

課題番号 : F-21-NU-0078
利用形態 : 機器利用
利用課題名(日本語) : SEMによる材料内部組織観察手法の開発
Program Title (English) : Development of structure observation method inside material using SEM
利用者名(日本語) : 徳永智春, 大川原彩恵
Username (English) : T. Tokunaga, S. Okawara
所属名(日本語) : 名古屋大学大学院工学研究科
Affiliation (English) : Graduate School of Engineering, Nagoya University
キーワード/Keyword : 形状・形態観察, ALD, AlO_x, 組成分布

1. 概要(Summary)

原子層堆積 (ALD) 法は、原子レベルで膜厚制御を可能とする成膜手法であるため、電子デバイス作成に利用されている。ALD 法による薄膜成長初期段階は島状成長が報告されており、それによる局所領域における組成の不均一性が報告されている。今後、電子デバイスの更なる微細化に伴い、ALD 法によって得られる膜内部の組成不均一性は無視できない問題となる。また、これまでの薄膜評価手法は主に薄膜を断面から観察されるように薄片化し、TEM を用いた局所的な観察により評価されてきた。しかし、薄片加工は破壊加工であり、ALD 膜の構造に影響を与える可能性がある。今後より均一な膜を得るためにも、ALD によって得られる膜の広範囲において組成や構造を非破壊手法により解明する必要がある。そこで本研究では異なる加速電圧条件の SEM を用いて high-*k* 膜として利用されている ALD-AlO_x 膜 (以下、AlO_x 膜) を、非破壊かつ広範囲で観察する新しい手法を開発し、その手法により AlO_x 膜の内部組織を調査すると共に、開発手法の有効性を検討した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

原子間力顕微鏡 (Bruker 社製 AXS Dimension 3100)

【実験方法】BSE は放出率に元素番号依存性を有しているため、BSE 像では組成の違いが異なるコントラストとして得られ、高い加速電圧を用いて得られた像ほど、より深い領域の情報を有する。この原理を利用し、深さ情報の異なる BSE 像の差分を取ることで、BSE 像が有する深さ情報の違いのみを示した内部像が得られると考えた。

Si 基板上に ALD を用いて 100 nm 厚の薄膜を成膜した。AlO_x 膜内部の組成分布を得るために、SEM を用いて、AlO_x 膜表面の BSE 像および SE 像を 2.1~3.1kV の加速電圧条件により取得した。BSE 像の差分像において組成が不均一な領域から AFM 及び、直流電流像の取得を試みた。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1(a)および(b)に 2.1 kV で観察された SE 像および BSE 像を示す。BSE 像において SE 像には見られな

い島状の暗いコントラストが存在していた。SE 像は表面から数 nm 近傍の表面形状を示すことから、Fig. 1(b)の BSE 像における異なるコントラストは AlO_x 膜内部の情報を示している。Fig. 1(c)に AlO_x 膜上の同一領域を 3.1 kV で観察した BSE 像を示す。Fig. 1(b)と(c)の比較から、加速電圧の違いによって島状領域と他領域における明るさが異なっていることが分かる。両画像の差分を取ることでより得られた内部像において、同様に暗い円形のコントラスト領域が観察されたことから、島状の暗い領域は基板から表面まで柱状に続いていると考えられた。さらに、島状領域の組成は他領域とは異なっており、島状領域の O/Al 比は他領域の O/Al 比よりも小さく、酸素が少ない領域であることが判明した。この酸素組成比が異なる領域から、直流電圧印加 Contact-AFM を用いて電流像の取得を試みたが、いずれの領域においても電流が検出されなかった。製膜された AlO_x 膜の抵抗値が高く、トンネル電流を検出できなかったものと考えられた。

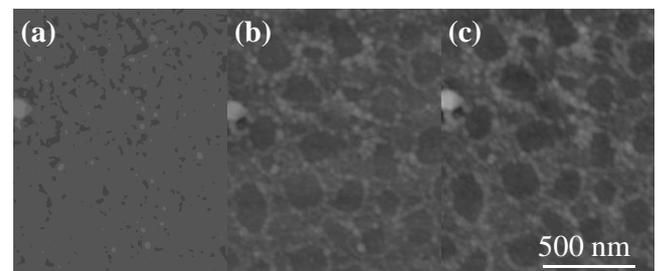


Fig. 1 SEM images of ALD-AlO_x thin film
(a) 2.1 kV/SE image (b) 2.0kV/BSE image and
(c) 3.1kV/BSE image.

4. その他・特記事項(Others)

なし。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

なし。

6. 関連特許(Patent)

なし。