

Title	圧電型超音波マイクロアレイセンサと物体位置計測への応用
Author(s)	田中, 恒久
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49600
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について <a>〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	田中恒久
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 22496 号
学位授与年月日	平成 20 年 9 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科システム創成専攻
学位論文名	圧電型超音波マイクロアレイセンサと物体位置計測への応用
論文審査委員	(主査) 教授 奥山 雅則 (副査) 教授 岡本 博明 教授 酒井 朗

論文内容の要旨

本研究の目的は、リアルタイム性を有する小型の物体位置計測システムの作製である。そのために、最初に圧電型超音波マイクロアレイセンサの作製を行い、次にフェイズド・アレイ方式による物体位置計測システムを作製し、最後に自律移動ロボットを作製し動作実験を行う。圧電体材料には、圧電定数が大きくバルク型超音波センサに用いられているPZT(チタン酸ジルコン酸鉛)を用いる。圧電体薄膜の作製方法には、良好な圧電特性が得られ、作製プロセスの容易さ、大面積対応性、生産コストで対向ターゲットスパッタ法より優れるゾルゲル法を用いる。シリコンモノリシック構造の圧電型超音波マイクロアレイセンサを作製する。従来構造ではアレイ間の共振周波数のばらつきが大きいために、引張応力を持つフッ素系樹脂薄膜をメンブレン上部に構造材として全面に作製し、メンブレンの圧縮応力を緩和させて、共振周波数特性のばらつきを低減する。次に物体位置計測システムの遅延加算処理回路にBBDを用いたアナログ信号処理回路とFPGAを用いたデジタル信号処理回路を作製し物体位置計測精度等を比較検討する。FPGAを用いたデジタル信号処理回路は、BBDを用いたアナログ信号処理回路と比較して、物体位置計測精度が高く、走査角度、分解能の変異性にも優れており、自律移動ロボット用信号処理システムとして適合性が高いと考えられる。自律移動ロボット用として、回路基板の小型化、低消費電力化、軽量化が可能な2次元レーダー用プログラムと、移動ロボットの形状、反応速度を考慮した障害物の回避運動プログラムを設計し、FPGA(50,000ゲート級)に実装する。FPGAと圧電型超音波マイクロアレイセンサ、送信器(火花放電器)、プリアンプ、AD変換器、バッテリーを移動ロボットに搭載して、自律移動ロボットを作製し、障害物回避運動テストを行う。作製した自律移動ロボットは、周囲を壁に囲まれ障害物が複数配置されている閉平面内を、壁にも障害物にも接触せずに、数分間にわたって動き続けることが可能であった。以上により、マイクロマシニングと薄膜作製技術より作製された圧電型超音波マイクロアレイセンサと、FPGAを用いたデジタル信号処理回路とを組み合わせたリアルタイム性を有する物体位置計測システム、物体回避システムの可能性、有用性を明らかにした。

論文審査の結果の要旨

本論文は、マイクロマシニングによりシリコン基板上に形成した微小ダイアフラム上に圧電体薄膜を成長した超音波マイクロアレイセンサを設計、試作、評価するとともに、これを用いて物体位置計測センシングシステムを構築し、有用性を検討した。

まずSOI(Si On Insulator)基板の裏面Siを数百 μm の正方形または円形に異方性エッチングまたは反応性イオンエッチングにより除去し、 Si/SiO_2 のメンブレンを形成した。この上の圧電体層としてPZT(チタン酸ジルコン酸鉛、 $\text{PbZr}_{1-x}\text{Ti}_x\text{O}_3$)薄膜を選び、スパッタリング法とゾルゲル法により製膜し、誘電性、生産性やコスト面から後者が優れていることを

示した。この上に電極を形成した超音波アレイセンサの感度と均一性、共振周波数の均一性を調べ、構造やサイズを最適化した。この超音波アレイセンサを用いフェイズドアレイ方式による物体位置計測システムを構成した。システムではアレイセンサの多くの信号を遅延加算することにより任意方向の電子走査が可能となるが、BBD(Bucket Brigade Device)を用いたアナログ信号処理とFPGA(Field Programmable Gate Array)を用いたデジタル信号処理を検討した。BBDは逐次遅延加算方式の集積回路設計と製作を行い、ほぼ設計通りの遅延と転送効率を実現でき、また、FPGAでも、所望の遅延処理を実現できた。両者の処理結果を走査角度、回路の複雑さ、測定誤差から検討し、FPGAによるデジタル処理が優位と結論された。さらにFPGAを用いた超音波2次元レーダーシステムを製作し、物体位置計測ができること、さらに走行ロボットに搭載し、障害物を回避しながら走行させられることを実証し、その実用性が示された。

述べたように、本論文は、圧電体PZT薄膜を用いて超音波アレイセンサを設計・作製・評価・改良し、これを用いて物体位置計測システムを構築し、自律移動ロボットの障害物回避走行を実現して実用性を確認したという重要な結果を得ており、博士(工学)の学位論文として価値があるものと認める。