

トランジスタ型強誘電体メモリの現状

Recent Progress of Ferroelectric-gate Field-Effect-Transistor

パナソニック株式会社 先端研, °金子 幸広, 西谷 雄, 上田 路人

Panasonic Corporation, °Yukihiro Kaneko, Yu Nishitani, and Michihito Ueda

E-mail: kaneko.yukihiro001@jp.panasonic.com

強誘電体ゲートトランジスタ(FeFET)は、高速、低消費電力、非破壊読み出し可能という特徴を持ち、新しい強誘電体メモリとして注目されている。本デバイスでは強誘電体の自発分極に対応してチャネルが形成される。自発分極の反転はゲート電圧で制御可能であるので、チャネルの抵抗値を不揮発にコントロールすることができる。このように、FeFET は電流ではなく、電圧で駆動できるため、他のメモリ素子と比べ消費電力が低いのが特徴である。

FeFET の歴史は古く、最初にその構造が考案されたのは 1957 年のことである¹。それ以降、様々な検討がされてきたが、長い間良好な保持特性を得ることができていなかった。この原因は強誘電体(酸化物)と半導体(Si)の界面反応に起因する減分極電界とリーク電流である²。これに対し、近年大きく分けて二つの改善法がとられ、その保持特性は向上した。一つは、Si と強誘電体界面に high-k バッファ層を挿入し安定化を図る方法であり³、もう一つは Si に替えて酸化物半導体を用いるか、有機材料を用いることで強誘電体と半導体の界面反応を無くす方法である^{4,5}。両者とも 1 か月以上の良好な保持特性が得られており、特に後者では 3.5 ヶ月の長期保持が報告されている^{4,6}。

また、最近 HfO₂ に数%程度の元素をドーピングすることで 10 nm 程度の薄膜でも強誘電性が得られるとの報告があり、これを用いた FeFET でも良好な特性が得られている⁷。HfO₂ は先端 CMOS に用いられている膜であり、プロセス親和性が高い。さらに、先端 CMOS プロセスをそのまま転用できるため、微細化に対しても障壁が少ないと考えられ、実用化への期待が高まっている。

アプリケーションとして長い間望まれているのは、高集積不揮発メモリである。そのほかにもニューラルネットワーク⁸や、超低電圧駆動トランジスタ⁹など先端分野での応用例も報告されるなど、FeFET は様々な分野で注目されている。以上のように、性能向上や、新材料登場、応用分野の広がりなど、本分野は活気付いてきており、今後のさらなる発展が期待されている。

1. M. Ross, US Patent No. US 2791760 (1957).
2. T. P. Ma and J.-P. Han, Electron Device Lett., IEEE **23** (7), 386-388 (2002).
3. Q.-H. Li and S. Sakai, Appl. Phys. Lett. **89** (22), 222910-222913 (2006).
4. Y. Kaneko, H. Tanaka, M. Ueda, Y. Kato and E. Fujii, Electron Devices, IEEE Transactions on **58** (5), 1311-1318 (2011).
5. R. C. G. Naber, C. Tanase, P. W. M. Blom, G. H. Gelinck, A. W. Marsman, F. J. Touwslager, S. Setayesh and D. M. de Leeuw, Nat Mater **4** (3), 243-248 (2005).
6. International Technology Roadmap for Semiconductors 2012, <http://www.itrs.net/>.
7. T. S. Boscke, J. Muller, D. Brauhaus, U. Schroder and U. Bottger, Electron Devices Meeting, 2011 IEEE International, 24.5.1 - 24.5.4 (2011).
8. Y. Kaneko, Y. Nishitani, M. Ueda and A. Tsujimura, VLSI Technology, 2013 Symposium on, T238-T239 (2013).
9. S. Salahuddin and S. Datta, Nano Lett. **8** (2), 405-410 (2007).