NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60759

Première édition
First edition
1983-01

Méthodes d'essais normalisés des spectromètres d'énergie X à semicteur

Standard test procedures for semiconductor X-ray energy spectrometers

Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60759: 1983

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI***
- **Catalogue des publications de la CEI**
  Publié annuellement et mis à jour régulièrement
  (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
  Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique,* la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles,* et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas.*

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
  Published yearly with regular updates

  (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
  Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams.*

* See web site address on title page.

NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60759

Première édition
First edition
1983-01

Méthodes d'essais normalisés des spectromètres d'énergie X à semicteur

Standard test procedures for semiconductor X-ray energy spectrometers

© IEC 1983 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

No 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 the publisher.

International Electrotechnical Commission 3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
Telefax: +41 22 919 0300 e-mail: inmail@iec.ch IEC web site http: //www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE X

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

Pages

PRÉAMBULE 4

PRÉFACE 4

Articles

1. Domaine d'application 6
2. Objet 6
3. Glossaire 6
4. Symboles 22
5. Introduction 32
   - 5.1 Système détecteur 32
   - 5.2 Limite statistique de la résolution 34
   - 5.3 Bruit du préamplificateur 34
   - 5.4 Bruit du détecteur 36
   - 5.5 Pertes de charges 36
   - 5.6 Stabilité électronique et bruit extérieur 38
   - 5.7 Effets du taux de comptage 38
   - 5.8 Choix du matériau du détecteur: germanium ou silicium 42
   - 5.9 Rendement du détecteur 44
   - 5.10 Résolution de raies adjacentes et rapport raie/bruit de fond 44
   - 5.11 Autres effets 46
6. Généralités 48
   - 6.1 Définition du spectromètre d'énergie X à semicteur 48
   - 6.2 Précautions et spécifications générales 48
   - 6.3 Simulation du signal impulsion d'un détecteur 50
7. Résolution en énergie et distorsion spectrale 50
   - 7.1 Mesure du bruit par distribution d'amplitude d'impulsion (méthode préférée) 50
   - 7.2 Autres méthodes de mesure du bruit 52
   - 7.3 Largeur du bruit considérée comme une fonction des constantes de temps de l'amplificateur 54
   - 7.4 Mesure de la largeur de la raie X par distribution d'amplitude d'impulsion 54
   - 7.5 Rapports pic/vallée et pic/traînée 58
8. Linéarité d'amplitude d'impulsion 60
   - 8.1 Linéarité d'un système par la méthode de l'analyseur d'amplitude (méthode préférée) 60
   - 8.2 Linéarité intégrale par la méthode du pont 62
9. Effets du taux de comptage 62
   - 9.1 Montage expérimental 62
   - 9.2 Déplacement du pic de distribution d'amplitude d'impulsion 66
   - 9.3 Résolution spectrale et forme de la raie en fonction du taux de comptage 66
   - 9.4 Pertes de comptage 66
10. Effets de surcharge 68
   - 10.1 Généralités 68
   - 10.2 Temps de restitution du gain de l'amplificateur 68
11. Stabilité de la hauteur d'amplitude 68
   - 11.1 Variations de la tension du réseau d'alimentation 68
   - 11.2 Effets de la température 70
   - 11.3 Stabilité du gain 70
12. Efficacité 72
   - 12.1 Mesure de l'atténuation de la fenêtre au moyen d'une source fluorescente en verre (méthode préférée pour appareils destinés à être utilisés en dessous de 5 keV) 72
   - 12.2 Mesure de l'atténuation de la fenêtre au moyen de sources radioactives 76
   - 12.3 Mesure de l'efficacité à haute énergie 78

FIGURES 82

CONTENTS

Page

FOREWORD 5

PREFACE 5

Clause

1. Scope 7
2. Object 7
3. Glossary 7
4. Symbols 23
5. Introduction 33
   - 5.1 Detector system 33
   - 5.2 Statistical limit of resolution 35
   - 5.3 Preamplifier noise 35
   - 5.4 Detector noise 37
   - 5.5 Charge loss 37
   - 5.6 Electronic stability and extraneous noise 39
   - 5.7 Count-rate effects 39
   - 5.8 Detector material selection: germanium versus silicon 43
   - 5.9 Detector efficiency 45
   - 5.10 Resolution of adjacent lines and line-to-background ratio 45
   - 5.11 Miscellaneous other effects 47
6. General 49
   - 6.1 Definition of semiconductor X-ray energy spectrometer 49
   - 6.2 General precautions and specifications 49
   - 6.3 Simulating the signal pulse of a detector 51
7. Energy resolution and spectral distortion 51
   - 7.1 Noise measurement by pulse-height distribution (preferred method) 51
   - 7.2 Alternate techniques for noise measurement 53
   - 7.3 Noise linewidth as a function of amplifier time constants 55
   - 7.4 X-ray linewidth measurements by pulse-height distribution 55
   - 7.5 Peak-to-valley and peak-to-tail ratios 59
8. Pulse-height linearity 61
   - 8.1 System X-ray linearity by pulse-height analyzer method (preferred method) 61
   - 8.2 Integral linearity by the bridge method 63
9. Count-rate effects 63
   - 9.1 Experimental arrangement 63
   - 9.2 Pulse-height distribution peak shift 67
   - 9.3 Spectral resolution and line shape versus count-rate 67
   - 9.4 Counting losses 67
10. Overload effects 69
   - 10.1 General 69
   - 10.2 Amplifier gain recovery time 69
11. Pulse-height stability 69
   - 11.1 Line voltage variations 69
   - 11.2 Temperature effects 71
   - 11.3 Gain stability 71
12. Efficiency 73
   - 12.1 Window attenuation measurements with glass fluorescent source (preferred method for instruments intended for use below 5 keV) 73
   - 12.2 Window attenuation measurement with radioactive sources 77
   - 12.3 High energy efficiency measurements 79

FIGURES 82

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES D'ESSAIS NORMALISÉS DES SPECTROMÈTRES D'ÉNERGIE X À SEMICTEUR

PRÉAMBULE

1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.

2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.

3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Stockholm en 1980. A la suite de cette réunion, un projet, document 45(Bureau Central)146, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en avril 1981.

Des modifications, document 45(Bureau Central)157, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en janvier 1982.

Les Comités nationaux des pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	Italie
Australie	Nouvelle-Zélande
Belgique	Pays-Bas
Canada	Pologne
Espagne	République Démocratique Allemande
Etats-Unis d'Amérique	Tchécoslovaquie
Finlande	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
France	

Autres publications de la CEI citées dans la présente norme:

Publications n^{os} 50: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI).
333: Méthodes d'essais des détecteurs semiconducteurs pour rayonnements ionisants.
340: Méthodes d'essais des amplificateurs et préamplificateurs pour semicteurs pour rayonnements ionisants.
656: Méthodes d'essais pour semicteurs au germanium de haute pureté pour rayonnements X et gamma.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

STANDARD TEST PROCEDURES FOR SEMICONDUCTOR X-RAY ENERGY SPECTROMETERS

FOREWORD

1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.

2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.

3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 45: Nuclear Instrumentation.

A first draft was discussed at the meeting held in Stockholm in 1980. As a result of this meeting, a draft, Document 45(Central Office)146, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in April 1981.

Amendments, Document 45(Central Office)157, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in January 1982.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Netherlands
Belgium	New Zealand
Canada	Poland
Czechoslovakia	South Africa (Republic of)
Finland	Spain
France	Union of Soviet Socialist Republics
German Democratic Republic	United States of America
Italy	

Other IEC publications quoted in this standard:

Publications Nos. 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV).
333: Test Procedures for Semiconductor Detectors for Ionizing Radiation.
340: Test Procedures for Amplifiers and Preamplifiers for Semiconductor Detectors for Ionizing Radiation.
656: Test Procedures for High-purity Germanium Detectors for X and Gamma Radiation.

MÉTHODES D'ESSAIS NORMALISÉS DES SPECTROMÈTRES D'ÉNERGIE X À SEMICTEUR

1. Domaine d'application

La présente norme expose les méthodes d'essais normalisés des spectromètres d'énergie X à semicteur. De tels systèmes sont constitués d'un semicteur et de l'électronique de traitement du signal liée par une interface à un analyseur d'amplitude couplé à un calculateur. Cette norme ne couvre pas les méthodes d'essais des analyseurs d'amplitude ni des calculateurs. L'article 5 est essentiellement d'ordre pratique.

2. Objet

La présente norme n'implique pas l'obligation d'effectuer tous les essais décrits ci-après. Elle implique seulement que, si de tels essais sont effectués, ils doivent être exécutés conformément aux méthodes indiquées.

Les publications associées à cette norme sont la Publication 333 de la CEI: Méthodes d'essais des détecteurs semiconducteurs pour rayonnements ionisants, la Publication 340 de la CEI: Méthodes d'essais des amplificateurs et préamplificateurs pour semicteurs pour rayonnements ionisants, et la Publication 656 de la CEI: Méthodes d'essais pour semicteurs au germanium de haute pureté pour rayonnements X et gamma. La liste des symboles et le glossaire sont issus de ces publications.

Contrairement aux conventions antérieures concernant la spectrométrie X, la présente norme utilise l'énergie caractéristique E du rayon X de préférence à sa longueur d'onde λ. Ce choix se justifie par le fait que la quantité mesurée par ce type de spectromètre est l'énergie du rayon X. Une conversion convenable est donnée par la relation:

$$\lambda\,(\mathrm{m}) = 12{,}4 \cdot 10^{-10}\ E^{-1}\ (\mathrm{keV})$$

$$(\lambda\,(\text{Å}) = 12{,}4 \cdot E^{-1}\ (\mathrm{keV}))$$

3. Glossaire (selon l'ordre alphabétique français)

Amplificateur d'impulsions

Amplificateur électronique destiné à fournir dans les limites de ses caractéristiques normales de fonctionnement une seule impulsion de sortie pour chaque impulsion d'entrée (VEI 391-11-02).

Analyseur multicanal

Analyseur comprenant plusieurs canaux et généralement un nombre suffisant de ceux-ci pour permettre la détermination d'une fonction de distribution d'un groupe de signaux en répartissant les impulsions dans les divers canaux en fonction de l'une de leurs caractéristiques (amplitude, durée, etc.) (VEI 391-11-32).

STANDARD TEST PROCEDURES FOR SEMICONDUCTOR X-RAY ENERGY SPECTROMETERS

1. Scope

This standard presents standard test procedures for semiconductor X-ray energy spectrometers. Such systems consist of a semiconductor radiation detector assembly and signal processing electronics interfaced to a pulse-height analyzer/computer. Test procedures for pulse-height analyzers and computers are not covered in this standard. Clause 5 is essentially tutorial.

2. Object

This standard is not intended to imply that all tests described herein are mandatory, but only that such tests as are carried out shall be performed in accordance with the procedures described herein.

Companion publications to this standard are IEC Publication 333: Test Procedures for Semiconductor Detectors for Ionizing Radiation, IEC Publication 340: Test Procedures for Amplifiers and Preamplifiers for Semiconductor Detectors for Ionizing Radiation, and IEC Publication 656: Test Procedures for High-purity Germanium Detectors for X and Gamma Radiation. The list of symbols and the glossary are derived from those in the above-mentioned publications.

Contrary to previous convention in the X-ray spectroscopy field, this standard utilizes the characteristic energy E of the X-ray rather than its wavelength λ. This approach is consistent with the fact that the basic quantity measured by this type of spectrometer is the X-ray energy. A convenient conversion is provided by the relationship:

$$\lambda\,(\mathrm{m}) = 12.4 \cdot 10^{-10}\ E^{-1}\ (\mathrm{keV})$$

$$(\lambda\,(\text{Å}) = 12.4 \cdot E^{-1}\ (\mathrm{keV}))$$

3. Glossary (according to English alphabetical order)

Analog to digital converter (ADC)

A sub-assembly designed to provide an output signal which is a digital representation of the analog input signal (IEV 391-11-36).

Background (associated with a spectral peak from a semiconductor detector)

Non-ideal spectral response which results from radiation which is not a part of the monoenergetic line of interest.

Baseline (at pulse peak)

The instantaneous value that the voltage would have had at the time of the pulse peak in the absence of that pulse (IEC Publication 340).