

ФОТОХРОНОГРАФИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ УСТАНОВКИ «ИСКРА-5»

О. И. Горчаков, Л. А. Душина, А. Г. Кравченко, К. В. Стародубцев

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» ИЛФИ, г. Саров Нижегородской обл.

Для контроля и оптимизации режима работы многокаскадных усилительных трактов фотодиссоционного лазера «Искра-5» [1] необходима информация о пространственном профиле и временной форме излучения по всей его апертуре. Такие данные могут быть получены одновременно при использовании фотохронографической техники, обладающей как высоким временным, так и пространственным разрешением.

Для проведения измерений подготовлена оптическая схема регистрации излучения и фотохронограф с щелевой разверткой (стрик-камера). Разработанной методикой проведены измерения локальной формы, длительности и пространственно-временной неравномерности импульса лазерного излучения в вертикальном сечении ближней зоны VI канала установки.

Схема диагностики

Оптическая схема диагностики (рис. 1) представляет собой двухлинзовый уменьшающий телескоп, согласующий апертуру DKDP кристалла-преобразователя с входной щелью регистратора. Масштаб перестроения составляет 60:1. Регистрация проводится на 2ω излучения при полной энергии канала порядка 250 Дж, для исключения оптического пробоя в фокусе первой линзы служат глухое силовое зеркало ЗТ-4 ($T_{2\omega} \sim 1\%$) и набор ослабляющих клиньев. Отсечка непреобразованного излучения основной частоты (1,315 мкм) проводится при помощи кюветы с дистиллированной водой ($T_{\omega} \sim 1\%$). В данной схеме регистрации также проводятся интегральные измерения энергии, пространственного распределения и формы импульса в канале. Синхронизация регистратора производится лазерным импульсом, отбираемым из тракта диагностики. Для временной привязки регистрации на щель хронографа по оптоволокну (ВОЛС) заводится импульс излучения с задающего генератора, что позволяет судить о распространении импульса по силовым усилительным каскадам в разных режимах работы канала.

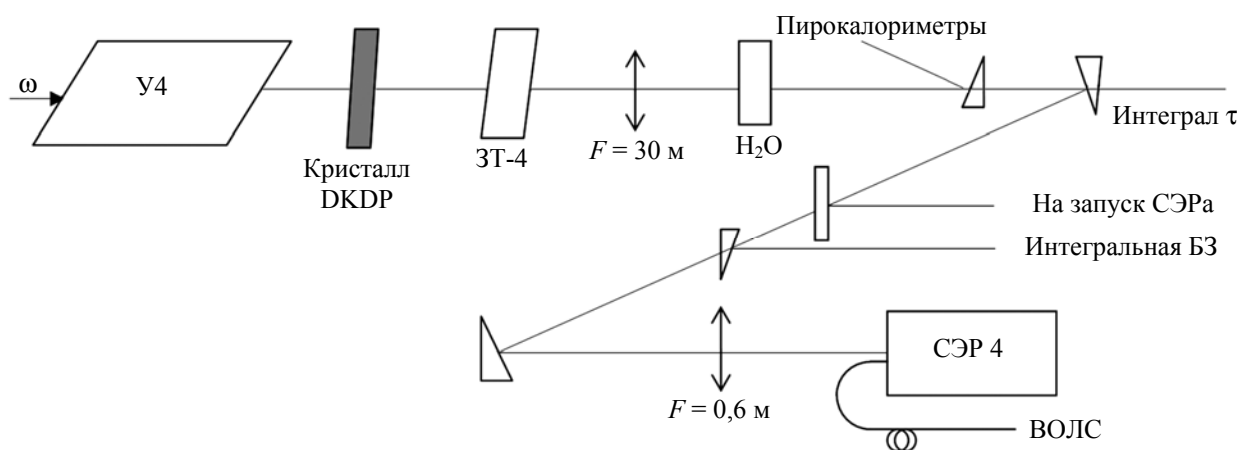


Рис. 1. Схема регистрации БЗ 2ω

В силовом эксперименте фоторегистратором производится линейная временная развертка вертикального сечение построенного изображения.

Фотохронографический регистратор

Регистрация проводилась фотохронографом СЭР-4 [2]. В качестве время анализирующего каскада в приборе использован электронно-оптический преобразователь (ЭОП) типа ПИМ-103 разработки ВНИИОФИ (в настоящее время его производством занимается компания БИФО [3]). В устройство данного фотохронографа входят так же два усилителя яркости типа ЭПВ-19 и ПЗС-камера S2C-017APF-K1/K2, осуществляющая регистрацию прошедшего сигнала через всю схему. Блок-схема регистратора СЭР-4 изображена на рис. 2.

Данный ЭОП имеет следующие основные технические характеристики: предельное временное разрешение ≥ 10 пс; пространственное разрешение ≥ 20 пар штрихов/мм; динамический диапазон ≥ 30 , тип катода – серебряно-кислородно-цезиевый.

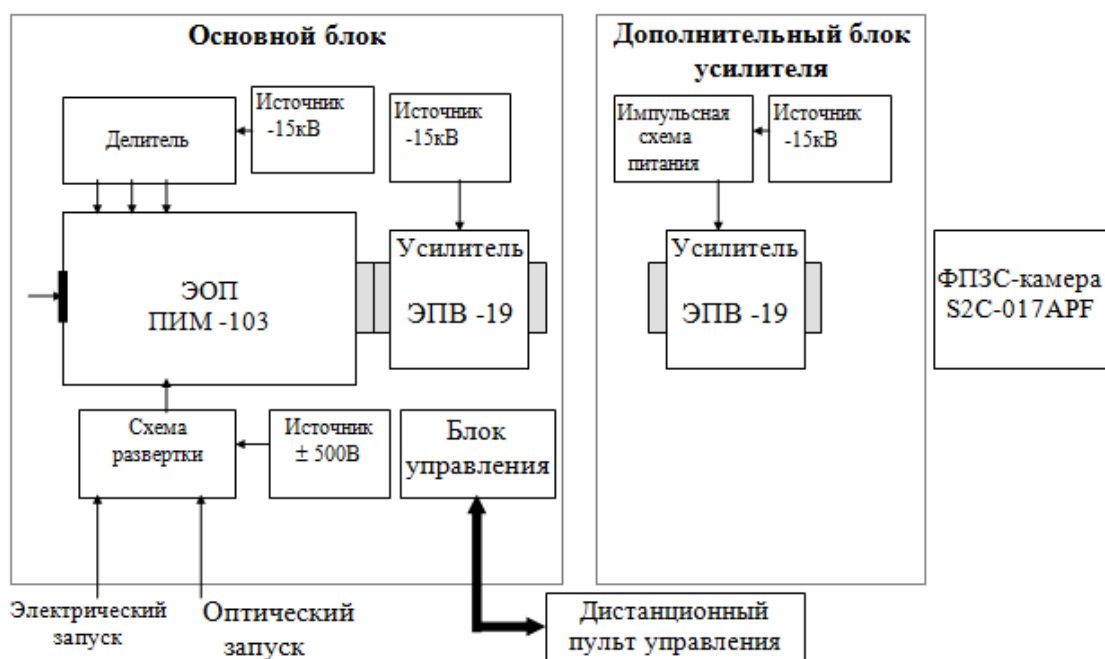


Рис. 2. Блок схема регистратора СЭР – 4

Принцип работы заключается в следующем. Изображение исследуемого объекта проецируется на фотокатод. Излучение, падающее на фотокатод, вызывает эмиссию фотоэлектронов. Последние под действием электрического поля ускоряются и фокусируются электронной линзой, образованной фотокатодом, фокусирующим электродом и анодной диафрагмой на экране преобразователя. В отсутствие сигнала на фотокатод от исследуемого процесса, преобразователь закрывается путем подачи напряжения смещения, достаточного для увода изображения на компенсированную затворную систему. Развертка изображения по экрану осуществляется линейно-нарастающими или прямоугольными импульсами напряжения.

Регистратор имеет следующие параметры: техническое временное разрешение – 100 пс, пространственное разрешение по входу – 100 мкм, динамический диапазон регистрации – 30. Погрешность определения задержек фронта импульса по апертуре составляет 30 пс.

Аттестация методики в экспериментах

Характерное получаемое изображение развертки вертикального сечения ближней зоны и сигнал от задающего генератора (ЗГ) показаны на рис. 3,а. На рис. 3,б продемонстрированы прописи верхней, средней и нижней частей сечения ближней зоны. При нештатном срабатывании (отказе) усилителей регистрируется увеличение задержки между импульсом ближней зоны и метки по сравнению с нормальным режимом работы.

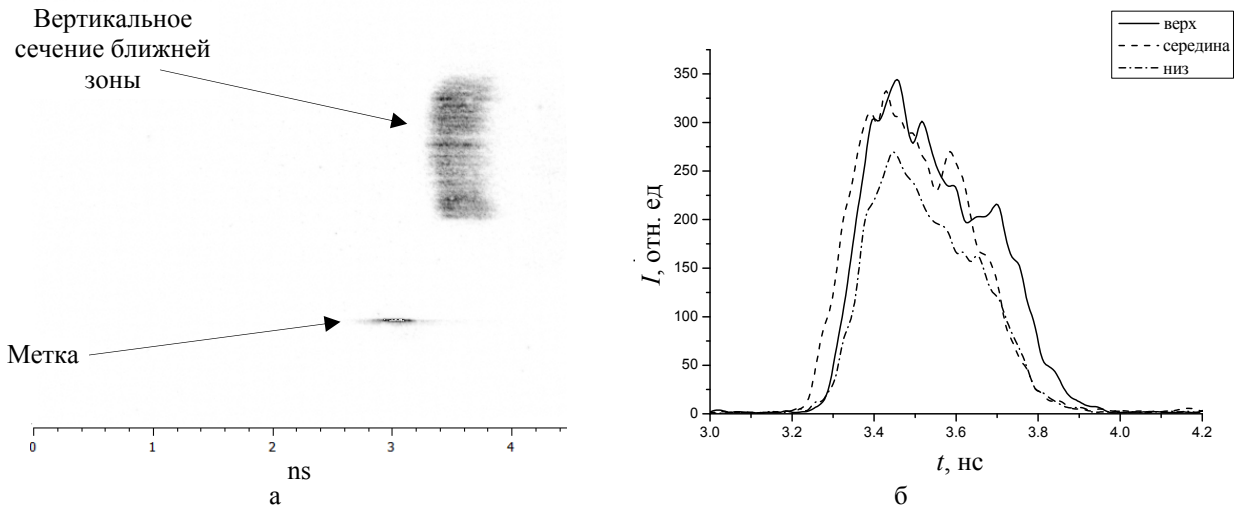


Рис. 3. Регистрация вертикального сечения ближней зоны канала (а) и прописи верхней, средней и нижней частей сечения ближней зоны (б)

По полученным прописям можно судить о локальной длительности каждой зоны сечения (0,31–0,35 нс) и пространственно-временной неоднородности сигнала (50 пс).

По зарегистрированному временному сечению развертки ближней зоны восстановлена интегральная форма импульса, которая качественно совпадает с формой импульса, зарегистрированной штатной фотохронографической методикой.

Заключение

Разработанная методика обеспечивает следующие параметры регистрации:

- пространственное разрешение по апертуре – 6 мм при поле зрения 35 мм
- временное разрешение импульса – 100 пс
- погрешность определения интервалов времени – 30 пс
- динамический диапазон линейной регистрации – 30

Методика апробирована в серии экспериментов на установке «Искра-5», получены данные о пространственно-временных характеристиках лазерного импульса.

Список литературы

1. Анненков В. И., Беспалов В. И., Бредихин В. И. и др. // Квантовая электроника. 2005. Т. 35, № 11. С. 993–995.
2. Корниенко Д. С., Кравченко А. Г., Литвин Д. Н. и др. // ПТЭ. 2014, № 2. С. 1–12.
3. www.bifocompany.com