**Влияние стабильности лазера накачки на временной джиттер гольмиевого волоконного лазера с пассивной синхронизацией мод.**

***Гафуров Э.М., Филатова С.А., Камынин В.А., Цветков В.Б.***

*Аспирант*

*Институт Общей Физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, Москва, Россия*

*E–mail: eldar.gafurov88@gmail.com*

Ультракороткие импульсы, генерируемые волоконными лазерами в коротковолновом инфракрасном (ИК) диапазоне (1,6–2,5 мкм), имеют широкий спектр применения в различных областях промышленности, науки и медицины [1], при этом основным преимуществом таких лазеров является полностью волоконная конструкция. Для таких приложений, как обработка информации или перспективные системы связи, ключевой задачей является снижение временного джиттера ультракоротких импульсов (УКИ) и обеспечение стабильности излучения. Временной джиттер это дрожание временной фазы колебания. Характеристики временного джиттера обусловлены различными классическими и квантовыми источниками шумов при формировании солитоноподобных импульсов [2]. Поэтому целью работы было изучение зависимости временного джиттера ультракоротких импульсов (УКИ), генерируемых гольмиевым (Ho) волоконным лазером, от качества сигнала двух различных иттербиевых (Yb) лазеров накачки.

Условно обозначим Yb лазеры накачки с разными параметрами стабильности: А и Б. С помощью осциллографа была исследована стабильность генерируемого сигнала, рис. 1. Лазер А имел низкий уровень шумов: среднеквадратичное отклонение амплитуды 3,1 мВ, разница между минимальным и максимальным значением амплитуды 30 мВ. При этом у лазера Б наблюдался высокий уровень шумов: среднеквадратичное отклонение 8,1 мВ, разница между минимальным и максимальным значением 109 мВ.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Рис.1. Осциллограммы генерируемого излучения Yb лазера А (слева) и Б (справа). | |

Были исследованы характеристики полностью волоконного гольмиевого лазера, работающего в режиме пассивной синхронизации мод. Искусственным насыщающимся поглотителем являлся эффект нелинейного вращения поляризации, для реализации которого, в резонаторе использовались поляризатор и 2 контролера поляризации. В качестве реального насыщающегося поглотителя были использованы одностенные углеродные нанотрубки (ОУНТ). Гольмиевый волоконный лазер был собран по кольцевой схеме (рис. 2 (А)).

С помощью контролеров поляризации и контроля мощности накачки настраивались устойчивые солитонные режимы генерации. Параметры полученного излучения: средняя мощность 10 – 25 мВт при мощности накачки Yb лазеров 0,6–0,8 Вт; центральная длина волны (рис. 2 (Б)) перестраивалась в диапазоне 2050 – 2100 нм в зависимости от мощности накачки и состояния поляризации (ширина спектра по уровню –3дБ составила 4,1–4,3 нм); длительность импульса ~1,1 пс (рис. 2 (В)). Коэффициент TBP равен 0,32.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |
| Рис.2. Схема гольмиевого волоконного лазера (А). Характерный спектр излучения (Б) и длительность импульса (В). | |

Измерение временного джиттера осуществлялось с помощью анализатора радиочастотного (РЧ) спектра по методу Линде [3]. Определение джиттера по РЧ спектру заключается в анализе высокочастотных гармоник. Расчеты проводились для 10 гармоники по формуле (1).

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

Параметры излучения гольмиевого лазера, представленного на рис. 2 (А), были исследованы в зависимости от накачки разными Yb лазерами А и Б. Результаты показали, что стабильность сигнала лазера накачки влияет на временной джиттер генерируемых УКИ. В случае накачки более стабильным Yb лазером А, значение временного джиттера составило порядка 5-6 пс. При накачке гольмиевого лазера менее стабильным Yb лазером Б, значение временного джиттера составило порядка 80-100 пс. То есть можно утверждать, что на значение временного джиттера влияет качество сигнала накачки.

В ходе работы были исследованы параметры излучения гольмиевого волоконного лазера, генерирующего УКИ с помощью пассивной гибридной синхронизации мод с накачкой Yb лазерами, с различной степенью (стабильности) шума сигнала. Было показано, что стабильность накачки влияет на качество генерируемого импульсного излучения. Значение временного джиттера снижается с 80-100 пс (при накачке нестабильным Yb лазером) до 5-6 пс (при накачке стабильным Yb лазером). Данная работа может стать отправной точкой в стандартизации сигнала лазеров накачки, или референсом по определению качества задающего лазера при генерации УКИ.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-72-10120.

**Литература**

1. Guoqing C., et al. // iScience. 2020. V. 23, № 5, P. 101101.
2. Kim, J., et al. // Advances in Optics and Photonics. 2016. V. 8(3), P. 465–540.
3. D. von der Linde. // Appl. Phys. B, vol. 39, no. 4, pp. 201–217, Apr. 1986.