

マイクロプラズマによる局所アブレーション —マイクロ電極を利用したプラズマブレードによる細胞加工—

○正 山西 陽子¹ 正 佐久間 臣耶¹ 正 萩原 将也¹ 正 川原 知洋¹ 正 新井 史人^{1,2}
1名古屋大学大学院工学研究科, 2Seoul National University



電気メスによる細胞手術のための局所アブレーション技術とは

1. Background

従来の外科手術用電気メス



<http://or-nurse.seesaa.net/article/21976211.html>

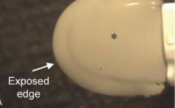
堅固であるが荒削りな技術
レーザーと比較すると変化
発展がほとんどない

最近のマイクロ電気メス技術の躍進

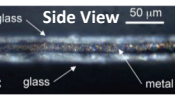
セラミックコーティングによる平坦なプラズマブレード技術

Edge of Electric Knife

Top View



Side View



Blade under plasma

Top View

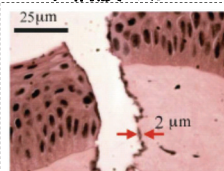


Side View



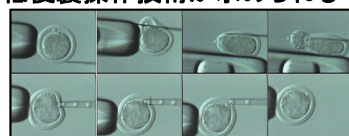
*D. Palanker, A. Vankov and P. Huie, IEEE Trans. Biomedical Engineering, Vol55 (2), p.838-p.841, 2008

ブタ網膜の加工



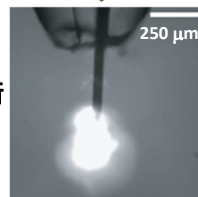
焼結範囲を
2 μm程度に収める

核移植操作等の複雑な細胞操作 低侵襲操作技術が求められる



Takahashi, et al. NLSG (2000)

細胞手術等
につながる
局所加工技術
への展開

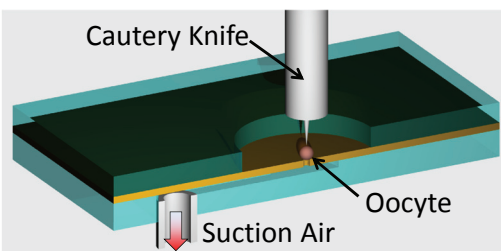


*D. Palanker, A. Vankov and P. Huie, New Journal of physics, Vol10 (2), p.1-p.15, 2008

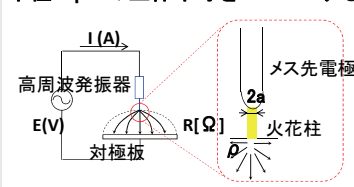
2. Concept

Requirements of Local Plasma Ablation

- 細胞加工のアプリケーションをターゲットとし、高精度で、低侵襲な加工を実現するために、従来型電気メスサイズをスケールダウンする必要がある
- 加工対象を大量に安価に処理するためにマイクロチップ組み込み型にして、他の操作と連続して行うことが必要である点



半径1 μmの生体半球をAblationするために必要な熱量



*メス先と生体間の火花柱直径2aとする

抵抗値Rは $R = \rho / 4a$

ρ : 生体の固有抵抗率

: 50-500 Ωcm 程度

電気メス半径 $a = 1 \mu\text{m}$ とする

生体半球:

体積: 約 $2.09 \times 10^{-12} \text{ cm}^3$

細胞の比熱容量: SHC = $3.6 \text{ J/g} \cdot \text{K}$

ジュールの法則により

t秒間に発する熱量は

$H = I^2 R t = 1 \times 10^{-6} \times t [\text{J}]$

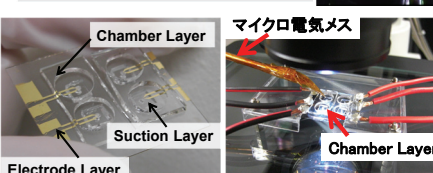
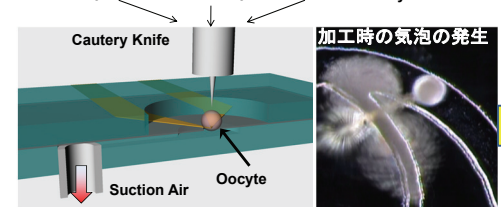
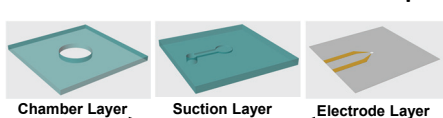
100°Cに沸騰するための熱量

約 $1.67 \times 10^{-10} \text{ J}$

⇒ 低出力加工可能

3. Methods

Assemble of Plasma Ablation Chip



<<Tg 電極コーティングプロセス図>>

① Spin coat LOR and Assembling Electrode

Electric Knife

Si LOR

② Patterning SU-8

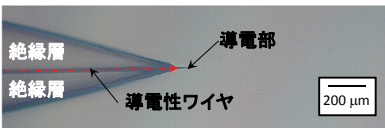
SU-8

③ Removal of LOR

絶縁層

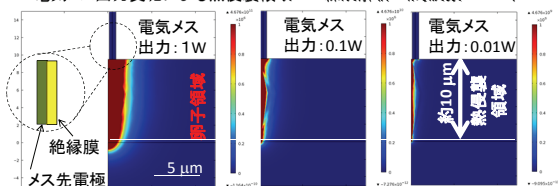
導電部

気泡を防ぎ加工精度を向上させる



4. Experiments

電気メス出力変化による熱侵襲領域FEM線成解析 (周波数4 MHz)

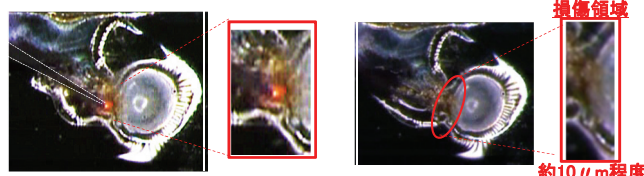


Advantages of Insulated Plasma Blade

導電領域を限定、低出力プラズマ発生可能⇒低侵襲細胞加工

- 低出力で加工可能
- 低出力で加工解像度が高い

出力1/100で加工解像度が約8倍となる。



5. Conclusions and future work

- 本実験ではマイクロ電極を用いたマイクロ電気メスを用いて細胞加工を行う新しいチップの提案及び電流印加時のマイクロ電極からの気泡を低減させるために局所的に導電性を持たせるための微細加工を行った。
- 加工時にメス先端に赤いプラズマの光を確認するとともに、10 μm程度に渡る熱侵襲領域を確認できた。
- 今後は電気メスに印加する電流と周波数設定値を最適化することで、より高い加工精度の確認やマイクロ凝固機能について評価する

6. References

- Y. Yamanishi, et al., "Design and Fabrication of All-in-One Unified Microfluidic Chip for Automation of Embryonic Cell Manipulation", J. Robotics and Mechatronics, Vol.22, No.3, p.371-379, (2010).
- M. Hagiwara, T. Kawahara, Y. Yamanishi, and F. Arai, "On-chip magnetically actuated robot with ultrasonic vibration for single cell Manipulations", Lab on a chip (2011).

Contact person: 山西 陽子 (Yoko Yamanishi)

E-mail: yoko@mech.nagoya-u.ac.jp, URL: <http://www.biorobotics.mech.nagoya-u.ac.jp/>

TEL: 052-789-5656, FAX: 052-789-5213

Acknowledgement

本研究はJST さきがけ研究の助成を受けて行われたものです。

