

令和 6 年 9 月 7 日現在

機関番号：14603

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19K11876

研究課題名(和文) 単一アナログデバイスと局所的学習則を用いるリアルニューロモーフィックシステム

研究課題名(英文) Real Neuromorphic Systems using Single Analog Devices and Local Learning Rules

研究代表者

木村 睦 (Kimura, Mutsumi)

奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・客員教授

研究者番号：60368032

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：人工知能は未来社会の中心技術だが、従来は高機能ハードと複雑ソフトの実行で、巨大サイズと膨大電力が問題である。ニューロモーフィックシステムは脳模倣で小型低電力化が期待できるが、さらに研究を要する。そこで我々は、超小型低電力のリアルシステムの研究を進め、十分な研究成果を得た。(1)アーキテクチャ：単一アナログシナプス素子(抵抗変化素子・メモrista・強誘電体キャパシタ)。デジタル回路からの移行で情報の減少なく小型低電力化。(2)材料：非晶質金属酸化物半導体。構造簡単・製造容易・積層可能の特長で3次元集積システム。(3)アルゴリズム：局所的学習則の修正ヘブ学習則。制御回路が不要で小型低電力化。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で、新アーキテクチャ・材料・アルゴリズムを取り入れた中規模ニューロモーフィックシステムを様々なニューラルネット構成で構築し、連想記憶・画像認識・最適化問題などの正常動作をモデリング・論理・回路シミュレーションにより評価し、さらに実機も開発し確認する。また、大規模ニューロモーフィックシステムの動作をシミュレーションで確認し、最終目標の実用的かつ人間の脳と同様な超小型・低パワーの汎用人工知能の実現にむけた可能性も検討する。学術的意義は、アーキテクチャ・材料・アルゴリズムの3つの新アイデアによる総合的・融合的な革新的コンピューティング技術の実現で、社会的意義は小型・低電力化である。

研究成果の概要(英文)：Artificial intelligence is critical technologies for future societies, but it is conventionally implemented by high-performance hardware and complex software, and the huge size and power consumption are problematic. Neuromorphic systems are brain mimicking and expected to be compact and low power, but they require further research. Therefore, we have been studying ultra-compact, low-power real systems and obtained satisfactory research results.

(1) Architecture: Single analog synaptic element (resistance change element, memristor, ferroelectric capacitor). Compact size and low power consumption are realized without information reduction by shifting from digital circuits. (2) Material: Amorphous metal oxide semiconductor. 3D integrated systems with features of simple structure, easy manufacturing, and stacking capability. (3) Algorithm: Modified Hebbian learning for local learning rule. Compact size and low power consumption are realized by reducing control circuits.

研究分野：ニューロモーフィックシステム

キーワード：ニューロモーフィックシステム 単一アナログデバイス アモルファス金属酸化物半導体 局所的学習則 人工知能 コンパクト 低消費電力

1. 研究開始当初の背景

人工知能は、未来の社会の中心となる技術であるが、従来は高機能なハードウェアで複雑・長大なソフトウェアが実行され、巨大なサイズと膨大な電力が問題である。ニューロモーフィックシステムは、脳の模倣で、コンパクト化・低消費電力化が期待できるが、さらに研究が必要である。そこで、我々は、超コンパクト・超低パワーの『リアルニューロモーフィックシステム』の研究を、下記の3つの観点から進めている。

- アーキテクチャ：『単一アナログデバイス』(抵抗変化素子・メモリスタ・強誘電体キャパシタ)でシナプス素子を構成。複雑なデジタル回路からの移行で、記憶情報の減少なく、コンパクト・低消費電力化が可能。
- マテリアル：アモルファス金属酸化物半導体を使用。構造が簡単・製造が容易・積層が可能といった特長で、3次元集積システムを実現。
- アルゴリズム：『局所的学習則』である修正ヘブ学習則を適用。学習のための特別な制御回路を必要とせず、コンパクト・低消費電力化が可能。

2. 研究の目的

本研究の目的は、新アーキテクチャ(単一アナログデバイス:抵抗変化素子・メモリスタ・強誘電体キャパシタ)・新マテリアル(アモルファス酸化物半導体)・新アルゴリズム(局所的学習則:修正ヘブ学習則)を取り入れた中規模のニューロモーフィックシステムを、ディープニューラルネット・リザーバンニューラルネットを含む様々なニューラルネット構成で構築し、連想記憶・画像認識・最適化問題などに対する正常な動作を、モデリング・論理シミュレーション・回路シミュレーションによって評価し、さらに、実機も開発して確認することである。また、中規模のみならず大規模のニューロモーフィックシステムの動作をシミュレーションで確認し、最終目標である実用的でありかつ人間の脳と同様な超コンパクト(1.5 $\mu$ 程度)・超低パワー(20W程度)の汎用人工知能の、実現にむけての可能性も検討する。これらのサイズとパワーについては、簡単な机上の計算では予測できているが、シミュレーションと実機でその確度を上げてゆく。学術的独自性は、アーキテクチャ・マテリアル・アルゴリズムの3つの新アイデアによる総合的・融合的な革新的コンピューティング技術である。創造性は、コンパクト化・低消費電力化にある。

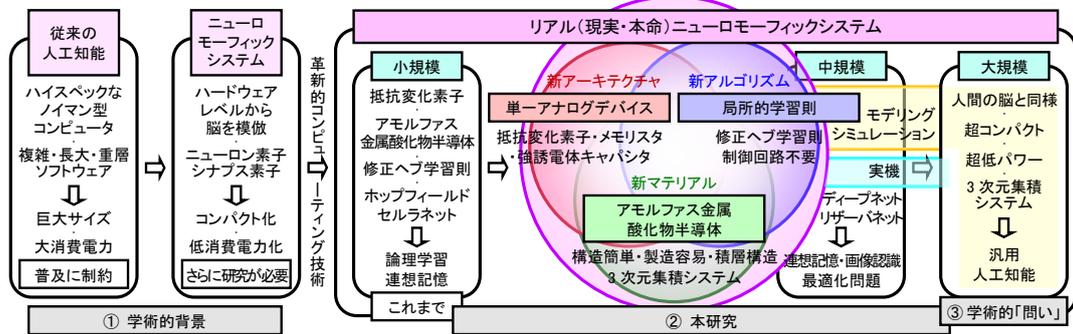


図1 研究目的：超コンパクト・超低パワーのリアルニューロモーフィックシステム

3. 研究の方法

新アーキテクチャの単一アナログデバイスのモデリングを行い、様々なニューラルネットワークを連想記憶・画像認識・最適化問題に用いたときの動作を論理シミュレーションで確認し、回路シミュレーションで動的挙動を解析する。新マテリアルのアモルファス金属酸化物半導体を選択・開発し、実機を試作する。新アルゴリズムの修正ヘブ学習則におけるシナプス特性の許容値を求め、デバイス特性をその許容値に収める研究も行う。さらに、同様のアプローチにより、複数の機能を同一のシステム構成で実現できるかを確認することで、超コンパクト・超低パワーの汎用人工知能としての動作を評価する。

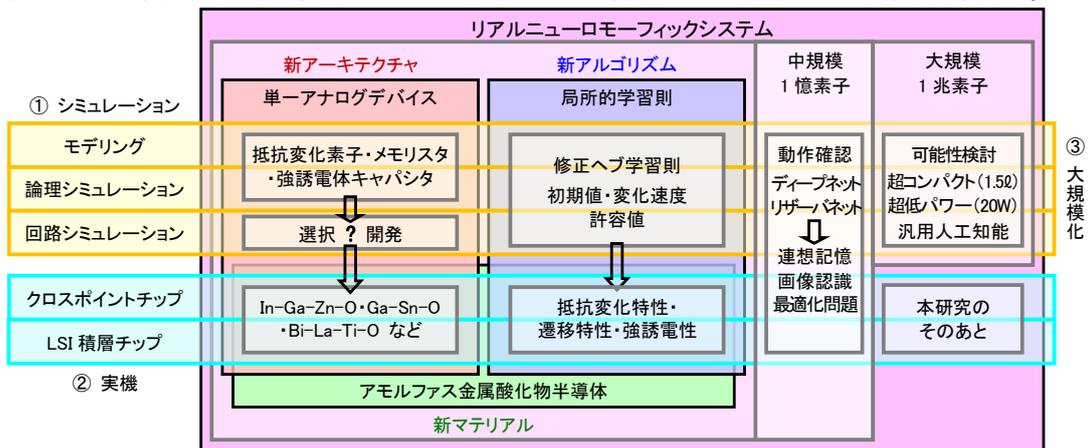


図2 研究方法：シミュレーション・実機による動作確認・可能性検討

4. 研究成果

研究成果をそれぞれ公開された学术论文で詳解する。

【招待論文】金属酸化膜半導体薄膜デバイスを用いる新規アプリケーション】 M Kimura, JJAP 58, 090503, 2019  
 これまでの研究成果の高評価から、招待論文を依頼いただいた。もちろん本研究に関連する内容も含む。

【ニューロモーフィックシステムのためのアモルファス金属酸化膜半導体薄膜・アナログメモrista・自律局所学習】

M. Kimura, R. Sumida, A. Kurasaki, T. Imai, Y. Takishita, Y. Nakashima, Scientific Reports, 11, 580, 2021  
 3種の決定的技術を提案する：(1)アモルファス金属酸化物半導体薄膜。そのひとつの Ga-Sn-O (GTO) 薄膜はレアメタルを含まず、簡単なプロセス・室温で成膜できる。ここでは、酸素ブリアリッチ層を積層する。GTO メモristaは、クロスバーアレイの交点に形成する。(2)アナログメモrista。単一デバイスで連続的・揮発な情報が記憶できる。電圧を GTO メモristaに印加すると、コンダクタンスが徐々に変化する。これは、酸素空孔 (Vo) のドリフトと拡散の影響である。(3) 自律局所学習。単一デバイスが自律的に自身の電気特性を変更するため、余分な制御回路は必要ない。最後に、ニューロモーフィックシステムを上記の3種の技術を用いて構築し、典型的な人工知能の応用である連想記憶と見なすことができる文字認識機能を確認した。

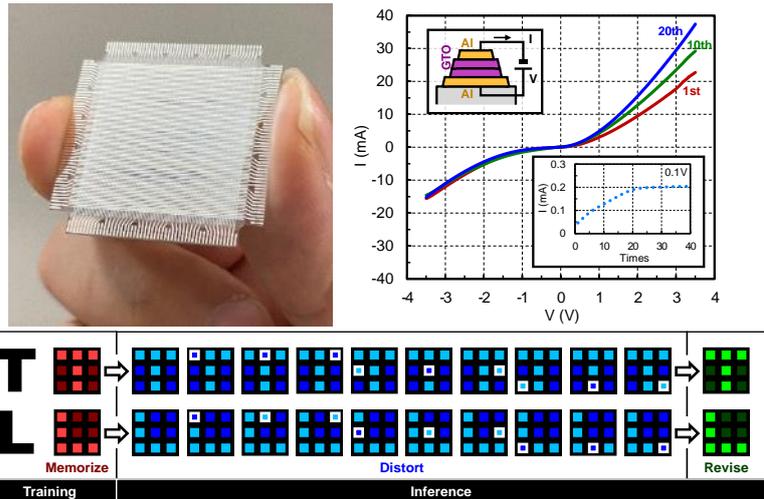


図3 アモルファス金属酸化膜半導体薄膜・アナログメモrista・自律局所学習

【アモルファス金属酸化物半導体薄膜プレーナ型スパイクタイミング依存可塑性シナプス素子】

Y. Shibayama, Y. Ohnishi, T. Katagiri, Y. Yamamoto, Y. Nakashima, M. Kimura, IEEE EDL, 42, 1014, 2021  
 アモルファス金属酸化物半導体 (AOS) 薄膜プレーナ型スパイクタイミング依存可塑性 (STDP) シナプス素子を開発した。AOS は非希少材料で容易に成膜でき、安価である。いっぽう、STDP はニューロモーフィックシステムの学習原理として有望である。本研究では、まず、AOS 薄膜プレーナ型 STDP シナプス素子を実際に作製した。次に、スパイクパルスはこのシナプス素子に前信号および後信号として印加する。最後に、STDP 特性、すなわち、長期抑制 (LTD) と長期増強 (LTP) が観測され、これは下層の絶縁膜への電荷注入によるものと思われる。

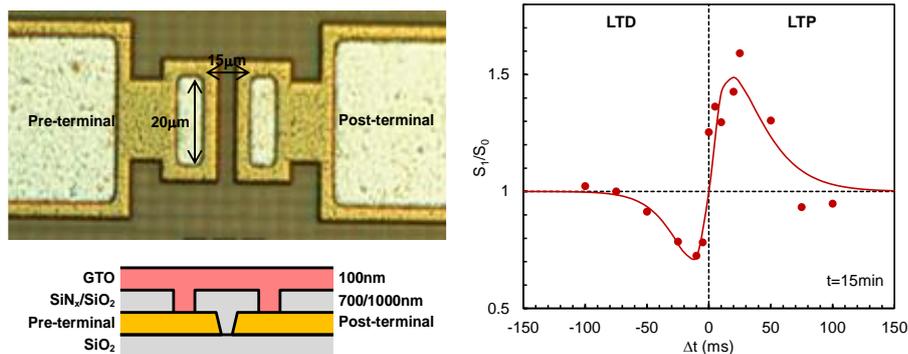


図4 AOS 薄膜プレーナ型 STDP シナプス素子

【LSI とアモルファス金属酸化膜半導体薄膜シナプスデバイスを集積するニューロモーフィックチップ】

M. Kimura, Y. Shibayama, Y. Nakashima, Scientific Reports, 12, 5359, 2022  
 LSI とアモルファス金属酸化膜半導体 (AOS) 薄膜シナプス素子を集積するニューロモーフィックチップを開発した。ニューロン要素は LSI に作られるデジタル回路で、シナプス要素は AOS 薄膜で作られるアナログ素子で LSI に直接集積される。これは、異機能半導体のニューロン・シナプス要素を集積し局所自律学習を利用する、世界初のハイブリッドチップである。AOS 薄膜は熱処理なしで成膜でき下層へのダメージがないため可能となり、ニューロモーフィックシステムの利点をすべて備える。

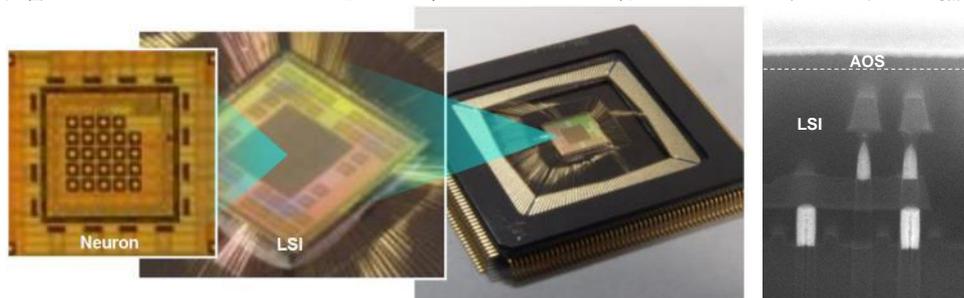


図5 LSI と AOS 薄膜シナプスデバイスを集積するニューロモーフィックチップ

【ニューロモーフィックシステムのためのアモルファス金属酸化物半導体薄膜の多層クロスバーアレイ】

E. Iwagi, T. Tsuno, T. Imai, Y. Nakashima, M. Kimura, IEEE JEDS, 10, 784, 2022  
 アモルファス金属酸化物半導体(AOS)薄膜を用いる多層クロスバーアレイを開発し、ニューロモーフィックシステムに実装した。多層構造を実現できるのは、AOS 薄膜は熱処理なしの簡単なスパッタリング法で成膜でき、下地構造にダメージを与えないからである。まず、Au 薄膜を電極として真空蒸着で成膜し、アモルファス In-Ga-Zn-O( $\alpha$ -IGZO)薄膜をコンダクタンス変化層としてスパッタリング法で成膜し、これらの工程を繰り返し、3 層のコンダクタンス変化層のそれぞれが電極で挟まれる多層クロスバーアレイが完成する。次に、この多層クロスバーアレイを、制御回路なしに自律学習が可能な修正ヘブ学習を用いるニューロモーフィックシステムに実装し、さらに高度な機能の可能性を保証する連想記憶機能を確認する。これらの成果は、将来のニューロモーフィックシステムにおけるシナプス要素の天文学的大規模集積化(LSI)につながる。

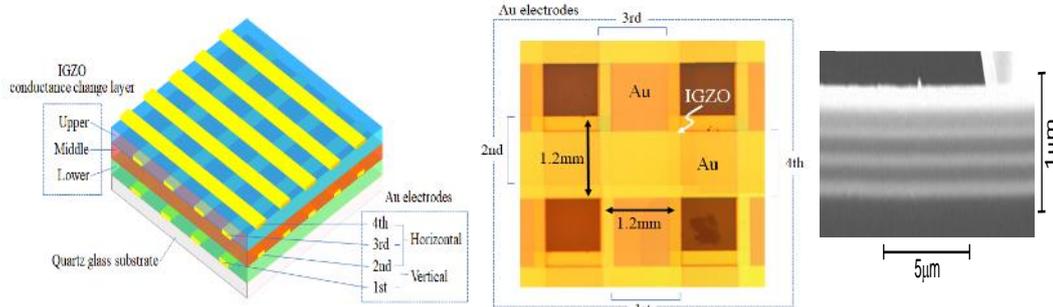


図6 AOS 薄膜の多層クロスバーアレイ

【Ga-Sn-O 薄膜メモリスタとアナログ塑性特性】 D. Makioka, S. Shiomi, M. Kimura, IEEE JEDS, 11, 174, 2023  
 Ga-Sn-O(GTO)薄膜メモリスタを開発し、アナログ塑性特性を観測した。まず、スパッタリング法により 3 層のGTOを積層してGTO 薄膜メモリスタを作製する。次に、負電圧印加のあとに最大印加電圧を変化させながら電流-電圧特性を測定し、ヒステリシスを観測し、スイッチング特性を評価し、アナログ塑性特性を見出す。積層構造と成膜プロセスの系統的な研究で、負電圧と正電圧の印加により酸素空孔が往復する動作メカニズムを提案する。最後に、パルス印加特性で長期増強・抑制を示し、GTO 薄膜メモリスタをニューロモーフィックシステムに利用する実用的な可能性を明らかにする。

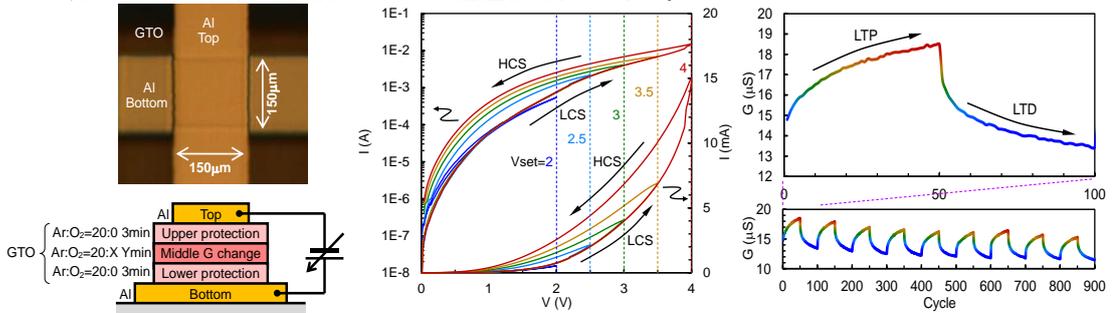


図7 GTO 薄膜メモリスタとアナログ塑性特性

【メモキャパシタと自律局所学習によるニューロモーフィックシステム】 M. Kimura, Y. Ishisaki, Y. Miyabe, H. Yoshida, I. Ogawa, T. Yokoyama, K. Haga, E. Tokumitsu, Y. Nakashima, IEEE TNNLS 34, 2366, 2023  
 メモキャパシタと自律局所学習によるニューロモーフィックシステムを開発した。メモキャパシタを使うことで、電力を最小限にでき、自律局所学習を使うことで、シナプス要素の制御回路を削減できる。まず、強誘電体層を上下電極に挟み込むクロスバーアレイで、メモキャパシタを作製する。分極とキャパシタンスは、誘電分極によるヒステリシスを示す。次に、自律局所学習として、学習段階で、記憶すべき連想パターンを直接送信し、高電圧を印加し、誘電分極を誘起する。動作段階で、低電圧を印加し、入力信号はメモキャパシタの容量で重み付け・合算・出力信号として送られる。最後に、実験システムに実装し、学習段階の記憶パターン・動作段階の入力信号としての歪みパターン・動作段階の出力信号

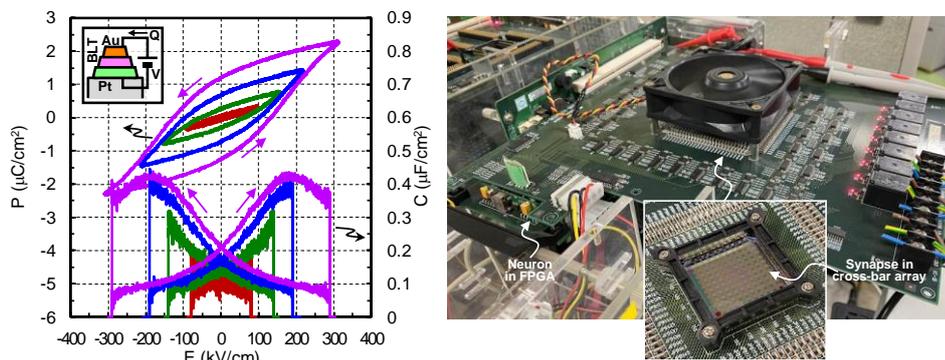


図8 メモキャパシタと自律局所学習によるニューロモーフィックシステム

としての再生されたパターンから、再生パターンは記憶パターンと完全に同じであることがわかる。これは、本ニューロモーフィックシステムが連想記憶として機能することを意味する。

【**メモキャパシタのインメモリコンピューティングアレイに基づく縮減スパイクングニューラルネットワーク**】

R. Oshio, T. Sugahara, A. Sawada, M. Kimura, R. Zhang, Y. Nakashima, IEEE Micro, 44, 8, 2024  
 メモキャパシタのインメモリコンピューティングアレイに基づく縮減スパイクングニューラルネットワークを開発した。アナログインメモリコンピューティング (AiMC) を用いるニューロモーフィック回路を設計した。回路非線形性を考慮する学習 (CNAT) とネットワーク圧縮技術を組み合わせ、ニューロン回路の非線形性に起因する精度低下を防ぐ。トレーニングは機械学習フレームワークで実行し、多量の計算資源を要する SPICE シミュレーションは必要ない。シミュレーションの結果、我々のシステムの MNIST の分類精度はほぼ理想的な精度=97.64%であり、1 回の推論あたりエネルギー=15.7nJ を達成した。

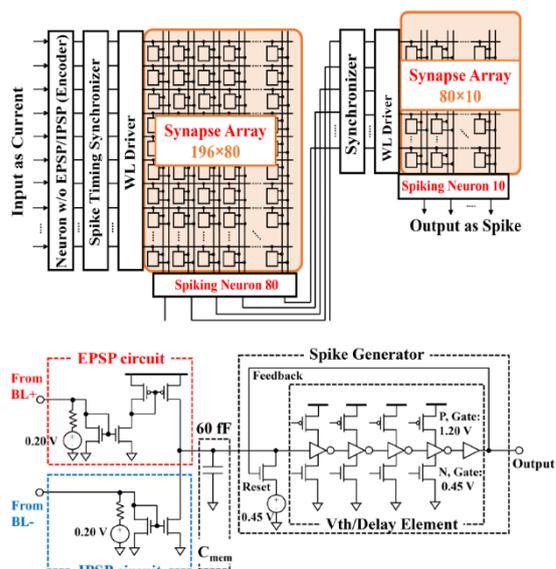


図9 メモキャパシタのインメモリコンピューティングアレイに基づく縮減SNN

【**スパイクングニューロモーフィックシステムのためのメモリスタとキャパシタによる融合シナプス**】

T. Kuwahara, R. Oshio, M. Kimura, R. Zhang, Y. Nakashima, Neurocomputing, 出版予定  
 メモリスタとキャパシタを直列に接続し、時定数の変化をシナプス重みとして利用する、融合シナプスと名付ける新規シナプスデバイスを提案した。また、時定数をシナプス重みとして利用するためのニューロン・シンクロナイザ回路を用意し、2 種のモデルに従い PyTorch で学習させた。ひとつは先行研究に基づくモデルであり、もうひとつは回路情報を意識するモデルである。学習により生成されるシナプス重みをコンダクタンスに変換した。2 種のモデルを組み合わせ推論をさせたところ、MNIST で 95%の精度を達成し、1 回の推論あたりの消費電力は 640nJ であった。この精度は関連研究に匹敵するものであり、消費電力は、Denardスケーリングを考慮すると、デジタル実装よりも圧倒的に低くなるはずである。

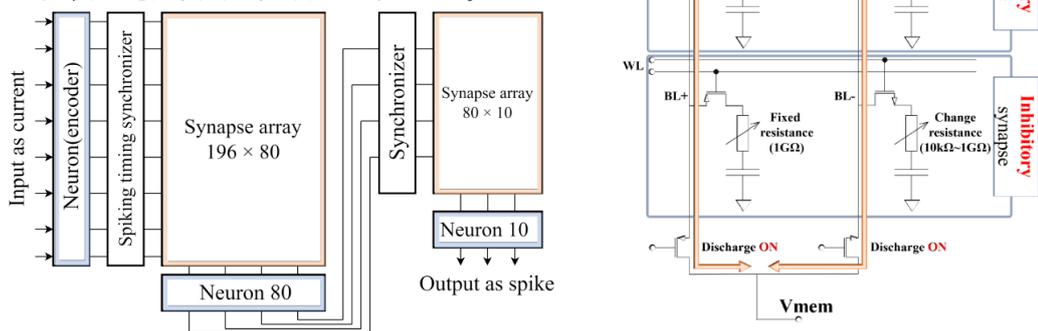


図 10 SNN のためのメモリスタとキャパシタによる融合シナプス

【**強誘電体キャパシタによるアナログメモキャパシタとスパイクングニューロモーフィックシステムへ応用**】

Y. Ishisaki, R. Oshio, T. Kuwahara, M. Shintani, E. Tokumitsu, T. Matsuda, H. Kawanishi, Y. Nakashima, 査読中  
 論文査読中のため詳細は省略するが、264TOPS/W の計算効率となった。180nm テクノロジで実現されていることはたいへんな驚きである。

【**キャパシタシナプスを集積化する実機 LSI**】 論文作成中  
 キャパシタシナプスを集積化する実機 LSI を作製し、現在は論文作成中である。

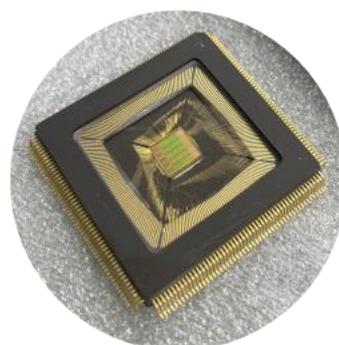


図 11 キャパシタシナプスを集積化する実機 LSI

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Takumi Kuwahara, Reon Oshio, Mutsumi Kimura, Renyuan Zhang, and Yasuhiko Nakashima	4. 巻 to be published
2. 論文標題 Fusion Synapse by Memristor and Capacitor for Spiking Neuromorphic Systems	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Neurocomputing	6. 最初と最後の頁 to be published
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yachida Kenta, Matsuda Tokiyoshi, Kawanishi Hidenori, KIMURA Mutsumi	4. 巻 to be published
2. 論文標題 Thin-film memristor using an amorphous metal-oxide semiconductor with a gradient composition of conducting components	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 to be published
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.35848/1347-4065/ad49f3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Oshio Reon, Sugahara Takuya, Sawada Atsushi, Kimura Mutsumi, Zhang Renyuan, Nakashima Yasuhiko	4. 巻 44
2. 論文標題 A Compressed Spiking Neural Network Onto a Memcapacitive In-Memory Computing Array	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEEE Micro	6. 最初と最後の頁 8~16
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/MM.2023.3285529	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Kimura Mutsumi, Ishisaki Yuma, Miyabe Yuta, Yoshida Homare, Ogawa Isato, Yokoyama Tomoharu, Haga Ken-Ichi, Tokumitsu Eisuke, Nakashima Yasuhiko	4. 巻 34
2. 論文標題 Neuromorphic System Using Memcapacitors and Autonomous Local Learning	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems	6. 最初と最後の頁 2366~2373
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TNNLS.2021.3106566	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Katagiri Tetsuya、Matsuda Tokiyoshi、Kawanishi Hidenori、Kimura Mutsumi	4. 巻 62
2. 論文標題 In-Ga-Zn-O memristor with double layers of different oxygen vacancy densities and long-term memory towards neuromorphic applications	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 058002 ~ 058002
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/acd498	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岩城 江津子、河西 秀典、木村 睦	4. 巻 J106-C
2. 論文標題 積層In-Ga-Zn-O薄膜を利用したニューロモルフィックデバイスの知的学習への応用	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌 C	6. 最初と最後の頁 129 ~ 136
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14923/transelej.2022PJP0001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Makioka Daisuke、Shiomi Shu、Kimura Mutsumi	4. 巻 11
2. 論文標題 Ga-Sn-O Thin-Film Memristor and Analog Plasticity Characteristic	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Journal of the Electron Devices Society	6. 最初と最後の頁 174 ~ 178
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JEDS.2023.3253465	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Kimura Mutsumi、Yamanaka Hiroki、Nakashima Yasuhiko	4. 巻 10
2. 論文標題 Application of Machine Learning to Environmental DNA Metabarcoding	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 101790 ~ 101794
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2022.3207173	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Iwagi Etsuko, Tsuno Takumi, Imai Takahito, Nakashima Yasuhiko, Kimura Mutsumi	4. 巻 10
2. 論文標題 Multilayer Crossbar Array of Amorphous Metal-Oxide Semiconductor Thin Films for Neuromorphic Systems	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Journal of the Electron Devices Society	6. 最初と最後の頁 784 ~ 790
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/JEDS.2022.3203364	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Morigaki Kazuki, Yatida Kenta, Katagiri Tetsuya, KIMURA Mutsumi	4. 巻 -
2. 論文標題 Switchover behavior between long-term potentiation and depression in amorphous Ga-Sn-O thin-film spike-timing-dependent-plasticity device	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac5d80	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kimura Mutsumi, Ishisaki Yuma, Miyabe Yuta, Yoshida Homare, Ogawa Isato, Yokoyama Tomoharu, Haga Ken-ichi, Tokumitsu Eisuke, Nakashima Yasuhiko	4. 巻 -
2. 論文標題 Neuromorphic System Using Memcapacitors and Autonomous Local Learning	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems	6. 最初と最後の頁 1 ~ 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TNNLS.2021.3106566	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kimura Mutsumi, Shibayama Yuki, Nakashima Yasuhiko	4. 巻 12
2. 論文標題 Neuromorphic chip integrated with a large-scale integration circuit and amorphous-metal-oxide semiconductor thin-film synapse devices	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 5359
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-09443-y	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shibayama Yuki, Ohnishi Yuki, Katagiri Tetsuya, Yamamoto Yuhei, Nakashima Yasuhiko, Kimura Mutsumi	4. 巻 42
2. 論文標題 Amorphous-Metal-Oxide-Semiconductor Thin-Film Planar-Type Spike-Timing- Dependent-Plasticity Synapse Device	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Electron Device Letters	6. 最初と最後の頁 1014 ~ 1016
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LED.2021.3082083	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ohnishi Yuki, Shibayama Yuki, Katagiri Tetsuya, Morigaki Kazuki, Yachida Kenta, Kimura Mutsumi	4. 巻 60
2. 論文標題 Amorphous Ga-Sn-O thin-film crosspoint-type spike-timing-dependent-plasticity device	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 078003 ~ 078003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac0d15	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kimura Mutsumi, Sumida Ryo, Kurasaki Ayata, Imai Takahito, Takishita Yuta, Nakashima Yasuhiko	4. 巻 11
2. 論文標題 Amorphous metal oxide semiconductor thin film, analog memristor, and autonomous local learning for neuromorphic systems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 580
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-79806-w	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Imanishi Kota, Matsuda Tokiyoshi, Kimura Mutsumi	4. 巻 41
2. 論文標題 Analysis of Carrier Mobility in Amorphous Metal-Oxide Semiconductor Thin-Film Transistor using Hall Effect	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Electron Device Letters	6. 最初と最後の頁 1025 ~ 1028
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LED.2020.2993268	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ikeda Hiroya, Yamane Hiroki, Takishita Yuta, Kimura Mutsumi, Nakashima Yasuhiko	4. 巻 11
2. 論文標題 Influence of characteristic variation of oxide semiconductor and comparison of the activation function in neuromorphic hardware	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE	6. 最初と最後の頁 232 ~ 252
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/nolta.11.232	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ikeda Hiroya, Yamane Hiroki, Takishita Yuta, Kimura Mutsumi, Nakashima Yasuhiko	4. 巻 11
2. 論文標題 Influence of characteristic variation of oxide semiconductor and comparison of the activation function in neuromorphic hardware	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE	6. 最初と最後の頁 232 ~ 252
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/nolta.11.232	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takishita Yuta, Kobayashi Masaki, Hattori Kazuki, Matsuda Tokiyoshi, Sugisaki Sumio, Nakashima Yasuhiko, Kimura Mutsumi	4. 巻 10
2. 論文標題 Memristor property of an amorphous Sn-Ga-O thin-film device deposited using mist chemical-vapor-deposition method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 035112 ~ 035112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5143294	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 松田 時宜、梅田 鉄馬、加藤 雄太、西本 大貴、杉崎 澄生、古田 守、木村 睦	4. 巻 J102-C
2. 論文標題 レアメタルフリー Ga-Sn-O 材料の薄膜トランジスタへの応用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電子情報通信学会論文誌 C	6. 最初と最後の頁 305 ~ 311
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kurasaki, Tanaka, Sugisaki, Matsuda, Koretomo, Magari, Furuta, Kimura	4. 巻 12
2. 論文標題 Memristive Characteristic of an Amorphous Ga-Sn-O Thin-Film Device with Double Layers of Different Oxygen Density	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials	6. 最初と最後の頁 3236 ~ 3236
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ma12193236	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kimura Mutsumi	4. 巻 58
2. 論文標題 Emerging applications using metal-oxide semiconductor thin-film devices	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 090503 ~ 090503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/ab1868	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Mutsumi Kimura, Kenta Umeda, Keisuke Ikushima, Toshimasa Hori, Ryo Tanaka, Junpei Shimura, Atsushi Kondo, Takumi Tsuno, Sumio Sugisaki, Ayata Kurasaki, Kaito Hashimoto, Tokiyoshi Matsuda, Tokiyoshi Kameda, and Yasuhiko Nakashima	4. 巻 90
2. 論文標題 Neuromorphic System with Crosspoint-type Amorphous Ga-Sn-O Thin-Film Devices as Self-Plastic Synapse Elements	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ECS Trans.	6. 最初と最後の頁 157 ~ 166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計119件 (うち招待講演 28件 / うち国際学会 68件)

1. 発表者名 木村 睦
2. 発表標題 薄膜メモデバイスとニューロモルフィックシステム
3. 学会等名 日本学術振興会 R025 先進薄膜界面機能創成委員会 第18回研究会 「情報通信技術における消費電力マネジメント」, 2024年4月 (招待講演)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura, Shihori Akane, Isao Horiuchi, Yasushi Hiroshima, and Yasuhiko Nakashima
2. 発表標題 Neuromorphic System using Memristor Array - Application Example of Phase-Change Memory using Cu <sub>2</sub> GeTe <sub>3</sub> &#8211;
3. 学会等名 PCOS 2023, Nov. 2023 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Etsuko Iwagi and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Character Inference Learning for Stacked Neuromorphic Devices using IGZO Thin Films
3. 学会等名 IEEE Electron Devices Society Kansai Chapter 第23回 関西コロキウム電子デバイスワークショップ, 2023年10月 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuma Ishisaki, Osuke Tanaka, Takumi Kuwahara, Hidenori Kawanishi, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Synaptic Characteristics of Ferroelectric Capacitors for Neuromorphic Systems
3. 学会等名 IEEE Electron Devices Society Kansai Chapter 第23回 関西コロキウム電子デバイスワークショップ, 2023年10月 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura, Yuji Miyato, Hidenori Kawanishi, Michihiro Shintani, Mami N. Fujii, Tokiyoshi Matsuda, Yusaku Magari
2. 発表標題 Thin-Film Memristors & Memcapacitors for 3D Integration of Neuromorphic Systems - Display Technology for Electronics Applications !!
3. 学会等名 SID Taipei Chapter, Student Chapter, IEEE Tainan Section, Sep. 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 木村 睦
2. 発表標題 酸化物半導体薄膜デバイスによるニューロモフィックシステム
3. 学会等名 JST SICORP 日本-台湾研究交流 応用物理学会トータルバイオミメティクス研究会 新材料・新原理で築くニューロモフィックシステム, 2023年8月
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Thin-Film Memdevices and Neuromorphic Systems
3. 学会等名 The 12th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer, SS4-1, Feb. 2024 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Kazuma Uno, Hodehito Kita, Atushi Horiuchi, Tokiyoshi Matsuda, Hidenori Kawanishi, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Fabrication of Ga-Sn-O Thin Film Device by Mist CVD and the Application to Spiking Timing Dependent Plasticity (STDP)
3. 学会等名 IMFEDK 2023, Nov. 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Taiyo Shinoda, Yuki Kawasaki, Ren Deguchi, Tokiyoshi Matsuda, Hidenori Kawanishi, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Characteristics of Non-Volatile Charge Trap Memory based on a-IGZO TFTs with Hf <sub>0.5</sub> Zr <sub>0.5</sub> O <sub>2</sub> as a Gate Insulator
3. 学会等名 IMFEDK 2023, Nov. 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kunimoto Masaya, Kazuki Sawai, Kenta Yachida, Tokiyoshi Matsuda, Hidenori Kawanishi, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Initial State Dependent Neuromorphic Device on Resistance Change of a-IGZO Memristor combined with Capacitor
3. 学会等名 IMFEDK 2023, Nov. 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Arashi Dakeyama, Ryo Ito, Seiya Nakagawa, Hidenori Kawanishi, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 ReRAM using Al-Sn-O Film formed by Mist CVD Method
3. 学会等名 IMFEDK 2023, Nov. 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Tsuguyoshi Nakaso, Ryo Ito, Tokiyoshi Matsuda, Hidenori Kawanishi, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Switching Characteristics of a-IGZO-based 3-layer ReRAM
3. 学会等名 IMFEDK 2023, Nov. 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kazuki Sawai, Kenta Yachida, Yoshiya Abe, Tokiyoshi Matsuda, Hidenori Kawanishi, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Reset Operation of Thin-Film Neuromorphic Devices integrating a Memristor and a Capacitor
3. 学会等名 IMFEDK 2023, Nov. 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 伊藤 良, 杉崎 澄生, 嶽山 嵐, 中川 聖也, 松田 時宜, 河西 秀典, 木村睦
2. 発表標題 ミスTCVD法によるGa <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 薄膜メモリスタのアナログ特性
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会 第20回研究集会, pp. 85-87, 2023年11月
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Atsushi Sawada, Reon Oshio, Mutsumi Kimura, Renyuan Zhang, and Yasuhiko Nakashima
2. 発表標題 Spiking Neuromorphic System using Memcapacitors and Pulse Accumulation Circuits
3. 学会等名 2023 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, NOLTA 2023, pp. 124-127, Sep. 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Reon Oshio, Takumi Kuwahara, Mutsumi Kimura, and Yasuhiko Nakashima
2. 発表標題 Time-Domain Subtractive Readout Scheme for Scalable Capacitive Analog In-Memory Computing
3. 学会等名 IEEE SOCC 2023, pp. 309-314, Sep. 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura, Shu Shiomi, Norito Komai, Etsuko Iwagi, Tomoharu Yokoyama, Yuma Ishisaki, Tokiyoshi Matsuda, and Hidenori Kawanishi
2. 発表標題 Thin-Film Memristors and Memcapacitors for 3D Integration of Neuromorphic Systems
3. 学会等名 IEEE SOCC 2023, pp. 303-308, Sep. 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kenta Yachida, Yoshiya Abe, Kazuki Sawai, Tokiyashi Matsuda, Hidenori Kawanishi, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Novel Thin-Film Neuromorphic Devices integrating Memristors and Capacitors
3. 学会等名 AM-FPD '23 pp. 232-233, July 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ryo Ito, Sumio Sugisaki, Arashi Dakeyama, Tokiyoshi Matsuda, Hidenori Kawanishi, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Amorphous Ga-Al-O Thin Film Double-layer Memristor with Different Oxygen Density fabricated by Mist CVD Method
3. 学会等名 AM-FPD '23 pp. 182-183, July 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takumi Kuwahara
2. 発表標題 Memcapacitor, promising device for SNN
3. 学会等名 ICONS 2023, Aug. 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takumi Kuwahara, Yuma Ishisaki, Hiroki Umemura, Hiroyuki Nishinaka, Mutsumi Kimura, and Yasuhiko Nakashima
2. 発表標題 Memcapacitor-type Synapse and AC Driving Scheme for Ultra-low Power Consumption Neuromorphic Systems
3. 学会等名 ICONS 2023, Aug. 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 浦田 涼雅, 篠田 太陽, 木村 睦, 新谷 道広
2. 発表標題 ガウス過程回帰に基づく薄膜強誘電体メモキャパシタのモデル化と評価
3. 学会等名 電子情報通信学会, VLD2023-128, pp. 151-156, 2024年3月
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 谷内田 健太, 阿部 祥也, 澤井 一輝, 松田 時宜, 河西 秀典, 木村 睦
2. 発表標題 メモristaを用いたシナプス素子によるニューロンの膜電位変化の再現
3. 学会等名 発光型 / 非発光型ディスプレイ合同研究会, EID2023-4, pp. 9-12, 2024年1月
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Yoshiya Abe, Kenta Yachida, Kazuki Sawai, Mutsumi Kimura, Hidenori Kawanishi, and Tokiyoshi Matsuda
2. 発表標題 Resistance Change Behavior using Negative Resistance in ReRAM with Three-layer GTO
3. 学会等名 発光型 / 非発光型ディスプレイ合同研究会, EID2023-3, pp. 5-8, 2024年1月
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 三上 創太, 木村 睦, 宮戸 祐治
2. 発表標題 ガリウムスズ酸化物薄膜ReRAMにおける負性微分抵抗の発現
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会, 21p-P09-26, 2023年9月
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 木村 睦, 宮戸 祐治, 新谷 道広, 藤井 菜美, 曲 勇作, 河西 秀典, 松田 時宜, 神谷 利夫
2. 発表標題 酸化物半導体によるAIコンピューティングの最前線
3. 学会等名 第70回 応用物理学会春季学術講演会 シンポジウム 「ディスプレイの次のキラーアプリをねらえ! 酸化物半導体の最前線」, 17p-E302-6, 100000001-273, 2023年3月 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yuki Ohnishi, Tetsuya Katagiri, Yuhei Yamamoto, Yasuhiko Nakashima, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Amorphous-Metal-Oxide-Semiconductor Thin-Film Planar-Type Spike-Timing Dependent-Plasticity Synapse Device
3. 学会等名 IEEE Electron Devices Society Kansai Chapter 第22回 関西コロキウム電子デバイスワークショップ, 2022年10月 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Development of Neuromorphic Systems and Emerging Devices : Revolutionize Artificial Intelligence with your Devices !!
3. 学会等名 AM-FPD '22, pp. 74-77, July 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Machine Learning using Thin-Film Devices for Letter Recognition
3. 学会等名 IDMC 2022, Apr. 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shihori Akane, Isao Horiuchi, Yasushi Hiroshima, Yasuhiko Nakashima, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Phase-Change Memory using Cu <sub>2</sub> GeTe <sub>3</sub> and Multiple Writing Technique for Neuromorphic Systems
3. 学会等名 ICCE 2023, Jan. 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Shu Shiomi, Daisuke Makioka, Hidenori Kawanishi, Tokiyohi Matsuda, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Analog and Digital Memristor Characteristics in Ga-Sn-O Three-layered ReRAM
3. 学会等名 IMFEDK 2022, Nov. 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tetsuya Katagiri, Kazuki Morigaki, Kenta Yachida, Hidenori Kawanishi, Mutsumi Kimura, and Tokiyoshi Matsuda
2. 発表標題 Metal Electrode-dependent Properties of a-IGZO ReRAM
3. 学会等名 IMFEDK 2022, Nov. 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Naoki Sahara, Tetuya Katagiri, Kenta Yachida, Kazuki Morigaki, Norito Komai, Tokiyoshi Matsuda, Hidenori Kawanishi, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Characterization of In-Ga-Zn-O Thin Film Synapses for Neuromorphic Device using Spike-Timing-Dependent-Plasticity
3. 学会等名 IMFEDK 2022, Nov. 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Norito Komai, Tetsuya Katagiri, Naoki Sahara, Kazuma Uno, Hidehito Kita, Tokiyoshi Matsuda, Hidenori Kawanishi, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Ga-Sn-O Thin-Film Device using Mist CVD Method and Spike-Timing-Dependent-Plasticity (STDP)
3. 学会等名 IMFEDK 2022, Nov. 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takumi Kuwahara, Reon Oshio, Hidenori Kawanishi, Mutsumi Kimura, and Yasuhiko Nakashima
2. 発表標題 Combination of Memristor and Capacitor for Synapse Device in Neuromorphic Spiking Computing
3. 学会等名 IMFEDK 2022, Nov. 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷内田 健太, 桑原 拓海, 阿部 祥也, 澤井 一輝, 松田 時宜, 河西 秀典, 木村 睦
2. 発表標題 メモリスタとキャパシタを用いたシナプス素子の評価
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会 第19回研究集会, pp. 203-206, 2022年11月
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 石崎 勇真, 田中 欧介, 桑原 拓実, 河西 秀典, 松田 時宜, 木村 睦
2. 発表標題 強誘電体薄膜を用いたメムキャパシタのアナログ動作の評価と文字補正応用
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会 第19回研究集会, pp. 173-176, 2022年11月
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 伊藤 良, 杉崎 澄生, 嶽山 嵐, 松田 時宜, 河西 秀典, 木村 睦
2. 発表標題 ミスTCVD法によるアモルファスGa-Al-O薄膜デバイスのメモrista特性
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会 第19回研究集会, pp. 81-83, 2022年11月
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura, Yoshinori Miyamae, Mitsuo Tamura, and Yasuhiko Nakashima
2. 発表標題 Letter Reproduction from Incomplete Image to Complete Image by Neuromorphic System using LSI Neurons and MOSFET Synapses
3. 学会等名 Euro Display 2022, Sep. 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Etsuko Iwagi and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Character Inference Learning for Stacked Neuromorphic Devices using IGZO Thin Films
3. 学会等名 AM-FPD '22, pp. 163-166, July 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tetsuya Katagiri, Kazuki Morigaki, Kenta Yachida, Hidenori Kawanishi, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 ReRAM Multi-level Characteristics for Analog Computing
3. 学会等名 AM-FPD '22, pp. 146-147, July 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuma Ishisaki, Osuke Tanaka, Takumi Kuwahara, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Synaptic Characteristics of Ferroelectric Capacitors for Neuromorphic Systems
3. 学会等名 AM-FPD '22, pp. 144-145, July 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kenta Yachida, Tetsuya Katagiri, Norito Koma, Naoki Sahara, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Spike-Timing-Dependent-Plasticity Characterization of Ga-Sn-O Thin Film Synaptic Device
3. 学会等名 AM-FPD '22, pp. 94-97, July 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Reon Oshio, Takuya Sugahara, Atsushi Sawada, Mutsumi Kimura, Renyuan Zhang, and Yasuhiko Nakashima
2. 発表標題 A Memcapacitive Spiking Neural Network with Circuit Nonlinearity-aware Training
3. 学会等名 IEEE COOL Chips 2022, Apr. 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 宮戸 祐治, 廣瀬 尊之, 片桐 徹也, 三上 創太, 小林 圭, 木村 睦
2. 発表標題 IGZOおよびGTO-ReRAMにおけるフォーミング時の特性変化測定
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会, 23a-P06-28, pp. 16-097, 2022年9月
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Development of Neuromorphic Systems and Emerging Devices
3. 学会等名 AM-FPD '22 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Machine Learning using Thin-Film Devices for Letter Recognition
3. 学会等名 IDMC 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 木村 睦
2. 発表標題 ニューロモーフィックシステム&デバイス
3. 学会等名 IEEE Computer Society Kansai Chapter, 2021年 第2回技術講演会, ~AI向け次世代計算技術~ (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura and Yasuhiko Nakashima
2. 発表標題 Feasibility Studies of Novel Applications using AOS Devices for Flexible Electronics
3. 学会等名 MRM 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村 睦
2. 発表標題 AIの基礎の基礎 - 画像認識・分類問題 -
3. 学会等名 IDW '21 チュートリアル(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura, Sumio Sugisaki, Ayata Kurasaki, and Yuki Shibayama
2. 発表標題 - Presentation from TFMD - AI Electronics using Thin-Film Devices
3. 学会等名 ICFPE 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura, Yuta Takishita, Ryugo Okamoto, and Tokiyoshi Matsuda
2. 発表標題 GTO-TFT deposited using Mist-CVD
3. 学会等名 ICDT 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Reon Oshio, Atsushi Sawada, Mutsumi Kimura, Renyuan Zhang, and Yasuhiko Nakashima
2. 発表標題 Preliminary Evaluation for Multi-domain Spike Coding on Memcapacitive Neuromorphic Circuit
3. 学会等名 CANDAR 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Daisuke Makioka, Kaito Hashimoto, Ryo Sumida, Shu Shiomi, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Investigation of Multi-level Characteristics in Ga-Sn-O Three-layered ReRAM
3. 学会等名 IMFEDK 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Hiroki Umemura, Yuma Ishisaki, Daiki Matsukawa, Mutsumi Kimura, and Hiroyuki Nishinaka
2. 発表標題 Evaluation of Electrical Properties of Ferroelectric HfO <sub>2</sub> Thin Films for Neuromorphic Systems
3. 学会等名 IMFEDK 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kazuki Morigaki, Tetsuya Katagiri, Kenta Yachida, Norito Komai, Naoki Sahara, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Characteristics of 3-layer Ga-Sn-O Thin Film Synapses for Neuromorphic Devices using Spike-Timing-Dependent Plasticity
3. 学会等名 IMFEDK 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Daiki Matsukawa, Yuma Ishisaki, Hiroki Umemura, Mutsumi Kimura, Mohit, and Eisuke Tokumitsu
2. 発表標題 Memcapacitive Characteristics of Ferroelectric Capacitance for Neuromorphic Systems and Application of Y-doped Hf <sub>0.5</sub> Zr <sub>0.5</sub> O <sub>2</sub>
3. 学会等名 IMFEDK 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Kenta Yatida, Tetuya Katagiri, Kazuki Morigaki, Norito Komai, Naoki Sahara, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Characterization of Ga-Sn-O Thin Film Synapses using Spike-Timing-Dependent Plasticity Learning Rules
3. 学会等名 IMFEDK 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福井 智貴, 中川 滉貴, 枝広 龍磨, 木村 睦
2. 発表標題 RFマグネトロンスパッタリング法で成膜した(Bi,La)4Ti3O12薄膜の作製条件最適化
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会 第18回研究集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 片桐 徹也, 木村 睦, 森垣 和樹, 谷内田 健太
2. 発表標題 電極により異なる特性を示すIn-Ga-Zn-O薄膜ReRAM
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会 第18回研究集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 角田 涼, 橋本 快人, 牧岡 大輔, 木村 睦
2. 発表標題 Ga-Sn-O薄膜を用いた抵抗変化型メモリのメモリストタ特性の印加電圧依存
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会 第18回研究集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 杉崎 澄生, 伊藤 良, 松田 時宜, 木村 睦
2. 発表標題 ミスド CVD法によるニューロモルフィックアプリケーション用Gax-Sn1-x-0 / Gax-Al1-x-0デバイスのメモリスタ特性
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会 第18回研究集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 石崎 勇真, 梅村 浩輝, 松川 大毅, 徳光 永輔, 羽賀 健一, 木村 睦
2. 発表標題 ニューロモーフィックシステムにおけるキャパシタ型シナプス用強誘電体薄膜の誘電特性評価と文字補正応用
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会 第18回研究集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岩城 江津子, 木村 睦
2. 発表標題 IGZO薄膜を利用した3層ニューロモルフィックデバイス
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会 第18回研究集会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura, Yuki Shibayama, Yuki Onishi, and Yasuhiko Nakashima
2. 発表標題 Amorphous Metal-Oxide Thin-Film Memdevices and Integration to Neuromorphic Systems
3. 学会等名 MEMRISYS 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1 . 発表者名 Mutsumi Kimura, Yoshinori.Miyamae, Mitsuo Tamura, and Yasuhiko Nakashima
2 . 発表標題 Neuromorphic System using LSI Neurons and MOSFET Synapses with Autonomous Learning Rule
3 . 学会等名 ICONS 2021 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Tetsuya Katagiri, Kazuki Morigaki, Kenta Yachida, and Mutsumi Kimura
2 . 発表標題 Double-Layer ReRAM with In-Ga-Zn-O Thin Film for Neuromorphic
3 . 学会等名 AM-FPD '21 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Etsuko Iwagi, and Mutsumi Kimura
2 . 発表標題 Stacked Cross-Point Memory using IGZO Thin Film for Synaptic Elements
3 . 学会等名 AM-FPD '21 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1 . 発表者名 Yuma Ishisaki, Hiroki Umemura, Daiki Matsukawa, Eisuke Tokumitsu, Kenichi Haga, Toshihiro Doi, and Mutsumi Kimura
2 . 発表標題 Ferroelectric Thin Film for a Capacitor-type Synapse in Neuromorphic Systems
3 . 学会等名 AM-FPD '21 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomoki Fukui, Koki Nakagawa, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Non-Volatile Memory using a Ga-Sn-O TFT with a Stacked Gate Insulator Film of SiO <sub>2</sub> and (Bi,Lu) <sub>4</sub> Ti <sub>3</sub> O <sub>12</sub>
3. 学会等名 AM-FPD '21 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Reon Oshio, Atsushi Sawada, Mutsumi Kimura, Renyuan Zhang, Yasuhiko Nakashima
2. 発表標題 Multimodal Spike Coding for Memcapacitive Neuromorphic System
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 澤田 篤志, 押尾 怜穂, 張 任遠, 木村 睦, 中島 康彦
2. 発表標題 メモキャパシタを用いたスパイクニューラルネットワークの開発 ~ シナプス強度とキャパシタンスの変換方式改善による認識精度のロス低減 ~
3. 学会等名 電子情報通信学会, VLD2021-32
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村 睦, 中島 康彦
2. 発表標題 薄膜メモデバイスによるニューロモーフィックシステム
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 澤田 篤志, 押尾 怜穂, 野村 武司, 張 任遠, 木村 睦, 中島 康彦
2. 発表標題 MEMキャパシタを用いたスパイクイングニューラルネットワークの開発
3. 学会等名 電子情報通信学会, CPSY2021-11
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura, Yuta Takishita, Ryugo Okamoto, and Tokiyoshi Matsuda
2. 発表標題 GTO-TFT deposited using Mist-CVD
3. 学会等名 ICDT 2021, May 2021, to be presented (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村 睦, 中島 康彦
2. 発表標題 薄膜積層集積デバイスと局所自律学習によるニューロモーフィックシステム
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会 シンポジウム 「AI/IoT時代を支えるポストムーアパラダイムへの挑戦」, 18p-Z06-7, 100000001-232, pp. 2021年3月 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 木村 睦
2. 発表標題 薄膜デバイスを用いたニューロモーフィックシステム - 有機デバイスの可能性 -
3. 学会等名 高分子学会 有機エレクトロニクス研究会, 2020年12月 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura, Tokiyoshi Matsuda, Sumio Sugisaki, Ayata Kurasaki, and Isao Horiuchi
2. 発表標題 GTO TFT, Memristor, Thermoelectric Device, Neuromorphic System, etc.
3. 学会等名 ICDT 2020, Oct. 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuta Takishita, Mutsumi Kimura, and Yasuhiko Nakashima
2. 発表標題 Image Recognition Using Oxide Semiconductor Crossbar Memristors with Implementation of Slit Detection and Local Autonomous Learning
3. 学会等名 IDW '20, pp. 973-976, Dec. 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuta Takishita, Mutsumi Kimura, and Yasuhiko Nakashima
2. 発表標題 Image Recognition by Implementation of Visual Cortex and Xbar Memristor
3. 学会等名 2020 International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, NOLTA 2020, Nov. 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柴山 友輝, 大西 祐輝, 山川 大樹, 山根 弘樹, 中島 康彦, 木村 睦
2. 発表標題 ニューロモルフィックデバイス用Ga-Sn-O 薄膜シナプス
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会 第17回研究集会, pp. 129-131, 2020年11月
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 倉崎 彩太, 橋本 快人, 角田 涼, 赤根 詩穂里, 牧岡 大輔, 杉崎 澄生, 木村 睦
2. 発表標題 Ga-Sn-O 薄膜を用いた二層構造ReRAM の最適化
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会 第17回研究集会, pp. 126-128, 2020年11月
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉崎 澄生, 倉崎 彩太, 荒牧 達也, 松田 時宜, 木村 睦
2. 発表標題 ミスト CVD 法を用いた $Gax-Sn_{1-x}O/Ga-Ox$ 薄膜デバイスのメモリスタ特性
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会 第17回研究集会, pp. 59-62, 2020年11月
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuki Shibayama, Yuki Ohnishi, Daiki Yamakawa, Hiroki Yamane, Yasuhiko Nakashima, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Ga-Sn-O Thin Film Synapse for Neuromorphic Device
3. 学会等名 AM-FPD '20, P-3, Sep. 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Thi Diem Tran, Mutsumi Kimura, and Yasuhiko Nakashima
2. 発表標題 Primary Visual Cortex inspired Feature Extraction Hardware Model
3. 学会等名 SigTelCom 2020, Aug. 2020, to be published (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 赤根 詩穂里, 堀内 功, 木村 睦
2. 発表標題 Cu <sub>2</sub> GeTe <sub>3</sub> を用いた相変化メモリ
3. 学会等名 電子情報通信学会, EID2020-13, pp. 50-53, 2020年12月
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 倉崎 彩太, 橋本 快斗, 角田 涼, 赤根 詩穂里, 牧岡 大輔, 杉崎 澄生, 木村 睦
2. 発表標題 Ga-Sn-O薄膜を用いた二層構造ReRAMの最適化
3. 学会等名 電子情報通信学会, EID2020-12, pp. 46-49, 2020年12月
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大西 祐輝, 柴山 友輝, 山川 大樹, 池田 裕哉, 中島 康彦, 木村 睦
2. 発表標題 IGZO薄膜シナプスを用いた脳型システム
3. 学会等名 電子情報通信学会, EID2020-7, pp. 25-28, 2020年12月
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 片桐 徹也, 山川 大樹, 谷内田 健太, 森垣 和樹, 木村 睦
2. 発表標題 STDP学習側を用いた酸化物半導体薄膜シナプス素子の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会, EID2020-6, pp. 21-24, 2020年12月
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 石崎 勇真, 梅村 浩輝, 松川 大毅, 木村 睦, 徳光 永輔, 羽賀 健一, 土井 利浩
2. 発表標題 ニューラルネットワーク用強誘電体薄膜の誘電特性評価
3. 学会等名 電子情報通信学会, EID2020-5, pp. 17-20, 2020年12月
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩城 江津子, 津野 拓海, 木村 睦
2. 発表標題 IGZO薄膜を利用したシナプス素子の積層クロスポイントメモリ
3. 学会等名 電子情報通信学会, EID2020-4, pp. 13-16, 2020年12月
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 角田 涼, 倉崎 彩太, 木村 睦
2. 発表標題 アモルファス酸化物半導体メモリスタの特性測定自動化とその効果
3. 学会等名 電子情報通信学会, EID2020-1, pp. 1-4, 2020年12月
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木村 睦, 中島 康彦
2. 発表標題 局所自律学習則を用いるリアルニューロモフィックシステム - 局所自律学習則のバックプロパゲーションへの応用 -
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会, 9p-Z28-17, pp. 19-030, 2020年9月
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Neuromorphic System using Thin-Film Devices as a Novel Computing System
3. 学会等名 ISACIT 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村 睦
2. 発表標題 薄膜デバイスを用いたニューロモーフィックシステム - 有機デバイスの可能性 -
3. 学会等名 高分子学会 有機エレクトロニクス研究会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木村 睦
2. 発表標題 薄膜デバイスを用いたリアルニューロモーフィックシステム
3. 学会等名 エレクトロニクス実装学会 第34回春季講演大会 特別シンポジウム 「IoTによるフィジカル空間変革とAI社会実装」 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木村 睦
2. 発表標題 薄膜デバイスを用いたニューロモーフィックシステム
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会 高知特別研究会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Brain-like Integrated System using Thin-Film Devices
3. 学会等名 The 8th RIEC International Symposium on Brain Functions and Brain Computer (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Neuromorphic Chip using AOS Thin-Film Devices
3. 学会等名 The 77th Fujihara Seminar (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Novel application using TFTs
3. 学会等名 IMID 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Neuromorphic System using Thin-Film Devices
3. 学会等名 2019 ULSIC vs. TFT Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Mutsumi Kimura, Kenta Umeda, Keisuke Ikushima, Toshimasa Hori, Ryo Tanaka, Tokiyoshi Matsuda, Tomoya Kameda, and Yasuhiko Nakashima
2 . 発表標題 Neuro-inspired System with Crossbar Array of Amorphous Metal-Oxide-Semiconductor Thin-Film Devices as Self-Plastic Synapse Units - Letter Recognition of Five Alphabets -
3 . 学会等名 The 26th International Conference on Neural Information Processing, ICONIP 2019 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Kaito Hashimoto, Ayata Kurasaki, Mutsumi Kimura, and Tokiyoshi Matsuda
2 . 発表標題 In-Ga-Zn-O Film Thickness Dependence of Memristor Characteristic for Resistive Random Access Memory
3 . 学会等名 IMFEDK 2019 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yuki Shibayama, Daiki Yamakawa, Yuki Onishi, and Mutsumi Kimura
2 . 発表標題 Ga-Sn-O Thin Film Synapse for Neural Network
3 . 学会等名 IMFEDK 2019 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Takumi Tsuno, Jumpei Shimura, Atsushi Kondo, and Mutsumi Kimura
2 . 発表標題 Synapse Elements in Neural Network Based on Multilayer Cross-Point Device using IGZO
3 . 学会等名 IMFEDK 2019 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Homare Yoshida, Yuta Miyabe, and Mutsumi Kimura
2. 発表標題 Crystal Growth of (Bi, La)4Ti3O12 Using a Two Step Deposition Process
3. 学会等名 IMFEDK 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柴山 友輝, 山川 大樹, 大西 祐輝, 山根 弘樹, 中島 康彦, 木村 睦
2. 発表標題 ニューラルネットワーク用Ga-Sn-O薄膜シナプス
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会 第16回研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山川 大樹, 柴山 友輝, 大西 祐輝, 池田 裕哉, 中島 康彦, 木村 睦
2. 発表標題 アモルファスIn-Ga-Zn-O薄膜シナプスの可塑性
3. 学会等名 薄膜材料デバイス研究会 第16回研究集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura, Keisuke Ikushima, Daiki Yamakawa, Hiroki Yamane, and Yasuhiko Nakashima
2. 発表標題 Real Neuromorphic System using LSI Chip and Thin-Film Devices
3. 学会等名 ICONS 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Ayata Kurasaki, Sumio Sugisaki, Ryo Tanaka, Tokiyoshi Matsuda, and Mutsumi Kimura
2 . 発表標題 Development of Two-Layered ReRAM using Ga-Sn-O Thin Film
3 . 学会等名 AM-FPD '19 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Daiki Yamakawa, Yuki Shibayama, Hiroki Yamane, Yasuhiko Nakashima, and Mutsumi Kimura
2 . 発表標題 Evaluation of IGZO Synapses for Neuromorphic Systems
3 . 学会等名 AM-FPD '19 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yan Chen, Jing Zhang, Yingjie Zhang, Renyuan Zhang, Mutsumi Kimura, and Yasuhiko Nakashima
2 . 発表標題 A Programmable Calculation Unit Employing Memcapacitor-based Neuromorphic Circuit
3 . 学会等名 NEWCAS 2019 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Hiroya Ikeda, Hiroki Yamane, Yuki Shibayama, Mutsumi Kimura, and Yasuhiko Nakashima
2 . 発表標題 Evaluation of Neuromorphic Hardware using Cellular Neural Networks and Oxide Semiconductors
3 . 学会等名 APDCM 2019 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 橋本 快人, 倉崎 彩太, 田中 遼, 杉崎 澄生, 角田 涼, 木村 睦
2. 発表標題 Ga-Sn-O薄膜を用いた抵抗変化型メモリのメモリストタ特性の電極依存性
3. 学会等名 映像情報メディア学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田 誉, 石崎 勇真, 宮部 雄太, 木村 睦
2. 発表標題 2段階堆積プロセスを用いた(Bi,La)4T13O12薄膜の結晶成長
3. 学会等名 映像情報メディア学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 津野 拓海, 近藤 厚志, 新村 純平, 田中 遼, 山川 大樹, 柴山 友輝, 岩城 江津子, 木村 睦
2. 発表標題 ニューラルネットワークのための多層クロスポイント型シナプス素子
3. 学会等名 映像情報メディア学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林 雅樹, 杉崎 澄生, 木村 睦
2. 発表標題 ミスT-CVD法によるGa-Sn-O薄膜を用いたメモリストタ開発
3. 学会等名 映像情報メディア学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Mutsumi Kimura, Keisuke Ikushima, Daiki Yamakawa, Hiroki Yamane, and Yasuhiko Nakashima
2. 発表標題 Neuromorphic System using an LSI Chip and a-IGZO Thin-Film Devices
3. 学会等名 38th Electronic Materials Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 木村 睦, 田中 遼, 山川 大樹, 柴山 友輝, 池田 裕哉, 滝下 雄太, 中島 康彦
2. 発表標題 局所学習則と薄膜デバイスを用いるリアルニューロモーフィックシステム - 文字学習の動作確認 -
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Mutsumi Kimura	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Wiley	5. 総ページ数 -
3. 書名 Neuromorphic Chip using AOS Thin-Film Devices, Amorphous Oxide Semiconductors: IGZO and Related Materials for Display and Memory, Chapter 22, May 2022	

1. 著者名 Mutsumi Kimura	4. 発行年 2022年
2. 出版社 Wiley	5. 総ページ数 640
3. 書名 Neuromorphic Chip using AOS Thin-Film Devices, Amorphous Oxide Semiconductors: IGZO and Related Materials for Display and Memory	

〔出願〕 計10件

産業財産権の名称 ニューロモーフィック装置及びニューロモーフィックシステム	発明者 木村 睦、中島 康彦、滝下 雄太	権利者 奈良先端科学技術大学院大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-558995	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 積和回路およびその積和回路を備えたニューラルネットワーク	発明者 木村 睦、谷内田 健太、桑原 拓海、押尾 怜穂、中島 康彦	権利者 龍谷大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2022-085622	出願年 2022年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 スパイクングニューラルネットワークを実行するための装置及び方法、並びに、スパイクングニューロモーフィックシステム	発明者 押尾 怜穂、木村 睦、張 任遠、中島 康彦	権利者 奈良先端科学技術大学院大学
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2022/ 40150	出願年 2022年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 スパイクングニューラルネットワークを実行するための装置及び方法、並びに、スパイクングニューロモーフィックシステム	発明者 押尾、木村、張、中島	権利者 NAIST
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-178174	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 制御装置	発明者 中島、木村、張	権利者 NAIST
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-027859	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 メモリスト及びそれを用いたニューラルネットワーク	発明者 木村 睦、杉崎 澄生、宮前 義範	権利者 龍谷大学
産業財産権の種類、番号 特許、PCT/JP2018/39111	出願年 2021年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 MEMRISTOR AND NEURAL NETWORK USING SAME	発明者 木村 睦、杉崎 澄生、宮前 義範	権利者 龍谷大学
産業財産権の種類、番号 特許、US11,276,820	出願年 2021年	国内・外国の別 外国

産業財産権の名称 制御装置	発明者 中島、木村、張	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2021-27859	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 ニューラルネットワーク	発明者 木村、小川、宮前	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-197991	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 ニューロモーフィック装置及びニューロモーフィックシステム	発明者 木村、中島	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-183082	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 曖昧パターンマッチングのための回路構成方法	発明者 中島、木村、張	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-091392	取得年 2024年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	中島 康彦  (Nakashima Yasuhiko)  (00314170)	奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・教授    (14603)	
研究分担者	Z H A N G R e n y u a n  (Zhang Renyuan)  (00709131)	奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・准教授    (14603)	
研究分担者	松田 時宜  (Matsuda Tokiyoshi)  (30389209)	龍谷大学・公私立大学の部局等・研究員    (34316)	
研究分担者	羽賀 健一  (Haga Ken-ichi)  (40751920)	北陸先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・助教    (13302)	
研究分担者	徳光 永輔  (Tokumitsu Eisuke)  (10197882)	北陸先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・教授    (13302)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
米国	University of California San Diego		
その他の国・地域(台湾)	国立成功大学		