

100-КРАТНОЕ СЖАТИЕ ПИКОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ ПГС В ОДНОМОДОВЫХ ВОЛОКОННЫХ СВЕТОВОДАХ В ОБЛАСТИ СПЕКТРА $1,5 \div 1,65$ мкм

Е.М.Дианов, А.Я.Карасик, П.В.Мамышев, Г.И.Онищук, А.М.Прохоров, М.Ф.Стельмах, А.А.Фомичев

При накачке одномодового волоконного световода (ОВС) длиной 250 м излучением параметрического генератора света (ПГС) перестраиваемого в области $\lambda = 1,5 \div 1,65$ мкм с $\tau = 30$ пс осуществлено сжатие вплоть до $\tau = 275$ фс.

В последнее время в методах формирования сверхкоротких импульсов (СКИ) пико- и субпикосекундной длительности предложены различные схемы с использованием ОВС: 1) сжатие дифракционными решетками СКИ после его спектрального уширения за счет эффекта фазовой самомодуляции (ФСМ) в ОВС^{1,2}; 2) формирование пикосекундных импульсов в присутствии ВКР³; 3) самосжатие СКИ в ОВС вследствие совместного действия ФСМ и отрицательной дисперсии групповых скоростей ($(dv_{гр}/d\lambda) < 0$ для ОВС на основе плавленного кварца соответствует $\lambda > 1,3$ мкм⁴). В⁵ было осуществлено 27-кратное сжатие в ОВС $L = 100$ м импульса ($\tau = 7$ пс, $P_{и} \approx 200$ Вт) лазера на центрах окраски ($\lambda = 1,55$ мкм).

В данной работе в качестве источника излучения был выбран синхронно-генерирующий ПГС⁶ на кристалле $Ba_2NaNb_5O_{15}$ от излучения второй гармоники ($\lambda = 0,53$ мкм) непрерывно накачиваемого Nd^{3+} : YAG лазера, работающего в режиме модуляции добротности и активной синхронизации мод. ПГС излучал цуги СКИ с частотой повторения 100 Гц, $\tau = 30$ пс, с частотой повторения 250 МГц и плавно перестраивался в области спектра 0,76–1,77 мкм посредством изменения температуры кристалла $Ba_2NaNb_5O_{15}$. Длительность импульса определялась по автокорреляционной функции (АКФ), полученной методом неколлинеарной ГВГ. Измеренная с помощью монохроматора (рис. 1) ширина спектра ПГС составила $\Delta\nu = 1,34$ см⁻¹. Отметим, что $\tau \cdot \Delta\nu = 1,21$.

Для экспериментов был выбран отрезок ОВС $L = 250$ м из $SiO_2 + GeO_2/SiO_2$ с потерями 2,5 ÷ 1,7 дБ/км в области $\lambda = 1,5 \div 1,65$ мкм, с разностью показателей преломления сердцевины и оболочки $\Delta n = 4 \cdot 10^{-3}$ и диаметром сердцевины ~ 10 мкм.

Излучение ПГС вводилось в ОВС с помощью линзы $f = 1$ см. Энергетические характеристики определялись по измеренной средней мощности излучения. Спектры и АКФ излучения измерялись с помощью строб-интегратора с усреднением по большому числу импульсов (рис. 1).

При вводимом в ОВС излучении $P_{и} = 0,6$ кВт, (плотность мощности $I = (P_{и}/A_{эфф}) = 0,6 \cdot 10^9$ Вт/см², $A_{эфф}$ — эффективная площадь моды) и $\lambda = 1,59$ мкм спектр излучения на выходе ОВС уширялся до $\Delta\nu = 55$ см⁻¹ (рис. 2) (при этом ВКР отсутствовало). Обратим внимание на несимметричность уширенного спектра. Измеренная при этом АКФ представлена на рис. 3, б. Ширина АКФ 426 фс соответствует $\tau \approx 275$ фс для импульса с огибающей вида sech^2 (при этом $\tau \cdot \Delta\nu = 0,45$). Перестраивая частоту излучения накачки в области 1,5 – 1,65 мкм, мы перестраивали частоту сжатого импульса, при этом τ оставалась меньше 500 фс.

Замечательной особенностью сжатого в ОВС импульса, как видно из рис. 3, является очень высокая, по сравнению с импульсом накачки, амплитудная стабильность. Как видно из АКФ (рис. 3, б), сжатый импульс имеет малоинтенсивный пьедестал, который, однако, простирается до значения $\tau_{зад} = \pm 50$ пс. При этом оценки из АКФ показывают, что доля энергии в сжатом импульсе составляет $\sim 0,1$ от полной энергии, что соответствует $P_{и} \approx 5$ кВт и энергии 1,5 нДж. Заметим, что один из возможных путей подавления пьедеста-

ла связан с эффектом Керра в ОВС⁵, а именно с тем фактом, что состояние поляризации излучения для интенсивного пика в общем случае отличается от состояния поляризации для пьедестала.

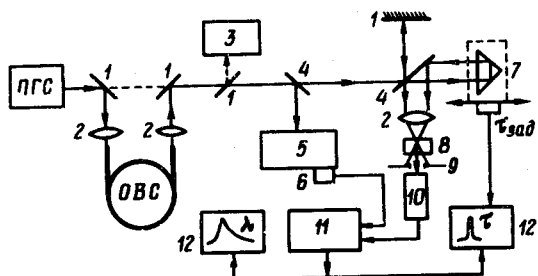


Рис. 1

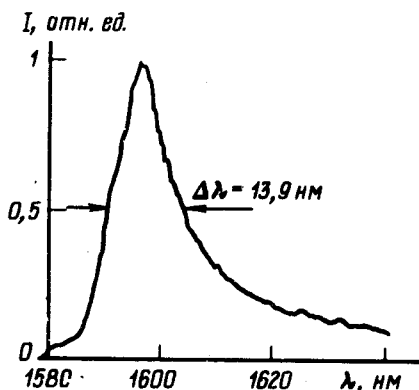


Рис. 2

Рис. 1. Схема экспериментальной установки: ПГС – параметрический генератор света, 1 – 100% зеркала, 2 – линзы, 3 – измеритель мощности, 4 – полупрозрачные пластинки, 5 – монохроматор МДР-23, 6 – Ge фотодиод, 7 – призма с датчиком перемещения, 8 – кристалл LiO₃, 9 – диафрагма, 10 – ФЭУ, 11 – строб-интегратор, 12 – самописцы

Рис. 2. Спектр излучения на выходе ОВС $L = 250$ м при $P_{\text{н}} = 0,6$ кВт

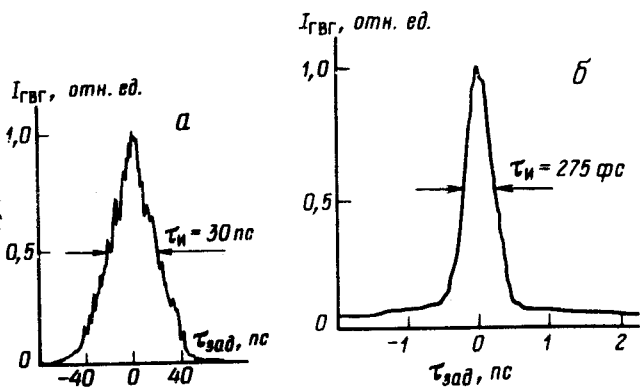


Рис. 3. Автокорреляционные функции импульсов: а – на входе ОВС, б – на выходе ОВС. АКФ в случаях а и б измерялись при одинаковой постоянной времени интегрирования строб-интегратора

По сравнению со схемой сжатия с помощью дифракционных решеток данная схема предъявляет значительно менее жесткие требования на амплитудную стабильность сжимаемого импульса. Теоретические кривые⁵ степени самосжатия импульса ($dv_{\text{гп}}/d\lambda < 0$) и длины максимального самосжатия от порядка солитона N при больших значениях N можно аппроксимировать зависимостью $\sim 1/N$. В нашем случае в соответствии с формулами⁷ $P_{\text{н}} = 0,6$ кВт соответствует порядку солитона $N \sim 100$, при этом период солитона $z_0 \sim \sim 20$ км. Таким образом, можно предположить, что при $N \gg 1$ флуктуации параметров входного импульса, а следовательно флуктуации N не должны приводить к существенным флуктуациям параметров сжатого импульса.

В заключение отметим, что в исследованной схеме, по-видимому, можно получить еще большую степень сжатия, чем $110 \times$, точно определив длину ОВС, соответствующую степени максимального самосжатия при данном значении N . Полученные в данной работе мощности СКИ уже сейчас позволяют рассчитывать на использование их, например, в нелинейной спектроскопии, а также на нелинейное преобразование частоты (вторая и третья гармоники, ВКР и др), что к тому же позволит решить проблему подавления широкого пьедестала.

Авторы благодарны А.Н.Гурьянову и Д.Д.Гусовскому за изготовление ОВС.

Литература

1. *Nicolaus B.N., Grischkowsky D.* Appl. Phys. Lett., 1983, 43, 228.
2. Дианов Е.М., Карасик А.Я., Мамышев П.В., Онищук Г.И., Прохоров А.М., Стельмах М.Ф., Фомичев А.А. Квантовая электроника, 1984, 11, 1078.
3. Дианов Е.М., Карасик А.Я., Мамышев П.В., Онищук Г.И., Прохоров А.М., Стельмах М.Ф., Фомичев А.А. Письма в ЖЭТФ, 1984, 39, 564.
4. Дианов Е.М., Карасик А.Я., Мамышев П.В., Онищук Г.И., Фомичев А.А. Письма в ЖТФ, 1984, 10, 518.
5. *Mollenauer L.F., Stolen R.H., Gordon J.P.* Opt. Lett., 1983, 8, 289.
6. Онищук Г.И., Фомичев А.А., Холодных А.И. Квантовая электроника, 1983, 10, 1525.
7. *Stolen R.H., Mollenauer L.F., Tomlinson W.J.* Opt. Lett., 1983, 8, 186.

Институт общей физики
Академии наук СССР

Московский
физико-технический институт

Поступила в редакцию
13 июля 1984 г.
