
ВОПРОСЫ ПРЕПОДАВАНИЯ И ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И НАНОЭЛЕКТРОНИКЕ. СОЦИАЛЬНО- ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ

ЛАЗЕРНЫЙ КОМПЛЕКС НА ОСНОВЕ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРА С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ ДЛЯ НАУЧНО-УЧЕБНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

О. Р. Людчик, В. А. Зайков, Е. В. Вишневская, В. Н. Михей

Белорусский государственный университет, lyudchik@bsu.by; lyudchik@tut.by

ВВЕДЕНИЕ

Лазерные технологии материалов являются динамично развивающейся областью научных исследований в таких направлениях как электроника и фотоника, наноэлектроника и нанотехнология, медицина, диагностика материалов. Лазерный отжиг, получение сплавов и покрытий с уникальными свойствами, сварка и резка, лазерная маркировка, формирование объемных изображений внутри прозрачных материалов – вот далеко не полный перечень задач, успешно решаемых сегодня при использовании автоматизированного лазерно-технологического оборудования [1–4]. В настоящее время практически не выпускается серийное лазерно-технологическое оборудование для использования в исследовательских и учебных целях, что затрудняет подготовку квалифицированных научных и инженерных кадров для отечественной науки и промышленности, потребность в которых заметно возрастает.

Цель работы – разработка научно-учебного лазерного комплекса (ЛК) на основе импульсного лазера с диодной накачкой, исследование его возможностей, а также разработка заданий для специального лабораторного практикума.

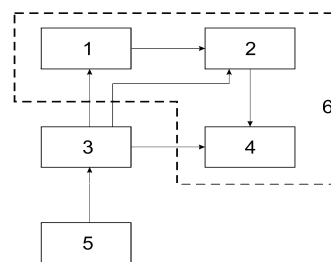
ОПИСАНИЕ НАУЧНО-УЧЕБНОГО ЛАЗЕРНОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРА С ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ

Комплект лабораторного оборудования включает в себя лазер с диодной накачкой, систему фокусировки и сканирования лазерного излучения, систему перемещения образцов, компьютер управления со специальным программным обеспечением, а также современные системы регистрации характеристик генерации.

Научно-учебный ЛК имеет следующие основные характеристики: длина волны генерируемого лазерного излучения: 1,064 мкм, 0,532 мкм, 0,355 мкм, 0,266 мкм; частота повторения импульсов до 200 Гц; длительность импульса до 20 нс; энергия импульса излучения: до 25 мДж; минимальный диаметр области фокусировки 50 мкм; размер области обработки: 150×150×100 мм.

Научно-учебный лазерный комплекс можно разделить на следующие блоки: лазер и оптическая часть; механическая часть; программный модуль.

Основные характеристики лазера и оптической части комплекса: расходимость лазерного пучка менее 1 мрад; генерация в режимах моноимпульса и свободной генерации; фокусирующая линза не более 90 мм; автоматизированная система перемещения лазерного луча в плоскости XY. Механическая часть содержит следующие узлы: автоматизированная и ручная система перемещения образцов в плоскости XY; автоматизированная установка фокусирующей линзы по координате Z; оснастка для крепления образца; закрытая стойка, исключающая выход лазерного излучения наружу. С помощью программного модуля осуществляются следующие операции: установка режимов работы лазера и механики, таких как энергия генерации лазера, переключение режимов FR, Q-SW, установка скорости, ускорения перемещения координатного стола и т.д.; возможность ручного введения текста для гравировки и загрузка изображения; масштабирование и отображение на экране текущего цикла обработки образца. Структурная схема лазерного комплекса приведена на рис. 1.



1 – импульсный лазер с диодной накачкой, 2 – система фокусировки и сканирования лазерного излучения, 3 – система управления комплексом, 4 – двухкоординатная система перемещения образца, 5 – компьютер, 6 – экран для защиты от лазерного излучения

Рис. 1. Структурная схема научно-учебного лазерного комплекса

ПАКЕТ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЛАЗЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Пакет лабораторных заданий имеет комплексный характер и предусматривает освоение на практике современных лазерных технологий обработки материалов. В лабораторных заданиях изучается устройство и принцип работы импульсного лазера с диодной накачкой, исследуются процессы нагрева и испарения металлических материалов, а также явления лазерного пробоя оптически прозрачных материалов.

Практическое применение лазерных технологий рассматривается в работах по лазерной маркировке металлических, диэлектрических и полимерных материалов, а также в работах по формированию объемных изображений внутри стеклоэлементов. Отдельное задание предполагает использование научно-учебного ЛК для диагностики полупроводниковых материалов, например, регистрации спектров фотолюминесценции. Первое задание предполагает изучение основных узлов и элементов комплекса, принципы генерации лазерного излучения, исследование расходимости лазерного излучения, принципы и предельные параметры фокусировки лазерного излучения, системы сканирования лазерных пучков, основы автоматизированной лазерной обработки материалов. В основу последующих заданий положен подход, предусматривающий теоретическое и экспериментальное изучение процессов взаимодействия лазерного излучения с поверхностью непрозрачных твердых тел (металлов, полимеров, полупроводников, диэлектриков) и объемными областями прозрачных материалов, включая явления нагрева, плавления, испарения, образования плазмы, оптического пробоя. Это дает возможность выполнить поставленную преподавателем задачу по лазерной обработке конкретного материала.

Задания по формированию объемных изображений внутри стеклоэлементов предполагают разработку заданного изображения с использованием одного из графических пакетов и последующее создание его внутри стеклоэлемента. В задание входит экономический расчет, позволяющий оценить уровень издержек и рассчитать цену конечного изделия.

Задание по регистрации спектров фотолюминесценции полупроводниковых материалов с помощью научно-учебного ЛК предполагает исследование наноразмерных объектов, спектр которых в силу малого поглощения слоя квантовых точек может возбуждаться только с помощью мощных лазерных импульсов. Возбуждение люминесценции проводилось с использованием второй и четвертой гармоник неодимового лазера в импульсно-периодическом режиме. Кроме того, исследуется воздействие мощного излучения с длиной волны 532 нм на образцы нанопористого кремния.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время научно-учебный лазерный комплекс на основе импульсного лазера с диодной накачкой используется в лабораторном практикуме на факультете радиофизики и компьютерных технологий БГУ в системе подготовки высококвалифицированных кадров для отечественной науки и промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьюли, У. Лазерная технология и анализ материалов – М.: Мир, 1986. – 504 с.
2. Kincade, K. Laser industry navigates its way back to profitability/ K. Kincade, S.G.Anderson // Laser Focus World. – 2007. – Vol.43. – Issue 3.
3. Ну, А. Optical and microstructural properties of diamond-like carbon films grown by pulsed laser deposition / I. Alkhesho, H. Zhou and W.W. Duley // Diamond and Related Materials. – 2007. – V.16. – P.149 – 154.
4. Voevodin, A.A. Combined magnetron sputtering and pulsed laser deposition of carbides and diamond-like carbon films / A.A.Voevodin, M.A.Capano, A.J.Safriet, M.S.Donley, J.S.Zabinski // Applied Physics Letters. – 1996. – Vol.69, № 2. – P. 188–190.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА «ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ АЗОТА В АЛМАЗЕ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СПЕКТРОВ УФ-ПОГЛОЩЕНИЯ»

В. Б. Наумчик, Н. М. Казючиц, В. Н. Казючиц, М. С. Русецкий

Белорусский государственный университет, kazuchits@bsu.by

В рамках спецпрактикума "Современные методы исследования полупроводников" на кафедре физики полупроводников и нанoeлектроники физического факультета БГУ предлагается лабораторная работа «Определение концентрации азота в алмазе на основе анализа спектров УФ-поглощения».

Цель лабораторной работы – изучение основных свойств алмазов, определение концентрации азота в них по результатам исследования поглощения в ультрафиолетовой области спектра, классификация алмазов по содержанию примесей азота и бора. В процессе выполнения работы студенты получают представление об алмазе, как об уникальном полупроводниковом материале и его применении в электронном приборостроении; осваивают навыки работы на спектрофотометре и научатся измерять поглощение в ультрафиолетовой и видимой частях спектра.

Лабораторная работа состоит из теоретической части, включающей в себя подробное описание свойств алмаза, области его применения, способы синтеза, физиче-