

ЛАЗЕРНЫЙ ИСТОЧНИК 10 Вт / 90 пс / 1 МГц
Коваль В.В. (Университет ИТМО)
Научный консультант – к. ф.-м. н., проф. Викторов Е.А.
(Университет ИТМО)

Разработан компактный и надежный пикосекундный твердотельный лазер, построенный по схеме «задающий генератор – усилитель мощности». Отличительными особенностями лазера являются высокая средняя мощность (>10 Вт), высокая частота следования импульсов (до 700 кГц) в импульсно-периодическом режиме с пикосекундной длительностью импульсов (90 пс), а также высокое качество выходного излучения ($M^2 < 1,3$).

Введение.

Пикосекундные лазеры с частотой следования импульсов ~ 1 МГц и выходной мощностью ~ 10 Вт широко востребованы в спектроскопии и прецизионной микрообработке материалов. В настоящей работе сообщается о разработке простого и надежного пикосекундного лазера, основанного на микрочип-лазере и двухпроходном кольцевом усилителе с торцевой диодной накачкой.

Основная часть.

В качестве задающего генератора использован пикосекундный микрочип-лазер, основанный на кристалле Nd:YVO₄ и полупроводниковом насыщающемся поглотителе и работающий в режиме пассивной модуляции добротности. Для максимальной компактности задающий генератор накачивается одиночным непрерывным лазерным диодом с длиной волны 808 нм и мощностью 1 Вт. Для формирования требуемой прокачанной зоны используется система из двух скрещенных стержневых линз диаметром 400 и 600 мкм. Микрочип-лазер генерирует импульсы длительностью ~ 90 пс с энергией ~ 100 нДж, качеством пучка $M^2 = 1.2$ на частоте следования импульсов 100 – 700 кГц. Частота следования импульсов линейно зависит от мощности накачки при постоянной энергии в импульсе. Соответствующая максимальная выходная мощность задающего генератора составляла 70 мВт на длине волны 1064 нм. Длина волны настраивалась путем изменения температуры кристалла микрочипа для достижения максимального коэффициента усиления в усилителе мощности. Диапазон настройки длины волны составлял 0,2 нм.

Двухпроходный кольцевой усилитель мощности с поляризационным выводом был основан на двух активных элементах Nd:YAG $\varnothing 4 \times 20$ мм. Концентрация ионов Nd³⁺ в активных элементах составляла 0,2 ат.%, чтобы обеспечить равномерное распределение накачки вдоль активных элементов. Кольцевая конфигурация двухпроходного усилителя мощности была выбрана для того, чтобы уменьшить эффекты паразитной генерации и влияние деполяризованного излучения на задающий генератор.

Симметричная система накачки была основана на двух лазерных диодных модулях с волоконным выводом ($d = 200$ мкм, $NA = 0,17$) мощностью 50 Вт каждый на длине волны 808 нм. Двухлинзовая оптическая система накачки переносила изображение торца волокна в середину активного элемента с увеличением 3^x , обеспечивая близкое к равномерному распределение накачки в поперечном сечении. Термонаведенные линзы с фокусным расстоянием ~ 7 см компенсировались смещением линз ретранслятора, расположенного между двумя активными элементами. Компенсация термонаведенного двулучепреломления с 5% до $< 1\%$ осуществлялась с помощью 90° кварцевого вращателя поляризации.

Слабосигнальный коэффициент усиления за один проход в конфигурации с двумя активными элементами составлял $G_0 \sim 100$ при мощности накачки 100 Вт. Два прохода усилителя обеспечивали выходную мощность до 12,5 Вт при эффективности съема до 15% качестве выходного пучка $M^2 = 1,3$. Длительность импульса на выходе усилителя составляла ~ 90 пс. Высокая стабильность формы импульса с коэффициентом корреляции Пирсона

>99,9% была достигнута при стабильности от импульса к импульсу $RMS < 2,5\%$. По нашим оценкам при использовании маломощного предусилителя в данной схеме возможно получение более 20 Вт выходной мощности.

Выводы.

Разрабатываемое изделие может использоваться в качестве современного и многофункционального научно-исследовательского инструмента в различных лабораториях и подразделениях Университета ИТМО. На базе разработки возможна организация учебных лабораторных комплексов, предназначенных для проведения работ по тематикам нелинейной оптики, взаимодействия лазерного-излучения с веществом, прецизионной лазерной обработки поверхности материалов и т.д.