

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Surface acoustic wave (SAW) and bulk acoustic wave (BAW) duplexers of assessed quality –

Part 2: Guidelines for the use

Duplexeurs à ondes acoustiques de surface (OAS) et à ondes acoustiques de volume (OAV) sous assurance de la qualité –

Partie 2: Lignes directrices d'utilisation

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62604-2:2022



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2022 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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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. 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 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 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. 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 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Surface acoustic wave (SAW) and bulk acoustic wave (BAW) duplexers of assessed quality –
Part 2: Guidelines for the use**

**Duplexeurs à ondes acoustiques de surface (OAS) et à ondes acoustiques de volume (OAV) sous assurance de la qualité –
Partie 2: Lignes directrices d'utilisation**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 31.140

ISBN 978-2-8322-4875-1

**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	4
INTRODUCTION	6
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
3.1 Response characteristics related terms	7
3.2 SAW and BAW duplexers related terms	8
4 Technical considerations	8
5 Fundamentals of SAW and BAW duplexers	8
5.1 Basic function	8
5.1.1 General	8
5.1.2 TX filter response (filter response from TX port to antenna port)	9
5.1.3 RX filter response (filter response from antenna port to RX port)	10
5.1.4 Isolation (isolation from TX port to RX port)	10
5.2 Basic structure	11
5.3 Principle of operation	11
5.4 Diplexer	14
5.5 Multiplexer	15
6 SAW and BAW duplexer characteristics	15
6.1 General conditions for SAW and BAW duplexers	15
6.2 Typical characteristics of SAW and BAW duplexers	18
6.2.1 UMTS duplexer	18
6.2.2 US CDMA duplexer	18
6.2.3 PCS CDMA duplexer	18
6.2.4 LTE Band 1 + Band 3 multiplexer	19
7 Application guidelines	23
7.1 Power durability	23
7.2 Harmonics and inter-modulation distortion	23
7.3 Measurement method for the duplexer	23
7.4 Electrostatic voltage protection	25
Bibliography	26
Figure 1 – Basic duplexer configuration	9
Figure 2 – Basic TX filter response example of SAW and BAW duplexers	10
Figure 3 – Basic RX filter response example of SAW and BAW duplexers	10
Figure 4 – Basic isolation characteristics example of SAW and BAW duplexers	11
Figure 5 – The block diagram of a duplexer	12
Figure 6 – Demanded condition of TX part for duplexers	13
Figure 7 – Phase rotation in TX part	13
Figure 8 – Demanded condition of RX part for duplexers	14
Figure 9 – Basic duplexer configuration	14
Figure 10 – Basic multiplexer configuration	15
Figure 11 – Typical wide range frequency response of TX filter	16
Figure 12 – Typical wide range frequency response of RX filter for upper local system	17

Figure 13 – Phase shifter by microstrip line on the surface of a ceramic package	17
Figure 14 – Lumped element phase shifter	17
Figure 15 – Duplexer configuration	18
Figure 16 – Frequency characteristics of SAW duplexer for UMTS Band 1 system	20
Figure 17 – Frequency characteristics of a SAW duplexer for US CDMA system	21
Figure 18 – Frequency characteristics of BAW duplexer for PCS CDMA system	22
Figure 19 – Frequency characteristics of SAW Band 1 + Band 3 multiplexer for LTE	23
Figure 20 – Four-port-type network analyzer for duplexer measurement	24
Figure 21 – Four-port-type network analyzer for measurement of a balanced RX port duplexer	25
Table 1 – Frequency allocation for typical LTE frequency division duplex (FDD) bands	9

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62604-2:2022

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SURFACE ACOUSTIC WAVE (SAW) AND BULK
ACOUSTIC WAVE (BAW) DUPLEXERS
OF ASSESSED QUALITY –****Part 2: Guidelines for the use****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.

IEC 62604-2 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 third edition cancels and replaces the second edition published in 2017. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) the term "cross-isolation" has been added to Clause 3;
- b) multiplexers are described.

NOTE In this document, SAW and BAW duplexers are treated simultaneously because both duplexers are used in the same manner, especially in mobile phone systems and have the same requirements of characteristics, test method and so on.

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

Draft	Report on voting
49/1361/CDV	49/1376/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/standardsdev/publications.

A list of all parts in the IEC 62604 series, published under the general title *Surface acoustic wave (SAW) and bulk acoustic wave (BAW) duplexers of assessed quality*, can be found on the IEC website.

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

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

While in 2G systems mainly dielectric duplexers have been used, the ongoing miniaturization in 3G and 4G mobile communication systems promoted the development and application of acoustic wave duplexers due to their small size, light weight and good electrical performance. While standard surface acoustic wave (SAW) duplexers have been employed for applications with moderate requirements regarding the steepness of individual filters, applications with narrow duplex gap (e.g. Bands 2, 3, 8, 25), i.e., the frequency gap between receiving and transmitting bands, require the application of temperature-compensated (TC) SAW or bulk acoustic wave (BAW) technology, because of their better temperature characteristics and resonator Q-factors.

Standard specifications, such as those of IEC, of which these guidelines form a part, and national specifications or detail specifications issued by manufacturers will define the available combinations of centre frequency, pass bandwidth and insertion attenuation for each sort of transmitting and receiving filters and the isolation level between transmitter and receiver ports, etc. These specifications are compiled to include a wide range of SAW and BAW duplexers with standardized performances. It cannot be over-emphasized that the user should, wherever possible, select his duplexers from these specifications, when available, even if it can lead to making small modifications to his circuit to enable the use of standard duplexers. This applies particularly to the selection of the nominal frequency band.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62604-2:2022

SURFACE ACOUSTIC WAVE (SAW) AND BULK ACOUSTIC WAVE (BAW) DUPLEXERS OF ASSESSED QUALITY –

Part 2: Guidelines for the use

1 Scope

This part of IEC 62604 applies to duplexers which can separate receiving signals from transmitting signals and are key components for two-way radio communications, and which are generally used in mobile phone systems compliant with CDMA systems such as N-CDMA in second generation mobile telecommunication systems (2G), W-CDMA / UMTS (3G) or LTE (4G).

These guidelines draw attention to some fundamental questions about the theory of SAW and BAW duplexers and how to use them, which will be considered by the user before he places an order for SAW and BAW duplexers for a new application. Such a procedure will be the user's insurance against unsatisfactory performance. Because SAW and BAW duplexers have very similar performance for the usage, it is useful and convenient for users that both duplexers are described in one standard.

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

IEC 62575-1, *Radio frequency (RF) bulk acoustic wave (BAW) filters of assessed quality – Part 1: Generic specification*

3 Terms and definitions

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

ISO and IEC maintain terminological 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 Response characteristics related terms

3.1.1

guard band

unused part of the radio spectrum between radio bands, for the purpose of preventing interference

3.1.2

cross-isolation

leakage power ratio from one of the TX ports to one of the RX ports from another nominal frequency band in a multiplexer

3.2 SAW and BAW duplexers related terms

3.2.1

phase shifter

device which changes the phase of signals, not the frequency of them

Note 1 to entry: This is a basic part of a duplexer.

3.2.2

void

vacancy in the IDT electrode caused by stress migration resulting from diffusing and/or transfer of metal atoms forming part of the electrode

3.2.3

hillock

projection on the side or upper surface of the electrode caused by stress migration resulting from diffusing and/or transfer of metal atoms forming part of the electrode

4 Technical considerations

It is of prime interest to a user that the duplexer characteristics should satisfy particular specifications. The selection of the front-end circuits in user equipment and SAW and BAW duplexers to meet such specifications should be a matter of agreement between the user and the manufacturer.

Duplexer characteristics are usually expressed in terms of centre frequency, pass bandwidth and insertion attenuation for each of transmitting and receiving filter parts in the duplexer and isolation level between the transmitter and receiver ports. Since the SAW and BAW duplexer is used in RF front-end of the user equipment, lower insertion attenuation, higher isolation/rejection level, stronger power durability and smaller/thinner package dimensions are strictly required.

5 Fundamentals of SAW and BAW duplexers

5.1 Basic function

5.1.1 General

Duplexers are necessary for frequency division duplex (FDD) equipment to receive and transmit signals simultaneously. Duplexers are 3-port devices which consist of an antenna port, a transmitter port (TX port) and a receiver port (RX port), as shown in Figure 1. The duplexer has three basic functions:

- to transfer the transmitting signal from the TX port to the antenna port;
- to transfer the receiving signal from the antenna port to the RX port;
- to prevent transfer of the transmitting signal and noise from the TX port to the RX port.

The transmitting and the receiving frequencies are determined corresponding to each mobile communication system. For example, Table 1 shows typical allocated frequency bands for LTE.

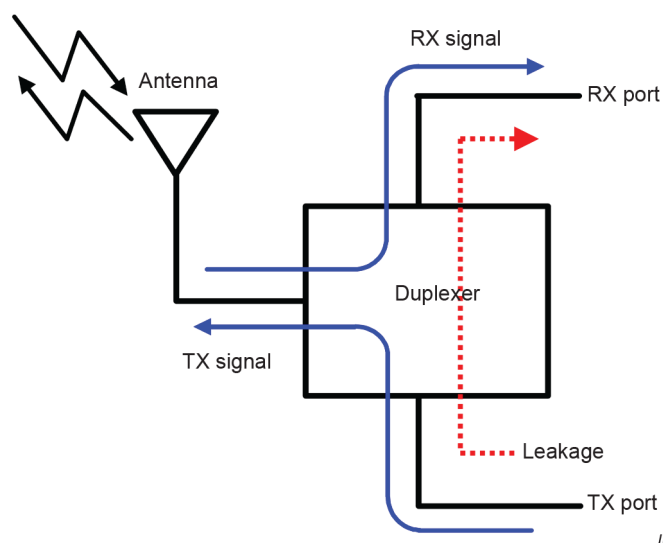


Figure 1 – Basic duplexer configuration

Table 1 – Frequency allocation for typical LTE frequency division duplex (FDD) bands

Band	Uplink frequency (MHz)	Downlink frequency (MHz)	Band	Uplink frequency (MHz)	Downlink frequency (MHz)
1	1 920 – 1 980	2 110 – 2 170	16	2 010 – 2 025	2 585 – 2 600
2	1 850 – 1 910	1 930 – 1 990	17	704 – 716	734 – 746
3	1 710 – 1 785	1 805 – 1 880	18	815 – 830	860 – 875
4	1 710 – 1 755	2 110 – 2 155	19	830 – 845	875 – 890
5	824 – 849	869 – 894	20	832 – 862	791 – 821
6	830 – 840	875 – 885	21	1 447,9 – 1 462,9	1 495,5 – 1 510,9
7	2 500 – 2 570	2 620 – 2 690	22	3 410 – 3 490	3 510 – 3 590
8	880 – 915	925 – 960	23	2 000 – 2 020	2 180 – 2 200
9	1 749,9 – 1 784,9	1 844,9 – 1 879,9	24	1 626,5 – 1 660,5	1 525 – 1 559
10	1 710 – 1 770	2 110 – 2 170	25	1 850 – 1 915	1 930 – 1 995
11	1 427,9 – 1 447,9	1 475,9 – 1 495,9	26	814 – 849	859 – 894
12	699 – 716	729 – 746	27	807 – 824	852 – 869
13	777 – 787	746 – 756	28	703 – 748	758 – 803
14	788 – 798	758 – 768	30	2 305 – 2 315	2 350 – 2 360
15	1 900 – 1 920	2 600 – 2 620	31	452,5 – 457,5	462,5 – 467,5

NOTE For a user equipment, uplink frequency means transmitting frequency and downlink frequency means receiving frequency respectively.

5.1.2 TX filter response (filter response from TX port to antenna port)

Figure 2 shows an example of frequency characteristics of the TX filter. The required frequency characteristics are low insertion attenuation in the transmitting frequency band (f_T), high insertion attenuation in the receiving frequency band (f_R) and good impedance matching.

5.1.3 RX filter response (filter response from antenna port to RX port)

Figure 3 shows an example of frequency characteristics of the RX filter. The required frequency characteristics are low insertion attenuation in the receiving band (f_R) and high insertion attenuation in the transmitting frequency band (f_T).

5.1.4 Isolation (isolation from TX port to RX port)

Figure 4 shows an example of isolation characteristics. One of the important functions for duplexers is isolation characteristics, which show the frequency dependence of the leakage power from the TX port to the RX port.

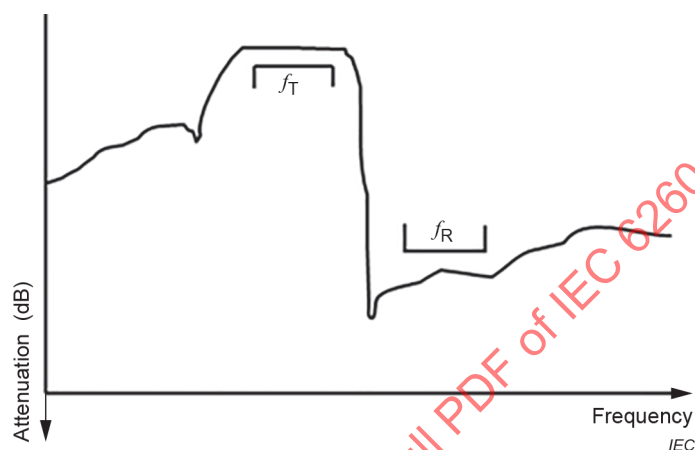


Figure 2 – Basic TX filter response example of SAW and BAW duplexers

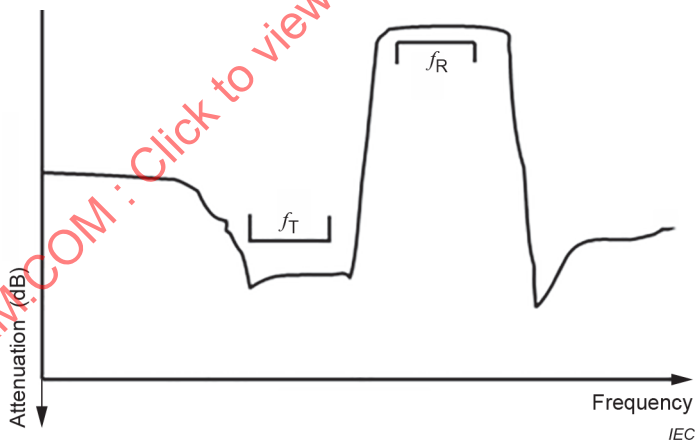


Figure 3 – Basic RX filter response example of SAW and BAW duplexers

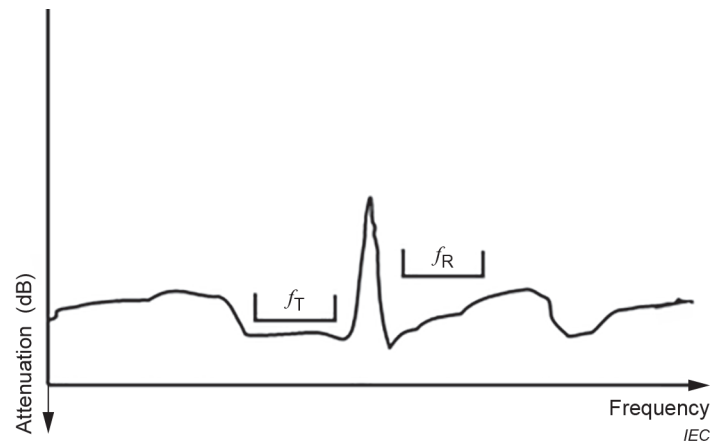


Figure 4 – Basic isolation characteristics example of SAW and BAW duplexers

5.2 Basic structure

Duplexers are 3-port devices/modules, which enable to transmit and receive signals simultaneously through a common antenna. A basic structure of duplexers is shown in Figure 5. SAW and BAW duplexers consist of a transmitter (TX) part and a receiver (RX) part. These two parts, which can add a phase shifter, are connected to an antenna port. The phase shifter is utilized to prevent the interaction between the filters. In Figure 5, Z_t and Z_r correspond to the impedance of the TX and RX part at the antenna port side, whereas Z_o is the impedance of the antenna port. The following conditions shall be fulfilled to achieve the duplexer functions.

$$Z_t \cong Z_o \text{ and } |Z_r| \gg |Z_o| \text{ in the TX pass band}$$

$$Z_r \cong Z_o \text{ and } |Z_t| \gg |Z_o| \text{ in the RX pass band}$$

DMS (double mode SAW) type filters which are also known as LCRF (longitudinally coupled resonator filters)¹⁾, ladder type SAW²⁾ and BAW filters and other type of SAW filters such as interdigitated interdigital transducer (IIDT) resonator filters³⁾ can be adopted as TX and RX filters. High power durability is required in the TX filters.

5.3 Principle of operation

In the TX pass band, the impedance of the TX part in the antenna port side (Z_t) is almost the same as that of antenna (Z_o), while that of the RX part (Z_r) is much higher, which means that at the antenna port, the RX part has large reflection coefficient in this band.

$$Z_t \cong Z_o \text{ and } |Z_r| \gg |Z_o| \text{ in the TX pass band}$$

On the other hand, in the RX pass band, the impedance of the RX part at the antenna port side (Z_r) is almost the same as that of antenna (Z_o), while that of the TX part (Z_t) is much higher. This also means the TX part has large reflection coefficient in this band.

1) See IEC 60862-2:2012, 5.3.

2) See IEC 60862-2:2012, 5.2.

3) See IEC 60862-2:2012, 5.4.

$Z_r \equiv Z_o$ and $|Z_t| \gg |Z_o|$ in the RX pass band

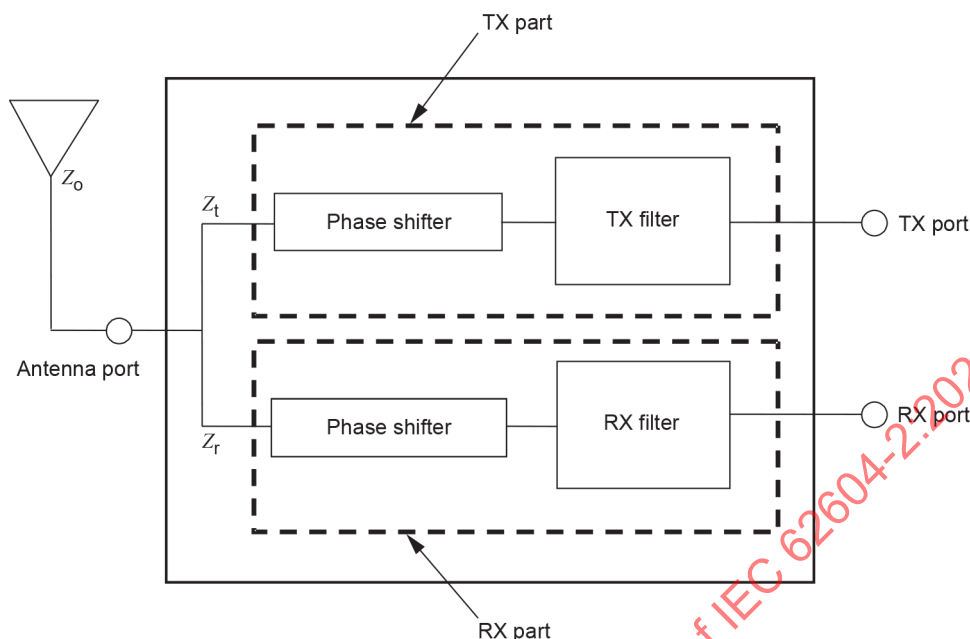


Figure 5 – The block diagram of a duplexer

The transmitting signal applied to the TX port passes through the TX filter and then flows to the antenna port, not the RX filter. The received signal from the antenna port does not flow to the TX filter, but to the RX filter. As a result, the TX part and the RX part can share the common antenna port. In the following explanation, the impedance of the antenna (Z_o) is assumed to be 50 Ω . The S_{11} curve of the TX part at the antenna port side shall satisfy the demanded condition indicated in Figure 6. The impedance of its pass band shall be around 50 Ω . In the rejection band, the impedance shall be sufficiently larger than 50 Ω . In the actual duplexer, the S_{11} trace in the Smith chart of the TX filter is rotated to its optimum state by a phase shifter, as shown in Figure 7. On the other hand, the frequency characteristics of the amplitude of S_{21} remains the same as that without phase shifter. Figure 8 shows the S_{21} frequency characteristics and S_{11} demanded condition of the RX part.

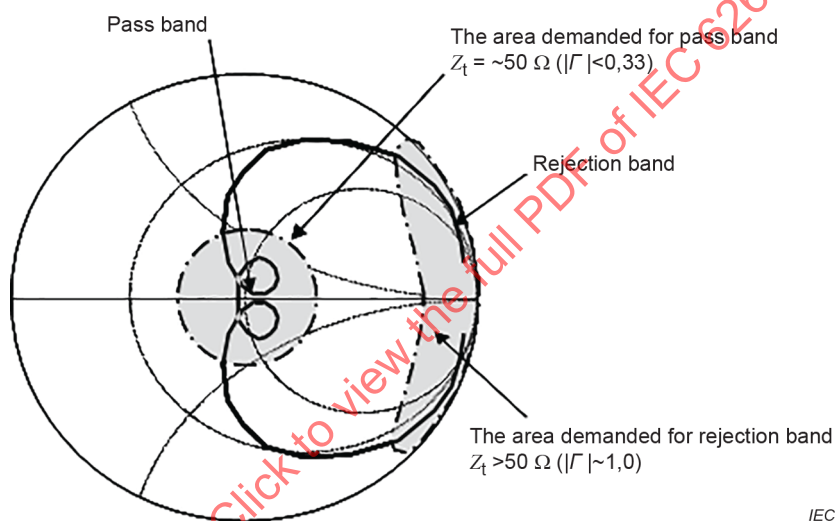
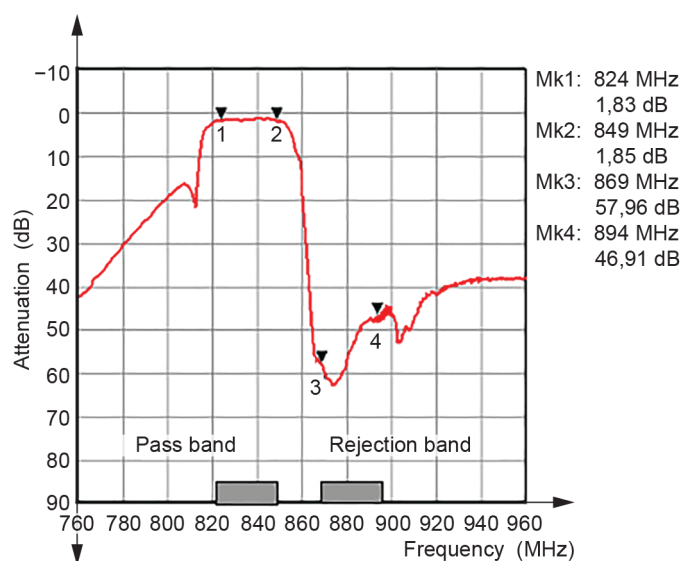


Figure 6 – Demanded condition of TX part for duplexers

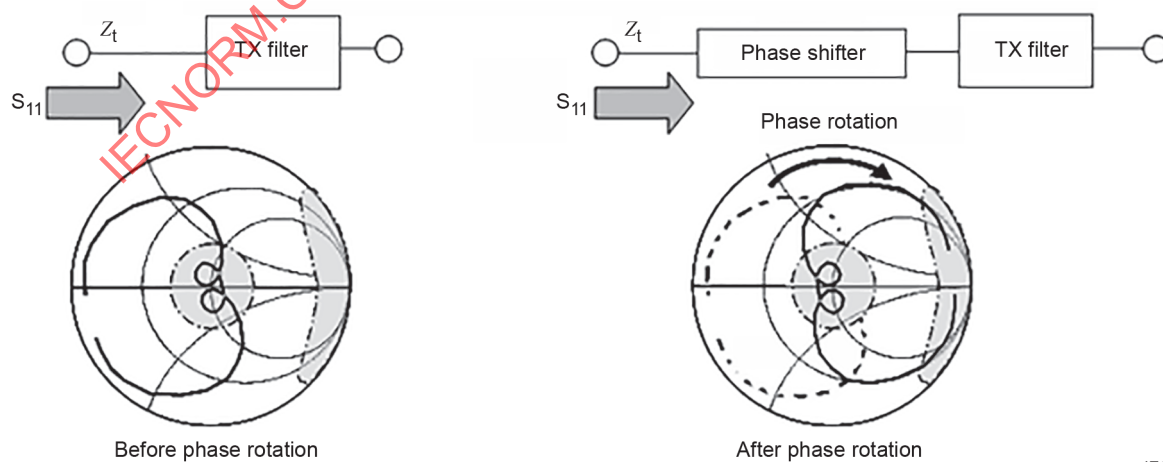


Figure 7 – Phase rotation in TX part

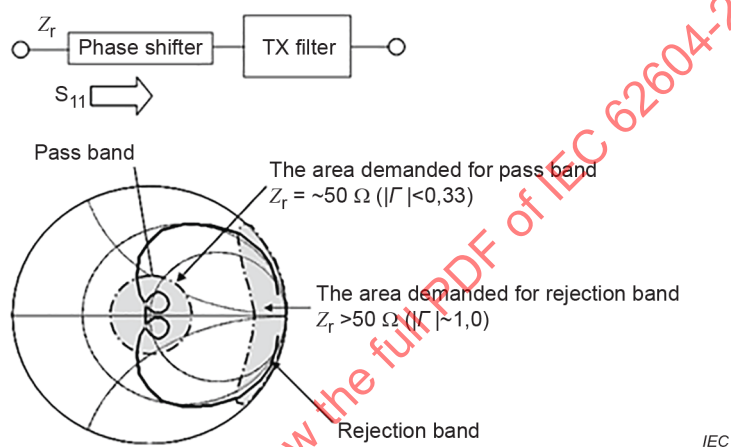
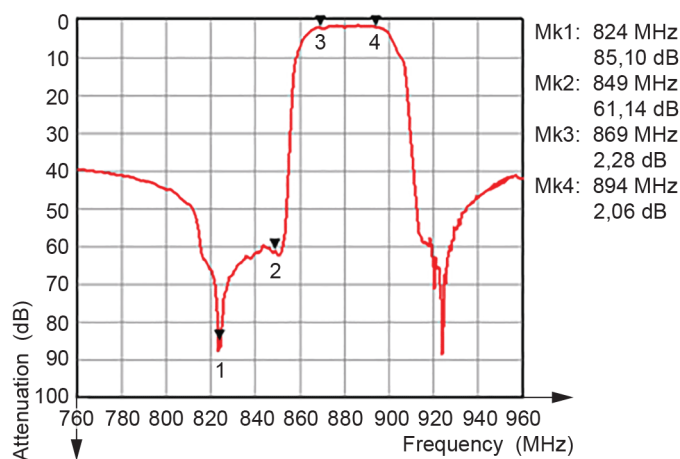


Figure 8 – Demanded condition of RX part for duplexers

5.4 Diplexer

Diplexers combine different frequency domains as shown in Figure 9. They have a structure and an operation principle very similar to those of duplexers.

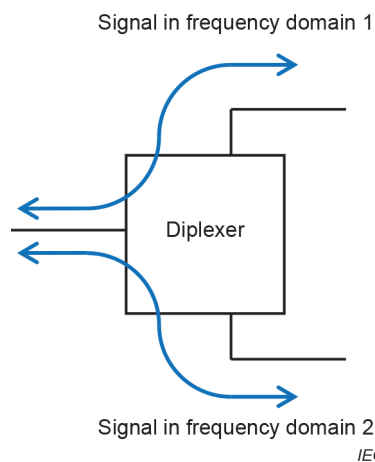
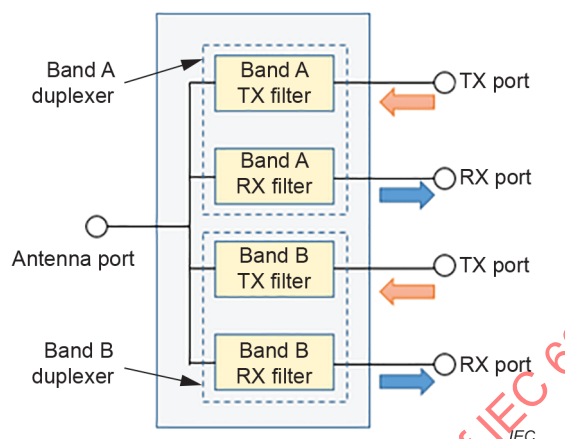


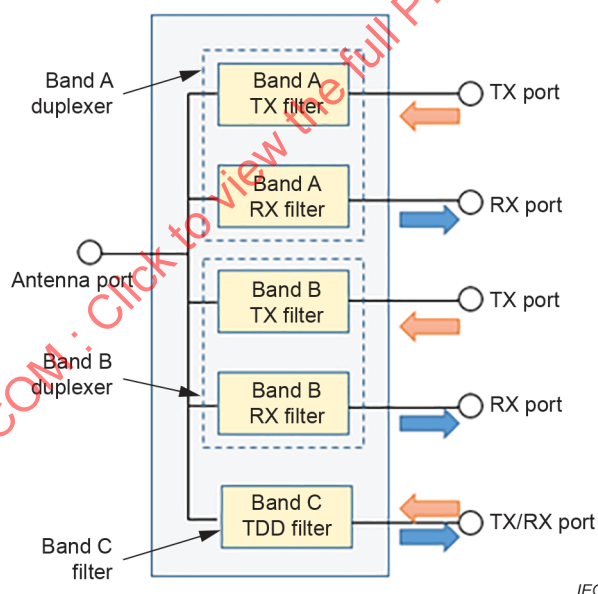
Figure 9 – Basic diplexer configuration

5.5 Multiplexer

Multiplexers combine a duplexer with other duplexers or filters which are used in respective nominal frequency bands. As shown in Figure 10, every duplexer and filter is connected to the common antenna port. In the case of Figure 10 b), a TDD (time division duplex) filter is added to the two duplexers. They have a structure and an operation principle very similar to those of duplexers.



a) Two duplexers combined



b) Two duplexers and one filter combined

Figure 10 – Basic multiplexer configuration

6 SAW and BAW duplexer characteristics

6.1 General conditions for SAW and BAW duplexers

The TX filter, RX filter and phase shifter, which compose SAW and BAW duplexers, as shown in 5.2, are described in Clause 6. The duplexer assembly configuration is also explained here.

– TX filter

The TX filter of the duplexers needs high power durability against the transmitting signal. To ensure the durability against high power, e.g., 1 W, a ladder filter or lattice filter is used

for the TX filter because of their higher power durability among several types of SAW and BAW filters. SAW ladder and lattice filters are described in 5.2 of IEC 60862-2:2012 and BAW ladder filters are described in 4.4 of IEC 62575-2:2012.

Besides low insertion attenuation in the TX band (f_T) and high insertion attenuation in the RX band (f_R) described in 5.1, the high attenuation in the second harmonic ($2f_T$) and the third harmonic ($3f_T$) is also important. The attenuation in spurious frequency (f_{SP}) suppresses the inter-modulation signal at $f_R = 2f_T - f_{SP}$. The typical frequency response is shown in Figure 11.

– RX filter

Transmitting power passes through the TX filter and attacks the antenna port side of the RX filter. Filter types used for the TX filter can be adopted for the RX filter, but DMS (double mode SAW) type filters which are also known as LCRF (longitudinally coupled resonator filters) have the possibility of adoption with trap elements to block the transmitting power.

Besides low insertion attenuation in the RX band (f_R) and high insertion attenuation in the TX band (f_T) described in 5.1, a heterodyne receiver with the intermediate frequency (f_{IF}) demands high attenuation in the local oscillation frequency (f_{LO}) and the image frequency ($f_{IM} = f_{LO} + f_{IF}$ for upper local system). The inter-modulation signal in f_R can be reduced by high attenuation in the frequency of e.g., $2f_T + f_R$, $2f_T - f_R$, $f_R + f_T$ and $f_R - f_T$. The typical frequency response is shown in Figure 12.

– Phase shifter

There are various types of phase shifters according to duplexer configurations and the out-of-band complex impedance of TX and RX filters. To construct the phase shifter of a delay line with the desired electrical length, a stripline is located between the inside layers of a package, or a microstrip line is located on the surface of a package as shown in Figure 13. Figure 14 shows a lumped element phase shifter. A suitable number of lumped elements is not fixed at three. In some cases no phase shifter is necessary.

– Duplexer configuration

Figure 15 shows two types of duplexer configurations. They have merits and demerits with regard to characteristics, size, cost and other items.

Figure 15 a) shows a module type, which mounts SAW and BAW filters and other components on a substrate, such as a printed board. Figure 15 b) shows a device type, which seals the package after mounting SAW and BAW filter bare chips on a package, such as multi-layered ceramics. In those two types, the TX and RX filters/chips are separated from each other, and there is the possibility of a single filter/chip solution.

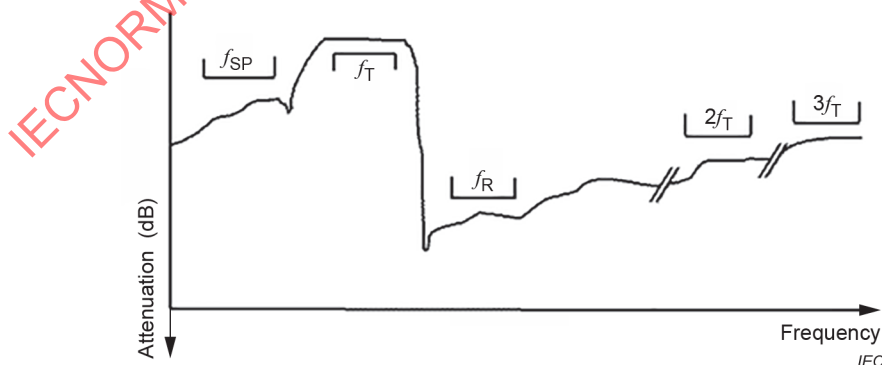


Figure 11 – Typical wide range frequency response of TX filter

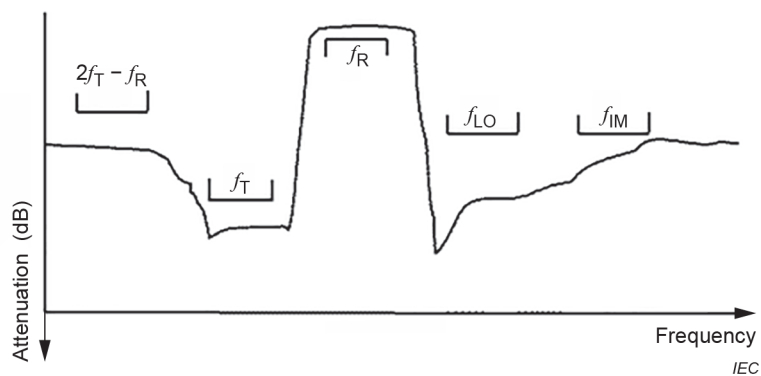


Figure 12 – Typical wide range frequency response of RX filter for upper local system

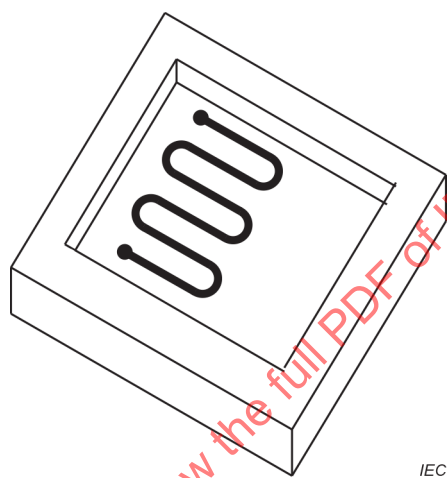


Figure 13 – Phase shifter by microstrip line on the surface of a ceramic package

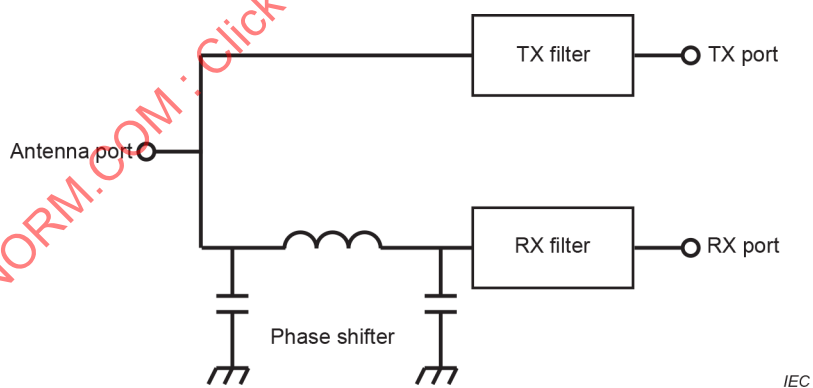


Figure 14 – Lumped element phase shifter

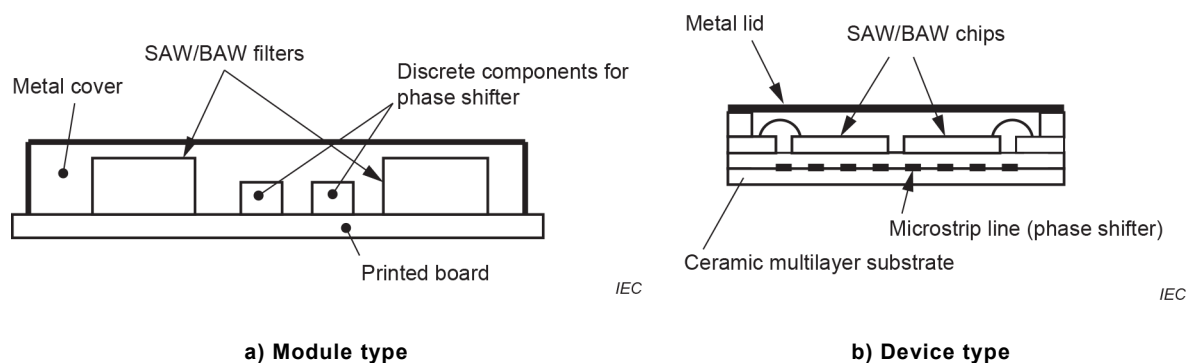


Figure 15 – Duplexer configuration

6.2 Typical characteristics of SAW and BAW duplexers

6.2.1 UMTS duplexer

As an example of a duplexer for a UMTS system, a SAW duplexer for UMTS Band 1 is shown in Figure 16. The frequency regulation of Band 1 is provided by a third generation partnership project (3GPP). The transmitter and receiver pass bands in the handset are 1 920 MHz to 1 980 MHz and 2 110 MHz to 2 170 MHz, respectively. Both frequency bands are indicated by f_T and f_R in Figure 16. The size of this duplexer is typically 4,9 mm × 4,9 mm × 1,7 mm. A 41° rotated Y cut X propagated LiNbO₃ crystal is used as substrate. The structure of the filter is a ladder (see 5.2 of IEC 60862-2:2012), and the electrode material is made by Al-Ti alloy for high power durability.

Frequency characteristics of this SAW duplexer for UMTS Band 1 are shown in Figure 16. The typical insertion attenuation from the TX port to the antenna port and that from the antenna port to the RX port are 1,4 dB and 2,3 dB, respectively. The isolation values between transmitter and receiver ports are typically 48 dB for the TX band and 40 dB for the RX band.

6.2.2 US CDMA duplexer

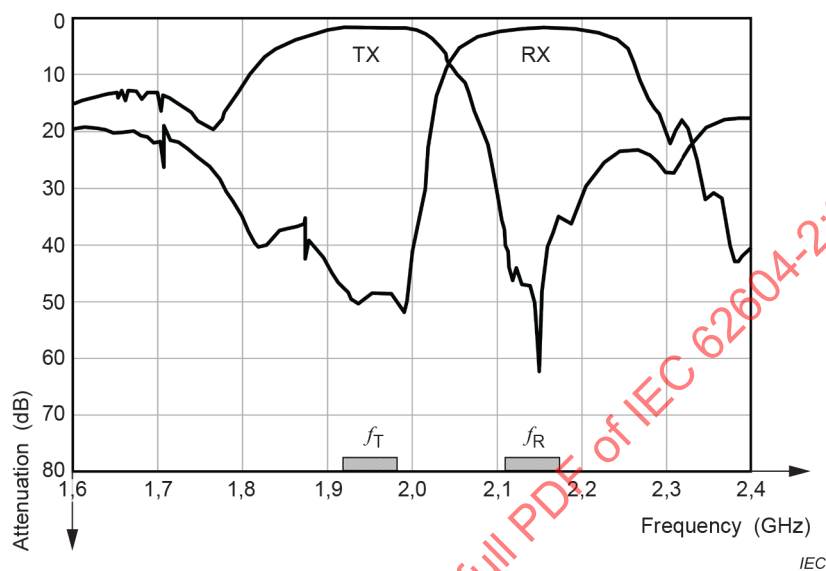
The frequency characteristics example of US CDMA duplexer is shown in Figure 17. This type of duplexer is also applicable to UMTS Band 5. The TX passband frequency is 824 MHz to 849 MHz, while RX passband frequency is 869 MHz to 894 MHz. Both frequency bands are indicated by f_T and f_R in the Figure 17. The dimension of this duplexer is typically 3,8 mm × 3,8 mm × 1,6 mm. Y cut X propagated LiTaO₃ with a rotation angle optimized around 36° is used as a substrate. The ladder type SAW filters are used for both TX and RX parts. Typical insertion attenuation is 1,8 dB from TX port to antenna port. And 2,5 dB typical insertion attenuation is from antenna port to RX port. The isolation between TX port and RX port is typically 60 dB for the TX band and 47 dB for the RX band.

6.2.3 PCS CDMA duplexer

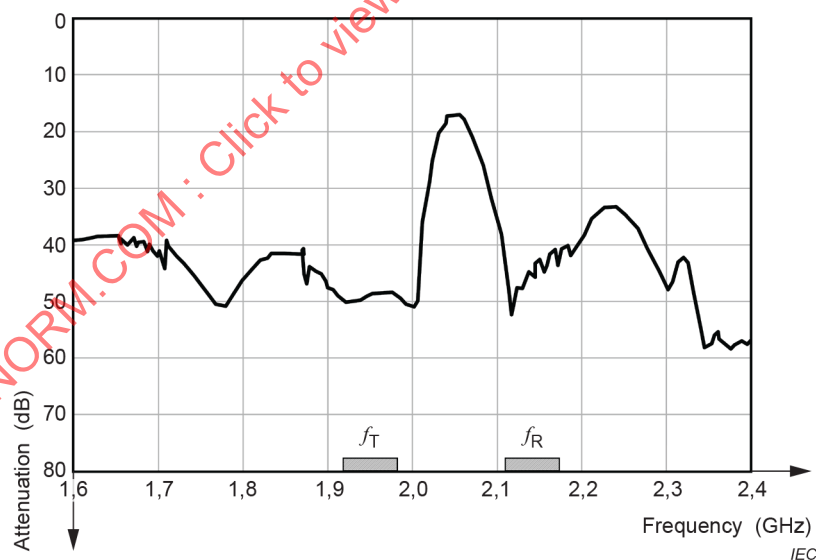
According to Table 1, the guard band or a gap distance between the transmitting and receiving frequencies for UMTS band 2 or PCS band is relatively narrow, and high Q characteristics or a sharp filter response in the transition band is required. From this requirement, BAW duplexers which are composed of film bulk acoustic resonators (FBAR) or solidly mounted resonators (SMR) are mainly used for PCS CDMA duplexers. The frequency characteristics example of a PCS CDMA duplexer using FBAR is shown in Figure 18. The TX passband frequency is 1 850 MHz to 1 910 MHz, while the RX passband frequency is 1 930 MHz to 1 990 MHz. This duplexer can comply with the specified maximum insertion attenuation of 3,5 dB for the TX band and 4,0 dB for the RX band, with excellent transition band responses between the TX and RX bands. Also, the specified minimum isolation values between the transmitter and receiver ports are 54 dB for the TX band and 43 dB for the RX band.

6.2.4 LTE Band 1 + Band 3 multiplexer

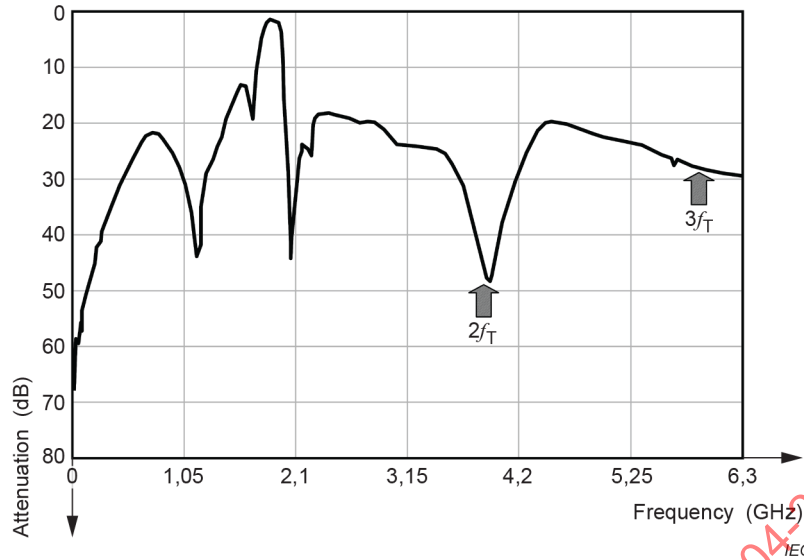
The frequency characteristics example of Band 1 + Band 3 multiplexer using SAW is shown in Figure 19. The frequency regulations of them are shown in Table 1. Cross-isolation is inherent in multiplexer and one of the important functions for the multiplexer. At this example, the cross-isolation values from the Band 1 TX port to the Band 3 Rx port are 59 dB both for the Band 1 TX band and the Band 3 RX band, and the other cross-isolation from the Band 3 TX port to the Band 1 Rx port are 59 dB for the Band 3 TX band and 60 dB for the Band 1 RX band.



a) Amplitude responses of the duplexer from TX port to antenna port and from antenna port to RX port (near pass band)

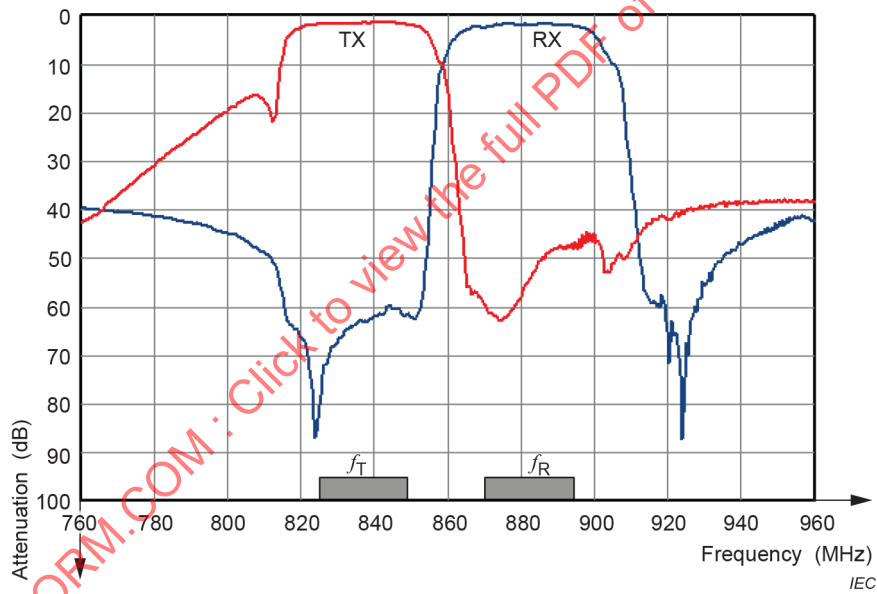


b) Isolation characteristics of the duplexer between RX port and TX port

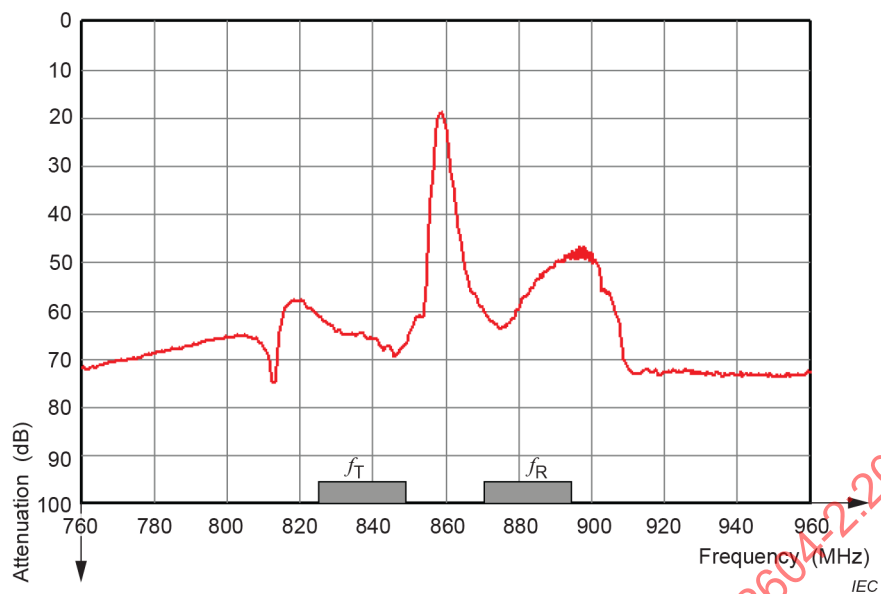


c) Amplitude response of the duplexer from TX port to antenna port (DC to 6 GHz)

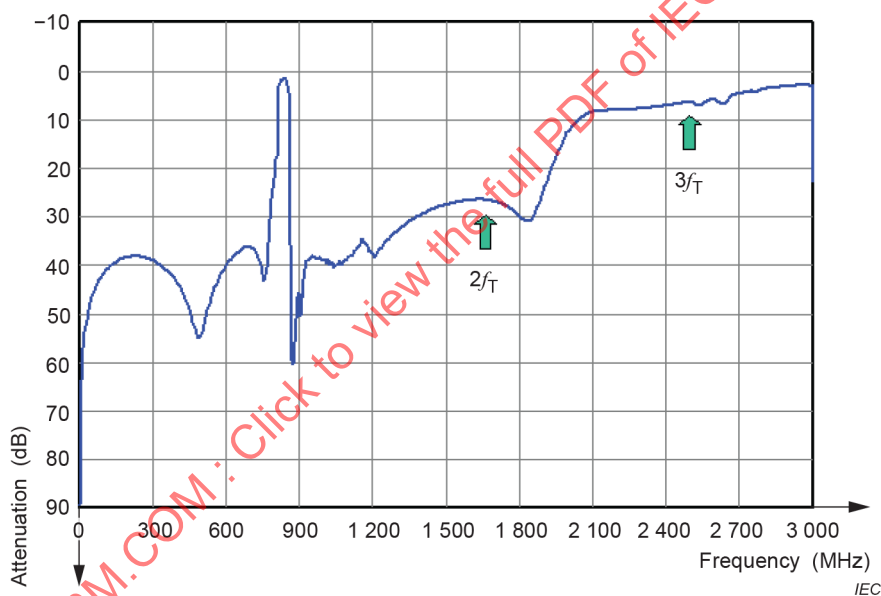
Figure 16 – Frequency characteristics of SAW duplexer for UMTS Band 1 system



a) Amplitude responses of the duplexer from TX port to antenna port and from antenna port to RX port (near pass band)

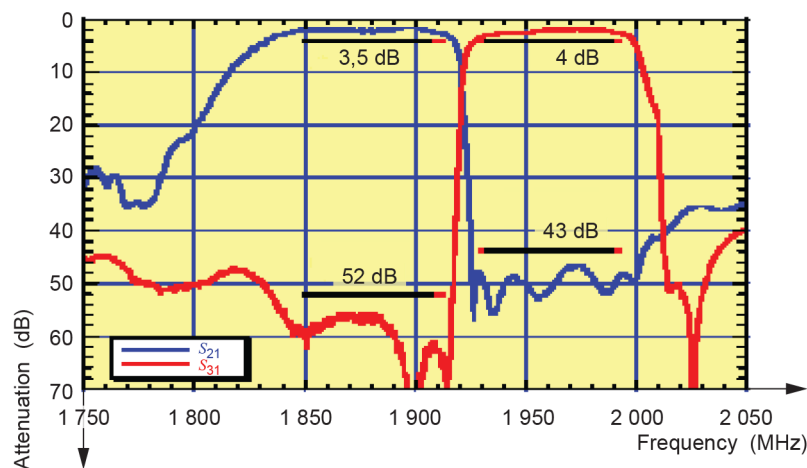


b) Isolation characteristics of the duplexer between RX port and TX port

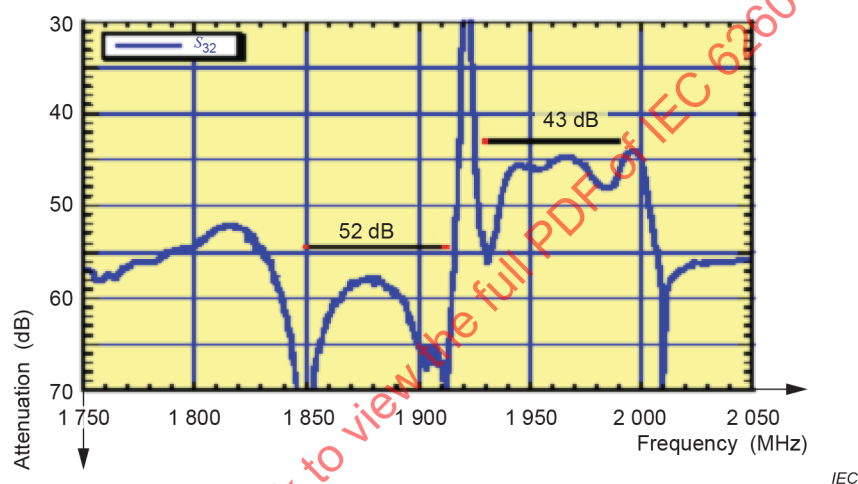


c) Amplitude response of the duplexer from TX port to antenna port (DC to 3 GHz)

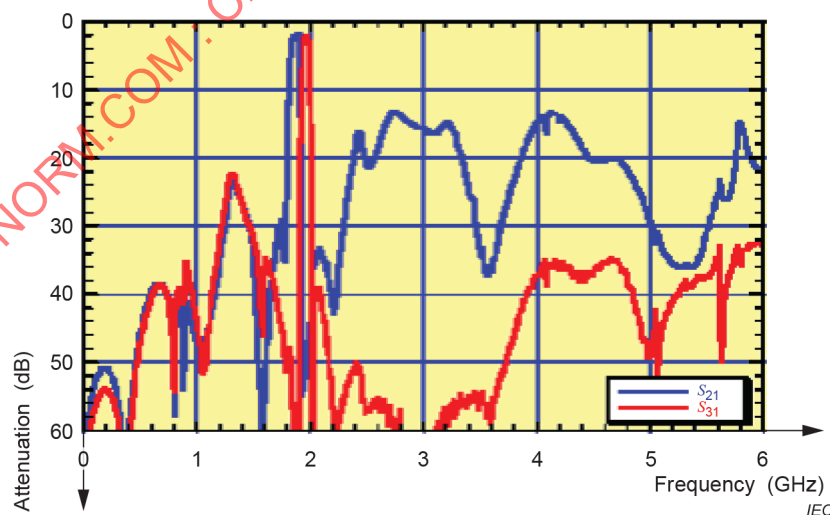
Figure 17 – Frequency characteristics of a SAW duplexer for US CDMA system



a) Amplitude responses of the duplexer from TX port to antenna port and from antenna port to RX port (near pass band)



b) Isolation characteristics of the duplexer between RX port and TX port



c) Amplitude responses of the duplexer from TX port to antenna port and from antenna port to RX port (DC to 6 GHz)

© IEEE, 2006.

SOURCE: Reproduced from P.Bradley et al.: A 6-port Film Bulk Acoustic Resonator (FBAR) Multiplexer For U.S. CDMA Handsets Permitting use of PCS, U.S. CDMA and GPS with a single Antenna, Proc. IEEE Ultrasonics Symp., pp.325-328, 2006, with the permission of the IEEE.

Figure 18 – Frequency characteristics of BAW duplexer for PCS CDMA system

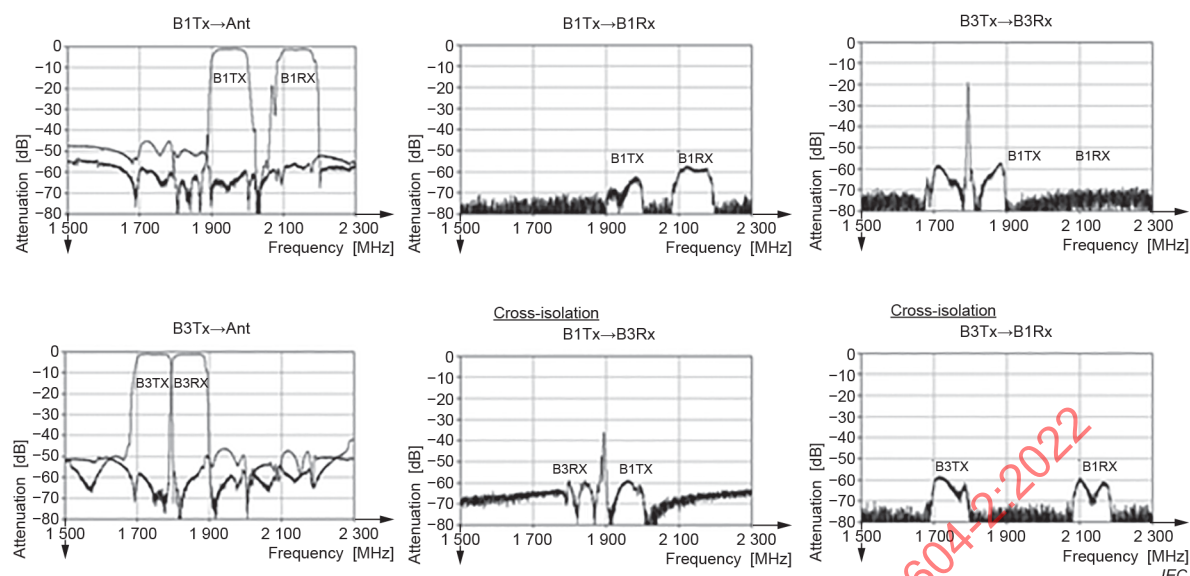


Figure 19 – Frequency characteristics of SAW Band 1 + Band 3 multiplexer for LTE

7 Application guidelines

7.1 Power durability

High power durability of about 1 W is necessary for SAW and BAW duplexers. There are two modes of damage caused by power beyond the durability and the situation is severer for a SAW duplexer than for a BAW duplexer.

The first mode is breakdown. High voltage momentarily destroys SAW electrodes. Input power should be considered to prevent their breakdown.

The second mode is stress migration. The excessive repeated mechanical stress can induce electrode deteriorations, such as voids and hillocks. They cause frequency shift and insertion attenuation degradation of the SAW duplexer.

In order to protect the SAW duplexer from such deteriorations, and to keep the duplexer working for a sufficient amount of time, the drive level shall be less than 1 W. Various technologies of high power durability in SAW devices intended to extend their lifetime have been studied; these are described in 5.5 of IEC 61019-2:2005.

In the case of a BAW duplexer, it is said that its durability is stronger than that of a SAW. However, consideration of the drive level is necessary also for a BAW duplexer. More detailed studies and reports are required technically.

7.2 Harmonics and inter-modulation distortion

Nonlinearity of SAW and BAW duplexers loaded in high power can cause harmonics, which generates unwanted output signals in stop band areas, as shown by Figure 11 and Figure 12. In addition inter-modulation distortion also occurs both in stop band and pass band areas. Detailed technical information is described in 8.5.7 of IEC 60862-1:2015.

7.3 Measurement method for the duplexer

The measurement method shall basically be performed in accordance with the measurement method of IEC 60862-1 and IEC 62575-1. However, in the evaluation of the duplexer, the instructions given by the application notes from a vendor should be considered. Because the duplexer is a three-port device, it is recommended to use multi-port-type network analyzers.

Figure 20 shows a schematic diagram of the measurement method for a duplexer with a four-port-type network analyzer, as an example.

However, a conventional two-port-type network analyzer can also be used for measuring the characteristics between any two ports chosen from three ports of the duplexer with $50\ \Omega$ termination of the unchosen port.

If the multiplexer has 5 ports or more, it can be measured in the same way as described above. In other words, the unchosen ports should be connected to $50\ \Omega$ termination. It is also convenient to use multi-port-type network analyzers that support more than 5 ports.

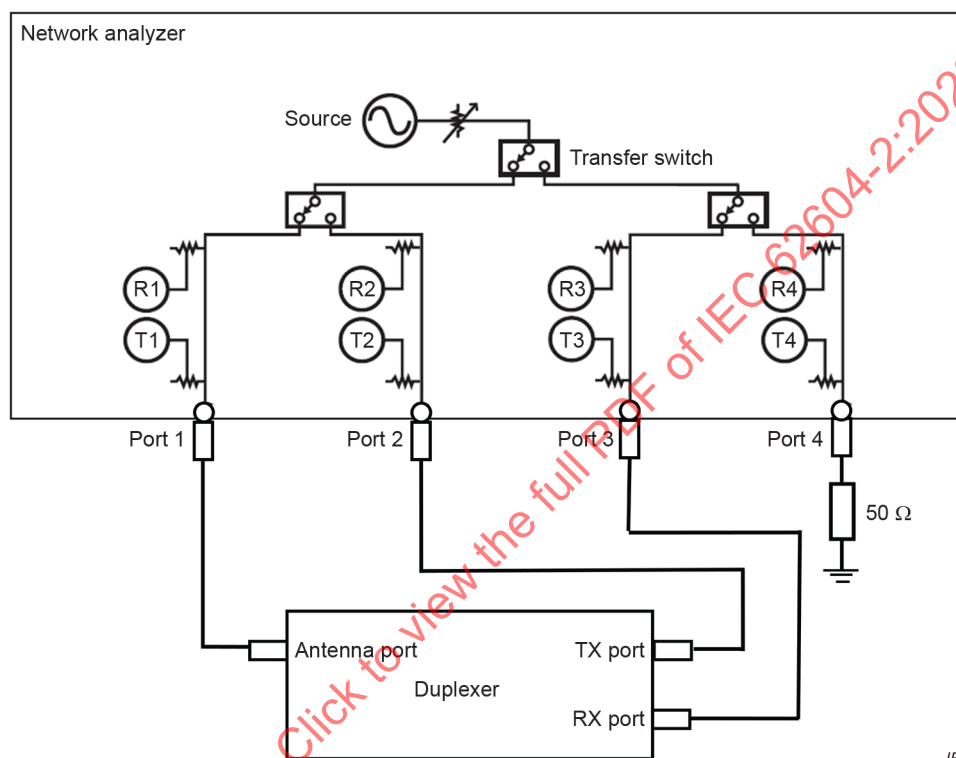


Figure 20 – Four-port-type network analyzer for duplexer measurement

Adopting a balanced connection filter⁴⁾ to the RX filter, a duplexer with a balanced RX port will be realized. It can also be evaluated using four-port-type network analyzer as shown in Figure 21.

⁴⁾ See IEC 60862-2:2012, 5.3.5.

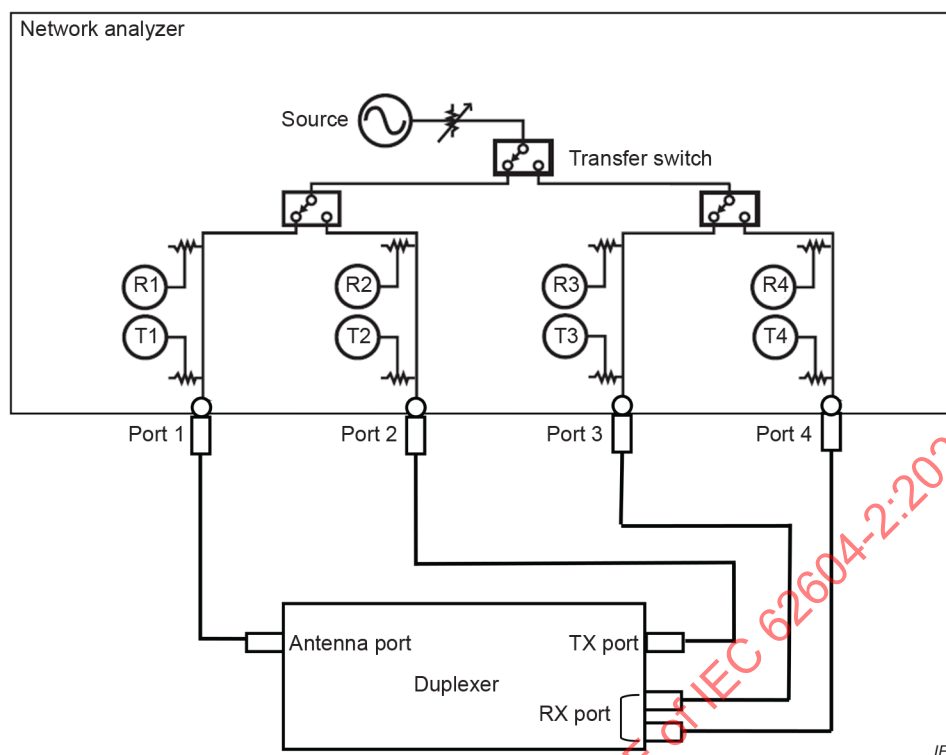


Figure 21 – Four-port-type network analyzer for measurement of a balanced RX port duplexer

7.4 Electrostatic voltage protection

Since the duplexers are used in the front-end of the user equipment, electrostatic overstress (discharge) can easily affect the device's antenna port, and a countermeasure against the static electricity is generally required, particularly for SAW duplexers. As the electrode gap of IDT in the SAW duplexer is very narrow, especially for the high frequency range, and it might be a cause of degradation or destruction to apply static electricity to a SAW duplexer, it is necessary to be careful not to apply static electricity or excessive voltage while transporting, assembling and measuring.

If the piezoelectric material of duplexers has large pyro-electricity, excessive voltage can occur during rapid temperature changes. In order to prevent such an occurrence, it is necessary to take care not to add any thermal shock. In the soldering process, adequate preheating is effective.

Bibliography

IEC 60862-2:2012, *Surface acoustic wave (SAW) filters of assessed quality – Part 2: Guidelines for the use*

IEC 61019-1:2004, *Surface acoustic wave (SAW) resonators – Part 1: Generic specification*

IEC 61019-2:2005, *Surface acoustic wave (SAW) resonators – Part 2: Guide to the use*

IEC 62047-7:2011, *Semiconductor devices – Micro-electromechanical devices – Part 7: MEMS BAW filter and duplexer for radio frequency control and selection*

IEC 62575-2:2012, *Radio frequency (RF) bulk acoustic wave (BAW) filters of assessed quality – Part 2: Guidelines for the use*

IEC 62604-1, *Surface acoustic wave (SAW) and bulk acoustic wave (BAW) duplexers of assessed quality – Part 1: Generic specification*

P. Bradley et al.: "A 6-port Film Bulk Acoustic Resonator (FBAR) Multiplexer For U.S. CDMA Handsets Permitting use of PCS, U.S. CDMA and GPS with a single Antenna", Proc. IEEE Ultrasonics Symp., pp.325-328, 2006.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62604-2:2022

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62604-2:2022

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	30
INTRODUCTION	32
1 Domaine d'application	33
2 Références normatives	33
3 Termes et définitions	33
3.1 Termes relatifs aux caractéristiques de réponse	33
3.2 Termes relatifs aux duplexeurs à OAS et à OAV	34
4 Aspects techniques	34
5 Aspects fondamentaux des duplexeurs à OAS et à OAV	34
5.1 Fonction de base	34
5.1.1 Généralités	34
5.1.2 Réponse du filtre TX (réponse du filtre entre l'accès TX et l'accès d'antenne)	35
5.1.3 Réponse du filtre RX (réponse du filtre entre l'accès d'antenne et l'accès RX)	36
5.1.4 Isolation (isolation entre l'accès TX et l'accès RX)	36
5.2 Structure de base	37
5.3 Principe de fonctionnement	37
5.4 Diplexeur	40
5.5 Multiplexeur	41
6 Caractéristiques des duplexeurs à OAS et à OAV	41
6.1 Conditions générales pour les duplexeurs à OAS et à OAV	41
6.2 Caractéristiques types des duplexeurs à OAS et à OAV	44
6.2.1 Duplexeur UMTS	44
6.2.2 Duplexeur US-CDMA	44
6.2.3 Duplexeur PCS CDMA	45
6.2.4 Multiplexeur LTE bande 1 + bande 3	45
7 Lignes directrices d'application	50
7.1 Tenue en puissance	50
7.2 Harmoniques et distorsion d'intermodulation	50
7.3 Méthode de mesure pour le duplexeur	51
7.4 Protection contre la tension électrostatique	52
Bibliographie	53
Figure 1 – Configuration de base d'un duplexeur	35
Figure 2 – Exemple de réponse de base du filtre TX des duplexeurs à OAS et à OAV	36
Figure 3 – Exemple de réponse de base du filtre RX des duplexeurs à OAS et à OAV	36
Figure 4 – Exemple de caractéristiques d'isolation principale des duplexeurs à OAS et à OAV	37
Figure 5 – Schéma fonctionnel d'un duplexeur	38
Figure 6 – Condition demandée de la partie TX pour les duplexeurs	39
Figure 7 – Rotation de phase dans la partie TX	39
Figure 8 – Condition demandée de la partie RX pour un duplexeur	40
Figure 9 – Configuration de base d'un diplexeur	40
Figure 10 – Configuration de base d'un multiplexeur	41

Figure 11 – Réponse en fréquence à large bande type du filtre TX	43
Figure 12 – Réponse en fréquence à large bande type du filtre RX pour le système local supérieur	43
Figure 13 – Déphaseur par ligne à microruban sur la surface d'un boîtier en céramique.....	43
Figure 14 – Déphaseur à éléments localisés	44
Figure 15 – Configuration d'un duplexeur.....	44
Figure 16 – Caractéristiques de fréquence du duplexeur à OAS pour un système UMTS de la bande 1	46
Figure 17 – Caractéristiques de fréquence d'un duplexeur à OAS pour le système US-CDMA	48
Figure 18 – Caractéristiques de fréquence d'un duplexeur à OAV pour le système PCS CDMA	49
Figure 19 – Caractéristiques de fréquence d'un multiplexeur LTE à OAS, bande 1 + bande 3	50
Figure 20 – Analyseur de réseaux à quatre ports pour la mesure d'un duplexeur	51
Figure 21 – Analyseur de réseau à quatre ports pour la mesure d'un duplexeur à accès RX symétrique	52
Tableau 1 – Attribution des fréquences pour les bandes de duplexage par répartition en fréquence (FDD) des systèmes LTE types	35

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**DUPLEXEURS À ONDES ACOUSTIQUES DE SURFACE (OAS)
ET À ONDES ACOUSTIQUES DE VOLUME (OAV)
SOUS ASSURANCE DE LA QUALITÉ –****Partie 2: Lignes directrices d'utilisation****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 attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 62604-2 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 troisième édition annule et remplace la seconde édition parue en 2017. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) ajout du terme "isolation de polarisation croisée" à l'Article 3;
- b) description des multiplexeurs.

NOTE Dans le présent document, les duplexeurs à OAS et à OAV sont traités simultanément car ces deux duplexeurs sont utilisés de la même manière, en particulier dans les systèmes de téléphonie mobile; ils ont en outre les mêmes exigences de caractéristiques, de méthode d'essai, etc.

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

Projet	Rapport de vote
49/1361/CDV	49/1376/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/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 62604, publiées sous le titre général *Duplexeurs à ondes acoustiques de surface (OAS) et à ondes acoustiques de volume (OAV) sous assurance de la qualité*, se trouve sur le site web de l'IEC.

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. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Alors que pour les systèmes 2G, les duplexeurs diélectriques sont majoritairement utilisés, la miniaturisation actuelle des systèmes de communication mobile 3G et 4G a encouragé le développement et l'application de duplexeurs à ondes acoustiques, en raison de leurs petites dimensions, de leur faible poids et de leurs bonnes performances électriques. Tandis que les duplexeurs à ondes acoustiques de surface (OAS) courants sont employés pour des applications dont les exigences sont modérées quant à l'inclinaison des filtres individuels, les applications dont l'écart de duplex est étroit (bandes 2, 3, 8, 25, par exemple), c'est-à-dire l'intervalle de fréquences entre les bandes de réception et d'émission, exigent l'application de technologies OAS ou OAV avec compensation de la température en raison de leurs meilleures caractéristiques de température et de meilleurs facteurs Q de résonateur.

Les spécifications comme celles de l'IEC dont les présentes lignes directrices font partie, les spécifications nationales ou les spécifications particulières des fabricants définissent les combinaisons disponibles de fréquence centrale, de largeur de bande passante et d'affaiblissement d'insertion pour chaque type de filtre d'émission et de réception ainsi que le niveau d'isolation entre les accès d'émission et les accès de réception, etc. Ces spécifications sont compilées afin d'intégrer une large plage de duplexeurs à OAS et à OAV présentant des performances normalisées. Il convient de ce fait de bien conseiller à l'utilisateur de choisir ses duplexeurs, dans la mesure du possible, à l'aide de ces spécifications lorsqu'elles sont disponibles même si cela peut impliquer des modifications mineures de son circuit pour permettre l'utilisation de duplexeurs normalisés. Ceci s'applique en particulier à la sélection de la bande de fréquence nominale.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62604-2:2022

DUPLEXEURS À ONDES ACOUSTIQUES DE SURFACE (OAS) ET À ONDES ACOUSTIQUES DE VOLUME (OAV) SOUS ASSURANCE DE LA QUALITÉ –

Partie 2: Lignes directrices d'utilisation

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 62604 s'applique aux duplexeurs qui peuvent séparer les signaux en réception des signaux en émission et constituent des composants essentiels pour les radiocommunications bilatérales. Ils sont généralement utilisés dans les systèmes de téléphonie mobile conformes aux systèmes d'accès multiple par répartition en code (AMRC) comme les systèmes N-CDMA des systèmes de télécommunication mobile de seconde génération (2G), les systèmes W-CDMA/UMTS (3G) ou les systèmes LTE (4G).

Les présentes lignes directrices attirent l'attention sur certaines des questions fondamentales concernant la théorie des duplexeurs à OAS et à OAV, et leurs modalités d'utilisation, qui sont à prendre en considération par l'utilisateur avant de commander un duplexeur à OAS ou à OAV pour une nouvelle application. Ainsi, l'utilisateur évite d'être confronté à des performances non satisfaisantes. Dans la mesure où les duplexeurs à OAS et à OAV présentent des performances très similaires dans leur utilisation, il est utile et pratique pour les utilisateurs que les deux types soient décrits dans une seule norme.

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 60862-1, *Filtres à ondes acoustiques de surface (OAS) sous assurance de la qualité – Partie 1: Spécification générique*

IEC 62575-1, *Filtres radiofréquences (RF) à ondes acoustiques de volume (OAV) sous assurance de la qualité – Partie 1: Spécification générique*

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 Termes relatifs aux caractéristiques de réponse

3.1.1

bande de garde

partie non utilisée du spectre radio entre les bandes radio, à des fins d'évitement des interférences

3.1.2

isolation de polarisation croisée

dans un multiplexeur, taux de puissance de fuite depuis l'un des accès TX vers l'un des accès RX sur une autre bande de fréquences nominale

3.2 Termes relatifs aux duplexeurs à OAS et à OAV

3.2.1

déphaseur

dispositif qui change la phase des signaux, pas leur fréquence

Note 1 à l'article: Il constitue une partie élémentaire d'un duplexeur.

3.2.2

vide

vacance dans l'électrode IDT induite par la migration de contrainte provoquée par la diffusion et/ou le transfert d'atomes de métal qui font partie de l'électrode

3.2.3

monticule

projection sur la surface latérale ou supérieure de l'électrode induite par la migration de contrainte provoquée par la diffusion et/ou le transfert d'atomes de métal qui font partie de l'électrode

4 Aspects techniques

Il convient en priorité pour l'utilisateur que les caractéristiques du duplexeur soient conformes aux spécifications particulières. Il convient que la sélection des circuits frontaux dans l'appareil utilisateur et les duplexeurs à OAS et à OAV pour satisfaire à de telles spécifications fasse l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant.

Les caractéristiques des duplexeurs sont généralement exprimées en fonction de la fréquence centrale, de la largeur de bande passante et de l'affaiblissement d'insertion pour chaque partie des filtres d'émission et de réception dans le duplexeur et selon le niveau d'isolation entre les accès d'émission et de réception. Dans la mesure où les duplexeurs à OAS et à OAV sont utilisés dans les circuits frontaux RF de l'appareil utilisateur, les caractéristiques suivantes font l'objet d'exigences strictes, un faible affaiblissement d'insertion, un niveau d'isolation/de réjection élevé, une tenue en puissance élevée et de faibles dimensions en taille et épaisseur des boîtiers sont strictement exigés.

5 Aspects fondamentaux des duplexeurs à OAS et à OAV

5.1 Fonction de base

5.1.1 Généralités

Les duplexeurs sont nécessaires pour que les appareils de duplexage par répartition en fréquence (FDD, frequency division duplex) reçoivent et émettent des signaux simultanément. Les duplexeurs sont des dispositifs à trois accès à savoir un accès d'antenne, un accès pour l'émission (accès TX) et un accès pour la réception (accès RX) comme représentés à la Figure 1. Ils assurent trois fonctions de base:

- transférer le signal d'émission de l'accès TX à l'accès d'antenne;
- transférer le signal de réception de l'accès d'antenne à l'accès RX;
- empêcher le transfert du signal d'émission et de bruit de l'accès TX à l'accès RX.

La fréquence d'émission et celle de réception sont déterminées en fonction de chaque système de communication mobile. Par exemple, le Tableau 1 présente les bandes de fréquences généralement attribuées dans le cas des systèmes LTE.

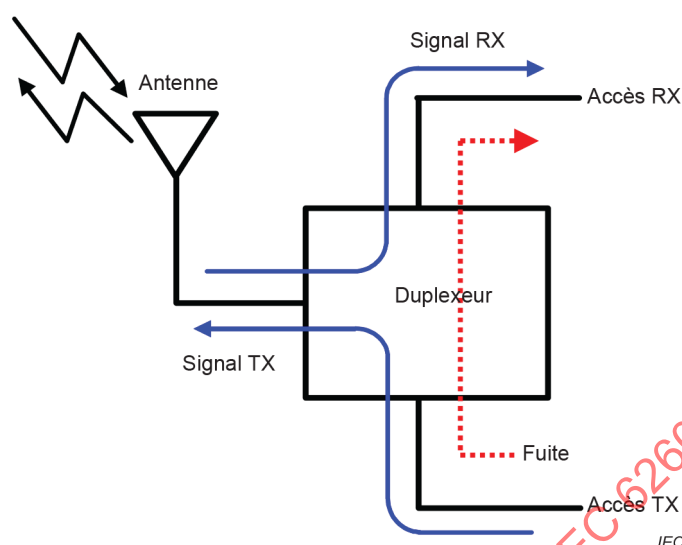


Figure 1 – Configuration de base d'un duplexeur

Tableau 1 – Attribution des fréquences pour les bandes de duplexage par répartition en fréquence (FDD) des systèmes LTE types

Bande	Fréquence de liaison montante (MHz)	Fréquence de liaison descendante (MHz)	Bande	Fréquence de liaison montante (MHz)	Fréquence de liaison descendante (MHz)
1	1 920 – 1 980	2 110 – 2 170	16	2 010 – 2 025	2 585 – 2 600
2	1 850 – 1 910	1 930 – 1 990	17	704 – 716	734 – 746
3	1 710 – 1 785	1 805 – 1 880	18	815 – 830	860 – 875
4	1 710 – 1 755	2 110 – 2 155	19	830 – 845	875 – 890
5	824 – 849	869 – 894	20	832 – 862	791 – 821
6	830 – 840	875 – 885	21	1 447,9 – 1 462,9	1 495,5 – 1 510,9
7	2 500 – 2 570	2 620 – 2 690	22	3 410 – 3 490	3 510 – 3 590
8	880 – 915	925 – 960	23	2 000 – 2 020	2 180 – 2 200
9	1 749,9 – 1 784,9	1 844,9 – 1 879,9	24	1 626,5 – 1 660,5	1 525 – 1 559
10	1 710 – 1 770	2 110 – 2 170	25	1 850 – 1 915	1 930 – 1 995
11	1 427,9 – 1 447,9	1 475,9 – 1 495,9	26	814 – 849	859 – 894
12	699 – 716	729 – 746	27	807 – 824	852 – 869
13	777 – 787	746 – 756	28	703 – 748	758 – 803
14	788 – 798	758 – 768	30	2 305 – 2 315	2 350 – 2 360
15	1 900 – 1 920	2 600 – 2 620	31	452,5 – 457,5	462,5 – 467,5

NOTE Pour un appareil utilisateur, la fréquence de liaison montante signifie la fréquence d'émission et la fréquence de liaison descendante signifie la fréquence de réception, respectivement.

5.1.2 Réponse du filtre TX (réponse du filtre entre l'accès TX et l'accès d'antenne)

La Figure 2 représente un exemple de caractéristiques de fréquence du filtre TX. Les caractéristiques de fréquence exigées sont un faible affaiblissement d'insertion dans la bande

de fréquences d'émission (f_T), un affaiblissement d'insertion élevé dans la bande de fréquences de réception (f_R) et une bonne adaptation d'impédance.

5.1.3 Réponse du filtre RX (réponse du filtre entre l'accès d'antenne et l'accès RX)

La Figure 3 représente un exemple de caractéristiques de fréquence du filtre RX. Les caractéristiques de fréquence exigées sont un faible affaiblissement d'insertion dans la bande de fréquences de réception (f_R) et un affaiblissement d'insertion élevé dans la bande de fréquences d'émission (f_T).

5.1.4 Isolation (isolation entre l'accès TX et l'accès RX)

La Figure 4 représente un exemple de caractéristiques d'isolation. Une des fonctions importantes des duplexeurs concerne leur caractéristique d'isolation, qui indique la puissance de fuite entre l'accès TX et l'accès RX en fonction de la fréquence.

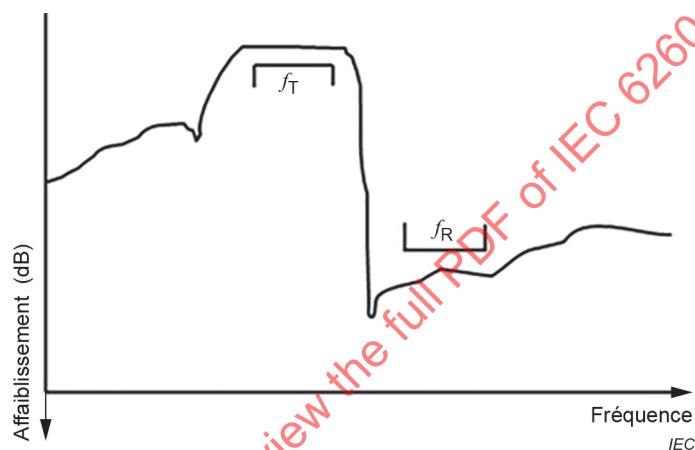


Figure 2 – Exemple de réponse de base du filtre TX des duplexeurs à OAS et à OAV

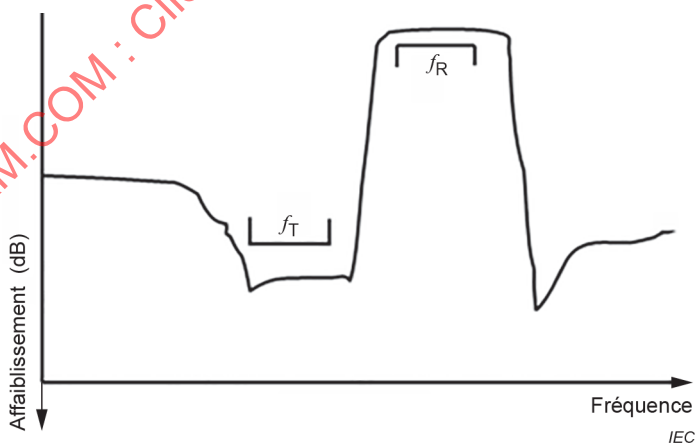


Figure 3 – Exemple de réponse de base du filtre RX des duplexeurs à OAS et à OAV

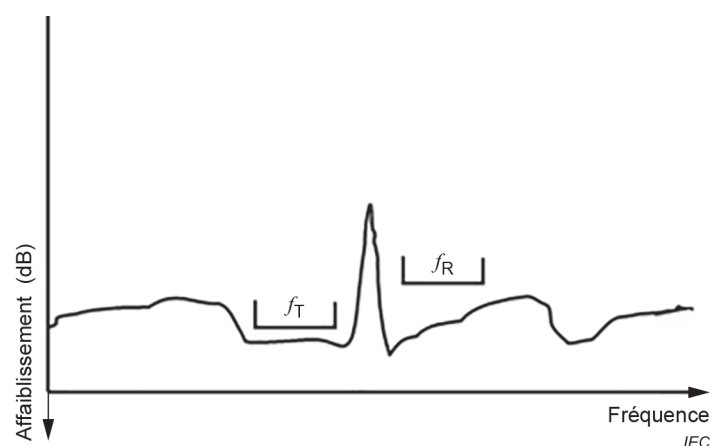


Figure 4 – Exemple de caractéristiques d'isolation principale des duplexeurs à OAS et à OAV

5.2 Structure de base

Les duplexeurs sont des dispositifs/des modules à 3 accès, qui permettent d'émettre et de recevoir des signaux simultanément au moyen d'une antenne commune. Une structure de base des duplexeurs est représentée à la Figure 5. Les duplexeurs à OAS et à OAV comprennent une partie émission (TX) et une partie réception (RX). Ces deux parties, avec éventuellement un déphaseur, sont reliées à un accès d'antenne. Le déphaseur est utilisé pour empêcher l'interaction entre les filtres. A la Figure 5, Z_t et Z_r correspondent à l'impédance de la partie TX et de la partie RX du côté de l'accès d'antenne, tandis que Z_o est l'impédance de l'accès d'antenne. Les conditions suivantes doivent être satisfaites pour que le duplexeur remplisse ses fonctions.

$$Z_t \cong Z_o \text{ et } |Z_r| \gg |Z_o| \quad \text{dans la bande passante TX}$$

$$Z_r \cong Z_o \text{ et } |Z_t| \gg |Z_o| \quad \text{dans la bande passante RX}$$

Les filtres de type DMS (OAS mode double), également appelés filtres à résonateurs couplés longitudinalement (LCRF, longitudinally coupled resonator filters)¹⁾, les filtres OAS et OAV de type en échelle²⁾ et les autres types de filtres OAS tels que les filtres à résonateurs à transducteurs interdigités imbriqués (TIDI)³⁾ peuvent être adoptés comme filtres TX et RX. Une tenue en puissance élevée est exigée pour les filtres TX.

5.3 Principe de fonctionnement

Dans la bande passante TX, l'impédance de la partie TX du côté accès d'antenne (Z_t) est presque la même que celle de l'antenne (Z_o), tandis que celle de la partie RX (Z_r) est bien supérieure, ce qui signifie qu'à l'accès d'antenne, la partie RX a un coefficient de réflexion élevé dans cette bande.

$$Z_t \cong Z_o \text{ et } |Z_r| \gg |Z_o| \quad \text{dans la bande passante TX}$$

1) Voir l'IEC 60862-2:2012, 5.3.

2) Voir l'IEC 60862-2:2012, 5.2.

3) Voir l'IEC 60862-2:2012, 5.4.

Par ailleurs, dans la bande passante RX, l'impédance de la partie RX du côté accès d'antenne (Z_r) est presque la même que celle de l'antenne (Z_o), tandis que celle de la partie TX (Z_t) est bien plus élevée. Ceci signifie aussi que la partie TX a un coefficient de réflexion élevé dans cette bande.

$$Z_r \cong Z_o \text{ et } |Z_t| \gg |Z_o| \quad \text{dans la bande passante RX}$$

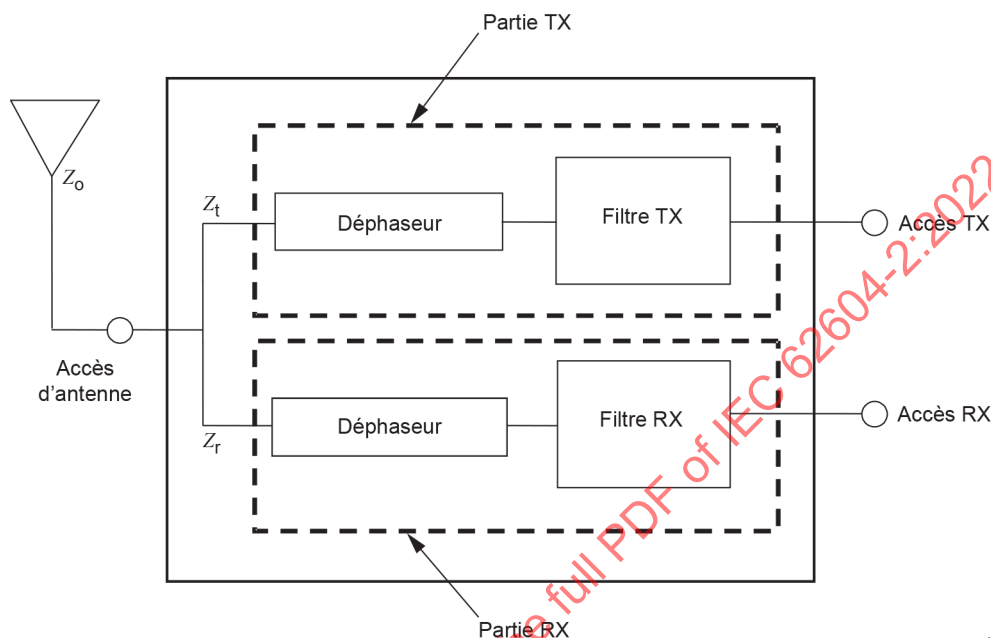


Figure 5 – Schéma fonctionnel d'un duplexeur

Le signal d'émission appliqué à l'accès TX passe à travers le filtre TX et s'écoule ensuite à l'accès d'antenne et non au filtre RX. Le signal reçu de l'accès d'antenne ne s'écoule pas au filtre TX mais au filtre RX. Il en résulte que la partie TX et la partie RX peuvent partager l'accès d'antenne commun. Dans l'explication suivante, l'impédance de l'antenne (Z_o) est par hypothèse de 50Ω . La courbe S_{11} de la partie TX du côté accès d'antenne doit satisfaire à la condition demandée indiquée à la Figure 6. L'impédance de sa bande passante doit être égale à environ 50Ω . Dans la bande de réjection, l'impédance doit avoir une valeur suffisamment supérieure à 50Ω . Dans le duplexeur réel, le tracé S_{11} dans l'abaque de Smith du filtre TX subit une rotation par un déphaseur pour être dans son état optimal, comme cela est représenté à la Figure 7. Par ailleurs, les caractéristiques de fréquence de l'amplitude de S_{21} restent les mêmes que celles sans déphaseur. La Figure 8 représente les caractéristiques de fréquence de S_{21} et la condition demandée de S_{11} de la partie RX.

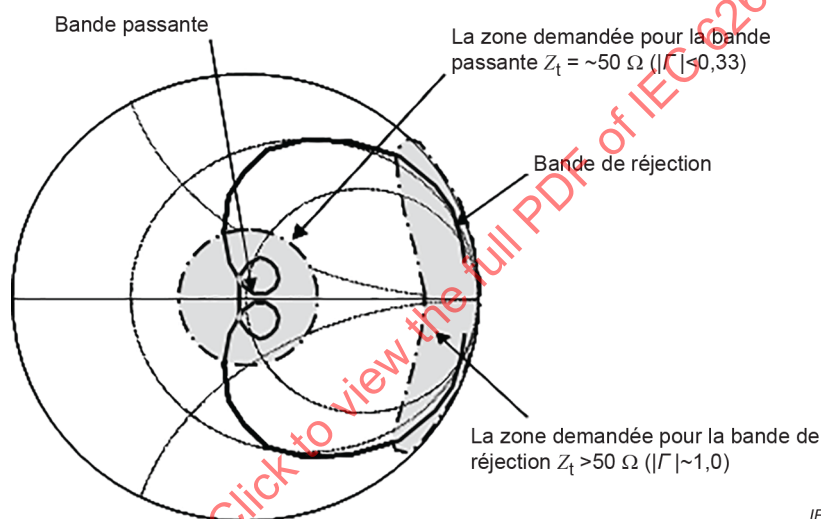
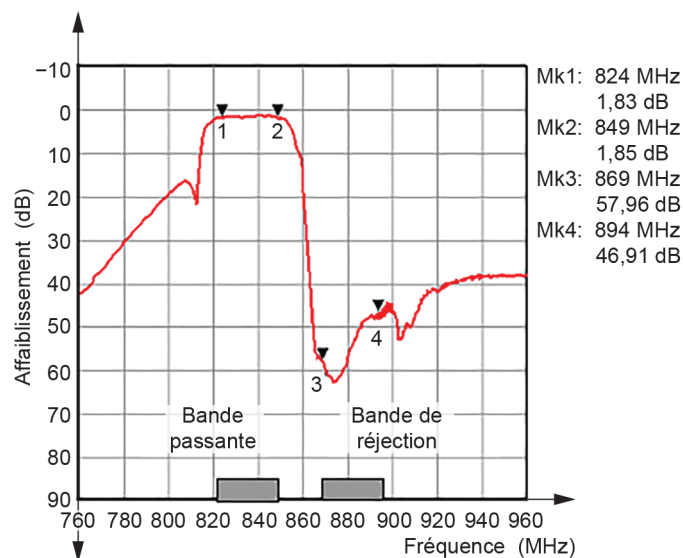


Figure 6 – Condition demandée de la partie TX pour les duplexeurs

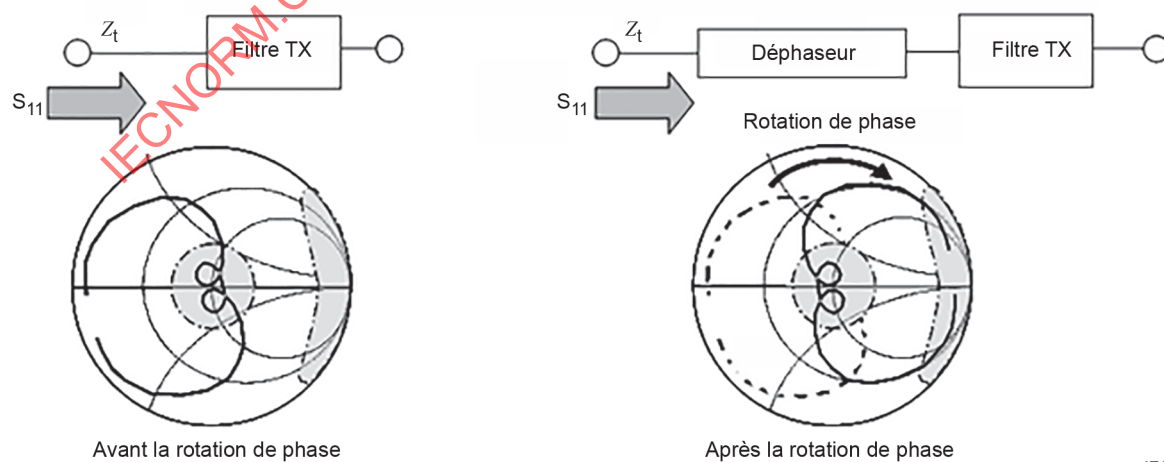


Figure 7 – Rotation de phase dans la partie TX

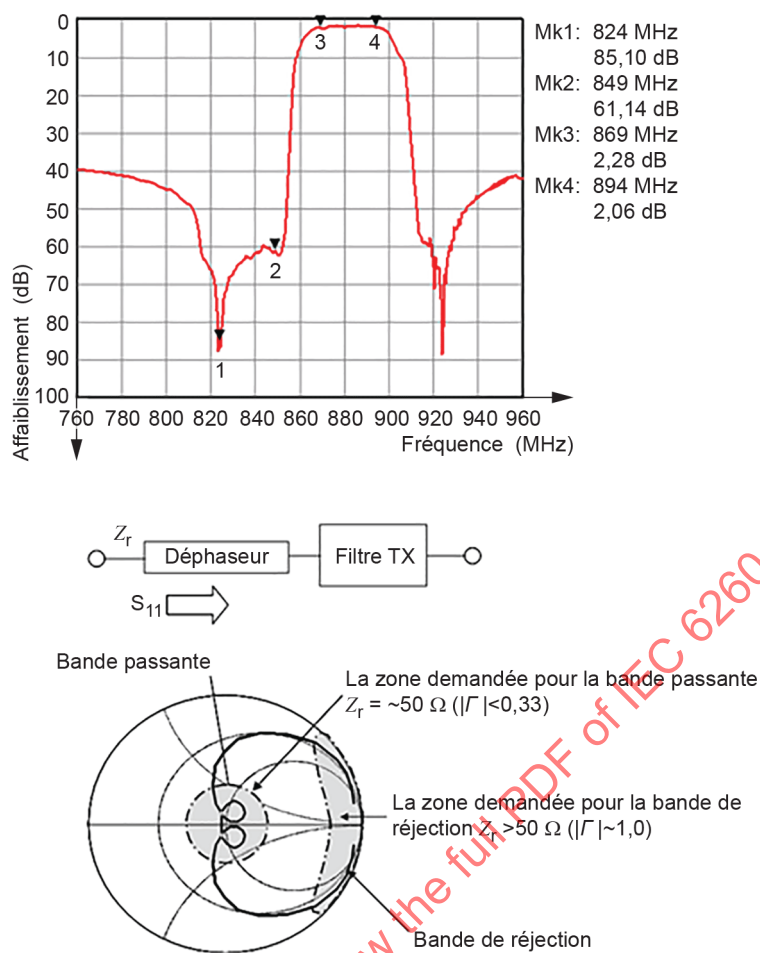


Figure 8 – Condition demandée de la partie RX pour un duplexeur

5.4 Diplexeur

Les diplexeurs combinent différents domaines de fréquences comme représenté à la Figure 9. Ils ont une structure et un principe de fonctionnement très similaires à ceux des duplexeurs.

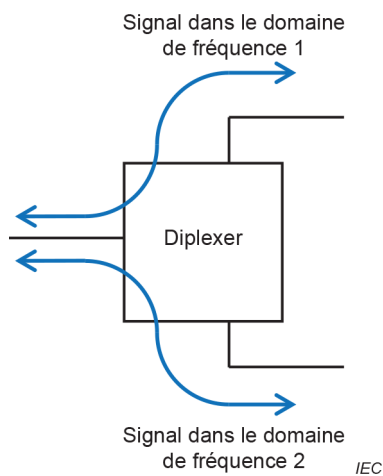
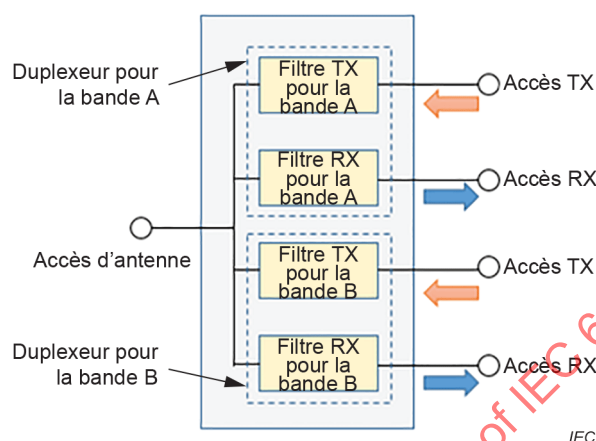


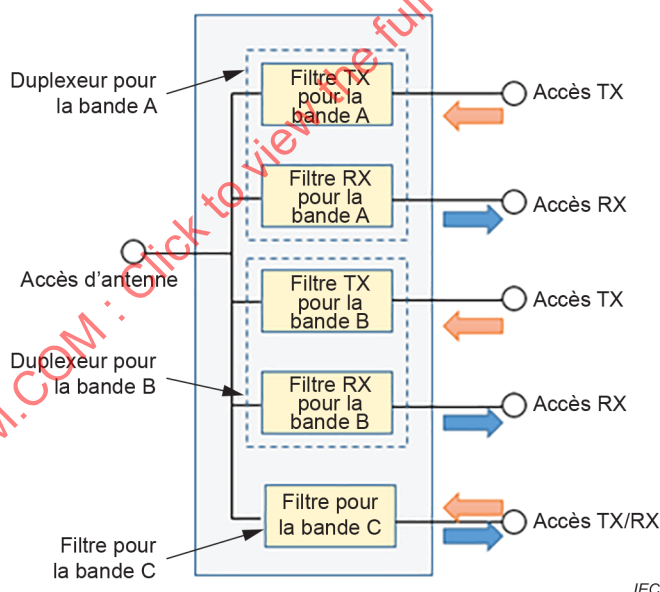
Figure 9 – Configuration de base d'un diplexeur

5.5 Multiplexeur

Les multiplexeurs combinent un duplexeur à d'autres duplexeurs ou à des filtres, qui sont utilisés dans les bandes de fréquences nominales respectives. Comme représenté à la Figure 10, chaque duplexeur et chaque filtre est connecté à l'accès d'antenne commun. Dans le cas de la Figure 10 b) un filtre de duplexage par répartition dans le temps (TDD, time division duplex) est ajouté aux deux duplexeurs. Ils ont une structure et un principe de fonctionnement très similaires à ceux des duplexeurs.



a) Combinaison de deux duplexeurs



b) Combinaison de deux duplexeurs et d'un filtre

Figure 10 – Configuration de base d'un multiplexeur

6 Caractéristiques des duplexeurs à OAS et à OAV

6.1 Conditions générales pour les duplexeurs à OAS et à OAV

Le filtre TX, le filtre RX et le déphaseur qui composent les duplexeurs à OAS et à OAV représentés en 5.2 sont décrits dans l'Article 6. La configuration d'assemblage des duplexeurs est également expliquée ici.

- Filtre TX

Le filtre TX des duplexeurs nécessite une tenue en puissance élevée aux signaux émis. Pour assurer cette tenue en puissance élevée, par exemple, 1 W, un filtre en échelle ou un filtre en treillis est utilisé pour le filtre TX en raison de sa tenue en puissance élevée parmi les différents types de filtres OAS et OAV. Les filtres OAS en échelle et en treillis sont décrits en 5.2 de l'IEC 60862-2:2012 et les filtres OAV en échelle sont décrits en 4.4 de l'IEC 62575-2:2012.

Outre le faible affaiblissement d'insertion dans la bande TX (f_T) et l'affaiblissement d'insertion élevé dans la bande RX (f_R) décrits en 5.1, l'affaiblissement élevé dans la deuxième harmonique ($2f_T$) et dans la troisième harmonique ($3f_T$) est également important. L'affaiblissement de la fréquence parasite (f_{SP}) supprime le signal d'intermodulation à $f_R = 2f_T - f_{SP}$. La réponse en fréquence type est représentée à la Figure 11.

- Filtre RX

La puissance d'émission passe à travers le filtre TX et attaque le côté accès d'antenne du filtre RX. Les types de filtres utilisés pour le filtre TX peuvent être adoptés pour le filtre RX mais les filtres de type DMS (OAS mode double) également appelés filtres à résonateurs couplés longitudinalement (LCRF) ont des capacités de blocage de la puissance émise.

Outre le faible affaiblissement d'insertion dans la bande RX (f_R) et l'affaiblissement d'insertion élevé dans la bande TX (f_T) décrits en 5.1, un récepteur hétérodyne avec la fréquence intermédiaire (f_{IF}) exige un affaiblissement élevé dans la fréquence d'oscillation locale (f_{LO}) et la fréquence d'image ($f_{IM} = f_{LO} + f_{IF}$ pour le système local supérieur). Le signal d'intermodulation en f_R peut être réduit par affaiblissement élevé dans la fréquence telle que $2f_T + f_R$, $2f_T - f_R$, $f_R + f_T$ et $f_R - f_T$. La réponse en fréquence type est représentée à la Figure 12.

- Déphaseur

Il existe plusieurs types de déphaseurs selon les configurations des duplexeurs et l'impédance complexe hors bande des filtres TX et RX. Pour construire un déphaseur de ligne à retard avec la longueur électrique souhaitée, une ligne à ruban est située entre les couches intérieures d'un boîtier ou une ligne à microruban est située sur la surface d'un boîtier comme cela est représenté à la Figure 13. La Figure 14 représente un déphaseur à éléments localisés. Le nombre adapté d'éléments localisés n'est pas fixé à trois. Dans certains cas, il n'est pas nécessaire d'avoir un déphaseur.

- Configuration du duplexeur

La Figure 15 représente deux types de configurations de duplexeurs. Ils ont chacun des points positifs et des points négatifs concernant leurs caractéristiques, leurs dimensions, leurs coûts et d'autres éléments.

La Figure 15 a) représente un type de module avec les filtres OAS et OAV et les autres composants sur un substrat, comme dans le cas d'une carte imprimée. La Figure 15 b) représente un type de dispositif qui scelle le boîtier après le montage des puces nues de filtres OAS et OAV sur un boîtier, comme dans le cas des céramiques multicouches. Dans ces deux types, les filtres/puces TX et RX sont séparés et il existe une solution avec filtre/puce unique.

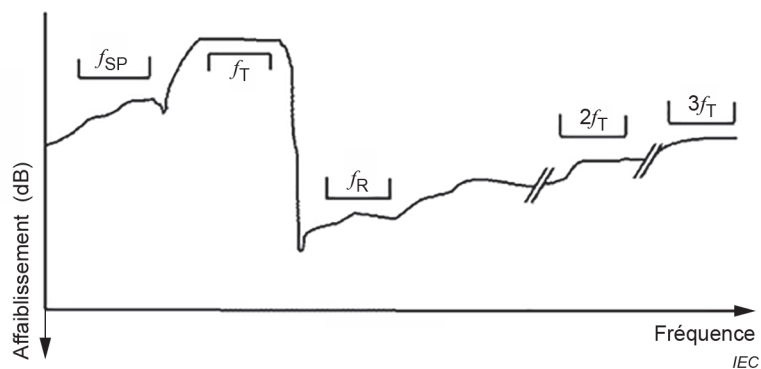


Figure 11 – Réponse en fréquence à large bande type du filtre TX

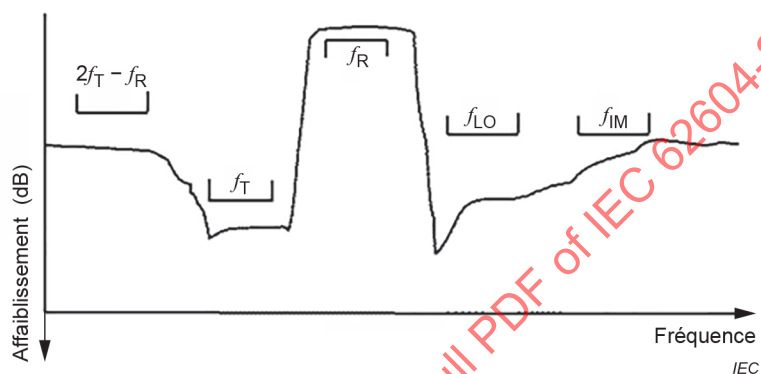


Figure 12 – Réponse en fréquence à large bande type du filtre RX pour le système local supérieur

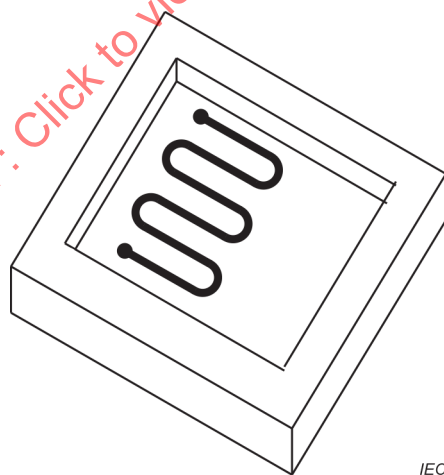


Figure 13 – Déphaseur par ligne à microruban sur la surface d'un boîtier en céramique

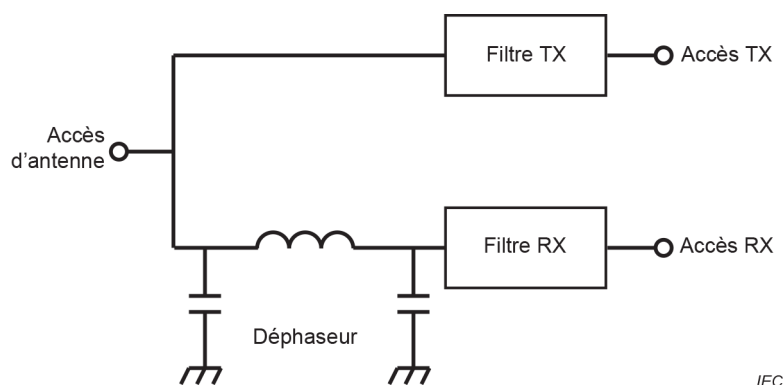


Figure 14 – Déphaseur à éléments localisés

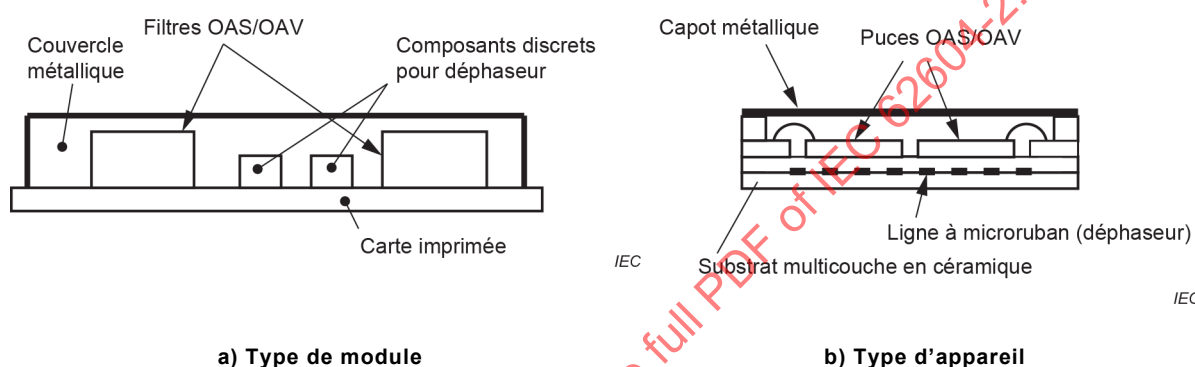


Figure 15 – Configuration d'un duplexeur

6.2 Caractéristiques types des duplexeurs à OAS et à OAV

6.2.1 Duplexeur UMTS

Un duplexeur à OAS est représenté à la Figure 16 comme exemple de duplexeur pour un système UMTS de la bande 1. La régulation de fréquence sur la bande 1 est assurée par le groupement 3GPP (third generation partnership project). Les bandes passantes d'émission et de réception du combine vont respectivement de 1 920 MHz à 1 980 MHz et de 2 110 MHz à 2 170 MHz. Les deux bandes de fréquences sont indiquées par f_T et f_R à la Figure 16. La taille de ce duplexeur est généralement de 4,9 mm × 4,9 mm × 1,7 mm. Le substrat utilisé est un cristal LiNbO_3 , avec axe Y comme normale du plan de coupe, axe X comme direction de propagation et rotation à 41°. La structure du filtre est celle d'un filtre en échelle (voir 5.2 de l'IEC 60862-2:2012) et le matériau des électrodes est en alliage Al-Ti pour assurer une tenue en puissance élevée.

Les caractéristiques de fréquence de ce duplexeur à OAS pour un système UMTS de la bande 1 sont représentées à la Figure 16. L'affaiblissement d'insertion type entre l'accès TX et l'accès d'antenne et celui entre l'accès d'antenne et l'accès RX sont respectivement de 1,4 dB et 2,3 dB. Les valeurs d'isolation entre les accès d'émission et de réception sont généralement de 48 dB pour la bande TX et de 40 dB pour la bande RX.

6.2.2 Duplexeur US-CDMA

Un exemple de caractéristique de fréquence du duplexeur AMRC à impulsions ultra-courtes (US-CDMA, ultrashort pulse code-division multiple access) est représenté à la Figure 17. Ce type de duplexeur est aussi applicable à la bande UMTS 5. La fréquence de bande passante en émission va de 824 MHz à 849 MHz, tandis que la fréquence de bande passante en réception va de 869 MHz à 894 MHz. Les deux bandes de fréquences sont indiquées par f_T et f_R à la Figure 17. Les dimensions de ce duplexeur sont généralement de