

DIN EN 62047-9



ICS 31.080.01; 31.220.01

**Halbleiterbauelemente –
Bauelemente der Mikrosystemtechnik –
Teil 9: Prüfverfahren zur Festigkeit von Full-Wafer-Bondverbindungen in
der Mikrosystemtechnik (MEMS)
(IEC 62047-9:2011);
Deutsche Fassung EN 62047-9:2011**

Semiconductor devices –
Micro-electromechanical devices –
Part 9: Wafer to wafer bonding strength measurement for MEMS
(IEC 62047-9:2011);
German version EN 62047-9:2011

Dispositifs à semiconducteurs –
Dispositifs microélectromécaniques –
Partie 9: Mesure de la résistance de collage de deux plaquettes pour les MEMS
(CEI 62047-9:2011);
Version allemande EN 62047-9:2011

Gesamtumfang 26 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2011-08-17 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2012-03-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 62047-9:2008-03.

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

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

Einige Verweise auf Anhänge, Bilder und Gleichungen im Originaldokument sind offensichtlich fehlerhaft. Gleichung (2) und Anhang E sind in diesem Dokument nicht vorhanden, mit Nationalen Fußnoten wird auf die nach Ansicht des DKE/K 631 zu verweisenden Stellen hingewiesen.

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 eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, 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.

Halbleiterbauelemente –
Bauelemente der Mikrosystemtechnik –
Teil 9: Prüfverfahren zur Festigkeit von Full-Wafer-Bondverbindungen in der
Mikrosystemtechnik (MEMS)
(IEC 62047-9:2011)

Semiconductor devices –
Micro-electromechanical devices –
Part 9: Wafer to wafer bonding strength
measurement for MEMS
(IEC 62047-9:2011)

Dispositifs à semiconducteurs –
Dispositifs microélectromécaniques –
Partie 9: Mesure de la résistance de collage de
deux plaquettes pour les MEMS
(CEI 62047-9:2011)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2011-08-17 angenommen. Die 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 Zentralsekretariat 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 Zentralsekretariat mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, 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, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.

CENELEC

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

Zentralsekretariat: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

© 2011 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 62047-9:2011 D

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 47F/82/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 62047-9, ausgearbeitet von dem SC 47F „Micro-electromechanical systems“ des IEC TC 47 „Semiconductor devices“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2011-08-17 als EN 62047-9 angenommen.

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

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2012-05-17
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2014-08-17

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62047-9:2011 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung sind unter „Literaturhinweise“ zu den aufgelisteten Normen die nachstehenden Anmerkungen einzutragen:

IEC 62047-2 ANMERKUNG Harmonisiert als EN 62047-2.

IEC 62047-4 ANMERKUNG Harmonisiert als EN 62047-4.

Inhalt

	Seite
Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	4
2 Normative Verweisungen	4
3 Prüfverfahren	4
3.1 Allgemeines	4
3.2 Sichtprüfung	4
3.3 Zug-Prüfverfahren	5
3.4 DCB-Prüfverfahren mit Klinge	7
3.5 Elektrostatisches Prüfverfahren	10
3.6 Blister-Prüfverfahren	12
3.7 3-Punkt-Biege-Prüfverfahren	14
3.8 Abscher-Prüfverfahren (Die-Shear-Prüfverfahren)	17
Anhang A (informativ) Beispiel für die Bondkraft	21
Anhang B (informativ) Beispiel für die Herstellung einer 3-Punkt-Biegeprobe	22
Literaturhinweise	23
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	24
 Bilder	
Bild 1 – Prüfung der Bondfestigkeit – Zug-Prüfverfahren	6
Bild 2 – Prüfung der Bondfestigkeit – DCB-Prüfverfahren mit (Spalt-)Klinge	8
Bild 3 – Prüfung der Bondfestigkeit – elektrostatisches Prüfverfahren	11
Bild 4 – Probe für das Blister-Prüfverfahren	13
Bild 5 – Probe für das 3-Punkt-Biege-Prüfverfahren und Beanspruchungsprinzip	15
Bild 6 – Maße für die Probe zum 3-Punkt-Biege-Prüfverfahren	16
Bild 7 – Prüfaufbau für das Die-Shear-Prüfverfahren	17
Bild 8 – Anforderungen zur Größe von Probe und Scherstempel	18
Bild 9 – Beispiel eines gebondeten Gebiets in einer Probe	19
Bild 10 – Positionierung des Scherstempels	20
Bild A.1 – Beispiel für die Messung der Bondkraft oder Last in Abhängigkeit von der Zeit bei einer konstanten Bewegungsgeschwindigkeit des oberen fixierten Waferteils	21
Bild B.1 – Beispiel für die Herstellung einer 3-Punkt-Biegeprobe	22
 Tabellen	
Tabelle 1 – Beispiel für eine Sichtprüfung	5
Tabelle 2 – Beispiel für Zug-Prüfverfahren	7
Tabelle 3 – Beispiel für DCB-Prüfverfahren mit Klinge	10
Tabelle 4 – Beispiel für elektrostatisches Prüfverfahren	12

1 Anwendungsbereich

Diese Norm legt ein Prüfverfahren zur Bondfestigkeit von Full-Wafer-Bondverbindungen, Bondprozesstypen wie Silizium-Fusions-Bonden (Fusionsbonden), anodisches Silizium-Glas-Bonden (anodisches Bonden) usw. sowie anwendbare Strukturgrößen während des MEMS-Fertigungsprozesses bzw. der Assemblierung fest. Die anwendbare Waferdicke liegt im Bereich von 10 µm bis einige Millimeter.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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 60749-19, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 19: Die shear strength*

ISO 6892-1:2009, *Metallic materials – Tensile testing – Part 1: Method of test at room temperature*

ASTM E399-06e2:2008, *Standard Test Method for Linear-Elastic Plane-Strain Fracture Toughness K_{Ic} of Metallic Materials*

3 Prüfverfahren

3.1 Allgemeines

Um die Bondfestigkeit zu prüfen gibt es unterschiedliche Möglichkeiten wie Sichtprüfung, Zug-Prüfverfahren, DCB-Prüfverfahren (DCB; en: double cantilever beam), elektrostatisches Prüfverfahren, Blister-Prüfverfahren (Druck-Prüfverfahren), 3-Punkt-Biege-Prüfverfahren und (Span-)Abscherfestigkeits-Prüfverfahren.

3.2 Sichtprüfung

3.2.1 Charakter des Sicht-Prüfverfahrens

Bezogen auf Farbänderungen des Siliziumsubstrats und der Glasoberfläche liefert dieses Prüfverfahren lediglich eine allgemeine Information, ob der Werkstoff gebondet ist oder nicht. Die Sichtprüfung ist durchzuführen, um festzustellen, ob umfangreiche Bondprüfverfahren erforderlich sind und/oder das Gebiet zu identifizieren ist, wo die Bondprüfverfahren durchzuführen sind.

Es sind optische Mikroskope zu verwenden, um die Bondschicht (Interfaceschicht) zwischen Glas und Silizium oder Glas und Glas zu untersuchen.

Eine Infrarot(IR)-Kamera ist zu verwenden, um existierende nicht gebondete Stellen (Hohlräume) in der Bondschicht zwischen Silizium und Silizium zu beobachten.

ANMERKUNG Die Sichtprüfung ist ein einfaches qualitatives Prüfverfahren.

3.2.2 Prüfeinrichtung

Verwendet werden können eine Prüfeinrichtung oder einige wenige Prüfeinrichtungen wie optische Mikroskope, Ultraschall-Raster-Mikroskope, Raster-Elektronen-Mikroskope (REM), Transmissions-Elektronen-Mikroskope (TEM; en: transmission electron microscope) und IR-Kameras oder optische Kameras.

3.2.3 Prüfdurchführung

Die Prüfschritte zum Ausmessen der nicht gebondeten Flächen sind wie folgt:

- a) Zum Beobachten nicht gebondeter Stellen sind IR-Mikroskope oder lichtoptische Mikroskope zu verwenden.
- b) Zum Anfertigen von Bildern der nicht gebondeten Stellen sind IR-Kameras bzw. optische Kameras oder Ultraschallmikroskope zu verwenden.
- c) Zum Ausmessen der nicht gebondeten Stellen sind die angefertigten Bilder zu benutzen.

3.2.4 Darstellung der Prüfergebnisse

Die beobachteten Ergebnisse sind in jedem Fall entsprechend Anmerkung 1 in Tabelle 1 zu prüfen und einfach unter Verwendung des Kenners „V“ zu charakterisieren.

Tabelle 1 – Beispiel für eine Sichtprüfung

	gut	ausreichend	schlecht
Sichtprüfung			
ANMERKUNG 1 gut – vollständig gebondete Flächenteile größer als 95 %, ausreichend – vollständig gebondete Flächenteile größer als 75 %, schlecht – vollständig gebondete Flächenteile kleiner als 75 %.			

3.3 Zug-Prüfverfahren

3.3.1 Allgemeines

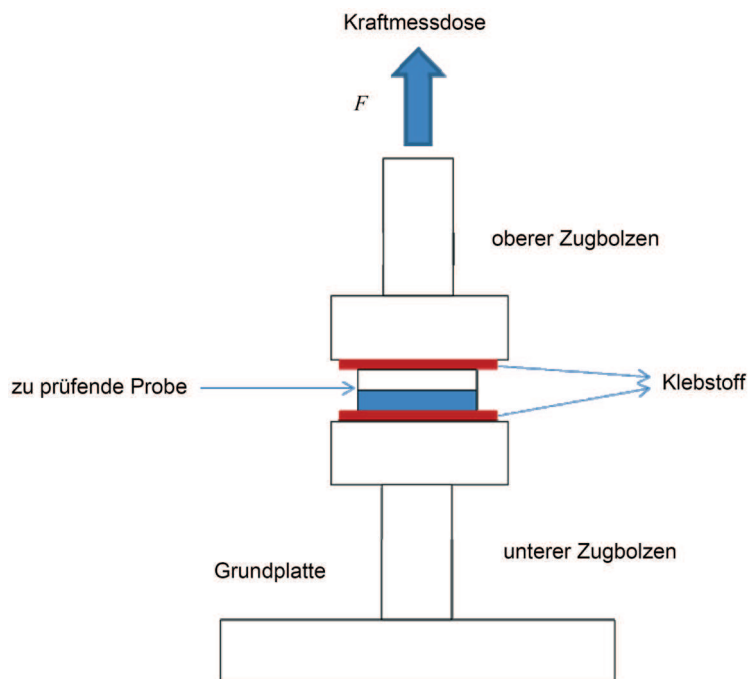
Dieses Verfahren, so wie in Bild 1 dargestellt, wird verwendet, um die Wafer-Bondfestigkeit mithilfe des allgemein üblichen Zug-Prüfverfahrens zu bewerten. Nach der Herstellung, bei der für die gebondeten Wafer unterschiedliche Fertigungsverfahren verwendet werden, wird ein gebondeter Wafer in quadratförmige Proben durch ein Trennverfahren geteilt. Nach dem Trennen werden die Maße der Fläche (A) gemessen. Die Oberseite und die Unterseite einer Probe des gebondeten Wafers werden mithilfe eines geeigneten Klebstoffs an den oberen Zugbolzen, der seinerseits mit der Kraftmessdose verbunden ist, bzw. am unteren Zugbolzen befestigt. Anschließend wird die Probe mit einer nach oben wirkenden Zugkraft bis zum Bruch der Probe beansprucht. Für den Fall, dass die zu prüfende Wafer-auf-Wafer-Bondverbindung sehr fest ist, tritt häufig der Bruch des Klebstoffs ein. Dann ist das Zug-Prüfverfahren nicht anwendbar. Das Zug-Prüfverfahren ist daher nur in Fällen anwendbar, in denen die Bondverbindung nicht so fest ist und der Bruch in der Bond-Zwischenschicht auftritt. Während der Zugbeanspruchung wird die ausgeübte Kraft oder Bruchkraft (F_c) in Abhängigkeit von der Zeit entsprechend Anhang B^{N1)} gemessen. Damit kann die Bondfestigkeit mithilfe der Gleichung (1) berechnet werden.

$$\sigma_c = \frac{F_c}{A} \quad (1)$$

Dabei ist

- σ_c die Bondfestigkeit, bei der Debonding oder Bruch eintritt;
- F_c die ausgeübte Kraft (Bondkraft), bei der Debonding oder Bruch eintritt;
- A die Fläche der Probe.

^{N1)} Nationale Fußnote: Ein Beispiel für die Messung der Bondkraft wird in Anhang A gegeben; Anhang B hingegen gibt ein Beispiel für die Herstellung einer 3-Punkt-Biegeprobe.



Legende

Komponenten

zu prüfende Probe:	ausgetrenntes Teil eines gebondeten Wafers
Klebstoff:	zum Befestigen an den oberen und unteren Zugbolzen
oberer Zugbolzen:	zum Verbinden mit der Kraftmessdose
unterer Zugbolzen:	zum Verbinden mit der Grundplatte
Grundplatte:	Fixierung, um starren Zustand zu bekommen

Verbindungen und Beanspruchungen

Kraftmessdose:	änderbare Kraftquelle
F :	Kraft zum Beanspruchen der Probe

Bild 1 – Prüfung der Bondfestigkeit – Zug-Prüfverfahren

3.3.2 Prüfeinrichtung

Es sollte eine allgemeine Zugprüfeinrichtung mit einer Kraftmessdose oder Kraftmesseinrichtung verwendet werden, so wie in ISO 6892 angegeben.

3.3.3 Prüfdurchführung

Die Prüfschritte, um den Bruch der Probe zu beobachten, sind wie folgt:

- Nach dem Bonden, z. B. Silizium-auf-Silizium-Bonden oder Silizium-auf-Glas-Bonden, werden die gebondeten Wafer mittels eines Trennverfahrens in quadratförmige Teile mit Maßen von z. B. $(5 \times 5) \text{ mm}^2$ bis $(10 \times 10) \text{ mm}^2$ geteilt. Die höchste auf die Probe auszuübende Kraft wird durch die Kapazität der Kraftmessdose begrenzt. Deshalb ist die maximale Probengröße ebenfalls durch die Kapazität der Kraftmessdose begrenzt. Die Messgenauigkeit der Kraftmessdose muss gleich oder kleiner als 1 % bezogen auf den vollen Messwertbereich sein und 1 % auf den Ablesewert.
- Die Probe wird mit Klebstoff am oberen und unteren Zugbolzen befestigt. Der Klebstoff sollte sorgfältig gewählt werden, indem dessen Spezifikation bezüglich der Lebensdauer bis zum Bruch ausgewertet wird. Der Klebstoff sollte nicht auf die Seitenflächen des gebondeten Wafers gebracht werden.
- Der untere Zugbolzen wird auf der Grundplatte der Prüfeinrichtung fixiert, und der obere Zugbolzen wird mit der Kraftmessdose oder Kraftmesseinrichtung verbunden, um die Bruchspannung bei Raumtemperatur zu messen. Die Spannungs-Zeit-Kurve zeigt die höchste Spannung beim Bruch. Die Geschwindigkeit der (Beanspruchungs-)Last ist im Bereich von 0,5 mm/min bis 1,5 mm/min. Der Höchstwert der