

DIN EN 62047-29

ICS 31.080.01; 31.220.01

Einsprüche bis 2016-09-22

Entwurf

**Halbleiterbauelemente –
Bauelemente der Mikrosystemtechnik –
Teil 29: Elektromechanisches Relaxations-Prüfverfahren für freistehende
elektrisch leitende Dünnschichten bei Raumtemperatur
(IEC 47F/243/CD:2016)**

Semiconductor devices –
Micro-electromechanical devices –
Part 29: Electromechanical relaxation test method for freestanding conductive thin-films
under room temperature
(IEC 47F/243/CD:2016)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-07-22 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.din.de/go/entwuerfe 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@vde.com möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe 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 in DIN und VDE, 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 19 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Begriffe und Symbole	4
3.1 Begriffe	4
3.2 Symbole und Bezeichnungen	5
4 Probe	5
4.1 Allgemeines	5
4.2 Form der Probe	6
4.3 Messung der Maße	6
5 Prüfverfahren und Prüfdurchführung	6
5.1 Prüfmethode	6
5.2 Umgebungsbedingungen während der Prüfung	6
5.3 Prüfeinrichtung	6
5.4 Prüfdurchführung	6
5.5 Datenanalyse	7
6 Prüfprotokoll	7
Anhang A (informativ)	9
Relaxationsprüfung einer freistehenden Au-Dünnschicht	9
A.1 Kurzbeschreibung der Prüfung	9
A.2 Mess- und Prüfergebnisse	9
 Bilder	
Bild 1 – Freistehende Probe	5
Bild 2 – Experimenteller Prüfaufbau	7
Bild A.1 – Fotobild der Prüfeinrichtung und eine schematische Darstellung zum experimentellen Prüfaufbau	9
Bild A.2 – Elektromechanische Relaxationsdaten einer freistehenden Au-Dünnschicht mit einer Dicke von 1 µm	10
 Tabellen	
Tabelle 1 – Symbole und Bezeichnungen der Probe	5

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 47F/243/CD:2016 „Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 29: Electromechanical relaxation test method for freestanding conductive thin-films under room temperature“ (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 SC 47F „Micro-electromechanical systems“ 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 in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils aktuellste Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments.

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

Der Zusammenhang der zitierten Dokumente mit den entsprechenden Deutschen Dokumenten 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.

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

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.

**Halbleiterbauelemente –
Bauelemente der Mikrosystemtechnik –
Teil 29: Elektromechanisches Relaxations-Prüfverfahren für freistehende
elektrisch leitende Dünnschichten bei Raumtemperatur**

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 62047 legt ein Relaxations-Prüfverfahren fest, mit dem die elektromechanischen Eigenschaften von freistehenden elektrisch leitenden Dünnschichten in Mikrosystem-Bauelementen (MEMS; en: micro-electromechanical systems) unter geregelten Dehnungsbeanspruchungen bei Raumtemperatur zu ermittelt werden kann. Freistehende Dünnschichten aus leitfähigen Werkstoffen werden häufig in MEMS-Bauelementen sowie in optoelektronischen und flexiblen/tragbaren Erzeugnissen verwendet. Freistehende Dünnschichten in den Erzeugnissen unterliegen äußeren wie inneren mechanischen Spannungsbeanspruchungen, die selbst bei Raumtemperatur während einer Betriebsperiode nachlassen (Relaxation), wobei diese Relaxation zu zeitabhängigen Veränderungen des elektrischen Funktionsverhaltens der Erzeugnisse führt. Dieses Prüfverfahren ist für isotrope, homogene und linear viskoelastische Werkstoffe anwendbar.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 62047-2:2006, *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 2: Tensile testing method of thin film materials*

IEC 62047-3:2006, *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 3: Thin film standard test piece for tensile testing*

IEC 62047-8:2011, *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 8: Strip bending test method for tensile property measurement of thin films*

IEC 62047-21:2014, *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 21: Test method for Poisson's ratio of thin film MEMS materials*

IEC 62047-22:2014, *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 22: Electromechanical tensile test method for conductive thin films on flexible substrates*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1

Dehnungsempfindlichkeit

Dehnungsfaktor

k-Faktor

k, *GF*^{N1)}

Verhältnis von relativer Änderung des elektrischen Widerstands *R* zur Änderung der technischen Dehnung $\Delta\varepsilon$

^{N1)} Nationale Fußnote: Im Originaldokument wird, wie im angelsächsischen Sprachraum häufig gebräuchlich, für die Dehnungsempfindlichkeit das Symbol *GF* entsprechend "gauge factor" verwendet.

ANMERKUNG Der k -Faktor ist festgelegt als $k = (\Delta R/R)/\Delta \varepsilon$, dabei ist ΔR die Änderung des elektrischen Widerstands, R ist der elektrische Widerstand im nicht verformten (ungedehnten) Zustand, $\Delta \varepsilon$ ist die Änderung der technischen Dehnung. ΔR und R werden in der Einheit Ω angegeben und $\Delta \varepsilon$ als Mikrodehnung mit dem Faktor 10^{-6} ^{N2)}

3.1.2

piezoresistiver Koeffizient

π

Verhältnis der relativen Änderung des spezifischen elektrischen Widerstands ρ zur ausgeübten mechanischen Spannung

ANMERKUNG Der piezoresistive Koeffizient ist festgelegt als $\pi = (\Delta \rho/\rho)/\Delta \sigma$, dabei ist $\Delta \rho$ die Änderung des spezifischen elektrischen Widerstands, ρ ist der spezifische elektrische Widerstand im nicht verformten (ungedehnten) Zustand, $\Delta \sigma$ ist die ausgeübte mechanische Spannung. Die mechanische Spannung wird in der Einheit Pa angegeben.

3.2 Symbole und Bezeichnungen

Sowohl die Form der Probe als auch die Symbole werden in Bild 1 bzw. Tabelle 1 angegeben. Insgesamt ist die Form der Probe ähnlich zu der einer konventionellen Dünnschicht- oder Schicht-Probe für die Stufen-Biegeprüfung (siehe IEC 62047-8:2011) und die Probe hat einen freistehenden Aufbau sowie vier elektrische Kontakte für die elektrischen Messungen.

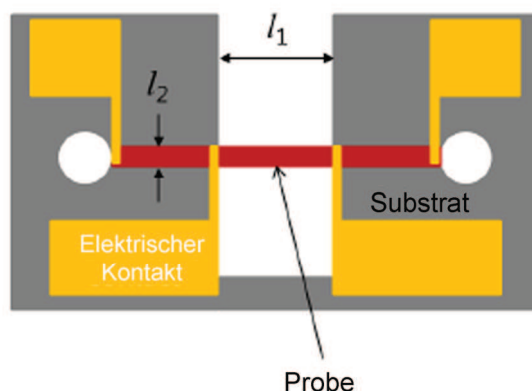


Bild 1 – Freistehende Probe

Tabelle 1 – Symbole und Bezeichnungen der Probe

Symbol	Einheit	Bezeichnung
l_1	μm	Messlänge für die Dehnung und elektrische Widerstandsmessung
l_2	μm	Breite
h	μm	Dicke der freistehenden Dünnschicht

4 Probe

4.1 Allgemeines

Die Probe ist unter Verwendung der Herstellungsprozesse, mit denen auch die tatsächlichen MEMS-Bauelemente gefertigt werden, zu präparieren. Die Formgebung der Probe ist so durchzuführen, dass die Bildung von Rissen (cracks), Kantenrissen (flaws) und Delaminationen der Probe vermieden wird.

^{N2)} Nationale Fußnote: Im Originaldokument wird, wie im angelsächsischen Sprachraum häufig gebräuchlich, für die technische Dehnung die Einheit " $\mu\epsilon$ " verwendet.

4.2 Form der Probe

Die Form einer Probe ist in Bild 1 dargestellt. Da die Änderung des elektrischen Widerstands von der Dehnung oder mechanischen Spannung abhängig ist, muss der elektrische Widerstand in einem Gebiet gleichmäßiger Dehnung gemessen werden. Der elektrische Widerstand ist unter Verwendung der 4-Draht-Methode zu messen, was vier elektrische Kontakte auf der Probe erfordert. Um die Effekte der Einspanngrenzlinien nahe den Haltevorrichtungen zu eliminieren, muss die Messlänge l_1 mindestens 20mal größer sein als die Breite l_2 . Die Breite muss mehr als das 10fache der Dicke h betragen.

4.3 Messung der Maße

Die Messlänge l_1 , Breite l_2 und Dicke h sollten mit einer Messabweichung kleiner $\pm 5\%$ gemessen werden. Informationen zur Dickenmessung sind in IEC 62047-2:2006, Anhang C, und IEC 62047-3:2006, Abschnitt 6, angegeben.

5 Prüfverfahren und Prüfdurchführung

5.1 Prüfmethode

Die Prüfung wird durchgeführt, indem eine vorher festgelegte Zugdehnung auf die Probe ausgeübt wird und die Änderung des elektrischen Widerstands während eines Beanspruchungsintervalls bei einer konstanten Dehnung gemessen wird. Sowohl der elektrische Widerstand als auch die mechanische Spannung unterliegen mit der Zeit einer Relaxation und das Verhältnis dieser beiden Kenngrößen charakterisiert das piezoelektrische Verhalten des geprüften Werkstoffs. Deshalb muss sich die Zugdehnung, welche durch die Zugkraft verursacht wird, gleichmäßig in einem vorher festgelegten Messbereich des elastischen Teils der Probe befinden. Der Linearantrieb (Aktor) der Prüfeinrichtung muss mit Hilfe einer Rückkopplungsschleife (Feedback-Loop) geregelt werden, um die Dehnung konstant zu halten, weil üblicherweise die Dehnung in Dünnschichten selbst bei Raumtemperatur einen Kriecheffekt aufweist, welcher zu Dehnungsänderungen in der Probe führt. Um die Änderung des elektrischen Widerstands bei konstanter Dehnung zu messen, muss der Messabschnitt der Probe zum Messen der technischen Dehnung mit dem Abschnitt zum Messen des elektrischen Widerstands übereinstimmen bzw. skalierbar sein.

5.2 Umgebungsbedingungen während der Prüfung

Da die elastischen Eigenschaften temperaturabhängig sind, müssen die Temperaturschwankungen während der Prüfbeanspruchung auf kleiner als $\pm 2\text{ °C}$ gehalten werden. Flexible Substrate, die aus bestimmten Polymer-Werkstoffen gefertigt werden, können feuchteempfindlich sein; sodass die Schwankung der relativen Luftfeuchte (RH; en: relative humidity) im Prüflabor bei diesen Werkstoffen auf kleiner als $\pm 5\%$ gehalten werden muss.

5.3 Prüfeinrichtung

Die ist ähnlich der einer konventionellen Zug-Prüfeinrichtung bis auf die Tatsache, dass sie eine Feedback-Regelung zur ausgeübten Dehnung und der Messung des elektrischen Widerstands während der Prüfbeanspruchung hat. Der elektrische Widerstand muss mit Hilfe der 4-Draht-Methode (Kelvin-Methode) gemessen werden, um die parasitären Widerstände von Kontakten und Anschlussleitungen auszuschließen. Der elektrische Strom für das 4-Draht-Messverfahren muss so klein wie möglich sein, um eine Erwärmung der Probe zu vermeiden, er muss aber eine ausreichende Messauflösung und -genauigkeit sicherstellen. Eine prinzipielle Darstellung der Prüfeinrichtung wird in Bild 2 gezeigt. Es muss eine kontaktlose Dehnungsmessung wie die digitale Bildkorrelation (DIC; en: digital image correlation) verwendet werden, um die Dehnung ohne störende Beeinflussung bezüglich der Probe zu messen. Das gemessene Dehnungssignal ist mit der Prüfeinrichtung zum Zweck der Feedback-Regelung zu verbinden.

5.4 Prüfdurchführung

Die Durchführung der Prüfung ist wie folgt: