

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
ЗАО «НПК «Наука»
Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Сборник научных трудов

IV Международной научной конференции

«ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ БАЗА НАНОЭЛЕКТРОНИКИ»

30 сентября - 3 октября 2011г.

**Харьков - Кацивели
2011**

ВОЛОКОННЫЙ КОЛЬЦЕВОЙ ЛАЗЕР С СИНХРОНИЗАЦИЕЙ МОД. КОНСТРУКЦИЯ ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Мачехин Ю.П., Пехота А.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
61166, Харьков, пр. Ленина, 14, каф. физических основ электронной техники,
тел. (057) 702-14-84, E-mail: yuri_m49@mail.ru; факс (057) 702-10-13

The purpose of work is to develop design a ring fiber laser used for information technology. The method of investigation - design. In this thesis work has been designed and collected design fiber ring laser. Determine the length of the compensation fiber. A feasibility study work, measures were designed with safety in working with computer technology.

Волоконные лазеры также содержат рабочее тело, в виде кварцевого оптоволокна, легированного редкоземельными металлами (Nd^{3+} , Ho^{3+} , Er^{3+} , Tm^{3+} , Yb^{3+}) а накачка его осуществляется полупроводниковыми излучателями, специальными лазерными Излучение из волоконного лазера выводится по оптическому кабелю, который может иметь длину до сотен метров, поэтому никаких проблем интеграции лазера со средствами промышленной робототехники нет.

Волоконный кольцевой лазер представляют собой лазер, резонатор которого построен в самом волокне, активная среда также находится в волокне легированном редкоземельными металлами, для установления стабильного режима генерации используются дискретные элементы, не входящие в волоконную часть лазера.

Другими направлениями применения волоконных лазеров являются информационные технологии. К ним относятся оптические линии связи, информационно-измерительные системы, оптические медицинские системы. Наиболее перспективными в рассматриваемых информационных технологиях являются лазеры с ультракороткими импульсами излучения.

Структура кольцевого лазера на рисунке 1.

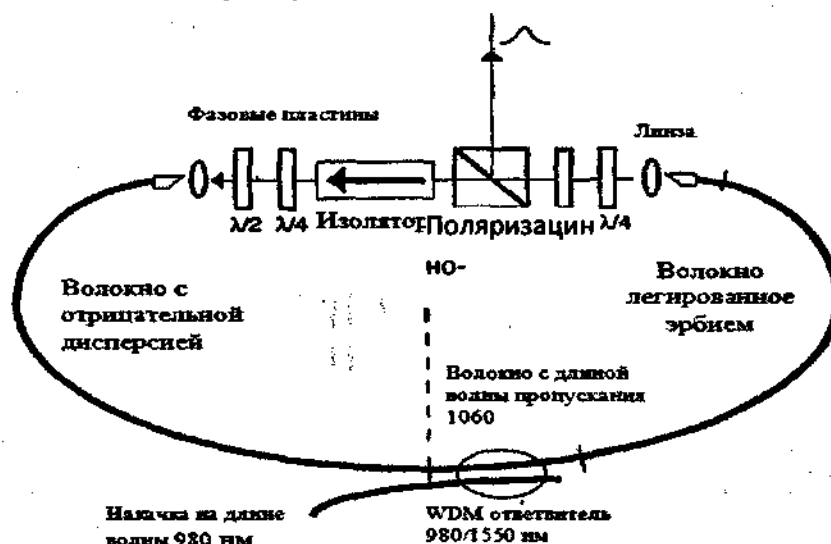


Рисунок 1 - Схема Кольцевого лазера.

Это однонаправленный поляризационный волоконный кольцевой лазер [1]. Изолятор используется в схеме, чтобы лазер работал в одном направлении. Призма Глана работает как поляризационный делитель пучка (ПДП), давая линейно поляризованный импульс на выходе. Волновые пластинки ($\lambda/2$, $\lambda/4$) были поставлены до и после изолятора для контроля поляризации. Волновые пластинки обеспечивают более высокую точность и воспроизводимость системы, чем волоконные контроллеры поляризации.

После настройки фазовых пластинок для режима синхронизации мод, было обнаружено, что волокно должно быть зафиксировано в данном положении иначе малейшее его перемещение или изгиб изменит поляризацию, что приведет к потере режима синхронизации мод [2].

Волоконный резонатор сконструирован из волокна SMF28 (с отрицательной дисперсией) длиной 1,2 метра, затем использовался мультиплексор (WDM), ответвитель используется для подачи излучения накачки от полупроводникового диода, а также используется 1 метр волокна легированного эрбием. Это дает нам возможность сделать частоту импульсов 48,2 МГц. Существует 3 дисперсионных сегмента для длины волны 1,5 мкм, по оценкам $-0,023, -0,007$, и $0,075 \pm 0,005$ пкс²/м, соответственно, а чистая дисперсия резонатора была оценена как $0,016 \pm 0,005$ пкс²/м [1]. Для того, чтобы импульс в системе не расширялся по времени, необходимо компенсировать положительную дисперсию активного эрбиевого волокна отрицательной дисперсией волокна типа SMF28. В данной системе используется 1 метр активного эрбиевого волокна, это означает для компенсации положительной дисперсии необходимо использовать 1,2 метра волокна SMF28. Дисперсии объемных компонентов, по оценкам, будет незначительной.

Волокно легированное эрбием имеет потери при накачке 80 дБ/м на 980 нм диаметром сердцевинны 2,5 мкм.[2]

Накачка системы происходит на длине волны 980нм при помощи полупроводникового лазера мощностью до 300 мВт. Выходная мощность примерно на 70-80% меньше мощности накачки.

Лазер может работать в прямом (как показано на рисунке 1) либо обратном направлении за счет выбора порядка объемных компонентов. Для режима обратного направления, наблюдается надежный самозапускающийся режим синхронизации мод, при входной мощности накачки 380 мВт выходная мощность 23 мВт. Пульсации мощности могут достигать 180 мВт при падении мощности накачки и 10,5 мВт.

После запуска системы фазовые пластины были настроены так чтобы получить оптимальную форму импульса и спектра.

Были оценены потери в ПДП, при помощи временного добавления волоконного ответвителя в установку [3]. Примерно 50% процентов мощности циркулирующей в резонаторе выходило через порт ответвления, в импульсном режиме, независимо от настроек фазовых пластинок.

Рисунок 2 показывает автокорреляцию (внешний контур) и спектр (вставка) выходного импульса мощностью 20 мВт, что соответствует энергии импульса $> 0,4$ нДж.

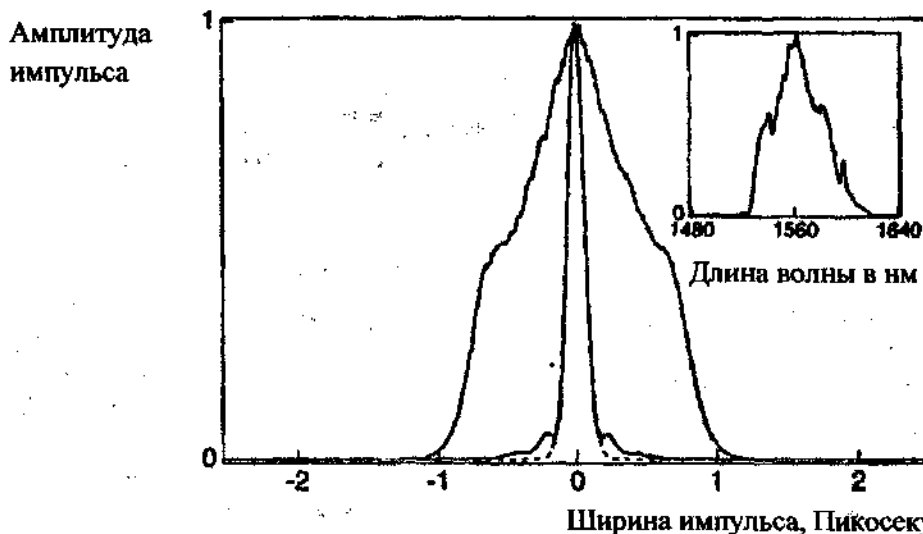


Рисунок 2 - Результат работы схемы в обратном направлении: автокорреляция отрицательно сдвинутого импульса (внешний контур) и импульс после внешней компенсации частотного сдвига (внутренний контур). Вставка спектр автокоррелированных импульсов.

Чтобы убедиться в том, что система работает в режиме одиночных импульсов включается высоко скоростной фотоприемник (время отклика меньше 100 пикосекунд). При больших задержках соотношение мощности фоновых шумов к пиковому импульсу было определено как $<10^{-5}$, что подразумевает, что большая часть энергии содержится в импульсе а не в шумах. Обратные направленные импульсы имеют отрицательное смещение частоты.

Для режима работы в обратном направлении, при высоких энергиях выходной импульс имеет несколько пиков и сложные шумовые структуры, которые чувствительны к регулировке волновых пластинок. Это явление связано с солитонным эффектом, который сильнее, когда лазер работает в обратном направлении, чем в прямом направлении.

В режиме работы системы в прямом направлении импульсы самозапуска при мощности накачки 380 мВт, которая падает до 23,5 мВт. Это связано с уменьшением воздействия солитонного эффекта, который помогает формироваться импульсу. Максимальная выходная мощность 38 мВт наблюдается при мощности накачки 480 мВт. На рисунке.3. показана автокорреляция (внешний контур) и спектр (вставка) выходных импульсов. Средняя мощность 38 мВт соответствует 0,78 нДж энергии одного импульса.

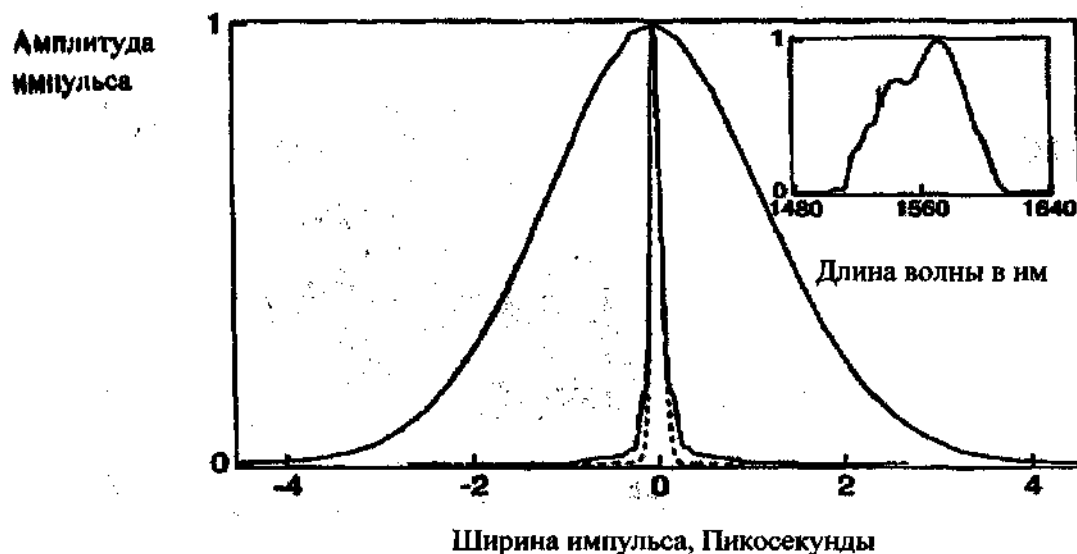


Рисунок 3 - Результат работы схемы в прямом направлении: автокорреляция позитивно смещенного импульса (внешний контур) и импульс после компенсации внешними элементами частотного сдвига, вставка спектр автокоррелированных импульсов

Для прямого режима выходные импульсы имеют большое позитивное смещение по частоте. Для компенсации смещение по частоте в волокне SMF28 используются дисперсионные линии задержки. Чтобы избежать нелинейных эффектов в линии задержки используется 1 мВт (менее 3%) выходной мощности лазера, чтобы продемонстрировать компенсацию смещения.

При укорачивании волокна до соответствующей длины (120 см) [4], сокращается длительность импульса до 83 фс (внутренний автокорреляционный контур на рис..3) предполагая, что профиль амплитуды - секанса. Для спектральной ширины 60 нм, что соответствует временной способности пропускания системы 0,62. По оценкам примерно 20% энергии содержится не секанса подобных компонентах импульса. При более высоких энергиях запуска (26 мВт) и дальнейшей корректировки линии задержки (206

см) солитонные эффекты сжимают ширину импульса и делают его максимально коротким 69 нс.

Однако при самоиндуцированной фазовой модуляции появляется уширение спектра и автокорреляция имеет большие крылья, в которых содержится около 40% мощности.

Также существуют некоторые другие методы для сужения импульса по частоте, в них используется длинные стержни из стекла, высоко дисперсионную призму (наподобие кремневых призм), дифракционные решетки. Использование этих методов позволило бы избежать нелинейных эффектов, возникающих при больших мощностях в линии задержки волокна, и получить более сжатые импульсы более высокого качества.

В данной системе используются объемные компоненты для управления изолятором и контроля поляризации, что позволяет не трогать волокно для реализации данных задач (рис.4). Затем волокна можно закрепить в твердом материале, что позволит обеспечить долгосрочную стабильность и воспроизводимость характеристик системы.

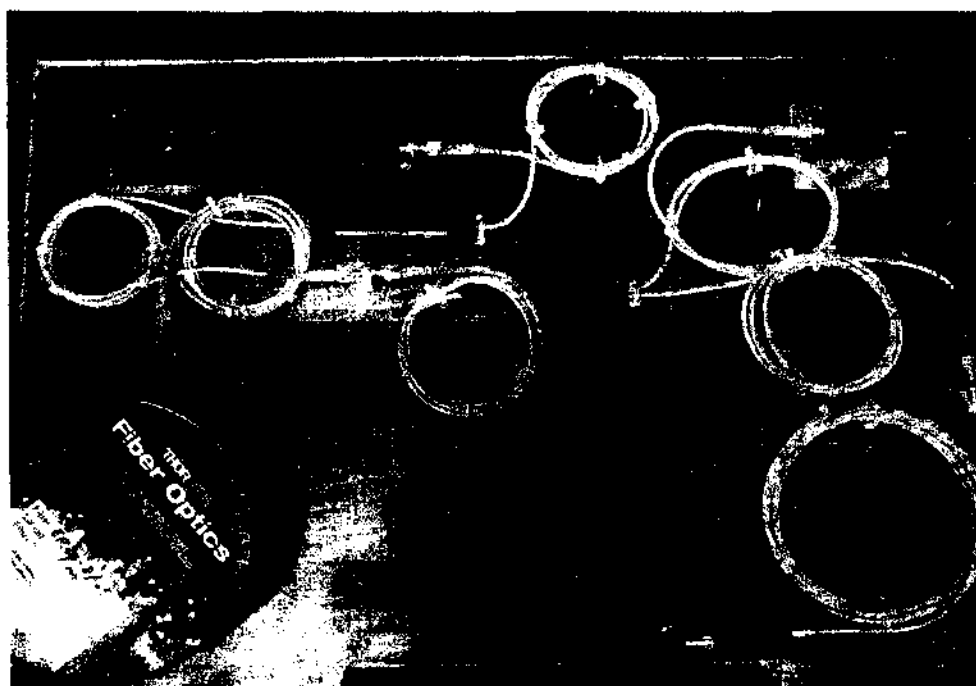


Рисунок 4

Список литературы:

1. Tamura K. et al. Technique for obtaining high-energy ultrashort pulses from an additive-pulse mode-locked erbium-doped fiber ring laser [Текст]/ Doerr C. //Optics Letters. – 1994,– №1, P.10–19
2. Haus H. Additive pulse mode locking in fiber lasers [Текст]/ Ippen P.// IEEE J. Quantum Electron. – 1994,– №3, P.24–27
3. Dennis M. Experimental study of sideband generation in femtosecond fiber lasers[Текст]/ Duling I. //Quantum Electron... – 1999. – №9, P.54–77
4. Gubin A. Femtosecond Er³⁺ Fiber Laser for Application in an Optical [Текст]/ Clock/ M.A., N. Kireev, A.V. Tausenev, A.V. Konyashchenko, P.G. Kryukov, D.A. Tyurikov, A.S. Shelkovikov// “Laser Physics” Vol. 17, No. 11 pp.1286-1291 (2007).