

RRAM(動作原理) ● メカニズムの有力な仮説を提案

RRAM (Resistive RAM) の動作メカニズムに関して、産業技術総合研究所 強相関電子技術研究センター 主任研究員の澤部仁氏の講演内容を以下にまとめる。

RRAMのメモリー機能用の電界誘起巨大抵抗変化 (CER 効果: colossal electro-resistance) のメカニズムを検証した。その結果、RRAMの動作メカニズムを定量的に説明できるモデルを見出すことができた。このモデルは、記憶素子を構成する酸化物と金属電極の界面のエネルギ・バンドに着目して構築している。ポイントは「強相関電子系」と呼ばれるグループに属する酸化物の性質と、この材料の界面での電気伝導度が電界の印加により大きく変化する現象である。このモデルを検証するために実施した実験結果についても詳細に報告する。

CER効果を示すのは「強相関電子系」材料

初めにCER効果を示す材料の報告例を紹介する(図16)。まず、1994年にオランダRoyal Philips Electronics NVが誘電体である PbTiO_3 のCER効果を報告した。続いて、2000年に米IBM Corp.がCrを添加した SrTiO_3 と SrZrO_3 でCER効果を観測した。同じ年、米University of Houstonは $\text{Pb}_1-x\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ のCER効果を報告している。2004年には、韓国Samsung Electronics Co., Ltd.が二元系酸化物である NiO のCER効果を実証した。

これらの材料が示すCER効果の特徴は、室温での現象であること、パルス電圧で誘起できること、抵抗変化が不揮発性であることなどである。このような特徴から、CER効果の不揮発性メモリーへの応用が検討され始めた。先

図16に示す通り、主にペロブスカイト系酸化物の例である。ペロブスカイト系材料については本書p.42の図16を参照。

| 材料名及び強相関電子系(CER効果)の強さを示す材料 | 研究グループ、発表年 |
|---|--|
| PbTiO_3 | オランダRoyal Philips Electronics NV, 1994 |
| Cr -ドープ SrTiO_3 , Cr -ドープ SrZrO_3 | 米IBM Corp., 2000, 2001 |
| $\text{Pb}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ | 米University of Houston, 2000 |
| $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_8$ | ロシアISG, 2001 |
| $\text{Pb}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ | シニア, 米University of Houston, 2002 |
| PbTiO_3 , TiO_2 | 韓Research Center, 2003 |
| $\text{Pb}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ | 早稲田大学, 2004 |
| NiO | 韓国Samsung Electronics Co., Ltd., 2004 |

図16 ● RRAM材料の研究進捗(「強相関電子系」)

RRAMのメモリー機能用のCER効果の検証は、上述の多くは、「強相関電子系」と呼ばれるグループに属する。ここに挙げた材料のうち、 NiO は二元系の誘電体酸化物。その他はペロブスカイト型構造を持つ酸化物である。産業技術総合研究所のページ。

図17 ● 電界や電圧、電圧電流が変化

強相関電子系材料では、電圧が低下すると同時に電流が増える。電界や電流、電圧などによって電圧が変化するようになり、電流伝導率や抵抗などの物理量が大きく変化する。その一例が、CER効果やCER効果である。産業技術総合研究所のページ。

