

低コストで環境負荷の低い微細加工工程に関する研究とその応用に向けた検討

製品・機能評価課 升方康智、奈須野雅明、室 慧悟

1. 緒言

近年、半導体デバイス等の微細化が進み、また人工的に形成した微細構造による回折、増強作用を用いた光学素子の開発も進んでいることから、微細加工工程においてより微細なパターンの形成が求められるようになったが、半導体デバイスや光学素子などの製造における微細加工工程では、一般的に工程が複雑で高価な設備を用いることや、工程において大量のエネルギーや CF_4 , SF_6 等の温室効果ガスを必要とすることによる環境への負荷が課題となっている。今回、これらの課題の解決に向け、低コストで工程が単純なウエットエッチングでありながら Si の異方性エッチングが可能であることや、温室効果ガスを用いないなどの利点を持つ リアシストエッチング法 (MacEtch 法) による微細加工法について検討を行う。

2. 実験方法

2.1 メタルアシストエッチング法

メタルアシストエッチング法 (MacEtch 法) について説明する (Fig.1) ① Si 基板上に貴金属 (Ag, Au 等) 触媒をパターンニングした Si 基板をフッ酸と酸化剤 (H_2O_2) を含む溶液に浸すことで、金属の表面で H_2O_2 が還元されホールを生成 ② このホールにより、触媒近傍の Si が酸化され、 SiO_2 を形成 ③ HF により溶解することでエッチングされ、溶解後、金属は再度 Si に接触する。この反応を繰り返すことで触媒直下の Si が選択的にエッチングされる。これにより、Si の異方性エッチングを行う手法である。

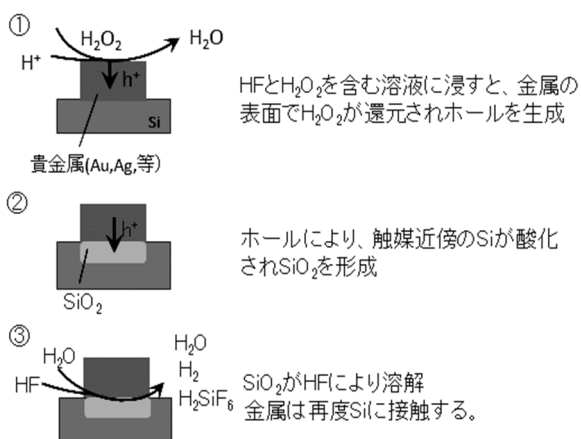


Fig. 1 Illustration of MacEtch Mechanism

2.2 ナノインプリント法とナノ粒子を用いたプロセス

MacEtch 法では、エッチングにおいて高価な設備が不要であり、温室効果ガスを用いないといったメリットがあるが、金属触媒のパターニングにはフォトリソグラフィ工程が主に用いられることから、微細パターンの形成には非常に高価な設備を必要とする点や、アルカリ溶液などを必要とするといった課題があった。また、被加工部でのエッチング液の液交換が行われる必要があり、液交換が行われやすい金属触媒の端部のみでエッチングが促進され、被加工部がいびつな形になるという問題があった。そこで我々は、ナノインプリント法と金属ナノ粒子を用いて金属触媒のパターニングを行い、MacEtch 法により Si の微細加工を行うプロセスを提案した。そのプロセスを Fig.2 に示す。① Si 基板にレジストを塗布し、② ナノインプリント法でパターンを形成し、③ 金属ナノ粒子分散液を塗布することで金属触媒パターンを形成し、④ MacEtch 法により Si の微細加工を行う手法である。ナノ粒子により金属触媒を形成することで、粒子間からエッチング液が被加工部まで到達、液交換が行われることで、金属触媒の端部以外でもエッチングが進むと考えられる。



Fig. 2 Illustration of MacEtch Mechanism

2.3 プロセス手順

ナノインプリントに用いるレジストは、残膜を最小限にするため、レジスト (ZPP1700PG: 日本ゼオン) を PGMEA で 1:5 の割合で希釈して粘度を下げたものを用いた。これを Si 基板上に滴下し、Ni モールドから転写した PDMS モールド (1 μm ライン&スペース、ドッ

ト、ホール)を押し付け、室温で乾燥させた後、モールドを離型し、Si 基板上にレジストパターンを形成した。Si 基板上に存在するレジストの残膜を除去するため、O₂ アッシング(50W, 90s)を行った。ナノ粒子分散液(紀州技研工業 AGK102 平均粒径 10-20nm)を滴下し、ホットプレート(90°C, 90s)で乾燥した後、過酸化水素を含むフッ酸溶液(HF 3.56mol/L, H₂O₂ 6.3×10⁻³mol/L)に 3min 浸漬して MacEtch 処理を施した。

3. 実験結果および考察

ナノインプリント法とナノ粒子を用いた MacEtch 処理による加工結果を、Fig. 3 に示す。表面に 1μm ライン&スペース、ホール、ドットパターンが形成されていることが分かる。金属ナノ粒子触媒を塗布せずに過酸化水素を含むフッ酸溶液に浸漬した場合、パターンは形成されず、触媒の効果により Si の酸化、溶解が促進され、MacEtch 法によるエッチングが行われたと考えられる。

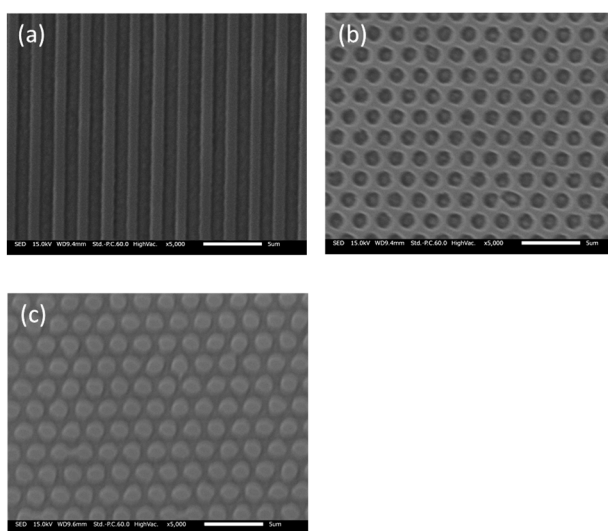


Fig. 3 Si wufer etched by macetch process (a)Line and space (b)hole (c) dot

電子顕微鏡により観察した被加工部の断面像を Fig. 4 に示す。エッチング深さは約 135nm にとどまっており、EB リソグラフィーを用いた通常の MacEtch 法において報告されているレート²⁾の 1/8 程度にとどまることが分かった。その要因としては、ナノ粒子を包む分散剤などの影響により、生成したホールが Si に注入されるのが阻害された可能性や、Ag 粒子がプロセス中に変質した可能性などが考えられる。加熱処理など、分散剤を除去するプロセスを検討するとともに、エッチング液の比率、温度などの最適化により加工レートの向上が必要である。

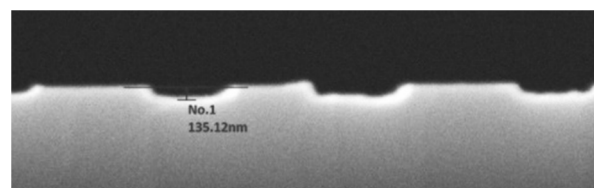


Fig. 4 Si wufer etched by macetch process (a)Line and space (b)hole (c) dot

4. 結言

ナノインプリント法により貴金属触媒ナノ粒子をパターンニングし、MacEtch 処理により Si にミクロンオーダーの加工を施すプロセスを提案し、選択的エッチングが可能であることを示した。一方、加工レートは通常の MacEtch 法において報告されているものより低く、レートの改善が必要であることが分かった。

参考文献

- 1) X. Li and, et al., Appl. Phys. Lett. 77, 2572 (2000)
- 2) Hailiang Li et al., Micromachines, 11(4), 378(2020)

キーワード：微細加工、環境負荷、MEMS

Research on Microfabrication Processes with Low-cost, Low Environmental Impact and their Application

Product and Function Evaluating Section; Yasutomu MASUGATA, Masaaki NASUNO and Keigo MURO

In recent years, the development of semiconductor devices, requires the formation of fine patterns. However, the microfabrication process of semiconductor devices, optical elements, etc., generally requires complex processes and expensive equipment, and the process requires large amounts of energy and greenhouse gases such as CF₄, SF₆. Which impose environmental burdens. The process also requires large amounts of energy and greenhouse gases such as CF₄ and SF₆. In order to solve these problems, we investigated a microfabrication method using the assisted etching method (MacEtch method), which has the advantages of low cost, simple process, anisotropic etching of Si, and no use of greenhouse gases.