

AM-FPD'23 に参加して

谷内田 健 太

Kenta YACHIDA

電子情報学専攻修士課程 2023 年度修了

1. はじめに

7月4日～7日に、龍谷大学アバンティ響都ホールで開催された THE 30th INTERNATIONAL WORKSHOP ON ACTIVE-MATRIX FLATPANEL DISPLAYS AND DEVICES (AM-FPD'23) に参加し、「Novel thin-film neuromorphic devices integrating memristors and capacitors」という題目で発表を行った。

2. 研究内容

2.1 研究背景と目的

近年人工知能に関する研究が盛んに行われている。人工知能の代表的な技術としてニューラルネットワークが注目を浴びている。ニューラルネットワークは情報となる信号を保持するニューロンとニューロン同士をつなぐシナプスで形成される。現在、ニューラルネットワークはソフトウェア形式で研究されることがほとんどである。しかし、並列分散処理、ロバスト性、消費電力に問題がある。一方、ハードウェアニューラルネットワーク、すなわちニューロモルフィックは本質的に並列分散処理、ロバスト性、低消費電力であるため、これらの問題を解決できる。私たちの研究では、高集積化が可能な非晶質酸化物半導体 (AOS) を用いたニューロモルフィックシステムを研究している。その中でも大幅な低消費電力化が期待されるスパイクングニューロモルフィックシステムの実現を目的としている。連続したスパイクパルスが印加されたニューロンの膜電位は、ニューロンが発火するまで階段状に増加する。このような膜電位の挙動が実現できれば、ニューロモルフィックシステムに使えると考えている。

本研究では、シナプスにメモリスタとキャパシタを統合した素子を用いたニューロモルフィックシステムを提案し、その動作確認を行った。その結果から、統合した素子がニューラルネットワークのシナプスとして利用できるかどうかを評価した。

2.2 実験方法

図1にメモリスタとキャパシタをつなげた回路図を示した。In 端子から印加された一連のスパイクパルスはメモリスタとコンデンサを経て、Out 端子に蓄積される。電圧の上昇量はメモリスタのコンダクタンスと正の相関関係がある。すなわち、連続したスパイクパルスの和に対する、積和回路が実現される。メモリスタとキャパシタをシナプスとして用いて、動作確認をするために二つの実験を行った。

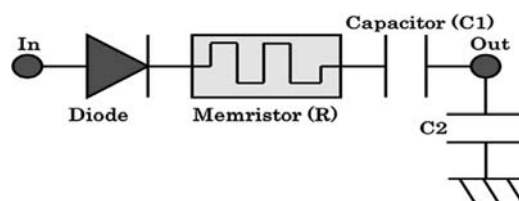


図1 メモリスタとキャパシタの回路図

図2に作製したデバイスの写真と断面図を示した。まず、Si 基板上に 50nm 厚の熱酸化膜を形成し、その上に真空蒸着法で Al を形成した。次に、RF マグネトロンスパッタリングにより、アモルファス Ga-Sn-O (a-GTO) 薄膜 (Ga:Sn=1:3) を2層成膜した。2層の Ar と O₂ 比は、下層が 20:0、上層が 20:10 となるように制御した。最後に、真空蒸着法を用いて Au を形成した。図3は、この研究に使用した実験系を示した。任意波形発生器からスパイクパルスを印加し、オシロスコープで電圧変化を確認した。次に、SILVACO 社の Smartspice という回路シミュレータを使用し、デバイスの実験結果から抵抗値を決めてシミュレーションを行った。

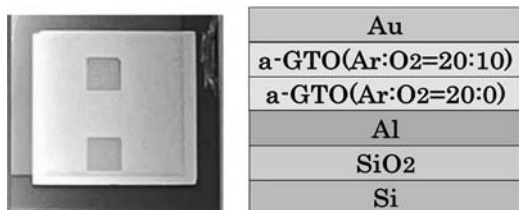


図2 左は作製デバイスの写真，右は断面図

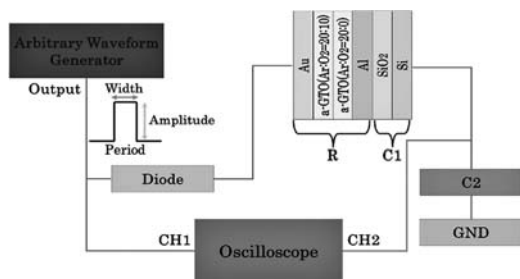


図3 実験系の概略図

2.3 実験結果と考察

図4はデバイスの実験結果とシミュレーションの結果を重ね合わせたグラフを示した。この図から、スパイクパルスが印加されている間は電圧が上昇し、印加されていない間は電圧が保持される特性を確認した。すなわち、時間とともに段階的に電圧が上昇していることを確認した。この特性はニューロンの膜電位と同じような結果が得られたので、ニューロモルフィックシステムに使えると考えられる。図4は周期が10msの結果を示し、シミュレーションで抵抗値を13k Ω にしたときデバイスの結果と一致したと考えられる。電極金属と酸化物層の組み合わせ、酸化物層の酸素欠損量、印加するスパイクパルスの電圧や幅など、様々な条件により、抵抗値は変化すると報告されている。また、スパイクパルスが印加されていない間、電圧がわずかに低下し

ていることが読み取れる。この現象は、周期を長くすると発生するため時定数の大きさに影響されると考えられる。

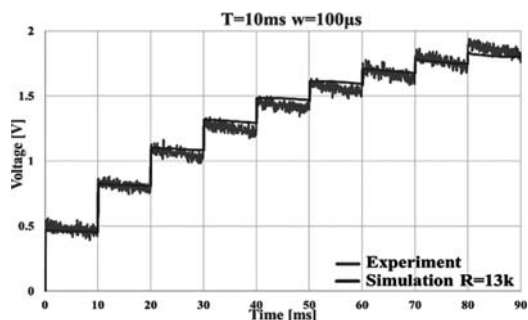


図4 周期10ms時のOut端子の電圧変化

2.4 結論

本研究では、メモristaとキャパシタの回路にスパイクパルスを印加させた時の電圧の変化を確認した。私たちは作製したデバイスと回路シミュレーションによって、動作確認を行った。その結果、スパイクパルスを印加させている間、電圧が上昇し、同じ挙動をしていることが分かった。よって、メモristaとキャパシタを統合した素子がニューラルネットワークのシナプスとして利用できると考えた。

3. おわりに

本研究は、木村睦教授のご指導のもと進められたものであり深く感謝の意を表します。また、本研究は科学研究費補助金基盤研究(C)、人工知能研究振興財団研究助成といった各研究機関等の協力、支援のもと研究を進めさせていただいたものであり深く感謝申し上げます。今回の発表で国内外からの人と議論することができ、とても有意義な時間を過ごすことができました。