

課題番号 : F-16-TU-0078
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : 胃液保持 MEMS 電池の高性能化
 Program Title(English) : Improvement of gastric fluid holding MEMS battery performance
 利用者名(日本語) : Sven Stauss, 田澤直樹, 筈居高明
 Username(English) : S. Stauss, N. Tazawa, T. Tomai
 所属名(日本語) : 東北大学多元物質科学研究所
 Affiliation(English) : Institute of Multidisciplinary Research for Advanced Materials, Tohoku University

1. 概要(Summary)

健康状態をさりげなくセンシングする飲み込み型センサは、接触型センサでは高精度で測定できない様々なバイタルサインを測定することが可能であるため、今後のヘルスケアデバイスの一隅を担うと期待されている[1]。しかし、従来の飲み込み型センサは一般的なボタン電池を使用しているため、危険、廃棄が困難、長期保存性が悪い、サイズが大きく閉塞の危険性が高いという問題がある。これに対して、生体安全性、環境保全性、長期保存性に優れた胃酸電池の開発が行われている[2, 3]。しかし、一般的な胃酸電池には胃以外では発電できないという課題がある。

この課題を解決するため、我々は腸以降での発電が可能で飲み込み型センサへの搭載に適した胃液蓄積型 MEMS 電池を開発している。胃解液蓄積型 MEMS 電池の概略図を Fig. 1 に示す。導入部から入った胃液が毛管力により流路を通して胃液貯蔵部に到達することで、発電が始まる。電解液である胃液は腸以降でも保持される構

造となっており、飲み込んでから排出されるまでの長期間の発電が可能となるため、飲み込み型センサの電源に適していると考えられる。また、この電池のサイズは 5 mm 角と小型であり、閉塞の危険性も低い。

この電池の原理実証及び高性能化を目的として、東北大学ナノテク融合技術支援センター 試作コインランドリの設備を利用して微細加工を行った。また、作製した電池を水の中に沈め、胃解液貯蔵部に水が浸入する様子を観察することで、電池の最適構造の評価を行った。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

酸化拡散炉、アネルバ RIE、DeepRIE 装置#2、レーザ/白色光共焦点顕微鏡

【実験方法】

4インチ Si ウエハを 2 cm 角に切り出し、フォトレジストのパターニングを行った。この際、胃液貯蔵部にピラーを有するパターンとピラーの無いパターンを作製した。DeepRIE 装置を用いて深さ 130 μm 程度のエッチングを行った後、フォトレジストを除去した。試作コインランドリの酸化拡散炉を用いて 1100 $^{\circ}\text{C}$ で熱酸化を行い、1000 nm 程度の SiO_2 を成膜した。両面アライナ露光装置群一式を用いて裏面アライメントを行い、試作コインランドリのアネルバ RIE と DeepRIE 装置を用いて貫通孔加工を行った。フォトレジストを除去した後、フッ酸を用いてフッ化炭素膜と SiO_2 膜を除去した。最後にガラスと Si の陽極接合を行い、電極なしの胃液蓄積型 MEMS 電池を作製した。

作製した胃液蓄積型 MEMS 電池をシャーレに固定し、水を注ぎ込むことで、胃液貯蔵部に水が浸入するかどうかの確認を行った。純水では視認性が悪かったため、1 mol/L のウランinで黄色に着色した水溶液を用いた。

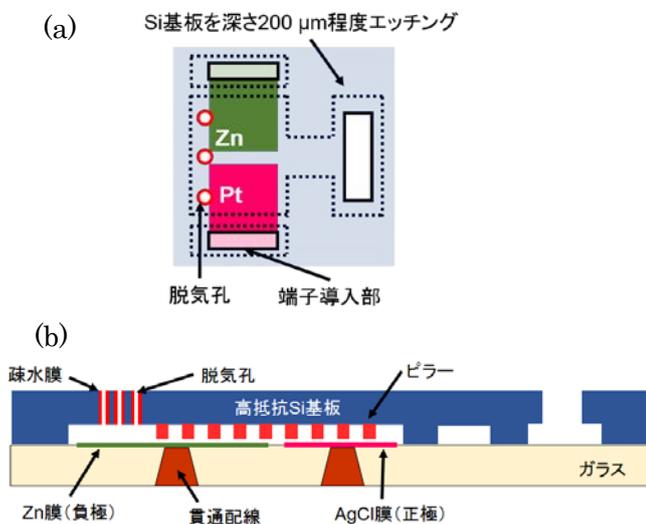


Fig. 1 Schematic illustrations of gastric fluid storage battery. (a) plan view (b) side view

3. 結果と考察(Results and Discussion)

胃液貯蔵部にピラーが無い電池(Fig. 2(a))と 50 μm のピラーがある電池(Fig. 2(b))を作製し、これにウラニン水溶液を注いだ結果を Fig. 3(a),(b)に示す。これらのサンプルの胃液導入部の幅はいずれも 400 μm である。Fig. 3 のサンプル中の色が濃くなっている部分がウラニン水溶液の入った部分である。ピラーが無い場合では、水溶液はほとんど胃液貯蔵部に入っていないことがわかった。胃液導入部には到達していることから、広い貯蔵部に達し毛管力が小さくなったことで水溶液の浸入が止まったと考えられる。また、ピラーがある場合、一部で気泡が残ったが大部分に水溶液が侵入した。このパターンは Fig. 2 (b)に示したように、貯蔵部は幅 50 μm のピラーによって毛管構造となっているため、毛管力が小さくならず貯蔵部まで水溶液が輸送されたと考えられる。以上から、確実に胃液を貯蔵部に輸送するためには貯蔵部も毛管構造にする必要があることがわかった。また、疎水性であるはずの脱気孔から水溶液が浸入する様子が確認されたことから脱気孔の大きさなどの検討が必要であることがわかった。一方、今回の実験では流路の幅の最適値はわからなかった。

また、今回は水の浸入を確認するために、電極なしの胃液蓄積型 MEMS 電池を作製したが、この電池を模して行ったマクロな系での電気化学実験の結果から、適切

な電極を用いることで、十分な起電力、出力、容量が得られることがわかっており、微細加工を用いて電極を成膜することで、実用に耐え得る胃液蓄積型 MEMS 電池を作製できると考えられる。

今後は、貯蔵部、脱気孔のデザインを工夫することで、電極面積を大きくしつつ、気泡が残留せずに確実に貯蔵部が水溶液で満たされるような胃液蓄積型 MEMS 電池を作製する予定である。

4. その他・特記事項(Others)

・参考文献

- C. J. Bettinger, Trends Biotechnol. **33** (2015) 575.
- H. Jimbo and N. Miki, Sens. and Actuators, B **134**, (2008) 219.
- H. Hafezi *et al.*, IEEE Trans. Biomed. Eng. **62**, (2015) 99.
- ・COI-STREAM 「さりげないセンシングと日常人間ドックで実現する理想自己と家族の絆が導くモチベーション向上社会創生拠点」
- ・共同研究者: 東北大学 吉田慎哉 特任准教授、東北大学 本間格 教授、東北大学 中村力 特任教授
- ・東北大学マイクロシステム融合研究開発センター試作コインランドリの戸津准教授、鈴木裕輝夫助教、森山雅昭助手、菊田研究員、庄子研究員に感謝します。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし

6. 関連特許(Patent)

特許出願済み

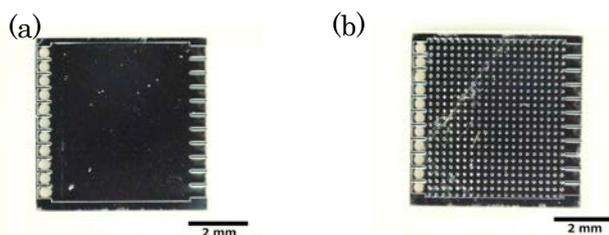


Fig. 2. Photomicrograph of gastric fluid storage battery without electrodes. (a)Without pillar, (b)With pillar

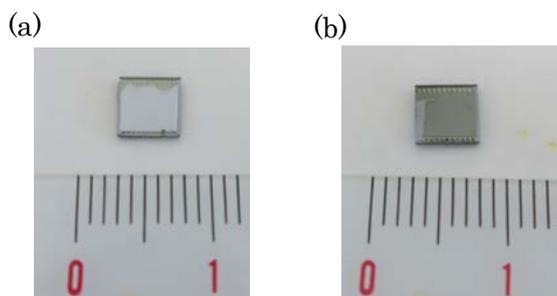


Fig. 3 Photograph of gastric fluid storage battery without electrodes after injection of aqueous uranine solution. (a)Without pillar, (b)With pillar