

ScAlN 薄膜/LiNbO₃ 基板における縦型リーキーSAW 伝搬特性の理論解析

Theoretical analysis of LLSAW propagation properties for layered substrate consisting of ScAlN film/LiNbO₃ plate

山梨大学, °鈴木 雅視, 垣尾 省司
 Univ. of Yamanashi, °Masashi Suzuki and Shoji Kakio
 E-mail:masashis@yamanashi.ac.jp

1. あらまし

現在, 次世代移動体通信用周波数フィルタ応用に向け, 弾性表面波(Surface Acoustic Wave: SAW)デバイスには, 高周波動作, 広帯域, 高Q値, 高温度安定性が要求されている。自研究グループでは高周波化を目指し, 高い SAW 位相速度をもつ縦型リーキーSAW (Longitudinal-type Leaky SAW: LLSAW) 伝搬モードの利用を検討している。だが, 従来の圧電基板単体構造を用いた SAW デバイスでは, LLSAW は伝搬減衰が大きくなり, 高Q値が得られない。この問題に対し, 我々は高音速なアモルファス AlN 薄膜を圧電単結晶板上に装荷した層状基板構造を用いることで, LLSAW の伝搬減衰が低減することを理論的, 実験的に実証した¹。しかしフィルタ帯域を決定する結合係数が低下するという問題が新たに生じている。これは圧電性を持たないアモルファス AlN 薄膜を装荷したことが要因である。

そこで本研究では, 装荷する膜に高い圧電性をもつ配向性 ScAlN 薄膜²を選択し, ScAlN 薄膜/X36° 伝搬 Y-cut LiNbO₃ 板からなる層状基板構造での LLSAW 伝搬特性 (位相速度, 伝搬減衰, 結合係数) の理論解析結果を報告する。

2. 理論解析結果

Farnell と Adler の方法を用い, X36° 伝搬 Y-cut LiNbO₃ 基板上にオイラー角を変化させた Sc_{0.4}Al_{0.6}N 薄膜を装荷した層状基板構造での LLSAW 伝搬特性を理論解析した。

オイラー角(0° 0° 0°), (0° 90° 0°), (90° 90° 36°) の Sc_{0.4}Al_{0.6}N 薄膜装荷の場合, 自由表面での位相速度は規格化膜厚 h/λ 増加に伴い減少し, 約 7350m/s に収束する (図 1(a))。また, わずかな膜厚でゼロ伝搬減衰が有する (図 1(c))。ScAlN 薄膜短絡表面では, 位相速度は $h/\lambda < 0.04$ では増加し, $h/\lambda \approx 0.04$ で最大値(7400~7500m/s)となり, $h/\lambda > 0.04$ では減少に転じ, 約 7350m/s に収束する (図 2(b))。伝搬減衰は, $h/\lambda > 0.05$ でゼロとなる (図 1(c))。しかし, 結合係数は, h/λ 増加に伴い減少, 未装荷基板より小さい値となった (図 1(d))。

一方, オイラー角(0° 90° 90°)の Sc_{0.4}Al_{0.6}N 膜装荷の場合, 自由表面での位相速度 (図 1(a))は $0 < h/\lambda < 1.0$ では増加, $h/\lambda \approx 0.1$ で最大 (約 7390m/s) となり, $h/\lambda > 0.1$ では減少に転じ, 約 7350 m/s に収束する。短絡表面では, h/λ 増加に伴い, 位相速度は増加する (図 1(b))。結合係数 (図 1(d)) は, $0 < h/\lambda < 0.15$ では減少し, 未装荷基板より小さくなるが, $h/\lambda > 0.15$ では増加に

転じ, $h/\lambda = 0.28$ において最大値 26.8% を示した。この値は LiNbO₃ 単体の結合係数の約 1.8 倍であり, オイラー角 (0° 90° 90°) Sc_{0.4}Al_{0.6}N 薄膜装荷により高結合化が可能であることを示している。しかし, 伝搬減衰において自由表面ではゼロ伝搬減衰は確認できたが, 短絡表面においてゼロ伝搬減衰は得られなかった (図 1(c))。

今後は, 高結合化とゼロ伝搬減衰の両立が可能なオイラー角と ScAlN 薄膜の最適な Sc 濃度, の探索を行う。

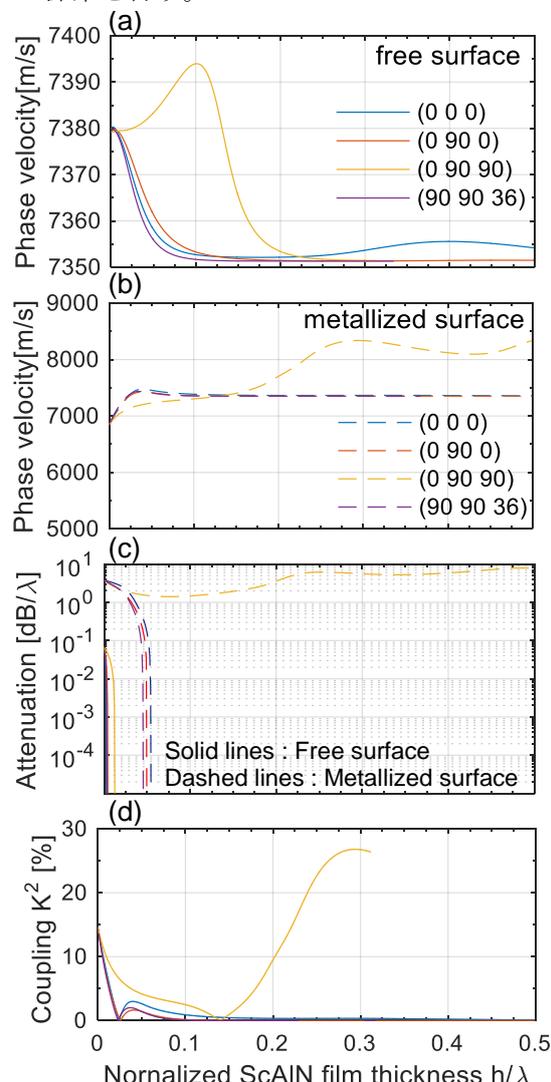


図 1 ScAlN 薄膜/X36°Y-LiNbO₃ 基板構造での LLSAW の (a) 自由表面, (b) 短絡表面位相速度, (c) 伝搬減衰, (d) 結合係数

1. F. Matsukura and S. Kakio, Jpn. J. Appl. Phys., 53, 07KD04 (2014).
2. M. Akiyama et al., Adv. Mater., 21, 593 (2008).