

DIN EN 62047-17

ICS 31.080.01; 31.220.01

**Halbleiterbauelemente –
Bauelemente der Mikrosystemtechnik –
Teil 17: Wölbungs-Prüfverfahren zur Bestimmung mechanischer
Eigenschaften dünner Schichten
(IEC 62047-17:2015);
Deutsche Fassung EN 62047-17:2015**

Semiconductor devices –
Micro-electromechanical devices –
Part 17: Bulge test method for measuring mechanical properties of thin films
(IEC 62047-17:2015);
German version EN 62047-17:2015

Dispositifs à semiconducteurs –
Dispositifs microélectromécaniques –
Partie 17: Méthode d'essai de renflement pour la mesure des propriétés mécaniques des
couches minces
(IEC 62047-17:2015);
Version allemande EN 62047-17:2015

Gesamtumfang 28 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2015-04-09 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2015-12-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 62047-17:2011-06.

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.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC 47F „Micro-electromechanical systems“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

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.

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 17: Wölbungs-Prüfverfahren zur Bestimmung mechanischer Eigenschaften
dünner Schichten
(IEC 62047-17:2015)

Semiconductor devices –
Micro-electromechanical devices –
Part 17: Bulge test method for measuring
mechanical properties of thin films
(IEC 62047-17:2015)

Dispositifs à semiconducteurs –
Dispositifs microélectromécaniques –
Partie 17: Méthode d'essai de renflement pour
la mesure des propriétés mécaniques des
couches minces
(IEC 62047-17:2015)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2015-04-09 angenommen. CENELEC-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist.

Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC Management Centre oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CENELEC-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem CEN-CENELEC Management Centre mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2015 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 62047-17:2015 D

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 47F/210/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 62047-17, erarbeitet vom SC 47F „Microelectromechanical systems“ des IEC/TC 47 „Semiconductor devices“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 62047-17:2015 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem dieses Dokument auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2016-01-10
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2018-04-09

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.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62047-17:2015 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Symbole	5
3.1 Begriffe	5
3.2 Symbole	6
4 Prinzip der Wölbungsprüfung	6
5 Prüfeinrichtung und Prüf-Umgebungsbedingungen	7
5.1 Allgemeines	7
5.2 Prüfeinrichtung	8
5.3 Umgebungsbedingungen während der Prüfung	9
6 Mikroprobe	9
6.1 Allgemeines	9
6.2 Form und Abmessungen der Mikroprobe	9
6.3 Messen der Probemaße	9
7 Prüfdurchführung und Datenanalyse	10
7.1 Prüfdurchführung	10
7.2 Analyse der Prüfergebnisse	11
8 Prüfbericht	12
Anhang A (informativ) Bestimmung der mechanischen Eigenschaften	13
A.1 Allgemeines	13
A.2 Ermittlung der mechanischen Eigenschaften mithilfe der Spannungs-Dehnungs-Kurve	13
A.3 Bestimmung der mechanischen Eigenschaften mithilfe der Lastverformungsanalyse	15
Anhang B (informativ) Verfahren zum Messen der Verformung	18
B.1 Allgemeines	18
B.2 Laser-Interferometrie	18
B.3 Kapazitätsmessverfahren	18
Anhang C (informativ) Beispiel für die Probenherstellung: MEMS-Prozess	23
C.1 Herstellung der Probe	23
C.2 Messung der Form der Mikroprobe	24
Literaturhinweise	25
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	26
 Bilder	
Bild 1 – Typisches Beispiel einer Wölbungsprobe	6
Bild 2 – Membranfenster, das infolge Druckbeanspruchung gewölbt wurde	7
Bild 3 – Typisches Beispiel einer Wölbungs-Prüfeinrichtung	7
Bild 4 – Membranfenster-Formen für Wölbungs-Prüfverfahren	9

	Seite
Bild 5 – Beispiel einer typischen Druck-Höhe-Kurve, die bei einer Wölbungsprüfung erhalten wird	11
Bild A.1 – Bestimmung des biaxialen Elastizitätsmoduls mithilfe der Spannungs-Dehnungs-Kurve, die bei der Wölbungsprüfung erhalten wird	17
Bild B.1 – Typisches Beispiel eines Messaufbaus zur Laser-Interferometrie	19
Bild B.2 – Typische Interferenzmuster bei Michelson- und ESPI-Messverfahren	20
Bild B.3 – Typisches Beispiel eines Messaufbaus unter Verwendung eines Fotodetektors	21
Bild B.4 – Schema eines Kapazitäts-Messaufbaus zur Wölbungsprüfung	21
Bild B.5 – Typisches Beispiel der Beziehung zwischen Wölbungshöhe und Kapazitätsänderung	22
Bild C.1 – Beispiel für die Herstellung einer Probe zur Wölbungsprüfung	23
Tabellen	
Tabelle 1 – Symbole und Benennungen einer Mikroprobe	6
Tabelle A.1 – Beispiele für unterschiedliche Werte von C_1 und C_2 (ν) für quadratische Dünnschichten	16
Tabelle A.2 – Beispiele für unterschiedliche Werte von C_1 und C_2 (ν) für kreisförmige Dünnschichten	16

1 Anwendungsbereich

In diesem Teil der IEC 62047 ist das Verfahren für die Durchführung von Wölbungsprüfungen (Bulge-/Tiefen-Prüfungen) an einer freistehenden Schicht, die innerhalb eines Fensters gewölbt wird, festgelegt. Die Mikroprobe wird aus Mikro-/Nano-Schichtwerkstoffen hergestellt, welche Metall-, Keramik- oder Polymerschichten für MEMS-, Mikrosystem- oder andere Bauteile einschließen. Die Dicke der Schicht liegt im Bereich von 0,1 µm bis 10 µm und die Breite des rechtwinkligen oder quadratischen Membranfensters bzw. der Durchmesser der kreisförmigen Membran liegt im Bereich von 0,5 mm bis 4 mm.

Die Prüfbeanspruchungen werden bei Raumtemperatur unter Verwendung einer gleichförmig verteilten Druckbeanspruchung auf die zu prüfende Schicht-Probe innerhalb des Wölbungsfensters ausgeübt.

Mithilfe dieses Verfahrens können das Elastizitätsmodul und die Eigenspannung der Schicht-Werkstoffe bestimmt werden.

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*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1.1

Eigenspannung

Restspannung

σ_0

Spannung, die in einer Mikroprobe ohne äußere Beanspruchung vorhanden ist

3.1.2

biaxiales Elastizitätsmodul

M

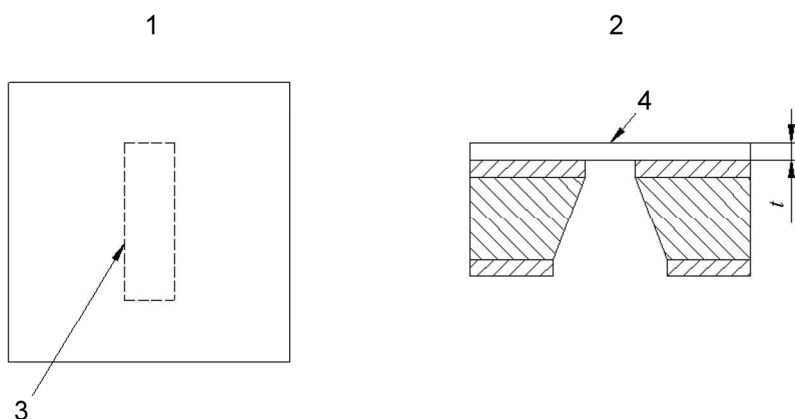
Elastizitätsmodul bei zweidimensionalen Spannungszuständen

3.1.3

Membranfenster

Beanspruchungsfläche innerhalb der freistehenden Schicht-Probe, die im direkten Kontakt mit dem Druckmedium steht und von einem Rahmen umgeben ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe Bild 1.



Legende

- | | | | |
|---|----------------|---|---------------------------|
| 1 | Draufsicht | 2 | Seitenansicht |
| 3 | Membranfenster | 4 | abgeschiedene Dünnschicht |

Bild 1 – Typisches Beispiel einer Wölbungsprobe

3.2 Symbole

Die in diesem Dokument verwendeten Symbole sind in der unten stehenden Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1 – Symbole und Benennungen einer Mikroprobe

Symbol	Einheit	Benennung
t	μm	Dicke der Membran oder der Dünnschicht
R	μm	Radius des gewölbten Membranfensters
h	μm	Höchstwert der vertikalen Verwölbung am Mittelpunkt des Wölbungs-Fensters
d	mm	Durchmesser bei einem kreisförmigen Wölbungs-Fenster
a, b	mm	halbe Breite bzw. halbe Länge eines rechteckigen Wölbungs-Fensters Im Falle eines quadratischen Fensters gilt a gleich b .
p	MPa	Differenzdruck, mit dem das Membranfenster beansprucht wird.
C_1, C_2		Koeffizienten in der verallgemeinerten linear-elastischen Wölbungs-Gleichung

4 Prinzip der Wölbungsprüfung

Es ist eine freistehende Schicht-Probe mit einem Rahmen, der ein Wölbungs-Membranfenster umgibt, wie in Bild 1 dargestellt, erforderlich, und diese Probe sollte auf einer Wölbungs-Prüfeinrichtung, mit der unterschiedliche Druckbeanspruchungen auf die Probe ausgeübt werden können, montiert werden. Der Druck sollte dabei über der Schicht im Fenster gleichmäßig verteilt sein und die Schicht in einer konstanten und relativ statischen Rate beanspruchen. Die Membranfenster-Geometrie kann kreisförmig, quadratisch oder rechteckig sein.

ANMERKUNG 1 Bei der Wahl der Fenstergeometrie werden Analysen durchgeführt, zur Bestimmung von Spannung und Dehnung der gewölbten Schicht mittels unterschiedlicher Modell, d. h. einem kugel- oder einem zylinderförmigen Druckkessel-Modell.

Die Schicht, welche mit unterschiedlichen Drücken beansprucht wird, verformt sich über dem Fenster aus der planliegenden zu einer gewölbten Form. Indem die Höhe h und der Druck p des gewölbten Fensters, wie in Bild 2 dargestellt, gemessen werden, kann entsprechend des gewählten Modells die Druck-Verformungs-

Kurve und/oder die Spannungs-Dehnungs-Kurve ermittelt werden. Die mechanischen Eigenschaften der Schicht, wie zum Beispiel Elastizitätsmodul und Eigenspannung, können mithilfe der Druck-Verformungs-Kurve oder der Spannungs-Dehnungs-Kurve bestimmt werden.

ANMERKUNG 2 Einzelheiten zu den Analysemodellen sind im Anhang A angegeben.

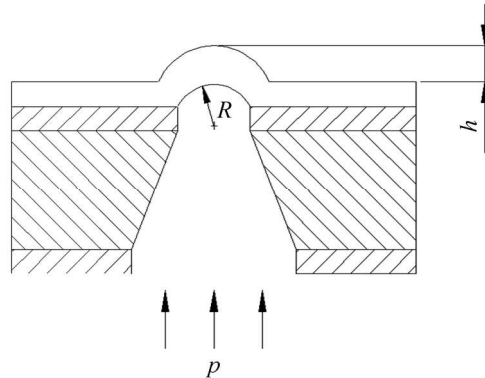
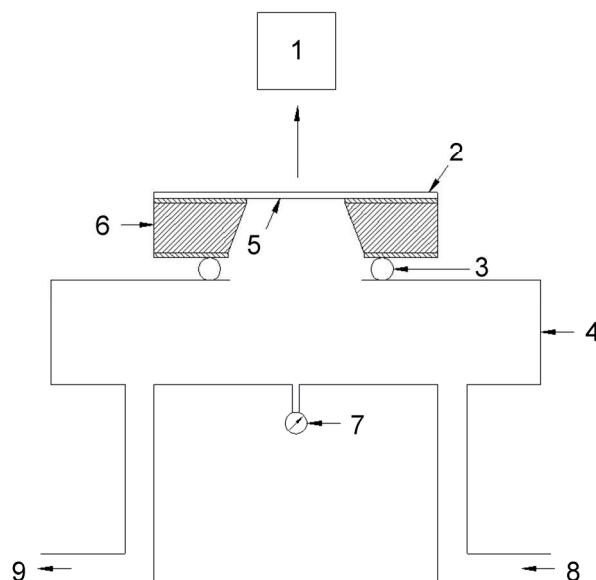


Bild 2 – Membranfenster, das infolge Druckbeanspruchung gewölbt wurde

5 Prüfeinrichtung und Prüf-Umgebungsbedingungen

5.1 Allgemeines

Mit der Druckbeanspruchung der Mikroprobe erfolgt deren Verformung, das bedeutet, eine Änderung der Wölbungshöhe, die im Membranfenster zu messen ist. Eine Wölbungs-Prüfeinrichtung kann im Allgemeinen aus Druckeinrichtung, Probenhalterung und Wölbungshöhen-Messeinrichtung, wie in Bild 3 dargestellt, bestehen.



Legende

1	Verformungs-Messeinrichtung	4	Druckkammer	7	Druckmesseinrichtung
2	Probe	5	Membranfenster	8	Einlasskanal
3	O-Ring	6	Substrat	9	Auslasskanal

Bild 3 – Typisches Beispiel einer Wölbungs-Prüfeinrichtung