

ミニマル装置を用いた Si 基板貫通エッチング技術

Techniques to improve the grooved pattern through silicon via etching process with minimal ICP deep trench etcher

○田中 宏幸^{1,2}, 小木曾 久人^{1,2}, 中野 禅^{1,2}, 野沢 善幸^{2,3}, 速水 利泰^{2,3}, クンブアン ソマワン^{1,2}, 原 史朗^{1,2}
(¹産総研, ²ミニマルファブ推進機構³SPP テクノロジーズ)

○H. Tanaka^{1,2}, H. Ogiso^{1,2}, S. Nakano^{1,2}, Y. Nozawa^{2,3}, T. Hayami^{2,3}, S. Khumpuang^{1,2}, and S. Hara^{1,2}
(¹AIST, ²MINIMAL, and ³SPT) E-mail: tanaka.hiroyuki@aist.go.jp

【 背景・目的 】

ミニマルファブ^[1]は多品種少量生産システムであり、品種数が非常に多い MEMS デバイスの研究開発と生産に大変適したシステムである。このため、ミニマルファブで MEMS の基幹技術である深掘りエッチング技術を利用可能にすることは、ミニマルファブの MEMS 応用における最重要課題の一つである。

我々は MEMS の基幹技術であるボッシュプロセス^[2]を用いた Si 基板深掘りエッチング手法をミニマルファブに応用すべく、ガス交互供給型のエッチング装置の開発と、その深掘りエッチングプロセス技術の開発を行ってきた。そのエッチング手法ではパッシベーション膜の成膜とエッチングを交互に行い、ステップを踏んで丁寧にプロセスを進めていく。

ミニマルファブにおいて、我々は既に 2sec サイクル高速ガス置換 ICP(Inductively Coupled Plasma) ボッシュ深掘りエッチング装置を開発し、250 μ m 厚さの Si 基板でスキヤロップフリー貫通エッチングに成功している。ただし、このときのアスペクト比(加工パターン寸法に対するエッチング深さ寸法比)は 1 程度であった。これに対し、高アスペクト比(深さ/幅比率 $\sim$ 10)加工を行うと、エッチングが進行するにつれて先端が先細り状態になることがあった(図 1)。この様な場合、サイドエッチングが入らない限り深さ方向のエッチングが進行し難くなる問題があった。したがって、高アスペクト比貫通エッチングを行う場合は、エッチング過程でテーパ角を垂直の 90° 付近で維持し続けることが重要である。そこで、どのような物理量が高アスペクト比エッチングプロセスに作用するかを検討したので報告する。

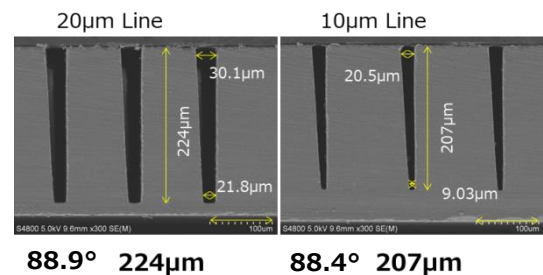
【 開発装置・実験と結果 】

我々が最近開発した装置は、シースを発生させて異方性エッチングを行うため、ウェハ基板側からパルスバイアス(2MHz, V_{PP} 0~400V, Duty 比 0~100%)を任意に印加することができるようになった。

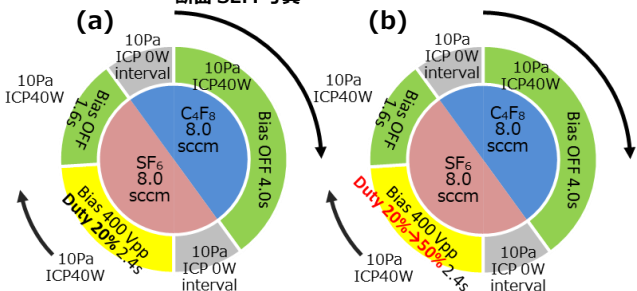
Si 基板上に 300nm の Al-Si(1w%)膜をマスク材としてパターンニング後、(図 2(a))に示すボッシュサイクルのタイムチャートを基準として 2.5h の Si 貫通エッチングを行った SEM 写真を(図 1)に示す。その結果、エッチング形状は、先細り傾向となった。先細りになるということは、縦方向エッチング力が弱まったということである。ということは、弱まってくる深いところへエッチングが進行した時点で、縦方向エッチングに効果的なエッチング条件を強化してやれば、先細りが改善出来る可能性がある。縦方向エッチングを強化する一つの手法は、シースバイアスによる物理エッチングを強化することである。そこで、今回の実験ではエッチング途中でこの物理エッチングを強化してみた。図 3 は、2.5 時間のエッチングの最後 30 分でバイアス Duty 比を 20% $\rightarrow$ 50%へ変更したときの SEM 写真である。図 1 と比較してエッチングボトム径が大きくなり、先細りが改善していることが判る。当日は、観察結果について議論する。

<参考文献>

- [1] 原 史朗, クンブアン ソマワン, 「ミニマルファブの開発とそのデバイスプロセス」, 応用物理, 83(5), 380 (2014).
- [2] F. Laermer, A. Schilp, K. Funk, M. Offenberger: "Bosch deep silicon etching: Improving uniformity and etch rate for advanced MEMS applications", Proc. 12th International Conf. on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS'99), pp. 211-216 (1999).

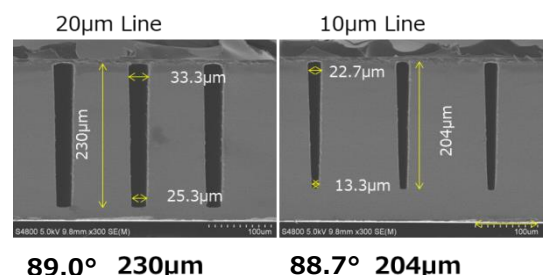


【図 1】 【図 2(a)]のエッチング条件で 2.5h 行ったときのエッチング形状断面 SEM 写真



【図 2】 2MHz Vpp400V Bias 条件比較実験

(a) Duty 比 20%(左), (b) 最後 30 分のみ Duty 比 50%(右)
<Etching Recipe> Time=2.5hr /1cycle=10s/10Pa/ICP40W/
SF₆:C₄F₈=8sccm/Back He 0.5kPa/Depo:Etch=4.0s:4.0s, Interval: 1s $\times$ 2



【図 3】 【図 2(b)]のエッチング条件で 2.5h 行ったときのエッチング形状断面 SEM 写真