

Ge ドープによる AlN 膜の極性制御と高次モード薄膜共振子への応用

Polarity control of AlN films by Ge doping and application for high order mode film BAW resonators

山梨大 ◯(M1) 関本 淳, 鈴木雅視, 垣尾省司

Univ. of Yamanashi, ◯Jun Sekimoto, Masashi Suzuki, and Shoji Kakio

E-mail: g21te015@yamanashi.ac.jp, masashis@yamanashi.ac.jp

1. はじめに

圧電薄膜共振子フィルタは通信周波数帯域の高周波化に伴い、圧電薄膜を薄くする必要があり。しかし圧電薄膜が薄くなると、電極面積の低下や上下電極の質量負荷効果により共振特性が劣化、また共振子の耐電力性が低下する恐れがある。これらの解決策として、高周波で共振、かつ大きな膜厚を持つ圧電膜が望まれる。

奇数層と偶数層に異なる極性を持つ薄膜を積み重ねた極性反転構造薄膜音響共振子は高次モードで共振するため、共振周波数を保ったまま、大きな圧電膜厚をもつことができる。それゆえに、通常構造のバルク波音響共振子で問題となる高周波帯域での共振特性の劣化を解決できる可能性がある。AlN 圧電膜にて極性反転構造の多層化が可能な作製法として、Si ドープによる AlN の極性制御がある。同じ 4 族元素に属する Ge ドープによる AlN の極性制御が報告されているが[1]、薄膜における圧電性の大きさを示す電気機械結合係数(k_t^2)や 3 層以上の極性反転構造膜の作製は報告がなされていない。

本研究では、RF マグネトロンスパッタ法により c 軸垂直 GeAlN 薄膜を形成し、結晶配向性を XRD、極性方向をプレステストにより評価した。さらに、 $\text{Ge}_{0.05}\text{Al}_{0.95}\text{N}/\text{AlN}$ 多層薄膜を成膜した。その多層膜を用いた HBAR において縦波変換損失周波数特性と Mason の等価回路を比較することにより、分極反転構造が形成されているか評価した。

2. 結果

RF マグネトロンスパッタ法を用いて、Ti 膜/石英基板上に $\text{Ge}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$ 薄膜($x=0-0.14$)を成膜した。 $\text{Ge}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$ 薄膜の Ge 濃度は、Al ターゲット上に配置された Ge 粒量を変化させることで調整した。形成したすべての薄膜で(0002)AlN ピークが現れた (Fig. 1 (a))。この結果より、 $\text{Ge}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$ 薄膜が c 軸成長していることを確認した。 $\text{Ge}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$ 薄膜共振子(HBAR)を用いて k_t^2 を評価したところ、Ge 濃度が上昇するにつれて、 k_t^2 の値が減少した。 k_t^2 の減少は結晶配向性の劣化が原因だと考えられる。Fig. 1 (b)に示す AlN、 $\text{Ge}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$ 薄膜のプレステスト結果に示すように、 $\text{Ge}_x\text{Al}_{1-x}\text{N}$ 薄膜の極性方向は Ge 濃度 $x=0.035$ 以上になると AlN 薄膜の通常の Al 極性から、異常 N 極性へ反転することを確認した。以上の結果を踏まえ、8 層 N 極性 $\text{Ge}_{0.05}\text{Al}_{0.95}\text{N}/\text{Al}$ 極性 AlN 膜 (総膜厚=12 μm) を形成、Au 上部電極を蒸着し、HBAR を作製した。Fig. 2 に示す縦波変換損失周波数特性の実測値より、8 次モード

で共振 (3.45 GHz)、8 次モード以外の共振での大きな変換損失、さらに、Mason の等価回路による理論曲線と傾向がよく一致していることから 8 層極性反転 $\text{Ge}_{0.05}\text{Al}_{0.95}\text{N}/\text{AlN}$ 薄膜が形成されていることを確認した。

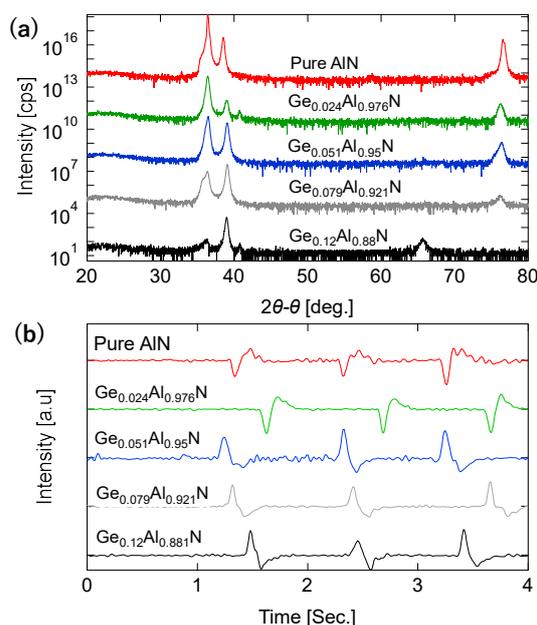


Fig. 1 (a) XRD patterns and (b) press test for AlN and GeAlN films.

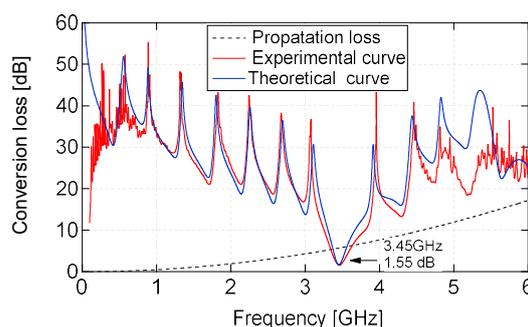


Fig. 2 Longitudinal wave conversion loss of $\text{Ge}_{0.05}\text{Al}_{0.95}\text{N}/\text{AlN}$ eight layered polarity inverted film HBAR.

参考文献

- [1] T. Mizuno, *et al.*, 19th International Conference on Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems (TRANSDUCERS), pp. 1891-1894, (2017).