極性反転 SiAIN/AIN 多層膜の形成と高次モード薄膜音響共振子への応用 Fabrication of the polarity inverted SiAIN/AIN multilavered films and applications to

higher mode film bulk acoustic wave resonators

山梨大学, ^{O(M1)}関本淳, 鈴木雅視, 垣尾省司 Univ. of Yamanashi, ^OJun Sekimoto, Masashi Suzuki and Shoji Kakio E-mail:g21te015@yamanashi.ac.jp, masashis@yamanashi.ac.jp

1.はじめに

移動体通信端末用周波数フィルタとして産 業応用されている薄膜音響共振子(FBAR)は今 後さらなる高周波化が予想される.FBARの共 振周波数は圧電膜の膜厚に反比例するため,高 周波化する場合,膜厚を薄くする必要がある. しかし,圧電膜を薄くすると,FBARの耐電力 性が低下する.加えて電極膜の占める割合が多 くなり,電極膜の重さによる影響を受け共振周 波数が低下する.

極性方向が異なる膜を積み重ねた n 層極性 反転多層膜音響共振子では、単層と同膜厚で薄 膜を形成する場合 n 倍の共振周波数を持つ.単 層の FBAR と同周波数で動作させる場合、単 層の n 倍の膜厚となる.よって膜厚が厚くなる ので高耐電力,電極の影響を受けづらい音響共 振子が形成可能である.AlN 系薄膜を用いた極 性反転多層膜音響共振子は SiAIN^[1]を用いる方 法,イオン照射^[2]を用いた方法があるが、いず れも3層目以上の多層化の報告はない.

本研究では, RF マグネトロンスパッタ法に より c 軸垂直 AlN, Si0.05Al0.95N を交互に成膜し た 1 層から 8 層までの極性反転多層膜音響共 振子を形成した. 1 層成膜を行う毎に結晶配向 性を X 線回析法(XRD), 薄膜共振子の縦波変換 損失周波数特性評価を行った.

2.実験結果

RF マグネトロンスパッタ法により奇数層に AI 極性である AIN 薄膜を成膜し,偶数層に N 極性である SiosAlossN 薄膜を成膜した.各層 成膜後 X 線回析法を用いて,形成した薄膜の 結晶配向性を評価した.これまで,SiosAlossN を Ti 電極上に直接成膜すると結晶配向性は低 下する傾向があったが,多層化を行うことで高 配向 AIN 薄膜が下地となり,SiosAlossN の結 晶配向性の劣化が減少した.しかし層数を増す につれて,結晶配向性は徐々に低下した.

形成した薄膜を用いて共振子を作製し,ネッ トワークアナライザによる縦波変換損失周波 数特性の測定を行った. Fig.1に1層,2層,4 層,6層の縦波変換損失周波数特性を,Fig.2に 8層の縦波変換損失周波数特性と8層極性反転 構造を考慮した Mason の等価回路による理論 曲線を示す. Fig.1, Fig.2 より1 層の薄膜音響 共振子では1次モード,2層では2次モード, 4層では4次モード,6層では6次モード,8 層では8次モードで共振している.また,それ ぞれの共振モード以外の変換損失が大きい.加 えて極性反転構造を考慮した Mason の等価回路と比較すると、傾向が一致していることから 極性反転多層構造が形成されていることを確 認した.1層の共振子では損失が 6.63 dB である のに対し,層数を重ねるにつれて共振モードに おける変換損失は小さくなり,8層極性反転構

造では、 $3.08 \, dB \ bc$ なった.よって極性反転構造 を用いることで音波への変換効率が向上するこ とを確認した.8層極性反転構造を考慮した Mason の等価回路モデルより求めた電気機械 結合係数 k^2 は1層目、 $(2.85 \ \mu m)=2.82\%$,2層目、 $(2.52 \ \mu m)=1.69\%$,3層目、 $(2.2 \ \mu m)=1.69\%$,4層 目、 $(2.54 \ \mu m)=1\%$,5層目、 $(2.24 \ \mu m)=1.56\%$, 6層目、 $(2.9 \ \mu m)=1.44\%$,7層目、 $(2.93 \ \mu m)=1\%$, 8層目、 $(2.95 \ \mu m)=0.81\% \ bc$ なり、2層目以降の k^2 は1層目と比べ低下した.この k^2 の低下は、 結晶配向性の低下に起因する.



Fig. 1 Longitudinal wave conversion loss of monolayered, two-layered, four-layered, and six-layered polarity inverted SiAlN/AlN film HBAR.



Fig. 2 Longitudinal wave conversion loss of eightlayered polarity inverted film HBAR.

参考文献

- [1]関本 淳 他, 第 68 回応物春 2021 春, 17p-Z13-1, (2021)
- [2]M. Suzuki, et al., Appl. Phys. Lett. 104, 172905 (2014)