# Innovative Piezoelectric Materials elaborated by Pulsed Laser Deposition (PLD)

This thesis aimed to improve the deposition process for thin layers of lithium niobate, to produce RF devices. The noteworthy theoretical piezoelectric and acoustic characteristics of LiNbO3 make it highly suitable for developing filters to meet the changing needs of the advancing 5G technology. To improve filter performance, the deposited layer needs to meet strict criteria, including high crystallinity, a pure LiNbO3 phase, and minimal surface roughness. Throughout this study, the emphasis was on growth of thin layers of lithium niobate with defined physicochemical properties by Pulsed Laser Deposition.

The influence of deposition conditions, such as substrate, temperature, oxygen pressure, and target composition, on the microstructural properties of the layers was systematically analyzed. In our research, we successfully obtained three types of thin films with different crystallographic orientations. The optimal combinations of deposition parameters were highlighted for all the substrates.

Homoepitaxial monocrystalline layers with single phases and small surface roughness were obtained: (1 1 0), (1 0 4) (previously not reported), and (0 0 6).

By variating Al2O3 substrates orientations, heteroepitaxial single-phased polycrystalline LiNbO3 layers with diverse main crystallographic orientations were grown, including previously not reported: (1 0 1), (1 1 3), and (2 2 3). SAW devices were fabricated and tested, but the resulting structures did not demonstrate the expected characteristics.

Highly oriented polycrystalline films were obtained on silicon substrates, incorporating various buffer layers, including combinations of Pt with TiN and TiO2. Within these layers, clear and distinct ferroelectric domains were identified, featuring well-defined domain walls.

Finally, conclusions on the possible effects of the deposition parameters for all types of substrates were made. Possibilities of industrial applications of PLD for LiNbO3 growth were shown.

Keywords: Pulsed Laser Deposition; Lithium Niobate; Piezoelectricity; Thin Film; Surface Acoustic Wave; Bulk Acoustic Wave; Epitaxy.

# Matériaux Piézoélectriques Innovants Elaborés Par Dépôt Laser Pulsé (PLD)

Cette thèse avait pour objectif d'améliorer le processus de dépôt de couches minces de niobate de lithium pour la production de dispositifs RF. Les caractéristiques théoriques, piézoélectriques et acoustiques du LiNbO3 le rendent particulièrement adapté au développement de filtres pour répondre aux évolutions de la technologie 5G. Pour améliorer les performances du filtre, la couche déposée doit répondre à des critères stricts, notamment une cristallinité élevée, une phase pure de LiNbO3 et une rugosité de surface minimale. Tout au long de cette étude, l'accent a été mis sur la croissance de couches minces avec des propriétés physico-chimiques définies par le dépôt laser pulsé.

 L'influence des conditions de dépôt, telles que le substrat, la température, la pression d'oxygène et la composition de la cible, sur les propriétés microstructurales des couches a été analysée de manière systématique. Dans notre recherche, nous avons réussi à obtenir trois types de films minces avec des orientations cristallographiques différentes. Les combinaisons optimales des paramètres de dépôt ont été mises en évidence pour tous les substrats.

Des couches monocristallines homoépitaxies et une faible rugosité de surface ont été obtenues : (1 1 0), (1 0 4) (précédemment non publiée), et (0 0 6). En variant les orientations des substrats en Al2O3, des couches polycristallines hétéroépitaxiales monophasées avec diverses orientations cristallographiques principales ont été obtenues, on été obtenues, notamment: (1 0 1), (1 1 3), et (2 2 3). Des dispositifs SAW ont été fabriqués et testés, mais les structures résultantes n'ont pas démontré les caractéristiques attendues.

Des films polycristallins texturés ont été obtenus sur des substrats en silicium, incorporant diverses couches tampons, y compris des hétéro structures de Pt avec des couches de TiN et TiO2. Des domaines ferroélectriques clairs et distincts ont été, avec des parois de domaine bien définies.

Enfin, des conclusions sur les effets possibles des paramètres de dépôt pour tous les types de substrats ont été formulés. Les possibles applications industrielles de la PLD pour la croissance des LiNbO3 couches ont été démontrées.

Mots-clés : Pulsed Laser Deposition; Niobate de Lithium ; Piézoélectricité ; Film Mince ; Onde Acoustique De Surface ; Onde Acoustique En Volume ; Épitaxie.