

博士論文を要約したもの

博士論文題目

ナノ粒子の配置制御およびナノデバイス応用に関する研究

氏 名 番 貴彦

(要約)

本研究はトップダウン微細加工技術とバイオ材料、技術を利用したボトムダウン微細構造物構築技術を組み合わせた技術である BNP を活用することで、sub-10 nm の微細な構造を有する半導体素子を作製、動作を実証することを目的とした。作製した素子は単一ナノ粒子 ReRAM および V 溝型 JL-FET を用いた超微細 Floating Gate Memory (FGM) である。

単一ナノ粒子 ReRAM を作製するため、フェリチンによる酸化タンタルのナノ粒子の形成および、金属膜上への単一配置技術を確立した。形成したナノ粒子は UV/O₃ 処理によりタンパク質の除去を行うことで Ta₂O₅ に非常に近い組成となることが明らかになり、その直径は 4.5 nm であった。また単一配置技術は、pH 7 において電位が十分に低い金属であれば応用可能である。これらを組み合わせることで単一ナノ粒子を用いた ReRAM を作製した。バイポーラ型の抵抗変化動作を示したほか、10³ 回以上の繰り返し動作を示した。

超微細 FGM の作製のため、V 溝を用いたナノ粒子の 1 次元配列を行った。DLVO 理論を応用することで、ナノ粒子の精密な 1 次元配列を達成した。このナノ粒子をフローティングゲートとして作製されたナノ粒子埋込 V 溝型 JL-FET は I_D - V_G 特性においてヒステリシスが発現し、メモリ動作を示した。これは極小デバイスにおいて単一のナノ粒子に蓄積された電荷がその動作電流を制御していることを示す。また各種メモリ特性を取得している。これは sub-10 nm のチャネル長を持つ微細な FGM の特性を得られたことを示す。他にナノ粒子の材料を変更することで特性に大きな違いが表れた。仕事関数の違いによるものが大きいとみられるが、この成果はナノ粒子の材質を変更することで極微小領域のチャネルにおける様々な知見が得られることを示唆している。このことより電子が散乱されないような極微小領域であっても、近傍におかれたナノ粒子の影響を示す結果となった。

これらの結果より、生体超分子の特異的な機能を積極的に活用することで、現在の最先端加工精度を超える sub-10 nm の微細な素子の作製をし、動作実証した。安価、かつ簡便な、新たなナノ構造体作製手法を提示し、実際にデバイスとして動作させたこれらの成果は、素子微細化に強く寄与するものと考ええる。