RuO₂チップ抵抗体における高温·通電劣化プロセスの光学的観測

Optical Observation of the Thermal and Current Carrying Degradation Process of a RuO₂ Resistor

東大工¹, KOA(㈱², 産総研³ ^O中村吉伸¹, 北中佑樹¹, 宮山 勝¹, 伊藤 武², 浦野幸一²,

中島智彦³, 土屋哲男³

U of Tokyo¹, KOA Corporation², AIST³, ^oYoshinobu Nakamura¹, Yuki Kitanaka¹, Masaru Miyayama¹, Takeshi Ito², Koichi Urano², Tomohiko Nakajima³, and Tetsuo Tsuchiya³

E-mail: tnakamu@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

化学的安定性に優れる RuO₂薄膜によるチップ抵抗体素子は、250℃以上の環境でも動作する SiC パワーモジュール用抵抗体への応用展開も期待されるが、現実には高温環境下において抵抗体膜 そのものの経時変化が認められなくても温度変化に伴う電極(Ag)の酸化など周辺構造の要因に よる経時劣化が懸念される。本研究では、RuO₂抵抗体の極限環境における熱劣化および通電劣化 の主要因と考えられる RuO₂抵抗体膜-Ag 電極界面における経時状態変化を光学的手法により評価 し、その詳細な劣化メカニズムを検討した。

[実験] 抵抗体試料は、Al₂O₃基板上の平行 Ag 電極上に RuO₂抵抗体ペーストをスクリーン印刷し、 850℃、45 min の空気中焼成により作製した。抵抗体膜表面を光学研磨ののち 210~350 ℃、酸素 気流中もしくは空気中にて~192 時間放置する耐熱試験を行い、その電気抵抗値の変化、RuO₂-Ag 界面の局所電子濃度の変化の評価、Ag 電極の状態観察を行った。

[結果] 抵抗体ペースト中の RuO₂はn型導電性でキャリア(電子)密度は 10^{21} cm⁻³程度である。 よって、可視部~赤外部において自由電子による吸収が認められるため、UV-VIS-IR 局所光学反射 スペクトルから局所電子濃度の概算が可能である。Fig. 1 にハイパワーモジュール動作中の推定素 子温度(=300℃)における 192 時間放置試験前後での RuO₂ 局所キャリア濃度の空間分布を示す。製 造直後の抵抗体においては、RuO₂膜のキャリア密度は均一ではなく、電極-抵抗体界面近傍(0 < x < 280 μ m : x は RuO₂-Ag 界面からの距離)において、約 20%高キャリア濃度状態になってい

ることがわかる。この高キャリア濃度領域は抵抗体膜直下にAg電極が存在している領域と一致していることから、抵抗体膜製造時の850℃加熱で電極AgとRuO₂とが固相反応をおこした結果生成したものと推察される。 界面高キャリア濃度層は耐熱試験後に消滅することが Fig.1 から明らかで、同時にAg電極が界面部で腐食され、 AgがRuO₂抵抗体薄膜内に拡散していることも明らかとなった。界面高キャリア濃度層の消滅から高温放置試験後の界面抵抗の増大が示唆される。

一方、RuO₂抵抗体を高温(~350℃)で長時間 放置すると抵抗値は漸増することがわかっており¹⁾、 Fig.1の結果はRuO₂抵抗体の高温熱劣化現象を定 性的に説明できる。当日は通電状態における耐熱 劣化試験の結果をあわせて示し、RuO₂抵抗体の パワーモジュール動作時相等の高温状態における 抵抗値劣化現象の詳細とその機構を議論する予定 である。

Reference

1) Y.Nakamura, Y.Kitanaka. M.Miyatama, T.Ito, K.Urano, K.Tanaka, T.Nakajima, and T.Tsuchiya, J. Ceram. Soc., Jpn. 125(7), in press



Fig.1 Special distribution of optically obtained electron concentration n' before and after the durability test at 250°C for 192 h. The n' is obtained according to

n' = $A\left(\frac{2\pi}{\lambda'}\right)^2$, $A = \frac{\varepsilon \varepsilon_0 c^2 m^*}{e^2}$. The hatched part (x=0–280 µm) is the region in which the Ag electrode is located under the RuO₂ resistor film

本研究の一部は、総合科学技術イノベーション会議の SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)「次世代パワーエレクトロニクス/SiC 次世代パワーエレクトロニクスの総合的研究開発」(管理法人:NEDO)により実施されました。