

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 6月12日現在

機関番号：82636

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2012

課題番号：23656177

研究課題名（和文）

柔軟神経電極の刺入と安定計測に関する研究

研究課題名（英文）

Insertion and stable recording using flexible nerve electrode

研究代表者

鈴木 隆文（SUZUKI TAKAFUMI）

（独）情報通信研究機構・脳情報通信融合研究センター脳情報通信融合研究室・主任研究員

研究者番号：50302659

研究成果の概要（和文）：

ブレイン-マシンインタフェースの臨床応用実現のためには生体に対して安全で、かつ長期間の安定計測が可能な神経電極の開発が必要不可欠である。このため本研究では、柔軟な神経電極を神経組織への刺入時にのみ「固く」して、刺入後速やかに柔軟化する神経電極の開発を行うとともに、電極界面の安定化を図るための電極表面への微小突起構造の作成に関する研究を行った。

研究成果の概要（英文）：

In order to realize clinical application of Brain-Machine interface, it is necessary to develop a neural probe which is safe and enables long-term stable recording. In this research, we developed a flexible neural probe which is solid for insertion and can become flexible after insertion. And also we did a research about fabrication of micro structure on the surface of electrodes to achieve stable interface between electrode and tissue.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：神経工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：マイクロ・ナノデバイス、神経電極、神経工学

## 1. 研究開始当初の背景

ブレイン-マシン・インタフェース（BMI）システム、中でも特に運動系の BMI システムは、生体の神経系の情報を計測して、それを解釈して運動意図などを抽出して、義手などの機器の制御に利用するものである。このため BMI システムを真に実現するためには、生体の神経系の情報を長期間にわたって、安全に、安定して計測することが必須であり、そのための基盤技術として神経電極の重要性が注目されている。しかしながら従来の微小神経電極はシリコンをベースとした固い

構造のものであり、これはその電気的特性や作成面での利点がある一方、機械的侵襲に特に弱い性質を持つ神経細胞を痛めるだけでなく、装着した神経束の柔軟な動きに追従できずに、「ずれる」（目的とする神経線維と長期間の安定した接続ができない）原因ともなっている。一方で単に柔軟な電極では生体神経組織への刺入や装着が非常に困難になってしまう。そこで本研究では、刺入・装着後に柔軟化する新しい柔軟神経電極の開発を目指す。

また、神経信号の安定計測のためには電極と組織液（電解液）との界面を生体や神経組

織の動きによらずに安定に保つことが必要である。本研究ではこれらの解決を図ることにより、長期・短期の両面での安定計測を目指す。

近年、神経電極の重要性が認識され、特に国外においては、本研究が提案するような刺入型の神経電極の基板や電極部自体が柔軟な構造を有するものも報告されるようになってきている。そして必然的に次なる課題は、その刺入方法の開発となっている。神経電極の開発は欧米諸国における国家プロジェクトなどによって、ここ数年非常に加速されているため、本研究課題も一刻も早く遂行する必要があると考えられる。本提案研究の特長は、「刺入・装着後に溶解する物質」を利用する点であるが、コーティングや裏打ちだけでなく、電極・生体界面の安定化を図るという点も、従来無かった斬新な着想であると言え、各種生体電極技術への波及効果は大きいと考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究は、装着後に柔軟化し、かつ電極-生体界面の安定化機能を備えた新しい柔軟神経電極の開発を目的とする。これによって従来の神経電極では達成できなかった低侵襲性と短期・長期での神経信号安定計測が可能となると考えられる。具体的には以下の課題の達成を目的とする。

(1) 柔軟な基板を有する神経電極の準備：すでに試作済みのパリレンC（ポリクロロパラキシレン、無色透明の高分子材料。）を基板材料とした柔軟神経電極について、評価実験用の製作を行う。

(2) 柔軟な電極の刺入・装着方法の開発：柔軟な電極は、そのままでは神経組織内に刺入することが困難であるため、様々なアプローチにより刺入・装着方法を開発する。刺入装着前はある程度の固さを有し、刺入後に神経組織内で柔軟化する神経電極支持材料や支持方法を開発する。

(3) 電極-生体界面の安定化を達成するための微小突起構造の作成について検討を行う。

本研究は、装着後に柔軟化するなどの新しい装着方法を提案することで柔軟な神経電極を実現するという点と電極-生体界面を安定化するという考え自体が特色であり、かつ独創的な点である。これは神経電極分野だけでなく、マイクロマシン分野においても従来なかった新しいアイデアであり、実現の暁には神経インタフェース技術や脳科学等のツールとして大きく寄与するだけでなく、機械的な侵襲度の低減と計測信号の安定性が同時に求められる医療マイクロデバイス技術全体への寄与も非常に大きいと考えら

れる。

## 3. 研究の方法

本研究では具体的には以下の方法によって課題の実現を図る。

(1) 柔軟な基板を有する神経電極の準備：すでに試作済みのパリレンCを基板材料とした柔軟神経電極について、刺入評価実験用の製作を行う。刺入型電極と脳表面用電極の2種類を用意する。図1に柔軟神経電極の作成工程を示す。

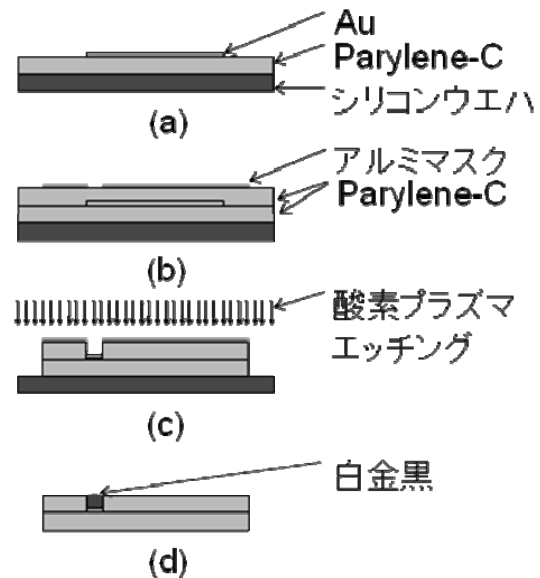


図1: 柔軟神経電極の作成工程

(a)シリコンウエハ上にパリレンCをコーティングして、その上にスパッタリング装置で成膜した金の配線層をパターニングする。(b) 2層目のパリレンCをコーティングして、外形形状マスク用のアルミ層を成膜してパターニングする。(c)酸素プラズマエッチングで外形および電極孔を形成する。(d) 必要に応じて金の電極面に白金黒処理などを行う。

(2) 柔軟な電極の刺入・装着方法の開発：柔軟な電極は、そのままでは神経組織内に刺入することが困難であるため、図2に概念図を示すような以下のアプローチにより刺入・装着方法を開発する。刺入装着前はある程度の固さを有し、刺入後に神経組織内で柔軟化する神経電極支持材料を開発する。柔軟化の方法としては、上述のように、

- ①神経束内水分による膨潤化、
- ②生分解性材料の利用、
- ③温度変化による固さの変化などを、そして支持方法としては、
- ①コーティング、
- ②裏打ち材との接着、

③流路構造内部への注入などを、それぞれ検討する。

(3) 電極-生体界面の安定化機能評価のため、微小突起構造の作成について条件出しを行う。

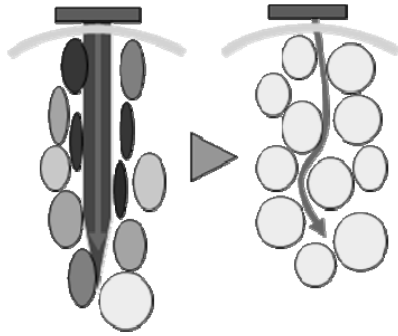


図2：概念図（柔軟神経電極を刺入時にのみ固くする）

#### 4. 研究成果

本研究では以下の課題を実施し、成果を得た。

(1) 柔軟な基板を有する神経電極の作成：すでに試作済みのポリレンCを基板材料とした柔軟神経電極について、評価実験用の作成を行った。刺入型電極と、脳表面用電極の2種類を用意した。図2に刺入型電極の、図3に脳表面用電極の例を示す。

(2) 柔軟な電極の刺入・装着方法の開発：柔軟な電極は、そのままでは神経組織内に刺入することが困難であるため、以下のアプローチにより刺入・装着方法を開発した。刺入装着前はある程度の固さを有し、刺入後に神経束内で柔軟化する神経電極支持方法を検討した。柔軟化の方法としては、神経組織内水分等によって溶解するポリエチレングリコールやスクロース等の材料による電極のコーティングによる方法の条件出しを行い、ラットを対象とした評価実験を行った。

(3) 電極界面の安定化を図るための電極表面への微小突起構造の生成に関する条件出しを行い、金めっきを応用した方法により微小突起構造を生成することに成功し、in vitroにおける特性評価を実施した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

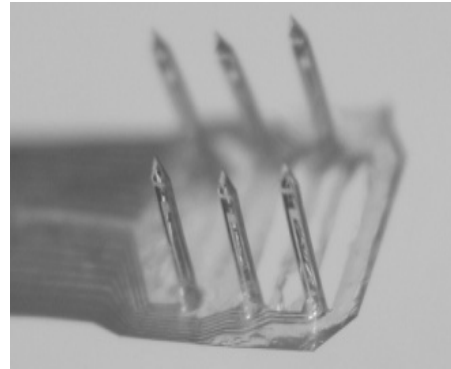


図3：刺入型電極の例

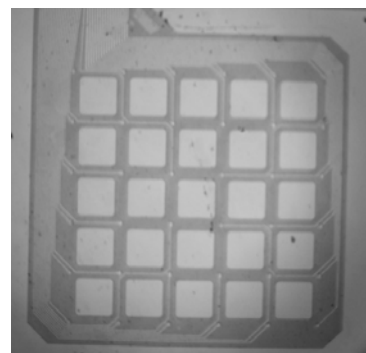
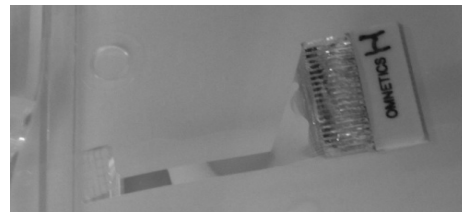
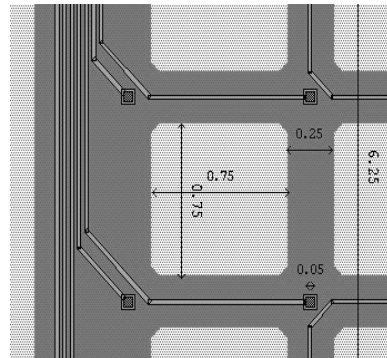
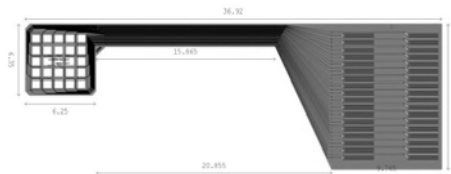


図4：脳表面用電極（皮質脳波計測用柔軟電極）の例。（上より電極全体図、計測部拡大図、電極全体写真、計測部拡大写真。）

鈴木 隆文 (SUZUKI TAKAFUMI)  
独立行政法人情報通信研究機構・脳情報通  
信融合研究センター脳情報通信融合研究  
室・主任研究員  
研究者番号：50302659

(2) 研究分担者  
( )

研究者番号：

(3) 連携研究者  
( )

研究者番号：