

**DIN EN 62047-1**

ICS 01.040.31; 31.080.01; 31.220.01

**Halbleiterbauelemente –  
Bauteile der Mikrosystemtechnik –  
Teil 1: Begriffe und Definitionen (IEC 62047-1:2005);  
Deutsche Fassung EN 62047-1:2006**

Semiconductor devices –  
Micro-electromechanical devices –  
Part 1: Terms and definitions (IEC 62047-1:2005);  
German version EN 62047-1:2006

Dispositifs à semiconducteurs –  
Dispositifs microélectromécaniques –  
Partie 1: Termes et définitions (CEI 62047-1:2005);  
Version allemande EN 62047-1:2006

Gesamtumfang 28 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE

## **Beginn der Gültigkeit**

Die von CENELEC am 2006-06-01 angenommene EN 62047-1 gilt als DIN-Norm ab 2006-10-01.

## **Nationales Vorwort**

*Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN IEC 62047-1:2003-10.*

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

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 47 „Semiconductor devices“ erarbeitet.

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

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

Halbleiterbauelemente –  
Bauteile der Mikrosystemtechnik –  
Teil 1: Begriffe und Definitionen  
(IEC 62047-1:2005)

Semiconductor devices –  
Micro-electromechanical devices –  
Part 1: Terms and definitions  
(IEC 62047-1:2005)

Dispositifs à semiconducteurs –  
Dispositifs microélectromécaniques –  
Partie 1: Termes et définitions  
(CEI 62047-1:2005)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2006-06-01 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, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, 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: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel**

© 2006 CENELEC – Alle Rechte der Verwertung, gleich in welcher Form und in welchem Verfahren, sind weltweit den Mitgliedern von CENELEC vorbehalten.

Ref. Nr. EN 62047-1:2006 D

## Vorwort

Der Text der Internationalen Norm IEC 62047-1:2005, ausgearbeitet von dem IEC TC 47 „Semiconductor devices“ wurde dem Einstufigen Annahmeverfahren unterworfen und von CENELEC am 2006-06-01 ohne irgendeine Abänderung als EN 62047-1 angenommen.

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): 2007-06-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2009-06-01

## Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 62047-1:2005 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

# Inhalt

|                                                                                                 | Seite |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Vorwort .....                                                                                   | 2     |
| 1 Anwendungsbereich .....                                                                       | 4     |
| 2 Begriffe .....                                                                                | 4     |
| 2.1 Allgemeine Begriffe .....                                                                   | 4     |
| 2.2 Begriffe zu Wissenschaft und Technik .....                                                  | 5     |
| 2.3 Begriffe zu Werkstoffen .....                                                               | 6     |
| 2.4 Begriffe zu Funktionalelementen .....                                                       | 7     |
| 2.5 Begriffe zur Mikrostrukturbearbeitung .....                                                 | 12    |
| 2.6 Begriffe zur Aufbau- und Verbindungstechnik .....                                           | 19    |
| 2.7 Begriffe zur Analysetechnik und Bewertung .....                                             | 21    |
| 2.8 Begriffe zur angewandten Technik .....                                                      | 22    |
| Anhang A (informativ) Standpunkt und Kriterien bei der Redaktion dieses Wörterverzeichnis ..... | 26    |
| A.1 Leitfaden zum Auswählen der Begriffe .....                                                  | 26    |
| A.2 Leitfaden zum Schreiben der Definitionen .....                                              | 26    |
| A.3 Leitfaden zum Schreiben der Anmerkungen .....                                               | 26    |

## 1 Anwendungsbereich

In diesem Teil der IEC 62047 sind Begriffe für Bauteile der Mikrosystemtechnik (MST) einschließlich deren Herstellung festgelegt.

## 2 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokumentes gelten die folgenden Definitionen.

### 2.1 Allgemeine Begriffe

#### 2.1.1

##### **Bauteil der MST**

##### **MST-Bauteil**

Bauteil im Größenbereich von Mikrometern, in welchem Sensoren, Aktoren, mechanische Komponenten und/oder elektrische Schaltungen integriert sind

#### 2.1.2

##### **MEMS**

elektromagnetische Systeme im Größenbereich von Mikrometern, in welchen Sensoren, Aktoren und/oder elektrische Schaltungen auf einem Chip integriert sind, wobei zur Herstellung eine Halbleiterbauelemente-Technologie verwendet wird

**ANMERKUNG** MEMS ist ein Akronym für „micro-electromechanical systems“. Der Begriff MEMS wird meistens in den USA verwendet. Die allgemeine Bedeutung dieses Begriffes umfasst Technologien zur Herstellung von Mikrostrukturen, Sensoren und Aktoren unter Verwendung der Silizium-Verarbeitungstechnologie, obwohl er manchmal auch in anderen Bedeutungen verwendet wird.

#### 2.1.3

##### **MST**

Techniken zur Herstellung von mikroelektrischen, mikro-optischen und mikromechanischen Systemen, aber auch den Komponenten dieser Systeme, wobei mikromechanische Bearbeitungsprozesse verwendet werden

**ANMERKUNG** MST ist ein Akronym für „Mikrosystemtechnik“. Der Begriff MST wird meistens in Europa verwendet.

#### 2.1.4

##### **Mikrobauteil**

##### **Mikrosystem**

##### **Mikromaschine**

miniaturisiertes Bauteil, dessen Komponenten in der Baugröße einige Millimeter oder auch kleiner sind, oder ein Mikrosystem, welches aus solchen integrierten Bauteilen besteht

**ANMERKUNG** Der Begriff „Mikrobauteil“ hat eine breite Bedeutung und spannt sich von einem funktionalen Bauteil wie einem Sensor, welcher die Mikrosystemtechnik nutzt, bis zu einem kompletten System. Ein Bauteil im molekularen Größenbereich, das als Nanobauteil bezeichnet wird, ist ebenso inbegriffen. Erwartet werden industrielle Anwendungen wie Inspektions- und Reparatursysteme für Röhren oder eng begrenzte kleine Räume und Mikrofertigungseinrichtungen, welche weniger Energie verbrauchen. Im medizinischen Bereich wird die Ablösung der klassischen Chirurgie durch Mikrobauteile für minimalinvasive Behandlungen innerhalb des Körpers erwartet. Forschung und Entwicklung zur Realisierung der Mikrobauteile werden in zwei Herangehensweisen eingeteilt: auf der einen Seite mikro-elektromechanische Systeme (MEMS), welche die Halbleiterfertigungstechnologien nutzen, und auf der anderen Seite die Miniaturisierungsfähigkeit der konventionellen Fertigungstechnologien.

#### 2.1.5

##### **Mikrosystemtechnik**

Technik im Zusammenhang mit Mikrobauteilen

**ANMERKUNG** Auf Mikrobauteile bezogene Techniken sind äußerst mannigfaltig. Mikrosystemtechniken schließen folgende grundlegenden Sachgebiete ein: Entwurf, Werkstoff, Bearbeitung, funktionale Komponenten, Systemsteuerung,

Energieversorgung, Aufbau- und Verbindungstechnik, elektrische Schaltungen sowie die Analyse und Bewertung, aber genauso gut Mikro-Wissenschaft und -Ingenieurtechnik wie Thermodynamik und Tribologie im Mikro-Bereich. Mikrosystemtechniken haben zwei Aspekte: Techniken, die erforderlich sind, um Mikrosysteme herzustellen, und Techniken, welche erforderlich sind, um solche technischen Neuerungen in anderen industriellen Bereichen anzuwenden.

## 2.2 Begriffe zu Wissenschaft und Technik

### 2.2.1

#### **Mikro-Wissenschaft und -Ingenieurtechnik**

Wissenschaft und Ingenieurtechnik hinsichtlich der mikroskopischen Größenbereiche von Mikrosystemen

**ANMERKUNG** Wenn mechanische Systeme miniaturisiert werden, ändern sich verschiedene physikalische Kenngrößen. Zwei Fälle sind vorherrschend: 1) Diese Änderungen können durch das Extrapolieren von Änderungen im Makrobereich prognostiziert werden, und 2) die Merkmale im mikroskopischen Bereich sind dominant und eine Extrapolation ist unmöglich. Im letzteren Fall ist es notwendig, neue theoretische und empirische Gleichungen für die Erklärung der Phänomene für den mikroskopischen Bereich zu erarbeiten. Weiterhin müssen neue Methoden für Analysen und Synthesen zum Lösen ingenieurtechnischer Probleme entwickelt werden. Werkstoffwissenschaft, Fluidodynamik, Thermodynamik, Tribologie, Steuer- und Regelungstechnik und Kinematik können als Mikro-Wissenschaften und -Ingenieurtechniken systematisiert werden, um die Mikrosystemtechnik theoretisch zu untermauern.

### 2.2.2

#### **Skalierungseffekt**

verschiedene Wirkungsänderungen hinsichtlich des Verhaltens oder der Eigenschaften eines Objektes, welche durch die Änderung der Abmessungen des Objekts verursacht werden

**ANMERKUNG** Das Volumen eines Objektes ist proportional zur dritten Potenz seiner Abmessungen, wobei die Oberfläche proportional zur zweiten Potenz ist. Als ein Resultat dessen wird im mikroskopischen Bereich die Wirkung der Oberflächenkräfte größer sein als die der Massekräfte. Zum Beispiel ist die dominierende Kraft bei der Bewegung eines mikroskopischen Objektes nicht die Schwerkraft, sondern die elektrostatische Kraft oder die Reibungskraft. Materialeigenschaften mikroskopischer Objekte werden auch durch die innere Materialstruktur und Oberfläche beeinflusst und als ein Resultat dessen sind charakteristische Kennwerte manchmal unterschiedlich zu jenen größerer Körper. Reibungseigenschaften im mikroskopischen Bereich unterscheiden sich ebenfalls von denen im makroskopischen Bereich. Folglich müssen diese Effekte ursächlich beim Entwurf von Mikrosystemen berücksichtigt werden.

### 2.2.3

#### **Mesotribologie**

Tribologie, welche auf den eingeschlossenen Sektor zwischen mikroskopischem und makroskopischem Größenbereich angewandt wird

**ANMERKUNG** In der Tribologie beschäftigt man sich mit der Reibung und dem Verschleiß im makroskopischen Bereich. Andererseits, zwei Schwerpunkte der mikrotribologischen Forschung sind die Untersuchungen tribologischer Effekte im atomaren oder molekularen Bereich und die Quantifizierung von Reibungs- und Verschleißmerkmalen. Wenn man Makro-Merkmale von zwei sich relativ gegeneinander bewegendenden Oberflächen hinsichtlich ihrer ursächlichen Entstehung zurückverfolgt, dann sind die kleinsten Einheiten atomare und molekulare Cluster, die diese Merkmale bestimmen. Bei Beobachtungen in einem kleineren Maßstabsbereich erreicht man eine Grenze, an der diese Merkmale nicht mehr zutreffen. In der Mesotribologie verfolgt man neue Entwicklungen an der Mikro-Makro-Grenze durch das Zusammenbringen von Atomen auf einer Subnanometer-Skala, um eine Mesobereichs-Skala zu erzeugen und die tribologischen Phänomene auf dieser Skala zu untersuchen.

### 2.2.4

#### **Mikrotribologie**

Tribologie hinsichtlich der mikroskopischen Realität von Mikrosystemen

**ANMERKUNG** Tribologie hat die Reibung und den Verschleiß im makroskopischen Bereich zum Inhalt. Wenn aber die Abmessungen der Komponenten wie in den Mikrosystemen extrem klein werden, dann dominieren die Oberflächen- und Reibungskräfte gegenüber den Gravitations- und Trägheitskräften. Nach dem Coulombschen Reibungsgesetz ist die Reibungskraft proportional zur Normalkraft. In der Mikrosystemumgebung tritt wegen der Wechselwirkungen zwischen den Oberflächenkräften eine so große Reibungskraft auf, die in einer üblichen Umgebung mit deren Größenordnungen vernachlässigbar sein würde. Außerdem können sehr kleine Mengen von Abrieb, welche in einer normalen Umgebung unproblematisch wären, Mikrosysteme folgeschwer schädigen. In der mikrotribologischen Forschung versucht man, die

Reibungskräfte zu reduzieren oder reibungslose Zustände selbst auf atomarem Niveau zu entdecken. In dieser Forschung werden Phänomene, welche bei Reibungs- oder Festoberflächen im Angström- bis Nanometer-Bereich auftreten, untersucht oder Interaktionen im atomaren Bereich analysiert. Von diesen Ergebnissen wird erwartet, dass sie bei den Problemlösungen in der Tribologie angewandt werden können, und zwar bei Dimensionen sowohl in der gewöhnlichen Umgebung als auch in der Umgebung der Mikrosysteme.

### 2.2.5

#### **Biomimetik**

Gestaltung von Funktionen, welche die Bewegungen oder Mechanismen von Organismen nachahmt

**ANMERKUNG** Beim Suchen nach mikroskopischen Mechanismen, welche für Mikrobauerteile geeignet sind, dürfen die Mechanismen und Strukturen von Lebewesen als gute Nachahmungsbeispiele genommen werden, welche die strengen Selektionskriterien der Natur überlebten. Ein Beispiel ist die mikroskopische dreidimensionale Struktur, welche in Anlehnung an die Außenskelette und elastischen Koppelsysteme von Insekten modelliert wurde. Bei den Außenskeletten ist die harte Epidermis mit einem elastischen Körper verbunden und alle beweglichen Teile verwenden die Deformation des elastischen Körpers zum Bewegen. Die Anwendung der elastischen Deformation würde im mikroskopischen Bereich wegen des Vermeidens von Reibungen vorteilhaft sein. Die Struktur der Außenskelette ist außerdem einem engen Verbundmechanismus in der Kinematik gleichzusetzen und hat die Eigenschaft, dass irgendeine Aktorenbewegung mehrfach gekoppelt übertragen werden kann.

### 2.2.6

#### **Ziliarbewegung**

#### **Wimpernbewegung**

koordinierte Bewegung von vielen Wimpern

**ANMERKUNG** Durch die koordinierte Bewegung von vielen Wimpern werden fortschreitende Wellen erzeugt, welche genutzt werden, um entweder Fluide oder sehr kleine Partikel zu transportieren oder einen mikroskopischen Organismus vorwärts zu treiben. Ein Beispiel für das Erstere ist das Ausstoßen von mikroskopischen (Fremd-)Materialien über die menschlichen Bronchien und für das Letztere ist das Schwimmen von Einzellern wie den Pantoffeltierchen (Flagellaten). Zum Nachahmen dieser Ziliarbewegung wurden Aktoren mit vielen künstlichen Wimpern mittels mikromechanischer Verfahren hergestellt.

### 2.2.7

#### **Selbstorganisation**

Organisation eines Systems ohne äußere Beeinflussung oder Steuerung, wobei spontan eine nicht im Gleichgewicht befindliche Struktur entsteht und zwar infolge der kollektiven Interaktionen von einer Anzahl einfacher mikroskopischer Objekte oder Phänomene

## 2.3 Begriffe zu Werkstoffen

### 2.3.1

#### **Formgedächtnis-Polymer**

Kunststoff, welcher nach einer Verformung wieder seine ursprüngliche Form einnehmen kann, wenn er erwärmt wird oder irgendwelche anderen Stimuli erhält

**ANMERKUNG** Um die Formgedächtnis-Eigenschaft aufzuweisen, muss ein Kunststoff gemischte Domänen von verketteter oder teilweise kristallisierter fester Phase und der reversiblen Phase haben. Speichern und Wiederherstellen einer Form verläuft in folgenden Schritten: Der Kunststoff wird oberhalb einer festgelegten Temperatur gehalten, um sowohl die feste als auch die reversible Phase zu erweichen (schmelzen). Dann, beim Halten des Kunststoffes in einer Form (Primärform), wird die Temperatur abgesenkt, um die fixe Phase einzufrieren, während die reversible Phase weich gehalten wird, dabei wird die Primärform im Gedächtnis gespeichert. Dann wird der Kunststoff durch eine externe Kraft in eine andere Form (Sekundärform) gebracht und weiterhin abgekühlt, um die reversible Phase einzufrieren und die Sekundärform zu halten. In diesem Zustand wird die Sekundärform gehalten, selbst nachdem die externe Kraft entfernt wird. Die gespeicherte Primärform wird wieder eingenommen, wenn der Kunststoff auf die Temperatur erwärmt wird, bei der nur die reversible Phase schmilzt. Weil das Wiederherstellen der Form durch das Erweichen mittels Wärme einwirkung ermöglicht wird, ist die erzeugte Kraft begrenzt. Einige Kunststoffe stellen die Form nicht durch Erwärmung wieder her, sondern durch Veränderungen des pH-Wertes, elektrische oder lichttechnische Anregungen. Formgedächtnis-Kunststoffe werden aus Polyestern, Polyurethanen, Styrenbutadienen, Polynorbornenen, Transpolyisoprenen usw. hergestellt.

### 2.3.2

#### Modifikation

<MST-Bauteile> Bearbeitungstechnologie zum Modifizieren physikalischer oder chemischer Werkstoffeigenschaften

ANMERKUNG Modifikationsprozesse schließen ebenfalls ein: lokales Dotieren mittels eines fokussierten Ionenstrahls, Laserdotierung mit induziertem Phasenübergang wie bei der Einzelkristallformierung, Ionenimplantation und Ionenmischung.

## 2.4 Begriffe zu Funktionalelementen

### 2.4.1

#### Aktor

<MST-Bauteile> mechanisches Bauteil, welches unterschiedliche Energiearten, wie elektrische oder chemische, in kinematische Energie wandelt, um mechanische Arbeit zu leisten

ANMERKUNG Damit ein Mikrosystem mechanische Arbeit leisten kann, ist der Mikroaktor als eine Basiskomponente unerlässlich. Wichtige Beispiele sind der elektrostatische Aktor, welcher mittels Siliziumtechnik hergestellt wird, der piezoelektrische Aktor, in welchem funktionale Werkstoffe wie PZT (Bleizirkonat-Titanat) verwendet werden, der pneumatische Gummi-Aktor und andere. Viele andere Aktoren, welche auf unterschiedlichen Prinzipien der Energiewandlung basieren, wurden untersucht und entwickelt. Allerdings verschlechtern alle diese Aktoren ihre Energiewandlungseffizienz in der Weise, wie ihre (geometrische) Baugröße reduziert wird. Demzufolge werden Bewegungsmechanismen wie die Deformation von Proteinmolekülen, die Ziliarbewegung von Bakterien und Muskelkontraktion als neue Aktoren für Mikrosysteme in die Entwicklung aufgenommen.

### 2.4.2

#### Mikroaktor

Aktor, welcher mittels mikromechanischer Bearbeitungsverfahren hergestellt wurde

ANMERKUNG Beispielsweise werden elektrostatische Mikroaktoren durch das mikro-elektrostatische Feld angeregt, magnetische Mikroaktoren werden durch das mikro-magnetische Feld angetrieben und piezoelektrische Mikroaktoren hängen von dem Mikro-Kraftfeld ab, um Bewegung und Energie zu transportieren.

### 2.4.3

#### lichtgetriebener Aktor

Aktor, welcher Licht als Steuergröße oder Energiequelle nutzt

ANMERKUNG Nachdem fotostruktive Werkstoffe entwickelt worden waren, wurden verschiedene lichtgetriebene Aktoren vorgeschlagen. Diese Aktoren haben einfache Strukturen und können drahtlos betrieben werden. Ein Motor wurde vorgeschlagen, der den Spin-Realignment-Effekt nutzt, bei welchem ein magnetischer Werkstoff Licht absorbiert und die resultierende Wärme die magnetische Richtung reversibel ändert. Aktoren, welche die thermische Ausdehnung verwenden oder fotochemische Reaktionen von Polymeren nutzen, werden auch untersucht.

### 2.4.4

#### piezoelektrischer Aktor

Aktor, bei welchem piezoelektrisches Material verwendet wird

ANMERKUNG Piezoelektrische Aktoren werden in folgende Bauarten eingeteilt: einschichtig (Single-Plate), bimorph sowie mehrschichtig (Stack, Multilayer), dabei ist der allgemein übliche Werkstoff Bleizirkonat-Titanat (PZT). Die Eigenschaften sind: 1) kurze Reaktionszeit, 2) große Ausgangskraft pro Volumen, 3) leicht zu miniaturisierende einfache Struktur, 4) enger Versetzungsbereich für leichtere Mikroversetzungssteuerung und 5) hohe Effizienz bei der Energiewandlung. Piezoelektrische Aktoren werden für Aktoren in Mikrobauanteilen verwendet wie Ultraschallmotoren, Mikro-Versetzungsstufen, Lüfter, Pumpen und Lautsprecher. Ein angewandtes Beispiel ist ein piezoelektrischer Aktor für den Transportmechanismus, welcher durch die Resonanzschwingung eines piezoelektrischen amorphen Aktors bewegt wird, oder ein piezoelektrischer Mikro-Positionier-Aktor, welcher die Versetzungen eines piezoelektrischen Stack-Bauteils mittels eines Hebels verstärkt.