

## Спектральные, пространственно-энергетические и поляризационные характеристики лазерных диодов с длиной волны излучения 530 нм

В.В. Близнюк<sup>1,\*</sup>, Н.В. Березовская<sup>1</sup>, В.А. Паршин<sup>1</sup>, И.С. Гадаев<sup>1</sup>, О.И. Коваль<sup>1,†</sup>, А.Г. Ржанов<sup>2</sup>, Г.А. Соловьёв<sup>1,‡</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский университет «МЭИ»,

Институт радиотехники и электроники имени В.А. Котельникова, кафедра физики имени В.А. Фабриканта  
Россия, 111250, Москва, Красноказарменная ул., д.17

<sup>2</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, физический факультет  
Россия, 199911, Ленинские горы, д.1, стр.2

Экспериментально исследуются характеристики лазерных диодов (ЛД) на длину волны 530 нм. Установлено, что контраст мощности излучения ЛД мал (менее 0.85) и очень чувствителен к изменениям гетероструктуры. Контраст и расходимость излучения (около 1°) сопоставляются со спектральными характеристиками ЛД.

PACS: 42.55.Px      УДК: 621.373

Ключевые слова: лазерный диод, гетероструктура, генерация, контраст мощности, спектры излучения, расходимость.

В последнее десятилетие наблюдается стремительное расширение парка лазерных диодов на квантово-размерных гетероструктурах (ЛД). При этом особое внимание уделяется прогнозированию срока службы ЛД путем исследований временных зависимостей их энергетических и спектральных характеристик. Гораздо реже с этой целью анализируются их поляризационные характеристики и параметры — поляризационная индикатриса, состояние и степень поляризации лазерного излучения. В то же время наряду с когерентностью и энергетической яркостью поляризация является одним из фундаментальных свойств лазерного излучения. Лазерные поляризационные параметры зависят от многих факторов, в первую очередь, от параметров используемого резонатора, а также от свойств и состояния активной среды. Поэтому, контролируя состояние поляризации лазерного излучения, можно наблюдать за процессами, протекающими в гетероструктуре лазера, в том числе, и за процессом ее деградации.

Ранее нами было установлено, что именно поляризационные характеристики являются наиболее чувствительными к изменениям гетероструктуры ЛД, и это позволяет определять минимальное время наработки одномодовых ЛД (своего рода «временной порог деградации»), при котором начинает проявляться их деградация [1]. В качестве поляризационного параметра использовался контраст мощностей в двух ортогональных направлениях, под которым, согласно [2], понимается отношение разностей максимальной и минимальной мощности излучения, проходящего через линейный поляризатор, к их сумме. Установлено, что по мере деградации ЛД за 5000 часов работы контраст их мощности уменьшался с 0.98 до 0.85 [3], причем уменьшение контраста начиналось после 500 часов наработки.

В то же время мощность излучения одномодовых ЛД начинала уменьшаться только через 1500–1600 часов их эксплуатации. Приблизительно через такое же время начинали проявляться изменения спектральных характеристик ЛД.

Особенностью исследованных в данной работе одномодовых ЛД с длиной волны генерации 530 нм является крайне малый (около 1°) угол расходимости излучения, что позволило при измерениях контраста использовать методику, предложенную в [4]. Время наработки ЛД не превышало 20 часов, то есть было существенно меньше «временного порога деградации» ЛД, исследованных в [3]. Экспериментально установлено, что контрасты мощности излучения ЛД варьируются от 0.52 до 0.85. Это указывает на низкую степень линейной поляризации их излучения. Согласно [3], такие значения контраста мощности имеют сильно деградировавшие ЛД. Вместе с тем, мощность излучения ЛД соответствовала паспортным данным.

Учитывая неоднозначность результатов измерений поляризационных и энергетических параметров излучения ЛД с точки зрения оценки состояния гетероструктуры ЛД, генерирующих на длине волны 0,53 мкм, особое внимание было уделено измерениям спектра излучения.

На рис. 1 и рис. 2 приведены спектры излучения двух одномодовых ЛД с разными контрастами мощности излучения.

Видно, что спектр излучения ЛД с более высоким контрастом имеет вид, характерный для одномодовых ЛД. Спектр же излучения ЛД с контрастом 0.58 имеет три максимума. Согласно проведенным ранее исследованиям одномодовых ЛД это указывает на нарушение гетероструктуры, характерное для сильно деградировавшего лазера.

Наряду с исследованиями параметров излучения ЛД с длиной волны излучения 530 нм, проводились исследования спектральных, пространственно-энергетических и поляризационных характеристик излучения ЛД с длиной волны генерации 650 нм и вре-

\*E-mail: 4059541@mail.ru

†E-mail: olgaiivanovnakoval@yandex.ru

‡E-mail: asolovjevgra@mpei.ru

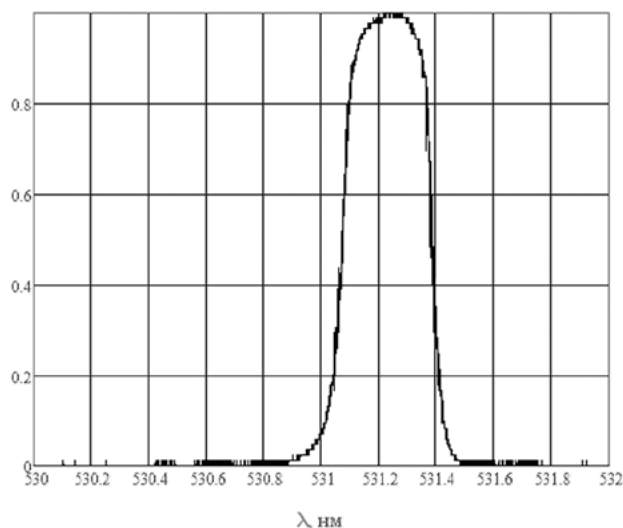


Рис. 1: Нормированный спектр излучения ЛД с контрастом 0.85.

менем наработки не более 30 часов. Интерес к таким исследованиям был вызван тем, что контраст мощности излучения ЛД был практически равен единице (варьировался от 0.992 до 0.997) и не имел угловой зависимости. Установлено, что спектры излучения этих ЛД имеют тот же вид, как и спектры излучения однододовых ЛД, а мощность излучения соответствует паспорт-

ным данным. Согласно [3], в таком случае срок службы ЛД достигает 4000 часов, после чего контраст становится меньше 0.9. Таким образом, показано, что только комплексное измерение основных параметров излучения ЛД позволяет получить достаточную информацию о состоянии их гетероструктуры.

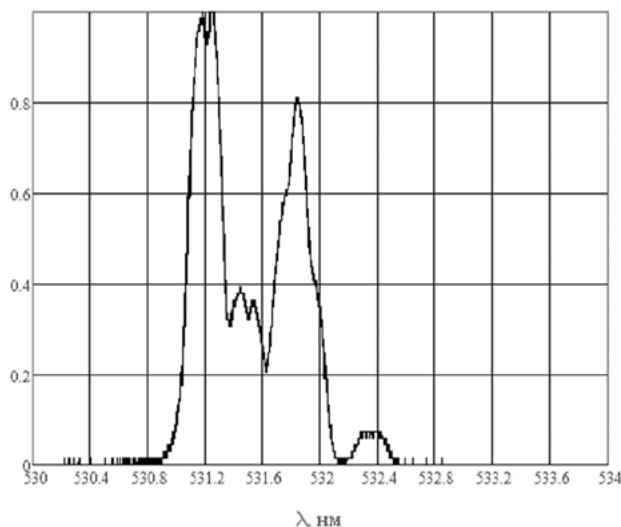


Рис. 2: Нормированный спектр излучения ЛД с контрастом 0.53.

- [1] *Близняк В.В. и др.* Сбор. докл. 20-й межд. конф. «Лазеры. Измерения. Информация – 2010». **1**, С. 161. СПб: Изд-во политехн. ун-та. (2010).  
 [2] *Иванов В.С. и др.* Фотометрия и радиометрия оптического излучения. Книга 3. М., 2002.  
 [3] *Березовская Н.В. и др.* Сбор. докл. 24-й межд. конф.

«Лазеры. Измерения. Информация – 2014». **1**. С. 30. СПб: Изд-во политехн. ун-та. (2014).

- [4] *Дьячков Н.В., Богатов А.П.* Квантовая электроника. **41**, № 10. С. 869. (2011).

### Spectral, spatial-energy and polarization characteristics of laser diodes with emissionwavelength of 530 nm

V.V. Bliznyuk<sup>1,a</sup>, N.V. Berezovskaja<sup>1</sup>, V.A. Parshin<sup>1</sup>, I.S. Gadaev<sup>1</sup>, O.I. Koval<sup>1,b</sup>, A.G. Rzhанov<sup>2,b</sup>, G.A. Solovyev<sup>1,c</sup>

<sup>1</sup>Department of Physics, Institute of Radio Engineering and Electronics, National Research University «MPEI» Krasnokazarmennaya st., 17, Moscow 111250, Russia

<sup>2</sup>Faculty of Physics, Lomonosov Moscow State University. Leninskie Gory, 1, b.2, Moscow 119991, Russia  
 E-mail: <sup>a</sup>4059541@mail.ru, <sup>b</sup>olgaivanovna\_koval@yandex.ru, <sup>c</sup>solovyevgra@mpei.ru

Experimentally investigated the characteristics of laser diodes (LD) operating at the wavelength of 530 nm. It is established that the contrast of the radiation power of the LD is small (less than 0.85) and very sensitive to changes in heterostructures. Contrast and radiation divergence (about one degree) are compared with the spectral characteristics of the LD.

PACS: 42.55.Px

Keywords: laser diode, heterostructure, generation, power contrast, radiation spectra, divergence.

Received 27.07.2015.

**Сведения об авторах**

1. Близнюк Владимир Васильевич — канд. техн. наук, доцент; тел. (495) 362-77-55, e-mail: 4059541@mail.ru.
2. Березовская Наталия Витальевна — аспирант; тел. 8(926) 134-02-14, e-mail: natalia.berezovskaya@inbox.ru.
3. Паршин Василий Алексеевич — студент 1 курса магистратуры; тел. (495) 362-77-55. e-mail: parshinvasa@gmail.com.
4. Гадаев Илья Сергеевич — студент 4 курса; тел. (495) 362-77-55, e-mail: ilya.gadaev@yandex.ru.
5. Коваль Ольга Ивановна — канд. физ.-мат. наук, доцент; тел. (495) 362-77-55, e-mail: olgaivanovnaakoval@yandex.ru.
6. Ржанов Алексей Георгиевич — канд. физ.-мат. наук, старший преподаватель; тел. (495) 939-46-97, e-mail: rjanov@mail.ru.
7. Соловьёв Григорий Алексеевич — аспирант; тел. (495) 362-77-55, e-mail: asolovyevgra@mpei.ru.