



Рисунок 4 – Микрофотографии включенных ЖК-пикселей исследуемых образцов ПМС при различной толщине моделирующего слоя

приводит также к изменению пороговых характеристик переориентации ЖК-слоя. В частности, происходит возрастание значения порога перехода Фредерикса для ЖК-пикселей по сравнению со случаем сплошного электрода. Это изменение определяется параметрами периодической структуры электродов (ширина, толщина напыленного токопроводящего слоя). Достаточно хорошая корреляция расчетных данных и результатов эксперимента наблюдается при ана-

лизе зависимостей деформации апертуры световых пикселей и их оптического пропускания (контраста включения) от толщины модулирующего слоя и величины угла  $\theta$ . Из приведенных на рисунке микрофотографий видно, что с уменьшением толщины ЖК-слоя характер его деформации изменяется. При толщине жидкого кристалла 1 мкм стенка не формируется. Отсюда можно определить, под каким углом необходимо ориентировать молекулы жидкого кристалла вдоль электродов транспаранта, чтобы исключить образование стенки в пикселях ПВМ.

1. Блинов, Л.М. // Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. – М.: Наука. 1978. – 384с.
2. Развин, Ю.В. Эффект деформации твистовой структуры нематика в электрическом поле пикселя матричного дисплея / Ю.В. Развин, В.А. Потачиц // Материалы 3-й Международной научно-технической конференции Приборостроение-2010. - Минск: БНТУ, 2010. – С.281-282.

УДК 621.373.826

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПАСИВНОГО ЗАТВОРА НА ВЫХОДНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ФЕМТОСЕКУНДНОГО $\text{Yb}:\text{KYW}$ ЛАЗЕРА

Руденков А.С., Кисель В.Э., Ясюкевич А.С., Кулешов Н.В.

Центр оптических материалов и технологий, БНТУ, Минск, Республика Беларусь

Одним из наиболее интересных режимов работы лазера является режим синхронизации мод. Данный режим позволяет получать импульсы лазерного излучения предельно малой длительности и, соответственно, высокой пиковой мощности.

В данной статье рассмотрено влияние параметров пассивного затвора на выходные характеристики фемтосекундного  $\text{Yb}^{3+}:\text{KY}(\text{WO}_4)_2$  лазера в режиме пассивной синхронизации мод.

### 1. Экспериментальная установка

Для исследования влияния параметров затвора был собран  $\text{Yb}^{3+}:\text{KYW}$  лазер с диодной накачкой. Схема лазера представлена на рисунке 1.

В качестве активной среды был использован кристалл калий-иттриевого вольфрамата, легированный ионами трехвалентного иттербия  $\text{Yb}^{3+}(4,9\text{ат.}\%):\text{KY}(\text{WO}_4)_2$ , толщиной 1,5 мм.

Активный элемент был помещен в резонатор, состоящий из плоского зеркала (M1), двух вогнутых зеркал (M2, M3), двух плоских чирпирующих зеркал (M4, M5) и плоского выходного зеркала (M6).

Накачка лазера осуществлялась лазерным диодом с волоконным выводом излучения, мощ-

ностью 8 Вт. Центральная длина волны излучения накачки 976 нм. Диаметр волокна 105 мкм, числовая апертура  $NA = 0.22$ .

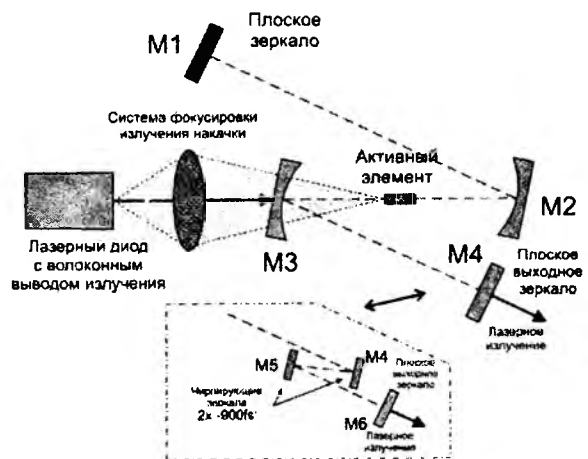


Рисунок 1 – Схема исследуемого  $\text{Yb}:\text{KYW}$  лазера с диодной накачкой

Охлаждение активного элемента производилось термоэлектрическим контроллером с элементами Пельтье, с последующим воздушным охлаждением. Температура активной среды поддерживалась на уровне 20 °С.

На рисунке 2 приведена выходная характеристика лазера в непрерывном режиме.

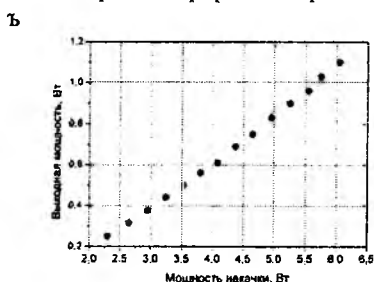


Рисунок 2 – Выходная характеристика лазера в непрерывном режиме работы

Максимальная выходная мощность в непрерывном режиме генерации составила 1,1 Вт.

Для реализации режима пассивной синхронизации мод, в резонатор лазера, вместо зеркала М1, вводился пассивный затвор. Для компенсации дисперсии группой скорости, вводятся два chirпирующих зеркала М4, М5 (обозначено штрихпунктирной линией).

## 2. Описание исследуемых пассивных затворов

В ходе эксперимента исследовался режим пассивной синхронизации мод для трех образцов пассивных затворов (SESAM).

На рисунке 3 представлены спектральные зависимости коэффициентов отражения затворов.

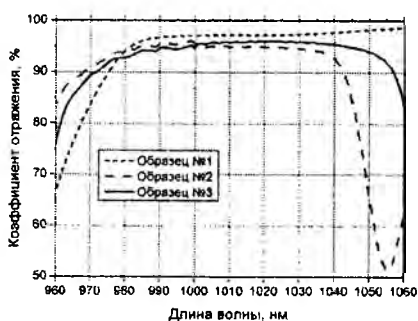


Рисунок 3 – Спектры отражения пассивных затворов

Из приведенных спектров отражения видно, что образец №1 имеет высокий коэффициент отражения в диапазоне около 980 нм – 1060 нм. Образец №3 имеет большую глубину модуляции, но высокий коэффициент отражения находится в пределах 980 нм – 1050 нм. Наибольшую глубину модуляции имеет образец №2, при этом рабочая область спектральной характеристики находится в еще более узком диапазоне 980 нм – 1035 нм. Данные по глубинам модуляции затворов показаны в таблице 1.

На рисунке 4 показаны кривые релаксации исследуемых образцов.

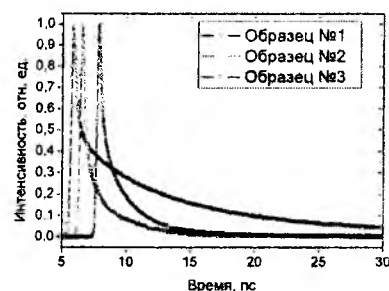


Рисунок 4 – Кинетика релаксации исследуемых образцов

Кинетики релаксации пассивных затворов имеют близкие значения времени просветления – от 3 пс до 8,5 пс. Данные отображены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры затворов

Номер образца	Глубина модуляции, %	Параметры релаксации	
		$\tau_1$ , пс	$\tau_2$ , пс
1	$\leq 2,5$	0,5	8,5
2	$\leq 5,0$	0,8	3,2
3	$\leq 4,0$	1,2	3,2

## 3. Описание полученных результатов

В ходе эксперимента был получен режим пассивной синхронизации мод для трех образцов затворов. На рисунке 5 показана зависимость средней выходной мощности лазера, работающего в режиме синхронизации мод, от мощности накачки для трех исследуемых образцов.

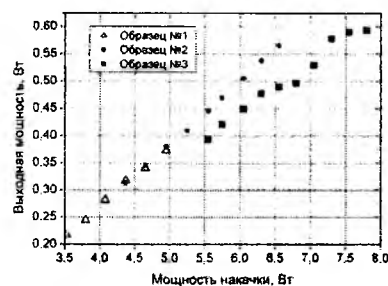


Рисунок 5 – Зависимости выходной мощности лазера от мощности накачки

Как видно из рисунка 5 максимальные средние мощности в режиме пассивной синхронизации мод для трех образцов составили: 0,37 Вт, 0,57 Вт и 0,59 Вт соответственно. Следует отметить, что лазер с образцом №1 имел низкий порог синхронизации мод на уровне 3,5 Вт, но максимальная мощность составила 0,37 Вт. Лазер с образцами 2 и 3 имел более высокие пороги синхронизации мод (4,4 Вт и 5,6 Вт соответственно), максимальные выходные мощности находились на уровне 0,57 Вт и 0,59 Вт.

На рисунке 6 показаны зависимости спектральной полуширины импульса от мощности накачки.

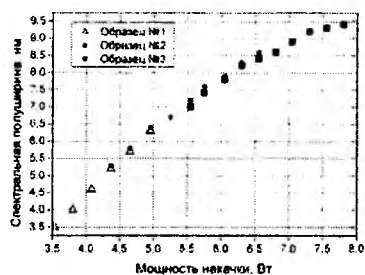


Рисунок 6 – Зависимости спектральной полуширины импульса от мощности накачки

На рисунке 7 показан спектр импульса для образца №3. Спектральная полуширина составила 10,6 нм, центральная длина волны 1031 нм.

Спектры фемтосекундных импульсов, полученных с образцами затворов №1 и №2 имеют аналогичную форму, но меньшую спектральную полуширину, 6,3 нм и 8,6 нм соответственно.

Наилучший результат был получен в эксперименте с пассивным затвором №3. Длительность импульса соответствующая полученной спектральной полуширине составила 105 фс. В экспериментах с образцами 1 и 2 длительности импульса составили 180 фс и 130 фс соответственно.

УДК 615.849.19

### КОНЦЕПЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРИПОВЕРХНОСТНОГО ЛАЗЕРОФЕРЕЗА

Рыжевич А.А.<sup>1</sup>, Солоневич С.В.<sup>1</sup>, Железнякова Т.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт физики НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

<sup>2</sup>Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

В ряде клинических случаев в качестве способа доставки лекарственного препарата целесообразно применять лазероферез – введение препарата в биоткань под действием лазерного излучения [1]. Зачастую, когда патологические процессы локализованы на внешних поверхностях организма – коже и слизистой оболочке, имеет смысл вводить лекарственный препарат только в пораженные области биоткани, т. е. на небольшую глубину. Для проведения приповерхностного лазерофереза нами было предложено применять динамические градиентные световые поля (ДГСП), представляющие собой суперпозицию двух или более когерентных световых пучков, разность фаз между которыми изменяется по определенному закону [1, 2]. В настоящее время во всех сферах человеческой деятельности, в том числе и в медико-биологической, все более широкое распространение получают компактные, имеющие высокий КПД и в тоже время недорогие полупроводниковые лазеры. Излучение данных лазеров имеет заметные отличия в плане когерентности и распределения интенсивности по сравнению с применявшимися ранее лазерами, поэтому в данной работе исследована возможность применения компактных

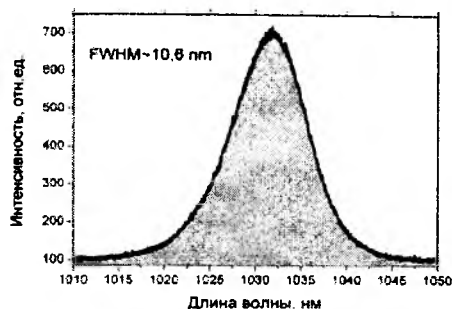


Рисунок 7 – Спектр лазерного импульса для образца №3

Анализируя полученные данные можно сделать заключение о том, что увеличение глубины модуляции пассивного затвора позволяет уменьшить длительность импульса, при прочих равных условиях.

Однако в случае с образцом №2 уменьшения длительности импульса не наблюдалось. Это связано с более узким спектром отражения (см. Рис. 3), что в свою очередь приводило к уменьшению спектральной полуширины фемтосекундного импульса и, как следствие, к увеличению его длительности.

полупроводниковых лазерных модулей KLM-D532-30-5 и KLM-M650-40-5 для проведения процедуры приповерхностного лазерофереза.

Для формирования и исследования ДГСП была собрана установка, схема которой представлена на рис. 1. В этой установке для изменения разности хода интерферирующих между собой лучей периодически изменяется пространственное положение укрепленного на пьезоэлектрическом элементе зеркала 4. При плавном изменении оптического пути одного из световых потоков посредством увеличения напряжения, подаваемого на пьезоэлектрический элемент, получены распределения интенсивности интерференционного светового поля в виде параллельных полос на поверхности облучаемого объекта. Зеркало 4 под действием управляемого переменного напряжения может смещаться на величины, сравнимые и большие, чем длина волны светового излучения. Благодаря этому интерференционные полосы на поверхности объекта 5 могут смещаться на период световой волны и более. Если излучение имеет высокую степень когерентности, при периодическом смещении полос ровно на один период интенсивность в конкретной точке поверхности объекта описывается