

2022年 2月 17日

豊橋技術科学大学長 殿

電気・電子情報工学 専攻
学位審査委員会
委員長 石川 靖彦

論文審査及び最終試験の結果報告

このことについて、博士学位論文審査を実施し、下記の結果を得ましたので報告いたします。

学位申請者	山下 幸司		学籍番号	第153280号
申請学位	博士 (工学)	専攻名	大学院工学研究科博士後期課程 電気・電子情報工学 専攻	
博士学位 論文名	Implantable microelectrode devices for chronic neuronal recordings in mice (マウス慢性ニューロン計測に向けた埋め込みマイクロデバイス)			
論文審査の 期間	2022年 1月 13日 ~ 2022年 2月 17日			
公開審査会 の日	2022年 2月17日	最終試験の 実施日	2022年 2月17日	
論文審査の 結果※	合格		最終試験の 結果※	合格
審査委員会(学位規程第6条)				
学位申請者にかかる博士学位論文について、論文審査、公開審査会及び最終試験を行い、別紙論文内容の要旨及び審査結果の要旨のとおり確認したので、学位審査委員会に報告します。				
委員長	澤田 和明			
委員	鯉田 孝和		河野 剛士	
		印		印
		印		印

※論文審査の結果及び最終試験の結果は「合格」又は「不合格」の評語で記入すること。

論文内容の要旨

脳機能の理解のために、神経細胞（ニューロン）の活動信号を高い時空間分解能で長期間かつ安定的に計測する慢性電極デバイス技術が求められている。マイクロデバイス技術の発展により、複数のニューロンからの信号を同時に計測可能な電極デバイスがこれまで提案されている。しかしマウスに埋め込んで長期安定的にニューロン信号を計測できるマイクロデバイスに関する技術は確立されていなかった。本論文は、マウスに埋め込んで長期安定的にニューロン計測を可能とする埋め込みマイクロデバイスを実現したものである。

本論文は6章からなり、各章の構成は以下のとおりである。第1章では、序論として既存の電極マイクロデバイス技術を述べると共に本論文の構成を示している。第2章では、電極デバイスの刺入及び埋め込み方法として溶解性材料を適用した新規手法について記している。第3章では、高い柔軟性かつ生体適合性の材料であるパリレンを用いた糸状のマイクロデバイスを実現したことと、そのデバイスの脳組織への埋め込み技術とマウス筋電位計測結果について述べている。第4章では、直径が5 μm のシリコンマイクロニードル電極デバイスのマウス脳への刺入及び埋め込み技術を確立し、慢性計測に向けた安定性評価を行なっている。さらに組織に対してそのデバイスが低損傷であることを免疫組織染色法により示している。第5章では、パリレン薄膜を基板としたシリコンマイクロニードル電極アレイデバイスを実現したことと、本提案技術の有用性を、マウス長期計測をとおして示している。最終章では、本研究で得られた知見及び本技術の今後の展望を示し、本論文を総括している。

審査結果の要旨

脳機能の理解やパーキンソン病やアルツハイマー病などの研究において、実験動物の脳から長期に渡り安定的にニューロン信号を計測する技術が重要である。しかし、既存の電極デバイスは、その大きさに伴う侵襲性だけでなく、電極の刺入や埋め込みに伴う脳組織損傷、さらに計測できるニューロン信号の劣化が課題であった。これらの課題を解決するため、本研究では、マウス等の小型な動物に対しても低侵襲で長期安定的なニューロン計測を可能とするマイクロデバイスの埋め込み技術に取り組んでいる。まず、脳組織内で柔軟性を有する糸状のパリレン製マイクロデバイスを設計・製作している。さらに溶解性材料を応用したデバイスの埋め込み技術を提案し、低侵襲性でかつ高い精度で所望する位置に電極を刺入できる技術を確立し、マウス筋電位及び脳組織からのニューロン信号の計測を実証している。この溶解性材料は直径5 μm のシリコン製マイクロニードル電極デバイスのマウス脳組織への刺入にも応用している。次に脳組織にデバイスの基板を固定しない埋め込み技術を提案し、固定して計測する従来の手法に比べてニューロン計測における長期安定性を向上させている。免疫組織染色による評価では、デバイスの埋め込みに伴う組織損傷の低減も確認しており本提案技術の有用性が示されている。更なる低侵襲性の実現を目的に、マイクロニードルの基板材料である剛性の高いシリコンを柔軟性の高いパリレンに置き換えたマイクロデバイスを実現し、数ヶ月に渡るマウス脳からの安定したニューロン計測に成功している。これらの研究成果は、長期安定的な脳計測に向けた既存の埋め込みマイクロデバイスの課題を解決する技術として、電気生理学、脳神経科学、センサ・デバイス工学などにおいて学術的、工学的に高く評価できる。

以上より本論文は博士（工学）の学位に相当するものと判定した。

（各要旨は1ページ以上可）