

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



---

**Semiconductor devices – Semiconductor devices for energy harvesting and generation –  
Part 7: Linear sliding mode triboelectric energy harvesting**

**Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs à semiconducteurs pour récupération et génération d'énergie –  
Partie 7: Récupération d'énergie triboélectrique en mode de coulissement linéaire**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 31.080.99

ISBN 978-2-8322-9469-7

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.  
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

## CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references .....	6
3 Terms and definitions .....	6
3.1 General terms.....	6
3.2 Triboelectric transducer .....	6
3.3 Characteristic parameters .....	7
4 Essential ratings and blank specification .....	10
4.1 Identification and type.....	10
4.2 Limiting values and operating conditions.....	10
4.3 Additional information .....	10
5 Test method .....	11
5.1 General.....	11
5.2 Electrical characteristics .....	12
5.2.1 Test procedure .....	12
5.2.2 Open-circuit voltage.....	13
5.2.3 Short-circuit current.....	14
5.2.4 Output voltage.....	14
5.2.5 Output current .....	14
5.2.6 Output power.....	15
5.2.7 Optimal load impedance .....	15
5.3 Mechanical characteristics .....	16
5.3.1 Test procedure .....	16
5.3.2 Contact area.....	17
5.3.3 Contact force.....	17
5.3.4 Displacement.....	18
5.3.5 Sliding speed.....	18
5.3.6 Relative humidity range .....	19
5.3.7 Temperature range .....	19
6 Test report.....	20
Annex A (informative) Linear sliding modes .....	22
A.1 Dielectric-to-dielectric sliding .....	22
A.2 Conductor-to-dielectric sliding.....	22
Annex B (informative) Example of experimental setup.....	23
Annex C (informative) Example of measurement for linear sliding mode triboelectric energy harvester.....	24
C.1 General.....	24
C.2 Linear sliding mode triboelectric energy harvester .....	24
C.2.1 Weight and dimension of tested sliding mode triboelectric energy harvesting device.....	24
C.2.2 Type, frequency, acceleration and displacement conditions of energy harvester .....	24
C.2.3 Measurement conditions and measurement results for open-circuit voltage .....	24
C.2.4 Measurement condition and measurement results for short-circuit current.....	25

C.2.5	Measurement conditions and measurement results for different acceleration .....	25
C.2.6	Measurement conditions and measurement results for different frequency .....	27
C.2.7	Measurement conditions and measurement results for different displacement .....	27
C.2.8	Measurement conditions and measurement results for output voltage and current at different loads .....	28
C.2.9	Measurement conditions and measurement results for output power.....	29
Bibliography.....		30
Figure 1	– Schematic of linear sliding mode triboelectric energy harvester.....	7
Figure 2	– Equivalent circuit diagram of linear sliding mode triboelectric energy harvester .....	8
Figure 3	– Measurement procedure for sliding mode triboelectric energy harvester.....	11
Figure 4	– Test setup for the electrical characteristics of linear sliding mode triboelectric energy harvester.....	12
Figure 5	– Instantaneous open-circuit output voltage characteristic.....	13
Figure 6	– Instantaneous short-circuit output current characteristic.....	14
Figure 7	– Output voltage and current at different loads .....	15
Figure 8	– Output power characteristic at various external loads.....	15
Figure 9	– Block diagram of a test setup for evaluating the reliability .....	16
Figure 10	– Output voltage for different surface contact areas .....	17
Figure 11	– Output voltage dependence on contact force.....	18
Figure 12	– Output voltage for varying displacement between interfacing layers .....	18
Figure 13	– Output voltage for different sliding speeds.....	19
Figure 14	– Output voltage under different relative humidity.....	19
Figure 15	– Output voltage at different temperature .....	20
Figure A.1	– Operation modes of linear sliding mode triboelectric energy harvester .....	22
Figure B.1	– Experimental setup for testing linear sliding mode triboelectric energy harvester .....	23
Figure C.1	– Photographs of the triboelectric energy harvester .....	24
Figure C.2	– Instantaneous open-circuit output voltage waveform.....	25
Figure C.3	– Instantaneous short-circuit output current waveform .....	25
Figure C.4	– Voltage waveform at 5 Hz frequency for different accelerations .....	26
Figure C.5	– Output voltage characteristic at various accelerations.....	27
Figure C.6	– Output voltage characteristic at different frequencies.....	27
Figure C.7	– Output voltage for varying displacements between interfacing layers at 5 Hz frequency .....	28
Figure C.8	– Output voltage and current at different loads .....	28
Figure C.9	– Output power characteristic at various external loads .....	29
Table 1	– Specification parameters for linear sliding mode triboelectric energy harvesters.....	10
Table C.1	– Measurement conditions .....	24

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SEMICONDUCTOR DEVICES – SEMICONDUCTOR DEVICES  
FOR ENERGY HARVESTING AND GENERATION –****Part 7: Linear sliding mode triboelectric energy harvesting**

## FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62830-7 has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
47/2676/FDIS	47/2686/RVD

Full information on the voting for the approval of this International Standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts in the IEC 62830 series, published under the general title *Semiconductor devices – Semiconductor devices for energy harvesting and generation*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

**IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**

# **SEMICONDUCTOR DEVICES – SEMICONDUCTOR DEVICES FOR ENERGY HARVESTING AND GENERATION –**

## **Part 7: Linear sliding mode triboelectric energy harvesting**

### **1 Scope**

This part of IEC 62830 defines terms, definitions, symbols, configurations, and test methods that can be used to evaluate and determine the performance characteristics of linear sliding mode triboelectric energy harvesting devices for practical use. This document is applicable to energy harvesting devices for consumer, general industries, military and aerospace applications without any limitations on device technology and size.

### **2 Normative references**

There are no normative references in this document.

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	34
1 Domaine d'application .....	36
2 Références normatives .....	36
3 Termes et définitions .....	36
3.1 Termes généraux .....	36
3.2 Transducteur triboélectrique .....	37
3.3 Paramètres des caractéristiques .....	37
4 Valeurs assignées essentielles et spécification vierge .....	40
4.1 Identification et type .....	40
4.2 Valeurs limites et conditions de fonctionnement .....	40
4.3 Informations supplémentaires .....	40
5 Méthode d'essai .....	41
5.1 Généralités .....	41
5.2 Caractéristiques électriques .....	42
5.2.1 Procédure d'essai .....	42
5.2.2 Tension en circuit ouvert .....	44
5.2.3 Courant de court-circuit .....	45
5.2.4 Tension de sortie .....	45
5.2.5 Courant de sortie .....	46
5.2.6 Puissance de sortie .....	46
5.2.7 Impédance de charge optimale .....	46
5.3 Caractéristiques mécaniques .....	47
5.3.1 Procédure d'essai .....	47
5.3.2 Zone de contact .....	48
5.3.3 Force de contact .....	49
5.3.4 Déplacement .....	50
5.3.5 Vitesse de coulissement .....	50
5.3.6 Plage de taux d'humidité relative .....	51
5.3.7 Plage de températures .....	51
6 Rapport d'essai .....	52
Annexe A (informative) Modes de coulissement linéaire .....	54
A.1 Coulissement diélectrique à diélectrique .....	54
A.2 Coulissement conducteur-à-diélectrique .....	54
Annexe B (informative) Exemple de montage expérimental .....	55
Annexe C (informative) Exemple de mesure pour un récupérateur d'énergie triboélectrique en mode de coulissement linéaire .....	56
C.1 Généralités .....	56
C.2 Récupérateur d'énergie triboélectrique en mode de coulissement linéaire .....	56
C.2.1 Poids et dimensions du dispositif de récupération d'énergie triboélectrique en mode de coulissement linéaire soumis à essai .....	56
C.2.2 Type, fréquence, conditions d'accélération et de déplacement du récupérateur d'énergie .....	56
C.2.3 Conditions de mesure et résultats des mesures de la tension en circuit ouvert .....	57
C.2.4 Conditions de mesure et résultats des mesures du courant de court-circuit ...	57
C.2.5 Conditions de mesure et résultats des mesures à différentes accélérations .....	58

C.2.6	Conditions de mesure et résultats des mesures à différentes fréquences .....	59
C.2.7	Conditions de mesure et résultats des mesures à différents déplacements .....	59
C.2.8	Conditions de mesure et résultats des mesures de la tension et du courant de sortie à différentes charges .....	60
C.2.9	Conditions de mesure et résultats des mesures de la puissance de sortie .....	61
Bibliographie.....		62
Figure 1	– Schéma d'un récupérateur d'énergie triboélectrique en mode de coulissement linéaire .....	37
Figure 2	– Schéma de circuit équivalent d'un récupérateur d'énergie triboélectrique en mode de coulissement linéaire .....	38
Figure 3	– Procédure de mesure pour un récupérateur d'énergie triboélectrique en mode de coulissement .....	42
Figure 4	– Montage d'essai pour les caractéristiques électriques d'un récupérateur d'énergie triboélectrique en mode de coulissement linéaire.....	43
Figure 5	– Caractéristique de la tension de sortie instantanée en circuit ouvert .....	44
Figure 6	– Caractéristique du courant de sortie de court-circuit instantané.....	45
Figure 7	– Tension et courant de sortie à différentes charges .....	46
Figure 8	– Caractéristique de la puissance de sortie avec différentes charges externes.....	47
Figure 9	– Schéma de principe d'un montage d'essai destiné à évaluer la fiabilité .....	48
Figure 10	– Tension de sortie pour différentes surfaces de zone de contact.....	49
Figure 11	– Dépendance de la tension de sortie sur la force de contact.....	49
Figure 12	– Tension de sortie lors d'une variation du déplacement entre deux couches d'interface.....	50
Figure 13	– Tension de sortie pour différentes vitesses de coulissement .....	51
Figure 14	– Tension de sortie pour différents niveaux d'humidité relative.....	51
Figure 15	– Tension de sortie à différentes températures.....	52
Figure A.1	– Modes de fonctionnement d'un récupérateur d'énergie triboélectrique en mode de coulissement linéaire .....	54
Figure B.1	– Montage expérimental pour la mise à l'essai d'un récupérateur d'énergie triboélectrique en mode de coulissement linéaire .....	55
Figure C.1	– Photographies du récupérateur d'énergie triboélectrique .....	56
Figure C.2	– Forme d'onde de la tension de sortie instantanée en circuit ouvert .....	57
Figure C.3	– Forme d'onde du courant de sortie de court-circuit instantané .....	57
Figure C.4	– Forme d'onde de la tension à une fréquence de 5 Hz pour différentes accélérations .....	58
Figure C.5	– Caractéristique de la tension de sortie à différentes accélérations .....	59
Figure C.6	– Caractéristique de la tension de sortie à différentes fréquences .....	59
Figure C.7	– Tension de sortie lors d'une variation des déplacements entre deux couches d'interface à une fréquence de 5 Hz.....	60
Figure C.8	– Tension et courant de sortie à différentes charges.....	60
Figure C.9	– Caractéristique de la puissance de sortie avec différentes charges externes.....	61
Tableau 1	– Paramètres de spécification pour les récupérateurs d'énergie triboélectrique en mode de coulissement linéaire .....	40
Tableau C.1	– Conditions de mesure .....	56



## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

---

### DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS POUR RÉCUPÉRATION ET GÉNÉRATION D'ÉNERGIE –

#### Partie 7: Récupération d'énergie triboélectrique en mode de coulissement linéaire

#### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62830-7 a été établie par le Comité d'études 47 de l'IEC: Dispositifs à semiconducteurs.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47/2676/FDIS	47/2686/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette Norme internationale.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62830, publiées sous le titre général *Dispositifs à semiconducteurs – Dispositifs à semiconducteurs pour récupération et génération d'énergie*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu du présent document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le présent document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

**IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.**

# **DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS – DISPOSITIFS À SEMICONDUCTEURS POUR RÉCUPÉRATION ET GÉNÉRATION D'ÉNERGIE –**

## **Partie 7: Récupération d'énergie triboélectrique en mode de coulissement linéaire**

### **1 Domaine d'application**

La présente partie de l'IEC 62830 définit les termes, définitions, symboles, configurations et les méthodes d'essai pouvant être utilisés pour évaluer et déterminer les caractéristiques de performance des dispositifs de récupération d'énergie triboélectrique en mode de coulissement linéaire dans le contexte d'une utilisation pratique. Le présent document s'applique aux dispositifs de récupération d'énergie destinés au grand public, aux industries générales, aux applications militaires et aérospatiales, sans restriction concernant la technologie et la taille des dispositifs.

### **2 Références normatives**

Le présent document ne contient aucune référence normative.