

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Single crystal wafers for surface acoustic wave (SAW) device applications –
Specifications and measuring methods**

**Tranches monocristallines pour applications utilisant des dispositifs à ondes
acoustiques de surface (OAS) – Spécifications et méthodes de mesure**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62276:2025



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2025 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee, ...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews, graphical symbols and the glossary. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 500 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 25 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications, symboles graphiques et le glossaire. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Single crystal wafers for surface acoustic wave (SAW) device applications –
Specifications and measuring methods**

**Tranches monocristallines pour applications utilisant des dispositifs à ondes
acoustiques de surface (OAS) – Spécifications et méthodes de mesure**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.140

ISBN 978-2-8327-0246-8

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references.....	7
3 Terms and definitions	7
3.1 Flatness.....	7
3.2 Appearance defects	11
3.3 Other terms and definitions	11
3.4 Terms and definitions related to LN and LT wafers.....	12
4 Requirements	13
4.1 General.....	13
4.2 Diameters and tolerances.....	13
4.3 Thickness and tolerance.....	14
4.4 Orientation flat	14
4.5 Secondary flat.....	14
4.6 Front (propagation) surface roughness	14
4.7 Back surface roughness	14
4.8 Warp.....	14
4.9 TV5 and TTV.....	14
4.10 LTV and PLTV	15
4.11 Front surface defects	16
4.12 Tolerance of surface orientation	16
4.13 Inclusions	16
4.14 Position of seed in synthetic quartz wafer	16
4.15 Electrical twins in synthetic quartz wafer.....	16
4.16 Bevel	16
4.17 Bulk resistivity (conductivity) for reduced LN and reduced LT	16
4.18 Transmittance	16
4.19 Lightness	17
4.20 Colour difference.....	17
5 Sampling plan.....	17
5.1 General.....	17
5.2 Sampling.....	17
6 Test methods.....	18
6.1 Diameter.....	18
6.2 Thickness	18
6.3 Existence and position of OF and SF	18
6.4 Dimensions of OF and SF.....	18
6.5 Orientation of OF and SF	18
6.6 TV5	18
6.7 Warp.....	18
6.8 TTV, LTV and PLTV	18
6.9 Front surface defects	18
6.10 Inclusions	18
6.11 Position of seed in synthetic quartz wafer	18
6.12 Electrical twins in synthetic quartz wafer.....	19
6.13 Bevel	19

6.14	Front surface and back surface roughness.....	19
6.15	Orientation.....	19
6.16	Bulk resistivity.....	19
6.17	Transmittance.....	19
6.18	Lightness.....	19
6.19	Colour difference.....	19
7	Identification, labelling, packaging, delivery condition.....	19
7.1	Packaging.....	19
7.2	Labelling and identification.....	20
7.3	Delivery condition.....	20
8	Measurements of orientation by X-ray.....	20
8.1	Measurement principle.....	20
8.2	Measurement method.....	21
8.3	Measuring surface orientation.....	21
8.4	Measuring OF flat orientation.....	21
8.5	Typical wafer orientations and reference planes.....	21
9	Measurement of bulk resistivity.....	22
9.1	Resistance measurement.....	22
9.2	Electrode.....	23
9.3	Bulk resistivity.....	23
10	Visual inspections – Front surface defects and inclusions inspection method.....	24
11	Measurement of thickness and thickness variation.....	25
11.1	Measurement principle.....	25
11.1.1	Contact measurement.....	25
11.1.2	Contactless measurement.....	25
11.2	Sample.....	25
11.3	Measurement method.....	25
11.3.1	Contact measurement.....	25
11.3.2	Contactless measurement.....	25
12	Measurement of transmittance.....	26
12.1	Measurement principle.....	26
12.2	Sample.....	26
12.3	Measurement method.....	26
13	Measurement of lightness and colour difference.....	26
13.1	Measurement principle.....	26
13.2	Sample.....	26
13.3	Measurement method.....	27
Annex A (normative)	Expression using Euler angle description for piezoelectric single crystals.....	29
Annex B (informative)	Manufacturing process for SAW wafers.....	32
B.1	Crystal growth methods.....	32
B.1.1	Czochralski growth method.....	32
B.1.2	Vertical Bridgman method.....	35
B.1.3	Hydrothermal temperature gradient method.....	36
B.2	Standard mechanical wafer manufacturing.....	36
B.2.1	Process flow-chart.....	36
B.2.2	Cutting both ends and cylindrical grinding.....	37
B.2.3	Marking orientation.....	37

B.2.4	Slicing	38
B.2.5	Double-sided lapping	38
B.2.6	Bevelling (edge rounding)	38
B.2.7	Polishing.....	38
Annex C (informative)	Measurement principle of lightness and colour difference	39
Bibliography		40
Figure 1	– Wafer sketch and measurement points.....	8
Figure 2	– Schematic diagram of a TTV.....	8
Figure 3	– Schematic diagram of a warp.....	9
Figure 4	– Schematic diagram of a sori	9
Figure 5	– Example of the distribution of sites for measurement of the LTV	10
Figure 6	– LTV defined within each site on the wafer surface	10
Figure 7	– Measurement method by X-ray	20
Figure 8	– Relationship between cut angle and lattice planes.....	21
Figure 9	– Measuring circuit.....	22
Figure 10	– Resistance measuring equipment.....	22
Figure 11	– Shape of electrode	23
Figure 12	– Measurement points for lightness and colour difference determination	27
Figure A.1	– Definition of Euler angles to rotate coordinate system (X, Y, Z) onto (x_1 , x_2 , x_3)	29
Figure A.2	– SAW wafer coordinate system	30
Figure A.3	– Relationship between the crystal axes, Euler angles, and SAW orientation for some wafer orientations.....	31
Figure B.1	– Czochralski crystal growth method.....	33
Figure B.2	– Example of non-uniformity in crystals grown from different starting melt compositions	35
Figure B.3	– Schematic of a Vertical Bridgman furnace and example of temperature distribution.....	36
Figure B.4	– Process flow-chart	37
Figure C.1	– Sketch for CIE LAB colour space.....	39
Table 1	– Roughness, warp, TV5 and TTV specification limits.....	15
Table 2	– LTV and PLTV specification for LN and LT	15
Table 3	– Sampling plan	17
Table 4	– Crystal planes to determine surface and OF orientations	21
Table 5	– Electrode size	23
Table A.1	– Selected SAW substrate orientations and corresponding Euler angles	30

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SINGLE CRYSTAL WAFERS FOR SURFACE ACOUSTIC WAVE (SAW)
DEVICE APPLICATIONS – SPECIFICATIONS AND MEASURING METHODS**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 62276 has been prepared by IEC technical committee 49: Piezoelectric, dielectric and electrostatic devices and associated materials for frequency control, selection and detection. It is an International Standard.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2016. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) The terms and definitions, the technical requirements, sampling frequency, test methods and measurement of transmittance, lightness, colour difference for LN and LT have been added in order to meet the needs of industry development;
- b) The term "inclusion" (mentioned in 4.13 and 6.10) and its definition have been added because there was no definition for it in Clause 3;

- c) The specification of LTV and PLTV, and the corresponding description of sampling frequency for LN and LT have been added, because they are the key performance parameters for the wafers;
- d) The tolerance of Curie temperature specification for LN and LT have been added in order to meet the development requirements of the industry;
- e) Measurement of thickness, TV5, TTV, LTV and PLTV have been completed, including measurement principle and method of thickness, TV5, TTV, LTV and PLTV.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
49/1454/CDV	49/1460/RVC

Full information on the voting for its approval can be found in the report on voting indicated in the above table.

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62276:2025

SINGLE CRYSTAL WAFERS FOR SURFACE ACOUSTIC WAVE (SAW) DEVICE APPLICATIONS – SPECIFICATIONS AND MEASURING METHODS

1 Scope

This document applies to the manufacture of synthetic quartz, lithium niobate (LN), lithium tantalate (LT), lithium tetraborate (LBO), and lanthanum gallium silicate (LGS) single crystal wafers intended for use as substrates in the manufacture of surface acoustic wave (SAW) filters and resonators.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60758:2016, *Synthetic quartz crystal – Specifications and guidelines for use*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

ISO and IEC maintain terminology databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>

3.1 Flatness

3.1.1

fixed quality area

FQA

central area of a wafer surface, defined by a nominal edge exclusion, X, over which the specified values of a parameter apply

Note 1 to entry: The boundary of the FQA is at all points (e.g. along wafer flats) the distance X away from the perimeter of the wafer of nominal dimensions as shown in Figure 1.

3.1.2

reference plane

plane used as a reference for flatness measurements

Note 1 to entry: The reference plane can be one of the following types:

- a) for measurements in which the wafer is clamped, the reference plane is the flat chuck surface that is identical with the back surface of the wafer;
- b) for measurements in which the wafer is not clamped, the reference plane is defined by the surface height at three points on the front surface of the wafer within the FQA;
- c) for measurements in which the wafer is not clamped, the reference plane is defined by the least-squares fit to the front surface of the wafer using the surface height at all measured points within the FQA.

3.1.3

site

square area on the front surface of the wafer with one side parallel to the OF

Note 1 to entry: Flatness parameters are assessed either globally for the FQA, or for each site individually.

3.1.4

TV5

thickness variation for five points

difference between the maximum thickness and the minimum thickness at the centre and four peripheral points of the wafer as shown in Figure 1

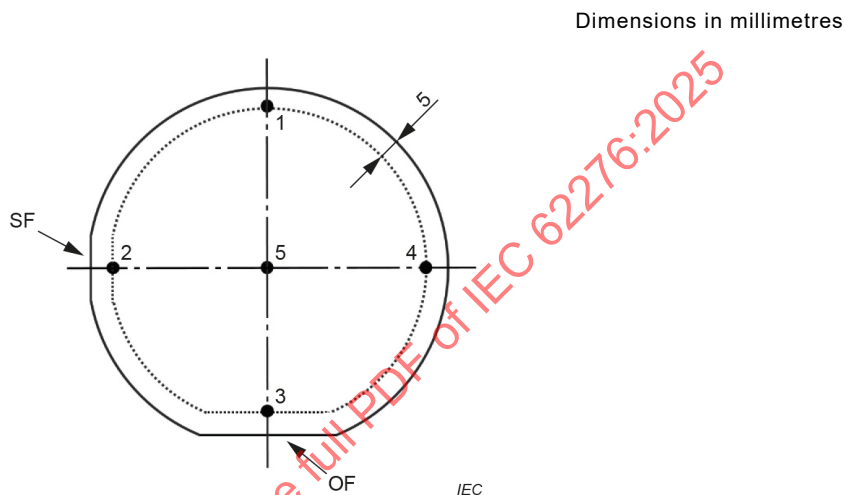


Figure 1 – Wafer sketch and measurement points

3.1.5

TTV

total thickness variation

difference between the maximum thickness d_1 and the minimum thickness d_2 of a wafer as shown in Figure 2

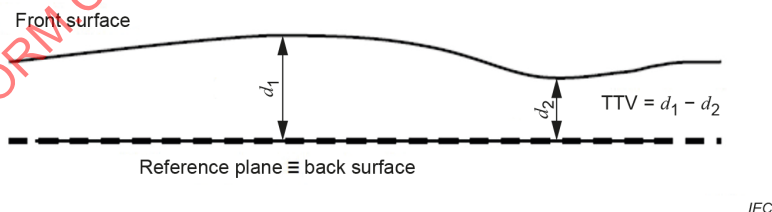


Figure 2 – Schematic diagram of a TTV

Note 1 to entry: Measurement of TTV is performed on a clamped wafer with the reference plane as defined in 3.1.2 a).

3.1.6**warp**

maximum distance between the highest point and the lowest point on the front surface of an unclamped wafer from the reference plane, where the three-point reference plane is used

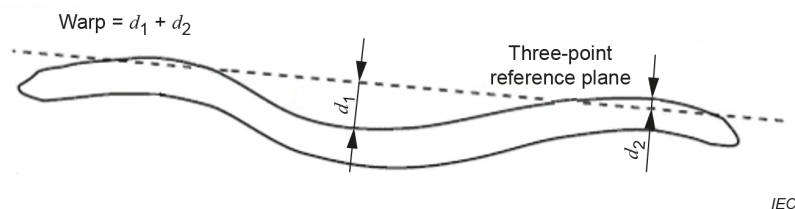


Figure 3 – Schematic diagram of a warp

Note 1 to entry: The warp describes the deformation of a wafer that is not clamped, as shown in Figure 3.

Note 2 to entry: The reference plane is defined by the surface height at three points on the front surface of the wafer as described in 3.1.2 b).

3.1.7**sori**

maximum distance between the highest point and the lowest point on the front surface of an unclamped wafer from the reference plane, where the least-squares fit reference plane is used

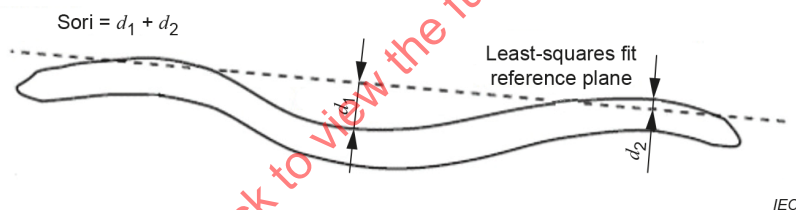


Figure 4 – Schematic diagram of a sori

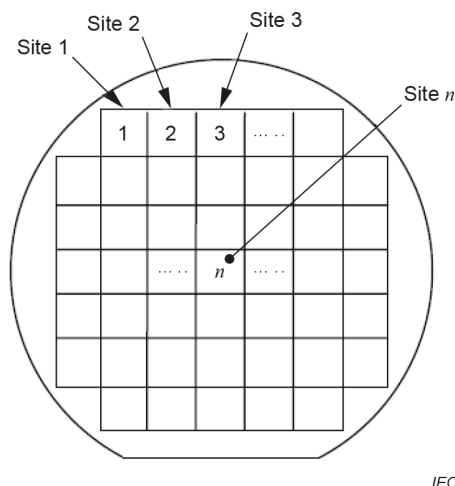
Note 1 to entry: The sori describes the deformation of a wafer that is not clamped, as shown in Figure 4.

Note 2 to entry: The reference plane is defined by the least-squares fit to the front surface of the wafer as described in 3.1.2 c).

3.1.8**LTV**

local thickness variation

difference between the maximum value and the minimum value of a wafer thickness at each site of the wafer surface



Note 1 to entry: All sites existing within the fixed quality area (FQA) on the wafer surface possess their own LTV value.

Figure 5 – Example of the distribution of sites for measurement of the LTV

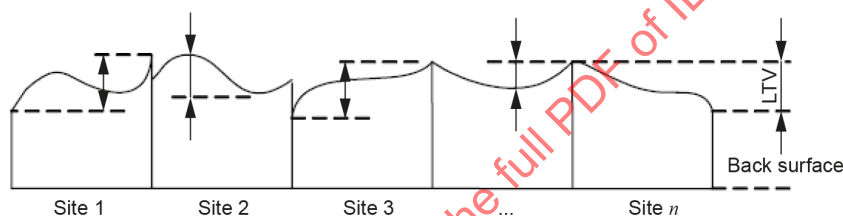


Figure 6 – LTV defined within each site on the wafer surface

Note 2 to entry: Measurement is performed on a clamped wafer with the reference plane as defined in 3.1.2 a). An example of the distribution of sites for measurement of the LTV is shown in Figure 5. The LTV is defined within each site, as illustrated in Figure 6.

3.1.9

PLTV

percent local thickness variation

percentage of sites whose local thickness variation values fall within the specified value

Note 1 to entry: As with the LTV, measurement is performed on a clamped wafer with the reference plane defined in 3.1.2 a).

3.1.10

FPD

focal plane deviation

maximum distance between a point on the wafer surface within the fixed quality area and the three-point reference plane

Note 1 to entry: The three-point reference plane is defined in 3.1.2 b).

Note 2 to entry: If the point on the wafer surface is above the three-point reference plane, the FPD is positive. If that point is below the three-point reference plane, the FPD is negative.

3.2 Appearance defects

3.2.1

contamination

foreign matter on a surface of wafer which cannot be removed after cleaning

3.2.2

crack

fracture that extends to the surface of the wafer and that can or cannot penetrate the entire thickness

3.2.3

scratch

shallow groove or cut below the established plane of the surface, with a length to width ratio greater than 5:1

3.2.4

chip

region where material has been removed from the surface or edge of the wafer

Note 1 to entry: The size of a chip can be expressed by its maximum radial depth and peripheral chord length.

3.2.5

dimple

smooth surface depression larger than 3 mm diameter

3.2.6

pit

non-removable surface anomaly

EXAMPLE A hollow, typically resulting from a bulk defect or faulty manufacturing process.

3.2.7

orange peel

pear skin

large-featured, roughened surface visible to the unaided eye under diffuse illumination

3.3 Other terms and definitions

3.3.1

manufacturing lot

lot established by agreement between the customer and the supplier

3.3.2

orientation flat

OF

flat portion of a wafer perimeter indicating the crystal orientation

Note 1 to entry: Generally, the OF corresponds to the SAW propagation direction (see Figure 1).

3.3.3

secondary flat

SF

flat portion of a wafer perimeter shorter than the orientation flat

Note 1 to entry: When present, the SF indicates wafer polarity and can serve to distinguish different wafer cuts (see Figure 1).

3.3.4

back surface roughness

roughness that scatters and suppresses spurious bulk waves at the back surface of a wafer

3.3.5

surface orientation

crystallographic orientation of the axis perpendicular to the polished surface of the wafer

3.3.6

description of orientation and SAW propagation

indication of the surface orientation and the SAW propagation direction, separated by the symbol "-"

Note 1 to entry: Specification of a 0° orientation is normally omitted.

Note 2 to entry: Description of wafer orientation rule is shown in Annex A.

3.3.7

tolerance of surface orientation

maximum permissible angular deviation of the surface orientation measured by X-ray diffraction from the specified surface orientation

3.3.8

bevel

slope of the perimeter edge of a wafer

Note 1 to entry: The process of forming a slope is called "beveling".

Note 2 to entry: Machining of the perimeter edge of a wafer can be performed through beveling or edge rounding. Whereas beveling produces a flat slope, edge rounding (as the term implies) produces a rounded edge.

Note 3 to entry: Both beveling and edge rounding, and their tolerances, are subject to agreement between the user and the supplier.

3.3.9

diameter of wafer

diameter of circular portion of wafer excluding the OF and SF regions

3.3.10

wafer thickness

thickness measured at the centre of the wafer

3.3.11

inclusion

foreign material (solid, liquid or vapor) within a piezoelectric crystal, detectable by examination of scattered light

3.3.12

electrical twins in synthetic quartz wafer

synthetic quartz wafer in which regions with the common Z-axis exist showing a polarity reversal of the electrical X-axis

Note 1 to entry: Electrical twins can result from extreme conditions (temperature and pressure, for example) during processing.

3.4 Terms and definitions related to LN and LT wafers

3.4.1

colour difference

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

difference in colour at different parts of the object surface

Note 1 to entry: In the CIE LAB colour space, ΔE_{ab}^* is the value representing the colour difference of different parts of the object surface.

3.4.2

lightness

L^*

relative light-dark properties of the object surface

Note 1 to entry: In the CIE LAB colour space, L^* is the coordinates representing the lightness of the colour of the object.

3.4.3

reduced LN

LN treated with a reduction process

Note 1 to entry: Reduced LN is sometimes referred to as "black LN".

3.4.4

reduced LT

LT treated with a reduction process

Note 1 to entry: Reduced LT is sometimes referred to as "black LT".

3.4.5

reduction process

process comprising a reduction-oxidation (REDOX) reaction to increase conductivity to reduce the harmful effects of pyroelectricity

3.4.6

transmittance

τ

ratio of transmitted power through the sample to incident power on the sample, expressed in percent

4 Requirements

4.1 General

The specifications listed in Clause 4 apply in the absence of superseding agreements between user and supplier. Manufacturing process for SAW wafers are shown in Annex B, these specifications are expected to evolve and change as existing processes are refined and new ones are developed. For wafers that are typically used in conjunction with a photolithographic stepper equipment, LTV is typically specified as one of the flatness criteria. When using projection lithography for full wafer exposure, FPD is often more relevant than TTV, as the system will perform a tilt correction referenced off the front surface. Sori is often more meaningful than warp since the least-squares derived reference plane used in that measurement typically provides a more accurate representation of the wafer surface.

4.2 Diameters and tolerances

- 76,2 mm $\pm$ 0,25 mm (henceforth referred to as 76,2 mm wafer, commonly referred to as a "3 inch" wafer);
- 100,0 mm $\pm$ 0,5 mm (henceforth referred to as 100 mm wafer, commonly referred to as a "4 inch" wafer);
- 125,0 mm $\pm$ 0,5 mm (henceforth referred to as 125 mm wafer, commonly referred to as a "5 inch" wafer);
- 150,0 mm $\pm$ 0,5 mm (henceforth referred to as 150 mm wafer, commonly referred to as a "6 inch" wafer).

4.3 Thickness and tolerance

Thickness is 0,18 mm to 0,80 mm. Tolerance for diameter of up to 100 mm is $\pm 0,03$ mm. For diameter greater than 100 mm, thickness tolerance is to be agreed between the buyer and the manufacturer.

4.4 Orientation flat

a) Dimensions of OF and tolerances

- 22,0 mm $\pm$ 3,0 mm unless otherwise agreed upon (for a 76,2 mm wafer);
- 32,5 mm $\pm$ 3,0 mm unless otherwise agreed upon (for a 100 mm wafer);
- 42,5 mm $\pm$ 3,0 mm unless otherwise agreed upon (for a 125 mm wafer);
- 47,5 mm $\pm$ 3,0 mm unless otherwise agreed upon (for a 150 mm wafer).

b) Orientation tolerance

Orientation tolerance: $\pm 30'$

Orientation of the OF shall be perpendicular to SAW propagation unless otherwise agreed upon by the user and the supplier. Orientation of the OF for synthetic quartz wafers is in the lesser X (-X) direction $[1\ 1\ -2\ 0]$.

4.5 Secondary flat

a) Dimensions of SF and tolerances

Dimensions and these tolerances of the SF are specified as reference values.

- 11,2 mm $\pm$ 4 mm unless otherwise agreed upon (for 76,2 mm wafer);
- 18,0 mm $\pm$ 4 mm unless otherwise agreed upon (for 100 mm wafer);
- 27,5 mm $\pm$ 4 mm unless otherwise agreed upon (for 125 mm wafer);
- 37,5 mm $\pm$ 4,5 mm unless otherwise agreed upon (for 150 mm wafer).

b) Orientation tolerance of SF

Orientation tolerances of the SF are measured with respect to the OF and are agreed on by the user and the supplier with a typical value being $\pm 1,0^\circ$.

Laser marking can be used as an alternative method to indicate the front surface.

4.6 Front (propagation) surface roughness

The front surface shall be polished. Surface roughness details are subject to agreement between the user and the supplier.

4.7 Back surface roughness

As agreed upon by the user and the supplier (see Table 1).

4.8 Warp

As specified in Table 1.

4.9 TV5 and TTV

As specified in Table 1.

Table 1 – Roughness, warp, TV5 and TTV specification limits

Material	Diameter of wafer	Roughness of back surface (R_a)	Warp specified value μm	TV5 specified value μm	TTV specified value μm
Synthetic quartz	76,2 mm (3 inch)	0,5 μm or greater	30	10	10
		Less than 0,5 μm	20	10	10
	100 mm (4 inch)	0,5 μm or greater	40	10	10
		Less than 0,5 μm	30	10	10
LN, LT	76,2 mm (3 inch)	2,0 μm or greater	50	15	15
		2,0 μm to 0,5 μm	40	15	15
		Less than 0,5 μm	40	10	10
LN, LT	100 mm (4 inch)	2,0 μm or greater	50	20	20
		2,0 μm to 0,5 μm	40	15	15
		Less than 0,5 μm	40	10	10
	125 mm (5 inch)	2,0 μm or greater	60	20	20
		2,0 μm to 0,5 μm	50	15	15
		Less than 0,5 μm	40	10	10
	150 mm (6 inch)	2,0 μm or greater	60	20	20
		2,0 μm to 0,5 μm	50	15	15
		Less than 0,5 μm	40	10	10
		Less than 0,5 μm	40	10	10
LBO	76,2 mm (3 inch)	0,5 μm or greater	40	15	15
		Less than 0,5 μm	40	10	15
	100 mm (4 inch)	0,5 μm or greater	40	10	10
		Less than 0,5 μm	40	10	10
LGS	76,2 mm (3 inch)	0,5 μm or greater	40	15	15
		Less than 0,5 μm	40	10	10
	100 mm (4 inch)	0,5 μm or greater	40	20	20
		Less than 0,5 μm	40	10	10

4.10 LTV and PLTV

When required, LTV and PLTV for LN and LT are specified in Table 2.

Table 2 – LTV and PLTV specification for LN and LT

Grade	Maximum LTV (5 mm × 5 mm site)	PLTV (3 mm from edge excluded)
I	0,5 μm	≥ 95 %
II	1 μm	≥ 95 %
III	2 μm	≥ 95 %

4.11 Front surface defects

a) Scratches

No scratches on visual inspection.

b) Chips

1) Edge chips:

- Radial depth: less than 0,5 mm;
- Peripheral chord length: less than 1,0 mm.

2) Surface:

No chips on visual inspection.

c) Cracks

No cracks on visual inspection.

d) Contamination

No contamination on visual inspection.

e) Others

Other defects such as dimples, pits, and orange peel: no such defects on visual inspection.

4.12 Tolerance of surface orientation

- Synthetic quartz: $\pm 10'$;
- LN, LT, LBO: $\pm 20'$;
- LGS: $\pm 10'$.

4.13 Inclusions

LN/LT/LBO/LGS: No visible inclusions on naked eye inspection.

Synthetic quartz: material satisfies the specification Grade II of IEC 60758:2016, 4.1.3.

4.14 Position of seed in synthetic quartz wafer

The seed shall be included within $\pm 3,5$ mm centre width of the Z' direction and parallel to the X-direction of the centre of the wafer.

4.15 Electrical twins in synthetic quartz wafer

No electrical twins in synthetic quartz wafer.

4.16 Bevel

The bevel shall be as agreed upon by the user and the supplier.

4.17 Bulk resistivity (conductivity) for reduced LN and reduced LT

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

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

4.18 Transmittance

The requirement of transmittance is as agreed upon by the user and the supplier, according to the product specifications.

4.19 Lightness

The requirement of lightness is as agreed upon by the user and the supplier, according to the product specifications.

4.20 Colour difference

The requirement of colour difference is as agreed upon by the user and the supplier, according to the product specifications.

5 Sampling plan

5.1 General

Sampled wafers shall be randomly selected and representative of the production population and shall satisfy the quality assurance criteria using the prescribed test methods.

5.2 Sampling

Sampling shall be agreed upon by the user and the supplier. In the absence of more detailed statistical analysis, the following sampling plan can be employed in Table 3.

Table 3 – Sampling plan

Sampling items	Sampling plan
Dimensions (Diameter, Thickness, Dimensions of OF and SF)	2 wafers/manufacturing lot
Surface orientation	2 wafers/manufacturing lot
Orientation of OF and SF	2 wafers/manufacturing lot
Front surface roughness	2 wafers/manufacturing lot
Back surface roughness	2 wafers/manufacturing lot
TV5	2 wafers/manufacturing lot
Warp	2 wafers/manufacturing lot
TTV	2 wafers/manufacturing lot
LTV and PLTV	2 wafers/manufacturing lot
Position of seed in synthetic quartz wafer	2 wafers/manufacturing lot
Electrical twins in synthetic quartz wafer	2 wafers/manufacturing lot
Bulk resistivity	2 wafers/manufacturing lot
Transmittance	2 wafers/manufacturing lot
Lightness	2 wafers/manufacturing lot
Colour difference	2 wafers/manufacturing lot
Inclusions (excluding synthetic quartz wafer) ^a	Inspection of whole population
Existence and position of OF and SF	Inspection of whole population
Front surface defects	Inspection of whole population
Bevelling	Inspection of whole population
^a According to 4.13, inclusions in synthetic quartz material satisfy the specification Grade II of IEC 60758:2016, 4.1.3, so it shall be inspected in synthetic quartz material, and there is no need to inspect inclusions in synthetic quartz wafer.	

6 Test methods

6.1 Diameter

Measurement for the diameter of wafer (excluding OF and SF portions) using callipers of sufficient accuracy.

6.2 Thickness

Thickness at the centre of the wafer as measured by a sufficiently accurate (typically 1 μm) thickness meter, in accordance with 11.3.

6.3 Existence and position of OF and SF

Existence and position of OF and SF are measured by visual inspection.

6.4 Dimensions of OF and SF

Measurement of the OF length as a straight cut line of the intersection with the circle using callipers of sufficient accuracy. Measurement of the SF length refers to measurement of the OF length.

6.5 Orientation of OF and SF

Deviation of the geometrical orientation flat from the reference orientation of the lattice plane as measured with an X-ray diffractometer. The method is explained in detail in 8.4 and Figure 7. Measurement for orientation of SF refers to measurement for orientation of OF or is agreed upon by the user and the supplier.

6.6 TV5

TV5 is measured at the centre and at the four points located 5 mm from the edge of the wafer using callipers of sufficient accuracy (typically 1 μm) in accordance with 11.3.

6.7 Warp

Warp and other flatness parameters are measured using optical flatness equipment.

6.8 TTV, LTV and PLTV

TTV, LTV and PLTV are measured in accordance with 11.3.

6.9 Front surface defects

Surface defects on the wafer shall be inspected using the method explained in Clause 10.

6.10 Inclusions

Inclusions shall be inspected using the method explained in Clause 10.

6.11 Position of seed in synthetic quartz wafer

The position of seed is determined by measuring the distance between the centre line of parallel to the X direction (or X axis) on the wafer surface and the nearest seed edge. An index matching liquid can be applied to the wafer surface to facilitate the measurement.

6.12 Electrical twins in synthetic quartz wafer

The electric twins in synthetic quartz wafer are measured by polarizing strain gauge. Under the illumination of the instrument light source, the wafer is placed between two orthogonal polarizers (or video acquisition system), then the colour change of the wafer surface is observed. When there is a conical agglomeration colour region, it is determined that there is an electrical twin.

6.13 Bevel

Bevel is measured by visual inspection.

6.14 Front surface and back surface roughness

Surface roughness can be measured by either the contact or optical method. Front surface roughness is represented by R_a , and the test method is subject to agreement between the user and the supplier. The average roughness (R_a) values of back surface listed in Table 1 were determined by contact profilometry. Measured values for a given wafer generally depend on the method (stylus radius, sampling interval, optical parameters).

6.15 Orientation

Crystallographic orientation is determined by X-ray diffraction (see Clause 8).

6.16 Bulk resistivity

The bulk resistivity is determined by applying a voltage of 500 V across the wafer at room temperature and measuring the current one minute after the voltage has been applied. The inner-electrode shall have a diameter between 30 mm and 70 mm (see Clause 9).

6.17 Transmittance

The transmittance is measured in accordance with 12.3.

6.18 Lightness

The lightness is measured in accordance with 13.3.

6.19 Colour difference

The colour difference is measured in accordance with 13.3.

7 Identification, labelling, packaging, delivery condition

7.1 Packaging

Wafers shall be packaged so as to avoid contamination or damage during shipping or storage.

Special packaging requirements shall be subject to agreement between the user and the supplier.

7.2 Labelling and identification

All wafer containers shall include labels with the following information:

- a) supplier's name or trade mark;
- b) material type;
- c) wafer orientation;
- d) manufacturing lot number;
- e) quantity.

7.3 Delivery condition

Additional documentation or shipping requirements are to be negotiated between each user and supplier.

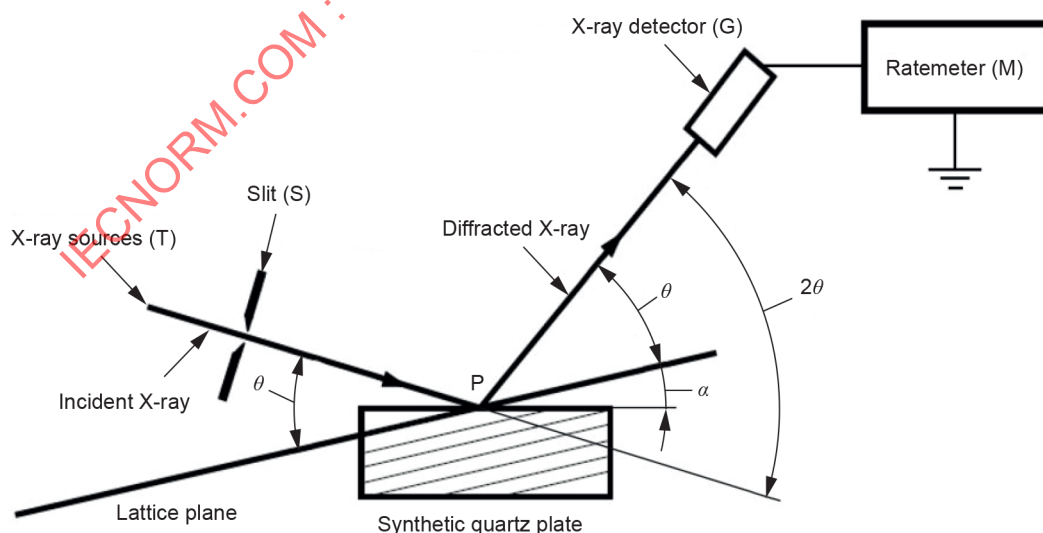
8 Measurements of orientation by X-ray

8.1 Measurement principle

If the distance between each lattice face is d , the X-ray wavelength is λ and the diffraction order is n , the X-ray beam diffracts when the Bragg angle θ condition is satisfied as shown in Formula (1):

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

The X-ray source consists of a collimated beam and an optional reflecting crystal plate. An X-ray detector is positioned at an angle relative to the source. As the crystal is rotated, the detector will register signal maxima at the Bragg angle, and the goniometer will indicate the angle θ between the crystal plate surface and the crystal lattice planes, as illustrated below in Figure 7.



IEC

Figure 7 – Measurement method by X-ray

8.2 Measurement method

Before measuring the orientation of the sample under test, it can be necessary to calibrate the goniometer using a reference sample. The orientation deviations of the sample under test are then calculated based on comparison of the diffraction data obtained from the sample with data from the reference crystal.

8.3 Measuring surface orientation

The angles should be measured in two directions as follows:

- parallel to the OF: α (positive direction as shown in Figure 8 when looking at the OF);
- perpendicular to the OF: β (positive direction as shown in Figure 8).

NOTE Counterclockwise rotation of the angle α is positive, measuring OF flat orientation.

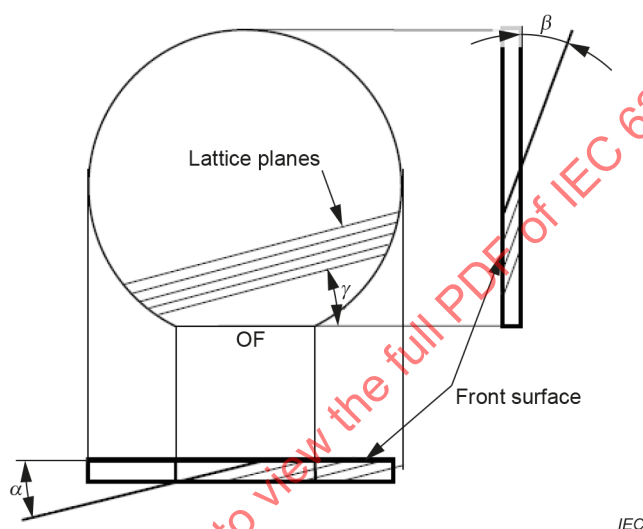


Figure 8 – Relationship between cut angle and lattice planes

8.4 Measuring OF flat orientation

The angle γ should be measured (positive direction as shown in Figure 8).

8.5 Typical wafer orientations and reference planes

Typical wafer orientations and reference planes are shown in Table 4. Description of wafer orientation shall conform to Annex A.

Table 4 – Crystal planes to determine surface and OF orientations

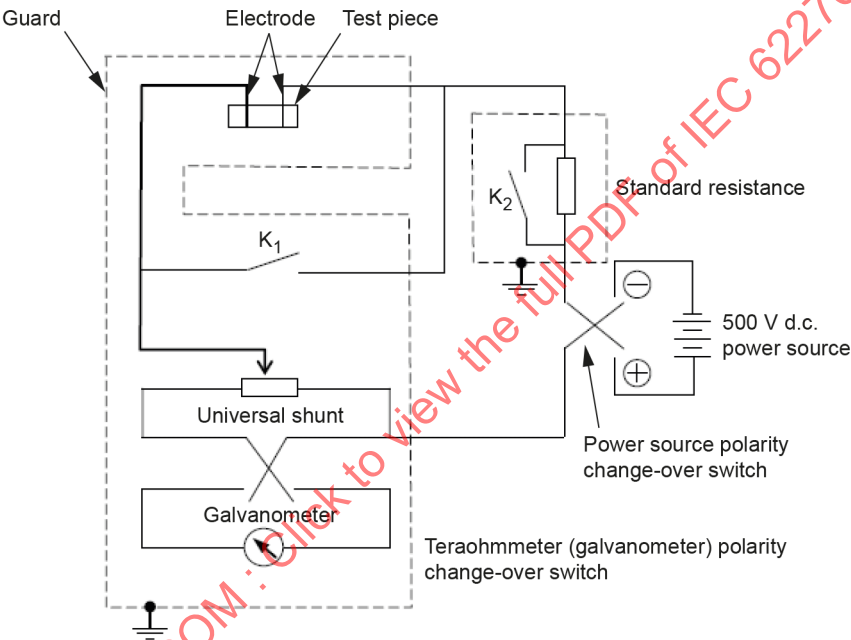
Material	Wafer description	Reference for cutting face	Face (α)	Cutting face (β)	OF reference face	OF face (γ)
LN	128° Y-X	(0 -1 1 4) hex	0	0	(2 -1 -1 0) hex	0
LN	Y-Z	(0 3 -3 0) hex	0	0	(0 0 0 6) hex	0
LN	64° Y-X	(0 1 -1 8) hex	+4°46'	0	(2 -1 -1 0) hex	0
LT	X-112° Y	(2 -1 -1 0) hex	0	0	(0 1 -1 2) hex	-79°16'
LT	X-112° Y	(2 -1 -1 0) hex	0	0	(0 -1 1 10) hex	-5°02'
LT	X-112° Y	(2 -1 -1 0) hex	0	0	(0 0 0 6) hex	-22°12'
LT	36° Y-X	(0 1 -1 2) hex	-3°04'	0	(2 -1 -1 0) hex	0
LT	42° Y-X	(0 1 -1 2) hex	-9°04'	0	(2 -1 -1 0) hex	0
LBO	45° X-Z	(1 1 0) tetra	0	0	(0 0 1) tetra	0

Synthetic quartz	42,75°Y-X	(0 1 –1 1) hex	+4°32'	0	(2 –1 –1 0) hex	0
LGS	yxlt/48,5°/26,6°	(0 1 –1 1) hex	–5°45'	0	(1 1 –2 0) hex	–26°36'

9 Measurement of bulk resistivity

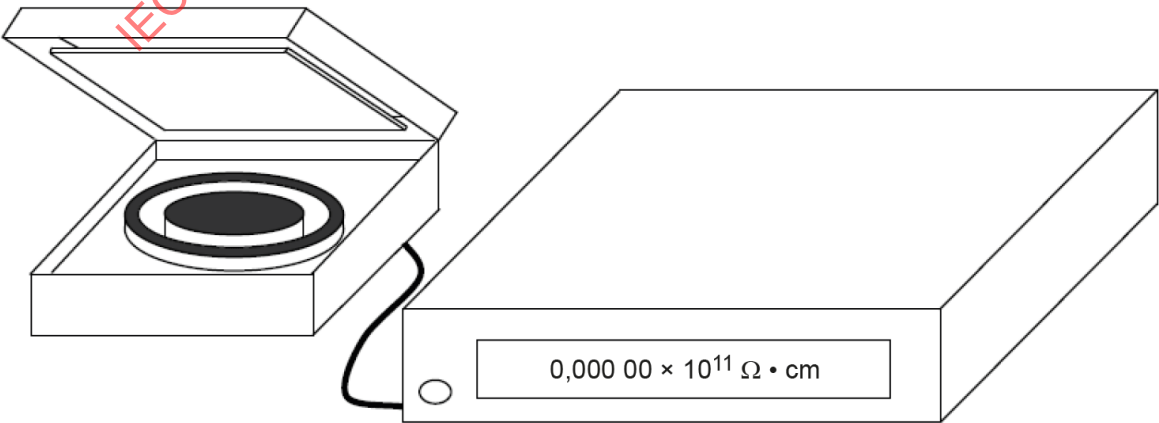
9.1 Resistance measurement

Resistance measurement equipment with insulation resistance $1,0 \times 10^8 \Omega$ to $1,0 \times 10^{14} \Omega$ and a circular electrode is used for measuring resistance of wafer. When a wafer is measured it is put between electrodes of the equipment. A voltage of 500 V is applied while the current through the wafer is measured and the reading is taken one minute after the voltage is applied. Measuring circuits and equipment are shown in Figure 9 and Figure 10.



IEC

Figure 9 – Measuring circuit



IEC

Figure 10 – Resistance measuring equipment

9.2 Electrode

A shape and size example of electrode is shown in Table 5 and Figure 11.

Table 5 – Electrode size

– electrode diameter			+ electrode diameter
mm			mm
D_1	D_2	d	D_3
$80 \pm 0,5$	$70 \pm 0,5$	$50 \pm 0,5$	$100 \pm 0,5$

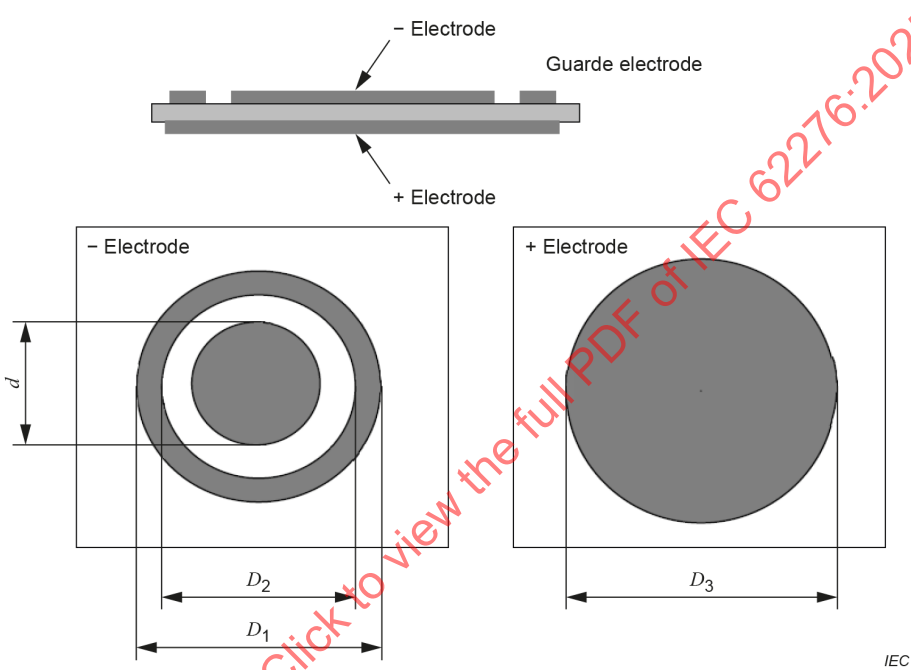


Figure 11 – Shape of electrode

9.3 Bulk resistivity

After measuring resistance of a wafer, bulk resistivity shown in Formula (2), in which bulk resistance is calculated as shown in Formula (3).

$$\rho_v = R \left(\pi d^2 / 4t \right) \tag{2}$$

where

- ρ_v is the bulk resistivity ($\Omega \cdot \text{cm}$);
- d is the diameter of inner face electrode (cm);
- t is the thickness of substrate (cm).

$$R = V / I \tag{3}$$

where

R is the bulk resistance (Ω);

V is the DC voltage (V);

I is the electric current (A).

10 Visual inspections – Front surface defects and inclusions inspection method

A polished wafer surface is required for fabrication of reliable SAW transducers. Routine wafer inspection should include visually checking for the following defects:

- inclusions;
- scratches;
- chips;
- cracks;
- contamination;
- dimples, pits, orange peel, etc.

Visual inspection pass/fail criteria can be based on:

- a) quantitative measurements;
- b) qualitative descriptions;
- c) visual documentation (e.g. illustrations, photographs), or
- d) representative samples.

Inspection records shall clearly indicate whether the product has passed or failed the inspection based on the established acceptance criteria.

Wafers are typically sampled using the unaided eye, with a high intensity white light lamp providing illumination. Selected wafers can also be examined under a microscope to better characterize small defects. Depending on the circumstances, different microscopy methods can be used (e.g. brightfield, darkfield, Nomarski). Unaided visual inspection is carried out in a clean environment, with the wafer suspended over a dark surface. The inspection area should be darkened so as to prevent stray ambient light from interfering with the inspector's ability to clearly see the surface.

In order to avoid bias and accurately gauge the number of defects present in a given sample population, wafers to be inspected should be chosen at random and, in the case of a production stream, with consistent sampling frequency. Variables such as the wafer surface area to be inspected, or details of the inspection light source (e.g. intensity, type or illumination angle) shall be negotiated between the user and the supplier. Quantitative defect criteria should be used when practicable.

11 Measurement of thickness and thickness variation

11.1 Measurement principle

11.1.1 Contact measurement

Contact measurement obtains surface information by the contact between sensing measuring head and sample, and the 5-point method (see Figure 1) is generally used.

11.1.2 Contactless measurement

Contactless measurement is based on the effect of interference. Firstly, the upper and bottom sensors determine the intensity of interfering light at specific wavelengths according to the distance between the reference surface and testing wafer; secondly, the light intensity distribution of a specific wavelength can be obtained by dividing the interference light into different wavelengths with the help of a spectroscope; finally, the thickness of the testing wafer can be obtained after waveform analysis of the distribution. Contactless measurement is divided into contactless point measurement and contactless surface scanning measurement.

11.2 Sample

The surface of the sample should be clean and dry. The measurement position should be marked at the edge of the back surface in a sample without reference surface.

11.3 Measurement method

11.3.1 Contact measurement

Thickness and TV5 are generally obtained by contact measurement, and the 5-point method is used usually, the location of measurement points is shown in Figure 1. Thickness, TV5 and other point measurements indicators as needed can be measured by this method.

11.3.2 Contactless measurement

11.3.2.1 Contactless point measurement

Contactless point measurement is similar to the contact measurement, with the advantage of avoiding damage to the wafer surface. The 5-point method is generally used, the location of measurement points is shown in Figure 1. Thickness, TV5 and other point measurements indicators as needed can be measured by this method.

11.3.2.2 Contactless area scanning measurement

When using contactless area scanning measurement, a vacuum chuck is used to hold the back of the wafer sample, so that the surface of the sample is as close to the reference plane of the interferometer as possible. Due to the different optical path difference, the interference fringes will appear on the screen. The interference fringes are analyzed by the system with the vacuum chuck as the reference plane, then the thickness, TTV, and LTV for LN and LT can be measured. The distance between the boundary of the fixed quality area (FQA) and wafer edge is 3 mm.

PLTV value is calculated according to Formula (4):

$$P = \frac{n}{N_0} \times 100 \% \quad (4)$$

Where

P is the PLTV value;

n is the number of sites that fall within the specified LTV value;

N_0 is the total number of sites with defined edge dimensions.

12 Measurement of transmittance

12.1 Measurement principle

The transmittance is mainly measured by a spectrophotometer, the principle of which is that parallel light propagates through a homogeneous medium. The transmittance is calculated according to Formula (5):

$$\tau = \frac{I}{I_0} \quad (5)$$

where

I is the transmitted power, and the unit is candela (cd);

I_0 is the incident power, and the unit is candela (cd);

τ is the transmittance (%).

12.2 Sample

Choose the double sides polished wafers after reduction process as the test sample, and the deviation of the parallelism between the two sides is less than 10 µm. Measurement points should be selected by a gage with sufficient accuracy (better than 0,1 mm). The shape, size and surface quality of the sample are as agreed upon by the user and the supplier.

12.3 Measurement method

The transmittance is measured by a spectrophotometer at a specified wavelength (generally 365 nm). The transmittance value is recorded after placing the sample in the spectrophotometer. 5 points are tested on the same wafer, which are shown in Figure 1, and the average value is used as the measurement result of transmittance.

13 Measurement of lightness and colour difference

13.1 Measurement principle

The measurement principle of lightness and colour difference is presented in Annex C.

13.2 Sample

Choose the reduced single side polished wafers of the same specification as the samples. The detailed requirements for surface processing of samples shall be subject to agreement between the user and the supplier. The measurement is not suitable for the double sides polished wafers.

13.3 Measurement method

Under the condition that the diameter of the measurement point is not more than 10 mm and the light source adopts CIE standard illuminator D65, the spectrophotometer is used to measure the surface colour of 5 points on the wafer and output the quantified colour values L^* , a^* , b^* . Measurement points should be selected by a gage with sufficient accuracy (better than 0,1 mm), the location of measurement points is shown in Figure 12.

The measurement should be performed in a darkroom, and the measurement environment should meet the requirements of the instrument.

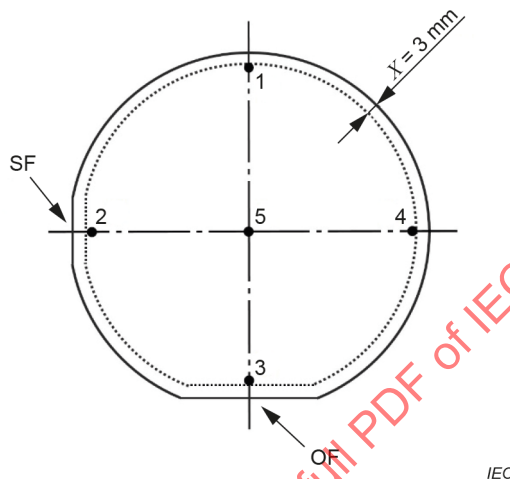


Figure 12 – Measurement points for lightness and colour difference determination

After measuring, the lightness L^* within the wafer is calculated according to Formula (6):

$$L^* = \frac{L_1^* + L_2^* + L_3^* + L_4^* + L_5^*}{5} \quad (6)$$

where

L^* is the lightness within the wafer, and that also is the average value of the 5 measurement points,

L_1^* , L_2^* , L_3^* , L_4^* and L_5^* are the lightness of 5 measurement points respectively.

After measuring, any point in the wafer as the optional reference point (0) is compared with the other four points (x) in pairs. The ΔE_{ab}^* is calculated according to Formula (7), ΔL^* , Δa^* and Δb^* in which are calculated according to Formulae (8) to (10) respectively.

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (7)$$

$$\Delta L^* = L_x^* - L_0^* \quad (8)$$

$$\Delta a^* = a_x^* - a_0^* \quad (9)$$

$$\Delta b^* = b_x^* - b_0^* \quad (10)$$

where

ΔE_{ab}^* is the colour difference value between two points within the wafer;

ΔL^* is the difference of L^* values between two points within the wafer;

Δa^* is the difference of a^* values between two points within the wafer;

Δb^* is the difference of b^* values between two points within the wafer.

The maximum value among 10 calculated ΔE_{ab}^* is determined as the colour difference within the wafer.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62276:2025

Annex A (normative)

Expression using Euler angle description for piezoelectric single crystals

Material tensor properties of piezoelectric single crystals such as piezoelectric constants (d_{11}), elastic constants (c_{11}), and dielectric constants (ϵ_{11}) are generally described in a rectangular coordinate system (X, Y, Z) related to the crystal axes. Wafer cuts used for SAW device fabrication generally use rotated cuts. The Euler angle description gives a way to describe the crystallographic orientation of the wafer surface normal direction and the orientation flat direction which typically coincides with SAW wave propagation.

Figure A.1 shows the three rotations and their respective angles that transform the crystallographic axes (X, Y, Z) to the wafer coordinate system (x_1, x_2, x_3) as shown in Figure A.2. The SAW wave propagation direction typically is in the x_1 direction. The surface normal points are in the x_3 direction. The top surface is the polished surface on which the electrode patterning is done. x_2 is defined by forming an orthogonal, right-handed coordinate system with the other two vectors. To visualize the Euler angle rotations, start with a crystal having axes (X, Y, Z). The first rotation is around Z by the angle φ in the direction indicated in Figure A.1. The values of φ can range from 0° to 360° . This rotation maps the old X-axis onto x_{rot} . The next rotation is around this newly defined axis x_{rot} by the angle θ . This angle is restricted to values ranging from 0° to 180° . The rotation maps the Z-axis onto x_3 , the wafer surface normal. The last rotation is around x_3 by angle ψ . The range for this angle can range from 0° to 360° and it will map x_3 onto x_1 , the direction that coincides with the orientation flat. Using the angles within the range given here provides a way to completely describe any wafer orientation. It also allows to specify which wafer side is to be polished. In lithium niobate for example, the Y-face is polar and wet etching in hydrofluoric acid will have a different rate on the two opposite sides of the wafer. The angles $(0^\circ, 90^\circ, 90^\circ)$ designate a wafer with the $-Y$ face polished and a flat on the $+Z$ end of the wafer. The angles $(180^\circ, 90^\circ, 90^\circ)$ designate a wafer with the $+Y$ face polished and the flat also at the $+Z$ end of the wafer. While the SAW properties commonly do not depend on which face of the wafer is polished, other characteristics such as pyroelectric charging or etching often do and thus it is important to specify which surface to polish.

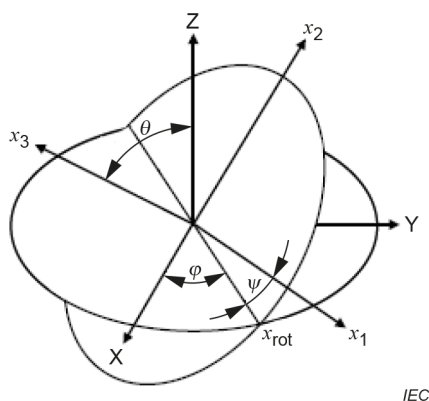


Figure A.1 – Definition of Euler angles to rotate coordinate system (X, Y, Z) onto (x_1, x_2, x_3)

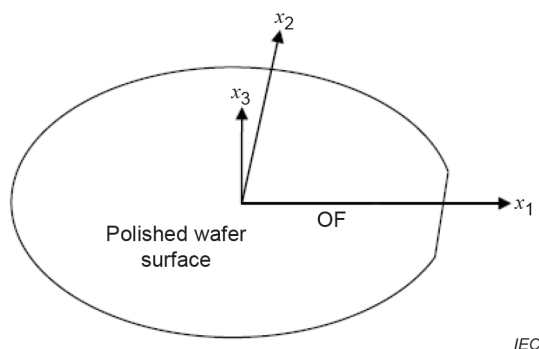


Figure A.2 – SAW wafer coordinate system

The Euler angle definition specified here applies only to crystals using right-handed crystal coordinate systems. In other cases, such as left-handed synthetic quartz, the nomenclature is agreed on between users and suppliers.

In order to highlight the propagation direction of surface acoustic waves, there is another expression to demonstrate description of orientation and SAW propagation, which has a certain correspondence with Euler angles.

Table A.1 lists typical SAW substrate orientations and Euler angles. The same substrate cuts are shown in Figure A.3.

Table A.1 – Selected SAW substrate orientations and corresponding Euler angles

Abbreviated terms	Cut angle and propagation	Chemical formula and Euler angle
128° Y-X LN	127,8° rotated Y cut X SAW propagation Lithium niobate substrate	LiNbO ₃ (0°, 37,86°, 0°)
Y-Z LN	Y cut Z SAW propagation Lithium niobate substrate	LiNbO ₃ (180°, 90°, 90°)
64° Y-X LN	64° rotated Y cut X SAW propagation Lithium niobate substrate	LiNbO ₃ (0°, 154°, 0°)
X-112° Y LT	X cut 112,2° rotated Y SAW propagation Lithium tantalate substrate	LiTaO ₃ (90°, 90°, 112,2°)
36° Y-X LT	36° rotated Y cut X SAW propagation Lithium tantalate substrate	LiTaO ₃ (0°, 126°, 0°)
42° Y-X LT	42° rotated Y cut X SAW propagation Lithium tantalate substrate	LiTaO ₃ (0°, 132°, 0°)
45° X-Z LBO	45° rotated X cut Z SAW propagation Lithium tetraborate substrate	Li ₂ B ₄ O ₇ (45°, 90°, 90°)
42,75° Y-X α-Quartz	42,75° rotated Y cut X SAW propagation α-quartz crystal	SiO ₂ (α-Quartz) (0°, 132,75°, 0°)
yxlt/48,5°/26,6° LGS	48,5° rotated Y cut 26,6° rotated X SAW propagation Lanthanum gallium silicate substrate	La ₃ Ga ₅ SiO ₁₄ (0°, 138,5°, 26,6°)

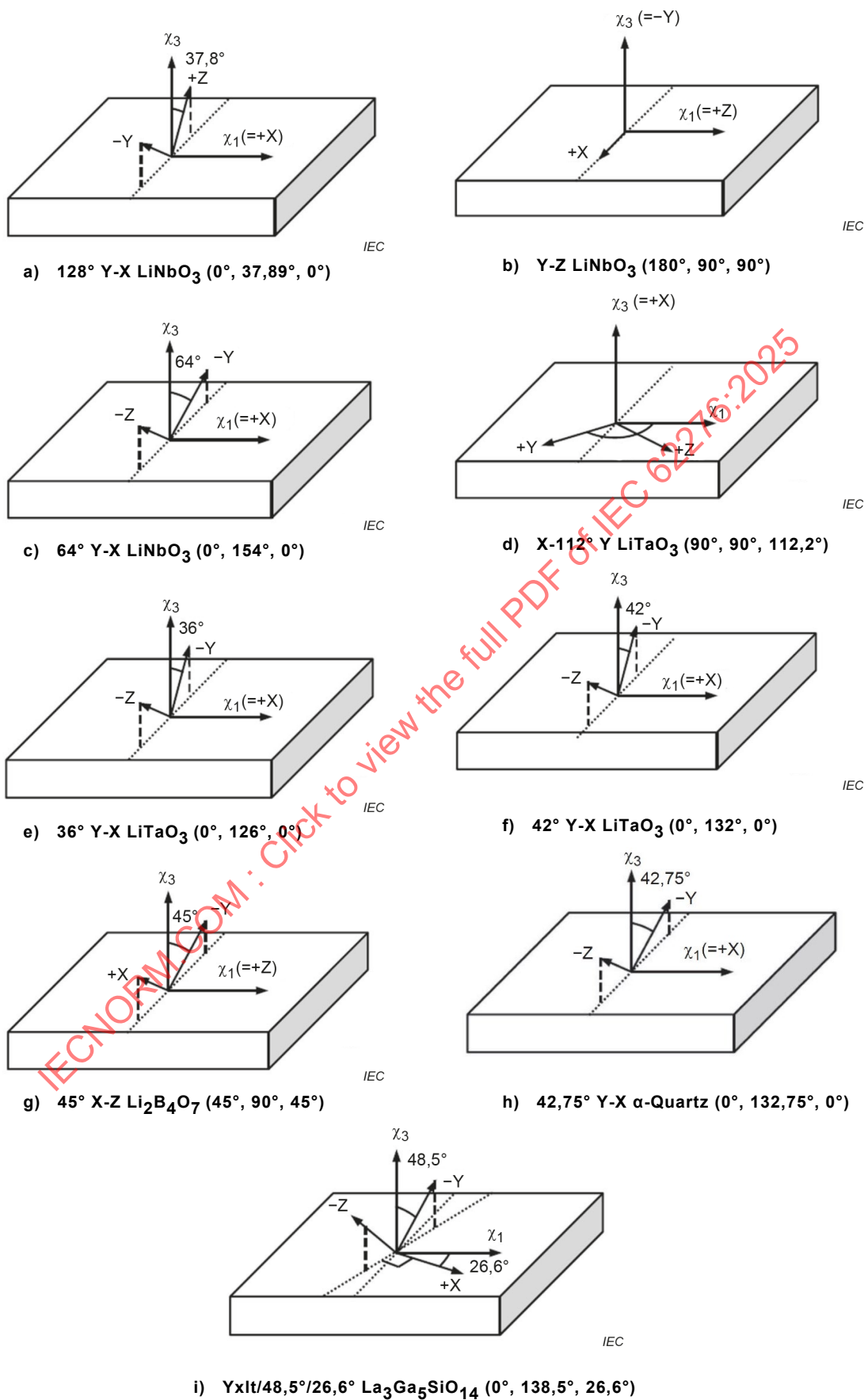


Figure A.3 – Relationship between the crystal axes, Euler angles, and SAW orientation for some wafer orientations

Annex B

(informative)

Manufacturing process for SAW wafers

B.1 Crystal growth methods

B.1.1 Czochralski growth method

B.1.1.1 General

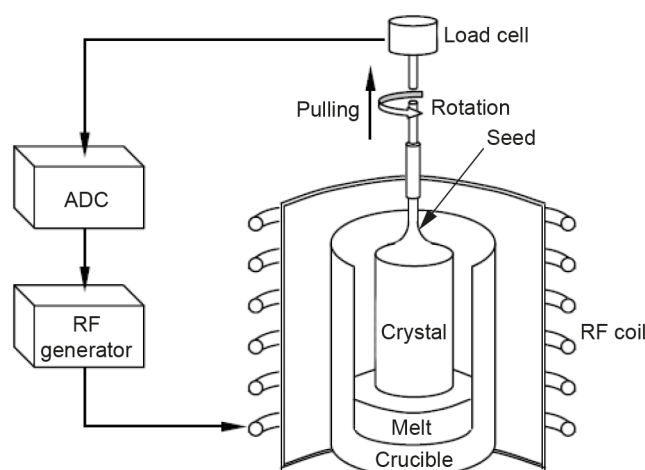
A single crystal boule is grown by dipping a seed crystal into a melt contained within a crucible. The seed and/or the crucible is rotated while slowly pulling the seed upward, thus drawing a boule from the melt as it cools and solidifies. This technique is named after Polish scientist Jan Czochralski who first used it in 1916 to grow single crystals of metals. Industrial volume production using this method started with germanium (Ge) and silicon (Si). The first crystals of LN and LT were manufactured in 1965 at Bell Labs and at a lab located in the former Soviet Union.

While heating can be applied either by RF induction or resistive heating, LN, LT and LGS single crystals are generally grown using RF induction heating. Figure B.1 shows a simplified sketch of an apparatus using RF heating.

The starting material is typically prepared as follows: Powders of Li_2CO_3 and Nb_2O_5 (Ta_2O_5) with a Li/Nb (Li/Ta) mole ratio between 0,93 and 0,95 are mixed and calcinated after press forming. The resulting polycrystalline ceramic of LN (LT) is placed into the crucible and melted by heating the crucible.

For LGS, initial starting material is obtained by mixing La_2O_3 , Ga_2O_3 and SiO_2 in stoichiometric proportions. The mixture is pressed into pellets and annealed at temperatures higher than 1 200 °C for a few hours. The resultant polycrystalline LGS is used in the same way as for LN or LT.

The end of a seed crystal cut with the desired crystal orientation is carefully lowered to just make contact with the melt. This seed crystal is rotated to induce a controlled convection pattern in the melt, and a slow pull rate is initiated that withdraws the seed (and growing crystal) from the melt. The melt temperature is carefully controlled near the melting point of the material so that the growing crystal displays the desired necking (narrowing of diameter at the top of the boule) during the early stages of growth.



IEC

Figure B.1 – Czochralski crystal growth method

Once a proper neck is formed, the melt is next gradually cooled until a shoulder is formed and constant crystal growth diameter is achieved. The weight of the growing crystal is tracked with a load cell as shown in Figure B.1, and the present diameter is inferred from the time derivative of that signal. The automatic diameter control (ADC) electronics adjusts the RF power dynamically in order to maintain the proper diameter. When the desired crystal length has been achieved, the crystal is quickly pulled from the melt to stop growth and carefully cooled to room temperature.

B.1.1.2 Domain structure

LN and LT are ferroelectric crystals and exist in the non-polar paraelectric phase when grown. As they are cooled below the transition temperature, the Curie temperature, the structure changes from the ferroelectric phase to the paraelectric phase and a spontaneous polarization develops along the Z-axis. When this happens during cool-down after growth, the crystal typically forms many different regions, called domains, with opposite polarity in neighbouring domains. This multi-domain structure is undesirable, and a single domain crystal is obtained by applying an external DC voltage while the crystal cools through the transition. This operation is termed "poling".

Because the spontaneous polarization aligns along the Z-axis in LN and LT, poling is done by forming an electrode pair on the faces perpendicular to the Z axis, heating up crystals above the Curie temperature, and then cooling down the crystals while applying a DC voltage. To remove thermal stress from LN and LT grown by the crystal pulling method, an annealing process is typically carried out before poling at a temperature below the melting point. For LT, the annealing operation is carried out around 1 300 °C, the crystal is then cooled down to room temperature to apply the electrodes by conductive metal paste. Then, the temperature is raised to about 650 °C, a DC voltage of some mV/cm of crystal length is applied, and the crystal is cooled through the phase-transition temperature of about 600 °C. As the Curie temperature for LN is around 1 140 °C, it is customary to conduct both the annealing (at about 1 200 °C) and poling processing at the same time.

B.1.1.3 Compositional uniformity

Crystals do not always grow with their constituents in stoichiometric elemental ratios as their formulae suggest, but instead can crystallize within a compositional solid solution range. For such a material, the composition of the growing crystal is determined by the composition of the melt. Generally, the composition of the solidified single crystal changes during growth. Some material systems have a certain composition, referred to as "congruent composition", where the solid and the melt are in thermodynamic equilibrium. If absent, any constituent volatility (e.g. Li_2O or Ga_2O_3), a melt of congruent composition will produce a uniform single crystal of the same composition.

Crystals of uniform composition can be grown from melts with Li/Nb mole ratio (Li/Ta mole ratio) in the range from 0,93 to 0,95 in the case of LN (LT). When an LN (LT) crystal is grown from a composition different from the ideal composition, the composition changes in the crystals and Curie temperature, lattice constants, and refractive index, etc. change similarly, and wave velocity which is important in SAW devices also changes with the change of the composition. Figure B.2 shows some examples of LN growths. Consider for example case No. 4 where the starting composition was Li rich. As the growing crystal rejects some of the excess Li, the remaining melt Li/Nb ratio increases, and the crystal incorporates more Li as the growth proceeds. Consequently, the wave velocity quickens along the growth axis as the Li/Nb ratio increases. Only for crystals grown from the ideal composition will the wave velocity stay the same along the crystal axis.

This ideal composition can possibly slightly deviate from the congruent compositions depending on crystallization speed, volatilization, etc. For the growth configuration considered here, the ideal composition is shown for case No. 2. Because of high volatility of Ga_2O_3 during LGS growth, these crystals tend to show some compositional nonuniformity, and growing crystals with good uniformity remains a challenge.

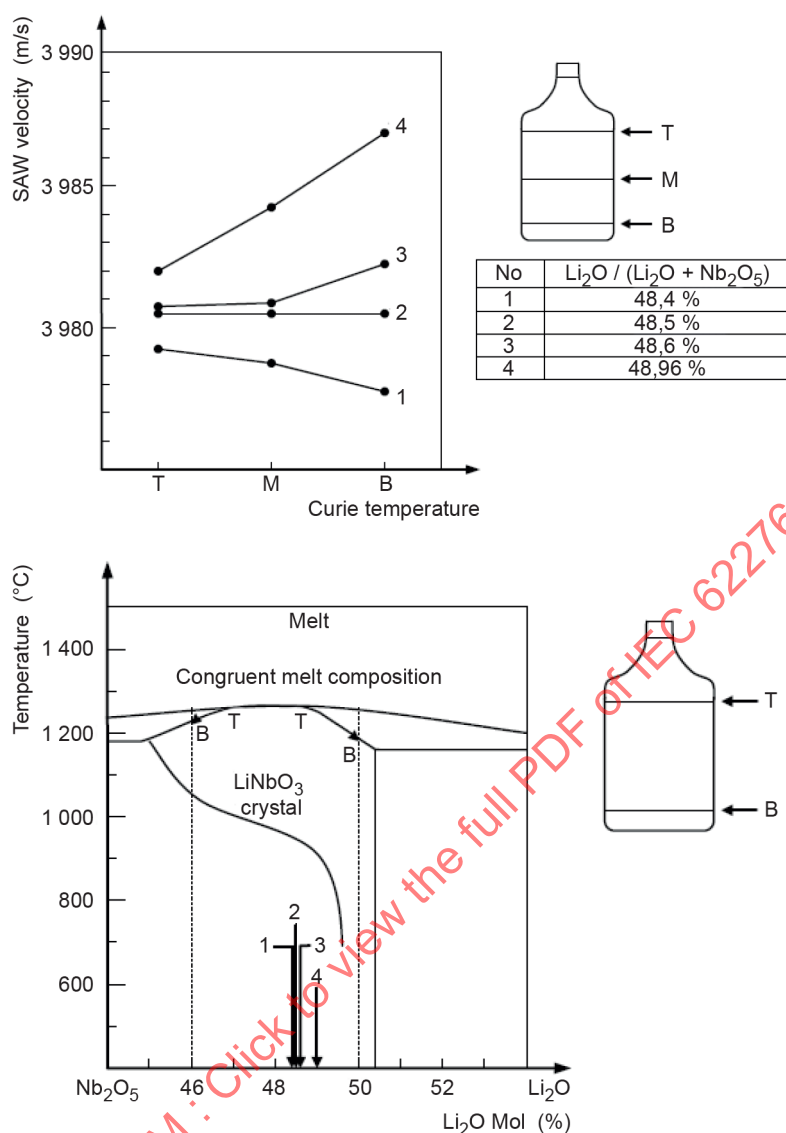


Figure B.2 – Example of non-uniformity in crystals grown from different starting melt compositions

B.1.2 Vertical Bridgman method

Lithium tetraborate ($\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$: LBO) is a stoichiometric composite. It melts congruently and can be crystallized from the melt due to the fact that no phase transition exists below its melting point. LBO is not a ferroelectric and thus no poling is required.

The Czochralski method was initially used for LBO growth; however, it was difficult to obtain large, industrially useful crystals in this manner. More recently, the Vertical Bridgman method was introduced and has since been refined to provide the large crystals required for commercial SAW wafer production.

In the Vertical Bridgman method, a crystal is grown by unidirectional solidification. This is achieved by moving the crucible filled with melted raw material through the furnace having a vertical temperature distribution. The method is simple and low in cost compared to other growth methods. Constant operator attention is not required since crystal diameter control is not necessary. Flaws such as twinning, cracking or polycrystallinity do occasionally occur during growth, most likely triggered by viscous flow in the melt, or by thermally induced strain resulting from a temperature difference between the crystal and crucible.

Figure B.3 provides a schematic showing the furnace temperature distribution during LBO crystal growth. At 917 °C, the LBO melting point is relatively low; consequently, it is possible to use resistively heated furnaces for crystal growth. Cylindrical thin plate platinum crucibles are generally used to allow for relaxing strains caused by anisotropic thermal expansion. Stoichiometric polycrystalline blocks or powder are used as nutrient material.

It has been reported that 50,4 mm to 100,8 mm diameter single crystals with $\langle 001 \rangle$, $\langle 100 \rangle$, $\langle 110 \rangle$ and $\langle 011 \rangle$ orientations can be obtained at growth rates of 0,2 mm/h to 0,3 mm/h, with melt temperatures not exceeding 950 °C to 1 100 °C and temperature gradients of 10 °C/cm to 20 °C/cm at the solid-liquid interface.

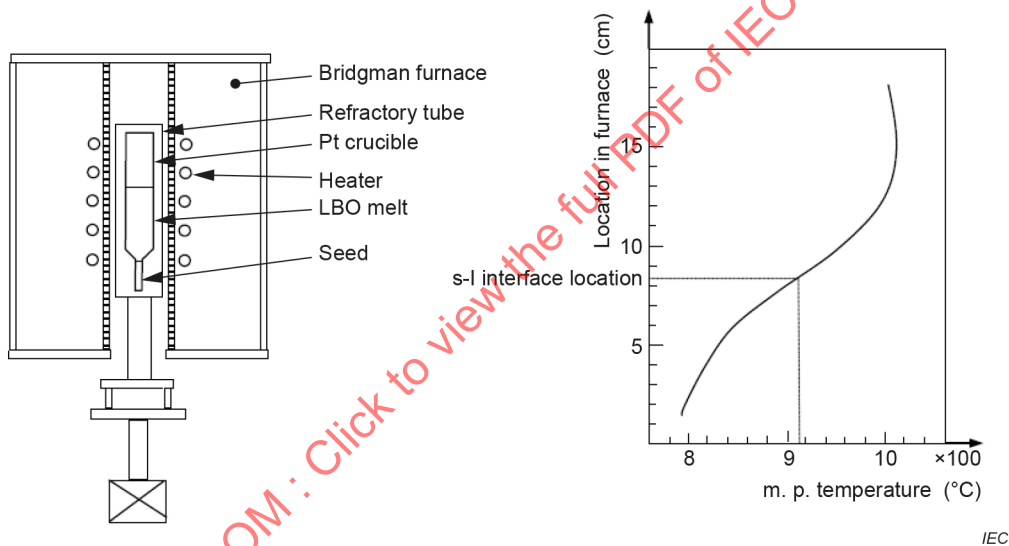


Figure B.3 – Schematic of a Vertical Bridgman furnace and example of temperature distribution

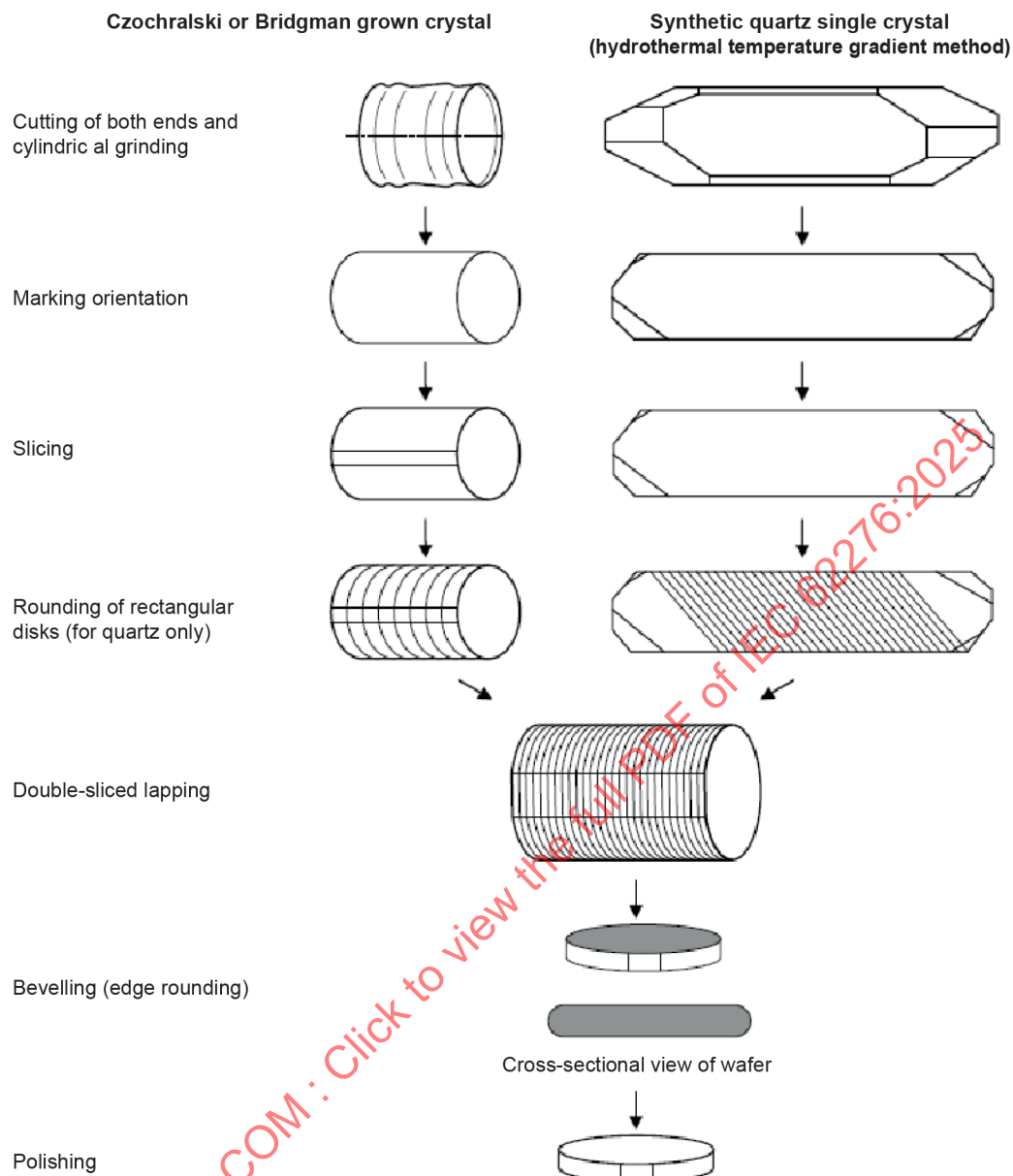
B.1.3 Hydrothermal temperature gradient method

Synthetic quartz single crystal is grown by the hydrothermal temperature gradient method. More details can be found in 3.1, 3.2 and 7.1.2 of IEC 60758:2016.

B.2 Standard mechanical wafer manufacturing

B.2.1 Process flow-chart

Starting with an as-grown crystal, wafer processing is generally performed in the order shown in Figure B.4.



IEC

Figure B.4 – Process flow-chart**B.2.2 Cutting both ends and cylindrical grinding**

Both ends of the grown crystal are cut at the angle required to define a particular surface orientation (the surface orientation of one or both ends is measured as described in 8.3). The lengthwise surface of the crystal is next uniformly ground so as to provide a cylinder with a diameter equal to or slightly greater than the diameter of finished wafers.

By taking the measured orientation of the ends into account when positioning the shaped crystal, any angular deviation from the desired orientation of the main wafer surface is compensated for in the slicing process.

B.2.3 Marking orientation

In order to indicate the SAW propagation direction, a plane is defined on the surface of the crystal. This plane dictates the position of orientation flat (OF) to be produced in a later process. The SAW propagation direction is determined relative to the orientation flat.

B.2.4 Slicing

Any of the following methods can be used to slice wafers from the crystal:

- a) OD (outer diameter saw) slicing: cutting with a saw blade having a diamond containing layer on the outside perimeter;
- b) ID slicing: cutting with a thin, stretched saw blade having a diamond containing layer on the inside in a centrally located round opening in the blade;
- c) slurry or wire slicing: cutting using reciprocating blades or looped wire with simultaneous application of abrasive powder (typically SiC or diamond) dispersed in a liquid slurry.

As-cut wafer thickness variation and warp as well as the depth of sub-surface damage can potentially affect the results of the processes described in B.2.5, B.2.6 and B.2.7.

B.2.5 Double-sided lapping

As-sliced wafers often do not meet specifications for flatness, warp or thickness uniformity. Lapping is performed as an additional process prior to surface polishing in order to improve flatness. The lapping process usually involves use of an abrasive grit suspension applied between the lap machine plates and wafer surfaces. Increasing either the grit size or the lap removal rate will result in a deeper sub-surface damage layer and a rougher surface texture. The lapping process is often divided into several steps using appropriate grit sizes at each step.

B.2.6 Beveling (edge rounding)

One purpose to rounding the circumference of the wafer is to prevent chipping at the edge and scratching of the front surface by broken off fragments during manufacturing processes. A rounded edge will also decrease the likelihood of cracking during consecutive thermal cycling and handling.

B.2.7 Polishing

Once lapped, the wafers are polished in order to provide a flat surface free of mechanical stress and scratches. The polished wafer surface of the wafer should preserve the properties of the original single crystal (i.e. single-domain, twin-free). SAW device performance can suffer if crystalline flaws and process-induced defects such as sub-surface damage are not completely removed during the polishing process.

Annex C (informative)

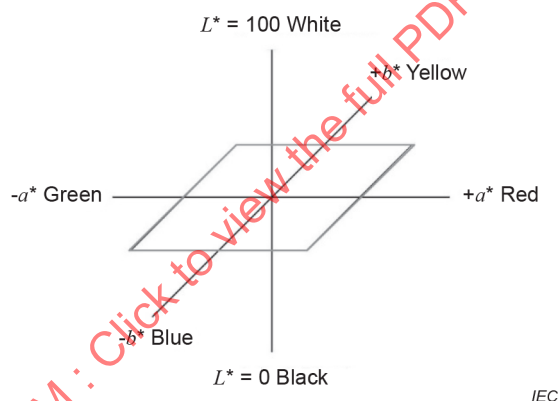
Measurement principle of lightness and colour difference

Lightness and colour difference are measured according to the principle of surface dispersion with colour spectrophotometer. Under that the axis of the reflected beam is 8° off the normal to the centre of the sample, the visual characteristics for combination of light and object is realized through components such as integrating sphere, grating, optical lens and so on, and then the surface colour is measured. The sketch for CIE LAB colour space is as shown in Figure C.1. By locating the certain position of the colour in the colour space and outputting L^* , a^* , b^* values accurately, the colour of the object is expressed quantitatively.

L^* indicates lightness, the range of which is from 0 to 100, that is, the colour goes from black to white, and the larger the more white, the smaller the more black.

a^* indicates red hue and green hue, with positive and negative values, $+a^*$ represents more red, and $-a^*$ represents more green.

b^* indicates yellow hue and blue hue, with positive and negative values, $+b^*$ represents more yellow, and $-b^*$ represents more blue.



IEC

Figure C.1 – Sketch for CIE LAB colour space

Bibliography

IEC 60862-1, *Surface acoustic wave (SAW) filters of assessed quality – Part 1: Generic specification*

IEC 60862-2, *Surface acoustic wave (SAW) filters of assessed quality – Part 2: Guidelines for the use*

IEC 60862-3, *Surface acoustic wave (SAW) filters of assessed quality – Part 3: Standard outlines*

IEC 61019-1, *Surface acoustic wave (SAW) resonators – Part 1: Generic specification*

IEC 61019-2, *Surface acoustic wave (SAW) resonators – Part 2: Guide to the use*

IEC 61019-3, *Surface acoustic wave (SAW) resonators – Part 3: Standard outlines and lead connections*

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

ISO 21920-2, *Geometrical Product Specifications (GPS) – Surface texture: Profile method – Terms, definitions and surface texture parameters*

ANSI/IEEE Std 176-1987, *IEEE Standard on Piezoelectricity*

ASTM F533, *Standard Test Method for Thickness and Thickness Variation of Silicon Wafers*

BALLMAN, A.A. *Growth of Piezoelectric and Ferroelectric Materials by the Czochralski Technique*. J. Am. Ceram. Soc. 1965, 48(2), 112

BALLMAN, A.A., EVINSTEIN, H.J., CAPIO, C.D. and BROWN, H. *Curie Temperature and Birefringence Variation in Ferroelectric Lithium Metatantalate as a Function of Melt Stoichiometry*. J. Am. Ceram. Soc. 1967, 50, 657

BARNS, R.L. and CARRUTHERS, J.R. *Lithium tantalate single crystal stoichiometry*. J. Appl. Cryst. 1970, 3, 395

BOND, W.L. *Precision Lattice Constant Determination*. Acta. Cryst. 1960, 13, 814-818

BYER, R. L., et al. *Growth of High-Quality LiNbO₃ from the Congruent Melt*. J. Appl. Phys. 1970, 41(6), 2320

CARRUTHERS, J.R., et al. *Nonstoichiometry and Crystal Growth of Lithium Niobate*. J. Appl. Phys. 1971, 42, 1846

CIE 15:2004 3rd, *COLORIMETRY*

CZOCHRALSKI, J. *Ein neues Verfahren zur Messung des Kristallisations-geschwindigkeit der Metalle*. Z. Phys. Chem. 1918, 92, 219 (available in German only)

FAN, S.J., XU, J.Y., SUN, R.Y. and ZHANG, G.Y. *Growth and properties of $\Phi 3''$ <011> LBO crystal for leaky SAW devices*. Proc. IEEE International Frequency Control Symp. 1996, 118-120

FAN, S.J. *Properties, production and application of new piezoelectric crystal lithium tetraborate $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$* . Proc. IEEE International Frequency Control Symp. 1993, 353-358

FAN, S.J., SHEN, G.S., WANG, W., LI, J.L. and LE, X.H. *Bridgman growth of $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ crystals*. J. Crystal Growth. 1990, 99, 811-814

FEDULOV, S.A. *The Growth of Crystals of LiNbO_3 , LiTaO_3 and NaNbO_3 by the Czochralski Method*. Sov. Phy. Crystallogr. 1968, 10(2), 218

JIS K6911-1995, *Testing methods for thermosetting plastics*, 27-30

LERNER, P., et al. *Stoechiométrie des monocristaux de métaniobate de lithium*. J. Crystal Growth. 1968, 3-4, 231

Mitsui, T., Nomura, S., et al. *Ferroelectrics and Related Substances: Oxides*, Landolt-Bornstein. 1981, III/16a

MIYAZAWA, S. and IWASAKI, H. *Congruent melting composition of Lithium metatantalate*. J. Cryst. Growth. 1971, 10, 276

REISMAN, A., et al. *Heterogeneous Equilibria in the Systems $\text{LiO-Ag}_2\text{O-Nb}_2\text{O}_5$ and Oxide-Models*. J. Amer. Ceram. Soc. 1958, 80, 6503

SEMI M1-1296, *Polished wafer defects limits*

WARNER, A.W., ONOE, M. and COQUIN, G. A. *Determination of Elastic and Piezoelectric Constants for Crystals in Class (3m)*. J. Acoust. Soc. Amer. 1967, 42(6), 1223-1231

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62276:2025

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	45
1 Domaine d'application.....	47
2 Références normatives	47
3 Termes et définitions	47
3.1 Planéité	47
3.2 Défauts d'aspect	51
3.3 Autres termes et définitions	51
3.4 Termes et définitions liés aux tranches LN et LT	53
4 Exigences	54
4.1 Généralités	54
4.2 Diamètres et tolérances.....	54
4.3 Épaisseur et tolérance.....	54
4.4 Plat d'orientation	54
4.5 Plat secondaire	54
4.6 Rugosité de la surface avant (propagation).....	55
4.7 Rugosité de la surface arrière.....	55
4.8 Gauchissement	55
4.9 TV5 et TTV	55
4.10 LTV et PLTV	56
4.11 Défauts de la surface avant.....	56
4.12 Tolérance d'orientation de la surface.....	56
4.13 Inclusions	56
4.14 Position du germe de la tranche de quartz synthétique.....	57
4.15 Jumeaux électriques dans une tranche de quartz synthétique	57
4.16 Biseau	57
4.17 Résistivité volumique (conductivité) pour LN réduit et LT réduit.....	57
4.18 Transmission	57
4.19 Clarté	57
4.20 Différence de couleur	57
5 Plan d'échantillonnage.....	57
5.1 Généralités	57
5.2 Échantillonnage	57
6 Méthodes d'essai.....	58
6.1 Diamètre	58
6.2 Épaisseur.....	58
6.3 Existence et position de l'OF et du SF	58
6.4 Dimensions de l'OF et du SF	58
6.5 Orientation de l'OF et du SF	59
6.6 TV5	59
6.7 Gauchissement.....	59
6.8 TTV, LTV et PLTV	59
6.9 Défauts de la surface avant.....	59
6.10 Inclusions	59
6.11 Position du germe de la tranche de quartz synthétique.....	59
6.12 Jumeaux électriques dans une tranche de quartz synthétique	59
6.13 Biseau	59

6.14	Rugosité des surfaces avant et arrière	59
6.15	Orientation	60
6.16	Résistivité volumique	60
6.17	Transmission	60
6.18	Clarté	60
6.19	Différence de couleur	60
7	Identification, étiquetage, emballage, conditions de livraison	60
7.1	Emballage	60
7.2	Étiquetage et identification	60
7.3	Conditions de livraison	60
8	Mesures de l'orientation par rayons X	61
8.1	Principe de mesure	61
8.2	Méthode de mesure	61
8.3	Mesure de l'orientation de la surface	61
8.4	Mesure de l'orientation de l'OF	62
8.5	Plans de référence et orientations de tranches types	62
9	Mesure de la résistivité volumique	63
9.1	Mesure de la résistance	63
9.2	Électrode	64
9.3	Résistivité volumique	64
10	Contrôles visuels – Méthode de contrôle des défauts et inclusions de la surface avant	65
11	Mesure de l'épaisseur et de la variation de l'épaisseur	66
11.1	Principe de mesure	66
11.1.1	Mesure par contact	66
11.1.2	Mesure sans contact	66
11.2	Échantillon	66
11.3	Méthode de mesure	66
11.3.1	Mesure par contact	66
11.3.2	Mesure sans contact	66
12	Mesure de la transmission	67
12.1	Principe de mesure	67
12.2	Échantillon	67
12.3	Méthode de mesure	67
13	Mesure de la clarté et de la différence de couleur	67
13.1	Principe de mesure	67
13.2	Échantillon	68
13.3	Méthode de mesure	68
Annexe A (normative) Expression utilisant la description de l'angle d'Euler pour les monocristaux piézoélectriques		70
Annexe B (informative) Processus de fabrication pour tranches OAS		73
B.1	Méthodes de croissance des cristaux	73
B.1.1	Méthode de croissance de Czochralski	73
B.1.2	Méthode de Bridgman verticale	76
B.1.3	Méthode hydrothermale à gradient de température	77
B.2	Fabrication mécanique normalisée de tranches	77
B.2.1	Organigramme de processus	77
B.2.2	Découpe des deux extrémités et meulage cylindrique	78

B.2.3	Marquage d'orientation.....	78
B.2.4	Découpe en tranches	79
B.2.5	Rodage double face	79
B.2.6	Biseautage (arrondissement des bords).....	79
B.2.7	Polissage.....	79
Annexe C (informative) Principe de mesure de la clarté et de la différence de couleur.....		80
Bibliographie		81
Figure 1 – Croquis de tranche et points de mesure		48
Figure 2 – Représentation schématique d'une TTV		48
Figure 3 – Représentation schématique d'un gauchissement		49
Figure 4 – Représentation schématique d'un Sori		49
Figure 5 – Exemple de distribution des sites pour la mesure de la LTV		50
Figure 6 – LTV définie à l'intérieur de chaque site sur la surface de la tranche.....		50
Figure 7 – Méthode de mesure aux rayons X.....		61
Figure 8 – Relation entre l'angle de coupe et les plans du réseau cristallin		62
Figure 9 – Circuit de mesure		63
Figure 10 – Matériel de mesure de la résistance.....		63
Figure 11 – Forme de l'électrode.....		64
Figure 12 – Points de mesure pour la détermination de la clarté et de la différence de couleur		68
Figure A.1 – Définition des angles d'Euler pour la rotation du système de coordonnées (X, Y, Z) en (x_1, x_2, x_3)		70
Figure A.2 – Système de coordonnées d'une tranche OAS		71
Figure A.3 – Relation entre les axes cristallins, les angles d'Euler et l'orientation des OAS pour certaines orientations de tranche.....		72
Figure B.1 – Croissance de cristaux par la méthode de Czochralski.....		74
Figure B.2 – Exemple de non-uniformité dans des cristaux après croissance à partir de différentes compositions de fonte de départ.....		76
Figure B.3 – Représentation schématique d'un four de Bridgman vertical et exemple de distribution de températures		77
Figure B.4 – Organigramme de processus.....		78
Figure C.1 – Croquis de l'espace chromatique CIELAB.....		80
Tableau 1 – Limites des spécifications pour la rugosité, le gauchissement, la TV5 et la TTV		55
Tableau 2 – Spécification de LTV et PLTV pour le LN et le LT		56
Tableau 3 – Plan d'échantillonnage.....		58
Tableau 4 – Plans cristallins pour déterminer les orientations des surfaces et des OF.....		62
Tableau 5 – Taille de l'électrode		64
Tableau A.1 – Orientations de substrats OAS choisis et angles d'Euler correspondants		71

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**TRANCHES MONOCRISTALLINES POUR APPLICATIONS UTILISANT
DES DISPOSITIFS À ONDES ACOUSTIQUES DE SURFACE (OAS) –
SPÉCIFICATIONS ET MÉTHODES DE MESURE**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications, l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un brevet. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'avait pas reçu notification qu'un brevet pouvait être nécessaire à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 62276 a été établie par le comité d'études 49 de l'IEC: Dispositifs piézoélectriques, diélectriques et électrostatiques et matériaux associés pour la détection, le choix et la commande de la fréquence. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2016. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) les termes et définitions, les exigences techniques, la fréquence d'échantillonnage, les méthodes d'essai et la mesure de la transmission, de la clarté et de la différence de couleur pour le LN et le LT ont été ajoutés, afin de satisfaire aux besoins de développement industriel;
- b) le terme « inclusion » mentionné en 4.13 et 6.10 et sa définition ont été ajoutés à l'Article 3, dans la mesure où ils n'étaient pas suffisamment défini;
- c) la spécification de la LTV et du PLTV, et la description correspondante de la fréquence d'échantillonnage pour le LN et le LT ont été ajoutées, dans la mesure où elles correspondent aux paramètres de performances clés pour les tranches;
- d) la tolérance de la spécification relative à la température de Curie pour le LN et le LT a été ajoutée afin de satisfaire aux exigences de développement de l'industrie;
- e) la mesure de l'épaisseur, de la TV5, de la TTV, de la LTV et du PLTV a été réalisée, y compris le principe et la méthode de mesure de l'épaisseur, de la TV5, de la TTV, de la LTV et du PLTV.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants.

Projet	Rapport de vote
49/1454/CDV	49/1460/RVC

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

TRANCHES MONOCRISTALLINES POUR APPLICATIONS UTILISANT DES DISPOSITIFS À ONDES ACOUSTIQUES DE SURFACE (OAS) – SPÉCIFICATIONS ET MÉTHODES DE MESURE

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique à la fabrication de tranches monocristallines de quartz synthétique, de niobate de lithium (LN), de tantalate de lithium (LT), de tétraborate de lithium (LBO) et de silicate de gallium et de lanthane (LGS), destinées à être utilisées comme substrats dans la fabrication de résonateurs et de filtres à ondes acoustiques de surface (OAS).

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60758:2016, *Cristal de quartz synthétique – Spécifications et lignes directrices d'utilisation*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

3.1 Planéité

3.1.1

région de qualité fixe FQA

région centrale d'une surface de tranche, définie par une exclusion nominale du bord, X, sur laquelle les valeurs spécifiées d'un paramètre s'appliquent

Note 1 à l'article: La frontière de la FQA est à tous les points (par exemple le long des plats de tranche) la distance X par rapport au périmètre de la tranche de dimensions nominales, comme représenté à la Figure 1.

Note 2 à l'article: L'abréviation "FQA" est dérivée du terme anglais développé correspondant "fixed quality area".

3.1.2

plan de référence

plan utilisé comme référence pour les mesures de planéité

Note 1 à l'article: Le plan de référence peut être de l'un des types suivants:

- a) pour les mesures dans lesquelles la tranche est serrée, le plan de référence est la surface plane du plateau qui est identique à la surface arrière de la tranche;
- b) pour les mesures dans lesquelles la tranche n'est pas serrée, le plan de référence est défini par la hauteur de surface de trois points sur la surface avant de la tranche à l'intérieur de la FQA;
- c) pour les mesures dans lesquelles la tranche n'est pas serrée, le plan de référence est défini par la méthode des moindres carrés sur la surface avant de la tranche utilisant la hauteur de surface de tous les points mesurés à l'intérieur de la FQA.

3.1.3

site

zone carrée sur la surface avant de la tranche avec un côté parallèle au plat d'orientation

Note 1 à l'article: Les paramètres de planéité sont évalués globalement pour la FQA ou pour chaque site individuellement.

3.1.4

TV5

variation d'épaisseur pour cinq points

différence entre l'épaisseur maximale et l'épaisseur minimale au centre et aux quatre points périphériques de la tranche, comme représenté à la Figure 1

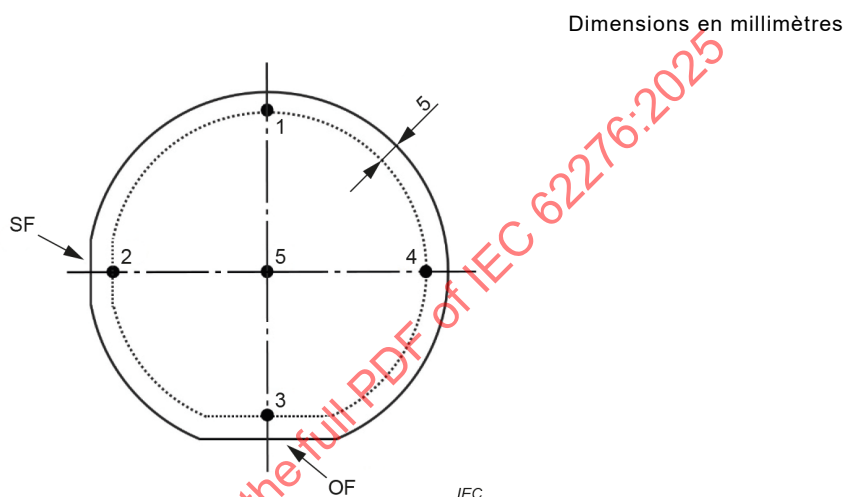


Figure 1 – Croquis de tranche et points de mesure

Note 1 à l'article: L'abréviation "TV5" est dérivée du terme anglais développé correspondant "thickness variation for five points".

3.1.5

TTV

variation totale de l'épaisseur

différence entre l'épaisseur maximale d_1 et l'épaisseur minimale d_2 d'une tranche, comme représenté à la Figure 2

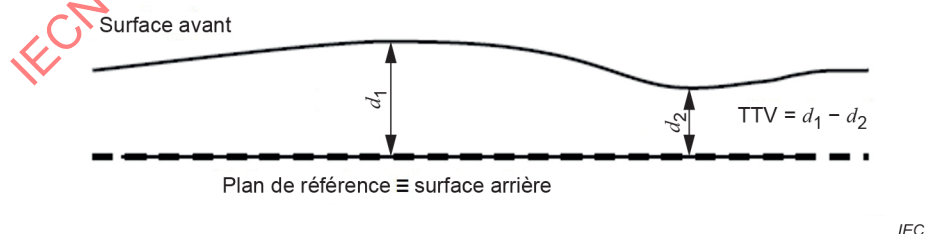


Figure 2 – Représentation schématique d'une TTV

Note 1 à l'article: La mesure de la TTV est effectuée sur une tranche serrée avec le plan de référence comme défini en 3.1.2 a).

Note 2 à l'article: L'abréviation "TTV" est dérivée du terme anglais développé correspondant "total thickness variation".

3.1.6**gauchissement**

distance maximale entre le point le plus élevé et le point le plus bas de la surface avant d'une tranche non serrée par rapport au plan de référence à trois points

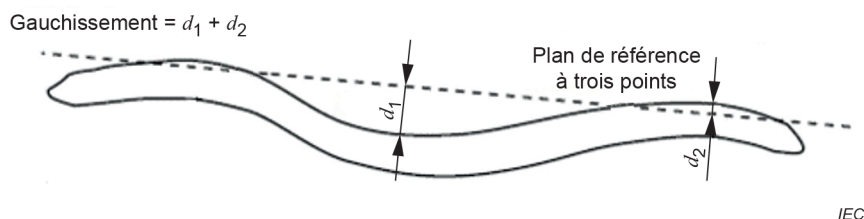


Figure 3 – Représentation schématique d'un gauchissement

Note 1 à l'article: Le gauchissement décrit la déformation d'une tranche qui n'est pas serrée, comme représenté à la Figure 3.

Note 2 à l'article: Le plan de référence est défini par la hauteur de surface de trois points sur la surface avant de la tranche, comme décrit en 3.1.2 b).

3.1.7**sori**

distance maximale entre le point le plus élevé et le point le plus bas de la surface avant d'une tranche non serrée par rapport au plan de référence défini par la méthode des moindres carrés

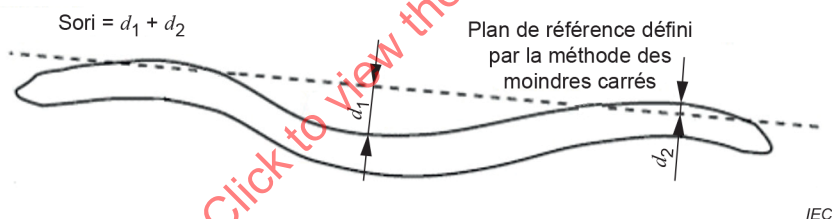


Figure 4 – Représentation schématique d'un Sori

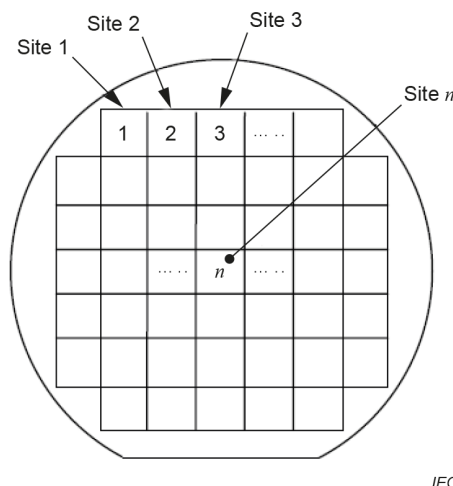
Note 1 à l'article: Le Sori décrit la déformation d'une tranche qui n'est pas serrée, comme représenté à la Figure 4.

Note 2 à l'article: Le plan de référence est défini par la méthode des moindres carrés sur la surface avant de la tranche, comme décrit en 3.1.2 c).

3.1.8**LTV**

variation locale de l'épaisseur

différence entre la valeur maximale et la valeur minimale d'épaisseur d'une tranche à chaque site de la surface de la tranche



Note 1 à l'article: Tous les sites existants au sein de la région de qualité fixe (FQA) sur la surface de la tranche possèdent leur propre valeur LTV.

Figure 5 – Exemple de distribution des sites pour la mesure de la LTV

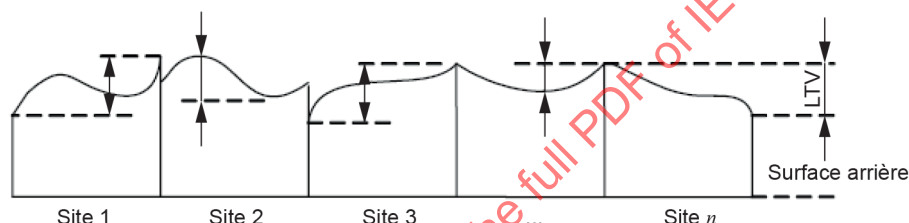


Figure 6 – LTV définie à l'intérieur de chaque site sur la surface de la tranche

Note 2 à l'article: La mesure est effectuée sur une tranche serrée avec le plan de référence défini en 3.1.2 a). La Figure 5 représente un exemple de distribution des sites pour la mesure de la LTV. La LTV est définie à l'intérieur de chaque site, comme représenté à la Figure 6.

Note 3 à l'article: L'abréviation "LTV" est dérivée du terme anglais développé correspondant "local thickness variation".

3.1.9 PLTV

pourcentage de variation locale de l'épaisseur
pourcentage de sites dont les valeurs de variation locale de l'épaisseur font partie de la valeur spécifiée

Note 1 à l'article: Comme pour la LTV, la mesure est effectuée sur une tranche serrée avec le plan de référence défini en 3.1.2 a).

Note 2 à l'article: L'abréviation "PLTV" est dérivée du terme anglais développé correspondant "percent local thickness variation".

3.1.10 FPD

écart par rapport au plan focal
distance maximale entre un point sur la surface de la tranche dans la région de qualité fixe et le plan de référence à trois points

Note 1 à l'article: Le plan de référence à trois points est défini en 3.1.2 b).

Note 2 à l'article: Si le point sur la surface de la tranche est au-dessus du plan de référence à trois points, le FPD est positif. Si ce point est sous le plan de référence à trois points, le FPD est négatif.

Note 3 à l'article: L'abréviation "FPD" est dérivée du terme anglais développé correspondant "focal plane deviation".

3.2 Défauts d'aspect

3.2.1

contamination

corps étranger sur la surface d'une tranche et qui ne peut pas être retiré après nettoyage

3.2.2

fissure

fracture qui s'étend à la surface de la tranche et qui peut ou ne peut pas pénétrer dans toute l'épaisseur

3.2.3

éraflure

rayure peu profonde ou rainure sous le plan établi de la surface, et dont le rapport longueur sur largeur est supérieur à 5:1

3.2.4

copeau

région où le matériau a été retiré de la surface ou du bord de la tranche

Note 1 à l'article: La taille d'un copeau peut être exprimée par sa profondeur radiale maximale et la longueur de parcours périphérique.

3.2.5

fossette

légère dépression en surface d'un diamètre supérieur à 3 mm

3.2.6

trou

anomalie de surface qui ne peut pas être retirée

EXEMPLE Une cavité, résultant typiquement d'un défaut de volume ou d'un processus de fabrication défectueux.

3.2.7

peau d'orange

peau de poire

surface présentant de larges rugosités visibles à l'œil nu sous un éclairage diffus

3.3 Autres termes et définitions

3.3.1

lot de fabrication

lot établi par accord entre le client et le fournisseur

3.3.2

plat d'orientation

OF

partie plate du périmètre d'une tranche indiquant l'orientation du cristal

Note 1 à l'article: Généralement, l'OF correspond à la direction de propagation des OAS (voir Figure 1).

Note 2 à l'article: L'abréviation "OF" est dérivée du terme anglais développé correspondant "orientation flat".

3.3.3

plat secondaire

SF

partie plate du périmètre d'une tranche inférieure au plat d'orientation

Note 1 à l'article: S'il existe, le SF indique la polarité de la tranche et peut servir à distinguer différentes coupes de la tranche (voir Figure 1).

Note 2 à l'article: L'abréviation "SF" est dérivée du terme anglais développé correspondant "secondary flat".

3.3.4

rugosité de la surface arrière

rugosité qui disperse et supprime les ondes de volume perturbatrices sur la surface arrière d'une tranche

3.3.5

orientation de la surface

orientation cristallographique de l'axe perpendiculaire à la surface polie de la tranche

3.3.6

description de l'orientation et de la propagation des OAS

indication de l'orientation de la surface et de la direction de propagation des OAS, séparées par le symbole "-"

Note 1 à l'article: La spécification d'une orientation 0° est normalement omise.

Note 2 à l'article: La règle d'orientation des tranches est décrite à l'Annexe A.

3.3.7

tolérance d'orientation de la surface

écart angulaire maximal admissible de l'orientation de la surface mesurée par diffraction de rayons X par rapport à l'orientation de la surface spécifiée

3.3.8

biseau

pente du bord du périmètre d'une tranche

Note 1 à l'article: Le processus de formation d'une pente s'appelle le "biseautage".

Note 2 à l'article: L'usinage du bord du périmètre d'une tranche peut être effectué par biseautage ou arrondissement des bords. Alors que le biseautage produit une pente plane, l'arrondissement des bords (comme l'expression le suggère) produit un bord arrondi.

Note 3 à l'article: Le biseautage et l'arrondissement des bords, ainsi que leurs tolérances, font l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fournisseur.

3.3.9

diamètre de tranche

diamètre de la partie circulaire de la tranche à l'exclusion des régions de l'OF et du SF

3.3.10

épaisseur de tranche

épaisseur mesurée au centre de la tranche

3.3.11

inclusion

corps étranger (solide, liquide ou vapeur) localisé à l'intérieur d'un cristal piézoélectrique, visible par examen de la lumière diffuse

3.3.12**jumeaux électriques dans une tranche de quartz synthétique**

tranche de quartz synthétique dans laquelle les régions avec l'axe Z commun présentent une inversion de polarité de l'axe électrique X

Note 1 à l'article: Les jumeaux électriques peuvent être le résultat de conditions extrêmes (par exemple, la température et la pression) lors du traitement.

3.4 Termes et définitions liés aux tranches LN et LT**3.4.1****différence de couleur**

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

différence de couleur à différentes parties de la surface d'un objet

Note 1 à l'article: Dans l'espace chromatique CIELAB, ΔE_{ab}^* est la valeur représentant la différence de couleur des différentes parties de la surface d'un objet.

3.4.2**clarté**

$$L^*$$

propriétés lumineuses relatives de la surface d'un objet

Note 1 à l'article: Dans l'espace chromatique CIELAB, L^* désigne les coordonnées représentant la clarté de la couleur de l'objet.

3.4.3**LN réduit**

LN traité avec un processus de réduction

Note 1 à l'article: Le LN réduit est parfois appelé "LN noir".

3.4.4**LT réduit**

LT traité avec un processus de réduction

Note 1 à l'article: Le LT réduit est parfois appelé "LT noir".

3.4.5**processus de réduction**

processus comprenant une réaction d'oxydoréduction (REDOX) pour augmenter la conductivité afin de réduire les effets nocifs de pyroélectricité

3.4.6**transmission**

$$\tau$$

rapport de la puissance transmise à travers l'échantillon à la puissance incidente sur l'échantillon, exprimé en pourcentage

4 Exigences

4.1 Généralités

Les spécifications énumérées à l'Article 4 s'appliquent en l'absence d'accords prépondérants entre l'utilisateur et le fournisseur. Le processus de fabrication pour tranches OAS est présenté à l'Annexe B. Normalement, les spécifications évoluent et changent à mesure que les processus existants sont affinés et que de nouveaux sont développés. Pour les tranches généralement utilisées en même temps qu'un matériel photolithographique pas à pas, la LTV est typiquement spécifiée comme un des critères de planéité. Lorsque la lithographie par projection est utilisée pour exposer entièrement les tranches, le FPD convient souvent mieux que la TTV, car le système corrige l'inclinaison référencée hors de la surface avant. Le Sori est souvent plus significatif que le gauchissement puisque le plan de référence dérivé de la méthode des moindres carrés utilisé dans cette mesure donne généralement une représentation plus précise de la surface des tranches.

4.2 Diamètres et tolérances

- $(76,2 \pm 0,25)$ mm (désormais appelée tranche de 76,2 mm et communément appelée tranche de "3 pouces");
- $(100,0 \pm 0,5)$ mm (désormais appelée tranche de 100 mm et communément appelée tranche de "4 pouces");
- $(125,0 \pm 0,5)$ mm (désormais appelée tranche de 125 mm et communément appelée tranche de "5 pouces");
- $(150,0 \pm 0,5)$ mm (désormais appelée tranche de 150 mm et communément appelée tranche de "6 pouces").

4.3 Épaisseur et tolérance

L'épaisseur est comprise entre 0,18 mm et 0,80 mm. La tolérance pour le diamètre jusqu'à 100 mm est de $\pm 0,03$ mm. Pour un diamètre supérieur à 100 mm, la tolérance sur l'épaisseur doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

4.4 Plat d'orientation

a) Dimensions de l'OF et tolérances

- $(22,0 \pm 3,0)$ mm, sauf accord différent (pour une tranche de 76,2 mm);
- $(32,5 \pm 3,0)$ mm, sauf accord différent (pour une tranche de 100 mm);
- $(42,5 \pm 3,0)$ mm, sauf accord différent (pour une tranche de 125 mm);
- $(47,5 \pm 3,0)$ mm, sauf accord différent (pour une tranche de 150 mm).

b) Tolérance d'orientation

Tolérance d'orientation: $\pm 30'$

L'orientation de l'OF doit être perpendiculaire à la propagation des OAS, sauf accord différent entre l'utilisateur et le fournisseur. L'orientation de l'OF pour les tranches de quartz synthétique est dans la plus petite direction X (-X) [1 1 -2 0].

4.5 Plat secondaire

a) Dimensions du SF et tolérances

Les dimensions et les tolérances du SF sont spécifiées comme des valeurs de référence.

- $(11,2 \pm 4)$ mm, sauf accord différent (pour une tranche de 76,2 mm);
- $(18,0 \pm 4)$ mm, sauf accord différent (pour une tranche de 100 mm);
- $(27,5 \pm 4)$ mm, sauf accord différent (pour une tranche de 125 mm);
- $(37,5 \pm 4,5)$ mm, sauf accord différent (pour une tranche de 150 mm).

b) Tolérance d'orientation du SF

Les tolérances d'orientation du SF sont mesurées par rapport à l'OF et elles font l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fournisseur avec une valeur type de $\pm 1,0^\circ$.

Le marquage au laser peut être utilisé comme une méthode alternative pour indiquer la surface avant.

4.6 Rugosité de la surface avant (propagation)

La surface avant doit être polie. Les détails de la rugosité de la surface font l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fournisseur.

4.7 Rugosité de la surface arrière

Selon accord entre l'utilisateur et le fournisseur (voir Tableau 1).

4.8 Gauchissement

Comme cela est spécifié dans le Tableau 1.

4.9 TV5 et TTV

Comme cela est spécifié dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Limites des spécifications pour la rugosité, le gauchissement, la TV5 et la TTV

Matériau	Diamètre de tranche	Rugosité de la surface arrière (R_a)	Valeur spécifiée du gauchissement μm	Valeur spécifiée de la TV5 μm	Valeur spécifiée de la TTV μm
Quartz synthétique	76,2 mm (3 pouces)	0,5 μm ou plus	30	10	10
		Inférieure à 0,5 μm	20	10	10
	100 mm (4 pouces)	0,5 μm ou plus	40	10	10
		Inférieure à 0,5 μm	30	10	10
LN, LT	76,2 mm (3 pouces)	2,0 μm ou plus	50	15	15
		2,0 μm à 0,5 μm	40	15	15
		Inférieure à 0,5 μm	40	10	10
LN, LT	100 mm (4 pouces)	2,0 μm ou plus	50	20	20
		2,0 μm à 0,5 μm	40	15	15
		Inférieure à 0,5 μm	40	10	10
	125 mm (5 pouces)	2,0 μm ou plus	60	20	20
		2,0 μm à 0,5 μm	50	15	15
		Inférieure à 0,5 μm	40	10	10
	150 mm (6 pouces)	2,0 μm ou plus	60	20	20
		2,0 μm à 0,5 μm	50	15	15
		Inférieure à 0,5 μm	40	10	10
LBO	76,2 mm (3 pouces)	0,5 μm ou plus	40	15	15
		Inférieure à 0,5 μm	40	10	15
	100 mm (4 pouces)	0,5 μm ou plus	40	10	10
		Inférieure à 0,5 μm	40	10	10

Matériau	Diamètre de tranche	Rugosité de la surface arrière (R_a)	Valeur spécifiée du gauchissement μm	Valeur spécifiée de la TV5 μm	Valeur spécifiée de la TTV μm
LGS	76,2 mm (3 pouces)	0,5 μm ou plus	40	15	15
		Inférieure à 0,5 μm	40	10	10
	100 mm (4 pouces)	0,5 μm ou plus	40	20	20
		Inférieure à 0,5 μm	40	10	10

4.10 LTV et PLTV

Si cela est exigé, la LTV et le PLTV pour le LN et le LT sont spécifiés dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Spécification de LTV et PLTV pour le LN et le LT

Classe	LTV maximale (site de 5 mm × 5 mm)	PLTV (3 mm du bord exclu)
I	0,5 μm	≥ 95 %
II	1 μm	≥ 95 %
III	2 μm	≥ 95 %

4.11 Défauts de la surface avant

a) Éraflures

Pas d'éraflures au contrôle visuel.

b) Copeaux

1) Copeaux de bord:

- profondeur radiale: inférieure à 0,5 mm;
- longueur de parcours périphérique: inférieure à 1,0 mm.

2) Surface:

Pas de copeaux au contrôle visuel.

c) Fissures

Pas de fissures au contrôle visuel.

d) Contamination

Pas de contamination au contrôle visuel.

e) Autres

Autres défauts tels que des fossettes, des trous et la peau d'orange: aucun défaut de la sorte au contrôle visuel.

4.12 Tolérance d'orientation de la surface

- Quartz synthétique: $\pm 10'$;
- LN, LT, LBO: $\pm 20'$;
- LGS: $\pm 10'$.

4.13 Inclusions

LN/LT/LBO/LGS: pas d'inclusion visible au contrôle à l'œil nu.

Quartz synthétique: le matériau satisfait à la spécification Classe II de l'IEC 60758:2016, 4.1.3.

4.14 Position du germe de la tranche de quartz synthétique

Le germe doit être à moins de $\pm 3,5$ mm du centre de l'axe Z' et parallèle à l'axe X du centre de la tranche.

4.15 Jumeaux électriques dans une tranche de quartz synthétique

Pas de jumeaux électriques dans une tranche de quartz synthétique.

4.16 Biseau

Le biseau doit être tel que convenu entre l'utilisateur et le fournisseur.

4.17 Résistivité volumique (conductivité) pour LN réduit et LT réduit

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

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

4.18 Transmission

L'exigence de transmission est telle que convenue entre l'utilisateur et le fournisseur, conformément aux spécifications du produit.

4.19 Clarté

L'exigence de clarté est telle que convenue entre l'utilisateur et le fournisseur, conformément aux spécifications du produit.

4.20 Différence de couleur

L'exigence de différence de couleur est telle que convenue entre l'utilisateur et le fournisseur, conformément aux spécifications du produit.

5 Plan d'échantillonnage

5.1 Généralités

Des tranches échantillonnées doivent être choisies de manière aléatoire et être représentatives de la population de production, et elles doivent satisfaire aux critères d'assurance de la qualité à l'aide des méthodes d'essai prescrites.

5.2 Échantillonnage

L'échantillonnage doit faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fournisseur. En l'absence d'une analyse statistique plus détaillée, le plan d'échantillonnage suivant peut être utilisé dans le Tableau 3:

Tableau 3 – Plan d'échantillonnage

Éléments d'échantillonnage	Plan d'échantillonnage
Dimensions (diamètre, épaisseur, dimensions de l'OF et du SF)	2 tranches/lot de fabrication
Orientation de la surface	2 tranches/lot de fabrication
Orientation de l'OF et du SF	2 tranches/lot de fabrication
Rugosité de la surface avant	2 tranches/lot de fabrication
Rugosité de la surface arrière	2 tranches/lot de fabrication
TV5	2 tranches/lot de fabrication
Gauchissement	2 tranches/lot de fabrication
TTV	2 tranches/lot de fabrication
LTV et PLTV	2 tranches/lot de fabrication
Position du germe de la tranche de quartz synthétique	2 tranches/lot de fabrication
Jumeaux électriques dans une tranche de quartz synthétique	2 tranches/lot de fabrication
Résistivité volumique	2 tranches/lot de fabrication
Transmission	2 tranches/lot de fabrication
Clarté	2 tranches/lot de fabrication
Différence de couleur	2 tranches/lot de fabrication
Inclusions (hors tranche de quartz synthétique) ^a	Contrôle de toute la population
Existence et position de l'OF et du SF	Contrôle de toute la population
Défauts de la surface avant	Contrôle de toute la population
Biseautage	Contrôle de toute la population
^a Conformément à 4.13, les inclusions dans du quartz synthétique satisfont à la spécification Classe II de l'IEC 60758:2016, 4.1.3; elles doivent donc être contrôlées dans du quartz synthétique et il n'est pas nécessaire de contrôler les inclusions dans une tranche de quartz synthétique.	

6 Méthodes d'essai

6.1 Diamètre

Mesure du diamètre d'une tranche (à l'exclusion des régions de l'OF et du SF) à l'aide de micromètres de précision suffisante.

6.2 Épaisseur

Épaisseur au centre de la tranche mesurée avec un mesureur d'épaisseur de précision suffisante (en général 1 µm), conformément à 11.3.

6.3 Existence et position de l'OF et du SF

La présence et la position de l'OF et du SF sont mesurées par contrôle visuel.

6.4 Dimensions de l'OF et du SF

Mesure de la longueur de l'OF comme une ligne de coupe droite de l'intersection avec le cercle en utilisant des micromètres de précision suffisante. La mesure de la longueur du SF fait référence à la mesure de la longueur de l'OF.

6.5 Orientation de l'OF et du SF

Écart du plat d'orientation géométrique par rapport à l'orientation de référence du plan du réseau cristallin mesuré à l'aide d'un diffractomètre à rayons X. La méthode est expliquée en détail en 8.4 et à la Figure 7. La mesure de l'orientation du SF fait référence à la mesure d'orientation de l'OF, ou fait l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fournisseur.

6.6 TV5

La TV5 est mesurée au centre et aux quatre points situés à 5 mm du bord de la tranche en utilisant des micromètres de précision suffisante (en général 1 µm) conformément à 11.3.

6.7 Gauchissement

Le gauchissement et d'autres paramètres de planéité sont mesurés en utilisant un matériel de mesure de planéité optique.

6.8 TTV, LTV et PLTV

La TTV, la LTV et le PLTV sont mesurés conformément à 11.3.

6.9 Défauts de la surface avant

Les défauts de surface sur la tranche doivent faire l'objet d'un contrôle en utilisant la méthode expliquée à l'Article 10.

6.10 Inclusions

Les inclusions doivent être contrôlées selon la méthode expliquée à l'Article 10.

6.11 Position du germe de la tranche de quartz synthétique

La position du germe est déterminée en mesurant la distance entre la ligne médiane de la parallèle à la direction X (ou à l'axe X) sur la surface de la tranche et le bord du germe le plus proche. Un liquide adaptateur d'indice peut être appliqué à la surface de la tranche pour faciliter la mesure.

6.12 Jumeaux électriques dans une tranche de quartz synthétique

Les jumeaux électriques dans une tranche de quartz synthétique sont mesurés par une jauge de contrainte polarisante. Sous l'éclairage de la source lumineuse de l'instrument, la tranche est placée entre deux polariseurs orthogonaux (ou un système d'acquisition vidéo), puis le changement de couleur de la surface de la tranche est observé. La présence d'une zone de couleur à agglomération conique indique la présence de jumeaux électriques.

6.13 Biseau

Le biseau est mesuré par contrôle visuel.

6.14 Rugosité des surfaces avant et arrière

La rugosité de la surface peut être mesurée par une méthode optique ou par contact. La rugosité de la surface avant est représentée par R_a , et la méthode d'essai fait l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fournisseur. Les valeurs moyennes de rugosité (R_a) de la surface arrière énumérées dans le Tableau 1 ont été déterminées par profilométrie de contact. Les valeurs mesurées pour une tranche donnée dépendent généralement de la méthode (rayon du stylet, intervalle d'échantillonnage, paramètres optiques).

6.15 Orientation

L'orientation cristallographique est déterminée par diffraction des rayons X (voir Article 8).

6.16 Résistivité volumique

La résistivité volumique est déterminée en appliquant une tension de 500 V à la tranche à température ambiante et en mesurant le courant une minute après l'application de la tension. Le diamètre de l'électrode intérieure doit être compris entre 30 mm et 70 mm (voir Article 9).

6.17 Transmission

La transmission est mesurée conformément à 12.3.

6.18 Clarté

La clarté est mesurée conformément à 13.3.

6.19 Différence de couleur

La différence de couleur est mesurée conformément à 13.3.

7 Identification, étiquetage, emballage, conditions de livraison

7.1 Emballage

Les tranches doivent être emballées pour empêcher toute contamination ou toute détérioration pendant l'expédition ou le stockage.

Les exigences spéciales relatives à l'emballage doivent faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fournisseur.

7.2 Étiquetage et identification

Tous les conteneurs de tranches doivent comporter des étiquettes avec les informations suivantes:

- a) le nom du fournisseur ou la marque de fabrique;
- b) le type de matériau;
- c) l'orientation des tranches;
- d) le numéro de lot de fabrication;
- e) la quantité.

7.3 Conditions de livraison

Des exigences supplémentaires relatives à la documentation ou à l'expédition doivent être négociées entre chaque utilisateur et fournisseur.

8 Mesures de l'orientation par rayons X

8.1 Principe de mesure

Si la distance entre chaque face du réseau cristallin est d , la longueur d'onde des rayons X est λ et l'ordre de diffraction est n , le faisceau de rayons X se diffracte lorsque la condition suivante sur l'angle de Bragg θ est satisfaite comme indiqué dans la Formule (1):

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

La source de rayons X est constituée d'un faisceau collimaté et d'une plaque de cristal réfléchissante facultative. Un détecteur de rayons X est placé en formant un angle par rapport à la source. Lorsque le cristal tourne, le détecteur enregistre les valeurs maximales du signal à l'angle de Bragg et le goniomètre indique l'angle θ entre la surface de la plaque de cristal et les plans du réseau cristallin, comme représenté ci-dessous à la Figure 7.

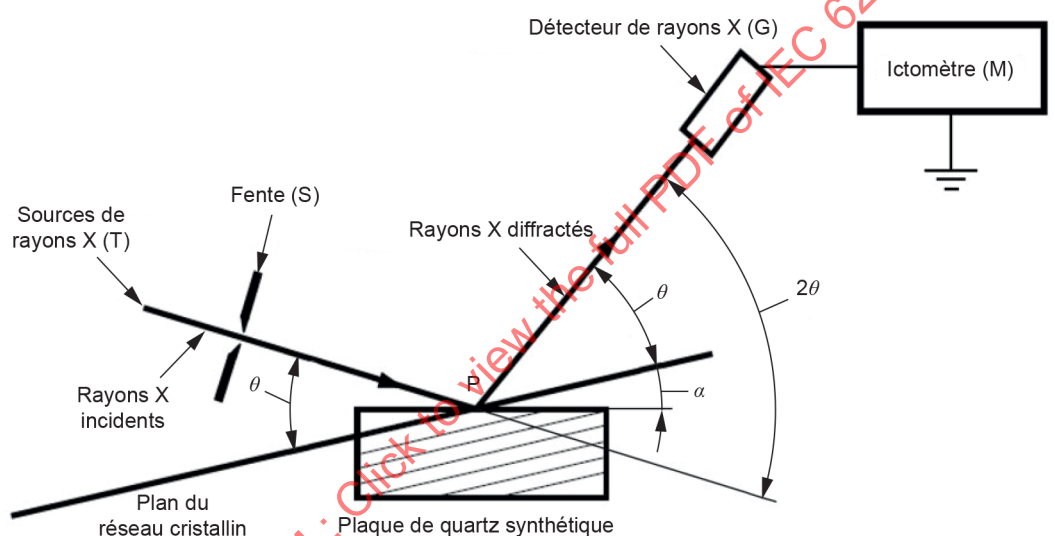


Figure 7 – Méthode de mesure aux rayons X

8.2 Méthode de mesure

Avant de mesurer l'orientation de l'échantillon soumis à l'essai, il peut être nécessaire d'étalonner le goniomètre en utilisant un échantillon de référence. Les écarts de l'orientation de l'échantillon soumis à l'essai sont alors calculés en se basant sur la comparaison des données de diffraction obtenues à partir de l'échantillon avec des données provenant du cristal de référence.

8.3 Mesure de l'orientation de la surface

Il convient de mesurer les angles dans deux directions comme suit:

- parallèle à l'OF: α (sens positif comme représenté à la Figure 8 en regardant l'OF);
- perpendiculaire à l'OF: β (sens positif comme représenté à la Figure 8).

NOTE Une rotation antihoraire de l'angle α est positive en mesurant l'orientation de l'OF.

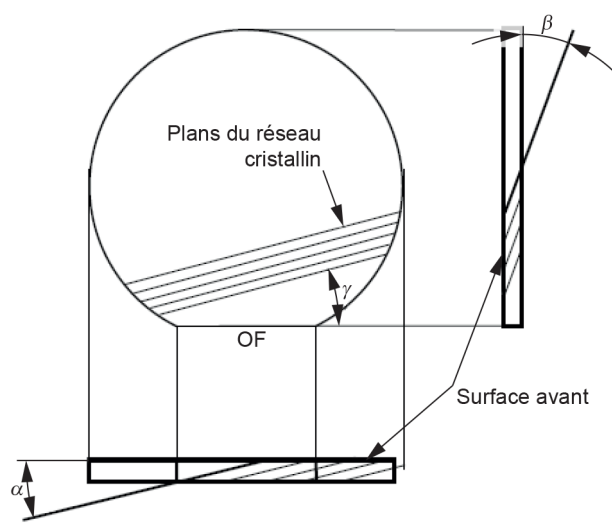


Figure 8 – Relation entre l'angle de coupe et les plans du réseau cristallin

8.4 Mesure de l'orientation de l'OF

Il convient de mesurer l'angle γ (sens positif comme représenté à la Figure 8).

8.5 Plans de référence et orientations de tranches types

Les plans de référence et les orientations de tranches types sont indiqués dans le Tableau 4. La description des orientations de tranches doit être conforme à l'Annexe A.

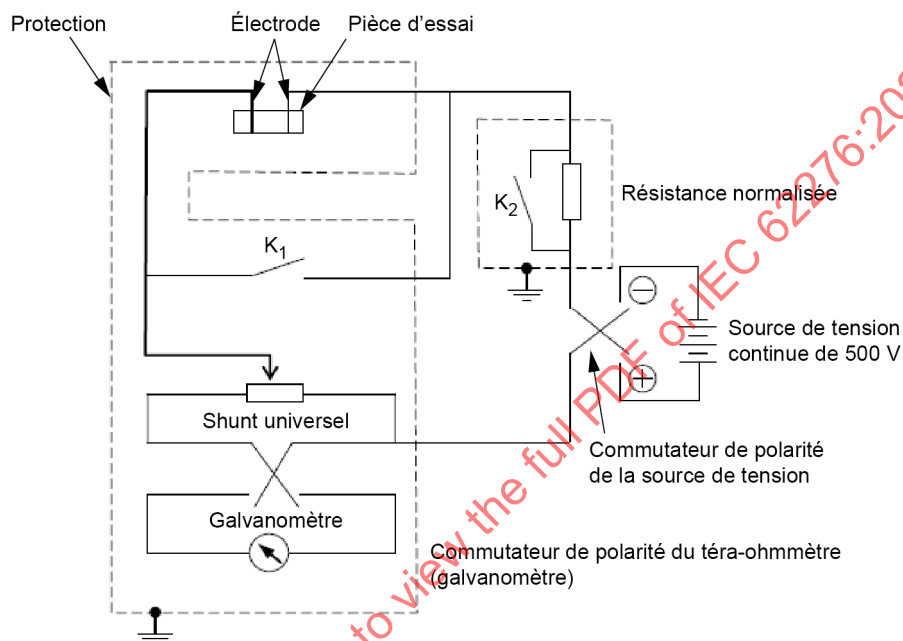
Tableau 4 – Plans cristallins pour déterminer les orientations des surfaces et des OF

Matériau	Description de la tranche	Référence pour face de coupe	Face (α)	Face de coupe (β)	Face de référence de l'OF	Face de l'OF (γ)
LN	128° Y-X	(0 -1 1 4) hex	0	0	(2 -1 -1 0) hex	0
LN	Y-Z	(0 3 -3 0) hex	0	0	(0 0 0 6) hex	0
LN	64° Y-X	(0 1 -1 8) hex	+4°46'	0	(2 -1 -1 0) hex	0
LT	X-112° Y	(2 -1 -1 0) hex	0	0	(0 1 -1 2) hex	-79°16'
LT	X-112° Y	(2 -1 -1 0) hex	0	0	(0 -1 1 10) hex	-5°02'
LT	X-112° Y	(2 -1 -1 0) hex	0	0	(0 0 0 6) hex	-22°12'
LT	36° Y-X	(0 1 -1 2) hex	-3°04'	0	(2 -1 -1 0) hex	0
LT	42° Y-X	(0 1 -1 2) hex	-9°04'	0	(2 -1 -1 0) hex	0
LBO	45° X-Z	(1 1 0) tétra	0	0	(0 0 1) tétra	0
Quartz synthétique	42,75°Y-X	(0 1 -1 1) hex	+4°32'	0	(2 -1 -1 0) hex	0
LGS	yxlt/48,5°/26,6°	(0 1 -1 1) hex	-5°45'	0	(1 1 -2 0) hex	-26°36'

9 Mesure de la résistivité volumique

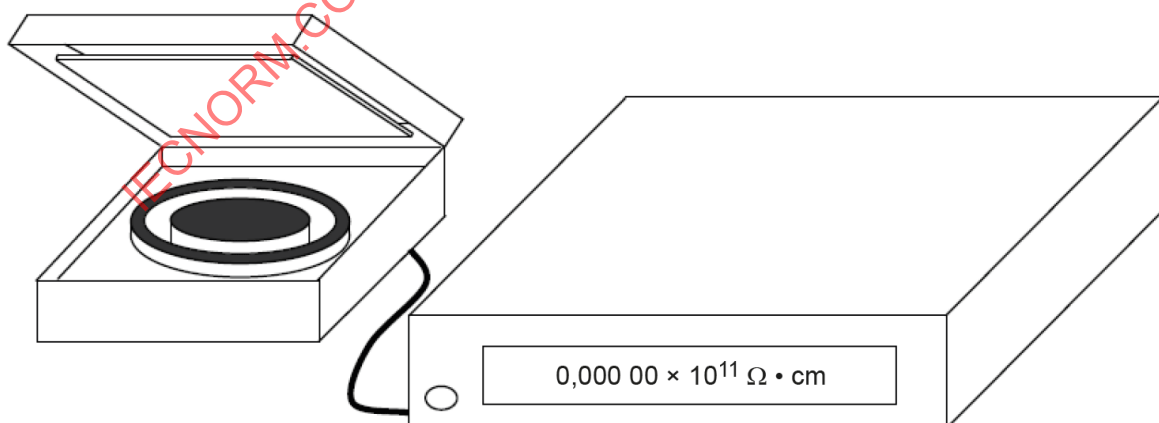
9.1 Mesure de la résistance

Un appareil de mesure de la résistance avec une résistance d'isolement de $1,0 \times 10^8 \Omega$ à $1,0 \times 10^{14} \Omega$ et une électrode circulaire sont utilisés pour mesurer la résistance de la tranche. Quand une tranche est mesurée, elle est placée entre les électrodes du matériel. Une tension de 500 V est appliquée quand le courant traversant la tranche est mesuré et la lecture est effectuée une minute après que la tension a été appliquée. Les circuits et le matériel de mesure sont représentés à la Figure 9 et à la Figure 10.



IEC

Figure 9 – Circuit de mesure



IEC

Figure 10 – Matériel de mesure de la résistance

9.2 Électrode

Un exemple de forme et de taille d'électrode est représenté dans le Tableau 5 et à la Figure 11.

Tableau 5 – Taille de l'électrode

Diamètre de l'électrode - mm			Diamètre de l'électrode + mm
D_1	D_2	d	D_3
$80 \pm 0,5$	$70 \pm 0,5$	$50 \pm 0,5$	$100 \pm 0,5$

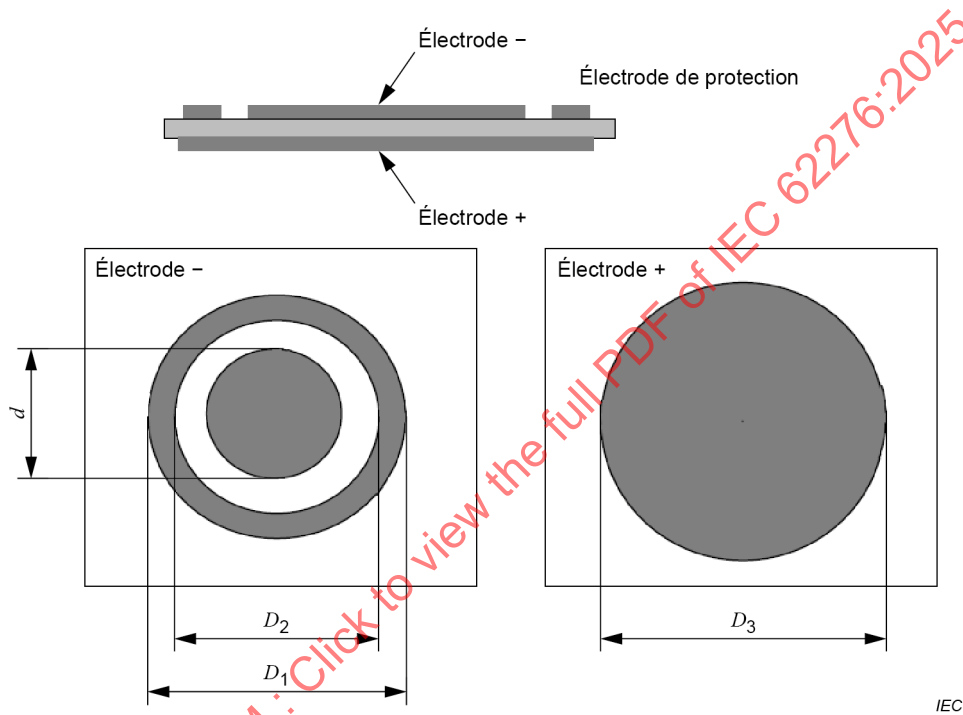


Figure 11 – Forme de l'électrode

9.3 Résistivité volumique

Après avoir mesuré la résistance d'une tranche, la résistivité volumique indiquée dans la Formule (2) est calculée, dans laquelle la résistance volumique est calculée comme indiqué dans la Formule (3).

$$\rho_v = R \left(\pi d^2 / 4t \right) \tag{2}$$

où

- ρ_v est la résistivité volumique ($\Omega \cdot \text{cm}$);
- d est le diamètre de l'électrode de la face intérieure (cm);
- t est l'épaisseur du substrat (cm).

$$R = V / I \tag{3}$$

où

R est la résistance volumique (Ω);

V est la tension en courant continu (V);

I est le courant électrique (A).

10 Contrôles visuels – Méthode de contrôle des défauts et inclusions de la surface avant

La surface d'une tranche polie est exigée pour la fabrication de transducteurs à OAS fiables. Il convient que le contrôle périodique des tranches inclue un contrôle visuel pour détecter les défauts suivants:

- les inclusions;
- les éraflures;
- les copeaux;
- les fissures;
- la contamination;
- les fossettes, les trous, la peau d'orange, etc.

Les critères d'acceptation/de rejet du contrôle visuel peuvent être fondés sur:

- a) des mesures quantitatives;
- b) des descriptions qualitatives;
- c) une documentation visuelle (par exemple des représentations graphiques, des photographies);
- d) des échantillons représentatifs.

Les enregistrements du contrôle doivent clairement indiquer si le produit a passé le contrôle avec succès ou bien s'il a échoué, en se basant sur les critères d'acceptation établis.

Le prélèvement des échantillons de tranches se fait généralement à l'œil nu, avec une lampe à rayonnement lumineux blanc d'intensité élevée fournissant l'éclairage. Les tranches sélectionnées peuvent également être examinées au microscope pour mieux caractériser les petits défauts. En fonction des circonstances, différentes méthodes de microscopie peuvent être utilisées (par exemple, la méthode en champ clair, la méthode en champ noir, la méthode de Nomarski). Le contrôle visuel non assisté est effectué dans un environnement propre, avec la tranche suspendue au-dessus d'une surface foncée. Il convient que la région du contrôle soit assombrie pour que le contrôleur ne soit pas gêné par le rayonnement lumineux ambiant parasite et voie clairement la surface.

Afin d'éviter les écarts de justesse et de mesurer avec précision le nombre de défauts présents dans une population d'échantillons donnée, il convient que les tranches à contrôler soient choisies au hasard et, dans le cas d'un flux de production, à une fréquence d'échantillonnage cohérente. Les variables telles que la région de la surface des tranches à contrôler ou les détails de la source de rayonnement lumineux de contrôle (par exemple, l'intensité, le type ou l'angle d'éclairage) doivent faire l'objet d'une négociation entre l'utilisateur et le fournisseur. Lorsque cela est possible, il convient d'utiliser des critères de défauts quantitatifs.

11 Mesure de l'épaisseur et de la variation de l'épaisseur

11.1 Principe de mesure

11.1.1 Mesure par contact

La mesure par contact permet d'obtenir des informations de surface par contact entre la tête de mesure de détection et l'échantillon. La méthode à 5 points (voir Figure 1) est généralement utilisée.

11.1.2 Mesure sans contact

La mesure sans contact est basée sur l'effet de l'interférence. Tout d'abord, les capteurs supérieurs et inférieurs déterminent l'intensité de la lumière d'interférence à des longueurs d'onde spécifiques en fonction de la distance entre la surface de référence et la tranche d'essai. Deuxièmement, la distribution de l'intensité lumineuse d'une longueur d'onde spécifique peut être obtenue en divisant la lumière d'interférence en différentes longueurs d'onde à l'aide d'un spectroscope. Enfin, l'épaisseur de la tranche d'essai peut être obtenue après analyse de la forme d'onde de la distribution. La mesure sans contact est divisée en mesure de point sans contact et mesure de balayage de surface sans contact.

11.2 Échantillon

Il convient que la surface de l'échantillon soit propre et sèche. Il convient que la position de mesure soit marquée au bord de la surface arrière dans un échantillon sans surface de référence.

11.3 Méthode de mesure

11.3.1 Mesure par contact

L'épaisseur et la TV5 sont généralement obtenues par mesure par contact, et la méthode à 5 points est généralement utilisée. L'emplacement des points de mesure est représenté à la Figure 1. L'épaisseur, la TV5 et d'autres indicateurs de mesure de point, selon les besoins, peuvent être mesurés par cette méthode.

11.3.2 Mesure sans contact

11.3.2.1 Mesure de point sans contact

La mesure de point sans contact est similaire à la mesure par contact, avec l'avantage d'éviter les détériorations sur la surface de la tranche. La méthode à 5 points est généralement utilisée et l'emplacement des points de mesure est représenté à la Figure 1. L'épaisseur, la TV5 et d'autres indicateurs de mesure de point, selon les besoins, peuvent être mesurés par cette méthode.

11.3.2.2 Mesure de balayage de zone sans contact

Lors de l'utilisation d'une mesure de balayage de zone sans contact, un plateau à succion est utilisé pour maintenir l'arrière de l'échantillon de tranche, de sorte que la surface de l'échantillon soit aussi proche que possible du plan de référence de l'interféromètre. En raison de la différence de chemin optique, les franges d'interférence apparaissent à l'écran. Les franges d'interférence sont analysées par le système avec le plateau à succion comme plan de référence, puis l'épaisseur, la TTV et la LTV pour le LN et le LT peuvent être mesurées. La distance entre la limite de la région de qualité fixe (FQA) et le bord de la tranche est de 3 mm.