

Рисунок 4 – Спектры импульсов задающего генератора и усиленных импульсов

На спектрах видно сильное влияние эффекта сужения спектра импульса в процессе усиления. При частоте следования импульсов 50 кГц спектральная ширина усиленных импульсов составила 3,6 нм и уменьшилась до 2,7 нм при частоте 200 кГц. Средняя выходная мощность системы усиления (после компрессора) составила 3,5 Вт, оптическая эффективность 18 %. На рисунке 5 показана автокорреляционная функция усиленных импульсов (при частоте 50 кГц).

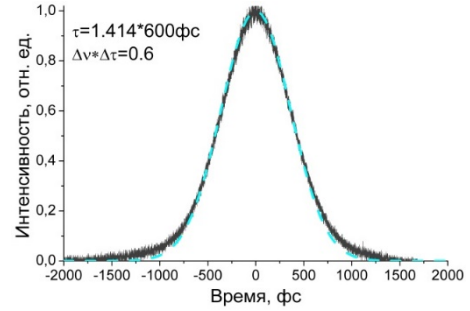


Рисунок 5 – Автокорреляционная функция усиленных импульсов

Измеренная длительность импульса составила 600 фс, произведение длительности импульса на спектральную полуширину в частотном выражении $\Delta\nu \cdot \Delta\tau = 0,6$.

Заключение. Проведенная работа показывает высокую перспективность кристаллов Yb:YAP для применения в качестве активных сред регенеративных усилителей chirпированных импульсов при условии принятия дополнительных мер по компенсации негативного влияния эффекта сужения спектра импульса в процессе усиления.

УДК 621.3.038.825.2

ГЕНЕРАЦИЯ ВТОРОЙ ГАРМОНИКИ ПРИ ВОЗБУЖДЕНИИ ПИКОСЕКУНДНЫМ ЛАЗЕРОМ НА КРИСТАЛЛЕ Yb:LuAP

Руденков А.С.^{1*}, Кисель В.Э.¹, Ясюкевич А.С.¹, Ованесьян К.Л.², Петросян А.Г.², Рубцова Н.Н.³, Ковалев А.А.³, Преображенский В.В.³, Кондратюк Н.В.⁴, Гоман Д.А.⁴, Кулешов Н.В.¹

¹НИИ Оптических материалов и технологий БНТУ
Минск, Республика Беларусь

²Институт физических исследований НАН Армении
Аштарак-2, Армения

³Институт физики полупроводников имени А.В. Ржанова, СО РАН
Новосибирск, Российская Федерация

⁴ЗАО Солар ЛС
Минск, Республика Беларусь

Анотация. В данной работе представлены результаты разработки пикосекундного лазера с выходной мощностью 12 Вт на кристалле Yb:LuAP, работающего в режиме пассивной синхронизации мод (ПСМ) на основе полупроводникового зеркала с насыщающимся поглотителем SESAM. Получены импульсы длительностью 2 пс на центральной длине волны излучения около 999 нм при оптической эффективности генерации 38 % и частоте следования 70 МГц. Реализован режим генерации второй гармоники на кристалле LBO длиной 20 мм с критическим угловым синхронизмом и получена средняя мощность излучения второй гармоники 4,8 Вт. Представлены предварительные результаты исследования параметрической генерации света при синхронной накачке гене-

ратора на кристалле LBO и получена перестройка длины волны в диапазоне 668–783 нм.

Введение. Уникальные спектроскопические свойства трехвалентных ионов иттербия в кристаллах алюминатов со структурой перовскита [1, 2] (YAlO₃, LuAlO₃) делают данные материалы отличными кандидатами для использования в качестве активных сред пикосекундных лазеров так как обладают высокими сечениями стимулированного излучения (СИ) ($3,7 \cdot 10^{-20} \text{ см}^2$) в сравнительно узком спектральном диапазоне около 999 нм. Столь высокое значение сечения СИ делает возможным эффективную генерацию пикосекундных импульсов даже в несолитонном режиме синхронизации мод (со значительно более высоким порогом генерации).

Высокие теплофизические свойства алюминатов со структурой перовскита [3, 4], малый Стоксов сдвиг между длинами волн накачки и генерации ($\lambda_{\text{нак}} \approx 976$ нм, $\lambda_{\text{ген}} \approx 999$ нм) и использование квази-внеосевой схемы продольной накачки активной среды, описанной в предыдущих работах авторов [5–8] обеспечивает работу лазера с высокой средней выходной мощностью и малой тепловой нагрузкой на активную среду.

Лазерные эксперименты. Для проведения лазерных экспериментов в режиме пассивной синхронизации мод была собрана экспериментальная установка, представленная на рисунке 1.

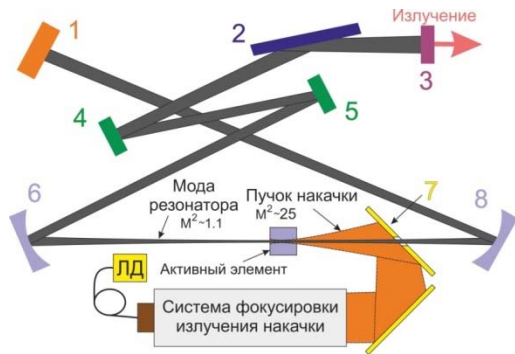


Рисунок 1 – Схема лазера с ПСМ:

- 1 – высокоотражающее зеркало или затвор;
- 2 – тонкопленочный поляризатор; 3 – выходное зеркало; 4, 5 – компенсационные зеркала;
- 6, 8 – сферические зеркала (высокоотражающее покрытие на длинах волн 900–1100 нм);
- 7 – высокоотражающее зеркало для ввода излучения накачки (высокоотражающее покрытие на длинах волн 900–1100 нм); ЛД – лазерный диод накачки

Установка основана на четырехзеркальном резонаторе, работающем в середине первой зоны стабильности, что обеспечивает стабильную работу при изменении термлинзы в широких пределах, стабильный размер моды резонатора на затворе и возможность плавной регулировки последнего. В качестве источника накачки использован InGaAs лазерный диод с волоконным выводом излучения (30 Вт, $\Phi 105$ мкм, NA=0,15).

Предварительно были проведены лазерные эксперименты в режиме непрерывной генерации и получены средние выходные мощности до 13 Вт, максимальная дифференциальная эффективность 84,5 %.

Для перестройки длины волны генерации в резонатор лазера вводилась призма. Кривые перестройки длины волны генерации лазера представлены на рисунке 2.

Получена перестройка длины волны генерации в диапазоне 987–1069 нм для E//c поляризации при пропускании выходного зеркала 1,5 %.

Для работы лазера на длине волны около 999 нм были увеличены активные потери резонатора путем использования выходного зеркала с пропусканием 20 % на длине волны генерации.

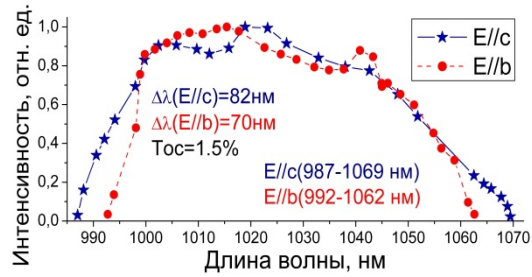


Рисунок 2 – Кривые перестройки длины волны генерации лазера

Максимальная средняя выходная мощность 12 Вт получена с оптической эффективностью 38 %. Спектр излучения лазера в режиме ПСМ представлен на рисунке 3.

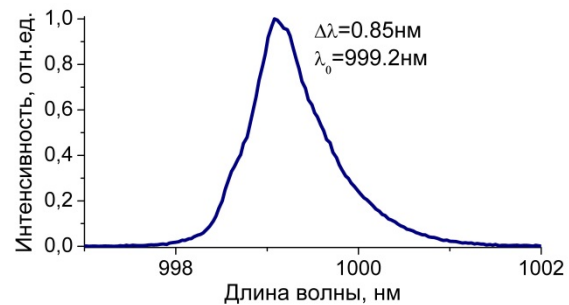


Рисунок 3 – Спектр излучения лазера в режиме ПСМ

Спектральная полуширина импульсов составила 0.85 нм, центральная длина волны 999,2 нм. Автокорреляционная функция импульсов представлена на рисунке 4.

Длительность импульса составила 2 пс, параметр качества – произведение длительности импульса на спектральную полуширину в частотном выражении $\Delta\nu \cdot \Delta\tau = 0,51$, что свидетельствует о близости импульсов к спектральноограниченным с учетом Гауссова временного профиля.

Генерация второй гармоники исследовалась с применением кристалла LBO длиной 20 мм при первом типе синхронизма ($\varphi = 11^\circ$, $\theta = 90^\circ$). Максимальная средняя выходная мощность 4,8 Вт получена с эффективностью преобразования 48 % при падающей мощности основной частоты 10 Вт.

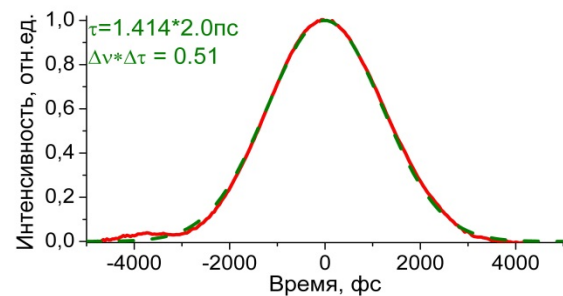


Рисунок 4 – Автокорреляционная функция генерируемых импульсов

Разработанный пикосекундный лазер совместно с генератором второй гармоники были использованы для синхронной накачки параметрического генератора света (ПГС) на кристалле LBO ($\varphi = 0^\circ$, $\theta = 90^\circ$, Тип I) длиной 40 мм.

Диапазон перестройки 115 нм (668–783 нм) (см. рисунок 5) и максимальная средняя мощность 0,7 Вт получены с эффективностью преобразования 24 % при падающей мощности накачки 3 Вт.

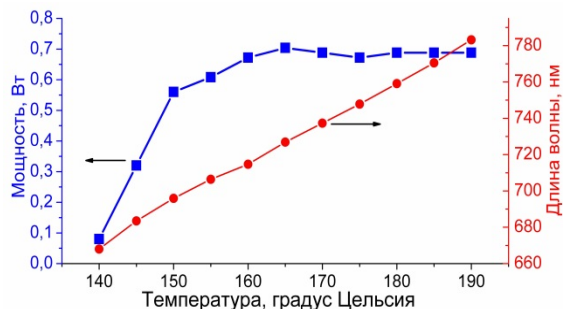


Рисунок 5 – Зависимости выходной мощности и длины волны от температуры кристалла ПГС

Заключение. Проведенная работа показывает высокую перспективность кристаллов Yb:LuAP для применения в качестве активных сред высокоэнергетических лазеров с пассивной синхронизацией мод, генерирующих импульсы пикосекундной длительности.

Литература

1. Viktor E. Kisel et.al., Opt. Lett. 33, 2194–2196 (2008).
2. Alexander Rudenkov et.al, Opt. Lett. 41, 5805–5808 (2016).
3. R.L. Aggarwal et.al., Journal of Applied Physics B 98, 103514 (2005).
4. M.J. Weber et.al., Applied Physics Letters 15, 342 (1969).
5. Alexander Rudenkov et.al., Opt. Lett. 40, 3352–3355 (2015)
6. A.S. Rudenkov et.al, 18th Conference on Laser Optics, St. Petersburg, Russia, 4-8 June 2018. – P. TuR1-16.
7. Alexander Rudenkov et.al, 8th EPS-QEOD Europhoton Conference, Barcelona, Spain, 02–07 September, 2018. – ThA2.3.
8. Alexander Rudenkov et.al, Opt. Lett. 42, 2415–2418 (2017).

УДК 681.787

ИЗМЕРЕНИЕ РАДИУСОВ ЛИНЗ ДЛЯ КРУПНОГАБАРИТНОЙ ОПТИКИ АВТОКОЛЛИМАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

Артюхина Н.К.¹, Самусенко А.А.¹, Черных И.В.²

¹Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь

²ОАО «Пеленг»

Минск, Республика Беларусь

Оптические детали со сферическими поверхностями (линзы, зеркала) являются широко распространенными элементами оптических систем. Качество изображения, создаваемого оптическими системами, во многом зависит от того, насколько точно соответствуют расчетным значениям радиусы кривизны сферических поверхностей, полученные при изготовлении оптических деталей. Поэтому измерение радиусов линз сферических поверхностей является обязательной и весьма ответственной операцией как при изготовлении, так и при контроле оптики, особенно крупногабаритной [1].

Существующие методы контроля радиусов кривизны можно разделить на контактные и бесконтактные. К первым относятся измерения на кольцевых сферометрах и метод пробных стекол, ко вторым – метод контроля с помощью автоколлимационного микроскопа или автоколлимационной зрительной трубы, измерение на фокометре и другие [2].

Современный уровень развития приборостроения позволяет с высокой точностью проводить измерения небольших радиусов оптических поверхностей (в пределах от –1000 до

+1000 мм). Сферометры (рисунок 1, а) выдают кратность значений, равную 0,01 мкм и выше, но являются контактными приборами и при измерении больших значений радиусов могут выдавать значительную ошибку, вызванную небольшим относительным перемещением измерительного элемента – штока.

Высокоточными приборами являются и фокометры. Один из них, MELOS 530 (Германия) (рисунок 1, б) позволяет измерять радиусы кривизны оптических деталей в диапазоне от –480 до +530 миллиметров с погрешностью порядка 0,3 % [3].



Рисунок 1 – Приборы для измерения радиусов кривизны линз