

УТВЕРЖДАЮ  
Руководитель службы качества  
ФГУП «ВНИИОФИ»



Н.П. Муравская  
«26» июня 2017 г.


Государственная система обеспечения единства измерений

**Установка для измерения толщины  
UltraMap S100-FP**

Методика поверки

МП 045. М44-17

Главный метролог  
ФГУП «ВНИИОФИ»

  
С.Н. Негода  
«26» июня 2017 г.

Москва  
2017 г.

## 1 Введение

Настоящая методика поверки распространяется на установку для измерения толщины UltraMap S100-FP (далее по тексту - установка), предназначенную для бесконтактных измерений толщины любого твердого объекта, в том числе полупроводниковых пластин из различных материалов, включая кремний, арсенид галлия, фосфид индия, германий и сапфир, и устанавливает операции при проведении их первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками – 1 год.

## 2 Операции поверки

2.1 При проведении первичной и периодической поверок выполняются операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п.	Наименование операций	Номер пункта методики	Обязательность выполнения операции	
			При первичной поверке	При периодической поверке
1	Внешний осмотр	8.1	Да	Да
2	Опробование	8.2	Да	Да
3	Подтверждение соответствия программного обеспечения	8.3	Да	Да
4	Определение метрологических характеристик	8.4		
5	Определение диапазона и расчет абсолютной погрешности измерений толщины	8.4.1	Да	Да

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

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

## 3 Средства поверки

3.1 При проведении первичной и периодической поверок применяются средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2

Номер пункта методики	Наименование и тип основного или вспомогательного средства поверки; обозначение НД, регламентирующего метрологические и основные технические характеристики средства поверки	Основные технические и (или) метрологические характеристики
8.4.1	Меры длины концевые плоскопараллельные 3 разряда по ГОСТ Р 8.763-2011 (рег.№ 62321-15)	Номинальные значения длины мер от 0,5 до 100 мм Допускаемые отклонения длины от номинального значения $\pm 0,20$ мкм

3.2 Средства поверки, указанные в таблице 2, должны быть поверены и аттестованы в установленном порядке. Допускается также применение других средств, не приведенных в таблице 2, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик установки с требуемой точностью.

#### **4 Требования к квалификации поверителей**

4.1 К проведению поверки допускают лица, изучивших настоящую методику поверки и Руководство по эксплуатации установки, имеющих квалификационную группу не ниже III в соответствии с правилами по охране труда и эксплуатации электроустановок, указанных в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.13 № 328Н и прошедшие полный инструктаж по технике безопасности, прошедших обучение на право проведения поверки по требуемому виду измерений.

#### **5 Требования безопасности**

5.1 При проведении поверки следует соблюдать требования, установленные ГОСТ Р 12.1.031-2010, ГОСТ 12.1.040-83, правилами по охране труда и эксплуатации электроустановок, указанных в приложении к приказу Министерства труда и социальной защиты РФ от 24.07.13 № 328Н. Оборудование, применяемое при поверке, должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.003-91. Воздух рабочей зоны должен соответствовать ГОСТ 12.1.005-88 при температуре помещения, соответствующей условиям для легких физических работ.

5.2 Система электрического питания прибора должна быть защищена от колебаний и пиков сетевого напряжения, искровые генераторы не должны устанавливаться вблизи прибора.

5.3 При выполнении поверки должны соблюдаться требования, указанные в «Правилах техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей», утвержденных Госэнергонадзором, а также требования руководства по эксплуатации установки.

5.4 Помещение, в котором проводится поверка, должно соответствовать требованиям пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91 и иметь средства пожаротушения по ГОСТ 12.4.009-83.

#### **6 Условия проведения поверки**

6.1 Все этапы поверки, за исключением особо оговоренных, проводят при следующих условиях:

- температура окружающего воздуха, °С	20 ± 1;
- относительная влажность воздуха, %	65 ± 15;
- атмосферное давление, кПа	100 ± 4.

6.2 Помещение, где проводится поверка, должно быть чистым и сухим, свободным от пыли, паров кислот и щелочей. Допускаемый перепад температуры при проведении поверки – не более 1 °С.

6.3 В помещении не допускаются мощные электрические и магнитные поля.

#### **7 Подготовка к поверке**

7.1 Расположить установку вдали от отопительных устройств и осветительной аппаратуры.

7.2 Подготовить средства поверки к работе в соответствии с его Руководством по эксплуатации.

7.3 Выдержать установку и средства поверки в условиях, указанных в п.6.1 настоящей Методики поверки, не менее 2 часов.

7.4 Включить установку в сеть. Переключатель «ЕМО» перевести в положение «OFF», переключатель на корпусе установки перевести в положение «ON», включить

блоки управления, настроить интенсивность подачи чистого азота, плавно поворачивая вентиль баллона, до значения «5» на манометре установки.

7.5 Включить компьютер и запустить программу «UltraMap» (см. рисунок 1).



Рисунок 1

## 8 Проведение поверки

### 8.1 Внешний осмотр

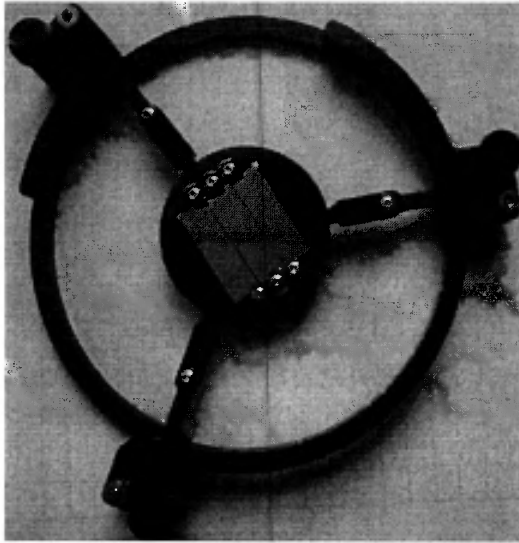
8.1.1 При внешнем осмотре установки должно быть установлено:

- отсутствие механических повреждений на металлических деталях установки;
- наличие и прочность органов управления и коммутации, четкость фиксации их положения;
- чистота гнезд, разъемов и клемм;
- состояние соединительных кабелей;
- состояние и четкость маркировок;
- отсутствие механических повреждений компьютера.

8.1.2 Установка считается прошедшей операцию поверки, если корпус, внешние элементы, органы управления и индикации не повреждены. При отрицательных результатах проверки внешнего вида дальнейшие операции поверки не производятся, необходимо проинформировать заказчика и согласовать дальнейшие действия.

### 8.2 Опробование

8.2.1 Опробование осуществляется с использованием калибровочных пластин Mitutoyo зав. №№ 050712 ( $200,0000 \pm 0,0002$ ) мкм, № 050448 ( $1000,0000 \pm 0,0006$ ) мкм, поставляемых вместе с установкой. Данные пластины закрепляются в специальный держатель и устанавливаются в крепление на платформе установки (см. рисунок 2).



А



Б

Рисунок 2 – Специальный держатель для пластин (А) в составе измерительного модуля установки (Б)

8.2.2 В программе «UltraMap» необходимо нажать кнопку «Start». Выбрать подпункт «Measurement» и зайти во вкладку «Recipe».

8.2.3 Во вкладке «Recipe» задается размер измеряемой области «Wafer size» равный 50 мм, а также шаг решетки «Grid Size» равный 5 мм. Далее с помощью мышки на изображении пластины или в поле «Current» (X=20мм, Y=-15мм) нужно задать расположение трех точек, в которых будет проводиться измерение толщины калибровочных пластин. При выборе функции «Snap» точки будут располагаться в ближайших узлах заданной решетки. Затем нажмите «Save», чтобы сохранить набор команд (см. рисунок 3).

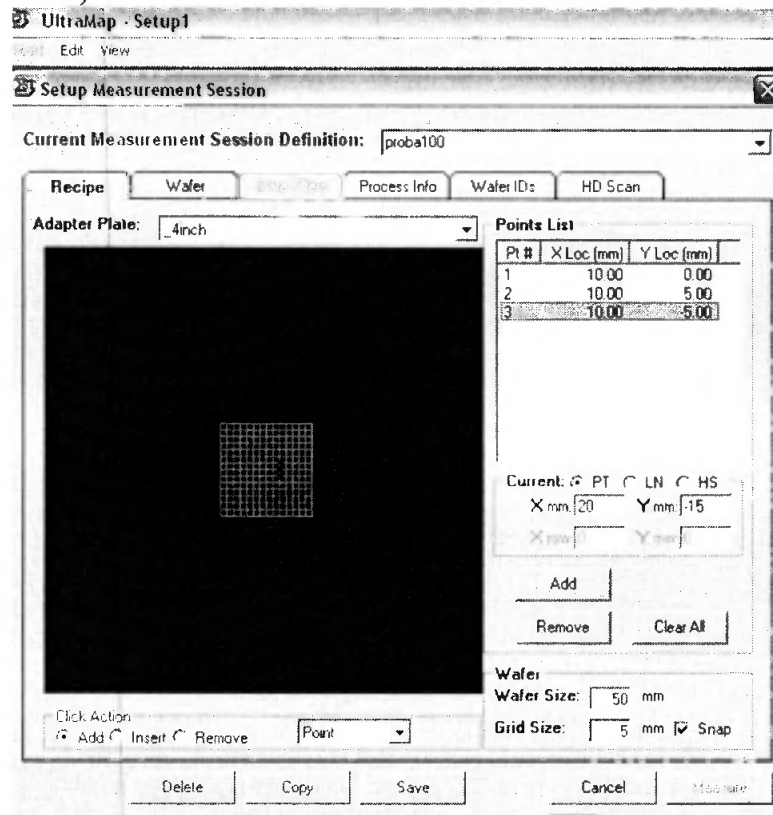


Рисунок 3

8.2.4 В появившемся окне «UltraMap Measurement» нажать кнопку «Start» (см. рисунок 4). При этом прибор автоматически проведет калибровку и начнет измерение.

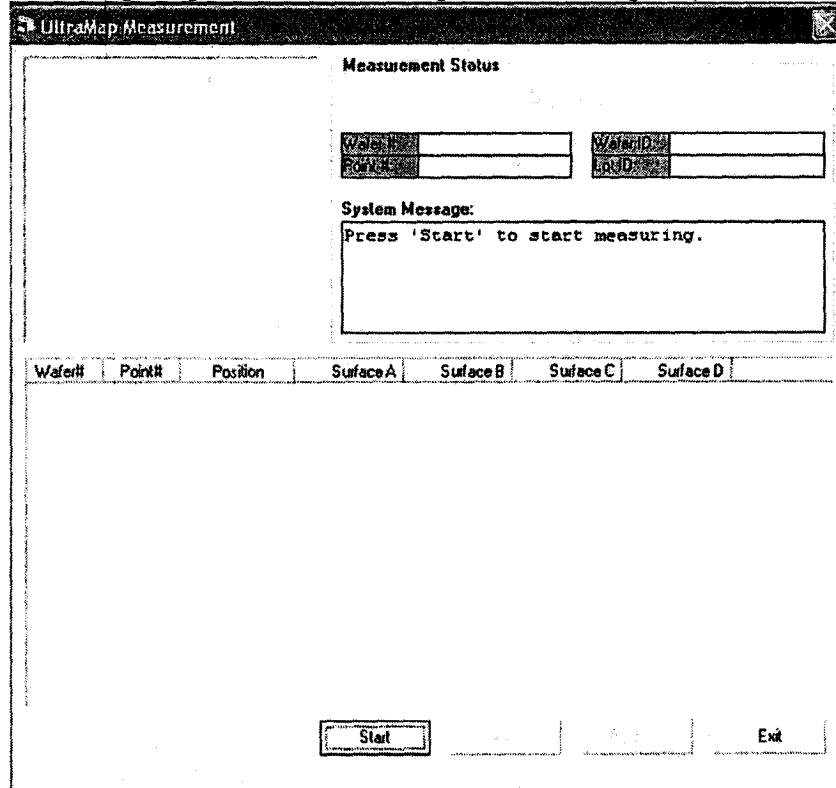


Рисунок 4

8.2.5 После окончания процедуры измерения в выпадающем окне необходимо нажать кнопку «Save» и сохранить данные в рабочую директорию (см. рисунок 5). Полученные результаты измерения должны сохраниться в выбранную директорию в формате «.csv», совместимом с Microsoft Excel.

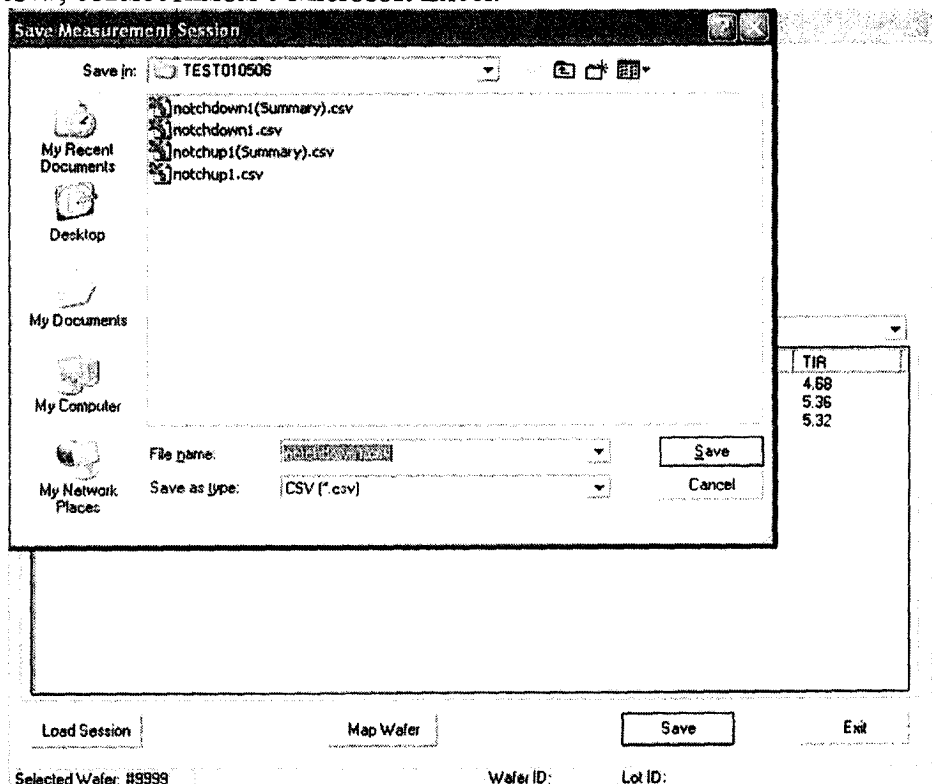


Рисунок 5

8.2.6 Установка считается прошедшей опробование, если осуществляется инициализация ПО, в программе «UltraMap» осуществляется выбор команд и их сохранение, при запуске измерения установка автоматически калибруется, а результаты можно сохранить в выбранном формате для последующей обработки. При отрицательных результатах дальнейшие операции поверки не производятся, необходимо проинформировать заказчика и согласовать дальнейшие действия.

### 8.3 Подтверждение соответствия программного обеспечения

8.3.1 Проверяют соответствие идентификационных данных программного обеспечения сведениям, приведенным в описании типа на установку.

8.3.2 Идентификационные данные ПО появляются в окне при запуске программы «UltraMap».

8.3.3 Установка считается прошедшей операцию поверки, если идентификационные данные программного обеспечения соответствуют значениям, приведенным в таблице 3.

Таблица 3

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	UltraMap
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.12.0 и выше
Цифровой идентификатор ПО	-

### 8.4 Определение метрологических характеристик установки

#### 8.4.1 Определение диапазона и расчет абсолютной погрешности измерений толщины

8.4.1.1 В специальном держателе закрепить меры длины концевые плоскопараллельные из состава Государственного рабочего эталона единицы длины 3-го разряда в диапазоне от 0,5 до 100,0 мм с зав. №№ 0,5 ( $0,50001 \pm 0,00020$ ) мм; 1 ( $0,99989 \pm 0,00020$ ) мм; 2 ( $2,00012 \pm 0,00020$ ) мм и установить в крепление на платформе установки (см. рисунок 2).

8.4.1.2 В программе «UltraMap» нажать кнопку «Start». Выбрать подпункт «Measurement» и зайти во вкладку «Recipe».

8.4.1.3 Во вкладке «Recipe» задать размер измеряемой области «Wafer size» равный 50 нм, а также шаг решетки «Grid Size» равный 5 нм. Далее с помощью мышки нужно задать расположение трех точек, в которых будет проводиться измерение толщины меры № 0,5. Затем нажать кнопку «Save», чтобы сохранить выбранный набор команд (см. рисунок 3).

8.4.1.4 В появившемся окне «UltraMap Measurement» нажать кнопку «Start» (см. рисунок 4). При этом прибор автоматически проведет калибровку и начнет измерение.

8.4.1.5 После окончания процедуры измерения в выпадающем окне необходимо нажать кнопку «Save» и сохранить данные в формате .csv в рабочую директорию (см. рисунок 5).

8.4.1.6 Повторить п.п. 8.4.1.2 – 8.4.1.5 10 раз, убрав флажок у функции «Snap» и перемещая точку измерения относительно узлов заданной решетки в два других положения в пределах поверхности меры № 0,5.

8.4.1.7 Последовательно повторить п.п. 8.4.1.2 – 8.4.1.6 для мер № 1 и № 2. Результатом измерения является полученное значение толщины меры.

8.4.1.8 Убрать специальный держатель для мер из крепления на платформе, изъять меры из держателя и установить меры с зав. №№ 1,02 ( $1,02006 \pm 0,00020$ ) мм; 1,1 ( $1,09997 \pm 0,00020$ ) мм.

8.4.1.9 Повторить п.п. 8.4.1.2 – 8.4.1.6 для мер № 1,02 и № 1,1.

8.4.1.10 Вычислить разность измеренных толщин для пары мер №1 и №1,02, а также для пары мер №1 и №1,1. Результатом измерения является разность толщин.

8.4.1.11 Определить среднее арифметическое значение результатов измерений по формуле (1):

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

где  $x_i$  – результат измерения толщины меры в мкм по п. 8.4.1.7 или результат измерения разности толщин мер в мкм по п. 8.4.1.10;  $i=1, 2, \dots$  - номер измерения;  $n=30$  – количество измерений (по 10 измерений в 3-х разных точках поверхности меры).

8.4.1.12 Вычислить среднее квадратическое отклонение результата измерения по формуле (2):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (2)$$

8.4.1.13 Вычислить среднее квадратическое отклонение среднего арифметического по формуле (3):

$$S_{\bar{x}} = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

8.4.1.14 Вычислить доверительные границы случайной погрешности по формуле (4):

$$\varepsilon = t \cdot S_{\bar{x}} \quad (4)$$

где  $t$  – коэффициент Стьюдента, зависящий от числа измерений и доверительной вероятности, при  $n=30$ ,  $P=0,95$   $t=2,04$  по ГОСТ Р 8.736-2011, Приложение Д.

8.4.1.15 Вычислить значение границы неисключенной систематической погрешности результата измерения толщин мер №0,5, №1 и №2 по формуле (5):

$$\theta_{\Sigma} = |\theta| + |d - \bar{x}|, \quad (5)$$

где  $|d - \bar{x}|$  – допускаемая погрешность измерений в мкм на установке,  $d$  - номинальная толщина мер №0,5, №1 и №2,  $\theta$  – неисключенная систематическая погрешность мер №0,5, №1 и №2, указанные в их сертификатах калибровки или свидетельствах о поверке.

8.4.1.16 Вычислить значение границы неисключенной систематической погрешности результата измерения разности толщин мер № 1 и № 1,02 по формуле (6):

$$\theta_{\Sigma} = |\theta_1| + |\theta_2| + |\Delta d - \bar{x}|, \quad (6)$$

а также разности толщин мер №1 и № 1,1 по формуле (7):

$$\theta_{\Sigma} = |\theta_1| + |\theta_3| + |\Delta d - \bar{x}|, \quad (7)$$

где  $|\theta_1|$ ,  $|\theta_2|$ ,  $|\theta_3|$  - неисключенная систематическая погрешность, соответственно, мер №1, №1,02, и №1,1, указанная в их сертификатах калибровки или свидетельствах о поверке.

8.4.1.17 Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений толщины мер определяются по формуле (8):

$$\delta = \pm K S_{\Sigma}, \quad (8)$$

где  $S_{\Sigma}$  – суммарное среднее квадратическое отклонение оценки измеряемой величины, рассчитываемое по формуле (9):

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\theta}^2 + S_{\bar{x}}^2}, \quad (9)$$



$$S_{\theta} = \frac{\theta_{\Sigma}}{\sqrt{3}}$$

K - коэффициент, рассчитываемый по формуле (10):

$$K = \frac{\theta_{\Sigma} + \varepsilon}{S_{\bar{x}} + S_{\Sigma}} \quad (10)$$

8.4.1.18 Установка считается прошедшей поверку, если диапазон измерения толщины составляет от 20 до 2000 мкм, а абсолютная погрешность измерения толщины не превышает  $\pm 3$  мкм.

## 9 Оформление результатов поверки

9.1 Результаты поверки заносятся в протокол (форма протокола приведена в приложении 1 настоящей методики поверки).

9.2 Установка, прошедшая поверку с положительным результатом, признается пригодной и допускается к применению. На нее выдается свидетельство о поверке установленной формы с указанием полученных по п. 8.4.1 фактических значений метрологических характеристик установки и наносят знак поверки (место нанесения указано в описании типа) согласно Приказу Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015г. «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», и установку допускают к эксплуатации.

9.3 Установка, прошедшая поверку с отрицательным результатом, признается непригодной, не допускается к применению и на нее выдается извещение о непригодности с указанием причин. Свидетельство о предыдущей поверке и знак поверки аннулируют и выписывают «Извещение о непригодности» с указанием причин в соответствии с требованиями Приказа Министерства промышленности и торговли Российской Федерации №1815 от 02.07.2015г.

Начальник лаборатории НИО М-44-2  
ФГУП «ВНИИОФИ»



Г.Н. Вишняков

Младший научный сотрудник НИО М-44  
ФГУП «ВНИИОФИ»



С.С. Бочкарева

**ПРИЛОЖЕНИЕ 1**  
к Методике поверки  
«Установка для измерения толщины UltraMap S100-FP»

**ПРОТОКОЛ**  
первичной / периодической поверки  
от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_ года

**Средство измерений:** Установка для измерения толщины UltraMap S100-FP  
(Наименование СИ, тип (если в состав СИ входит несколько автономных блоков)

\_\_\_\_\_ то приводят их перечень (наименования) и типы с разделением знаком «косая дробь» / )

**Зав.№** 2050/0119-06

**Принадлежащее** \_\_\_\_\_  
Наименование юридического лица, ИНН

**Поверено в соответствии с методикой поверки** МП .М44-17 «Установка для измерения толщины UltraMap S100-F». Методика поверки, утвержденной ФГУП «ВНИИОФИ» 26 июня 2017 г.  
Наименование документа на поверку, кем утвержден (согласован), дата

**С применением эталонов** \_\_\_\_\_  
(наименование, заводской номер, разряд, класс точности или погрешность)

**При следующих значениях влияющих факторов:** \_\_\_\_\_  
(приводят перечень и значения влияющих факторов, нормированных в методике поверки)

**Получены результаты поверки метрологических характеристик:**

Наименование характеристики	Значение метрологической характеристики
Диапазон измерения толщины, мкм	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения, мкм	

По результатам поверки средство измерений признано пригодным / непригодным к применению в соответствии с ГОСТ 8.585-2013.

**Рекомендации** \_\_\_\_\_  
Средство измерений признать пригодным (или непригодным) для применения

**Исполнители:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ подписи, ФИО, должность