超臨界流体堆積法による酸化ハフニウム薄膜の段差被覆成膜

Step coverage of hafnium oxide thin films by supercritical fluid deposition

上智大学, °(M2)川島広明, 内田寛

Sophia University
°Hiroaki Kawashima and Hiroshi Uchida
E-mail: uchidah@sophia.ac.jp

【緒言】 エレクトロニクスデバイス製造分野での無機材料薄膜堆積に対して、近年、基板材料へのダメージ低減を目的としたプロセス温度の低減化と、高密度集積化を目的とした三次元回路の形成を、同時に達成するプロセス技術が強く要求されている。従来の薄膜堆積手法である化学的気相堆積 (CVD) や液相法 (CSD) においては、薄膜材料の低温合成と段差被覆を同時に達成することが困難であり、この要求を達成するための手法として超臨界流体を用いた薄膜作製プロセス (SuperCritical Fluid Deposition: SCFD) [1] が近年提案された。我々もこれまでに堆積温度200 ºC以下での金属酸化物薄膜(TiO_2, SiO_2, ZrO_2)の作製、[2-4] およびトレンチ構造上への段差被覆[2]などの成果を報告し、また既報[5] において、薄膜トランジスタ (TFT) 用high-*k*材料として注目される酸化ハフニウム (HfO_2) 薄膜の堆積を100 ºCのSCFDで達成したことを報告した。本発表では、三次元回路の形成を念頭に置いたトレンチ構造上へのHfO_2薄膜の段差被覆に関する調査結果を報告する。

【実験】 薄膜作製に際して、自作のバッチ式超臨界流体薄膜堆積装置を用いた。[5] 液体CO_2導入系および気体排出系が基板ヒーターを備えた密閉式耐圧ステンレス製容器に連結している。薄膜作製の前駆体原料として$Hf(dpm)_4$を使用した。前駆体原料および各トレンチ幅 (W = 5-81 μm) のトレンチ構造を有するSi基板を反応セル底面に設置した後、CO_2ガスをセル内に導入し、セル内を所定の温度・圧力条件 (60~100 ºC, 18 MPa) に調整することで超臨界条件を維持した。この状態を3 h保持することで基板表面に薄膜材料を堆積させた。段差被覆性の評価は、トレンチ深さと堆積膜の浸透深さの比(*D*/*L*)をSEMにより調査することで実施した。

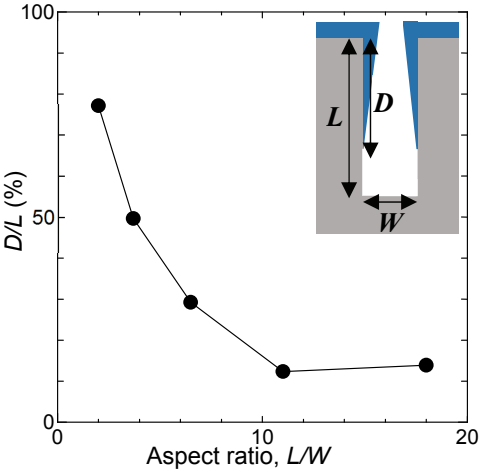

Fig. 1 Aspect-ratio *L*/*W* dependence of HfO_2 films on trenched structure.

【結果と考察】 図 1 は堆積温度 80 ºC において種々アスペクト比のトレンチ上へ堆積された薄膜試料の *D*/*L* 比を示す。アスペクト比の増大に従い *D*/*L* が減少した。この結果はトレンチ開口部付近での堆積原料の消費が顕著でありアスペクト比の増大に伴いトレンチ底部への原料供給が困難化したことを示している。図 2 は薄膜試料の *D*/*L* 比と堆積温度の関係を示す。いずれのトレンチ上においても堆積温度の上昇とともに浸透深さが低減する傾向が認められた。堆積温度の上昇に伴いトレンチ側壁での材料堆積(表面反応)速度が増大し、トレンチ開口部付近で原料が消費されるため、結果としてトレンチ底部まで原料が供給されず材料堆積の起こる侵入深さが低減したと考えられる。

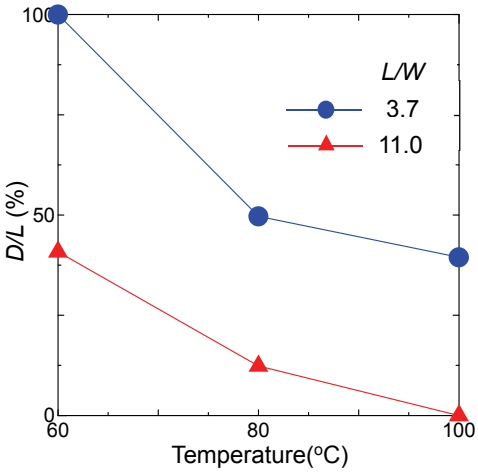

Fig. 2 Temperature dependence of *D*/*L* ratio of HfO_2 films on trenched structure.

1) Watkins et al., *Science*, **294**, 141 (2001).
2) Kano et al., *J. Supercrit. Fluids*, **50**, 313 (2009).
3) Izaki et al., *J. Ceram. Soc. Jpn.*, **124**, 18 (2016).
4) Shiokawa et al., *MRS Symp. Proc.*, **1729**, 99 (2015).
5)川島ら、第 64 回応用物理学会学術講演会、15p-P14-5 (2017).

© 2017年 応用物理学会