

ВЛИЯНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ НАСЫЩАЮЩЕГОСЯ ПОГЛОТИТЕЛЯ НА САМОЗАПУСК ГОЛЬМИЕВОГО ЛАЗЕРА УКИ

✉А. И. Лобанов^{1,2}, В. А. Камынин¹, С. А. Филатова¹,
Н. Р. Арутюнян¹, Е. Д. Образцова¹, В. Б. Цветков¹

¹Институт общей физики им. А. М. Прохорова РАН, Москва, Россия

²Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

✉lobanov.a.i@yandex.ru

В настоящее время можно наблюдать значительный интерес к поиску материалов, обладающих большой и в то же время быстрой нелинейностью. Этот интерес обусловлен использованием этих материалов в качестве нелинейного затвора в лазерных системах для реализации режимов модуляции добротности и синхронизации мод [1, 2].

Одним из самых распространенных методов определения нелинейных коэффициентов, будь то нелинейное поглощение или нелинейный показатель преломления, является Z-сканирование. Z-сканирование — это метод, позволяющий быстро измерить коэффициент нелинейности в твердых телах, жидкостях и жидких растворах. Метод Z-сканирования получил широкое распространение с момента своего появления [3], что обусловлено простотой методики и интерпретации.

Z-сканирование имеет различные модификации [3–5]. Есть одна малоизученная, но интересная модификация этого метода, заключающаяся в сканировании нелинейного образца внутри (зачастую кольцевого) резонатора лазера. Такая конфигурация позволяет характеризовать не только нелинейность исследуемого объекта, но и исследовать влияние положения образца на режимы генерации лазерной системы. Подобные работы были ранее проведены по изучению эффекта Керра и режима синхронизации мод [6].

В настоящее время внутрирезонаторное Z-сканирование насыщающихся поглотителей и влияние положения образца на режимы лазера плохо изучены. В этой работе мы продемонстрировали перестройку режимов, центральной длины волны и характеристик запуска, используя Z-сканирование внутри резонатора образцов одностенных углеродных нанотрубок в качестве насыщающегося поглотителя.

Для работы мы использовали гольмиевый волоконный лазер с внедренным внутрь резонатора воздушным трактом, схема которого представлена на рисунке (а). Кольцевой резонатор включает себя 2 м легированного Ho^{3+} -волокна. Встречная накачка активного волокна реализуется с помощью легированного ионами Yb^{3+} непрерывного волоконного лазера, работающего на длине волны 1130 нм, посредством мультиплексора с разделением по длинам волн 1125/2100 нм. Резонатор также включал контроллеры поляризации для настройки состояния поляризации внутри резонатора. Одностенные углеродные нанотрубки, нанесенные на предметное стекло, используются в качестве естественного насыщающегося поглотителя. В качестве искусственного насыщающегося поглотителя использовался механизм нелинейного вращения плоскости поляризации, реализованный с помощью поляризатора, помещенного в резонатор лазера. Полная длина резонатора составила $\sim 9,5$ м.

Воздушный тракт представлял из себя два сведенных друг в друга коллиматора, между которыми располагалась конфокальная система из двух линз. В фокусе линз располагались образцы нанотрубок с возможностью линейной трансляции вдоль оси оптической системы.

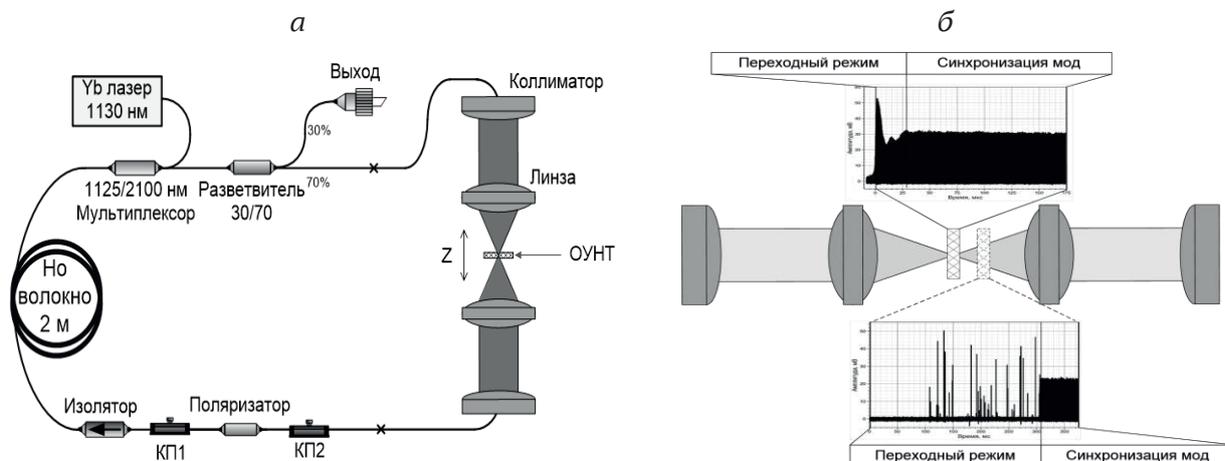


Схема гольмиевого волоконного лазера с воздушным трактом. КП — контроллер поляризации, ОУНТ — одностенные углеродные нанотрубки

Внедренные в резонатор одностенные углеродные нанотрубки сканировались по оси Z , в результате чего мы добивались изменения в режиме самозапуска, что представлено на рисунке (б). По осциллограммам самозапуска видно, что при отдалении одного из образцов от центра перетяжки на 1 мм время самозапуска лазерной системы увеличивается с ~ 25 мкс до ~ 300 мс.

Продемонстрированы изменения характеристик самозапуска, а также измерены мощностные и спектральные характеристики в зависимости от положения образца одностенных углеродных нанотрубок.

Литература

1. Mao D., Cui X., Gan X. et al. Passively Q-Switched and Mode-Locked Fiber Laser Based on an ReS₂ Saturable Absorber // IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron. 2018. Vol. 24.
2. Filatova S.A., Kamynin V.A., Arutyunyan N.R. et al. Hybrid mode locking of an all-fiber holmium laser // J. Opt. Soc. Am. B. 2018. Vol. 35. P. 3122.
3. Sheik-Bahae M., Said A. A., Van Stryland E. W. // Opt. Lett. 1989. Vol. 14. P. 955.
4. Tsigaridas G., Polyzos I., Persephonis P., Giannetas V. A novel approach for analyzing open Z-scan experiments // Opt. Commun. 2006. Vol. 266. P. 284–289.
5. Gomes A. S. L., Falcão Filho E. L., Araújo de C. B. et al. Novel high sensitivity thermal managed eclipse Z-scan technique // Nonlinear Freq. Gener. Convers. Mater. Devices, Appl. VI. 2007. Vol. 6455. P. 64550Z.
6. Xia P., Kuwata-Gonokami M., Yoshioka K. Geometrical analysis of Kerr-lens mode-locking for high-peak-power ultrafast oscillators // Jpn. J. Appl. Phys. 2020. Vol. 59.