

## 電荷トラップ型半導体メモリの研究開発



教授 小林清輝  
Professor  
Kiyoteru Kobayashi

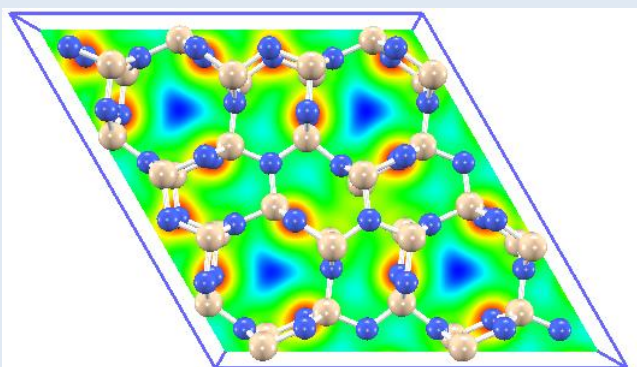
### Study of charge trap dielectric materials for advanced non-volatile semiconductor memories

Keyword : 不揮発性メモリ、集積回路、電荷トラップ、シリコン窒化膜、  
Non-volatile memory, Integrated circuit, LSI, charge trap memory, silicon nitride

不揮発性半導体メモリは、電源を切っても記憶情報を失わない集積回路です。その方式として電荷トラップ型が注目されています。この電荷トラップメモリでは、電荷捕獲絶縁膜の中の点欠陥を起源とする電荷トラップ中心に、電子または正孔を捕獲させることで情報を記憶します。このため、電荷トラップ中心の諸特性(トラップ準位のエネルギー深さ、トラップ密度、捕獲断面積など)を制御することが、この方式の成功の鍵を握っており、そのための基盤技術を探求しています。

これまで、電荷捕獲絶縁膜として  $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜が用いられてきましたが、そのメモリ機能に寄与する電荷トラップ中心の諸特性は明確ではありませんでした。我々は、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  中の諸性質を明らかにするための様々な方法を開発し、諸性質の解明を進めています。また、 $\text{Si}_3\text{N}_4$  膜を凌ぐメモリ特性を発揮する絶縁膜を形成する技術の開発も行っています。

本研究は、電荷捕獲絶縁膜に所望の点欠陥を形成し、メモリ特性を制御する技術を切り拓くことに貢献するものです。



Ab initio calculation result of the atomic arrangement and charge distribution of a silicon nitride crystal with one silicon vacancy. In our laboratory, the electrical and physical properties of novel charge trap materials are also characterized using the new methods which we have developed.

Silicon nitride-based charge trap memory technology has provided as an attractive solution for the realization of both three-dimensional NAND flash and embedded non-volatile semiconductor memories. In this technology, electron and hole trapping phenomena in the charge trap layer are applied to store data. Silicon nitride films have been employed as the charge trap material since point defects existing in the films create energetically deep trap states for both electrons and holes. In order to achieve the excellent memory characteristics, controlling the properties of electron and hole trap sites (trap level, trap density and capture cross section) in the charge trap layer is the key. Therefore, we have developed new methods to characterize trap sites. In addition, we have developed novel charge trap materials that provide superior memory properties.

Our studies will contribute to the design and fabrication of high-bit-density non-volatile semiconductor memories.

#### Recent publications:

- [1] "Experimental extraction of the charge centroid of holes trapped in metal-oxide-nitride-oxide- semiconductor memories," H. Mino and K. Kobayashi, ECS Transactions, Vol. 86, pp. 23-32 (2018).
- [2] "Extraction of energy distribution of electrons trapped in silicon carbonitride (SiCN) charge trapping films," S. R. A. Ahmed and K. Kobayashi, IEICE Trans. Electron., Vol. E100-C, pp. 662-668 (2017).
- [3] "Hole trapping characteristics of silicon carbonitride (SiCN)-based charge trapping memories evaluated by the constant-current carrier injection method," S. R. A. Ahmed, K. Kato, and K. Kobayashi, Materials Sciences in Semiconductor Processing, Vol. 70, pp. 265-271 (2017).
- [4] "Evaluation of hole trapping characteristics in MONOS-type memories using the constant current carrier injection method," K. Kato, S. R. A. Ahmed, and K. Kobayashi, ECS Transactions, Vol. 75, pp. 73-82 (2017).