

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère De L'enseignement Supérieur
Et De La Recherche Scientifique

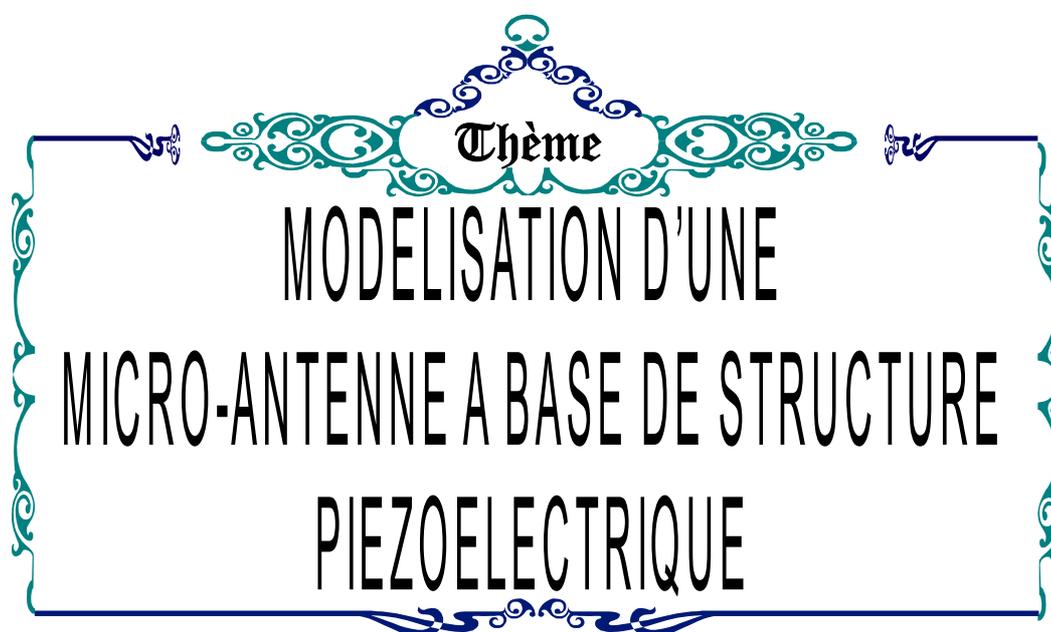
UNIVERSITE DE BATNA

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR
DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

Option : Micro-ondes pour télécommunication

Mémoire de Magister présenté par :

BOULILA MOHAMED



Jury composé de :

Pr. Malek BENSLAMA	Prof.	U. Constantine	Président
Pr. Djamel BENATIA	Prof.	U. Batna	Rapporteur
Dr. Nabil BENOUDJIT	M.C	U. Batna	Examineur
Dr. Tarek FORTAKI	M.C	U. Batna	Examineur

Année Universitaire 2006/2007



Remerciement

J'exprime toute ma gratitude au Professeur Benatia Djamel qui ma fait l'honneur d'être rapporteur de ma thèse. Et j'adresse tous mes remerciements pour sa confiance, son aide *et ses conseils*.

Je tiens également à remercier chaleureusement le Professeur Benslama Malek d'avoir présidé le jury ainsi que Dr. Fortaki Tarek et Dr. Benoudjit Nabil pour leur participation à ce jury.

A tous ceux qui, directement ou indirectement ont contribué à ce travail, j'adresse mes plus sincères remerciements.

Je vais prendre également un peu de place pour remercier mon ami Ali Benchenine qui bien évidemment m'a soutenue du début à la fin.

Je garde le meilleur pour la fin à mes parents, qui m'ont entouré de leur affection, fait grandir dans l'envie de comprendre et de découvrir, et qui m'ont toujours fait confiance et m'ont toujours laissé faire ce que je voulais faire; sans leur amour et leur soutien indéfectible tout au long de mon cursus universitaire je n'en serais pas là.

DEDICACES

Cette thèse, je la dédie particulièrement à :

*Mes très chères parents qui représentent
pour moi l'exemple de sacrifice, de fidélité et de
l'honnêteté.*

Mes frères et sœurs.

Toute ma grande famille.

*Mes amis : Ali, Tarek, Imad, Samir, Mohamed
et Farouk.*

A ma fiancée : B. H

*Tous ceux qui travaillent pour un avenir
mieux.*

RESUME

Ce travail portant sur le domaine des microondes acoustiques qui se propagent dans les dispositifs piézoélectriques. Dans ce cas l'information circule sous un aspect élastique, cet aspect, qui n'est pas sensible au bruits, permet d'améliorer les performances de ces dispositifs surtout au niveau des parasites et la stabilité des systèmes pour les hautes fréquences.

L'objectif de notre travail est de détecter les ondes élastiques dans les solides en particulier les ondes de fuite, en expliquant leur génération et leur propagation dans les matériaux piézoélectrique ainsi que leur excitation par les transducteurs interdigités.

L'étude s'est accentuée sur deux matériaux piézoélectriques qui sont le Niobate de Lithium et le Tantalate de Lithium. Nous avons expliqué brièvement le phénomène de détection des ondes de fuite dans un cristal piézoélectrique suivi par une comparaison entre les résultats obtenus au niveau des deux cristaux.

Cette détection fera l'objet d'une modélisation des structures rayonnantes piézoélectrique ; on vise plus particulièrement le rayonnement des surfaces comprises entre les électrodes du transducteur interdigité.

Mots clés :

Dispositif piézoélectrique, Microondes acoustiques, Ondes de fuites, micro-antenne piézoélectrique.

Sommaire

Introduction générale	1
------------------------------------	---

CHAPITRE I : Généralités sur la piézoélectricité

I.1 Introduction.....	3
I.2 Historique.....	4
I.3 L'effet piézoélectrique	5
I.4 Symétrie et piézoélectricité.....	6
I.5 La piézoélectricité naturelle.....	8
I.6 La piézoélectricité artificielle.....	9
I.7 Polarisations	11
I.8 Les matériaux piézoélectriques.....	12
I.9 Les principaux matériaux piézoélectriques.....	12
I. 9.1 <i>Les cristaux</i>	13
I. 9.2 <i>Les polymères</i>	13
I. 9.3 <i>Les céramiques piézoélectriques</i>	13
I. 9.4 <i>Les composites</i>	14
I.10 Choix des matériaux piézoélectrique.....	15
I.11 Modes de vibrations des matériaux piézoélectriques.....	16
I.12 Dispositifs piézoélectriques et leurs applications.....	17
I.13 Les équations de la piézoélectricité.....	19
I.14 Constantes élastiques des solides	22
I.15 Définition des coefficients piézoélectriques.....	23
I.16 Les avantages des éléments piézoélectriques.....	24
I.17 Conclusion	25

CHAPITRE II : *Détection des ondes de fuite*

II.1 Introduction.....	26
II.2 Relations fondamentales.....	27
II.3 Ondes élastiques et électriques.....	28
II.4 Equations de mouvement d'une particule et du potentiel électrique.....	28
II.5 forme générale de la solution.....	30
II.6 Comportement des racines de l'équation séculaire.....	31
II.7 Application sur le LiNbO ₃ (Niobate de Lithium) coupe Y-X	33
II.7 Application sur le LiTaO ₃ (Tantalate de Lithium) coupe Y-X	39
II.8 Comparaison entre les deux matériaux.....	42
II.9 Conclusion	42

CHAPITRE III : *Modélisation d'une antenne piézoélectrique à ondes de fuite*

III.1 Problématique	43
III.2 Rayonnement d'une structure piézoélectrique	43
III.3 Cas d'une seule surface.....	44
III.4 Cas de plusieurs surfaces.....	49
III.5 Diagramme de rayonnement.....	50
III.6 Conclusion.....	53
Conclusion générale	54

Légendes des figures

CHAPITRE I :

Figure I.1: Illustration des effets piézoélectriques	4
Figure I.2 : Effet de la piézoélectricité (effet direct et inverse).....	5
Figure I.3 : Représentation schématique de l'apparition de la piézoélectricité.....	6
Figure I.4 : Organisation des 32 classes cristallines.....	7
Figure I.5: Hiérarchie des matériaux cristallins ayant des propriétés piézoélectriques.....	8
Figure I.6.a : piézoélectricité du quartz naturel à l'équilibre.....	9
Figure I.6.b : Piézoélectricité du quartz naturel avec une force appliquée.....	9
Figure I.7: La déformation est positive	10
Figure I.8 : la piézoélectricité artificielle	10
Figure I.9 : Dipôles électriques dans une céramique piézoélectrique	11
Figure I.10: Polarisation des céramiques piézoélectriques.....	12
Figure I.11 : Structure d'un composite : pilier de céramique noyé dans un polymère.....	14
Figure I.12 : Modes de vibration typiques associés à la forme d'un matériau piézoélectrique....	16
Figure I.13 : Relation typique entre contraintes et déformations dans un solide.....	22
Figure I.14 : Notations tensorielles.....	23

CHAPITRE II :

Figure II.1 Excitation du matériau piézoélectrique par un transducteur interdigité.....	28
Figure II.2 : Ondes de surface.....	32
Figure II.3 : Ondes de fuite.....	32
Figure II.4 : Ondes de volume.....	32
Figure II.5 : Ondes SSBW.....	32
Figure II.6 : Partie réelle de α_3 ($LiNbO_3$).....	34
Figure II.7: Partie imaginaire de α_3 ($LiNbO_3$).....	35
Figure II.8 : Partie réelle de α_4 ($LiNbO_3$).....	35
Figure II.9: Partie imaginaire de α_4 ($LiNbO_3$).....	36
Figure II.10: Partie réelle de α_1 ($LiNbO_3$).....	37
Figure II.11: Partie imaginaire de α_1 ($LiNbO_3$).....	37

Figure II.12: Partie réelle de α_2 ($LiNbO_3$).....	38
Figure II.13: Partie imaginaire de α_2 ($LiNbO_3$).....	38
Figure II.14: Partie réelle de α_3 ($LiTaO_3$).....	40
Figure II.15: Partie imaginaire de α_3 ($LiTaO_3$).....	40
Figure II.16: Partie réelle de α_4 ($LiTaO_3$).....	41
Figure II.17: Partie imaginaire de α_4 ($LiTaO_3$).....	41

CHAPITRE III :

Figure III.1 : Matériau piézoélectrique associé aux électrodes	44
Figure III.2 : Surface comprise en deux électrodes	45
Figure III.3 : Association des surfaces rayonnantes en série.....	49
Figure III.4 : Diagramme de rayonnement pour n = 2 plan E.....	51
Figure III.5 : Diagramme de rayonnement pour n = 2 plan H	51
Figure III.6 : Diagramme de rayonnement pour n = 10 plan E	52
Figure III.7 : Diagramme de rayonnement pour n = 10 plan H.....	52

Listes des tableaux

Tableau I.1 : Caractéristiques piézoélectriques des matériaux piézoélectriques.....	15
Tableau I.2 : Facteurs de couplages pour les différents modes de vibration	17
Tableau I.3 : Applications des matériaux piézoélectriques en fonction de l'effet utilisé.....	18
Tableau I.4 : Equations piézoélectriques.....	20
Tableau I.5 : Grandeurs électriques, mécaniques et piézoélectriques.....	21