

CVD 法による CeO_x 絶縁膜の作製と特性評価

Preparation and characterization of CVD CeO_x films

東工大フロンティア研¹, 東工大総理工², 産総研³ ◦幸田みゆき^{1,3}, 小澤健児^{1,3}, 角嶋邦之²,

Parhat Ahmet¹, 岩井洋¹, 卜部友二³, 安田哲二³

Tokyo Tech. FRC¹, IGSSE², AIST³, ◦M.Kouda^{1,3}, K.Ozawa^{1,3}, K.Kakushima², P.Ahmet¹, H.Iwai¹,

Y.Urabe³, T.Yasuda³,

E-mail: m.kouda@iwillab.ep.titech.ac.jp

【はじめに】希土類酸化物の high-k 材料の中でも、Ce 酸化物は価数揺動性という特性を持つことから、他の材料との組み合わせで使うことで、固定電荷量の低減に有効な材料である[1]。従来、Ce 酸化物膜は電子ビーム蒸着法を用いて作製してきたが、半導体製造での有効性を示すためには化学気相蒸着 (CVD) 法による成膜プロセスの開発が必須である。今回、アルコキサイド原料の熱分解反応による CeO_x 絶縁膜の作製およびその特性評価を行ったので報告する。

【実験方法】成長に用いた装置は石英管を電気炉で加熱する形式のものであり、原料ガスの $Ce[OC(C_2H_5)_2CH_3]_4$ は Ar をキャリアガスとして炉内に導入し、ターボ分子ポンプにより排気した。基板は希フッ酸処理した Si (100) を用いた。CVD 反応は、300~365°C の温度範囲で、炉内ガス圧は 1Pa および 10Pa にて行った。

【結果】図 1 に成長速度のアレニウスプロットを炉内圧 1Pa と 10Pa の場合について示す。この図には 2 インチウェハ全面に均一な成長を確認できた実験におけるデータのみを示している。プロットの傾きから求めた活性化エネルギーの値は 1.53 eV であり、熱分解反応の活性化エネルギーとして妥当な値である。圧力が高いほうが成長速度は大きくなっているものの、その依存性は線形ではない。このことから表面吸着状態を経由しての成長であることが示唆される。図 2 に 350°C で作成した Ce 酸化膜の光吸収特性を分光エリプソによって測定した結果を、 $Tauc$ プロットの形で示す。Ce 酸化物は CeO_2 と Ce_2O_3 の二つの組成を取りうるが、作成した膜は光吸収端が 3eV 付近にあることから Ce_2O_3 を主としていると考えられる。

図 3 は 350°C、1Pa にて 11nm の膜を堆積して、MOSCAP を作製し、CV 特性を評価した結果を示す。絶縁膜堆積後、膜中の酸素不足を補うために酸素雰囲気中で 500°C にて 10 分間アニールし、タングステン電極を形成して、フォーミングアニールを 500°C にて 10 分行った。 C_{max} 値から見積もられる k はおよそ 20 であり、CV 曲線にヒステリシスは見られず、フラットバンド電圧値も理想値である +0.28 V に近いことから、良好な MOS 特性が得られている。以上のようにアルコキサイド原料の熱分解というシンプルなプロセスによりゲート絶縁膜に応用し得る CeO_x 膜の形成が可能であることが示された。本研究は NEDO 「省エネルギー革新技術開発事業」の委託により実施した。

【参考文献】 [1] M.Kouda, et al. 2009 Symposium on VLSI Technology, 10B-3 pp.200-201

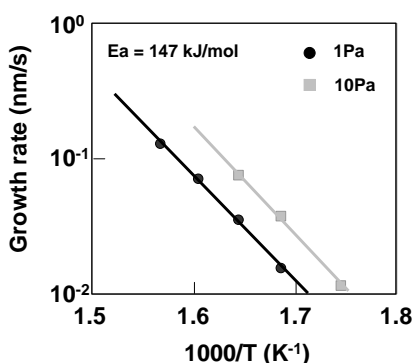


Fig.1 Arrhenius plot of growth rate

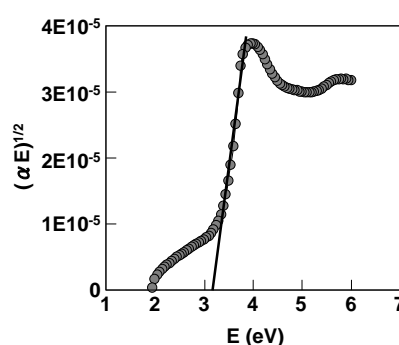


Fig.2 Energy dependence of optical-absorption coefficient α in CeO_x films

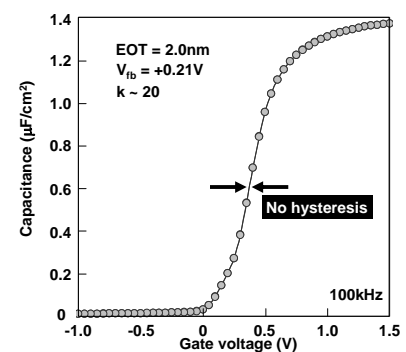


Fig.3 CV characteristic of MOSCAP with CeO_x insulator