

DIN EN 62830-2

ICS 31.080.01

Einsprüche bis 2014-07-02

Entwurf

**Halbleiterbauelemente –
Halbleiterbauelemente für das Energy-Harvesting und die
Energieerzeugung –
Teil 2: Thermospannungsbasiertes thermoelektrisches
Energy-Harvesting
(IEC 47/2190/CD:2014)**

Semiconductor devices –
Semiconductor devices for energy harvesting and generation –
Part 2: Thermo power based thermoelectric energy harvesting
(IEC 47/2190/CD:2014)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2014-05-02 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfes besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an dke@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/stellungnahme oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an die DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (Hausanschrift: Stresemannallee 15, 60596 Frankfurt am Main).

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 24 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	3
1 Anwendungsbereich.....	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Allgemeines	4
4 Begriffe	5
5 Prüfverfahren.....	5
5.1 Allgemeines	5
5.2 Messung der Thermospannung	5
5.3 Messung der Wärmeleitfähigkeit.....	9
Anhang A (informativ) Thermoelektrischer Energieerzeuger	12
A.1 Thermoelektrischer Energy-Harvester	12
Literaturhinweise.....	12

Bilder

Bild 1 – Prinzipdarstellung des Integrationsverfahrens zur Messung der Thermospannung thermoelektrischer Werkstoffe.....	6
Bild 2 – Prinzipdarstellung des Differentialverfahrens zur Messung der Thermospannung.....	7
Bild 3 – Prinzipdarstellung des Messaufbaus für das Differentialverfahren zur Messung des elektrischen Widerstands und des Seebeck-Koeffizienten	8
Bild 4 – Prinzipdarstellung der Messung der Wärmeleitfähigkeit in der Ebene einer Dünnschicht auf einem Substrat	10
Bild 5 – MEMS-Struktur zur Messung der Wärmeleitfähigkeit von Dünnschicht-Werkstoffen unter Verwendung des 3 ω -Transientenverfahrens	11
Bild A.1 – Blockschaltbild des Energy-Harvesters unter Nutzung der Thermoelektrizität.....	12

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 47/2190/CD:2014 „Semiconductor devices – Semiconductor devices for energy harvesting and generation – Part 2: Thermo power based thermoelectric energy harvesting“ (CD, en: Committee Draft) ist unverändert in diesen Norm-Entwurf übernommen worden. Dieser Norm-Entwurf enthält eine noch nicht autorisierte deutsche Übersetzung.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung des CD entsprechend der diesbezüglich durch die IEC erteilten Erlaubnis beigefügt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen IEC-Text.

Das internationale Dokument wurde vom TC 47 „Semiconductor devices“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die IEC und das Europäische Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) haben vereinbart, dass ein auf IEC-Ebene erarbeiteter Entwurf für eine Internationale Norm zeitgleich (parallel) bei IEC und CENELEC zur Umfrage (CDV-Stadium) und Abstimmung als FDIS (en: Final Draft International Standard) bzw. Schluss-Entwurf für eine Europäische Norm gestellt wird, um eine Beschleunigung und Straffung der Normungsarbeit zu erreichen. Dokumente, die bei CENELEC als Europäische Norm angenommen und ratifiziert werden, sind unverändert als Deutsche Normen zu übernehmen.

Da der Abstimmungszeitraum für einen FDIS bzw. Schluss-Entwurf prEN nur 2 Monate beträgt, und dann keine sachlichen Stellungnahmen mehr abgegeben werden können, sondern nur noch eine „JA/NEIN“-Entscheidung möglich ist, wobei eine „NEIN“-Entscheidung fundiert begründet werden muss, wird bereits der CD als DIN-Norm-Entwurf veröffentlicht, um die Stellungnahmen aus der Öffentlichkeit frühzeitig berücksichtigen zu können.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 631 „Halbleiterbauelemente“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnichtsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Das Original-Dokument enthält Bilder in Farbe, die in der Papierversion in einer Graustufen-Darstellung wiedergegeben werden. Elektronische Versionen dieses Dokuments enthalten die Bilder in der originalen Farbdarstellung.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CENELEC [und/oder CEN] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Halbleiterbauelemente – Halbleiterbauelemente für das Energy-Harvesting und die Energieerzeugung – Teil 2: Thermospannungsbasiertes thermoelektrisches Energy-Harvesting

1 Anwendungsbereich

In dieser Norm sind Verfahren und Begriffe zur Messung der Thermospannungen von dünnen Schichten, die in mikrometergroßen thermoelektrischen Generatoren, Mikro-Heizelementen und Mikro-Kühlern verwendet werden, festgelegt. In dieser Norm sind zu den thermoelektrischen Drähten, Substraten sowie Dünnschichten mit Dicken von kleiner 5 µm und Energy-Harvesting-Bauelementen mit thermoelektrischen Dünnschichten die Prüfverfahren und relevanten Kenngrößen zur Bewertung von deren korrekter Funktionsfähigkeit und deren praktischem Gebrauch festgelegt. Diese Internationale Norm ist für Energy-Harvesting-Bauelemente in Konsumgütern, allgemeinen Industrieanwendungen und Anwendungen in Militär sowie Luftfahrt ohne irgendwelche Einschränkungen hinsichtlich der Bauelemente-Technologie oder Baugröße anwendbar.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch die Verweisung auf sie im vorliegenden Text zu Festlegungen dieses Teils der 60747 werden. Bei datierten Verweisungen sind die nachfolgenden Ergänzungen oder Überarbeitungen zu diesen Publikationen nicht anzuwenden. Allerdings werden die Partner von Vereinbarungen, die auf diesem Teil der 60747 basieren, ermutigt, zu untersuchen, ob die jüngsten Ausgaben der unten aufgeführten normativen Dokumente anwendbar sind. Bei undatierten Verweisungen ist die jüngste Ausgabe des verwiesenen Dokuments anzuwenden. Die Mitglieder von ISO und IEC führen Aufstellungen der gegenwärtig gültigen internationalen Normen.

3 Allgemeines

Mikrometergroße thermoelektrische Energiegeneratoren haben sehr gute Eigenschaften für Anwendungen im Konsumgüter- und Industriebereich. Die Energiekrise fordert uns auf, den Energieverbrauch zu reduzieren, die Energieeffizienz zu erhöhen und neue Energiequellen zu entwickeln. Unter diesen Gesichtspunkten würde die Wärmeenergie langfristig ein guter Kandidat sein. Allerdings wird der größte Teil dieser Energie abgegeben (Abwärme) und nicht für eine nutzbare Energie zurück gewonnen. Es existieren in unserer Umwelt viele Wärmequellen für die Rückgewinnung. Thermoelektrische Werkstoffe können direkt in elektrische Energie wandeln, wenn es Temperaturunterschiede gibt. Außerdem können thermoelektrische Bauelemente für Kühlanwendungen eingesetzt werden, wenn eine leise Betriebsweise erforderlich ist. So ist es möglich, mit den thermoelektrischen Bauelementen sehr leise Systeme herzustellen, weil diese Systeme keine beweglichen Teile wie Zylinder oder Achsen, die mechanische Geräusche erzeugen, erfordern. Deshalb werden gegenwärtig im industriellen Bereich der integrierten Schaltungen viele thermoelektrische Bauelemente zum lokalen Erwärmen oder Kühlen verwendet. Im Speziellen haben thermoelektrische Bauelemente eine große Haltbarkeitsdauer und keine Schadgasabgabe wie zum Beispiel Kohlendioxid. In jüngster Vergangenheit haben neue Verarbeitungstechnologien im Mikrometerbereich wie das Prägen, Hochprägen usw. die Akzeptanz der Herstellung von Mikro-Bauelementen bei niedrigen Kosten und hohem Durchsatz gefördert. Weiterhin wurde der Anwendungsbereich der Mikro-Bearbeitungstechnologien in dem Maße breiter, wie Dünnschicht-MEMS-Werkstoffe in Gehäusen, Leiterplatten, Displays und Solarzellen eingesetzt werden.

Es sind Standard-Prüfverfahren erforderlich, um die Thermospannung von mikrometergroßen thermoelektrischen Energiegeneratoren zu bewerten. Die Messung der Thermospannung mithilfe des Temperaturdifferenz-Verfahrens kann als Standard-Prüfverfahren verwendet werden. Dieses Verfahren umfasst Arbeitsabläufe und Definitionen zum Messen der Thermospannung von thermoelektrischen Werkstoffen, die in mikrometergroßen Bauelementen verwendet werden.

4 Begriffe

4.1

Seebeck-Koeffizient

S

Ausdehnung einer induzierten thermoelektrischen Spannung, die sich auf eine Temperaturdifferenz entlang des Werkstoffs und der Ladungsträgerentropie im Werkstoff ergibt

4.2

Wärmeleitfähigkeit

k

Eigenschaft eines Werkstoffs, Wärme zu leiten

ANMERKUNG Sie erscheint primär im Gesetz von Fourier zur Wärmeleitung. Dieser Wert ist temperaturabhängig. Der Wärmewiderstand ist der Reziprokwert der Wärmeleitfähigkeit.

4.3

elektrische Leitfähigkeit (oder spezifischer Leitwert)

σ

Wert der Fähigkeit eines Werkstoffs, einen elektrischen Strom zu leiten

4.4

thermoelektrische Effektivität

Z

Wert der thermoelektrischen Effektivität der thermoelektrischen Schicht, der gegeben ist als (mathematische) Faltung der elektrischen Leitfähigkeit und dem Quadrat des Seebeck-Koeffizienten dividiert durch die thermische Leitfähigkeit

5 Prüfverfahren

5.1 Allgemeines

Es ist unverzichtbar, die Thermospannung zu messen, um thermoelektrische Bauelemente herzustellen. Zum Bestimmen der thermoelektrischen Eigenschaften der eingesetzten Werkstoffe für die Herstellung thermoelektrischer Bauelemente müssen der elektrische Widerstand und die Thermospannung gemessen werden. Prinzipiell sind zum Messen dieser Werte die Werkstoffe soweit wie möglich bei Temperaturen von 3 K bis 300 K zu untersuchen. Es gibt zwei Messverfahren zur Thermospannung. Das erste Verfahren ist ein Integrationsverfahren und das andere ist ein Differentialverfahren. Für den Fall der Messung der elektrischen Leitfähigkeit wird der elektrische Widerstand gemessen und der Reziprokwert der gemessenen Größe verwendet. Üblich wird eine Vier-Punkt-Messmethode für den elektrischen Widerstand verwendet. Wenn diese Methode angewendet wird, kann der Gesamtspannungsabfall, der durch die Summe von Widerstand und Seebeck-Spannung gegeben ist, gemessen werden. Um den ohmschen Widerstand ohne die induzierte Seebeck-Spannung zu erhalten, ist eine schnell schaltende Wechsel- oder Gleichspannung notwendig. Außerdem wird das Messobjekt als Drahtprobe präpariert, deren Drahtdurchmesser kleiner als 200 μm ist und die Dünnschicht ist über das Siliziumsubstrat mit 100 nm Isolationsschicht abgeschieden.

5.2 Messung der Thermospannung

5.2.1 Integrationsverfahren

5.2.1.1 Allgemeines

Das Integrationsverfahren ist ein sehr einfaches Verfahren, um den Wert für die Thermospannung von thermoelektrischen Werkstoffen zu erhalten. Die erzeugte Spannung zwischen dem Referenzwerkstoff und der Werkstoffprobe wird für die Berechnung des Thermospannungswertes für diese Werkstoffe verwendet. Die Werkstoffe müssen für den Einsatz dieses Verfahrens in Form von Drähten verarbeitet werden, um ein Thermoelement zu erhalten. Das dritte Thermoelement kann mit dem heißen Anschluss von Referenz- und Probendraht verbunden werden, um die Temperatur des Messpunktes zu bestimmen.

Das Prinzip des Integrationsverfahrens zum Messen der Thermospannung von thermoelektrischen Werkstoffen ist im Bild 1 dargestellt.

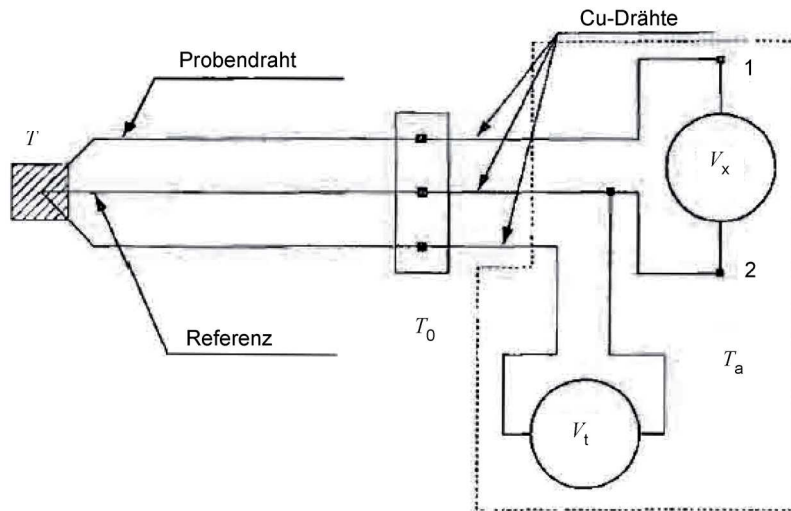


Bild 1 – Prinzipdarstellung des Integrationsverfahrens zur Messung der Thermospannung thermoelektrischer Werkstoffe

Legende

T : zu messende Temperatur T_a : Umgebungstemperatur

T_0 : Temperatur des kalten Anschlusses

V_x, V_t : Spannungsmessgeräte, mit denen der Spannungsabfall gemessen werden kann

Am Thermoelement-Anschluss des zu messenden Werkstoffs und dem Referenzanschluss können wir die Potentialdifferenz unter Verwendung der folgenden Gleichung messen.

$$\Delta V = - \int_{term1}^{term2} E dl = - \int_{term1}^{term2} \alpha \nabla T dl \quad (1)$$

$$\Delta V = - \left(\int_{T_a}^{T_0} \alpha_{Cu} dT + \int_{T_0}^T \alpha_x dT + \int_T^{T_0} \alpha_{ref} dT + \int_{T_0}^{T_a} \alpha_{Cu} dT \right) = - \int_{T_0}^{T_a} (\alpha_x - \alpha_{ref}) dT \quad (2)$$

Dabei ist T_0 die Temperatur des kalten Anschlusses des Thermoelementes und T_a ist üblicherweise der Absolutwert mit $T_0 = 274,15$ K. Die numerische Differentiation kann entsprechend der o. a. Gleichung zur gemessenen Spannungsänderung der relativen Thermospannung des Thermoelementes, das mit dem Referenz- und Probenwerkstoff verbunden ist, abgeleitet werden.

$$\frac{d\Delta V}{dT} = -(\alpha_x - \alpha_{ref})_T \quad (3)$$

Schließlich kann die Thermospannung des Probendrahtes unter Verwendung der folgenden Gleichung erhalten werden, wenn die Thermospannung des Referenzwerkstoffs bekannt ist.

$$\alpha_x(T) = - \left(\frac{d\Delta V}{dT} \right) + \alpha_{ref}(T) \quad (4)$$

5.2.1.2 Messdurchführung

- Es ist aus dem Probenwerkstoff ein Draht unter Verwendung eines Drahtfertigungsverfahrens herzustellen.
- Der Probenwerkstoffdraht ist mit dem Referenzdraht zu verbinden, zur Nutzung als heißer Anschluss. Ein dritter Draht zur Messung der Temperatur des heißen Anschlusses ist zu verbinden.
- Ein Spannungsmessgerät ist zwischen dem dritten und dem Referenzdraht zu schalten.
- Ein Spannungsmessgerät ist zwischen dem Referenzdraht und dem Probendraht zu schalten.
- Die Spannungsdifferenz zwischen dem Proben- und dem Referenzdraht ist abzulesen.
- Die Thermospannung ist entsprechend der o. a. Gleichung (d) zu berechnen.

5.2.2 Differentialverfahren

5.2.2.1 Allgemeines

Beim Differentialverfahren wird an zwei Punkten der Werkstoffprobe gemessen. Die Potentialdifferenz kann auch gleichzeitig gemessen werden, wenn der Schleifenstrom durch die Probe Null ist. Zu diesem Zeitpunkt ist das elektrische Feld, in der zu messenden Probe wegen der Thermospannung mit $E = \alpha \Delta T$ gegeben. Im Bild 2 ist das Prinzip des Differentialverfahrens zum Messen der Thermospannung dargestellt.

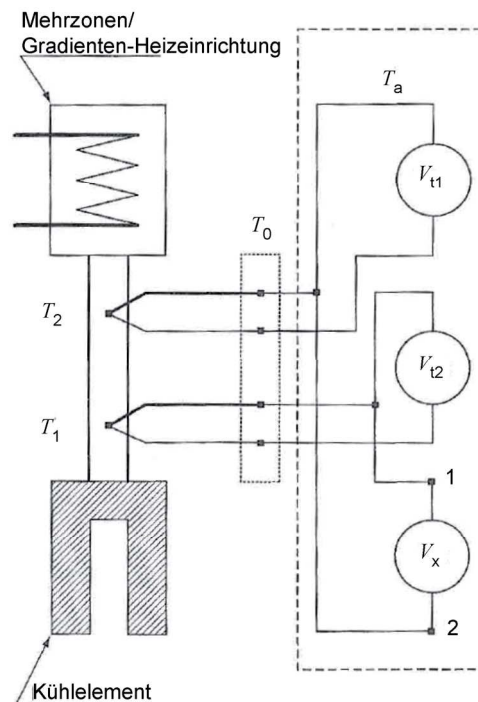


Bild 2 – Prinzipdarstellung des Differentialverfahrens zur Messung der Thermospannung

Legende

T_1, T_2 : zu messende Temperaturen

T_a : Umgebungstemperatur

T_0 : Temperatur des kalten Anschlusses

V_x, V_{t1}, V_{t2} : Spannungsmessgeräte, mit denen der Spannungsabfall gemessen werden kann

Wenn die Thermoelementedrähte und die Probe gleichartig verbunden werden, können die Messfehler minimiert werden und die folgenden Gleichungen zur Berechnung der Thermospannung des Werkstoffs können verwendet werden. Unter diesen Bedingungen ist die Potentialdifferenz durch die folgende Gleichung gegeben.

$$\Delta V = - \left(\int_{T_a}^{T_0} \alpha_{Cu} dT + \int_{T_0}^{T_1} \alpha_{ref}^1 dT + \int_{T_1}^{T_2} \alpha_x dT + \int_{T_2}^{T_0} \alpha_{ref}^2 dT + \int_{T_0}^{T_a} \alpha_{Cu} dT \right) \quad (5)$$

Bei einem gleichartigen Referenzdraht können der zweite und der vierte Integralterm zusammengefasst werden, sodass letztlich die Gleichung zu einer einfachen Gleichung modifiziert werden kann.

$$\Delta V = - \int_{T_1}^{T_2} (\alpha_x - \alpha_{ref}) dT \quad (6)$$

Wenn die Temperaturdifferenz nur durch die Differenz zwischen den Punkten 1 und 2 gegeben ist, vereinfacht sich die Gleichung wie u. a.

$$\alpha_x(T_{av}) = - \frac{\Delta V}{\Delta T} + \alpha_{ref}(T_{av}) \quad (7)$$

wenn T_{av} als der halbe Wert der Summe von T_1 und T_2 gegeben ist.

5.2.2.2 Messdurchführung

Eine Darstellung des Messaufbaus für den Widerstand sowie den Seebeck-Koeffizienten der Werkstoffprobe unter Verwendung des Differentialverfahrens wird nachfolgend dargestellt gezeigt.

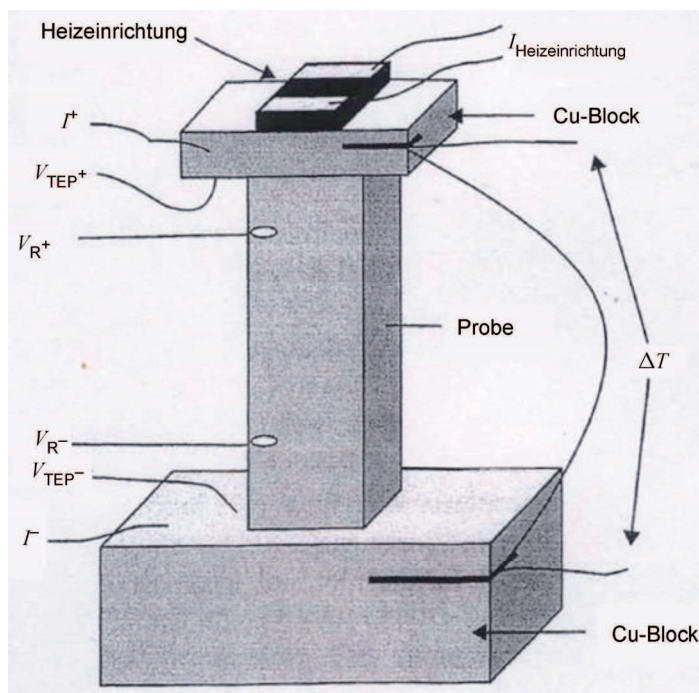


Bild 3 – Prinzipdarstellung des Messaufbaus für das Differentialverfahren zur Messung des elektrischen Widerstands und des Seebeck-Koeffizienten

Legende

ΔT : Temperaturdifferenz

I_{heater} : Heizstrom

I^+ : positiver Strom

I^- : negativer Strom