

1. 評価対象研究課題

- (1) 研究課題名：海中通信・センシング向けの高性能配向圧電セラミックの基礎研究
- (2) 研究代表者：日本電気株式会社 山本 満
- (3) 研究期間：令和4年度～令和8年度（予定）

2. 中間評価の実施概要

実施日：令和6年11月26日

場所：TKP秋葉原カンファレンスセンター

評価委員：未来工学研究所 理事長、上席研究員／東京大学 名誉教授

平澤 洽（委員長）

東京農工大学 名誉教授

宇野 亨

情報通信研究機構 主席研究員

門脇 直人

慶應義塾大学 名誉教授

笹瀬 巖

元 東海大学 教授

森本 雅之

（委員長以外は五十音順・敬称略）

3. 研究と成果の概要

研究の概要

近年、水中ロボットの遠隔操作等で水中無線音響通信・センシングの需要が高まっているが、通信等の可能範囲は限定的である。音響送受波器の性能は通信等の可能範囲に影響を与える。本研究では、配向技術の基礎研究を進め、音響送受波器のコア部材である圧電振動子に適用可能な、水中音響に重要な音響放射力とハイパワー振動への耐久性を両立した高性能配向圧電セラミック材料の実現を目指す。目標とする性能は以下の通りである。

圧電歪定数 d_{33} : 500 pC/N 以上、機械的品質係数 Q_m : 500 以上

電気機械結合係数 k_{33} : 0.7 以上

進捗状況

(1) 配向に適する圧電セラミック組成の組み合わせの探求

PZT系圧電セラミックにおいては、目標性能達成に資する主成分組成としてPIN-PMN-PTを選定、配向させるための種結晶は板状BaTiO₃粉末を採用することとした。

また、無鉛系圧電セラミックにおいては、目標性能達成に資する主成分組成としてBaTiO₃ (BT)を選定、これにBaの一部をCaに置換させたBaCaTiO₃ (BCT)を選定した。配向させるための種結晶は<111>BaTiO₃テンプレート粒子を開発した。なお、この選定過程において、BT系のグレインサイズの最適値を明らかにし、また従来のDC分極法に代わるキュリー温度直上でのAC+DC分極法を開発して性能向上が見られるといった副次的成果を得ている。

(2) 配向に適する圧電セラミックの配合比の探求

PZT系圧電セラミックにおいて、(1)で選定した組成系にてモルフォトロピック相境界(MPB)となる配合比近辺を探索し、無配向セラミックではMPBにて圧電性能が最も高いことを示す一方で、配向セラミックではMPBからずらした領域で圧電性能がさらに高くなることを明らかにし、圧電性能としても目標性能を達成した。なお、この研究過程において、主成分粉末を主とした粉末で埋没させて焼結することで、配向度が大きく改善されることを見出している。

また、無鉛系圧電セラミックにおいては、BCT組成系の配合比制御が想定以上に困難で現時点では配向度が61%に留まっているものの、従来の無鉛系圧電セラミックでは達成し得なかった d_{33} 定数・ Q_m 値の両立を実現した。

(3) 送受波器に組み込んだ時の性能確認

(1)(2)で開発した配向圧電セラミックが送受波器に適用可能かを確認するための試作準備を進めた。具体的には、a) 送受波器の設計に必要な有限要素解析(FEA)が配向圧電セラミックであっても適用可能であることを確認、b) 開発中の圧電材料について一部判明した材料定数から残りの未知の材料定数を推定することに成功、c) 開発した配向圧電セラミックの特性を確認することのできる試作送受波器3種的设计を完了した。

4. 中間評価の評点

A 進捗は順調であり、研究計画に沿って進めてよい。

5. 総合コメント

圧電特性に優れた物質系の探索が順調に進んでいる。ただし、先行研究と比較した性能面での優位性は大きくないので、さらなる特性向上、製造面での優位性などを打ち出し、本研究成果の利点を明確に示す必要がある。

特許申請に関しても、積極的な取り組みを期待する。

6. 主な個別コメント

- ・一部既に最終目標を達成している他、未達の部分についても解決の見通しが得られており、達成の可能性は高い。
- ・当初目標を達成し、新たに高い目標を設定しているが、その達成可能性が見えにくいため、先行研究との作成法の相違を評価するなど、検討していただきたい。
- ・特性は PZT 系の先行研究の方が良いと思われ、本研究成果の利点が明確でない。海中通信・センシング向けとして、コストパフォーマンスなどにより提案圧電セラミックの利点を明確に示すことが求められる。
- ・学会発表の件数が多いので、特許性を含むものがあると考えられる。特許出願を積極的に検討いただきたい。