

# CBRAM 抵抗変化に伴う電気化学パラメータ変化のインピーダンス解析

## The Electrochemical impedance analysis of electrochemical parameter changes with CBRAM resistive switching

東理大理<sup>1</sup> ○(M2) 川並将太郎<sup>1</sup>, 五十嵐聡人<sup>1</sup>, 木下健太郎<sup>1</sup>

Tokyo Univ. of Sci.<sup>1</sup>, °Shotaro Kawanami<sup>1</sup>, Akito Igarashi, and Kentaro Kinoshita<sup>1</sup>

E-mail: 1518512@ed.tus.ac.jp

**【序論】** 導電性ブリッジメモリ(CBRAM)は、遷移金属氧化物(TMO)を銅などの活性電極(AE)と Pt などの不活性電極(IE)で挟み込んだ簡易な構造を持ち、次世代の不揮発性メモリとして期待されている。CBRAM の抵抗スイッチング(RS)は、異なる時定数を持つ①AE/TMO (TMO/IE)間の金属原子の溶出 (析出), ②溶出した金属イオンの TMO 薄膜中での拡散という電気化学反応を伴う 2 つのプロセスから構成されている [1]。我々は電気化学インピーダンス法(EIS 法)を用いて、各電気化学パラメータの面積依存性を詳細に調べる事で、パラメータの素子内分布を明らかに出来ることを示した[2]。先

の報告は初期状態(IRS)におけるものであったため、本研究では RS 前後における電気化学パラメータの素子内分布の変化を調査した。**【実験方法】**  $I$ - $V$  測定と EIS 測定を Cu/Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Pt 構造(電極直径: 200, 150, 100, 80 μm)の CBRAM に適用し、高抵抗状態(HRS)と低抵抗状態(LRS)の電荷移動抵抗  $R_{ct}$  と電気二重層(EDL)容量  $C_{dl}$  の測定を行った。**【結果と検討】** Fig. 1 及びその挿入図に IRS と LRS の素子に EIS 測定を行うことで得られた  $Z_{re}$  v.s.  $-Z_{im}$  plot (Nyquist plot)をそれぞれ示す。IRS 及び HRS(図中示さず)では、 $R_{ct}$  と  $C_{dl}$  に起因する容量性半円が観測された。一方、LRS では誘導性挙動が

支配的であった。Nyquist plot から Fig.1 の等価回路を用いて、 $R_{ct}$  と  $C_{dl}$  を見積もった。Fig. 2 に RS 現象の試行回数に対する  $R_{ct}$  と  $C_{dl}$  の変化を示す。同図より HRS では直流抵抗  $R_{dc} = R_{ct}$  なので、 $R_{dc}$  は AE からの金属原子の溶出しやすさで決まると言える。また、 $C_{dl}$  も  $R_{dc}$  の増減に追従して変化する。Fig. 3 に示すように IRS の抵抗値は面積に逆比例し、AE からの金属溶出は素子全面において起きることが分かる。RS を経験した後は面積依存性が見られない事と Fig.2 の結果から、金属架橋の成長と共に gap 間に電場が

集中して、金属原子の溶出が局所的になり、 $R_{dc}$  は gap 幅で決定される事が示唆される。対照的に  $C_{dl}$  は RS 現象を繰り返しても、IRS, HRS 共に面積依存性を保つ。この結果は一見、 $R_{dc}$ (金属架橋形成)に追従して  $C_{dl}$  が変化するという Fig.2 の結果と矛盾するようにも見えるが、Fig. 3

の挿入図に示すように、金属架橋は

EDL を横切って成長し、架橋部が太くなれば ( $R_{dc}$  が小さくなれば) 空乏層面積が減る ( $C_{dl}$  が小さくなる) ためであると考えれば辻褄が合う。この様に EIS 法による  $R_{ct}$ ,  $C_{dl}$  の面積依存性評価を通じて RS に伴う、金属架橋の縦(gap 間隔), 横(太さ) 両方向への成長や減退の様子を把握する事が可能である。

[1] K. Kinoshita, ECS Transactions 69 (2015) 11. [2] A. Hukushima, et al, The 48<sup>th</sup> SSDM (2016)

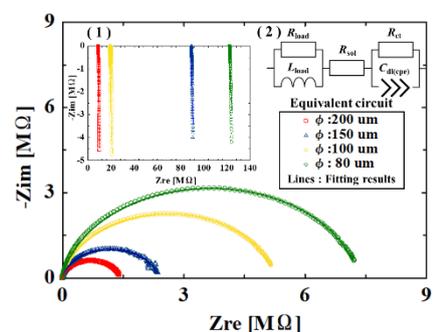


Fig. 1 Nyquist plot plot of IRS and LRS Inset: LRS(1) and Equivalent circuit (2).

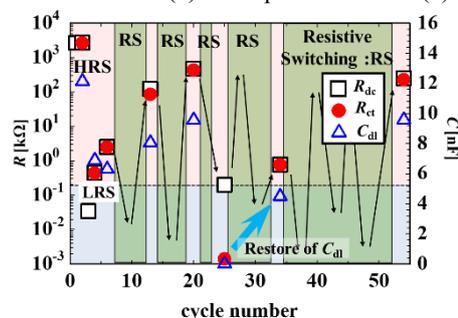


Fig. 2 The changes of  $R_{ct}$  and  $C_{dl}$  with RS

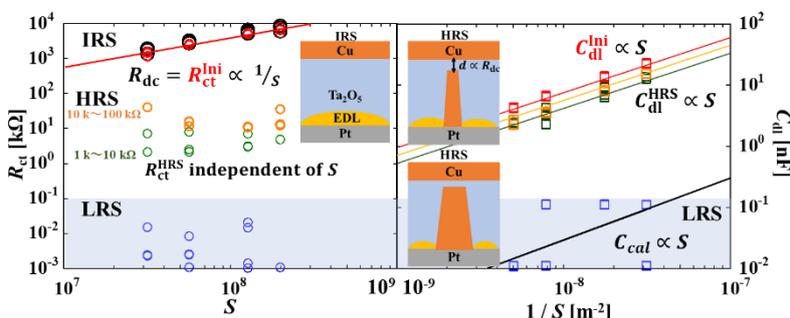


Fig. 3  $S$  dependence of  $R_{ct}$  and  $C_{dl}$ . Inset: Internal structure of CBRAM.