

マイクロデジタルファブリケーション技術の バイオテクノロジー・グリーンテクノロジーへの応用

1. はじめに

家庭用のインクジェットプリンタによってさまざまな文章や絵が印刷可能であり、ふだん何気なく利用している。通常のインクの代わりに銀ナノインクを用いることによって、電子回路が描画可能である。さらに、絶縁インクも用いて重ね塗りすることによって、三次元状の回路が作製可能である。このようなインクジェットを利用した加工方法をデジタルファブリケーションと呼ぶ。原理的には、イメージする三次元データに基づき、任意の形状に加工することが可能であり、非常に便利である。しかし、実際には高粘性な液体の吐出は難しいため、吐出可能な薬液に制限があるという問題があった。著者らのデジタルファブリケーション技術は、静電吸引力によってノズルの先端から微小な液体を吐出する方式であり、市販されているインクジェット方式よりも高精度な描画、高粘性な液体の吐出が可能というメリットを有する。バイオテクノロジー分野やグリーンテクノロジー分野で用いられる液体は比較的高粘性であることが多いので、これらの最先端の分野のデバイス作製への応用を検討している。本トピックスでは、われわれがデジタルファブリケーション技術を利用して作製したサンプルを紹介する。

2. 人工生体組織の作製

インクジェットで吐出される液滴径は数十 μm であり、実際の細胞のサイズと同程度である。このことに注目し、三次元状の細胞組織を人工的にデジタルに作製できないかと考えたのが、富山大学の中村教授である⁽¹⁾。細胞の足場となるスキャホールドとしてコラーゲンを用いるのが一般的であるが、市販のインクジェット方式の場合コラーゲンの吐出ができないため、アルギン酸ゲルを利用した。著者らは、アルギン酸ゲルのほかにコラーゲン・ゼラチンなどのバイオマテリアルを吐出可能であり、図1に示すように、血管を模擬した空洞を有する複雑形状の三次元状構造物を作製可能なことを実証している。また、著者らの方式の場合、数 kV の電圧を印加して液体を吐出し

ているが、細胞を死滅させずに吐出可能なことを実証している(図2)。細胞壁は比較的高抵抗なため、電圧印加時に電流は細胞の内側を流れず、細胞の周りを流れるため細胞は死滅しない。

3. 色素増感型太陽電池の作製

有機系太陽電池の一つである色素増感型太陽電池は、プリントドエレクトロニクスデバイスの電池として応用できることから、非常に注目されている。FTO (Fluorine doped Tin Oxide) または ITO (Indium Tin Oxide) などの導電性を有する透明電極の上に、ドクターブレード法やスクリーンプリント法によってチタニア膜を形成する。これを焼結した後で色素を含む溶液に浸すことによって、表面に色素が吸着したチタニア層が形成される。これと対向電極との間を電解液で満たすことによって、色素増感型太陽電池は構成される。色素およびチタニアから構成される層の膜厚が太陽電池の変換効率に直結するが、従来の方法では時間とコストの観点から、簡便に膜厚のコントロールができなかった。そこで、著者らは、インクジェット技術の場合プリント時間を調整することによって膜厚が変更可能なことに着目し、膜厚の最適化を行った。著者らが実際に作製したサンプルは図3に示すものであり、ソーラーシミュレータによって測定した結果、 J_{sc} が $15.3\text{mA}/\text{cm}^2$ 、 V_{oc} が 0.761V 、 ff が 0.64 、効率が 7.5% という結果を得ている⁽²⁾。

4. おわりに

上記で、インクジェット技術をバイオ分野、太陽電池分野に応用展開する研究に関する紹介を行った。このほかにも、インクジェット技術を用いて、太陽電池だけでなく、アンテナ、センサ、アクチュエータなども一緒に印刷して作製するプリントドエレクトロニクスに関する研究が盛んである。これは、最近話題になっているフレキシブルディスプレイなどに直結する技術であり、次世代の研究分野として非常に注目されている。

(原稿受付 2012年9月18日)

[梅津信二郎 東海大学]

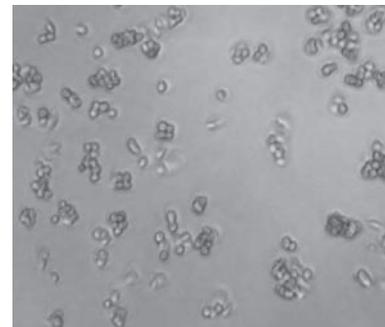


図1 パターニング後一日経過した細胞



図2 バイオマテリアルの三次元形状パターニング

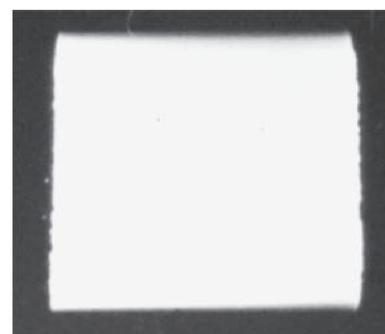


図3 FTO 電極上にチタニアをパターニングしたサンプル

●文献

- (1) Henmi, C., Nakamura, M., Nishiyama, Y., Yamaguchi, K., Mochizuki, S., Takiura, K., and Nakagawa, H., Development of an Effective Three Dimensional Fabrication Technique Using Inkjet Technology for Tissue Model Samples, AATEX, 14 (2007), 689-692.
- (2) Ishii, T., Umezumi, S. and Kunugi, Y., Fabrication of TiO_2 layer Utilizing PELID (Patterning with Electrostatically-Injected Droplet) Method, Proc. of ICFPE2012, (2012), S5-P6.