MONOS チャージトラップメモリの物性解明に向けた理論解析

Theoretical Studies on the Physical Properties of MONOS Charge Trap Memories

名大未来研 [1], ○(B) 白石 賢二 [1]

Nagoya Univ. [1], ○Kenji Shiraishi[1]

E-mail: shiraishi@cse.nagoya-u.ac.jp

MONOS チャージトラップメモリは現在の Nand-flash メモリにおける根幹となっている。Nand-flash メモリをはじめとする不揮発性メモリにおいては、書き込み/消去の前後で系が可逆的構造変化を起こすことが必須の条件となる。本講演では MONOS チャージトラップメモリにおいて SiN 中の N 空孔欠陥が可逆的変化を起こし、不揮発性メモリにおいて理想的に欠陥となっていることを示す。

MONOS チャージトラップメモリは金属-酸化膜-窒化膜-酸化膜-半導体（Metal-Oxide-Nitride-Oxide-Semiconductor(MONOS)）のような順番に材料が積層した構造になっており、SiN 層の欠陥にチャージの出し入れ行ってメモリ機能を持たせるようになっている。SiN 中の欠陥としては、三浦らが報告している SiO_2/SiN 界面付近に存在する O が SiN の中に混入することによって生じる欠陥が知られている [1]。ところが、O 混入欠陥は我々の第一計算による解析によると電荷の注入除去（書き込み/消去）の前後で構造が大きく変わってします不可逆的構造変化を起こすことがわかっている[2]。

それに対し、SiN 中の N 空孔は電荷の注入除去によって可逆的な構造変化を起こすことが我々の第一原理計算で解明されている[2]。さらに、Fig.1 に示すように電荷の注入/除去でヤンテラー効果が起こり、自発的対称性の破れが生じる。要するに電荷の注入と除去によって正三角形を作っていた N 空孔周りの 3 つの Si 原子が二等辺三角形になって局所的な歪みを生じさせることになる。このような局所的な歪みが電荷の注入/除去で出現することは、N 空孔を沢山含む大面積のデバイスにおいては歪みが蓄積しまって信頼性上好ましくないことになることが想像できる。しかしながら、小面積のデバイスを作製してそれを 3 次元的にスタックして利用する場合にはヤンテラー効果に起因する局所歪みは信頼性上それほど大きな問題を起こさなくなると考えられる。これは現在の Nand-flash メモリが BICS 等で 64 層以上の多層化を行って微細化を進めていることと矛盾しない。すなわち、3 次元の Nand-flash メモリに対しては SiN 中の N 空孔は理想的な欠陥であると言うことができる。

講演では他の不揮発性メモリが書き込み/消去サイクルで原理的に可逆的構造変化を起こすかという観点に立って、将来の市場規模の大きなメモリとして有望かどうかについても比較検討して議論することを予定している。

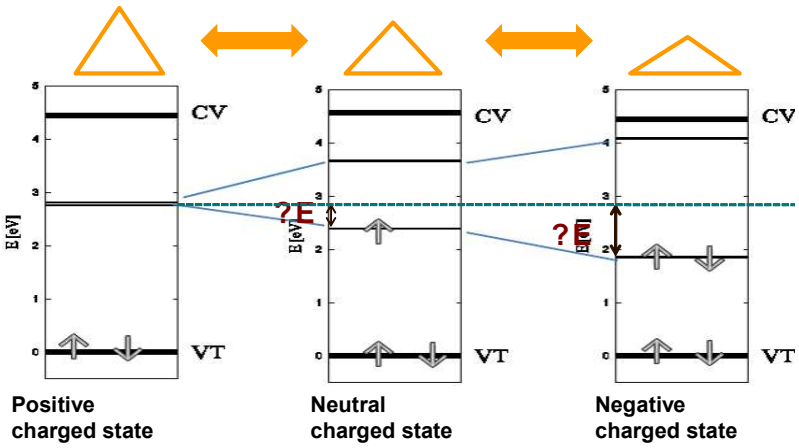

Fig.1 Schematic structural change of N vacancies in SiN.

参考文献

[1] M. Miura, et al., IEICE Technical Report SDM2007-34.

[2] K. Yamaguchi et al. IEDM Technical Digest p.275 (2009).