



Автокорреляционная функция:
 выработка экспериментальных значений (\square) и интерпо-
 ллированность импульса ≈ 150 фс.

Данная система может также приме-
 няться для регистрации и обработки кросс-
 корреляционных функций и любых сигналов, зависящих от задержки
 световых импульсов относительно друг друга. Например, с помощью
 системы можно изучать кинетику люминесценции, оценивать времена
 жизни возбужденных уровней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сверхкороткие световые импульсы/Под ред. С. Шапиро: Пер. с англ. под ред. С. А. Ахманова.— М.: Мир, 1981.
2. Kalpaxis A., Doukas A. G., Budansky Y. e. a. Description of an electronic controller used with an autocorrelator to measure a femtosecond pulse duration in real-time // Rev. Sci. Instrum.— 1982.— 53, N 7.— P. 960.
3. Geräteinformation.— DDR: Zentrum für Wissenschaftlichen Gerätebau, 1984.— N 010.
4. Watanabe A., Tanaka S., Kobayashi H. e. a. Microcomputer-based spectrum-resolved second-harmonic generation correlator for fast measurement of ultrashort pulses // Rev. Sci. Instrum.— 1985.— 56, N 12.— P. 2259.
5. Watanabe A., Saito H., Ishida Y., Yajima T. Computer-assisted spectrum-resolved SHG autocorrelator for monitoring phase characteristics of femtosecond pulses // Opt. Commun.— 1987.— 63, N 5.— P. 320.
6. Бондарев Б. В., Бутов И. В., Родионов Г. Д. и др. Быстросканируемый автокоррелятор для оценки длительности сверхкоротких световых импульсов // Автометрия.— 1989.— № 1.
7. Sala K. L., Kenney-Wallace G. A., Hall G. E. CW autocorrelation measurements of picosecond laser pulses // IEEE J. Quant. Electron.— 1980.— QE-16, N 9.— P. 990.
8. Levenberg K. A method for the solution of certain non-linear problems in least squares // Quart. Appl. Math.— 1944.— 2.— P. 164.

Поступила в редакцию 13 ноября 1987 г.

УДК 621.373.826

Б. В. БОНДАРЕВ, И. В. БУТОВ, Г. Д. РОДИОНОВ,
 В. Б. СОРОКИН, П. А. ЧУБАКОВ

(Новосибирск)

БЫСТРОСКАНИРУЕМЫЙ АВТОКОРРЕЛЯТОР ДЛЯ ОЦЕНКИ ДЛИТЕЛЬНОСТИ СВЕРХКОРОТКИХ СВЕТОВЫХ ИМПУЛЬСОВ

В настоящее время большой практический и научный интерес представляют лазерные системы, обеспечивающие непрерывную генерацию последовательности световых импульсов с фемтосекундной длительностью. Данные лазерные системы требуют тщательной настройки оптических элементов резонатора, оптимизации состава генерирующих и поглощающих сред, подбора характеристик зеркал и т. д. При проведении этих операций необходимо осуществлять непрерывный контроль за длительностью сверхкоротких световых импульсов (СКИ). Измерение длительности СКИ и субпико- и фемтосекундном диапазонах основано на регистрации автокорреляционных функций [1]. Зарубежными авторами предложен ряд схем быстросканируемых автокорреляторов

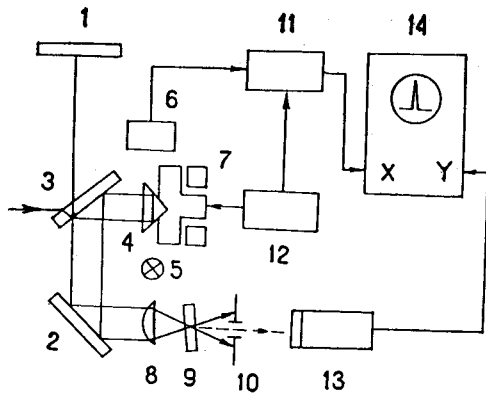


Рис. 1. Схема регистрации автокорреляционной функции СКИ:

1, 2 — металлические зеркала; 3 — делитель; 4 — угловой отражатель; 5 — лампочка накаливания; 6 — фотодиод; 7 — динамик; 8 — объектив; 9 — нелинейный кристалл; 10 — диафрагма; 11 — гаситель обратного хода луча; 12 — генератор; 13 — ФЭУ; 14 — осциллограф

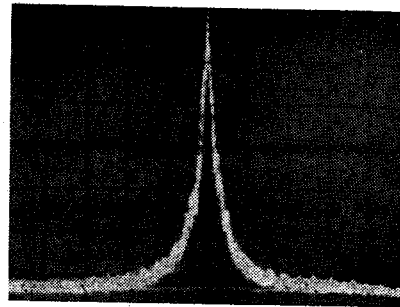


Рис. 2. Типичный вид автокорреляционной функции на экране осциллографа, полученной при синхронной накачке лазера на красителе (1,3 пс/дел.)

(см., например, [2—4]). (Отечественной промышленностью такие устройства не выпускаются.) В настоящей статье приводится описание разработанного нами быстросканируемого автокоррелятора, который может быть воспроизведен в любой научно-исследовательской лаборатории на базе доступных элементов. В отличие от [2—4] величина оптической задержки измеряется прямым методом, позволяющим более точно регистрировать автокорреляционную функцию СКИ.

Оптическая часть автокоррелятора выполнена по традиционной схеме (рис. 1) с использованием интерферометра Майкельсона. Падающий луч (последовательность СКИ) делится полупрозрачным зеркалом 3 на два пучка, каждый из которых после отражения соответственно от зеркала 1 и углового отражателя (УО) 4 фокусируется линзой 8 в нелинейный кристалл 9, где происходит удвоение исходной частоты излучения лазера. Сигнал автокорреляционной функции СКИ, регистрируемый ФЭУ 13, пропорционален интенсивности второй гармоники, генерируемой в нелинейном кристалле 9 по неколлинеарной схеме. Плоское зеркало 1 установлено на подвижной каретке типа «ласточкин хвост», позволяющей выравнивать плечи интерферометра с точностью не хуже 0,1 мм. УО закреплен в легкой оправе, которая приклеена непосредственно к диффузору динамика 7 (типа 6-ГД6 или аналогичный). При подаче на вход динамика напряжения синусоидальной или треугольной формы амплитудой 6—10 В на частоте 25—30 Гц величина смещения составляет 3—4,5 мм, что соответствует оптической задержке 20—30 пс.

Для регистрации положения УО нами применен теневой метод. С этой целью по разные стороны от УО размещены лампочка 5 и фотодиод 6 типа ФД-24К. Фотодиод снабжен щелевой диафрагмой и выполняет функцию датчика положения. Усиленный сигнал с фотодиода через схему прерывания (гашения) второго полупериода сигнала подается на X-вход осциллографа 14. Этим достигается адекватность горизонтальной развертки луча осциллографа положению УО, т. е. величине оптической задержки, с точностью не хуже 5%. На Y-вход осциллографа поступает сигнал непосредственно с выхода ФЭУ 13. Нами применялись как наиболее удобные осциллограф С1-83 и ФЭУ-142. Вторая гармоника основного излучения ($\lambda_{осн} \approx 590$ нм) попадает в область максимума чувствительности данного ФЭУ. На рис. 2 приведена осциллограмма автокорреляционной функции пикосекундного импульса.

Для генерации второй гармоники (ГВГ) полученных СКИ в лазере на красителе родамин 6Ж нами применялся кристалл КДР толщи-

ной 2 мм. Фокусирующий объектив 8 имел фокусное расстояние 50 мм. Неколлинеарная схема ГВГ обеспечила в данном случае бесфоновую регистрацию автокорреляционной функции с разрешением не хуже 0,1 пс.

Для устранения обратной связи автокоррелятора с лазером зеркало 2 делалось вогнутосферическим с радиусом кривизны 1—3 м. Разрешающую способность автокоррелятора можно существенно улучшить, используя в его схеме бездисперсионные оптические элементы. Для этого покрытие зеркал и делителя должно быть металлическим, подложка делителя — тонкая кварцевая пластинка, вместо углового отражателя следует использовать пару зеркал, расположенных друг к другу под углом 90° на подвижном устройстве. Обычный динамик необходимо заменить на устройство, обеспечивающее прямолинейное перемещение с угловым отклонением в несколько секунд, например «поршень в цилиндре» с аэроподшипником. Толщина кристалла должна быть выбрана с учетом спектральной ширины исследуемого сверхкороткого импульса.

Авторы благодарят Ю. А. Данькина и Л. М. Дулову за изготовление нелинейного кристалла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сверхкороткие световые импульсы/Под ред. С. Шапиро: Пер. с англ. под ред. С. А. Ахманова.— М.: Мир, 1981.
2. Sala K. L., Keney-Wallace G. A., Hall G. E. CW autocorrelation measurements of picosecond laser pulses // IEEE J. Quant. Electron.— 1980.— QE-16, N 9.— P. 990.
3. Kurobori T., Cho Y., Matsuo Y. An intensity/phase autocorrelator for the use of ultrashort optical pulse measurements // Opt. Commun.— 1981.— 40, N 2.— P. 156.
4. Watanabe A., Hirose M., Terane H. e. a. Simple real-time monitor of subpicosecond pulses // Rev. Sci. Instrum.— 1984.— 55, N 2.— P. 262.

Поступила в редакцию 27 ноября 1987 г.

УДК 612.15 : 085.849.19

**З. В. КРОВОТА, Т. В. МАНСФЕЛЬД, А. П. МОДИН,
А. М. РЕЙМАН, М. Е. СПИВАК-БАРАНОВ**
(Горький)

ЛАЗЕРНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ СКОРОСТИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИКИ КРОВОТОКА В МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОМ РУСЛЕ

Интерес к исследованию кровообращения в микрососудах живых организмов обусловлен той основной функцией, которую микроциркуляция выполняет в системе регуляции гомеостаза, т. е. в поддержании постоянства внутренней среды организмов. Применение таких традиционных методов, как изотопный, катетеризация, для изучения основного параметра микроциркуляции — скорости кровотока — осложняется как малостью объекта исследования (диаметр сосуда порядка 5—100 мкм), так и чрезвычайной чувствительностью сосудов к механическому, тепловому, химическим воздействиям [1]. Поэтому в современной физиологии большое внимание уделяется неинвазивным методам исследования, использование которых не нарушает целостности микрососудов. Одним из таких методов является лазерно-доплеровский метод измерения скорости (ЛДИС), широко применяемый для изучения течений в гидро- и аэродинамике [2]. В 70-е годы появились работы, в которых с помощью ЛДИС исследовались биологические жидкости и кровотоки [3—5].