HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Study on the Solid-State Electrochemical Thermal Transistors with High Electrical Conductivity Active Layers [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	卞, 志平
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(工学)
Dissertation Number	甲第16174号
Issue Date	2024-09-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/93469
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	BIAN_Zhiping_review.pdf, 審査の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

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　卞　志平

審査担当者　主　査　教　授　石川 史太郎
副　査　教　授　植村 哲也
副　査　教　授　竹井 邦晴
副　査　教　授　青木 芳尚　（工学研究院）

学位論文題名

Study on the Solid-State Electrochemical Thermal Transistors with High Electrical Conductivity Active Layers
（高電気伝導性活性層を用いた固体電気化学熱トランジスタに関する研究）

石油や石炭などの一次エネルギーの変換効率が低いことが原因で生じる「廃熱」の有効利用は、持続可能な社会を実現するために極めて重要である。特に、低温から中温 (100〜300 ℃) の廃熱は、エネルギーとして再利用することが困難と言われている。この問題に対し、当研究室では熱流のオン/オフを電気的に切り替えることができる熱トランジスタに注目している。熱トランジスタを用いることで、例えば、廃熱の透過率を電気的にオン/オフ切替えて熱のコントラストを表示する熱ディスプレイを実現することができると期待している。

熱トランジスタの歴史は僅か 10 年である。2014 年に有機電解液を用いた電気化学的な手法により活性層の熱伝導率 (κ) を電気的に制御する方法が提案されて以来、いくつか同様の熱トランジスタが提案されたが、液体を含むという応用上の問題があった。2023 年、当研究室は YSZ 単結晶板を固体電解質として用いることにより、遷移金属酸化物の熱伝導率を電気的にオン/オフ切替える全固体電気化学熱トランジスタを実現した。しかし、ON/OFF κ 比は 4、制御幅は 2.85 $\mathrm{W\,m^{-1}\,K^{-1}}$ であり、ディスプレイ実現にはほど遠い性能であった。

以上の背景から、本研究では、熱トランジスタの ON 状態と OFF 状態の熱伝導率の比と熱伝導率切替え幅を拡大し、固体電気化学熱トランジスタの開発に貢献することを目的としている。

第 1 章では、上記の研究背景ならびに目的を明示している。

第 2 章では、本研究を遂行する上で必要な実験方法について述べている。

第 3 章では、全固体 $SrCoO_x$ 熱トランジスタに基づいて、$SrCo_{1-x}Fe_xO_y (0 \le x \le 1、2 \le y \le 3)$ 固溶体の κ の系統的変調を明らかにした。オン状態では高い電気伝導性 (=高い電子熱伝導率) と高度に秩序化された結晶格子により高熱伝導率を示し、オフ状態では電気絶縁特性と無秩序な結晶格子により低熱伝導率を示す物質を活性層として利用することにより、オン/オフ κ 比が改善できる可能性を見出したと述べている。

第 4 章では、イオン液体を使用したニッケル酸化物のプロトン化と脱プロトン化に関する共同研究に基づいて、第 3 章で概説した、適切な活性材料として $LaNiO_x$ が有望であることを見出し、$LaNiO_x$ を使用して全固体熱トランジスタを作製している。その結果、4.3 $\mathrm{W\,m^{-1}\,K^{-1}}$ という非常に大きな κ スイッチング幅を持つ $LaNiO_x$ ベースの電気化学熱トランジスタを実現した。 $LaNiO_x$ ベースの電気化学熱トランジスタは、$LaNiO_x$ 結晶格子の構造的完全性を維持しながら κ サイクル

可能性を実証しており、次世代デバイス、特に熱ディスプレイへの統合の有望な候補であると述べている。
第 5 章では、学位論文を総括している。
これを要するに、著者は、高電気伝導性活性層を用いることで、熱トランジスタの ON 状態と OFF 状態の熱伝導率の比と熱伝導率切替え幅が拡大できることを見出し、固体電気化学熱トランジスタ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。