

2. Bagis, N. Comparison of intraoral radiography and cone-beam computed tomography for the detection of periodontal defects [Текст] / N. Bagis, M. E. Kolsuz, S. Kursun, K. Orhan, K. Kamburoglu // BMC Oral Health. – 2015. – Vol.15, № 64. – P. 26016804.

3. Misch, K. A. Accuracy of cone beam computed tomography for periodontal defect measurements [Текст] / K. A. Misch, E. S. Yi, D. P. Sarment // J Periodontol. – 2006. – Vol. 77, № 7. – P. 1261-1266.

4. Alshomrani, F. Cone-beam computed tomography (CBCT)-based diagnosis of dental bone defects [Текст] / F. Alshomrani // Diagnostics (Basel). – 2024. – Vol. 14, № 13. – P. 1404.

5. Assiri, H. Cone beam computed tomography (CBCT) in periodontal diseases: A systematic review [Текст] / H. Assiri, A. A. Dawasaz, A. Alahmari, Z. Asiri // BMC Oral Health. – 2020. – Vol. 20, № 191. – P. 32641102.

6. Shakya, A. Supra-alveolar bone regeneration: progress, challenges, and future perspectives [Текст] / A. Shakya, Y. Li, N. W. Chang, X. Liu // Compos B Eng. – 2024. – Vol. 283. – P. 111673.

7. AlJehani, Y. A. Diagnostic applications of cone-beam CT for periodontal diseases [Текст] / Y. A. AlJehani // International Journal of Dentistry. – 2014. – Vol. 2014. – P. 865079.

Ибрахим Ахмед Мохамед Кэмел Фуда Ахмед, аспирант каф. челюстно-лицевой хирургии и стоматологии, ahmed.foda@mail.ru

Рымжина Анастасия Романовна, ассистент каф. фундаментальных дисциплин nastya.rymzhina.98@mail.ru,

Шаик Баба Юнус, студент, ФГБОУ ВО «Самарский государственный медицинский университет» Минздрава России, Smdyounus9@gmail.com

Слесарев Олег Валентинович, д.м.н., профессор, каф. челюстно-лицевой хирургии и стоматологии, o.slesarev@gmail.com.

УДК 621.373.8

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЛАЗЕРНЫХ VBG-ДИОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ СДВИГОВ И АРТЕФАКТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ И МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ

В.А. Мелехов, К.Д. Чернявский, А.А. Горюшкин, Д.Н. Артемьев
«Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: лазерный диод, лазерное излучение, объемная брэгговская решетка, рамановская спектроскопия, термостабилизация лазерного диода, биомедицинская диагностика.

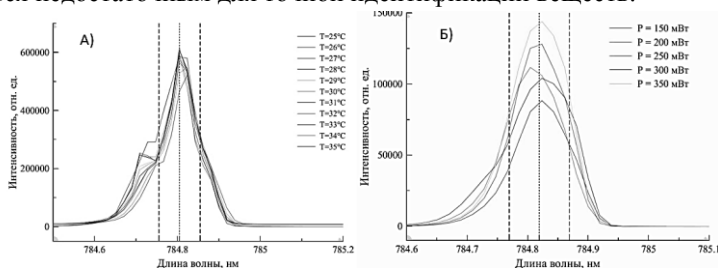
В данной работе проведено комплексное исследование спектральных и энергетических характеристик полупроводниковых лазерных диодов с центральными длинами волн 532 нм, 638 нм и 785 нм с объемной брэгговской решеткой (VBG). Актуальность работы продиктована необходимостью разработки прецизионных источников для биомедицинской рамановской спектроскопии, где достоверность

молекулярной диагностики может быть ограничена спектральной чистотой возбуждающего излучения. Методология исследования основана на использовании спектрометрического комплекса Shamrock 500i с охлаждаемой до -70°C ПЗС-матрицей Andor (спектральное разрешение 0,06 нм) и прецизионной системы термостабилизации на базе ПИД-контроллера (STM32). Мощностные характеристики регистрировались сенсором Thorlabs S121C и консолью PM100D с погрешностью $\pm 3\%$.

Влияние температуры на спектральные характеристики

С физической точки зрения влияние температуры на работу лазерного диода носит комплексный характер. Нагрев активной области полупроводника приводит к изменению показателя преломления и ширины запрещенной зоны, что вызывает естественный дрейф профиля усиления в длинноволновую область. В лазерах со стабилизацией объемной брэгговской решеткой (VBG) температурные колебания также воздействуют на саму решетку, изменяя её коэффициенты отражения и дифракции. Несмотря на то, что технология VBG значительно снижает тепловой дрейф (до 0,01 нм/К по сравнению с $\sim 0,3$ нм/°C у стандартных диодов), он всё же остается значимым фактором, влияющим на стабильность центральной длины волны и коэффициент внешней обратной связи.

Для задач рамановской спектроскопии, где необходимо регистрировать узкие молекулярные «отпечатки», критически важно ограничить рабочий диапазон температур. Необходимая стабильность длины волны не должна превышать $\pm 0,1\text{--}0,2$ нм (что соответствует сдвигу $\sim 1,6\text{--}3,2$ cm^{-1} при 785 нм), иначе спектральное разрешение системы окажется недостаточным для точной идентификации веществ.



- А) при постоянной мощности 300 мВт и постоянной температуре лазерного диода 25°C , центральная длина волны = 784,80 нм, полуширина спектральной линии 0,1 нм,
 Б) при различной мощности излучения при постоянной температуре $T=25^{\circ}\text{C}$, центральная длина волны = 784,82 нм, полуширина спектральной линии 0,1 нм

Рисунок 1– Спектры лазерного диода

Особенности и ограничения VBG-лазеров

Проведенное исследование подтверждает, что лазерные диоды с VBG являются перспективными, но не идеальными источниками. Их «неидеальность» проявляется при выходе за пределы стандартных режимов эксплуатации, где возникают следующие негативные эффекты:

- Скачки мод (Mode Hopping): Резкие изменения длины волны (не

более 0,1–0,2 нм) при смещении пика усиления относительно продольных мод резонатора.

- Джоулев нагрев: Внутренний кристалл лазера может быть значительно горячее корпуса из-за протекающего тока, что провоцирует термический дрейф даже при стабильной внешней температуре.

- Изменение захвата моды: Стабильность «запирания» длины волны зависит от силы обратной связи VBG, которая может варьироваться при изменении мощности излучения.

Практическая значимость исследования

Полученные экспериментальные зависимости позволили сформулировать жесткие требования к аппаратной части модуля. Для обеспечения требуемых характеристик (ширина линии 0,1 нм и стабильность мощности с отклонением не более 0,37%) необходимо использование:

1. Систем термостабилизации на базе элементов Пельтье с ПИД-регулированием.

2. Прецизионных драйверов тока, работающих в режимах APC (автоматический контроль мощности) или ACC (автоматический контроль тока).

Это позволяет четко определить «острова стабильности» — рабочие диапазоны тока и температуры, в которых лазер сохраняет узкополосный режим (FWHM не более 0,1 нм) и предсказуемые спектральные характеристики, необходимые для высокоточной биомедицинской диагностики.

Список использованных источников

1. Volodin, B. L. Performance enhancement of the high-power laser diodes and arrays by use of the volume Bragg grating™ technology [Text] / B. L. Volodin [et al.] // Proceedings of SPIE. — 2005. — Vol. 5711 : High-Power Diode Laser Technology and Applications III. — P. 185–188.

Мелехов Владислав Андреевич, студ. гр. 6131-120404D каф. ЛБС, vmelehov225@gmail.com
Чернявский Кирилл Дмитриевич, студ. гр. 6363-120305D каф. ЛБС, dmi99099228@mail.ru
Горюшкин Алексей Александрович, ст. гр. 6363-120305D каф. ЛБС
Артемьев Дмитрий Николаевич, к.физ.-мат.н., доцент каф. ЛБС, artemyevdn@ssau.ru

УДК 53.087; 681.784

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ КРЕМНИЕВЫХ ФОТОУМНОЖИТЕЛЕЙ (SiPM) В РАМАНОВСКИХ СИСТЕМАХ С ВРЕМЕННЫМ ПОДАВЛЕНИЕМ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ

М.Э. Парфёнов, Д.Н. Артемьев

«Самарский национальный исследовательский университет имени
академика С.П. Королева», г. Самара

Ключевые слова: рамановская спектрометрия, кремниевые фотоумножители, флуоресценция.