

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

This is a preview of "ISO 9334:2012". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

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

This is a preview of "ISO 9334:2012". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

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

This is a preview of "ISO 9334:2012". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

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

This is a preview of "ISO 9334:2012". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

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.

This is a preview of "ISO 9334:2012". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

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.

This is a preview of "ISO 9334:2012". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

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, *Основопологающие 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.

This is a preview of "ISO 9334:2012". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

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.

This is a preview of "ISO 9334:2012". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

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.

This is a preview of "ISO 9334:2012". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

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.

This is a preview of "ISO 9334:2012". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

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.

This is a preview of "ISO 9334:2012". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

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.

This is a preview of "ISO 9334:2012". [Click here to purchase the full version from the ANSI store.](#)

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.