

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

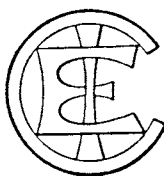
Publication 333

Première édition — First edition

1970

**Méthodes d'essais des détecteurs semiconducteurs pour
rayonnements ionisants**

Test procedures for semiconductor detectors for ionizing radiation



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe

Genève, Suisse

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 333

Première édition — First edition

1970

**Méthodes d'essais des détecteurs semiconducteurs pour
rayonnements ionisants**

Test procedures for semiconductor detectors for ionizing radiation



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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé

Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Prescriptions générales	6
4. Terminologie	8
SECTION UN — CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES	
5. Caractéristiques courant-tension	8
6. Caractéristiques capacité-tension	10
7. Mesures de bruits	10
7.1 Mesure du bruit par analyse de la distribution en amplitude des impulsions (méthode recommandée)	10
7.2 Mesure du bruit au moyen d'un oscilloscope et d'un voltmètre de valeur efficace vraie	16
7.3 Bruit exprimé en fonction des constantes de temps de mise en forme de l'amplificateur	18
7.4 Spectre de bruit du détecteur	20
8. Temps de montée électrique du détecteur	22
9. Fonctionnement dans différentes ambiances	22
10. Essais mécaniques et climatiques	22
SECTION DEUX — CARACTÉRISTIQUES DE DÉTECTION	
11. Mesure de l'épaisseur de la zone morte	24
12. Surface sensible des détecteurs de particules chargées	24
13. Mesure de l'épaisseur sensible des détecteurs de particules chargées	26
14. Rendement du détecteur pour un rayonnement gamma	26
15. Temps de collection des charges dans les détecteurs de particules chargées	28
16. Résolution spectrale	28
17. Mesure des dégâts par rayonnement	30

CONTENT

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. General requirements	7
4. Terminology	9
SECTION ONE — ELECTRICAL CHARACTERISTICS	
5. Current-voltage characteristics	9
6. Capacitance-voltage characteristics	11
7. Noise measurements	11
7.1 Noise measurement by pulse height distribution (preferred method)	11
7.2 Noise measurement by oscilloscope and true root mean square voltmeter	17
7.3 Noise linewidth (FWHM) as a function of amplifier time constants	19
7.4 Detector noise spectrum	21
8. Detector electrical rise time	23
9. Ambient sensitivity	23
10. Mechanical and environmental tests	23
SECTION TWO — RADIATION DETECTION CHARACTERISTICS	
11. Dead layer determination	25
12. Sensitive area of charged particle detectors	25
13. Measurement of sensitive thickness of charged particle detectors	27
14. Gamma ray detector efficiency	27
15. Charge collection time in charged particle detectors	29
16. Spectral resolution	29
17. Radiation damage measurements	31

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MÉTHODES D'ESSAIS DES DÉTECTEURS SEMICONDUCTEURS
POUR RAYONNEMENTS IONISANTS**

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I 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 cette unification internationale, la C E I exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la C E I dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.

PRÉFACE

La présente recommandation 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 New York en 1965, puis révisé lors des réunions tenues à Tel-Aviv en 1966, à Stockholm en 1967 et à Vienne en 1968. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en octobre 1968.

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

Afrique du Sud	Pays-Bas
Australie	Pologne
Belgique	Royaume-Uni
Danemark	Suède
Etats-Unis d'Amérique	Suisse
France	Tchécoslovaquie
Israël	Turquie
Italie	Union des Républiques Socialistes Soviétiques
Japon	Yougoslavie

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**TEST PROCEDURES FOR SEMICONDUCTOR DETECTORS
FOR IONIZING RADIATION**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the I E C 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 this international unification, the I E C expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the I E C recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.

PREFACE

This Recommendation has been prepared by I E C Technical Committee No. 45, Nuclear Instrumentation.

A first draft was discussed at the meeting held in New York in 1965, and was revised during meetings held in Tel-Aviv in 1966, in Stockholm in 1967, and in Vienna in 1968. As a result of this latter meeting, a final draft was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in October 1968.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Poland
Belgium	South Africa
Czechoslovakia	Sweden
Denmark	Switzerland
France	Turkey
Israel	Union of Soviet Socialist Republics
Italy	United Kingdom
Japan	United States of America
Netherlands	Yugoslavia

MÉTHODES D'ESSAIS DES DÉTECTEURS SEMICONDUCTEURS POUR RAYONNEMENTS IONISANTS

1. Domaine d'application

La présente recommandation s'applique aux détecteurs semiconducteurs pour rayonnements ionisants.

La rapidité de l'évolution dans ce domaine, par exemple, l'utilisation récente de détecteurs liés au préamplificateur de façon non séparative, peut dans certains cas rendre nécessaire la modification des méthodes d'essais indiquées.

Les méthodes d'essais pour l'électronique associée sont décrites dans la Publication 340 de la C E I: Méthodes d'essais des amplificateurs et préamplificateurs pour détecteurs semiconducteurs pour rayonnements ionisants.

2. Objet

Etablir des méthodes d'essais pour les détecteurs semiconducteurs.

L'emploi de ces détecteurs s'est largement répandu ces dernières années dans les domaines de la détection des rayonnements ionisants et de la spectroscopie à haute résolution. Les détecteurs au silicium ont trouvé leur principale application dans la détection et l'analyse des particules lourdes chargées. Les détecteurs de grand volume au germanium se sont révélés très utiles pour la détection et l'analyse des rayonnements gamma. Le développement rapide de ces détecteurs a rendu souhaitable l'établissement de méthodes d'essais normalisées, afin que les résultats des mesures puissent avoir la même signification pour tous les constructeurs et utilisateurs.

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

3. Prescriptions générales

Il est recommandé de prendre les précautions et d'appliquer les spécifications suivantes lorsque l'on effectue un des essais décrits.

- 3.1 Les valeurs limites fixées pour la tension, le courant, les conditions d'irradiation et les autres paramètres du détecteur ne devront être dépassées en aucun cas car il pourrait en résulter des modifications permanentes du dispositif.
- 3.2 Toutes les mesures doivent être effectuées en plaçant le dispositif dans l'obscurité totale.
- 3.3 La température et les conditions d'environnement du dispositif doivent être précisées, ainsi que les autres conditions de mesure.
- 3.4 Les valeurs des paramètres mesurés devront être reproductibles, compte tenu de la précision des mesures, après l'achèvement d'un quelconque ou de l'ensemble des essais effectués.
- 3.5 La source assurant la polarisation du détecteur ne devra pas influencer de manière significative les mesures des paramètres du détecteur par son ondulation, son ronflement, etc.

TEST PROCEDURES FOR SEMICONDUCTOR DETECTORS FOR IONIZING RADIATION

1. Scope

This Recommendation applies to semiconductor detectors for ionizing radiation.

Rapid advances in this field, for example the introduction of integral assemblies of detectors and preamplifiers, may make modification of the test procedures necessary in some cases.

Test procedures for the associated amplifiers and preamplifiers are described in IEC Publication 340, Test Procedures for Amplifiers and Preamplifiers for Semiconductor Detectors for Ionizing Radiation.

2. Object

To establish test procedures for semiconductor radiation detectors.

These detectors have come into widespread use in recent years in the detection and the high resolution spectroscopy of ionizing radiation. Silicon detectors have found their principal application in the detection and analysis of heavy charged particles. Large volume detectors made of germanium have proved very useful in the detection and analysis of gamma radiation. The rapid development of these detectors has made desirable the establishment of standard test procedures so that measurements may have the same meaning to all manufacturers and users.

This Recommendation is not intended to imply that all tests described herein are mandatory; but only that such tests as are carried out on completed devices shall be performed in accordance with the procedures given.

3. General requirements

The following general precautions and specifications are recommended for all of the procedures described.

- 3.1 Maximum diode voltage, current, radiation flux ratings and other specification limits should not be exceeded or permanent changes of the device characteristics may result.
- 3.2 All measurements shall be performed with the device itself in total darkness.
- 3.3 The temperature and the ambient conditions of the device shall be specified, together with other relevant conditions.
- 3.4 The values of the parameters measured should be reproducible, within the precision of the measurements, after any one or all of the tests have been performed.
- 3.5 The detector bias supply shall not significantly influence the detector parameter measurements with ripple, hum, etc.

4. Terminologie

4.1 Détecteur semiconducteur

Détecteur à ionisation dans lequel un champ électrique permet la collection sur les électrodes de l'excédent des porteurs de charge produit dans un semiconducteur par un rayonnement ionisant.

4.2 Rendement d'un détecteur

Rapport du nombre de particules détectées au nombre de particules de même nature ayant frappé l'enveloppe du volume utile du détecteur pendant le même temps.

4.3 Rendement de détection

Pour des conditions de détection données, rapport du nombre de particules détectées au nombre de particules de même nature émises par la source de rayonnement pendant le même temps.

4.4 Largeur à mi-hauteur (LMH)

Dans une courbe représentant une distribution et ne comportant qu'un seul pic, différence des abscisses des deux points de la courbe dont les ordonnées sont égales à la moitié de l'ordonnée de ce pic.

4.5 Fluence (de particules)

En un point donné de l'espace, quotient du nombre ΔN de particules qui pénètrent en un intervalle de temps donné dans une sphère convenablement petite centrée en ce point, par l'aire Δa du grand cercle de cette sphère.

Symbole: Φ $\Phi = \frac{\Delta N}{\Delta a}$ (voir note)

4.6 Débit de fluence (de particules)

Quotient de l'accroissement $\Delta\Phi$ de la fluence de particules pendant un intervalle de temps convenablement petit Δt , par cet intervalle de temps.

Il est identique au produit du nombre volumique des particules par leur vitesse moyenne.

Symbole: φ $\varphi = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ (voir note)

SECTION UN — CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES

5. Caractéristiques courant-tension

Le détecteur étant placé dans l'obscurité totale, on trace point par point la courbe représentative de son courant inverse en fonction de la tension de polarisation appliquée V_d à une température maintenue constante (voir figure 1, page 10). Il faut laisser au dispositif un temps suffisant pour atteindre l'équilibre à chaque tension appliquée. Les deux caractéristiques à tension croissante et à tension décroissante doivent être tracées. Les variations de tension doivent être suffisamment lentes pour bien mettre en évidence tout effet d'hystérésis.

Note. – Les définitions de fluence, débit de fluence, etc., figurent dans le rapport N° 11 de la Commission Internationale des Unités et Mesures Radiologiques (CIUR).

4. Terminology

4.1 Semiconductor detector

An ionizing detector in which an electric field is provided for the collection at the electrodes of the excess free charge carriers produced in a semiconductor by ionizing radiation.

4.2 Detector efficiency

The ratio of the number of detected particles to the number of similar particles which are incident in the same time interval on the envelope limiting the sensitive volume.

4.3 Detection efficiency

Under stated conditions of detection, the ratio of the number of detected particles to the number of similar particles emitted by the radiation source in the same time interval.

4.4 Full width at half maximum (FWHM)

In a distribution curve comprising a single peak, the distance between the abscissa of the two points on the curve whose ordinates are half of the ordinate of the peak.

4.5 (Particle) fluence

At a given point of space, the quotient of the number ΔN of particles incident during a given time interval on a suitably small sphere centred at that point, by the cross-sectional area Δa of the sphere.

Symbol: Φ $\Phi = \frac{\Delta N}{\Delta a}$ (see Note)

4.6 (Particle) fluence rate, particle flux density

The quotient of the increment of fluence $\Delta\Phi$ during a suitably small interval of time Δt , by that interval of time.

It is identical with the product of the volume particle density and the average speed.

Symbol: φ $\varphi = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ (see Note)

SECTION ONE — ELECTRICAL CHARACTERISTICS

5. Current-voltage characteristics

With the detector in total darkness, a point-by-point plot is made of the reverse bias leakage current as a function of the detector voltage V_d at a constant temperature (see Figure 1, page 11). Sufficient time should be allowed for the device to reach equilibrium at each applied bias voltage. Both the points corresponding to successively increasing and successively decreasing voltage should be recorded. The voltage changes should be made slowly enough to properly exhibit any hysteresis effects.

Note. — The definitions of fluence, fluence rate, etc., are included in Report No. 11 of the International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU).