

CoSi₂ 上に形成した Si/CaF₂ 共鳴トンネル 量子井戸構造の室温抵抗スイッチング特性

Room temperature resistance switching characteristics of Si/CaF₂ resonant-tunneling quantum-well structures grown on CoSi₂

東工大工学院 ○櫻井文裕、渡辺正裕

°F.Sakurai and M. Watanabe, Tokyo Institute of Technology

E-mail: sakurai.f.aa@m.titech.ac.jp

【はじめに】 Si/CaF₂ ヘテロ構造は界面における伝導帯バンド不連続が 2.3 eV と大きく、シリコン基板上にエピタキシャル成長可能なため、室温においても ON/OFF 比の大きな共鳴トンネル系集積デバイスの構成材料として有望である。これまでに我々は、CaF₂/Si/CaF₂ 二重障壁共鳴トンネル量子井戸構造の両側に Si と CaF₂ の同時蒸着法により作製するシリコンナノ結晶 (nc-Si) [1]を、サイズ効果によりワイドギャップ化した第二障壁層として配すことにより、電荷の注入・保持・引き抜きの不揮発性メモリ機能を発現する抵抗スイッチングメモリ素子を提案・実証してきた[2-3]。本構造は、Si 量子井戸をフローティングゲートとし、共鳴トンネルにより蓄積電荷の注入/放出を行うコンダクタンス制御型の抵抗変化二端子素子として動作し、クロスポイント型の集積構造により、究極的な微細化と高速動作の両立的に設計可能な原理的特徴を有する。今回、クロスポイント型の集積構造を実現させる上で重要となる、金属下部配線層上への素子形成を試み、室温スイッチング動作を観測したので報告する。

【実験方法】今回試作した素子構造と伝導帯バンドプロファイルを Fig.1 に示す。本研究では、最下層の金属層として CoSi₂ を配する構造を試作した。p-Si (111) 0.1° off 基板 ($\rho < 4 \text{ m}\Omega\text{cm}$) を SC-1、SC-2 洗浄後、厚さ 80 nm の熱酸化膜を形成し、ウェットエッチングにより $2 \mu\text{m}\phi$ の窓を形成した後、保護酸化膜を形成、分子線エピタキシー装置内に搬入し、Si 分子線照射にて保護酸化膜除去後、Co(3.3nm)/n-Si(5nm)/nc-n-Si(5 nm, Si:CaF₂ = 1:1)/CaF₂(0.93 nm) / Si (2.79 nm) / CaF₂(0.93 nm) / nc-Si (5 nm, Si:CaF₂ = 1:1)/i-Si(0.93nm)の結晶成長を行った。その際、1 層目の Co は基板温度を 70 °C とし結晶成長させ、550 °C で 30 分間アニールを行うことで、固相成長により CoSi₂ 層を形成する[2]。2 層目以降は基板温度を 80 °C とし結晶成長させ、その後 650 °C で 30 分間アニールを行った。最後に Al/Au 電極をリフトオフにより

形成して素子の完成となる。

【結果と考察】 作製した素子の室温における I-V 特性を Fig. 2 に示す。ピーク電圧は 0.93V、ピーク電流密度は 94 kA/cm^2 、リセット電圧は -2.19V、ON/OFF 比は 620 であり、CoSi₂ 層のない Si 基板直上へ形成した素子と比較しても良好といえる不揮発メモリサイクル動作特性が得られている。また、同様の構造で量子井戸材料として CdF₂ を用いた素子と比較して約 6 倍の ON/OFF 比が得られたことから、高品質な Si/CaF₂ ヘテロ界面の形成が示唆された。

【参考文献】

- [1]古関他、2011 年度秋季第 72 回応用物理学会 31a-ZH-5
- [2]J.Denda, K.Uryu, M.Watanabe et al, Jpn.J.Appl.Phys.52(2013)04CJ07
- [3]Y.Kuwata, K.Suda, M.Watanabe et al, Applied Physics Express 9,074001(2016)

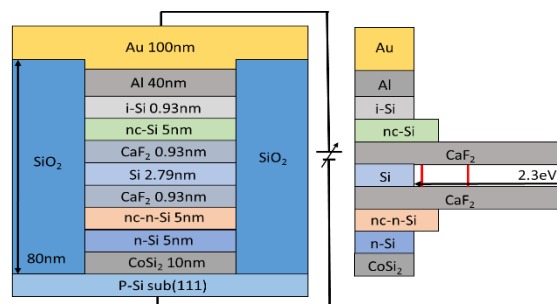


Fig. 1 素子構造と伝導帯バンドプロファイル

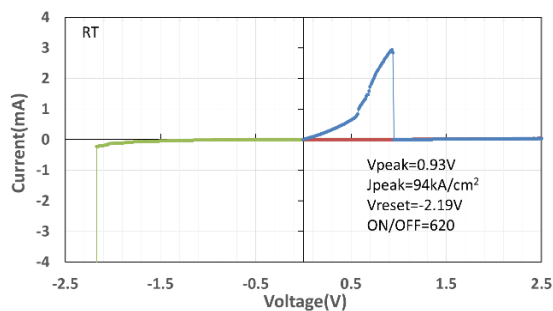


Fig.2 室温抵抗スイッチング特性