

Национальная Академия наук Украины
Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины
Институт сцинтилляционных материалов НАН Украины
Институт физики полупроводников НАН Украины им. В.Е. Лашкарева
ПАО «НПК «Наука»
Харьковский национальный университет радиозлектроники

Сборник научных трудов
V Международной научной конференции

«ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ БАЗА НАНОЭЛЕКТРОНИКИ»

30 сентября - 5 октября 2012г.

РАЗВИТИЕ ОПТОЭЛЕКТРОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ ВОЛОКОННЫХ ЛАЗЕРОВ

Мачехин Ю.П., Данаилов М.Б., Старчевский Ю.Л.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

61166, Харьков, пр. Ленина 14, каф. ФОЕТ, тел. 702-14-84

E-mail: starchevskiy@yahoo.com

Investigated the possibility of improving the alignment of the ring resonator for pulsed fiber laser that works at wave length band $\sim 1.5 - 1.6$ micron. It is shown that, instead of half-wave plate, that managed by a system with stepper motors, you can use the liquid crystal cell controlled by the voltage up to 10 V. Performed a comparison of the characteristics of half-wave plate and a liquid crystal cell and represented the results.

Введение

Известно, что спектральная область $\sim 1.5 - 1.6$ мкм привлекает разработчиков различных лазерных приборов по целому ряду причин. Прежде всего, это – относительная безопасность излучения для зрения [1]. Импульсное излучение в этом диапазоне активно применяется для различных приложений в телекоммуникации, метрологии и других областях [2].

Одна из проблем достижения требуемых параметров импульсного волоконного лазера связана с настройкой кольцевого резонатора. Как правило, для этого используется набор фазовых пластинок, обеспечивающий управление поляризацией излучения. Вращение пластинок осуществляется вручную, либо с применением автоматической, но сложной системы с шаговыми двигателями (Ultrafast Fiber Laser TG-1550 компании Menlo Systems). Это приводит к значительному удорожанию лазерной системы в целом.

Многие фирмы выпускают жидкокристаллические ячейки, используемые для управления поляризацией излучения. Цель данной работы заключается в исследовании возможности замены системы управления поляризацией излучения на основе вращения фазовых пластинок на систему управления, основанную на подаче напряжения на жидкокристаллическую ячейку. Преимущества такой замены заключаются в исключении подвижных элементов из резонатора, повышении надёжности и снижении стоимости лазерной установки.

1. Схема импульсного волоконного лазера

В данной работе исследовался импульсный волоконный лазер (рис.1). От стабилизированного диода накачки излучение 980 нм вводится в кольцевой резонатор через Wavelength Division Multiplexer (WDM). Резонатор содержит отрезок волокна, легированного эрбием, где излучение накачки преобразуется в излучение в диапазоне 1500-1600 нм. Открытая часть резонатора содержит набор фазовых пластинок для настройки требуемого режима работы, изолятор для исключения распространения обратной волны и Polarizing Beamsplitter Cube (PBS) который работает в качестве нелинейного поглотителя, выводя из резонатора излучение с определённой поляризацией и сохраняя в резонаторе излучение с противоположной поляризацией.

Поскольку используется волокно без поддержки поляризации, то максимальная эффективность взаимодействия излучения с активной средой достигается при круговой поляризации излучения в волокне, легированном эрбием. Поэтому перед коллиматорами, обеспечивающими ввод излучения в волокно и вывод излучения из волокна, расположены четвертьволновые пластинки, преобразующие поляризацию излучения, в круговую, при вводе в волокно, и в линейную, при выводе из волокна.

Полуволновая пластинка позволяет поворачивать линейно поляризованное излучение на требуемый угол перед падением на PBS. В зависимости от угла поворота вектора электрического поля в линейно поляризованной волне можно регулировать энергию поля в кольцевом резонаторе и долю энергии, которая выводится из резонатора через PBS.

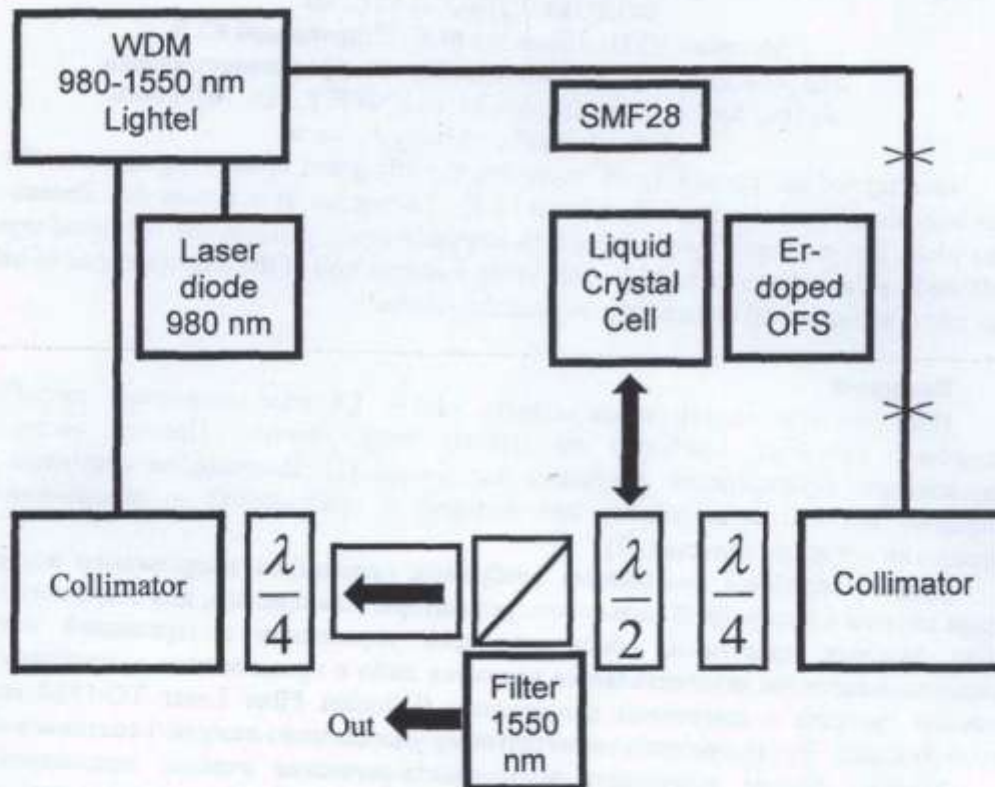


Рисунок 1 – Схема импульсного волоконного лазера

2. Исследование жидкокристаллической ячейки

Для замены полуволновой пластинки жидкокристаллической ячейкой необходимо определить их характеристики и провести сравнение. Излучение с линейной вертикальной поляризацией выводилось через первый PBS из волоконного лазера (рис. 2). Фильтр 1550 нм не пропускал излучение накачки 980 нм. Жидкокристаллическая ячейка и полуволновая пластинка размещались по очереди перед вторым PBS, который разделял излучение по поляризации во взаимно перпендикулярных направлениях. Излучение с вертикальной поляризацией поворачивалось на 90 градусов, а излучение с горизонтальной поляризацией не изменяло своего направления. Каждая составляющая излучения регистрировалась измерителем мощности. Результаты измерений проходящей мощности через измерительный тракт в зависимости от угла поворота полуволновой пластинки представлены на рис. 3. А результаты измерений проходящей мощности в зависимости от напряжения на жидкокристаллической ячейке представлены на рис. 4. Согласно рис. 3 полуволновая пластинка при повороте на 45 градусов поворачивает плоскость поляризации излучения на 90 градусов. При этом измеритель мощности регистрирует все значения от минимума до максимума. За полный оборот полуволновая пластинка создаёт в резонаторе одинаковые условия 8 раз, поэтому для настройки резонатора можно ограничить диапазон вращения пластинки 45 градусами. Из рис. 4 видно, как меняется регистрируемая мощность излучения при росте и спаде напряжения между электродами жидкокристаллической ячейки. Это соответствует вращению плоскости поляризации излучения на 90 градусов. К особенностям работы жидкокристаллической ячейки можно отнести наличие минимума пропускания на уровне 2,7 В. Затем идёт участок до 4 В, где пропускание излучения зависит от напряжения на ячейке линейно, и далее до 10 В наблюдается участок насыщения, где пропускание с увеличением напряжения изменяется медленно. Для точной настройки резонатора

участок с медленным изменением напряжения является более удобным. Также необходима возможность вращения жидкокристаллической ячейки для выбора начальной ориентации в резонаторе с последующей настройкой напряжением.

Было проведено измерение пропускания жидкокристаллической ячейки схеме (рис. 2) путём регистрации показаний измерителя мощности без ячейки (18,15 мВт) и с ячейкой (13,27 мВт). Потери мощности излучения на длине волны 1,54 мкм составили примерно 27%. Специальных мер для уменьшения потерь не принималось, поэтому существует возможность их снижения.

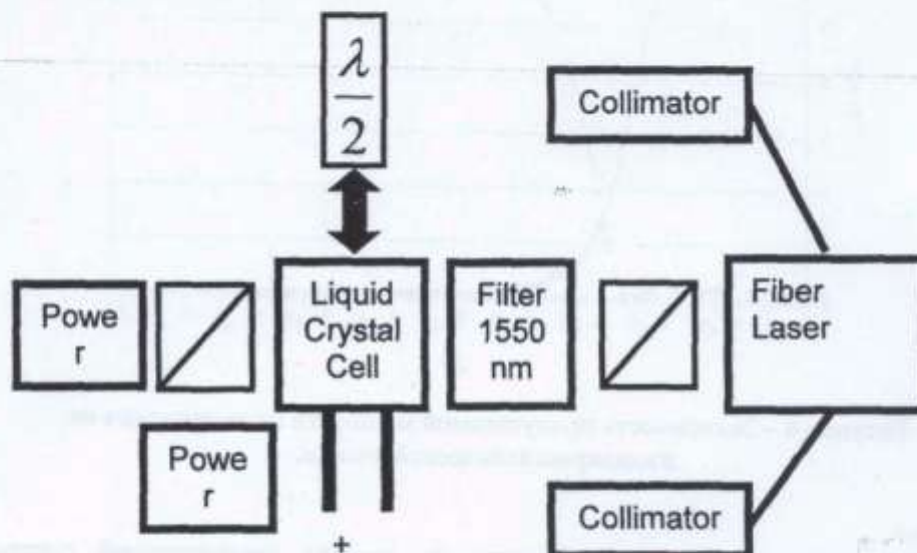


Рисунок 2 – Схема исследования вращения поляризации излучения

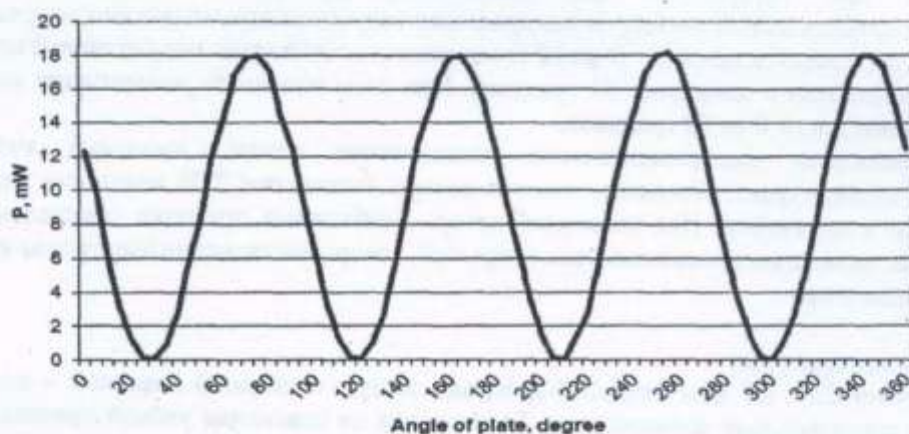


Рисунок 3 – Зависимость пропускаемой мощности от угла поворота полуволновой пластинки

Сравнивая графики рис. 3 и рис. 4 видно, полуволновая пластинка, также как и ячейка, требуют правильной начальной ориентации в резонаторе и установки напряжения. Вращение полуволновой пластинки в диапазоне 45 градусов соответствует

изменению напряжения на ячейки от 2,7 В до 10 В. Ячейка вносит существенные потери в резонатор, по сравнению с полуволновой пластинкой, что может препятствовать получению режима синхронизации мод в импульсном волоконном лазере.

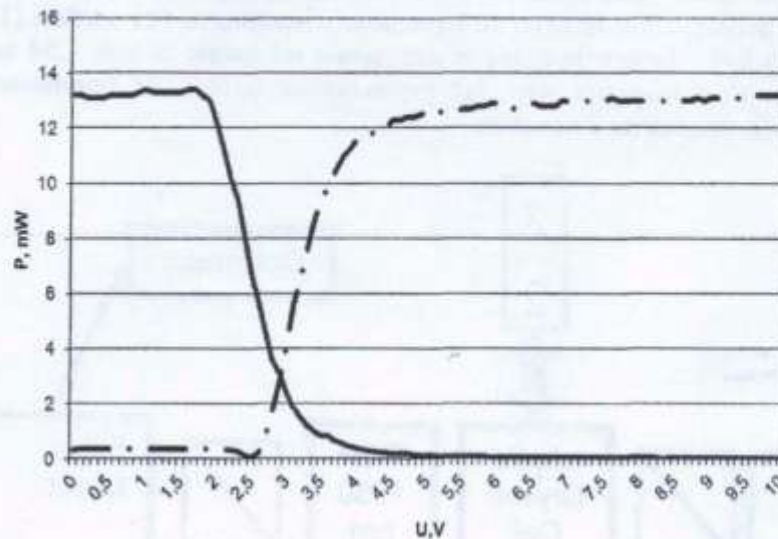


Рисунок 4 – Зависимость пропускаемой мощности от напряжения на жидкокристаллической ячейке.

Выводы

В данной работе рассмотрена возможность замены дорогостоящей системы управления фемтосекундным лазером на основе вращения фазовых пластинок шаговыми двигателями системой на основе подачи низковольтного напряжения на жидкокристаллическую ячейку. Предлагаемый вариант является более дешёвым и надёжным, поскольку не содержит движущихся элементов.

Проведено исследование вращения плоскости поляризации жидкокристаллической ячейкой при подаче на неё напряжения до 10 В. Показано, действие жидкокристаллической ячейки на поляризацию излучения при изменении напряжения на электродах в диапазоне от 2,7 В до 10 В эквивалентно действию полуволновой пластинки при её вращении в диапазоне 45 градусов. При этом плоскость поляризации излучения поворачивается от 0 до 90 градусов.

Проведено экспериментальное исследование потерь, вносимых ячейкой в измерительный тракт. Показано, что эти потери составляют 27% мощности излучения, падающего на ячейку. Для снижения потерь необходимо принятие специальных мер, таких как нанесение просветляющих покрытий, совершенствование электродов и жидких кристаллов и др.

Список литературы:

1. Сверчков С.Е. 1.5 мкм иттербий-эрбиевые лазеры с диодной накачкой – элементная база и генерационные возможности: Диссертация на соискание учёной степени доктора физико-математических наук: 01.04.21. – Москва, 2005. – 238 с.
2. Axel Ruehl, Holger Hundertmark, Dieter Wandt, Carsten Fallnich, Dietmar Kracht. 0.7 W all-fiber Erbium oscillator generating 64 fs wave breaking-free pulses. - OPTICS EXPRESS. - 2005. - Vol. 13, No. 16. – pp. 6305 – 6309.