

ScAlN 薄膜/水晶基板上を伝搬する縦型リーキーSAW に 水晶カット角と SAW 伝搬方向が及ぼす影響

Effect of quartz cut angle and SAW propagation direction on characteristics of LLSAWs on ScAlN film/quartz substrate

山梨大学, ◯鈴木 雅視, 澤田 直弥, 垣尾 省司

Univ. of Yamanashi, ◯Masashi Suzuki, Naoya Sawada, and Shoji Kakio

E-mail:masashis@yamanashi.ac.jp

1. あらまし

現在, 次世代高周波フィルタ応用に向け, 弾性表面波(SAW)デバイスには, 高周波動作, 広帯域, 高Q値, 高温安定性が要求されている. 我々は高い SAW 位相速度をもつ縦型リーキーSAW (LLSAW) 伝搬モードの利用することで SAW デバイスの高周波化を目指している. しかし, 従来の圧電基板単体構造を用いた場合 LLSAW は伝搬減衰が大きくなり, 高Q値が得られない. これに対し, 我々は X カット 36°Y 伝搬 LiNbO₃ 板また AT カット 45°X 伝搬水晶板上に ScAlN 圧電薄膜を装荷した層状基板構造を用いることで, LLSAW の伝搬減衰が低減し, 5%以上の結合係数を有することを理論的, 実験的に実証した^[1, 2]. 一方, ZnO 圧電薄膜/水晶基板構造において水晶基板のカット角が SAW 伝搬減衰, 結合係数に影響を及ぼすことが報告されている^[3]. そこで本研究では, ScAlN 薄膜/水晶板からなる層状基板構造の水晶カット角, 伝搬方向を変化させた時の LLSAW 伝搬特性を理論解析し, その影響について調査した.

2. 理論解析結果

Farnell と Adler の方法を用い, AT カット水晶および X カット水晶 (AT カットと同程度の LLSAW 位相速度をもつ) 基板上に (0° 90° 90°)Sc_{0.4}Al_{0.6}N 薄膜を装荷した層状基板上を伝搬する LLSAW の位相速度, 伝搬減衰, 結合係数を理論解析した. 伝搬方向は AT カットでは 35-45°X 伝搬(AT-35° - 45°X), X カットでは, 30-40°Y 伝搬(X-30° - 40°Y)とした. 位相速度は, 水晶カット角, 伝搬方向に依存せず膜厚増加に伴い, AT カットおよび X カット水晶の LLSAW 速度約 7,000 m/s から減少した. 伝搬減衰 (図 1(a)) においては, 膜厚増加に伴う変化傾向は各カット角, 伝搬方向によらずほぼ同様であった. しかし規格化膜厚 $h/\lambda=0.1$ 付近の極小値は, AT カット, X カットともに伝搬方向に依存し, X カット 30°Y 伝搬の時, 最も小さい 0.0004 dB/λ が得られた. 結合係数 (図 1(b)) は, AT カット, X カットともに伝搬方向に依存せず膜厚増加により約 10%まで増加した. 一方で $h/\lambda=0.2$ 以上では AT カットでは 10%でほぼ一定になるのに対し, X カットでは, 減少することが分かった.

FEM 解析による IDT/(0° 90° 90°)Sc_{0.4}Al_{0.6}N 薄膜($h/\lambda=0.1$)/AT-45°X or AT-30°X or X-32°Y 伝搬水晶での無限周期構造 (図 2(b)) におけるアドミタンス周波数特性のシミュレーション結果を図 2(a)に示す. 既報の AT-45°X 伝搬水晶

と比較して, AT-35°X および X-32°Y 伝搬水晶を基板として用いることで, 高Q値, 高アドミタンス比が得られた. また帯域幅に関してはほぼ同等であった.

Substrate:

— AT-35°X — AT-41°X — AT-45°X^[2]
--- X-30°Y --- X-35°Y --- X-40°Y

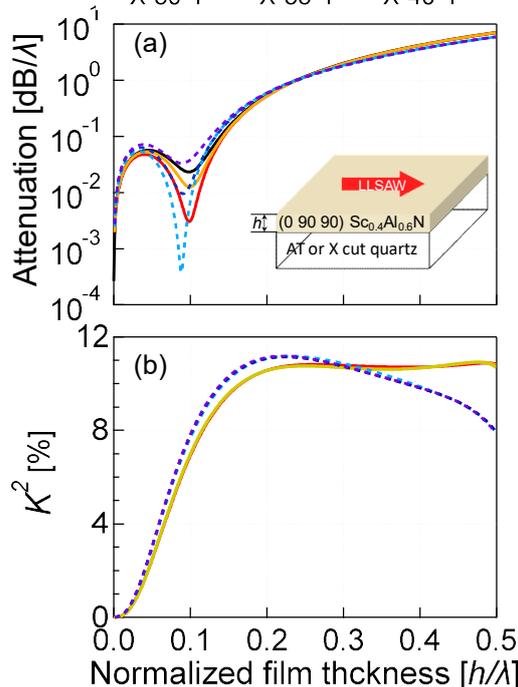


図 1 ScAlN 薄膜/AT カットまたは X カット水晶構造での LLSAW の(a)短絡表面伝搬減衰, (b)結合係数

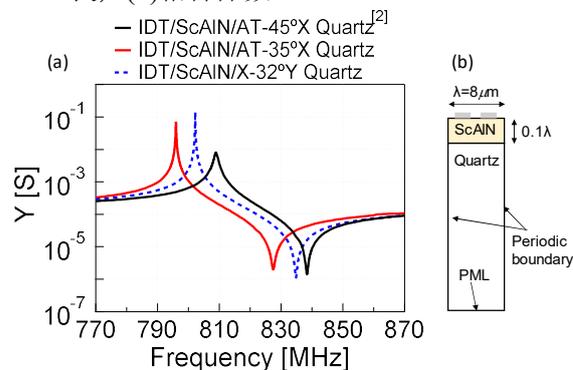


図 2. (a) FEM 解析による LLSAW のアドミタンス周波数特性, (b) FEM 解析モデル

1. M. Suzuki et al., JJAP, **57**, 07LD06 (2018).
2. 澤田他, 第 65 回応用物理学会春季講演会, 19p-P2-8.
3. M. Kadota, JJAP, **36**, 3076 (1997).