

## マイクロニードルの開発

— フォトファブリケーション技術による微細構造体の作製（第2報） —

材料科 材料スタッフ 増井裕久\* 宮原鐘一\*\* 田光伸也\*\*\*

## Development of the micro needle

Production of the micro structure by photofabrication technology (2nd report)

Hirohisa Masui, Shouichi Miyahara, Shinnya Takou

## 1. はじめに

本研究では、フォトファブリケーション技術と精密電鍍技術を用いて、機械加工で作製することが困難な微細な構造体（微細金型や超精密部品など）を比較的容易に安価で供給する方法の開発を目的としている。その一つとして、近年、微小化学分析システム（ $\mu$ -TAS）やドラッグデリバリー（DDS）など微小流体を扱うシステムに注目が集まっていることから、それらへの応用が可能なマイクロニードルの開発に取り組んできた。昨年は、マトリックス状に配置した $100\mu\text{m}$ 径、高さ $300\mu\text{m}$ のマイクロニードルを作製し報告した<sup>1)</sup>。ここでは、フォトファブリケーション技術による注射針形状の作成を目指した凹形状の作製の検討を行ったので報告する。

## 2. 実験方法

ガラス基板上にPDMS（ポリジメチルシロキサン）の堰を作り、そこにネガ型の厚膜レジストを滴下した。熱処理（ $95^\circ\text{C}$ 、24時間程度）を行いレジストを硬化させた後、レジストを塗布していない方向からUV露光を行った。（基板透過露光法）露光後は、 $40^\circ\text{C}$ で20時間保持した後、 $95^\circ\text{C}$ で6分間の熱処理（PEB）を行った。PEBの後、PGMEA（プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート）を用いて現像を行い、エタノールを用いて洗浄後、乾燥した。その後SEMによる観察を行った。使用した材料は、ガラス基板がカバーガラス（厚み $0.12\sim 0.17\text{mm}$ 、マツナミ製）、厚膜レジストがSU-8 10（化薬マイクロケム製）、PDMSがシルボット181

（東レダウコーニング製）を使用した。露光機は、PEM-1000（ユニオン光学製）を用い、フィルターを用いてI線による露光を行った。

使用したマスクは、1/5縮小露光フォトマスク作製機MM605（ナノテック製）を用い、フィルムに設計図面を印刷し、それをガラス乾板に投影露光し作製した。ガラス乾板は、ハイレゾリューションフォトプレートHRP-SN-2（コニカミノルタ製）を使用した。

## 3. 結果と考察

SU-8の凹形状の作製は、現像が困難なためあまり行われていない。これは、現像時に溶解したレジストを含む現像液の現像能力が著しく低下するためである。通常の浸漬法その他、超音波やスプレー式の現像方法などが試みられているが、常にフレッシュな現像液を供給することは難しい。そこでレジストを現像液の上端面に配置、静置した状態での現像を試みた。現像液よりもレジストの比重の方が高いため、溶解したレジストは沈み、常にフレッシュな現像液が供給されることになる。浸漬法よりも短時間に現像が処理できるほか、凹形状のような複雑な構造体の現像にも有効であった。ただし、容器の攪拌などに注意が必要なこと、現像液の交換のタイミングが分かり辛いことなどの欠点もある。

この現像方法を用いて作製した凹形状構造体を図1に示す。凹部の径は $100\mu\text{m}$ 、高さが $360\mu\text{m}$ で、底面にガラス面が出ていることが確認できた。凹径が $100\mu\text{m}$ 以下の場合、高さを高くした場合でも凹

\*) 現 経済産業部新産業集積課

\*\*) 現 金属材料科

\*\*\*) 現 浜松工業技術支援センター

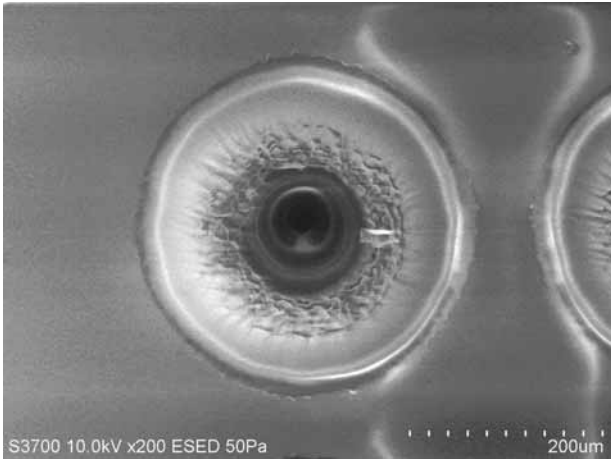


図1 SU-8による凹構造体のSEM写真

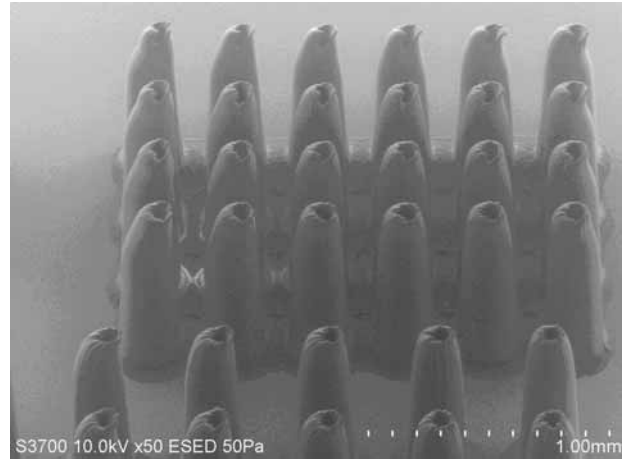


図2 注射針構造のSEM写真

形状の作製は可能であるが、場合により底面に非常に薄いレジストの残留が確認されることがある。マスク、ガラス基板または現像後の乾燥などの影響によると考えられる。

凹部分の径を75  $\mu\text{m}$ 、全体径225  $\mu\text{m}$ で設計、作製した注射針構造体のSEM写真を図2に示す。基板透過露光では、UVの干渉・吸収の関係から自然にテーパが付いた構造体が作製される。その性質を利用し、十分な露光時間を設定することにより、図2のような高さ800  $\mu\text{m}$ の注射針構造体が作製できた。この方法では、先端は細く、上端部の高さが一定の構造体が作製できた。

図3に注射針の様に先端に傾斜がついた構造体のSEM写真を示す。針の径はこれまでと同様に全体225  $\mu\text{m}$   $\phi$ 、凹部75  $\mu\text{m}$   $\phi$ 、高さは430  $\mu\text{m}$ である。先端の傾斜は、UVの透過量に変化をつけたマスク(グレイスケールマスク)を使用した。グレイスケールマスクのUV透過量は、完全に透過する部分を100%とすると90~100%で設定した。図3の作製は、90~100%が適していたが、この割合は、露光量や最大透過量の値によって大きく変化する。露光量が多くなるに従い、透過量は微量の差でのコントロールが必要になる。また最大透過量の割合が小さくなるに従って、透過量は微量のコントロールが必要になる傾向が確認された。

図3から先端部が波打った形状になっていること、構造体表面が不均一な状態であることが確認できる。これはマスクに原因がある。マスク作製は、設計段

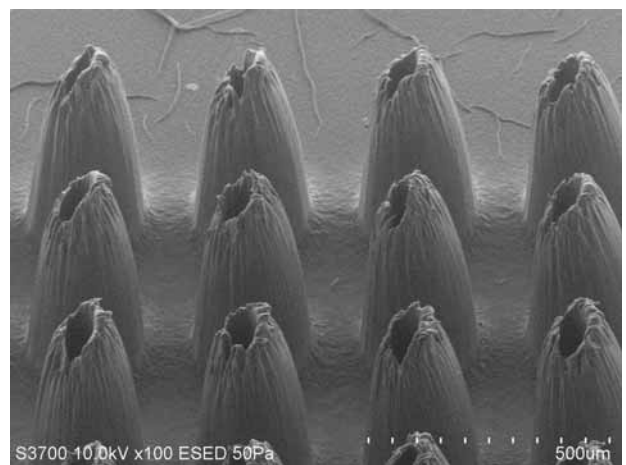


図3 先端に傾斜をつけた注射針構造体

階で単色でのグラデーションを設定し、それをプリンターで印刷したものを縮小投影して作製する。プリンターのドットが大きいと、グレイの設定では印刷ドットのばらつきが生じ、それが1/5縮小では解消されずに残ってしまい、まだらなグラデーションになったことが理由である。この解消方法には、ピントをずらしてのグレイスケールマスク作製が有効であると考えられる。

#### 4. まとめ

SU-8の凹形状の作製には、現像液上部にレジストを配置した現像方法が有効であった。その方法を利用し、注射針形状の構造体を作製した。

#### 参考文献

- 1) 増井裕久他：静岡県工業技術研究所研究報告, 2, 32-35(2009)