

第 63 回応用物理学会春季学術講演会 分科企画シンポジウム報告 (6.薄膜・表面)

「次世代ニューロモルフィックハードウェアにおける機能性酸化物の役割」

矢嶋起彬 (東大)、秋永広幸 (産総研)、木下健太郎 (鳥取大)、組頭広志 (高エネ研)、田中秀和 (阪大)、内藤泰久 (産総研)、廣瀬靖 (東大)

近年、人間の脳を模倣した次世代の情報処理ハードウェア「ニューロモルフィックハードウェア」に向けた研究が活発化しています。この新しい分野では、材料・デバイスレベルからの幅広い知識の融合が不可欠であり、機能性酸化物研究に新しいフロンティアを提供しています。本シンポジウムは、機能性酸化物の観点から、国内のパイオニアの方々にその最前線について講演していただくことを目的として、企画されました。

プログラム編成に当たっては、ニューロモルフィックハードウェアのシステム全体と、構成要素であるデバイスとに焦点を置き、以下に示す 9 件の招待講演と 1 件の一般講演で構成しました。

1. 新しい集積回路でシリコン脳を創る
○黒田忠広 (基調講演)
2. ニューロチップの動向と未来
○百瀬啓、浅井哲也 (招待講演)
3. 酸化物ナノイオニクスによるニューロモルフィック機能の創出
○鶴岡徹、寺部一弥、長谷川剛、青野正和 (招待講演)
4. Pt/NiO/Pt 抵抗変化素子におけるリセットの駆動力
○西佑介、木本恒暢
5. シリコン神経ネットワークとその課題
○河野崇 (招待講演)
6. 小脳、大脳基底核、大脳皮質の回路構造から学習機構へ
○銅谷賢治 (招待講演)
7. ニューロモルフィック制御システムにおける酸化物材料の役割
○堀田育志 (招待講演)
8. シナプス可塑性に学ぶネットワーク回路構造の自己組織化 - 位相振動子結合系による解析 -
○青木高明 (招待講演)
9. Is my device neuromorphic?
○Stoliar Pablo、Schulman Alejandro、Inoue Isao (招待講演)
10. 生体を模倣したエレクトロニクスと材料開発 - 雑音を利用した信号伝送と情報処理 -
○神吉輝夫、田中秀和 (招待講演)

シンポジウムは好天に恵まれた講演会 3 日目 (3/16) の午後に行われました。前半はシリコンエレクトロニクスと **ReRAM** 素子に関するもので、黒田氏 (慶応大) による基調講演から始まりました。講演では、近接場を用いて集積回路の中で無線通信を行う技術や、配線の漏れ磁場を利用してチップ間で無線通信を行う技術が紹介されました。さらにこれらの無線技術を駆使することで、複数のチップを手軽に 3 次元積層することが可能になり、左脳的な演算チップと右脳的な並列処理チップとの積層によって画期的なハードウェアを生み出す計画などが紹介されました。また引き続き、百瀬氏 (北大) による招待講演では、ニューロモルフィックハードウェアの向けたこれまでの世界的な取り組みについて、俯瞰的にまとめられました。その後、テーマは **ReRAM** へと移り、鶴岡氏 (物材機構) による招待講演では、固体内の異なる **RedOx** 反応を使い分けて素子の緩和時定数を制御する手法や、そこでの抵抗変化を量子化する技術が紹介され、ニューロモルフィックハードウェアへの応用の可能性が議論されました。また西氏 (京大) の一般講演では、ニッケル酸化物の粒界の抵抗変化が、室温で極めて安定に量子化されるという、ニューロモルフィックハードウェアにとって有望な現象が紹介されました。そして前半の最後の河野氏 (東大) の招待講演では、シリコン **MOSFET** をアナログ利用して生体ニューロンの機能を忠実かつ超低消費電力に再現するニューロン回路が紹介され、さらにそれと対をなすシナプス素子に要求される性能として超高抵抗領域 (**fS~pS**) での **ON/OFF** スイッチングの必要性が指摘されました。

休憩をはさんだ後半は、ニューロモルフィックの基本的な考え方を概観すべく、より広い分野にまたがった講演が行われました。銅谷氏 (OIST) による招待講演では、教師有り学習・教師無し学習・強化学習という 3 つの機械学習アルゴリズムが、それぞれ小脳・大脳新皮質・大脳基底核の機能に対応していることが紹介され、各脳部位の生理学的知見がニューロモルフィックハードウェアを研究する上での参考になることが示唆されました。また堀田氏 (兵庫県立大) の招待講演では、ニューロモルフィックハードウェアを構成するニューロン回路は入出力分離の原則を満たす必要があること、そしてそのようなニューロン回路によって構成されたハードウェアではノイズに基づく同期現象が普遍的に観察されることが紹介されました。さらに青木氏 (香川大) による招待講演では、ニューロンとシナプスの集団が示す多様な同期現象を、位相振動子のネットワークを用いて近似的に解析する方法が紹介され、ネットワークレベルでのハードウェア設計の手掛かりが示されました。また **Stoliar** 氏 (産総研) による招待講演では、ニューロモルフィックハードウェアにおいてニューロン回路やシナプス素子が満たすべき性質が示され、実際に **SrTiO₃** の **FET** を用いてデバイスを試作した取り組みが紹介されました。そしてシンポジウム最後の神吉氏 (阪大) の招待講演では、生体神経ではノイズの中で効率的に信号伝達を行うために確率共鳴が利用されていることが指摘され、酸化バナジウムという相転移材料を活用して無機材料中で確率共鳴を実装する取り組みが紹介されました。

シンポジウムの聴衆は約 130 名、時間帯によっては立ち見の聴講者が出るほどでした。ニ

ニューロモルフィックハードウェアに向けての新たな技術・材料に関する聴衆の期待や関心を強く感じると共に、理論やシミュレーションだけでなく実際にデバイスや回路を作製していくという「ものづくり」の重要性を再認識できました。またシンポジウム中だけではなく、その後の懇親会でも講演者を囲んで活発な議論や交流が行われました。本シンポジウムが酸化物エレクトロニクス分野の新たな展開や、関連分野との交流の契機となりましたら幸いです。

第64回応用物理学会春季学術講演会
6.3 酸化物エレクトロニクス 分科会企画シンポジウム

**次世代ニューロモルフィックハードウェアにおける
機能性酸化物の役割**
The role of functional oxides
in the next-generation neuromorphic hardware

開催日時：2017年 3月16日（木） 13:15～18:30

近年、人間の脳を模倣した次世代の情報処理ハードウェア「ニューロモルフィックハードウェア」に向けた研究が活発化しています。この新しい分野では、材料・デバイスレベルからの幅広い知識の融合が不可欠であり、機能性酸化物研究に新しいフロンティアを提供しています。本シンポジウムでは、機能性酸化物の観点から、国内のバイオニアの方々とその最前線について講演していただきます。

基調講演 (45分)
◆黒田忠広 (慶応大) /新しい集積回路でシリコン脳を創る

招待講演 (アイエオ順、敬称略) / 講演テーマ
◆青木高明 (香川大) /シナプス可塑性に学ぶネットワーク回路構造の自己組織化 -位相振動子結合系による解析-
◆神吉輝夫 (阪大) /生体を模倣したエレクトロニクスと材料開発 -雑音を利用した信号伝送と情報処理-
◆河野崇 (東大) /シリコン神経ネットワークの課題
◆鶴岡徹 (物材機構) /酸化物ナノイオニクスによるニューロモルフィック機能の創出
◆鍋谷寛治 (沖縄科学技術大) /小脳、大脳基底核、大脳皮質の回路構造から学習機構へ
◆Pablo Stollari (産総研) /Is my device neuromorphic?
◆堀田育志 (兵庫県立大) /ニューロモルフィック制御システムにおける酸化物材料の役割
◆百瀬啓 (北大) /ニューロチップの動向と未来

皆様のお越しをお待ちしております。

企画：機能性酸化物研究グループ (<http://green-innovation.jp/grefon/>)
世話人：矢嶋魁彬 (代表世話人、東京大学)、秋永広幸 (産総研)、田中秀和 (阪大)、組頭広志 (高エネ研)、木下健太郎 (鳥取大)、廣瀬晴 (東大)、内藤泰久 (産総研)

図. シンポジウムのフライヤー