

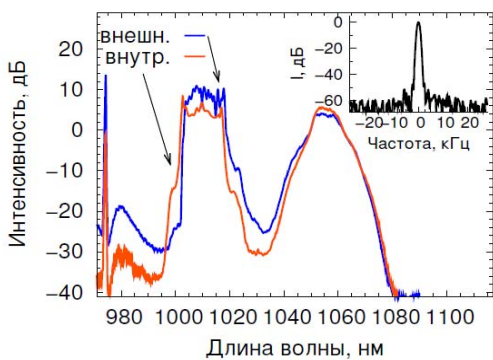
## Новый режим генерации мощных фемтосекундных импульсов в иттербиевом волоконном лазере

### New regime of high-power femtosecond pulse generation in a Yb-doped fiber laser

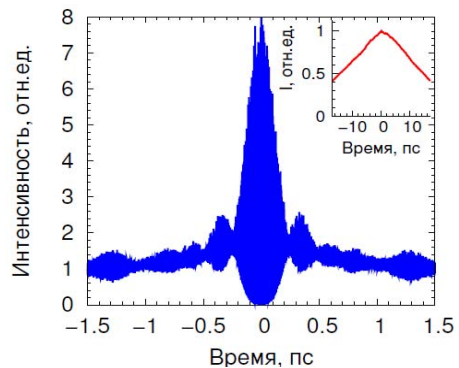
Авторы: Харенко Д.С., Подвилов Е.В., Аполонский А.А., Бабин С.А.  
(ИАиЭ СО РАН), Штырина О.В., Яруткина И.А.,  
Федорук М.П. (ИВТ СО РАН)

Authors: Kharenko D.S., Podivilov E.V., Apolonskiy A.A., Babin S.A.  
(IAE SB RAS); Shtyrina O.V., Yarutkina I.A., Fedoruk M.P.  
(ICT SB RAS)

Показано, что при увеличении длины резонатора лазера с синхронизацией мод на основе эффекта нелинейного вращения поляризации в одномодовом (ОМ) волокне генерация становится неустойчивой или многоимпульсной из-за чрезмерного вращения (угол  $\geq \pi/2$ ). Предложена и реализована новая схема резонатора, в которой процессы синхронизации мод и формирования импульса разделены и осуществляются в коротком ОМ волокне и длинном волокне с сохранением поляризации (СП) соответственно. Это позволило получить стабильную генерацию частотно-модулированных («чирпованных») диссипативных солитонов (ДС) в полностью волоконном резонаторе длиной до 120 м (рис. 1.4, а). При этом импульс имеет форму, близкую к прямоугольной, и сжимается внешним компрессором в  $\sim 200$  раз (до  $\sim 200$  фс, рис. 1.4, б). Максимальная энергия ДС для волоконного СП световода с сердцевиной 5.5 мкм равна  $\sim 25$  нДж, что почти на порядок больше, чем в других вариантах волоконных схем. Установлено, что главным ограничением по энергии импульса при увеличении длины резонатора  $\geq 30$  м является эффект ВКР, который ограничивает энергию солитона, но не разрушает его. Показано, что порог ВКР можно существенно повысить за счет увеличения диаметра сердцевины световода.



а



б

**Рис. 1.4.** *a* – характерный оптический спектр лазера внутри («внутр.») и вне резонатора («внешн.»): пик 1010 нм – солитон, пик 1055 нм – ВКР; на вставке – радиочастотный спектр; *b* – интерференционная АКФ сжатого импульса, на вставке – АКФ по интенсивности несжатого импульса

**Fig. 1.4.** *a* – typical optical spectrum inside (“in”) and outside (“out”) the laser cavity: 1010 nm peak – soliton, 1055 nm peak – Raman pulse; the inset shows the radio frequency spectrum; *b* – interference autocorrelation function (ACF) of the chirped pulse, the inset shows the intensity ACF for an uncompressed pulse

It is shown that cavity lengthening in a laser with mode-locking via nonlinear polarization evolution effect in a single-mode (SM) fiber results in unstable or multi-pulse generation because of the excessive polarization rotation (angle  $\geq \pi/2$ ). A new cavity scheme has been proposed and realized, in which the processes of mode locking and pulse formation are separated and occur in a short SM fiber and a long polarization-maintaining (PM) fiber, respectively. This approach offers stable generation of frequency-modulated (chirped) dissipative solitons (DS) in the all-fiber cavity with the length up to 120 m (Fig. 1.4). The pulse acquires an almost rectangular shape and is chirped by an external compressor by a factor of  $\sim 200$  (to  $\sim 200$  fs, Fig. 1.4, *b*). The maximum DS energy for the PM fiber with a 5.5 micron core amounts to  $\sim 25$  nJ, which is higher by an order of magnitude than that in known variants of all-fiber schemes. It has been found that the pulse energy does not grow at cavity lengthening above 30 m due to the Raman effect, which limits the DS energy, but does not destroy it. It has been shown that the threshold of the Raman conversion can be increased by means of fiber core diameter enlargement.

### Публикации:

1. Kharenko D.S., Podivilov E.V., Apolonski A.A., and Babin S.A. 20 nJ 200 fs all-fiber highly chirped dissipative soliton oscillator // Там же, issue 19. P. 4104–4106.
2. Kharenko D.S., Shtyrina O.V., Yarutkina I.A., Podivilov E.V., Fedoruk M.P., Babin S.A. Generation and scaling of highly-chirped dissipative solitons in an Yb-doped fiber laser // Laser Phys. Lett., 2012, vol. 9, № 9. P. 662–668.
3. Kharenko D.S., Shtyrina O.V., Yarutkina I.A., Podivilov E.V., Fedoruk M.P., Babin S.A. Highly chirped dissipative solitons as a one-parameter family of stable solutions of the cubic-quintic Ginzburg-Landau equation // JOSA B, 2011, vol. 28, № 10. P. 2314-2319.
4. Kharenko D.S., Podivilov E.V., Apolonski A.A., Babin S.A. New effects at cavity lengthening of an all-fiber dissipative soliton oscillator // Photonics Global Conference 2012 (Singapore, December 13–16, 2012). Proceedings. Paper 3-3F-2 (4 p.).