



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Development of Electrochromic Transistors using Amorphous Tungsten Oxide Thin Film as the Active Layer [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	小野里, 尚記
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第14130号
Issue Date	2020-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/78469
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Takaki_Onozato_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (工学) 氏名 小野里尚記

審査担当者 主 査 教 授 橋詰 保
副 査 教 授 葛西誠也
副 査 准教授 有田 正志
副 査 教 授 忠永清治 (大学院工学研究院)

学位論文題名

Development of Electrochromic Transistors using Amorphous Tungsten Oxide Thin Film as the Active Layer

(アモルファス酸化タングステン薄膜を活性層として用いたエレクトロクロミックトランジスタの開発)

USB フラッシュドライブに代表されるフラッシュメモリなどの情報記憶素子は、半導体の電気抵抗を絶縁体/金属に可逆的に切り替えることにより、絶縁体状態を”0”、金属状態を”1”として情報をデジタル記憶している。近年、急速な IoT(Internet of Things、もののインターネット) の普及により、収集・保存しなければならない情報量が増え続けており、より高密度に情報記憶するために素子の更なる微細化が進められている。また、最近では人工知能 (AI) との相性が良いことから、多値アナログ的な情報記憶も求められるようになってきた。このように、情報記憶密度を高めるために様々な工夫がなされているが、電気抵抗の変化をデジタル的またはアナログ的に情報として記憶するだけではいずれ限界に達することは想像に難くない。情報記憶密度をさらに向上させるには、電気抵抗変化に加えて、何か他の物性 (光学特性、磁気特性) 変化を同時に記憶すればよいと考えた。例えば、酸化タングステン WO_3 は、可視光領域で透明な絶縁体だが、電気化学的に水素イオン (H^+) を反応させると W の価数が +6 から +5 に変化し、d 電子が伝導する良導体に変化する。同時に、電子による近赤外域の光を吸収するようになるため H_xWO_3 は黒っぽく変化する。総じてエレクトロクロミズム (EC) と呼ばれる現象である。EC 現象に伴う光透過率と電気抵抗変化を同時に利用することができれば、例えば、情報表示を行うと同時にその情報をコンピュータに読み込むといった応用ができるかもしれない。そこで、本研究では、いわゆる半導体ではなく、遷移金属酸化物 WO_3 を活性層とする三端子薄膜トランジスタ型の情報記憶素子 (EC トランジスタ) の開発を行った。

第 1 章では、上記の研究背景ならびに目的を明示した。

第 2 章では、本研究を遂行する上で必要な実験装置、EC トランジスタ (ECT) の作製方法、ECT の動作原理について述べている。

第 3 章では、a- WO_3 薄膜を活性層に用いた全固体三端子エレクトロクロミックトランジスタの開発とその動作結果について述べている。無アルカリガラス基板上に活性層として a- WO_3 80 nm、固体電解質には含水ナノ多孔質ガラス CAN 300 nm、ゲート電極 NiO 20 nm/ITO 20 nm、ソース・ドレイン電極 ITO 20 nm、ゲート電極下での酸素ガス発生を抑制するために NiO 層を用いた ECT 素子を作製した結果、10 V の電圧を 10 秒間印加することで電流 ON/OFF 比が 10^6 、光透過率が最大 35 パーセント変化させられる ECT の作製に成功したと述べている。また、この ECT の動作はファラデーの電気分解の法則で説明できることも明らかにしている。

第 4 章では、ECT の動作特性改善について述べている。第 3 章で述べられた ECT の動作に必要な電圧の低減と動作に要する時間の短縮を行うため、低電圧かつ高速動作が可能な ECD の素子構

造に着目し、 WO_3 層全面に均一に電界が印加されるように薄い透明電極として ZnO 薄膜を挿入した。その結果、動作に必要な電圧は 3 V まで低減でき、動作時間も 1 秒以内と大幅に動作特性が改善できたと述べている。

第 5 章では、フレキシブル ECT の動作と曲げ耐性について述べている。本研究の ECT デバイスの作製プロセスがすべて室温下で行える点に着目し、耐熱性の低い厚さ 0.1 mm の PET 板を基板として、第 4 章で述べられた ECT を作製したところ、曲率半径 16 mm 以上であればガラス基板上に作製した ECT と比較して遜色ない動作特性が得られたと述べている。繰り返しの曲げ試験では、主として透明電極が疲労により割れてしまうという問題があったが、現在のデバイスサイズが表示素子用途としては大きい (0.8 mm x 0.4 mm) ので、素子の微細化が行われる際にはこの問題は自然に解決されるであろう。

第 6 章では、学位論文を総括している。

これを要するに、著者は、情報記憶密度の向上に対して従来の半導体ではなく遷移金属酸化物の EC 現象による光透過率・導電率変化を活用できる三端子 ECT の開発に対する貢献大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格があるものと認める。