

# 配位子交換によりエネルギー準位を制御した PbS コロイダル ナノドットを電荷蓄積層に用いたペンタセンメモリトランジスタ

## Pentacene memory transistors using ligand-exchanged and energy-level controlled PbS colloidal nano-dots for carrier trapping layers

和歌山大システム工 井原 聖矢, 宇野 和行, 田中 一郎

Wakayama Univ., Seiya Ihara, Kazuyuki Uno, Ichiro Tanaka

E-mail: itanaka@wakayama-u.ac.jp

【はじめに】われわれは、Fig. 1 に示すようにペンタセン薄膜トランジスタ(TFT)のゲート絶縁層と半導体層の界面に PbS コロイダルナノドット(CND)の単粒子層を形成し、そこに電荷を蓄積することによって閾値電圧( $V_T$ )をシフトさせるメモリ素子を検討している<sup>1,2)</sup>。従来、 $V_T$ のシフトが飽和するまでには 300 s 程度の長い記録時間が必要であった。今回は、PbS CND の配位子を交換することによってそのエネルギー準位を低下させ、記録時間を 50 s 程度に短縮すると同時に保持特性も改善することができた<sup>3)</sup>。今回は PbS CND のコア径を 2.5 nm から 8 nm と大きくするとともに記録時の電界を強くすることによって記録時間を大きく短縮することができたので報告する。

【実験】まず、水平付着法により、厚さ 300 nm の熱酸化 SiO<sub>2</sub> 膜が形成された n<sup>+</sup>-Si(001)基板上にオレイン酸(OA)を配位子とするコア径 8 nm の PbS CND の単粒子膜を形成した。次に試料をテトラブチルアンモニウムブロムド(TBABr)の 0.1 wt%メタノール溶液に 10 秒間浸漬させることで OA から Br<sup>-</sup>イオンへの配位子交換を行った。この上に、厚さ 30 nm のペンタセン層と厚さ 50 nm の金のソース/ドレイン電極を真空蒸着した。

【結果及び考察】 Fig. 2 に TBABr で配位子交換したコア径が 2.5 nm と 8 nm の PbS CND を用いたペンタセン TFT の閾値シフト量( $\Delta V_T$ )の記録電圧印加時間への依存性を示す( $\Delta V_T$ はその飽和した値で規格化されている)。コア径が 2.5 nm のときは 50 s 程度であった記録時間が、8 nm の場合は約 10 s に短縮できていることが分かる。文献によれば PbS のコア径が 2.5 から 8 nm に増大することによって、エネルギー準位が少なくとも 0.4 eV 程度低下すると推定できる<sup>4,5)</sup>。このため、ペンタセンの HOMO から PbS CND の伝導帯下端へ電子がトンネルするときのエネルギー障壁がより狭くなって記録時間が短縮できたものと考えられる。さらにゲート絶縁膜の SiO<sub>2</sub> 層を薄くして記録時の電界強度を 1.6 倍にしたところ、記録時間を 1 s 程度に短縮することができた。

【謝辞】本研究は JSPS 科研費 JP18K042 の助成を受けたものです。

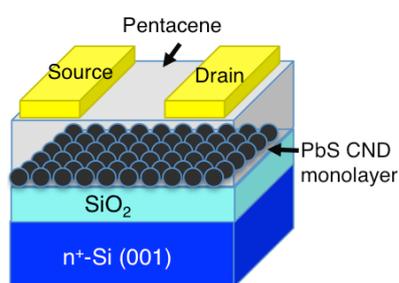


Fig.1 Schematic illustration of pentacene memory transistor

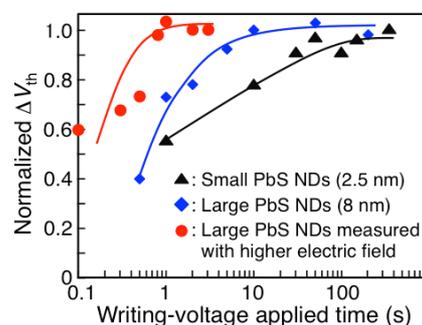


Fig.2 Writing characteristics of pentacene memory transistor using small/large PbS CNDs

<sup>1)</sup> K. Kajmoto, K. Uno, and I. Tanaka, *Physica E* **42**, 2816 (2010).

<sup>2)</sup> F. Nakano, K. Uno, and I. Tanaka, *Phys. Status. Solidi A* **214**, 1600545 (2017).

<sup>3)</sup> 井原聖矢、宇野和行、田中一郎、第 67 回応用物理学会春季学術講演会 12p-PA5-33 (2020).

<sup>4)</sup> B.R. Hyun, et al., *ACS NANO* **2**, 2206 (2008).

<sup>5)</sup> J. Jasieniak, M. Califano, and S. E. Watkins, *ACS NANO* **5**, 5888 (2011).