

# 巨大誘電率を実現する $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ 積層膜の検討

## Giant Dielectric Constant in $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$ Multilayer Films Synthesized by ALD

ユーザー氏名：辻田卓司 Takuji Tsujita<sup>1</sup>, 森田幸弘 Yukihiro Morita<sup>1,2</sup>, 西谷幹彦 Mikihiko Nishitani<sup>2</sup>, 北川雅俊 Masatoshi Kitagawa<sup>2</sup> ( <sup>1</sup>パナソニック(株)/ Panasonic Corp., <sup>2</sup>大阪大学 / Osaka Univ.)

実施機関担当者：大西広 Ko Onishi, 中野和佳子 Wakako Nakano, 平井直美 Naomi Hirai, 松尾保孝 Yasutaka Matsuo (北海道大学/ Hokkaido Univ.)

▶ Key words

Giant Dielectric Constant, Atomic Layer Deposition

### 概要 / Overview

近年、メモリーデバイスやキャパシタへの応用を目的に高誘電率材料の開発が勢力的に行われている。この中で、誘電率 ( $\epsilon$ ) が 1000 を超える  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  積層膜に注目し、巨大  $\epsilon$  と電子絶縁性が両立する材料の開発を行った。

原子層堆積装置 (ALD) を用いて様々な  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  積層膜を作製し、酸化膜の組成と誘電率および絶縁特性の関係を考察することで、これまでにない高抵抗・高誘電率のデバイス作製を試みた。

High-permittivity materials have become the subject of vigorous development in recent years with the promise of applications in memory devices and capacitors. We focus on a high-permittivity material composed of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{TiO}_2$  layers, which exhibited a giant dielectric constant of about 1,000 due to Maxwell-Wagner relaxation and have assessed the viability of device fabrication using Atomic Layer Deposition (ALD) to investigate the correlation between electric characteristics of the multilayer materials and the film formation process.

#### 積層構造の概要と作製方法

Concept and Fabrication method of multilayer films

- 高誘電率と絶縁特性を併せ持つデバイス作製を目指し、Fig. 1 に示した簡易構造を持つ  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  積層膜を原子層堆積装置 (ALD) により作製した。サブレイヤー膜厚の異なるサンプル (サブレイヤー膜厚: 0.3nm ~ 10nm, 合計膜厚を 280nm) を作製し、電気特性 (誘電率と抵抗値) を測定した。また、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  を作製する時に用いる酸化剤を変化させることでデバイス特性が大きく変化することを見いだした (Fig. 2)。

- An ALD was used to fabricate the  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  multilayer films on glass substrate (Fig. 1). We investigated that The electrical characteristics of the films were measured to determine the mechanism by which both giant permittivity and low dielectric loss could be obtained.

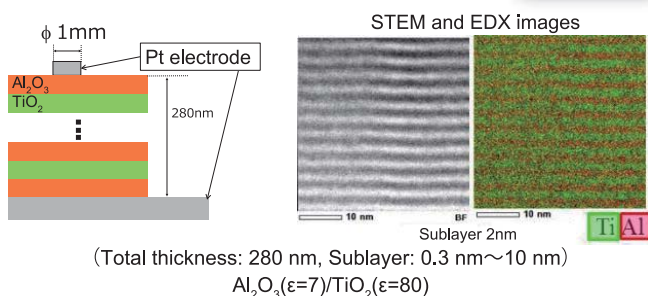


Fig. 1 Device structure and Cross section STEM images of  $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  multilayer

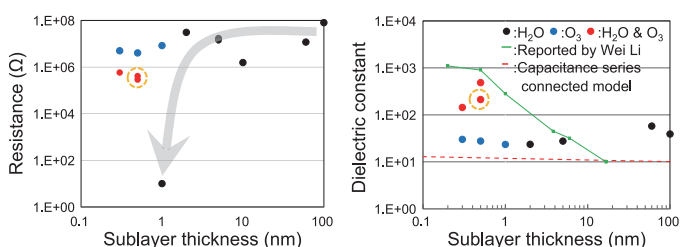


Fig. 2 Relationship between electric characteristics and oxidizer for  $\text{Al}_2\text{O}_3$  layers

#### 構造解析とデバイスの最適化

Optimization of the process and structure for high aaaa

- デバイス特性を考察するため、 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{TiO}_2$  積層界面の構造を収差補正透過電子顕微鏡 (CsSTEM) を持ったエネルギー損失分光法 (EELS) により調査した。その結果、 $\text{Al}_2\text{O}_3$  層作製に用いる酸化剤により、 $\text{TiO}_2$  層の酸素欠損に影響することが解明された (Fig. 3)。
- We investigate the insulation property of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  by STEM-EELS method.  $\text{Al}_2\text{O}_3$  layer (TMA) depletes oxygen from  $\text{TiO}_2$  layer and  $\text{O}_3$  compensates the oxygen defects in  $\text{TiO}_2$  layer. The oxygen defects in  $\text{TiO}_2$  layer might be necessary for to Maxwell-Wagner relaxation.

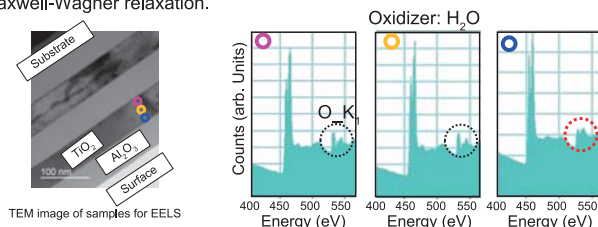


Fig. 3 Investigation of the oxidation state of  $\text{TiO}_2$  layer by using EELS

- 構造解析の結果を踏まえ、高誘電率と絶縁特性を併せ持つデバイス構造を検討して作製した結果、Fig. 4 に示すような高い特性を実現した。

- Both a high resistance and a high dielectric constant was achieved with optimizing the oxidizers for  $\text{Al}_2\text{O}_3$  layer.

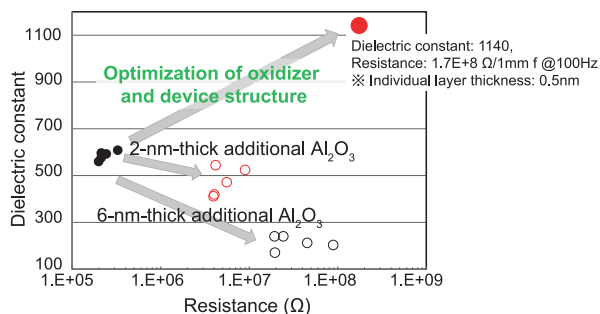
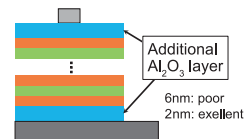


Fig. 4 Optimization of the process and structure for high resistance & high dielectric constant

▶ Contact

氏名：辻田卓司 (パナソニック(株)/ Panasonic Corp.) / 松尾保孝 (北海道大学 / Hokkaido Univ.)