

ВОЛОКОННИЙ СИНТЕЗАТОР ТАКТОВИХ ЧАСТОТ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ

¹ Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Досліджено можливість використання волоконного синтезатора для створення на його основі мобільних фемтосекундних оптичних генераторів. Для створення мобільного синтезатора частот проведено дослідження з метою вибору оптимальної схеми резонатора волоконного ербієвого лазера з синхронізацією мод. Запропонована конфігурація резонатора забезпечує самозапуск, високу стійкість режиму синхронізації мод і має можливість стабілізації оптичної довжини і підстроювання хроматичної дисперсії резонатора.

Ключові слова: фемтосекундний оптичний генератор, резонатор волоконного ербієвого лазера, волоконний синтезатор.

Abstract

The possibility of using a fibersynthesizer for the creation on its basis of mobile femtosecond optical generators is investigated. To create a mobile frequency synthesizer, research was conducted to select the optimal scheme of the resonator of the fiber Erbium laser with the synchronization of the mod. The proposed configuration of the resonator provides self-triggering, high stability of the mode of synchronization of the mod and has the ability to stabilize the optical length and adjust the chromatic dispersion of the resonator.

Keywords: femtosecond optical generator, resonator of a fiber-erbium laser, fibersynthesizer.

Вступ

З кожним роком волоконні лазери з синхронізацією мод знаходять все більше застосування в науці, медицині та техніці. Вони приходять на зміну традиційним твердотілим лазерам з синхронізацією мод на основі кристалів активованих іонами титану, хрому та інших. Лазери з синхронізацією мод можуть бути використані для створення синтезатора оптичних частот, який є одним з основних блоків в конструкції фемтосекундних оптичних генераторів (ФОГ) [1, 2]. Він використовується для поділу частоти оптичного стандарту і тим самим забезпечує можливість прямого синтезу стандартних радіочастот та формування міток часу зі стабільністю і точністю оптичного стандарту.

Метою роботи полягає в дослідженні фізичних основ створення компактного волоконного фемтосекундного синтезатора частот, призначеного для перенесення стабільності частоти оптичного стандарту (Nd: YAG / I2) в радіодіапазон.

Основна частина

Завдяки малим габаритам, високому ККД і високій надійності волоконна оптика може використовуватися в якості основи для мобільного фемтосекундного синтезатора частот.

Найважливішим оптичним блоком синтезатора є опорний фемтосекундний волоконний ербієвий лазер, що випромінює в ближньому ІЧ діапазоні (поблизу 1,55 мкм). Такий лазер генерує регулярну послідовність ультракоротких імпульсів, в спектральному поданні - гребінку еквідистантних оптичних частот. Волоконний лазер для мобільного синтезатора частот повинен мати наступні характеристики: стійкість режиму синхронізації мод до різних зовнішніх збурень, самозапуск режиму синхронізації, низький рівень фазових шумів, стабільність частотних, фазових і потужних характеристик, мінімальна тривалість імпульсів (≤ 200 фс) для ефективного розширення оптичного спектру, простота в налаштуванні, малі габарити і вага. Ширина оптичного спектру фемтосекундного волоконного лазера не може перевищувати декількох десятків нанометрів (обмежена шириною лінії

посилення активного середовища), однак для стабілізації лазера і збільшення його робочого оптичного діапазону частот, необхідно збільшити ширину спектра випромінювання до октави і більше. Розширення спектру випромінювання лазера досягається за допомогою високо нелінійних оптичних волокон. При цьому на краях такого спектрального суперконтинуума повинні бути забезпечені високі інтенсивність і когерентність спектральних компонент, достатні для реалізації схем стабілізації волоконного синтезатора.

Середня потужність на виході волоконного лазера з синхронізацією мод не перевищує декількох десятків мВт, в той час як тривалість імпульсів може досягати декількох сотень фемтосекунд. Це призводить до того, що пікова потужність випромінювання фемтосекундних волоконних лазерів, як правило, недостатня для безпосереднього розширення оптичного спектру в нелінійних волокнах до октави ($P_p \leq 1$ кВт). Тому для отримання октавної гребінки оптичних частот задає фемтосекундний волоконний лазер необхідно доповнити малощумливим волоконно-оптичним підсилювачем, що дозволяє збільшити пікову потужність фемтосекундних імпульсів до значень порівнянних з показниками твердотільних фемтосекундних лазерів ($P_p \sim 10$ кВт) [3]. Для створення мобільних ФОГ на основі волоконного синтезатора частот, також необхідно реалізувати систему перенесення стабільності оптичного стандарту частоти на гребінку оптичних частот за допомогою спектрально-селективного змішувача оптичних сигналів і системи фазового автопідстроювання частоти.

Проведені дослідження дозволили виявити найбільш підходящий тип резонатора лазера для створення на його основі мобільного синтезатора частот. Дослідження показали, що необхідно використовувати волоконний лазер з лінійно-кільцевим резонатором, синхронізація мод в якому здійснюється за рахунок НЕСП. Також резонатор не повинен містити елементи, що змінюють характеристики лазерного випромінювання з часом (SESAM, контролери поляризації).

Висновки

Визначено основні блоки волоконного синтезатора частот для створення на його основі мобільного варіанту фемтосекундних оптичних генераторів. Запропоновано новий принцип стабілізації октавної гребінки по частоті оптичного стандарту без використання інтерферометричних методів. В ході створення синтезатора обрана оптимальна конфігурація фемтосекундного волоконного ербієвого лазера. Резонатор лазера лінійно-кільцевої, синхронізація мод здійснюється за допомогою ефекту нелінійної еволюції стану поляризації (НЕСП) в волокні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Droste S., Ycas G., Washburn B.R., Coddington I., Newbury N.R. Optical frequency comb generation based on erbium fiber lasers // Nanophotonics. – 2016. – Vol. 5, no. 2. – P. 196-213.
2. Korel I., Nyushkov B.N., Denisov V.I., Pivtsov V.S., Koliada N.A., Sysolyatin A.A., Ignatovich S.M., Kvashnin N.L., Skvortsov M.N. and Bagaev S.N. Hybrid highly-nonlinear fiber for spectral supercontinuum generation in mobile femtosecond clockwork // Laser Physics. – 2014. – Vol. 24, no. 7. – P. 074012.
3. Коляда Н.А., Ньюшков Б.Н., Пивцов В.С., Дычков А.С., Фарносов С.А., Денисов В.И., Багаев С.Н. Стабилизация волоконного синтезатора частот с использованием акустооптического и электрооптического модуляторов // Квантовая Электроника. – 2016. – Том 46, № 12. – С. 1110-1112.

Васильківський Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних систем та телебачення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: mvasylkivskiy@gmail.com.

Паламарчук Роман Петрович — студент групи ТКП-15б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: rporitskiy@gmail.com

Жупанов Дмитро Олександрович — студент групи ТКС-17м, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: dima4ok17@gmail.com

Vasykivskiy Mikola V. – Ph.D., Senior lecturer of the Chair of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: mvasylkivskiy@gmail.com

Palamarchuk Roman P. — Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: rporitskiy@gmail.com

Zhupanov Dmytro O. — Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: dima4ok17@gmail.com