

Измерение дисперсии оптических волокон с использованием фемтосекундного источника излучения

Н.А. Коляда^{1,2,*}, Я.Г. Исаева^{1,3}, Д.В. Бражников¹, А.А. Филонов¹, В.С. Пивцов^{1,3}

¹ *Институт лазерной физики СО РАН*

² *Институт автоматики и электрометрии СО РАН*

³ *Новосибирский государственный технический университет*

**E-mail: n.koliada@mail.ru*

DOI:10.31868/RFL.2024.55-56

При проектировании волоконных лазерных систем крайне важно знать величину параметра удельной хроматической дисперсии D оптических волокон. В данной работе предложено измерять параметр D с помощью одноплечевого трехволнового интерферометра (ОТИ) с использованием излучения фемтосекундного синтезатора частот (ФСЧ). Эффективность ОТИ показана в работе [1]. При этом в работе [1] в качестве источника лазерного излучения служил перестраиваемый диодный лазер. Недостатком такого излучения является малая длина когерентности. В связи с этим возможно измерение параметра D только для волокон менее 1 метра. Также перестройка длины волны осуществляется в узком диапазоне длин волн (1550 ± 65 нм), что ограничивает диапазон измерений. В текущей работе предложено использовать излучение волоконного ФСЧ стабилизированного по частоте оптического стандарта на одиночном ионе иттербия [2,3] в качестве источника лазерного излучения. Спектр излучения волоконного ФСЧ перекрывает диапазон от 1 до 2 мкм и более. В этом диапазоне возможно измерение дисперсионного параметра. Излучение стабилизированного ФСЧ обладает высокой когерентностью, поэтому может быть измерена дисперсия волокон как малой (менее метра), так и большой длины (километры). Также преимуществом подхода является минимальное время регистрации интерферограммы. Они практически мгновенно регистрируются с помощью оптического анализатора спектра в широком диапазоне длин волн. Кроме того, благодаря высокой когерентности лазерного излучения волоконного ФСЧ интерферограммы обладают высокой контрастностью, что облегчает получение данных для расчета дисперсионного параметра.

На рисунке 1 показана схема интерферометра. Интерференционная картина на выходе одноплечевого интерферометра создается тремя волнами: двумя отраженными от граней исследуемого волокна (U_0 , U_1) и одной от зеркала (U_2). В ходе работы схема ОТИ была модернизирована по сравнению со схемой, приведенной в работе [1]. Были добавлены элементы контроля поляризации: поляризационный делитель (PBS) в волоконном исполнении на входе интерферометра и четвертьволновая фазовая пластинка ($\lambda/4$) в воздушной части. Это позволило достичь еще более высокой контрастности интерферограмм. В результате были получены необходимые данные для расчета параметра D с учетом второго порядка дисперсии групповых скоростей (ДГС).

В ходе работы была разработана теоретическая модель ОТИ для расчета параметра D из экспериментальных данных. На рисунке 2 показаны полученные зависимости параметра D от длины волны с учетом и без учета второго порядка ДГС для тестового волокна SMF-28. Видно, что второй порядок ДГС вносит заметный вклад в дисперсионный параметр. Таким образом, его необходимо учитывать при проектировании лазерных систем. При этом авторам не известны

работы, в которых бы измерялся параметр D оптических волокон с учетом второго порядка ДГС.

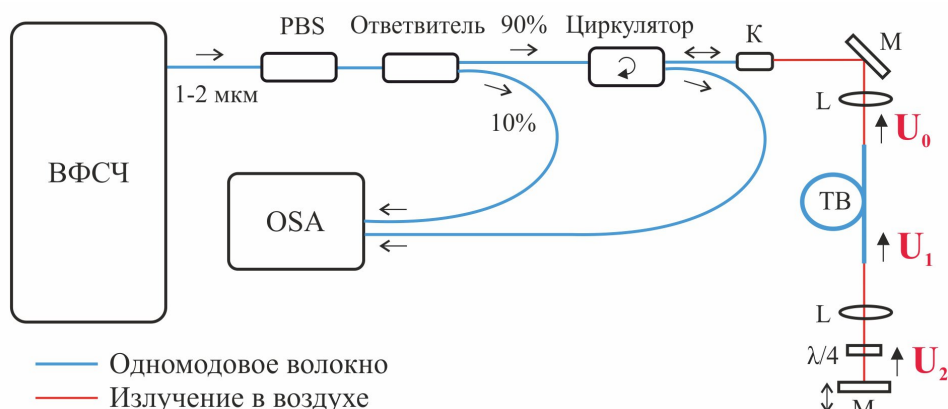


Рис. 1. Схема одноплечевого трехволнового интерферометра. L – линза, PBS – поляризационный делитель, ВФСЧ – волоконный фемтосекундный синтезатор частот, ТВ – тестовое волокно, М – зеркало, К – коллиматор

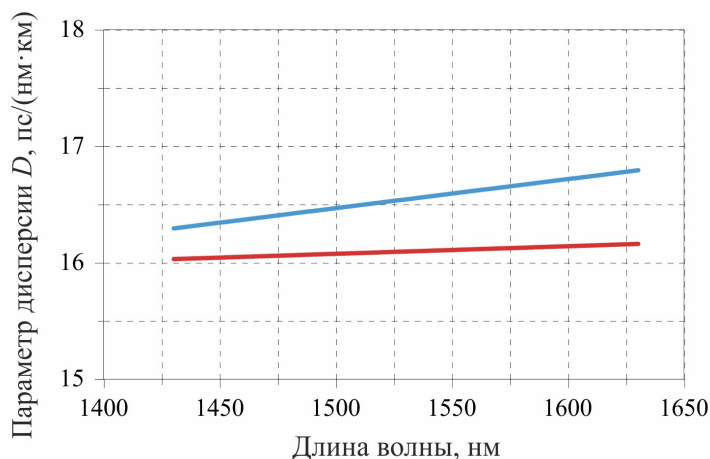


Рис. 2. Дисперсионный параметр с учетом (красная линия) и без учета (синяя линия) второго порядка ДГС для тестового волокна SMF-28.

Параметр D для тестового одномодового волокна SMF-28 длиной 1,23 м на длине волны 1550 нм составил 16,6 пс/(нм·км) с учетом второго порядка ДГС. При этом среднеквадратическое отклонение (СКО) составило 0,86 пс/(нм·км). Стандартное значение параметра D , приводимое в различных коммерческих источниках 18 пс/(нм·км), СКО – 5 пс/(нм·км). Полученные в данной работе значения СКО заметно меньше стандартных. Таким образом, доказана эффективность предложенного метода.

Работа выполнена при поддержке гос. задания с регистрационным номером НИОКР 121033100064-9 с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Фемтосекундный лазерный комплекс» на базе ИЛФ СО РАН.

Литература

- [1] M.A. Galle, W. Mohammed, L. et al, *Optics Express*. **15** (25), 16896-16908 (2007)
- [2] N.A. Koliada, V.S. Pivtsov et al, *Laser Phys. Lett.*, **19** (1), 015102, 7 pp (2022)
- [3] S.V. Chepurov, N.A. Pavlov et al, *Quantum Electron.*, **51** (6), 473–478 (2021)