

審査の結果の要旨

氏名 カツカルト グラント アレクサンドル

本論文は **2D Planar Biosensors Utilizing Impedance Spectroscopy on a Thin Film Transistor Plate** (薄膜トランジスタ基板を用いたインピーダンス特性計測に基づく2次元平面型バイオセンサ) と題し、液晶画像ディスプレイの制御系にも使われる薄膜トランジスタ基板を用いて液中細胞の電気的インピーダンスを計測し、細胞の成長過程や細胞活性の定量評価、および、嗅覚細胞等を用いた生体ハイブリッドセンサの電気信号検出回路に応用する手法を理論的、実験的に示したものであり、研究分野の背景、回路技術、計測手法、実験手法、実験結果、考察および結論に関して全7章の英文で構成されている。

第1章は **Introduction** であり、本研究の技術的背景について述べている。特に生体・バイオ系分野においては細胞や生体サンプルを倒立顕微鏡で観察しながら生化学・電気・光等の刺激に対する応答を計測する作業が必要であり、光学的に透明な基板上にマイクロアレイ状の微小電極を配置した計測ツールが必要であることを述べている。また、従来の金属微小電極を用いた **Multiple Electrode Array (MEA)** では細胞寸法と電極寸法・密度との乖離が大きく、電極が不透明で倒立顕微鏡による基板裏側からの透過観察ができないことを指摘し、液晶ディスプレイの制御系に用いられている透明電極を使用した薄膜トランジスタ基板をバイオ計測に利用することの有用性を述べるとともに、本論文の構成について説明している。

第2章は **Theory** であり、細胞膜とそれが内包する細胞質の電気的インピーダンスを導出する等価回路について説明し、液中に分散した細胞とその近傍に配置した電極を含めた計測系の等価回路を導出している。また、薄膜トランジスタ回路を用いて細胞インピーダンスを計測する手法について説明している。

第3章は **Device Design** であり、本論文で使用した細胞インピーダンス計測用の薄膜トランジスタ電極基板のレイアウト構成を述べている。特に、培養細胞の密度測定や細胞活性、細胞膜チャネルから放出されるイオン濃度等の計測用途に応じて設計した薄膜トランジスタ電極の構成について説明している。

第4章は **Experimental Setup** であり、第3章で説明した薄膜トランジスタ電極アレイの制御回路系、制御用のグラフィック・インタフェース・システム、

基板上に実装するマイクロ流路の構成、液送系、倒立顕微鏡との組合せ方法等の計測系の全体構成を説明している。

第5章は **Experiments** であり、第4章で構成した測定系を用いてイースト菌の培養密度を計測した結果や、薄膜トランジスタ上で神経細胞や幹細胞を培養し、それらの電氣的インピーダンスを細胞活性と関連づけて計測した結果、および、薄膜トランジスタ基板上に配置した蚕蛾の嗅覚細胞がフェロモン導入時に放出したイオンを計測した結果について報告しており、本研究の薄膜トランジスタ電極アレイの有用性を実証している。

第6章は **Discussion** であり、薄膜トランジスタ電極アレイを用いた計測系に見られるノイズの原因とその除去方法、信号処理の方法などについて述べている。

第7章は **Conclusion** であり、本論文で示した研究成果を総括している。

以上これを要するに、本論文は培養細胞の定量評価として薄膜トランジスタ電極アレイを用いた電氣的インピーダンスの計測手法を提案し、実際に倒立顕微鏡下で光学観察しつつ細胞の増殖状態や細胞活性、抗体抗原反応等の定量評価が可能であることを実証したものであり、電気工学とくにバイオエンジニアリングに貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。