

[6] А л е х и н В.П. Физика прочности и пластичности поверхностных слоев материалов. М.: Наука, 1983. 280 с.

Поступило в Редакцию
5 октября 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 3 12 февраля 1988 г.

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРФЕРОМЕТРА ЖИРА-ТУРНУА ДЛЯ ВНЕРЕЗОНАТОРНОЙ КОМПРЕССИИ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ СВЕТОВЫХ ИМПУЛЬСОВ

Р.А. Т и м о ф е е в, Г.Б. Т о л с т о р о ж е в

В настоящее время метод оптической компрессии широко применяется для получения пикосекундных и фемтосекундных световых импульсов. Обычно элементами оптического компрессора являются одномодовый световод и дисперсионная линия задержки. В световоде вследствие фазовой самомодуляции спектр начального светового импульса испытывает уширение и характерную линейную частотную модуляцию („чирп“), а в дисперсионной линии задержки, где оптическая длина пути уменьшается при увеличении частоты излучения (отрицательная дисперсия), оказывается возможным совмещать разделенные во времени спектральные составляющие, что и ведет к компрессии ультразвуковых импульсов (УКИ) [1-4].

Чаще всего в качестве дисперсионной линии задержки используется пара дифракционных решеток, либо комбинации решетки и призмы. Решетки и призмы обладают значительной дисперсией, что позволяет сжимать УКИ с относительно большой начальной длительностью. К недостаткам этих систем следует отнести неизбежные энергетические потери, а также пространственное разделение спектральных составляющих по сечению выходного светового пучка. В последнее время используются и другие методы получения отрицательной дисперсии групповых скоростей: пары призм и интерферометры Жира-Турнуа [5-8], однако вследствие относительно небольшой дисперсии их применяли только для внутррезонаторной компенсации.

В настоящей работе опробован оптический компрессор с использованием специально рассчитанного интерферометра Жира-Турнуа (ИЖТ) для сжатия УКИ фемтосекундной длительности вне лазерного резонатора. Источником УКИ служил перестраиваемый в диапазоне спектра 610-630 нм лазер на красителе родамине 6Ж в этиленгликоле с гибридной (активной и пассивной) синхронизацией мод, синхронно накачиваемый квазинепрерывным пучком ионного криптонового лазера ($\lambda = 530$ нм) с частотой следования импульсов 76 МГц. Средняя мощность накачки составляла 450 мВт, длительность импульсов 80-150 пс. Внутри резонатора лазера на краси-

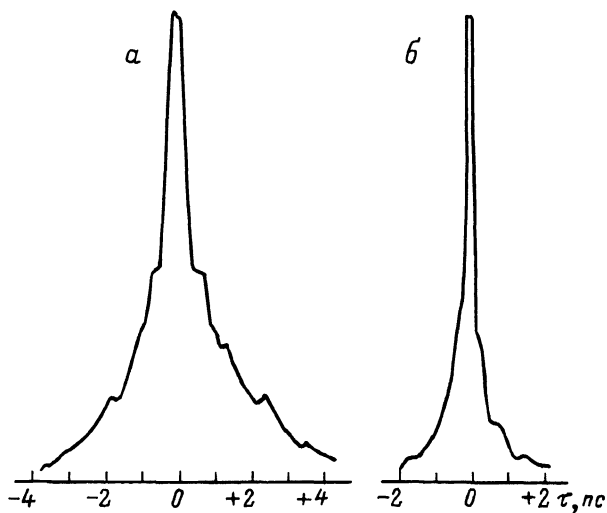


Рис. 1. Автокорреляционные функции УКИ: а – до компрессора, б – после компрессора.

теле в дополнительной фокусирующей секции помешалась струя насыщающегося поглотителя (*DOCS* в этиленгликоле), служившая для добавочной пассивной синхронизации мод. Вместо выходного зеркала резонатора лазера на красителе использовался акусто-оптический дефлектор для вывода отдельных импульсов из резонатора с различной скважностью, что позволяло повысить энергию генерируемых УКИ примерно на порядок. При частоте вывода 5 МГц генерируются импульсы длительностью 710 фс и пиковой мощностью более 5 кВт. Для измерения параметров УКИ применялся автокорреляционный метод, основанный на неколлинеарной генерации второй гармоники в кристалле КДР.

Управляемая от микро-ЭВМ система регистрации реального времени позволяла наблюдать автокорреляционную функцию непосредственно на экране осциллографа, что облегчало настройку компрессора.

Автокорреляционная функция (АКФ) генерируемых лазером на родамине 6Ж импульсов показана на рис. 1, а. Излучение лазера вводилось с эффективностью 60% в одномодовый кварцевый световод длиной 120 см. ИЖТ, используемый нами, представляет собой эталон Фабри-Перо (рис. 2, а), в котором одна из поверхностей отражает 100% подающего излучения, а другая имеет коэффициент отражения $r < 100\%$. Важно отметить, что в ИЖТ эффект задержки группы волн возникает вследствие многократной интерференции задержанных друг относительно друга по фазе отраженных пучков, а не путем угловой дисперсии, как при преломлении или дифракции в решетке. Поэтому геометрическая структура светового пучка не

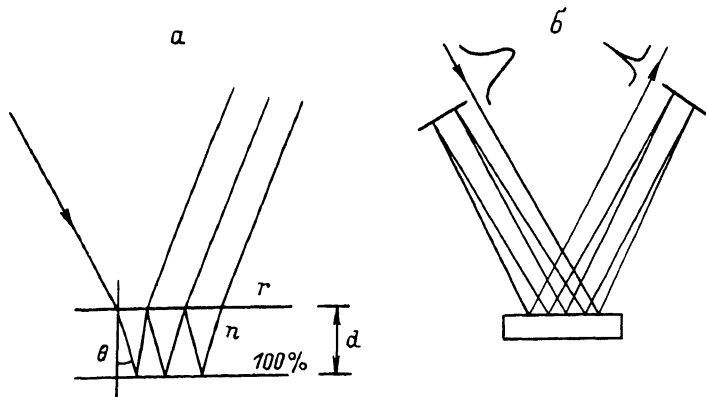


Рис. 2. а - схема интерферометра Жира-Турнуа, б - оптическая схема дисперсионной линии задержки.

искажается компрессором. Зависимость времени задержки группы волн от частоты имеет вид равноотстоящих резонансных пиков. Полуширина резонансов определяется коэффициентом отражения r частично пропускающей поверхности ИЖТ и эффективной базой интерферометра $d \cos \theta$. Области положительной и отрицательной дисперсии расположены симметрично относительно максимумов фазовой характеристики. Для достижения максимальной линейности дисперсии групповых скоростей центральная частота спектра излучения должна составлять

$$\omega_0 = \frac{2m\pi - \beta}{t_0},$$

где m - натуральное число, $t_0 = \frac{2dn \cos \theta}{c}$, c - скорость света, $\beta = \arccos \left[- \left[(1+r^2) + (r^4 + 34r^2 + 1)^{1/2} \right] / 4r \right]$, а ширина спектра должна удовлетворять условию $\Delta \omega t_0 \leq \beta$ [8]. Следует иметь в виду, что спектральная область линейности дисперсионной характеристики увеличивается при снижении r и увеличении $d \cos \theta$, но одновременно падает достигаемая с помощью ИЖТ дисперсия, поэтому для определенного набора параметров УКИ на входе компрессора (длительность, спектральная ширина, средняя частота спектра, пиковая мощность) существует оптимальная комбинация величин r и $d \cos \theta$. Для сжатия импульсов исследуемого гибридного лазера наилучшими оказались значения $r=0.3$, $d=20$ мкм, $\theta=8^\circ$. При этом область линейности фазовой характеристики ИЖТ составила 5.5 нм, а дисперсия $1.48 \cdot 10^4$ фс². Так как дисперсия в несколько раз ниже требуемой величины, оказалось необходимым применить многократное отражение от ИЖТ. Соответствующая оптическая схема показана на рис. 2, б. В ходе эксперимента варьировалась центральная частота спектра генерации для точной настройки на область линейности ИЖТ, средняя мощность накачки, а также число отражений

от ИЖТ. На рис. 1, б показана АКФ сжатых импульсов полученная при оптимизации всех параметров. Длительность УКИ составляет 180 фс. Заметим, что некоторое наличие крыльев у АКФ, видимо, связано с небольшим отклонением от линейности дисперсионной характеристики ИЖТ в пределах спектра сжимаемого импульса. Энергетический КПД дисперсионной линии задержки на основе интерферометра около 90%.

Таким образом, в работе применен ИЖТ в сочетании с одноименным световодом для компрессии УКИ лазера с гибридной синхронизацией мод. Предложенный компрессор обладает большим КПД в сравнении с известными ранее, использующими дифракцию, и не приводит к снижению геометрического качества светового пучка. Полученные УКИ можно без последующего усиления применить для измерения ряда спектрально-кинетических характеристик вещества с временным разрешением 10^{-13} с.

Л и т е р а т у р а

- [1] N i k o l a u s B. and G r i s c h k o v s k y. P. - Appl. Phys. Lett., 1983, v. 42, N 1, p. 1-3.
- [2] S h a n k C.V. et al. - Appl. Phys. Lett., 1982, v. 40, N 9, p. 761-763.
- [3] F u j i m o t o J.G., W e i n e r A.M., I p p e n E.P. - Appl. Phys. Lett., 1984, v. 44, N 9, p. 832-834.
- [4] I s h i d a Y., Y a j i m a T. - Opt. Comm., 1986, v. 58, N 5, p. 353-359.
- [5] F o r k R.L., M a r t i n e z O.E., G o r d o n J.P. - Opt. Lett., 1984, v. 9, N 5, p. 150-152.
- [6] G o r d o n J.P., F o r k R.L. - Opt. Lett., 1984, v. 9, N 5, p. 153-155.
- [7] G i r e s F., T o u r n o i s P. - C.R. Acad. Sci., Paris, 1964, v. t258, p. 6112-6114.
- [8] F r e n c h P.M.W., C h e n G.F., S i b b e t t W. - Opt. Comm., 1986, v. 57, N 4, p. 262-268.
- [9] T o m l i n s o n W.J., S t o l e n R.H., S h a n k C.V. - J. Opt. Soc. Am. B, 1984, v. 1, N 2, p. 139-148.

Институт физики
АН БССР,
Минск

Поступило в Редакцию
13 августа 1987 г.