

Пространственно-временная самокомпрессия импульсов в одномерных массивах волноводов, изготовленных методом лазерной записи

По материалам публикации JETP Letters, 2023, Vol. 117, No. 5, pp. 339–343

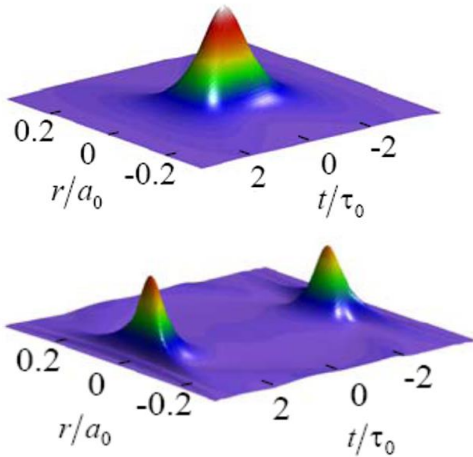
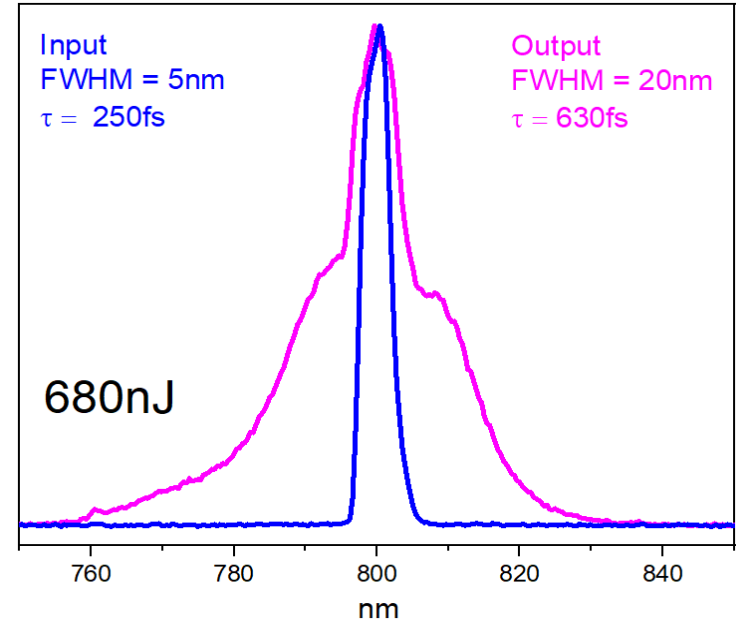
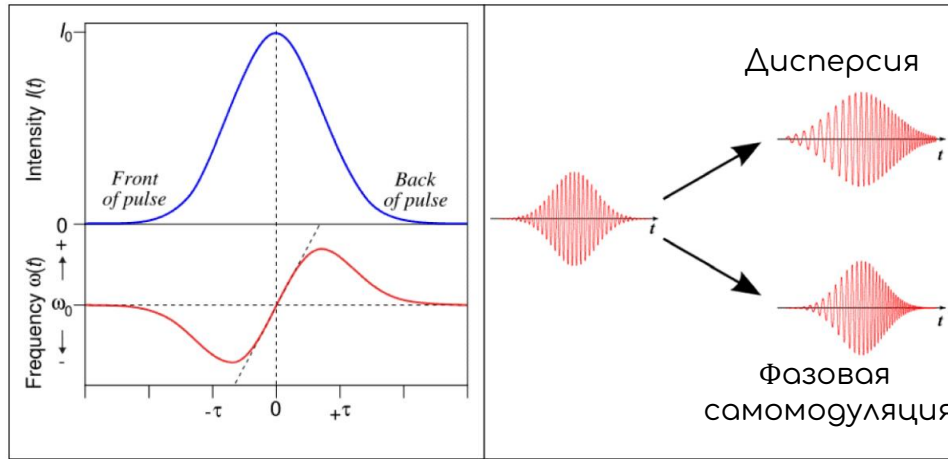
Архипова А.А., Компанец В.О., Карташов Я.В., Чекалин С.В., Задков В.Н.

совместно с Центром квантовых технологий МГУ

Институт спектроскопии РАН, г. Москва, г. Троицк, 2023

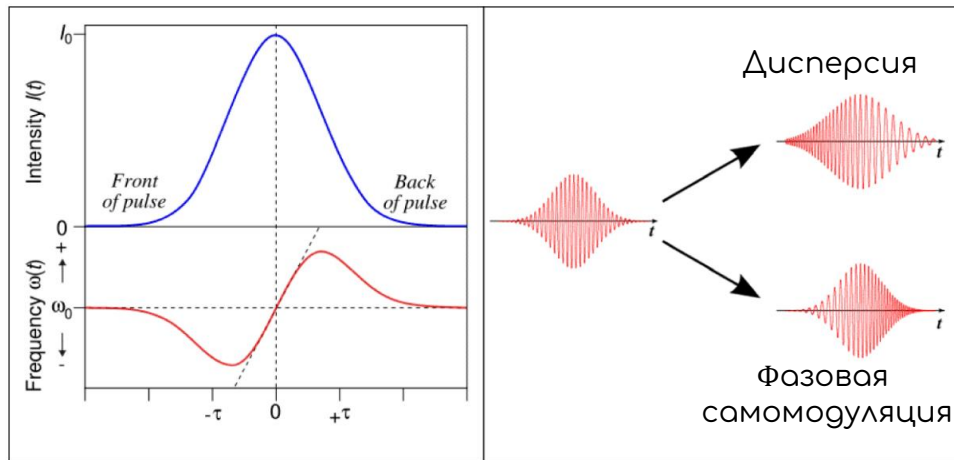


Нормальная дисперсия групповой скорости

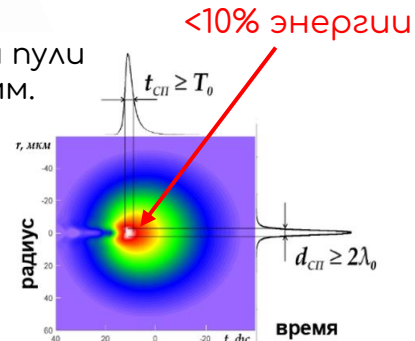


Уширение импульса с нормальной дисперсией групповой скорости по спектру и длительности при прохождении через массив волноводов

Аномальная дисперсия групповой скорости

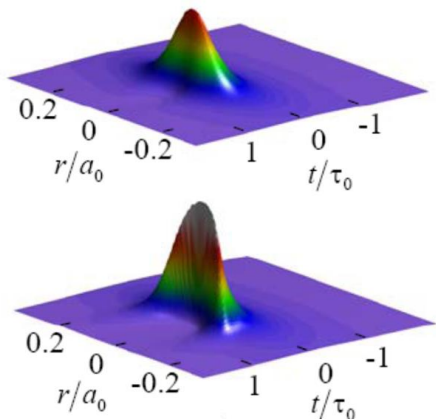


Продолжительность жизни пули в изотропной среде ~ 1 мм.

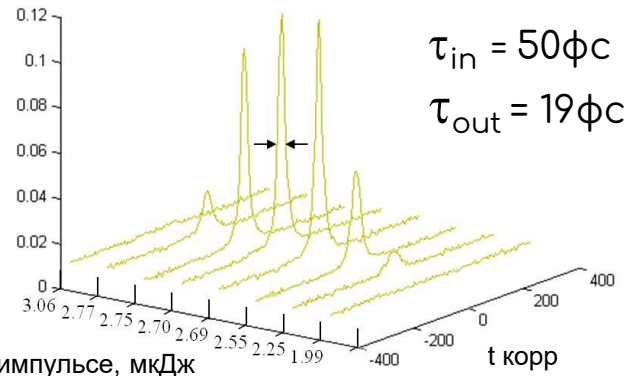


<10% энергии

Световая пуля находится в резервуаре энергии



I корр



E.O. Smetonina, V.O. Kompanets, A.E. Dormidonov, S.V. Chekalin and V.P. Kandidov, "Light bullets from near-IR filament in fused silica". Laser Phys. Lett. 10 105401 (2013)

Collapse of optical pulses

Yaron Silberberg

Bellcore, Red Bank, New Jersey 07701-7040

Received June 12, 1990; accepted September 10, 1990

Under the combined effect of diffraction, anomalous dispersion, and nonlinear refraction, an optical pulse can collapse simultaneously in time and space. Such a collapse could yield short pulses with extremely large optical fields. Light bullets—pulses that propagate without change in space or time—are also possible. The condition for such a collapse and possible experiments are discussed.

Collapse of optical pulses

Yaron Silberberg

Bellcore, Red Bank, New Jersey 07701-7040

Received June 12, 1990; accepted September 10, 1990

Under the combined effect of diffraction, anomalous dispersion, and nonlinear refraction, an optical pulse can collapse simultaneously in time and space. Such a collapse could yield short pulses with extremely large optical fields. Light bullets—pulses that propagate without change in space or time—are also possible. The condition for such a collapse and possible experiments are discussed.

VOLUME 75, NUMBER 1

PHYSICAL REVIEW LETTERS

3 JULY 1995

Energy Localization in Nonlinear Fiber Arrays: Collapse-Effect Compressor

Alejandro B. Aceves and Gregory G. Luther

Department of Mathematics and Statistics, University of New Mexico, Albuquerque, New Mexico 87131

Costantino De Angelis

Dipartimento di Elettronica e Informatica, Universita' di Padova, Via Gradenigo 6/a, 35131, Padova, Italy

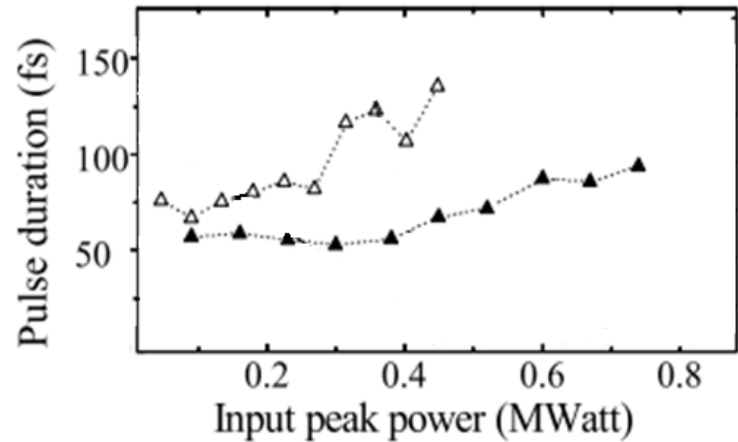
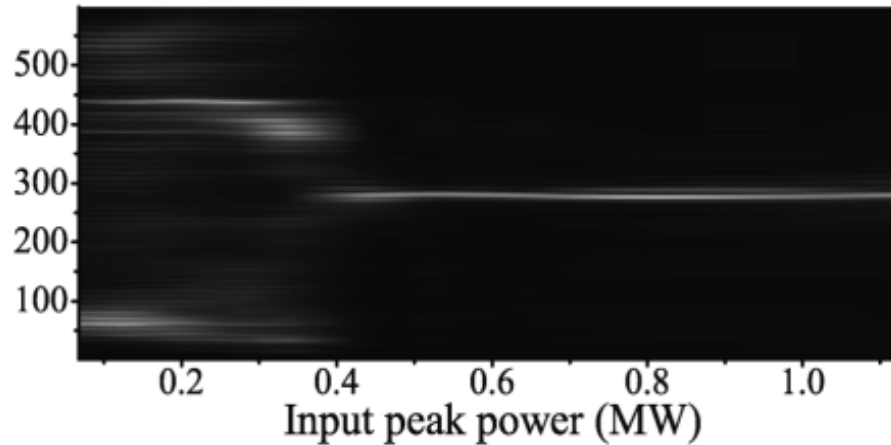
Alexander M. Rubenchik

Lawrence Livermore National Laboratory, Plasma Physics Research Institute, P.O. Box 808, L-418, Livermore, California 94550

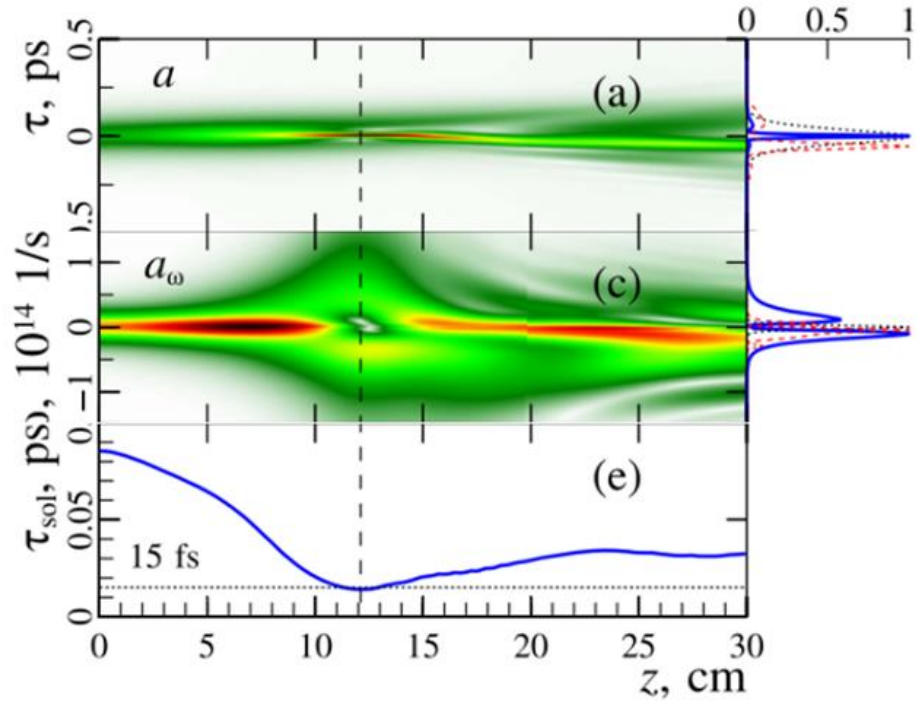
Sergei K. Turitsyn

Institute für Theoretische Physik I, Heinrich-Heine Universität Düsseldorf, Universitätsstrasse 1, 40225 Düsseldorf, Germany
(Received 21 November 1994)

We analyze a collapse mechanism of energy localization in nonlinear fiber arrays. The nonlinear fiber array is suggested as a device to amplify and compress optical pulses. Pulse propagation in one-dimensional fiber arrays has features of collapse (self-focusing) dynamics. Collapse-type compression leads to the localization of all energy initially dispersed in array into a few fibers. Numerical simulations demonstrate the robustness of the suggested compression mechanism.

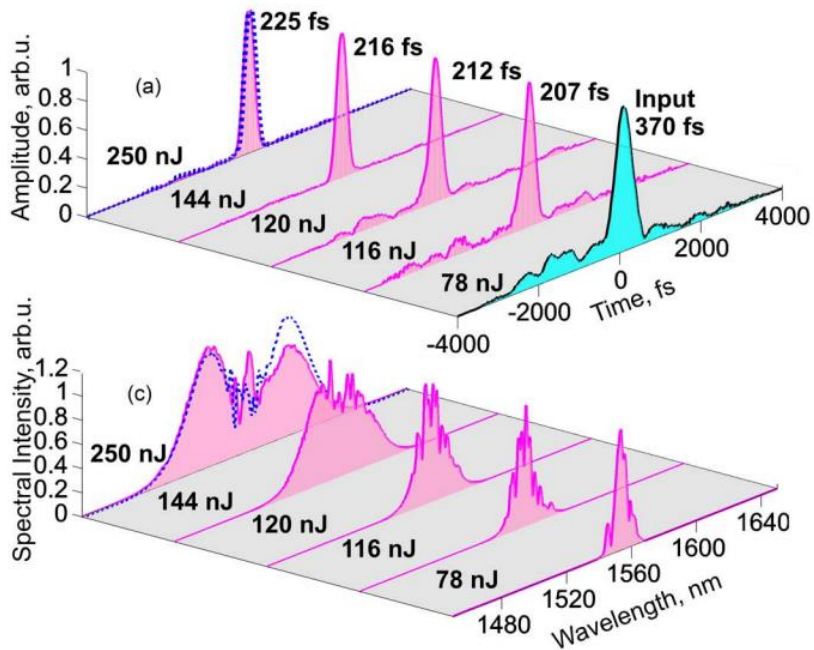


Размер волновода 4x4 мкм и высокий Δn —————> влияние нелинейных эффектов высших порядков



"The compression ratio can be increased to 40 with an efficiency of more than 50% by using additional compression of longer pulses with approximately the same energy."

A. A. Balokin, S. A. Skobelev, A. V. Andrianov, N. A. Kalinin, and A. G. Litvak, "Laser pulse compression up to few-cycle durations in multicore fiber", Opt. Lett. Vol. 44, Is. 20 (2019)



Укорочение импульса в 1.6 раза без компенсации линейного chirpa и в 7 раз с дополнительной внешней компрессией

Диаметр MCF волноводов 7.1 мкм

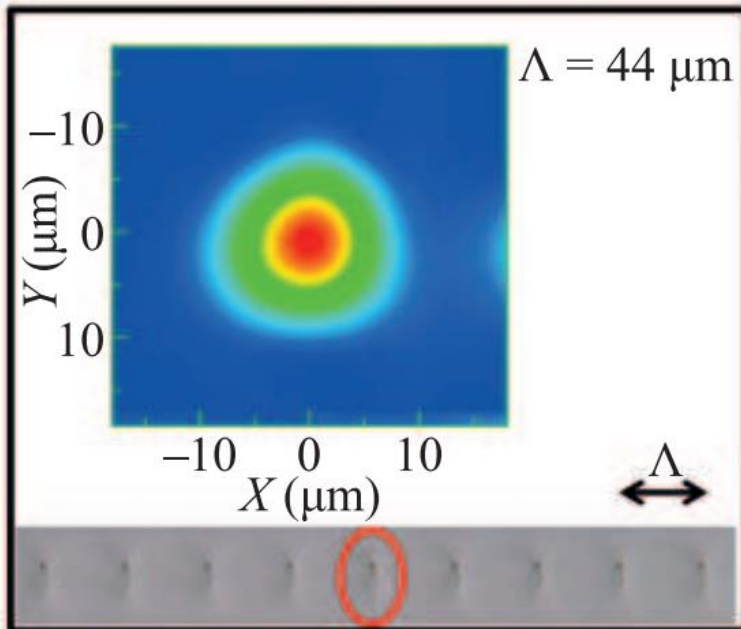
-----> влияние нелинейных эффектов высших порядков

A. V. Andrianov, N. A. Kalinin, M. Yu. Koptev, O. N. Egorova, A. V. Kim, and A. G. Litvak, "High-energy femtosecond pulse shaping, compression, and contrast enhancement using multicore fiber", Opt. Lett. vol., is. 2 (2019)

- ✓ В изотропной среде волновой коллапс приводит к резкому росту пиковой интенсивности и «световые пули» существуют на пробеге менее 1мм, при этом доля энергии в «световой пуле» не превышает 10%».
- ✓ Возможно подавление волнового коллапса в массивах волноводов.
- ✓ В массивах волноводов теоретически предсказана возможность временной компрессии импульсов в 40 раз с дополнительной посткомпрессией.
- ✓ Экспериментально зарегистрировано сжатие импульса в многоядерном волокне в 1.6 раза без и в 7 раз с последующей дисперсионной компрессией.

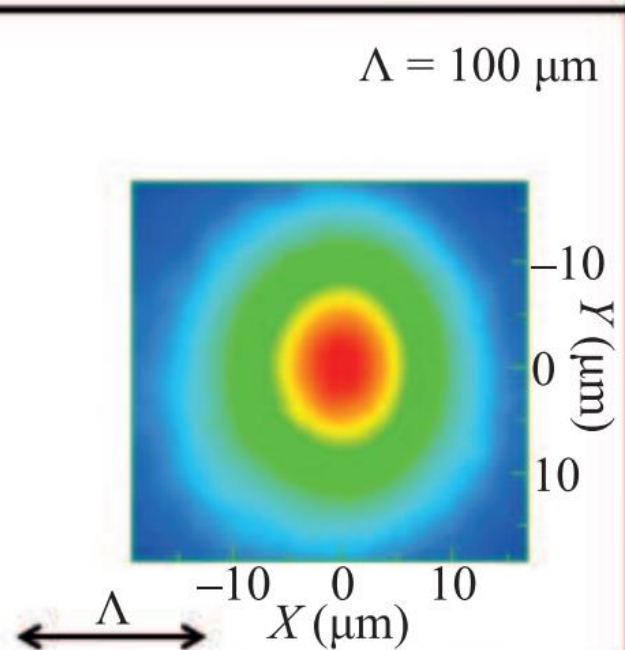
Волноводы с высоким контрастом

NA = 0,55 $\Delta n = 1.3 \cdot 10^{-3}$

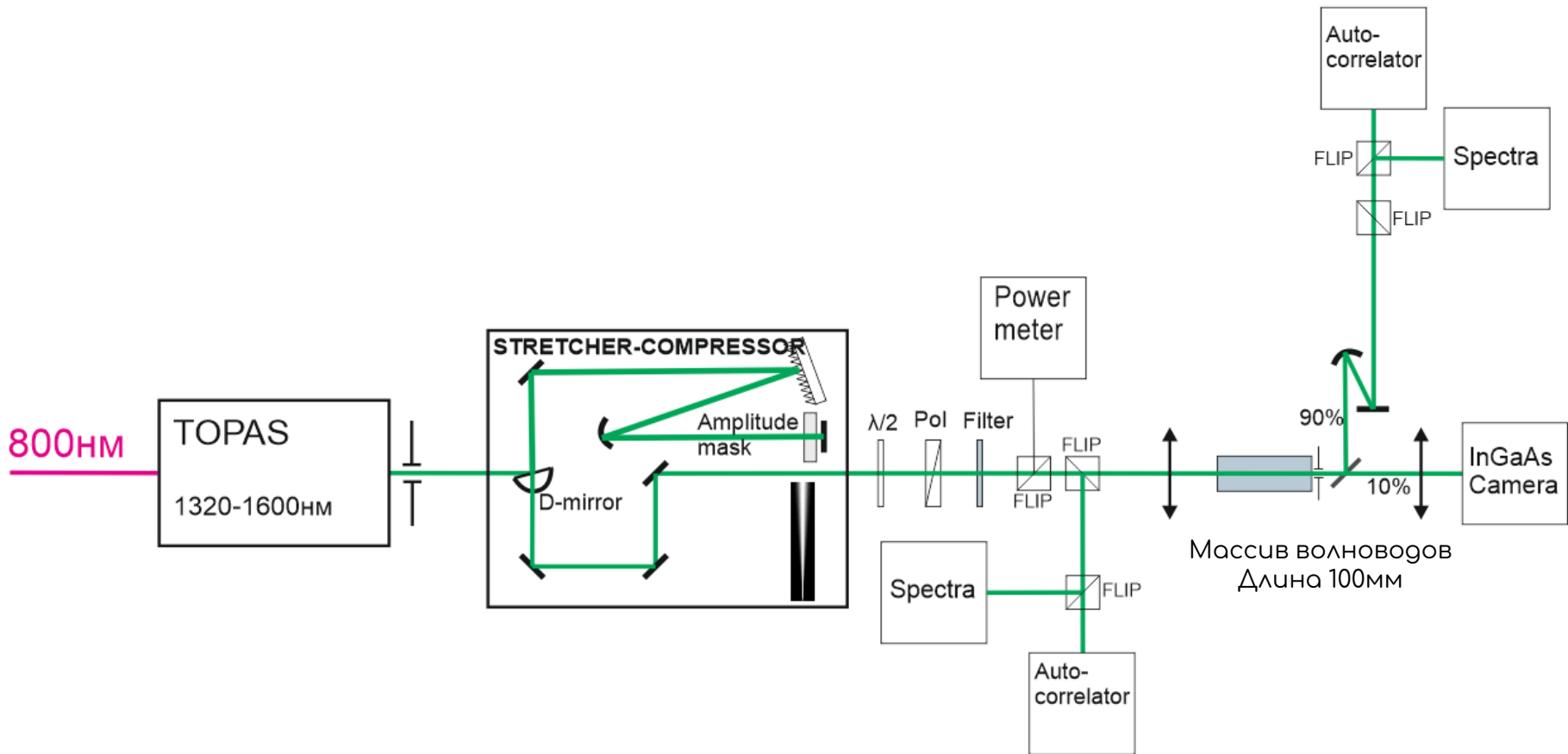


Волноводы с низким контрастом

NA = 0,4 $\Delta n = 4.2 \cdot 10^{-4}$



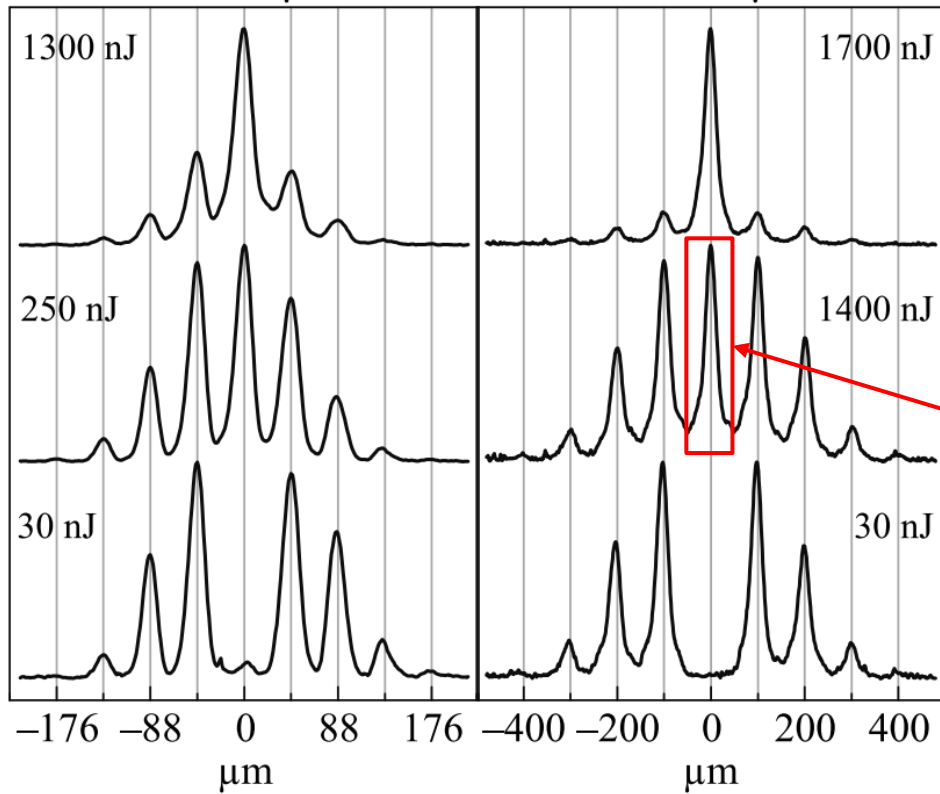
Экспериментальная схема



Выходные распределения интенсивности из массивов

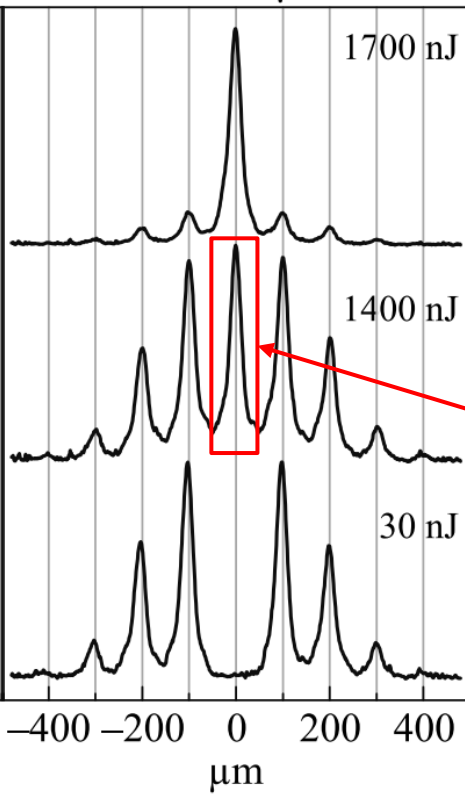
$$\tau_{in}/\tau_{out} \sim 4$$

$$\Lambda = 44 \mu\text{m}$$

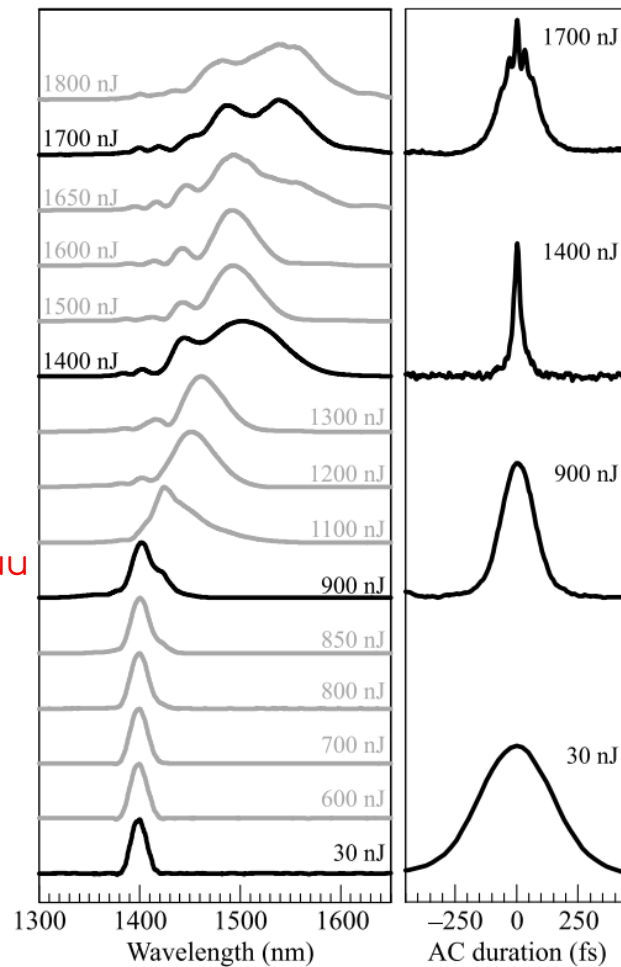


$$\tau_{in}/\tau_{out} \sim 13$$

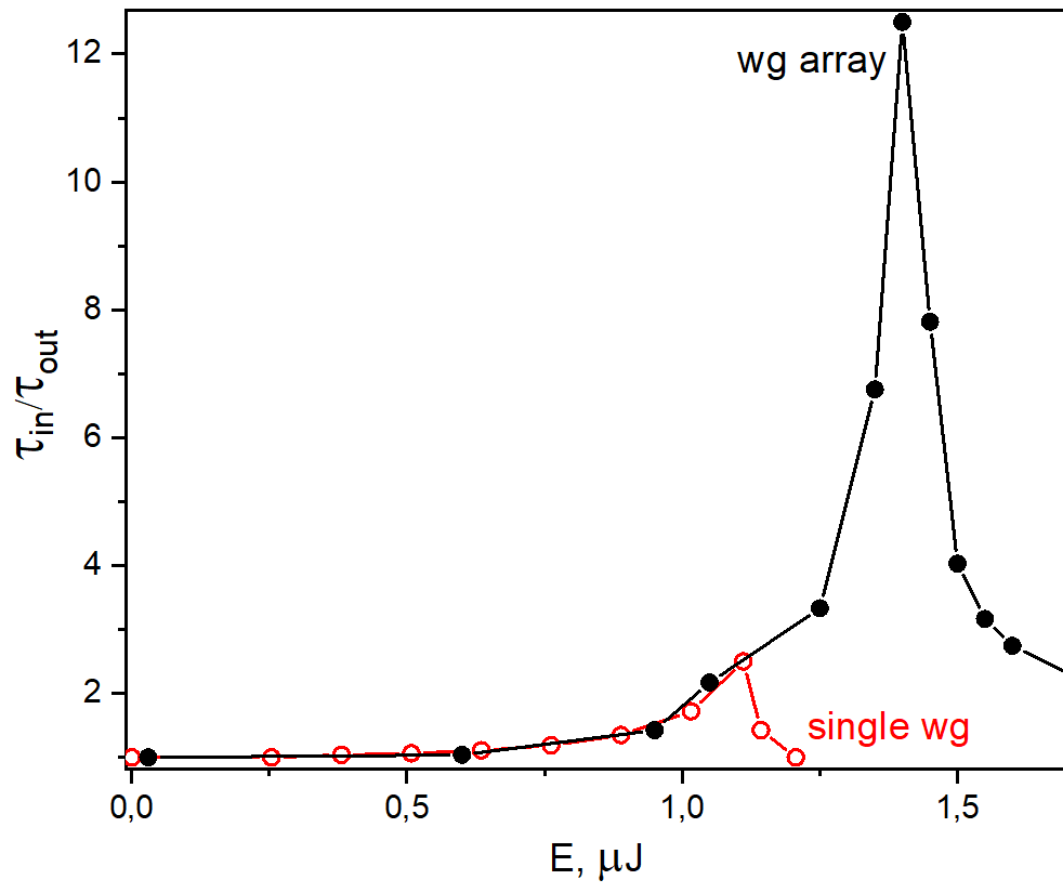
$$\Lambda = 100 \mu\text{m}$$



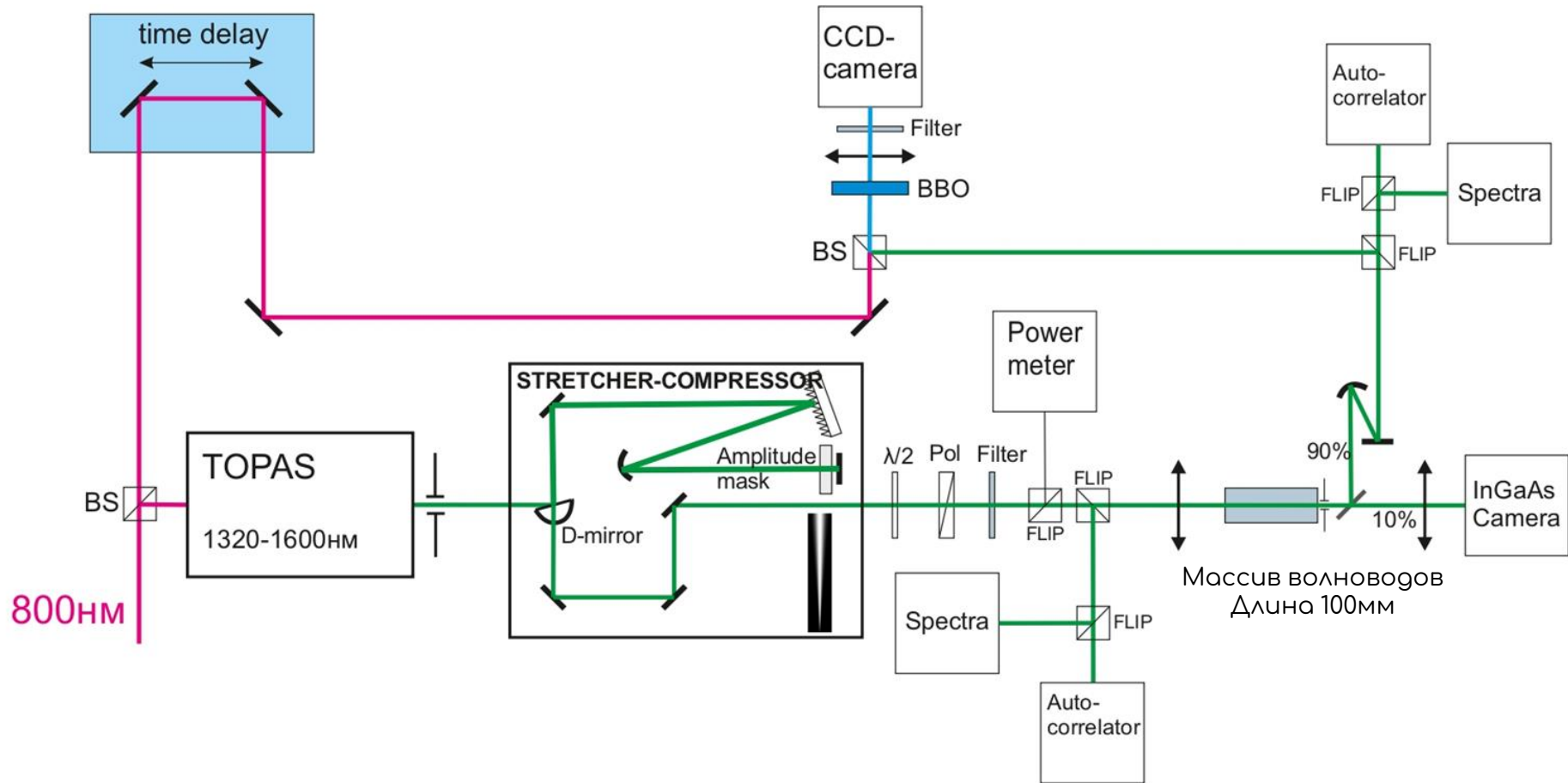
$$\tau_{in} = 250 \text{ fs}$$



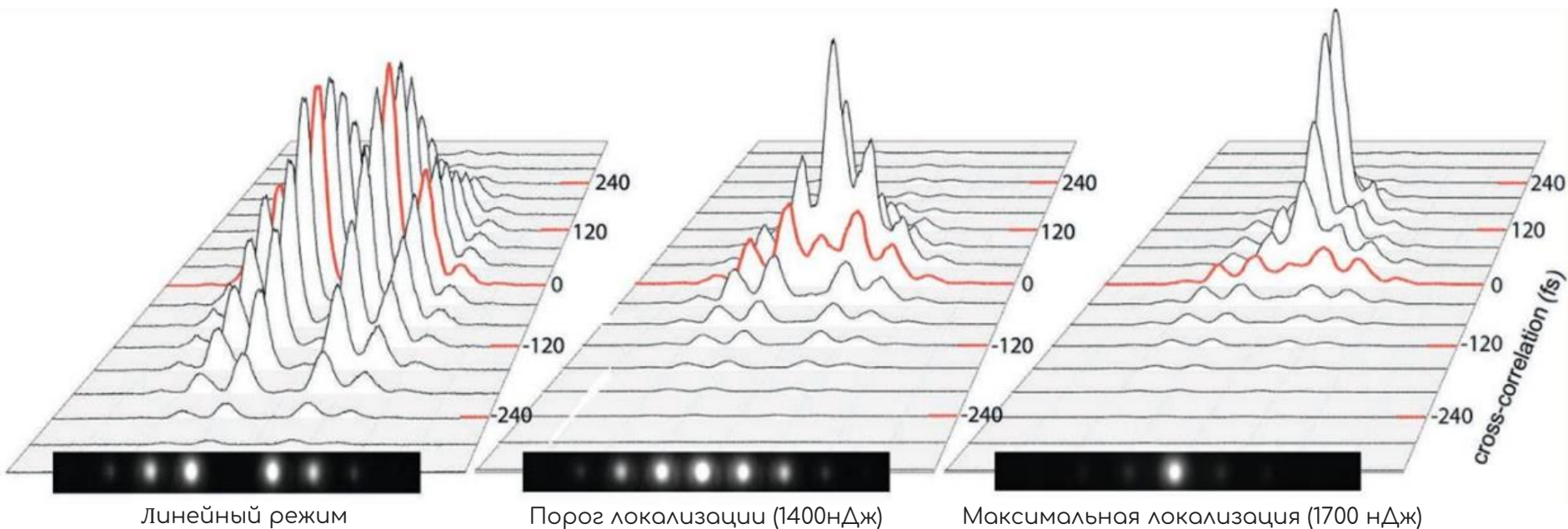
Сравнение степени временной компрессии от входной энергии в одиночном волноводе и массиве волноводов для импульсов длительностью 250фс на длине волны 1450нм.



Кросс-корреляционная система регистрации

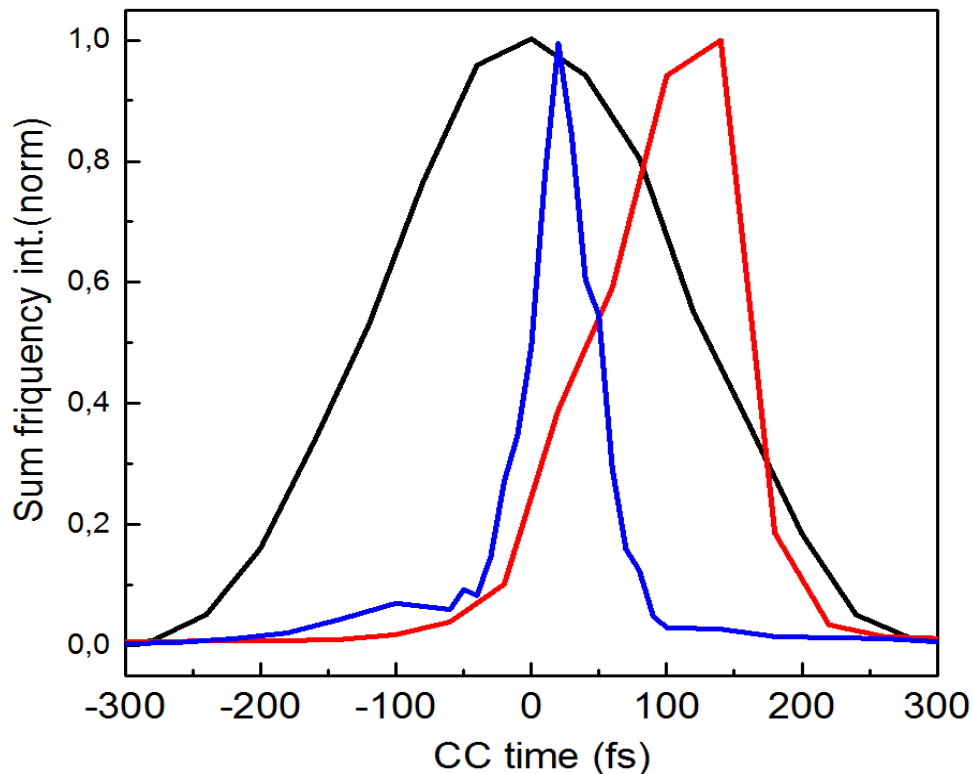


Кросскорреляционные измерения выходного излучения из массива с низким контрастом в зависимости от входной энергии ИК импульсов.



Красной линией выделена нулевая задержка между опорным и исследуемым импульсами. В нижнем ряду показаны соответствующие изображения выходных профилей на ИК камере.

Кросскорреляционные измерения выходного излучения из массива с низким контрастом в зависимости от входной энергии ИК импульсов.



С увеличением энергии входных импульсов происходит нелинейная временная локализация с укрупнением заднего фронта импульса и рамановским запаздыванием, аналогичное наблюдавшемуся в F. Eilenberger, S. Minardi, A. Szameit, U. Röpke, J. Kobelke, K. Schuster, H. Bartelt, S. Nolte, L. Torner, F. Lederer, A. Tünnermann, Phys. Rev. A 84, 013836 (2011)

Линейный режим (в боковом волноводе), **начало локализации** и **максимальная локализация** (в центральном)

Выводы

Продемонстрирована сильная пространственно-временная компрессия ИК излучения в области слабой аномальной дисперсии групповых скоростей в массивах волноводов, изготовленных методом фемтосекундной лазерной записи внутри плавленого кварца.

При временном сжатии без дополнительной дисперсионной посткомпрессии более чем на порядок импульсы в центральном волноводе достигают длительности в несколько периодов светового поля на длинах волн телекоммуникационного диапазона. При этом их мощность превышает критическую мощностей стационарной самофокусировки.

Данные результаты открывают широкие возможности по разработке массивов волноводов для спектральной трансформации и временной компрессии субпикосекундных импульсов с мкДж энергиями и дальнейших экспериментальных исследований динамики ультракоротких импульсов в топологических и коммутационных системах.