【基盤研究（S）】

生体シグナルの高精度計測に向けた電源光源一体型フレキシブルイメージングシステム

研究代表者	東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・教授 染谷　隆夫（そめや　たかお）　研究者番号:90292755
研究課題情報	課題番号：22H04949　研究期間：2022年度～2026年度 キーワード：イメージセンサ、有機光検出器、低温ポリシリコン、脈波

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

●研究の全体像

ウェアラブルデバイスの高性能化と多機能化が進むに従って、その主たる利用目的は、ディスプレイで情報を「見る」ことから、センサとして生体情報を「測る」ことへと急速に変化している。しかし、既存のウェアラブルデバイスによる非侵襲的な生体シグナル計測では、活動中に計測精度が著しく劣化するという問題がある。例えば、リストバンド型デバイスで、安静時に脈波の反射波は容易に計測できるものの、活動中には計測できなくなる。運動や日常的な活動中にも、医療グレードの高い精度で生体シグナルを計測できる技術の確立が待たれている。

本研究の目的は、**有機半導体と無機半導体をハイブリッドにしたフレキシブルイメージャの究極性能を明らかにして、活動中の生体シグナルが医療グレードの高精度で計測できることを実証すること**である。具体的には、無機半導体である低温ポリシリコン（LTPS）を材料とした薄膜トランジスタのアクティブマトリックスと、有機半導体である導電性高分子を受光層とした光検出器を同一の高分子フィルムに縦型に集積化した高精細かつ高速のフレキシブルイメージャを作製する。このイメージャの電気的性能・機械的耐久性・環境安定性を飛躍的に向上してウェアラブルセンサに応用し、活動中に脈波（光電容積脈波）を計測することによって、血圧の時間変動までも解析できる医療グレードの測定精度を達成する。

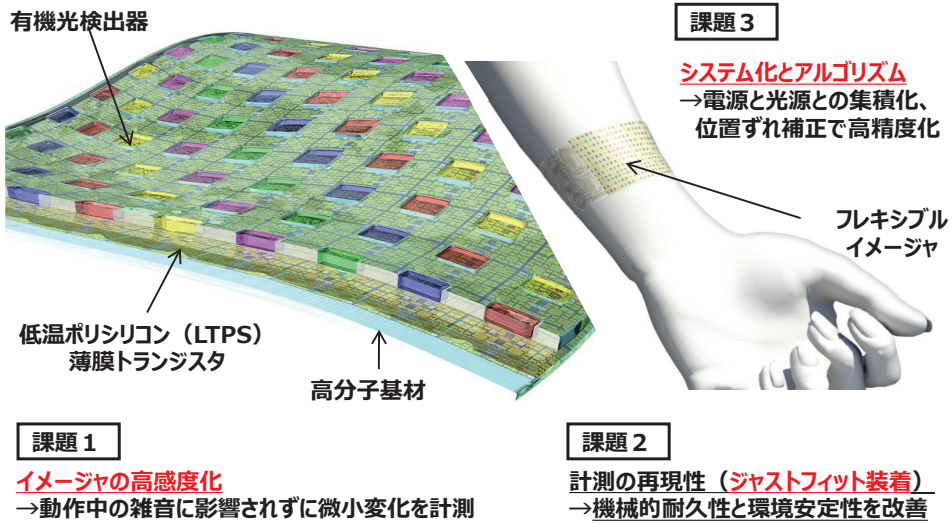

図１　本研究で取り組むイメージャの３つの主要課題

第一の課題は、センサの高感度化である。動作中に発生するノイズに影響されずに、わずかな変化を計測するために、光検出器の高効率化を進めて、信号強度を大きくする。高効率化によって、光電流が増大するので、イメージャの動作も高速化できる。また、SN比を維持したままで、１セルの受光面積を小さくできるため、空間解像度を高くできる。さらに、画質を向上するため、クロストークと暗電流を低減して、コントラスト比を向上する。

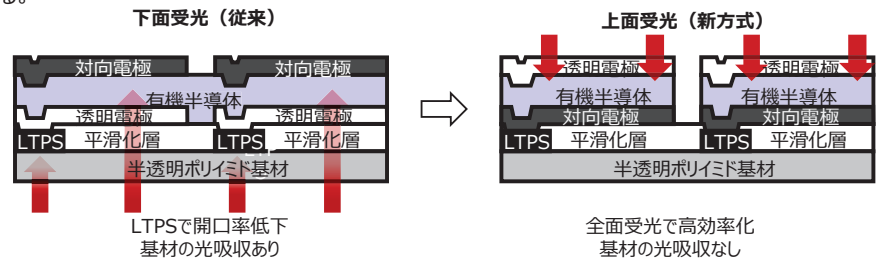

図２　上面受光の新方式による高効率化の実現

第二の課題は、装着方法の改善による再現性の向上である。人の動作によってセンサの位置が動くと、計測の再現性が悪くなる。一方で、センサを皮膚に強く固定すると、生体内部に圧力が掛かり、痛みを伴う上、自然な血流を阻害する。外部から圧力を掛けずにセンサをジャストフィットで皮膚に固定するためには、高耐久性のフレキシブルセンサが必須である。特に、面で計測するためには、通常の硬い板状のイメージャは曲面にフィットさせることができない。そこで、フレキシブルイメージャの機械的耐久性と環境安定性を改善する。

第三の課題は、システム化とアルゴリズム開発である。まず、フレキシブルイメージャ、光源、電源を集積化して、システム化を進める。皮膚に圧力を掛けずにセンサをジャストフィットで装着できた場合でも、血管などの柔らかい測定対象とセンサの位置関係は活動中に常に変化する。そのため、装着法の工夫だけでは取り除ききれないモーションアーティファクト（人の動きに由来するノイズ）が残る。これを、カメラの手振れ防止機能のような位置ずれ補正のアルゴリズムで取り除く。

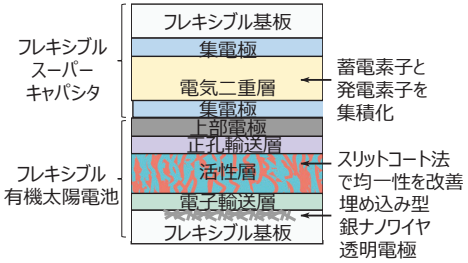

図3　フレキシブル電源とのシステム化

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

ウェアラブルデバイスの研究の核心をなす学術的「問い」は、「どうすれば活動中にも生体シグナルを計測できるのか？そして測定精度はどこまで向上できるのか？」である。この問いに挑戦する準備として、自他ともに過去の研究は３つの視点で進められてきた。第一に、高感度化などセンサの高性能化によって、わずかな変化を検知できるようにすること、第二に、位置ずれしない装着法によって、計測の再現性を向上すること、第三に、電源を含むシステム化と解析手法を確立することである。３つの課題を同時に解決する新技術として、機械的に柔軟な有機半導体と電気的に高性能な無機半導体の良さを併せ持ったハイブリッドデバイスは極めて有望である。**本研究では、活動中に生体シグナルを正確に計測するという目的で、ハイブリッドデバイスの究極的な性能を解明する。**

これまでの研究では、ウェアラブルデバイスによって計測された生体シグナルの数値が、正常範囲にあるかどうかだけを判別し、治療指針に利用してきた。この判別方法だけが利用されてきたのは、病院における定点観測の医療データしか蓄積されてこなかった結果、その医療データに基づく診断基準しかないためである。本研究では、日常生活の活動中における生体シグナルの時間変化の連続計測に焦点を当て、そのための計測技術の背景にある学理を構築する。

ホームページ等	http://www.ntech.t.u-tokyo.ac.jp/ someya-sec@ee.t.u-tokyo.ac.jp