

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 22 日現在

機関番号：82723

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K18084

研究課題名(和文)音響デジタル計測によるリアルタイム音響イメージングに関する研究

研究課題名(英文)Real time acoustic imaging by acoustic digital measurement

研究代表者

大淵 武史(Ohbuchi, Takeshi)

防衛大学校(総合教育学群、人文社会科学群、応用科学群、電気情報学群及びシステム工・応用科学群・講師)

研究者番号：40582896

交付決定額(研究期間全体):(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文):本研究では音響デジタル計測により二次元リアルタイム音響イメージングを実現することを目的としている。音響デジタル計測を実現するために必要となる超音波送受信器の特性改善を目指したが、負帰還とフィルタによりインパルス応答を改善する本手法により特性を改善することができなかった。この原因として、送信器改善モデルの現実との乖離が考えられる。また、超音波送受信器の特性改善と並行し、超音波信号を処理するローパスフィルタの集積回路試作を行った。試作チップの特性を測定した結果、設計値との差が大きかった。抵抗などを集積化する際に生じる製造誤差が原因であると考えられ、製造誤差に対する対策を行う必要がある。

研究成果の概要(英文):The purpose of this research is to realize two-dimensional real-time acoustic imaging by acoustic digital measurement. In order to realize the acoustic digital measurement, I studied on a method of improvement of the characteristics of the ultrasonic transceiver. However, the impulse response of the ultrasonic transceiver is not improved by the proposed method using negative feedback circuits and filters because the models of the proposed method is not practical. In addition to the research, we fabricated integrated circuits of low-pass filters to processes ultrasonic signals. As a result of measuring the characteristics of integrated circuits, the characteristics of the filters are different from the design because of the process variation of the integrated circuits. It is necessary to improve the degradation of the characteristics of filters caused by the process variations.

研究分野：音響工学

キーワード：超音波測定

1. 研究開始当初の背景

超音波計測は人体に無害であり、簡便な非破壊検査手法であることから幅広い分野で用いられている。例えば、建築物や金属などの内部欠陥検査、温度や風速、湿度といった気象計測や医療診断における臓器の可視化等が挙げられる。近年、建造物の内部欠陥の検査の需要が高まっており、複数のスピーカ、マイクロフォンによる音波伝搬時間より、CT法などを用いて内部欠陥などを詳細に視覚化(イメージング)する手法が提案されている[1]。しかしながら、二次元イメージングに数分程度の計測時間がかかり、三次元イメージングを短時間で行うことができない。これは、各スピーカから音波を送信するタイミングをずらして順次送信しているためであり、Fig. 1(a)に示すように同時に音波を送信すると、音波の干渉により、マイクロフォンで受信した信号より各スピーカの送信信号に対応した受信信号を取り出すことができない。よって、リアルタイム計測は困難である。この音波の干渉による問題に対して、本研究では、複数の直交信号を送信可能なデジタル直交信号を用いることを考える。しかしながら、音波は電気信号を機械振動へと変換して送波するため、入出力特性が非線形であり、音波の波形は送受信時に大きく歪む。そのため、音響デジタル信号を送信すると受信信号が変形する。音響デジタル通信では、このインパルス応答に起因する符号間干渉によりデジタル信号が復調できないという問題がある。インパルス応答による影響を軽減するための手法として、送信信号を処理することにより受信信号の特性を改善する手法[2]と受信信号を処理することにより特性を改善する手法[3]の2種類の信号処理手法が提案されているが、本研究では新たなインパルス応答改善手法について検討を行う。

2. 研究の目的

Fig. 1(b)に本研究において検討を行う超音波送受信時のインパルス応答改善システムを示す。インパルス応答を改善する送信器の特性改善手法としては、あらかじめインパルス応答を計測し、受信信号において逆畳み込み演算をする手法や、スピーカの近くにマイクを置き受信信号を送信器にフィードバックする手法等がある[3]。しかし、これらの手法は特性改善のためにマイクが必要であり、音波伝搬空間変化の影響を受ける等様々な問題がある。そこで、スピーカを駆動するために用いる増幅器にスピーカ特性を改善する回路を追加することを考える。スピーカへの入力電圧を増幅器にフィードバックすることによりインパルス応答を改善する手法について検討を行う。また、設計したシステムは小型化のために一部集積回路での実装を行う。

3. 研究の方法

リアルタイム音響イメージングのために、まずはデジタル信号の送受信が可能となるように、音波送信器の特性改善に関する研究を行う。スピーカは電気信号を機械振動へと変換するが、線形な伝達特性をもたないため信号が歪む。そこで、スピーカへの入力電圧をフィードバックすることによりインパルス応答を改善する。Fig. 1(b)に音波送信器の特性を改善するシステムを示す。PCにて生成された信号はDA変換され、アンプを経てスピーカへと入力される。このとき、アンプは差動入力となっており、スピーカへ入力される電圧をネガティブフィードバックする。このシステムでは、インパルス応答を低減させるために特性を測定するマイクロフォンが必要なく、スピーカ単体で特性を改善する。送信器特性改善の確認は、マイクロフォンの較正にも用いられる広帯域で高精度なマイクロフォンを用いる。

また、設計したシステムは小型化のために集積回路での実装を行う。システム全体を集積回路で実装をするのではなく、まず、インパルス応答改善システムにて用いるフィルタの集積化及び試作チップの測定を行う。試作を行うフィルタとして、超音波信号を処理するローパスフィルタの回路設計を行い、シミュレーションによる特性の確認をした後にレイアウト設計を行い、集積回路の試作を行う。試作をした集積回路は実験により評価を行う。

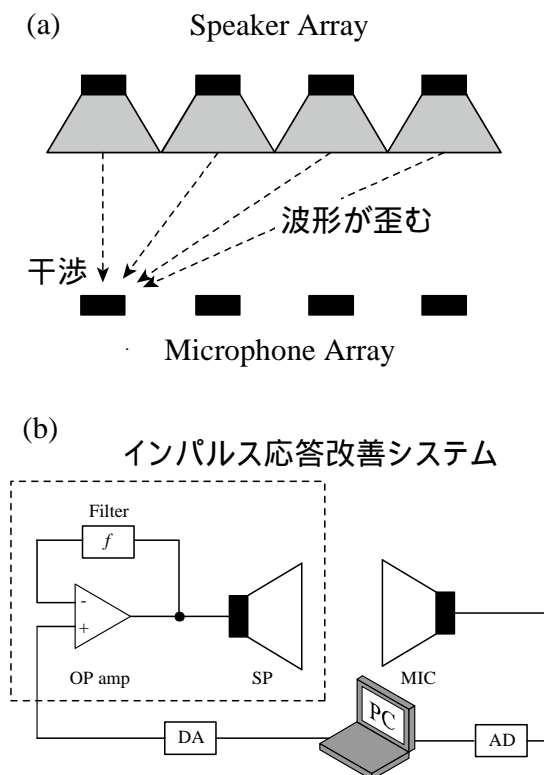


Fig.1 (a): マイクロフォンアレーによる音響信号送受信における問題点 (b): インパルス応答改善システム

4. 研究成果

本研究では音響デジタル計測により二次元リアルタイム音響イメージングを実現することを目的としている。音響デジタル計測を実現するために、まず、超音波送受信器の音波送受信特性を改善すること、また、超音波送受信器小型化のために一部集積回路での実装を行い、その特性を確認することが計画されていた。

(1) 超音波送受信器のインパルス応答改善

まず、音響デジタル通信に用いる超音波送受信器の特性改善に関する研究に取り組んだ。超音波送受信器のインパルス応答を改善するために、ネガティブフィードバックとフィルタを用いるシステムを構築した。しかしながら、本手法ではインパルス応答を改善することは困難であり、超音波送受信器の特性を改善することができなかった。この原因として、インパルス応答改善システム構築のために検討した送信器改善モデルが現実に即していないことが考えられる。本研究の目的である音響イメージングを実現するため用いる音響デジタル計測では複数のスピーカよりデジタル信号を送信し、マイクロフォンで受信した信号から復調を行う必要があるが、音響デジタル計測を行うための前提である音響デジタル信号の復調を行うことができなかった。

(2) フィルタの集積化

送受信器の特性改善と並行して、超音波信号を処理するフィルタのオンチップ化を目的とした研究を行った。超音波信号は低周波信号であるため、構成するフィルタには大きな抵抗と大きな容量を必要とする。大きな抵抗はトランスコンダクタ回路により集積化し、大きな容量はインピーダンススケージング回路を用いることで集積化する。提案システムの集積回路化に向けて、低周波帯域でも動作をするよう回路の検討を行い、超音波信号処理を目的とした低周波用ローパスフィルタと、

ローパスフィルタに使用するトランスコンダクタ、インピーダンススケージング回路の回路設計・レイアウト設計・集積回路試作を行った。Fig. 2 に設計を行った1次RCフィルタを示す。回路設計の後にシミュレーションにより特性の確認を行い、Fig. 3 に示すようにレイアウト設計を行った。1次RCローパスフィルタは $200\mu\text{m} \times 650\mu\text{m}$ のサイズに収まっている。この回路は $0.18\mu\text{m}$ プロセスと $0.6\mu\text{m}$ プロセスの2種類のチップ試作を行った。試作したチップの測定を行ったところ、トランスコンダクタの測定値と設計値との差は想定をしていた範囲内に収まっていたが、インピーダンススケージング回路とフィルタは設計値との差が大きかった。抵抗やキャパシタを集積化する際に大きな製造誤差が発生することが原因であると考えられ、製造誤差に対する対策について引き続き検討を行う必要がある。

<引用文献>

参考文献

[1] Norose Yoko *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. 53(7S), 07KC19, 2014.

[2] Tadashi Ebihara *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., 48, 07GB06, 2009.

[2] 古家 賢一 *et al.*; 電子情報通信学会論文誌. A, J93-A(6), pp. 387-396, 2010.

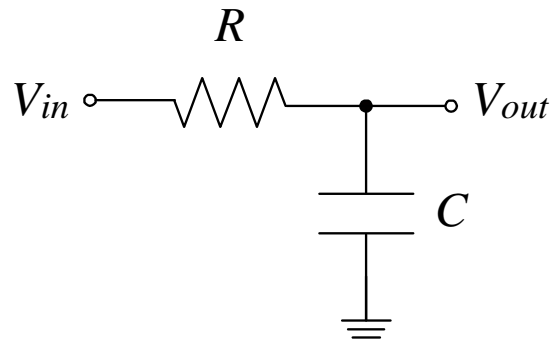


Fig. 2 1次RCローパスフィルタ

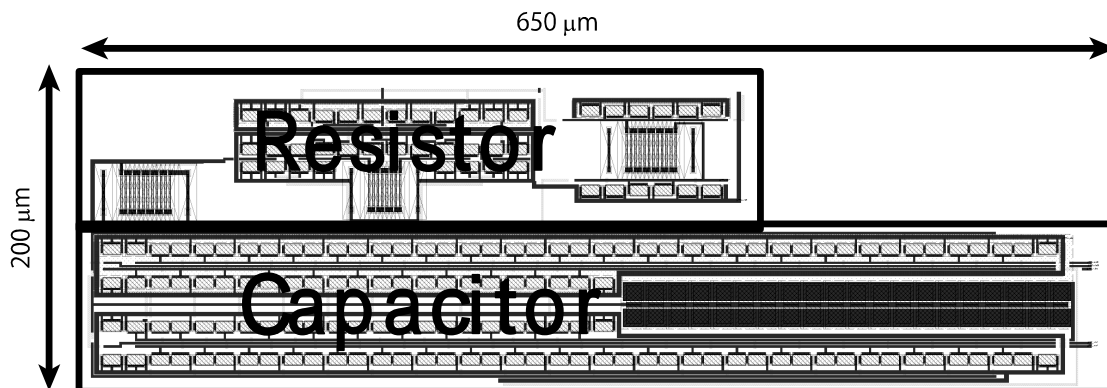


Fig. 3 ローパスフィルタのレイアウト

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

6 . 研究組織

(1)研究代表者

大淵 武史(Ohbuchi, Takeshi)

防衛大学校・応用科学群・講師

研究者番号：40582896