SAW デバイスに向けた c 軸傾斜配向 ScAIN 薄膜/Si 基板構造の作製

Fabrication of c-axis tilted ScAlN film/Si substrate layered structure for SAW devices

同志社大¹, 早稲田大² ^O冨永 卓海¹, 高柳 真司¹, 柳谷 隆彦²

Doshisha Univ.¹, Waseda Univ.², ^oTakumi Tominaga¹, Shinji Takayanagi¹, Takahiko Yanagitani²

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

1. はじめに

近年、AIN に Sc をドープすることにより、 圧電定数 d₃₃が約5倍に増幅することが報告さ れ、ScAIN 薄膜の弾性波デバイス応用が注目を 集めている^{III}。特に弾性表面波(SAW)デバイ スでは、移動体通信の高周波化を受け、c 軸配 向 ScAIN 薄膜/高音速基板構造を用いた GHz 帯 の SAW デバイスが提案された^{III}。これは AIN 薄膜を用いた場合と比較して高い電気機械結 合係数 K²を示すことが明らかとなったが、基 板として使用するダイヤモンドや SiC は生産 性が低く、高コストとなるのが課題である。

一方、Si 基板は比較的廉価であり、集積回路に幅広く使用される。しかし、そのバルク波音速は、上述の基板と比較して小さく、c軸配向ScAIN薄膜/Si基板構造では高いK²を得ることは難しい。我々はこれまでに、ZnOやAIN等の6mm圧電結晶におけるc軸の傾斜が、K²の増大に寄与することを報告しており、スパッタ法を用いた c 軸傾斜配向膜の作製にも成功している^[3]。そこで本稿では、c 軸傾斜配向ScAIN薄膜とSi 基板を組み合わせた高結合なSAWデバイスを提案し、その作製方法について報告する。

2. SAW 伝搬特性の数値解析

Sc0.4Al0.6N 薄膜/Si 基板構造について、ScAlN 薄膜のc軸傾斜角度θと規格化膜厚Hルを変化 させ、 K^2 の数値解析を行った。ScAlN の弾性 定数、圧電定数は文献[4]、誘電率は実験値より AlN^[5]の 1.9 倍、密度は実験値(3638 kg/m³)とした。 Fig.1に1次モード SAW の K²の解析結果を 示す。K²は c 軸の傾斜に伴い増加した。最大 値は、 $\theta = 56^{\circ}$ 、 $H\lambda = 0.53$ のときに得られ、 $K^2 =$ 3.88% (位相速度: 4256 m/s) を示した。これ はc軸の傾斜により、ScAINの巨大な圧電定数 e33 が SAW の構成成分である縦波と SV 波の励 振に寄与するためであると考えられる。一方、 セザワ波では、c 軸配向膜と c 軸傾斜配向膜の 両方で高い K² を示さなかった。以上より、c 軸傾斜配向 ScAlN 薄膜/Si 基板を伝搬する1次 モード SAW は、c 軸配向膜に対して高い K²を

有し、SAW デバイスとして有望である。

3. c 軸傾斜配向 ScAIN 薄膜/Si 基板構造の作製

スパッタ法を用いた成膜では、スパッタ粒子 の基板入射角度が、結晶配向に影響を及ぼすこ とが知られており、粒子が基板へ斜め入射する と、c軸が傾斜すると報告されている^[3]。その ため、エロージョン領域でターゲット-基板距 離が 25 mmの位置において、基板角度がター ゲットに対して 60°になるように Si 基板を設 置した。ターゲットは、直径 80 mmの Al 円板 に Sc 粒 3.2 g を載せたものを用いた。放電条件 は、RF 電力 200 W(13.56 MHz)、放電ガス圧 0.60 Pa(Ar:N₂ = 2:1)に調整した。

作製した ScAIN 薄膜の c 軸傾斜角度と結晶 配向性を X 線回折装置 (PANalytical、X'Pert Pro MRD) により評価した。AIN (0002) ψ -scan XRD パターンより、作製した試料の c 軸傾斜角度は 50.3° を示し、Si 基板上に高角度 c 軸傾斜配向 ScAIN 薄膜を成長させることができた。また、 ψ -scan 半値幅は 11.3°、 ϕ -scan 半値幅は 8.6°で あり、特に面内方向において良好な結晶配向性 を示した。以上より、2 章に示した c 軸傾斜配 向 ScAIN 薄膜/Si 基板構造の作製は可能であり、 今後の SAW デバイス応用が期待される。



Fig.1 Analysis results of K^2 of Rayleigh 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] S. Tokuda, et al., Proc. IEEE IUS, 8092718 (2017).
- [4] M. A. Caro, et al., J. Phys. Condens. Matter, 27, 245901 (2015).
- [5] W. J. Moore, et al., Appl. Phys. Lett., 86, 131912 (2005).