

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	ポリマー材料を用いた強力超音波振動体とその機能デバイスへの応用
Title(English)	High-power ultrasonic transducers using polymer materials and their applications to functional ultrasonic devices
著者(和文)	WuJiang
Author(English)	Jiang Wu
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10668号, 授与年月日:2017年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:中村 健太郎,黒澤 実,杉野 暢彦,初澤 毅,伊藤 浩之
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10668号, Conferred date:2017/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		Wu Jiang	
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	中村健太郎	教授	審査員	伊藤 浩之	准教授
	審査員	黒澤 実	准教授			
		杉野 暢彦	准教授			
		初澤 毅	教授			

## 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は“High-power ultrasonic transducers using polymer materials and their applications to functional ultrasonic devices”と題し、英文 6 章から構成されている。

第 1 章 “Introduction”では、圧電現象と圧電超音波デバイスの概要について述べ、デバイスの軽量化や量産性の向上のために、従来は金属材料が利用されてきた振動体をポリマー材料に置換することを検討することを本研究の主題に定めている。

第 2 章 “Measurement of mechanical quality factors of polymers in high-amplitude vibration”では、超音波領域におけるポリマー材料の機械的 Q 値を広いひずみ範囲で測定できる方法を考案し、現在使われている代表的な各種エンジニアリングプラスチック材料の機械的 Q 値を調べ、Polyphenylenesulfide (ポリフェニレンスルファイド、PPS)が大ひずみ下でも比較的高い機械的 Q 値を保つことを見出している。これより、以後の章では PPS を用いて代表的な圧電超音波デバイスを検討するとしている。また、単位面積当たりに伝送できる超音波パワーを金属材料の場合と比較し、ほぼ同等な振動速度は得られるが、伝送パワーでは金属材料に大きく及ばないことを明らかにしている。

第 3 章 “Polymer-based airborne ultrasonic transducer”では、近接センサとして広く用いられている空中超音波トランスデューサについて、チタン酸ジルコン酸鉛(PZT)圧電素子を PPS 製ブロックで挟んだ振動子の先端に PPS 製振動板を設けた構造を検討している。有限要素解析により各部の寸法を決めて試作した結果、PZT 素子への印加電界を同一とすれば、従来の構造の空中超音波トランスデューサの 3.5 倍の音圧が得られたとしている。

第 4 章 “Structural parameter study on polymer-based ultrasonic motor”では、振動体を PPS とした進行波型超音波モータについて、試作と有限要素解析によりその特性を検討している。すなわち、櫛歯付の円環状振動体の裏面に電極を分割した PZT 素子を接着した典型的な構造に 3 次たわみ振動の進行波を位相差駆動によって励振する超音波モータを対象とし、各部の寸法の最適値を探索している。その結果、櫛歯の無い部分の厚さを大きくすると出力トルクが増大するが、ある値を超えると回転に寄与しない振動成分が大きくなり、出力トルクが低下することを見出している。また、この厚さの最適値は金属振動体の場合よりも大きな値となることを示している。これは、PZT 素子に対して PPS の密度や弾性率が大幅に小さいためであるとし、PZT 素子の厚さを小さくするか振動体と PZT 素子の間に弾性率の高い材料を挿入することで出力トルクが増大することを有限要素法解析と実験により示している。

第 5 章 “Performance improvement through utilization of high-order vibration mode”では、第 4 章と同じ構造の振動子について、振動体の厚み方向にも節線を有する振動モードの利用を検討している。これはポリマー材料を振動体に用いた場合に発生させやすい振動モードであり、第 4 章で用いた振動モードよりも高い出力トルクが得られることを有限要素法解析と実験により示している。また、この振動モードを用いた場合、その節線を利用して振動子を支持する方法を提案している。

第 6 章 “Conclusion and future work”では、本研究で得られた成果をまとめ、今後の研究課題について述べている。

以上を要するに本論文は、圧電超音波デバイスの振動体にポリマー材料を用いることに関し、大ひずみ下でのポリマー材料の振動特性の測定法を考案し、適切な材料を選択して超音波モータなどの超音波デバイスを試作、評価し、性能改善法について検討したものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値のあるものと認められる。