

## ОПИСАНИЕ ТИПА СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

### Установка для анализа состава монокристаллических пленок

#### Назначение средства измерений

Установка для анализа состава монокристаллических пленок, заводской номер НГМК.430207.002 (далее - установка) предназначена для определения отклонения состава эпитаксиальной пленки от состава, задаваемого монокристаллической подложкой с заданным значением параметра решетки подложки.

#### Описание средства измерений

Работа установки основана на том, что состав эпитаксиальной пленки (часть структуры, состоящей из подложки и эпитаксиальной пленки), изменяется согласно закону Вегарда. Согласно закону Вегарда имеется линейная зависимость параметра решетки от концентрации компонентов эпитаксиальных пленок, выраженной в атомных процентах. Достижение необходимого состава эпитаксиальных пленок определяется по результатам измерения и анализа величины рассогласования между параметрами решетки подложки и пленки. Состав пленки при измерениях на установке характеризуется относительной величиной рассогласования параметров по отношению к величине параметров решетки подложки.

При измерениях параметра решетки состава пленки на установке эта структурная характеристика устанавливается на основе измерений распределения интенсивности рентгеновских лучей, отраженных от анализируемого вещества, и последующего анализа профилей брэгговских отражений. Анализ профилей брэгговских отражений позволяет провести определение угловых позиций максимумов брэгговских отражений и, используя закон Брэгга, провести прямой расчет параметров кристаллической решетки эпитаксиальной пленки и подложки.

Установка представляет собой измерительную систему, состоящую из автоматизированного набора компонентов в комплектации, предназначенной для анализа состава монокристаллических пленок. Установка состоит из источника рентгеновского излучения (рентгеновской трубки), с высоковольтным источником питания ПУР 5/50, базовой платформы, приставки ПДП с Бартельс-монокроматором, модернизированного гониометра ГУР-8 и системы щелей для ограничения пучка, детектора, блока электроники и компьютера для управления установкой и последующей обработки данных и расчета параметров кристаллической решетки компонент структуры пленка-подложка. Контроль результатов измерений обеспечиваются поверкой стандартных образцов монокристаллической подложки гадолиний-галлиевого граната (ГГГ) с использованием ГСО ПРФ-4.

Общий вид установки показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общий вид установки для анализа состава монокристаллических пленок



Рисунок 2 - Места нанесения краткого наименования модели, заводского номера, знака утверждения типа, знака поверки



Рисунок 3 - Место нанесения краткого наименования модели, заводского номера, знака утверждения типа, знака поверки

Знак поверки наносится на переднюю стенку установки рядом с наклейкой знака утверждения типа, как показано на рисунках 2, 3.

При работе установки обеспечиваются безопасные условия труда оператора. При максимальных значениях напряжения и тока на рентгеновской трубке мощность эквивалентной дозы рентгеновского излучения в любой доступной точке на расстоянии 10 см от поверхности установки не превышает  $1\text{мкЗв/ч}$ . Установка оснащена системой безопасности, препятствующей проникновению оператора внутрь прибора при работающем источнике. Предусмотрено специальное пломбирование.

### Программное обеспечение

Используется комплекс программ для управления измерениями и для расчетов величины рассогласования параметров кристаллических решеток эпитаксиального слоя и подложки. Управление установкой, юстировка, сбор первичных данных, их обработка и вычисление состава структуры (абсолютного и относительного рассогласования параметров решетки) анализируемых образцов осуществляются с помощью программного обеспечения:

Управление установкой осуществляют с помощью специализированного программного обеспечения «(ПО) RDPW» фирмы ИТЦ «Радикон». Расчет результатов производится в дополнительном ПО «Open Office Calc».

Уровень защиты ПО RDPW от непреднамеренных и преднамеренных изменений – «средний» в соответствии с Р 50.2.077-2014.

Уровень защиты ПО Open Office Calc от непреднамеренных и преднамеренных изменений – «низкий» в соответствии с Р 50.2.077-2014.

Таблица 1 - Идентификационные данные ПО.

Идентификационные данные (признаки)	Значения	
	Наименование ПО	специализированное ПО «(ПО) RDPW»
Идентификационное наименование ПО	RDPW	Open Office Calc
Номер версии	4.3.0.68	4.1.1
Цифровой идентификатор (контрольная сумма) (По ГОСТ Р 34.11.94)	a48954d7876b70f7b27cb0b052b6c098	215048ae5bc6acebb8c14f4c6ba6c19f
Алгоритм получения цифрового идентификатора	MD5	MD5

### Метрологические и технические характеристики

Метрологические характеристики установки представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Метрологические характеристики установки

Диапазон измерений составов эпитаксиальных структур относительно состава (параметра кристаллической решетки) подложки, %	от -0,06 до +0,06
Диапазоны сканирования для регистрации отражённого излучения по шкале углов «2Q», градус:	от 10 до 65 от 100 до 169
Пределы допускаемой абсолютной погрешности определения относительной величины рассогласования параметров кристаллических решёток эпитаксиальных структур, %	±0,02
Пределы допускаемой абсолютной погрешности определения параметров кристаллической решетки (размеров элементарной ячейки) в диапазоне от 0,01 до 0,20 нм, нм	±0,0002
Систематическая (аппаратурная) погрешность определения параметра кристаллической решетки, нм	±0,00005
Среднеквадратичное отклонение случайной составляющей (СКО) относительной величины рассогласования параметров кристаллической решётки, %	0,007
Среднеквадратичное отклонение случайной составляющей (СКО) погрешности определения параметра кристаллической решётки эпитаксиальных пленок, нм	0,00008
Среднеквадратичное отклонение случайной составляющей (СКО) погрешности определения параметров кристаллической решетки, нм	0,00005
Предельные значения среднеквадратических отклонений случайной составляющей (СКО) погрешности определения максимумов угловых позиций брэгговских отражений по шкале 2Q, градус: в диапазоне от 10 до 65 градусов в диапазоне от 100 до 169 градус	0,005 0,006

Основные технические характеристики установки представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Технические характеристики установки

Дискретность угловых датчиков по J и 2J (на осях червяков), градусов	0,0005
Диапазон интенсивностей, регистрируемых детектором, имп/сек	от 1 до 500000
Экспозиция в режиме счёта импульсов, с	от 0,1 до 500
Время прогрева, мин, не более	5
Время непрерывной работы	не ограничено
Напряжение электрического питания, В	от 200 до 240
Частота, Гц	(50±1)
Потребляемая мощность блока управления, Вт, не более	170
Масса блока управления, кг, не более	14
Масса сцинтилляционного детектора, кг, не более	0,7
Габариты устройства ПДП в сборе с гониометром и трубкой на плите (Д×Ш×В), мм, не более	1110´ 845´ 813
Габариты блока управления, (Д×Ш×В), мм, не более	482´ 263´ 310
Габариты сцинтилляционного детектора, мм	195´ 97´ 45
Автоматическое перекрывание рентгеновского излучения заслонкой при открывании защитного кабинета	есть
Световая индикация наличия высокого напряжения	есть
Световая индикация открытия заслонки	есть

#### Знак утверждения типа

наносится на титульный лист Паспорта методом компьютерной графики и на переднюю стенку гониометра, наклейкой, с указанием модели установки заводского номера и даты выпуска, см. рисунок 2, 3.

#### Комплектность средства измерений

Комплектность установки для анализа состава монокристаллических пленок зав. № НГМК.430207.002 указана в таблицах 4, 5.

Таблица 4 - Комплектность поставки

Наименование изделия или составной части	Количество, шт.	Примечание
Источник излучения	1	
Модернизированный гониометр ГУР-8	1	
Бартельс-монохроматор для использования источника с медным анодом	1	для CuKa1
Система водяного охлаждения с датчиком протока воды	1	
Приставка-держатель пластин 5-осная	1	
Кронштейн детектора	1	
Кронштейн коллиматора и монохроматора	1	
Опора кожуха трубки	1	
Сцинтилляционный детектор SCSD-4.01	1	
Блок управления	1	
Сетевой фильтр-разветвитель	1	
Программное обеспечение RDPW/DSO-2 и макросы	1	
Соединительные кабели	-	комплект

Наименование изделия или составной части	Количество, шт.	Примечание
Диафрагмы для Бартельс-монохроматора, мм: 0,05 0,1 0,5 1,0 3,0	2 2 2 3 2	
Адаптер для Бартельс-монохроматора	1	
Прорезные кристаллы-монохроматоры	2	Ge(220) симм.
Комплект рабочей документации: -Руководство по эксплуатации НГМК.430207.002РЭ с приложениями. -Инструкция по использованию программного обеспечения - Методика измерений рассогласования параметров кристаллических решеток эпитаксиальных пленок железо-иттриевого граната и подложек гадолиний-галлиевого граната на установке для анализа состава монокристаллических пленок зав. №НГМК.430207.002		
Комплект инструментов: - разводной ключ - шестигранные ключи	1 -	комплект
Запасные части и вспомогательные принадлежности: - держатель пластин - кольцевой держатель (шайба-переходник) - прижим для пластин - индекс - плата расширения -персональный компьютер	2 1 3 1 1 1	запасной

Таблица 5 - Список средств метрологического контроля

Наименование	Кол-во
Средства метрологического обеспечения: Комплект стандартных образцов дифракционных свойств, используемых при поверке и контроля определения межугловых позиций в различных диапазонах углов включает***: - СО для контроля угловых позиций и параметров решетки монокристаллических пластин -ГСО ПРФ4 (ПРФ3) - комплект СО для определения диапазона углов ПРМ-17(Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ), ПРМ-19 (ГГГ))	1 шт.  1 (один) комплект
Примечание:*** возможно использование других типов стандартных образцов дифракционных свойств утвержденного типа, обеспечивающих определение состава с теми же уровнями погрешности результатов измерений рассогласования параметров решетки. Дополнительные стандартные образцы и меры могут быть использованы для более полного метрологического обеспечения, например, с учетом атомного номера и межугловых позиций анализируемых веществ, длины волны используемого излучения и при дополнительных применениях.	

### **Поверка**

осуществляется по документу МП 304-001-2017 «Установка для анализа состава монокристаллических плёнок, зав. № НГМК.430207.002. Методика поверки», утвержденному ФГУП «ВНИИМС» и АО «НИЦПВ» 14.03.2017 г.

Основные средства поверки:

- стандартный образец: ГСО 10828-2016 ПРФ-4 (ПРФ-3)

Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемого СИ с требуемой точностью.

Знак поверки наносится на установку, как показано на рисунках 2, 3.

### **Сведения о методиках (методах) измерений**

«Методика измерений рассогласования параметров кристаллических решеток эпитаксиальных пленок железо-иттриевого граната и подложек гадолиний-галлиевого граната на установке для анализа состава монокристаллических пленок зав. № НГМК.430207.002.» № НГМК.012.144 номер в Федеральном реестре ФР.1.31.2016.25414

### **Нормативные и технические документы, устанавливающие требования к установке для анализа состава монокристаллических пленок**

Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности СП 2.6.1.2612-10

Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009

Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09

### **Изготовитель**

Закрытое акционерное общество «НИИ Материаловедения»

(ЗАО «НИИ Материаловедения»), г. Москва

ИНН 7735001490

Адрес: 124460, г. Москва, Зеленоград, проезд 4806, дом 4, строение 2

### **Испытательный центр**

Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы» (ФГУП «ВНИИМС»)

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

Тел./факс: (495)437-55-77 / 437-56-66

E-mail: [office@vniims.ru](mailto:office@vniims.ru), [www.vniims.ru](http://www.vniims.ru)

Аттестат аккредитации ФГУП «ВНИИМС» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа № 30004-13 от 26.07.2013 г.

Акционерное общество «НИЦПВ» (АО «НИЦПВ»)

Адрес: 119421, г. Москва, ул. Новаторов, д.40, корп. 1

Тел./факс: (495)935-97-77 / 935-96-60

E-mail: [fgupnicpv@mail.ru](mailto:fgupnicpv@mail.ru)

Аттестат аккредитации АО «НИЦПВ» по проведению испытаний средств измерений в целях утверждения типа регистрационный номер RA.RU.311409 (приказ Росаккредитации от 19.11.2015 г. № А-9775)

### **Заместитель**

Руководителя Федерального  
агентства по техническому  
регулированию и метрологии

С.С. Голубев

М.п.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2017 г.