

単結晶酸化物ナノワイヤのメモrista物性を活用した 革新的生体モニタリングセンサの創成

Creation of Novel Bio-Monitoring Sensors Using
Memristive Properties of Single Crystalline Oxide Nanowires

H25助自76

代表研究者 柳 田 剛 九州大学 先端物質化学研究所 教授
Takeshi Yanagida Professor, IMEC, Kyushu University

In this study, the most essential problems in biological monitoring sensor elements, it is an object to be solved by innovative sensing mechanisms that leverage memristor properties of single-crystal nanowire. Originality and features of the proposed compared with the prior art lies in that leverage memristor properties and very small size of 10nm or less of the single crystal oxide nanowires are self-organized formed (large specific surface area). More specifically, 1) trace large specific surface area of the single crystal nanowires produced a very large change in electric resistance (high sensitivity) due to the interaction with the atmosphere environment, the electric-field-induced resistance change phenomenon in 2) nanowire (memristor) is the sensor sensitivity is degraded over time by the interaction with the environment makes it possible to be easily returned to the initial high-sensitivity state by the memory switch operation. Thus, by implementing the proposed technique, able to realize a new biometric monitoring sensor that combines the most essential is the problem, "sensing sensitivity" and "hold characteristics" in vivo monitoring in harsh usage environments possible to be. So far in the research group of the applicant, the memristor properties expressed in technology and single nanowire element to form a single crystal oxide nanowires for the first time in the world and has been demonstrated, biological monitoring is the present study challenges these technologies is aimed to be deployed to the sensor.

研究目的

本研究では、生体モニタリングセンサ素子の最も本質的な問題点を、単結晶ナノワイヤのメモrista物性を活用する革新的なセンシングメカニズムにより解決することを目的とする。

従来技術と比較した本提案の独創性・特徴は、自己組織化的に形成される10nm以下の単結晶酸化物ナノワイヤの極微サイズ(大きな比表面積)とメモrista物性を活用する点にある。

より具体的には、1) 極微単結晶ナノワイヤの大比表面積は雰囲気環境との相互作用に伴う極めて大きな電気抵抗変化(高感度)を生み出し、2) ナノワイヤにおける電界誘起抵抗変化現象(メモrista)は環境との相互作用により経時劣化したセンサ感度をメモristaティブスイッチ操作により初期の高感度状態に簡便に復帰させることを可能にする。このように、本提案技術を実現することにより、劣悪な使用環境における生体モニタリングにおいて最も本質的な問題

である、“センシング感度”と“保持特性”を兼ね備えた新しい生体モニタリングセンサを実現することが可能になる。申請者の研究グループではこれまでに、単結晶酸化物ナノワイヤを形成する技術と単一ナノワイヤ素子で発現するメモリスタ物性を世界に先駆けて実証してきており、これらの技術を本研究課題である生体モニタリングセンサへと展開することを狙いとする。

概 要

単結晶酸化物ナノワイヤにおけるメモリスタ特性を活用したセンサデバイス群を実証するために、①新しい単結晶ナノワイヤを創製し、②単結晶ナノワイヤにおけるメモリスタ物性を検証した。従来はVLS法を用いたナノワイヤ化が困難であると信じられてきた機能性金属酸化物材料を取り上げ、VLS法の本質的なメカニズムの解明と共にその原理に基づいた機能性金属酸化物材料を単結晶ナノワイヤ化に成功した結果と、その新しい金属酸化物で構成される単結晶ナノワイヤとヘテロ構造をシリコン基板上で素子化し、低消費電力駆動が可能なメモリスタ素子として実証した研究成果について報告する。従来技術の枠組みでは、既存のVLS法を用いて所望の機能性金属酸化物材料をナノワイヤ構造化することは不可能であった。そこで、我々はVLS法を介して単結晶ナノワイヤが形成される結晶成長プロセスを原子・分子レベルの観点で解明し、その本質的なメカニズムに基づいて構築された新しい実験系により、従来は不可能であった機能性金属酸化物材料の単結晶ナノワイヤ構造化に成功した。ゲート絶縁膜に閾値以上の電圧を加えた際に生じる絶縁破壊は、既存の電子デバイスにおいて克服すべき重要な課題であった。近年、この絶縁破壊における抵抗値変化が可逆的に操作可能であることが示され、材料や操作条件によっては数百ピコ秒

で駆動する超高速の不揮発性メモリ効果が実現可能であることが明らかになりつつある。これらのデバイスはメモリスタ若しくはReRAMと呼ばれ、世界中の産官学研究機関で研究開発が進んでいる。メモリスタは最も単純な2端子構造で構成されるために、高密度メモリに向けた高集積化に大きな期待が寄せられている。またメモリ素子としての応用に留まらず、レジスタ、キャパシタ、インダクタに次ぐ第四の新しい回路素子として展開されるに至っている。これらデバイス応用の礎となる電界誘起メモリ現象が本質的に制限されたナノ空間において特異的に発現していることがこれまでの研究で明らかになってきたが、従来の薄膜素子では固体内部で発現する不揮発性メモリ現象を直接的な手法で明らかにするのは困難であった。本報では、自己組織化現象を介して形成される10nm級の金属酸化物ナノワイヤ構造体を用いてシリコン基板上でプレーナ型メモリスタデバイスを構築することにより、従来薄膜素子では固体内部に潜んでいた不揮発性メモリ現象のメカニズムについて検証した結果について報告する。

－以下割愛－