

Керровская нелинейность в цилиндрических микрорезонаторах на основе оптического волокна

А.Ю. Колесникова¹, С.А. Спирин¹, А.Д. Новиков¹, Н.А. Макарова¹,
В.С. Терентьев², Б. Стурман², Е.В. Подивилов², И.Д. Ватник¹

¹Новосибирский государственный университет

²Институт автоматики и электрометрии СО РАН

*E-mail: i.vatnik@nsu.ru

DOI:10.31868/RFL.2024.81-82

Одним из перспективных применений оптических микрорезонаторов является генерация оптических частотных гребенок. Возможность создания миниатюрного генератора гребенки открыла путь к созданию компактных стандартов частоты [1]. Эти стандарты широко используются в спектроскопии сверхвысокого разрешения, прецизионных физических экспериментах и находят применение в метрологии, локации, геофизике, связи, астрофизических исследованиях и других областях [2]. При этом для разных задач может быть актуальным создание как высокочастотных октавных, так и низкочастотных гребенок с относительно узким спектром. Системой, позволяющей получать низкочастотную оптическую гребенку, является цилиндрический микрорезонатор с малым изменением эффективного радиуса, также известный как устройство поверхностной наномасштабной аксиальной фотоники (surface nanoscale axial photonics, SNAP) [3]. В этой системе существует два набора эквидистантных мод, один из которых – моды с разным числом максимумов вдоль периметра цилиндра, то есть с разными азимутальными квантовыми числами – повторяет структуру мод в других микрорезонаторах. Другой же набор мод – с постоянным азимутальным номером, но с разным количеством максимумов вдоль оси цилиндра – имеет много меньшую область свободной дисперсии, которую можно снижать вплоть до сотен мегагерц. На данный момент активно исследуются SNAP микрорезонаторы на основе стандартных кварцевых волокон, в которых существует нелинейный керровский отклик, потенциально открывающий возможность нелинейной генерации.

В работе представлен анализ способов получения генерации низкочастотных оптических частотных гребенок в цилиндрических микрорезонаторах на основе стандартных оптических волокон с использованием нелинейности третьего порядка. Показано, что цилиндрическая геометрия микрорезонатора определяет большой положительный вклад в дисперсию групповой скорости излучения, распространяющегося по спирали вдоль поверхности цилиндра, что обуславливает существование солитонных решений независимо от изменений радиуса цилиндра. На основе разработанной нами численной модели изучена нелинейная динамика аксиальных мод в микрорезонаторах с параболической и прямоугольной формой изменения радиуса и продемонстрировано сходство реализованных солитонов в таких системах. Отдельное внимание уделено анализу достижимых добротностей и пороговых мощностей, необходимых для наблюдения нелинейных эффектов. Предложен способ минимизации пороговой мощности оптимизацией места физического контакта возбуждающего элемента и микрорезонатора (рис.1). Также рассмотрена возможность повышения нелинейного показателя преломления цилиндрического микрорезонатора с помощью магнетронного напыления кремния либо нитрида кремния.

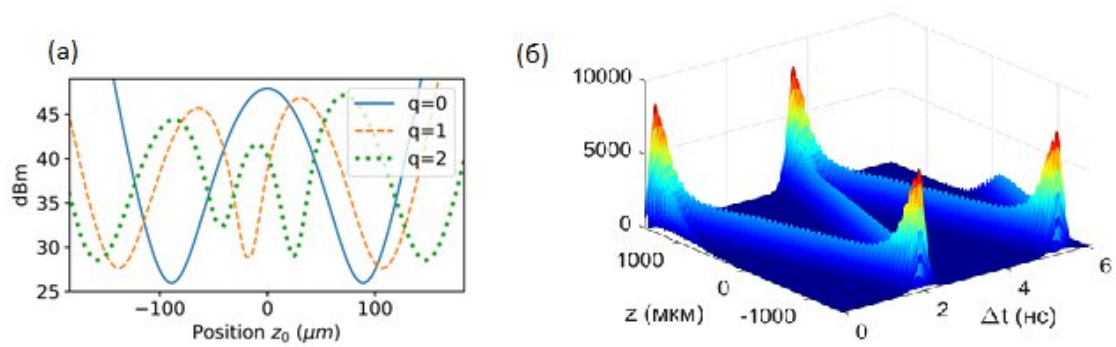


Рис.1. (а) Зависимость порога нелинейных эффектов от положения возбуждающего элемента для разных аксиальных мод в цилиндрическом микрорезонаторе с вариацией радиуса. (б) Пример солитонного решения для микрорезонатора с прямоугольной вариацией радиуса.

Работа поддержана Министерством науки и высшего образования РФ (FSUS-2020-0034) и госзадаанием ИАиЭ СО РАН (FWNG-2024-0015).

Литература

- [1] Del’Haye P. et al. *Nature* **450**, 1214–1217 (2007)
- [2] Udem T., et al *Nature*, **416**, 233–237 (2002)
- [3] Dvoyrin V. V, Sumetsky M. *Opt. Lett.* **41(23)**, 5547, (2016)