

## ПИКОСЕКУНДНАЯ СТРУКТУРА ИМПУЛЬСА НАКАЧКИ ПРИ ВКР В ОДНОМОВОДОМ ВОЛОКОННОМ СВЕТОВОДЕ

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

Исследованы временные характеристики спектрально уширенного излучения накачки (лазер на АИГ :  $\text{Nd}^{3+}$ ,  $\tau_{\text{Н}} = 60$  пс) при ВКР в одномодовом волоконном световоде (ОВС). Показано, что спектральная фильтрация выходящего из ОВС излучения позволяет выделять одиночные импульсы длительностью  $2 \div 3$  пс.

В последнее время в схемах генерации сверхкоротких импульсов (СКИ) пико- и субпикосекундного диапазона длительности, используется эффект фазовой самомодуляции (ФСМ) в ОВС, приводящий к уширению спектра излучения, с последующим сжатием импульса со свипированием частоты в среде с аномальной дисперсией ( $\partial^2 \omega / \partial k^2 > 0$ )<sup>1, 2</sup>. В<sup>3</sup> нами сообщалось о 15-кратном сжатии 60 пс импульса излучения лазера на АИГ :  $\text{Nd}^{3+}$  в схеме с дифракционной решеткой, причем мощность излучения накачки в ОВС ограничивалась порогом ВКР.

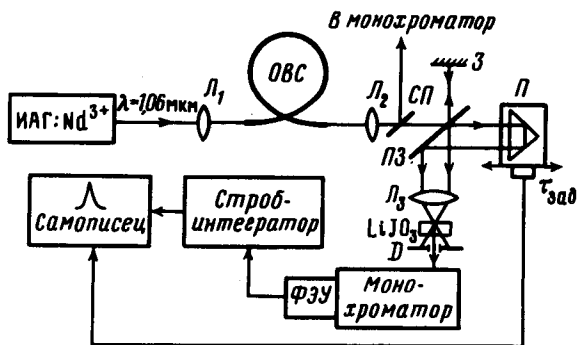


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:  $L_1 \div L_3$  – линзы; СП – светоделительная пластинка; З – зеркало; П – призма;  $\tau_{\text{зад}}$  – датчик перемещения призмы; ПЗ – полупрозрачное зеркало, Д – диффрагма

Схема экспериментальной установки, использованной в данной работе, приведена на рис.1. Использовались те же, что и в<sup>3</sup> лазер накачки и ОВС (непрерывно накачиваемый лазер на АИГ :  $\text{Nd}^{3+}$  в режиме модуляции добротности и активной синхронизации мод, излучающий пути СКИ длительностью по полувысоте 60 пс, и отрезок ОВС длиной 10 м). Выходящее из ОВС излучение направлялось в монохроматор для измерения спектра и в коррелятор для измерения временных характеристик СКИ по автокорреляционной функции (АКФ), получае-

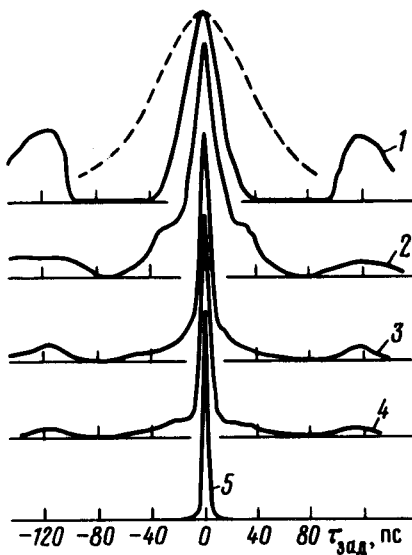


Рис. 2. Зависимость частотного сдвига  $\Delta\omega(t)$  вследствие ФСМ для гауссова импульса (а)

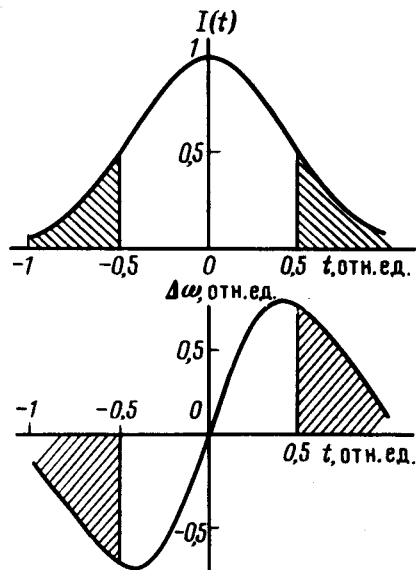


Рис. 3

мой ГВГ при неколлинеарном взаимодействии пучков в кристалле  $\text{LiIO}_3$ . Излучение второй гармоники из коррелятора попадало в монохроматор, причем корреляционные функции прописывались при спектральной ширине щели монохроматора 5 нм. Сигнал с ФЭУ через строб-интегратор подавался на координату "Y" самописца.

При увеличении пиковой мощности излучения накачки в ОВС ( $P_n$ ) до величины несколько меньшей мощности, при которой возникает ВКР, спектр излучения на выходе ОВС из-за ФСМ уширялся до  $\approx 10 \text{ см}^{-1}$ . При дальнейшем увеличении мощности накачки до  $P_n \gg P_{кр}$  наблюдалась генерация стоксовой компоненты ВКР, сдвинутой относительно накачки на  $\Delta\nu \approx 440 \text{ см}^{-1}$ , с шириной спектра  $\approx 80 \text{ см}^{-1}$  ( $P_{кр}$  соответствует случаю, когда на выходе ОВС мощность стоксовой компоненты ВКР равна мощности излучения накачки). Оценка  $P_{кр}^4$  дает в нашем случае величину  $\sim 1,5 \div 2 \text{ кВт}$ . Одновременно с возникновением ВКР в спектре накачки появлялся интенсивный пьедестал, простирающийся в антистоксову область до  $\Delta\nu \approx 400 \text{ см}^{-1}$ , а в стоксовой области перекрывающийся со спектром ВКР (спектральная плотность излучения при  $\Delta\nu = 100 \text{ см}^{-1}$  составляет  $\sim 10^{-2}$ , от соответствующего значения на  $\lambda = 1,064 \text{ мкм}$ ).

Автокорреляционные функции излучения накачки представлены на рис. 2. Пунктирная кривая соответствует случаю низкой мощности накачки в ОВС ( $P_n \ll P_{кр}$ ), кривая 1 — случаю эффективной генерации ВКР ( $P_n > P_{кр}$ ). АКФ с тремя пиками соответствует импульсу накачки после "проедания" его центральной части излучением ВКР, как это качественно иллюстрирует рис. 3. От гладкого импульса накачки остаются по сути два импульса ("осколка") — заштрихованные части на рис. 3, а, имеющие пиковую мощность  $\sim P_{кр}$ . Расстояние между этими импульсами зависит от степени превышения  $P_n$  над  $P_{кр}$ . Ширина центрального пика АКФ 31 пс (рис. 2, кривая 1) соответствует длительности "осколков"  $\approx 20 \text{ пс}$ . В ВКР преобразуется центральная часть импульса, имеющая линейный закон свипирования частоты (рис. 3, б). Таким образом, ВКР препятствует эффективному сжатию импульса накачки, выходящего из ОВС в среде с аномальной дисперсией. Заметим однако, так как при ВКР свипирование частоты в импульсе накачки переносится на импульс ВКР<sup>5</sup>, возможно осуществление сжатия ВКР-импульса с высокой степенью и контрастом в среде с аномальной дисперсией. С другой стороны, "осколки" накачки имеют отрицательное свипирование частоты (частота уменьшается к концу импульса) и, в принципе, могут сжиматься в области положительной ( $\partial^2\omega/\partial k^2 < 0$ ) дисперсии ( $\lambda < 1,33 \text{ мкм}$ ) нашего

ОВС <sup>6</sup>. Оценки показывают, что для существенного сжатия таких "осколков" необходимы длины ОВС  $\gtrsim 1$  км. Для исследования механизма возникновения интенсивного широкого пьедестала в спектре излучения на выходе ОВС измерялись АКФ на разных частотных компонентах в антистоксовой относительно накачки области спектра. Выбор частотных компонент в спектре осуществляется перестройкой монохроматора и соответствующим поворотом кристалла ГВГ (спектральная ширина синхронизма  $\sim 6$  нм.). На рис. 2 кривыми 2 ÷ 5 показаны АКФ, соответствующие антистоксовым частотным компонентам, сдвинутым относительно  $\lambda_n$  на 9, 36, 72 и 104  $\text{см}^{-1}$  соответственно. Видно, что при увеличении  $\Delta\nu$  ширина центрального пика АКФ уменьшается, в то же время интенсивность побочных пиков падает, а на кривой 5 они вообще отсутствуют. Ширина на полувысоте кривой 5 — 3,6 пс (соответствует  $\tau_n \approx 2,5$  пс). Высокий контраст этой АКФ говорит о том, что фильтрация выходящего из ОВС излучения позволяет выделить одиночный импульс с  $\tau_n \approx 2 \div 3$  пс.

Стокс-антистоксова широкополосная генерация в ОВС возможна и при четырехфотонном смещении при фазовом синхронизме взаимодействующих волн <sup>7</sup>. Однако поскольку мощность "осколков" накачки при увеличении  $P_n$  остается  $\approx P_{кр}$ , четырехфотонный процесс должен был бы протекать и при  $P_n < P_{кр}$ , что в наших экспериментах не наблюдалось.

Генерация таких коротких импульсов на смещенной относительно накачки частоте связана, по-видимому, с формированием крутых временных фронтов в импульсах ВКР и накачки при "проедании" импульса накачки излучением ВКР (рис. 3) <sup>8</sup>. За счет эффекта ФСМ на таком фронте должен происходить резкий скачок фазы и соответствующий ему частотный сдвиг (не отраженный на рис. 3, б). Заметим, что существенную роль в формировании временных фронтов излучения, а также спектра вследствие ФСМ (поскольку ФСМ определяется суммарной интенсивностью излучения ВКР и накачки) может играть разница групповых скоростей излучения ВКР и накачки.

Авторы признательны В.Н. Серкину за полезные обсуждения.

#### Литература

1. Mollenaue L.F., Stolen R.H., Gordon J.P. Opt. Lett., 1983, 8, 289.
2. Nicolau B.N., Grischkowsky D. Appl. Phys. Lett., 1983, 43, 228.
3. Дианов Е.М., Карасик А.Я., Мамышев П.В., Г.И. Онищук Г.И., Фомичев А.А. Сб. Физические явления в приборах электронной и лазерной техники. М.: МФТИ, 1984, 61.
4. Smith R.G. Appl. Opt., 1972, 11, 2489.
5. Луговой В.Н. ЖЭТФ, 1976, 71, 1307.
6. Дианов Е.М., Карасик А.Я., Мамышев П.В., Онищук Г.И., Фомичев А.А. Письма в ЖТФ, 1984, 10, 518.
7. Дианов Е.М., Захидов Э.А., Карасик А.Я. Письма в ЖТФ, 1983, 9, 1455.
8. Исаев С.К., Корниенко Л.С., Крацов Н.В., Серкин В.Н., Фирсов В.В. Письма в ЖТФ, 1981, 7, 525.

Институт общей физики  
Академии наук СССР

Московский  
физико-технический институт

Поступила в редакцию  
24 мая 1984г.