

СОГЛАСОВАНО



Заместитель директора

ФГБУ «ВНИИОФИ»

Е.А. Гаврилова

2026 г.

«ГСИ. Эллипсометр спектральный SE-2000.  
Методика поверки»  
МП 018.М44-26

Главный метролог  
ФГБУ «ВНИИОФИ»

С.Н. Негода

2026 г.

Москва  
2026 г.

## 1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки применяется для поверки эллипсометра спектрального SE-2000 с заводским номером K200000482, 2019 года выпуска (далее – эллипсометр), используемого для бесконтактных измерений толщины и показателя преломления диэлектрических и полупроводниковых покрытий на пластинах различного диаметра.

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

Таблица 1 – Метрологические характеристики

| Наименование характеристики                                                                                  | Значение          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Диапазон измерений толщины покрытий, нм                                                                      | от 10 до 1000     |
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений толщины покрытий, нм                                    | $\pm 5$           |
| Диапазон измерений показателя преломления покрытий на длине волны 632,8 нм                                   | от 1,460 до 2,020 |
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений показателя преломления покрытий на длине волны 632,8 нм | $\pm 0,004$       |

1.3 Прослеживаемость при поверке эллипсометра 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 эллипсометра проводится методом прямых измерений.

1.5 Методика поверки предусматривает проведение периодической поверки для меньшего числа измеряемых величин.

## 2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении первичной и периодической поверок эллипсометра 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 диапазонов измерений и определение абсолютных погрешностей измерений показателя преломления и 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 эллипсометра должны соблюдаться следующие условия:

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

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

### **4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку**

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки, а также руководства по эксплуатации эллипсометра 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 эллипсометра 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 эллипсометра 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 $\pm 2$ %; 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 10 до 1000 нм и показателя преломления в диапазоне значений от 1,460 до 2,020 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 диапазонов измерений и определение абсолютных погрешностей измерений показателя преломления и толщины покрытий | Вспомогательное оборудование – безворсовая салфетка, пинцет, 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 эллипсометра с требуемой точностью.

## 6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки эллипсометра 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 эллипсометра, 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 эллипсометра, 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 эллипсометра должно быть установлено:

- соответствие комплектности эллипсометра и изображения внешнего вида, приведённого в описании типа на данный эллипсометр, и образца, представленного на поверку;
- чистота гнезд, разъемов и клемм, отсутствие механических повреждений на всех элементах эллипсометра, влияющих на работоспособность;
- наличие маркировки на корпусе эллипсометра.

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

## **8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений**

8.1 Эллипсометр и меры необходимо выдержать не менее 1 часа в условиях, указанных в разделе 3 настоящей методики поверки. Меры, при необходимости, продуть струей сжатого очищенного воздуха или очистить безворсовой салфеткой с особо чистым изопропиловым спиртом. Меры брать строго в латексных перчатках с использованием пинцета за сторону без покрытия.

8.2 Перед началом измерений необходимо включить эллипсометр в сеть и прогреть не менее 30 минут. Включить компьютер и запустить ПО «SAM\_SUITE» двойным щелчком левой

кнопкой мыши по ярлыку на рабочем столе компьютера .

8.3 Выполнить вход в ПО «SAM\_SUITE», нажав кнопку «Login». В поле «User name» выбрать необходимый уровень доступа (по умолчанию – «admin») и нажать «OK» (рисунок 1).

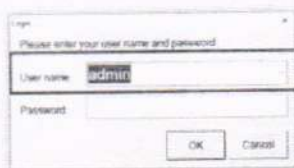


Рисунок 1 – Диалоговое окно входа в ПО «SAM\_SUITE»

8.4 Проверить в верхней части главного окна ПО «SAM\_SUITE» соответствие идентификационных данных ПО сведениям, приведенным в описании типа (рисунок 2, таблица 4).



измерение, соответственно, с помощью камеры при необходимости можно выбрать конкретную точку для измерения.

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

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Для идентификации ПО проверить соответствие идентификационных данных, указанных в описании типа, идентификационным данным (наименование и номер версии) ПО, отображающимся в верхних строках главных окон ПО «SAM\_SUITE» и ПО «SEA».

9.2 Эллипсометр считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если идентификационные данные ПО соответствуют значениям, приведенным в таблице 5.

Таблица 5 – Идентификационные данные ПО

| Идентификационные данные (признаки)                | Значение   |         |
|----------------------------------------------------|------------|---------|
| Идентификационное наименование ПО                  | SAM_SUITE  | SEA     |
| Номер версии (идентификационный номер) ПО, не ниже | V.1.3.1.11 | V.1.6.7 |
| Цифровой идентификатор ПО                          | -          | -       |

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Проверка диапазонов измерений и определение абсолютных погрешностей измерений показателя преломления и толщины покрытий

10.1.1 Для установленной на предметный столик, в соответствии с п. 8.6 настоящей методики поверки, меры выбрать параметры измерений в меню «Manual» во вкладке «RC Focus By Signal»: автоматическую фокусировку («Focusing Type» – «Automatic»); сенсор «VIS», «Attenuator Level 4», т.к. мера хорошо отражает свет и используется «Spot Optic Mode» – «MicroSpot», «Measure Wavelength» изменяется в зависимости от необходимости фокусировки на определенной длине волны, угол падения «Incident Angle» – 70°, время замера «Integration Time» около 167 мс, количество шагов автофокуса «Measure Count» – 25, шаг автофокуса «Step Size» – 20 мкм (рисунок 3). И нажать кнопку «Start».

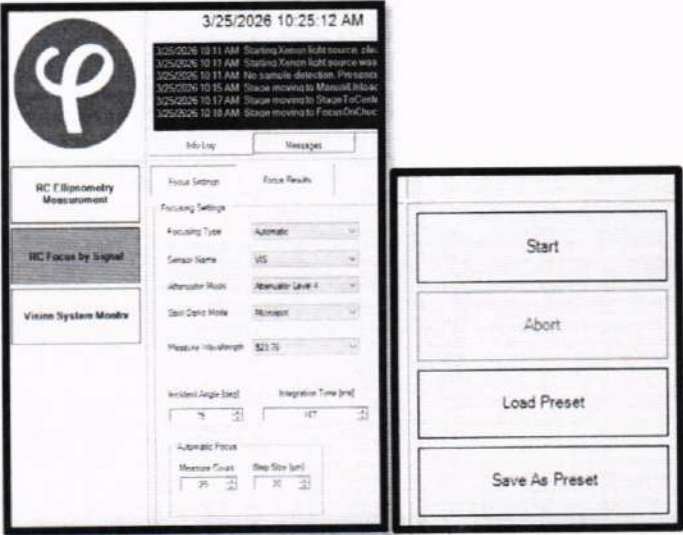


Рисунок 3 – Главное окно ПО «SAM\_SUITE» с параметрами измерения

10.1.2 После нажатия кнопки «Start» автоматически появится окно измерения автофокуса (Рисунок 4). По завершении автофокуса будет показан график, пик которого соответствует точке наилучшей фокусировки, на основе которого и будет произведена фокусировка на образце. При необходимости можно провести повторное измерение с меньшим шагом для более точной фокусировки. График автофокуса должен быть симметричен, отсутствие симметрии говорит о том, что присутствует либо наклон, либо неровность поверхности меры.

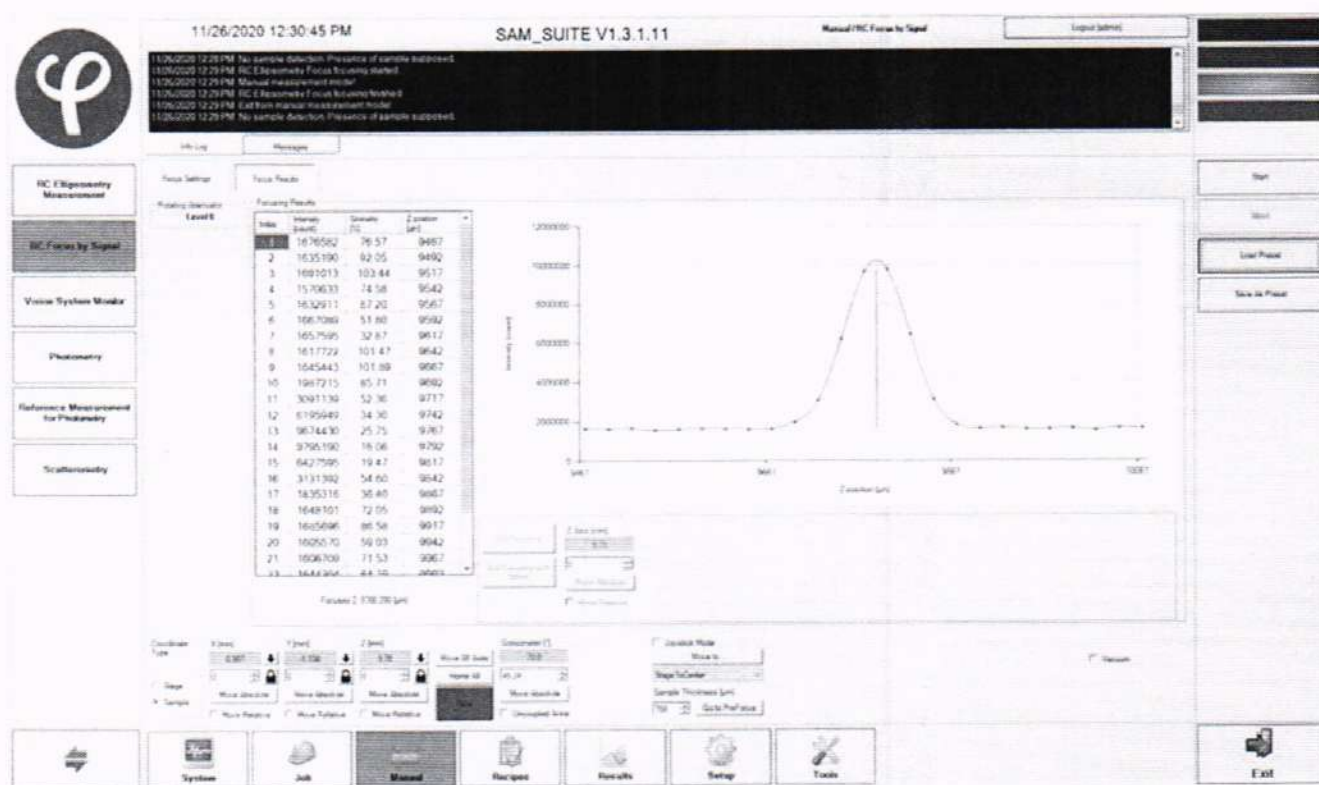


Рисунок 4 - Окно измерения автофокуса в ПО «SAM\_SUITE»

10.1.3 В меню «Manual» во вкладке «RC Ellipsometry Measurement» в окне «Measurement Settings» определить основные параметры для измерения образца. Для этого в поле «Measurement» необходимо выбрать режим измерения («Spot optic Mode» - «Microspot»), «Measurement Type» - «PsiDelta»), угол, на котором производятся измерения («Incidence angle» - «70.00»), диапазон длин волн измерений, режим аттенюатора и время измерений («Detector Settings» - «VIS», «Attenuator Mode» - «Attenuator Level 4», «Integration Time, ms» - «3000»), ввести поправку на рассеянный свет, отраженный от обратной стороны меры («Background» - «First»). При необходимости повышения точности измерений устанавливают галочку в поле «Mirror Correction», также можно проверить область измерения, поставив галочку в поле «spot visual check» и визуально наблюдая пятно света на образце. В поле «Timing» задается количество измерений («Measurement Count» - «1») (рисунок 5).

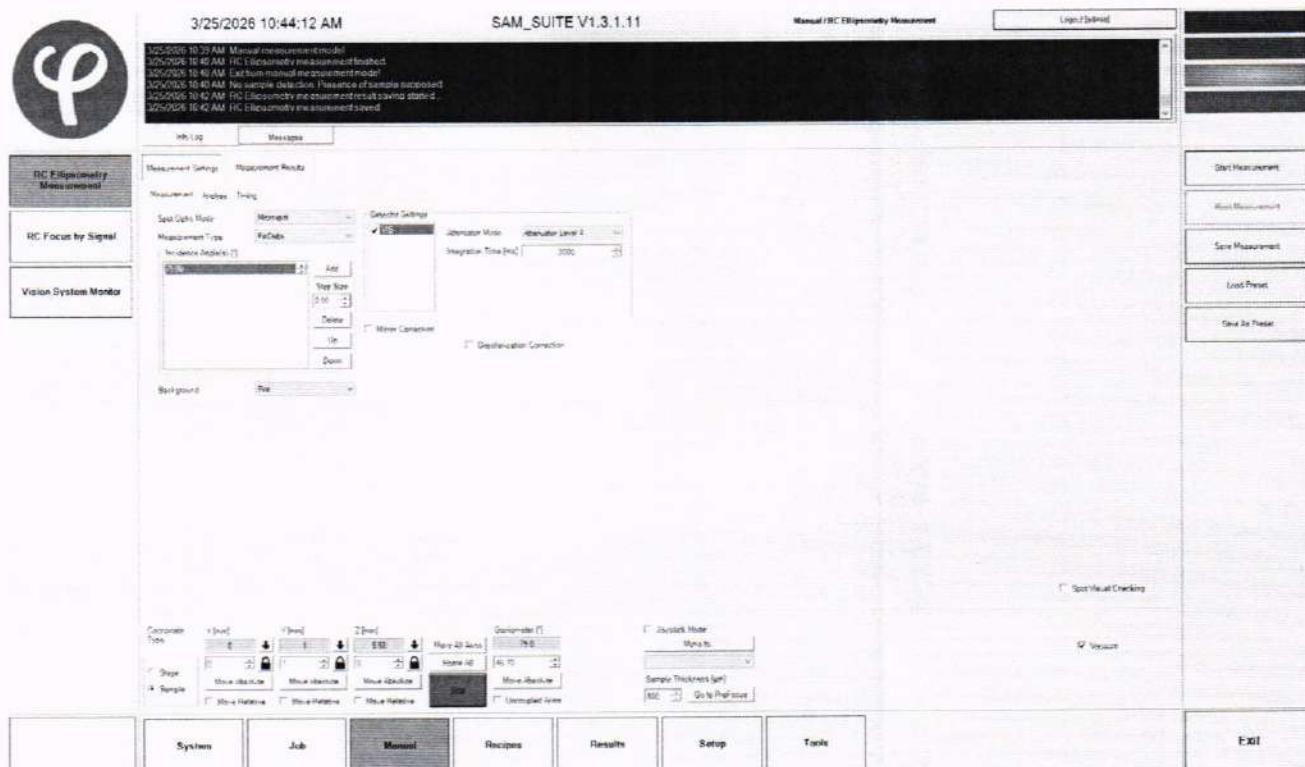


Рисунок 5 - Главное окно ПО «SAM\_SUITE»  
вкладка «RC Ellipsometry Measurement»

10.1.4 Запуск измерения производится с помощью кнопки «Start Measurement».

10.1.5 После измерения автоматически открывается вкладка «Measurement Result», содержащая результаты измерений. Для того, чтобы сохранить результаты измерений нажать кнопку «Save Measurement» (рисунок 6).

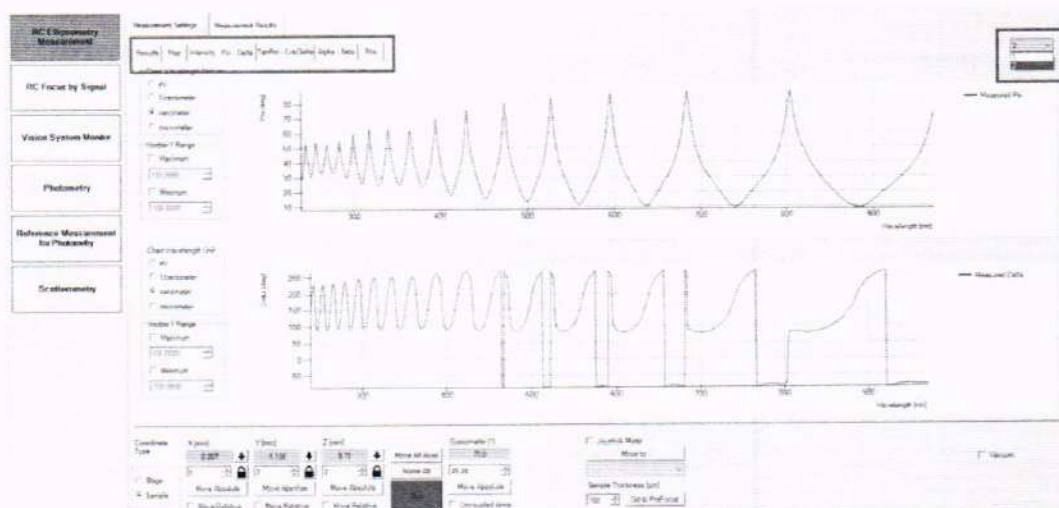


Рисунок 6 - Окно с результатами измерений ПО «SAM\_SUITE»

10.1.6 Выполнить измерения по п.п. 10.1.1-10.1.5 для меры №2, расположив ее на предметном столике эллипсометра так, чтобы луч попадал в центр меры (точка 1 на рисунке 7). Сохранить результаты измерений. Сместить меру в плоскости рабочего столика на 1 мм в вертикальном направлении, в точку 2, как показано на рисунке 7, и повторить измерения. Последовательно перемещая меру в точки 3, 4 и 5 по схеме, изображенной на рисунке 7,

провести измерения, сохраняя результаты измерений. Для перемещения меры используется поле «Coordinate Type»:

в точку 2 в графу «Y» ввести значение «+1» и нажать кнопку «Move absolute» (после измерения снова вводится значение 0),

в точку 3 - в графу «Y» ввести значение «-1» и нажать кнопку «Move absolute» (после измерения снова вводится значение 0),

в точку 4 - в графу «X» ввести значение «+1» и нажать кнопку «Move absolute» (после измерения снова вводится значение 0),

в точку 5 - в графу «X» ввести значение «-1» и нажать кнопку «Move absolute» (после измерения снова вводится значение 0).

10.1.7 Провести операции по п.п. 10.1.1-10.1.6 для мер с заводскими номерами 3, 4, 7, производя загрузку, выгрузку и перемещение по измеряемой области мер в соответствии п.п. 8.6-8.7 в латексных перчатках и использованием пинцета.

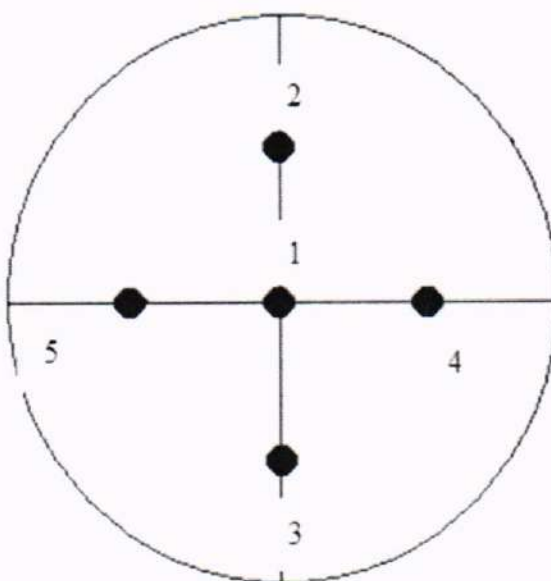


Рисунок 7 – Схема измерений мер

10.1.8 После окончания процедуры измерения мер и сохранения результатов запустить



ПО «SEA» для обработки результатов измерения двойным щелчком по ярлыку ПО.

10.1.9 Далее выбрать из выпадающего меню «Sessions» пункт «New Session» и «Empty Session». В открывшемся окне выбрать сохраненный файл с измерениями для последующего обсчета, нажав кнопку «+». Выбрать в окне «Structure» модель для измеряемого образца ( $\text{SiO}_2\text{nk}/\text{Si}_3\text{N}_4\text{nk}$ ), задать его приблизительную толщину и, при необходимости, варьировать параметр «Fit Range». Для начала обсчета результатов измерения нажать кнопку «Fit» (рисунок 8).

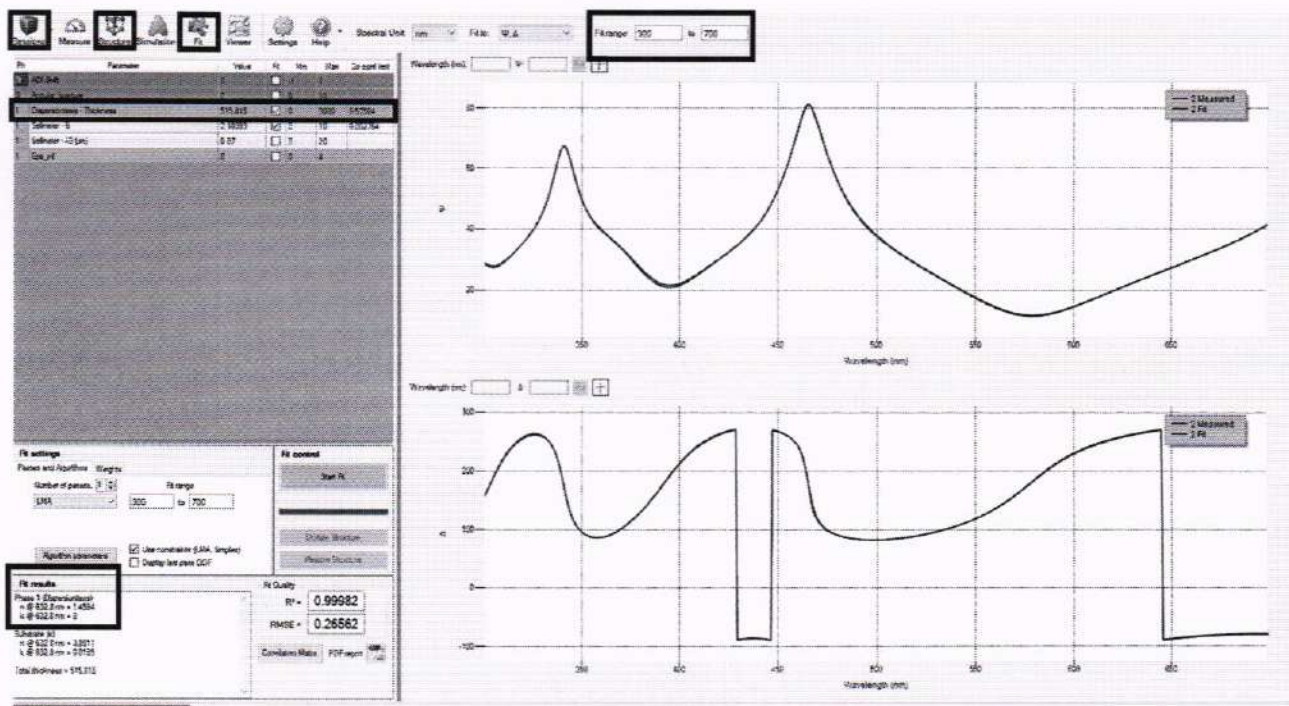


Рисунок 8 – Окно обчета результатов измерений ПО «SEA»

10.1.10 Полученные результаты измерений толщины и показателя преломления покрытий для каждой меры занести в протокол поверки.

10.1.11 Обработка результатов измерений показателя преломления и толщины покрытий полностью идентична. За результат измерения параметров покрытий принимают среднее арифметическое значение  $\bar{x}$ , вычисленное по формуле:

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

где  $x_i$  – результат  $i$ -того измерения параметра покрытия;  $i=1, 2, \dots, n$  – номер измерения;  $n=5$  – количество измерений.

10.1.12 Абсолютную погрешность результатов измерений параметров покрытий следует определять по формуле:

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

где  $x_{\text{ном}}$  – номинальные значения параметров меры, указанные в протоколах аттестации эталона.

10.1.13 Эллипсометр считается прошедшим операцию поверки с положительным результатом, если значения абсолютной погрешности измерений толщины покрытий не превышают  $\pm 5$  нм, а значения абсолютной погрешности измерений показателя преломления покрытий не превышают  $\pm 0,004$ , 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 Эллипсометр 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 эллипсометра в соответствии с описанием типа, а также соблюдены требования по защите средства измерений от несанкционированного вмешательства. В ином случае, эллипсометр считается прошедшим операцию поверки с отрицательным результатом и не допускается к применению.

11.3 Сведения о результатах поверки эллипсометра передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. Сведения об объеме поверки (полный или сокращенный) передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений на основании письменного заявления от владельца эллипсометра или лица, предоставившего его на поверку.

11.4 По заявлению владельца эллипсометра или лица, предоставившего его на поверку, с учетом требований методики поверки аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае положительных результатов поверки (подтверждено соответствие эллипсометра 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 эллипсометр не предусмотрено.

11.5 По заявлению владельца эллипсометра 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 эллипсометра метрологическим требованиям) выдает извещение о непригодности к применению эллипсометра.

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. Эллипсометр спектральный SE-2000.**  
**Методика поверки»**  
**МП 018.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, соответствует/не соответствует п. 9 методики поверки (при несоответствии – перечисляются все несоответствия) |
| 4. Определение метрологических характеристик:             | Описываются все процедуры определения метрологических характеристик, измеренные величины, расчет погрешности                                       |

Таблица 1 – Результаты определения метрологических характеристик

| Метрологические характеристики                       | Средства поверки        |                                                   |
|------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------|
|                                                      | толщина покрытия,<br>нм | показатель преломления на<br>длине волны 632,8 нм |
| Номинальные значения                                 |                         |                                                   |
| Полученные значения                                  | 1                       | 1                                                 |
|                                                      | 2                       | 2                                                 |
|                                                      | 3                       | 3                                                 |
|                                                      | 4                       | 4                                                 |
|                                                      | 5                       | 5                                                 |
| Среднее арифметическое значение измерений            |                         |                                                   |
| Абсолютная погрешность измерений                     |                         |                                                   |
| Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений |                         |                                                   |

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.

Дата очередной поверки: \_\_\_\_\_

Поверитель:

\_\_\_\_\_  
подпись

\_\_\_\_\_  
Ф.И.О.

Дата поверки: \_\_\_\_\_

Руководитель:

\_\_\_\_\_  
подпись

\_\_\_\_\_  
Ф.И.О.