ナノ構造を有する相変化素子の低動作電流化のための有限要素法解析

FEM Analysis for lowering writing current of phase-change device with nanostructure

群馬大学　○(M1) 白川 遼馬，尹 友

Gunma Univ., ○Ryoma Shirakawa, You Yin

E-mail: yinyou@gunma-u.ac.jp

近年、モノのインターネット(IoT)や人工知能(AI)の進展に伴い、抵抗変化型メモリ(ReRAM)や相変化メモリ(PCM)などの不揮発性メモリが世界中で注目されている [1]。特に、人間の脳をコンピュータで再現するのに必要な機能のいくつかは、ReRAM や PCM の原理を使用することで可能となる。その中でも、アモルファス相と結晶相間の転移を利用した PCM は、高速、大容量、優れた耐久性などの特性を示している [2]。しかし、今後 PCM を大量生産や将来的に人間の脳のようなコンピュータへ応用するために PCM の動作電流を減らす必要がある [3]。本研究では、ナノ構造を有する PCM を提案し、有限要素法（FEM）を用いて解析した。また、動作電流をより削減するため、動作電流の電極と相変化層との接触位置の依存性を明らかにした。

初めに、FEM ソフト COMSOL を用いて、従来 PCM 素子、従来素子の $Ge_2Sb_2Te_5$ 相変化層と TiN ヒーター層間に高抵抗率の N-$Ge_2Sb_2Te_5$ (N-GST) 層を導入した素子と、ナノ構造をさらに導入した素子を詳細に解析した。動作電流による解析では、高抵抗 N-GST 層を導入した素子は、従来素子の約 18.1%の動作電流となる。また、ナノ構造を導入した PCM の動作電流は、さらに従来構造の約 10.8%に低減し、90%近くの低動作電流化を実現できた。TiN 層と高抵抗率 N-GST 層との接触面に存在するナノ構造がさらなる低動作電力化に大きく関わっていることがわかった。

TiN 層と N-GST 層間の接触部分による PCM の動作電流の影響を解明するため、有限要素法解析を行った。Fig.1 に示すように、接触部分が中央位置に存在する Inner contact PCM の接触面積の割合を 50%とした場合、動作電流は 150 μA から 82 μA まで減少したが、遠い位置に存在する Outer contact PCM は 106 μA までしか減少しなかった。これは接触部分が中央に寄るに従ってジュール加熱の効率が大幅に向上していることに起因している。

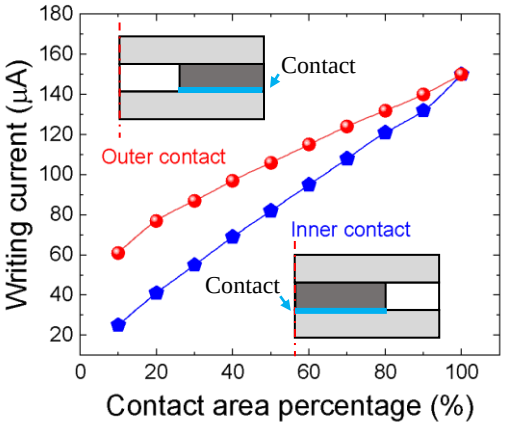

Fig. 1 Reduction in writing current with decreasing contact area percentage in inner and outer contact PCMs

謝 辞

本研究の一部は科学研究費補助金（24686042、21H01382）の助成を受けて行ったものである。

文 献

1) S. G. Hu, et al, Nat. Commun. 6, 7522 (2015).
2) Y. Yin, et al, Appl. Phys. Lett., 117,153502 (2020).
3) Y. Yin, T. Wang, IEEE Trans. Electron Devices 62, 2184 (2015).

© 2021年 応用物理学会