

Si 添加による極性制御を用いた 2 層極性反転 SiAlN/AlN 膜音響共振子

Two layered polarity inverted SiAlN/AlN film bulk acoustic wave resonator

山梨大学, ^{○(B)}関本淳, 鈴木雅視, 垣尾省司
 Univ. of Yamanashi, [○]Jun Sekimoto, Masashi Suzuki and Shoji Kakio
 E-mail:masashis@yamanashi.ac.jp

1. あらまし

窒化アルミニウム (AlN) には, スパッタ成膜により自己配向する Al 極性膜と異常極性の N 極性膜がある. それらを交互に積み重ねた n 層極性反転多層膜を用いた音響共振子は, n 次モードで共振する. n 層極性反転多層膜の膜厚が単層薄膜共振子の膜厚と同じ場合, n 倍の周波数で共振する. そのため高周波化が可能となる.

2020 年に Anngraini らが AlN 薄膜中に Si を 1-15% の濃度でドーピングすると AlN 膜が Al 極性から N 極性に変化すると報告した [1]. Si ドーピングのみで極性反転が制御できるので, 容易に極性反転構造を形成できると考えられるが, その形成は報告されていない.

本研究では, RF マグネトロンスパッタ法により c 軸配向 SiAlN 膜を形成した. 結晶配向性を X 線回折法 (XRD), 薄膜の極性をプレステスト, 薄膜共振子の縦波変換損失周波数特性から圧電性の評価を行った. さらに 2 層 SiAlN/AlN 膜を用いた共振子を形成し, 極性反転構造が形成されているか評価を行った.

2. 実験結果

粒スパッタ成膜法により, Si ドープ AlN を形成した. 成膜した薄膜内の Si 濃度は EPMA により測定を行い, Si が 3.5%~13% 添加されているのを確認した.

X 線回折法を用いて形成した薄膜の結晶配向性の評価を行った (図 1). 36° 付近の (0002) AlN ピークが観察され, c 軸配向薄膜が形成されていることを確認した. また, Si 濃度が低いほど結晶化度が良いことが分かった.

プレステストによる極性評価では, Si を添加したすべての SiAlN と純 AlN では応力印加時に正負逆の圧電応答が観測され, Si 添加により Al 極性から N 極性へと制御できることを確認した.

圧電性の評価については, ネットワークアナライザによる縦波変換損失測定を行い, Mason の等価回路より求めた理論値と実測値を比較し電気機械結合係数 k_t^2 (図 2) を決定した. Si 濃度が高くなるにつれて, k_t^2 は減少した. k_t^2 が小さくなったのは, (0002) AlN の配向性が低下したことが原因だと考えられる.

2 層極性反転膜の形成については, Ti/SiO₂ 基板上に通常の Al 極性 AlN 膜を形成し, 次に二層目として, N 極性 SiAlN 膜を形成した. N 極性膜を形成するときにはターゲット上に Si=0.05g を配置し, Si_{0.05}Al_{0.95}N 膜の成膜を行った. この 2 層膜を用いて薄膜共振子を形成し, 変換損失を測定した. 図 3 に示すように 1 次モードでの変換損失は抑制され, 2 次モードで共振している. また, 2 層極性反転構造を考慮した Mason の等価回路モデルとの傾向とも一致している. 以上より極性反転構造が形成されていることを確認した. 膜厚, 電気機械結合係数

k_t^2 は, (1 層目=2.85 μm, 3.61%, 2 層目=2.52 μm, 2.89%) となり 2 層目の k_t^2 は 1 層目と比べ低下した. 2 層の総膜厚と膜厚を同じにした単層の音響共振子の Mason の等価回路における変換損失の周波数特性 (黒線) と比較すると, 単層では共振周波数が 0.74 GHz, 変換損失が 6.63 dB であるのに対し, 2 層極性反転構造では, 1.6 GHz, 4.55 dB となり, 音波への変換効率が向上し, 高周波化ができることが分かった.

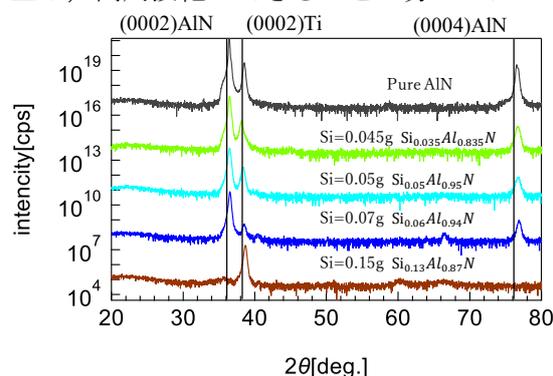


図 1 Si_xAl_{1-x}N の θ-2θXRD

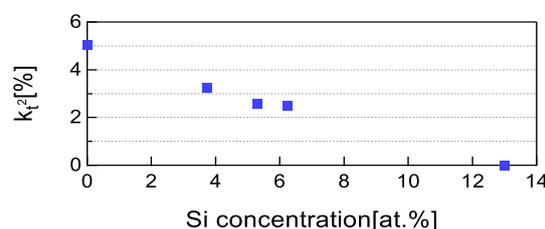


図 2 Si 濃度と k_t^2 の関係

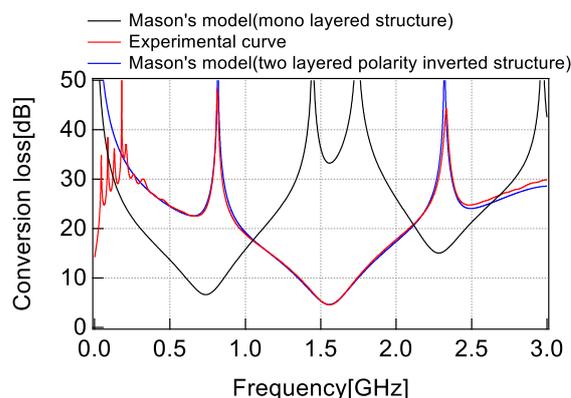


図 3 2 層 SiAlN/AlN 膜共振子の縦波変換損失の周波数特性

参考文献

[1] S. A. Anggraini, et al., Sci. Rep. 10, 4369 (2020).