Y₂O₃-Ta₂O₅ 混合ドーパ ZrO₂ ゲート絶縁膜界面の高分解能観察

東京工業大学総合分析支援センター 木口 賢 紀
東京工業大学大学院理工学研究科 脇谷 尚 樹 篠崎 和 夫
国立東京高等工業専門学校 水谷 惟 恭

Fig. 1 (a) YSZ 薄膜の断面格子像と(b) EDS デプスプロファイル.

試料は p-Si (001) 基板上に PLD 法 1027 K で 001 エピタキシャル成長した 8 mol% Y₂O₃-8 mol% Ta₂O₅ 混合ドーパ安定化 ZrO₂ (YTaSZ) 薄膜で、高誘電率ゲート絶縁膜である。等モル数の Y³⁺ と Ta⁵⁺ を混合ドーパし、デバイス動作電圧を不安定にする容量-電圧 (C-V) ヒステリシスの要因である酸素空孔の消滅を試みたところ、Y-Ta 混合ドーパによって C-V ヒステリシスを YSZ の 1/50 以下の 10 mV 程度に抑制できた。しかし、界面単位密度が従来の YSZ と比較して約 30 倍の $2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$ へ増加した。断面観察から、YSZ 薄膜では 1 nm の界面反応層が存在して平滑な界面であるのに対し (Fig. 1(a)), YTaSZ 薄膜では約 2 nm の SiO_x 層内に直径約 1 nmφ の暗い粒子状コントラストが多数観察され、さらに局所的に Si の酸化が促進されていることが分かる (Fig. 2(a))。局所的な酸化の起っていない位置 (点線部) での 0.7 nmφ 電子プローブを用いた EDS デプスプロファイルを比較すると、YSZ 薄膜では界面近傍で急峻な組成プロファイルが得られているのに対して (Fig. 1(b)),

Fig. 2 (a) YTaSZ 薄膜の断面格子像と(b) EDS デプスプロファイル.

YTaSZ 薄膜では薄膜下部 3 nm の領域の Ta が SiO_x 層中のみならず Si 基板表面層にまで拡散し、基板表面領域において約 2 at% もの Ta が検出された (Fig. 2(b))。これは界面単位密度 $2 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$ とオーダーが一致する濃度であることから、Si 基板への Ta の拡散が Si の著しい界面単位密度増加の主要因と考えられる。また、Fig. 2(a) の矢印で示した暗い粒子には 17 at% もの Ta が偏析し、その直下では局所的に Si 基板の酸化が促進され、最大で Si 表面から深さ約 7 nm に達している。従って、膜中からの Ta の拡散が Si の酸化を促進し、界面ラフネスの原因となっていると考えられる⁽¹⁾。

文 献

- (1) Takanori Kiguchi, Naoki Wakiya, Kazuo Shinozaki and Nobuyasu Mizutani: Key Engineering Materials, **269** (2004), 237-240. (2006 年 8 月 17 日受理)

High-resolution TEM Analysis of ZrO₂ Gate Dielectrics Co-doped with Y₂O₃-Ta₂O₅; Takanori Kiguchi*, Naoki Wakiya**, Kazuo Shinozaki**, Nobuyasu Mizutani*** (*Center for Advanced Materials Analysis, Tokyo. **Department of Metallurgy and Ceramics Science, Tokyo Institute of Technology, Tokyo. ***Tokyo National College of Technology, Tokyo)

Keywords: zirconia, tantalum, diffusion

TEM specimen preparation: Ion milling (Gatan, PIPS model691, Final condition: 2-3 keV Ar⁺, irradiated angle: 3-4°)

TEM-utilized: JEOL JEM-2010F (200 kV)