

ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

Система лазерная для измерений с временным разрешением нелинейных оптических восприимчивостей третьего порядка наноструктурированных материалов

Назначение средства измерений

Система лазерная для измерений с временным разрешением нелинейных оптических восприимчивостей третьего порядка наноструктурированных материалов (далее по тексту – система лазерная) предназначена для измерений с пикосекундным и фемтосекундным временным разрешением соответственно нелинейных оптических восприимчивостей третьего порядка, отвечающих за процесс самовоздействия света в наноструктурированных полупроводниковых образцах, представляющих собой тонкие пленки толщиной от 5 до 100 мкм.

Описание средства измерений

Принцип измерения значений нелинейной восприимчивости $\chi^{(3)}(\omega; \omega, -\omega, \omega)$ заключается в косвенном методе анализа изменения профиля пучка в дальнем поле. В систему лазерную входят два лазерных пучка, отличающиеся различными длинами волн и энергиями лазерных импульсов, которые и являются накачкой и зондом. Для накачки используется более коротковолновое лазерное излучение с большей энергией. Лазерный импульс с большей длиной волны и энергией на два порядка меньшей является зондом. В обоих пучках используется импульсное лазерное излучение в моде TEM_{00} , обладающей гауссовским пространственным распределением, получаемой пропусканием лазерного импульса через пространственный фильтр. Использование линии задержки для излучения накачки обеспечивает измерение величин кубической нелинейно-оптической восприимчивости с временным разрешением.

Оба используемых лазерных пучка на выходе из линии задержки сводятся вместе при помощи дихроичного зеркала и далее распространяются по одинаковому оптическому пути. Излучение на обеих длинах волн проходит через фокусирующую линзу и исследуемый образец, который располагается на некотором расстоянии за плоскостью перетяжки фокусируемого зондирующего лазерного пучка. Прошедшее через образец зондирующее излучение выделяется с помощью фильтра, отражающего более коротковолновое излучение накачки. Для изменения интенсивности падающего лазерного излучения накачки используется оптический аттенюатор, состоящий из оптического фильтра с градиентным напылением металла, для которого коэффициент пропускания меняется при его смещении.

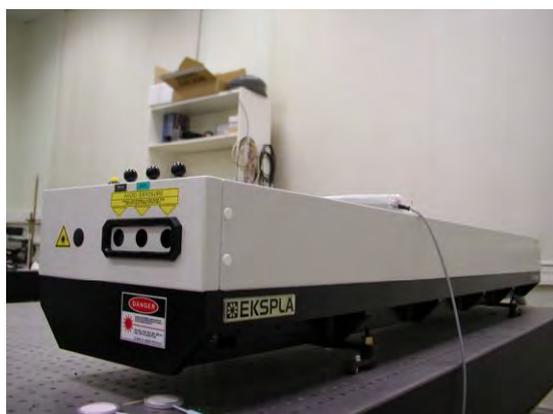
Измерения проводятся с использованием четырёх фотодиодов, регистрирующих следующие энергетические характеристики лазерного излучения:

- энергию падающего на образец лазерного импульса накачки;
- энергию падающего на образец зондирующего лазерного импульса;
- полную энергию прошедшего через образец зондирующего лазерного импульса (полное пропускание образца);
- энергию прошедшего через образец зондирующего лазерного импульса вблизи оси пучка (приосевое пропускание образца).

На каждый из диодов излучение отводится светоделительными пластинками с известными коэффициентами отражения. Диоды калибруются с использованием поверенного по ГОСТ 8.275-2007 измерителя энергии лазерных импульсов и светоделителя с известными коэффициентами отражения и пропускания.

Вычисление значений нелинейной восприимчивости $\chi^{(3)}(\omega; \omega, -\omega, \omega)$ проводится анализом зависимостей полного и приосевого пропускания образца от интенсивности излучения зондирующего излучения при заданных временах задержки между импульсами накачки и зонда согласно аттестованной “Методики измерений значений нелинейно-оптической восприимчивости для процесса самовоздействия света в наноструктурированных полупроводниках методом накачка-зонд”.

В качестве источников лазерного излучения могут использоваться пикосекундный Nd:YAG лазер EKSPLA PL2143A или фемтосекундный лазерный комплекс на кристалле хром-форстерита (производитель – ООО “Авеста-Проект”). Генерация длин волн различной частоты осуществляется либо посредством внутрирезонаторной генерации второй оптической гармоники либо с помощью параметрической генерации света. Общий вид источников лазерного излучения представлен на рисунке 1.



(а)



(б)

Рисунок 1 – Общий вид пикосекундного Nd:YAG лазер EKSPLA PL2143A (а) и фемтосекундного лазерного комплекса на кристалле хром-форстерита (б).

Для обеспечения задержки между импульсами накачки и зонда используется управляемая с помощью ПЭВМ оптическая линия задержки (производитель – ООО “Авеста-Проект”), общий вид которой показан на рисунке 2.

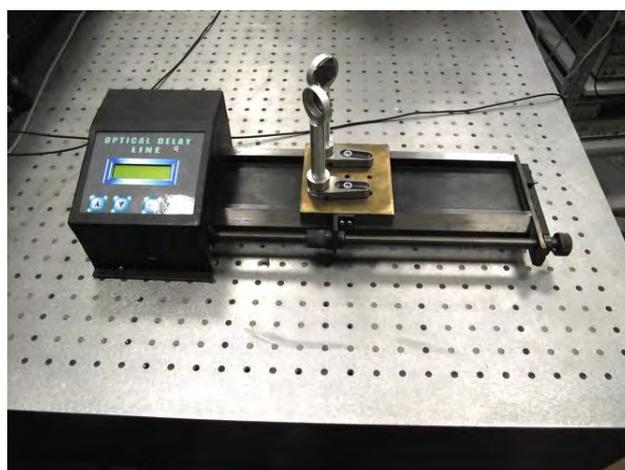


Рисунок 2 – Общий вид оптической линии задержки.

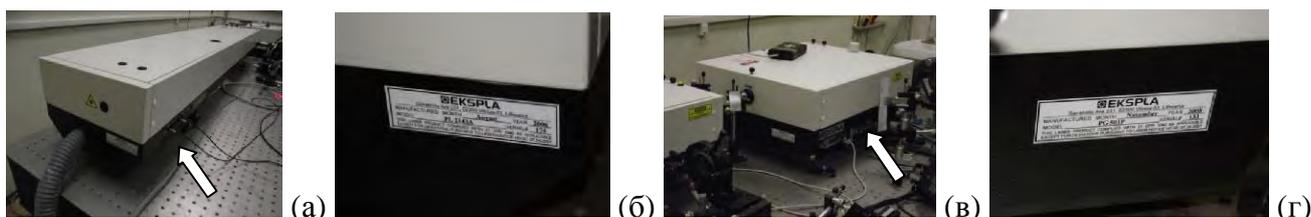


Рисунок 3 – Маркировка лазеров. Места расположения маркировок лазера EKSPILA 2143A (а) и параметрического генератора света EKSPILA PG 501P (в) и их маркировки: (б) и (г) соответственно. Стрелками указаны места пломбирования.

Программное обеспечение (ПО)

ПО предназначено для управления оптической линией задержки и обработки сигналов, измеряемых с помощью фотодиодов. ПО запускается на ПЭВМ. Оно состоит из управляющей программы KFK.exe и служебных файлов ftbusui.dll, ftcserco.dll, ftd2xx.dll, ftd2xx.lib, ftdibus.sys, ftlang.dll, ftser2k.sys, ftserui2.dll, line_usb.dll, обеспечивающих перемещение каретки оптической линии задержки, считывание и оцифровку показаний фотодиодов, управление USB-портом, настройки, расчеты. ПО работает под управлением операционной системы Windows XP. Основные характеристики ПО представлены в таблице.

Таблица 1

| Наименование программного обеспечения | Идентификационное наименование программного обеспечения | Номер версии (идентификационный номер) программного обеспечения | Цифровой идентификатор программного обеспечения (контрольная сумма исполняемого кода) | Алгоритм вычисления цифрового идентификатора программного обеспечения |
|--|---|---|---|---|
| Программа обработки данных и управления оптической линией задержки | KFK | версия 1.0 | A97ACCB6654D80 0E6FE68648E9DF6 674 (расчет по исполняемому файлу KFK.exe) | MD5 |

Метрологически значимая часть ПО скрыта от пользователя и доступна только при сервисном обслуживании. Идентификация программного обеспечения осуществляется проверкой соответствия серийных номеров аппаратной части программного обеспечения и программного обеспечения, установленного на персональный компьютер, при включении прибора. При этом также проверяется соответствие номеров драйверов, установленных с оригинальных дисков производителя и зарегистрированных в операционной системе персонального компьютера.

Программное обеспечение размещается в энергонезависимой памяти персонального компьютера, запись которой осуществляется в процессе производства. Доступ к программному обеспечению исключён посредством ограничения прав учетной записи пользователя.

Обмен данными между системой лазерной с оптической линией задержки и персональным компьютером осуществляется по порту USB.

Метрологически значимая часть программного обеспечения KFK имеет уровень защиты «С» от непреднамеренных и преднамеренных изменений в соответствии с МИ 3286-2010.

Метрологические и технические характеристики

Метрологические характеристики системы лазерной представлены в таблице 2

Таблица 2

| Наименование характеристики прибора | Значение |
|---|---|
| Диапазон измерений нелинейной оптической восприимчивости третьего порядка, $\text{м}^2/\text{В}^2$ | $10^{-23} \div 10^{-12}$ |
| Пределы допускаемой относительной погрешности измерения нелинейной оптической восприимчивости третьего порядка, % | ± 14 |
| Длительность лазерных импульсов, генерируемых пикосекундным лазером EKSP LA PL2143A, пс | $33 \div 35$ |
| Диапазон перестройки по длине волны лазерных импульсов, генерируемых пикосекундным лазером EKSP LA PL2143A, нм | $532 \div 2100$ |
| Диапазон энергий лазерных импульсов, генерируемых пикосекундным лазером EKSP LA PL2143A, мДж | $0 \div 50$ |
| Длительность лазерных импульсов, генерируемых фемтосекундным лазерным комплексом на кристалле хром-форстерита, фс | $70 \div 150$ |
| Диапазон перестройки по длине волны лазерных импульсов, генерируемых фемтосекундным лазерным комплексом на кристалле хром-форстерита, нм | $1000 \div 1500$ |
| Диапазон энергий лазерных импульсов, генерируемых фемтосекундным лазерным комплексом на кристалле хром-форстерита, мкДж | $0 \div 4000$ |
| Точность хода оптической линии задержки, мкм | 10 |
| Максимальная длина хода оптической линии задержки, см | 60 |
| Электропитание от сети переменного тока – напряжение питания, В – частота, Гц | 220 ± 22 50 ± 1 |
| Потребляемая мощность, не более, Вт | 2000 |
| Срок службы, не менее, лет | 5 |
| Условия эксплуатации – температура окружающей среды, °С – относительная влажность воздуха, не более, % – атмосферное давление, кПа | от +10 до +35 60 (при 20° С) от 84 до 106,7 |
| Габаритные размеры, не более, мм | 1620×300×240 |
| Масса, не более, кг | 64 |

Знак утверждения типа

Знак утверждения типа наносится типографским способом на титульный лист Руководства по эксплуатации и на корпус прибора методом наклеивания.

Комплектность средства измерений

Таблица 3

| Наименование | Количество, шт. |
|---|-----------------|
| Пикосекундный лазер EKSP LA PL2143A | 1 |
| Параметрический генератор света EKSP LA PG501P | 1 |
| Фемтосекундный лазерный комплекс на кристалле хром-форстерита | 1 |

| | |
|--|---|
| Оптическая линия задержки | 1 |
| ПЭВМ | 1 |
| Диск с программным обеспечением | 1 |
| Руководство по эксплуатации, включающее методики поверки и измерений | 1 |
| Методика поверки МП 36.Д4-11 | 1 |

Поверка

осуществляется по документу: «Система лазерная для измерений с временным разрешением нелинейных оптических восприимчивостей третьего порядка наноструктурированных материалов. Методика поверки № 36.Д4-11» утвержденному ФГУП «ВНИИОФИ» 13 октября 2011г.

Основные средства поверки: государственные стандартные образцы нелинейной восприимчивости, отвечающей за процесс самовоздействия света, СОНВ-2-1 и СОНВ-2-2 (свидетельства об утверждении типа ГСО №№ 1665 и 1666 от 11.11.2010 г.).

Сведения о методиках (методах) измерений

«Система лазерная для измерений с временным разрешением нелинейных оптических восприимчивостей третьего порядка наноструктурированных материалов. Руководство по эксплуатации». Раздел 2. Использование по назначению.

Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к системе лазерной для измерений с временным разрешением нелинейных оптических восприимчивостей третьего порядка наноструктурированных материалов

Техническая документация Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова “Система лазерная для измерений с временным разрешением нелинейных оптических восприимчивостей третьего порядка наноструктурированных материалов”

Рекомендации по областям применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений

Осуществление мероприятий государственного контроля (надзора) в области обеспечения единства измерений и оценке соответствия нелинейно-оптических констант полупроводниковых наноструктурированных пленок и фотонных кристаллов на их основе эталонным величинам аттестованных стандартных образцов нелинейно-оптической восприимчивости.

Изготовитель

Федеральное государственное унитарное предприятие “Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова” (МГУ имени М.В. Ломоносова)

Адрес: 119991, г. Москва, Ленинские горы, д.1

Телефон/факс: (495) 939-46-57

E-mail: golovan@physics.msu.ru, www.msu.ru.

Испытательный центр

Государственный центр испытаний средств измерений федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений» (ФГУП «ВНИИОФИ»), аттестат аккредитации государственного центра испытаний (испытательной, измерительной лаборатории) средств измерений № 30003-08 от 30.12.2008 г.

Адрес: 119361, г. Москва, ул. Озерная д.46.

Телефон: (495) 437-56-33; факс: (495) 437-31-47.

E-mail: vniofi@vniofi.ru, www.vniofi.ru.

Заместитель
Руководителя Федерального
агентства по техническому
регулированию и метрологии

Е.Р. Петросян

М.п.

«_____» _____ 20__ г.