

Углеродные нанотрубки с управляемой нелинейностью для волоконных лазеров с пассивной синхронизацией мод

Ю. Гладуш^{1*}, А. Мкртчян¹, А. Буньков¹, А. Давлетханов¹,
А. Кохановский², Е. Куприков³, Д. Красников¹, А. Насибулин¹

¹Сколковский институт науки и технологий

² Университет ИТМО

³ Новосибирский государственный университет

* E-mail: y.gladush@skoltech.ru

DOI:10.31868/RFL.2024.37-38

Углеродные нанотрубки давно зарекомендовали себя как надежный насыщающийся поглотитель генерации фемтосекундных импульсов в волоконных лазерах. Стандартная конфигурация, когда нанотрубки размещаются на коннекторах внутри лазерного резонатора, показала свою работоспособность во множестве работ для различных активных сред от Yt (1040 нм) до Ho (2100 нм) [1]. Основным недостатком данной конфигурации является невысокая термическая стабильность нанотрубок, приводящая к прогоранию образца, когда средняя мощность превышает 10-30 мВт. В качестве решения данной проблемы появились так называемые эванесцентные схемы, когда углеродные нанотрубки расположены на боковой поверхности сполированного или тейперированного волокна и взаимодействуют с эванесцентным хвостом моды. Помимо высокой термической стабильности в данном подходе трубки расположены на поверхности, что открывает широкие возможности для управления их свойствами.

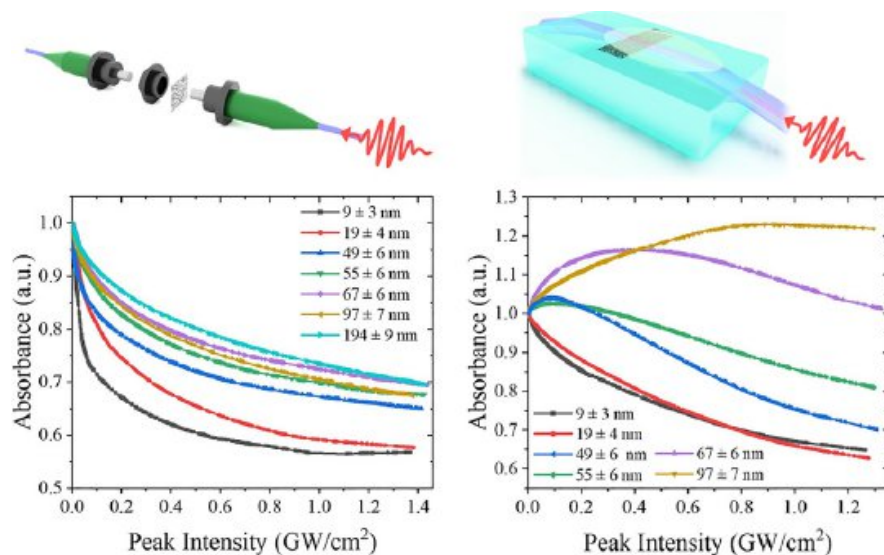


Рис. 1. Нелинейное поглощение углеродных нанотрубок на коннекторах и на волокне с боковой полировкой в зависимости от толщины пленки.

Данный доклад состоит из двух частей. В первой мы рассмотрим потери и нелинейное просветление в зависимости от геометрических размеров пленки нанотрубок, когда пленка нанесена на волокно с боковой полировкой. Мы покажем, что нанесение пленки нанотрубок может влиять на распределение поля моды и тем самым существенным образом влиять на нелинейный отклик образца вплоть до перехода из нелинейного просветления в нелинейное затемнение [2].

Кроме того, мы покажем, как нелинейным поглощение можно управлять за счет электрохимического легирования нанотрубок на сполированном волокне. Во второй части доклада мы поговорим о том, как управление откликом насыщающегося поглотителя позволяет управлять импульсной генерацией волоконного лазера. Мы рассмотрим переключение между синхронизацией мод и модуляцией добротности, а также между различными порядками гармонической синхронизации мод. Известно, что для лазеров без сохранения поляризации, порядок гармонической синхронизации при данной накачке может существенно зависеть от положения контроллера поляризации, в то время как генерация в лазере с сохранением поляризации заданный режим генерации считается более воспроизводимым. Мы покажем, что при добавлении еще одной степени свободы – состояния насыщающегося поглотителя - порядок гармонической синхронизации мод для данной накачки и состояния поглотителя может зависеть от траектории, по которой мы пришли к данной точке в пространстве параметров лазера. Такое поведение открывает возможности для использования машинного обучения для поиска оптимальных траекторий, соответствующих максимальному порядку гармонической синхронизации мод [3].

Литература

- [1] L. Dai, Z. Huanget al, *Nanophotonics* **288**, (2000)
- [2] A. Davletkhanov, Y. Gladush et al *Nanophotonics* 12 (22), 4229-4238 (2023)
- [3] A. Kokhanovskiy, E. Kuprikov, et al *Nanophotonics* (2024)