

УДК 53.05

**Применение эффекта Пельтье для совмещения спектров излучения
полупроводниковых лазеров с узкими линиями поглощения
активных сред**

***А.А. Кусяев**, студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Технологии машиностроения»*

***А.В. Герасимов**, студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Технологии машиностроения»*

***Р.И. Калимуллин**, студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Плазменные энергетические установки»*

*Научный руководитель: **Б.Г. Скуйбин**, к.ф.-м.н., доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Физика»
Bauman@bmstu.ru*

В настоящее время мы часто сталкиваемся с влиянием температуры на различные параметры электронных схем и различных датчиков. Как правило, нам приходится поддерживать температуру некоего элемента в определенном диапазоне и в определенной геометрической области. Порой, из-за нарушения теплового режима мы получаем искаженные данные с датчиков или даже выход из строя элемента схемы [1]. В нашей работе мы изменяем температуру лазера с помощью установки с ячейкой Пельтье, находящейся под управлением модульно-измерительной платформы PXI.

В основе нашей работы лежит эффект Пельтье – явление выделения или поглощения тепла при прохождении электрического тока в месте контакта (спая) двух разнородных проводников пропорционально прошедшему количеству электричества [2]. Схема термоэлектрического преобразователя представлена на рисунке 1. Эффект Пельтье можно описать следующей формулой:

$$Q = q\Pi t,$$

где Q – количество выделившейся или поглощенной теплоты;

q – сила тока;

t – время протекания тока;

Π – коэффициент Пельтье.



Рис. 1. Схема действия эффекта Пельтье [2]

Для управления элементом Пельтье была собрана специальная установка, представленная на рисунке 2. Блок питания, два кулера и сама ячейка Пельтье были взяты со старых разобранных компьютеров и установлены в купленный корпус. Проведены меры по герметизации установки с целью термостатирования ячейки. Установка подключена к модульно-измерительной платформе PXI, которая осуществляет управление температурой термоэлектрического преобразователя.

Установка может быть использована для проведения демонстрационных опытов по замораживанию капли воды, плавлению легкоплавкого припоя; для термостабилизации элементов схемы; для охлаждения ПЗС матриц с целью уменьшения шумов и многое другое. Мы используем ее для охлаждения полупроводникового лазера.



Рис. 2. Установка с ячейкой Пельтье [3]

На рисунке 3 изображена собранная нами лабораторная установка, которая предназначена для наблюдения смещения максимума спектра излучения полупроводниковых диодов при изменении их температуры, а также изучения спектров люминесценции. Установка имеет следующий состав:

1. Платформа PXI;
2. Блок с ячейкой Пельтье (см. рис.2);
3. Полупроводниковый лазер;
4. Спектрофотометр;
5. Оптоволоконный кабель;
6. Устройство вывода информации (монитор).

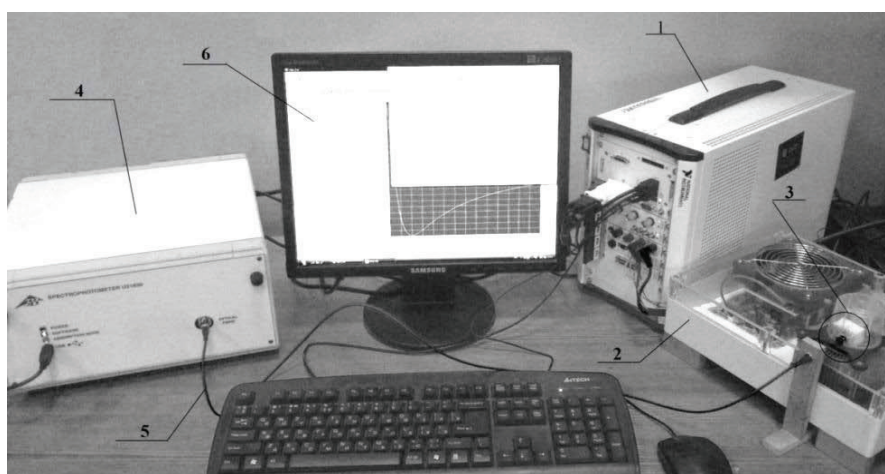


Рис. 3. Лабораторная установка

Нами были проведены опыты по охлаждению полупроводникового диода на основе AlGaAs/GaAs с длиной волны 650 нм. При изменении температуры от +15 °С до -5 °С мы наблюдали смещение максимума излучения на 6 нм в сторону уменьшения длины волны. Таким образом, температурный сдвиг спектральной линии данного лазера равен 0,3 нм/°С [3]. На рисунках 4, 5 изображено смещение максимума излучения на 3 нм при охлаждении от +5 °С до -5 °С.

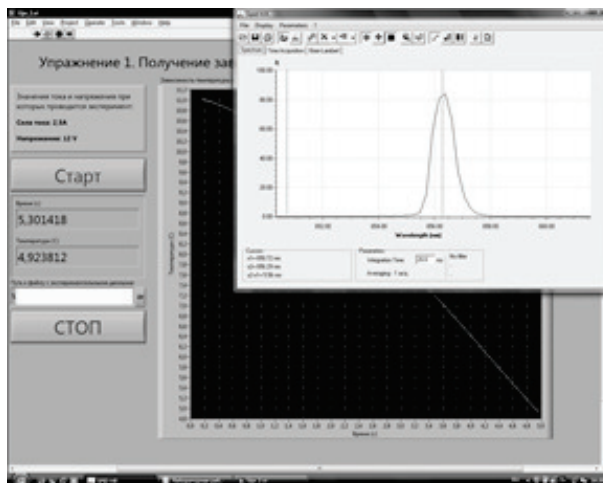


Рис. 4. Начальное положение максимума излучения лазера с $\lambda = 650$ нм [3]

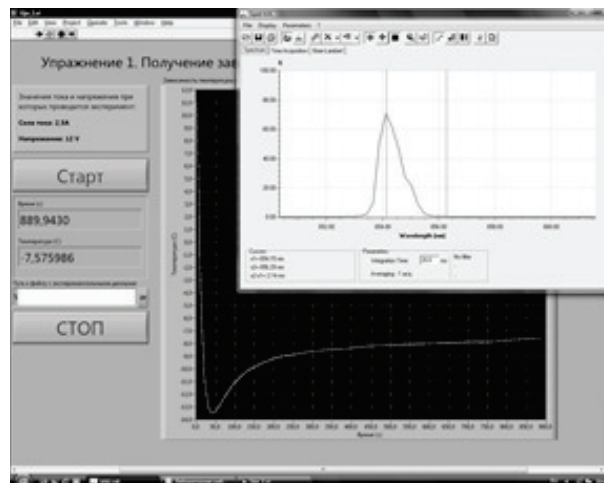


Рис. 5. Конечное положение максимума излучения лазера с $\lambda = 650$ нм [3]

Мы также провели подобные опыты с полупроводниковым лазером на основе гетероструктуры InGaAl/As с длиной волны 808 нм. Отличия от предыдущих экспериментов состоят лишь в том, что температура ячейки Пельтье регулировалась системой управления лазером Laser Diod Driver LDD-9 (рис.6). Система позволяет управлять температурой термоэлектрического преобразователя в пределах от +5 °С до +30 °С, поэтому мы проводили опыты по нагреванию лазера и наблюдали смещение максимума излучения в сторону увеличения длины волны.



Рис. 6. Лазер InGaAl/As и его система управления

При нагревании диода от +5 °С до +30 °С максимум излучения сместился на 5 нм. Изменение положения спектральной линии показано на рисунках 7, 8.

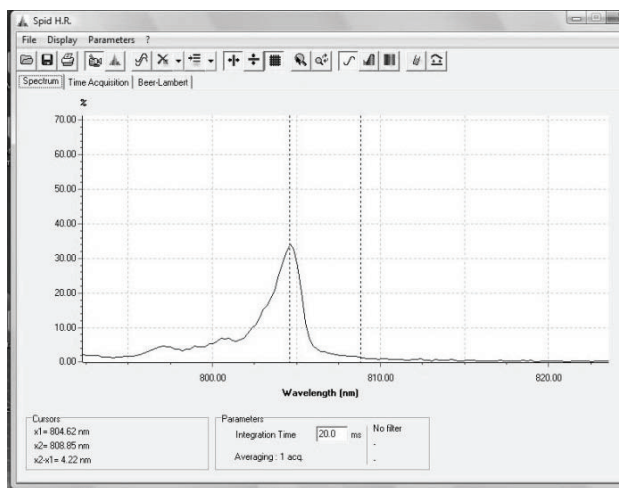


Рис. 7. Начальное положение максимума излучения лазера с $\lambda = 808$

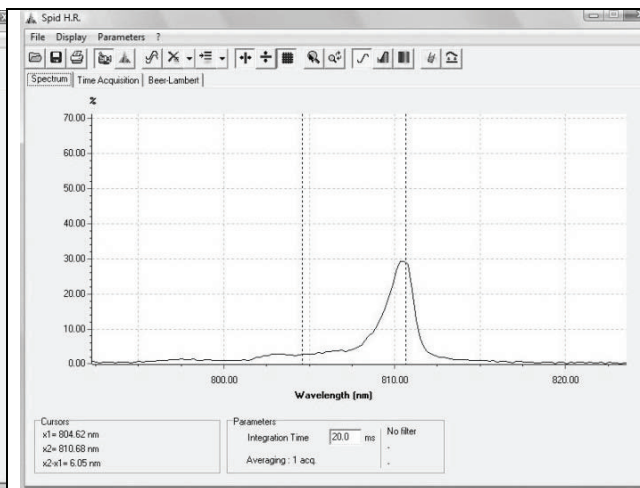


Рис. 8. Конечное положение максимума излучения лазера с $\lambda = 808$

Результаты проведенных экспериментов позволили нам собрать установку по наблюдению зависимости выходных характеристик лазера на иттрий-алюминиевом гранате при сканировании линии накачки в области максимума линии поглощения YAG: Nd^{3+} – 0.808 мкм.

Синтетический иттрий-алюминиевый гранат (YAG: Nd^{3+}) благодаря своим уникальным оптическим, механическим и тепловым свойствам является одним из наиболее распространенных материалов для твердотельных лазеров, применяется в электроакустике, а в последнее время используется в качестве подложки при наращивании тонких пленок и гетероструктур. Его оптические, электрические и колебательные свойства активно использовались в течение нескольких десятилетий [4]. Лазеры на YAG: Nd^{3+} получили широкое применение благодаря низкому порогу вещества и высокой теплопроводности активного элемента. Это позволяет получать генерацию при большой частоте повторения импульсов в непрерывном режиме. Длина волны излучения лазера равна 1,064 мкм [5].

Спектр поглощения YAG: Nd^{3+} представлен на рисунке 9. Максимум одной из спектральных линий приходится на 808,6 нм, что попадает в возможный для нас диапазон изменения длины волны излучения лазера с $\lambda = 808$ нм.

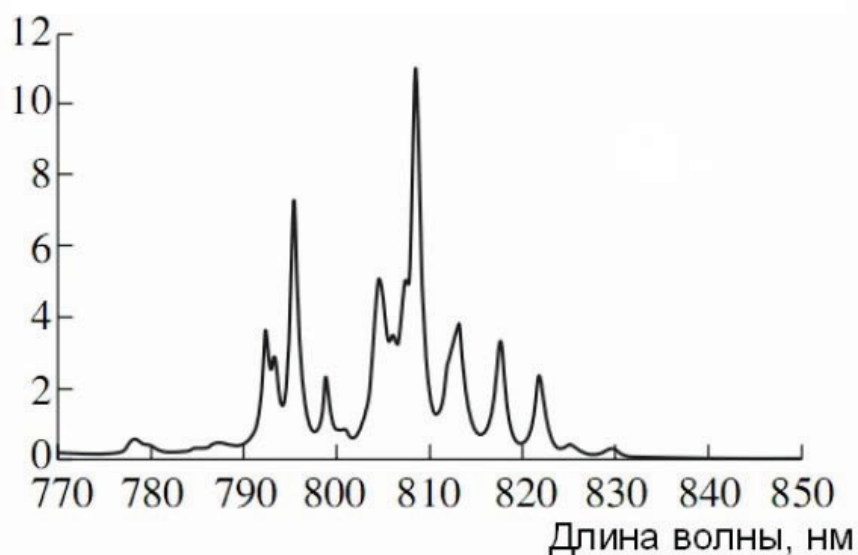


Рис. 9. Спектр поглощения YAG: Nd³⁺ [6]

Мы провели более точную серию экспериментов по нагреванию полупроводникового диода с $\lambda = 808$ нм. С шагом в 0,1 °C мы нагревали лазер от +5 до +30 °C и фиксировали длину волны максимума излучения. Затем провели опыт в обратном направлении (охлаждение от +30 до +5 °C с тем же шагом). Из полученной зависимости $\lambda(T)$, представленной на рисунке 10, мы определили, что температура данного полупроводникового лазера, при которой получаем наилучшее совпадение спектров излучения и поглощения, равна 19,3 °C. Схема перекрытия спектров изображена на рисунке 11. Ширина линии поглощения YAG: Nd³⁺ по полувысоте равна 2 нм, а линии излучения InGaAl/As – 3,3 нм, что свидетельствует о возможности проведения накачки.

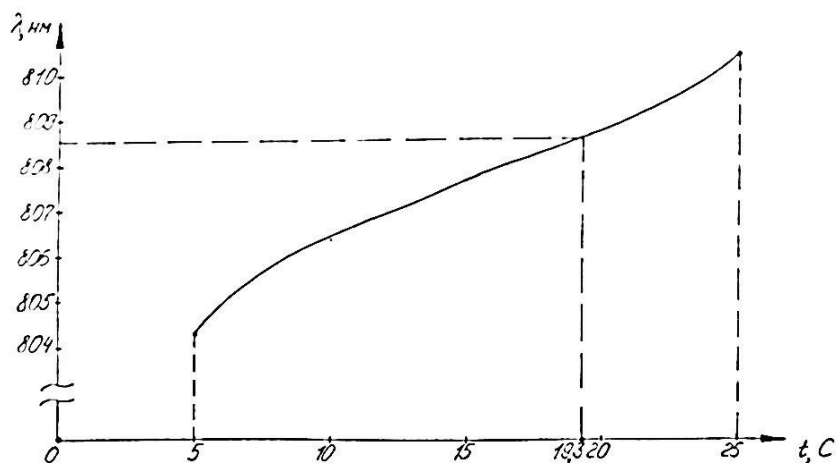


Рис. 10. Зависимость $\lambda(T)$ для лазера InGaAl/As

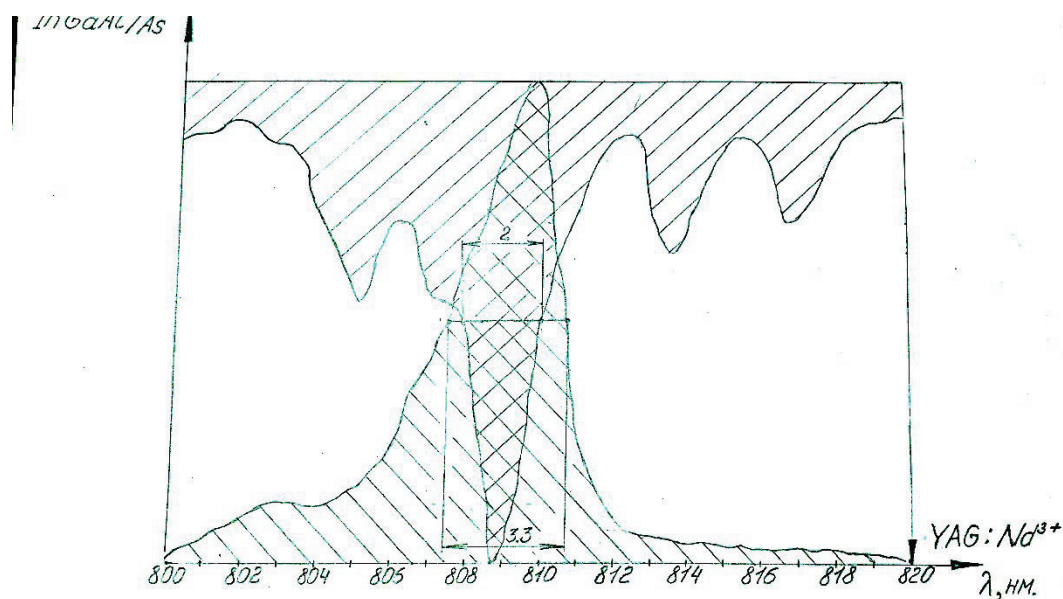


Рис. 11. Схема перекрытия спектров лазеров InGaAl/As и YAG: Nd³⁺

На основе проделанной работы возможно создание лабораторной установки для исследования люминесценции и зависимости $\lambda(T)$ для полупроводниковых лазеров с помощью эффекта Пельтье. Она позволяет совмещать линии излучения лазеров с линией поглощения исследуемых материалов. Установка имеет простое управление и наглядное представление обработанных данных, что делает ее весьма актуальной в применении в лабораторном практикуме кафедры «Физики» МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Список литературы

1. Матвеев А.Н. Электричество и магнетизм. М.: Высшая школа, 1983. 463 с.
2. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике: для инженеров и студентов ВУЗов. М.: Наука, 1968. 417 с.
3. Герасимов А.В., Кусяев А.А. и др. Исследование зависимости длины волны от температуры для полупроводникового лазера в лабораторном практикуме // Инженерные, научные и образовательные приложения на базе технологий National Instruments – 2011. М., 2011. С. 382-384.
4. Powell R.C. Physics of solid state laser materials. N.Y.: AIP, 1998. 687 p.
5. Федоров Б.Ф. Лазеры. Основы устройства и применение. М.: ДОСААФ, 1988. 190 с.
6. Зверев Г.М., Голяев Ю.Д. и др. Лазеры на алюмоиттриевом гранате с неодимом. М.: Радио и связь, 1985. 144 с.