

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора

ФГБУ «ВНИИОФИ»

Е.А. Гаврилова

2026 г.



**«ГСИ. Рефлектометр спектральный HMS01.
Методика поверки»
МП 009.М44-26**

Главный метролог
ФГБУ «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода

2026 г.

(Handwritten signature in blue ink)

Москва
2026 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки применяется для поверки рефлектометра спектрального HMS01 с заводским номером 9500294522, 2014 года выпуска (далее – рефлектометр), используемого для бесконтактного измерения толщины диэлектрических и полупроводниковых покрытий на пластинах диаметром до 200 мм.

1.2 В результате поверки рефлектометра должны быть подтверждены метрологические характеристики, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений толщины покрытий, нм	от 2,0 до 4500,0
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений толщины покрытий в поддиапазоне от 2,0 до 1000,0 нм включ., нм	$\pm 1,5$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений толщины покрытий в поддиапазоне св. 1000 до 4500 нм, %	± 1

1.3 Прослеживаемость при поверке рефлектометра к Государственному первичному специальному эталону единицы комплексного показателя преломления и единицы длины в области измерений толщины оптических покрытий ГЭТ 203-2024 (далее – ГЭТ 203-2024) обеспечивается в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений комплексного показателя преломления и толщины оптических покрытий, утвержденной приказом Росстандарта от 09.09.2024 № 2154.

1.4 Поверка рефлектометра проводится методом прямых измерений.

1.5 Методика поверки предусматривает проведение периодической поверки на меньшем числе поддиапазонов измерений толщины покрытий.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении первичной и периодической поверок рефлектометра должны быть выполнены следующие операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операции поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Проверка программного обеспечения средства измерений	Да	Да	9

Продолжение таблицы 2

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операции поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10
Проверка диапазона измерений толщины покрытий и определение абсолютной и относительной погрешности измерений толщины покрытий	Да	Да	10.1

2.2 При получении отрицательных результатов при проведении хотя бы одной операции поверка прекращается.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки рефлектометра должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °C (20 ± 5) ;
- относительная влажность, %, не более 60;
- атмосферное давление, кПа (100 ± 4) .

3.2 Помещение, где проводится поверка рефлектометра, должно быть чистым и сухим. Рефлектометр не должен находиться на расстоянии менее 2 метров от отопительных приборов. Допускаемый перепад температуры при проведении поверки рефлектометра не более 1,0 °C.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки, а также руководства по эксплуатации рефлектометра и применяемых средств поверки, ознакомленные с правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, указанными в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15.12.2020 № 903н.

4.2 Поверку рефлектометра осуществляют аккредитованные в установленном порядке в области обеспечения единства измерений юридические лица и индивидуальные предприниматели.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении первичной и периодической поверок рефлектометра должны быть использованы средства, указанные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средство измерений климатических параметров: диапазон измеряемой относительной влажности от 0 % до 60 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности ± 2 %; диапазон измеряемой температуры от +15 °С до плюс 25 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,3$ °С; диапазон измеряемого атмосферного давления от 96 до 104 кПа, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений $\pm 0,25$ кПа	Термогигрометр ИВА-6Н-Д, (рег. № 46434-11)
п. 10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Меры комплексного показателя преломления и толщины оптических покрытий в диапазоне значений толщины покрытий от 2 до 4500 нм в ранге не ниже рабочего эталона в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений комплексного показателя преломления и толщины оптических покрытий, утвержденной приказом Росстандарта от 09.09.2024 № 2154, прослеживаемые к ГЭТ 203-2024	Меры комплексного показателя преломления и толщины оптических покрытий из состава ГЭТ 203-2024
п. 10.1 Проверка диапазона измерений толщины покрытий и определение абсолютной и относительной погрешности измерений толщины покрытий	Вспомогательное оборудование – безворсовая салфетка, латексные перчатки	

5.2 Средства поверки, указанные в таблице 3, должны быть аттестованы (поверены) в установленном порядке. Допускается применение других средств поверки, не приведенных в таблице 3, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемого рефлектометра с требуемой точностью.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки рефлектометра следует руководствоваться «Правилами устройства электроустановок», утвержденными Минэнерго РФ № 204 от 08.07.2002, «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии», утвержденными Минэнерго РФ № 811 от 12.08.2022, и приказом Минтруда Российской Федерации «Об утверждении правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» № 903н от 15.12.2020.

6.2 Помещение, в котором проводится поверка рефлектометра, должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства

пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

6.3 Оборудование, применяемое при поверке рефлектометра, должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003-91. Воздух рабочей зоны должен соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.005-88 при температуре помещения, соответствующей условиям для легких физических работ.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре рефлектометра должно быть установлено:

- соответствие комплектности и внешнего вида рефлектометра описанию и изображению, приведённым в описании типа;
- чистота гнезд, разъемов и клемм, отсутствие механических повреждений на всех элементах рефлектометра, влияющих на работоспособность;
- наличие маркировки на корпусе рефлектометра.

7.2 Рефлектометр считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если он соответствует вышеперечисленным требованиям.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Выдержать рефлектометр и средства поверки в условиях, указанных в п. 3 настоящей методики поверки, не менее 1 часа. Меры комплексного показателя преломления и толщины оптических покрытий (далее – меры), при необходимости, очистить безворсовой салфеткой.

8.2 Включить рефлектометр в сеть и прогреть не менее 30 минут. Для включения рефлектометра необходимо последовательно включить фильтровентиляционный модуль, нажав переключатель его в верхней левой части (см. рисунок 1);

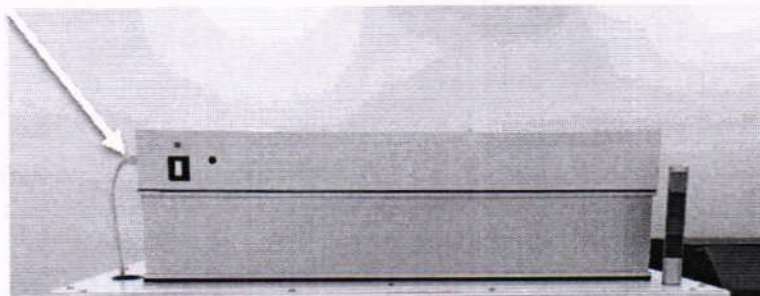


Рисунок 1 – Местоположение переключателя фильтровентиляционного модуля рефлектометра

далее установить переключатель красного цвета MAIN POWER, расположенный за передней нижней лицевой панелью рефлектометра, в положение I, переключатель питания в положение On (см. рисунок 2);

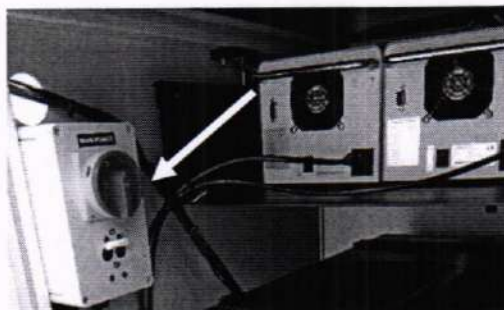


Рисунок 2 – Положение переключателя MAIN POWER

убедиться, что переключатель аварийного выключения питания EMERGENCY STOP не нажат, повернув переключатель по часовой стрелке и нажав кнопку зеленого цвета RESET, расположенную слева от переключателя EMERGENCY STOP (см. рисунок 3);

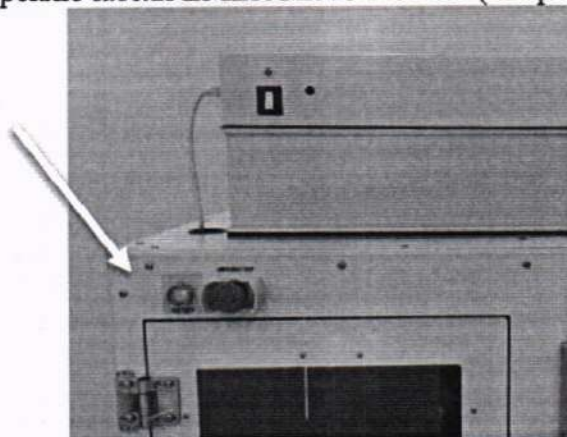


Рисунок 3 – Положение переключателя EMERGENCY STOP и кнопки RESET

включить ПК нажатием на кнопку POWER, запустить программное обеспечение «FilmTek SE» (далее – ПО) двойным нажатием левой кнопки мыши на ярлык на рабочем столе ПК, в появившемся диалоговом окне нажать «Yes». При этом запустится инициализация роботизированной системы загрузки пластин. В новом диалоговом окне нажать «Yes», при этом предметный столик займет рабочее положение (см. рисунок 4).

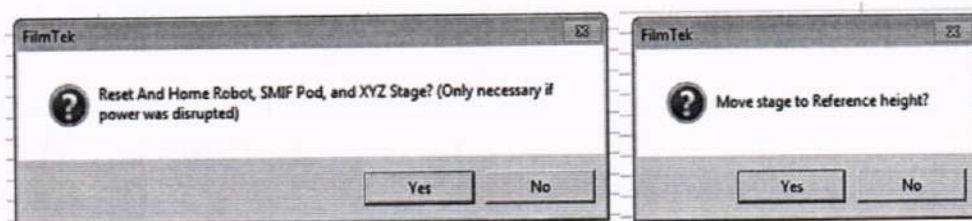


Рисунок 4 – Диалоговые окна инициализации функциональных частей рефлектометра

8.3 В открывшемся окне «Log In» необходимо заполнить поля «User Name» и «Password» для уровня доступа Administrator (информация указана в Руководстве эксплуатации), нажать кнопку «ОК», после чего откроется стартовое окно ПО (см. рисунок 5)

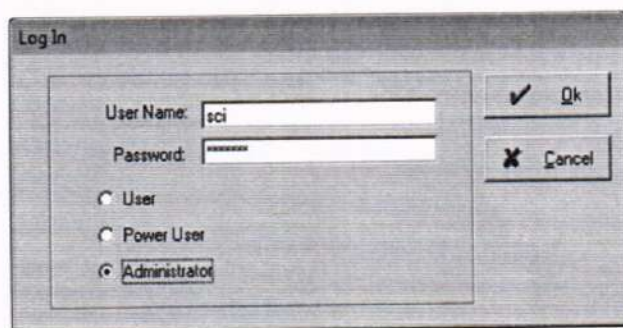


Рисунок 5 – Окно авторизации с уровнями доступа к функциям установки

8.4 Процедура подготовки к поверке и опробования рефлектометра прошла с положительным результатом, если все процедуры выполняются четко и без задержек.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Для идентификации ПО необходимо нажать вкладку «About» в стартовом окне ПО. После этого появится окно с наименованием и версией ПО (см. рисунок 6).

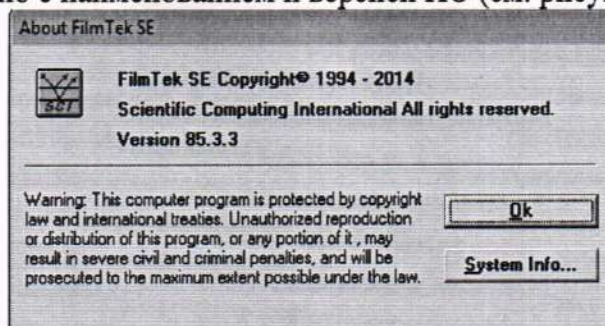


Рисунок 6 - Наименование и версия ПО рефлектометра

9.2 Рефлектометр считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если идентификационные данные ПО соответствуют значениям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные	Значение
Идентификационное наименование ПО	FilmTek SE
Номер версии ПО	не ниже 85.3.3

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Проверка диапазона измерений толщины покрытий и определение абсолютной и относительной погрешности измерений толщины покрытий

10.1.1 В главном окне ПО нажать на вкладку «File», «Open Recipe», либо нажать на выпадающее меню «Recipe», и подобрать соответствующий используемой мере рецепт для проведения измерений толщины покрытия (см. рисунок 7).

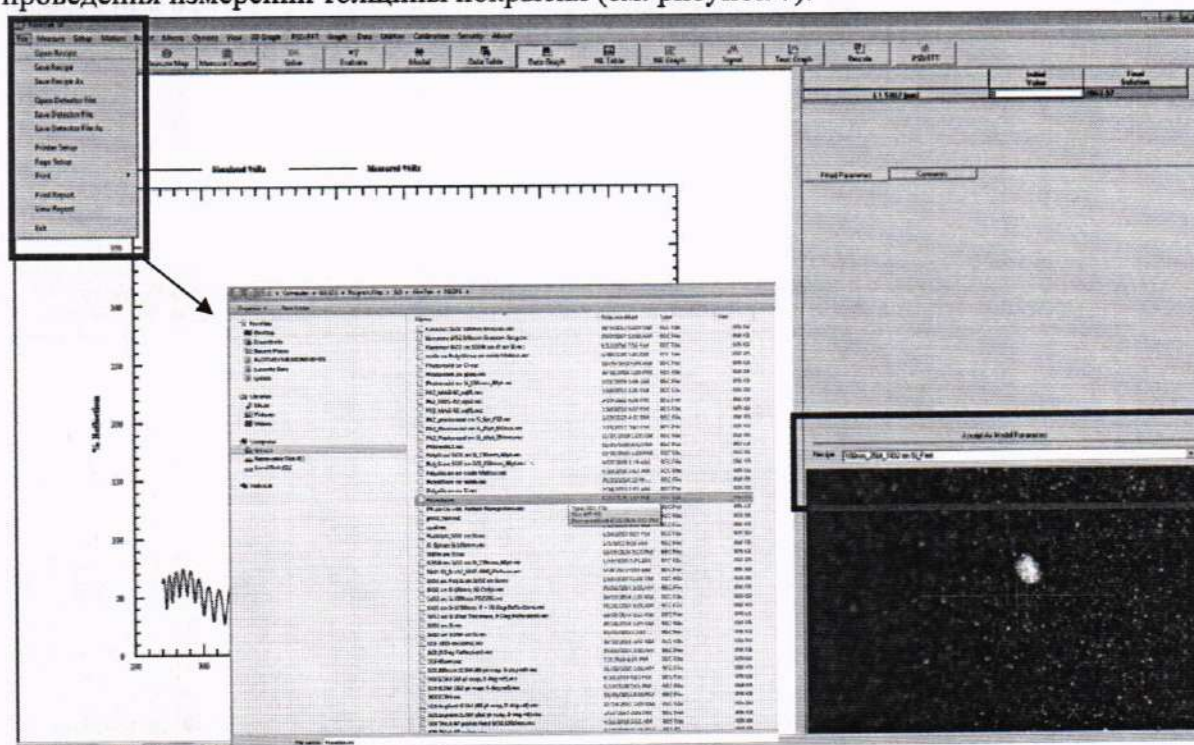


Рисунок 7 – Режим измерения, функция «Recipe» ПО

10.1.2 Открыть стеклянную дверь, которая располагается на фронтальной стороне рефлектометра. Выдвинуть предметный стол на себя с помощью джойстика.

10.1.3 С помощью вакуумного пинцета вынуть меру с номинальным значением толщины покрытия 2 нм из контейнера и поместить ее строго в центр предметного стола (точка 1, рисунок 9). Меры брать строго в латексных перчатках и с помощью вакуумного пинцета за сторону без покрытия.

10.1.4 Задвинуть предметный стол в измерительную камеру рефлектометра с помощью джойстика и закрыть стеклянную дверь на фронтальной стороне.

10.1.5 Нажать кнопку «Measure» в стартовом окне ПО, записать в поле «Sample ID» название измеряемой меры и нажать кнопку «Ok». Далее запустится процесс автоматического измерения толщины покрытия (см. рисунок 8).

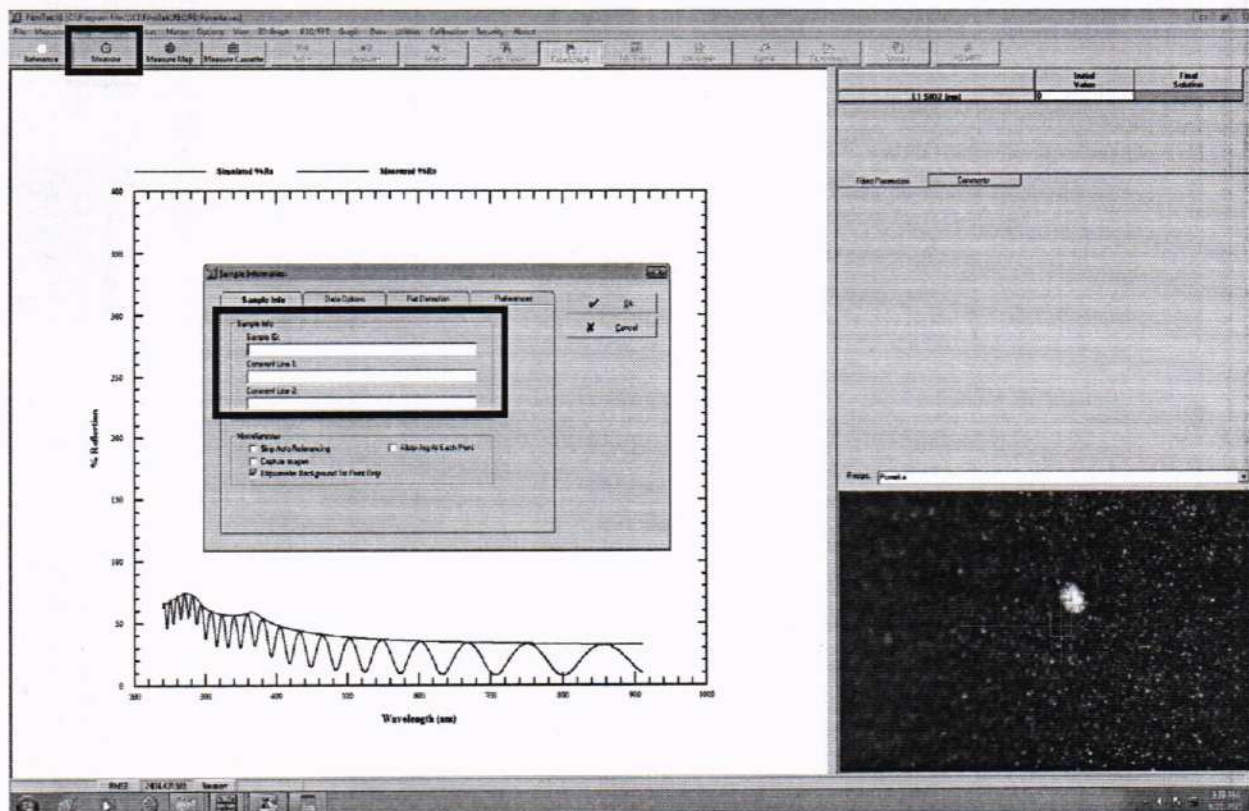


Рисунок 8 – Стартовое окно ПО в режиме «Measure»

10.1.6 После окончания измерения на экране появится окно с результатами измерений толщины в точке 1.

10.1.7 Далее сместить меру в плоскости рабочего столика на 1 мм в точку 2 и повторить измерения в соответствии с п.п. 10.1.5-10.1.6. Последовательно перемещая меру в точки 3, 4 и 5, провести измерения толщины покрытия (см. рисунок 9). Полученные значения толщины покрытия в 5 точках занести в протокол проверки.

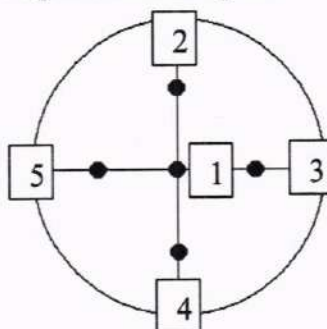


Рисунок 9 – Схема измерений толщины покрытия меры

10.1.8 После завершения измерений открыть стеклянную дверь и выдвинуть предметный стол с помощью джойстика. С помощью вакуумного пинцета переместить меру с предметного стола обратно в контейнер, закрыть дверь.

10.1.9 Выполнить измерения в соответствии с п.п. 10.1.1-10.1.8 для мер с номиналами толщины покрытий 10 нм, 90 нм, 500 нм, 1000 нм, 1005 нм, 4500 нм. Полученные значения толщины покрытия мер занести в протокол поверки.

10.1.10 За результат измерения толщины покрытия меры принимают среднее арифметическое значение $\bar{x}$, вычисленное по формуле:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1)$$

где $n = 5$ – количество измерений.

10.1.11 Абсолютная погрешность измерений толщины покрытий меры в диапазоне от 2,0 до 1000,0 нм включительно рассчитывается по формуле:

$$\Delta_{\text{абс}} = \bar{x} - x_{\text{ном}}, \quad (2)$$

где $x_{\text{ном}}$ – номинальное значение толщины меры, указанное в протоколе аттестации.

10.1.12 Относительная погрешность измерений толщины покрытий в диапазоне свыше 1000 до 4500 нм рассчитывается по формуле:

$$\delta_{\text{отн}} = \frac{\bar{x} - x_{\text{ном}}}{x_{\text{ном}}} \cdot 100\%. \quad (3)$$

10.1.13 Рефлектометр считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если в поддиапазоне значений толщины покрытий от 2,0 до 1000,0 нм включительно абсолютная погрешность измерений не превышает $\pm 1,5$ нм, в поддиапазоне значений толщины покрытий свыше 1000 до 4500 нм относительная погрешность измерений не превышает $\pm 1\%$, что соответствует характеристикам, указанным в описании типа.

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки оформляются протоколом поверки. Рекомендуемая форма протокола приведена в приложении А. Протокол может храниться на электронных носителях.

11.2 Рефлектометр считается прошедшим поверку с положительным результатом и допускается к применению, если все операции поверки пройдены с положительным результатом и полученные значения метрологических характеристик удовлетворяют требованиям рефлектометра в соответствии с описанием типа, а также соблюдены требования по защите средства измерений от несанкционированного вмешательства. В ином случае, рефлектометр считается прошедшим операцию поверки с отрицательным результатом и не допускается к применению.

11.3 Сведения о результатах поверки рефлектометра передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.4 По заявлению владельца рефлектометра или лица, предоставившего его на поверку, с учетом требований методики поверки аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие рефлектометра метрологическим требованиям) выдает свидетельство о поверке, оформленное в соответствии с требованиями к содержанию свидетельства о поверке, утвержденными приказом Министерства промышленности и торговли Российской Федерации от 31.07.2020 № 2510. Нанесение знака поверки на рефлектометр не предусмотрено.

11.5 По заявлению владельца рефлектометра или лица, предоставившего его на

поверку, с учетом требований методики поверки аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае отрицательных результатов поверки (не подтверждено соответствие рефлектометра метрологическим требованиям) выдает извещение о непригодности к применению рефлектометра.

Начальник отделения М-44
ФГБУ «ВНИИОФИ»



В.Л. Минаев

Старший научный сотрудник отделения М-44
ФГБУ «ВНИИОФИ»



С.С. Бочкарева

ПРИЛОЖЕНИЕ А (рекомендуемое)
к «ГСИ. Рефлектометр спектральный HMS01.
Методика поверки»
МП 009.М44-26

ПРОТОКОЛ **ПЕРВИЧНОЙ** **ПОВЕРКИ №** _____
ПЕРИОДИЧЕСКОЙ

(наименование, тип СИ и модификации в соответствии с описанием типа, в единственном числе, регистрационный №)

Заводской номер: _____ Год выпуска: _____

Изготовитель: _____

Владелец СИ: _____

Применяемые средства поверки: _____

Применяемая методика поверки: _____

Условия поверки:

- температура окружающего воздуха _____ °С;
- относительная влажность воздуха _____ %;
- атмосферное давление _____ кПа (мм рт.ст.)
- указываются дополнительные условия,
предусмотренные методикой поверки _____

Место проведения поверки: _____

Проведение поверки:

- | | |
|---|--|
| 1. Внешний осмотр средства измерений: | Соответствует/не соответствует п. 7 методики поверки (при несоответствии – перечисляются все несоответствия) |
| 2. Подготовка к поверке и опробование средства измерений: | Соответствует/не соответствует п. 8 методики поверки (при несоответствии – перечисляются все несоответствия) |
| 3. Проверка программного обеспечения средства измерений: | Указывается наименование и версия ПО |
| 4. Определение метрологических характеристик: | Описываются все процедуры определения метрологических характеристик, измеренные величины, расчет погрешности |

Таблица 1 – Результаты определения метрологических характеристик

Метрологические характеристики	Результаты измерений
Номинальное значение толщины покрытий, нм	
Полученные значения толщины покрытий, нм	1 2 3 4 5
Среднее арифметическое значение измерений толщины покрытий, нм	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений толщины покрытий, нм	
Абсолютная погрешность измерений толщины покрытий, нм	
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений толщины покрытий, %	
Относительная погрешность измерений толщины покрытий, %	

5. Заключение по результатам поверки:

По результатам поверки средство измерений соответствует (не соответствует) метрологическим характеристикам, указанным в описании типа средства измерений, и признается пригодным (не пригодным) к применению.

Поверитель:

подпись

Ф.И.О.

Дата поверки: _____

Руководитель:

подпись

Ф.И.О.