

Приоритетным направлением деятельности ИПФ НАН Беларуси является решение актуальных задач неразрушающего контроля качества непосредственно для промышленных предприятий республики. Практическое использование разработанных в институте методов и средств неразрушающего контроля позволяет повысить качество и конкурентоспособность национальной продукции, надежность и безопасность функционирования промышленных объектов.

Литература

1. Лухвич, А.А. Контроль магнитодинамическим методом толщины никелевых покрытий под хромовыми на двухслойных (неферромагнетик–ферромагнетик) основаниях / А.А. Лухвич, О.В. Булатов, А.Л. Лукьянов, М.Н. Полякова, В.В. Мосякин // Дефектоскопия, 2015. – № 1. – С. 3–10.
2. Чернышев, А.В. Вихретоковый дефектоскоп для контроля гильз блока цилиндров двигателя / А.В. Чернышев, И.Е. Загорский // Контроль. Диагностика, 2014. – № 4. – С. 70–73.
3. Mikhnev V., Badeev V. A semicircle bowtie antenna for subsurface radar applications in civil engineering // 11th European Conference on Antennas and Propagation, Paris, 19-24 March 2017. – 3p.
4. Артемьев, В.М. Нелинейные алгоритмы реконструкции полей концентрации электронов в ионосфере / В.М. Артемьев, А.О. Наумов // Седьмой Белорусский космический конгресс: материалы конгресса: в 2т., 24-26 октября 2017 года, Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2017. – Т. 2. – С. 46–50.
5. Крень, А.П. Применение методов индентирования для неразрушающего контроля физико-механических характеристик конструкционных материалов / А.П. Крень, В.А. Рудницкий // Приборостроение-2016: материалы МНТК / Минск : БНТУ, 2016. – Том 1. – С. 11.
6. Крень, А.П. Применение метода динамического индентирования для контроля механических характеристик композиционных материалов / А.П.Крень, О.В. Мацулевич // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: материалы 6-й МНТК / Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2017. – С. 265–269.
7. Счастный, А.С. Исследование возможности контроля анизотропии листового проката / А.С. Счастный, А.А. Осипов // Неразрушающий контроль и диагностика, 2014. – № 3. – С. 20–33.
8. Стрелюхин, А.В. Моделирование процесса намагничивания тонкого листового проката из конструкционной стали / А.В. Стрелюхин, А.А. Осипов // Приборостроение-2016: материалы 9-й МНТК. – Минск, 23-25 ноября 2016 г. / Минск, БНТУ, 2016. – С. 383–385.
9. Об определении глубины поверхностного упрочнения металлов ультразвуковыми методами / А.Р. Баев [и др.] // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: материалы 6-й МНТК / Могилев: БРУ, 2017. – С. 355–360.
10. Левкович, Н.В. Метод и оборудование для безэталонного измерения напряжения растяжения при затяжке резьбовых соединений / Н.В. Левкович, А.Л. Майоров, В.В. Парадинец // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии: материалы МНТК. - Могилев, 14–15 апреля 2016 г. / Могилев, БРУ, 2016. – С. 265–266.
11. Сертифицированные испытания электротехнических сталей при частоте магнитного поля 50 Гц / И.И. Брановицкий [и др.] // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2016. – № 2. – С. 16–21.
12. Венгринович, В.Л. Мониторинг сложных объектов по техническому состоянию / В.Л. Венгринович // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: материалы 6-й МНТК. – Могилев, 19-20 сентября 2017 г. / Могилев, БРУ, 2017. – С. 9–23.

УДК 621.375.826

ИТТЕРБИЕВЫЕ ЛАЗЕРНЫЕ СИСТЕМЫ С ПРОДОЛЬНОЙ ДИОДНОЙ НАКАЧКОЙ: РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЯ Кисель В.Э., Руденков А.С., Кулешов Н.В.

НИЦ Оптических материалов и технологий филиала БНТУ НИПИ, Минск, Республика Беларусь

Одним из основных направлений научно-исследовательских работ НИЦ оптических материалов и технологий филиала БНТУ НИПИ, является разработка твердотельных лазерных систем с диодной накачкой на основе новых лазерных материалов, активированных трехвалентными ионами иттербия. Данные лазерные системы находят широкое применение в различных областях науки и техники от изучения быстропотекающих процессов в различных наноматериалах до прецизионной

обработки различных материалов и систем локации и дальнометрии.

Основные результаты выполнения научных исследований за последние годы в области лазерной техники и новых материалов:

Проведен цикл работ по спектроскопии ионов Yb^{3+} в кристаллах алюминатов LuAlO_3 , YAlO_3 , CaYAlO_4 и CaGdAlO_4 ; ванадатов YVO_4 ; боратов $\text{YAl}_3(\text{BO}_3)_4$ и $\text{GdAl}_3(\text{BO}_3)_4$; вольфраматов $\text{KY}(\text{WO}_4)_2$ и $\text{KGd}(\text{WO}_4)_2$; гранатов $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$.

Разработаны новые высокоэффективные лазерные материалы на основе указанных кристаллов, а выпуск кристаллов вольфраматов и ванадатов освоен отечественными предприятиями (завод «Оптик», г. Лида, НПП «Соликс», г. Минск).

Разработаны эффективные лазерные системы с продольной диодной накачкой, работающие в различных режимах генерации (непрерывные лазеры, лазеры с пассивной и активной модуляцией добротности, фемтосекундные лазеры с пассивной синхронизацией мод) и усилении chirпированных ультракоротких импульсов.

Для большинства исследованных материалов лазерная генерация при продольной диодной накачке продемонстрирована впервые в мире, а для известных лазерных материалов, таких как кристаллы вольфраматов $KY(WO_4)_2$ и $KGd(WO_4)_2$ получена генерация фемтосекундных импульсов с рекордным сочетанием параметров: пиковая мощность импульса до 1 МВт; энергия импульса до 150 нДж; длительность менее 165 фс и средняя выходная мощность 8,8 Вт. Впервые получена генерация фемтосекундных импульсов в лазере на основе нового лазерного кристалла – иттриевого ванадата – с ионами иттербия с выходной мощностью свыше 1 Вт при диодной накачке в режиме синхронизации мод за счет самофокусировки лазерного излучения в активной среде с рекордной для иттербиевых лазеров длительностью импульсов 61 фс.

Впервые в мире продемонстрированы лазеры на иттербиевых материалах, работающие в режиме активной модуляции добротности со средними выходными мощностями более 10 Вт и оптической эффективностью более 50 %, что представляет существенный интерес для применений в микрообработке и маркировке различных материалов.

Регенеративное усиление chirпированных фемтосекундных импульсов в лазерных системах на основе кристаллов ванадатов (YVO_4), боратов ($YAl_3(BO_3)_4$) и алюминатов ($CaYAlO_4$, $LuAlO_3$), легированных трехвалентными ионами иттербия Yb^{3+} , реализовано впервые в мире. Также впервые показана возможность использования полосы усиления активного элемента как амплитудного фильтра для эффективного усиления широкополосного фемтосекундного излучения, так в кристалле $Yb^{3+}:LuAlO_3$ импульсы задающего генератора с центральной длиной волны в диапазоне (1035-1045) нм и полушириной 11,7 нм в процессе регенеративного усиления демонстрируют увеличение спектральной полуширины до 14 нм за счет дискриминация центральных и эффективного усиления периферических спектральных компонент излучения.

Впервые в мире продемонстрированы микро-чип лазеры на иттербиевых материалах, работающие в режиме непрерывной генерации с выходными мощностями до 10 Вт, стабильно работающие в широком температурном диапазоне от -50 до +60°C без системы принудительной стабилизации температуры отдельных частей излучателя. Серийный выпуск данных лазерных излучателей освоен ОАО «Пеленг» для использования в системах управления движущимися объектами.

В рамках выполнения НИР разработана оригинальная схема осевой продольной накачки, обладающая пространственной, спектральной и поляризационной независимостью излучения накачки и TEM_{00} моды резонатора лазера, что позволило получить генерацию излучения с разницей между длинами волн накачки и генерации менее 1 % и продемонстрировать перестройку длины волны $Yb^{3+}:CaYAlO_4$ лазера в диапазоне более 100 нм от 982 до 1086 нм при накачке в области 980 нм.

На основе фемтосекундных лазеров создана лабораторная установка для измерения быстропротекающих процессов в конденсированных средах и твердых телах с разрешением около 1×10^{-13} с и высокой чувствительностью по оптической плотности (до 10^{-4}). В настоящее время с помощью созданного спектрометра исследуются полупроводниковые наноразмерные структуры, разрабатываемые партнерами из Института физики полупроводников Сибирского отделения Российской Академии наук, для применения в лазерно-оптической технике.

Разработан микро-чип лазер с диодной накачкой и модуляцией добротности на основе кристалла $Yb:YAG$ с пиковой мощностью 3 кВт и высокой частотой следования импульсов (до 100 кГц) для применения в биологии (проточная цитометрия).

Наиболее перспективными направлениями инновационных разработок НИЦ ОМТ являются:

- разработка систем для прецизионной обработки материалов на основе мощных фемтосекундных лазеров с диодной накачкой;
- разработка микролазеров и микрочип лазеров с использованием новых лазерных материалов (активных сред и пассивных затворов) для биомедицинских применений и систем локации и дальнометрии;
- разработка новых материалов для твердотельных лазеров, работающих в различных режимах генерации.

Указанные разработки востребованы предприятиями Беларуси (АО «Пеленг», УП «ЛЭМТ», заводом «Оптик» г. Лида, НПП «Соликс», ЗАО «Солар ЛС» и др.).