

DIN EN 62276

ICS 31.140

Einsprüche bis 2015-05-20
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 62276:2013-08

Entwurf**Einkristall-Wafer für Oberflächenwellen-(OFW-)Bauelemente –
Festlegungen und Messverfahren
(IEC 49/1116/CD:2014)**

Single crystal wafers for surface acoustic wave (SAW) device applications –
Specifications and measuring methods
(IEC 49/1116/CD:2014)

Tranches monocristallines pour applications utilisant des dispositifs à ondes acoustiques
de surface (OAS) –
Spécifications et méthodes de mesure
(CEI 49/1116/CD:2014)

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2015-03-20 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal des DIN unter www.entwuerfe.din.de 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/stellungnahme 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 74 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Inhalt

	Seite
Nationales Vorwort.....	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
3.1 Einkristalle für OFW-Wafer.....	6
3.2 Begriffe zu LN- und LT-Kristallen	7
3.3 Begriffe zu sämtlichen Kristallen	8
3.4 Ebenheit	8
3.5 Definitionen von Fehlern der Oberflächenbeschaffenheit	11
3.6 Weitere Begriffe	12
4 Anforderungen.....	13
4.1 Festlegungen für den Werkstoff	13
4.2 Festlegungen für Wafer	14
5 Plan für die Stichprobennahme	17
5.1 Stichprobe	17
5.2 Anzahl der Stichproben	17
5.3 Prüfung der Gesamtstichprobe	18
6 Prüfverfahren.....	18
6.1 Durchmesser	18
6.2 Dicke.....	18
6.3 Maß der OF	18
6.4 Orientierung der OF.....	18
6.5 TV5	18
6.6 Verwölbung.....	18
6.7 TTV	18
6.8 Fehler der Ausbreitungsoberfläche	18
6.9 Einschlüsse	19
6.10 Rauheit der Rückseite	19
6.11 Orientierung	19
6.12 Curie-Temperatur	19
6.13 Kristallgitterkonstante	19
6.14 Spezifischer Durchgangswiderstand	19
7 Kennzeichnung, Beschriftung, Verpackung, Lieferbedingungen	19
7.1 Verpackung	19
7.2 Beschriftung und Kennzeichnung.....	19
7.3 Lieferbedingungen.....	20
8 Messung der Curie-Temperatur	20

	Seite
8.1 Allgemeines	20
8.2 DTA-Verfahren	20
8.3 Verfahren zur Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten	20
9 Messung der Kristallgitterkonstante (Bond-Verfahren)	21
10 Messung des Flächenwinkels mit Röntgenstrahlung	22
10.1 Messprinzip	22
10.2 Messverfahren	23
10.3 Messrichtung einer Waferfläche	23
10.4 Messrichtung einer Orientierungsfläche	24
10.5 Typische Waferorientierungen und Bezugsflächen	24
11 Messung des spezifischen Durchgangswiderstands	24
11.1 Widerstandsmessung eines Wafers	24
11.2 Elektroden	25
11.3 Spezifischer Durchgangswiderstand	26
12 Sichtprüfungen	26
12.1 Prüfverfahren für die Oberflächenbeschaffenheit	26
Anhang A (normativ) Angaben für piezoelektrische Einkristalle unter Anwendung der Eulerschen Winkel	28
A.1 Waferorientierung anhand der Eulerschen Winkel	28
Anhang B (informativ) Herstellungsverfahren für OFW-Wafer	31
B.1 Kristall-Züchtungsverfahren	31
B.1.1 Czochralski-Verfahren	31
B.1.2 Bridgman-Vertikalverfahren	33
B.2 Mechanische Standardbearbeitung eines Wafers	34
B.2.1 Prozessfolge	34
B.2.2 Abschneiden beider Enden und Schleifen auf Zylinderform	36
B.2.3 Kennzeichnung der Orientierung	36
B.2.4 Trennung in Scheiben	36
B.2.5 Beidseitiges Läppen	36
B.2.6 Anfasen (Kantenverrunden)	36
B.2.7 Spiegelpolieren	36
Literaturhinweise	37
Bild 1 – Darstellung eines Wafers und der Messpunkte für TV5	9
Bild 2 – Schematische Darstellung der TTV	9
Bild 3 – Schematische Darstellung der Verwölbung	9
Bild 4 – Schematische Darstellung der Sori	10
Bild 5 – Beispiel für die Verteilung der Quadrate für die LTV-Messung	10
Bild 6 – LTV-Wert für jedes Quadrat	10
Bild 7 – Schematische Darstellung eines DTA-Systems	20

	Seite
Bild 8 – Schematische Darstellung eines Messsystems für die Dielektrizitätskonstante	21
Bild 9 – Prinzip des Bond-Verfahrens.....	22
Bild 10 – Messverfahren mit Röntgenstrahlung.....	23
Bild 11 – Verhältnis zwischen Schnittwinkel und Kristallgitterfläche	23
Bild 12 – Messschaltung	25
Bild 13 – Widerstandsmessgerät	25
Bild 14 – Elektrodenform	26
Bild A.1 – Eulersche Winkel in einem drehenden Koordinatensystem (X, Y, Z) auf (x_1, x_2, x_3)	28
Bild A.2 – Koordinatensystem eines OFW-Wafers.....	29
Bild A.3 – Zusammenhang zwischen den Kristallachsen, Eulerschen Winkeln und OFW- Orientierung für ausgewählte Wafer-Orientierungen	30
Bild B.1 – Kristallziehverfahren nach Czochralski	31
Bild B.2 – Beispiel von Ungleichförmigkeit in Kristallen, die aus verschiedenen Ausgangszusammensetzungen der Schmelze gezogen werden	33
Bild B.3 – Schematische Darstellung eines Bridgman-Vertikalofens und Beispiel für die Temperaturverteilung	34
Tabelle 1 – Beschreibung von Wafer-Orientierungen	12
Tabelle 2 – Festgelegte Grenzwerte von Rauheit, Verwölbung, TV5 und TTV	15
Tabelle 3 – Höchstzahl der Ätzkanäle im Bereich des Kristallkeims.....	16
Tabelle 4 – Kristallebenen zur Bestimmung der Oberflächen- und OF-Orientierung.....	24
Tabelle 5 – Elektrodengröße	25
Tabelle A.1 – Ausgewählte OFW-Substrat-Orientierungen und entsprechende Eulersche Winkel.....	29

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 49/1116/CD:2014 „Single crystal wafers for surface acoustic wave (SAW) device applications – Specifications and measuring methods“ (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 TC 49 „Piezoelectric and dielectric devices for frequency control and selection“ 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 642 „Piezoelektrische Bauteile zur Frequenzstabilisierung und -selektion“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

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.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 62276:2013-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- Alle Abschnitte wurden unter Berücksichtigung des gesamten Inhalts der vorherigen Ausgabe entsprechend den aktuellen Anforderungen an Form und Gestaltung überarbeitet.
- Korrektur der Angaben zu den Eulerschen Winkel in Tabelle 1 und der Achsausrichtung in Bild 3.
- Die Definition von Zwilling in Abschnitt 3.3.3 war nicht ausreichend und wurde durch eine detailliertere Definition ersetzt.
- Die größte Anzahl von Ätzkanälen auf Quarzwafern im Bereich des Kristallkeims die nicht durch die Ausbreitungsoberfläche zur Rückseite verlaufen wird in drei Klassen in Abschnitt 4.2.13 eingeteilt. Anwender nutzen auch Teile des Kristallkeims für die Bauelemente. Sie verlangen nach Quarzwafern mit wenigen Ätzkanälen im Kristallkeim um die Anzahl der defekten Bauelemente zu reduzieren. Die Einordnung nach der Anzahl von Ätzkanälen im Kristallkeim kann daher die Qualität der Quarzwafer schlagartig erhöhen.

Einkristall-Wafer für Oberflächenwellen-(OFW-)Bauelemente – Festlegungen und Messverfahren

Einleitung

Für Oberflächenwellen-(OFW-)Filter und Resonatoren wird eine Reihe piezoelektrischer Werkstoffe eingesetzt. Vor der Tagung des IEC/TC 49 in Rotterdam im Jahre 1996 wurden Spezifikationen für Wafer üblicherweise zwischen Anwendern und Lieferanten ausgehandelt. Hinsichtlich der Normung von Wafern wurde auf der Tagung ein Vorschlag unterbreitet. Diese Norm wurde erarbeitet, um technische Spezifikationen zur Herstellung von piezoelektrischen Einkristall-Wafern für OFW-Bauelemente bereitzustellen, die der Industrienorm gerecht werden.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm gilt für die Herstellung von Einkristall-Wafern aus synthetischen Quarzkristallen, Lithiumniobat-(LN-), Lithiumtantalat-(LT-), Lithiumtetraborat-(LBO-)Kristallen und Lanthanum-Gallium-Silikat (LGS), die für die Verwendung als Substrate bei der Herstellung von Oberflächenwellen-(OFW-)Filtern und Resonatoren vorgesehen sind.

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 60410:1973, *Sampling plans and procedures for inspection by attributes*

IEC 60758:2008, *Synthetic quartz crystal – Specifications and guidelines for use*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1 Einkristalle für OFW-Wafer

3.1.1

synthetischer Quarzkristall „wie gezüchtet“

hydrothermisch gezüchteter Rechts- oder Linksquarzkristall

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Begriff „wie gezüchtet“ gibt den Zustand vor der mechanischen Bearbeitung an.

Anmerkung 2 zum Begriff: Weitere Informationen über Kristallquarze sind in IEC 60758 enthalten.

3.1.2

Lithiumniobat

LN

Einkristalle, annähernd beschrieben durch die chemische Formel LiNbO_3 , die nach dem Czochralski-Verfahren (Kristallziehen aus Schmelze) oder nach anderen Zuchtverfahren gezüchtet werden

3.1.3

Lithiumtantalat

LT

Einkristalle, annähernd beschrieben durch die chemische Formel LiTaO_3 , die nach dem Czochralski-Verfahren (Kristallziehen aus Schmelze) oder nach anderen Zuchtverfahren gezüchtet werden

3.1.4

Lithiumtetraborat

LBO

Einkristalle, beschrieben durch die chemische Formel $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$, die nach dem Czochralski-Verfahren (Kristallziehen aus Schmelze), dem Bridgman-Vertikalverfahren oder nach anderen Zuchtverfahren gezüchtet werden

3.1.5

Lanthan-Gallium-Silikat

LGS

Einkristalle, beschrieben durch die chemische Formel $\text{La}_3\text{Ga}_5\text{SiO}_{14}$, die nach dem Czochralski-Verfahren (Kristallziehen aus Schmelze) oder nach anderen Zuchtverfahren gezüchtet werden

3.2 Begriffe zu LN- und LT-Kristallen

3.2.1

Curie-Temperatur

T_c

Phasenübergangstemperatur zwischen Ferroelektrizität und Paraelektrizität, bestimmt durch Differentialthermoanalyse (DTA) oder dielektrische Messung

3.2.2

Eindomänenzustand

Zustand gleicher elektrischer Polarisierung in einem ferroelektrischen Kristall (für LN und LT)

3.2.3

Polarisationsvorgang

elektrischer Vorgang zur Bestimmung eines Eindomänenkristalls

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Polarisationsvorgang wird auch als „Polung“ bezeichnet.

3.2.4

Reduktionsvorgang

Reduktions-Oxidations-(Redox-)Reaktion zur Erhöhung der Leitfähigkeit, um nachteilige pyroelektrische Effekte zu verringern

3.2.5

reduziertes LN (en: reduced LN)

LN, das einer Reduktionsbehandlung unterzogen wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: Reduziertes LN wird manchmal als „schwarzes LN“ bezeichnet.

3.2.6

reduziertes LT (en: reduced LT)

LT, das einer Reduktionsbehandlung unterzogen wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: Reduziertes LT wird manchmal als „schwarzes LT“ bezeichnet.

3.3 Begriffe zu sämtlichen Kristallen

3.3.1

Gitterkonstante

Länge der Elementarzelle entlang einer Hauptkristallachse, die nach dem Bond-Verfahren mit Röntgenstrahlung gemessen wird

3.3.2

kongruente Zusammensetzung

chemische Zusammensetzung eines Einkristalls, die während des Züchtungsprozesses in einem thermodynamischen Gleichgewicht mit einer geschmolzenen Lösung derselben Zusammensetzung steht

3.3.3

Zwilling

zwei oder mehr Einkristalle der gleichen Struktur, die gesetzmäßig nach der Symmetrieebene oder -achse miteinander verwachsen sind

3.4 Ebenheit

3.4.1

festgelegter Qualitätsbereich

FQA

durch Abzug eines Kantennennwertes, X , definierter zentraler Bereich einer Waferoberfläche, für den die festgelegten Werte einer Kenngröße gelten

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Begrenzung des FQA ist an allen Punkten (z. B. entlang der Waferflächen) der Abstand X von der äußeren Begrenzung des Wafers mit Nennmaßen.

3.4.2

Bezugsebene

Ebene, die von der Messung der Ebenheit abhängt und eine der folgenden sein kann:

- a) bei Messungen mit eingespanntem Wafer die Oberfläche der Spannvorrichtung, die die Rückseite des Wafers berührt;
- b) bei Messungen ohne eingespannten Wafer drei Punkte an festgelegten Positionen auf der Vorderseite innerhalb des FQA;
- c) bei Messungen ohne eingespannten Wafer Anpassung an die Vorderseite mithilfe der Fehlerquadratmethode unter Verwendung aller gemessenen Punkte innerhalb des FQA.

3.4.3

Quadrat

quadratische Fläche auf der Vorderseite des Wafers, von der eine Seite parallel zur OF (Orientierungsfläche) verläuft

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Kenngrößen der Ebenheit werden entweder global für den FQA oder einzeln für jedes Quadrat bewertet.

3.4.4

Schwankung der Dicke an fünf Punkten

TV5

Schwankung der Dicke eines Wafers, die als maximaler Dickenunterschied, den fünf Messungen ergeben haben, definiert ist

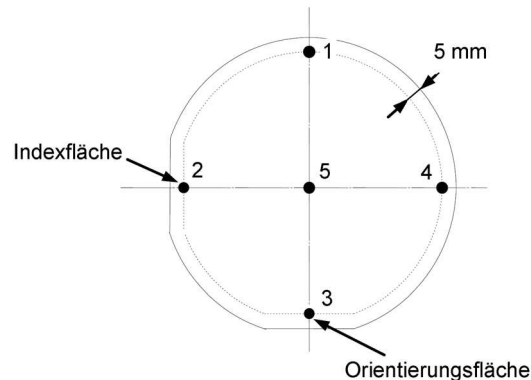


Bild 1 – Darstellung eines Wafers und der Messpunkte für TV5

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Dicke wird in der Mitte des Wafers und an den in Bild 1 dargestellten vier umfangsverteilten Punkten gemessen.

3.4.5

Gesamtdickenschwankung

TTV

Differenz zwischen der maximalen Dicke und der minimalen Dicke

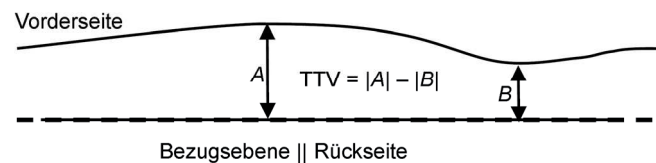


Bild 2 – Schematische Darstellung der TTV

Anmerkung 1 zum Begriff: Die maximale Dicke wird in Bild 2 mit dem Maß A und die minimale Dicke mit dem Maß B angegeben.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Messung der TTV wird im eingespannten Zustand mit der in 3.4.2 a) definierten Bezugsebene durchgeführt.

3.4.6

Verwölbung

maximale Differenz zwischen einem Punkt auf der Vorderseite und einer Bezugsebene

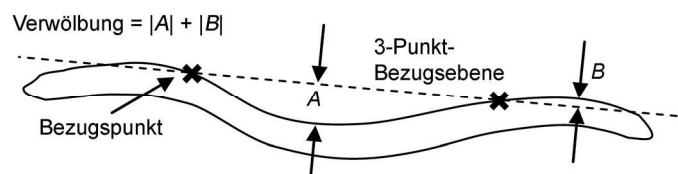


Bild 3 – Schematische Darstellung der Verwölbung

Anmerkung 1 zum Begriff: Verwölbung (dargestellt in Bild 3) ist die Verformung eines nicht eingespannten Wafers.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Bezugsebene ist durch 3 Punkte definiert, wie in 3.4.2 b) beschrieben. Verwölbung ist eine geometrische Eigenschaft eines Wafers und nicht nur die der ungeschützten Oberfläche.

3.4.7

Sori

maximale Differenz zwischen einem Punkt auf der Vorderseite und einer Bezugsebene

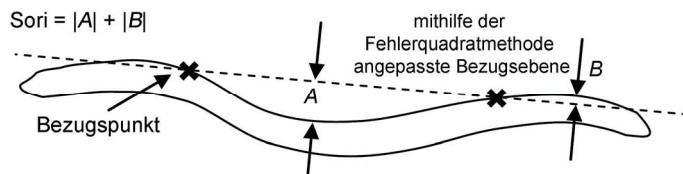


Bild 4 – Schematische Darstellung der Sori

Anmerkung 1 zum Begriff: Sori ist die Verformung eines nicht eingespannten Wafers.

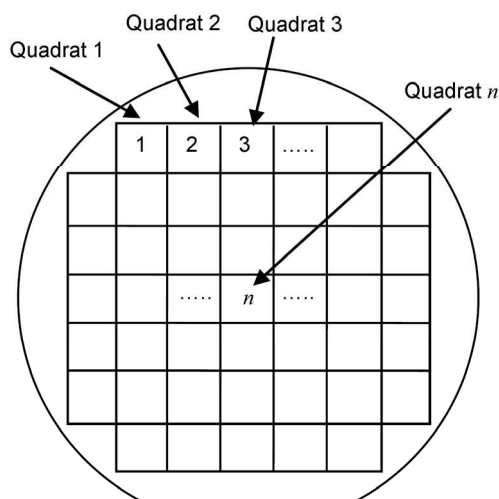
Anmerkung 2 zum Begriff: Im Gegensatz zur Verwölbung ist die Bezugsebene in diesem Fall definiert durch die Anpassung an die Vorderseite mithilfe der Fehlerquadratmethode (3.4.2 c)).

3.4.8

lokale Dickenschwankung

LTV

Schwankung, die mittels Messung einer Matrix von Quadraten mit definierten Kantenmaßen ermittelt wird



ANMERKUNG Alle Quadrate haben ihren Mittelpunkt innerhalb des FQA.

Bild 5 – Beispiel für die Verteilung der Quadrate für die LTV-Messung

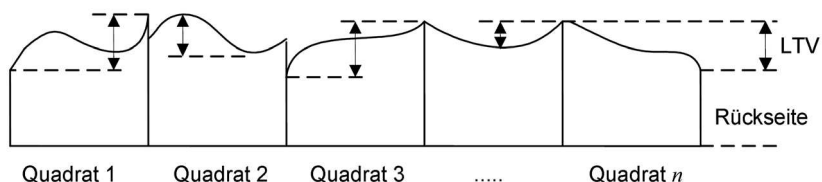


Bild 6 – LTV-Wert für jedes Quadrat

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Messung wird an einem eingespannten Wafer mit der in 3.4.2 a) definierten Bezugsebene durchgeführt. Das Beispiel einer Anordnung von Quadraten ist in Bild 5 dargestellt. Der Wert ist in jedem Fall eine positive Zahl und ist für jedes Quadrat definiert als Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Punkt inner-

halb jedes Quadrates, wie in Bild 6 dargestellt. Damit ein Wafer eine LTV-Spezifikation einhalten kann, müssen die LTV-Werte aller Quadrate kleiner als der festgelegte Wert sein.

3.4.9

prozentuale lokale Dickenschwankung

PLTV

Prozentsatz von Quadraten, deren LTV-Werte zu den festgelegten Werten zählen

Anmerkung 1 zum Begriff: So wie bei der LTV-Messung ist dies eine Messung im eingespannten Zustand.

3.4.10

Abweichung der Brennebene

FPD

Abweichung, die relativ zur 3-Punkt-Bezugsebene gemessen wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die 3-Punkt-Ebene ist in 3.4.2 b) definiert.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der ermittelte Wert ist der Höchstabstand zwischen einem Punkt auf der Waferoberfläche (innerhalb des FQA) und der Brennebene. Liegt der Punkt oberhalb der Bezugsebene, ist die FPD positiv. Liegt der Punkt unterhalb der Bezugsebene, ist die FPD negativ.

3.5 Definitionen von Fehlern der Oberflächenbeschaffenheit

3.5.1

Verunreinigung

Fremdstoffe auf einer Waferoberfläche, die nach der Reinigung nicht beseitigt werden können

3.5.2

Riss

Bruch, der sich über die Oberfläche eines Wafers erstreckt und durch die gesamte Dicke des Wafers gehen kann

3.5.3

Kratzer

flache Nut oder Schnitt unterhalb der festgelegten Oberflächenebene, deren bzw. dessen Länge-Durchmesser-Verhältnis größer als 5 : 1 ist

3.5.4

Splitter

Bereich, in dem sich Material von der Oberfläche oder der Kante eines Wafers gelöst hat

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Größe der Splitter kann durch ihre maximale radiale Tiefe und Umfangssehnenlänge angegeben werden.

3.5.5

Grübchen

gleichförmige Vertiefung in der Oberfläche mit einem Durchmesser von mehr als 3 mm

3.5.6

Grube

nicht entfernbare Unregelmäßigkeiten der Oberfläche

BEISPIEL: Ein Hohlraum, der überwiegend durch einen Volumenfehler oder fehlerhaften Fertigungsprozess verursacht wird.

3.5.7

Orangenhaut

größere unebene Oberflächenbeschaffenheit, die bei diffuser Beleuchtung mit bloßem Auge sichtbar ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Orangenhaut wird auch als „Birnenhaut“ bezeichnet.

3.6 Weitere Begriffe

3.6.1

Herstellungslos

Los, das mittels Vereinbarung zwischen Anwender und Lieferant festgelegt wird

3.6.2

Orientierungsfläche

OF

Schnittfläche an der Peripherie eines Wafers zur Angabe der Kristallorientierung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Ausrichtung der Orientierungsfläche stimmt gewöhnlich mit der OFW-Ausbreitung überein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Orientierungsfläche wird auch als „Primärfläche“ bezeichnet (siehe Bild 1).

3.6.3

Sekundärfläche

SF

Schnittfläche an der Peripherie eines Wafers, die kürzer als die OF ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Sofern vorhanden, zeigt die SF die Wafer-Polarität an und kann dazu dienen, mögliche Wafer-Schnitte zu erkennen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Sekundärfläche wird auch als „Suborientierungsfläche“ bezeichnet (siehe Bild 1).

3.6.4

Rauheit der Rückseite

Rauheit, die unerwünschte Volumenwellen auf der Rückseite streut und dämpft

3.6.5

Oberflächenorientierung

kristallografische Orientierung der Achse senkrecht zur Waferoberfläche

3.6.6

Beschreibung der Orientierung und OFW-Ausbreitung

Bezeichnung der Oberflächenorientierung und der Richtung der OFW-Ausbreitung, getrennt durch das Symbol „-“

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Spezifikation einer 0°-Orientierung kann im Normalfall entfallen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Typische Beispiele für diese Bezeichnungen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Anmerkung 3 zum Begriff: Ein Leitfaden zur Wafer-Orientierung ist in Anhang A beschrieben.

Tabelle 1 – Beschreibung von Wafer-Orientierungen

Werkstoff LT Quarz	LN	LT	Quarzkristall	LBO	LGS
Bezeichnung	128° Y-X Y-Z 64° Y-X	X-112° Y 36° Y-X	ST-X	45° X-Z	yxlt/48,5°/26,6°

3.6.7

ST-Schnitt

Schnitttrichtung des Quarzes zur Erreichung eines Temperaturkoeffizienten von null

3.6.8

Grenzabweichung der Oberflächenorientierung

zulässige Differenz zwischen der festgelegten Oberflächenorientierung und der mittels Röntgenbeugung gemessenen Orientierung

3.6.9

Schrägekante

abgeschrägte oder abgerundete Form des Wafer-Perimeters

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Schrägekante wird auch als „Kantenprofil“ bezeichnet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Herstellung einer Schrägekante wird „Abfasen“ oder „Kantenabrundung“ genannt.

Anmerkung 3 zum Begriff: Das Profil und seine Grenzabweichungen sollten vom Lieferanten festgelegt werden.

3.6.10

Waferdurchmesser

Durchmesser des runden Teiles des Wafers, ausgenommen die OF- und SF-Bereiche

3.6.11

Waferdicke

im Mittelpunkt des Wafers gemessene Dicke

4 Anforderungen

4.1 Festlegungen für den Werkstoff

4.1.1 Synthetischer Quarzkristall

Ein synthetischer Quarzkristall, der aus einem Z-Schnitt-Kristallkeim gezüchtet worden ist, muss eine Orientierung innerhalb von $+ 5^\circ$ haben; im Wafer sollten keine Bereiche aus dem –X-Wachstum vorhanden sein. Die Qualität von synthetischem Quarzkristall entspricht den folgenden Klassen nach IEC 60758 oder übertrifft diese.

- Infrarot-Absorptionskoeffizient α Klasse D
- Konzentration der Einschlüsse (je cm^3) Klasse II
- Flächendichte der Ätzkanäle (je cm^2) Klasse 2

4.1.2 LN

LN ist ein Werkstoff im Eindomänenzustand mit einer Curie-Temperatur innerhalb des festgelegten Bereiches.

4.1.3 LT

LT ist ein Werkstoff im Eindomänenzustand mit einer Curie-Temperatur oder einer Kristallgitterkonstanten innerhalb des festgelegten Bereiches.

4.1.4 LBO, LGS

Werkstoff, der keine Zwillinge enthält.

4.2 Festlegungen für Wafer

4.2.1 Allgemeines

Die in 4.2 aufgeführten Festlegungen gelten, sofern zwischen Anwender und Lieferant keine anderen Vereinbarungen vorliegen. Bei diesen Festlegungen wird davon ausgegangen, dass sie weiterentwickelt und geändert werden, da bestehende Prozesse verbessert und neue entwickelt werden. Bei Wafern, die üblicherweise in Verbindung mit Fotolithografie-Schrittpositioniereinrichtungen verwendet werden, ist LTV als ein Kriterium der Ebenheit festgelegt. Wenn für die Vollbelichtung des Wafers Projektions-Lithografie verwendet wird, ist FPD häufig geeigneter als TTV, weil das System eine Korrektur der Neigung gegenüber der Vorderseite vornimmt. Sori ist oftmals bedeutungsvoller als Verwölbung, da die bei der Verwendung der kleinsten Quadrate abgeleitete Bezugsebene, die bei dieser Messung verwendet wird, typischerweise eine bessere Darstellung der Waferoberfläche bietet.

4.2.2 Durchmesser und Grenzabweichungen

(76,2 ± 0,25) mm (nachfolgend 76,2-mm-Wafer genannt, üblicherweise als „Drei-Zoll“-Wafer bezeichnet)

(100,0 ± 0,5) mm (nachfolgend 100-mm-Wafer genannt)

(125,0 ± 0,5) mm (nachfolgend 125-mm-Wafer genannt)

(150,0 ± 0,5) mm (nachfolgend 150-mm-Wafer genannt)

4.2.3 Dicke und Grenzabweichungen

Die Dicke beträgt 0,18 mm bis 0,80 mm. Bei einem Durchmesser bis zu 100 mm beträgt die Grenzabweichung ± 0,03 mm. Bei einem Durchmesser größer als 100 mm ist die Grenzabweichung der Dicke zwischen Abnehmer und Hersteller zu vereinbaren.

4.2.4 Orientierungsfläche

a) Maße und Grenzabweichungen der OF

(22,0 ± 3,0) mm (bei 76,2-mm-Wafern)

(32,5 ± 3,0) mm (bei 100-mm-Wafern)

(42,5 ± 3,0) mm (bei 125-mm-Wafern)

(47,5 ± 3,0) mm (bei 150-mm-Wafern)

(57,5 ± 3,0) mm (bei 150-mm-Wafern)

b) Grenzabweichung der Orientierung

Grenzabweichung der Orientierung: ± 30°

Sofern nichts anderes zwischen Anwender und Lieferant vereinbart ist, muss die Ausrichtung der OF senkrecht zur OFW-Ausbreitungsrichtung sein. Bei Wafern aus Quarzkristall ist die Ausrichtung die X-Ebene (1 1-2 1), und ein Maßpfeil vom Wafermittelpunkt zur OF zeigt in -X-Richtung.

4.2.5 Sekundärfläche

Die Maße und Grenzabweichungen sind wie nachfolgend aufgeführt:

a) Maße und Grenzabweichungen der SF

Maße und zugehörige Grenzabweichungen der SF werden als Bezugswerte festgelegt.

(11,2 ± 4) mm, sofern nicht anders vereinbart (bei 76,2-mm-Wafern)

(18,0 ± 4) mm, sofern nicht anders vereinbart (bei 100-mm-Wafern)

(27,5 ± 4) mm, sofern nicht anders vereinbart (bei 125-mm-Wafern)

(37,5 ± 4,5) mm, sofern nicht anders vereinbart (bei 150-mm-Wafern)

b) Grenzabweichung der Orientierung der SF

Die Grenzabweichung der Orientierung der SF wird in Bezug auf die OF gemessen und zwischen Anwender und Lieferant mit einem Wert vereinbart, der üblicherweise bei $\pm 1,0^\circ$ liegt.

Um die Vorderseite zu markieren, kann alternativ eine Laserkennzeichnung verwendet werden.

4.2.6 Rauheit der Rückseite

Wie zwischen Anwender und Lieferant vereinbart (siehe Tabelle 2).

4.2.7 Verwölbung

Entsprechend der Festlegung in Tabelle 2.

4.2.8 TV5 oder TTV

Entsprechend der Festlegung in Tabelle 2.

Tabelle 2 – Festgelegte Grenzwerte von Rauheit, Verwölbung, TV5 und TTV

Werkstoff	Waferdurchmesser	Rauheit der Rückseite (Ra)	Verwölbung festgelegter Wert μm	TV5 festgelegter Wert μm	TTV festgelegter Wert μm
Quarzkristall	76,2 mm (3 Inch)	$\geq 0,5 \mu\text{m}$ $< 0,5 \mu\text{m}$	30 20	10 10	10 10
	100 mm	$\geq 0,5 \mu\text{m}$ $< 0,5 \mu\text{m}$	40 30	10 10	10 10
LN, LT	76,2 mm (3 Inch)	$\geq 2,0 \mu\text{m}$	50	15	15
		2,0 μm bis 0,5 μm	40	15	15
		$< 0,5 \mu\text{m}$	40	10	10
	100 mm	$\geq 2,0 \mu\text{m}$	50	20	20
		2,0 μm bis 0,5 μm	40	15	15
		$< 0,5 \mu\text{m}$	40	10	10
	125 mm	$\geq 2,0 \mu\text{m}$	60	20	20
		2,0 μm bis 0,5 μm	50	15	15
LBO	76,2 mm (3 Inch)	$\geq 0,5 \mu\text{m}$	40	15	15
		$< 0,5 \mu\text{m}$	40	10	15
	100 mm	$\geq 0,5 \mu\text{m}$	40	10	10
		$< 0,5 \mu\text{m}$	40	10	10
LGS	76,2 mm (3 Inch)	$\geq 0,5 \mu\text{m}$	40	15	15
		$< 0,5 \mu\text{m}$	40	10	10
	100 mm	$\geq 0,5 \mu\text{m}$	40	20	20
		$< 0,5 \mu\text{m}$	40	10	10

4.2.9 Oberflächenbearbeitung (Ausbreitung) der Vorderseite

Die Vorderseite muss spiegelpoliert sein. Einzelheiten der Oberflächenbearbeitung sind zwischen Anwender und Lieferant zu vereinbaren.

4.2.10 Fehler an der Vorderseite

a) Kratzer

Bei der Sichtprüfung dürfen keine Kratzer feststellbar sein.

b) Splitter

1) Kantensplitter:

in Richtung Mitte des Wafers: < 0,5 mm

parallel zur Tangentiallinie an der Kante des Wafers: < 1,0 mm

2) Oberfläche:

Bei der Sichtprüfung dürfen keine Splitter feststellbar sein.

c) Risse

Bei der Sichtprüfung dürfen keine Risse feststellbar sein.

d) Verunreinigung

Bei der Sichtprüfung darf keine Verunreinigung feststellbar sein.

e) Sonstiges

Sonstige Fehler wie Grübchen, Gruben und Orangenhaut: Bei der Sichtprüfung dürfen keine derartigen Fehler feststellbar sein.

4.2.11 Oberflächenorientierung und deren Grenzabweichung

Die Oberflächenorientierung muss von Anwender und Lieferant festgelegt sein.

Quarzkristall: $\pm 10'$

LN, LT, LBO: $\pm 20'$

LGS-Kristall: $\pm 10'$

4.2.12 Einschlüsse

LN/LT/LBO/LGS: Mit dem bloßen Auge dürfen keine Einschlüsse sichtbar sein.

Wafer aus synthetischem Quarzkristall: Der Werkstoff entspricht der Klasse II nach IEC 60758:2008, 4.1.2.

4.2.13 Anzahl der Ätzkanäle und Lage des Kristallkeims im Quarzwafer

Die Anzahl der Ätzkanäle und die Lage des Kristallkeims werden nachfolgend beschrieben:

a) Ätzkanäle im Bereich des Kristallkeims in einem Wafer aus Quarzkristall

Die Anzahl der Ätzkanäle im Bereich des Kristallkeims, die nicht durch die Ausbreitungsoberfläche zur Rückseite verlaufen, ist nachfolgend angegeben.

Tabelle 3 – Höchstzahl der Ätzkanäle im Bereich des Kristallkeims

Klasse	76,2-mm-Wafer	100-mm-Wafer
1	6	8
2	12	16
3	36	47

b) Lage des Kristallkeims

Der Kristallkeim muss innerhalb von $\pm 3,5$ mm der Mittenbreite der Z'-Richtung umschlossen sein und parallel zur X-Richtung der Wafermitte verlaufen.

4.2.14 Schrägkante

Die Schrägkante muss der zwischen Anwender und Lieferant vereinbarten Festlegung entsprechen.

4.2.15 Curie-Temperatur und deren Grenzabweichung

Anmerkung 1 zum Begriff: Gilt nur für LN/LT. Der Mittenwert für die Spezifikation entspricht dem zwischen Anwender und Lieferant vereinbarten Wert. Die Kristallgitterkonstante kann alternativ festgelegt werden.

LN: Mittenwert zwischen 1 133 °C und 1 145 °C. Grenzabweichung ± 3 °C.

LT: Mittenwert zwischen 598 °C und 608 °C. Grenzabweichung ± 3 °C.

Kristallgitterkonstante

Anmerkung 1 zum Begriff: Alternativ kann die Curie-Temperatur festgelegt werden.

LT: $(0,515\,40 \pm 0,000\,02)$ nm für eine Achse, gemessen bei 25 °C.

Spezifischer Durchgangswiderstand (spezifische Durchgangsleitfähigkeit) für reduziertes LN und LT

LN: $1,0 \times 10^8 \, \Omega \cdot \text{cm} < \text{spezifischer Durchgangswiderstand} < 1,0 \times 10^{12} \, \Omega \cdot \text{cm}$
 $(1,0 \times 10^{-12} \, \Omega/\text{cm} < \text{spezifische Durchgangsleitfähigkeit} < 1,0 \times 10^{-8} \, \Omega/\text{cm})$

LT: $1,0 \times 10^{10} \, \Omega \cdot \text{cm} < \text{spezifischer Durchgangswiderstand} < 1,0 \times 10^{13} \, \Omega \cdot \text{cm}$
 $(1,0 \times 10^{-13} \, \Omega/\text{cm} < \text{spezifische Durchgangsleitfähigkeit} < 1,0 \times 10^{-10} \, \Omega/\text{cm})$

5 Plan für die Stichprobennahme

Ein Plan für die Stichprobennahme ist, auf der Grundlage eines wirksamen statistischen Verfahrens, zwischen Anwender und Lieferant zu vereinbaren. Die Stichproben der Wafer müssen nach dem Zufallsprinzip ausgewählt werden und für sämtliche Fertigungslose repräsentativ sein, und sie müssen unter Verwendung der vorgeschriebenen Prüfverfahren die Qualitätssicherungskriterien erfüllen.

5.1 Stichprobe

Sofern nicht anders festgelegt, muss die Anzahl der Stichproben einer AQL von 2,5 %, Einzelstichprobe nach IEC 60410, entsprechen. Die festgelegte AQL gilt für die aufgelisteten Fehlergruppen, die in der Gesamtheit betrachtet werden.

5.2 Anzahl der Stichproben

Zur Festlegung eines angemessenen Stichprobenumfangs und der Abnahmekriterien für die in Betracht gezogene Losgröße sind geeignete statistische Verfahren anzuwenden. Liegen keine detaillierteren statistischen Analysen vor, kann der folgende Plan für die Stichprobennahme verwendet werden:

- | | |
|---|--------------------------|
| a) Maße | |
| Durchmesser | 2 Wafer je Fertigungslos |
| Dicke | 2 Wafer je Fertigungslos |
| Länge der OF | 2 Wafer je Fertigungslos |
| b) Orientierung der Oberfläche | 2 Wafer je Fertigungslos |
| c) Orientierung der OF | 2 Wafer je Fertigungslos |
| d) Oberflächenbearbeitung der Rückseite | 2 Wafer je Fertigungslos |
| e) TV5 | 2 Wafer je Fertigungslos |
| f) Verwölbung | 2 Wafer je Fertigungslos |
| g) TTV | 2 Wafer je Fertigungslos |

5.3 Prüfung der Gesamtstichprobe

An allen Wafern ist Folgendes zu prüfen:

- a) Vorhandensein und Lage der OF und SF
- b) Oberflächenbeschaffenheit
- c) Waferfehler
- d) Einschlüsse
- e) Schrägkante

6 Prüfverfahren

6.1 Durchmesser

Messung des Waferdurchmessers (ausgenommen OF- und SF-Bereiche) mit einem Messschieber mit hinreichender Messgenauigkeit.

6.2 Dicke

Die Dicke in der Mitte des Wafers wird nach dem ASTM-Prüfverfahren F533 mit einem Dickenmessgerät mit hinreichender Messgenauigkeit (üblicherweise 1 µm) gemessen.

6.3 Maß der OF

Messung der OF-Länge als gerade Schnittlinie des Kreises mit einem Längenmessgerät mit hinreichender Messgenauigkeit.

6.4 Orientierung der OF

Mit einem Röntgen-Goniometer gemessene Abweichung zwischen der geometrischen Orientierungsfläche und der Bezugsorientierung der Kristallgitterebene. Einzelheiten dieses Verfahrens werden in 10.4 und Bild 10 beschrieben.

6.5 TV5

TV5 wird nach dem ASTM-Prüfverfahren F533 mit einem Messschieber mit hinreichender Messgenauigkeit (üblicherweise 1 µm) in der Mitte und an vier Punkten mit einem Abstand von 6 mm von der Kante des Wafers gemessen.

6.6 Verwölbung

Verwölbung und weitere Parameter der Ebenheit werden mit einem optischen Ebenheitsmessgerät gemessen.

6.7 TTV

TTV wird an eingespannten Wafern mit einem optischen Ebenheitsmessgerät gemessen.

6.8 Fehler der Ausbreitungsoberfläche

Oberflächenfehler auf Wafern müssen nach Verfahren untersucht werden, die in Abschnitt 11^{N1)} beschrieben sind.

^{N1)} Nationale Fußnote: Hier soll es heißen: Abschnitt 12.

6.9 Einschlüsse

Die Untersuchung auf Einschlüsse muss unter Ausnutzung des reflektierten Lichts von der polierten Waferoberfläche durchgeführt werden. Die Untersuchung sollte in einer sauberen Umgebung bei einer stark gebündelten Beleuchtung mit einem dunklen Hintergrund zur Vermeidung der Beeinflussung durch reflektierendes Streulicht durchgeführt werden.

6.10 Rauheit der Rückseite

Die Oberflächenrauheit kann entweder mit dem Kontakt- oder dem optischen Verfahren gemessen werden. Die in Tabelle 2 aufgeführten Mittelwerte der Rauheit (R_a) werden mittels Kontaktoberflächenmessung bestimmt. Die an einem vorgegebenen Wafer gemessenen Werte hängen im Allgemeinen von dem Verfahren ab (Nadelradius, Abstand der Stichprobennahme, optische Parameter).

6.11 Orientierung

Die kristallografische Orientierung wird mittels Röntgendetektor bestimmt (siehe 10.1 und Bild 10).

6.12 Curie-Temperatur

Die Curie-Temperatur eines ferroelektrischen Werkstoffes kann entweder mittels kalorimetrischer oder dielektrischer Messverfahren ermittelt werden (siehe 8.1).

6.13 Kristallgitterkonstante

Die Kristallgitterkonstante kann mittels Röntgendetektor (XRD) bestimmt werden (siehe Abschnitt 9).

6.14 Spezifischer Durchgangswiderstand

Der spezifische Durchgangswiderstand wird bestimmt, indem eine Spannung von 500 V bei Raumtemperatur an den Wafer angelegt wird und der Strom eine Minute nach Anlegen der Spannung gemessen wird. Die Innenelektrode muss einen Durchmesser von 30 mm bis 70 mm aufweisen (siehe Abschnitt 11).

7 Kennzeichnung, Beschriftung, Verpackung, Lieferbedingungen

7.1 Verpackung

Wafer müssen so verpackt sein, dass während des Transportes oder der Lagerung Verunreinigungen oder Beschädigungen verhindert werden.

Besondere Anforderungen an die Verpackung müssen zwischen Anwender und Lieferant vereinbart werden.

7.2 Beschriftung und Kennzeichnung

Sämtliche Behälter für Wafer müssen mit Beschriftungen versehen sein, die folgende Angaben enthalten:

- a) Name oder Handelszeichen des Lieferanten;
- b) Werkstoffart;
- c) Waferorientierung;
- d) Nummer des Fertigungsloses;
- e) Menge.

7.3 Lieferbedingungen

Zusätzliche Dokumentationen oder Anforderungen an den Transport sind zwischen jedem Anwender und Lieferanten zu vereinbaren.

8 Messung der Curie-Temperatur

8.1 Allgemeines

Die Ermittlung der Curie-Temperatur (T_C) erfolgt auf Lithiumtantalat-(LT-) und Lithiumniobat-(LN-)Einkristallen. Sowohl die DTA (Differentialthermoanalyse) als auch Verfahren zur Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten, die für die Ermittlung von T_C verwendet werden, sind zerstörende Prüfungen. Welches Messverfahren anzuwenden ist, wird zwischen Anwender und Lieferant vereinbart.

8.2 DTA-Verfahren

Das DTA-Verfahren (Differentialthermoanalyse) beruht auf der endothermen oder exothermen Reaktion, die beobachtet wird, wenn ein Einkristall von der Ferroelektrizität in die Paraelektrizität übergeht. Üblicherweise werden die Probe und die Standardsubstanz symmetrisch in einen Ofen gelegt (siehe Bild 7) und mit linearer Aufheizgeschwindigkeit erwärmt, währenddessen die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Stoffen aufgezeichnet wird. Als Standardsubstanz wird häufig Aluminiumoxid ($\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$) verwendet, wenn DTA-Untersuchungen an LN oder LT durchgeführt werden. An den LN- oder LT-Proben wird, wenn die Phasenübergangstemperatur durchlaufen wird, Wärme freigesetzt, und der sich auf das Standard-Aluminiumoxid beziehende Temperaturverlauf wird aufgezeichnet. Die Curie-Temperatur T_C ist definiert als die Temperatur, bei der sich die Temperaturdifferenz entwickelt.

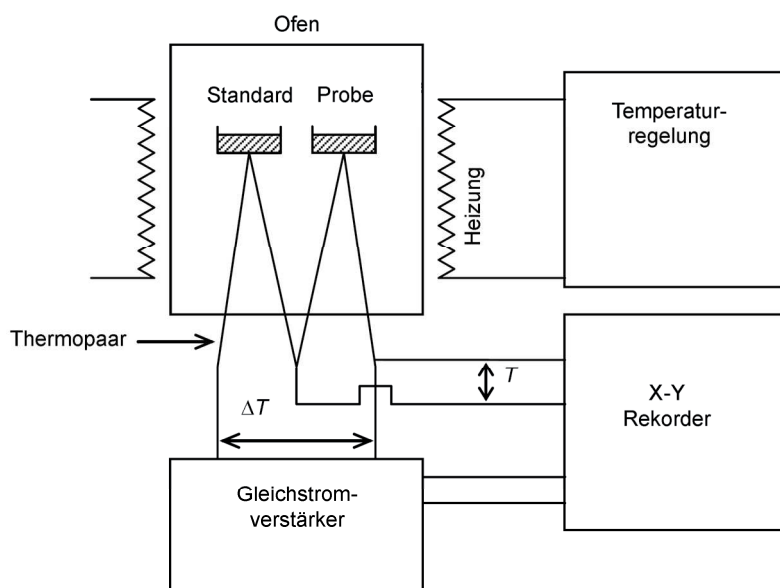


Bild 7 – Schematische Darstellung eines DTA-Systems

8.3 Verfahren zur Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten

Das Verfahren zur Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten beruht auf der Messung der Dielektrizitätskonstanten in Richtung Z-Achse eines ferroelektrischen Kristalls. Die maximale Dielektrizitätskonstante tritt bei der Phasenübergangstemperatur auf. Da für eine vorgegebene Probe die Dielektrizitätskonstante, und somit die Kapazität, ausschließlich eine Funktion der Temperatur ist, können die Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeiten so gewählt werden, dass sie klein genug sind, thermische Hysterese zu minimieren. In der folgenden Darstellung (Bild 8) wird auf der Probe eine Elektrode aus Pt oder Ag-Pd so angeordnet, dass sich das elektrische Feld in Richtung Z-Achse ausbreitet. Während die Temperatur bei der Phasenumwandlung

gescannt wird, wird die Kapazität der Probe mit einem LCR-Messgerät gemessen. Die Temperatur, bei der die Kapazität ihren Maximalwert annimmt, kann als Curie-Temperatur T_c festgelegt werden.

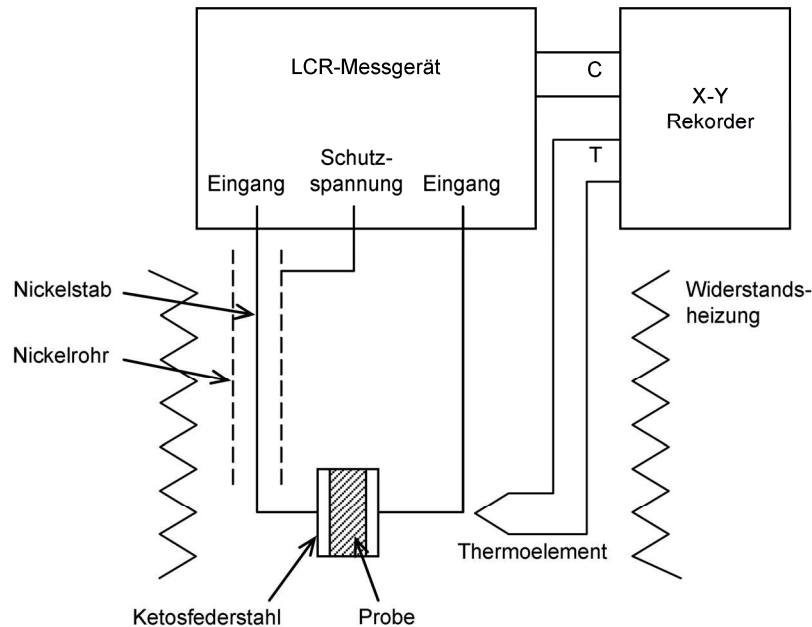


Bild 8 – Schematische Darstellung eines Messsystems für die Dielektrizitätskonstante

9 Messung der Kristallgitterkonstante (Bond-Verfahren)

So, wie sich die chemische Zusammensetzung eines Kristalls ändert, verändern sich auch die OFW-Geschwindigkeit und die Kristallgitterkonstante. Um die OFW-Geschwindigkeit im Bereich von eins zu zehntausend (10^{-4}) zu regeln, müssen die Kristallgitterkonstanten im Bereich von 10^{-5} geregelt werden. Bei dem Messverfahren wiederum muss eine Auflösung von eins zu einer Million (10^{-6}) erreicht werden.

Für die Messung der Kristallgitterkonstanten wird die Beugung von Röntgenstrahlung verwendet. Das Verfahren beruht auf dem Bragg'schen Gesetz wie folgt:

$$2 d \sin \theta = n \lambda$$

Dabei ist d der Kristallgitterabstand, θ der Bragg'sche Winkel, λ die Wellenlänge der Röntgenstrahlung und n der ganzzahlige Beugungsgrad.

Bei gegebener Wellenlänge λ werden d und die Kristallgitterkonstanten durch Messung von θ bestimmt. Eine Empfindlichkeitsanalyse ergibt

$$\Delta d/d = -\cot \theta \times \Delta \theta$$

Um $\Delta d/d$ in einem Bereich von 10^{-6} bis 10^{-7} zu messen, ist $\Delta \theta$ auf eine Bogensekunde genau zu bestimmen. Ein Verfahren zur genauen Messung der Gitterkonstanten wurde 1960 von Dr. Bond entwickelt.

Bei dem Bond-Verfahren werden zwei Messungen durchgeführt (d. h. die „Plusseite“ und die „Minusseite“), deren Anordnung symmetrisch um dieselbe Gitterfläche positioniert ist. Die Werte ω_1 und ω_2 aus den Spitzenwerten der Schwenkkurve werden, wie in Bild 9 dargestellt, ermittelt, und θ wird wie folgt berechnet:

$$\theta = \frac{1}{2}(\pi - |\omega_1 - \omega_2|)$$

Dieses Verfahren eliminiert Außermittenfehler, so wie auch Absorptionsfehler und Nullfehler theoretisch eliminiert werden. Zu beachten ist, dass Temperaturkorrektur, Brechungskorrektur, Divergenzkorrektur und Lorentz-Polarisationskorrektur in Betracht gezogen werden sollten.

Im Fall von LiTaO_3 wurde nach dem Bond-Verfahren der Miller-Index (60-60) ermittelt. Die Gitterkonstante der α -Achse wird wie folgt berechnet:

$$\alpha = 6 d_{66,0}$$

Nach allen Korrekturen wird die Gitterkonstante von LiTaO_3 auf eine Genauigkeit von 10^{-6} bis 10^{-7} bestimmt.

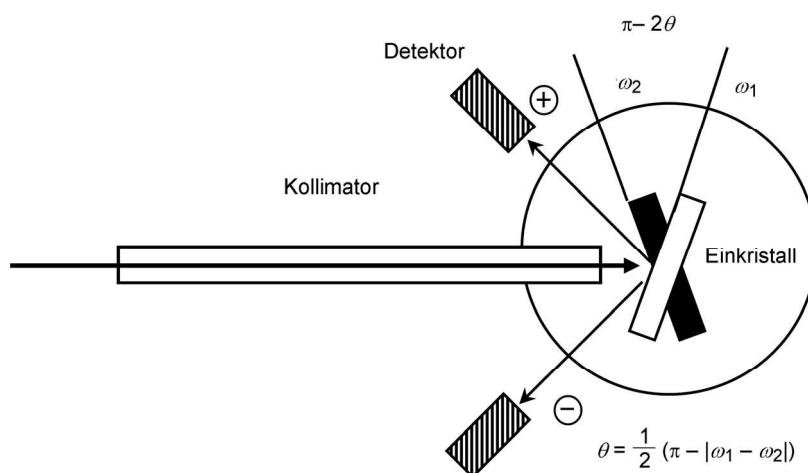


Bild 9 – Prinzip des Bond-Verfahrens

10 Messung des Flächenwinkels mit Röntgenstrahlung

10.1 Messprinzip

Wenn d der Gitterebenenabstand, λ die Wellenlänge der Röntgenstrahlung und n der Beugungsgrad ist, wird das Röntgenstrahlbündel, wenn die Bedingung des Braggschen Winkels θ erfüllt ist, wie folgt gebeugt:

$$2 d \sin \theta = n \lambda$$

Die Röntgenstrahlquelle besteht aus einem Parallelstrahl und einer optional reflektierenden Kristallplatte. In einem Winkel zur Quelle wird ein Röntgendetektor angebracht. Sowie der Kristall in die Drehbewegung gesetzt wird, erfasst der Detektor die Reflexmaxima im Braggschen Winkel, und das Goniometer zeigt den Winkel θ , wie im nachfolgenden Bild 10 dargestellt, zwischen der Kristallplattenoberfläche und der Kristallgitterebene an.

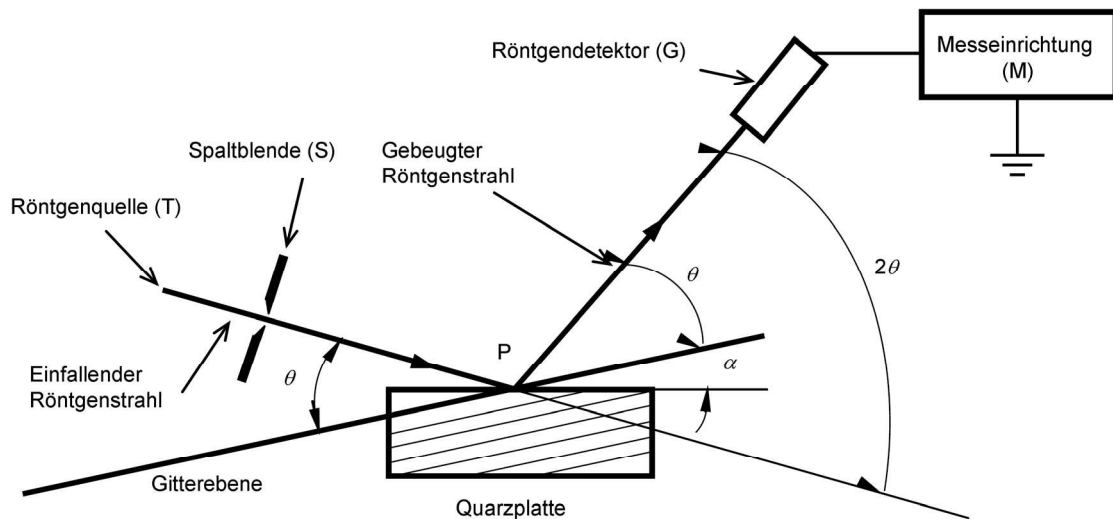


Bild 10 – Messverfahren mit Röntgenstrahlung

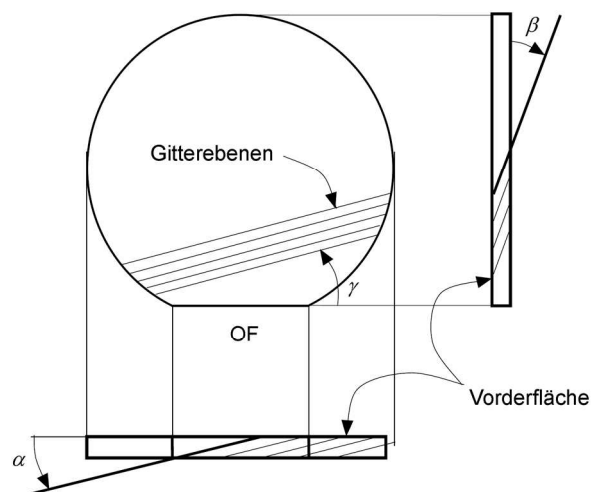


Bild 11 – Verhältnis zwischen Schnittwinkel und Kristallgitterfläche

10.2 Messverfahren

Vor der Messung des Flächenwinkels des Prüflings kann es erforderlich sein, das Goniometer unter Verwendung einer Standardprobe zu eichen. Die Abweichungen des Flächenwinkels des Prüflings werden dann ermittelt, indem die für den Prüfling gewonnenen Beugungswerte mit den Werten des Standardkristalls verglichen werden.

10.3 Messrichtung einer Waferfläche

Die Winkel sollten, wie nachstehend beschrieben, in zwei Richtungen gemessen werden:

- parallel zur OF: α (Richtung entgegen dem Uhrzeigersinn entsprechend Bild 11 mit Blick auf die OF);
- senkrecht zur OF: β (Richtung im Uhrzeigersinn entsprechend Bild 11).

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Drehrichtung des Winkels α entgegen dem Uhrzeigersinn ist positiv. Messrichtung einer Orientierungsfläche.