

極性反転 ZnO 圧電薄膜を用いた高効率トランスデューサ High efficient transducer using polarity inverted ZnO thin film

○間島 毅¹, 清水 貴博¹, 柳谷隆彦^{1,2,3}(¹早大,²JST さきがけ,³材研)

○Tsuyoshi Majima¹, Takahiro Shimidzu¹, and Takahiko Yanagitani^{1,2,3}
(¹Waseda Univ., ²JST-PRESTO, ³ZAIKEN)

E-mail: ts-majima@ruri.waseda.jp, yanagitani@waseda.jp

1.はじめに

超音波顕微鏡用トランスデューサは通常 100MHz 以上の高周波数の超音波を用いる。そのため圧電膜の膜厚が数 μm と薄く、耐電圧性が問題となる。また、トランスデューサのインピーダンス ($Z = 1/2\pi fC$, $C = \epsilon S/d$) は計測器系の内部抵抗 50Ω と整合させる必要がある。膜厚を薄くする必要があり放射面積が小さくなり、受信感度が劣化する。

極性反転 n 層構造のトランスデューサは n 次モード共振するため、動作周波数が同じ単層トランスデューサに比べ膜厚 d が n 倍となり、電極面積も n 倍となる。放射面積が拡大されることで S/N 比が改善される[1]。本研究では極性の異なる ZnO 薄膜を石英バッファロッド上に積層することで 2 層の極性反転構造トランスデューサを作製し、圧電特性の評価を行った。また、超音波顕微鏡への応用を目指し水中放射特性の評価を行った。

2.極性反転構造の作成

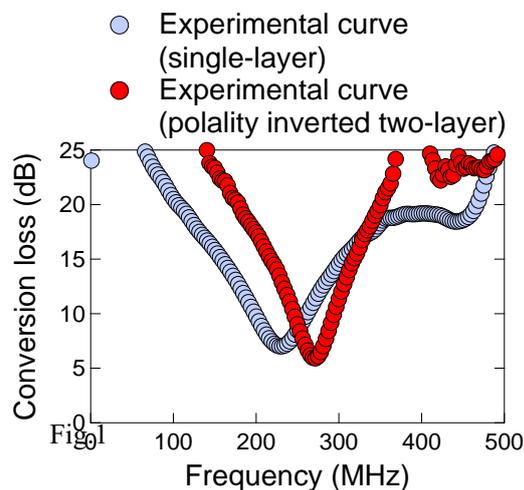
RF マグネトロンスパッタ法を用いて圧電膜 (Zn 極性 ZnO 膜)/SiO₂ バッファ層/圧電膜(O 極性 ZnO 膜)/下部電極/石英バッファロッド ($\phi 9.0 \times 12\text{mm}$) の構造を作製した。作製した試料に上部電極として Au を真空蒸着し、トランスデューサを作製した。

3.圧電特性の評価

ネットワークアナライザ (E5071C, Agilent Technologies) を用いてトランスデューサの縦波変換損失を測定した。また、Mason の等価回路モデルによる理論曲線との比較により電気機械結合係数 k_t^2 の評価を行った。

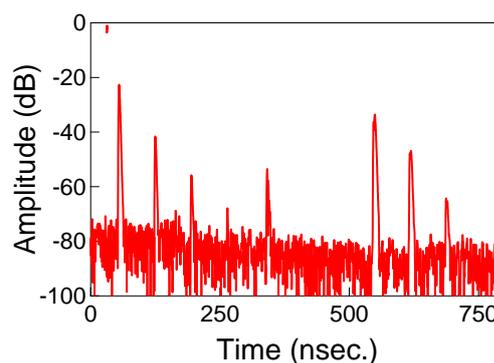
大面積電極 (mm^2) において第一層 O 極性 ZnO 膜の測定を行った。292MHz で基本モード共振している。最小変換損失は dB (小面積電極), dB (大面積電極) であり、大電極面積に対して圧電特性が劣化している。続いて極性反転二層構造の評価を行った。縦波変換損失曲線と理論曲線の比較する。基本モードは抑制され、292MHz で 2 次モード共振している。最小変換損失は 5.0dB であり、その k_t^2 は 4.2% と推定される。電極面積の大きさは mm^2 であり、第 1

層における大電極面積とほぼ等しく、大電極面積における変換損失が改善された。



4.水中特性評価

超音波顕微鏡への応用を考え、トランスデューサの水中放射特性を評価した。縦波変換損失曲線と水中伝搬を考慮した理論曲線との比較を Fig.3 に示す。共振周波数 296MHz において最小変換損失は 11dB であった。



[1] 柳谷隆彦, 鈴木雅視, 高柳真司, 日本音響学会誌 **71**, 230 (2015).