

極性反転 ScAlN 薄膜/高音速窒化物基板上の 2 次モード RSAW 伝搬特性 2nd mode RSAW propagation characteristic on polarity inverted ScAlN films / high velocity nitride substrate

山梨大学 高野佑成, 鈴木雅視, 垣尾省司

Univ. of Yamanashi Yusei Takano, Masashi Suzuki and Shoji Kakio

E-mail: g20te013@yamanashi.ac.jp, masashis@yamanashi.ac.jp

1. はじめに

近年の移動体通信の急速な発展に伴い, SAW デバイスには高周波化, 高電気機械結合係数 (K^2), 高 Q 値, 低い TCF が求められている. これまでに, Sc ドープ AlN 膜/高位相速度基板 (サファイア, ダイヤモンド, SiC) 上の 1 次モード (Sezawa モード) レイリー型 SAW (RSAW) について, 高い位相速度と高い K^2 を持つことが報告されている^[1]. さらに, 極性反転構造 ScAlN 膜は 1 次モード RSAW の K^2 を高めることも報告されている^[2]. 本研究ではさらなる高周波化のために, 極性反転した ScAlN 層/高音速窒化物基板上を伝搬する 2 次モード RSAW 特性を解析した. また, 極性反転した層の境界位置が 2 次モード RSAW の K^2 に与える影響についても調査した.

2. 理論解析

IDT/(0° 0° 0°)ScAlN/(0° 180° 0°)ScAlN/(0° 0° 0°)AlN または BN 構造のアドミタンス周波数特性と共振周波数における粒子変位を FEM で解析した. ScAlN の合計規格化膜厚($h_{1st}+h_{2nd}$)/ λ は 2nd モード RSAW の K^2 が最大となる膜厚に固定し, AlN 基板では 0.75, BN 基板では 1.0 とした. 固定した膜厚内で (0° 180° 0°)ScAlN の厚さ(h_{1st}/λ)を変化させ, h_{1st}/λ が 2nd モード RSAW の K^2 に与える影響を調査した.

図 1(a)と(b)にカラーマップで示した 2nd モード RSAW の粒子変位は, 極性反転構造ありなしに関わらずほぼ同じであった. 粒子変位について, AlN 基板構造では基板に染み出しているが, BN 基板構造では薄膜内に集中している. 二次モードの K^2 は, AlN 基板構造において, $h_{1st}/\lambda=0.2-0.4$ で増加し, BN 基板構造では $h_{1st}/\lambda=0.2-0.75$ で増加した. K^2 の最大値は, AlN 基板構造では, 1.58% ($h_{1st}/\lambda=0.4$), BN 基板構造では 3.46% ($h_{1st}/\lambda=0.7$) となり, 中間層を設けない場合のそれぞれ 2.41 倍, 2.03 倍となった. また, K^2 が最大となる h_{1st}/λ では, 粒子が集中している点に分極反転境界があることを確認した. これらの結果から 2nd モード RSAW の K^2 を向上には, 薄膜表面に近い粒子変位が集中する点に極性反転境界を設定することが有効であることがわかった.

二次モード RSAW 励振時に粒子変位は薄膜内で二か所に集中しており, また集中する点に反転境界を設定すると K^2 が増幅することがわかった. この二つの粒子変位集中点に反転境界を設定すればさらなる K^2 の増幅が可能ではないかと考え, Al IDT/(0° 180° 0°)ScAlN/(0° 0° 0°)ScAlN/(0° 180° 0°)ScAlN/(0° 0° 0°)BN 構造の

アドミタンスの周波数特性を解析した. なお膜厚はそれぞれ, $h_{3rd}/\lambda=0.34$, $h_{2nd}/\lambda=0.42$, $h_{1st}/\lambda=0.24$ に設定した. 極性反転 3 層構造では, 1 層構造に比べ共振周波数が低下している. K^2 は, 1 層構造 ((0° 0° 0°)ScAlN) で 1.74%, 2 層構造 ((0° 0° 0°)ScAlN/(0° 180° 0°)ScAlN) で 3.46%, 3 層構造 ((0° 180° 0°)ScAlN/(0° 0° 0°)ScAlN) で 3.56%であった. 2 層構造と 3 層構造の K^2 に大きな差はないことから, 2nd モード RSAW の K^2 向上には, 極性反転 2 層構造で十分であると考えられる.

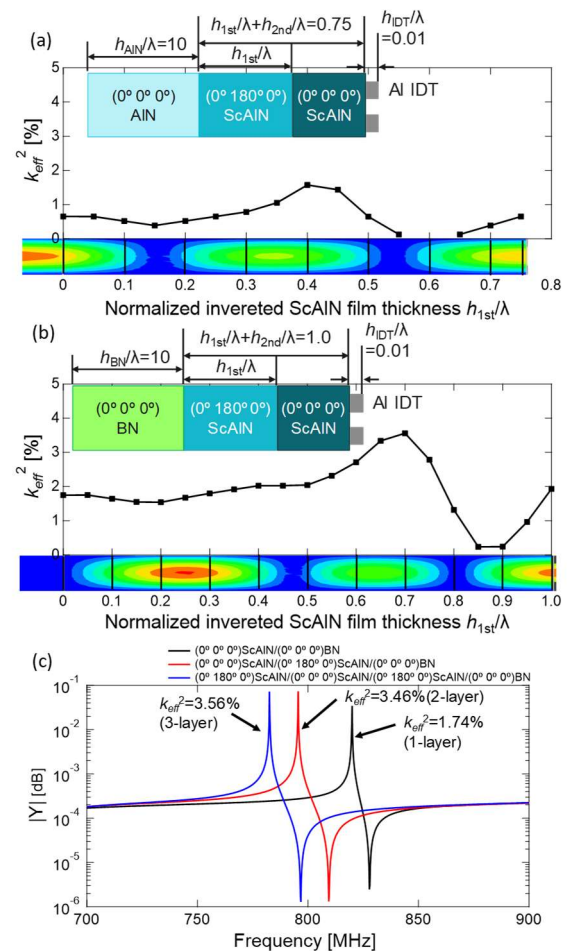


Fig.1 The relationships between K^2 and h_{1st}/λ in (a) IDT/(0° 0° 0°)ScAlN/(0° 180° 0°)ScAlN/(0° 0° 0°)AlN substrate or (b) BN substrate. Color maps show the particle displacement at resonant frequency of 2nd mode RSAW. (c) The frequency characteristics of admittance in one, two, or three-polarity inverted layer structure.

1. K. Hashimoto *et al.*, IEEE Trans. Ultrason. Ferroelectr. Freq. Control, **60**, pp. 637-642 (2013).
2. T. Yanagitani *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **60**, SD0803 (2021).