

厚型ハーフィンチウェハを用いたマイクロニードルアレイの試作

Microneedle array fabrication using thick half-inch wafer

産総研¹, ミニマルファブ推進機構²

○クンブアン ソマワン^{1,2}, 根本 一正^{1,2}, 田中 宏幸^{1,2}, 原 史朗^{1,2}

AIST¹ and MINIMAL²

°S. Khumpuang^{1,2}, K. Nemoto^{1,2}, H. Tanaka^{1,2}, S. Hara^{1,2}

E-mail: sommawan.khumpuang@aist.go.jp

[はじめに] 医療応用向けに期待されるマイクロニードルアレイは、貫通穴加工を含めた 3 次元構造の製造プロセス技術を用いて試作されている。この中で特に重要なプロセス技術は、基板の表面と裏面の両方にフォトリソグラフィでパターニングする技術、および貫通穴を形成するための深堀エッチング技術である。我々は、ミニマルファブの開発において、両面アライメント精度とエッチング側壁面の加工粗さ低減の課題をほぼ解決したところである。そこで、ミニマルファブシステムの高速製造性能を活かして、ミニマルマスクアライナーとミニマルプラズマエッチャーを使用してマイクロニードルアレイの製造を行った [1]。標準仕様のハーフィンチ基板は厚み 250 μm と規格化されていることから、加工可能なマイクロニードルの最大長は高々 150 μm までが限界であった。この長さのニードルは、皮膚表面の直下に薬剤を送るために使用できるが、さらに深いところにある血管からの採血に使うにはより長いマイクロニードルが必要である [2]。本研究では、610 μm の厚型ハーフィンチウェハを用いて、400 μm 長さのニードルを試作した。標準仕様とは異なる厚型ウェハをミニマルファブ製造ライン [3] に適用するために、各ミニマル装置の改良とプロセス開発も併せて行っており、これについても、ニードルの試作実験と共に報告する。

[実験] 610 μm 厚型のハーフィンチ Si 基板を洗浄、エッチングマスクとして利用する Al 膜をスパッタで製膜する。マイクロニードルのパターニングには、表裏各 1 回のフォトリソグラフィが必要である。両面の Al パターニングを行い、Si エッチングマスクとして利用する。厚型ウェハではエッチング時間が長いので、エッチングマスクがプロセス完了時まで残るような構造設計が必要であり、図 1(a)のようにウェハエッジまで網線状に各ニードルのマスクを繋げた。ミニマル装置にウェハ搬送するため、プロセス中にウェハエッジを残す必要がある。そこで、最後にエッジ除去プロセスを検討し、ニードルの穴貫通エッチングと共にエッジリリースの網構造を作製する。図 1(b)の裏面のマスクパターンに網パターンを設計し、エッチングした後裏面のこの網構造部で分割することでエッジからマイクロニードルアレイパッチが独立する。図 1(c)はエッチング後の穴と網構造の一部の顕微鏡写真である。

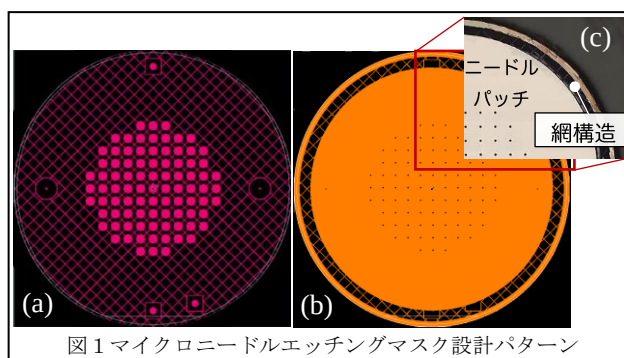


図 1 マイクロニードルエッチングマスク設計パターン

[結果] 図 2 に製造した $\Phi 200\mu\text{m}$ 及び 400 μm 長さのシャープなマイクロニードルアレイを示す。ニードル構造をエッチングした後、 $\Phi 80\mu\text{m}$ の穴貫通加工を行った。全 26 工程をミニマルファブ装置群のみを用いて行い 10 時間で穴貫通ニードル (図 3) の試作ができた。使用した石英マスクもミニマルファブ装置群を用いて作製した。ミニマル深堀エッチャーを用いて、まず SF_6 を使って等方性エッチングで針先端を形成した。続いて、ボッシュプロセスによって垂直エッチングを行って針の胴体部を形成した。その後、ウェハを貫通する穴を加工した。以上のプロセスを進めるに当たって、ミニマルファブで厚型ハーフィンチウェハを処理できるようにするため、フォトリソ装置群、スパッタ装置、洗浄装置群、エッチャー等の各装置の改良と個別プロセス開発を行ったので、講演当日はそれについても言及する予定である。



図 2 エッチングされたマイクロニードルアレイの SEM 写真

<参考文献>

- [1] クンブアンソマワン他、64 回応用物理学会春季学術講演会予稿集 16a-E206-8 (2017).
- [2] Y-C Kim, *et. al*, Adv. Drug Delivery. Rev., 64(14), 1547-1568(2012)
- [3] S. Khumpuang, *et. al*, IEEE Trans. Semi. Manufacturing, 28(3), 551-556 (2015).