
**Оптика и оптические приборы – Оптические
покрытия –**

**Часть 1:
Определения**

Optics and optical instruments — Optical coatings —

Part 1: Definitions

Optique et instruments d'optique — Traitements optiques —

Partie 1: Définitions



Предисловие

ISO [the International Organization for Standardization] (Международная организация по стандартизации) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (членов организации ISO). Работа по разработке Международных стандартов обычно выполняется техническими комитетами ISO. Каждый член объединения, интересующийся темой, разработка которой поручена техническому комитету, имеет право сотрудничать с этим комитетом. Международные организации, государственные и негосударственные, связанные с ISO, так же принимают участие в работе. ISO при всех разработках электротехнических стандартов тесно сотрудничает с Международной Электротехнической Комиссией [the International Electrotechnical Commission] (IEC).

Проекты Международных Стандартов, принимаемые техническими комитетами, предъявляются членам организации на согласование. Публикация в качестве Международного стандарта требует одобрения, по крайней мере, 75% членов организации, обладающих правом голоса.

Международный стандарт ISO 9211-1 был разработан Техническим Комитетом ISO/TC172, *Optics and optical instruments* (Оптика и оптические приборы), Подкомитетом SC 3, *Optical materials and components* (Оптические материалы и компоненты).

ISO 9211 состоит из следующих частей, под общим названием *Optics and optical instruments – Optical coatings* (Оптика и оптические приборы – Оптические покрытия):

- *Part 1: Definitions* (Часть 1: Определения)
- *Part 2: Optical properties* (Часть 2: Оптические свойства)
- *Part 3: Environmental durability* (Часть 3: Стойкость к окружающей среде)
- *Part 4: Specific test methods* (Часть 4: Специфические методы испытания)

Приложение А этой части ISO 9211 дано только для информации.

Оптика и оптические приборы — Оптические покрытия —

Часть 1:

Определения

1 Сфера действия

ISO 9211 определяет поверхностную обработку компонентов и подложек, исключая офтальмологическую оптику (очки), при применении оптических покрытий, и устанавливает стандартную форму для их характеристик. Он определяет общие характеристики и методы контроля и измерений, когда бы ни требовалось, но не предназначен для определения технологических процессов.

Эта часть ISO 9211 определяет термины, относящиеся к оптическим покрытиям. Эти термины группируются в четыре класса, основные определения, определения покрытий по назначению, определения обычных дефектов покрытия и другие определения.

2 Ссылки на нормативные документы

Следующие стандарты содержат положения, которые, из-за ссылок на них в этом тексте, образуют положения этой части ISO 9211. На период публикации указываемые издания были действующими. Все стандарты подвергаются пересмотру, и части, требующие согласования, заложенные в основу этой части ISO 9211, подтверждаются исследованием возможности применения наиболее новейших изданий стандартов, приводимых ниже. Члены IEC и ISO ведут журналы учета находящихся в обращении в настоящее время Международных Стандартов.

ISO 31-6: 1992, *Quantities and units — Part 6: Light and related electromagnetic radiations* [Параметры и единицы — Часть 6: Свет и связанная с ним электромагнитная радиация].

ISO 6286: 1982, *Molecular absorption spectrometry — Vocabulary — General — Apparatus* [Спектрометрия молекулярного по-

глощения — Словарь — Общие положения — Аппаратура].

ISO 9211-4: 1996, *Optics and optical instruments — Optical coatings — Part 4: Specific test methods* [Оптика и оптические приборы — Оптические покрытия — Часть 4: Специфические методы испытания].

ISO 10110-7: 1996, *Optics and optical instruments — Preparation of drawings for optical elements and systems — Part 7: Surface imperfection tolerances* [Оптика и оптические приборы — Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 7: Допуски на дефекты поверхности].

ISO 10110-8: 1997, *Optics and optical instruments — Preparation of drawings for optical elements and systems — Part 8: Surface texture* [Оптика и оптические приборы — Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 8: Структура поверхности].

IEC 50 (845): 1987, *International Electrotechnical Vocabulary — Chapter 845: Lighting* [Международный электротехнический словарь — Глава 845: Освещение].

CIE Publication 38: 1977, *Radiometric and photometric characteristics of materials and their measurements* [Радиометрические и фотометрические характеристики материалов и их измерение].

3 Основные определения

3.1 Поверхностная обработка

3.1.1 поверхностная обработка компонентов и подложек: Применение “слоя” материала с целью изменения оптических, физических и химических характеристик, первоначально существовавших на поверхности компонента. Оптический компонент, несущий такой слой, называется также “подложка”.

Подложки считаются геометрически безупречными и оптически однородными. В действительности сборка, состоящая из подложки и обработанной поверхности,

отождествляется и обмеряется экспериментально как единое целое.

Направление электромагнитной радиации, пропускаемой и отражаемой покрытой поверхностью, определяется средой падения и средой выхода.

3.1.2 среда падения: Среда, из которой электромагнитная радиация входит в покрытие.

3.1.3 среда выхода: Среда, в которую электромагнитная радиация выходит из покрытия.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Подложку, несущую покрытие, физически может образовывать среда падения или среда выхода, в зависимости от направления прохождения электромагнитной радиации через среду, прилегающую к покрытию.

3.2 Оптические свойства покрытой поверхности

Оптические свойства покрытой поверхности характеризуются спектрофотометрическими величинами. Эти величины имеют отношение к лучистой энергии, переносимой электромагнитной волной (лучистой или световой) и к их изменению в виде функций длины волны, угла падения, состояния поляризации и пространственного распределения (направления) падающей радиации из-за диффузии, как например при рассеянии.

ПРИМЕЧАНИЯ

2. Длина волны (λ) может быть заменена на волновое число (σ). Рекомендуемыми единицами являются нанометр (nm) или микрометр (μm) для длины волны и обратный сантиметр для волнового числа.

3. Во французском языке величины, обладающие характером спектральной плотности в отношении длины волны, обозначаются добавлением прилагательного “spectral” (“спектральный”) к названию исходной величины.

Прилагательное “spectral” (“спектральный”) используется для обозначения величин, которые зависят от длины волны, но которые не обладают характером спектральной плотности. Функциональная зависимость обычно указывается с помощью записи (λ) в круглых скобках как части символа. В английском языке прилагательное “spectral” (“спектральный”) используется в обоих случаях.

3.2.1. спектральный коэффициент пропускания, $\tau(\lambda)$ (см. ISO 31-6 и ISO 6286): Отношение спектральной концентрации прошедшего лучистого или светового потока к спектральной концентрации падающей радиации.

ПРИМЕЧАНИЕ 4 Спектральный коэффициент пропускания может быть выражен на языке оптической плотности: $D(\lambda) = -\log \tau(\lambda)$.

3.2.2 спектральный коэффициент отражения, $\rho(\lambda)$ (см. ISO 31-6 и ISO 6286): Отношение спектральной концентрации отраженного лучистого или светового потока к спектральной концентрации падающей радиации.

3.2.3 спектральный коэффициент поглощения, $\alpha(\lambda)$ (см. ISO 31-6 и ISO 6286): Отношение спектральной концентрации поглощенного лучистого или светового потока к спектральной концентрации падающей радиации.

ПРИМЕЧАНИЕ 5 Спектральный коэффициент поглощения зависит от направления прохождения.

3.2.4. спектральный коэффициент рассеяния, Изменение пространственного распределения пучка лучей излучения, когда он отклоняется или рассеивается по многим направлениям поверхностью или средой без изменения частоты монохроматических компонент, из которых состоит излучение.

ПРИМЕЧАНИЕ 6 Определение, как принято для “диффузии” во французской версии IEC 50 (845) и в CIE 38, смотрите так же в ISO 10110-8.

Коэффициенты, определяемые в 3.2.1 ... 3.2.4, связаны друг с другом следующим образом:

$$1 = \tau + \rho + \alpha$$

В этом соотношении

$$\tau = \tau_r + \tau_d$$

$$\rho = \rho_r + \rho_d$$

где

τ_r обозначает регулярный коэффициент пропускания (зеркальный);

ρ_r обозначает регулярный коэффициент отражения (зеркальный);

τ_d обозначает диффузный коэффициент пропускания;

ρ_d обозначает диффузный коэффициент отражения.

ПРИМЕЧАНИЕ 7. Если необходимо, то эти величины могут быть представлены как средние значения в области длин волн λ_2 - λ_1 следующим образом:

$$\tau_{\text{ave}} = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \tau(\lambda) \varepsilon(\lambda) \sigma(\lambda) \lambda}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varepsilon(\lambda) \sigma(\lambda) \lambda}$$

где

$\varepsilon(\lambda)$ обозначает спектральный коэффициент излучения (источника света);

$\sigma(\lambda)$ обозначает спектральную чувствительность (приемника).

Если $\varepsilon(\lambda)$ $\sigma(\lambda)$ является постоянной величиной для спектрофотометрических величин, то средняя величина может быть вычислена как:

$$\tau_{\text{ave}} = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \tau(\lambda) d\lambda}{\lambda_2 - \lambda_1} \approx \frac{\sum_{i=1}^n \tau(\lambda_i) \Delta\lambda}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

где

$$\Delta\lambda = (\lambda_2 - \lambda_1)/n$$

3.2.5 показатель преломления, $n(\lambda)$: Отношение скорости прохождения электромагнитного излучения в вакууме к скорости прохождения электромагнитного излучения в среде.

3.2.6 угол падения: Угол между нормалью к поверхности и главным падающим лучем.

3.2.7 плоскость падения: Плоскость, включающая нормаль к поверхности и главный падающий луч.

3.3 Колориметрические параметры

Поверхностная обработка для визуальной области применения может характеризоваться колориметрическими параметрами. Они зависят от используемого эталонного источника освещения и оптических свойств обрабатываемой поверхности.

3.4 Поляризация

Когда покрытие используется под углом падения отличным от нуля, его характеристики зависят от состояния поляризации падающего излучения, и оно может повлиять на состояние поляризации выходящего излучения. В таком случае может оказаться необходимым указание ориентации вектора электрического поля относительно плоскости падения.

3.4.1 Линейно поляризованное излучение: Поляризация, когда ориентация вектора электрического поля остается постоянной..

Поляризация S относится к линейной поляризации, когда вектор электрического поля перпендикулярен плоскости падения.

Поляризация P относится к линейной поля-

ризации, когда вектор электрического поля параллелен плоскости падения.

3.4.2 эллиптически поляризованное излучение: Поляризация, когда проекция вектора электрического поля на плоскость, перпендикулярную направлению распространения, описывает эллипс.

3.4.3 циркулярно поляризованное излучение: Поляризация, когда проекция вектора электрического поля на плоскость, перпендикулярную направлению распространения, описывает круг.

3.4.4 неполяризованное излучение: Обычное излучение, которое может быть разложено на любую пару ортогональных векторов электрического поля с разнообразными разностями фаз, где средние величины двух ортогональных векторов являются одинаковыми, а их разности фаз изменяются совершенно случайным образом.

3.4.5 случайно поляризованное излучение: Поляризация, где ориентация вектора электрического поля линейно поляризованного излучения меняется случайным образом со временем.

3.5 Фазовые соотношения

3.5.1 Изменение фазы

Электрическое поле в фиксированной точке пространства благодаря электромагнитной волне может быть описано периодической функцией, имеющей вид:

$$E = A \cos\left(\frac{2\pi vt}{\lambda} - \Phi\right)$$

где

E обозначает вектор электрического поля;

A обозначает амплитуду;

v обозначает скорость распространения в среде;

t обозначает время;

λ обозначает длину волны в среде;

Φ обозначает фазу.

Угол $\Phi - \Phi_0$ представляет изменение фазы между этой волной и эталонной волной с ее вектором электрического поля, имеющим вид:

$$E_0 = A \cos\left(\frac{2\pi vt}{\lambda} - \Phi_0\right)$$

3.5.2 Сдвиг по фазе и разность фаз

Сдвиг по фазе есть результат изменения фазы между S и P компонентами вектора E -поля. Величина этого изменения называется разностью фаз.

4 Определение покрытий по назначению

Покрытия определяются в соответствии с их назначением, т.е. в соответствии с природой основного изменения свойств поверхности, которые они реализуют.

Таблица 1 перечисляет основные функции, которые могут быть реализованы с помощью оптических покрытий при современном состоянии технологии. Основные функции могут быть расширены в будущем путем включения новых разработок.

Покрытия, выбираемые для реализации основной функции, как определено в таблице 1, может также включать одну или больше вторичных функций. Их относительная важность с учетом основной функции должна быть указана.

5 Определения общих дефектов покрытия

5.1 Точкоподобные дефекты

5.1.1 пора: Очень мелкое отверстие в тонкой пленке.

5.1.2 брызги: Дефекты, которые возникают, когда мелкие частички материала разлетаются из нагретого тигля на поверхность подложки и прилипают там, в испаряемых покрытиях.

5.1.3 включение: Незначительный кусочек вещества на/в тонкой пленке.

5.1.4 тонкодисперсная пыль: Незначительные кусочки вещества на поверхности тонкой пленки.

5.1.5 узелок: Небольшой, узлоподобный дефект на поверхности.

5.2 Линиеподобные дефекты

5.2.1 царапины: Следы инструмента или разрывы поверхности, которые выглядят так, как будто они причинены либо острым, либо грубым инструментом. Царапины встречаются на оптических поверхностях всяких классов по различным, случайным причинам.

Таблица 1 — Определение покрытий по назначению

| Функция | Определение | Пример применения |
|-----------------------------|--|--|
| Отражающая | Покрытие, увеличивающее коэффициент отражения оптической поверхности в определенной области длин волн. | Зеркала |
| Просветляющая | Покрытие, снижающее коэффициент отражения оптической поверхности в определенной области длин волн и обычно увеличивающее коэффициент пропускания. | Ограничивающее паразитные отражения |
| Разделяющая пучки лучей | Покрытие, разделяющее падающий поток на два пучка лучей, один проходящий и второй отраженный, распределение энергии в каждом пучке воспроизводит распределение падающей энергии в основном неселективным образом, в определенной области длин волн. | Нейтральные светоделители Полупрозрачные зеркала |
| Ослабляющая | Покрытие, уменьшающее коэффициент пропускания в основном неселективным образом, в определенной области длин волн | Фильтры нейтральной плотности |
| Фильтрующая | Покрытие, изменяющее коэффициент пропускания селективным образом. | Фильтры |
| Разделяющая или суммирующая | Покрытие, разделяющее падающий поток излучения на два или более пучка, каждый охватывающий ограниченную спектральную область и размножаемые либо путем отражения или путем пропускания. Обратный путь объединяет пучки разных спектральных областей. | Дихроические зеркала Устройства для объединения лучей |
| Поляризующая | Покрытие, контролирующее состояние поляризации выходящего электромагнитного излучения, в определенной области длин волн. | Поляризаторы Деполяризаторы |
| Изменяющая фазу | Покрытие, контролирующее изменение фазы выходящего электромагнитного излучения относительно падающего излучения и/или разность фаз между S и P векторами, в определенной области длин волн. | Покрытия, согласующие фазу Покрытия, задерживающие фазу |
| Поглощающая | Покрытие, поглощающее определенную величину падающего потока в определенной области длин волн. | Солнечные очки Светофильтры |
| Дополнительная функция | Покрытие, обеспечивающее не оптическое свойство; его действие часто сочетается с оптическим действием. | Электрическая проводимость Химическая или механическая защита |

5.2.2 волосоподобная линия: Очень тонкая, ровная царапина, обычно прямая.

5.2.3 трещина: Трещина в материале оптического элемента.

5.2.4 волосоподобная трещина: Небольшая трещина в слое покрытия.

5.2.5 ласина: Волосоподобная царапина.

5.3 Плоские дефекты

ПРИМЕЧАНИЕ 8. Методы контроля приводятся в ISO 10110-7 и ISO 9211-4. Дефекты покрытия иллюстрируются в приложении А.

5.3.1 пятна: Неоднородное, локализованное изменение цвета поверхности, вызываемое изменениями, создаваемыми химическим действием.

5.3.2 ссадина: Повреждение поверхности из-за контакта с твердой поверхностью.

5.3.3 ворсинка: Остатки волокон ткани или бумаги на оптической поверхности.

5.3.4 просвет: Локальная область поверхности со стороны покрытой области, которая остается непокрытой, в то время как остальная поверхность имеет оговоренное покрытие.

5.4 Объемные дефекты

5.4.1 отслаивание: Частичное отделение тонкой пленки (нок) от поверхности подложки на одном конце.

5.4.2 шелушение: Частичное отделение части тонкой пленки от поверхности пленки.

5.4.3 большие брызги: Большие частицы материала, чем частицы материала, определяемые в 5.1.2, т.е. имеющие объем или глубину по сравнению с указанными там.

5.4.4 большое включение: Большие кусочки вещества, чем кусочки, определяемые в 5.1.3, имеющие объем или глубину по сравнению с ними.

5.4.5 вздутие, пузырь: Включение под или внутри покрытия, приводящее к поднятию пленки.

6 Другие определения

6.1 угол раствора конуса апертуры: Максимальная область углов падения.

6.2 полезная площадь, свободная апертура: Минимально покрываемая область поверхности с оговоренными допусками.

6.3 ободок: Непокрытая область поверхности, обычно вызываемая приспособлением, используемым для крепления компонента в процессе обработки. В общем, любая область вне свободной апертуры.

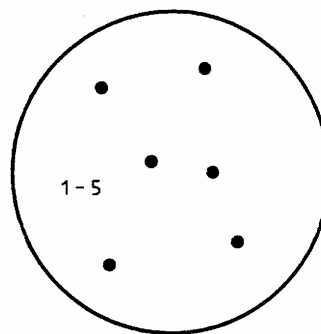
6.4 образец-свидетель: Образец, который представляет фактически покрытый компонент, используемый для спектральных испытаний и испытаний на воздействие окружающей среды. Детали образцов-свидетелей и процедура отбора (например, материал, текстура поверхности, размеры, число на партию, положение в камере для нанесения покрытий и т.д.) должны быть предметом договора между поставщиком и потребителем.

Приложение А (информационное)

Иллюстрации обычных типов дефектов покрытия

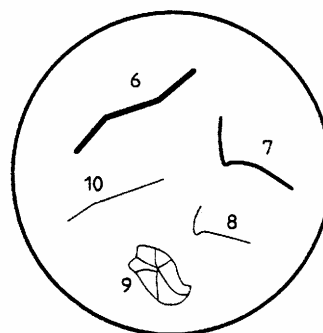
Это приложение приводит иллюстрации обычных типов дефектов покрытия на фигурах А.1...А.4.

- 1 Пора (5.1.1)
- 2 Брызги (5.1.2)
- 3 Включение (5.1.2)
- 4 Тонкодисперсная пыль (5.1.4)
- 5 Узелок (5.1.5)



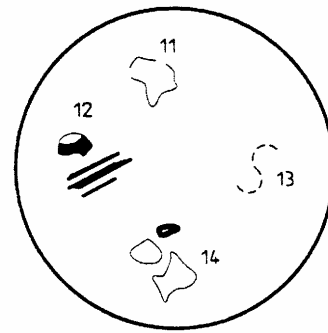
Фигура А.1 — Точкоподобные дефекты (5.1)

- 6 Царапина (5.2.1)
- 7 Волосоподобная линия (5.2.2)
- 8 Трещина (5.2.3)
- 9 Волосоподобная трещина (5.2.4)
- 10 Ласина (5.2.5)



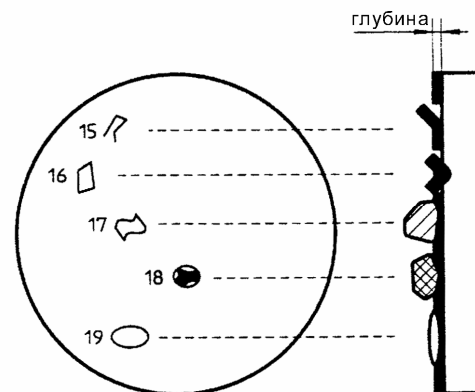
Фигура А.2 — Линиеподобные дефекты (5.2)

- 11 Пятна (5.3.1)
- 12 Ссадина (5.3.2)
- 13 Ворсинка (5.3.3)
- 14 Просвет (5.3.4)



Фигура А.3 — Плоские дефекты (5.3)

- 15 Отслаивание (5.4.1)
- 16 Шелушение (5.4.2)
- 17 Большие брызги (5.4.3)
- 18 Большие включения (5.4.4)
- 19 Вздутие; пузырь (5.4.5)



Фигура А.4 — Объемные дефекты (5.4)

**Оптика и оптические приборы – Оптические
покрытия –**

**Часть 2:
Оптические свойства**

Optics and optical instruments — Optical coatings —

Part 2: Optical properties

Optique et instruments d'optique — Traitements optiques —

Partie 2: Proprietes optiques



Предисловие

ISO [the International Organization for Standardization] (Международная организация по стандартизации) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (членов организации ISO). Работа по разработке Международных стандартов обычно выполняется техническими комитетами ISO. Каждый член объединения, интересующийся темой, разработка которой поручена техническому комитету, имеет право сотрудничать с этим комитетом. Международные организации, государственные и негосударственные, связанные с ISO, так же принимают участие в работе. ISO при всех разработках электротехнических стандартов тесно сотрудничает с Международной Электротехнической Комиссией [the International Electrotechnical Commission] (IEC).

Проекты Международных Стандартов, принимаемые техническими комитетами, предъявляются членам организации на согласование. Публикация в качестве Международного стандарта требует одобрения, по крайней мере, 75% членов организации, обладающих правом голоса.

Международный стандарт ISO 9211-2 был разработан Техническим Комитетом ISO/TC172, *Optics and optical instruments* (Оптика и оптические приборы), Подкомитетом SC 3, *Optical materials and components* (Оптические материалы и компоненты).

ISO 9211 состоит из следующих частей, под общим названием *Optics and optical instruments – Optical coatings* (Оптика и оптические приборы – Оптические покрытия):

– *Part 1: Definitions* (Часть 1: Определения)

– *Part 2: Optical properties* (Часть 2: Оптические свойства)

– *Part 3: Environmental durability* (Часть 3: Стойкость к окружающей среде)

– *Part 4: Specific test methods* (Часть 4: Специфические методы испытания)

Приложения А и В этой части ISO 9211 даны только для информации.

Оптика и оптические приборы – Оптические покрытия –

Часть 2:

Оптические свойства

1 Сфера действия

ISO 9211 определяет поверхностную обработку компонентов и подложек, исключая офтальмологическую оптику (очки), при применении оптических покрытий, и устанавливает стандартную форму для их характеристики. Он определяет общие характеристики и методы контроля и измерений, когда бы ни требовалось, но не предназначен для определения технологических процессов.

Эта часть ISO 9211 указывает, каким образом показываются специфические оптические свойства покрытий и представляются их спектральные характеристики. Она также дает рекомендации для обозначений на чертежах.

2 Ссылка на нормативные документы

Приводимый ниже стандарт содержит положения, которые, из-за ссылок на них в этом тексте, образуют положения этой части ISO 9211. На период публикации указываемые издания были действующими. Все стандарты подвергаются пересмотру, и части, требующие согласования, заложенные в основу этой части ISO 9211, подтверждаются исследованием возможности применения наиболее новейших изданий стандарта, приводимого ниже. Члены IEC и ISO ведут журналы учета находящихся в обращении в настоящее время Международных Стандартов.

ISO 9211-1:1994, *Optics and optical instruments – Optical coatings – Part 1: Definitions [Оптика и оптические приборы – Оптические покрытия – Часть 1: Определения]*.

3 Определения

Для целей этой части ISO 9211 применяются определения, приводимые в ISO 9211-1.

4 Оговариваемые оптические свойства

Оптические свойства покрытия и условия его оптической эксплуатации должны быть оговорены в стандартном порядке, используя таблицу 1 для того, чтобы обеспечить исчерпывающее описание покрытия с учетом минимума его оптических свойств и оптических условий, в которых покрытие предполагается использовать. Записи в графах, предусмотренных в колонках “Область 1”, “Область 2” и т.д., должны быть заполнены численными величинами с допуском или знаком сравнения (< ; > ; =), если подходит, и единицей измерения. Графы остающиеся пустыми намеренно должны быть отмечены дефисом (-) или косой чертой (/).

5 Условия измерения

Условия измерения спектрофотометрических характеристик должны быть предметом договора между поставщиком и потребителем. Эти условия, зависящие в принципе от метода измерения и используемых приборов, включают угол падения, угол раствора конуса апертуры, состояние поляризации, спектральную область и ширину полосы спектра измеряемого пучка лучей и т.д. и должно быть записано достаточно подробно возможное повторение измерения.

Таблица 1 — Оговариваемые условия и оптические свойства

| | | Спектральная область | | |
|--|---|----------------------|-----------|-----------|
| | | Область 1 | Область 2 | Область n |
| Условия | Область длин волн | | | |
| | Среда падения ¹⁾ | | | |
| | Показатель преломления | | | |
| | Среда выхода ¹⁾ | | | |
| | Показатель преломления | | | |
| | Угол падения | | | |
| | Угол раствора конуса апертуры | | | |
| | Полезная площадь или свободная апертура | | | |
| | Ободок | | | |
| Оптические свойства | Поляризация падающего излучения | | | |
| | Коэффициент пропускания ²⁾ | | | |
| | Коэффициент отражения ³⁾ | | | |
| | Коэффициент поглощения ⁴⁾ | | | |
| | Коэффициент рассеяния ⁴⁾ | | | |
| | Калориметрические параметры ⁵⁾ | | | |
| | Поляризация выходящего излучения | | | |
| Разность фаз между S и P векторами выходящего излучения | | | | |
| Дополнительные свойства | | | | |
| 1) Каждая из них может быть подложкой 2) Измеряется через открытый оптический компонент или оговоренный образец-свидетель 3) На покрытой поверхности 4) Метод измерения должен быть оговорен 5) Для визуальных областей применения могут использоваться калориметрические параметры вместо коэффициента отражения и коэффициента пропускания | | | | |

6 Графическое представление спектральных характеристик

Эта часть ISO 9211 определяет правила описания спектрофотометрических характеристик оптических покрытий.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. Рисунки даны в соответствии с требованиями, установленными в серии стандартов ISO 10110: — ¹⁾, *Optics and optical instruments – Preparations of drawings for optical elements and systems [Оптика и оптические приборы – Правила оформления чертежей оптических элементов и систем]*.

6.1 Правила графического представления

6.1.1 Оговариваемые оптические свойства покрытий даны в таблице 1

6.1.2 Описание спектрофотометрических характеристик состоит из указания следующего на графике:

а) по оси абсцисс, спектральной области, в которой характеристики оговариваются в виде функции длины волны (λ) в нанометрах или микрометрах, или волнового числа (σ) в обратных сантиметрах;

в) по оси ординат, величина коэффициента пропускания, и/или оптической плотности, и/или, фазы, и/или коэффициента рассеяния в пределах спектральной области.

6.1.3 Верхняя и/или нижняя допустимые границы (указываются подстрочными индексами U и L соответственно), внутри которых должна располагаться спектральная кривая, должны указываться на графике заштрихованными наружу от полосы допусков участками, если требуется. Средняя величина, если оговорено, может быть представлена отдельной линией или цепочкой символов, указываемых с подстрочным индексом “ave”. Средние величины могут так же представляться с верхним и нижним

пределами, указываемыми подстрочными индексами “ave_U” и “ave_L” соответственно.

6.1.4 Если покрытие используется в нескольких спектральных областях, то описание характеристик функций в этих разных областях можно оформить на нескольких изображениях. Применение разных масштабов допускается, если необходимо.

6.1.5 Спектрофотометрические величины должны соответствовать оговоренным условиям использования. Если измерения требуют разных условий, то это должно быть отмечено на графике.

ПРИМЕЧАНИЯ

2 Границы, показываемые на графиках, являются только примерами, используемыми для иллюстрации. Они не должны использоваться в качестве типичных или стандартных границ.

3 Рекомендуются, чтобы иллюстрации геометрии измерений включались в спектральный график. Примеры показаны в приложении А.

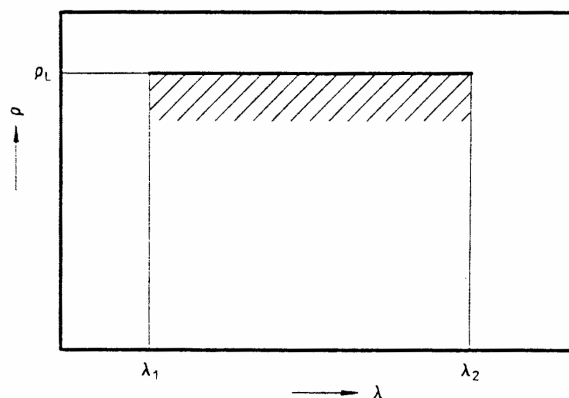
6.2 Формат графического представления

Следующие графические представления различных оптических функций могут быть использованы для технических условий и фактических замеров. Если подходит, то задаваемые и измеряемые верхние, нижние и/или средние величины могут быть объединены в одном графическом представлении. Примеры показаны в приложении В.

ПРИМЕЧАНИЕ 4. При описании характера различных оптических функций допустимые границы коэффициента отражения (ρ), коэффициента пропускания (τ), длин волн и т.д. могут заменяться допустимыми границами средних величин (ρ_{ave} , τ_{ave} , λ_{ave} и т.д.).

6.2.1 Функция отражения

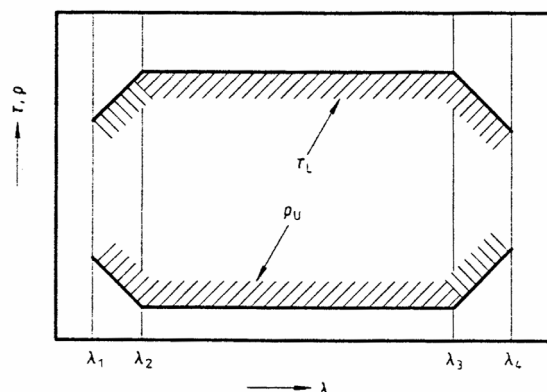
Функция отражения должна характеризоваться ее нижней допустимой границей (ρ_L) спектрального коэффициента отражения, как показано на фигуре 1. Верхний допуск (ρ_U) должен указываться так же, если необходимо.



Фигура 1 — Функция отражения

6.2.2 Функция просветления

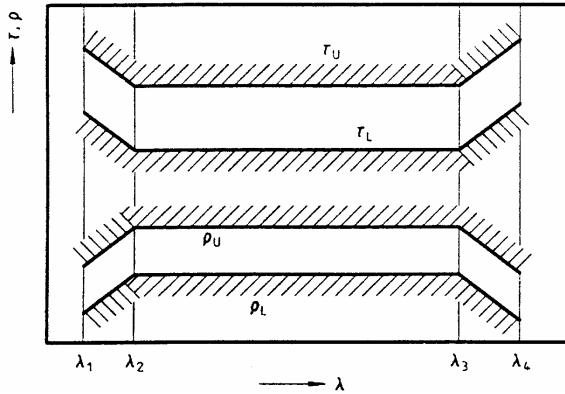
Функция просветления должна характеризоваться ее верхней допустимой границей (ρ_U) спектрального коэффициента отражения, как показано на фигуре 2. Если необходимо, коэффициент пропускания с его нижней допустимой границей (τ_L) должен указываться на том же самом рисунке.



Фигура 2 — Функция просветления

6.2.3 Функция расщепления пучка

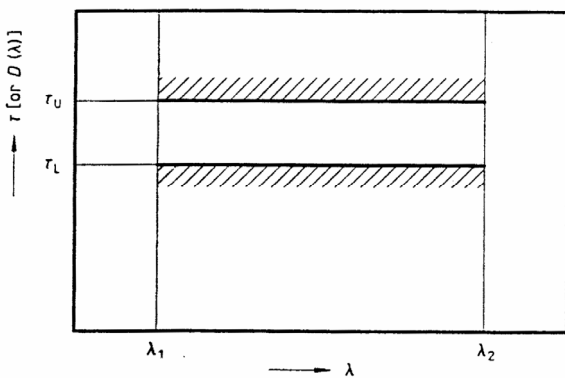
Функция расщепления пучка должна характеризоваться ее верхней и нижней границами (τ_U , τ_L , ρ_U , ρ_L) спектральных коэффициентов пропускания и отражения, как показано на фигуре 3. Эти два представления могут быть показаны на отдельных графиках.



Фигура 2 — Функция расщепления пучка

6.2.4 Функция ослабления

Функция ослабления должна характеризоваться ее верхней и нижней допустимыми границами (τ_U , τ_L) спектрального коэффициента пропускания (или оптической плотности), как показано на фигуре 4.



ПРИМЕЧАНИЕ — Оптическая плотность связана с коэффициентом пропускания формулой

$$D(\lambda) = - \log \tau(\lambda)$$

Фигура 4 — Функция ослабления

6.2.5 Функция фильтрации

Функция фильтрации должна характеризоваться τ_A или τ_M , λ_{max} , λ_C , $\Delta\lambda_{0,5}$ и $\Delta\lambda_{0,2}$ с допусковыми границами τ_b , $\lambda_{0,8}$, S' и S'' (см. фигуру 5) следующим образом:

$$1) \tau_A = \frac{\tau_U + \tau_L}{2}$$

где

- τ_U верхняя допустимая граница максимума коэффициента пропускания;
- τ_L нижняя допустимая граница максимума коэффициента пропускания.

2) τ_M является измеренной максимальной величиной коэффициента пропускания.

ПРИМЕЧАНИЕ 5. Будет ли использоваться τ_A или τ_M , должно быть оговорено.

3) λ_{max} является длиной волны, при которой спектральный коэффициент пропускания равен τ_M .

4) $\lambda'_{0,5}$ и $\lambda''_{0,5}$ являются длинами волн, при которых спектральные коэффициенты пропускания равны $0,5 \tau_A$ или $0,5 \tau_M$, любая оговаривается.

5) $\Delta\lambda_{0,5}$ является шириной полосы пропускания (или полуширина полосы пропускания), определяемой из $\Delta\lambda_{0,5} = \lambda''_{0,5} - \lambda'_{0,5}$.

6) λ_C является арифметическим средним пары длин волн, $\lambda'_{0,5}$ и $\lambda''_{0,5}$.

7) $\lambda_{0,8}$, $\lambda_{0,2}$, $\lambda_{0,1}$ являются длинами волн, при которых коэффициенты пропускания равны $0,8 \tau_A$ или $0,8 \tau_M$, $0,2 \tau_A$ или $0,2 \tau_M$ и $0,1 \tau_A$ или $0,1 \tau_M$ соответственно.

8) $\Delta\lambda_{0,1}$ является шириной полосы пропускания, определяемой из $\Delta\lambda_{0,1} = \lambda''_{0,1} - \lambda'_{0,1}$.

9) S' и S'' представляют крутизну по краям, определяемую из

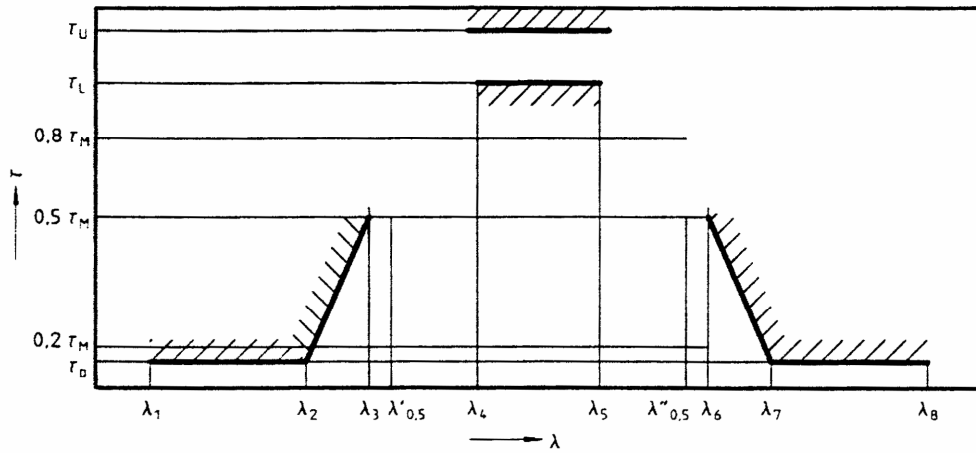
$$S' = \frac{0,8 \tau_{AorM} - 0,2 \tau_{AorM}}{\lambda'_{0,8 \tau_{AorM}} - \lambda'_{0,2 \tau_{AorM}}}$$

и

$$S'' = \frac{0,8 \tau_{AorM} - 0,2 \tau_{AorM}}{\lambda''_{0,2 \tau_{AorM}} - \lambda''_{0,8 \tau_{AorM}}}$$

от - или

10) τ_b является верхней границей спектрального коэффициента пропускания блокируемой области, $\lambda_1 \dots \lambda_2$ и $\lambda_7 \dots \lambda_8$.



Фигура 5 — Функция фильтрации

6.2.6 Функция разделения

Функция разделения должна характеризоваться τ_A или τ_M и $\lambda_{0,5}$ с допустимыми границами и $\lambda_{0,8}$, $\lambda_{0,2}$, τ_b и S (см. фигуру 6) следующим образом:

1) $\tau_A = \frac{\tau_U + \tau_L}{2}$

где

τ_U является верхней допустимой границей максимума коэффициента пропускания первого пика примыкающего к краю;

τ_L является нижней допустимой границей максимума коэффициента пропускания первого пика примыкающего к краю

2) τ_M является измеряемой максимальной величиной коэффициента пропускания первого пика примыкающего к краю

ПРИМЕЧАНИЕ 6. Будет ли использоваться τ_A или τ_M должно быть оговорено.

3) $\lambda_{0,5}$ является длиной волны на краю, при которой спектральный коэффициент пропускания равен $0,5\tau_A$ или $0,5\tau_M$, любой оговаривается.

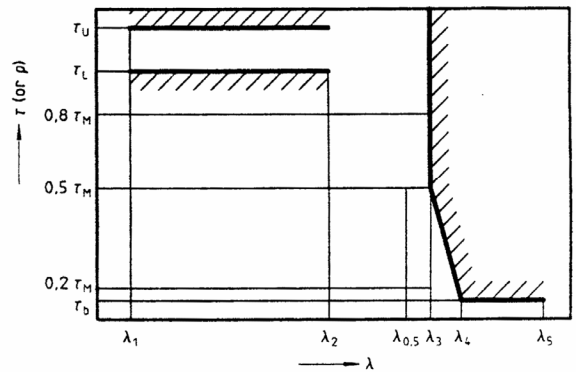
4) $\lambda_{0,8}$ является длиной волны на краю, при которой спектральный коэффициент пропускания равен $0,8\tau_A$ или $0,8\tau_M$, любой оговаривается.

5) $\lambda_{0,2}$ является длиной волны на краю, при которой спектральный коэффициент пропускания равен $0,2\tau_A$ или $0,2\tau_M$, любой оговаривается.

6) τ_b является верхней границей спектрального коэффициента пропускания блокируемой области, $\lambda_4 \dots \lambda_5$.

7) $S_{A \text{ или } M}$ крутизна края, определяемая как

$$S_{A \text{ or } M} = \frac{0,8\tau_{A \text{ or } M} - 0,2\tau_{A \text{ or } M}}{|\lambda_{0,8\tau_{A \text{ or } M}} - \lambda_{0,2\tau_{A \text{ or } M}}|}$$

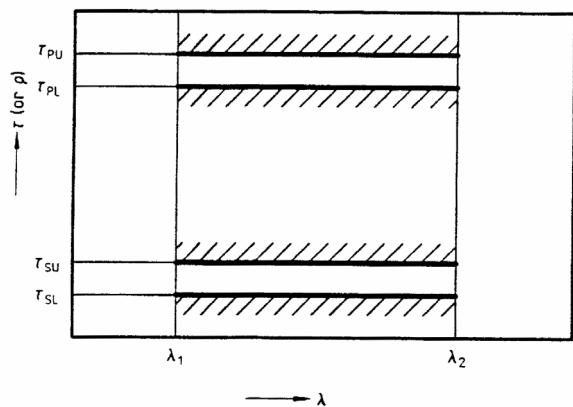


ПРИМЕЧАНИЕ — коэффициент отражения ρ может быть оговорен (вместо τ) для описания характера функции разделения во всей или в специфических областях длин волн.

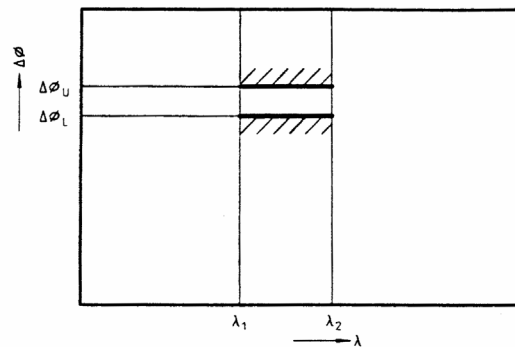
Фигура 6 — Функция разделения

6.2.7 Функция поляризации

Функция поляризации должна характеризоваться ее верхней и нижней допустимыми границами (τ_{rpi} , ρ_{rpi} и т.д.) спектральных коэффициентов пропускания и/или отражения для обоих компонент поляризации, S и P, как показано на фигуре 7.



Фигура 7 — Функция поляризации



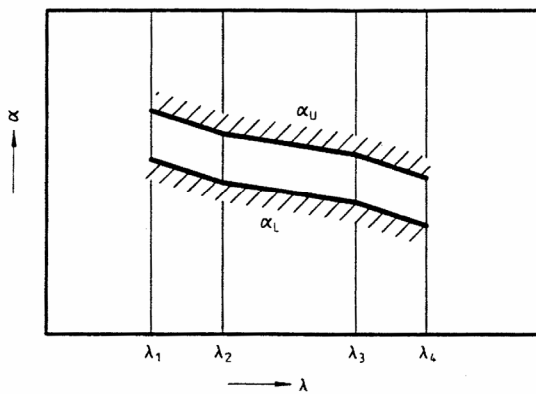
Фигура 8 — Функция изменения фазы

6.2.8 Функция изменения фазы

Функция изменения фазы должна характеризоваться ее верхней и нижней допустимыми границами разности фаз между *P* и *S* компонентами ($\Delta\Phi_U, \Delta\Phi_L$; $\Delta\Phi$ определяется из $\Delta\Phi = \Phi_P - \Phi_S$) как показано на фигуре 8.

6.2.9 Функция поглощения

Функция поглощения должна характеризоваться ее верхней и нижней допустимыми границами (α_U, α_L) как показано на фигуре 9.

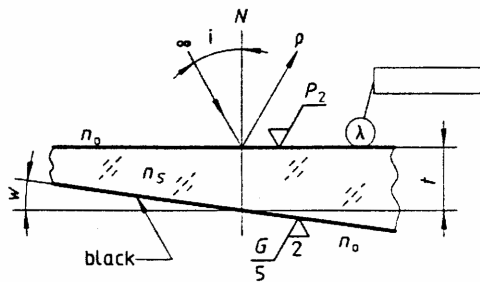


Фигура 9 — Функция поглощения

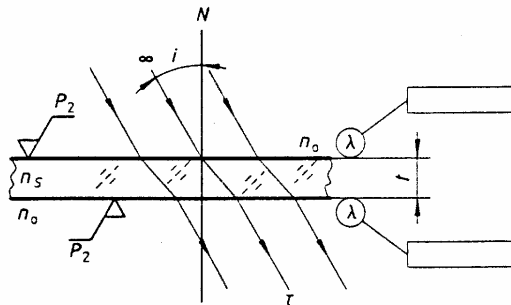
Приложение А (информативное)

Примеры рекомендуемой спектральной геометрии

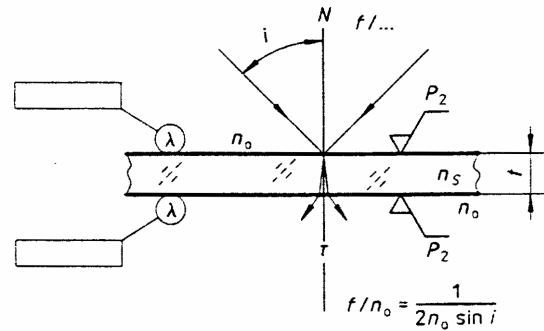
Фигуры А.1...А.4 приводят примеры рекомендуемой спектральной геометрии, иллюстрируемой на спектральном графике или отдельном рисунке (если не оговорено другое, подразумевается неполяризованное излучение).



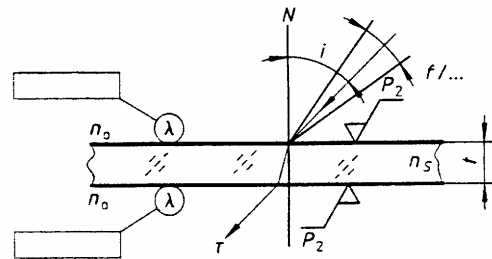
Фигура А.1 — Коэффициент отражения, коллимированный пучок



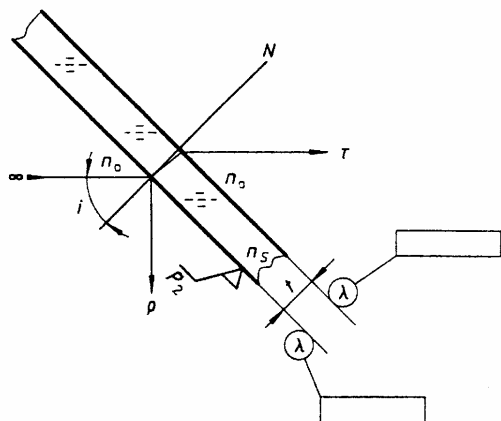
Фигура А.2 — Коэффициент пропускания, коллимированный пучок



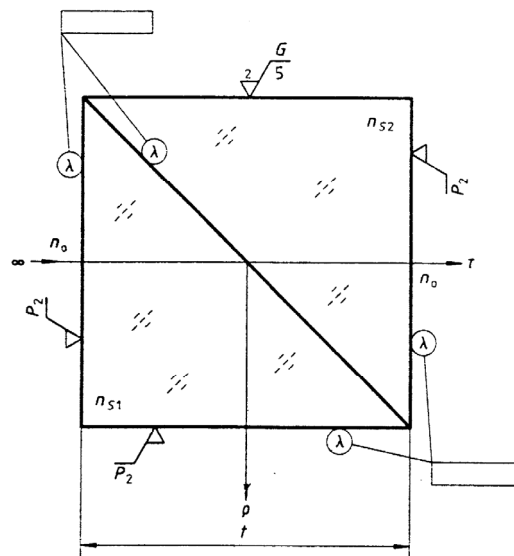
Фигура А.3 — Коэффициент пропускания, конический нормально падающий



Фигура А.4 — Коэффициент пропускания, конический косо падающий



Фигура А.5 — Расщепитель пучка, пластина

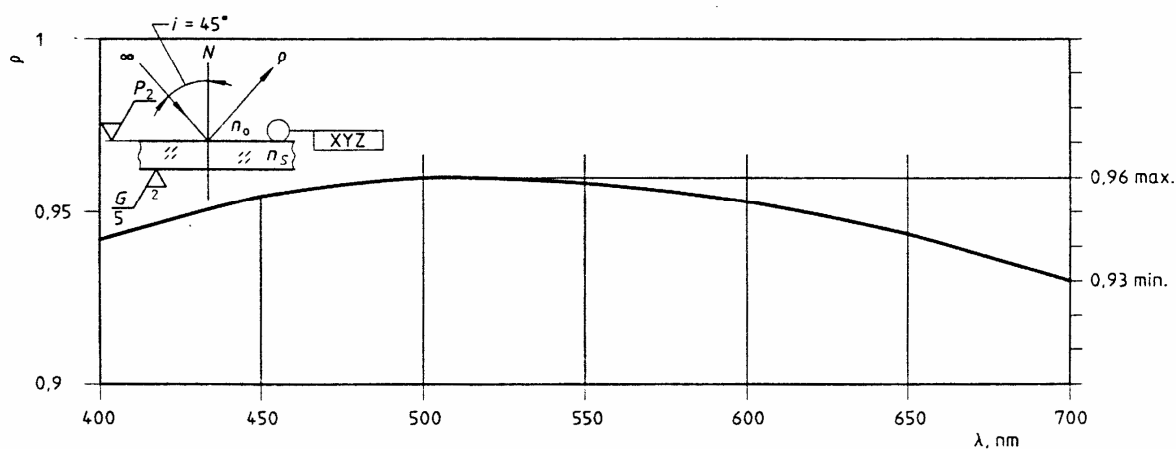


Фигура А.6 — Расщепитель пучка, кубик

Приложение В (информационное)

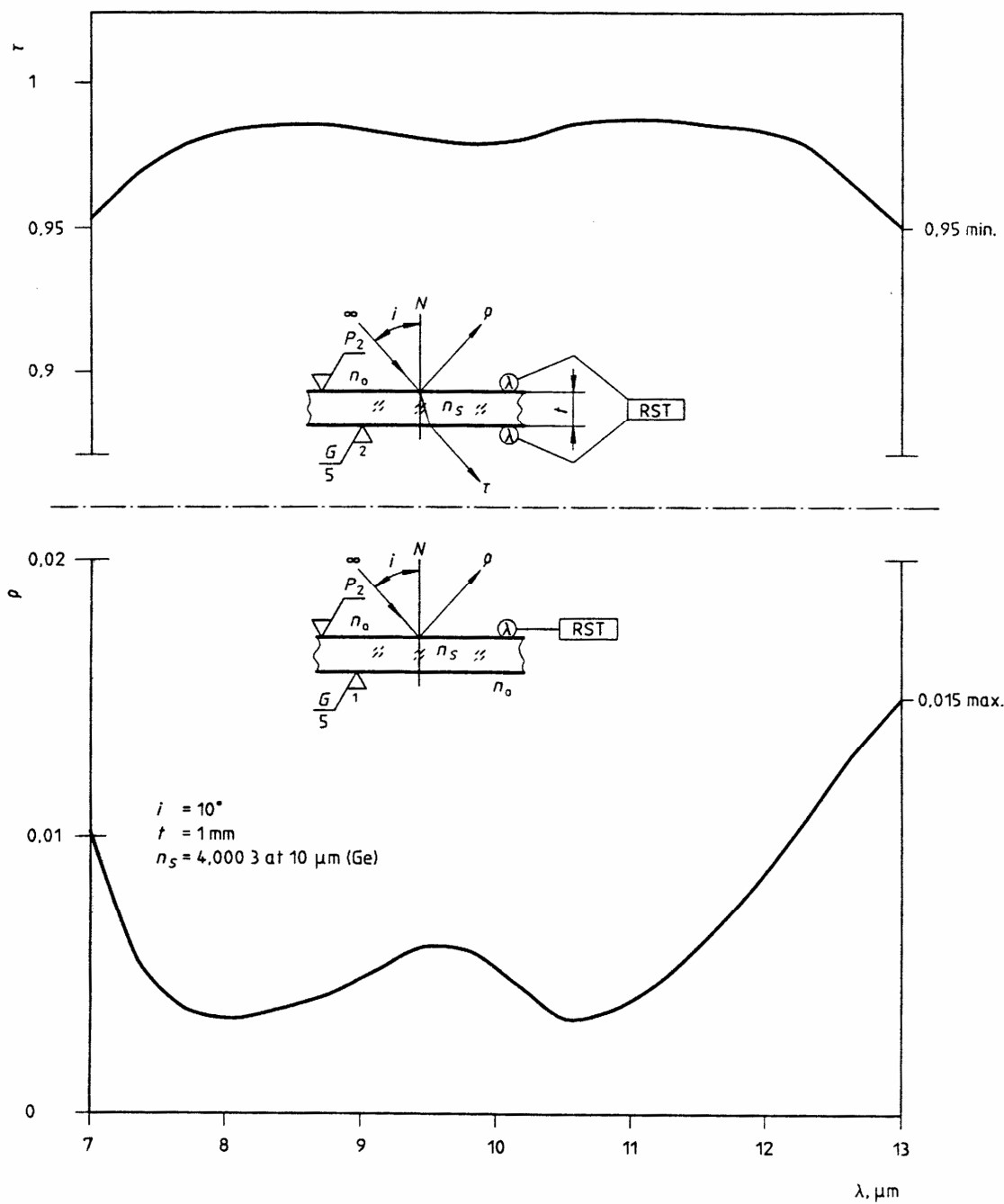
Числовые примеры спектральных графиков (рекомендуемые форматы)

Фигуры В.1...В.4 дают числовые примеры спектральных графиков

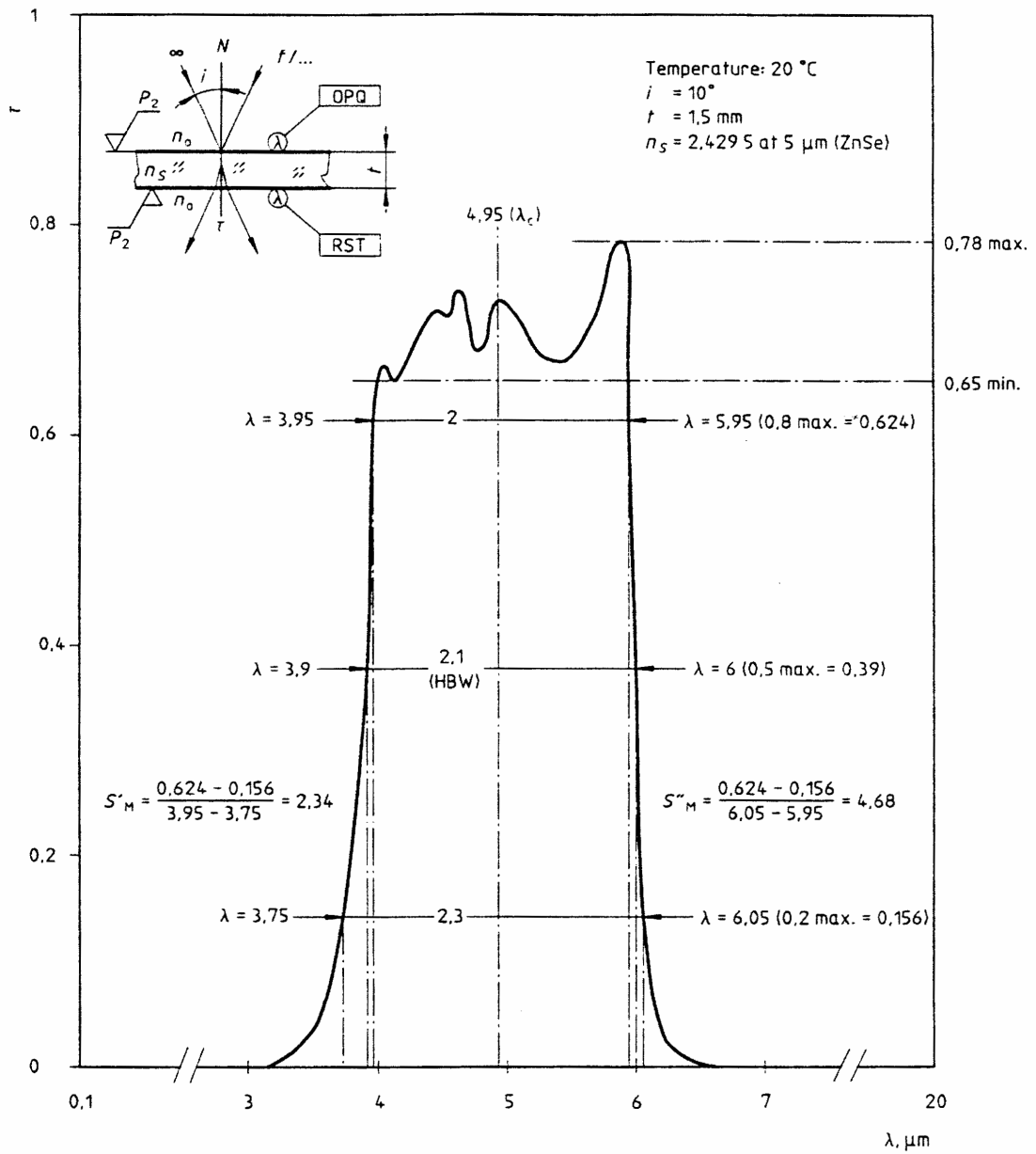


ПРИМЕЧАНИЕ — Величины коэффициента отражения являются измеренными величинами

Фигура В.1 — Функция отражения

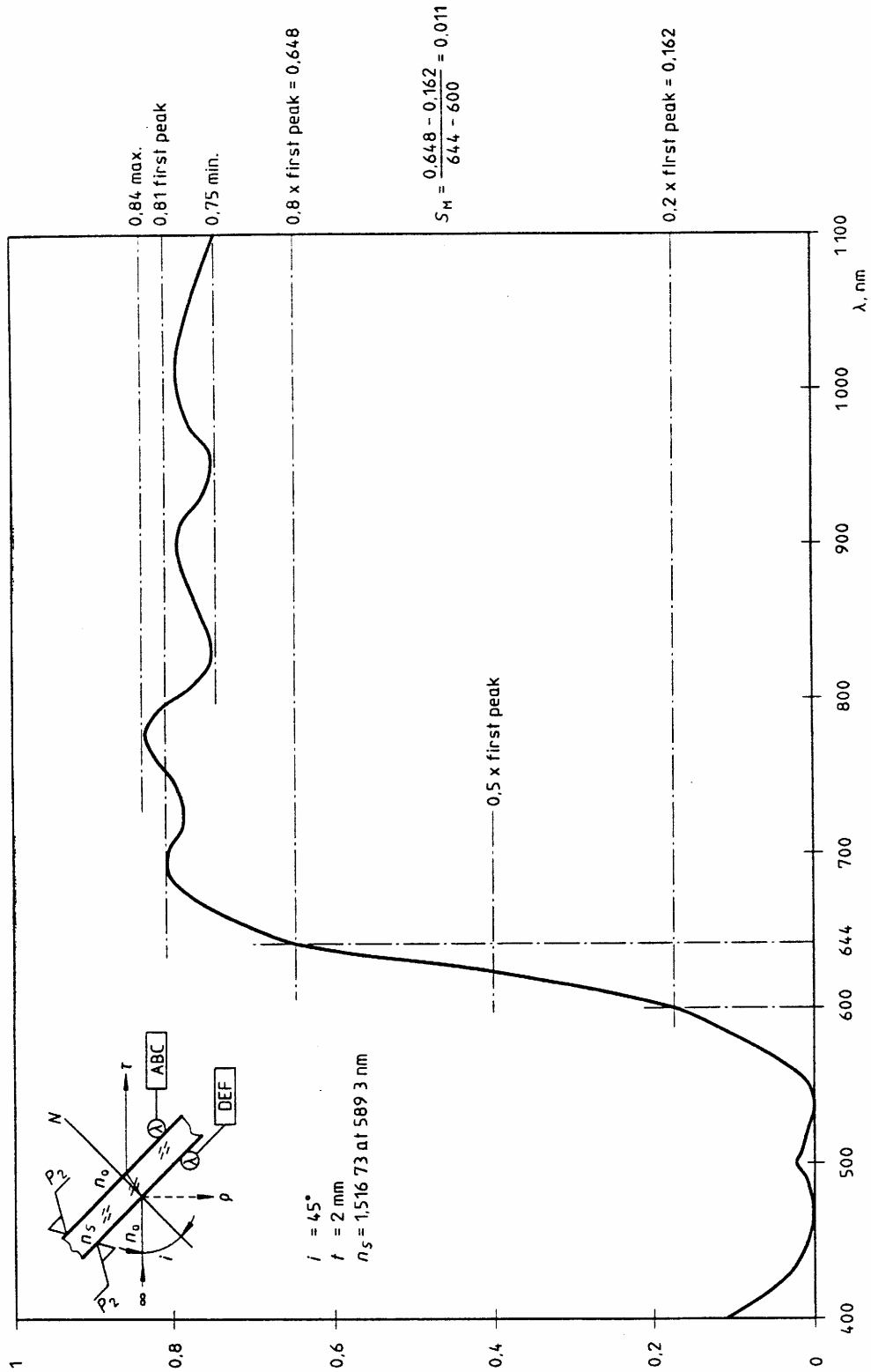


Фигура В.2 — Функция просветления



ПРИМЕЧАНИЕ — Этот график показывает расчеты крутизны краев (S'_m , S''_m)

Фигура В.3 — Функция фильтрации



ПРИМЕЧАНИЕ — Этот график показывает замеры и расчет крутизны края (S_M). Величина крутизны зависит от выбора единиц.

Фигура В.4 — Функция разделения

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
СТАНДАРТ

ISO
9211 – 3

Первое издание
1994-09-01

**Оптика и оптические приборы – Оптические
покрытия –**

Часть 3:

Стойкость к внешним воздействиям

*Optics and optical instruments — Optical coatings —
Part 3: Environmental durability*

*Optique et instruments d'optique — Traitements optiques —
Partie 3: Comportement aux essais d'environnement*



Ссылочный номер
ISO 9211-3: 1994(E)

Предисловие

ISO [the International Organization for Standardization] (Международная организация по стандартизации) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (членов организации ISO). Работа по разработке Международных стандартов обычно выполняется техническими комитетами ISO. Каждый член объединения, интересующийся темой, разработка которой поручена техническому комитету, имеет право сотрудничать с этим комитетом. Международные организации, государственные и негосударственные, связанные с ISO, так же принимают участие в работе. ISO при всех разработках электротехнических стандартов тесно сотрудничает с Международной Электротехнической Комиссией [the International Electrotechnical Commission] (IEC).

Проекты Международных Стандартов, принимаемые техническими комитетами, предъявляются членам организации на согласование. Публикация в качестве Международного стандарта требует одобрения, по крайней мере, 75% членов организации, обладающих правом голоса.

Международный стандарт ISO 9211-3 был разработан Техническим Комитетом ISO/TC172, *Optics and optical instruments* (Оптика и оптические приборы), Подкомитетом SC 3, *Optical materials and components* (Оптические материалы и компоненты).

ISO 9211 состоит из следующих частей, под общим названием *Optics and optical instruments – Optical coatings* (Оптика и оптические приборы – Оптические покрытия):

- *Part 1: Definitions* (Часть 1: Определения)
- *Part 2: Optical properties* (Часть 2: Оптические свойства)
- *Part 3: Environmental durability* (Часть 3: Стойкость к окружающей среде)
- *Part 4: Specific test methods* (Часть 4: Специфические методы испытаний)

Оптика и оптические приборы — Оптические покрытия —

Часть 3:

Стойкость к внешним воздействиям

1 Область применения

ISO 9211 определяет поверхностную обработку компонентов и подложек, исключая офтальмологическую оптику (очки), при применении оптических покрытий, и устанавливает стандартную форму для их характеристики. Он определяет общие характеристики и методы контроля и измерений, когда бы ни требовалось, но не предназначен для определения технологических процессов.

Эта часть ISO 9211 оговаривает категории использования оптических покрытий и оговаривает соответствующие испытания на внешние воздействия. Определения и объем испытаний даны в ISO 9211-1.

2 Ссылка на нормативные документы

Приводимый ниже стандарт содержит положения, которые, из-за ссылки на них в этом тексте, составляют положения этого Международного стандарта. На период публикации указываемые издания были действующими. Все стандарты подвергаются пересмотру, и части, требующие согласования, заложенные в основу этого Международного стандарта, подтверждаются исследованием возможности применения наиболее новейших изданий стандарта, приводимого ниже. Члены ИЕС и ISO ведут журналы учета находящихся в обращении в настоящее время Международных Стандартов.

ISO 9022-1: — ¹⁾, *Optics and optical instruments — Environmental test methods — Part 1: Definitions, extent of testing*. [Оптика и оптические приборы — Методы испытаний на воздействие окружающей среды — Часть 1: Определения, объем испытаний].

ISO 9022-2: — ¹⁾, *Optics and optical instruments — Environmental test methods — Part*

2: Cold, heat, humidity [Оптика и оптические приборы — Методы испытаний на воздействие окружающей среды — Часть 2: Холод, жара, влажность].

ISO 9022-4: — ¹⁾, *Optics and optical instruments — Environmental test methods — Part 4: Salt mist* [Оптика и оптические приборы — Методы испытаний на воздействие окружающей среды — Часть 4: Солевой туман].

ISO 9022-6: — ¹⁾, *Optics and optical instruments — Environmental test methods — Part 6: Dust*. [Оптика и оптические приборы — Методы испытаний на воздействие окружающей среды — Часть 6: Пыль].

ISO 9022-9: — ¹⁾, *Optics and optical instruments — Environmental test methods — Part 9: Solar radiation* [Оптика и оптические приборы — Методы испытаний на воздействие окружающей среды — Часть 9: Солнечная радиация].

ISO 9022-11: — ¹⁾, *Optics and optical instruments — Environmental test methods — Part 11: Mould growth* [Оптика и оптические приборы — Методы испытаний на воздействие окружающей среды — Часть 11: Рост плесневого грибка].

ISO 9022-12: — ¹⁾, *Optics and optical instruments — Environmental test methods — Part 12: Contamination* [Оптика и оптические приборы — Методы испытаний на воздействие окружающей среды — Часть 12: Загрязнение].

ISO 9022-14: — ¹⁾, *Optics and optical instruments — Environmental test methods — Part 14: Dew, hoarfrost, ice* [Оптика и оптические приборы — Методы испытаний на воздействие окружающей среды — Часть 14: Роса, иней, лед].

3. Категории эксплуатации

3.1 Определения категорий

Пять категорий эксплуатации установлены при различных наборах испытаний на воздействие окружающей среды. Требования для каждой категории качественно описаны ниже и оговорены в таблице 1.

Категория А

Эта категория касается области применения, которую следует обычно применять только к компонентам, монтируемым внутри герметичного блока. Эксплуатация при этой категории происходит в защищенной и контролируемой внешней среде и погрузочно-разгрузочная операция должна происходить исключительно с предельным вниманием.

Категория В

Эта категория касается области применения, где компоненты эксплуатируются только при контролируемой внешней среде. Такие области применения могут включать слабое истирание, как происходит при осторожной контролируемой чистке.

Категория С

Эта категория касается области применения, где компоненты эксплуатируются при обычных условиях на открытом воздухе и неконтролируемой чистке без сильного истирания и царапания. Типичной областью применения считаются просветляющие покрытия внешних поверхностей в фотокамерах и биноклях.

Категория D

Эта категория касается области применения, где компоненты должны эксплуатироваться в жестких условиях на открытом воздухе и неконтролируемой чистке с сильным истиранием и царапанием.

Категория О

Эта категория касается области применения, приспособленной к специальным условиям (необязательная).

Требования к покрытиям, как перечислено в таблице 1, обычно не суммируются, а могут контролироваться по отдельности.

3.2 Варианты категорий

Некоторые задаваемые области применения компонентов не точно соответствуют одной из категорий А...D. Рекомендуемый путь для подробного обозначения показать сначала категорию, большее количество требований которой оговаривается. Необычные требования могут затем оговариваться из других категорий.

ПРИМЕР

“Категория С; Истирание, Влажность: Категория В”.

3.3 Условия эксплуатации и Хранения

Температурные характеристики в таблице 1 предназначены в качестве условий хранения. Для некоторых типов покрытий, например полосовых фильтров и точных отрезающих фильтров, может потребоваться, чтобы спектральные допуски сохранялись в пределах определенной области температур. Это должно быть оговорено особо, соответственно требованиям области применения.

3.4 Влияние подложки

Необходимо помнить, что, фактически, существует не покрытие, а целая комбинация покрытие-подложка, которая определяет категорию эксплуатации.

Например, покрытия на стекле, обычно удовлетворяющие категории С, не очень годятся, когда применяются на чувствительных и нестабильных подложках. Это, например, вероятно явно происходит при испытаниях на дождь, растворимость, влажность и соленые брызги.

3.5 Заклеиваемые покрытия

Эта часть ISO 211 не должна применяться к покрытиям, заклеиваемым между поверхностями двух подложек. Стойкость к воздействию внешней среды такой комбинации подложка-покрытие-клей-подложка зависит слишком сильно от свойств клея, а также от таких свойств (относительных), как например теплового расширения, сложенного из двух подложек компонента.

4 Характеристики

Механические и химические свойства покрытого оптического элемента, и более широко его стойкость к внешним воздействиям, могут оцениваться рядом методов. Методы испытания, отобранные по установленным средним характерным результатам фактической выдержки оптических элементов в их рабочей окружающей среде, перечислены в таблице 1. Применение любого перечисленного испытания может быть ограничено подложкой.

Испытания в таблице 1 подразделены по степеням жесткости, где подходит. Жесткость требований испытания возрастает с номером. Описание дает только сокращенную информацию о методе испытания. Полная методика испытания должна браться из соответствующих Международных Стандартов, упоминаемых в таблице 1, или может оговариваться по взаимной договоренности между покупателем и изготовителем.

Отдельное испытание, выполняемое на основе одно-испытание-на-одном-образце, может дать информацию об одном свойстве оптического покрытия, отображаемом этим испытанием, и может быть частным заключением изготовителя. В действительности оптические покрытия противостоят ряду воздействий окружающей среды, которые могут имитироваться определенной последовательностью испытаний. Неизбежно такая последовательность испытаний моделирует суммарные требования. Таблица 2 перечисляет рекомендуемые последовательности испытаний для категорий A...D. Категория O с другой стороны оставляет право

любого выбора. Требования вне любой перечисленной категории в таблице 1 считаются за необязательно используемые в категории O, и являются предметом договора между поставщиком и потребителем

Таблица 1 — Испытания оптических покрытий на воздействие внешней среды

| № | Испытание | Степень жесткости | Описание | Категории эксплуатации | | | | | Ссылка ¹⁾ | | | | | | | | | | |
|-------------|---------------|-------------------|---|------------------------|-----------|----------|---------|------|----------------------|---|---|----|----|--|--|--|--|--|-----------|
| | | | | A | B | C | D | O | | | | | | | | | | | |
| 1 | Истирание | 01 | 50 трений марлей | | x | x | | | ISO9211-4 | | | | | | | | | | |
| | | 02 | 100 трений марлей | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 03 | 20 трений ластиком | | | | x | | | | | | | | | | | | |
| | | 04 | 40 трений ластиком | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Сцепление | 01 | Медленный отрыв | | x | | | | ISO9211-4 | | | | | | | | | | |
| | | 02 | Быстрый отрыв | | | x | x | | | | | | | | | | | | |
| | | 03 | Мгновенный отрыв | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Пыль/песок | | <p>Выдержка в насыщенном пылью воздухе при скорости 8 м/с...10м/с при температуре 18°C...28°C и относительной влажности ниже 25% в течение 6 ч. Концентрация пыли от 5 г/м² до 15 г/м² а распределение размеров частиц пыли приводится в следующей таблице:</p> <p>Распределение размеров частиц пыли</p> <table border="1"> <tr> <td>Размер (µm)</td> <td>140...100</td> <td>100...71</td> <td>71...45</td> <td>< 45</td> </tr> <tr> <td>% (m/m)</td> <td>2</td> <td>8</td> <td>15</td> <td>75</td> </tr> </table> <p>Содержание SiO₂ > 97%</p> | Размер (µm) | 140...100 | 100...71 | 71...45 | < 45 | % (m/m) | 2 | 8 | 15 | 75 | | | | | | ISO9211-6 |
| Размер (µm) | 140...100 | 100...71 | 71...45 | < 45 | | | | | | | | | | | | | | | |
| % (m/m) | 2 | 8 | 15 | 75 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Растворимость | 01 | Погружение в деионизированную воду при температуре 23°C ± 2°C на 6 ч. | | | x | | | ISO9211-4 | | | | | | | | | | |
| | | 02 | Погружение в деионизированную воду при температуре 23°C ± 2°C на 24 ч. | | | | x | | | | | | | | | | | | |
| | | 03 | Погружение в соленую воду (45г NaCl/l при температуре 23°C ± 2°C на 24 ч. | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Влажное тепло | 06 | Выдержка в атмосфере 90%...95% относительной влажности и температуре 55°C ± 2°C в течение 6 ч. | | x | | | | ISO9022-2 | | | | | | | | | | |
| | | 07 | Выдержка в атмосфере 90%...95% относительной влажности и температуре 55°C ± 2°C в течение 16 ч. | | | x | | | | | | | | | | | | | |
| | | 03 | Выдержка в атмосфере 90%...95% относительной влажности и температуре 40°C ± 2°C в течение 10 суток | | | | x | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Холод | 05 | Выдержка при температуре -25°C ± 3 °C в течение 16 ч. | x | | | | | ISO9022-2 | | | | | | | | | | |
| | | 07 | Выдержка при температуре -35°C ± 3°C в течение 16 ч. | | x | x | | | | | | | | | | | | | |
| | | 09 | Выдержка при температуре -55°C ± 3°C в течение 16 ч. (скорость изменения температуры должна быть меньше чем 3°C/мин) | | | | x | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Сухое тепло | 03 | Выдержка в атмосфере при температуре 55°C±2°C (относительная влажность меньше 40%) в течение 16 ч. | x | | | | | ISO9022-2 | | | | | | | | | | |
| | | 05 | Выдержка в атмосфере при температуре 70°C±2°C (относительная влажность меньше 40%) в течение 6 ч. | | x | x | | | | | | | | | | | | | |
| | | 06 | Выдержка в атмосфере при температуре 85°C±2°C (относительная влажность меньше 40%) в течение 6 ч. (скорость изменения температуры должна быть меньше чем 5°C/мин) | | | | x | | | | | | | | | | | | |

| № | Испытание | Степень жесткости | Описание | Категории эксплуатации | | | | | Ссылка ¹⁾ |
|------|---------------------------------|-------------------|---|------------------------|---|---|---|---|-------------------------|
| | | | | A | B | C | D | O | |
| 8 | Медленное изменение температуры | 02 05 07 | от $-25^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ до $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ от $-35^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ до $63^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ от $-50^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ до $70^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ скорость изменения температуры в испытательной камере между $0,2^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ и $2^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ | | x | x | x | | ISO9022-2 |
| 9 | Солевой туман | | Выдержка в тумане солевых брызг при температуре $35^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ в течение 24 ч. Раствор соли (концентрация: $5\% \pm 1\%$, pH 6,5...7,2) впрыскивается сжатым воздухом ($0,4 \times 10^5 \text{ Па} \dots 1,7 \times 10^5 \text{ Па}$) со скоростью выпадения $0,5 \text{ мл/ч}$ на 80 см^2 | | | | x | | ISO9022-4 ²⁾ |
| 10 | Солнечная радиация | | Выдержка при облучении в деозонированной атмосфере при температуре от $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ до $55^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ в течение 72ч. Облученность на поверхности образца $1 \text{ кВт}/\text{м}^2 \pm 0,1 \text{ кВт}/\text{м}^2$ Источник излучения и спектральное распределение энергии должно быть в соответствии с таблицей 1 ISO9022-9 | | | | | | ISO9022-9 |
| 11 | Обледенение/обмерзание | | Выдержка при следующих атмосферах в последовательности: Шаг 1 Исходная температура: $-15^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ Шаг 2 Температура обледенения /обмерзания: $-5^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ Шаг 3 Температура плавления и влажность: $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ и относительная влажность $80\% \dots 95\%$ | | | | | | ISO9022-14 |
| 12 | Химическая стойкость | | Погружение в следующие среды при соответствующих испытаниях: | | | | | | ISO9022-12 |
| 12-1 | Растворение в кислоте | | 1) Серная кислота (H_2SO_4) 2) Азотная кислота (HNO_3) | | | | | | |
| 12-2 | Растворение в щелочи | | 1) Гидроксид калия (KOH) | | | | | | |
| 12-3 | Растворитель | | 1) Ацетон (CH_3COCH_3) 2) Этанол ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) | | | | | | |
| 12-4 | Кипящая вода | | Деионизированная вода в точке кипения. Время погружения, концентрация и температура испытательных сред должны оговариваться соответственно функции и области применения используемого покрытия (см. ссылку) | | | | | | |

| № | Испытание | Степень жесткости | Описание | Категории эксплуатации | | | | | Ссылка ¹⁾ |
|---|-----------------------------------|-------------------|---|------------------------|---|---|---|---|----------------------|
| | | | | A | B | C | D | O | |
| 13 | Образование ³⁾ плесени | 01 | Брызги споровой суспензии Число спор в суспензии: 1 000 000/мл ± 200 000/мл Температура и условия влажности: 29°C±1°C, относительная влажность 96%±2% Число спор в испытываемой точке поверхности: 15 000/см ² ± 3 000/см ² Длительность испытания: 28 суток Испытание на плесень оговаривается | | | | | | ISO9022-11 |
| 14 | ⁴⁾ | | | | | | | | |
| <p>1) Упомянутые Международные Стандарты стандартизируют методы испытания, если не указывается другое</p> <p>2) Только метод испытания: величины различаются.</p> <p>3) Образование плесени: сопротивление покрытия к повреждениям плесенью должно быть оговорено, предотвращения от плесени нет.</p> <p>4) Могут потребоваться дополнительные испытания на стойкость для специальных областей применения, таких как: на воздействие дождя/эрозии, истирание суспензией песка, корродирующих газов, жидкостей и прочее.</p> | | | | | | | | | |

Таблица 2 — Примеры рекомендуемых последовательностей испытаний

| Категория | Требования (N ₀) из таблицы 1 | | | | | | | |
|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 7 | 6 | 6 | 8 | 5 | 1 | | |
| A | 7 | 6 | | | | | | |
| B | 2 | 7 | 6 | 8 | 5 | 1 | | |
| C | 2 | 7 | 6 | 4 | 8 | 5 | 1 | |
| D | 2 | 7 | 6 | 8 | 5 | 4 | 1 | 9 |
| O | | | | | | | | |

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
СТАНДАРТ

ISO
9211 – 4

Первое издание
1994-12-15

**Оптика и оптические приборы –
Оптические покрытия –**

**Часть 4:
Специфические методы испытаний**

Optics and optical instruments — Optical coatings —

Part 4: Specific test methods

Optique et instruments d'optique — Traitements optiques —

Partie 4: Methodes d'essai spécifiques



Ссылочный номер
ISO 9211-4: 1996(E)

Предисловие

ISO [the International Organization for Standardization] (Международная организация по стандартизации) является всемирной федерацией национальных организаций по стандартизации (членов организации ISO). Работа по разработке Международных стандартов обычно выполняется техническими комитетами ISO. Каждый член объединения, интересующийся темой, разработка которой поручена техническому комитету, имеет право сотрудничать с этим комитетом. Международные организации, государственные и негосударственные, связанные с ISO, так же принимают участие в работе. ISO при всех разработках электротехнических стандартов тесно сотрудничает с Международной Электротехнической Комиссией [the International Electrotechnical Commission] (IEC).

Проекты Международных Стандартов, принимаемые техническими комитетами, предъявляются членам организации на согласование. Публикация в качестве Международного стандарта требует одобрения, по крайней мере, 75% членов организации, обладающих правом голоса.

Международный стандарт ISO 9211-4 был разработан Техническим Комитетом ISO/TC172, *Optics and optical instruments* (Оптика и оптические приборы), Подкомитетом SC 3, *Optical materials and components* (Оптические материалы и компоненты).

ISO 9211 состоит из следующих частей, под общим названием *Optics and optical instruments – Optical coatings* (Оптика и оптические приборы – Оптические покрытия):

- *Part 1: Definitions (Часть 1: Определения)*
- *Part 2: Optical properties (Часть 2: Оптические свойства)*
- *Part 3: Environmental durability (Часть 3: Стойкость к окружающей среде)*
- *Part 4: Specific test methods (Часть 4: Специфические методы испытания)*

Приложение А образует неотъемлемую часть этой части ISO 9211. Приложение В дается только для информации.

Оптика и оптические приборы — Оптические покрытия —

Часть 4:

Специфические методы испытаний

1 Область применения

ISO 9211 определяет поверхностную обработку компонентов и подложек, исключая офтальмологическую оптику (очки), при применении оптических покрытий, и устанавливает стандартную форму для их характеристики. Он определяет общие характеристики и методы испытаний и измерений, когда бы ни требовалось, но не предназначен для определения технологических процессов.

Эта часть ISO 9211 описывает специфические методы испытаний при испытаниях на стойкость покрытий к внешним воздействиям, которые приводятся в ISO 9211-3, но не описываются в других нормативных документах.

2 Ссылка на нормативные документы

Следующие стандарты содержат положения, которые, из-за ссылки на них в этом тексте, составляют положения этой части ISO 9211. На период публикации указываемые издания были действующими. Все стандарты подвергаются пересмотру, и части, требующие согласования, заложенные в основу этой части ISO 9211, подтверждаются исследованием возможности применения более новейших изданий стандартов, приводимых ниже. Члены IEC и ISO ведут журналы учета находящихся в обращении в настоящее время Международных Стандартов.

ISO 48: 1994, *Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of hardness (hardness between 10 IRHD and 100 IRHD)* [Резина, вулканизированная или термопластическая — Определение твердости (твердость между 10 IRHD и 100 IRHD)].

ISO 9022-1: 1994, *Optics and optical instruments — Environmental test methods — Part 1: Definitions, extent of testing*. [Оптика и оптические приборы — Методы испытаний на воздействие окружающей среды — Часть 1: Определения, объем испытания].

ISO 10110-7: 1996, *Optics and optical instruments — Preparation of drawings for optical elements and systems — Part 7: Surface imperfection tolerances* [Оптика и оптические приборы — Правила оформления чертежей оптических элементов и систем — Часть 7: Допуски на дефекты оптических поверхностей].

3 Условия испытаний

Перед и после проведения любого контроля или испытания покрытого образца (компонента или образца-свидетеля), образец должен быть тщательно почищен насколько необходимо для устранения грязи, отпечатков пальцев, пятен и прочее.

4 Испытания на стойкость к истиранию

Целью этих испытаний является оценка того, насколько оптические и механические свойства оптических покрытий на компонентах и подложках нарушаются, когда подвергаются специфическому режиму истирания при окружающих атмосферных условиях в соответствии с ISO9022-1.

4.1 Условия испытаний

4.1.1 Общие положения

Испытания на истирание должны проводиться, используя прибор для испытания покрытий на истирание, удовлетворяющий требованиям этого пункта и в особенности пунктам 4.1.2, 4.1.3 и 4.2. Длина размаха испытательного прибора должна быть приблизительно 20 мм, когда позволяют размеры образца. Размах определяется как один проход в одном направлении на поверхности, подвергающейся испытанию. Испытательный прибор должен эксплуатироваться в циклическом режиме. Цикл определяется как один проход в одном направлении, затем обратный проход в обратном направлении. Щуп испытательного прибора должен располагаться приблизительно перпендикулярно к поверхности, подвергаемой испыта-

нию в период проведения операции трения. Образец должен быть закреплен таким образом, чтобы он не скользил во время проведения испытания.

4.1.2 Испытание на умеренное истирание

Трущий щуп прибора для испытаний на истирание должен быть обернут прокладкой из чистой, сухой, постиранной и отутюженной марли из хлопка приблизительно толщиной 5 мм при ширине 10 мм. Марля должна быть неотбеленной, основа должна иметь 41...47 нитей на длине 25мм, а набивка должна иметь 33...39 нитей на длине 25 мм. Суммарное число нитей в квадрате 25мм x 25мм должно быть 76...84.

4.1.3 Испытание на интенсивное истирание

Трущий щуп прибора для испытаний на истирание должен быть скреплен со стандартной резинкой, соответствующей приложению А. Резинка должна быть вправлена в оправку таким образом, чтобы открытая длина не превышала 3мм.

Допускается чистка резинки чистым полотенцем, но растворители использоваться не должны. К тому же резинка может быть доведена до кондиции, соответствующей стандарту, трением ее поперек чистой стеклянной поверхности, несколько изнашиваясь из-за трения, если имеется подозрение на внедрение в нее инородный материал.

4.2 Формирование заданных условий (Метод формирования заданных условий 01: Истирание)

Категории жесткости для метода формирования заданных условий 01 приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Категории жесткости для метода формирования заданных условий 01: Истирание

| Категория жесткости | 01 | 02 | 03 | 04 |
|---------------------|-------|-------|---------|---------|
| Шлифовальный | Марля | Марля | Резинка | Резинка |
| Число проходов | 50 | 100 | 20 | 40 |
| Усилие | 5Н±1Н | 5Н±1Н | 10Н±1Н | 10Н±1Н |

4.3 Восстановление

После проведения операции трения образец должен быть почищен, как описывается в пункте 3.

4.4 Оценка

Пленка на образце должна быть проконтролирована визуально в отраженном и/или проходящем свете, невооруженным глазом, для оценки физических повреждений покрытия. Контроль должен проводиться с использованием метода, оговариваемого в приложении В, или в соответствии с ISO 10110-7, или он должен быть согласован между поставщиком и потребителем. Используемый метод должен быть сформулирован. Покрытие не должно обнаруживать любых свидетельств повреждения, таких как истирание или удаление покрытия. Если легкая ласина или царапина видна и марля или резинка и/или покрытие подозреваются в наличии внедренного в них чужеродного материала, то повторно испытывается другая область поверхности, с использованием свежей марлевой прокладки или резинки.

5 Испытания на прилипание

Целью этих испытаний является оценка того, насколько механические свойства оптических покрытий на компонентах и подложках нарушаются, когда подвергаются специфическим условиям напряжений сжатия или сдвига при окружающих атмосферных условиях в соответствии с ISO9022-1.

5.1 Условия испытаний

Чувствительная к нажатию клейкая лента, используемая для этих испытаний, должна быть прозрачной по цвету с прочностью прилипания, по крайней мере, 9,8 Н на ширине 25 мм. Она должна быть шириной 12...13 мм. Она не должна обнаруживать повреждений и должна обладать способностью разматываться с катушки при нормальной величине скорости без обнаружения признаков как отлипания клея, так и слипания клея или стягивания клея, а также разрывов или расслоения подложки ленты. Лента должна быть свободной от малейших пятен отсутствия клея или инородных частиц или любого дефекта, который может повлиять на эксплуатационную надежность или внешний вид.

5.2 Формирование заданных условий

(Метод формирования заданных условий 02: Прилипание)

Степени интенсивности для метода паспортизации 02 приводятся в таблице 2.

5.2.1 Приложить приблизительно 25 мм ленты к покрытой поверхности, когда размеры образца позволяют, с достаточным остатком ленты для уверенного схватывания большим и указательным пальцем.

5.2.2 Прижать ленту крепко к покрытой поверхности. Потереть поверхность ленты, не имеющую клея, пальцем для гарантированного прочного контакта с образцом и для устранения любых пузырьков, которые могут присутствовать.

5.2.3 Не прилагать ленту в пределах 2 мм от любого ободка образца, если не задано другое в соответствующих технических условиях (см. 6.3 ISO 9211-1: 1994 для определения “ободок”).

5.2.4 Держать образец крепко в одной руке, с одним концом ленты, который имеется вне области подвергаемой испытанию, в другой руке.

5.2.5 Удалить ленту под прямым углом к покрытой поверхности с одной из скоростей, указываемых в таблице 2.

Таблица 2 — категория жесткости метода формирования заданных условий 02: Прилипание

| Степень интенсивности | 01 | 02 | 03 |
|---|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| Скорость удаления ленты | Медленная (≈ 2с...3с на 25 мм) | Быстрая (≈ 1с на 25 мм) | Мгновенная (≪ 1с на 25 мм) |
| Примечание – “Мгновенная” скорость удаления имеет отношение к мгновенному действию запястья и пальцев | | | |

5.3 Восстановление

Нельзя чистить образец раньше операции оценки.

5.4 Оценка

Пленка на образце должна быть проконтролирована визуально в отраженном и/или проходящем свете, невооруженным глазом, для оценки удаления покрытия. Контроль должен проводиться используя метод, оговариваемый в приложении В, или в соответствии с ISO 10110-7, или он должен быть согласован между поставщиком и потребителем. Используемый метод должен быть сформулирован. Покрытие не должно обнаруживать любых признаков удаления покрытия.

Если не требуется иное в соответствующих технических условиях, то визуальные изменения цвета покрытия, такие как окрашенные пятна, мазки, полосы или помутнения, должны допускаться, если образец соответствует оптическим и иным требованиям по стойкости к внешним воздействиям соответствующих технических условий.

6 Испытания на растворимость

Целью этих испытаний является оценка того, насколько оптические и механические эксплуатационные характеристики оптических покрытий на компонентах и подложках нарушаются после погружения в дистиллированную или деионизированную воду или водный раствор соли.

6.1 Условия испытаний

6.1.1 Сосуд для испытаний должен быть из стекла или керамики, объемом, адекватным полному погружению испытуемой (-емых) детали (-лей).

6.1.2 Образец (-зцы) должен держаться в сосуде для испытаний с помощью держателя образца, изготавливаемого из нереактивного материала, такого как политетрафлуорэтилен (ПТФЭ) [PTFE] или ацеталевый полимер.

6.1.3 Вода, используемая для испытаний, должна быть дистиллированной или деионизированной; ее удельное сопротивление должно быть равным или больше чем 0,2 МОм·см при температуре 23°C ± 2°C.

6.1.4 Величина pH воды или солевого раствора должна быть между 6,5 и 7,2, измеряемой при температуре 23°C ± 2°C. Только разбавленный раствор химически чистой соляной кислоты или химически чистой гидроокиси натрия (едкого натра) должен быть использован при выверке pH. Величина pH должна измеряться или электрометрически посредством стеклянного электрода или колориметрически, используя бромотимол голубой в качестве индикатора.

6.1.5 Водный раствор соли должен приготавливаться растворением хлорида натрия (поваренной соли) в воде при комнатной температуре до получения концентрации 45 г/л. Хлорид соли не должен содержать более чем 1% суммарно примесей.

6.2 Формирование заданных условий (Метод формирования заданных условий 03: Растворимость)

Категории жесткости метода формирования заданных условий 03 приводятся в таблице 3.

Таблица 3 Категории жесткости метода формирования заданных условий 03: Растворимость

| Категория жесткости | 01 | 02 | 03 |
|---------------------|--|--|--------------|
| Время выдержки | 6 ч | 24 ч | 24 ч |
| Раствор | Дистиллированная или деионизированная вода | Дистиллированная или деионизированная вода | Соленая вода |

6.3 Восстановление

После погружения образцы, подвергаемые испытанию на растворимость водой, должны быть высушены мягкой чистой тряпочкой. Образцы, подвергаемые испытанию на растворимость солевым раствором, должны быть осторожно промыты в дистиллированной или деионизированной воде не теплее чем 38°C для удаления отложений соли. Затем образцы должны быть высушены мягкой чистой тряпочкой или отфильтрованным сухим азотом.

6.4 Оценка

Пленка на образце должна быть проконтролирована визуально в отраженном и/или,

проходящем свете, невооруженным глазом для оценки отслаивания, шелушения, растворения или вздутия. Контроль должен проводиться с использованием метода, оговариваемого в приложении В, или в соответствии с

ISO 10110-7, или он должен быть согласован между поставщиком и потребителем. Используемый метод должен быть сформулирован. Покрытие не должно обнаруживать любых признаков физического повреждения.

Если не требуется иное в соответствующих технических условиях, то визуальные изменения цвета покрытия, такие как окрашенные пятна, мазки, полосы или помутнения, должны допускаться, если образец соответствует оптическим и иным требованиям по стойкости к внешним воздействиям соответствующих технических условий.

7 Код испытания на стойкость к внешним воздействиям

Код испытания покрытия на стойкость к внешним воздействиям должен быть оформлен следующим образом:

Испытание покрытия на стойкость к внешним воздействиям ISO 9211-4 -XX -xx

Название _____

Базовый номер ISO _____

Метод паспортизации _____

Степень интенсивности _____

Приложение А (нормативное)

Резинка (резиновая пемза) для испытания оптических покрытий

Это приложение определяет требования к резинке, используемой для испытания стойкости к истиранию оптических покрытий

А.1 Материал

Резинка ¹⁾ должна быть однородной смесью резины и абразива, образующейся в процессе прессования. Она должна состоять из не менее чем 15% по весу пемзы. Весь абразив должен быть тонко смолот так, чтобы 100% проходило через сито с отверстиями 45µm. Композиция не должна содержать любой ингредиент, который может оставлять осадок на поверхности, подвергаемой испытанию, что будет смазывать последующие результаты в ходе проведения испытаний.

А.2 Твердость

Отделанная резинка должна иметь международную степень твердости к истиранию (IRHD) в соответствии с ISO 48 75 ± 5 на обоих концах.

А.3 Ускоренное старение

Резинка должна обнаруживать изменение твердости не более, чем на 10 пунктов после пребывания в колорифере в течение семи суток при температуре 70°C±2°C.

А.4 Форма и размер

Диаметр резинки должен быть от 6,5 мм до 7 мм. Она должна быть достаточно длинной для надежного крепления в приборе для испытания на истирание с выступанием не более чем 3 мм.

А.5 Качество

Резинка должна быть свободной от любых достаточно больших полостей, трещин, порезов или инородных частиц, которые могут неблагоприятно влиять на ее использование

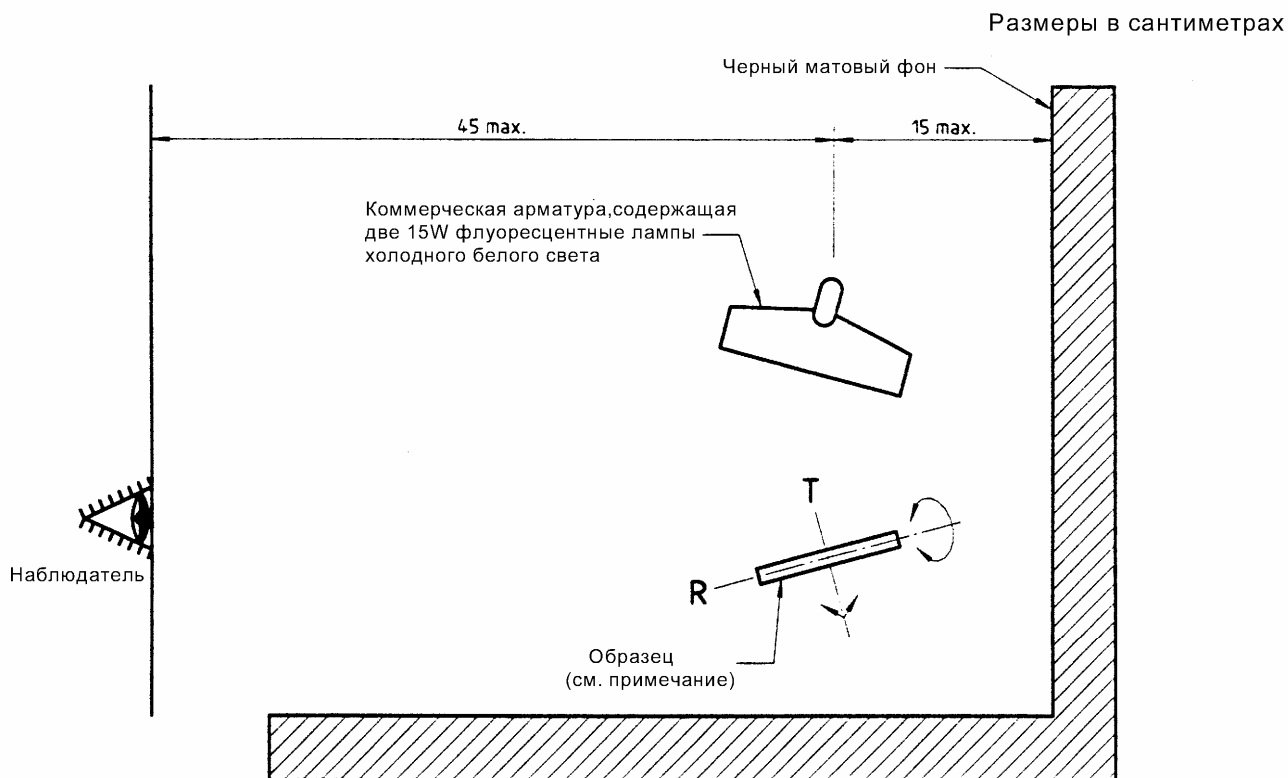
1) Резинки, изготавливаемые с такими требованиями, имеются в распоряжении фирмы Summerte Laboratories, P.O. Box 162, Fort Washington, PA 19034, USA. Эта информация предназначена для удобства потребителей этой части ISO9211 и не может служить узаконенным подтверждением через ISO этого источника поставки. Эквивалентные резинки могут быть предоставлены в распоряжение и других источников, и могут быть использованы в качестве предмета договора между поставщиком и потребителем.

Приложение В (информационное)

Визуальный контроль оптических покрытий

Визуальный контроль оптических покрытий при этом методе должен производиться, используя две 15 W флуоресцентные лампы холодного белого света в качестве источника света. Дистанция наблюдения от покрытой поверхности до глаза не должна превышать 45 см. Покрытая поверхность должна

наблюдаться напротив черного матового фона. Единственным освещением в области контроля должно быть освещение от источника света, используемого при контроле. Этот метод контроля изображен на фигуре В.1.



ПРИМЕЧАНИЕ — Образец наклоняется на подходящий угол для наблюдения покрытой поверхности (R = наблюдение в отраженном свете, T = наблюдение в проходящем свете).

Фигура В.1 — Метод контроля