

脳内埋込用微細化電極の作製に対する検討

A study on the engineer of the Implantable Microelectrodes

○高磊¹, 本堂健太郎², 関根好文³*Lei Gao¹, Kentaro Hondo², Yoshifumi Sekine³

Abstract: In recent years, implantable microelectrodes are developing using MEMS technology. However, it is difficult for the microelectrodes to contact to neurons of 3-D target. So, we are fabricating of implantable microelectrodes using a flexible substrate. In this paper, we deposit aluminum on the implantable microelectrodes made by silicon and carry out a wet etching experiment by Al etchant. As a result, we clarify that we can make metal microelectrodes by photolithography and keep the adjoining microelectrodes isolation.

1. まえがき

現在, 生体の脳の神経信号を利用した研究が盛んに行われている^[1]. 近年, 神経信号検出用脳内埋込用電極が MEMS 技術を用いて開発されている^[2]. しかし, 現在開発されている脳内埋込電極は基板にシリコンを用いており, 柔らかな神経細胞に接触させることが困難である. そのため, 我々は柔軟性の高いフレキシブル基板を用いた電極システムの開発に対する研究を行っている. さらに, 現在開発されている電極の電極間距離は, 脳神経細胞の大きさと比較すると広いため, 神経信号を検出することはできるが, 近傍の神経細胞に電極を接触させることは困難なため, 現在開発されている電極を微細化する必要がある.

本論文では, 脳内埋込電極の作成工程の一つに対して, 作成したシリコン電極上に真空蒸着装置を用いて, 金属アルミを蒸着し, また, 混合した Al エッチング液を用いて, ウェットエッチングを行ったので, 報告する.

2. 本論

図 1 に現在検討を行っている脳内埋込型システムの概略図を示す. 同図(a)はそれぞれの電極が神経細胞に接触する様子を示す. (b)は神経信号の計測システムを示している. 神経信号は数 $10[\mu V]$ ~数 $100[\mu V]$ 程度のため, 低雑音増幅器により増幅し, 増幅したアナログ信号を A/D 変換器によりデジタル変換した後, コンピュータで処理する構成である.

図 2 に今回検討した神経信号検出用脳内埋込電極の概略図を示す. 脳神経細胞は三次元的結合をしており, 柔らかな神経組織に対応させるため, フレキシブル基板を用いる. 脳神経細胞の大きさは $10[\mu m]$ ~ $100[\mu m]$ 程度であることを考慮し, そして, ポリイミドを塗布するため, 電極間距離を $60[\mu m]$ とした. また, ラット脳皮質の高さが約 $200[\mu m]$ であるため, ラットの神経信号を検出することを考慮し, 電極の高さは $200[\mu m]$ とした. それぞれの電極から神経信号を検出可能にするため, 電極の底面に配線を作製する構成を考えた.

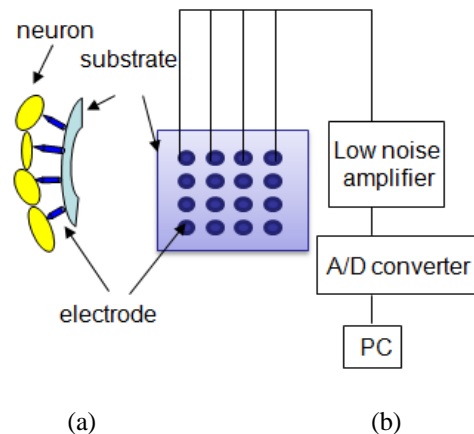


Figure 1. Implantable system.

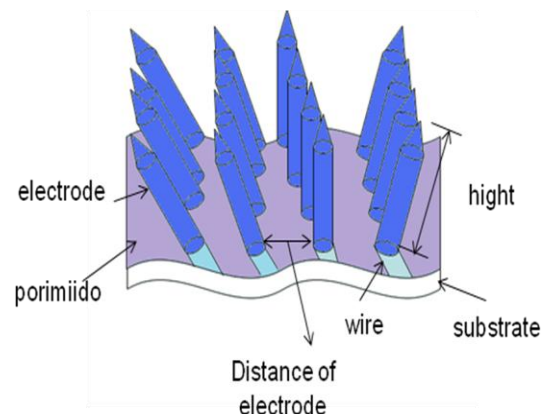


Figure 2. Implantable microelectrode array.

本研究では、次の手順で実験を行った。

- 1, シリコン基板を用いて, アセトン, エタノール, 純水で十分に洗浄した.
- 2, 感光性樹脂 (S1830) を塗布, 露光をし, 現像した.
- 3, バッファードフッ酸を用いてシリコン膜を除去した.
- 4, ICP ドライエッチング装置を用いて 150 サイクル等方性エッチングをした.
- 5, 真空蒸着装置を用いて, 真空度は 3.2×10^{-3} [Pa] で実験を行い, 厚さ $0.6 [\mu\text{m}]$ のアルミ膜を蒸着した.
- 6, リン酸, 硝酸, 酢酸, 水を 16:1:1:2 で混合したエッチング液を用いて, 20 分間ウェットエッチングを行った.

図 3 に ICP ドライエッチング装置を用いて, 150 サイクルをドライエッチングしたシリコン電極の SEM 写真を示す.

図 4 にドライエッチングを行ったシリコン電極上に金属アルミを蒸着した後, 混合エッチング液を用いて, 20 分間ウェットエッチングをした電極の SEM 写真を示す.

図 5 に混合エッチング液を用いて, ウェットエッチングを行った結果の概略図を示す.

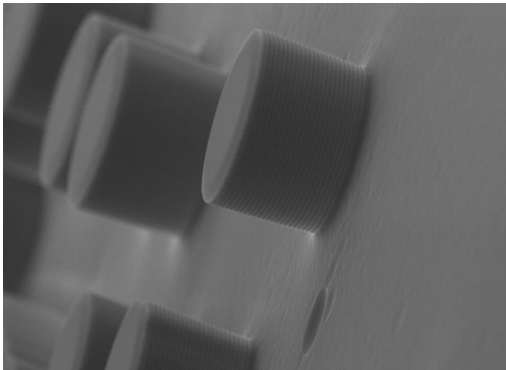


Figure 3. SEM image of the implantable microelectrodes after the dry etching.

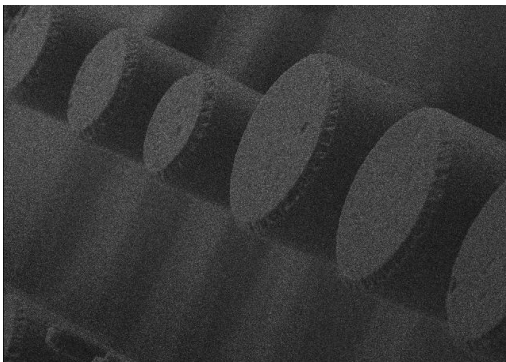


Figure 4. SEM image of the implantable microelectrodes after the Al deposition.

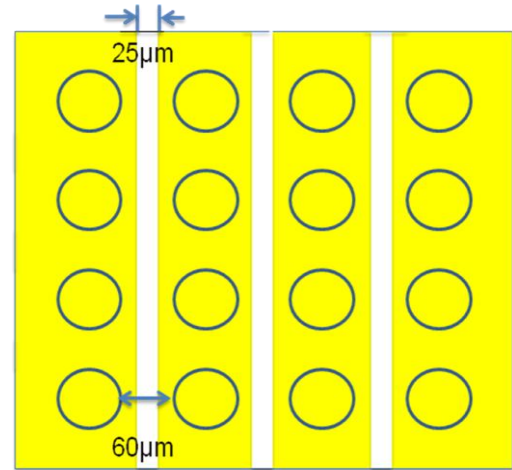


Figure 5. Sketchy Implantable microelectrodes after the wet etching.

3. まとめ

今回, 脳内埋込電極の作製に対し, シリコン基板を用いて, 作成したシリコン電極上に真空蒸着装置を用いて, 真空度 3.2×10^{-3} [Pa] で金属アルミ膜 $0.6 [\mu\text{m}]$ を蒸着した後, フォトリソグラフィ技術を用いて, パターンを描き, また, 電極間を絶縁するために, リン酸, 硝酸, 酢酸, 水を 16:1:1:2 で混合したエッチング液を用いて, 20 分間ウェットエッチングを行った. その結果, 電極間距離 $60 [\mu\text{m}]$ の間に, 太さ $25 [\mu\text{m}]$ の金属が削れて, シリコン基板を用いた電極の金属化をでき, また電極間の絶縁ができることを明らかにした.

今後は, マスクパターンを設計し, シリコン基板にマスクパターンを被り, 金属を蒸着をし, また, シリコン基板の裏面から配線を引っ張り出した後, 柔らかな基板を作成するため, ポリイミドを塗布する予定である.

4. 参考文献

- [1] N.Skamatsu, T.Suzuki, K.Mabuchi, B.JKim, S.Takeuchi: "Fabrication and Evaluation of A Silicon Probe Array on a Flexible Substrate for Neural recording", Proceedings of 25th Annual Conference the IEEE EMBS Cancun, Mexio September 17-21, 2003.
- [2] Wang, W.yang, H.Huang, and C.Fu: "A Novel Fabrication Method of Flexible Micro Electrode Array for Neural Recording", MEMS 2007, Kobe, Japan, 21-25 January 2007.
- [3] Hiroyuki Saito, Gotaro Saito, Yosifumi Sekine: "A Basic Study on a tip of Implantable Microelectrodes for Neural Recording of Nearby Neurons", 平成 19 年度電子情報通信学会東京支部学生会発表会.