ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р МЭК 60793-1-20— 2012

Волокна оптические
Часть 1-20

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

Геометрия волокна

IEC 60793-1-20:2001
Optical fibres – Part 1-20:
Measurement methods and test procedures – Fibre geometry

(IDT)

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2014

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 ПОДГОТОВЛЕН Открытым акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт кабельной промышленности» (ОАО «ВНИИКП») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 46 «Кабельные изделия»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 сентября 2012 г. № 339-ст

4 Настоящий стандарт идентичен международному стандарту МЭК 60793-1-20:2001 «Волокна оптические. Часть 1-20. Методы измерений и проведение испытаний. Геометрия волокна» (IEC 60793-1-20:2001 «Optical fibres – Part 1-20: Measurement methods and test procedures – Fibre geometry»).

При применении настоящего стандарта рекомендуется использовать вместо ссылочного международного стандарта соответствующий ему национальный стандарт Российской Федерации, сведения о котором приведены в дополнительном приложении ДА

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок – в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске 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 (gost.ru)

© Стандартинформ, 2014

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Обзор методов 1
4 Определения 2
5 Эталонный метод испытаний 2
6 Испытательное оборудование 3
7 Отбор и подготовка образцов 3
8 Проведение испытаний 3
9 Расчеты 3
10 Результаты 3
11 Информация, указываемая в технических условиях на волокно 3
Приложение А (обязательное) Требования, относящиеся к методу А. Преломление в ближнем поле 4
Приложение В (обязательное) Требования, относящиеся к методу В. Поперечная интерференция 7
Приложение С (обязательное) Требования, относящиеся к методу С.Распределение света в ближнем поле 11
Приложение D (обязательное) Требования, относящиеся к методу D. Механическое измерение диаметра 16
Приложение ДА (справочное) Сведения о соответствии ссылочного международного стандарта национальному стандарту Российской Федерации 18
Библиография 19

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Волокна оптические
Часть 1-20

МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

Геометрия волокна

Optical fibres. Part 1-20. Measurement methods and test procedures. Fibre geometry

Дата введения – 2013—07—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает единые требования для измерений геометрических характеристик оптических волокон, не имеющих покрытия.

Геометрические характеристики оптических волокон, не имеющих покрытия, являются основными параметрами, и их знание необходимо для выполнения ряда действий, таких как выработка особенностей обращения, сращивание, разработка соединительных муфт, формирование кабеля, проведение измерений.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использована нормативная ссылка на следующий международный стандарт:

МЭК 61745 (1998) Калибрование испытательных установок для геометрии оптических волокон. Методики анализа торцевого изображения (IEC 61745, End-face image analysis procedure for the calibration of optical fibre geometry test sets)

3 Обзор методов

В настоящем стандарте приведены четыре метода измерений геометрических характеристик волокна (таблица 1), которые имеют наименования по следующим параметрам:

- диаметр оболочки;
- некруглость оболочки;
- диаметр сердцевины (только для волокна категории А);
- некруглость сердцевины (только для волокна категории А);
- неконцентричность сердцевины и оболочки;
- теоретическая числовая апертура (факультативно — только для волокна категории А).

Таблица 1 – Методы измерений

Метод	Определяемые характеристики	Тип измеряемого волокна	Ранее действовавшее обозначение
A Преломление в ближнем поле	Все	Все A и B [a), b)]	МЭК 60793-1-A1A
B Поперечная интерференция	Диаметр сердцевины, некруглость сердцевины и теоретическая числовая апертура	Все A [b)]	МЭК 60793-1-A1B
C Распределение света в ближнем поле	Все, кроме теоретической числовой апертуры	A1, A2, A3, все B [c)]	МЭК 60793-1-A2
D Механическое измерение диаметра	Только диаметр оболочки и некруглость оболочки	Все [d)]	МЭК 60793-1-A4

[a)] Диаметр сердцевины одномодовых волокон не нормируют.

[b)] Измерения диаметра сердцевины и максимальной теоретической числовой апертуры волокон типа A1 также могут быть проведены этим методом.

Издание официальное

Окончание таблицы 1

[c] Метод единичного сканирования ближнего поля может использоваться для определения диаметра поперечного сечения сердцевины волокон типа А1. Это значение диаметра поперечного сечения может отличаться от диаметра сердцевины, определенного методом С вследствие влияния некруглости сердцевины. Значение некруглости сердцевины может быть определено сканированием по многим осям. [d] На практике для ровных и главным образом кольцеобразных волокон метод D дает аналогичный результат тому, который получают при использовании методов А, В и С в случаях с определением некруглости волокна.

Общая информация для всех четырех методов приведена в разделах 2—10, а информация, относящаяся к каждому отдельному методу, приведена в приложениях А, В, С и D соответственно.

4 Определения

В настоящем стандарте применены следующие определения.

4.1 эталонная поверхность (reference surface): Поверхность, указанная в технических условиях на волокно, которая может быть поверхностью сердцевины или оболочки.

4.2 неконцентричность сердцевины (core concentricity error): Расстояние между центром оболочки и:

- центром профиля ближнего поля для волокон категории В;
- центром сердцевины для волокон категории А.

4.3 диаметр сердцевины многомодового волокна категории А (core diameter of category A multimode fibre) определяют через профиль показателя преломления как диаметр, проходящий через центр сердцевины и пересекающий профиль показателя в точках n_3:

$$n_3 = n_2 + k\,(n_1 - n_2), \qquad (1)$$

где n_2 — показатель преломления однородной оболочки;

n_1 — максимальный показатель преломления;

k — константа, обычно называемая «коэффициент k».

Профиль показателя преломления может быть измерен методами измерения профиля, такими как метод преломления в ближнем поле (RNF) или метод поперечной интерферометрии (TI), или измерением ближнего поля полностью освещенной сердцевины, таким как измерение переходного ближнего поля (TNF).

Рекомендуется использовать графическую аппроксимацию одновременно с построением профиля показателя преломления и измерением переходного ближнего поля для повышения точности измерения диаметра сердцевины.

Примечания

1 Обычно принимают k = 0,025 для методов построения профиля с использованием аппроксимации или для метода TNF без использования аппроксимации, и k = 0 для метода TNF с использованием аппроксимации.

2 Для волокон с профилями показателей преломления, которые имеют область постепенного перехода на границе сердцевина/оболочка: k = 0,05 для метода TNF без использования аппроксимации; k = 0 для метода TNF с использованием аппроксимации.

3 Для волокон категории В центр сердцевины определен как центр профиля ближнего поля, а не центр профиля показателя преломления. Границу сердцевины не определяют. Вместо этого определяют диаметр модового поля, который указывают в технических условиях на волокно.

5 Эталонный метод испытаний

Эталонный метод испытаний (RTM), который должен использоваться при разрешении спорных вопросов, зависит от категории волокна:

- волокна категории А: метод С.

Примечание – Характеристики сердцевины волокна категории А определяют через профиль показателя преломления, который измеряют методом А. Метод С используют при разрешении спорных вопросов, связанных с диаметром оболочки, некруглостью оболочки и неконцентричностью сердцевины и оболочки волокон категории А;

- волокна категории В: метод С.

6 Испытательное оборудование

В приложениях A, B, C и D приведены схематичные изображения и другие требования к испытательному оборудованию для методов A, B, C и D соответственно.

7 Отбор и подготовка образцов

7.1 Длина образца

См. приложения A, B, C и D соответственно.

7.2 Торцевая поверхность образца

Для проведения испытаний методами A и C на входном и выходном концах каждого образца подготавливают чистые плоские торцевые поверхности, перпендикулярные оси волокна. Неперпендикулярность торцевой поверхности влияет на точность измерений. Рекомендуется проводить измерения при торцевых углах менее 1°.

В разделе C.2 приведены более подробные требования к торцевым поверхностям при использовании метода C.

Так как при методе D используют только боковые поверхности, то при применении данного метода особых требований к торцевой поверхности не предъявляют.

8 Проведение испытаний

Для калибровки используют порядок проведения испытаний, указанный в МЭК 61745. В приложениях A, B, C и D установлен порядок проведения испытаний для методов A, B, C и D соответственно.

9 Расчеты

Расчеты – по приложениям A, B, C и D для методов A, B, C и D соответственно.

10 Результаты

По каждому измерению должна предоставляться следующая информация:
- дата и наименование измерения;
- идентификация и описание образца;
- результаты измерений для каждого указанного параметра (см. соответствующее приложение).

По требованию должна предоставляться следующая информация:
- используемый метод измерений: A, B, C или D;
- длина образца;
- схема измерительной установки;
- подробная информация об измерительном оборудовании (см. соответствующее приложение);
- относительная влажность и температура окружающей среды во время измерений;
- информация о последней калибровке.

11 Информация, указываемая в технических условиях на волокно

Технические условия на волокно должны содержать следующую информацию:
- тип измеряемого волокна;
- критерии отбраковки или приемки;
- информацию, предоставляемую в отчете;
- любые отклонения от установленного порядка проведения испытаний.

Приложение А
(обязательное)

Требования, относящиеся к методу А. Преломление в ближнем поле

Измерение по методу преломления в ближнем поле прямо определяет изменение показателя преломления волокна в его поперечном сечении (сердцевина и оболочка). Метод может быть калиброван для получения абсолютных значений показателя преломления. Он может использоваться для получения профилей как одномодовых, так и многомодовых волокон.

А.1 Оборудование

Схематичные изображения испытательного оборудования приведены на рисунках А.1 и А.2.

А.1.1 Источник

Используют стабильный лазер мощностью несколько миллиВатт в поперечной магнитной моде в отсутствие внешних электрических и магнитных полей ($E = 0$, $H = 0$).

Может использоваться гелий-неоновый лазер длиной волны 633 нм с применением поправочного коэффициента к результатам экстраполяции на разных длинах волн.

Для изменения поляризации луча с линейной на круговую используют пластинку в четверть длины волны, так как отражательная способность света на границе раздела воздух – стекло значительно зависит от угла падения и поляризации.

При необходимости в фокус линзы 1 (рисунок А.2) помещают пространственный фильтр, например диафрагму с отверстием малого диаметра.

А.1.2 Оптика ввода излучения

Оптику ввода излучения располагают так, чтобы превысить числовую апертуру волокна. Это позволит сфокусировать луч света на торцевой поверхности волокна. Отклонение оптической оси луча света от оси волокна должно быть не более 1°. Определяют разрешение оборудования по размеру фокусного пятна, которое должно быть как можно меньше для достижения максимального разрешения, например менее 1,5 мкм. Оборудование позволяет сканировать по диаметру волокна фокусным пятном.

А.1.3 Ячейка с жидкостью

Показатель преломления жидкости в ячейке должен несколько превышать показатель преломления оболочки волокна.

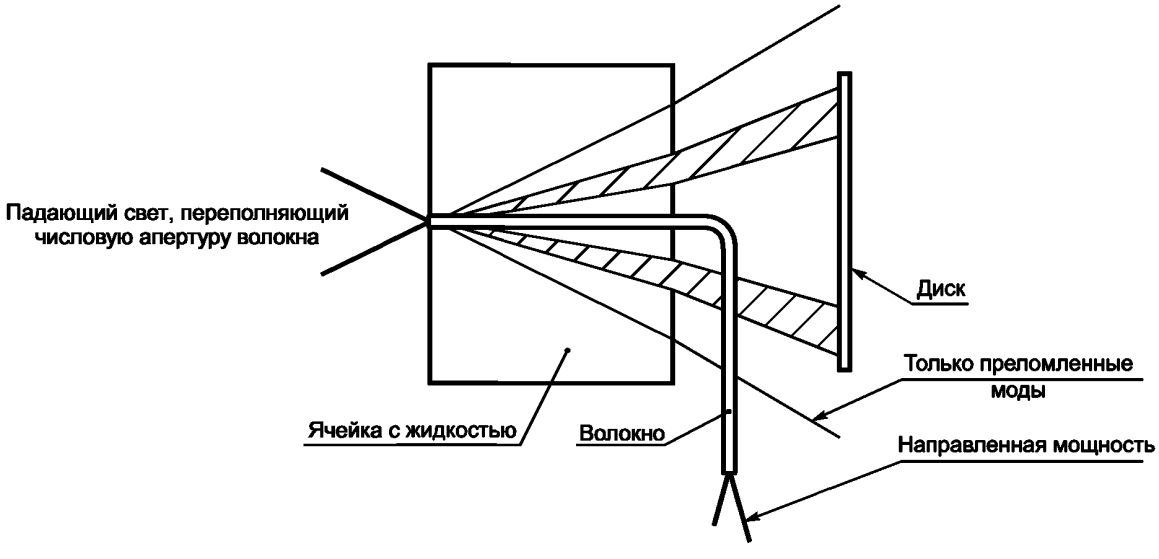

Рисунок А.1 – Метод преломления в ближнем поле. Принципиальная схема

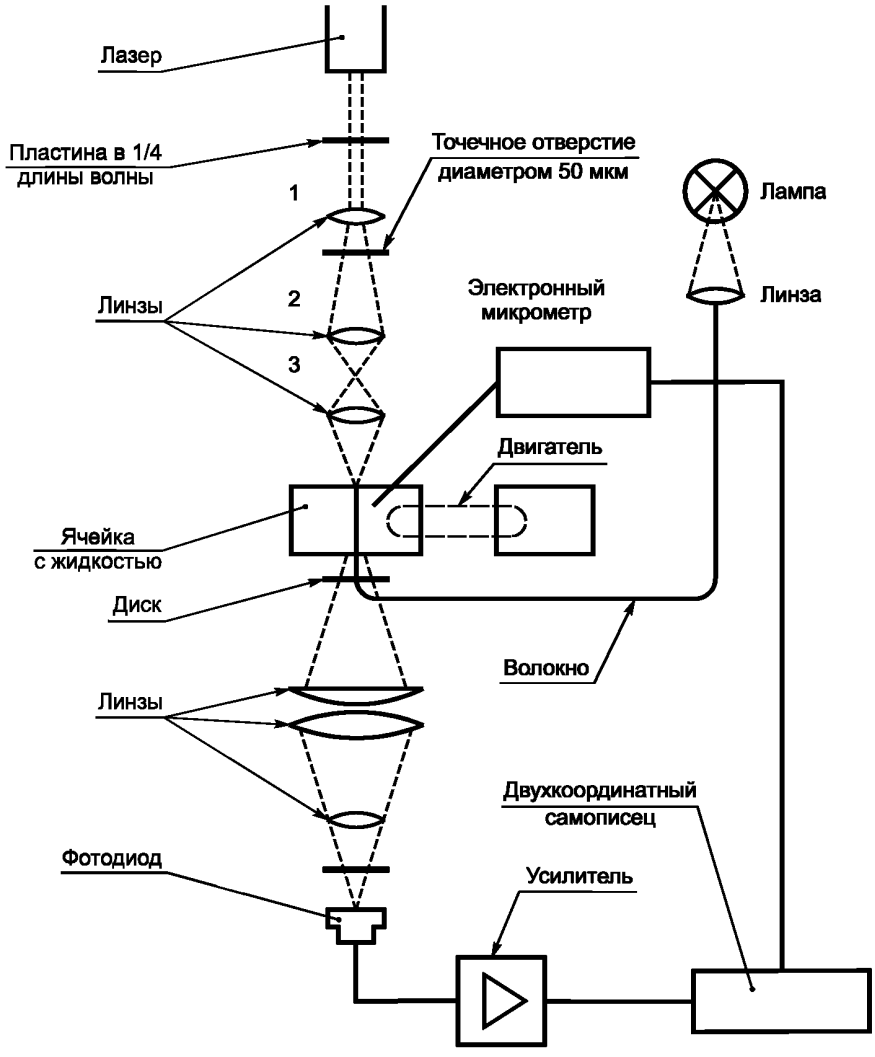

Рисунок А.2 – Типичное расположение оборудования при проведении испытания методом преломления в ближнем поле

А.1.4 Считывание излучения

Соответствующим способом обеспечивают прием преломленного света и направляют его на детектор, убедившись, что собрано все преломленное излучение. Путем проведения расчетов определяют требуемый размер диска и его позицию вдоль центральной оси.

Примечание – Обычно блокирующий диск выбирают с таким расчетом, чтобы он стягивал числовую апертуру до значения, примерно равного значению числовой апертуры оптики ввода излучения, разделенному на $\sqrt{2}$.

А.2 Отбор и подготовка образцов

Используют отрезки волокна длиной менее чем 2 м.

Удаляют все покрытия с отрезка волокна, погружаемого в ячейку с жидкостью.

А.3 Проведение испытания

На рисунке А.2 представлена схематичная диаграмма испытательного оборудования.

А.3.1 Диаграмма профиля показателя преломления волокна

Для проведения измерений конец волокна, в который вводится световой луч, погружают в ячейку с жидкостью, чей показатель преломления несколько превышает показатель преломления оболочки волокна. Положение волокна определяют методом тылового освещения лампой накаливания. Линзы 2 и 3 дают сфокусированное отображение волокна.

Устанавливают линзу 3 в положение, позволяющее отцентрировать и сфокусировать отображение волокна, и одновременно центрируют и фокусируют лазерный луч на волокне.

Центрируют диск на выходном конусе. Для многомодового волокна категории А помещают диск на оптическую ось, чтобы заблокировать моды утечки. Для одномодового волокна категории В размещают диск так, чтобы получить оптимальное разрешение.

Собирают все преломленные моды, проходящие через диск, и фокусируют их на фотодиоде. Перемещают сфокусированное лазерное пятно через торец волокна и непосредственно получают диаграмму изменения показателя преломления волокна.

А.3.2 Калибровка оборудования

Во время измерений угол падения пучка световых лучей изменяется в соответствии с показателем преломления в точке входа в волокно (следовательно, изменяется и мощность света, проходящего через диск). При извлеченном волокне из ячейки с жидкостью с известными показателем преломления жидкости и толщиной ячейки это изменение угла может быть смоделировано перемещением диска вдоль оптической оси. Перемещением диска на заранее определенные позиции профиль показателя преломления может быть представлен посредством значений профиля относительного показателя преломления. Профили абсолютных показателей преломления, например n_1 и n_2, могут быть определены, если известны точные значения показателей преломления оболочки или жидкости, при определенной длине волны и температуре испытания.

Для полной калибровки в соответствии с инструкциями по применению также может использоваться эталон для проведения многоуровневой калибровки, например из тех, которые имеются в институтах национальных эталонов.

А.4 Расчеты

По результатам растрового сканирования поперечного сечения профиля рассчитывают любую или все из следующих величин:

- диаметр сердцевины;
- диаметр оболочки;
- неконцентричность сердцевины/оболочки;
- некруглость сердцевины;
- некруглость оболочки;
- максимальное теоретическое значение числовой апертуры;
- изменение показателя преломления;
- изменение относительного показателя преломления;
- показания точности и воспроизводимости результатов.

Могут использоваться различные методики для определения границы оболочки, например методика контрольного уровня. Важно применять один и тот же контрольный уровень для определения границы оболочки и для калибровки.

А.5 Результаты

В дополнение к результатам, указанным в разделе 10, в зависимости от установленных требований, по запросу должна быть предоставлена следующая информация.

А.5.1 Профили через центры сердцевины и оболочки, откалиброванные для данной длины волны.

А.5.2 Профили вдоль основной и второстепенной осей сердцевины, откалиброванные для данной длины волны.

А.5.3 Профили вдоль основной и второстепенной осей оболочки, откалиброванные для данной длины волны.

А.5.4 Размещение оборудования и методика коррекции длины волны.

Приложение В
(обязательное)

Требования, относящиеся к методу В. Поперечная интерференция

Настоящий метод испытаний применяют для определения профиля показателя преломления $n(r)$ образца оптического волокна с использованием поперечной интерферометрии. Затем, используя расчеты, на основании измеренного профиля показателя преломления получают характеристические параметры геометрии волокна.

Этот метод основан на использовании интерференционного микроскопа, сфокусированного на боковой проекции образца волокна, который освещается перпендикулярно своей оси, так чтобы получалась интерференционная картина.

Профиль показателя преломления получают видеодетектированием и цифровым кодированием интерференционной картины с использованием компьютера в качестве управляющего устройства.

Этот метод предпочтительно использовать для измерения диаметра сердечника и максимального теоретического значения числовой апертуры волокна категории А, при этом он менее пригоден для измерения параметров оболочки.

В.1 Оборудование

На рисунке В.1 изображено оборудование, необходимое для проведения измерений.

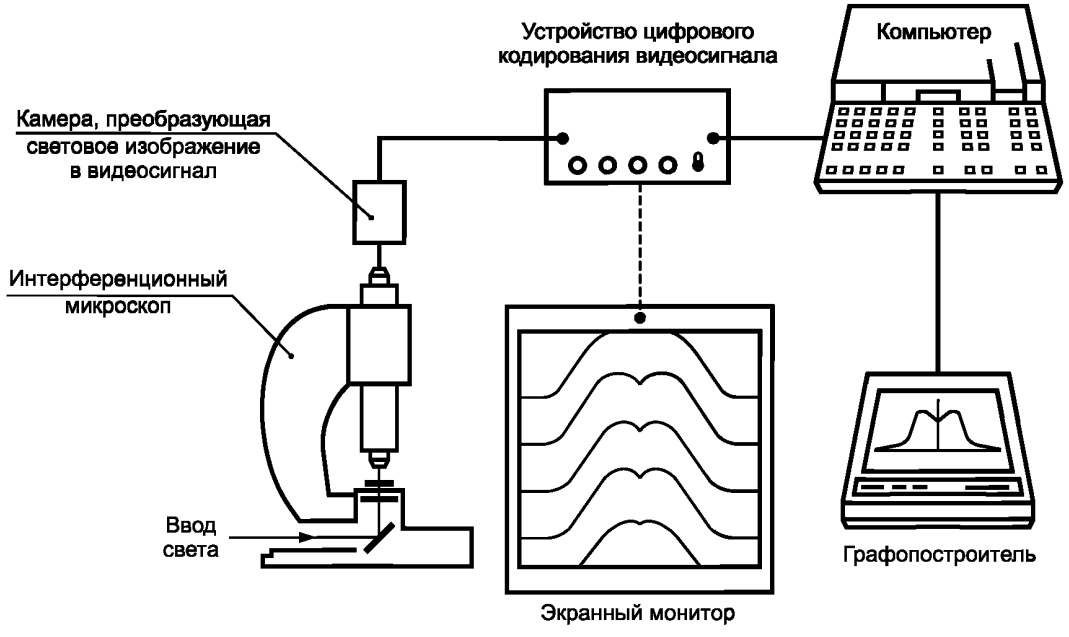

Рисунок В.1 – Испытательное оборудование

В.1.1 Интерференционный микроскоп с функцией передачи света

Этот микроскоп специального назначения представляет собой комбинацию из двух микроскопов и интерферометра, позволяющую отображать увеличенное изображение испытуемых объектов вместе с интерференционной картиной. Параллельный конденсор и система линз объектива микроскопа создают траекторию испытуемого образца и эталонную траекторию для получения квазикогерентного освещения, используя узкополосный фильтр и источник белого света.

В.1.2 Телевизионная камера и монитор

Камера вырабатывает электронное изображение, которое дает количественную оценку интерференционного затемнения таким образом, что для точного определения координат центра интерференционной полосы могут использоваться аналитические методы. Использование камеры также позволяет проводить измерения с длинами волн за пределами видимого спектра. Использование монитора позволяет оператору детально рассматривать испытуемый образец и помогает в процессе настройки, необходимой для правильного расположения образца и интерференционных полос.

В.1.3 Устройство цифрового кодирования видеосигнала

Это устройство взаимодействует с камерой и устройством управления компьютера таким образом, что световое поле на выходе микроскопа, видимое камерой, может быть преобразовано в цифровую форму. Компьютер передает сигнал в камеру, преобразующую световое изображение в видеосигнал, и устройство цифрового кодирования возвращает сигнал в цифровой форме в компьютер, например 8-битовое число в двоичной системе, указывающее уровень яркости в запрашиваемой позиции. Для удобства оператора положение закодированной точки указывает точечный курсор на мониторе.

В.1.4 Компьютер и графопостроитель

В компьютере накапливают значения интенсивности света в зависимости от положения образца с целью представления положения интерференционной полосы относительно оболочки в виде функции радиального положения сердцевины. С помощью компьютера вычисляют Δn и затем представляют графически профиль показателя преломления вместе с радиальными координатами. Затем с помощью компьютера определяют наиболее соответствующую профилю показателя преломления экспоненциальную кривую, и эту кривую вычерчивает графопостроитель.

В.2 Отбор и подготовка образцов

В качестве образцов используют отрезки волокна длиной 20 мм, не имеющие покрытия.

В.3 Проведение испытаний

В.3.1 Подготовка

Образец размещают так, чтобы его боковая сторона располагалась под объективом микроскопа на оптически плоской пластине для испытуемых образцов (поставляемой вместе с микроскопом). Затем наносят одинаковое количество масла, имеющего такой же показатель преломления, как и оболочка, на пластину для образцов и на эталонную пластину. Используя 100-кратные иммерсионные объективы, поднимают предметный столик микроскопа до тех пор, пока объективы не войдут в контакт с маслом. Затем помещают волокно в поле зрения объектива и фокусируют его при заблокированном эталонном луче. Затем его разблокируют и настраивают микроскоп для получения высококонтрастной интерференционной картины, как показано на экранном мониторе на рисунке В.1, где изгибы интерференционных полос вызваны сердцевиной.

В.3.2 Ориентация оси

Ось волокна ориентируют перпендикулярно интерференционным линиям и с помощью органов управления микроскопа достигают четкого разделения интерференционных линий так, чтобы четыре линии были видны на мониторе. Для удобства анализа интерференционные линии располагают параллельно горизонтальным сканирующим линиям камеры, также используя органы управления микроскопа.

В.3.3 Сканирование

После того как интерференционные полосы будут сориентированы соответствующим образом с помощью компьютера и устройства цифрового кодирования, проводят автоматическое сканирование выбранной интерференционной полосы для определения сдвига (по оси Y) в сердцевине, используя положение интерференционной полосы в оболочке как положение нулевого сдвига ($Y = 0$). Затем проводят отдельное вертикальное сканирование через две соседние интерференционные полосы в оболочке для определения расстояния L между ними. После сканирования интерференционных полос определяют точки сдвига полосы Q_p и расстояние между интерференционными полосами L для использования при расчете n_p, где p – число радиальных положений, в которых измеряется сдвиг полосы.

В.4 Расчеты

Для анализа используется приблизительная оценка профиля показателя преломления сердцевины волокна по серии концентрических колец (рисунок В.2). В верхней части рисунка В.2 изображены интерференционная полоса и связь точек сдвига полосы с неискривленными траекториями, пересекающими сердцевину. В зависимости от желаемого пространственного разрешения в $n(r)$ не всегда необходимо совпадение этих интерференционных полос со слоями, нанесенными на волокно. Полагают, что при этой приблизительной оценке показатель преломления в пределах одного кольца постоянен. Показатель преломления кольца p превышает показатель преломления оболочки на величину

$$\Delta n_{\mathrm{p}} = \frac{1}{s_{\mathrm{p,j}}}\left[\frac{\lambda Q_{\mathrm{p}}}{L} - \sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{p}-1} Dn_{\mathrm{j}} S_{\mathrm{p,j}}\right], \qquad \text{(В.1)}$$

где $S_{\mathrm{p,j}}$ – расстояние, которое луч p проходит в кольце j:

$$S_{p,j} = 2\left\{\left[R_{j-1}^2 - R_p^2\right]^{1/2} - \left[R_j^2 - R_p^2\right]^{1/2}\right\}, \quad \text{(B.2)}$$

где R_j — радиус кольца j;

Q_p — интерференционный сдвиг при p;

L — расстояние между соседними интерференционными полосами.

После завершения расчета Δn_p эти данные выводят на X-Y графопостроитель. Полученный график представляет собой профиль показателя преломления волокна. Используют дополнительные расчеты, применяя методику аппроксимирующей кривой, для получения параметров, наиболее соответствующих уравнению показателя преломления модели

$$\Delta n(r) = \Delta n_0 \left[1 - \left(\frac{r}{a}\right)^g\right], \quad \text{(B.3)}$$

где Δn_0 — расхождение показателя преломления при $r = 0$;

a — радиус сердцевины;

g — коэффициент формы, $g \approx 2$.

По методике аппроксимации определяют значения Δn_0, g и a, и ее применение позволяет достичь их наилучшего соответствия действительному профилю. В методике аппроксимации используются только данные 0,15a — 0,95a во избежание недопустимых искажений, вызываемых провалом в профиле и неоднородностями на границе сердцевина/оболочка. Номинальное значение a может использоваться для определения пределов аппроксимирующей кривой.

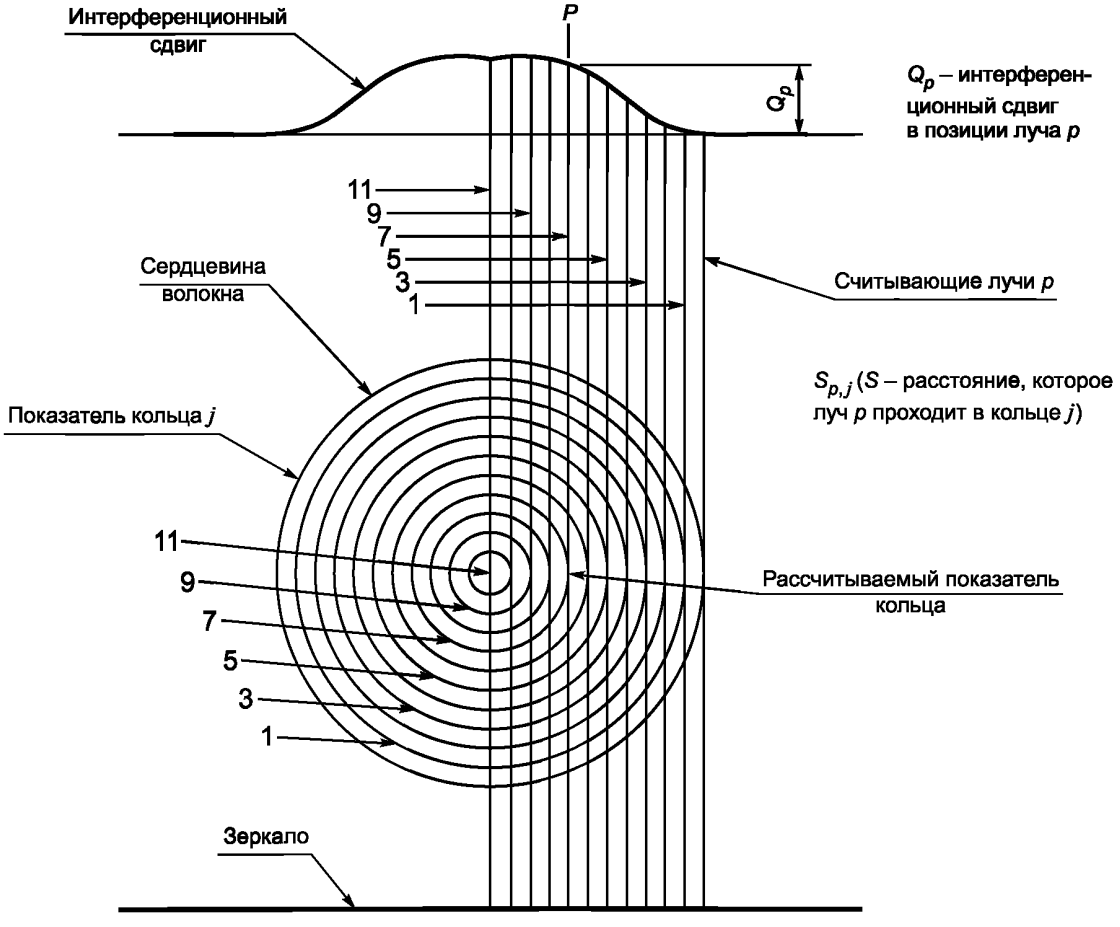

Рисунок В.2 — Профиль показателя преломления. Кольцевая модель

В.5 Результаты

В дополнение к результатам, указанным в разделе 10, и в зависимости от установленных требований, по запросу может быть предоставлена следующая информация.

B.5.1 Длина центральной волны и ширина спектра (полная ширина кривой распределения на уровне полумаксимума) излучаемого света.

B.5.2 Тип используемого интерферометра.

Приложение С
(обязательное)

Требования, относящиеся к методу С. Распределение света в ближнем поле

Настоящий метод испытаний применяют для определения геометрических параметров волокна категорий А и В путем анализа распределения света в ближнем поле в поперечном сечении торцевой поверхности испытуемого волокна. Применяют две методики: методику определения шкалы яркостей, при которой проводят двухмерное *X-Y* сканирование ближнего поля с использованием видеосистемы, и методику единичного сканирования ближнего поля, при которой проводят одномерное сканирование. Изготовитель и заказчик совместно принимают решение о выборе конкретной методики.

С.1 Оборудование

С.1.1 Источники света

Используют соответствующие некогерентные источники света для освещения сердцевины и оболочки, настраиваемые и стабильные по интенсивности в течение времени, достаточного для проведения измерения.

С.1.2 Длина волны источника света

Длина центральной волны и ширина спектра, используемые для освещения сердцевины и оболочки, должны иметь определенные значения.

Примечание — Зависимость диаметра сердцевины волокон категории А от длины волны источника света не была установлена. Может использоваться даже освещение белым светом.

Для освещения оболочки ширина спектра должна быть не более 100 нм. Длина волны, используемая для освещения оболочки, не должна приводить к расфокусировке изображения сердцевины.

С.1.3 Условия ввода излучения в оптике

Оптику ввода излучения располагают так, чтобы источник света равномерно освещал образец под углом и пространственно. На выходном конце оболочку также следует освещать равномерно.

С.1.4 Оборудование, обеспечивающее крепление и регулировку образца

Для поддержания входного и выходного концов образца используют достаточно устойчивое устройство, например вакуумный держатель. Это поддерживающее устройство устанавливают на устройстве регулировки положения так, чтобы конец волокна мог быть точно размещен во входном луче и выходной траектории.

С.1.5 Фильтр оболочечных мод

Если не установлено иное, используют устройства, которые фильтруют свет моды оболочки образца достаточно близко от входного и выходного концов волокна. Если испытуемое волокно имеет первичное покрытие с показателем преломления выше, чем у стекла, это покрытие ведет себя как фильтр оболочечных мод.

С.1.6 Увеличительная оптика

Используют соответствующую оптику, которая увеличивает выходное изображение ближнего поля образца так, чтобы это увеличенное изображение могло быть должным образом просканировано. Числовая апертура и, следовательно, разрешающая сила этого объектива должна соответствовать точности измерения и иметь значение не менее 0,3.

При использовании методики определения шкалы яркостей выбирают такое увеличение, чтобы прибор с зарядовой связью (CCD) видеокамеры (CCD-матрица) почти полностью заполнялся изображением оболочки.

Калибруют оптическую систему совместно со сканирующей системой так, чтобы были известны размеры в плоскости выходной торцевой поверхности волокна. (Необходимо точно знать увеличение оптической системы.)

С.1.7 Прием изображения

В методике определения шкалы яркостей для приема увеличенного выходного изображения ближнего поля и передачи его на видеомонитор используется CCD-видеокамера. При помощи устройства цифрового кодирования выполняют цифровое кодирование видеоизображения для дальнейшего компьютерного анализа. Видеосистема должна быть достаточно линейной, чтобы после калибровки погрешность измерения была не более допустимой.

В методике единого сканирования ближнего поля используют средства сканирования сфокусированного изображения картины поля волокна в ближней зоне, что дает информацию об интервале сканирования. Это, например, один детектор (такой как точечное отверстие), размещенный на преобразователе дискретного электропривода с устройством позиционной обратной связи, или детектор видеоматрицы с известным размером и положением элемента. Детектор должен иметь линейные характеристики по всему используемому диапазону интенсивности света.

Размер пикселя камеры, или размер детектора (точечного отверстия), должен быть достаточно малым в сравнении с увеличенным изображением ближнего поля, чтобы быть меньше границ рассеяния системы с коэффициентом 2. Таким образом:

$$d \le \frac{1{,}22M\lambda}{4NA}, \qquad (C.1)$$

где d – размер пикселя камеры, или размер детектора (точечного отверстия), мкм;

M — приблизительное увеличение оптической системы;

λ — (наименьшая) испытательная длина волны;

NA — числовая апертура образца для измерений диаметра сердцевины волокон категории А или числовая апертура объектива в случае измерений диаметра оболочки.

С.1.8 Видеомонитор (методика определения шкалы яркостей)

Видеомонитор используют для визуального воспроизведения полученного изображения. Экран монитора обычно показывает диаграмму, например, в виде визирных нитей, для помощи оператору при центровке изображения образца. Для выравнивания и/или фокусировки изображения может быть использован компьютер.

С.1.9 Система данных

При применении методики определения шкалы яркостей проводят измерения, сбор данных и расчеты с использованием компьютера. Принтер позволяет получить распечатку информации и результаты измерений.

Для методики единичного сканирования ближнего поля используют соответствующие средства для регистрации интенсивности ближнего поля как функции от позиции сканирования. Это может быть X-Y графопостроитель, цифровой процессор или другое соответствующее устройство.

С.2 Отбор и подготовка образцов

Образцы должны иметь чистые, гладкие и перпендикулярные оси волокна торцевые поверхности. Обычно при проведении измерений на оболочке угол между торцевой поверхностью и нормалью к оси волокна должен быть менее 1º. С целью обеспечения правильности и/или точности измерений следует избегать повреждений торцевой поверхности. Длина образца должна быть (2 ± 0,2) м для волокон типов А1, А2, А3 и А4. Для волокна категории В ограничения по длине не нормированы. Следует избегать резких перегибов волокна.

С.3 Проведение испытания

С.3.1 Калибровка оборудования

Для калибровки оборудования в соответствии с методикой, приведенной в МЭК 61745, должны использоваться образцы известного диаметра, поставляемые лабораторией национальных эталонов.

С.3.2 Измерения

С.3.2.1 Измерения по методике определения шкалы яркостей

Используя держатели волокна, выравнивают образец вблизи входного конца для достижения определенных условий возбуждения. Фокусируют изображение ближнего поля выходного конца и центрируют его на мониторе. Настраивают интенсивность освещения сердцевины у входного конца и интенсивность освещения оболочки у выходного конца в соответствии с установленным внутренним нормативом для конкретного испытательного оборудования.

После цифрового кодирования регистрируют видеоданные изображения выходной торцевой поверхности. Несколько серий данных могут усредняться.

С.3.2.2 Измерения по методике единичного сканирования ближнего поля

Образец подготавливают, закрепляют и выравнивают вышеуказанным способом. Выходной конец размещают таким образом, чтобы была возможность просканировать увеличенное изображение. Сканируют изображение ближнего поля и представляют интенсивность в виде функции положения в плоскости выходного конца волокна.

С.3.3 Контрольные уровни

Различают следующие контрольные уровни разных границ сердцевины и оболочки в изображении ближнего поля.

С.3.3.1 Граница сердцевины

Для волокон категории А этот уровень соответствует определению 4.3.
Для волокон категории В этот уровень соответствует определению 4.2.

С.3.3.2 Граница оболочки

Могут использоваться различные методики для определения границы оболочки, например методика контрольного уровня. Важно применять один и тот же контрольный уровень для границы оболочки и для калибровки.

С.4 Расчеты

С.4.1 Расчеты для методики определения шкалы яркостей

Исходные данные для границ сердцевины и оболочки аппроксимированы до сглаженных математически завершенных форм, такие как эллипс, что дает лучшую оценку действительных границ. Сглаженные математически завершенные формы затем аппроксимируют до формы круга для определения отклонений первого порядка от идеальной формы круга. Эти значения и математическое представление границ используют для определения следующих параметров из раздела 3:

R_{co} — подобранный радиус сердцевины, мкм;
X_{co}, Y_{co} — подобранный центр сердцевины, мкм;
$R_{min\ co}$ — минимальное расстояние от границы сердцевины до центра, мкм;
$R_{max\ co}$ — максимальное расстояние от границы сердцевины до центра, мкм;
$2\ R_{co}$ – диаметр сердцевины, мкм;
$100\ (R_{max\ co} - R_{min\ co}) / R_{co}$ – некруглость сердцевины, %;
R_{cl} – подобранный радиус оболочки, мкм;
X_{cl}, Y_{cl} – подобранный центр оболочки, мкм;
$R_{min\ cl}$ – минимальное расстояние от границы оболочки до центра, мкм;
$R_{max\ cl}$ – максимальное расстояние от границы оболочки до центра, мкм;
$2\ R_{cl}$ – диаметр оболочки, мкм;
$100\ (R_{max\ cl} - R_{min\ cl}) / R_{cl}$ – некруглость оболочки, %;
$[(X_{cl} - X_{co})^2 + (Y_{cl} - Y_{co})^2]^{1/2}$ – неконцентричность сердцевины/оболочки, мкм.

Сглаженные математически завершенные формы, используемые для представления границ, требуются для того, чтобы делать поправку для значений кривизны, которые больше или равны кривизне эллипса. Для неэллиптических форм данные могут преобразовываться в полярные координаты с приблизительно определенным центром перед установлением радиуса относительно угловой координаты.

Допускается активная фильтрация или удаление точек необработанных данных, которые расходятся с данными, подогнанными к математической форме. Выбор кривой, испытательное оборудование, метод оценки расхождения данных, алгоритм фильтрации взаимосвязаны между собой и влияют на качество результатов измерения оболочки.

Следующие формы – примеры аппроксимирующих функций, которые могут использоваться в зависимости от имеющегося в наличии оборудования.

С.4.1.1 Эллипс

Подбирают пару *x*, *y* для эллипса, используя методику суммы наименьших квадратов (LSS). Может быть использовано многократное повторение процедуры активной фильтрации.

С.4.1.2 Преобразование Фурье

Фильтруют преобразование, устанавливая нулевые значения для коэффициентов, превышающих некоторый период, период усечения. Эллипсу соответствует максимальный период усечения — 180°. Обычно период усечения — 90°. (Для 64 точек данных это соответствует четвертому условию Фурье выше опорной частоты.)

С.4.1.3 Круговой кубический сплайн

В полярных координатах ось абсцисс разделяют на некоторое число равных интервалов. Каждый интервал представляют отличным от других кубическим уравнением. Уравнения должны быть равны по значениям первой и второй производных на границах интервалов, включая граничные значения 0° и 360°. Должно быть не менее пяти интервалов, соответствующих эллипсу. Используют до 12 интервалов.

С.4.2 Расчеты по методике единичного сканирования ближнего поля

Нормируют выходную диаграмму ближнего поля по пиковому измеренному значению интенсивности и строят ее график как функции от действительного положения сканирования в торцевой плоскости выходного конца волокна. Применяют два способа расчета диаметра сердцевины.

Примечание – Диаметр поперечного сечения может отличаться от диаметра сердцевины, определенного по методике определения шкалы яркостей, вследствие некруглости сердцевины.

С.4.2.1 Способ 1 – Без аппроксимации кривой

Определяют диаметр поперечного сечения непосредственно из измеренной диаграммы на уровне *k*, указанного в 4.3 (рисунок С.1).

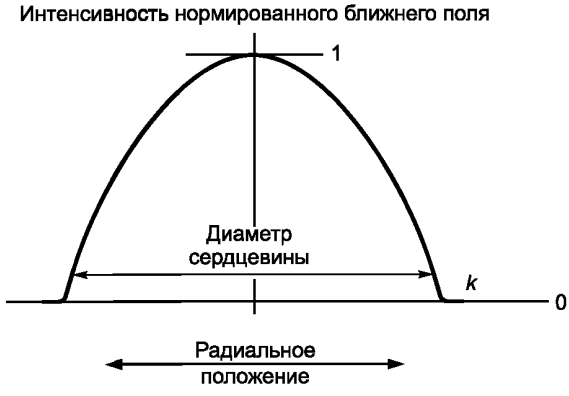

Рисунок С.1 – Диаметр поперечного сечения сердцевины. Сканирование интенсивности ближнего поля, способ 1

С.4.2.2 Способ 2 – Аппроксимация кривой

Метод наименьших квадратов позволяет аппроксимировать часть нормированной диаграммы излучения $I(r)/I(0)$ между точками на уровне 10 % и 80 % в следующее степенное выражение:

$$I(r)/I(0) = 1-(r/a)^g, \qquad (С.2)$$

где *a* – радиус сердцевины;

g – показатель степени.

При аппроксимации используют переменные *a*, *I*(0) и *g*. Выбирают алгоритм аппроксимации таким образом, чтобы элементы этого алгоритма не оказывали значительного влияния на результаты.

Определяют диаметр поперечного сечения по аппроксимированной экспоненциальной кривой при $I(a)=0$, то есть диаметр равен 2*a*, где *a* – радиус (рисунок С.2).

Примечание – Исследования показывают, что способы 1 и 2 дают примерно одинаковые значения для диаметра поперечного сечения сердечника (см.рисунок С.3).



Рисунок С.2 – Диаметр поперечного сечения сердцевины. Сканирование интенсивности ближнего поля, способ 2

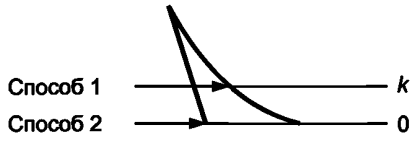

Рисунок С.3 – Распределение интенсивности ближнего поля в области границы сердцевина-оболочка

С.5 Результаты

В дополнение к результатам, указанным в разделе 10, и в зависимости от установленных требований, по запросу должна быть предоставлена следующая информация.

С.5.1 Тип детектора и размер апертуры (только для методики единичного сканирования ближнего поля).

С.5.2 Детали методики единичного сканирования ближнего поля и оценочное значение разрешения (только для методики единичного сканирования ближнего поля).

Приложение D
(обязательное)

Требования, относящиеся к методу D. Механическое измерение диаметра

Настоящий метод механического измерения диаметра применяют для точного определения диаметра оболочки кварцевого волокна (типы А1 и А2, а также все категории В). Этот метод используют при применении откалиброванных образцов волокна в промышленности в качестве эталонных материалов.

D.1 Оборудование

При измерении используют два контакта, по одному с каждой стороны испытуемого волокна. Лицевые поверхности контактов должны быть плоскими и параллельными друг другу и обеспечивать достаточно малое прилагаемое усилие, чтобы контакты не деформировали волокно. Если оба или один из контактов не плоские и если волокно деформируется контактами, тогда усилие сжатия должно быть скорректировано.

Ниже приведено схематическое изображение измерительного оборудования (рисунок D.1).

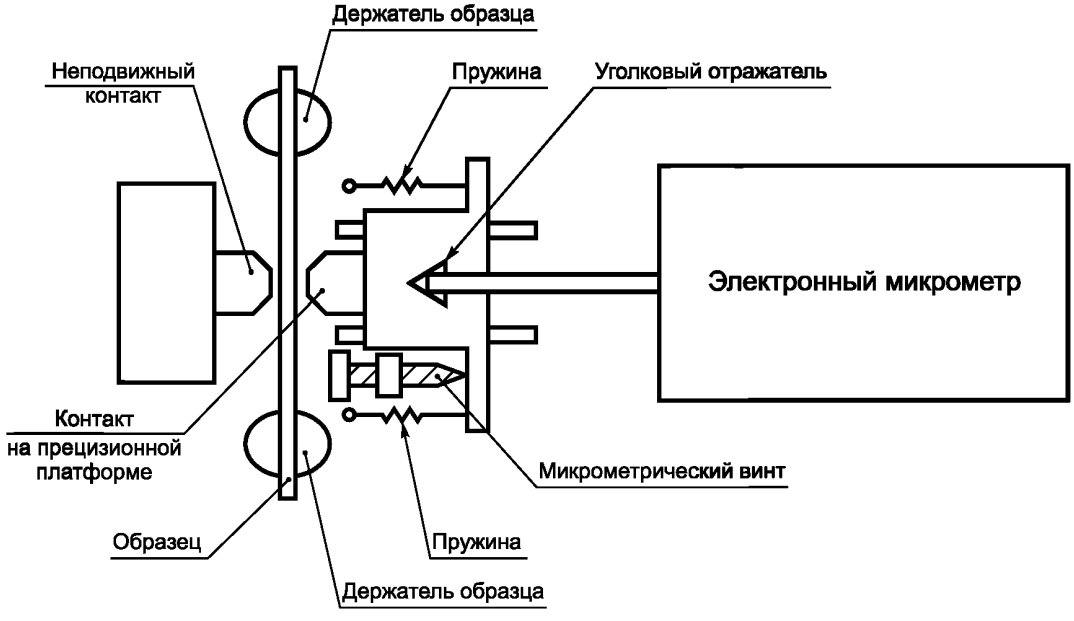

Рисунок D.1 – Вид сверху типичной системы с использованием электронного микрометра

D.1.1 Контакты

В системе два контакта: неподвижный и подвижный. Подвижный контакт монтируют на микроманипуляторе, или он может двигаться свободно, например на воздушном подшипнике. Подвижный контакт должен удерживаться напротив неподвижного контакта или волокна пружинами, или подвешенным грузом, или другими средствами.

D.1.2 Система электронного микрометра

Электронный микрометр, например интерферометр двойного хода Михельсона, можно использовать с уголковым отражателем или плоским зеркалом для точного измерения движения платформы и, следовательно, подвижного контакта.

D.1.3 Держатель образца

Образец удерживают между лицевыми поверхностями контактов. Короткие образцы могут выступать за пределы зажимного устройства, или за *V*-блок, или за другое аналогичное крепление.

D.2 Отбор и подготовка образцов

Образец может быть любой длины или в соответствии с установленной в технических условиях на волокно.

При измерении диаметра оболочки удаляют все покрытия – защитное, или буферное, или то и другое – полностью.

Так как на торцевых поверхностях образца измерение не проводят, то особых требований к ним не предъявляют.

D.3 Порядок проведения измерений

D.3.1 Принцип измерений

Диаметр образца измеряют приведением в соприкосновение противоположных сторон образца с контактами [1]. Усилие соприкосновения может быть отрегулировано до такой степени, чтобы деформацию образца и контактов не учитывать. Величина реально применяемого усилия должна быть согласована между изготовителем и заказчиком в зависимости от материалов образца или контактов.

Промежуток между контактами точно измеряют электронным микрометром.

Если деформацией нельзя пренебречь, делают математическую поправку для измеренного промежутка.

D.3.2 Проведение измерений

Поверхности контактов зачищают и микрометрический винт поворачивают до соприкосновения поверхностей контактов друг с другом. Затем поворачивают микрометрический винт до тех пор, пока контакты не будут удерживаться вместе только натяжением пружины. Показания расстояния на электронном микрометре регистрируют.

Далее микрометр регулируют таким образом, чтобы промежуток между поверхностями контактов был больше диаметра образца. Образец волокна устанавливают на держателях между поверхностями контактов. Медленно поворачивают микрометрический винт до соприкосновения поверхностей контактов с волокном и удержания в контакте только за счет натяжения пружины. Показания расстояния на электронном микрометре регистрируют. Диаметром образца является разность между первым и вторым показаниями плюс любые поправки вследствие сжатия. Для достижения стабильных результатов измерение повторяют несколько раз.

D.4 Расчеты

Для подтверждения воспроизводимости результатов измерений регистрируют средний диаметр образца и стандартное отклонение, полученное в результате нескольких измерений.

Некруглость волокна определяют путем проведения серии измерений, при которых волокно вращают после каждого измерения.

D.5 Результаты

В дополнение к результатам, указанным в разделе 10, и в зависимости от установленных требований, по запросу должна быть предоставлена следующая информация.

D.5.1 Описание испытательного оборудования, включая материалы, из которых изготовлены контакты, и усилие соприкосновения контактов и образца.

D.5.2 Поправочный коэффициент, если он используется.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии ссылочного международного стандарта национальному стандарту Российской Федерации

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного международного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего национального стандарта
МЭК 61745	–	*
* Соответствующий национальный стандарт отсутствует. До его утверждения рекомендуется использовать перевод на русский язык данного международного стандарта, который находится в ОАО «ВНИИКП».		

Библиография

[1 *Янг М., Хэйл П.Д, Мехельс С.Е*. Геометрия оптического волокна: Точные измерения диаметра оболочки // Исследовательский журнал Национального института стандартов и технологии. Март – апрель 1993. Т. 98. Ч. 2. С. 203—216 (*Young, M., Hale, P.D., Mechels, S.E*. Optical Fiber Geometry: Accurate Measurement of Cladding Diameter. Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology, March – April 1993, vol. 98, no 2, p. 203—216)

УДК 681.7.068:006.354 ОКС 33.180.10 Э59 ОКП 63 6570

Ключевые слова: волокна оптические, геометрия волокна, испытательное оборудование, методы измерений, обработка результатов

Редактор *И.В. Алферова*
Технический редактор *А.Б. Заварзина*
Корректор *В.Г. Смолин*
Компьютерная верстка *Д.Е. Першин*

Сдано в набор 20.02.2014. Подписано в печать 7.06.2014. Формат 60x841/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,18. Тираж 78 экз. Зак. 3736.

Набрано в ООО «Академиздат».
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru
Издано и отпечатано во
ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru