

Эффект укорочения импульсов в активной среде Yb волоконных лазеров с синхронной модуляцией накачки

**Б.Н. Ньюшков^{1,2*}, С.В. Смирнов¹, А.В. Иваненко¹,
А.Ю. Кутищева², И.И. Корель², С.М. Кобцев¹**

¹Новосибирский государственный университет

²Новосибирский государственный технический университет

*E-mail: b.nyushkov@nsu.ru

DOI: 10.31868/RFL2020.73-74

Синхронная накачка является эффективным методом активной синхронизации мод излучения в различных типах лазеров [1-3], включая волоконные лазеры на основе эффекта вынужденного комбинационного рассеяния [4, 5]. Однако в волоконных лазерах с усилением на основе вынужденного излучения, использующих непосредственную диодную накачку, возможности такого метода не были исследованы в полной мере. Формирование коротких импульсов этим методом предполагает поддержание с помощью быстро-модулируемой накачки соответствующей динамики усиления в условиях долгоживущего верхнего лазерного уровня активной среды. В данной работе мы исследовали экспериментально и теоретически режимы импульсной генерации, инициируемые синхронной модуляцией накачки в Yb волоконных лазерах. В результате обнаружена возможность существенного снижения требований к скорости и динамическому диапазону модуляции мощности накачки при реализации синхронной накачки на длине волны 0,98 мкм в Yb волоконных лазерах. Нами показано, что даже медленная (микросекундная) синусоидальная модуляция с малым индексом (≤ 0.5) может обеспечить формирование регулярной последовательности наносекундных лазерных импульсов. Обнаружено, что энергетически-консервативный процесс укорочения (относительно периода модуляции) генерируемых лазерных импульсов может иметь место в квази-двухуровневой лазерной активной среде вследствие асимметричного усиления переднего и заднего фронтов лазерного импульса при определенной отстройке частоты модуляции от частоты кратной собственной межмодовой частоте резонатора. Таким образом, в тестовой конфигурации Yb волоконного лазера с километровым резонатором экспериментально были получены наносекундные лазерные импульсы с энергией, превышающей 50 нДж (Рис. 1).

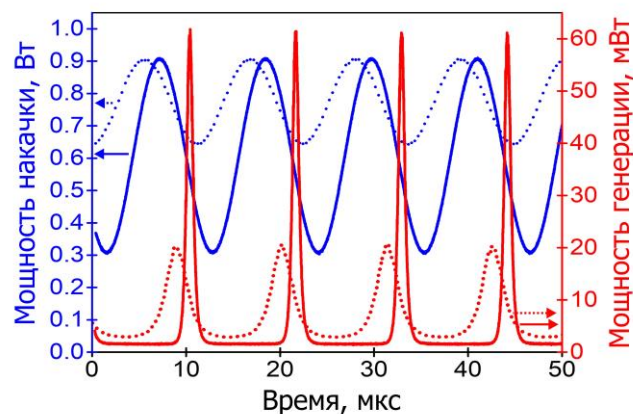


Рис. 1. Оциллограммы, показывающие модуляцию мощности накачки (обозначены синим цветом) и генерируемые лазерные импульсы (красным цветом).

Исследованная теоретическая модель формирования импульсов при синхронной модуляции накачки (опирающаяся на численную модель эффективно двухуровневой активной среды [6]) позволила выявить пути к дальнейшему укорочению импульсов посредством настройки модуляционных параметров. Это открывает возможности для создания новых полностью волоконных высокоэнергетических импульсных лазерных источников с синхронизацией мод, которые могут стать более надежной и энергоэффективной, простой в реализации альтернативой наносекундным сверхдлинным волоконным лазерам с пассивной [7, 8] и традиционной (с использованием модуляторов) активной [9] синхронизацией мод.

Работа выполнена при частичной поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (FSUS-2020-0036).

Литература

- [1] D.S. Peter, P. Beaud et al, *Opt. Lett.* **16**, 405-407 (1991)
- [2] E. Granados, H.M. Pask, and D.J. Spence, *Opt. Express* **17**, 569-574 (2009)
- [3] B.N. Nyushkov, S.M. Kobtsev et al, *J. Opt. Soc. Am. B* **35**, 2582-2587 (2018)
- [4] S. Kobtsev, A. Ivanenko et al, *Opt. Express* **26**, 29867-29872 (2018)
- [5] D.S. Kharenko, V.D. Efremov et al, *Opt. Express* **26**, 15084-15089 (2018)
- [6] S.K. Turitsyn, A.E. Bednyakova et al., *Opt. Express* **19**, 8394-8405 (2011)
- [7] S. Kobtsev, S. Kukarin, and Y. Fedotov, *Opt. Express* **16**, 21936-21941 (2008)
- [8] B.N. Nyushkov, A.V. Ivanenko et al, *Laser Phys. Lett.* **9**, 59-67 (2012)
- [9] N.A. Koliada, B.N. Nyushkov et al, *Quantum Electron* **43**, 95-98 (2013)