

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 李 成薫

有機材料は、材料の特性より、フレキシブルなデバイス、軽量なデバイスを作製するのに適している。近年、技術の進歩に従い、有機光・電子デバイスを用い、生体情報を計測することが注目されている。極薄基板に有機デバイスを作製することにより、生体の立体的な曲面に密着できるため、生体対象の情報を正確に計測できるようになる。さらに、極薄基板上の増幅器を実現することによって、信号源の増幅が可能となり、配線や接続部でのノイズの混入の最小化できるため、より正確、かつ、高品質な生体情報を計測できるようになる。一方、ゲート絶縁膜は有機トランジスタ及び回路の性能を定める非常に重要な要素であり、ポリマー絶縁膜はトランジスタの均一性に優れることや長期における安定した動作が可能なることから期待されている。しかし、ポリマー絶縁膜を用いる有機増幅回路においては、増幅回路の増幅率において難点があり、特に、インバータ型増幅回路の報告では、10 dB以上のゲインの報告はなされていなかった。本研究では、大きく分け、二つの目的で研究を進めた。まず一つ目として、生体情報への応用に向け、極薄基板上で動作する有機増幅回路の高利得化である。有機トランジスタのゲート絶縁膜としてはポリマー絶縁膜を用い、有機増幅回路の周波数領域として生体情報の数 kHz 領域をカバーするようにしながら高ゲイン化のための研究を行った。二つ目として、実際の生体情報を計測し、有機増幅器を用いてその信号を増幅することである。そのために、生体対象に密着可能なフレキシブルなセンサも同時に開発し、センサによって得られた生体情報を有機増幅器によって増幅することを目的とした。

第一章では、本研究における背景と本研究の目的について述べている。

第二章では、本研究で用いる有機半導体と有機薄膜トランジスタの基礎的な原理と構造を説明している。

第三章では、短チャネルトランジスタにおける閾値制御に関する結果を紹介する。トライゲート構造と容量カップリングを用いる有機トランジスタの閾値制御に関して報告し、PFBT 処理を用いるボトムコンタクト型トランジスタにダブルゲートを導入し、閾値制御した結果を紹介する。そして、Au エッチングを用いるトップコンタクト型短チャネルトランジスタの閾値制御に関する結果について述べている。

第四章では、三章で検討したトランジスタをインバータ回路に導入した結果を紹介する。短チャネルトランジスタを用いるインバータ回路の高ゲイン化と

反転位置制御に関しての結果を報告する。続いて、反転位置制御によるインバータ型自己バイアス増幅器のゲイン向上に関して報告し、キャパシタと集積した上で、極薄基板上で動作させた結果を示している。さらに、インバータの多段化による増幅器のゲイン向上と、トップコンタクト型トランジスタを導入し、増幅器のゲインを向上するための結果を示している。

第五章では、生体情報センシングのために、PVDF ナノファイバを用いる歪み・音響センサの結果を紹介し、極薄基板によるセンサ性能向上に関する内容を報告する。そして増幅器と集積し、生体情報をセンシングし、その信号を増幅することによって本研究で実現した有機増幅器と PVDF センサの有用性を実証した結果を報告する。

生体応用に向け、表面形状追従性に優れるセンサを作製するために、PVDF の piezo 特性に着目し、エレクトロスピニング法による PVDF のナノファイバ構造のシートを作製し、極薄基板に積層することにより、非常に柔らかい圧力・音響センサを実現することに成功した。音響センサにおいては、基板を薄くしていくことによって音響センサの性能が向上することを示し、極薄基板を用いることで、センサを柔らかくするだけでなく、高性能の音響センサを得ることができることを初めて示した。最後に、作製したセンサを用いて生体の情報を得ることに成功した。腕に貼り付けることで脈拍の測定に成功した。また有機増幅器により脈拍の信号が 92 倍に増幅され、信号雑音比も 12.8 dB から 24.2 dB に向上することを確認した。そして、センサを首に貼りつけることによって声や嚙下のための飲み込みを計測することに成功し、開発したセンサと有機増幅器が生体情報の計測において有用であることを実証した。

第六章は本論文のまとめである。

以上を要するに、本研究では、反転位置制御・高ノイズマージン化によるフィードバックゲイン向上、トップコンタクト型短チャネルトランジスタの作製による高ゲイン化、インバータの多段化による高ゲイン化によって極薄基板上に製造された有機増幅回路の高利得化を進め、脈拍や声や飲み込みなど生体信号を増幅することによって信号の質を向上し、有機増幅器の医療・ヘルスケア分野への新しい可能性を示したもので、電子工学における貢献は大きい。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格であると認められる。