積層型 PVDF/TrFE 振動子を用いた高周波超音波の発生

High frequency ultrasound generation using a laminated PVDF / TrFE transducer.

産総研　○松田洋一

NMIJ/AIST, ○Youichi Matsuda

E-mail: matsuda-youichi@aist.go.jp

我々は、医用超音波機器から出力される音圧振幅の評価のため、0.5 MHz～40 MHzの範囲で超音波音圧標準（ハイドロホン感度校正）を供給すると共に、100 MHzまでの高周波化を目標に開発を進めている。今回、高周波での校正用音源の候補としてフッ化ビニリデン/三フッ化エチレン(PVDF/TrFE)を積層した振動子を試作し、10 MHz～60 MHzの範囲で出力される超音波の振幅を計測した結果を報告する。

20 MHz～40 MHz では、PVDF/TrFE 振動子（Φ2 平面・1 層・1/4 波長共振型）にトーンバースト波を印加し、50 mm 離れた遠距離音場で校正を実施している。減衰が増大する 100 MHz まで遠距離音場での校正を拡張するには計測点で約 20 kPa の音圧振幅が必要であり、それには現在の数倍以上の音圧振幅を発生可能な音源が必要である。我々は、分極方向が逆の圧電体を交互に積層させた振動子では印加可能電圧が積層数に比例して増加し、しかも積層数に応じた高次共振の高周波を効率良く発生できる[1-3]ことに着目した。そして、実際に積層型の振動子を試作し、発生させた超音波の振幅を計測した。

試作した振動子は、**Fig. 1** の 5λ/2 共振型（中間電極無し）であり、分極方向が逆の PVDF/TrFE（Φ1 平面・中心周波数 42 MHz）を交互に 5 層積層させた。同じ直径と中心周波数を有するλ/4 共振型振動子（1 層）も比較のために試作した。これらにトーンバースト波（アンプ出力端子での電圧　約 60 V pp）を印加し、出力される超音波をメンブレンハイドロホンにより計測した。超音波の伝搬距離は、50 mm とした。

その結果、**Fig. 2** に示すように 10 MHz から 60 MHz の周波数範囲で、両振動子からの超音波信号を検出することができた。5λ/2 共振型では、3 次共振から 5 次共振と見られるピークが観測され、それらの中で積層数に対応する 5 次共振と見られるピーク(42 MHz)が最大であった。5λ/2 共振型では基板側に逃げる超音波エネルギーがλ/4 共振型のそれよりも大きいこともあり、観測された超音波信号の振幅は最大でもλ/4 共振型のそれの半分程度であった。ただし、5λ/2 共振型の印加可能電圧はλ/4 共振型のそれの 10 倍となることを考えると、高周波での校正用音源として利用できる可能性があると考えられる。

今後は、超音波の振幅を増加させるために、基板側に逃げるエネルギーが小さい(2n-1)λ/4 共振型も試作し、測定を行う予定である。また等価回路を用いた振動子の動作解析も行う予定である。

【謝辞】 本研究では、平成 30 年度公益財団法人精密測定技術振興財団の研究助成を受けた。

【文献】 1) 中村僖良：日本音響学会誌, **56**, 579 (2000).
2) T. Aoyagi, D. Koyama, K. Nakamura, M. Tabaru: Jpn. J. Appl. Phys., **49** (2010) 07HD05.
3) 柳谷隆彦、鈴木雅視、高柳真司：日本音響学会誌 **71**, 230 (2015).

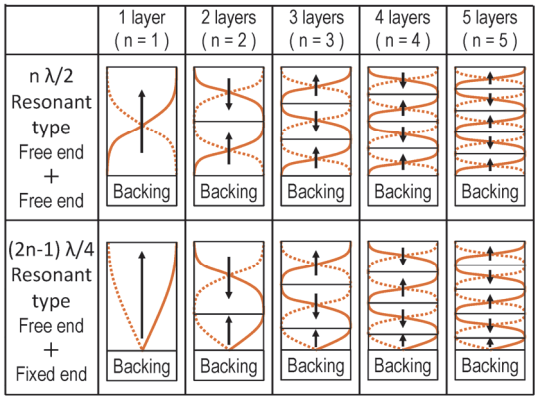

Fig. 1 Laminated transducers.

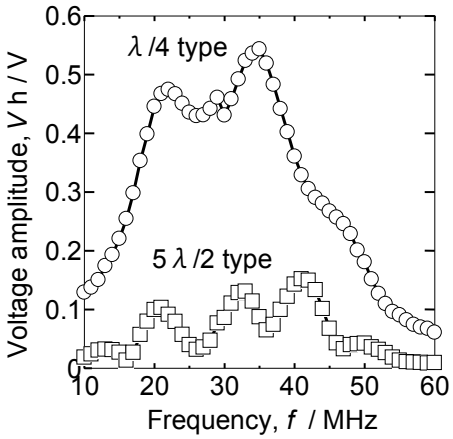

Fig. 2 Frequency response of the generated ultrasound using the PVDF/TrFE transducers.

© 2019年 応用物理学会