

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 978-2-8322-5271-00

**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

CONTENTS	2
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
1 Scope	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	8
3.1 Single crystals for SAW wafer	8
3.2 Terms and definitions related to LN and LT crystals	9
3.3 Terms and definitions related to all crystals	9
3.4 Flatness	10
3.5 Definitions of appearance defects	12
3.6 Other terms and definitions	13
4 Requirements	14
4.1 Material specification	14
4.1.1 Synthetic quartz crystal	14
4.1.2 LN	15
4.1.3 LT	15
4.1.4 LBO, LGS	15
4.2 Wafer specifications	15
4.2.1 General	15
4.2.2 Diameters and tolerances	15
4.2.3 Thickness and tolerance	15
4.2.4 Orientation flat	15
4.2.5 Secondary flat	16
4.2.6 Back surface roughness	16
4.2.7 Warp	16
4.2.8 TV5 or TTV	16
4.2.9 Front (propagation) surface finish	17
4.2.10 Front surface defects	17
4.2.11 Surface orientation tolerance	18
4.2.12 Inclusions	18
4.2.13 Etch channel number and position of seed for quartz wafer	18
4.2.14 Bevel	18
4.2.15 Curie temperature and tolerance	18
4.2.16 Lattice constant	18
4.2.17 Bulk resistivity (conductivity) for reduced LN and LT	19
5 Sampling plan	19
5.1 General	19
5.2 Sampling	19
5.3 Sampling frequency	19
5.4 Inspection of whole population	19
6 Test methods	19
6.1 Diameter	19
6.2 Thickness	20
6.3 Dimension of OF	20

6.4	Orientation of OF	20
6.5	TV5.....	20
6.6	Warp.....	20
6.7	TTV	20
6.8	Front surface defects	20
6.9	Inclusions	20
6.10	Back surface roughness.....	20
6.11	Orientation.....	20
6.12	Curie temperature.....	20
6.13	Lattice constant	20
6.14	Bulk resistivity.....	21
7	Identification, labelling, packaging, delivery condition	21
7.1	Packaging.....	21
7.2	Labelling and identification.....	21
7.3	Delivery condition	21
8	Measurement of Curie temperature.....	21
8.1	General.....	21
8.2	DTA method.....	21
8.3	Dielectric constant method.....	22
9	Measurement of lattice constant (Bond method)	23
10	Measurement of face angle by X-ray.....	24
10.1	Measurement principle	24
10.2	Measurement method	25
10.3	Measuring surface orientation of wafer.....	25
10.4	Measuring OF flat orientation.....	25
10.5	Typical wafer orientations and reference planes.....	25
11	Measurement of bulk resistivity.....	26
11.1	Resistance measurement of a wafer	26
11.2	Electrode	27
11.3	Bulk resistivity.....	28
12	Visual inspections – Front surface inspection method.....	28
Annex A (normative)	Expression using Euler angle description for piezoelectric single crystals.....	29
A.1	Wafer orientation using Euler angle description	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.....	34
B.2	Standard mechanical wafer manufacturing	35
B.2.1	Process flow-chart	35
B.2.2	Cutting both ends and cylindrical grinding.....	36
B.2.3	Marking orientation	37
B.2.4	Slicing	37
B.2.5	Double-sided lapping	37
B.2.6	Bevelling (edge rounding).....	37
B.2.7	Mirror polishing.....	37
Bibliography	38

Figure 1 – Wafer sketch and measurement points for TV5 determination	10
Figure 2 – Schematic diagram of TTV	11
Figure 3 – Schematic diagram of warp	11
Figure 4 – Schematic diagram of Sori.....	11
Figure 5 – Example of site distribution for LTV measurement.....	12
Figure 6 – LTV value of each site.....	12
Figure 7 – Schematic of a DTA system	22
Figure 8 – Schematic of a dielectric constant measurement system	22
Figure 9 – The Bond method.....	24
Figure 10 – Measurement method by X-ray.....	24
Figure 11 – Relationship between cut angle and lattice planes	25
Figure 12 – Measuring circuit.....	26
Figure 13 – Resistance measuring equipment.....	27
Figure 14 – Shape of electrode	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.....	32
Figure B.2 – Example of non-uniformity in crystals grown from different starting melt compositions.....	34
Figure B.3 – Schematic of a Vertical Bridgman furnace and example of temperature distribution.....	35
Figure B.4 – Process flow-chart	36
Table 1 – Description of wafer orientations	14
Table 2 – Roughness, warp, TV5 and TTV specification limits	17
Table 3 – Maximum number of etch channels in seed position	18
Table 4 – Crystal planes to determine surface and OF orientations.....	26
Table 5 – Electrode size	27
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) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

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

This bilingual version (2018-01) corresponds to the monolingual English version, published in 2016-10.

This third edition cancels and replaces the second edition of IEC 62276 published in 2012. It constitutes a technical revision.

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

- Corrections of Euler angle indications in Table 1 and axis directions in Figure 3.
- Definition of “twin” is not explained clearly enough in 3.3.3. Therefore it is revised by a more detailed definition.

- Etch channels maximum number at quartz wafer of seed which do not pass through from surface to back surface are classified for three grades in 4.2.13 a). Users use seed portions of quartz wafers for devices. They request quartz wafers with less etch channels in seeds to reduce defects of devices. The classification of etch channels in seed may prompt a rise in quartz wafer quality.

The text of this standard is based on the following documents:

CDV	Report on voting
49/1144/CDV	49/1170/RVC

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

The French version of this standard has not been voted upon.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

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

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

INTRODUCTION

A variety of piezoelectric materials are used for surface acoustic wave (SAW) filter and resonator applications. Prior to an IEC meeting in 1996 in Rotterdam, wafer specifications were typically negotiated between users and suppliers. During this meeting, a proposal was announced to address wafer standardization. This standard has been prepared in order to provide industry standard technical specifications for manufacturing piezoelectric single crystal wafers to be used in surface acoustic wave devices.

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*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	43
INTRODUCTION.....	45
1 Domaine d'application	46
2 Références normatives	46
3 Termes et définitions	46
3.1 Monocristaux pour tranche OAS.....	46
3.2 Termes et définitions liés aux cristaux de LN et LT	47
3.3 Termes et définitions liés à tous les cristaux	48
3.4 Planéité	48
3.5 Définitions des défauts d'aspect.....	51
3.6 Autres termes et définitions	52
4 Exigences.....	53
4.1 Spécifications des matériaux.....	53
4.1.1 Cristal de quartz synthétique	53
4.1.2 LN	53
4.1.3 LT.....	53
4.1.4 LBO, LGS	53
4.2 Spécifications des tranches	54
4.2.1 Généralités	54
4.2.2 Diamètres et tolérances	54
4.2.3 Epaisseur et tolérance	54
4.2.4 Plat d'orientation.....	54
4.2.5 Plat secondaire.....	54
4.2.6 Rugosité de la surface arrière.....	55
4.2.7 Gauchissement.....	55
4.2.8 TV5 ou TTV	55
4.2.9 Fini de la surface avant (propagation).....	56
4.2.10 Défauts de la surface avant	56
4.2.11 Tolérances d'orientation de la surface	56
4.2.12 Inclusions	56
4.2.13 Nombre de canaux de gravure et position du germe de la tranche de quartz	56
4.2.14 Biseau	57
4.2.15 Température de Curie et tolérances.....	57
4.2.16 Constante du réseau cristallin.....	57
4.2.17 Résistivité volumique (conductivité) pour LN et LT réduits	57
5 Plan d'échantillonnage	57
5.1 Généralités	57
5.2 Echantillonnage	57
5.3 Fréquence d'échantillonnage	57
5.4 Contrôle de toute la population	58
6 Méthodes d'essai.....	58
6.1 Diamètre	58
6.2 Epaisseur	58
6.3 Dimension de l'OF	58
6.4 Orientation de l'OF.....	58

6.5	TV5.....	58
6.6	Gauchissement.....	58
6.7	TTV	58
6.8	Défauts de la surface avant	58
6.9	Inclusions	58
6.10	Rugosité de la surface arrière	59
6.11	Orientation.....	59
6.12	Température de Curie.....	59
6.13	Constante du réseau cristallin.....	59
6.14	Résistivité volumique	59
7	Identification, étiquetage, emballage, conditions de livraison	59
7.1	Emballage.....	59
7.2	Étiquetage et identification.....	59
7.3	Conditions de livraison.....	59
8	Mesure de la température de Curie.....	60
8.1	Généralités	60
8.2	Méthode d'analyse thermique différentielle	60
8.3	Méthode de la constante diélectrique	60
9	Mesure de la constante du réseau cristallin (méthode de Bond)	61
10	Mesure de l'angle de face aux rayons X	62
10.1	Principe de mesure	62
10.2	Méthode de mesure	63
10.3	Mesure de l'orientation de la surface d'une tranche.....	63
10.4	Mesure de l'orientation de l'OF	63
10.5	Plans de référence et orientations de tranches typiques	64
11	Mesure de la résistivité volumique	64
11.1	Mesure de la résistance d'une tranche	64
11.2	Electrode	65
11.3	Résistivité volumique	66
12	Contrôles visuels – Méthode de contrôle de la surface avant.....	66
Annex A (normative) Expression utilisant la description de l'angle d'Euler pour les monocristaux piézoélectriques.....		67
A.1	Orientation d'une tranche à l'aide de la description de l'angle d'Euler	67
Annex B (informative) Processus de fabrication pour tranches OAS.....		71
B.1	Méthodes de croissance des cristaux.....	71
B.1.1	Méthode de croissance de Czochralski	71
B.1.2	Méthode de Bridgman verticale.....	74
B.2	Fabrication mécanique normalisée de tranches.....	75
B.2.1	Organigramme de processus	75
B.2.2	Découpe des deux extrémités et meulage cylindrique.....	76
B.2.3	Marquage d'orientation	77
B.2.4	Découpe en tranches.....	77
B.2.5	Rodage double face.....	77
B.2.6	Biseautage (arrondissement des bords).....	77
B.2.7	Polissage "miroir"	77
Bibliographie.....		78

Figure 2 – Représentation schématique d'une TTV	49
Figure 3 – Représentation schématique d'un gauchissement	49
Figure 4 – Représentation schématique d'un Sori	50
Figure 5 – Exemple de distribution de sites pour une mesure de LTV	50
Figure 6 – Valeur LTV pour chaque site	50
Figure 7 – Représentation schématique d'un système DTA.....	60
Figure 8 – Représentation schématique d'un système de mesure de la constante diélectrique.....	61
Figure 9 – Méthode de Bond.....	62
Figure 10 – Méthode de mesure aux rayons X.....	63
Figure 11 – Relation entre l'angle de coupe et les plans du réseau cristallin	63
Figure 12 – Circuit de mesure.....	64
Figure 13 – Matériel de mesure de la résistance	65
Figure 14 – Forme de l'électrode.....	65
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)	68
Figure A.2 – Système de coordonnées d'une tranche OAS	68
Figure A.3 – Relation entre les axes du cristal, angles d'Euler et orientation des OAS pour certaines orientations de tranches	70
Figure B.1 – Croissance de cristaux par la méthode de Czochralski.....	72
Figure B.2 – Exemple de non-uniformité dans des cristaux après croissance à partir de différentes compositions de fonte de départ.....	74
Figure B.3 – Représentation schématique d'un four de Bridgman vertical et exemple de distribution de températures	75
Figure B.4 – Organigramme de processus	76
Tableau 1 – Description de l'orientation d'une tranche	52
Tableau 2 – Limites des spécifications pour la rugosité, le gauchissement, la TV5 et la TTV 55	
Tableau 3 – Nombre maximal de canaux de gravure dans un germe.....	56
Tableau 4 – Plans cristallins pour déterminer les orientations des surfaces et des OF	64
Tableau 5 – Taille de l'électrode	65
Tableau A.1 – Orientations de substrats OAS particuliers et angles d'Euler correspondants	69

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. A 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'attention est d'autre part attirée sur le fait que certains des éléments de la présente publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

La Norme internationale 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.

La présente version bilingue (2018-01) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2016-10.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition de l'IEC 62276 parue en 2012. Cette édition constitue une révision technique.

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

- Corrections des indications de l'angle d'Euler au Tableau 1 et des directions des axes à la Figure 3.
- La définition de "cristal jumeau" n'était pas expliquée de manière suffisamment claire en 3.3.3. Elle a été révisée par une définition plus détaillée.

- Le nombre maximal de canaux de gravure dans un germe de tranche de quartz qui ne traverse pas de la surface avant à la surface arrière est déterminé pour trois classes en 4.2.13 a). Les utilisateurs utilisent des parties de germes de tranches de quartz pour les dispositifs. Ces tranches de quartz nécessitent moins de canaux de gravure dans un germe pour réduire les défauts dans les dispositifs. La classification des canaux de gravure dans un germe peut nécessiter une augmentation de la qualité des tranches de quartz.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 49/1144/CDV et 49/1170/RVC.

Le rapport de vote 49/1170/RVC donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTRODUCTION

De nombreux matériaux piézoélectriques sont utilisés pour les applications à résonateurs et à filtres à ondes acoustiques de surface (OAS). Avant une réunion de l'IEC tenue à Rotterdam en 1996, les spécifications des tranches étaient généralement négociées entre les utilisateurs et les fournisseurs. Au cours de cette réunion, une proposition a été annoncée pour traiter la normalisation des tranches. La présente norme a été établie afin de fournir des spécifications techniques conformes à une norme industrielle pour fabriquer des tranches piézoélectriques monocristallines utilisées dans des dispositifs à ondes acoustiques de surface.

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 cités dans le texte 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*

ISO 2859-1:1999, *Règles d'échantillonnage pour les contrôles par attributs – Partie 1: Procédures d'échantillonnage pour les contrôles lot par lot, indexés d'après le niveau de qualité acceptable (NQA)*