

# 移動マスク露光法によるマイクロニードルの作製

近畿大学 生物理工学部 医用工学科  
教授 加藤暢宏

## 1. はじめに

マイクロニードルは皮膚の角質層の強力なバリアを突破し、通常では皮膚を透過できない分子量の大きな薬剤を送達するための経皮薬剤送達技術である。黎明期はマイクロニードルにより角質層に微細な孔を多数穿孔し、その後、薬剤を皮膚に塗布して浸透させることを狙っていた<sup>1,2)</sup>。やがて、通常の注射針と同様に、ニードルを中空構造にして薬液を皮膚内に注入することを想定したニードルが開発されるようになる<sup>3,4)</sup>。当初、ニードルは微細加工技術により成型されたシリコンや金属が用いられたが、微細化によりニードルの強度が不足するため、皮膚に穿刺した際に折損し、皮膚に半導体や金属が残留する危険性が指摘され、生分解性材料が使用されるようになってきた<sup>5-7)</sup>。現在では、マイクロニードルの表面やマイクロニードルそのものに薬剤を担持させ、水分により薬剤を溶解し経皮薬剤送達を実現するコーテッドニードルや自己溶解型ニードルが主流となっている<sup>8-11)</sup>。最近では COVID-19 感染症のワクチンをマイクロニードルにより投与することを目指した研究も行われている<sup>12)</sup>。

マイクロニードルに関する研究では、どのようにして所望の形状のニードルを形成するのが大きなテーマであり、1990 年代の終わり頃から、様々な製法が提案されている。微細と言ってもマイクロニードルは針の長さが数 100  $\mu\text{m}$  ~ 1 mm 程度であるため、高精度な機械加工によっても針の形成は可能である。しかしながら、切削加工でマイクロニードルを成形するにはニードルを 1 本ずつ削り出すしかなく、多数のニードルで構成されるマイクロニードルパッチの加工は高コストにならざるを得ない。マイクロニードルの穿刺性能や薬剤の担持量は形状により決定されるため試行錯誤が欠かせない。したがって、研究の初期段階では高コストの試作を多数繰り返すこととなる機械加工によるマイクロニードルの型作製は現実的とは言えない。マイクロニードルの原型作製法の主流は厚膜フォトリソグラフィ技術を用いたリソグラフィ技術である<sup>3,5-7)</sup>。

厚膜フォトリソグラフィのデファクトスタンダードである SU-8 シリーズ (KAYAKU ADVANCE MATERIALS) はネガ型の化学増幅型レジストで、通常の UV 露光により数 100 $\mu\text{m}$  の厚さを持った構造を形成することができることから、MEMS や微小流路デバイスの分野で多用される。SU-8 を用いたマイクロニードルの形成法としては、レジストを上面から方向を変えて複数回斜め露光することで、四角錐の凹型を形成し、二回の転写を経てマイクロニードルを得る方法<sup>7)</sup>、SU-8 のピラーに加工を施してマイクロニードルを形成する方法<sup>8)</sup>、ガラス基板に等方性エッチングでマイクロレンズを形成し、その上に塗布した SU-8 をマイクロレ

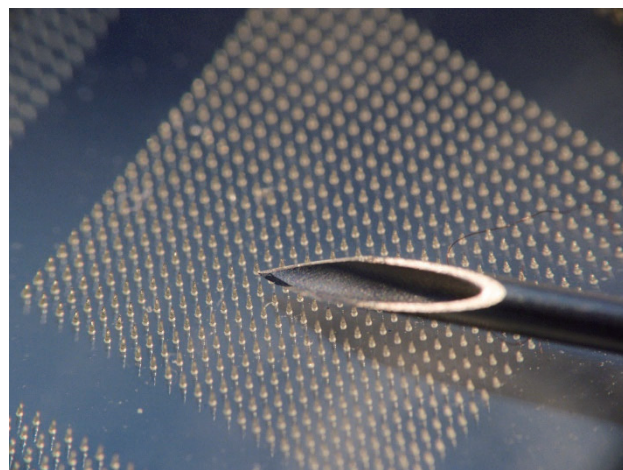


図1 フォトリソグラフィ製マイクロニードルの例