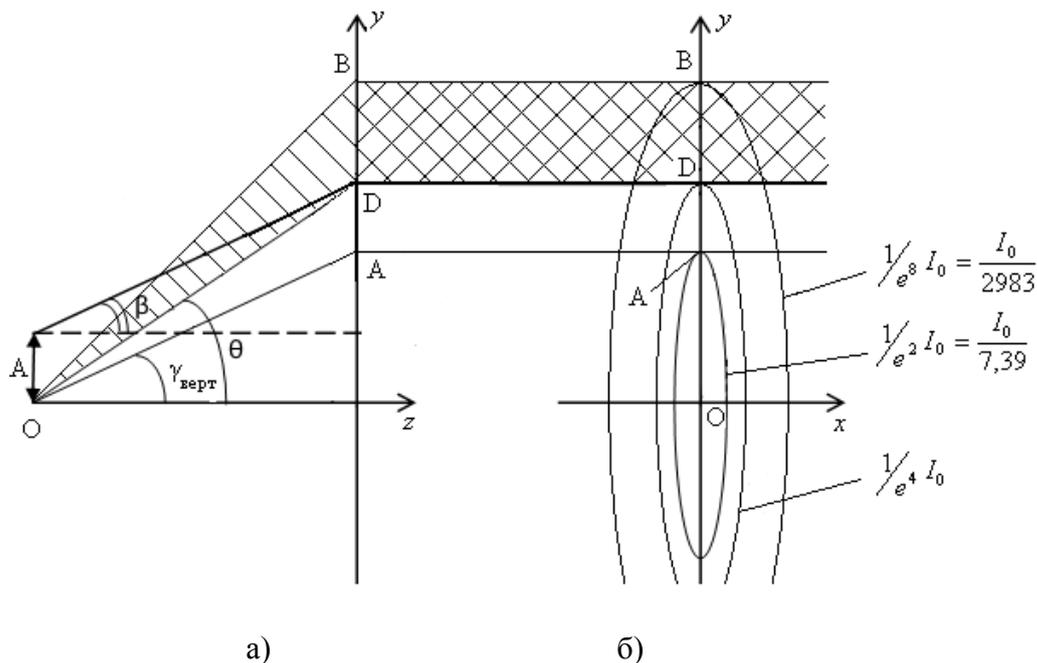


Рис. 1. Угловое распределение мощности прямого излучения ЛД

Излучающая поверхность ЛД имеет форму эллипса с осями, равными 20 и 2 мкм, что позволяет считать лазер точечным источником излучения, при этом ось пучка перпендикулярна выходному зеркалу ЛД, а значит, и излучающей поверхности. В этом случае мощность всего одномодового излучения ЛД наиболее просто рассчитывается в сферической системе координат по формуле:

$$P_{\Sigma} = I_0 \int_0^{\pi/2} \int_0^{2\pi} \exp\left\{-2 \frac{\operatorname{tg}^2 \theta}{\operatorname{tg}^2 \gamma_{\text{верт}}} [1 + (k^2 - 1) \sin^2 \alpha]\right\} d\alpha \sin \theta d\theta, \quad (2)$$

а мощность, теряемая при непрерывных измерениях степени поляризации излучения ЛД в вертикальной плоскости – по формуле:

$$P_{\text{пот}} = I_0 \int_{\theta'}^{\pi/2} \int_0^{2\pi} \exp\left\{-2 \frac{\operatorname{tg}^2 \theta}{\operatorname{tg}^2 \gamma_{\text{верт}}} [1 + (k^2 - 1) \sin^2 \alpha]\right\} d\alpha \sin \theta d\theta, \quad (3)$$

где  $I_0$  - осевая сила излучения ЛД;  $\gamma_{\text{верт}}$  - половина угла расходимости излучения в вертикальной плоскости;  $k$  - отношение характерных размеров поперечного сечения пучка на уровне  $1/e^2$  от осевой силы излучения;  $\theta'$  - максимальный угол в вертикальной плоскости, при распространении под которым прямое излучения еще не испытывает потерь;  $\theta$  и  $\alpha$  - параметры, смысл которых поясняет рис.2.



поляризации излучения ЛД в вертикальной плоскости за счет увеличения угла падения излучения на фотодиод при сохранении требуемого отношения сигнал/шум.

Таким образом, показано, что измерения степени поляризации одномодового излучения ЛД можно проводить непрерывно, не выводя измерительную волоконно-оптическую измерительную систему из нормального режима работы.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Предложена методика измерения степени поляризации излучения используемых в волоконно-оптических системах лазерных диодов, обеспечивающая минимальное использование мощности прямого излучения для проведения таких измерений. Показано, что данная методика позволяет осуществлять непрерывный контроль поляризационных параметров излучения, а значит судить о степени деградации ЛД и прогнозировать срок их службы. Последний фактор используется для реализации оптимальных условий эксплуатации лазерных диодов в измерительных системах, в том числе и доплеровских.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Кейси Х., Паниш М. Лазеры на гетероструктурах. М.: Мир, 1981. – Т.1. – 299 с.
2. Физика полупроводниковых лазеров. Пер. с японск./Под ред. Х.Такумы. М.: Мир, 1989.- 310 с.

V.V.Bliznyuk, I.V. Kraynov, O.O. Kostina, V.S. Efremov

*NRU “MPEI”, Russia,*

*111250, Moscow, Krasnokazarmennayast., 14, E-mail: omfi@mpei.ac.ru*

## **THE DEFINITION OF THE POLARIZATION DEGREE OF LASER DIODES RADIATION IN THE MEASURING SYSTEMS WITH NON STOP WORK REGIME**

*The necessity of a diagnosis of polarization state of laser diodes radiation operating in the continuous mode, and especially the harmonization of radiation with fiber optic measurement systems. A technique for measuring the polarization degree of laser diodes direct radiation.*

**LASER DIODE, THE POLARIZATION OF THE RADIATION, FIBER OPTIC SYSTEM, THE RECEIVER OF RADIATION**