17p-E15-7

バイオテンプレート極限加工による高密度 10 nm Ge ナノディスクの作製と光学特性

Fabrication of High Density Sub 10 nm Ge Nanodisks and Its Optical Characteristics Using Bio-template and Neutral Beam Etching

東北大流体研 [1], 東北大 WPI-AIMR [2], 慶應義塾大学 [3], 奈良先端 [4],
JST-CREST[5], 本田技術研究所 [6]
°モハマド エルマン シャズワン [1,5], 岡田 健 [1], 藤井 拓也 [1,6], 磯田 大河 [3,5], 遠藤 広考 [6],
伊藤 公平 [3,5], 山下 一郎 [4,5], 寒川 誠二 [1,2,5]
E-mail: samukawa@sammy.ifs.tohoku.ac.jp

[はじめに]

数十 nm レベルへのデバイスの微細化が進むと量子効果が現れ、電子の波動性や粒子性を無視できなくなる。これらの特性を理解するために、量子ナノ構造作製やその実証研究が盛んに行われている。現在、量子ドット作製にはボトムアップ法の Stranski-Krastanov 法が広く用いられているが、サイズが大きく制御が困難であること、均一性が低いこと、材料の格子定数の違いを利用するため、ひずみ応力が残ることなどが解決すべき課題とされている。一方、従来のフォトリソグラフィやプラズマエッチングを用いたプロセスでは UV 光やイオンによるダメージ生成が深刻な問題となるため、サブ 10 nm の加工は難しい。そこで我々はバイオテンプレート技術[1]と中性粒子ビームプロセス[2]を組み合わせたバイオテンプレート極限加工法を提案している。これまでに Si や GaAs の円盤構造の量子ナノ構造、ナノディスクの作製に成功している[3]。

本研究では Ge 表面にバイオテンプレートを配置するプロセスを開発し、中性粒子ビームによる高密度 Ge ナノディスク作製と Ge 量子ドットによる光学的特性についての検討を行った。

[実験]

最初に Si/Ge/Si/Quartz 構造を作製し、自然酸化膜をフッ酸で除去した後、Si-NBO 膜を形成した。その後フェリチン（直径: 13nm、直径:7nm の鉄コアを内包したタンパク質）を Si-NBO/Ge/Si/quartz 膜上に配置し、酸素アニールでタンパク質を除去した。その後、基板表面に残った鉄コア（直径:7nm）をマスクとして塩素中性粒子ビームでエッチングを行った。エッチング後の表面状態は SEM で観察した。また、UV-Vis-NIR Spectroscopy により光吸収測定を行いバンドギャップと吸収係数の測定を行った。

[結果]

鉄コアをマスクとして Si-NBO/Ge/Si/quartz 基板を塩素中性粒子ビームを行った後の SEM 像を図 1 に示す。塩素中性粒子ビームによってエッチングを行った結果、 直径が約 10nm、4.0×10^{11} cm^{-2} の高密度 Ge ナノディスクの作製に成功した。Si-NBO をキャップ層として用いることで均一なエッチングマスクを作製することが可能である。図 1 挿入図は画像解析でドット間の中心間距離を測定した結果であり、中心間距離は 16.8nm ± 4.3nm であった。また、このように高密度 Ge ナノディスク構造において膜厚を制御することでバンドギャップを 0.9 eV まで制御できることが分かった。

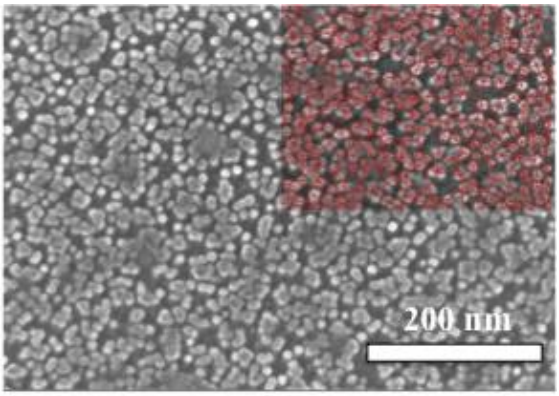

図 1: Ge ナノディスクのトップビュー

[1]I. Yamashita, Thin Solid Films, 393, 12, (2001)
[2] S. Samukawa, Jpn. J. Appl. Phys., 45, 2395, (2006)
[3] M.F.Budiman, Nanotechnology 23 (2012) 065302 (6pp)

© 2014 年　応用物理学会