

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ВОЛОКОННОГО КОЛЬЦЕВОГО ЛАЗЕРА ДЛЯ DWDM СИСТЕМ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Гнатенко А.С., Мачехин Ю.П.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
61166, Харьков, пр. Ленина, каф. ФОЭТ, тел. (057) 702-14-04,

E-mail: gnatenko-s@mail.ru

In this work were determined basic parameters for stable operation of a fiber ring laser which is based on erbium-doped single-mode fiber and operates in passive mode locking. Passive mode locking is realized by rotating the polarization using wave plates or liquid crystal cell. The Ginzburg-Landau equation was taken as the basis of the theoretical model. This model of fiber ring lasers (FRL) can be widely used in IT solutions.

Введение.

Применение лазеров в информационных технологиях базируется на постоянном их совершенствовании и развитии. Отдельным, самостоятельным направлением в информационных технологиях стало использование волоконных лазеров.

В последнее время, проводятся исследования волоконных лазеров, работающих в режиме генерации ультракоротких импульсов, что обеспечивает широкий дискретный

частотному плану, рекомендованному международным стандартом ITU [1].

Работа волоконного, кольцевого лазера, работающего в режиме цуга ультракоротких импульсов, основана на синхронизации мод не по энергетическому параметру, а по поляризации мод. В известных конструкциях таких лазеров использовались дискретные поляризационные элементы, которые обеспечивали выбор направления поляризации мод. Управление положением этих элементов осуществлялось вручную и требовало постоянного контроля за положением этих элементов.

В настоящей работе обсуждаются условия применения жидкокристаллических (ЖК) поляризаторов в составе резонатора, которые позволят управлять условием синхронизации мод с помощью электрических сигналов. Реализация режима управления пассивной синхронизацией мод с помощью ЖК поляризаторов возможно при условии устойчивого режима работы лазера. В связи с чем, целью настоящей работы было проведено аналитическое и численное исследование условий устойчивого режима генерации ультракоротких импульсов кольцевого волоконного лазера.

Конструкция кольцевого волоконного лазера.

В основе конструкции исследуемого лазера используется известная [2] схема волоконного кольцевого лазера (ВКЛ) (рис.1).

Волоконный кольцевой резонатор и активная среда исследуемого лазера сформированы на основе волокна SMF28 (с отрицательной дисперсией групповых скоростей – ДГС) длиной 3,7 метра и одного метра кварцевого волокна легированного эрбием. В состав резонатора входят: мультиплексор (WDM), который обеспечивает ввод излучения полупроводникового лазера накачки, сам лазер накачки работает на длине волны 980 нм. ДГС SMF28 оценивается величиной $-0,023 \pm 0,005$ пкс²/м. ДГС отрезка волокна для ввода $-0,007 \pm 0,005$ пкс²/м, и ДГС эрбиевого волокна $0,075 \pm 0,005$ пкс²/м [3-4].

Волновые пластины служат для контроля и изменения поляризации. Также волновые пластины служат для настройки режима синхронизации мод в кольцевом резонаторе путем их вращения.

В конструкции ВКЛ [2] положение полуволновых и четверть волновых пластин изменяется механическим поворотом в пространстве, в настоящей работе предложено использовать ЖК кристаллы для управления поляризацией излучения с помощью электрических сигналов.

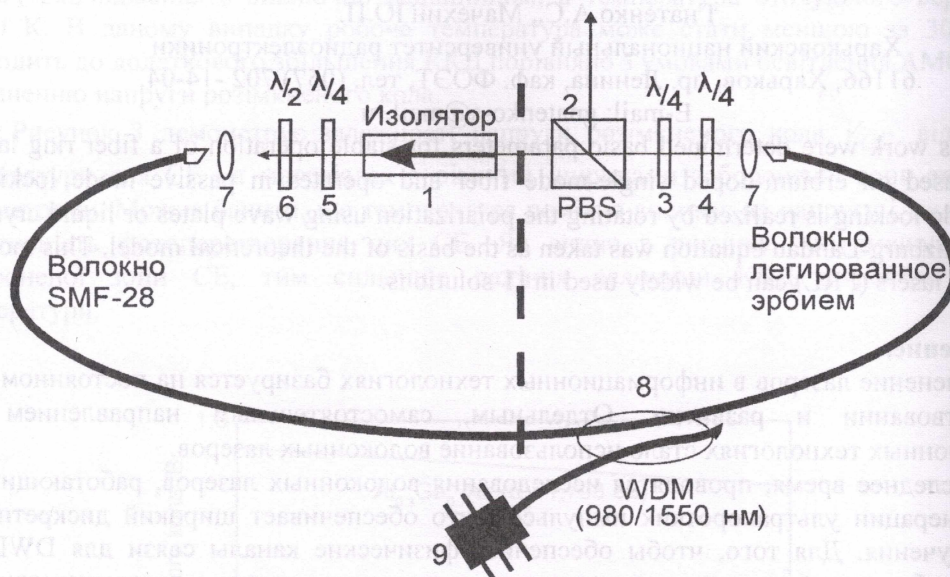


Рисунок 1 – Схема волоконного кольцевого лазера:

1–изолятор; 2–PBS; 3,4,5 – $\lambda/4$ пластины; 6 – $\lambda/2$ пластина; 7 – линза; 8 – мультиплексор; 9 – диод накачки.

Теоретические исследования.

Исследование устойчивости кольцевых волоконных лазеров на основе иттербиевого волокна было начато в работе [5], в которых было получено основное уравнение Гинзбурга-Ландау (1) для исследования стабильности работы лазера:

$$i \frac{\partial F(t, \zeta)}{\partial \zeta} = ig_1 F(t, \zeta) + \left(\frac{\beta_2}{2} + i\rho \right) \frac{\partial^2 F(t, \zeta)}{\partial t^2} + (D_r + iD_i) F(t, \zeta) |F(t, \zeta)|^2 \quad (1)$$

Стационарное решение (1) имеет вид:

$$F(t, \zeta) = A(t) e^{-i\omega \zeta}, \quad (2)$$

Функция $A(t)$ комплексная и может быть записана в виде:

$$A(t) = a(t) e^{i\phi(t)}, \quad (3)$$

Далее используем:

$$\phi(t) = \phi_0 + d \ln(a(t)) \quad (4)$$

где d – параметр параметр фазовой модуляции, известный в нелинейной оптике, как параметр чирпа, ϕ_0 – произвольная фаза, для простоты предлагается принять ϕ_0 .

При подстановке (2-4) в (1) и его решении можно определить:

$$a(t) = \sqrt{\frac{g_1}{\rho d^2 - \rho - \beta_2 d}} \cdot \sqrt{\frac{3d(4\rho^2 + \beta_2^2)}{2(\beta_2 D_i - 2\rho D_r)}} \cdot \text{sech} \left(\sqrt{\frac{g_1}{\rho d^2 - \rho - \beta_2 d}} \cdot t \right) \quad (5)$$

Выводы.

Импульс существует, когда линейное усиление $g_l > 0$, коэффициент дисперсии $D_2 < 0$, об этом упоминалось в разделе 2, коэффициент нелинейного усиления $D_1 > 0$ и коэффициент фазовой самомодуляции $D_r < 0$. При этих параметрах мы имеем стабильный импульс схожий с Гауссовым, смотрите рис.2. Коэффициент нелинейного усиления $D_1 > 0$ зависит от положения волновых пластин, таким образом, вращая волновые пластины, можно увеличивать амплитуду импульса, а также длительность, что требуется для реализации пассивной синхронизации мод.

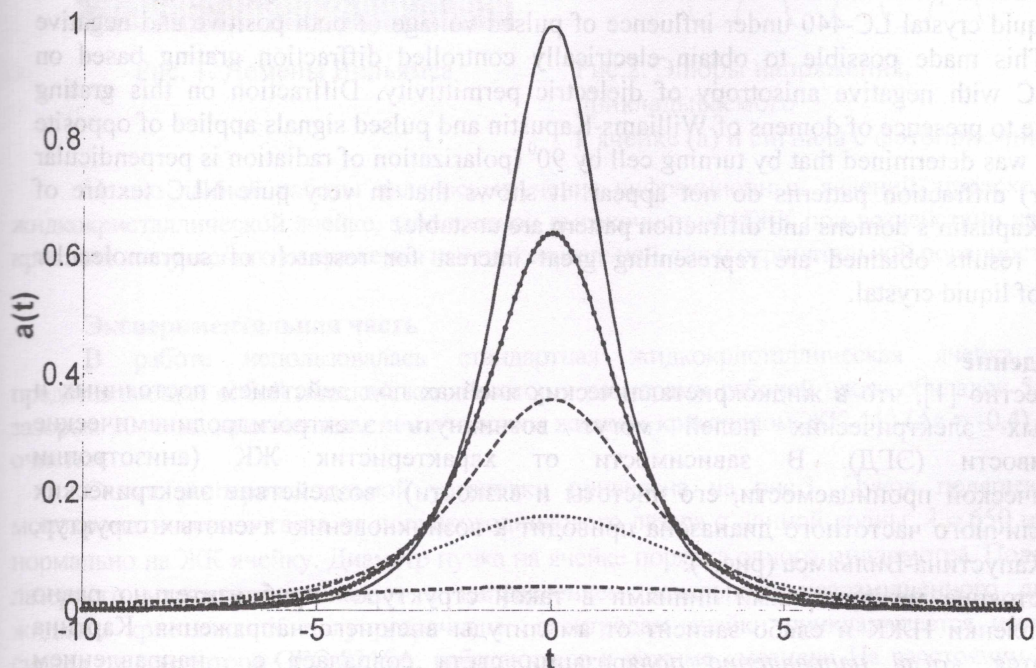


Рисунок 2 – зависимость амплитуды импульса от времени

Список литературы:

- [1] Андрэ Жирар, Руководство по технологии и тестированию систем WDM, М.: EXFO, 2001.
- [2] K. Tamura, C. R. Doerr, L. E. Nelson, H. A. Haus, and E. P. Ippen, Optics letters, Vol. 19, No. 1, 1994.
- [3] Гнатенко А.С., Дрибноход Т.Н., Исследование дисперсии оптических волокон для проектирования резонаторов волоконных лазеров, материалы трудов XVIII международного форума молодежного форума «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке», с.263, 2014.
- [4] I.V. Guryev, I.A. Sukhoivanov, A.S. Gnatenko, V.I. Lipkina «Multiple plane waves expansion method for dispersive media», Telecommunications and Radio Engineering, Vol. 67, No.9, pp. 833-841, 2008.
- [5] M. Salhi, H. Leblond, and F. Sanchez, PHYSICAL REVIEW A 67, 013802, 2003.