

ScAlN/ZnO 極性反転構造を用いた 高次モードトランスデューサの水中放射特性

Hydroacoustic properties of high-order mode polarity inverted ScAlN/ZnO transducer

○清水 貴博^{1,2}, 柳谷 隆彦^{1,2,3} (¹早大院・先進理工, ²材研, ³JST さきがけ)

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

E-mail: taka10275sfc@suou.waseda.jp / yanagitani@waseda.jp

1.研究背景

超音波トランスデューサのキャパシタンス C は、圧電体の誘電率 ϵ 、膜厚 d 、放射面積 S を用いて、 $C = \epsilon S / d$ で表される。供給される有効電力を最大にするには、 $Z = 1/2\pi fC$ を 50Ω に一致させる必要がある。しかし空間分解能を上げるには圧電薄膜の共振周波数を高くする必要がある。そのためにはキャパシタンス C を小さくしつつ膜厚 d を薄くする必要があるため、放射面積 S を小さくせざるを得ない。

一方、極性反転 n 層構造の薄膜共振子は n 次モードで共振する。すなわち、同一の周波数で動作する通常の単層トランスデューサと比較して膜厚 d が n 倍となり、放射面積 S を n 倍にできる。放射面積が大きいと焦点での音圧を稼げるため、S/N 比が向上する[1]。

通常のスパッタ法では ZnO は O 極性[2]、ScAlN は Al 極性[3]で成長する。我々はそれらを利用して、ScAlN/ZnO 極性反転構造を石英ガラス基板上に形成している[4]。本研究では、超音波顕微鏡への応用を目指して、ScAlN/ZnO 極性反転構造を石英バッファロッド上に形成し、圧電特性と水中放射特性を評価した。

2.極性反転トランスデューサの作製・評価

RF スパッタ法を用いて、下部電極付き石英バッファロッド($\phi 9.0 \times 12$ mm)上に極性反転構造を形成した。1層目に ZnO、2層目に ScAlN を成膜し、上部電極 Au を真空加熱蒸着した。

まず圧電特性を評価した。測定した変換損失曲線と Mason の等価回路モデルによる理論曲線と比較することで、電気機械結合係数 k^2 と極性反転構造形成の有無を評価した。トランスデューサは 294 MHz で 2 次モード共振しており、最小変換損失は 3.1 dB である。また、ScAlN と ZnO の k^2 はそれぞれ 10.2%、4.4% と見積もられた。さらに極性反転構造を考慮した理論曲線とよく一致しており、極性反転構造形成が確認できる。

次に Fig. 1 の構造で、水媒質中を伝搬する音波の変換損失曲線を導出した。このときの理論変換損失は、圧電特性評価に用いた理論曲

線から水媒質中の音響減衰、石英バッファロッド層と水媒質間の透過減衰および水媒質と Al₂O₃ プレート間の反射減衰を差し引くことで導出した。トランスデューサの共振周波数は 296 MHz であり、最小変換損失は 9.5 dB である。実測曲線と理論曲線はよく一致し、水媒質中での放射特性を確認した。

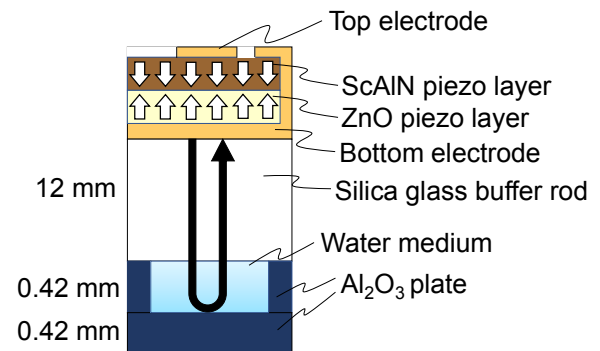


Fig. 1 Measurement system of conversion loss in the water medium.

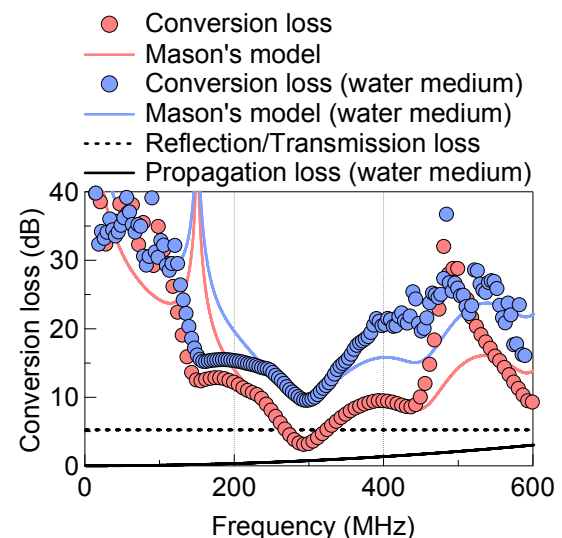


Fig. 2 Longitudinal wave conversion loss of the transducer.

- [1] 柳谷他, 日本音響学会誌 71, 230 (2015).
- [2] R. Hashimoto et al., IUS2013, IUS-H-6.
- [3] M. Suzuki et al., APL **104**, 172905-1 (2014).
- [4] T. Mori et al., USE2015, 3J2-2.