

LiNbO₃/水晶接合構造上の縦型リーキーSAW 三次高調波の共振解析

Resonance Analysis of Longitudinal Leaky SAW Third Harmonic on Bonded LiNbO₃/Quartz Structure

山梨大¹, 早稲田大² ○(M2) 森田 響生¹, 鈴木 雅視¹, 垣尾 省司¹, 水野 潤²

Univ. Yamanashi¹, Waseda Univ.² ○Hibiki Morita¹, Masashi Suzuki¹, Shoji Kakio¹, and Jun Mizuno²

E-mail: g22te026@yamanashi.ac.jp

1. はじめに 弾性表面波(SAW)デバイスの高周波化のアプローチとして SAW 高調波の利用がある. 高調波の励振強度は, すだれ状電極(IDT)の電極幅 a とピッチ p の比(メタライゼーション比= a/p)に依存する^[1]. 当研究グループでは, LiTaO₃(LT)/水晶(Qz)接合構造によるリーキーSAW(LSAW)三次高調波の強勢励振を実験的に明らかにした^[2]. 本報では, LiNbO₃(LN)/Qz 構造上, LSAW より位相速度が速く, 高周波動作が期待できる縦型 LSAW(LLSAW)の三次高調波の共振特性と周波数温度係数(TCF)を有限要素法(FEM)により解析した結果を報告する.

2. 共振特性 LLSAW を強勢励振させるために薄板に X36°Y-LN を, 基板に X35°Y-Qz を採用した^[3]. FEM のモデルでは, IDT のギャップを一般に SAW デバイス製造で限界とされる 0.3 μm に設定し, 波長 λ を高調波励振に必要な $a/p=0.8$ から求められる 3 μm とした. また, 基本波には $a/p=0.5$, 三次高調波には $a/p=0.8$ の無限周期構造とした. 急峻な応答を得ることを目的として, 基本波には $h_{\text{Al}}/\lambda=0.03$, $h_{\text{LN}}/\lambda=0.08$ を, 三次高調波には基本波の約 1/3 である $h_{\text{Al}}/\lambda=0.01$, $h_{\text{LN}}/\lambda=0.027$ を設定した. LN の材料 $Q(Q_m)$ を 1,000 に設定した.

Fig. 1 に X36°Y-LN/X35°Y-Qz 上の基本波, 三次高調波の最適条件におけるアドミタンス特性を示す. 2~2.5 GHz 付近の応答が基本波, 6~7 GHz 付近の応答が三次高調波であり, 10~11 GHz 付近に五次高調波の応答も現れた. $a/p=0.5$ における基本波のアドミタンス比, 比帯域幅, 共振 Q , 反共振 Q の解析値はそれぞれ 74.1 dB, 6.1%, 470, 760 であった. Fig. 2 に X36°Y-LN 単体と LN/Qz 構造の三次高調波アドミタンス特性の拡大図を示す. LN/Qz 構造のアドミタンス比, 比帯域幅, 共振 Q , 反共振 Q の解析値はそれぞれ 70.4 dB, 2.0%, 1,620, 2,200 であり, LN 単体の 2.4 dB, 9.3%, 10, 10 よりも大きく急峻な値を示した.

3. 温度特性 X36°Y-LN/X35°Y-Qz 上の基本波における TCF の h_{LN}/λ 依存性の解析を行った. 27°C を基準温度として Al, LN, Qz それぞれに 30°C から 80°C まで仮想的に温度を上昇させたときの膨張を考慮した. TCF 解析値は, 温度変化に対する基本波の共振, 反共振周波数 f_r , f_a の変化率より求めた. Fig. 3 にその解析値を示す. 基本波の最適条件($h_{\text{Al}}/\lambda=0.03$, $h_{\text{LN}}/\lambda=0.08$, $a/p=0.5$)における TCF は, f_r で -55.7 ppm/°C, f_a で -53.7 ppm/°C であり, 一般的な SAW デバイスの TCF である -30~-40 ppm/°C よりも大きな絶対値を示した.

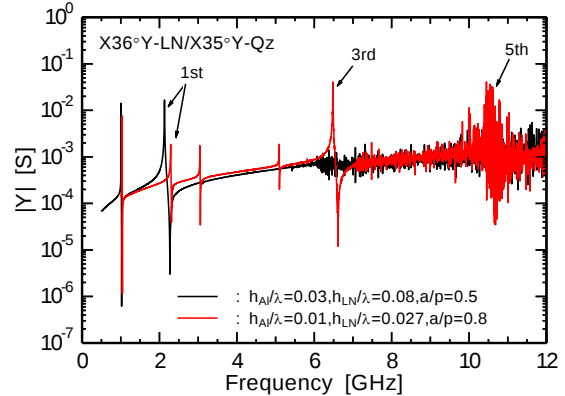


Fig. 1 Simulated admittance properties of LLSAW on X36°Y-LN/ X35°Y-Qz.

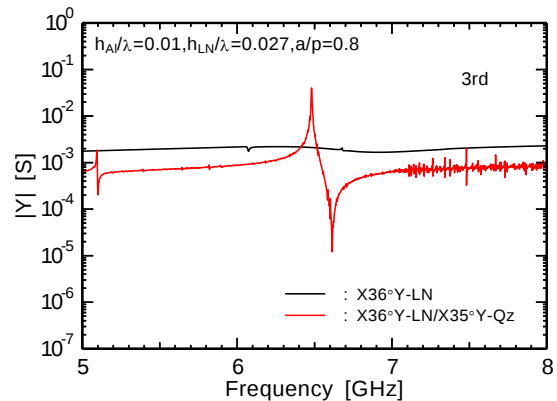


Fig. 2 Simulated admittance properties of LLSAW 3rd harmonics on single LN and LN/Qz.

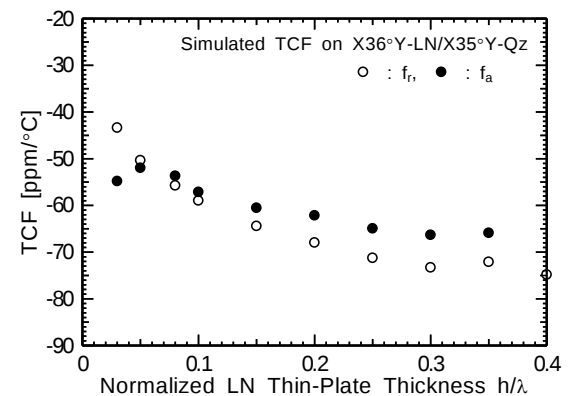


Fig. 3 Simulated TCF of fundamental LLSAW.

謝辞 本研究の一部は科研費基盤研究(B) 20H02181 の補助を受けた.

参考文献

- [1] H. Engan, IEEE Trans. **ED-16** (1969) 1014.
- [2] S. Asakawa, *et al.*, JJAP **60** (2021) SDDC07.
- [3] J. Hayashi, *et al.*, JJAP **58** (2019) SGGC12.