

Evaluation of Nanostructures Fabricated Using Specific Reactivity of Surface and Interface

Takayuki Takahagi¹, Hiroyuki Sakaue¹, Shoso Shingubara¹ and Shin Yokoyama²¹Faculty of Engineering, Hiroshima Univ., ²Research Center for Nanodevices and Systems, Hiroshima Univ.

はじめに

従来のリソグラフィ法は、ナノ構造体を多数集積するには長時間を要することやナノメートルオーダーでの加工精度が得られにくい等の問題点がある。我々は固体表面や界面における特異的化学反应を利用することによって、原子・分子オーダーの微細構造を多数集積する研究を行っている。以下の3つの研究テーマについて報告する。

結果と考察

a. Si量子細線の形成と輸送現象

2通りの方法によりSi細線を形成した。(1)410°CでSi₂H₆を間欠照射し、SiO₂/Si₃N₄/SiO₂端面のSi₃N₄上のみSiを選択成長させ、幅25nm、厚さ25nmのSi細線を形成した。(2)電子ビームリソグラフィ、弗酸によるSiO₂マスク縮小、プラズマエッチングにより、幅120nm、厚さ8nmのpoly-Si細線を形成した。図1に低温電気特性を示す。クーロンブロッケイド、クーロン振動が明瞭に観測された。細線の電気伝導領域が空乏層により狭窄され、部分的にクーロンドット(~2nm)が形成されていると考えられる。上記(1)の選択成長法を用いれば、さらに微細な細線が形成でき、室温での非線形伝導特性が期待される。

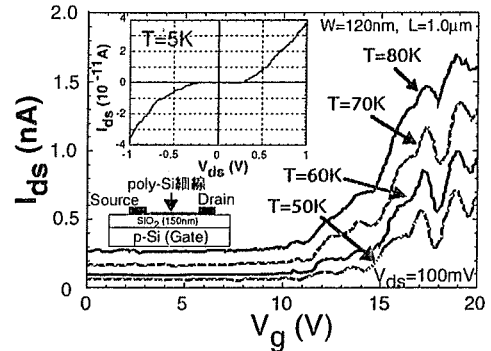


図1 Si細線の低温電気特性

b. シリコン表面の選択的化学反应を用いたナノ構造体形成

オフ方位<112>の微傾斜Si(111)基板を加熱NH₄F水溶液中で処理して形成した高規則性ステップ/テラス周期構造においては、テラス上がSiH終端するのに対し、ステップ端ではSiH₂終端となる。DMAIH [AlH(CH₃)₂]は選択的にSiH₂構造と反応し、ステップ端へAl細線構造が形成できる。しかし、Al細線のサイズ制御は実現できていない。基板真上に加熱銅板を設置することで図2に示すようなAlドットが形成できた。銅板の効果は、ガスの予備加熱および基板上でのガス分圧上昇と考えられる。ガスフラックスを増加するとドット密度が増加する。これは、Si表面の終端SiH₂構造との反応(核形成)とAl上への堆積反応(核成長)速度の照射フラックス依存性が異なるためと考えられる。現在、核形成と核成長の最適反応条件を決定し、それらを組み合わせることでサイズ制御したAlナノ細線形成の実現に取り組んでいる。

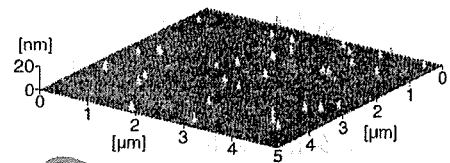


図2 Si上に三次元成長したAlドットのAFM像

c. アルミニウム陽極酸化を用いたナノ構造形成

Al陽極酸化では適切な陽極電圧、温度条件にて、アルミニウム膜中に微細孔配列の自己組織化が起こる。シリコン基板上にAl膜をスパッタ堆積してアルミナ微細孔の規則配列を形成し、これを利用した量子細線・ドットの二次元配列形成を試みている。シュウ酸を用いた微細孔自己組織化の後に酸化アルミニウムを選択的にウェットエッチングすると、アルミニウムドットが六角格子状に配置することを見出した。AFM高さプロファイル評価により、Alドットの高さは15nm、直径は40nm、最近接間隔は65nmである。硫酸自己組織化条件では、さらに微細なAlドットが形成でき、量子ドット間のトンネル電流特性を評価すべく、試料にAFMリソグラフィによりTi電極を形成し、低温伝導特性評価を進めている。

まとめ

Si細線形成法を開発し、低温非線形伝導特性を観測した。周期的水素終端構造を持つSiウエハを用いてAl細線の周期的配列構造を自己組織的に形成できた。また、Alドットが形成できた。陽極酸化法によってSiO₂/Si基板上にAlドットの六角格子配列構造を形成することが出来た。