

スパッタ堆積 Si 酸化膜の抵抗スイッチングエネルギーの評価

Estimation of Resistance Switching Energy in Sputter-Deposited Silicon Oxide Films

関西大シス理工 ○大村泰久, 赤野拓哉*, 佐藤伸吾

Kansai Univ. °Yasuhisa Omura, Takuya Akano*, Shingo Sato

E-mail: omuray@kansai-u.a.jp, *[NAIST\(akano.takuya.ap6@ms.naist.jp\)](mailto:akano.takuya.ap6@ms.naist.jp)

[はじめに] 本報告では、スパッタ堆積 Si 酸化膜の抵抗変化に係るスイッチングエネルギーがどの程度であり、どの様な機構によって決まるかを考察した結果を報告する。

[デバイス構造と評価方法] 検討対象としたデバイス構造を図 1 に示す[1]。β-FeSi₂はスパッタ堆積(200nm)後 800C で熱処理、その後 Si 酸化膜をスパッタ堆積し(50nm)再び 800C で熱処理した。最後に上部電極を形成した。

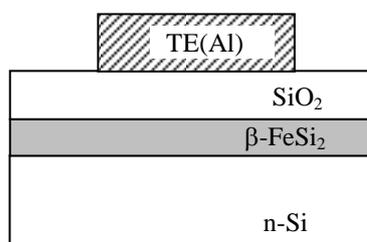


図 1. デバイス構造

[結果と考察] デバイスは、bipolar switching と unipolar switching の双方を示した[1]。我々は、既に抵抗遷移における消費電力と set 時の制限電流(I_c)の関係にいくつかの特徴があることを報告している[2]。それらの情報を再整理した結果、以下の点を取りまとめることができた。

(i) 低抵抗状態から高抵抗状態への遷移

既報[2]の情報からスイッチング電力は~60 μW であり、遷移時間を~4x10⁻⁶ sec とした場合、遷移の臨界エネルギーは~2.4x10⁻¹⁰ J となる。これ以上のエネルギーを消費する場合は熱過程を通じて不可逆の HBD となると考えられる。

(ii) 電子の非弾性散乱による Bipolar/Unipolar 遷移時のエネルギー(I_c>20 μA)

膜内を電子が通過する平均時間は高々 10⁻¹² s である。この点と遷移時間が~4x10⁻⁶ sec であることを考慮すると、遷移エネルギーは bipolar 遷移で 1x10⁻¹¹ ~ 1.5x10⁻¹⁰ J、unipolar 遷移で 4x10⁻¹¹ ~ 6x10⁻¹⁰ J と見積もられる。電極面積が 7.9x10³ μm² であることから、スイッチングエネルギー密度は、bipolar 遷移で 1.2x10⁻¹⁵ ~

2.1x10⁻¹⁴ J/μm²、unipolar 遷移で 5.1x10⁻¹⁵ ~ 7.6x10⁻¹⁴ J/μm² となる。

(iii) 低制限電流時の遷移エネルギー(I_c<20 μA)

この条件では、電子の非弾性散乱時のエネルギー放出効率が高まり、低エネルギーでの抵抗遷移が可能となると予想される。エネルギーは unipolar 遷移と bipolar 遷移で共に 1x10⁻¹¹ ~ 2.6x10⁻⁹ J と見積もられる。従って、スイッチングエネルギー密度は、unipolar 遷移と bipolar 遷移で共に 1.3x10⁻¹⁵ ~ 3.3x10⁻¹³ J/μm² と見積もられる。ここで紹介したデバイスのスイッチング時間は既報値[3, 4]よりも長いが見積もられた最も低いエネルギー密度の値は、最近の報告値[3, 4]よりも更に低く、Si 酸化膜による ReRAM が極めて低エネルギーのメモリデバイスとしての特徴を持つ可能性を示すことができた。

参考文献

- [1] R. Yamaguchi, S. Sato, and Y. Omura, Jpn. J. Appl. Phys., vol. 56, No. 4, pp. 041301-1-041301-6, 2017.
- [2] 赤野拓哉、山口凛太郎、佐藤伸吾、大村泰久、第 63 回応用物理学会春季学術講演会 講演予稿集, 21p-H111-9 (2016).
- [3] B. Govoreanu, G. S. Kar, Y-Y. Chen, V. Paraschiv, S. Kubicek, A. Fantini, I. P. Radu, L. Goux, S. Clima, R. Degraeve, N. Jossart, O. Richard, T. Vandeweyer, K. Seo, P. Hendrickx, G. Pourtois, H. Bender, L. Altimime, D. J. Wouters, J. A. Kittl, M. Jurczak, IEEE IEDM (San Francisco, Dec., 2011), p. 729.
- [4] I. Vaskivskiy, I. A. Mihailovic, S. Brazovskii, J. Gospodaric, T. Mertelj, D. Svetin, P. Sutar, and D. Mihailovic, Nature Comm., vol. 7, Article 11442, pp. 1-6, 2016.