ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 8.627— 2007

Государственная система обеспечения единства измерений

ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЗЕРКАЛЬНОГО И ДИФФУЗНОГО ОТРАЖЕНИЯ В ДИАПАЗОНЕ ВАКУУМНОГО УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Методика выполнения измерений

Издание официальное

Б3 9—2006/243

Москва
Стандартинформ
2007

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а правила применения национальных стандартов Российской Федерации — ГОСТ Р 1.0—2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Основные положения»

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН Федеральным Государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений» (ФГУП «ВНИИОФИ»)

2 ВНЕСЕН Управлением метрологии Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 26-ст от 28 февраля 2007 г.

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячно издаваемых информационных указателях «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2007

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственная система обеспечения единства измерений

ИЗМЕРЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ЗЕРКАЛЬНОГО И ДИФФУЗНОГО ОТРАЖЕНИЯ В ДИАПАЗОНЕ ВАКУУМНОГО УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Методика выполнения измерений

State system for ensuring the uniformity of measurements.
Measurement of coefficients of regular and diffuse trasmittance of ultraviolet radiation. Methods for measurements

Дата введения — 2007—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на методику выполнения измерений коэффициентов зеркального и диффузного отражения в диапазоне вакуумного ультрафиолетового (далее — ВУФ) излучения, используемых для определения оптических констант материалов и тонких пленок, коэффициентов отражения зеркал и эффективности дифракционных решеток, а также при контроле технологических процессов в микроэлектронике.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 8.195—89 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости, спектральной плотности силы излучения и спектральной плотности энергетической освещенности в диапазоне длин волн 0,25 ÷ 25,00 мкм; силы излучения и энергетической освещенности в диапазоне длин волн 0,2 ÷ 25,0 мкм

ГОСТ 8.197—2005 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений спектральной плотности энергетической яркости в диапазоне длин волн от 0,04 до 0,25 мкм

ГОСТ 8.207—76 Государственная система обеспечения единства измерений. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов наблюдений. Основные положения

ГОСТ 8.552—2001 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений потока излучения и энергетической освещенности в диапазоне длин волн от 0,03 до 0,40 мкм

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный стандарт заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) стандартом. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяют в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Требования к погрешности измерений

Предел допускаемой погрешности результатов измерений коэффициента зеркального отражения не превышает 10 % в диапазоне длин волн 0,12 ÷ 0,20 мкм и 15 % в диапазоне длин волн 0,03 ÷ 0,12 мкм.

Издание официальное

Предел допускаемой погрешности результатов измерений коэффициента диффузного отражения не превышает 15 % в диапазоне длин волн 0,12 ÷ 0,20 мкм.

4 Средства измерений и вспомогательные устройства

При выполнении измерений в диапазоне значений коэффициентов зеркального и диффузного отражения от 0,01 до 0,99 применяют следующие средства измерений и вспомогательные устройства:

- ВУФ рефлектометры, например рефлектометр — монохроматор ВМР-2 в диапазоне длин волн 0,03 ÷ 0,20 мкм;
- комплект светофильтров на основе фтористого магния, кварцевого стекла КУ-1, увиолевого стекла УТ-49;
- сетчатый нейтральный ослабитель.

5 Метод измерений

Метод измерений коэффициентов зеркального и диффузного отражения ВУФ излучения основан на прямых измерениях при преобразовании потока излучения в электрический сигнал при выполнении условий спектральной и угловой коррекции чувствительности фотопреобразователя. ВУФ рефлектометры для измерений коэффициентов зеркального и диффузного отражения должны быть поверены в соответствии с ГОСТ 8.195, ГОСТ 8.197 и ГОСТ 8.552.

6 Требования безопасности

При проведении измерений коэффициентов зеркального и диффузного отражения ВУФ излучения необходимо соблюдение правил электробезопасности. Измерения должны выполнять два оператора, аттестованных на право проведения работ по группе электробезопасности не ниже III и прошедших инструктаж на рабочем месте по безопасности труда при эксплуатации электрических установок. При работе с источниками ультрафиолетового (УФ) излучения необходимо использовать средства защиты персонала от УФ излучения — защитные очки.

7 Требования к квалификации операторов

К измерениям коэффициентов зеркального и диффузного отражения ВУФ излучения допускаются лица, освоившие работу с рефлектометрами и изучившие настоящий стандарт.

8 Условия измерений

8.1 При проведении измерений коэффициентов зеркального и диффузного отражения ВУФ излучения соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С . . . . . 20 ± 5
- относительная влажность воздуха, % . . . . . 65 ± 15
- атмосферное давление, кПа . . . . . 84 — 104
- напряжение питающей сети, В . . . . . 220 ± 4
- частота питающей сети , Гц . . . . . 50 ± 1.

8.2 При подготовке к проведению измерений коэффициентов зеркального и диффузного отражения ВУФ излучения необходимо включить все приборы в соответствии с инструкциями по эксплуатации.

9 Подготовка и проведение измерений

При подготовке к проведению измерений коэффициентов зеркального и диффузного отражения ВУФ излучения необходимо подготовить к работе и включить рефлектометр в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

Для измерения коэффициентов зеркального и диффузного отражения ВУФ излучения выполняют следующие операции:

9.1 Внешний осмотр

При внешнем осмотре должны быть установлены:

- соответствие комплектности ВУФ рефлектометров паспортным данным;
- отсутствие механических повреждений блоков ВУФ рефлектометров;

- сохранность соединительных кабелей и сетевых разъемов;
- четкость надписей на панели блоков ВУФ рефлектометров;
- наличие маркировки (тип и заводской номер ВУФ рефлектометра);
- отсутствие сколов, царапин и загрязнений на оптических деталях ВУФ рефлектометра.

9.2 Опробование

При опробовании должно быть установлено наличие сигнала фотоприемника ВУФ рефлектометра:

- при установке его в положение для измерения прямого пучка при включенном источнике ВУФ излучения;
- при установке диффузно отражающего образца при включенном источнике ВУФ излучения.

9.3 Для определения коэффициента зеркального отражения в ВУФ рефлектометр устанавливают исследуемое зеркало. На монохроматоре ВУФ рефлектометра устанавливают длину волны 0,03 мкм, соответствующую наименьшей длине волны рабочего диапазона рефлектометра, и угол падения излучения на зеркало.

Фотоприемник ВУФ рефлектометра поочередно устанавливают в положение для измерения интенсивности прямого и зеркально отраженного пучков излучения, регистрируют сигналы фотоприемника для прямого пучка $I^0(\lambda)$ и зеркально отраженного пучка $I_r(\lambda)$ в соответствии с приложением А. Затем на входе фотоприемника устанавливают блокирующий светофильтр и регистрируют показания приемника для прямого пучка $J^0(\lambda)$ и зеркально отраженного пучка $J_r(\lambda)$, соответствующие рассеянному излучению в монохроматоре ВУФ рефлектометра. В качестве блокирующих фильтров используют: для диапазона длин волн 0,03 ÷ 0,11 мкм — фильтр из стекла MgF_2 толщиной 1,5 мм; для диапазона длин волн 0,11 ÷ 0,16 мкм — фильтр из кварцевого стекла КУ-1 толщиной 1 мм; для диапазона длин волн 0,16 ÷ 0,20 мкм — фильтр из увиолевого стекла УТ-49 толщиной 1 мм. Измерения $I^0(\lambda)$, $I_r(\lambda)$, $J^0(\lambda)$ и $J_r(\lambda)$ проводят не менее пяти раз.

Результат i-го измерения коэффициента зеркального отражения $\rho_{ri}(\lambda)$ рассчитывают по формуле

$$\rho_{ri}(\lambda) = [I_{ri}(\lambda) - J_{ri}(\lambda)] / [I_i^0(\lambda) - J_i^0(\lambda)]. \quad (1)$$

Вычисляют среднеарифметическое значение $\overline{\rho}_r(\lambda)$. Оценку относительного среднего квадратического отклонения (далее — СКО) S_0 результатов n независимых измерений рассчитывают по формуле

$$S_0 = \frac{\left\{\sum_{i=1}^{n}[\overline{\rho}_r(\lambda) - \rho_{ri}(\lambda)]^2\right\}^{1/2}}{\overline{\rho}_r(\lambda)[n(n-1)]^{1/2}}. \quad (2)$$

Определение $\overline{\rho}_r(\lambda)$ и S_0 повторяют для длин волн λ_j в пределах рабочего спектрального диапазона рефлектометра. При значении $\rho_r(\lambda)$ не менее 0,01 для всех длин волн λ_j значение S_0 не должно превышать 2 % в диапазоне длин волн 0,12 ÷ 0,20 мкм и 3 % в диапазоне длин волн 0,03 ÷ 0,12 мкм.

Проверка коэффициента линейности ВУФ рефлектометра требует определения отклонения чувствительности фотоприемника ВУФ рефлектометра от постоянного значения в рабочем диапазоне измеряемой величины.

Определение коэффициента линейности чувствительности фотоприемника при измерении зеркального отражения проводят на установке в составе рабочего эталона потока излучения и энергетической освещенности (РЭ ПИ и ЭО) по ГОСТ 8.552 и с использованием двух источников ВУФ излучения — водородных ламп типа ВМФ-25 (проточных капиллярных ламп типов LVL-01, КРИС). Регистрируют показания измерителя сигналов фотоприемника отдельно от каждого из двух излучателей I_1 и I_2 и суммарное показание I_Σ от двух источников ВУФ излучения. Суммарное показание I_Σ фотоприемника должно соответствовать верхнему пределу диапазона измерений коэффициента зеркального отражения. Измерения проводят пять раз с использованием экранирующих заслонок и рассчитывают коэффициент линейности чувствительности фотоприемника ВУФ рефлектометра G для каждого измерения по формуле

$$G = I_\Sigma / (I_1 + I_2). \quad (3)$$

Определяют среднеарифметические значения $\overline{G}$ коэффициента линейности чувствительности фотоприемника ВУФ рефлектометра, относительное СКО S_0, суммарное СКО результатов измерений по формуле (2) и рассчитывают составляющую систематической погрешности измерений, вызванную отклонением значения коэффициента линейности чувствительности фотоприемника от единицы Θ, %, по формуле

$$\Theta = 100\ (\overline{G} - 1). \quad (4)$$

Затем поток излучения ламп ослабляют с помощью нейтральных ослабителей таким образом, чтобы показания I_1 и I_2 уменьшились в пять раз и вновь определяют $\overline{G}$ и Θ. Измерения повторяют при увеличении ослабления до достижения уровня коэффициентов зеркального отражения $\leq 0{,}01$. Все полученные значения Θ не должны превышать 2 %.

9.4 Для определения коэффициента диффузного отражения в ВУФ рефлектометр устанавливают исследуемый диффузно отражающий образец. На длине волны 0,12 мкм проводят измерения потока, падающего на образец излучения $P_0(\lambda)$ в соответствии приложением А. Регистрируют сигналы фотоприемника ВУФ рефлектометра для прямого пучка $I^{0'}(\lambda)$ и рассеянного излучения $J^{0'}(\lambda)$ аналогично 10.4. Затем регистрируют показания фотоприемника, соответствующие диффузно отраженному излучению $I'(\lambda, \varphi)$ и рассеянному излучению $J'_{(\lambda, \varphi)}$ в соответствии с приложением А. При этом фотоприемник последовательно устанавливают в положения, соответствующие значениям угла φ_i от $\varphi_{\min}$ до $\varphi_{\max}$ с шагом 5°.

Коэффициент диффузного отражения $\rho_d(\lambda)$ рассчитывают по формуле

$$\rho_d(\lambda) = \frac{q\sum_{i=1}^{m}[I'(\lambda, \varphi_i) - J'(\lambda, \varphi_i)]}{[I^{0'}(\lambda) - J^{0'}(\lambda)]\, m}, \quad (5)$$

где q — геометрический фактор, указанный в паспорте на ВУФ рефлектометр;

m — число градаций по углу φ.

Определяют среднеарифметическое значение коэффициента диффузного отражения $\overline{\rho}_d(\lambda)$ и СКО результата измерений S_0 аналогично 9.4.

Определение $\overline{\rho}_d(\lambda)$ и S_0 повторяют для длин волн λ_j в пределах рабочего спектрального диапазона ВУФ рефлектометра. При значении $\overline{\rho}_d(\lambda)$ не менее 0,01 S_0 не должно превышать 3 % в диапазоне длин волн 0,16 ÷ 0,20 мкм и 4 % в диапазоне длин волн 0,12 ÷ 0,16 мкм.

Проверку коэффициента линейности фотоприемника ВУФ рефлектометра, используемого для измерения коэффициента диффузного отражения, проводят на установке в составе РЭ ПИ и ЭО по ГОСТ 8.552 аналогично 9.4. Систематическая погрешность Θ, обусловленная отклонением коэффициента линейности фотоприемника ВУФ рефлектометра от единицы, не должна превышать 2 % в диапазоне длин волн 0,16 ÷ 0,20 мкм и 4 % в диапазоне длин волн 0,12 ÷ 0,16 мкм.

10 Контроль погрешности результатов измерений

Контроль погрешности результатов измерений проводят по ГОСТ 8.207. Предел допускаемой погрешности рассчитывают по формуле

$$\Delta = KS_\Sigma = K(\Theta_0^2 / 3 + S_0^2)^{1/2}, \quad (6)$$

где K — коэффициент, определяемый соотношением случайной и неисключенной систематической погрешностей:

$$K = \frac{tS_0 + \Theta_0}{S_0^2 + (\Theta_0^2 / 3)^{1/2}}, \quad (7)$$

где Θ_0 — систематическая погрешность, обусловленная отклонением значения коэффициента линейности фотоприемника ВУФ рефлектометра от единицы, %;

t — коэффициент Стьюдента (t = 2,78).

11 Оформление результатов измерений

11.1 Результаты измерений оформляют по форме, принятой на предприятии, проводившем измерения.

11.2 Запись о результатах измерений должна содержать:

- дату проведения измерений;
- тип и номер средства измерений;
- цель проведения измерений;
- геометрические размеры исследуемого образца;
- коэффициенты зеркального и диффузного отражения;
- предел допускаемой погрешности результатов измерений;
- фамилию и подпись оператора.

Приложение А
(обязательное)

Определение коэффициентов зеркального и диффузного отражения

Коэффициент зеркального отражения плоского зеркала для параллельного пучка излучения, падающего под углом φ к нормали, $\rho_r(\lambda, \varphi)$ на длине волны λ рассчитывают по формуле

$$\rho_r(\lambda, \varphi) = P_r(\lambda, \varphi) / P_\varphi(\lambda), \tag{А.1}$$

где $\rho_r(\lambda, \varphi)$ — поток излучения на длине волны λ, отраженный под углом φ к нормали, Вт;

$P_\varphi(\lambda)$ — поток излучения на длине волны λ, падающий на зеркало под углом φ к нормали, Вт.

Коэффициент диффузного отражения $\rho_d(\lambda)$ определяют в общем виде по формуле

$$\rho_d(\lambda) = \frac{\int_{2\pi} \int_A L_r(\lambda, \Omega)\, dA\, d\Omega}{P_0(\lambda)}, \tag{А.2}$$

где $L_r(\lambda, \Omega)$ — яркость рассеянного при отражении излучения, которая интегрируется в пределах телесного угла $\Omega = 2\pi$ и по площади A;

A — площадь области образца, освещаемой падающим излучением;

$P_0(\lambda)$ — поток падающего на образец под углом $\varphi = 0$ параллельного пучка излучения при длине волны λ.

При определении коэффициента диффузного отражения измеряют угловую зависимость освещенности рассеянного при отражении излучения $E(\varphi)$ с равномерным шагом по углу φ.

На практике коэффициент диффузного отражения рассчитывают с использованием интегральных сумм по формуле

$$\rho_d(\lambda) = \frac{2\pi \sum_{m} [E(\varphi) \cdot \sin \varphi] R^2}{P_0(\lambda)\, m}, \tag{А.3}$$

где R — расстояние от области образца, освещаемой падающим излучением, до фотоприемника рефлектометра, м;

m — число градаций по углу φ.

УДК 543.52:535.214.535.241:535.8:006.354 ОКС 17.020 Т84.10

Ключевые слова: рефлектометр, коэффициент диффузного отражения, коэффициент зеркального отражения, средство измерений, вакуумное ультрафиолетовое излучение

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *Н.С. Гришанова*
Корректор *Е.М. Капустина*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 16.03.2007. Подписано в печать 24.04.2007. Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура Ариал.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. 0,65. Тираж 150 экз. Зак. 350. С 3957.

ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Набрано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» на ПЭВМ.
Отпечатано в филиале ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ» — тип. «Московский печатник», 105062 Москва, Лялин пер., 6.

gost.e-ecolog.ru