

エピタキシャル電極を用いた SAW デバイスの実用化

Development and practical application of high-power-durable SAW devices with epitaxially grown electrode

株式会社村田製作所 中川原 修

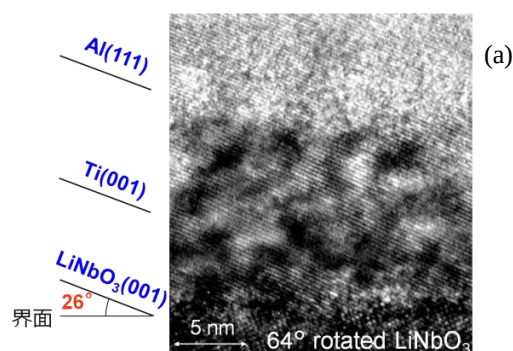
Osamu Nakagawara, Murata Manufacturing Co., Ltd.

E-mail: o-naka@murata.com

弾性表面波 (Surface Acoustic Wave : SAW) デバイスは、小型・低背化が可能な周波数フィルタとして、スマートフォンなどの通信機器に広く用いられる電子部品である。図 1 のように、酸化物圧電単結晶基板上に形成した楕型電極に電場を印加することで表面波を励振させ、周波数フィルタとして機能させる。SAW デバイスを受信と送信の 2 役を担うアンテナ共用器 (デュプレクサ : DPX) として用いる場合、大電力が印加される送信側フィルタでの信頼性 (耐電力性) 確保が重要となる。従来、楕型電極として加工されたサブミクロンレベルの Al 微細配線において、電力印加時にストレスマイグレーションあるいはエレクトロマイグレーションによるヒロック (凝集) 等の機械的・結晶学的な構造欠陥が発生し、断線によるデバイス破壊を招くため、実用化が困難であった。

ヒロックの発生は、Al 電極膜中の粒界を通じた Al 原子の自己拡散が原因である。バルク (単結晶) と多結晶では、Al の自己拡散の活性化エネルギーはそれぞれ 135.1、67.5 kJ/mol と大きく異なり、Al の自己拡散は活性化エネルギーの低い結晶粒界での原子の移動が支配的である。そこで、Al 電極を粒界が極めて少ないエピタキシャル膜とすることで耐電力性の向上を目指した。

SAW デバイスでは、表面波の伝搬特性に優れる θ 回転 LiNbO_3 や θ 回転 LiTaO_3 といった酸化物圧電単結晶基板が汎用的に用いられる。 LiNbO_3 と LiTaO_3 はイルメナイト型の似通った結晶構造を持つ圧電材料である。いずれの基板上でも、Al 電極薄膜を直接成長させた場合、結晶の格子ミスマッチが 3% 以上と大きいと、Al(111) が面内ランダム配向した 1 軸配向の多結晶膜しか得られない。これに対して適切な中間層を模索した結果、Ti が Al と基板の格子ミスマッチを緩和する優れたバッファ効果を示すことを見出した。構造解析より、Ti、Al 薄膜は基板 Z 面を核生成面として、 $\text{Al}(111)//\text{Ti}(001)//\text{基板}(001)$ の方位関係でエピタキシャル成長しており、ほとんど粒界が存在しないことがわかった。一例として、図 2(a) に回転角 $\theta = 64^\circ$ の LiNbO_3 基板上にエピタキシャル成長させた Al 電極の断面 TEM 像を示す。傾いた基板 Z 面に対応する $\text{Ti}(001)$ および $\text{Al}(111)$ 面の格子像が確認できる。図 2(b) は方位関係の模式図である^{※)}。



(a)

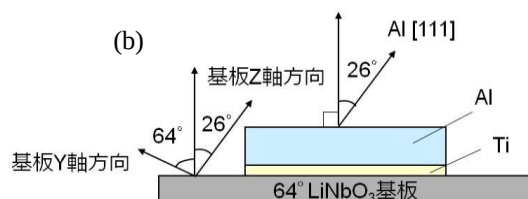


図 2 (a)断面 TEM 像、(b)方位関係模式図

エピタキシャル Al 膜を電極とする SAW デバイスは、従来の多結晶膜を電極とする同一設計の素子に比べて、耐電力性が破壊寿命換算で $10^5 \sim 10^6$ 倍と飛躍的に向上した。これにより実用化の大きな障壁となっていた耐電力性向上の課題を解決し、SAW デュプレクサとして世界初の商品化を実現した。また、本技術は汎用性が非常に高く、2004 年の W-CDMA 方式の端末への搭載を皮切りに、3G/3.9G(LTE)移動通信システムを主対象とした 700M~2.5GHz 帯の SAW デュプレクサに幅広く応用され、スマートフォンをはじめとする世界中の多くの通信機器に搭載されている。SAW デュプレクサは過去に用いられていた誘電体デュプレクサと比べて、面積比 1/40、体積比 1/150 と圧倒的に小型で、搭載バンド数の多いスマートフォンの小型・軽量化に大きく貢献している。

※) 例えば、O. Nakagawara et al., J. Crystal Growth 249 (2003) 497-501.