

AMFPD'17に参加して

生島 恵典

Keisuke IKUSHIMA

電子情報学専攻修士課程 1年



図1 Hebbの学習則

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AM-FPD'17に参加し、6日に「Ga-Sn-O Thin Films as Synapse Devices for Neural Networks」というテーマで発表した。

2. 緒論

ニューラルネットワークとは、人間の脳を基とした情報処理モデルのことであり、自己組成化機能、自己学習機能、並列分散計算機能、ロバスト性などの特徴を持っている。近年、このニューラルネットワークについて研究が盛んに行われているが、主にソフトウェアでの研究が行われている。そこで本研究では、ニューラルネットワークの大規模化を想定して、処理速度や電力消費が優れているハードウェアを用いての研究を行った。問題となる高集積化に対しては、微細加工が可能であり、積層構造が可能な酸化物半導体を用いた。酸化物半導体として有名なIGZOは低温半導体としては電界効果移動度が高いが、IGZOに含まれるInは希少金属であるために資源枯渇の問題を抱えている。そこで低コストで伝導性を持つ酸化スズ(SnO₂)に注目した。SnはInと基底状態での電子配置が近い軌道を持つため、SnはInの代替材料となりうる可能性がある。そこでシナプスに、今後新規酸化物半導体として期待されるGaSnO(GTO)薄膜を用いたニューラルネットワークを提案する。GTO薄膜に電圧を連続的に印加することで電流値を変化させる。すなわちシナプスの結合強度を変化させる。そしてこの特性を基にニューラルネットワークを構成し、修正ヘブ学習則に適用できる劣化特性を測定した。最終目標としてLSIへの積層を目指す。

2-1. Hebbの学習則

シナプスは、伝達効率が活動状態などによって変化を起こす。これをシナプスの可塑性というが、これにより記憶や学習が行われていると考えられている。この伝達効率の変化による学習法則をHebbの学習法則という。ニューロン間でシナプスを介し信号を伝達するときに、そのシナプスに結合している両方のニューロンが高頻度で連続発火すると、そのニューロン間のシナプスの伝達効率が增加する。また、低頻度の発火や、抑制性シナプスの前のニューロンが連続発火すると伝達効率は減少する。この伝達効率の変化により、脳は記憶や学習が行われていると考えられている。

3. GaSnO薄膜を用いたシナプスの作製

図2に、作製した単一シナプス特性評価用の構造を示す。GTO薄膜は、室温においてRFマグネトロンスパッタ法で製膜した。その膜厚は約60nmである。GTO膜の両端には、Ti/Auの積層電極を真空蒸着法により形成した。なお、GTO、Ti/Au電極のパターニングは、メタルマスクを用いて行った。GTO膜の幅(W)/長さ(L)は、各々500/500(μm)、140/60(μm)の2つの試料を作製した。

3-1. GaSnO薄膜の評価

シナプスへの応用を検討するために、電流の時間

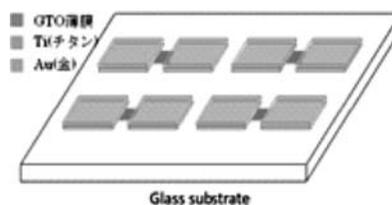


図2 GTO膜を用いた単一シナプスの評価用構造

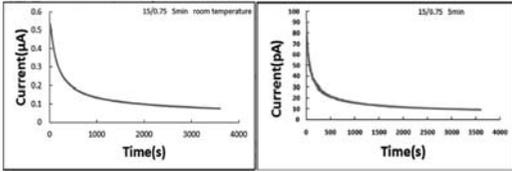


図3 GTO 薄膜の電流と時間の関係

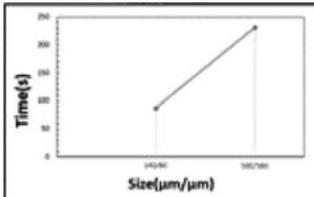
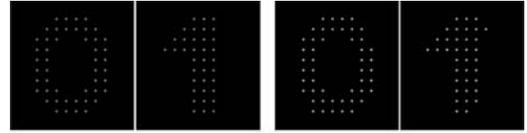


図4 GTO 薄膜の寸法と時間の関係

変化特性を測定した。測定条件は、電極に直流電圧：3.3 Vを印加し、時間は3600秒とした。図3には、上記2種類の試料に対する電流の時間変化を示す。図4より電極間のGTO膜の体積を小さくすることにより短時間で目標とする電流値に近づくことが明らかとなった。この結果は、シナプシスの伝達速度の改善に有効であることが分かった。よって、デバイスの高速化に期待することができる。

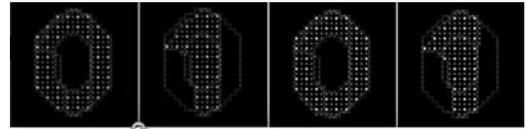
4. シミュレーションによる文字補正

図5に学習のための入力パターンと、前者と少し異なった再生パターンを示す。図6に文字再現のシミュレーション結果を示す。図6の(a)は学習後のニューロンおよびシナプスを示し、図6の(b)は再生後のニューロンおよびシナプスの状態を示す。この結果より2文字を再現することができた。これは、大規模なニューラルネットワークにつなが



(a) 学習 (b) 再生

図5 入力パターン



(a) 学習後 (b) 再生後

図6 出力パターン

る結果だといえる。

5. まとめ

本稿では、GTO 薄膜を用いたプレーナ型シナプスを作成し、シナプスとして応用可能な特性を有していることが分かった。また、シナプスの寸法を小さくすることにより、シナプシスの情報伝達速度を速くできることが分かった。今後、ニューラルネットワークの学習時間の短縮化に向けたデバイスの最適化を進める予定である。

6. おわりに

今回の研究発表で、参加者の方から多くの意見を頂き、貴重な経験ができました。この学会で得られたことを今後の研究の発展に活かしていきたいです。今回の発表を行うにあたって、ご指導をいただいた木村陸先生、木村陸研究室の皆様には深く御礼申し上げます。