

# c 軸ジグザグ配向 ScAlN 薄膜/Si 基板構造における SAW 伝搬特性解析

## Numerical simulation of Rayleigh-mode SAW

### propagating in c-axis zigzag ScAlN film/silicon substrate layered structure

同志社大<sup>1</sup>, 早稲田大<sup>2</sup>, °富永 卓海<sup>1</sup>, 高柳 真司<sup>1</sup>, 柳谷 隆彦<sup>2</sup>

Doshisha Univ.<sup>1</sup>, Waseda Univ.<sup>2</sup>, °Takumi Tominaga<sup>1</sup>, Shinji Takayanagi<sup>1</sup>, Takahiko Yanagitani<sup>2</sup>

E-mail: stakayan@mail.doshisha.ac.jp

#### 1. はじめに

移動通信システムの急速な発展に伴い、SAW デバイスの高周波化、高結合化、高 Q 化への要求が高まっている。近年発見された ScAlN は、巨大な圧電性を有し<sup>[1]</sup>、ScAlN 薄膜/ダイヤモンド基板構造 SAW デバイスにおいて、高い電気機械結合係数  $K^2$  を示すことが報告された<sup>[2]</sup>。しかし、高バルク波音速基板は高価で、産業応用される分野は限定的である。我々は、結晶 c 軸を傾斜させた ScAlN 薄膜と廉価な Si 基板を組み合わせた構造において、 $K^2$  が増大することを報告した<sup>[3]</sup>。これは、c 軸を傾斜させることで、ScAlN の圧電定数テンソルの中で最大の  $e_{33}$  が、SAW の励振に大きく寄与するためだと考えられている。そこで、本研究では、SAW デバイスの更なる高結合化のため、Si 基板の上に c 軸傾斜配向 ScAlN 薄膜を 2 層重ねた構造およびジグザクに重ねた構造について、SAW の伝搬特性解析を行った。

#### 2. SAW 伝搬特性の数値解析

SAW 伝搬特性解析を行ったジグザク配向  $\text{Sc}_{0.4}\text{Al}_{0.6}\text{N}$  薄膜の膜厚、c 軸傾斜角度等の定義を Fig.1 に示す。ここでは、ScAlN 薄膜全体の膜厚を  $H$  とし、膜厚  $H$  に対する下層膜厚比率  $r_H$  ( $0 \leq r_H \leq 1$ ) を用いて、下層膜厚を  $r_H H$ 、上層膜厚を  $(1-r_H)H$  とした。ジグザク構造を作製するために、c 軸の傾斜角度を  $\theta$  (deg.) とし、下層のオイラー角を  $(0^\circ, \theta, 90^\circ)$ 、上層のオイラー角を  $(0^\circ, -\theta, 90^\circ)$  とした。また、c 軸傾斜配向 ScAlN 薄膜 2 層構造では、下層と上層のオイラー角をともに  $(0^\circ, \theta, 90^\circ)$  に設定した。そして、規格化膜厚  $H/\lambda$ 、下層膜厚比  $r_H$ 、c 軸傾斜角度  $\theta$  を変化させて、 $K^2$  が最大になる条件を探索した。また、 $K^2$  の解析は、IDT 設置位置および境界の電気的条件の組み合わせによる 12 種類の電極配置<sup>[4]</sup>において行った。

Fig. 2 に 1 次モード SAW (レイリー波) の  $K^2$  の解析結果を示す。最大値は、ジグザク配向 ScAlN 薄膜/Si 基板構造の  $H/\lambda = 0.62$ 、 $\theta = 35^\circ$ 、 $r_H = 0.47$  のときに得られ、 $K^2 = 9.56\%$  (位相速

度: 4250 m/s) を示した。また、c 軸傾斜 ScAlN 薄膜 2 層/Si 基板構造の最大値は、 $K^2 = 6.58\%$  (位相速度: 4311 m/s) であり、双方とも、c 軸傾斜 ScAlN 薄膜/Si 基板構造における報告値  $K^2 = 4.02\%$ <sup>[3]</sup> を大きく上回る値を示し、SAW デバイスとして有望である。最後に、高い  $K^2$  が得られた原因を考察するため、FEM による粒子変位解析を行った。その結果、高い  $K^2$  が得られた構造では、SV 方向の変位が非常に大きな値を示し、その大きな変位を示した領域は、ScAlN 薄膜内で拡大した。ScAlN 薄膜が導波路となることにより、レイリー波が効率よく励振、伝搬し、 $K^2$  が増大したと考えられる。

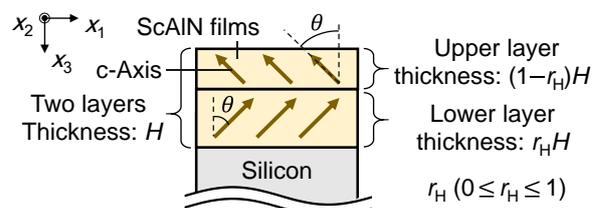


Fig. 1 Theoretical analysis model for SAW propagation in c-axis zigzag  $\text{Sc}_{0.4}\text{Al}_{0.6}\text{N}$  film/silicon substrate structure.

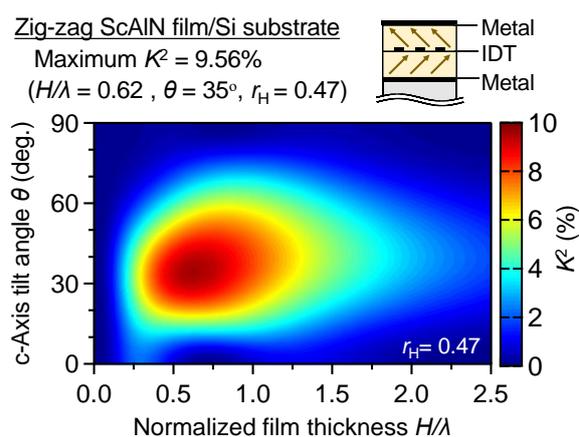


Fig. 2 Analysis results of  $K^2$  value of Ryleig-mode SAW.

#### 参考文献

- [1] M. Akiyama et al., *Adv. Mater.*, **21**, 593 (2009).
- [2] K. Hashimoto et al., *IEEE T-UFFC*, **60**, 637 (2013).
- [3] 富永, 他, 第 82 回秋季応物予稿集, 21a-P06-4, 2021.
- [4] M. E. Hakiki et al., *IEEE T-UFFC*, **54**, 676 (2007).