

極性反転構造の ZnO 及び ScAlN 圧電薄膜の形成と弾性波デバイス応用

Polarity inverted multilayered ZnO and ScAlN films and piezoelectric device applications

○森 剛志¹, 鈴木 雅視², 柳谷 隆彦² (1. 名工大、2. 早稲田大)

○Takeshi Mori¹, Masashi Suzuki², and Takahiko Yanagitani² (1.Nagoya Inst. Tech., 2.Waseda Univ.)

E-mail: t.mori.397@nitech.jp, yanagitani@waseda.jp

1. 極性反転構造の薄膜音響共振器

圧電薄膜の極性が n 回反転した多層構造は n 次モードで厚み共振する(図 1). 単層の共振子と膜厚が同じ場合は n 倍高い周波数で共振し、同一周波数で動作させた場合は膜厚が n 倍となる. そのため極性反転構造の共振子は高周波またはハイパワーで動作する.

一方, SAW デバイスへ応用した場合は, 単層構造のものに比べて電気機械結合係数が大きくなることが予想され[1], 周波数フィルタへ応用すると, 広帯域となる.

超音波顕微鏡応用では, 膜厚を厚くできるため, インピーダンス整合を取る際に電極面積(放射面積)を大きくすることができる. そのため, 図 2 に示すように音響レンズで音波を測定物に収束させた際に大きな音圧となり, S/N 比が向上, 鮮明な像が得られると予想される.

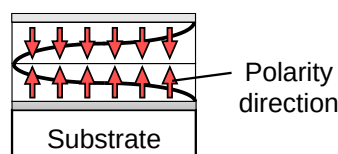


図 1 極性反転構造薄膜音響共振器

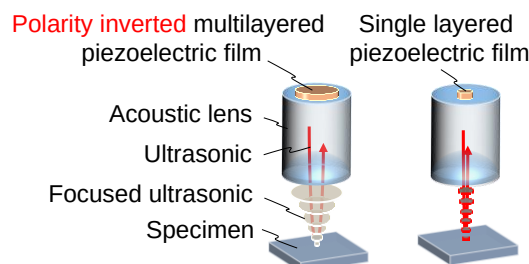


図 2 極性反転構造薄膜音響共振子の超音波顕微鏡への応用例

2. 極性反転構造薄膜の形成

そこで我々は上述した特徴をもつ極性反転構造薄膜を形成するために, ZnO および ScAlN 圧電薄膜の極性制御技術の開発を試みた. ZnO 薄膜の極性は, スパッタ法における成膜時の基板温度により制御可能であることを見出している[2]. ターゲットから負イオン照射の少ないプラズマ外で成膜する場合, 基板温度が 150°C 以下の場合には Zn 極性, 200°C 以上の場合には O 極性となる. ScAlN 薄膜の場合は, プラズマ内で成膜中のイオン照射を制御することにより, 極性を通常の Al 極性から N 極性へ

と反転させることに成功した. その際, イオン照射の制御には基板への RF バイアス印加, ターゲットに配置した酸化粒子からの負イオン照射を利用している[3].

これらの極性制御技術を用いて我々は, ZnO では 4 層, ScAlN では 2 層の極性反転構造の形成に成功している. しかし ZnO では, 下層の極性に影響を受けやすいため, SiO₂ のバッファ層を挿入する必要がある. また, ScAlN 薄膜では極性反転成長が生じるイオン照射条件が狭く, 技術的難易度が高い.

3. 容易に形成できる極性反転構造薄膜

技術的難易度の高い極性反転成長であるが, 我々は, 通常のスパッタ法で形成される ZnO と ScAlN 薄膜の極性方向が逆向きであることに注目した. 異種材料を用いることで, イオン照射やバッファ層を用いることなく, 通常の O 極性 ZnO 薄膜と Al 極性 ScAlN 薄膜を交互に形成することで容易に極性反転構造薄膜が得られると考えた.

前回の講演では, O 極性 ZnO 薄膜上に Al 極性 ScAlN 薄膜を成膜することで, 狙い通り極性反転構造が形成された. さらに, この薄膜を用いた 2 次モード共振にも成功している.

今回, 3 層以上の極性反転構造を目指すため ScAlN と ZnO 薄膜の成膜順序を逆にして, 実験を行った. しかし, Al 極性 ScAlN 薄膜上には O 極性 ZnO 薄膜は形成されず, 予想に反して下層の極性を引き継いで Zn 極性 ZnO 薄膜が成長することが分かった. そのため, 現在 3 層以上の極性反転構造薄膜形成は実現できていない. 今回この問題を解決するために SiO₂ や Al₂O₃ バッファ層の挿入による, 極性反転構造の形成の検討結果について報告する. また, 今後 Ti や Al などの金属薄膜をバッファ層として用いて, ZnO 成膜後にバッファ層を酸化させ絶縁体とすることでこの問題の解決を目指す予定である. だが, ここで発見した ZnO 薄膜の極性が下地 ScAlN 薄膜の極性に影響することを利用した新たな極性反転 3 次元構造のデバイス応用などへの展開も期待される.

[1]高柳他, 圧電シンポ 2014, pp.59-64.

[2] R. Hashimoto et al., IUS 2013, IUS3-H-6.

[3] M. Suzuki et al., APL 104 172905 (2014).