

DIN EN IEC 62276



ICS 31.140

EntwurfEinsprüche bis 2023-06-28
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN 62276:2017-08**Einkristall-Wafer für Oberflächenwellen-(OFW-)Bauelemente –
Festlegungen und Messverfahren
(IEC 49/1401/CD:2022);
Text Deutsch und Englisch**

Single crystal wafers for surface acoustic wave (SAW) device applications –
Specifications and measuring methods
(IEC 49/1401/CD:2022);
Text in German and English

Tranches monocristallines pour applications utilisant des dispositifs à ondes
acoustiques de surface (OAS) –
Spécifications et méthodes de mesure
(IEC 49/1401/CD:2022);
Texte en allemand et anglais

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-04-28 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und
Stellungnahme vorgelegt.

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

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe 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/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe 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, Merianstraße 28, 63069 Offenbach 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 91 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Nationales Vorwort

Das internationale Dokument IEC 49/1401/CD:2022-07 „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 IEC/TC 49 „Piezoelectric, dielectric and electrostatic devices and associated materials for frequency control, selection and detection“ der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) erarbeitet und unterliegt dem Copyright der IEC . Das Dokument wurde den nationalen Komitees zur Stellungnahme vorgelegt.

Die Internationale Elektrotechnische Kommission (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 FprEN nur 6 Wochen 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 DKE/K 642 „Piezoelektrische Bauteile zur Frequenzstabilisierung und -selektion“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DKE (www.dke.de) und DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf ein Dokument ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnitsnummer, 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.

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN 62276:2017-08 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Die Begriffe, die technischen Anforderungen, die Häufigkeit der Probenahme, die Prüfverfahren und die Messung von Transmissionsgrad, Helligkeit und Farbumterschied für LN und LT wurden hinzugefügt, um den Anforderungen der industriellen Entwicklung gerecht zu werden;

- b) Die in den Abschnitten 5.4 und 6.9 genannten Begriffe für Einschlüsse wurden hinzugefügt, da sie in Abschnitt 3 nicht definiert sind;
- c) Die Spezifikation von LTV und PLTV sowie die entsprechende Beschreibung der Abtastfrequenz für LN und LT werden hinzugefügt, da sie die wichtigsten Leistungsparameter für die Wafer sind;
- d) Die Toleranz der Curie-Temperatur-Spezifikation für LN und LT wurde hinzugefügt, um den Entwicklungsanforderungen der Industrie gerecht zu werden;
- e) Die Messungen von Dicke, TV5, TTV, LTV und PLTV wurden fertiggestellt, einschließlich des Messprinzips und der Messmethode für Dicke, TV5, TTV, LTV und PLTV.

Inhalt

	Seite
Einleitung.....	8
1 Anwendungsbereich.....	9
2 Normative Verweisungen.....	9
3 Begriffe.....	9
3.1 Einkristalle für OFW-Wafer.....	9
3.2 Begriffe zu LN- und LT-Kristallen.....	10
3.3 Begriffe zu sämtlichen Kristallen.....	11
3.4 Ebenheit.....	11
3.5 Definitionen von Fehlern der Oberflächenbeschaffenheit.....	15
3.6 Weitere Begriffe.....	15
4 Anforderungen.....	17
4.1 Festlegungen für den Werkstoff.....	17
4.1.1 Synthetischer Quarzkristall.....	17
4.1.2 LN.....	17
4.1.3 LT.....	17
4.1.4 LBO, LGS.....	17
4.2 Festlegungen für Wafer.....	17
4.2.1 Allgemeines.....	17
4.2.2 Durchmesser und Grenzabweichungen.....	18
4.2.3 Dicke und Grenzabweichungen.....	18
4.2.4 Bezugskante.....	18
4.2.5 Sekundärfläche.....	18
4.2.6 Rauheit der Rückseite.....	19
4.2.7 Verwölbung.....	19
4.2.8 TV5, TTV.....	19
4.2.9 LTV, PLTV.....	20
4.2.10 Oberflächenbearbeitung (Ausbreitung) der Vorderseite.....	20
4.2.11 Fehler an der Vorderseite.....	20
4.2.12 Oberflächenorientierung und deren Grenzabweichung.....	20
4.2.13 Einschlüsse.....	20
4.2.14 Anzahl der Ätzkanäle und Lage des Kristallkeims im Quarzwafer.....	21
4.2.15 Fase.....	21
4.2.16 Curie-Temperatur und deren Grenzabweichung.....	21
4.2.17 Kristallgitterkonstante.....	21
4.2.18 Spezifischer Durchgangswiderstand (spezifische Durchgangseleitfähigkeit) für reduziertes LN und LT.....	21
4.2.19 Transmissionsgrad.....	22
4.2.20 Helligkeit.....	22
4.2.21 Farbunterschied.....	22

5	Stichprobenplan.....	22
5.1	Allgemeines.....	22
5.2	Probenahme.....	22
5.3	Anzahl der Stichproben.....	22
5.4	Prüfung der Gesamtstichprobe.....	23
6	Prüfverfahren.....	23
6.1	Durchmesser.....	23
6.2	Dicke.....	23
6.3	Maß der Bezugskante.....	23
6.4	Orientierung der Bezugskante.....	23
6.5	TV5.....	23
6.6	Verwölbung.....	23
6.7	TTV, LTV und PLTV.....	23
6.8	Fehler an der Vorderseite.....	23
6.9	Einschlüsse.....	23
6.10	Rauheit der Rückseite.....	24
6.11	Orientierung.....	24
6.12	Curie-Temperatur.....	24
6.13	Kristallgitterkonstante.....	24
6.14	Spezifischer Durchgangswiderstand.....	24
6.15	Transmissionsgrad.....	24
6.16	Helligkeit.....	24
6.17	Farbunterschied.....	24
7	Kennzeichnung, Beschriftung, Verpackung, Lieferbedingungen.....	24
7.1	Verpackung.....	24
7.2	Beschriftung und Kennzeichnung.....	24
7.3	Lieferbedingungen.....	25
8	Messung der Curie-Temperatur.....	25
8.1	Allgemeines.....	25
8.2	DTA-Verfahren.....	25
8.3	Verfahren zur Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten.....	26
9	Messung der Kristallgitterkonstante (Bond-Verfahren).....	27
10	Messung des Flächenwinkels mit Röntgenstrahlung.....	28
10.1	Messprinzip.....	28
10.2	Messverfahren.....	30
10.3	Messrichtung einer Waferfläche.....	30
10.4	Messrichtung einer Bezugskante.....	30
10.5	Typische Waferorientierungen und Bezugsflächen.....	30
11	Messung des spezifischen Durchgangswiderstands.....	30
11.1	Widerstandsmessung eines Wafers.....	30

11.2	Elektrode.....	31
11.3	Spezifischer Durchgangswiderstand.....	32
12	Sichtprüfungen – Prüfverfahren für die Oberflächenbeschaffenheit.....	33
13	Messung der Dicke und Variation der Dicke.....	33
13.1	Messprinzip.....	33
13.1.1	Kontaktmessung.....	33
13.1.2	Kontaktlose Messung.....	33
13.2	Probe.....	34
13.3	Messverfahren.....	34
13.3.1	Kontaktmessung.....	34
13.3.2	Kontaktlose Messung.....	34
14	Messung des Transmissionsgrads.....	34
14.1	Messprinzip.....	34
14.2	Probe.....	35
14.3	Messverfahren.....	35
15	Messung der Helligkeit und des Farbunterschieds.....	35
15.1	Messprinzip.....	35
15.2	Probe.....	35
15.3	Messverfahren.....	35
Anhang A (normativ) Angaben für piezoelektrische Einkristalle unter Anwendung der Eulerschen Winkel...		37
Anhang B (informativ) Herstellungsverfahren für OFW-Wafer.....		41
B.1	Kristall-Züchtungsverfahren.....	41
B.1.1	Czochralski-Verfahren.....	41
B.1.2	Bridgman-Vertikalverfahren.....	44
B.2	Mechanische Standardbearbeitung eines Wafers.....	45
B.2.1	Prozessfolge.....	45
B.2.2	Abschneiden beider Enden und Schleifen auf Zylinderform.....	46
B.2.3	Kennzeichnung der Orientierung.....	47
B.2.4	Trennung in Scheiben.....	47
B.2.5	Beidseitiges Läppen.....	47
B.2.6	Anfasen (Kantenverrunden).....	47
B.2.7	Spiegelpolieren.....	47
Anhang C (informativ) Messprinzip für Helligkeit und Farbunterschied.....		48
Literaturhinweise.....		49
Bilder		
Bild 1 – Darstellung eines Wafers und der Messpunkte für TV5.....		12
Bild 2 – Schematische Darstellung der TTV.....		12
Bild 3 – Schematische Darstellung der Verwölbung.....		13
Bild 4 – Schematische Darstellung der Sori.....		13

Bild 5 – Beispiel für die Verteilung der quadratischen Testfelder für die LTV-Messung.....	14
Bild 6 – LTV-Wert für jedes Testfeld.....	14
Bild 7 – Schematische Darstellung eines DTA-Systems.....	26
Bild 8 – Schematische Darstellung eines Messsystems für die Dielektrizitätskonstante.....	27
Bild 9 – Prinzip des Bond-Verfahrens.....	28
Bild 10 – Messverfahren mit Röntgenstrahlung.....	29
Bild 11 – Verhältnis zwischen Schnittwinkel und Kristallgitterflächen.....	29
Bild 12 – Messschaltung.....	31
Bild 13 – Widerstandsmessgerät.....	31
Bild 14 – Elektrodenform.....	32
Bild 15 – Messpunkte zur Bestimmung von Helligkeit und Farbunterschied.....	36
Bild A.1 – Definition Eulerscher Winkel in einem drehenden Koordinatensystem (X, Y, Z) auf (x ₁ , x ₂ , x ₃).....	38
Bild A.2 – Koordinatensystem eines OFW-Wafers.....	38
Bild A.3 – Zusammenhang zwischen den Kristallachsen, Eulerschen Winkeln und OFW-Orientierung für ausgewählte Wafer-Orientierungen.....	40
Bild B.1 – Kristallziehverfahren nach Czochralski.....	42
Bild B.2 – Beispiel von Ungleichförmigkeit in Kristallen, die aus verschiedenen Ausgangszusammensetzungen der Schmelze gezogen werden.....	44
Bild B.3 – Schematische Darstellung eines Bridgman-Vertikalofens und Beispiel für die Temperaturverteilung.....	45
Bild B.4 – Prozessfolge.....	46
Bild C.1 – Skizze für den CIE LAB-Farbraum.....	48

Tabellen

Tabelle 1 – Beschreibung von Wafer-Orientierungen.....	16
Tabelle 2 – Festgelegte Grenzwerte von Rauheit, Verwölbung, TV5 und TTV.....	19
Tabelle 3 – LTV- und PLTV-Spezifikation für LN und LT.....	20
Tabelle 4 – Höchstzahl der Ätzkanäle im Bereich des Kristallkeims.....	21
Tabelle 5 – Grenzabweichung der Curie-Temperatur-Spezifikation für LN und LT.....	21
Tabelle 6 – Kristallebenen zur Bestimmung der Oberflächen- und Bezugskanten-Orientierung.....	30
Tabelle 7 – Elektrodengröße.....	32
Tabelle A.1 – Ausgewählte OFW-Substrat-Orientierungen und entsprechende Eulersche Winkel.....	39

Einleitung

Für Oberflächenwellen-(OFW-)Filter und Resonatoren wird eine Reihe piezoelektrischer Werkstoffe eingesetzt. Vor der Tagung des IEC 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.

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

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument 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 werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 60758:2016, *Synthetic quartz crystal – Specifications and guidelines for use*

ISO 2859-1:1999, *Sampling procedures for inspection by attributes – Part 1: Sampling schemes indexed by acceptance quality limit (AQL) for lot-by-lot inspection*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

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 LiNbO_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)

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

3.2.3

Polarisierungsvorgang

elektrischer Vorgang zur Erzeugung eines Eindomänenkristalls

3.2.4

Reduktionsvorgang

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

3.2.5

reduziertes LN

LN, das einer Reduktionsbehandlung unterzogen wurde

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

3.2.6

reduziertes LT

LT, das einer Reduktionsbehandlung unterzogen wurde

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

3.2.7

Transmissionsgrad

τ

das Verhältnis der durch die Probe übertragenen Leistung zur auf die Probe einfallenden Leistung, angegeben in Prozent

3.2.8

Helligkeit

L^*

die relativen Hell-Dunkel-Eigenschaften der Objektoberfläche

Anmerkung 1 zum Begriff: Im CIE-LAB-Farbraum gibt L^* die Koordinaten an, die die Helligkeit der Farbe des Objekts darstellen.

3.2.9

Farbunterschied

$$\Delta E_{ab}^*$$

der Unterschied der Farbe an verschiedenen Teilen der Objektoberfläche

Anmerkung 1 zum Begriff: Im CIE-LAB-Farbraum ist ΔE_{ab}^* der Wert, der den Farbunterschied verschiedener Teile der Objektoberfläche darstellt.

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 symmetrisch bezüglich einer Ebene oder Achse miteinander verwachsen sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Zwillinge weisen eine Symmetrie auf, die als Reflexion über eine Spiegelebene (Zwillingsebene), Drehung um eine Achse (Zwillingsachse) oder als Umkehrung durch einen Punkt (Mittelpunkt des Zwillings) eingeordnet werden kann.

Anmerkung 2 zum Begriff: Optische Zwillingskristalle (Wachstumszwillinge) und elektrische Zwillingskristalle (Umwandlungskristalle) sind für OFW-Wafer am relevantesten. Optische Zwillingskristalle ergeben sich aus wachstumsbedingten Fehlern. Elektrische Zwillingskristalle können aus extremen Bedingungen (z. B. Temperatur und Druck) während der Bearbeitung des Wafers hervorgehen.

3.4 Ebenheit

3.4.1

festgelegter Qualitätsbereich

FQA, en: fixed quality area

zentraler Bereich einer Waferoberfläche nach Ausschluss eines Randbereiches X, 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, wie in Bild 1 gezeigt.

3.4.2

Bezugsebene

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

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

3.4.3

Testfeld

quadratische Fläche auf der Vorderseite des Wafers, von der eine Seite parallel zur Bezugskante (main flat) verläuft

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

3.4.4

Schwankung der Dicke an fünf Punkten

TV5

Schwankung der Dicke eines Wafers, die als der maximale Dickenunterschied, den fünf Messungen ergeben haben, definiert ist; Messpunkte sind in Bild 1 dargestellt

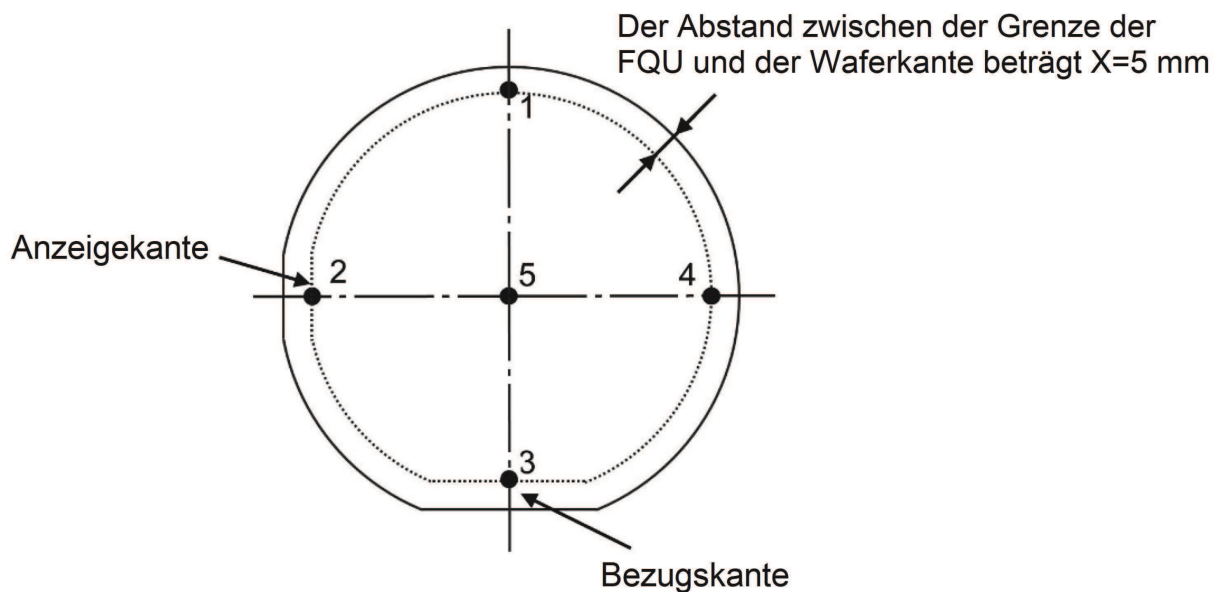


Bild 1 – Darstellung eines Wafers und der Messpunkte für TV5

Anmerkung 1 zum Begriff: Durch Kontaktmessung und kontaktlose Punktmessung werden die Dicke und TV5 in der Mitte des Wafers und an vier Punkten am Rand gemessen.

3.4.5

Gesamtdickenschwankung

TTV

Differenz zwischen der maximalen Dicke und der minimalen Dicke

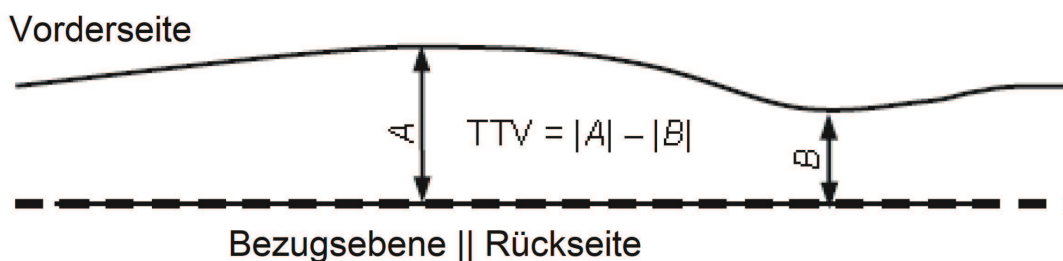


Bild 2 – Schematische Darstellung der TTV

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 fixierten 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

$$\text{Verwölbung} = |A| + |B|$$

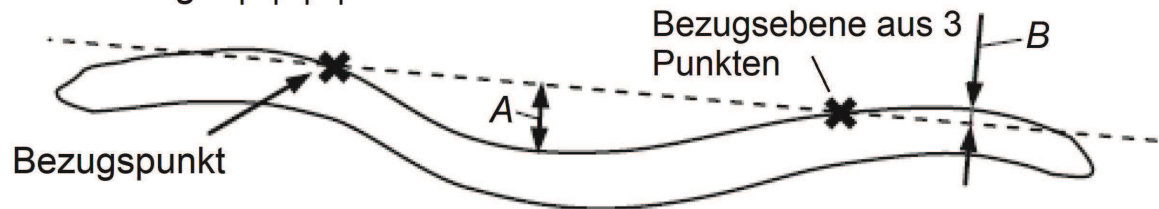


Bild 3 – Schematische Darstellung der Verwölbung

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

$$\text{Sori} = |A| + |B|$$

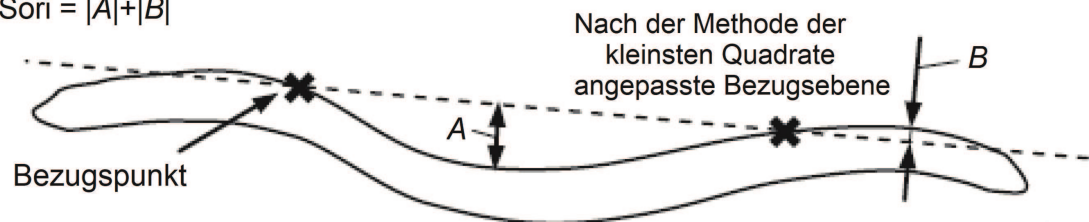


Bild 4 – Schematische Darstellung der Sori

Anmerkung 1 zum Begriff: Sori ist die Verformung eines nicht fixierten Wafers, wie in Bild 4 dargestellt.

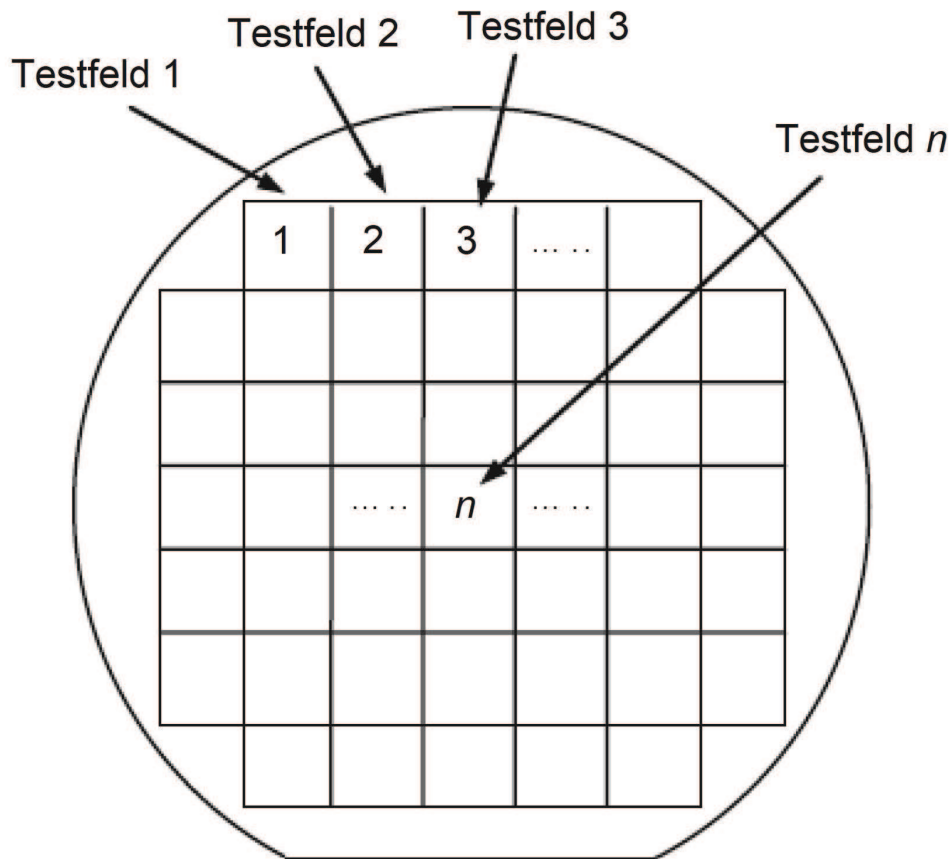
Anmerkung 2 zum Begriff: Im Gegensatz zur Verwölbung ist die Bezugsebene in diesem Fall definiert durch die Anpassung an die Vorderseite mithilfe der Fehlerquadratmethode (3.4.2 c)).

3.4.8

lokale Dickenschwankung

LTV, en: local thickness variatio

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



ANMERKUNG Alle Testfelder haben ihren Mittelpunkt innerhalb des FQA.

Bild 5 – Beispiel für die Verteilung der quadratischen Testfelder für die LTV-Messung

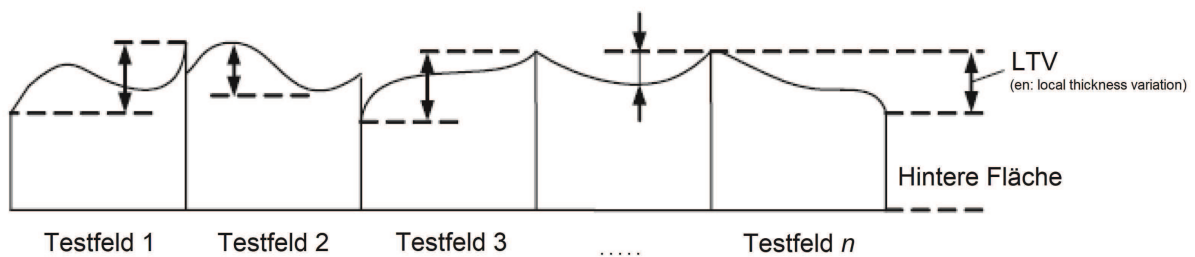


Bild 6 – LTV-Wert für jedes Testfeld

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Messung wird an einem fixierten Wafer mit der in 3.4.2 a) festgelegten Bezugsebene durchgeführt. Ein Beispiel einer Anordnung der Testfelder ist in Bild 5 dargestellt. Der Wert ist in jedem Fall eine positive Zahl und ist für jedes Testfeld definiert als Differenz zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Punkt innerhalb jedes Testfelds, wie in Bild 6 dargestellt. Damit ein Wafer eine LTV-Spezifikation einhalten kann, müssen die LTV-Werte aller Testfelder kleiner als der festgelegte Wert sein.

3.4.9

prozentuale Einhaltung der lokalen Dickenschwankungsgrenzwerte

PLTV, en: percent local thickness variation

Prozentsatz von Testfeldern, deren LTV-Werte innerhalb der spezifizierten Werte liegen

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

3.4.10

Abweichung der Fokusebene

FPD, en: focal plane deviation

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 Fokusebene. 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

Verunreinigungen

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

3.5.2

Sprung

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

3.5.3

Kratzer

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

3.5.4

Abplatzer

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

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

3.5.5

Mulde

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: Dies wird auch als Orangenhaut bezeichnet.

3.6 Weitere Begriffe

3.6.1

Herstellungslos

Los, das mittels Vereinbarung zwischen Anwender und Lieferant festgelegt wird

3.6.2

Bezugskante

OF, en: orientation flat

Schnittkante an der Peripherie eines Wafers zur Angabe der Kristallorientierung

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Ausrichtung der Bezugskante stimmt gewöhnlich mit der OFW-Ausbreitungsrichtung überein. Anmerkung 2 zum Begriff: Die Bezugskante wird auch als „Primärfläche“ bezeichnet (siehe Bild 1).

3.6.3

Sekundärfläche

SF, en: secondary flat

Schnittkante an der Peripherie eines Wafers, die kürzer als die Bezugskante ist

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

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Sekundärfläche wird auch als „sekundäre Bezugskante“ 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 polierten Waferoberfläche

3.6.6

Beschreibung der Orientierung und OFW-Ausbreitung

Bezeichnung der Oberflächenorientierung und der Richtung der OFW-Ausbreitungsrichtung, 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 1. Ordnung von null

3.6.8

Grenzabweichung der Oberflächenorientierung

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

3.6.9

Fase

abgeschrägte oder abgerundete Form des Wafer-Perimeters

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

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Herstellung einer Fase 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 Teils des Wafers, ausgenommen die Bezugskante und SF-Bereiche

3.6.11

Waferdicke

in der Mitte des Wafers gemessene Dicke

3.6.12

Einschluss

Fremdmaterial in einem piezoelektrischen Kristall, nachweisbar durch Untersuchung des Streulichts

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 und im Wafer sollten Bereiche aus Z-, +X-Wachstum (keine Bereiche aus -X-Wachstum) vorhanden sein.

Die Qualität von synthetischem Quarzkristall entspricht den folgenden Klassen nach IEC 60758 oder übertrifft diese.

- Wert des Infrarot-Absorptionskoeffizienten α Klasse D
- Konzentration der Einschlüsse (Stück/cm³) Klasse II
- Flächendichte der Ätzkanäle (Stück/cm²) Klasse 2

4.1.2 LN

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

4.1.3 LT

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

4.1.4 LBO, LGS

Werkstoffe, die keine Zwillinge enthalten.

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 Testfelder abgeleitete Bezugsebene, die bei dieser Messung verwendet wird, typischerweise eine bessere Darstellung der Waferoberfläche bietet.

4.2.2 Durchmesser und Grenzabweichungen

- 76,2 mm $\pm$ 0,25 mm (nachfolgend als 76,2-mm-Wafer bezeichnet, üblicherweise als „3-Zoll“-Wafer bezeichnet)
- 100,0 mm $\pm$ 0,5 mm (nachfolgend als 100-mm-Wafer bezeichnet, üblicherweise als „4-Zoll“-Wafer bezeichnet)
- 125,0 mm $\pm$ 0,5 mm (nachfolgend als 125-mm-Wafer bezeichnet, üblicherweise als „5-Zoll“-Wafer bezeichnet)
- 150,0 mm $\pm$ 0,5 mm (nachfolgend als 150-mm-Wafer bezeichnet, üblicherweise als „6-Zoll“-Wafer bezeichnet)

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 $\pm$ 0,03 mm. Bei einem Durchmesser größer als 100 mm ist die Grenzabweichung der Dicke zwischen Abnehmer und Hersteller zu vereinbaren.

4.2.4 Bezugskante

- a) Maße und Grenzabweichungen der Bezugskante

22,0 mm $\pm$ 3,0 mm (bei 76,2-mm-Wafern)

32,5 mm $\pm$ 3,0 mm (bei 100-mm-Wafern)

42,5 mm $\pm$ 3,0 mm (bei 125-mm-Wafern)

47,5 mm $\pm$ 3,0 mm (bei 150-mm-Wafern)

57,5 mm $\pm$ 3,0 mm (bei 150-mm-Wafern)

- b) Grenzabweichung der Orientierung

Grenzabweichung der Orientierung: $\pm$ 30°

Sofern nichts anderes zwischen Anwender und Lieferant vereinbart ist, muss die Ausrichtung der Bezugskante senkrecht zur OFW-Ausbreitungsrichtung sein. Bei Wafern aus Quarzkristall ist die Ausrichtung die X-Ebene (1 1 -2 0), und ein Pfeil vom Wafermittelpunkt zur Bezugskante 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 Sekundärfläche (SF) werden als Bezugswerte festgelegt.

11,2 mm $\pm$ 4 mm, sofern nicht anders vereinbart (bei 76,2-mm-Wafern)

18,0 mm $\pm$ 4 mm, sofern nicht anders vereinbart (bei 100-mm-Wafern)

27,5 mm $\pm$ 4 mm, sofern nicht anders vereinbart (bei 125-mm-Wafern)

37,5 mm $\pm$ 4,5 mm, sofern nicht anders vereinbart (bei 150-mm-Wafern)

- b) Grenzabweichung der Orientierung der SF

Die Grenzabweichungen der Orientierung der Sekundärfläche (SF) werden in Bezug auf die Bezugskante 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, TTV

Entsprechend der Festlegung in Tabelle 2.

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

Werkstoff	Waferdurchmesser	Rauheit der Rückseite (Ra)	Warp festgelegter Wert μm	TV5 festgelegter Wert μm	TTV festgelegter Wert μm
Quarkristall	76,2 mm (3 inch)	0,5 μm oder mehr	30	10	10
		Weniger als 0,5 μm	20	10	10
	100 mm (4 inch)	0,5 μm oder mehr	40	10	10
		Weniger als 0,5 μm	30	10	10
LN, LT	76,2 mm (3 inch)	2,0 μm oder mehr	50	15	15
		2,0 μm bis 0,5 μm	40	15	15
		Weniger als 0,5 μm	40	10	10
	100 mm (4 inch)	2,0 μm oder mehr	50	20	20
		2,0 μm bis 0,5 μm	40	15	15
		Weniger als 0,5 μm	40	10	10
	125 mm (5 inch)	2,0 μm oder mehr	60	20	20
		2,0 μm bis 0,5 μm	50	15	15
		Weniger als 0,5 μm	40	10	10
	150 mm (6 inch)	2,0 μm oder mehr	60	20	20
		2,0 μm bis 0,5 μm	50	150	15
		Weniger als 0,5 μm	40	10	10
LBO	76,2 mm (3 inch)	0,5 μm oder mehr	40	15	15
		Weniger als 0,5 μm	40	10	15
	100 mm (4 inch)	0,5 μm oder mehr	40	10	10
		Weniger als 0,5 μm	40	10	10
LGS	76,2 mm (3 inch)	0,5 μm oder mehr	40	15	15
		Weniger als 0,5 μm	40	10	10
	100 mm (4 inch)	0,5 μm oder mehr	40	20	20
		Weniger als 0,5 μm	40	10	10

4.2.9 LTV, PLTV

Falls erforderlich, werden LTV und PLTV für LN und LT in Tabelle 3 spezifiziert.

Tabelle 3 – LTV- und PLTV-Spezifikation für LN und LT

Klasse	Maximale LTV (5 mm × 5 mm)	PLTV (en: percent local thickness variation)
I	0,5 µm	≥ 95 %
II	1 µm	≥ 95 %
III	2 µm	≥ 95 %

4.2.10 Oberflächenbearbeitung (Ausbreitung) der Vorderseite

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

4.2.11 Fehler an der Vorderseite

- a) Kratzer
Bei der Sichtprüfung dürfen keine Kratzer feststellbar sein.
- b) Absplitterungen
 - 1) Kantenausbruch:
Radiale Tiefe: weniger als 0,5 mm
Parallel zur Tangentiallinie an der Kante des Wafers: weniger als 1,0 mm
 - 2) Oberfläche:
Bei der Sichtprüfung darf kein Ausbruch feststellbar sein.
- c) Risse
Bei der Sichtprüfung dürfen keine Risse feststellbar sein.
- d) Verunreinigung
Bei der Sichtprüfung dürfen keine Verunreinigungen feststellbar sein.
- e) Andere
Sonstige Fehler wie Mulden, Gruben und Orangenhaut: Bei der Sichtprüfung dürfen keine derartigen Fehler feststellbar sein.

4.2.12 Oberflächenorientierung und deren Grenzabweichung

Die Oberflächenorientierung muss von Anwender und Lieferant festgelegt sein.

Quarzkristall: $\pm 10'$

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

LGS-Kristall: $\pm 10'$

4.2.13 Einschlüsse

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

Wafer aus synthetischem Quarzkristall: Der Werkstoff entspricht der Klasse II nach IEC 60758:2016, 4.1.3.

4.2.14 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 in der nachfolgenden Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4 – 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) Position 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.

4.2.15 Fase

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

4.2.16 Curie-Temperatur und deren Grenzabweichung

ANMERKUNG 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.

Die Grenzabweichungen der Curie-Temperatur-Spezifikation für LN und LT sind in Tabelle 5 angegeben.

Tabelle 5 – Grenzabweichung der Curie-Temperatur-Spezifikation für LN und LT

Klasse	Grenzabmaß
A	± 1 °C
B	± 2 °C
C	± 3 °C

4.2.17 Kristallgitterkonstante

ANMERKUNG Alternativ kann die Curie-Temperatur festgelegt werden.

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

4.2.18 Spezifischer Durchgangswiderstand (spezifische Durchgangsleitfähigkeit) für reduziertes LN und LT

LN: $1,0 \times 10^8 \Omega \cdot \text{cm} < BR < 1,0 \times 10^{12} \Omega \cdot \text{cm}$ ($1,0 \times 10^{-12} \Omega/\text{cm} < BC < 1,0 \times 10^{-8} \Omega/\text{cm}$).

LT: $1,0 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm} < BR < 1,0 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$ ($1,0 \times 10^{-13} \Omega/\text{cm} < BC < 1,0 \times 10^{-10} \Omega/\text{cm}$).

4.2.19 Transmissionsgrad

Die Anforderung an den Transmissionsgrad für die Spezifikation entspricht dem zwischen Anwender und Lieferant vereinbarten Wert.

4.2.20 Helligkeit

Die Anforderung an die Helligkeit für die Spezifikation entspricht dem zwischen Anwender und Lieferant vereinbarten Wert.

4.2.21 Farbunterschied

Die Anforderung an den Farbunterschied für die Spezifikation entspricht dem zwischen Anwender und Lieferant vereinbarten Wert.

5 Stichprobenplan

5.1 Allgemeines

Ein Plan für die Stichprobennahme muss auf der Grundlage eines wirksamen statistischen Verfahrens zwischen Anwender und Lieferant vereinbart werden. 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.

5.2 Probenahme

Sofern nicht anders festgelegt, muss die Anzahl der Stichproben eines AQL von 2,5 %, Einzelstichprobennahme nach ISO 2859-1, entsprechen. Das festgelegte AQL gilt für die aufgelisteten Fehlergruppen, die in der Gesamtheit betrachtet werden.

5.3 Anzahl der Stichproben

Zur Festlegung eines angemessenen Stichprobenumfangs und der Abnahmekriterien für die in Betracht gezogene Losgröße müssen geeignete statistische Verfahren angewendet werden. 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 Bezugskante	2 Wafer je Fertigungslos
b)	Oberflächenorientierung	2 Wafer je Fertigungslos
c)	Orientierung der Bezugskante	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
h)	LTV und PLTV	2 Wafer je Fertigungslos
j)	Transmissionsgrad	2 Wafer je Fertigungslos
k)	Helligkeit	2 Wafer je Fertigungslos
l	Farbunterschied	2 Wafer je Fertigungslos

5.4 Prüfung der Gesamtstichprobe

An allen Wafern muss Folgendes geprüft werden:

- a) Vorhandensein und Lage der Bezugskante und SF
- b) Oberflächenbeschaffenheit
- c) Waferfehler
- d) Einschlüsse
- e) Fase

6 Prüfverfahren

6.1 Durchmesser

Messung des Waferdurchmessers (ausgenommen Bezugskanten- und Sekundärflächen-Bereiche) mit einem Messschieber mit hinreichender Messgenauigkeit.

6.2 Dicke

Die Dicke in der Mitte des Wafers wird nach 13.3 mit einem Dickenmessgerät mit hinreichender Messgenauigkeit (üblicherweise 1 µm) gemessen.

6.3 Maß der Bezugskante

Messung der Bezugskantenlänge als gerade Schnittlinie des Kreises mit einem Längenmessgerät mit hinreichender Messgenauigkeit.

6.4 Orientierung der Bezugskante

Mit einem Röntgendiffraktometer gemessene Abweichung zwischen der geometrischen Bezugskante und der Bezugsorientierung der Kristallgitterebene. Einzelheiten dieses Verfahrens werden in 10.4 und Bild 10 beschrieben.

6.5 TV5

TV5 wird nach 13.3 einem Messschieber mit hinreichender Messgenauigkeit (üblicherweise 1 µm) in der Mitte und an vier Punkten in einem Abstand von 5 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, LTV und PLTV

TTV, LTV und PLTV werden in Übereinstimmung mit 13.3 gemessen.

6.8 Fehler an der Vorderseite

Oberflächenfehler auf Wafern müssen nach Verfahren untersucht werden, die in Abschnitt 12 beschrieben sind.

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 Kontaktverfahren 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 Röntgendiffraktometer bestimmt (siehe Abschnitt 10).

6.12 Curie-Temperatur

Die Curie-Temperatur eines ferroelektrischen Werkstoffs kann entweder mittels kalorimetrischer oder dielektrischer Messverfahren ermittelt werden (siehe Abschnitt 8).

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 und der Strom 1 min nach Anlegen der Spannung gemessen wird. Die Innenelektrode muss einen Durchmesser von 30 mm bis 70 mm aufweisen (siehe Abschnitt 11).

6.15 Transmissionsgrad

Der Transmissionsgrad wird in Übereinstimmung mit 14.3 gemessen.

6.16 Helligkeit

Die Helligkeit wird in Übereinstimmung mit 15.3 gemessen.

6.17 Farbunterschied

Der Farbunterschied wird in Übereinstimmung mit 15.3 gemessen.

7 Kennzeichnung, Beschriftung, Verpackung, Lieferbedingungen

7.1 Verpackung

Wafer müssen so verpackt sein, dass während des Transports 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) Wafer-Orientierung;
- d) Nummer des Fertigungsloses;
- e) Stückzahl.

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 das Verfahren zur Bestimmung der Dielektrizitätskonstanten, die für die Ermittlung von T_c verwendet werden, sind zerstörende Prüfungen. Welches Messverfahren angewendet werden sollte, hängt von der Vereinbarung zwischen Anwender und Lieferant ab.

8.2 DTA-Verfahren

Das DTA-Verfahren (Differentialthermoanalyse-Verfahren) 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, während 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.

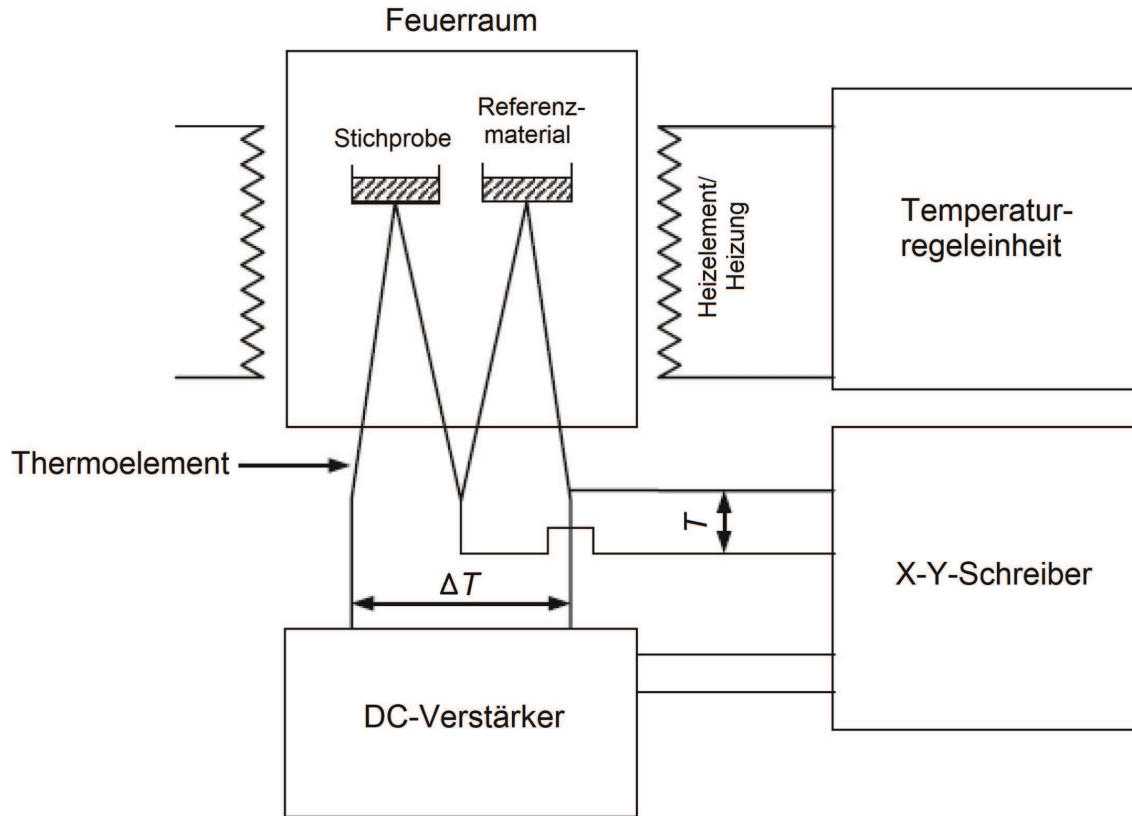


Bild 7 – Schematische Darstellung eines DTA-Systems

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

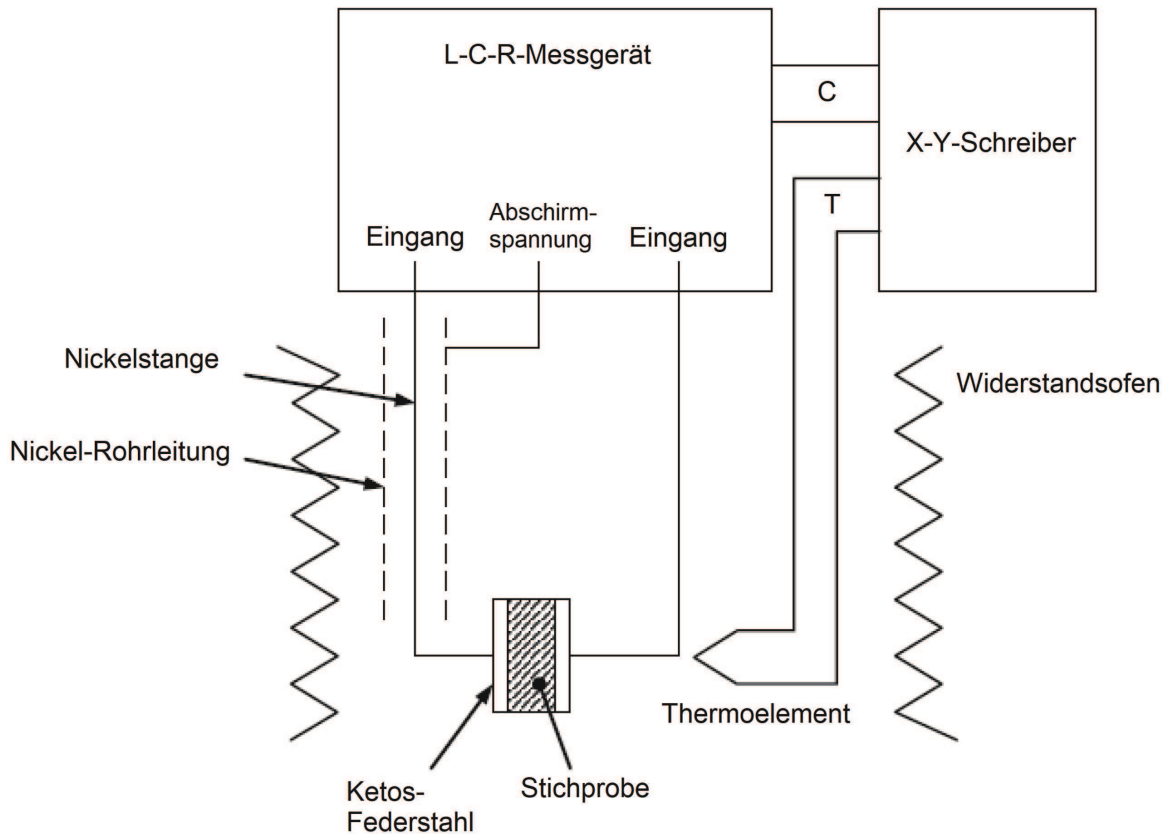


Bild 8 – Schematische Darstellung eines Messsystems für die Dielektrizitätskonstante

9 Messung der Kristallgitterkonstante (Bond-Verfahren)

So wie sich die chemische Zusammensetzung eines Kristalls ändert, verändern sich auch die OFW-Geschwindigkeiten und die Kristallgitterkonstanten. 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 in Gleichung (1) angegebenen Braggschen Gesetz wie folgt:

$$2d\sin\theta = n\lambda \quad (1)$$

Dabei ist

- d der Kristallgitterabstand,
- θ der Braggsche 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. Die Ergebnisse einer Sensitivitätsanalyse sind in Gleichung (2) dargestellt:

$$\frac{\Delta d}{d} = -\cot\theta \times \Delta\theta \quad (2)$$

Dabei muss $\Delta\theta$ auf eine Bogensekunde genau gemessen werden, um $\Delta d/d$ in einem Bereich von 10^{-6} bis 10^{-7} zu messen. 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“), positioniert symmetrisch um dieselbe Gitterfläche. Die Werte ω_1 und ω_2 aus den Spitzenwerten der Schwenkkurve werden, wie in Bild 9 dargestellt, ermittelt, und θ wird nach Gleichung (3) berechnet:

$$\theta = \frac{1}{2}(\pi - |\omega_1 - \omega_2|) \quad (3)$$

Dieses Verfahren eliminiert Außermittenfehler und Absorptionsfehler, und Nullpunktfehler werden theoretisch ebenso eliminiert. Zu beachten ist, dass Temperaturkorrektur, Brechungskorrektur, Divergenzkorrektur und Lorentz-Polarisationskorrektur berücksichtigt werden sollten.

Im Fall von LiTaO_3 wurde nach dem Bond-Verfahren der Miller-Index (60-60) ermittelt. Die Gitterkonstante der α -Achse wird nach Gleichung (4) berechnet:

$$\alpha = 6d_{60,0} \quad (4)$$

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

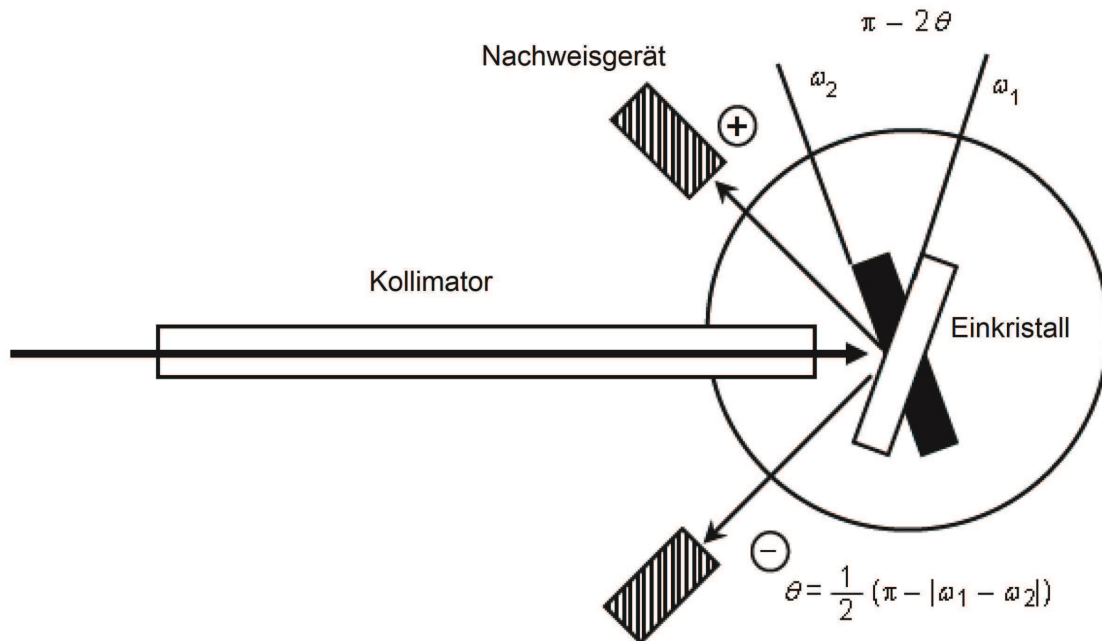


Bild 9 – Prinzip des Bond-Verfahrens

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 Bragg'schen Winkels θ erfüllt ist, wie in Gleichung (5) angegeben gebeugt:

$$2d\sin\theta = n\lambda \quad (5)$$

Die Röntgenstrahlquelle besteht aus einem gebündelten Strahl und einer optional reflektierenden Kristallplatte. Ein Röntgendetektor wird in einem Winkel zur Quelle angebracht. Sowie der Kristall in die Drehbewegung gesetzt wird, erfasst der Detektor die Reflexmaxima im Bragg'schen Winkel, und das Goniometer zeigt