

**Четырнадцатая Международная научно-техническая конференция**

**«Оптические методы исследования потоков»**

**Москва, 26 – 30 июня 2017 г.**

УДК 535.33; 535.518

В.В. Близнюк, В.С. Григорьев, Р.В. Кривоногов, Р. Буянхишиг

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

**ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ И  
СПЕКТРА ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАЗЕРНЫХ ДИОДОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ЛАЗЕРНЫХ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ**

**АННОТАЦИЯ**

Определены температурные зависимости относительных изменений контраста и пиковой длины волны излучения одномодового лазерного диода в диапазоне значений температуры окружающей среды от 290 К до 345 К

**ЛАЗЕРНЫЙ ДИОД С ГЕТЕРОСТРУКТУРАМИ, КОНТРАСТ, СПЕКТРАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОДНОМОДОВОГО ЛАЗЕРНОГО ДИОДА**

**ВВЕДЕНИЕ**

За последние десять лет значительно расширился круг задач, решаемых с использованием лазерных диодов, генерирующих излучение в непрерывном режиме (далее – ЛД). Широкое использование ЛД стало возможным благодаря прорывным достижениям в технологии производства приборов полупроводниковой квантовой электроники, обеспечившим не только существенное улучшение характеристик и параметров их излучения, но и резкое снижение себестоимости.

Однако эффективное использование ЛД невозможно без проведения регулярных с высокой точностью измерений таких параметров их излучения как мощность, пространственное распределение плотности мощности, контраст (степень поляризации),

спектр излучения.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ И СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛД

### Исследование поляризационных характеристик

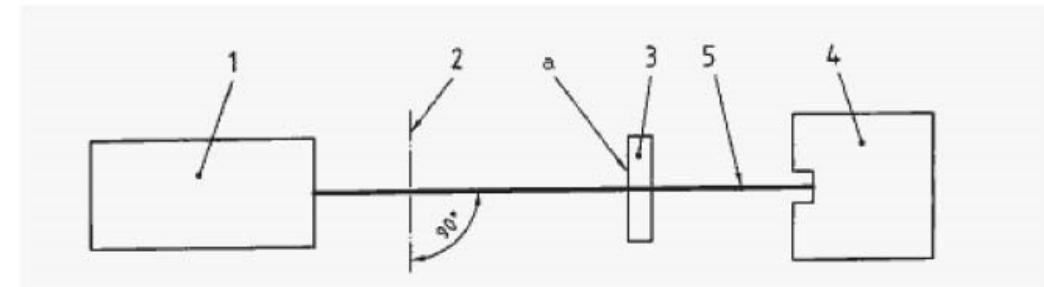
Целью данной работы было исследование с использованием стандартизованных методик измерений поляризационных и спектральных характеристик и контраста излучения лазерного диода при различных значениях температуры окружающей среды [1,2].

В соответствии с [1] в качестве одного из поляризационных параметров используется контраст, который определяется по формуле:

$$K = \frac{P_{\max} - P_{\min}}{P_{\max} + P_{\min}}, \quad (1)$$

где  $P_{\max}$  и  $P_{\min}$  – соответственно максимальное и минимальное значение мощности лазерного излучения, прошедшего через поляризатор.

Для измерений  $P_{\max}$  и  $P_{\min}$  использовалась экспериментальная установка, оптическая схема которой приведена на рис. 1.



1 – лазер; 2 – опорная ось; 3 – поляризатор; 4 – приёмник излучения; 5 – лазерный пучок; а – вращение в пределах  $180^\circ$

Рис. 1. Оптическая схема измерительной установки [1]

В таблице 1 приведены результаты измерений контраста излучения лазерного диода с квантовой ямой, выполненной из InGaAs, генерирующего на длине волны 1.06 мкм, с последующим удвоением частоты, а также лазера на InGaAs/GaAs, генерирующего на длине волны 0.98 мкм, при трех значениях температуры окружающей среды.

Таблица 1. Значения контраста при различных значениях температуры окружающей среды для трех типов ЛД.

Температура, °C	ЛД на InGaAs с удвоителем частоты	ЛД на InGAs/GaAs	Мощный ЛД на InGaAs
25	P=0.732	P=0.794	P=0.605
40	P=0.416	P=0.866	P=0.800
60	P=0.555	P=0.927	P=0.990

Из приведенных результатов следует, что ЛД с квантовой ямой без удвоителя частоты имеют температурную зависимость контраста излучения, которая объясняется уменьшением интенсивности ТМ-моды за счет ухудшения качества волновода. В поведении контраста лазера на квантовой яме (InGaAs) с удвоителем частоты наблюдается аномалия – нарушаются монотонный характер зависимости контраста при возрастании температуры волновода.

### Исследование спектральных характеристик

Экспериментальная установка, для исследования спектральных характеристик представлена на рисунке 2.

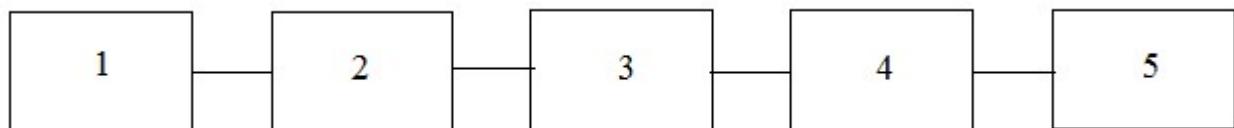


Рис. 2. Принципиальная блок-схема установки для исследования спектральных характеристик лазерного излучения: 1 -климатическая камера с ЛД, 2 –монохроматор МДР-23, 3 –ФД7К, 4 – плата NI USB-6008, 5 –компьютер

На рисунке 3 приведены результаты измерений спектра излучения лазерного диода, выполненного из AlGaInP, генерирующего на длине волны 656 мкм, при двух значениях температуры окружающей среды.

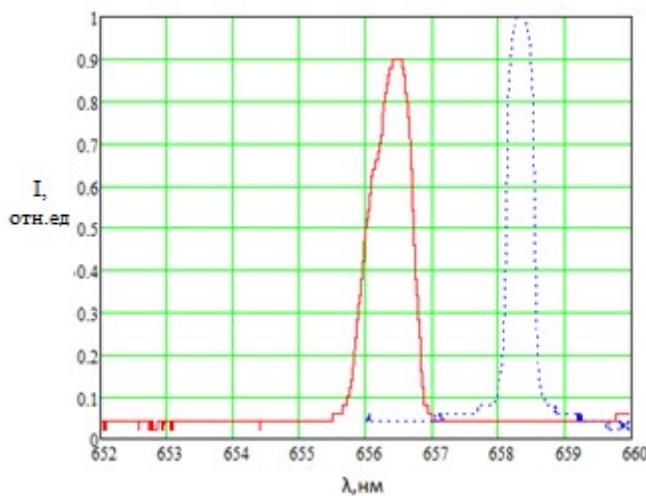


Рисунок 3 - Спектральная характеристика ЛД на основе AlGaInP: сплошная линия - при температуре 26°C; пунктирная линия - при температуре 50°C

На рисунке видно, что пиковая длина волны смещается почти на 2 нм при увеличении температуры окружающей среды на 24 К, что полностью соответствует теоретическим расчетам. Также наблюдается незначительное уменьшение мощности излучения ЛД, которое объясняется увеличением числа носителей в волноводе при возрастании температуры гетероструктуры.

Лазерам с удвоителем частоты присуща особенность. Она заключающаяся в том, что их пиковая частота излучения ЛД не зависит от температуры окружающей среды (рис.4). В качестве базового лазера использован ЛД с квантовой ямой, выполненной из InGaAs, генерирующий на длине волны 1.06 мкм.

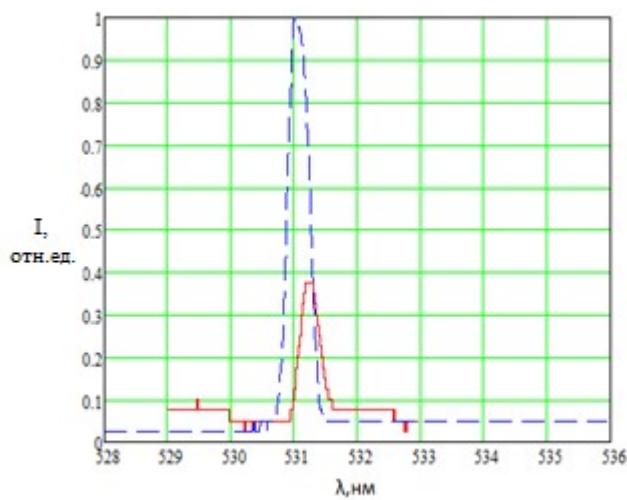


Рис. 4. Спектральная характеристика ЛД на основе InGaAs с удвоением частоты генерации: пунктирная линия - при температуре 26°C; сплошная - при температуре 50°C

Обнаруженную аномалию можно объяснить уменьшением пиковой длины волны излучения до удвоения его частоты, обусловленное антистоксовским смещением в нелинейном кристалле. Излучения базового лазера. Уменьшение мощности излучения ЛД при возрастании температуры, соответствует положениям общей теории излучения ЛД [3]

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате измерений спектров и степени поляризации излучения лазеров различных типов установлено, что перед началом эксплуатации ЛД необходимо измерять его поляризационные параметры. Значение контраста характеризует состояние гетероструктуры ЛД, что позволяет получить исходные данные для прогнозирования его срока службы. Установлено, что в ЛД с удвоителем частоты практически исключается температурная зависимость спектральных характеристик ЛД, что крайне важно при использовании таких ЛД в лазерных измерительных системах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р ИСО 12005-2013 – Лазеры и лазерные установки (системы). Методы измерений параметров лазерных пучков. Поляризация. – М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с.
2. ГОСТ Р ИСО 13695-2010 – Оптика и фотоника. Лазеры и лазерные установки (системы). Методы измерений спектральных характеристик лазеров. – М. Стандартинформ, 2011.
3. Кейси Х., Паниш М. Лазеры на гетероструктурах М.: Мир, 1981. Т. 1. , Т. 2. - 299 с., 342 с.

V.V. Bliznyuk, V. S. Grigoryev, R.V. Krivonogov, R. Buanhishig

*National Research University (Moscow Power Engineering Institute), Russia,  
111250, Moscow, Krasnokazarmennaya st., 14, E-mail: [omfi@mpei.ac.ru](mailto:omfi@mpei.ac.ru)*

## TEMPERATURE DEPENDENCE OF POLARIZATION PARAMETERS AND SPECTRUM OF RADIATION OF LASER DIODES USED IN LASER MEASUREMENT SYSTEMS

The temperature dependences of the relative changes in contrast and peak wavelength of the single-mode laser diode in the range of ambient temperatures from 290 K to 345 K are identifying.

QUANRUM – WELL LASER, CONTRAST, SPECTRAL CHARACTERISTIC OF A  
SINGLE-MOUD LASER DIODE