

INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
9334

NORME
INTERNATIONALE

Third edition
Troisième édition
Третье издание
2012-10-01

МЕЖДУНАРОДНЫЙ
СТАНДАРТ

**Optics and photonics — Optical transfer
function — Definitions and mathematical
relationships**

**Optique et photonique — Fonction de
transfert optique — Définitions et
relations mathématiques**

**Оптика и фотоника — Оптическая
передаточная функция — Определения
и математические соотношения**



Reference number
Numéro de référence
Номер ссылки
ISO 9334:2012(E/F/R)

© ISO 2012



**COPYRIGHT PROTECTED DOCUMENT
DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT
ДОКУМЕНТ ОХРАНЯЕМЫЙ АВТОРСКИМ ПРАВОМ**

© ISO 2012

The reproduction of the terms and definitions contained in this International Standard is permitted in teaching manuals, instruction booklets, technical publications and journals for strictly educational or implementation purposes. The conditions for such reproduction are: that no modifications are made to the terms and definitions; that such reproduction is not permitted for dictionaries or similar publications offered for sale; and that this International Standard is referenced as the source document.

With the sole exceptions noted above, no other part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either ISO at the address below or ISO's member body in the country of the requester.

La reproduction des termes et des définitions contenus dans la présente Norme internationale est autorisée dans les manuels d'enseignement, les modes d'emploi, les publications et revues techniques destinés exclusivement à l'enseignement ou à la mise en application. Les conditions d'une telle reproduction sont les suivantes: aucune modification n'est apportée aux termes et définitions; la reproduction n'est pas autorisée dans des dictionnaires ou publications similaires destinés à la vente; la présente Norme internationale est citée comme document source.

À la seule exception mentionnée ci-dessus, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

Воспроизведение терминов и определений, содержащихся в настоящем Международном стандарте, разрешается в учебных пособиях, руководствах по эксплуатации, публикациях и журналах технического характера, предназначенных исключительно для обучения или для практического исполнения. Подобное воспроизведение должно осуществляться на следующих условиях: термины и определения не должны подвергаться никаким изменениям; воспроизведение запрещается в словарях и других сходных изданиях, предназначенных для продажи; настоящий Международный стандарт должен цитироваться как первоисточник.

Кроме вышеперечисленных исключений, никакая другая часть данной публикации не подлежит ни воспроизведению, ни использованию в какой бы то ни было форме и каким бы то ни было способом, электронным или механическим, включая фотокопии и микрофильмы, без письменного согласия либо ИСО, которое может быть получено по адресу, приводимому ниже, либо комитета члена ИСО в стране лица, подающего запрос.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Published in Switzerland/Publié en Suisse/Отпечатано в Швейцарии

Contents

Page

Foreword	vii
Introduction	x
1 Scope	2
2 Normative references	2
3 Fundamental definitions	6
4 Practical definitions	24
Bibliography	31
Alphabetical index	32
French alphabetical index (Index alphabétique)	33
Russian alphabetical index (Алфавитный указатель)	34

Sommaire	Page
Avant-propos	viii
Introduction	xii
1 Domaine d'application	2
2 Références normatives	2
3 Termes et définitions fondamentaux	6
4 Termes et définitions pratiques	24
Bibliographie	31
Index alphabétique anglais (Alphabetical index)	32
Index alphabétique	33
Index alphabétique russe (Алфавитный указатель)	34

Содержание

Стр.

Предисловие	ix
Введение	xiv
1 Область применения	2
2 Нормативные ссылки	2
3 Термины и определения	6
4 Практические определения	24
Библиография	31
Английский алфавитный указатель (Alphabetical index)	32
Французский алфавитный указатель (Index alphabétique)	33
Алфавитный указатель	34

Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

International Standards are drafted in accordance with the rules given in the ISO/IEC Directives, Part 2.

The main task of technical committees is to prepare International Standards. Draft International Standards adopted by the technical committees are circulated to the member bodies for voting. Publication as an International Standard requires approval by at least 75 % of the member bodies casting a vote.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. ISO shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

ISO 9334 was prepared by Technical Committee ISO/TC 172, *Optics and photonics*, Subcommittee SC 1, *Fundamental standards*.

This third edition cancels and replaces the second edition (ISO 9334:2007), which has undergone a minor revision to add to Table 1, where applicable, the drawing notation typically used to designate the tabulated parameters.

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 9334 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 172, *Optique et photonique*, sous-comité SC 1, *Normes fondamentales*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 9334:2007), qui a fait l'objet d'une révision mineure, afin d'ajouter au Tableau 1, le cas échéant, la notation de dessins typiquement utilisée pour désigner les paramètres tabulés.

Предисловие

Международная организация по стандартизации (ИСО) представляет собой всемирное объединение национальных организаций по стандартизации (комитеты-члены ИСО). Разработка Международных стандартов обычно осуществляется техническими комитетами ИСО. Каждый комитет-член может принимать участие в работе любого технического комитета по интересующему его вопросу. Правительственные и неправительственные международные организации, сотрудничающие с ИСО, также принимают участие в этой работе. ИСО тесно сотрудничает с Международной электротехнической комиссией (МЭК) по всем вопросам стандартизации в электротехнике.

Международные стандарты составляются по правилам, установленным в Директивах ИСО/МЭК, часть 2.

Основной задачей технических комитетов является разработка Международных стандартов. Проекты Международных стандартов, принятые техническими комитетами, направляются на голосование комитетам-членам. Опубликование в качестве Международного стандарта требует одобрения не менее 75 % голосовавших комитетов-членов.

Обращается внимание на то, что некоторые элементы настоящего документа могут быть предметами патентных прав. ИСО не может считаться ответственной за обнаружение любых или всех существующих патентных прав.

ИСО 9334 был разработан техническим комитетом ИСО/ТК 172, *Оптика и фотоника*, подкомитет ПК 1, *Основополагающие стандарты*.

Настоящее третье издание аннулирует и заменяет второе издание (ИСО 9334:2007) и является его мелким пересмотром с целью включения в Таблицу 1, по применимости, форм записи, обычно используемых на чертежах для обозначения приведенных в таблице параметров.

Introduction

The optical transfer function (OTF) is an important aid to objective evaluation of the image-forming capability of optical, electro-optical and other imaging systems.

To allow comparison of optical transfer function measurements achieved using different measuring principles and instruments, or obtained from measuring instruments in different laboratories, it is necessary to ensure equivalence of measurement parameters such as focus setting and spatial frequency range. For this reason, an agreed terminology must be defined so that the measurement parameters called upon in a standard may be understood by all users. Definitions of the terms used in optical transfer function measurement are listed in this International Standard.

The specifications in this International Standard form the basic requirements of measurement instrumentation and procedures for guaranteeing a defined accuracy of measurement of the optical transfer function.

The optical transfer function provides a means of expressing the image-forming quality of imaging systems objectively. Subjective measures of optical performance, such as limiting resolution, give less information about the imaging performance of the system under test and are susceptible to the variability of human observers.

It is important to note that the optical transfer function is only one of a number of objective parameters, such as noise, veiling glare, image structure (sampling), etc., which may affect image quality and all such parameters should be included in a comprehensive description of the performance of an imaging system.

The optical transfer function concept originated in the field of optical systems, comprising lenses and mirrors, which closely satisfy the conditions of (radiometric) linearity and isoplanatism in their image-forming process. It allowed optical and systems designers to predict, with high reliability, the performance of optical systems of this type from the basic design data.

When the requirements for isoplanatism and linearity are completely satisfied, the optical transfer function can be regarded as expressing the way in which each sinusoidal spatial frequency component in the Fourier spectrum of an incoherently radiating object is transferred to the image as a sinusoidal pattern with reduced modulation and (frequently) a shift of phase.

However, for some imaging devices, the linearity and isoplanatism conditions are met only within certain limits. In order to adopt the optical transfer function approach, even under these conditions, two key concepts will be introduced. First, it will be assumed that it is possible to identify a certain range over which a system behaves in a linear manner. Secondly, there will be an area of the object/image field over which the system is isoplanatic such that the measured optical transfer function can be assumed to be accurate within a specified tolerance.

The basic measurement technique also becomes significant in this situation and must be specified as part of the measurement conditions relating to that device. This information is contained in the appropriate sections of ISO 9336.

A very useful and important aspect of the optical transfer function concept is the multiplicative property of incoherently coupled system component OTFs. This property permits the overall OTF of a composite imaging system to be obtained as the product of the separately measured OTFs of its incoherently coupled components. Strictly speaking, this “product rule” applies only when the complete system, and its individual components, obey the conditions of linearity and isoplanatism, but the product rule remains useful even when the linear radiometric range and isoplanatic area are of limited extent.

For cascaded optical systems, such as telescopic sights, in which the components are coherently coupled, the “product rule” cannot be applied. It is only possible to determine the optical transfer function of these optical systems by a test of the complete instrument.

To summarize, this International Standard describes the optical transfer function as a tool which can be applied within well-defined limits to a large class of imaging systems in order to assess their image-forming capabilities.

Since the problems of measurement vary considerably from one class of imaging device to another, the following format is used for International Standards on the optical transfer function.

ISO 9334:2012(E/F/R)

This International Standard contains the introduction and a set of definitions upon which optical transfer function theory is built. These definitions are part of a vocabulary in which all terms in general use throughout this International Standard are defined. It also contains a list of basic relationships of the optical transfer function to other image-describing parameters and a summary of concepts and symbols which are useful in optical transfer function work.

ISO 9335 contains statements of the principles and rules of measurement and presentation of results which apply in general to all imaging devices for which the optical transfer function is a valid concept.

It is essential that these rules be followed in order to ensure that accurate results are obtained. No attempt is made to prescribe a particular measuring technique since a variety of methods may be applicable depending on the characteristics of the device under test and the equipment available.

ISO 9336 is subdivided into several parts, each devoted to a different class of imaging device or to a special application.

It describes, for each class, the limitations and precautions associated with making valid optical transfer function measurements and provides an imaging state ("I-state") specification, which is a list of all those parameters which affect the point spread function and consequently the measured optical transfer function.

This framework will allow for future expansion to include new classes of imaging device.

Introduction

La fonction de transfert optique est un atout précieux pour évaluer de façon objective l'aptitude à former une image de tout système optique, électro-optique et de façon générale de tout dispositif de formation d'images.

Pour permettre une comparaison entre les mesurages de fonction de transfert optique effectués à partir de principes de mesure et d'instruments différents ou obtenus à partir d'instruments de mesure de différents laboratoires, il est nécessaire de spécifier l'équivalence des paramètres de mesure tels que le réglage de focalisation et le domaine de fréquence spatiale. De ce fait, on doit définir une terminologie telle que les paramètres de mesure utilisés dans une norme soient correctement compris et acceptés par tous les utilisateurs. Les définitions des termes employés pour le mesurage de la fonction de transfert optique sont données dans la présente Norme internationale.

Les spécifications de la présente Norme internationale constituent des exigences fondamentales concernant l'instrumentation et les méthodes de mesure garantissant une exactitude donnée des mesurages de la fonction de transfert optique.

La fonction de transfert optique est un moyen quantitatif pour exprimer de façon objective la qualité d'image des systèmes optiques. Les mesures subjectives de qualité telles que celles de limite de résolution fournissent moins d'informations sur les possibilités du système examiné et sont susceptibles d'être influencées par des facteurs propres à chaque observateur humain.

Il est important de souligner que la fonction de transfert optique n'est que l'un des paramètres concourant à la qualité de l'image; la diffusion, les voiles et images parasites, la structure de l'image (échantillonnage), etc. sont autant de paramètres à considérer lorsqu'on veut décrire complètement les performances d'un système de formation d'images.

Le concept de la fonction de transfert optique concerne les systèmes optiques comportant des lentilles et des miroirs qui satisfont strictement, lors du processus de formation d'images, à la double condition de linéarité (radiométrique) et d'isoplanétisme. La fonction de transfert permet aux opticiens et aux concepteurs de systèmes de prévoir de façon fiable les performances des systèmes optiques à partir de leurs caractéristiques.

Quand les conditions de linéarité et d'isoplanétisme sont parfaitement satisfaites, on peut considérer que la fonction de transfert optique exprime la façon dont chaque composante sinusoïdale du spectre de fréquences spatiales (spectre de Fourier) de l'objet est transmise par le système optique formant l'image selon un schéma sinusoïdal avec modulation réduite et (souvent) avec décalage de phase.

Toutefois, dans le cas de certains dispositifs de formation d'images, les conditions de linéarité et d'isoplanétisme ne sont remplies que dans certaines limites. Il est alors nécessaire, pour utiliser dans ces conditions le concept de fonction de transfert optique, d'introduire deux notions essentielles. On suppose tout d'abord qu'il est possible de déterminer un certain domaine dans lequel le système se comporte de manière linéaire. On suppose ensuite qu'il existe une zone du champ objet/image pour laquelle le système optique est isoplanétique, de sorte que la fonction de transfert optique mesurée pourra être exacte à l'intérieur d'un domaine spécifié.

Dans ces conditions, la méthode de mesure adoptée prend une importance particulière et doit être spécifiée comme faisant partie des conditions de mesure relatives au dispositif en cause. Cette information est contenue dans les articles appropriés de l'ISO 9336.

Un aspect important et très utile du concept de fonction de transfert optique est la propriété multiplicative des fonctions de transfert des éléments couplés les uns aux autres en rupture totale de cohérence spatiale. Cette propriété permet de déterminer la fonction de transfert globale d'un ensemble complexe de formation d'images comme étant le produit des fonctions de transfert mesurées séparément de chacun des éléments, associés de façon à maintenir un éclairage spatialement incohérent entre chacun d'eux. Bien que cette «règle du produit» ne s'applique strictement que lorsque le système complet et ses composants individuels obéissent aux conditions de linéarité et d'isoplanétisme, elle reste utile même lorsque l'intervalle radiométrique linéaire et le domaine isoplanétique sont limités.

Dans le cas de systèmes en cascade, comme des jumelles, dans lesquelles les composants sont à «couplage cohérent», la «règle du produit» ne peut s'appliquer. Il n'est possible de déterminer la fonction de transfert de ces systèmes optiques que de façon globale sur l'instrument complet.

En résumé, la présente Norme internationale décrit la fonction de transfert optique comme un outil pouvant être appliqué, dans des limites bien définies, à une large catégorie d'instruments pour préciser leur rôle dans un processus de formation d'image.

Comme les problèmes de mesure varient considérablement d'un type d'instrument à un autre, on a utilisé, pour les Normes internationales traitant de la fonction de transfert optique, la disposition suivante.

La présente Norme internationale contient l'introduction et un ensemble de définitions sur lesquelles repose la théorie de la fonction de transfert optique. Les définitions font partie d'un vocabulaire où sont définis tous les termes généralement utilisés dans la présente Norme internationale. Elle contient également une liste des relations fondamentales entre la fonction de transfert optique et les autres paramètres caractérisant l'image, ainsi qu'un résumé des concepts et symboles utiles à l'étude de la fonction de transfert optique.

L'ISO 9335 porte sur les principes et les règles de mesure ainsi que sur la présentation des résultats concernant de façon générale tous les dispositifs de formation d'images pour lesquels la fonction de transfert optique est un concept valable.

Pour obtenir des résultats précis, il est essentiel que ces règles soient observées. On ne spécifie aucune technique particulière de mesure, car une grande variété de méthodes peut être mise en œuvre en fonction des caractéristiques du dispositif examiné et de l'équipement disponible.

L'ISO 9336 est subdivisée en plusieurs parties dont chacune est consacrée à une catégorie différente de dispositifs de formation d'images ou à une application particulière.

Pour chaque catégorie, on décrit les limitations et les précautions à prendre pour exécuter des mesurages corrects et fournir une spécification relative à l'«état d'imagerie», ce qui regroupe tous les paramètres affectant la réponse percussionnelle et donc la fonction de transfert mesurée.

Cette disposition permettra ultérieurement d'inclure de nouvelles catégories de dispositifs de formation d'images.

.....

Введение

Оптическая передаточная функция (ОПФ) служит важным средством объективной оценки способности оптических, электрооптических и других изображающих систем к образованию изображения.

Для обеспечения возможности сопоставления результатов измерения оптической передаточной функции, полученных различными методиками или на разной либо принадлежащей разным лабораториям аппаратуре, необходимо обеспечить эквивалентность таких измерительных параметров, как фокусировка и диапазон пространственных частот. По этой причине должна быть определена согласованная терминология с тем, чтобы измерительные параметры, выступающие в каком-либо стандарте, были понятны всем потребителям. В настоящем Международном стандарте перечислены определения терминов, применяемых при измерении оптической передаточной функции.

Требования, установленные настоящим Международным стандартом, являются основными для измерительной аппаратуры и методик и призваны обеспечить определенную точность измерения оптической передаточной функции.

Оптическая передаточная функция дает способ объективного выражения качества изображения изображающих систем. Субъективные показатели оптических характеристик, такие, как предельное разрешение, дают меньше информации об изображающих характеристиках испытываемых систем и подвержены изменчивости в зависимости от наблюдателя.

Важно отметить, что оптическая передаточная функция является лишь одним из ряда объективных параметров, таких, как шум, светорассеяние, дискретная структура изображения и др., которые могут оказывать влияние на качество изображения, и все они должны быть включены в исчерпывающее описание характеристик изображающей системы.

Понятие оптической передаточной функции родилось в области теории оптических систем, составленных линзами и зеркалами, которые строго подчиняются условию (радиометрической) линейности и изопланатизма в процессе формирования изображения. Оно позволило конструкторам оптических и составных систем с высокой степенью надежности предсказывать параметры оптических систем этого типа на основании конструктивных данных.

Когда требования к линейности и изопланатизму с точностью удовлетворены, можно считать, что оптическая передаточная функция выражает способ передачи каждой синусоидальной составляющей спектра Фурье некогерентно излучающего объекта к изображению в виде синусоидальной картины с пониженной модуляцией и (зачастую) со сдвигом фазы.

Однако, для некоторых изображающих приборов условия линейности и изопланатизма удовлетворяются лишь в определенных пределах. С тем, чтобы даже в этих условиях подойти к ним с позиций оптической передаточной функции, оказывается необходимым ввести два ключевых понятия. Во-первых, делается допущение, что возможно отождествление определенного интервала, в котором система ведет себя линейно. Во-вторых, допускается, что в пространстве предметов/изображений существует область, в которой система является изопланатической настолько, что измеренная оптическая передаточная функция может считаться точной в пределах заданного допуска.

Принципиальная методика измерения также становится в этой ситуации важной и должна быть определена как часть условий измерения применительно к данному прибору. Эта информация содержится в соответствующих разделах ИСО 9336.

Очень полезным и важным аспектом понятия оптической передаточной функции является мультипликативность составляющих ОПФ некогерентно сопряженной системы. Это свойство позволяет находить общую ОПФ сложной изображающей системы как произведение отдельных измеренных ОПФ ее некогерентно сопряженных составных частей. Строго говоря, правило произведения применимо только тогда, когда и система в целом, и ее отдельные компоненты подчиняются условиям линейности и изопланатизма, но правило произведения остается полезным даже в том случае, когда линейный радиометрический диапазон и изопланатическая область обладают ограниченной протяженностью.

Для многокаскадных оптических систем, таких, как телескопические прицелы, в которых компоненты сопряжены когерентно, правило произведения неприменимо. Можно определить оптическую передаточную функцию этих оптических систем только испытанием прибора в целом.

В итоге можно сказать, что настоящий Международный стандарт описывает оптическую передаточную функцию как инструмент, применимый в совершенно определенных пределах к большому классу изображающих систем с целью оценки их способности формировать изображение.

Поскольку проблема измерения значительно варьируется от одного класса изображающих приборов к другому, принята следующая система изложения вопросов оптической передаточной функции в международных стандартах.

Настоящий Международный стандарт содержит введение и систему определений, на которых построена теория оптической передаточной функции. Эти определения представляют часть словаря, в котором определены все термины, применяемые где-либо в стандарте. Он также содержит перечень основных соотношений, которыми оптическая передаточная функция связана с другими параметрами, характеризующими изображение, а также сводный перечень понятий и обозначений, полезных в работе с оптической передаточной функцией.

ИСО 9335 содержит констатацию принципов и правил измерения и представления результатов, в принципе применимых ко всем изображающим приборам, для которых оптическая передаточная функция имеет смысл как понятие.

Важно следовать этим правилам для обеспечения точности получаемых результатов. Не делается никаких попыток предписать конкретную методику измерения, поскольку применим ряд методов в зависимости от характеристик испытываемого прибора и имеющейся в распоряжении аппаратуры.

ИСО 9336 подразделен на несколько частей, каждая из которых посвящена определенному классу изображающих систем или специальной области применения.

Он описывает для каждого класса ограничения и меры предосторожности, определяющие получение осмысленных результатов измерения оптической передаточной функции, и дает требования к состоянию изображающей системы, в которых перечислены все те параметры, которые влияют на функцию рассеяния точки и, следовательно, на результаты измерения оптической передаточной функции.

Такая структура позволит дальнейшее развитие стандарта с включением новых классов изображающих приборов.

Optics and photonics — Optical transfer function — Definitions and mathematical relationships

Optique et photonique — Fonction de transfert optique — Définitions et relations mathématiques

Оптика и фотоника — Оптическая передаточная функция — Определения и математические соотношения

© ISO 2012. All rights reserved. No reproduction or networking permitted without license from IHS

1 Scope

This International Standard defines terms relating to the optical transfer function and indicates, where pertinent, the mathematical relationships between those terms. It also defines important parameters that should be specified in connection with optical transfer function testing.

Table 1 lists the notation and units for the major parameters considered in this International Standard and to be used in ISO 9335 and ISO 9336.

The terms and parameters defined in this International Standard apply to all measurements of the optical transfer function for optical, electro-optical and other imaging systems.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 9335:2012, *Optics and photonics — Optical transfer function — Principles and procedures of measurement*

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale définit les termes relatifs à la fonction de transfert optique et indique, s'il y a lieu, les relations mathématiques entre ces termes. Elle définit également les paramètres les plus importants qu'il convient de spécifier lors des essais de détermination de la fonction de transfert optique.

Le Tableau 1 énumère la notation et les unités des principaux paramètres considérés dans la présente Norme internationale et qui doivent être utilisés dans l'ISO 9335 et l'ISO 9336.

Les termes et les paramètres définis dans la présente Norme internationale s'appliquent aux mesurages de la fonction de transfert optique impliquant des systèmes optiques, électro-optiques et d'autres dispositifs de formation d'image.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 9335:2012, *Optique et photonique — Fonction de transfert optique — Principes et procédures de mesure*

1 Область применения

Настоящий Международный стандарт определяет термины, относящиеся к оптической передаточной функции и в уместных случаях приводит математические соотношения между этими понятиями. Он также определяет важные параметры, которые должны указываться в связи с испытаниями оптической передаточной функции.

В Таблице 1 перечислены форма записи и единицы измерения большинства параметров, рассматриваемых в настоящем Международном стандарте, которые следует использовать в ИСО 9335 и ИСО 9336.

Термины и параметры, определенные в настоящем Международном стандарте, распространяются на измерения оптической передаточной функции оптических, электрооптических и других изображающих систем.

2 Нормативные ссылки

Справочные документы, приведенные ниже, являются необходимыми для использования настоящего документа. Для ссылок с твердой идентификацией применимо только упомянутое издание справочного документа. Для ссылок со скользящей идентификацией применимо последнее издание справочного документа (включая эвентуальные изменения).

ИСО 9335:2012, *Оптика и фотоника — Оптическая передаточная функция — Принципы и методики измерения*

Table 1 — Parameters
 Tableau 1 — Paramètres
 Таблица 1 — Параметры

Parameter Paramètre Параметр	Mathematical symbol Symbole mathématique Математическое обозначение	Drawing notation Notation de dessins Чертежная форма записи	Recommended unit Unité recommandée Рекомендуемые единицы измерения	Corresponding subclause Paragraphe correspondant Соответствующий пункт
Local image field coordinates Coordonnées du plan de référence Местные координаты поля изображения	u, v	u, v	mm, mrad ^a , degree ^a mm, mrad ^a , degré ^a мм, мрад ^a , градус ^a	—
Spatial frequency coordinates Coordonnées de fréquence spatiale Пространственно-частотные координаты	r, s	r, s	mm ⁻¹ , mrad ⁻¹ , degree ⁻¹ mm ⁻¹ , mrad ⁻¹ , degré ⁻¹ мм ⁻¹ , мрад ⁻¹ , градус ⁻¹	3.12
Pupil coordinates Coordonnées pupillaires Координаты зрачка	x, y	x, y	mm, mrad ^a , degree ^a mm, mrad ^a , degré ^a мм, мрад ^a , градус ^a	—
Object field angle Angle de champ objet Полевой угол объекта	ω	ω	degree, mrad degré, mrad градус, мрад	4.13
Image field angle Angle de champ image Полевой угол изображения	ω'	ω'	degree, mrad degré, mrad градус, мрад	4.14
Object height Hauteur objet Величина объекта	h	h	mm mm мм	4.15
Image height Hauteur image Величина изображения	h'	h'	mm mm мм	4.16
Reference angle Angle de référence Базовый угол	ϕ	ϕ	degree degré градус	4.12
Azimuth Azimut Азимут	ψ	ψ	degree degré градус	—

Table 1 (continued)
 Tableau 1 (suite)
 Таблица 1 (продолжение)

Parameter Paramètre Параметр	Mathematical symbol Symbole mathématique Математическое обозначение	Drawing notation Notation de dessins Чертежная форма записи	Recommended unit Unité recommandée Рекомендуемые единицы измерения	Corresponding subclause Paragraphe correspondant Соответствующий пункт
Irradiance distribution in an image point Répartition des éclaircements dans l'image d'un point Распределение облученности в изображении точечного источника	$F(u, v)$	$F(u, v)$	mm ⁻² , mrad ⁻² mm ⁻² , mrad ⁻² мм ⁻² , мрад ⁻²	—
Point spread function Réponse percussive Функция рассеяния точки	$p(u, v)$	PSF PSF ФРТ	mm ⁻² , mrad ⁻² mm ⁻² , mrad ⁻² мм ⁻² , мрад ⁻²	3.5
Monochromatic point spread function Réponse percussive monochromatique Монохроматическая функция рассеяния точки	$p_{\lambda}(u, v)$	PSF _λ PSF _λ ФРТ _λ	mm ⁻² , mrad ⁻² mm ⁻² , mrad ⁻² мм ⁻² , мрад ⁻²	—
Optical transfer function Fonction de transfert optique Оптическая передаточная функция	$D(r, s)$	OTF OTF ОПФ	1	3.8
Modulation transfer function Fonction de transfert de modulation Функция передачи модуляции	$T(r, s)$	MTF MTF ФПМ	1	3.9
Phase transfer function Fonction de transfert de phase Функция передачи фазы	$\theta(r, s)$	PTF PTF ФПФ	rad, degree rad, degré рад, градус	3.10
One-dimensional OTF OTF unidimensionnelle Одномерная ОПФ	$D(r)$	OTF OTF ОПФ	1	3.11
Line spread function Répartition des éclaircements dans l'image d'une ligne Функция рассеяния линии	$L(u)$	LSF LSF ФРЛ	mm ⁻¹ , mrad ⁻¹ mm ⁻¹ , mrad ⁻¹ мм ⁻¹ , мрад ⁻¹	3.13
Edge spread function Répartition des éclaircements dans l'image d'un bord de page Функция рассеяния края	$E(u)$	ESF ESF ФПК	1	3.14

Table 1 (continued)
Tableau 1 (suite)
Таблица 1 (продолжение)

Parameter Paramètre Параметр	Mathematical symbol Symbole mathématique Математическое обозначение	Drawing notation Notation de dessins Чертежная форма записи	Recommended unit Unité recommandée Рекомендуемые единицы измерения	Corresponding subclause Paragraphe correspondant Соответствующий пункт
Modulation Modulation Модуляция	M	—	1	3.17
Modulation transfer factor Facteur de transfert de modulation Коэффициент передачи модуляции	$T(r_0)$	—	1	3.18
Phase transfer value Facteur de transfert de phase Фазовый сдвиг	θ	—	rad, degree rad, degré рад, градус	3.19
Wavefront aberration function Écart normal à la surface d'onde Функция aberrации волнового фронта	$W_\lambda(x, y)$	WFE _{λ} WFE _{λ} АВФ _{λ}	nm, m nm, m нм, м	3.20
Pupil function Fonction pupillaire Зрачковая функция	$P_\lambda(x, y)$	$P_\lambda(x, y)$	1	3.21
Amplitude point spread function Réponse percussionnelle en amplitude Амплитудная функция рассеяния точки	$A_{p,\lambda}(u, v)$	$A_{p,\lambda}(u, v)$	mm ⁻² , mrad ⁻² mm ⁻² , mrad ⁻² мм ⁻² , мрад ⁻²	3.22
Amplitude in the exit pupil Module de la fonction pupillaire Амплитуда в выходном зрачке	$A_\lambda(x, y)$	$A_\lambda(x, y)$	1	—
Monochromatic OTF OTF monochromatique Монохроматическая ОПФ	$D_\lambda(r, s)$	OTF _{λ} OTF _{λ} ОПФ _{λ}	1	3.24
Polychromatic OTF OTF polychromatique Полихроматическая ОПФ	$D_p(r, s)$	OTF _{p} OTF _{p} ОПФ _{p}	1	3.25
Relative spectral weighting function Fonction de pondération spectrale Спектральная весовая функция	$F(\lambda)$	$F(\lambda)$	1	—
Wavelength Longueur d'onde Длина волны	λ	λ	nm, m nm, m нм, м	—

Table 1 (continued)
Tableau 1 (suite)
Таблица 1 (продолжение)

Parameter Paramètre Параметр	Mathematical symbol Symbole mathématique Математическое обозначение	Drawing notation Notation de dessins Чертежная форма записи	Recommended unit Unité recommandée Рекомендуемые единицы измерения	Corresponding subclause Paragraphe correspondant Соответствующий пункт
Analysed area Zone d'analyse Анализируемый участок	G	G	mm ² mm ² мм ²	—
Radius of the reference sphere Rayon de la sphère de référence Радиус сферы сравнения	R	R	mm mm мм	—
<p>^a mrad and degree units are used when coordinate systems are at infinity. Les unités mrad et degré sont utilisées quand les systèmes de coordonnées sont à l'infini. Единицы мрад и градус применяются при положении систем координат в бесконечности.</p>				

3 Fundamental terms and definitions

3.1 linearity

property of proportional response by an imaging system to the level of input signals

3.2 linear range

range of input signals within which the imaging system exhibits linearity

NOTE An imaging system is said to be operating in its linear range if its response to a specific range of input signal levels is linear within the specified accuracy.

The range of input signals should be specified by minimum and maximum levels.

3 Termes et définitions fondamentaux

3.1 linéarité

propriété consistant à fournir une réponse proportionnelle au niveau des signaux d'entrée

3.2 domaine linéaire

intervalle des signaux d'entrée pour lesquels le système de formation d'image répond à la condition de linéarité

NOTE Un système de formation d'image fonctionne dans son domaine linéaire, si sa réponse à un domaine spécifique des niveaux des signaux d'entrée est linéaire dans les limites d'exactitude spécifiées.

Il convient que le domaine des signaux d'entrée soit spécifié par les niveaux minimaux et maximaux.

3 Основопологающие термины и определения

3.1 линейность

способность изображающей системы пропорционально реагировать на уровень входных сигналов

3.2 линейный диапазон

диапазон значений входного сигнала, в котором изображающая система обнаруживает линейность

ПРИМЕЧАНИЕ Изображающая система работает в линейном диапазоне, если ее реакция на входной сигнал в заданном интервале уровней линейна с заданной степенью точности.

Диапазон значений входного сигнала должен быть задан минимальным и максимальным уровнями.

3.3 incoherent illumination

form of illumination such that the summation of radiation arriving at a given point in image space originating from any two points in the object pattern is given by the addition of intensities due to each of the two point sources acting individually

3.4 imaging state I-state

set of all pertinent parameters affecting the point spread function

NOTE The ways in which the parameters affect this function are given in ISO 9335:2012, Annex A. All the relationships in the following definitions assume the relevance of these parameters even when not explicitly quoted.

3.5 point spread function PSF

normalized distribution of irradiance in the image of a point source

$$p(u,v) = \frac{F(u,v)}{\iint_{-\infty}^{\infty} F(u,v) du dv}$$

where $F(u, v)$ is the irradiance distribution in the image of a point source

3.6 isoplanatic system

imaging system whose point spread function is independent, within a specified accuracy, of the position of the conjugate point source in the object plane

3.3 éclairage incohérent

mode d'éclairage tel que l'image correspondant à deux points sources objets s'obtient en faisant la somme des éclairagements des images que produit chacun de ces deux points sources objets considéré individuellement

3.4 fonction d'imagerie état d'imagerie

ensemble de tous les paramètres appropriés affectant la réponse percussionnelle

NOTE L'ISO 9335:2012, Annexe A, indique la façon dont ces paramètres affectent cette fonction. Toutes les relations exposées dans les définitions suivantes supposent la prise en considération de ces paramètres, même si cela n'est pas explicitement indiqué.

3.5 réponse percussionnelle répartition des éclairagements dans l'image d'un point

PSF
répartition normalisée des éclairagements dans l'image d'une source ponctuelle

$$p(u,v) = \frac{F(u,v)}{\iint_{-\infty}^{\infty} F(u,v) du dv}$$

où $F(u, v)$ est la répartition des éclairagements dans l'image d'un point

3.6 système isoplanétique

système dont la réponse percussionnelle est indépendante, dans des limites d'exactitude spécifiées, de la position du plan objet

3.3 некогерентное освещение

вид освещения, при котором суммирование излучений, падающих в данную точку пространства изображений от любых двух точек структуры объекта, осуществляется сложением интенсивностей, обязанных каждому из двух точечных источников по отдельности

3.4 состояние изображающей системы

набор всех относящихся к делу параметров, влияющих на функцию рассеяния точки

ПРИМЕЧАНИЕ Варианты влияния параметров на эту функцию даны в Приложении А к ИСО 9335:2012. Во всех формулах, приводимых при нижеследующих определениях, предполагается релевантность этих параметров, даже если на это прямо не указано.

3.5 функция рассеяния точки ФРТ

стандартное распределение облученности в изображении точечного источника

$$p(u,v) = \frac{F(u,v)}{\iint_{-\infty}^{\infty} F(u,v) du dv}$$

где $F(u, v)$ – распределение облученности в изображении точечного источника

3.6 изопланатическая система

изображающая система, функция рассеяния точки которой независима, в пределах заданной точности, от положения сопряженного точечного источника в плоскости предметов

3.7 isoplanatic region

region in the image space of an imaging system where the form of the point spread function is nominally constant

NOTE 1 The assessment of constancy of form for the point spread function will be dependent on the required accuracy of measurement of the optical transfer function.

NOTE 2 If the imaging device is a sampling or scanning device (for example when it contains fibre optic elements or channel electron multiplier plates or is part of a video system); the isoplanatic region is specified by an area in real space and a limited frequency region in spatial frequency space (Fourier space) over which the Fourier transform of the point spread function can be considered constant within specified tolerances.

3.8 optical transfer function

OTF
Fourier transform of the imaging system's point spread function

$$D(r,s) = \iint_{-\infty}^{\infty} p(u,v) \exp\{-i2\pi(ur+vs)\} du dv$$

where r and s are spatial frequency variables associated with the space coordinate (u, v)

NOTE 1 For the OTF to have significance, it is necessary that the imaging system be operating in an isoplanatic region and in its linear range.

NOTE 2 The OTF is a complex function whose modulus has the value unity at zero spatial frequency.

3.7 région isoplanétique

domaine de l'espace image d'un système de formation d'images dans lequel la réponse percussionnelle reste constante

NOTE 1 L'appréciation de l'invariance de la réponse percussionnelle dépendra de l'exactitude requise pour les mesurages de la fonction de transfert optique.

NOTE 2 Si le dispositif de formation d'images est à échantillonnage ou balayage (par exemple quand il contient des composants à fibres optiques ou des galettes de microcanaux ou s'il s'agit d'un élément d'une chaîne vidéo), le domaine isoplanétique est spécifié par une région dans l'espace réel et une région dans l'espace des fréquences spatiales (espace de Fourier) pour lesquelles la transformée de Fourier de la réponse percussionnelle peut être considérée comme constante dans des limites données.

3.8 fonction de transfert optique

OTF
transformée de Fourier de la réponse percussionnelle du système de formation d'images

$$D(r,s) = \iint_{-\infty}^{\infty} p(u,v) \exp\{-i2\pi(ur+vs)\} du dv$$

où r et s sont les fréquences spatiales associées aux coordonnées de position (u, v)

NOTE 1 Pour que cette fonction ait une signification, il est nécessaire que le système de formation d'images opère dans une région isoplanétique et dans son domaine linéaire.

NOTE 2 L'OTF est une fonction complexe dont le module est égal à 1 pour la fréquence spatiale zéro.

3.7 изопланатическая область

область пространства изображений изображающей системы, в которой форма функции рассеяния точки номинально постоянна

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Оценка постоянства формы функции рассеяния точки будет зависеть от требуемой точности измерения оптической передаточной функции.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Если изображающий прибор является поэлементным или сканирующим (например, если он содержит волоконно-оптические элементы, многоканальные фотоумножители или представляет собой часть телевизионной системы), то изопланатическая область определяется областью действительного пространства и ограниченной областью пространственных частот (пространство Фурье), в которых преобразование Фурье функции рассеяния точки может считаться постоянным в пределах заданной точности.

3.8 оптическая передаточная функция

ОПФ
преобразование Фурье функции рассеяния точки изображающей системы

$$D(r,s) = \iint_{-\infty}^{\infty} p(u,v) \exp\{-i2\pi(ur+vs)\} du dv$$

где r и s – пространственно-частотные переменные, связанные с пространственными координатами (u, v)

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Для того, чтобы ОПФ имела смысл, необходимо, чтобы изображающая система работала в изопланатической области и в линейном диапазоне.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 ОПФ является комплексной функцией, модуль которой имеет значение единицы при нулевой пространственной частоте.

3.9 modulation transfer function
MTF

modulus of the optical transfer function, $D(r, s)$

3.10 phase transfer function
PTF

argument of the optical transfer function, $D(r, s)$

NOTE The phase transfer function has the value zero at zero spatial frequency and may include a linear term dependent on the position of the origin of the reference coordinate system chosen to describe the point spread function. A shift in the position of that origin results in the addition of linear terms in r and s to the phase transfer function (see 3.19).

3.9 fonction de transfert de modulation

MTF
module de la fonction de transfert optique, $D(r, s)$

3.10 fonction de transfert de phase

PTF
argument de la fonction de transfert optique, $D(r, s)$

NOTE La fonction de transfert de phase a une valeur zéro à la fréquence spatiale zéro et peut inclure un terme linéaire dépendant de la position de l'origine du système de coordonnées de référence choisi. Un déplacement de cette origine entraîne l'addition de termes linéaires en r et en s dans la fonction de transfert de phase (voir 3.19).

3.9 функция передачи модуляции

ФПМ
модуль оптической передаточной функции, $D(r, s)$

3.10 функция передачи фазы
ФПФ

аргумент оптической передаточной функции, $D(r, s)$

ПРИМЕЧАНИЕ Функция передачи фазы имеет значение нуля при нулевой пространственной частоте и может включать линейный член в зависимости от положения начала системы координат, выбранной в качестве исходной для описания функции рассеяния точки. Смещение положения начала координат имеет результатом добавление линейных членов в r и s к функции передачи фазы (см. 3.19).

3.11 one-dimensional optical transfer function

OTF

presentation of the OTF for one azimuthal section at a stated orientation

NOTE 1 In a majority of situations, transfer functions are used in their one-dimensional form. In these instances, the spatial frequency variables r and s are reduced to a single spatial frequency variable, r' , and an azimuth variable, Ψ (see also 4.21 and 4.22), where Ψ is part of the I-state (see Figure 1):

$$D(r, s) = D(r', \Psi)$$

For convenience, the $D(r', \Psi)$ is written as $D(r)$. By convention, the tangential OTF corresponds to a test pattern being constant in the tangential direction, $\Psi = 90^\circ$, and radial (sagittal) OTF corresponds to $\Psi = 0^\circ$.

NOTE 2 In Figure 1 local right-handed coordinate systems (u, v) (r, s), respectively, as well as the right-handed pupil coordinate system (x, y) , are introduced. The reference line for the azimuth angle, Ψ , is then perpendicular to the lines of constant irradiance of the image pattern. When scanning with a slit or edge, this perpendicular direction coincides with the direction of scanning. The angle, Ψ , is then the angle between the u - or r -axis and this scanning direction.

The starting point is the principal assumption that all used coordinate systems shall be right-handed.

In general, for a coordinate system (x_1, x_2, x_3) , rotation on the shortest way from x_1 to x_2 results, together with x_3 , in a right-handed screw. The x_3 -axis is the reference axis which has been explicitly explained with a direction sense. For two-dimensional representations [2D-coordinate system (x_1, x_2)]; one has to look against the x_3 -direction. Then the mathematical positive rotation is anti-clockwise.

Further starting point: the meridional plane contains the x_2 -axis and not the x_1 -axis. This convention is usual in optics.

3.11 fonction de transfert optique unidimensionnelle

OTF

présentation de l'OTF pour un plan azimuthal dans une direction définie

NOTE 1 Dans la majorité des situations, les fonctions de transfert sont utilisées sous leur forme unidimensionnelle. Dans ces cas, les variables r et s de fréquence spatiale sont réduites à une seule variable de fréquence spatiale, r' , et à une variable d'azimut, Ψ (voir également 4.21 et 4.22), où Ψ est un des paramètres de la «fonction d'imagerie» (voir Figure 1):

$$D(r, s) = D(r', \Psi)$$

Pour simplifier, $D(r', \Psi)$ sera écrit $D(r)$. Par convention, l'OTF tangentielle correspond à la direction tangentielle de la mire-objet (azimut $\Psi = 90^\circ$) et l'OTF radiale (ou sagittale) correspond à la direction perpendiculaire de la mire-objet (azimut $\Psi = 0^\circ$).

NOTE 2 À la Figure 1, les systèmes de coordonnées du plan de référence directs, respectivement (u, v) et (r, s) , ainsi que les systèmes de coordonnées pupillaires directs (x, y) sont introduits. La ligne de référence de l'angle d'azimut, Ψ , est alors perpendiculaire aux lignes d'irradiation constante de la mire-image. Quand on effectue un balayage par fente ou par bord (arc), cette direction perpendiculaire coïncide avec la direction du balayage. L'angle Ψ est alors l'angle entre l'axe u ou r et la direction de balayage.

Le point de départ est la principale hypothèse que tous les systèmes de coordonnées utilisés doivent être directs.

En général, pour un système de coordonnées (x_1, x_2, x_3) , la rotation sur le chemin le plus court de x_1 à x_2 résulte en une rotation, selon l'axe x_3 , dans le sens habituel du «vissage». L'axe x_3 est l'axe de référence qui a été expliqué en détails avec un sens de direction. Pour des représentations bidimensionnelles [système de coordonnées 2D (x_1, x_2)], une droite doit être dirigée à l'opposé de la direction x_3 . Alors le sens de rotation positif mathématique est le sens anti-horaire.

Nouveau point de départ: le plan médian contient l'axe x_2 et non l'axe x_1 . Cette convention est habituelle en optique.

3.11 одномерная оптическая передаточная функция

ОПФ

представление ОПФ для одного азимутального сечения при заданной ориентации

ПРИМЕЧАНИЕ 1 В большинстве случаев передаточные функции используются в своей одномерной форме. В этих случаях пространственно-частотные переменные r и s сводятся к единственной пространственно-частотной переменной r' и азимутальной переменной (см. также 4.21 и 4.22), где Ψ входит в число параметров состояния изображающей системы (см. Рисунок 1):

$$D(r, s) = D(r', \Psi)$$

Для удобства $D(r', \Psi)$ будет записываться как $D(r)$. Принято считать, что тангенциальная ОПФ отвечает направлению, тангенциальному структуре-объекту ($\Psi = 90^\circ$), а радиальная (сагиттальная) ОПФ соответствует направлению, перпендикулярному структуре-объекту ($\Psi = 0^\circ$).

ПРИМЕЧАНИЕ 2 На Рисунок 1 введены местная правая система координат (u, v) и, соответственно, (r, s) , а также правая система координат в зрачке (x, y) . Базовая линия азимутального угла, Ψ , перпендикулярна при этом линиям постоянной облучённости структуры-изображения. При сканировании щелью или краем это перпендикулярное направление совпадает с направлением сканирования. Тогда угол Ψ представляет собой угол между осями u или r и этим направлением сканирования.

Отправной точкой служит принципиальное допущение того, что все применяемые системы координат будут правыми.

Обобщённо, в системе координат (x_1, x_2, x_3) вращение по кратчайшему пути от оси x_1 к оси x_2 образует, вместе с осью x_3 , правый винт. Ось x_3 является базовой осью, которая исчерпывающе определена направлением вращения. Для двумерных представлений [в двумерной системе координат (x_1, x_2)] нужно смотреть против направления x_3 . Тогда положительное в математическом смысле направление вращения будет против часовой стрелки.

Based on this the following statements hold:

- a) The reference axis is the z -axis.
- b) The exit pupil coordinate system has its origin in the centre of the exit pupil. The x -axis is perpendicular to the meridional plane, the y -axis is within the meridional plane and x, y, z will form a right-handed coordinate system.
- c) The local image field coordinate system (u, v) [or (r, s) for the Fourier-reciprocal space respectively] has its origin in the endpoint of the image vector, h' . The u -axis (or r -axis) is perpendicular to the meridional plane, the v - (or s -) axis lies in the meridional plane, i.e. in the direction of the image vector, h' . (u, v) or (r, s) build, together with the direction of the reference axis, a right-handed coordinate system.
- d) The azimuth angle, Ψ , counts from the u - or r -axis, respectively, as reference line to the perpendicular direction of the lines of constant intensity of the image figure.
- e) The reference angle, Φ , counts from the reference mark vector as reference line to the meridional plane. When looking against the direction of the reference axis, the sign is positive for anticlockwise rotations.

Sur cette base, les déclarations suivantes sont établies:

- a) L'axe de référence est l'axe Z .
- b) Le système de coordonnées pupillaire a son origine au centre de la pupille de sortie. L'axe X est perpendiculaire au plan médian, l'axe Y est dans le plan médian et X, Y, Z formeront un système de coordonnées direct.
- c) Le système de coordonnées du plan image de référence (u, v) [ou respectivement (r, s) pour l'espace réciproque de Fourier] prend son origine à l'extrémité du vecteur image, h' . L'axe U (ou R) est perpendiculaire au plan médian, l'axe V (ou S) est dans le plan médian, c'est-à-dire dans la direction du vecteur image, h' . (u, v) ou (r, s) construisent ensemble, avec la direction de l'axe de référence, un système de coordonnées direct.
- d) L'angle azimuth, Ψ , va respectivement de l'axe U ou R comme ligne de référence à la direction perpendiculaire des lignes d'intensité constante de la figure image.
- e) L'angle de référence, Φ , va du vecteur de la marque de référence comme ligne de référence au plan médian. En regardant dans la direction opposée de l'axe de référence, le signe est positif pour des rotations dans le sens antihoraire.

Следующая отправная точка: меридиональная плоскость содержит ось x_2 , а не ось x_1 . Это допущение общепринято в оптике.

На основании сказанного справедливы следующие утверждения:

- a) Базовой осью служит ось z .
- b) Система координат выходного зрачка имеет начало в центре выходного зрачка. Ось x перпендикулярна меридиональной плоскости, ось y лежит в меридиональной плоскости, а оси x, y, z образуют правую систему координат.
- c) Местная система координат поля изображения (u, v) [или, соответственно, (r, s) для пространства обратных преобразований Фурье] имеет начало в конечной точке вектора изображения, h' . Ось u (или r) перпендикулярна меридиональной плоскости, ось v (или s) лежит в меридиональной плоскости, то есть в направлении вектора изображения, h' . Оси (u, v) или (r, s) вместе с направлением базовой оси образуют правую систему координат.
- d) Азимутальный угол, Ψ , отсчитывают соответственно от оси u или r как от базовой линии в направлении, перпендикулярном направлению изолиний равной интенсивности структуры-изображения.
- e) Базовый угол, Φ , отсчитывают от вектора репера как от базовой линии к меридиональной плоскости. При взгляде против направления базовой оси знак будет считаться положительным для вращения против часовой стрелки.

3.12
spatial frequency

r

reciprocal of the period of a linear sinusoidal spatial distribution

NOTE Spatial frequency is the variable in Fourier space. It can be presented in either linear or angular dimensions and the unit of spatial frequency is given in mm^{-1} or in mrad^{-1} (degree^{-1}), respectively.

3.12
fréquence spatiale

r

réciproque de la période d'une distribution spatiale sinusoïdale

NOTE La fréquence spatiale est, dans l'espace de Fourier, la variable qui correspond à la variable de position, u , dans l'espace réel. Elle peut être exprimée en dimensions linéaires ou angulaires, et l'unité de fréquence spatiale est donnée respectivement en mm^{-1} ou en mrad^{-1} (degré^{-1}).

3.12
пространственная частота

r

величина, обратная периоду линейного синусоидального пространственного распределения

ПРИМЕЧАНИЕ Пространственная частота – это переменная в пространстве Фурье, которая соответствует переменной положения, u , в действительном пространстве. Она может быть представлена либо в линейной, либо в угловой мере, а единицей измерения пространственной частоты будет соответственно мм^{-1} или мрад^{-1} (градус^{-1}).

(Blank page/Page blanche/Пустая страница)

.....

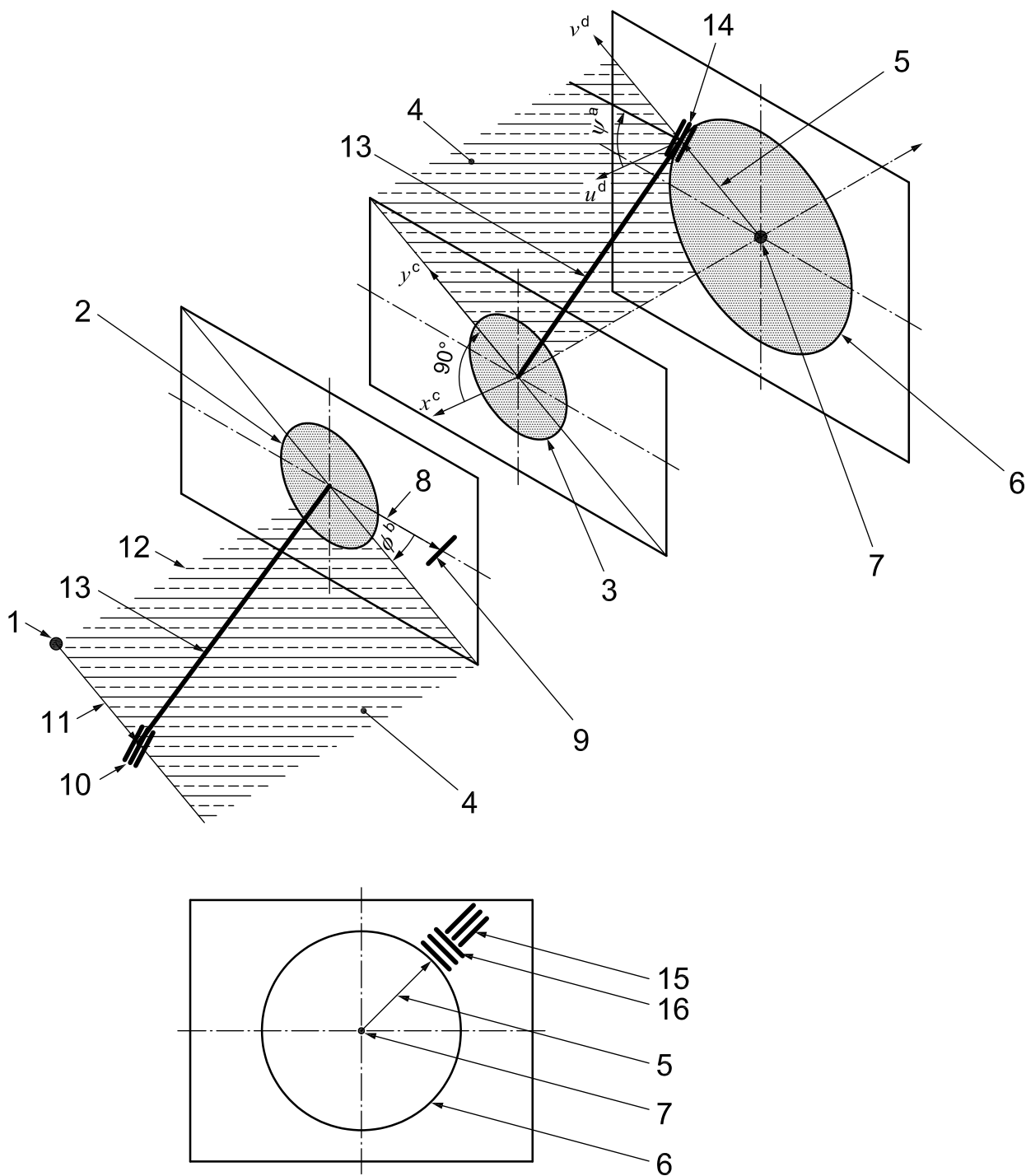


Figure 1
Figure 1
Рисунок 1

Key

- 1 centre of object field
- 2 entrance pupil
- 3 exit pupil
- 4 meridional plane
- 5 image pattern vector, h'
- 6 image circle, of radius, h'
- 7 centre of image field
- 8 reference mark vector
- 9 reference mark (on test specimen)
- 10 object pattern
- 11 object pattern vector, h
- 12 reference axis
- 13 principal ray
- 14 image pattern
- 15 radial to image circle
- 16 tangential to image circle

a Azimuth, Ψ .

b Reference angle, Φ .

c Exit pupil coordinate system x, y .

d Local image field coordinate system u, v or r, s .

Légende

- 1 centre du plan object
- 2 pupille d'entrée
- 3 pupille de sortie
- 4 plan méridien
- 5 vecteur image, h'
- 6 cercle image, de rayon, h'
- 7 centre du plan image
- 8 vecteur de référence
- 9 marque de référence (sur l'éprouvette d'essai)
- 10 mire-objet
- 11 vecteur objet, h
- 12 axe de référence
- 13 rayon principal
- 14 mire-image
- 15 radial au cercle image
- 16 tangente au cercle image

a Azimut, Ψ .

b Angle de référence, Φ .

c Système de coordonnées pupillaire de sortie x, y .

d Système de coordonnées du plan image de référence u, v ou r, s .

Легенда

- 1 центр поля объекта
- 2 входной зрачок
- 3 выходной зрачок
- 4 средняя плоскость
- 5 вектор структуры-изображения, h'
- 6 окружность изображения радиусом, h'
- 7 центр поля изображения
- 8 вектор репера
- 9 репер (на образце)
- 10 структура-объект
- 11 вектор структуры-объекта, h
- 12 базовая ось
- 13 главный луч
- 14 структура-изображение
- 15 радиально к окружности изображения
- 16 тангенциально к окружности изображения

a Азимут, Ψ .

b Базовый угол, Φ .

c Система координат выходного зрачка x, y .

d Местная система координат поля изображения u, v или r, s .

Figure 1 (continued)

Figure 1 (suite)

Рисунок 1 (продолжение)

3.13 line spread function

LSF

normalized distribution of irradiance in the image of an incoherently radiating line source, expressed as the convolution of the point spread function, $p(u, v)$, with an infinitely narrow line, $\delta(u)$, whose length is contained within the isoplanatic region

$$\begin{aligned} L(u) &= \int \int_{-\infty}^{\infty} p(u', v) \delta(u - u') du' dv \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} p(u, v) dv \end{aligned}$$

for a line parallel to the v -axis, where $\delta(u)$ is the Dirac delta function

NOTE 1 The line spread function only exists in an isoplanatic region.

NOTE 2 The one-dimensional optical transfer function, $D(r)$, is the Fourier transform of the line spread function, $L(u)$.

3.14 edge spread function

ESF

distribution of irradiance in the image of an edge

$$E(u) = \int_{-\infty}^u L(u') du'$$

for an edge parallel to the v -axis

3.13 répartition des éclairagements dans l'image d'une ligne

LSF

répartition normalisée des éclairagements dans l'image d'une source linéaire à rayonnement incohérent, exprimée comme la convolution de la réponse percussionnelle, $p(u, v)$, et d'une droite, $\delta(u)$, dont la longueur n'excède pas la région isoplanétique

$$\begin{aligned} L(u) &= \int \int_{-\infty}^{\infty} p(u', v) \delta(u - u') du' dv \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} p(u, v) dv \end{aligned}$$

pour une ligne parallèle à l'axe v , où $\delta(u)$ est la fonction de Dirac (ou fonction delta)

NOTE 1 Cette fonction n'existe que dans une région isoplanétique.

NOTE 2 La fonction de transfert optique unidimensionnelle, $D(r)$, est la transformée de Fourier de la fonction de répartition des éclairagements dans l'image d'une source linéaire, $L(u)$.

3.14 répartition des éclairagements dans l'image d'un bord de plage

ESF

distribution normalisée des éclairagements dans l'image d'un bord

$$E(u) = \int_{-\infty}^u L(u') du'$$

pour un bord parallèle à l'axe V

3.13 функция рассеяния линии ФРЛ

стандартное распределение облученности в изображении некогерентно излучающего линейного источника, определяемое как свертка функции рассеяния точки $p(u, v)$ с бесконечно узкой линией $\delta(u)$, отрезок которой располагается в изопланатической области

$$\begin{aligned} L(u) &= \int \int_{-\infty}^{\infty} p(u', v) \delta(u - u') du' dv \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} p(u, v) dv \end{aligned}$$

для линии, параллельной оси v , где $\delta(u)$ – дельта-функция Дирака

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Функция рассеяния линии существует только в изопланатической области.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Одномерная оптическая передаточная функция $D(r)$ представляет собой преобразование Фурье функции рассеяния линии, $L(u)$.

3.14 функция рассеяния края ФРК

стандартное распределение облученности в изображении края

$$E(u) = \int_{-\infty}^u L(u') du'$$

для края, параллельного оси v

**3.15
grating**

linear pattern whose transmittance or reflectance varies periodically in all but one azimuth where it is constant

**3.16
sinusoidal grating**

grating whose periodic variation has a sinusoidal form

**3.17
modulation**

M

measure of the degree of variation in a periodic signal

NOTE In the context of this International Standard, the modulation of a periodic radiometric quantity, *I*, is defined by

$$M = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

where I_{\max} and I_{\min} are, respectively, the maximum and minimum values of radiant exitance or irradiance.

**3.18
modulation transfer factor
MTF**

$T(r_0)$

value of the MTF at a specified spatial frequency, r_0

NOTE In the special case where the object is a sine-wave grating of specified spatial frequency, r_0 , in an isoplanatic region and for a linear device, the modulation transfer factor, $T(r_0)$, is the ratio of image-to-object modulation.

**3.15
mire**

structure linéaire dont le facteur de transmission ou le facteur de réflexion varie périodiquement dans tous les azimuts, sauf où elle est constante

**3.16
mire sinusoïdale**

mire dont la variation périodique est sinusoïdale

**3.17
modulation**

M

mesure du degré de variation d'un signal périodique

NOTE Dans le contexte de la présente Norme internationale, la modulation d'une grandeur radiométrique périodique, *I*, est définie par

$$M = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

où I_{\max} et I_{\min} sont respectivement les valeurs minimale et maximale de l'exitance et de l'irradiance.

**3.18
facteur de transfert de
modulation**

$T(r_0)$

valeur de la fonction de transfert de modulation à une fréquence spatiale spécifiée, r_0

NOTE Dans le cas particulier où l'objet est une mire sinusoïdale de fréquence spatiale spécifiée, r_0 , placée dans une région isoplanétique d'un dispositif linéaire, le facteur de transfert de modulation, $T(r_0)$, est le rapport de la modulation de l'image à la modulation de l'objet.

**3.15
решетка**

линейная структура, коэффициент пропускания или отражения которой изменяется периодически в направлении всех азимутов, кроме одного, где он постоянен

**3.16
синусоидальная решетка**

решетка, периодическое изменение которой имеет синусоидальный вид

**3.17
модуляция**

M

мера степени изменения периодического сигнала

ПРИМЕЧАНИЕ В контексте настоящего Международного Стандарта модуляция периодической фотометрической величины, *I*, определяется выражением

$$M = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

где I_{\max} и I_{\min} являются соответственно максимальным и минимальным значениями энергетической светимости или облученности.

**3.18
коэффициент передачи
модуляции**

$T(r_0)$

значение ФПМ при заданной пространственной частоте, r_0

ПРИМЕЧАНИЕ В особом случае, когда объект представляет собой синусоидальную решетку заданной пространственной частоты, r_0 , в изопланатической области и прибор линейен, коэффициент передачи модуляции, $T(r_0)$, является отношением модуляции изображения к модуляции объекта.

3.19
phase transfer value
PTF

θ
value of the PTF at a specified spatial frequency, r_0

NOTE In an isoplanatic region and for a linear device, the image of a sinusoidal pattern is also a sinusoidal pattern, but it may be laterally displaced from the geometric image position. The ratio of this displacement to the period of the image multiplied by 2π is the phase transfer value in radians.

3.20
wavefront aberration
function

WFE_λ
optical path difference, at the exit pupil, between the wavefront emergent after passing through an optical system and a reference sphere centred on the image point, for a given wavelength, λ

NOTE The wavefront aberration function provides a measure of the variation in phase across the wavefront in the system exit pupil.

3.19
facteur de transfert de
phase

θ
valeur de la fonction de transfert de phase à une fréquence spatiale donnée, r_0

NOTE Dans une région isoplanétique et pour un dispositif linéaire, l'image d'une mire sinusoïdale est aussi une mire sinusoïdale, mais elle peut être déplacée latéralement par rapport à une position prévue par l'optique géométrique. Le rapport de ce déplacement à la période de l'image, multiplié par 2π , représente la valeur du transfert de phase, exprimée en radians.

3.20
écart normal à la surface
d'onde

WFE_λ
pour une longueur d'onde donnée λ , différence de chemin optique, au niveau de la pupille de sortie, entre la surface d'onde émergente après traversée d'un système optique et une sphère de référence centrée sur le point image

NOTE L'écart normal à la surface d'onde indique la variation de phase de la surface d'onde au niveau de la pupille de sortie du système optique.

3.19
фазовый сдвиг

θ
значение ФПФ при заданной пространственной частоте, r_0

ПРИМЕЧАНИЕ В изопланатической области для линейного прибора изображение синусоидальной структуры также является синусоидальной структурой, но оно может быть смещено в сторону от геометрического положения изображения. Отношение этого смещения к периоду изображения, умноженное на 2π , представляет собой коэффициент передачи фазы, в радианах.

3.20
функция аберраций
волнового фронта

$AB\Phi_\lambda$
оптическая разность хода в выходном зрачке между волновым фронтом, прошедшим через оптическую систему и покидающим ее, и сферой сравнения, центрированной в осевой точке изображения для данной длины волны λ

ПРИМЕЧАНИЕ Функция аберраций волнового фронта дает меру изменения фазы по волновому фронту в выходном зрачке оптической системы.

3.21 pupil function

$P_\lambda(x, y)$
complex amplitude distribution in the wavefront emergent from an optical system in the exit pupil of that optical system (see Figure 2)

Inside the exit pupil:

$$P_\lambda(x, y) = A_\lambda(x, y) \exp\left\{-i\frac{2\pi}{\lambda}W_\lambda(x, y)\right\}$$

Outside the exit pupil:

$$P_\lambda(x, y) = 0$$

where

x and y are the Cartesian coordinates of a point on the reference sphere centred on the image point;

$A_\lambda(x, y)$ is the amplitude at that point;

$W_\lambda(x, y)$ is the wave aberration function at that point.

NOTE The exit pupil of an optical system used in this definition is that which is effective for the image point under consideration.

Such a wavefront is produced by the optical system of an object point radiating at a monochromatic wavelength, λ .

3.21 fonction pupillaire

$P_\lambda(x, y)$
répartition au niveau de la pupille de sortie de l'amplitude complexe (du champ électrique) de la surface d'onde émergeant d'un système optique (voir Figure 2)

À l'intérieur de la pupille de sortie:

$$P_\lambda(x, y) = A_\lambda(x, y) \exp\left\{-i\frac{2\pi}{\lambda}W_\lambda(x, y)\right\}$$

À l'extérieur de la pupille de sortie:

$$P_\lambda(x, y) = 0$$

où

x et y sont les coordonnées cartésiennes d'un point sur la sphère de référence centrée sur le point image;

$A_\lambda(x, y)$ est l'amplitude en ce point;

$W_\lambda(x, y)$ est l'écart normal à la surface d'onde en ce point.

NOTE La pupille de sortie d'un système optique, utilisée dans cette définition, est celle qui contribue effectivement à la formation de l'image du point considéré.

Une telle surface d'onde est produite par le système optique à partir d'un point objet à rayonnement monochromatique de longueur d'onde, λ .

3.21 зрачковая функция

$P_\lambda(x, y)$
распределение комплексной амплитуды по волновому фронту, покидающему оптическую систему, измеренное в ее выходном зрачке (см. Рисунок 2)

В пределах выходного зрачка:

$$P_\lambda(x, y) = A_\lambda(x, y) \exp\left\{-i\frac{2\pi}{\lambda}W_\lambda(x, y)\right\}$$

Вне выходного зрачка:

$$P_\lambda(x, y) = 0$$

где

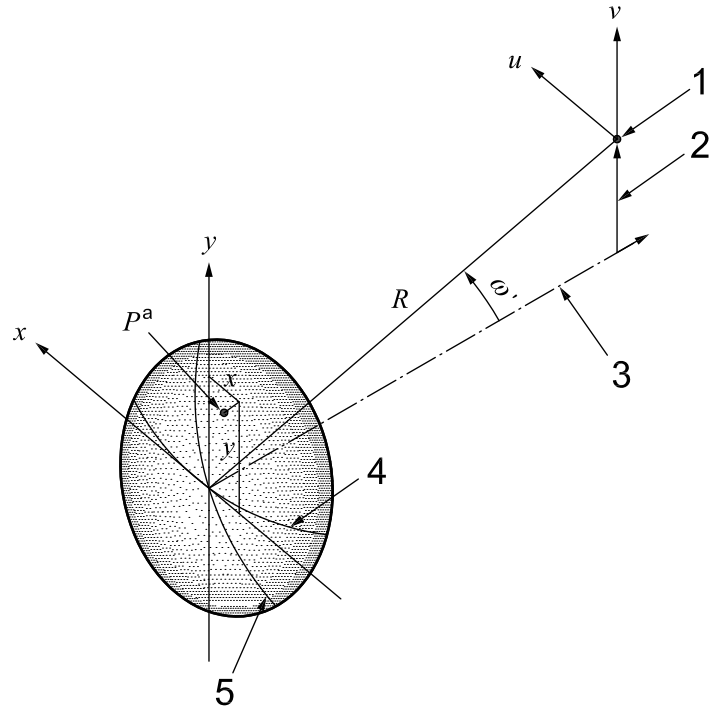
x и y декартовы координаты точки сферы сравнения, центрированной относительно точки изображения;

$A_\lambda(x, y)$ амплитуда в этой точке;

$W_\lambda(x, y)$ функция волновой aberrации в этой точке.

ПРИМЕЧАНИЕ В качестве выходного зрачка оптической системы в определении имеется в виду действующий зрачок для рассматриваемой точки изображения.

Такой волновой фронт образуется оптической системой от точки объекта, излучающей на монохроматической длине волны, λ .



<p>Key</p> <p>1 image point = centre of sphere</p> <p>2 image pattern vector, h'</p> <p>3 reference axis, z</p> <p>4 intersection of sphere with x-z-plane</p> <p>5 intersection of sphere with y-z-plane</p> <p>^a On reference sphere.</p>	<p>Légende</p> <p>1 point image = centre de la sphère</p> <p>2 vecteur image, h'</p> <p>3 axe de référence, z</p> <p>4 intersection de la sphère avec le plan x-z</p> <p>5 intersection de la sphère avec le plan y-z</p> <p>^a Sur la sphère de référence.</p>	<p>Легенда</p> <p>1 точка изображения = центр сферы</p> <p>2 вектор структуры-изображения, h'</p> <p>3 базовая ось, z</p> <p>4 пересечение сферы с плоскостью x-z</p> <p>5 пересечение сферы с плоскостью y-z</p> <p>^a На базовой сфере.</p>
---	--	--

Figure 2
Figure 2
Рисунок 2

3.22 amplitude point spread function amplitude impulse response

$A_{p,\lambda}(u, v)$
relative distribution of complex
amplitude in the image of a point
source

NOTE 1 With appropriate normal-
ization, the amplitude point spread
function is the Fourier transform of the
pupil function, $P_\lambda(x, y)$:

$$A_{p,\lambda}(u, v) = \iint_{-\infty}^{\infty} P_\lambda(x, y) \exp\left\{-i \frac{2\pi}{\lambda R}(ux + vy)\right\} dx dy$$

where

u and v are local coordinates
centred at a field point
conjugate to the source
point and are chosen
parallel to the x and y
axes respectively;

R is the radius of the ref-
erence sphere for the
selected image point.

See Figure 1 and 3.11, Note 2.

NOTE 2 The point spread function is
related to the amplitude point spread
function by the equation

$$p_\lambda(u, v) = A_{p,\lambda}(u, v) A_{p,\lambda}^*(u, v)$$

where the asterisk denotes the complex
conjugate.

3.22 réponse percussive en amplitude réponse impulsionnelle en amplitude

$A_{p,\lambda}(u, v)$
distribution relative de l'amplitude
complexe dans l'image d'un point

NOTE 1 La réponse percussive en
amplitude est la transformée de
Fourier normalisée de la fonction
pupillaire, $P_\lambda(x, y)$:

$$A_{p,\lambda}(u, v) = \iint_{-\infty}^{\infty} P_\lambda(x, y) \exp\left\{-i \frac{2\pi}{\lambda R}(ux + vy)\right\} dx dy$$

où

u et v sont les coordonnées
locales centrées à un
point du champ, conjugué
du point source, et
choisies parallèlement
aux axes x et y respec-
tivement;

R est le rayon de la sphère
de référence pour le point
image choisi.

Voir Figure 1 et 3.11, Note 2.

NOTE 2 La répartition des éclair-
ements dans l'image d'un point est liée à
la réponse percussive en
amplitude par la relation

$$p_\lambda(u, v) = A_{p,\lambda}(u, v) A_{p,\lambda}^*(u, v)$$

où l'astérisque indique la grandeur
complexe conjuguée.

3.22 амплитудная функция рассеяния точки амплитудный импульсный отклик

$A_{p,\lambda}(u, v)$
относительное распределение
комплексной амплитуды в изо-
бражении точечного источника

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Амплитудная
функция рассеяния точки является
стандартным преобразованием
Фурье зрачковой функции, $P_\lambda(x, y)$:

$$A_{p,\lambda}(u, v) = \iint_{-\infty}^{\infty} P_\lambda(x, y) \exp\left\{-i \frac{2\pi}{\lambda R}(ux + vy)\right\} dx dy$$

где

u и v местные координаты,
центрированные в точке
поля, сопряженной с
точкой-источником и
выбранные
параллельными осям x
и y соответственно;

R радиус сферы срав-
нения для выбранной
точки изображения.

См. Рисунок 1 и 3.11, Примечание 2.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Функция рас-
сеяния точки связана с амплитудной
функцией рассеяния точки
соотношением

$$p_\lambda(u, v) = A_{p,\lambda}(u, v) A_{p,\lambda}^*(u, v)$$

где звездочка обозначает ком-
плексное сопряженное.

3.23 autocorrelation integral Duffieux integral

mathematical procedure used, in the context of this International Standard, to evaluate the autocorrelation of the pupil function for monochromatic illumination

NOTE The two-dimensional OTF may be computed from the autocorrelation integral of the pupil function, $P_\lambda(x, y)$, except in the case where the image system has a large aperture ratio or an extremely large field angle, according to the equation

$$D_\lambda(r, s) = \frac{1}{S} \iint_G P_\lambda(x, y) P_\lambda^*(x - \lambda Rr, y - \lambda Rs) dx dy$$

where

S is the area of the exit pupil;

G is the area of integration (see Figure 3).

3.23 intégrale d'autocorrélation intégrale de Duffieux

procédé mathématique utilisé dans le contexte de la présente Norme internationale pour évaluer la fonction d'autocorrélation de la pupille, pour un rayonnement monochromatique

NOTE Sauf dans le cas où le système optique a une ouverture numérique ou un angle de champ très grand, la fonction de transfert optique bidimensionnelle, OTF, peut être déterminée, pour un rayonnement monochromatique, à partir de l'intégrale d'autocorrélation de la fonction pupillaire, $P_\lambda(x, y)$:

$$D_\lambda(r, s) = \frac{1}{S} \iint_G P_\lambda(x, y) P_\lambda^*(x - \lambda Rr, y - \lambda Rs) dx dy$$

où

S est la surface de la pupille de sortie;

G est l'aire d'intégration (voir Figure 3).

3.23 автокорреляционный интеграл Дюффье

математическая процедура, используемая в контексте настоящего Международного стандарта для оценки автокорреляции зрачковой функции для монохроматического освещения

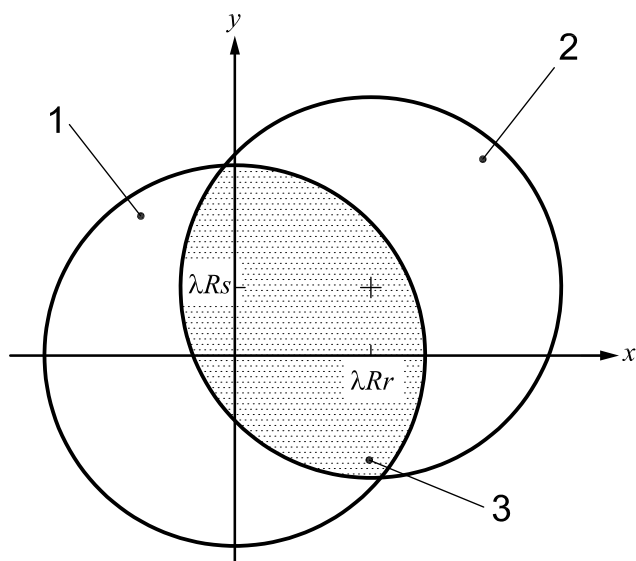
ПРИМЕЧАНИЕ Двумерная ОПФ может быть определена по автокорреляционному интегралу зрачковой функции, $P_\lambda(x, y)$, за исключением случаев, когда изображающая система обладает большим относительным отверстием или чрезвычайно широким полевым углом, по формуле

$$D_\lambda(r, s) = \frac{1}{S} \iint_G P_\lambda(x, y) P_\lambda^*(x - \lambda Rr, y - \lambda Rs) dx dy$$

где

S площадь выходного зрачка;

G площадь интегрирования (см. Рисунок 3).



Key

- 1 pupil, of area S
- 2 sheared pupil
- 3 area of integration, G

Légende

- 1 pupille, de surface S
- 2 pupille décalée
- 3 aire d'intégration, G

Легенда

- 1 зрачок площадью S
- 2 смещенный зрачок
- 3 площадь интегрирования, G

Figure 3
Figure 3
Рисунок 3

3.24 monochromatic optical transfer function

OTF_{λ}
optical transfer function for radiation at a single wavelength, λ

3.24 fonction de transfert optique monochromatique

OTF_{λ}
fonction de transfert optique pour un rayonnement d'une seule longueur d'onde, λ

3.24 монохроматическая оптическая передаточная функция

$ОПФ_{\lambda}$
оптическая передаточная функция для излучения единственной длины волны λ

3.25 polychromatic optical transfer function

OTF_p
optical transfer function relevant to image formation with radiation covering a finite band of wavelengths

NOTE 1 For $D_p(r, s)$ to be meaningful, the spectral weighting function, $F(\lambda)$, must be specified. This is determined by the composite spectral characteristics of the equipment, which include the spectral distribution of the radiation from the source, the spectral transmittance of the equipment, including any filters, and the spectral responsivity of the detector.

NOTE 2 The weighting function, $F(\lambda)$, should be chosen to match the composite spectral characteristics relevant to the application of the imaging device.

4 Practical terms and definitions

4.1 object pattern

spatial distribution of a radiometric quantity to be imaged by the test system

4.2 image pattern

spatial distribution of a radiometric quantity corresponding to the object pattern, which is detected at the output of the imaging system

4.3 object field

area of allowed locations of the object pattern

NOTE The centre of the object field is specified in such a way that it corresponds to the centre of the image field.

3.25 fonction de transfert optique polychromatique

OTF_p
fonction de transfert optique relative à la formation d'une image par un rayonnement couvrant une bande finie de longueurs d'onde

NOTE 1 Pour que $D_p(r, s)$ ait une signification, une fonction de pondération spectrale, $F(\lambda)$, doit être indiquée. Celle-ci est déterminée à partir des différentes caractéristiques spectrales de l'équipement, en particulier le spectre d'émission de la source, la transmission spectrale de l'équipement incluant tous les filtres et la sensibilité spectrale du détecteur.

NOTE 2 Il convient que la fonction de pondération spectrale, $F(\lambda)$, soit en général déterminée en fonction des caractéristiques spectrales du domaine d'utilisation du système d'imagerie considéré.

4 Termes et définitions pratiques

4.1 mire-objet

répartition spatiale d'une grandeur radiométrique dont le système soumis à essai forme l'image

4.2 mire-image

répartition spatiale d'une grandeur radiométrique correspondant à la mire-objet et qui est détectée à la sortie du système de formation d'images

4.3 champ-objet

domaine de l'espace attribué à la mire-objet

NOTE Le centre du champ-objet est spécifié de sorte qu'il corresponde au centre du champ-image.

3.25 полихроматическая оптическая передаточная функция

ОПФ_p
оптическая передаточная функция, относящаяся к формированию изображения излучением в ограниченной полосе длин волн

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Для того, чтобы $D_p(r, s)$ имела смысл, должна быть установлена спектральная весовая функция, $F(\lambda)$. Она определяется комбинированной спектральной характеристикой аппаратуры, охватывающей спектральное распределение излучения источника, спектральный коэффициент пропускания аппаратуры с учетом светофильтров и спектральную чувствительность фотоприемника.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Спектральная весовая функция, $F(\lambda)$, должна быть выбрана такой, чтобы она соответствовала спектральной характеристике применительно к назначению изображающего прибора.

4 Практические термины и определения

4.1 структура-объект

пространственное распределение фотометрической величины, изображение которого образуется испытываемой системой

4.2 структура-изображение

пространственное распределение фотометрической величины, отвечающее структуре-объекту, которое обнаруживается на выходе изображающей системы

4.3 поле объекта

область допустимых положений структуры-объекта

ПРИМЕЧАНИЕ Центр поля объекта задан таким образом, чтобы он соответствовал центру поля изображения.

4.4 image field

locations where images formed by the system under test can be detected

4.5 analysed area

portion of the image field analysed when determining the OTF

4.6 reference axis

line, defined with respect to suitable features, which can be uniquely identified

NOTE The reference axis is also invested with a positive direction, namely the direction of travel of the radiation contributing to the imaging of the centre of the object field.

The reference axis is often the axis of radial symmetry of one component or a distinctive physical feature of the test system for which such a symmetry axis can be uniquely identified (for example lens barrel, mounting flange, etc.). Often it is the mechanical counterpart, for a real system, of the optical axis (defined for an idealized system as the common symmetry axis of all the optical components).

4.7 aperture stop

physical part, or set of parts, which limits geometrically the amount of radiation transferred by the system from the object field to the image field

4.4 champ-image

emplacements où les images formées par le système soumis à essai peuvent être détectées

4.5 zone d'analyse

portion du champ-image analysée lorsqu'on détermine la fonction de transfert optique (OTF)

4.6 axe de référence

droite, définie par rapport à des caractéristiques appropriées, pouvant être identifiée de façon unique

NOTE L'axe de référence est orienté positivement dans le sens de propagation du rayonnement incident contribuant à la formation de l'image du centre du champ-objet.

L'axe de référence correspond souvent à l'axe de symétrie radiale d'un composant ou à une caractéristique physique distincte du système soumis à essai et pour lequel un tel axe de symétrie ne peut être identifié que d'une seule façon (par exemple lentille, bride de montage, etc.). C'est souvent la contrepartie mécanique, pour un système réel, de l'axe optique (défini dans un système idéal comme l'axe commun de symétrie de tous les composants optiques).

4.7 diaphragme

élément matériel ou ensemble d'éléments limitant géométriquement la quantité de rayonnement transférée par le système, du champ-objet au champ-image

4.4 поле изображения

местоположения, в которых могут быть обнаружены изображения, образуемые испытываемой системой

4.5 анализируемая область

часть поля изображения, анализируемая при определении ОПФ

4.6 базовая ось

линия, определенная некоторыми характерными особенностями, которыми она может быть идентифицирована единственным образом

ПРИМЕЧАНИЕ Кроме того, базовой оси приписывается положительное направление, а именно – направление распространения излучения, участвующего в образовании изображения центра поля объекта.

Базовой осью часто служит ось круговой симметрии одного из компонентов или отличительная конструктивная особенность испытываемой системы, для которой такая ось симметрии может быть идентифицирована единственным образом (например, оправа объектива, опорный фланец и др.). Часто для реальной системы используется механический аналог оптической оси (которая для идеализированной системы определена как общая ось симметрии всех оптических элементов).

4.7 апертурная диафрагма

материальная деталь или набор деталей, которые геометрически ограничивают количество излучения, передаваемого системой от поля объекта к полю изображения

**4.8
entrance pupil**

image of the aperture stop in the object space

NOTE If the aperture stop is the first component encountered by the radiation, the entrance pupil is in coincidence with the aperture stop.

**4.9
exit pupil**

image of the aperture stop in image space

NOTE 1 If the aperture stop is the last component encountered by the radiation, the exit pupil is in coincidence with the aperture stop.

NOTE 2 In the case where the test system is built up of incoherently coupled sub-systems, two aperture stops should be taken into account:

- the first affects only the radiation coming from the object pattern and is used to define the entrance pupil;
- the second affects only the radiation contributing to the image pattern and is used to define the exit pupil.

**4.10
object [image] pattern
vector**

vector, normal to and originating from the reference axis, to the centre of the object [image] pattern

See Figure 1.

**4.8
pupille d'entrée**

image du diaphragme dans l'espace objet

NOTE Si le diaphragme est le premier composant rencontré par le rayonnement, la pupille d'entrée coïncide avec le diaphragme.

**4.9
pupille de sortie**

image du diaphragme dans l'espace image

NOTE 1 Si le diaphragme est le dernier composant rencontré par le rayonnement, la pupille de sortie coïncide avec le diaphragme.

NOTE 2 Dans le cas où le système soumis à essai est constitué de sous-systèmes couplés en rupture de cohérence, deux diaphragmes doivent être pris en considération:

- le premier affecte uniquement le rayonnement provenant de la mire-objet et est utilisé pour définir la pupille d'entrée;
- le second affecte uniquement le rayonnement contribuant à la formation de l'image et est utilisé pour définir la pupille de sortie.

**4.10
vecteur objet [vecteur
image]**

vecteur normal à l'axe de référence et partant de celui-ci pour aboutir au centre de la mire-objet [mire-image]

Voir Figure 1.

**4.8
входной зрачок**

изображение апертурной диафрагмы в пространстве предметов

ПРИМЕЧАНИЕ Если апертурная диафрагма является первым компонентом, который встречает излучение, то входной зрачок совпадает с апертурной диафрагмой.

**4.9
выходной зрачок**

изображение апертурной диафрагмы в пространстве изображений

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Если апертурная диафрагма является последним компонентом, который встречает излучение, то выходной зрачок совпадает с апертурной диафрагмой.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 В случае, когда испытываемая система построена из некогерентно сопряженных подсистем, следует принимать во внимание две апертурные диафрагмы:

- первая взаимодействует только с излучением, приходящим от структуры-объекта, и используется для определения входного зрачка;
- вторая взаимодействует только с излучением, участвующим в формировании структуры-изображения, и используется для определения выходного зрачка.

**4.10
вектор структуры-объекта**
вектор, перпендикулярный базовой оси и направленный от нее к центру структуры-объекта [изображения]

См. Рисунок 1.

4.11**reference mark vector**

vector, normal to and originating from the reference axis, to a reference mark on the test specimen

See Figure 1.

4.11**vecteur de référence**

vecteur normal à l'axe de référence et partant de celui-ci pour aboutir à un repère spécifié marqué sur l'élément ou le dispositif soumis à essai

Voir Figure 1.

4.11**вектор репера**

вектор, перпендикулярный базовой оси и направленный от нее к реперу, имеющемуся на испытуемом образце

См. Рисунок 1.

4.12**reference angle**

ϕ

angle between the plane containing the reference axis and the reference mark vector and the plane containing the reference axis and the pattern vector

NOTE The so defined coordinate system, together with the reference axis, is a right-handed coordinate system. Therefore, the reference angle, ϕ , is defined as shown in Figure 1 (see Figure 1 and 3.11, Note 2).

4.12**angle de référence**

ϕ

angle entre le plan contenant l'axe de référence et le vecteur de référence, et le plan (plan méridien) contenant l'axe de référence et les vecteurs objets et vecteur images

NOTE Le système de coordonnées ainsi défini avec l'axe de référence est un système de coordonnées direct. Par conséquent, l'angle de référence ϕ est défini tel que représenté à la Figure 1 (voir Figure 1 et 3.11, Note 2).

4.12**базовый угол**

ϕ

угол между плоскостью, содержащей базовую ось и вектор репера, и плоскостью, содержащей базовую ось и вектор структуры

ПРИМЕЧАНИЕ Определенная таким способом система координат вместе с базовой осью является правой системой координат. Поэтому базовый угол ϕ задается так, как показано на Рисунке 1 (см. Рисунок 1 и 3.11, Примечание 2).

4.13**object field angle**

ω

absolute value of the angle between the reference axis and the direction of travel of radiation from an object at infinity to the entrance pupil of the test specimen

4.13**angle de champ objet**

ω

valeur absolue de l'angle entre l'axe de référence et la direction de propagation du rayonnement partant d'un objet à l'infini et allant vers la pupille d'entrée de l'objet en essai

4.13**полевой угол объекта**

ω

абсолютная величина угла между базовой осью и направлением распространения излучения от объекта в бесконечности до входного зрачка испытуемого образца

4.14**image field angle**

ω'

absolute value of the angle between the reference axis and the direction of travel of radiation from the exit pupil of the test specimen to the image at infinity

4.14**angle de champ image**

ω'

valeur absolue de l'angle entre l'axe de référence et la direction de propagation du rayonnement partant de la pupille de sortie de l'objet soumis à essai et allant vers une image à l'infini

4.14**полевой угол изображения**

ω'

абсолютная величина угла между базовой осью и направлением распространения излучения от выходного зрачка испытуемого образца до изображения в бесконечности

**4.15
object height**

h
length of the object vector

cf. **image height** (4.16).

NOTE The concept of object height is used when the object is at a finite conjugate. Otherwise, object field angle is used.

**4.16
image height**

h'
length of the image vector

cf. **object height** (4.15)

NOTE The concept of image height is used when the image is at a finite conjugate. Otherwise, image field angle is used.

**4.17
datum surface**

surface having the shape, orientation and position of the surface intended to receive the image

NOTE 1 The datum surface is characterized by a particular focal or mechanical setting, chosen for the comparison or citation of test results.

NOTE 2 Unless otherwise specified, the datum surface is assumed to be a **datum plane** (4.18).

**4.15
hauteur objet**

h
longueur du vecteur objet

cf. **hauteur image** (4.16)

NOTE Le concept de hauteur objet est utilisé quand l'objet est à distance finie. Autrement, on utilise l'angle de champ objet.

**4.16
hauteur image**

h'
longueur du vecteur image

cf. **hauteur objet** (4.15)

NOTE Le concept de hauteur image est utilisé quand l'image est à distance finie. Autrement, on utilise l'angle de champ image.

**4.17
surface d'analyse**

surface ayant la forme, l'orientation et la position de la surface destinée à recevoir l'image

NOTE 1 La surface d'analyse est caractérisée par une focalisation ou un tirage mécanique particuliers, choisis pour permettre la comparaison ou l'expression des résultats d'essai.

NOTE 2 Sauf spécification contraire, la surface d'analyse est supposée être un **plan d'analyse** (4.18).

**4.15
величина объекта**

h
длина вектора объекта

см. **величина изображения** (4.16)

ПРИМЕЧАНИЕ Понятие величины объекта используется при конечном расстоянии до объекта. В противном случае используется полевой угол объекта.

**4.16
величина изображения**

h'
длина вектора изображения

см. **величина объекта** (4.15)

ПРИМЕЧАНИЕ Понятие величины изображения используется при конечном расстоянии до изображения. В противном случае используется полевой угол изображения.

**4.17
заданная поверхность**

поверхность, имеющая форму, ориентацию и положение той поверхности, которая предназначена для формирования изображения

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Заданная поверхность характеризуется конкретным положением фокусировки или механической установки, выбранной для сравнения или сообщения результатов испытания.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Если не установлено иначе, то заданной поверхностью считается **заданная плоскость** (4.18).

4.18**datum plane**

datum surface (4.17) which is a plane perpendicular to the reference axis

NOTE The datum plane is characterized by a particular focal or mechanical setting, chosen for the comparison or citation of test results.

4.19**reference surface**

surface, normal to the reference axis, to which all axial position parameters are referred

NOTE 1 This surface is usually a **reference plane** (4.20).

NOTE 2 The reference surface may correspond to a physical feature of the test system (e.g. a mounting flange, or a fixture specially mounted for that purpose).

4.20**reference plane**

reference surface (4.19) which is a plane

4.21**radial azimuth**

azimuth of the object pattern when the extension of a slit or edge object, or a line of constant intensity in an object grating, is in the direction of the object or image pattern vector

cf. **tangential azimuth** (4.22)

NOTE Other azimuths are specified by the angle ψ . See Figure 1 and 3.11, Note 2.

4.18**plan d'analyse**

surface d'analyse (4.17) qui est un plan perpendiculaire à l'axe de référence

NOTE Le plan d'analyse sera caractérisé par une focalisation ou un tirage mécanique particuliers, choisis pour permettre la comparaison ou l'expression des résultats d'essai.

4.19**surface de référence**

surface normale à l'axe de référence et à laquelle se réfèrent tous les paramètres de position axiale

NOTE 1 Cette surface est habituellement un **plan de référence** (4.20).

NOTE 2 La surface de référence peut correspondre à une caractéristique physique du système soumis à essai (par exemple une bride de montage ou une fixation montée spécialement dans ce but).

4.20**plan de référence**

surface de référence (4.19) qui est un plan

4.21**azimut radial**

azimut de la mire-objet quand la direction principale de celle-ci, déterminée par une fente, un bord de plage ou une ligne d'égale luminance, est dans la direction du vecteur objet ou du vecteur image

cf. **azimut tangentiel** (4.22)

NOTE Les autres azimuts sont spécifiés par l'angle ψ . Voir Figure 1 et 3.11, Note 2.

4.18**заданная плоскость**

заданная поверхность (4.17) перпендикулярная базовой оси

ПРИМЕЧАНИЕ Заданная плоскость характеризуется конкретным положением фокусировки или механической установки, выбранной для сравнения или сообщения результатов испытания.

4.19**поверхность сравнения**

поверхность, перпендикулярная базовой оси, относительно которой отсчитываются все параметры осевого положения

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Эта поверхность обычно является **плоскостью сравнения** (4.20).

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Поверхность сравнения может соответствовать какой-либо материальной особенности испытуемой системы (например, фланцу оправы или фиксированному элементу, установленному специально для этой цели).

4.20**плоскость сравнения**

поверхность сравнения (4.19), которая является плоскостью

4.21**радиальный азимут**

азимут структуры-объекта, когда продолжение объекта в виде щели, края или линии постоянной интенсивности в составе объекта-решетки проходит в направлении вектора структуры-объекта или структуры-изображения

см. **тангенциальный азимут** (4.22)

ПРИМЕЧАНИЕ Прочие азимуты задаются углом ψ . См. Рисунок 1 и 3.11, Примечание 2.

4.22 tangential azimuth

azimuth of the object pattern when the extension of a slit or edge object, or a line of constant intensity in an object grating, is perpendicular to the object or image pattern vector

cf. **radial azimuth** (4.21)

NOTE 1 Other azimuths are specified by the angle ψ . See Figure 1.

NOTE 2 When the test pattern is on the axis, slits, edges or grating lines directed towards the reference mark are taken as being in the tangential azimuth when the lens orientation puts the reference mark uppermost.

4.23 image scale magnification

ratio of image height to object height, in the paraxial limit

NOTE In the case of infinite object and finite image conjugates, the image scale is zero. In the case of infinite conjugates for both object and image, the image scale is the angular magnification of the instrument, angular magnification being the ratio of $\tan \omega'$ to $\tan \omega$.

4.24 local image scale local magnification

ratio of the size of a small image element to the size of the corresponding object element at a specified image position

NOTE The local image scale can also depend on the object azimuth.

4.22 azimut tangentiel

azimut de la mire-objet quand la direction principale de celle-ci, déterminée par une fente, un bord de plage ou une ligne d'égalé luminance, est perpendiculaire au vecteur objet ou au vecteur image

voir **azimut radial** (4.21)

NOTE 1 Les autres azimuts sont spécifiés par l'angle ψ . Voir Figure 1.

NOTE 2 Quand les mires d'essai (objet/image) sont sur l'axe, celles-ci sont considérées dans l'azimut tangentiel quand la direction principale des fentes, bords ou mires est dirigée vers la marque de référence de la lentille orientée de façon que cette marque de référence soit dans la position la plus haute.

4.23 grandissement image grossissement

dans l'approximation paraxiale, le rapport de la hauteur de l'image à la hauteur de l'objet

NOTE Dans le cas de la conjugaison d'un objet à l'infini et d'une image à distance finie, le grandissement est nul. Dans le cas où l'objet et l'image sont à l'infini, on définit le grandissement angulaire (ou grossissement) comme le rapport de $\tan \omega'$ à $\tan \omega$.

4.24 facteur local de grandissement grossissement local

rapport de la grandeur d'un petit élément image à la grandeur de l'élément objet correspondant pour une position d'image spécifiée

NOTE Le facteur local de grandissement peut également dépendre de l'azimut de l'objet.

4.22 тангенциальный азимут

азимут структуры-объекта, когда продолжение объекта в виде щели, края или линии постоянной интенсивности в составе объекта-решетки перпендикулярно направлению вектора структуры-объекта или структуры-изображения

см. **радиальный азимут** (4.21)

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Прочие азимуты задаются углом ψ . См. Рисунок 1.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Когда структура-объект располагается на оси, щели, края или штрихи решетки, направленные в сторону репера, считаются ориентированными по тангенциальному азимуту при установке репера вращением объектива в верхнее положение.

4.23 масштаб изображения увеличение

отношение величины изображения к величине объекта в параксиальной области

ПРИМЕЧАНИЕ В случае положения объекта в бесконечности и изображения на конечном расстоянии масштаб изображения равен нулю. В случае положения как объекта, так и изображения в бесконечности масштаб изображения равен угловому увеличению прибора, которое представляет собой отношение $\tan \omega'$ к $\tan \omega$.

4.24 местный масштаб изображения местное увеличение

отношение размера малого элемента изображения к размеру соответствующего ему элемента объекта при данном положении изображения

ПРИМЕЧАНИЕ Местный масштаб изображения может зависеть от азимута объекта.

Bibliography

- [1] ISO 9336-1, *Optics and photonics — Optical transfer function — Application — Part 1: Interchangeable lenses for 35 mm still cameras*
- [2] ISO 9336-3, *Optics and optical instruments — Optical transfer function — Application — Part 3: Telescopes*
- [3] ISO 11421, *Optics and optical instruments — Accuracy of optical transfer function (OTF) measurement*
- [4] ISO 15529, *Optics and photonics — Optical transfer function — Principles of measurement of modulation transfer function (MTF) of sampled imaging systems*

Bibliographie

- [1] ISO 9336-1, *Optique et photonique — Fonction de transfert optique — Application — Partie 1: Objectifs interchangeables pour appareils photographiques de 35 mm*
- [2] ISO 9336-3, *Optique et instruments d'optique — Fonction de transfert optique — Application — Partie 3: Télescopes*
- [3] ISO 11421, *Optique et instruments d'optique — Exactitude du mesurage de la fonction de transfert optique (OTF)*
- [4] ISO 15529, *Optique et photonique — Fonction de transfert optique — Principes de mesure de la fonction de transfert de modulation (MTF) des systèmes de formation d'image échantillonnés*

Библиография

- [1] ISO 9336-1, *Оптика и фотоника — Оптическая передаточная функция — Приложения — Часть 1: Объективы фотоаппаратов — Сменные объективы для 35-мм фотоаппаратов*
- [2] ISO 9336-3, *Оптика и оптические приборы — Оптическая передаточная функция — Приложения — Часть 3: Телескопические системы*
- [3] ISO 11421, *Оптика и оптические приборы — Точность измерения оптической передаточной функции (ОПФ)*
- [4] ISO 15529, *Оптика и фотоника — Оптическая передаточная функция — Измерение функции передачи модуляции (ФПМ) дискретизирующих изображающих систем*

Alphabetical index

A

amplitude impulse response 3.22
 amplitude point spread
 function 3.22
 analysed area 4.5
 aperture stop 4.7
 autocorrelation integral 3.23

D

datum plane 4.18
 datum surface 4.17
 Duffieux integral 3.23

E

edge spread function 3.14
 entrance pupil 4.8
 ESF 3.14
 exit pupil 4.9

G

grating 3.14

I

image field 4.4
 image field angle 4.14
 image height 4.16
 image pattern 4.2
 image scale 4.23
 imaging state 3.4
 incoherent illumination 3.3
 isoplanatic region 3.7
 isoplanatic system 3.6
 I-state 3.4

L

line spread function 3.13
 linear range 3.2
 linearity 3.1
 local image scale 4.24
 local magnification 4.24
 LSF 3.13

M

magnification 4.23
 modulation 3.17
 modulation transfer function 3.9
 monochromatic optical transfer
 function 3.24
 MTF 3.9

O

object [image] pattern vector 4.10
 object field 4.3
 object field angle 4.13
 object height 4.15
 object pattern 4.1
 one-dimensional optical transfer
 function 3.11
 optical transfer function 3.8
 OTF 3.8

P

phase transfer function 3.10
 phase transfer value 3.19
 point spread function 3.5
 polychromatic optical transfer
 function 3.25
 PSF 3.5
 PTF 3.10
 pupil function 3.21

R

radial azimuth 4.21
 reference angle 4.12
 reference axis 4.6
 reference mark vector 4.11
 reference plane 4.20
 reference surface 4.19

S

sinusoidal grating 3.16
 spatial frequency 3.12

T

tangential azimuth 4.22

W

wavefront aberration function 3.20

Index alphabétique

<p>A</p> <p>angle de champ image 4.14 angle de champ objet 4.13 angle de référence 4.12 axe de référence 4.6 azimut radial 4.21 azimut tangentiel 4.22</p> <p>C</p> <p>champ-image 4.4 champ-objet 4.3</p> <p>D</p> <p>diaphragme 4.7 domaine linéaire 3.2</p> <p>E</p> <p>écart normal à la surface d'onde 3.20 éclairage incohérent 3.3 ESF 3.14 état d'imagerie 3.4</p> <p>F</p> <p>facteur de transfert de modulation 3.18 facteur de transfert de phase 3.19 facteur local de grandissement 4.24 fonction de transfert de modulation 3.9 fonction de transfert de phase 3.10 fonction de transfert optique 3.8 fonction de transfert optique monochromatique 3.24 fonction de transfert optique polychromatique 3.25 fonction de transfert optique unidimensionnelle 3.11 fonction d'imagerie 3.4 fonction pupillaire 3.21 fréquence spatiale 3.12</p> <p>G</p> <p>grandissement image 4.23 grossissement 4.23 grossissement local 4.24</p>	<p>H</p> <p>hauteur image 4.16 hauteur objet 4.15</p> <p>I</p> <p>intégrale d'autocorrélation 3.23 intégrale de Duffieux 3.23</p> <p>L</p> <p>linéarité 3.1 LSF 3.13</p> <p>M</p> <p>mire 3.15 mire sinusoïdale 3.16 mire-image 4.2 mire-objet 4.1 modulation 3.17 MTF 3.9</p> <p>O</p> <p>OTF 3.8</p> <p>P</p> <p>plan d'analyse 4.18 plan de référence 4.20 PSF 3.5 PTF 3.10 pupille de sortie 4.9 pupille d'entrée 4.8</p> <p>R</p> <p>région isoplanétique 3.7 répartition des éclairagements dans l'image d'un bord de plage 3.14 répartition des éclairagements dans l'image d'un point 3.5 répartition des éclairagements dans l'image d'une ligne 3.13 réponse impulsionnelle en amplitude 3.22 réponse percussive 3.5 réponse percussive en amplitude 3.22</p>	<p>S</p> <p>surface d'analyse 4.17 surface de référence 4.19 système isoplanétique 3.6</p> <p>V</p> <p>vecteur de référence 4.11 vecteur objet [vecteur image] 4.10</p> <p>Z</p> <p>zone d'analyse 4.5</p>
---	--	--

Алфавитный указатель

- А**
- автокорреляционный интеграл 3.23
- амплитудная функция рассеяния точки 3.22
- амплитудный импульсный отклик 3.22
- анализируемая область 4.5
- апертурная диафрагма 4.7
- Б**
- базовая ось 4.6
- базовый угол 4.12
- В**
- вектор репера 4.11
- вектор структуры-объекта 4.10
- величина изображения 4.16
- величина объекта 4.15
- входной зрачок 4.8
- выходной зрачок 4.9
- З**
- заданная плоскость 4.18
- заданная поверхность 4.17
- зрачковая функция 3.21
- И**
- изопланатическая область 3.7
- изопланатическая система 3.6
- интеграл Дюффье 3.23
- К**
- коэффициент передачи модуляции 3.18
- Л**
- линейность 3.1
- линейный диапазон 3.2
- М**
- масштаб изображения 4.23
- местное увеличение 4.24
- местный масштаб изображения 4.24
- модуляция 3.17
- монокроматическая оптическая передаточная функция 3.24
- Н**
- некогерентное освещение 3.3
- О**
- одномерная оптическая передаточная функция 3.11
- оптическая передаточная функция 3.8
- ОПФ 3.8
- П**
- плоскость сравнения 4.20
- поверхность сравнения 4.19
- поле изображения 4.4
- поле объекта 4.3
- полевой угол изображения 4.14
- полевой угол объекта 4.13
- полихроматическая оптическая передаточная функция 3.25
- пространственная частота 3.12
- Р**
- радиальный азимут 4.21
- решетка 3.15
- С**
- синусоидальная решетка 3.16
- состояние изображающей системы 3.4
- структура-изображение 4.2
- структура-объект 4.1
- Т**
- тангенциальный азимут 4.22
- У**
- увеличение 4.23
- Ф**
- фазовый сдвиг 3.19
- ФПМ 3.9
- ФПФ 3.10
- ФРК 3.14
- ФРЛ 3.13
- ФРТ 3.5
- функция аберраций волнового фронта 3.20
- функция передачи модуляции 3.9
- функция передачи фазы 3.10
- функция рассеяния края 3.14
- функция рассеяния линии 3.13
- функция рассеяния точки 3.5

ICS/MKC 17.180.01

Price based on 34 pages/Prix basé sur 34 pages/Цена рассчитана на 34 стр