

マイクロマシン技術によるカフ型微小電極の研究

東京大学 生産技術研究所 助教授 竹内 昌治

1. はじめに

本研究の目的は、微小径の神経に容易に固定可能な、カフ型微小電極を実現することである。これまでに提案された微小電極は、神経再生型や、刺入型の電極であるが、行動下での電位計測には、神経を切断したり刺したりせず、神経に低侵襲な電極が必要である。そこで本研究では、電極に形状記憶合金 (SMA: Shape Memory Alloy) 薄膜マイクロアクチュエータを組み込み、電気的に固定操作を制御することで、微小径の神経への取り付けを試みた。このときに必要な3次元の形状記憶法を提案し、微小カフ構造を実現した。

2. 微小電極の製作

TiNi合金を用いた形状記憶合金を薄膜化し、電極の構造体とした。これに通電することで駆動させ、神経を能動的に把持するクリップ機構を製作した(図1)。従来TiNi薄膜は、常温で大変形させるために、マルテンサイト変態点を上げることが製作上困難であり、他のアクチュエータに比べ応答性が悪いという問題があった。そこで、膜の組成および熱処理条件を変化させることで、変態点を上昇させ、常温でマルテンサイトである膜を得た。また、機構には反復動作性を持たせず、一度クリップしたら離さないという方向性のみを持たせた。こうすることで、SMAアクチュエータの欠点であった応答性の問題を避け、常温で大変形可能であり柔軟性に富み、出力も高いという長所を生かしたSMA薄膜クリップ機構を製作した。

3. 電極の特性評価実験

製作した電極を用いて神経電位の記録を行った。昆虫の腹髄神経索を3次元的なクリップ機構によって、傷つけることなく固定した。また、加熱による神経への影響もないと判断できた。計測結果は、一般に用いられる電極を使用したときと比べて、活動電位波形に特に雑音が入るなどの現象は観察されなかった(図2)。構造は柔軟性に富んでおり、生体組織に衝突しても組織がダメージを受けることはなかった。さらに、行動中の昆虫からも電極は外れることなく、神経電位を計測できることがわかった。

4. まとめ

扱う神経が細くなればそれだけ電極を神経に接近・接触させることが困難になってくる。神経との接触が悪い電極からは明瞭な信号を記録することができない。SMA薄膜を用いた電極は、これらの作業を容易にし、行動中の昆虫からも外れることなく固定することができた。

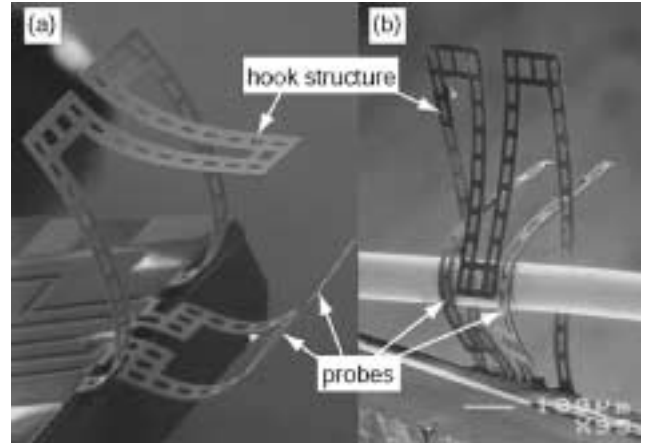


図1. (a) 製作した形状記憶合金薄膜微小電極 (b) 電極を用いて径100 μmのワイヤをクリップした状態

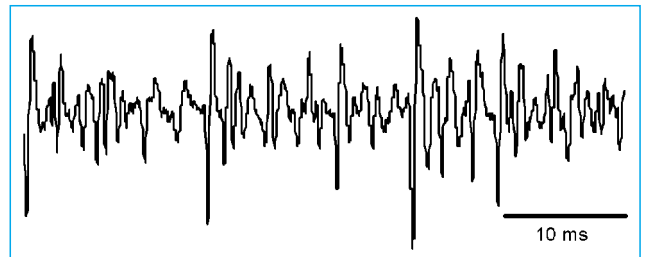


図2. 製作した電極を用いて計測した昆虫の腹髄神経索からの神経活動電位

自励振動ゲルを用いた心筋模倣型マイクロアクチュエータに関する研究

東京大学大学院工学系研究科材料工学専攻 助教授 吉田 亮

1. はじめに

従来の刺激応答性ゲルに対して、我々は、心臓の拍動のように一定条件下で自発的に周期的リズム運動を行う新しい「自励振動ゲル」を開発した。すなわち、生体の代謝反応 (TCA回路) の化学モデルにもなっている、循環する反応回路を持つペロソフ・ジャボチンスキー反応 (BZ反応) をゲル内で引き起こし、その化学エネルギーを力学エネルギーに変換する分子設計を行うことによりゲルの周期的な膨潤収縮振動を生み出すことに成功した。この自励振動ゲルを利用することにより、自ら周期運動するマイクロアクチュエータ、自己拍動 (蠕動) 型マイクロポンプ、分子ベースメーカー、情報伝達素子など新しい生体模倣型機能性材料が設計可能になると考えられる。このような機能を備えた新しいマイクロマシンの実現を目的とし、自励振動ゲルの微小化技術の確立と振動挙動解析を行い、材料システム構築に関する基礎的検討を行った。

2. ゲルの微細加工によるマイクロアクチュエータ (人工繊毛) の作成

2つの方法で自励振動ゲルの微細加工を試みた。一つは、高分子鎖に光架橋部位 (フェニルアジド基) を導入し、フォトマスクを用いた光リソグラフィーにより任意の形にマイクロ加工する方法である (図1)。もう一つは、シンクロトロン放射光を用いた最先端3次元微細加工技術 (LIGA、移動マスク線加工法) による方法である。後者の方法により、ゲル表面に数十ミクロン~数百ミクロンサイズの突起が数百個アレイ状に配列した人工繊毛を製作した (図2)。ゲルに化学反応波を生起させると、波の伝播に伴い表面の突起が周期的に変動する様子が観測された。表面に添加した微粒子や細胞等を輸送するマイクロ搬送システムなどへの応用が可能であると考えられる。

3. まとめ

心筋と同じようにリズムを自発的に発振する新しい機能性ゲルが設計・構築された。周期的運動リズムを生み出し、そのリズムを情報として伝達することができるマイクロデバイス素子として興味深い特質を持っている。運動リズム、物質輸送、情報変換・伝達などの機能を持つ新しい材料システムへの展開が期待される。



図1. 光リソグラフィーによるゲルの微細加工

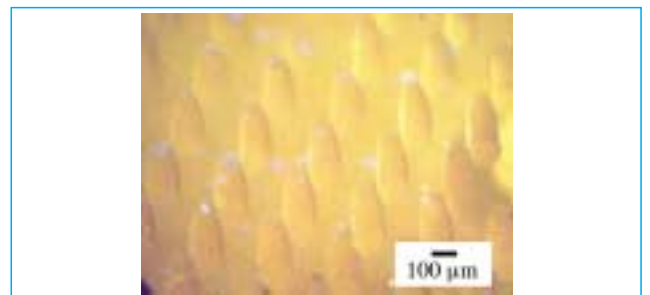


図2. LIGAにより作成された人工繊毛ゲルアクチュエータ