

最先端・次世代研究開発支援プログラム
事後評価書

| | |
|------------|--|
| 研究課題名 | 自己組織化酸化物ナノワイヤを用いた極微デバイスによるグリーン・イノベーション |
| 研究機関・部局・職名 | 大阪大学・産業科学研究所・准教授 |
| 氏名 | 柳田 剛 |

【研究目的】

本研究では、自己組織化現象を介して形成される単結晶酸化物ナノワイヤを形成する本質的なメカニズムの探索とその原理に基づいた新しい単結晶ナノワイヤの創成を行い、それらのナノワイヤをベースとした極微デバイスとその優れた特性を実証することを目的としている。その極微デバイスとして、抵抗変化不揮発性メモリ（メモリスタ）を取り上げ、従来の薄膜素子では実現が困難であった①低消費電力駆動で動作するメモリスタ特性と②固体内部に潜むメモリ動作メカニズムを単結晶ナノワイヤから形成される極微デバイスを用いて実証・解明することを狙いとしている。したがって、本研究目的は、

- 単結晶酸化物ナノワイヤを形作る本質的なメカニズムの解明
- 解明された原理原則に基づいた単結晶酸化物ナノワイヤの材料設計
- 上記単結晶ナノワイヤを用いて形成された極微デバイス（メモリスタ特性）の実証
- 従来技術では成しえなかった固体内部に潜むメモリスタ物性メカニズムの解明である。

【総合評価】

| | |
|---|----------------|
| | 特に優れた成果が得られている |
| ○ | 優れた成果が得られている |
| | 一定の成果が得られている |
| | 十分な成果が得られていない |

【所見】

① 総合所見

酸化物ナノワイヤに関して、成長メカニズムの解明や単一素子の作製に成功し、省エネ駆動を実証したのは高く評価できる。特に、不揮発性メモリの一種であるメモリスタの研究は、本研究課題において大いに進展し、様々な構造のデバイスにおいて、

動作メカニズムが解明され、そのスケーリングについても明らかにされており、優れた成果である。残された課題は、グリーン・イノベーションに確実に貢献するための素子の集積化の実現である。ナノ材料の特性として、個々の素子の効率も良くても、素子1個あたりに得られる物理量の絶対量はごく僅かである。よって、素子の集積化なくして実用化はありえない。本研究課題の高い評価をベースに更なる研究の発展を期待したい。

② 目的の達成状況

・所期の目的が

(全て達成された ・ 一部達成された ・ 達成されなかった)

本研究課題は、研究計画書において、酸化物ナノワイヤ素子創製手法の実現、室温不揮発性メモリ効果、および、高い熱電性能をそれぞれ示す環境調和型酸化物ナノワイヤの構造化、既存素子の1,000分の1の消費電力を実現する不揮発性メモリ素子および性能指数1以上の高効率熱電変換特性につながる熱電変換素子のプロトタイプ特性を実証することを目的としている。

本研究課題では、不揮発性メモリ効果を示す酸化物ナノワイヤの構造化、これを用いた酸化物ナノワイヤ素子作製手法の構築を達成している。不揮発性メモリ効果については、バイポーラ特性を含むメモリストア動作を実現しており10nWで駆動する低消費電力動作を可能とし、この成果はScientific Reports誌等のトップジャーナルに採録されており研究の進捗状況は大変順調である。また、メモリストアにおける消費電力は10nWであり、動作電圧が高く、素子構造も大きいことから、既存素子の1,000分の1の消費電力を実現する道筋について、一部明らかにしたことは高く評価できる。

③ 研究の成果

・これまでの研究成果により判明した事実や開発した技術等に先進性・優位性が
(ある ・ ない)

・ブレークスルーと呼べるような特筆すべき研究成果が
(創出された ・ 創出されなかった)

・当初の目的の他に得られた成果が (ある ・ ない)

ナノワイヤの形成のメカニズムを明らかにして、単結晶酸化物ナノワイヤの製造に成功したこと、ならびに新しいデバイス概念を提唱して低消費電力メモリストアを実証したことなどから、Nature Asia-Pacificで注目されるハイライト研究として成果の一部が紹介されており、先進性・優位性がある研究成果を出していると判断できる。

ナノワイヤを実現して低消費電力メモリストアを実証したことは、グリーン・イノベーションにつながる可能性が期待でき、その意味でブレークスルーと呼べる特筆すべき研究成果になると期待する。

| |
|--|
| ④ 研究成果の効果 |
| <ul style="list-style-type: none"> 研究成果は、関連する研究分野への波及効果が (<input checked="" type="checkbox"/>見込まれる ・ <input type="checkbox"/>見込まれない) |
| <ul style="list-style-type: none"> 社会的・経済的な課題の解決への波及効果が (<input type="checkbox"/>見込まれる ・ <input checked="" type="checkbox"/>見込まれない) |
| <p>得られた研究成果は先進性と優位性が認められ、関連研究分野の進展へ波及するものと期待される。特に、ナノワイヤ成長の基礎的なメカニズムとその応用の両面で重要な成果を出しており、そのことは関連分野へのインパクトを高めるものと期待する。</p> <p>本研究課題の成果として、低消費電力で動作するデバイスの可能性を見出しており、成果が将来的には社会的・経済的課題解決に貢献する可能性があるが、現段階では波及効果の有無については不透明であり、今後の研究の発展を期待したい。</p> |

| |
|---|
| ⑤ 研究実施マネジメントの状況 |
| <ul style="list-style-type: none"> 適切なマネジメントが (<input checked="" type="checkbox"/>行われた ・ <input type="checkbox"/>行われなかった) |
| <p>研究目的の達成に向けて、研究の進捗に合わせて毎年、研究計画は適切に設定されている。研究実施体制としては、博士研究員の雇用が若干遅れた様子はあるが、最大で3名の博士研究員を雇用した時期もあり、研究も進捗していることから適切であったと考えられる。雇用状況と照らし合わせて、適切なマネジメントが行われた。助成金の使途は妥当であり、有効に利活用された。指摘事項の把握は適切になされた。</p> |