

Title	V02ナノ構造体創製によるナノ巨大物性発現とその電氣的制御
Author(s)	高見, 英史
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.18910/50547
DOI	10.18910/50547
rights	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/repo/ouka/all/>

論文内容の要旨

氏名 (高見英史)

論文題名

VO₂ナノ構造体創製によるナノ巨大物性発現とその電氣的制御

論文内容の要旨

3d遷移金属酸化物は強い電子相互作用に起因する巨大相転移現象を示す一方、相転移点近傍においては空間的に不均一な電子状態分布（電子相）を有することから材料特有の高On/Off比や制御性が低下してしまう問題点があった。室温近傍で巨大金属-絶縁体転移(MIT)を発現する二酸化バナジウム (VO₂) はその典型例であり、相転移温度近傍において金属相と絶縁体相がナノスケールで相分離している。本研究ではVO₂ナノ構造体の作製により、単一電子相を直接制御し、急峻な巨大MITを発現させること、および単一電子相の巨大MITを電氣的に制御し、次世代のエレクトロニクス素子へ展開することを目的として研究を行い、以下のことを達成した。

(1) 次世代のナノ加工技術であるナノインプリントリソグラフィーを用いてVO₂ナノ構造体の作製プロセス開発を行い、最小線幅30nmのVO₂ナノワイヤを3×3mm²の基板に大量に一括して作製することに成功し、ナノ～マイクロ領域における広範囲な物性探索およびナノデバイス応用を可能とした。

(2) VO₂ナノ構造体を作製することにより、電子相配列を一次元化させることを可能とし、約10万%/Kの変化率を持つ階段状のMITを観測することに成功した。また基板による電子相サイズ制御やシミュレーションによる解析によって、この巨大変化が単一電子相のMIT由来であることを明らかにし、従来の薄膜素子を凌駕する省エネルギーデバイス動作の実証に成功した。

(3) 上記の一次元化した電子相配列においては、単一電子相界面におけるペルチェ冷却効果が利用可能となることに着目し、2端子素子では達成不可能とされていた、高温で安定な金属相から低温で安定な絶縁体相へ電氣的にスイッチすることに初めて成功し、併せて不揮発メモリとしての書き込み機能と消去機能を同時に実証した。

以上(1)から(3)を通じて、VO₂ナノ構造体作製によって単一電子相由来の巨大MITを電氣的に制御できることを実証し、省エネルギーで巨大On/Off比を持つ不揮発メモリデバイス展開への見通しを得ることに成功した。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (高 見 英 史)		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教 授 田 中 秀 和
	副 査	教 授 北 岡 良 雄
	副 査	教 授 吉 田 博

論文審査の結果の要旨

本研究では、室温近傍で巨大金属-絶縁体転移(MIT)を発現する二酸化バナジウム (VO_2) において、創製した酸化物極小ナノ構造体を用いることにより50nm~100nmサイズで存在する単一電子相(金属ドメイン)を直接制御し非常に急峻な巨大MITを発現させることに成功しその制御の学理を明らかにした。

まず、次世代のナノ加工技術であるナノインプリントリソグラフィーを用いて VO_2 ナノ構造体の作製プロセス開発を行い、最小線幅30nmの VO_2 ナノワイヤを $3 \times 3 \text{mm}^2$ の基板に大量に一括して作製することに成功し、ナノ~マイクロ領域における広範囲な物性探索を可能とした。次に同手法により VO_2 ナノ/マイクロワイヤ構造体を作製することにより、電子相配列を一次元化させることに成功した。このナノワイヤ構造体は約10万%/Kの巨大な変化率を持つ階段状のMITを示し、基板による電子相サイズ制御やシミュレーションによる解析によって、この巨大変化がワイヤ内に捕獲された単一電子相が示すMITに由来することを明らかにした。更にこの一次元化した電子相配列において単一電子相界面におけるペルチェ冷却効果が利用可能となることに着目し、2端子素子では達成不可能とされていた、高温で安定な金属相から低温で安定な絶縁体相へ電氣的にスイッチすることに初めて成功し、不揮発メモリとしての書き込み機能と消去機能を同時に実証した。

これらの結果を通じ、遷移金属酸化物における巨大物性設計の学理を明らかにすると共に、ナノ構造における界面新機能を利用した省エネルギーで巨大On/Off比を持つ不揮発メモリ機能を実証した。

以上、本論文は機能性酸化物のナノ領域における物性制御に関する新たな知見を与え、また同物質系を利用した次世代エレクトロニクス素子実現に資するものであり、博士(工学)の学位論文として価値のあるものと認める。