

УДК 535.215.6

Р.В. Ромашко, А.И. Грачев, А.А. Камшилин, О.Т. Каменев, Ю.Н. Кульчин

Автокоррелятор фемтосекундных импульсов на основе линейного фотогальванического эффекта

Предложен автокоррелятор с использованием нелинейного фотогальванического кристалла и продемонстрированы возможности нового автокорреляционного метода с использованием фотогальванического кристалла для измерения длины когерентности сверхкоротких лазерных импульсов.

Ключевые слова: фотогальванический ток, автокоррелятор.

В настоящее время большой практический и научный интерес представляют лазерные системы, обеспечивающие непрерывную генерацию последовательных лазерных 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 [1–2]. В настоящей работе предложен автокоррелятор с использованием нелинейного фотогальванического кристалла [3].

Экспериментальная установка и результаты. Автокоррелятор, предложенный в данной работе, основан на интерферометре Майкельсона. Схема автокоррелятора приведена на рис. 1. Выходящее из лазерной установки на основе фемтосекундного лазера Spitfire Pro XP Ultrafast Ti:Sapphire Amplifier импульсное излучение имеет длину волны 800 нм. В нелинейном кристалле ВВО, в который направляется излучение, происходит генерация второй гармоники, и зеркалами 3, имеющими максимальный коэффициент отражения на длине волны 400 нм, излучение с длиной волны 400 нм направляется в автокоррелятор. Перед поляризационным светоделителем (ПСД) находится полуволновой ромб Френеля (ПВРФ), который поворачивает поляризацию входной световой волны под 45° . Поляризованная таким образом волна в ПСД делится пополам, причем луч с p -поляризацией не изменяет направления входящей волны при выходе из ПСД, а луч с s -поляризацией отражается перпендикулярно направлению входной волны. Четвертьволновые ромбы Френеля (ЧВРФ) ориентированы таким образом, что двойной проход через них световой волны приводит к повороту поляризации волны на 90° . Прошедшие таким образом лучи снова попадают в ПСД, и теперь поляризация в лучах ориентирована так, что лучи выходят в одну сторону и попадают на ФГ-кристалл.

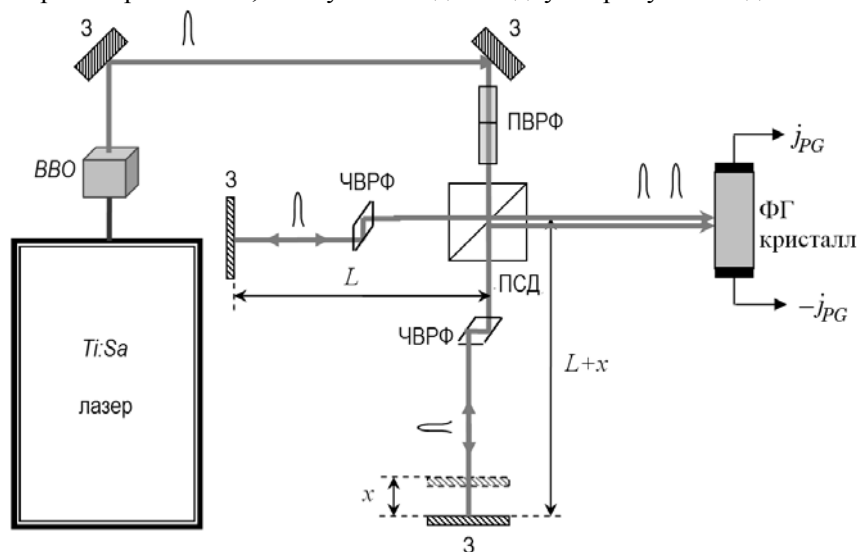
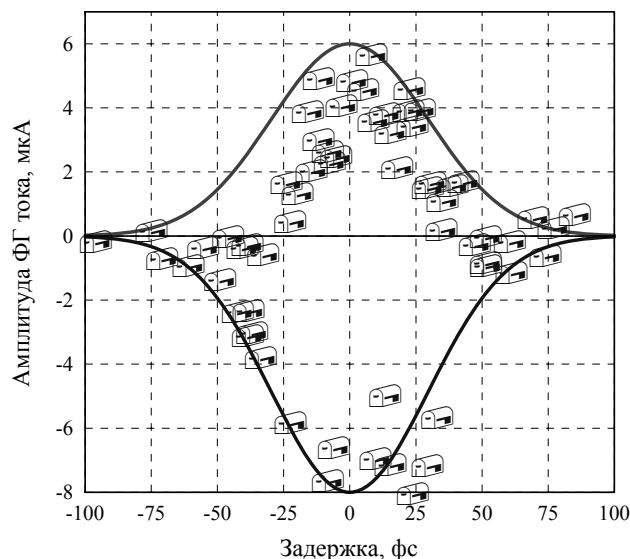


Рис. 1. Схема автокоррелятора: ПСД – поляризационный светоделитель; 3 – зеркала; ПВРФ – полуволновой ромб Френеля; ЧВРФ – четвертьволновые ромбы Френеля

Одно из зеркал закреплено на комбинированном трансляторе, сочетающем в себе два позиционера, причем один из них служит для настройки положения зеркала и имеет диапазон перемещения от 1 до 30 мм, а другой используется для измерения параметров импульса и позволяет смещать зеркало в диапазоне от 1 до 100 мкм с шагом в 14 нм. После отражения от зеркал пучки излучения объединяются в ПСД и направляются на ФГ-кристалл. Электрические сигналы с электродов на кристалле, синхронизируясь с сигналом от лазера, подаются на осциллограф, с помощью которого осуществляется регистрация и измерение ФГ-тока. ФГ-кристалл ориентирован в соответствии с поляризационной зависимостью таким образом, что каждый из пучков в отдельности (т.е. световой пучок, поляризованный вертикально или горизонтально) не вызывает фотогальванического тока.



При попадании в кристалл обоих пучков поляризация результирующего светового поля изменится, что приведет в общем случае к появлению ФГ-тока, отличного от нуля.

Была измерена зависимость ФГ-тока в кристалле при попадании в него обоих пучков от смещения x зеркала. Результат измерения представлен на рис. 2.

Рис. 2. Зависимость фотогальванического тока от времени задержки между интерферирующими лазерными импульсами

Как видно из рис. 2, экспериментально измеренная длительность световых импульсов (ширина пика на полувысоте) составляет около 70 фс. С другой стороны, можно оценить ожидаемую длительность лазерного импульса с использованием известной длительности (40 фс) лазерных импульсов при $\lambda = 802$ нм и с учетом дисперсии показателя преломления оптических элементов, используемых в нашей установке: ВВО, ПСД и ромбы Френеля. Общая длина диспергирующих элементов на пути прохождения лазерного импульса была около 150 мм, что должно привести к неизбежному удлинению импульсов более чем в 20 раз. По всей видимости, причиной такого большого расхождения между измеренной (70 фс) и ожидаемой (800 фс) длительностями импульса является наличие chirpирования частоты излучения в импульсе, которое приводит к осцилляциям ФГ-тока при уже относительно небольших задержках и, как следствие, к значительному сужению автокорреляционной функции. Таким образом, для точного определения параметров лазерного импульса по измеренной в автокорреляторе зависимости ФГ-тока от задержки необходимо учитывать параметры chirpирования.

Заключение. В данной работе продемонстрирована возможность применения нового автокорреляционного метода с использованием фотогальванического кристалла для измерения длины когерентности сверхкоротких лазерных импульсов.

Исследование выполнено при поддержке Президиума ДВО РАН, а также РФФИ (грант 12-02-12087).

Литература

1. Сверхкороткие световые импульсы / С. Шапиро, Д. Брэдли, Э. Иппен и др.; под ред. С. Шапиро; пер. с англ. под ред. С.А. Ахманова. – М.: Мир, 1981. – 479 с.
2. Sala K.L. CW autocorrelation measurement of picosecond laser pulses / K.L. Sala, G.A. Keney-Wallace, G.E. Hall // IEEE j. quant. electron. – 1980. – Vol. QE-16, № 9. – P. 990–996.
3. Linear photogalvanic current excited in silent crystals by femtosecond laser pulses / A.A. Kamshilin, A.I. Grachev, S.S. Golik et al. // Applied Physics B. – 2012. – Vol. 106, № 4. – P. 899–903.

Ромашко Роман Владимирович

Д-р физ.-мат. наук, профессор каф. теоретической и экспериментальной физики
Дальневосточного федерального университета;
вед. науч. сотрудник лаб. прецизионных оптических методов измерений
Института автоматизации и процессов управления
Дальневосточного отделения РАН (ИАПУ ДВО РАН), г. Владивосток
Тел.: 8 (423) 255-51-74
Эл. почта: romashko@iacp.dvo.ru

Грачев Александр Иванович

Канд. физ.-мат. наук, ст. науч. сотрудник
Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН, г. Санкт-Петербург
Тел.: 8 (812) 515-91-95
Эл. почта: grach.shuv@mail.ioffe.ru

Камшилин Алексей Александрович

Д-р физ.-мат. наук, профессор, руководитель лаб. оптических сенсорных технологий
Университета Восточной Финляндии, г. Куопио, Финляндия
Тел.: +35-840-355-25-61
Эл. почта: alexei.kamchilin@uef.fi

Каменев Олег Тимурович

Д-р физ.-мат. наук, вед. науч. сотрудник
лаб. прецизионных оптических методов измерений ИАПУ ДВО РАН
Тел.: 8-902-483-07-96
Эл. почта: okamenev@mail.ru

Кульчин Юрий Николаевич

Руководитель отдела оптоэлектронных методов исследования газообразных и конденсированных сред
(ИАПУ ДВО РАН), г. Владивосток
Тел.: 8 (423) 231-04-39
Эл. почта: director@iacp.dvo.ru

Romashko R.V., Grachev A.I., Kamschilin A.A., Kamenev O.T., Kilchin Yu.N.

Autocorrelator of femtosecond laser pulses based on a linear photovoltaic effect

In this paper we propose autocorrelator using a nonlinear photogalvanic crystal. The main goal of this research was to demonstrate feasibility of the proposed technique to measure coherent length of ultra-short laser pulses.

Keywords: photovoltaic current, autocorrelator.