

Изучение компактных дисперсионных элементов для спектроскопии дисперсионного преобразования Фурье

**Н.А. Апрельов^{1,*}, А.Ю. Колесникова¹, П.А. Елизарова^{1,2}, А.В. Достовалов²,
С.А. Бабин^{1,2}, И.Д. Ватник¹, А.А. Редюк¹**

¹ Новосибирский государственный университет

² Институт автоматики и электрометрии СО РАН

* E-mail: n.aprelov@g.nsu.ru

DOI:10.31868/RFL.2024.57-58

Дисперсионное преобразование Фурье (ДПФ) является эффективным методом спектрального анализа быстрых неповторяющихся событий в реальном времени [1]. Он основан на растягивании во времени короткого оптического импульса с использованием дисперсионных элементов, благодаря чему происходит отображение спектрального состава импульса в его временную форму. Простейшим и часто используемым дисперсионным элементом являются оптические волокна; однако, для достижения необходимых величин дисперсии (порядка нс/нм) приходится использовать дисперсионные линии протяженностью десятки километров, что ограничивает возможности миниатюризации и удешевления схем применения метода ДПФ. Актуальной задачей является поиск более компактных высокодисперсных элементов.

В работе экспериментально и численно исследуется возможность применения компактных дисперсионных линий на основе волоконных брэгговских решеток, а также на основе цилиндрических микрорезонаторов, для метода ДПФ.

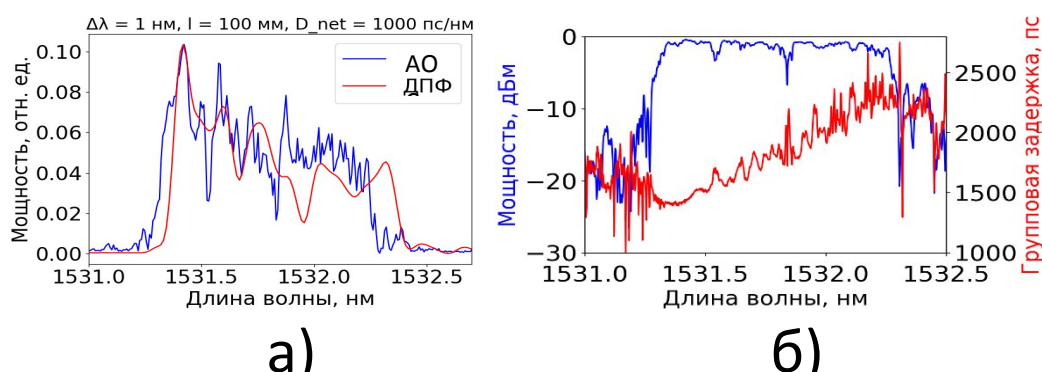


Рисунок 1: (а) – спектр отражения решетки, полученный с помощью классического анализатора оптического спектра (АОС) и с помощью метода дисперсионного преобразования Фурье (ДПФ), (б) – спектр отражения брэгговской решетки и групповая задержка, полученные с помощью векторного спектрального анализатора

Во-первых, экспериментально была изучена возможность использования чирпированных волоконных брэгговских решеток (ВБР) в качестве дисперсионной линии. Решетка со спектральной шириной 1 нм и длиной 100 мм имела дисперсию порядка 1000 пс/нм. Спектр тестового импульсного излучения на длине волны ~ 1530 нм, полученный методом ДПФ, существенным образом отличается от спектра, измеренного с помощью классического анализатора оптического спектра (АОС) (Рисунок 1(а)). Как показал анализ фазово-амплитудного спектра отражения, полученного с помощью векторного спектрального анализатора Luna

OVA 5000, в спектральной зависимости групповой задержки присутствуют значительные выбросы (см. Рисунок 2(б)), которые приводят к отсутствию биективности частотно-временного отображения, в результате чего спектр, полученный методом ДПФ с дисперсионной линией на ВБР, сильно искажён.

Во-вторых, численно была исследована возможность использования в качестве дисперсионной линии цилиндрический микрорезонатор. Цилиндрическая геометрия обуславливает большую аномальную дисперсию групповых скоростей для мод шепчущей галереи, распространяющихся вблизи поверхности цилиндра. Суммарная величина групповой задержки может достигать нс на нм для устройства длиной всего в несколько миллиметров. Мы показали, что несмотря на нелинейную зависимость групповой задержки такого устройства от длины волны [2] (Рисунок 2(а)), оптический спектр входного импульса может быть однозначно восстановлен в рамках процедуры ДПФ. Для демонстрации работоспособности метода численно была найдена форма импульса, прошедшего через кювету с поглощающим газом, и затем подвергнутого анализу с помощью метода ДПФ с использованием цилиндрического микрорезонатора, изготовленного из стандартного телекоммуникационного волокна SMF-28 (Рисунок 2(б)).

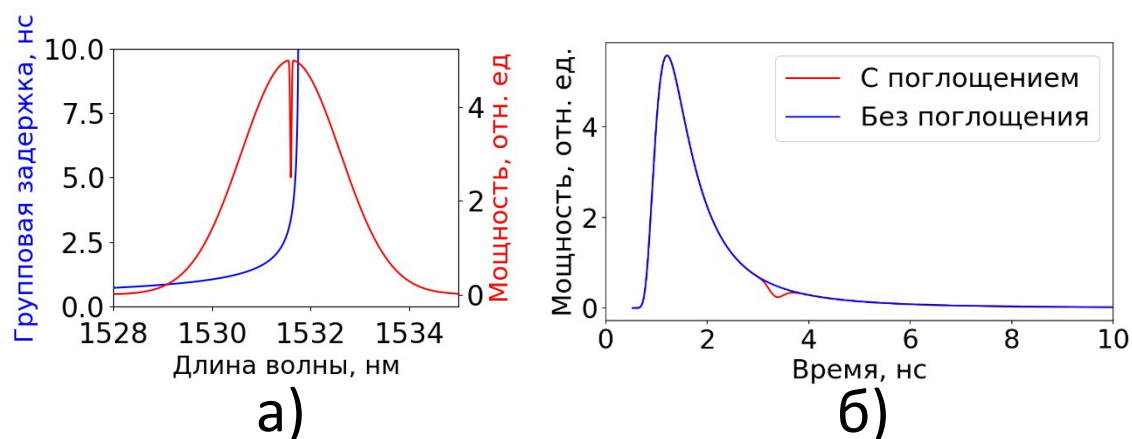


Рисунок 2: (а) – групповая задержка цилиндрического микрорезонатора и модель входного спектра с линией поглощения газа NH_3 , (б) – преобразование входного спектра во временную область методом ДПФ с дисперсионной линией на основе цилиндрического микрорезонатора

Таким образом, было обнаружено, что для успешного использования ВБР в задачах ДПФ необходимо минимизировать выбросы в функции групповой задержки. В то же время, численный анализ для дисперсионной линии на основе цилиндрического микрорезонатора, подтвердил возможность использования такого устройства для задач ДПФ.

Работа поддержана Министерством науки и высшего образования РФ (FSUS-2021-0015) и госзаданием ИАиЭ СО РАН (рег. номер проекта госзадания 124041700065-2).

Литература

- [1] Goda K., Jalali B. *Nature Photonics*. **7**(2), 102-112 (2013).
- [2] Sumetsky M. *Progress in Quantum Electronics* **64**, 1-30.(2019)