

DIN EN 62047-26

ICS 31.080.01; 31.220.01

**Halbleiterbauelemente –
Bauelemente der Mikrosystemtechnik –
Teil 26: Beschreibung und Messverfahren für Mikro-Rillen und
Nadelstrukturen
(IEC 62047-26:2016);
Deutsche Fassung EN 62047-26:2016**

Semiconductor devices –
Micro-electromechanical devices –
Part 26: Description and measurement methods for micro trench and needle structures
(IEC 62047-26:2016);
German version EN 62047-26:2016

Dispositifs à semiconducteurs –
Dispositifs microélectromécaniques –
Partie 26: Description et méthodes de mesure pour structures de microtranchées et de
microaiguille
(IEC 62047-26:2016);
Version allemande EN 62047-26:2016

Gesamtumfang 29 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2016-02-11 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2016-12-01.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 62047-26:2014-05.

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 26: Beschreibung und Messverfahren für Mikro-Rillen und Nadelstrukturen
(IEC 62047-26:2016)

Semiconductor devices –
Micro-electromechanical devices –
Part 26: Description and measurement methods
for micro trench and needle structures
(IEC 62047-26:2016)

Dispositifs à semiconducteurs –
Dispositifs microélectromécaniques –
Partie 26: Description et méthodes de mesure
pour structures de microtranchées et de
microaiguille
(IEC 62047-26:2016)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2016-02-11 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

© 2016 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 62047-26:2016 D

Europäisches Vorwort

Der Text des Dokuments 47F/233/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe der IEC 62047-26, erarbeitet vom SC 47F „Micro-electromechanical systems“ des IEC/TC 47 „Semiconductor devices“, wurde zur parallelen IEC-CENELEC-Abstimmung vorgelegt und von CENELEC als EN 62047-26:2016 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): 2016-11-11
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die diesem Dokument entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2019-02-11

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 62047-26:2016 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

In der offiziellen Fassung ist unter „Literaturhinweise“ zu der aufgelisteten Norm die nachstehende Anmerkung einzutragen:

ISO 3274:1996 ANMERKUNG Harmonisiert als EN ISO 3274:1997 (nicht modifiziert).

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	2
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Beschreibung von Rillenstrukturen im Mikrometerbereich	5
4.1 Allgemeines	5
4.2 Symbole und Bezeichnungen	6
4.3 Beschreibende Merkmale	8
5 Merkmale von Nadelstrukturen im Mikrometerbereich	8
5.1 Allgemeines	8
5.2 Symbole und Bezeichnungen	8
5.3 Beschreibende Merkmale	9
6 Messverfahren	9
Anhang A (informativ) Beispiele für das Messen von Rillen- und Nadelstrukturen im Mikrometerbereich	10
A.1 Allgemeines	10
A.2 Messung der Rillentiefe	10
A.2.1 Feldemissions-Rasterelektronenmikroskopie	10
A.2.2 Weißlichtinterferometrie	11
A.2.3 Taktile Oberflächenprofilometrie	13
A.2.4 Laserprofilometer-Mikroskopie	15
A.2.5 Atomkraftmikroskopie	16
A.3 Messung der Breite von Stegen und Rillen von Rillenstrukturen an den Stegobenseiten	17
A.3.1 Feldemissions-Rasterelektronenmikroskopie	17
A.3.2 Weißlicht-Interferometrie	18
A.3.3 Taktile Profilometrie	18
A.3.4 Laserprofilometrie	19
A.3.5 Optische Lichtmikroskopie	19
A.4 Messverfahren für den Seitenwandwinkel von Rillen mit Hilfe der Feldemissions- Rasterelektronenmikroskopie	20
A.4.1 Messprinzip	20
A.4.2 Präparieren der Probe	20
A.4.3 Messdurchführung	20
A.4.4 Messbereich	20
A.5 Messverfahren für die Breite von Rillen/Steg-Strukturen am Rillenboden mit Hilfe der Feldemissions-Rasterelektronenmikroskopie	20
A.5.1 Messprinzip	20
A.5.2 Präparieren der Probe	20
A.5.3 Messdurchführung	20

	Seite
A.5.4 Messbereich	20
A.6 Messverfahren für geometrische Merkmale von Nadeln.....	20
A.6.1 Feldemissions-Rasterelektronenmikroskopie.....	20
A.6.2 Atomkraftmikroskopie	22
Anhang B (informativ) Unsicherheit bei Längenmessungen	24
B.1 Allgemeines	24
B.2 Grundlagen	24
B.3 Beispiele für die Bewertung der Unsicherheit bei der mittleren Rillentiefe	24
B.3.1 Probe und gemessene Daten für die Bewertung der Unsicherheit.....	24
B.3.2 Unsicherheitsquellen	25
B.3.3 Typ-A-Bewertung der Standardunsicherheit	25
B.3.4 Typ-B-Bewertung der Standardunsicherheit	25
B.3.5 Kombinierte Standardunsicherheit	25
B.3.6 Erweiterte Unsicherheit und Endergebnis	25
B.3.7 Ergebniszusammenfassung (Budget-Tabelle)	25
Literaturhinweise.....	27
Bilder	
Bild 1 – Schema eines Beispiels für eine Rillenstruktur im Mikrometerbereich und deren Querschnitt	6
Bild 2 – Querschnitt einer Rillenstruktur im Mikrometerbereich	7
Bild 3 – Querschnitt einer Rillenstruktur im Mikrometerbereich, die mit Hilfe des DRIE-Verfahrens durch wiederholtes Abscheiden und Ätzen von Silizium hergestellt wurde	7
Bild 4 – Schematische Darstellungen von üblichen Nadelstrukturen, die aus drei oder vier Seitenflächen gebildet werden	8
Bild 5 – Vorder-, Seiten- und Draufsicht üblicher Nadelstrukturen.....	9
Bild A.1 – FE-REM-Bild einer Rillenstruktur mit 5 µm Stegbreite und 5 µm Rillenbreite	11
Bild A.2 – Prinzip eines CSI-Mikroskops, das aus einem Interferometer gleicher optischer Weglänge besteht.....	12
Bild A.3 – Messbarkeit der Tiefe einer Rillenstruktur mit der Tiefe D und der Breite W_{TU} unter Verwendung eines taktilen Oberflächenprofilometers.....	15
Bild A.4 – Beziehung zwischen der Form der AFM-Sondenspitze und der Rillenstruktur	17
Bild A.5 – Vorder-, Seiten- und Draufsicht von üblichen Nadelstrukturen, die in Bezug zur Rückseite um 30° gedreht sind	22
Bild A.6 – Beziehung zwischen der Form der AFM-Sondenspitze und der Nadelstruktur	23
Tabellen	
Tabelle 1 – Symbole und Bezeichnungen für eine Rillenstruktur im Mikrometerbereich	7
Tabelle 2 – Symbole und Bezeichnungen für Nadelstrukturen im Mikrometerbereich	9
Tabelle A.1 – Beispiel für Messdaten zur Rillentiefe	11
Tabelle A.2 – CSI-Vergrößerung (Interferenzobjektiv/Bildobjektiv) für Messungen aller Rillen	13
Tabelle B.1 – Beispiel für Messdaten einer Rillentiefe	25
Tabelle B.2 – Schätzung der Messunsicherheit	26

1 Anwendungsbereich

In diesem Teil der IEC 62047 ist die Beschreibung von Rillen- und Nadelstrukturen im Mikrometerbereich festgelegt. Zudem werden Beispiele zur Messung der geometrischen Merkmale für beide Strukturen zur Verfügung gestellt. Bei Rillenstrukturen ist diese Norm für Strukturen mit einer Tiefe von 1 µm bis 100 µm, für Rillen und Stege mit Breiten von jeweils 5 µm bis 150 µm und einem Aspektverhältnis von 0,006 7 bis 20 anwendbar. Bei Nadelstrukturen ist die Norm für Strukturen mit drei oder vier Seitenflächen mit einer Höhe, horizontalen und vertikalen Breite von größer oder gleich 2 µm und Abmessungen, die in einen Würfel mit 100 µm Kantenlänge passen, anwendbar.

Diese Norm ist sowohl für den strukturell-konstruktiven Entwurf von MEMS-Bauteilen als auch für die Beurteilung der geometrischen Merkmale nach MEMS-Fertigungsprozessen 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).

Keine.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Rillenstruktur

Trenchstruktur

eine oder mehrere Strukturen mit einem konstanten trapezförmigen Querschnittsprofil, die in einem planaren Substrat eingeprägt sind

3.2

Nadelstruktur

aufragende Struktur mit einem spitzförmigen oberen Ende, die aus drei oder mehr Seitenflächen geformt wird, und die auf einem planaren Substrat symmetrisch in der vertikalen Ebene gebildet wird

3.3

Rillen/Steg-Struktur

Wall/Trench-Struktur

zwei oder mehr Rillenstrukturen, die parallel in regelmäßigen Abständen angeordnet sind

3.4

Scallop

Unregelmäßigkeit, die sich zyklisch in den Seitenwänden bei einer reaktiven Ionen-Tiefenätz-Bearbeitung (DRIE) (en: deep-reactive ion etching) mit wiederholtem Abscheiden, selektivem Ätzen polymerer Passivierungsschicht und anschließendem Ätzen eines Siliziumsubstrats bildet

4 Beschreibung von Rillenstrukturen im Mikrometerbereich

4.1 Allgemeines

In dieser Norm ist das Verfahren zum Beschreiben der Querschnittsgeometrien von Rillenstrukturen im Mikrometerbereich festgelegt. Bild 1 ist eine Darstellung des Querschnitts, der für das Beschreiben der Querschnittsgeometrien von Rillenstrukturen in dieser Norm erforderlich ist. Die Querschnittsgeometrie der Rillen-

struktur ist die Querschnittsform entlang einer Linie, die wie gezeigt, die Rillenstruktur im rechten Winkel zur Oberseite des Substrats mit einer Abweichung von max. $\pm 1^\circ$ trennt.

Zu Messverfahren für die Querschnittsmaße von Rillenstrukturen siehe Abschnitt 6 und Anhang A.

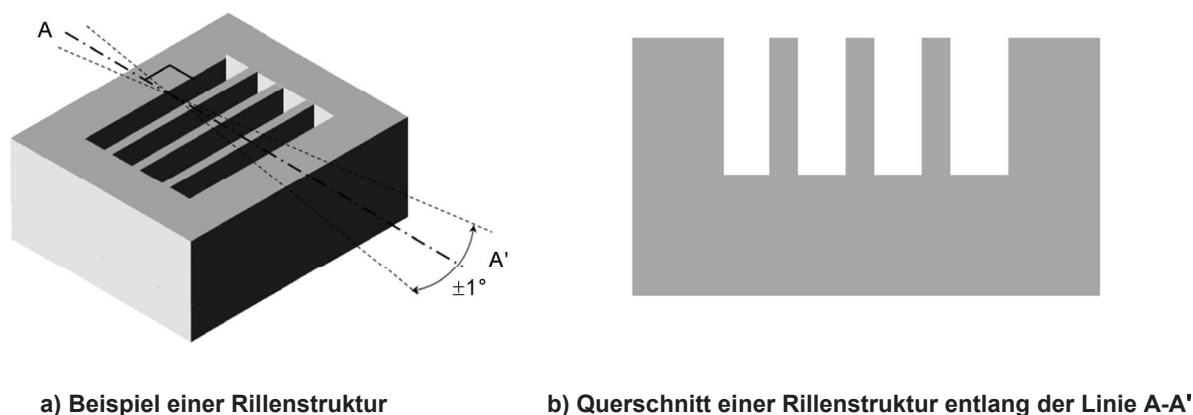


Bild 1 – Schema eines Beispiels für eine Rillenstruktur im Mikrometerbereich und deren Querschnitt

4.2 Symbole und Bezeichnungen

Der Querschnitt einer üblichen Rillenstruktur wird in Bild 2 dargestellt, und die Symbole, Bezeichnungen und Maßeinheiten, die zur Beschreibung der Rillenstruktur verwendet werden, sind in Tabelle 1 angegeben.

Die horizontale Bezugslinie zur Beschreibung des Querschnitts in Bild 2 ist eine Gerade, die angenähert der Oberseite des planaren Substrats entspricht. Die vertikale Bezugslinie ist als eine Gerade festgelegt, die die horizontale Bezugslinie im rechten Winkel schneidet. Die Seitenwand der Rille ist in Näherung durch eine Gerade dargestellt. Der Boden der Rille wird in Näherung als Gerade oder gekrümmten Linie dargestellt. Auf der Oberseite der Rillenstruktur ist der Steg als der nicht geätzte Bereich festgelegt, der gleich zur horizontalen Bezugslinie betrachtet wird, und die Rille wird als der geätzte Bereich betrachtet. Entsprechend diesen Festlegungen werden die Breiten von Steg und Rille auf der Oberseite, so wie in Bild 2 gezeigt, angegeben. Der Winkel der Rillenwand ist festgelegt als der Winkel zwischen der horizontalen Bezugslinie und der näherungsweise Linie der Seitenwand und wird als der Wert angegeben, der im Uhrzeigersinn von der horizontalen Bezugslinie oben auf dem Steg zur Rillenwand im kürzesten Abstand, so wie in Bild 2 gezeigt, gemessen wird. Die Breiten des Stegs und der Rille am Rillenboden werden angegeben als die Abstände zwischen den Schnittpunkten von der genäherten Linie der Seitenwand und der genäherten Geraden oder Kurvenlinie des Rillenbodens. Die Tiefe der Rille ist als der kürzeste Abstand zwischen der horizontalen Bezugslinie und der Rillenmitte an der Bodenoberfläche der Rille festgelegt.

Wenn die Rillenstruktur mit Hilfe des DRIE-Verfahrens durch wiederholtes Abscheiden und selektives Ätzen der polymeren Passivierungsschicht und anschließendes Ätzen des Substrats hergestellt wird, werden Scallops in den Seitenwänden der Rille nach dem Ätzen gebildet. Im Bild 3 wird ein Querschnitt einer Rillenstruktur, bei der die negative (inverse) Neigung der Seitenwände infolge des DRIE-Ätzprozesses gebildet wurde, dargestellt einschließlich der Symbole für die geometrischen Größen.

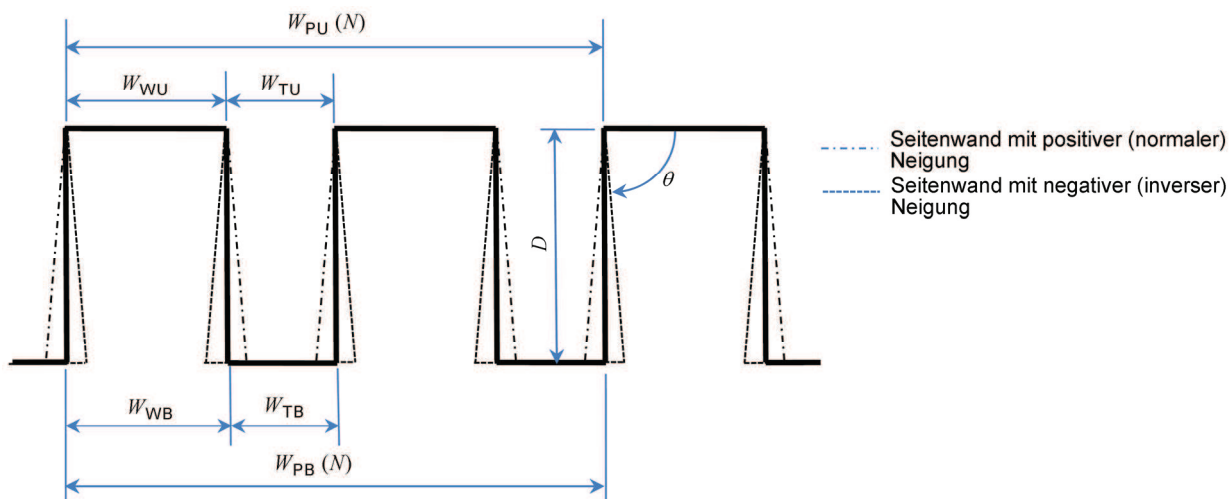


Bild 2 – Querschnitt einer Rillenstruktur im Mikrometerbereich

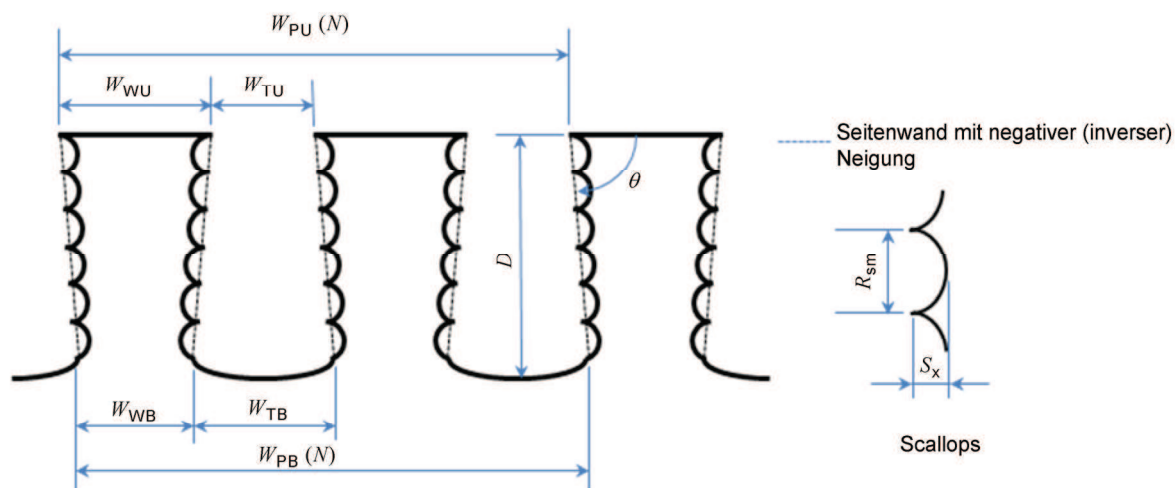


Bild 3 – Querschnitt einer Rillenstruktur im Mikrometerbereich, die mit Hilfe des DRIE-Verfahrens durch wiederholtes Abscheiden und Ätzen von Silizium hergestellt wurde

Tabelle 1 – Symbole und Bezeichnungen für eine Rillenstruktur im Mikrometerbereich

Symbol	Einheit	Bezeichnung
W_{WU}	μm	Breite des Stegteils auf der Oberseite
W_{TU}	μm	Breite des Rillenteils auf der Oberseite
W_{WB}	μm	Breite des Stegteils auf dem Rillenboden
W_{TB}	μm	Breite des Rillenteils auf dem Rillenboden
$W_{PU(N)}$	μm	Abstand von N Rasterabständen (Pitches) von Steg und Rille auf der Oberseite
$W_{PB(N)}$	μm	Abstand von N Rasterabständen (Pitches) von Steg und Rille auf dem Rillenboden
N	–	Anzahl der Rasterabstände (Pitches)
D	μm	Tiefe der Rille in der Rillenmitte
θ	$^\circ$	Seitenwandwinkel
S_x	μm	mittlere Scalloptiefe
R_{Sm}	μm	mittlerer Scallopabstand