

自己評価報告書

平成 23 年 4 月 28 日現在

機関番号：32613

研究種目：基盤研究 (A)

研究期間：2008～2011

課題番号：20241026

研究課題名 (和文) 自発的秩序構造を利用した半導体ナノ・マイクロ規則構造の作製とその応用

研究課題名 (英文) Fabrication of ordered nano- and microstructures on semiconductors using self-organized materials and their applications

研究代表者

小野 幸子 (ONO SACHIKO)

工学院大学・工学部・教授

研究者番号：90052886

研究分野：無機表面化学, 電気化学, 材料加工・処理, ナノ・マイクロ科学

科研費の分科・細目：ナノ・マイクロ科学, ナノ材料・ナノバイオサイエンス

キーワード：ナノ構造形成・制御, 先端機能デバイス, 半導体超微細加工, 材料加工・処理

1. 研究計画の概要

本研究では、シリコンを始めとする半導体基板、GaAs に代表される化合物半導体、さらにアルミニウム、チタンなどの軽金属基板上に、既存のフォトリソグラフィ技術を用いずに、物質固有の自己組織化能を最大限に活かし、高精度のナノ・マイクロ規則構造体を容易に作製するプロセスを開発し応用することを目的とする。

(1) 代表的な半導体であるシリコン基板を加工対象として、シリコン基板上に形成したポリスチレン微粒子の自己集積膜をマスクとして用いた、湿式プロセスによるナノ・マイクロメートルオーダーの規則的な周期を持つ二次元パターンの形成法を確立する。さらに、機能発現を目指した汎用性のある材料創製技術として種々の半導体 (GaAs, InP など) ・金属材料への適用を展開する。

(2) 化学反応 (めっき, 化学エッチング), 化学修飾 (自己組織化単分子被覆), 電気化学反応 (アノード酸化, 電解エッチング) などの湿式プロセスを組み合わせた二次加工により、さらに複雑な高次構造を持つナノ・マイクロ構造体を構築する。これらを適用し高度化したトライボロジー特性, 誘電特性, 光学特性を持つナノ・マイクロデバイスを創製する。

(3) 表面形態あるいは高次構造を高度に制御した材料の特殊な反応場を活用し、生体材料を高速・高精度に分離・検出するバイオチップの開発を検討する。

2. 研究の進捗状況

(1) コロイド結晶を出発マスクとしたパターンニングプロセスに基づき Si ウエハの限定された位置に, Ag, Au, Pt などの貴金属を微粒子状あるいは薄膜状に付与する手法を確立した。また, 位置選択的に付与した貴金属の触媒作用を利用した化学エッチングによって Si 凸型構造と Si ホールアレイ構造の二種類の Si 微細構造を作製した。ポリスチレン製のハニカムマスクを用いてスパッタリングにより Pt-Pd または Au 薄膜を付与しエッチングを行った結果, 両金属共にホールアレイを作製できた。Au を触媒として用いることでサイドエッチングの影響を低減できることが分かり, 高アスペクト比を持つホールアレイの作製が実現した。

(2) コロイド結晶を直接マスクとした触媒形成以外にも既存のフォトレジストを用いたパターン形成法にも着手し, ライン/スペースの周期構造を貴金属の触媒作用を利用したウエットエッチングにより実現した。その際のエッチング速度は, エッチャント組成, エッチング時の光照射強度にも影響を受けることを見出した。

(3) Si 以外にも GaAs, InP など他の半導体あるいは金属材料へ申請者らが提案する構造転写プロセスの適用性を検討した。コロイド結晶を直接マスクとした単純なネガポジプロセス以外にも, 既存のフォトレジストを用いたパターン形成技術を導入することで, 従来よりも規則性, 再現性に優れた, マスク

の作製条件を見出した。ハニカム状に開口部を持つマスクを介した電解エッチングにより、GaAs, InP 基板上に高アスペクト比構造を持つ規則的なポーラス構造を形成し、研究成果は論文として公開した。

3. 現在までの達成度

①当初の計画以上に進展している。

(理由) 研究は当初の研究計画以上に順調に進展しており、Si 以外にも GaAs, InP など他の半導体あるいは金属材料において微細構造制御技術を体系的に確立しつつある。また、本研究を通じて得られた知見・技術は、国内外で開催される会議等で積極的に発表し、学術論文としても複数の成果を投稿・掲載済みである。また、それだけに留まらず、実用化に向けた生産技術の開発を各専門企業との共同研究という形で展開し、新たな研究課題、用途を見出している。

4. 今後の研究の推進方策

(1) 研究成果の公開・発表に対し必要なデータの収集を継続して行う。また、①作製条件の確立、②デバイス応用・物性測定、③プロセスの見直し・再設計の3要素のフィードバックを効率的に回すことで、早期に問題点・課題点を把握し、総合的な実験条件の修正・改善に努める。

(2) 研究成果を総括し、汎用性のある作製・加工技術を積極的に活用した応用研究の展開を検討する。

(3) 本研究を通じて得られた知見・技術は、国内外で開催される会議等での発表、学術論文の投稿だけに留まらず、実用化に向けた生産技術の開発を各専門企業との共同研究を通じて積極的に展開する。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 40 件)

- ① H. Asoh, S. Kotaka and S. Ono, High-aspect-ratio GaAs pores and pillars with triangular cross section, *Electrochemistry Communications*, 13 (5), 458-461 (2011) 査読有
- ② T. Yokoyama, H. Asoh and S. Ono, Site-Selective Anodic Etching of InP Substrate Using Self-Organized Spheres as Mask, *Phys. Status Solidi A*, 207 (4), 943-946 (2010) 査読有
- ③ S. Ono, K. Uchibori and H. Asoh, Control of Nano/Microstructure and Pit Initiation Sites on Aluminium Surface by Use of Self-Assembled Spheres, *Surface and Interface Analysis*, 42 (4),

264-268 (2010) 査読有

- ④ Y. Yasukawa, H. Asoh and S. Ono, Site-Selective Metal Patterning/Metal-Assisted Chemical Etching on GaAs Substrate through Colloidal Crystal Templating, *J. Electrochemical Society*, 156 (10), H777-H781, (2009) 査読有
- ⑤ S. Sakamoto, L. Philippe, M. Bechelany, J. Michler, H. Asoh and S. Ono, Ordered Hexagonal Array of Au Nanodots on Si Substrate Based on Colloidal Crystal Templating, *Nanotechnology*, 19, 405304/1-405304/6 (2008) 査読有

[学会発表] (計 107 件)

- ① S. Ono and H. Asoh, "Micro-Patterning of Semiconductors by Metal-Assisted Chemical Etching through Self-Assembled Colloidal Spheres" (Invited lecture), 215th Meeting of the Electrochemical Society (San Francisco, USA, 5/28, 2009)
- ② S. Ono and H. Asoh, "Patterning of Silicon by Metal-Assisted Chemical Etching/Electrodeposition Through Self-Organized Micro-Spheres" (Keynote lecture), 59th Annual Meeting of the International Society of Electrochemistry (Seville, Spain, 9/10, 2008)

[図書] (計 2 件)

- ① H. Asoh and S. Ono, "Nanohole arrays on silicon", *Handbook of Nanophysics: Functional Nanomaterials*, 分担執筆 (K. Sattler 編): Taylor & Francis Books, Inc. Chapter 28 p28-1 - 28-14 (2010.9) 全 787 ページ

[産業財産権]

○取得状況 (計 1 件)

名称: エッチング特性に優れた電解コンデンサ電極用アルミニウム材の製造方法, アルミニウム電解コンデンサ用電極材ならびにアルミニウム電解コンデンサ

発明者: 小野幸子, 阿相英孝, 坂口雅司, 山ノ井智明

権利者: 小野幸子, 昭和電工株式会社

種類: 特許

番号: 特開 2011-63887

取得年月日: 2011/3/31

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ

<http://www.ns.kogakuin.ac.jp/~wwb1027/>