

熱酸化 SiO₂/SiC 界面遷移層の評価Characterization of thermal SiO₂/SiC interfacial transitional layer

筑波大学 °永井 龍, 蓮沼 隆, 山部紀久夫

Univ. of Tsukuba, °Ryu Nagai, Ryu Hasunuma, and Kikuo Yamabe

E-mail: bk201111022@s.bk.tsukuba.ac.jp



[はじめに] 次世代パワー半導体材料 SiC の熱酸化機構は C の挙動をはじめ、未解明な部分が多い。最近では、SiO₂/SiC 界面に C 不純物を含んだ界面遷移層が存在するとの報告がある[1]。この界面遷移層が SiO₂ に変化する過程を捉えることは、熱酸化機構を理解する上で重要な知見となることが期待できる。また、SiO₂ の膜厚方向における種々の特性の分布が、その変化の過程を示すことが考えられる。例えば、希フッ酸によるステップエッチングで露出した SiO₂ 表面のラフネスは、エッチング耐性のミクロな分布を反映することができる。本研究では、SiC 上に成膜した熱酸化 SiO₂ において、ステップエッチングで露出した SiO₂ 表面のラフネス分布を測定し、SiO₂/SiC 界面遷移層の理解を深めた。

[実験手順] 本研究では 4H-SiC を使用した。標準的な RCA 洗浄により基板表面の汚染を取り除いた後、1200 °C の乾燥酸素雰囲気中で熱酸化を行った。また、1200 °C、Ar 雰囲気において 1 時間アニールを行ったものも用意した。次に、酸化膜を希フッ酸でステップエッチングし、そのステップごとに表面形状を AFM で評価した。

[結果] Fig. 1 に、4H-SiC および Si 上に成膜した熱酸化 SiO₂ において、ステップエッチングした際の表面ラフネスの膜厚方向分布を示す。全酸化膜厚はおよそ 30 nm である。Si の場合、膜厚 20 nm 以上の領域でラフネスが増加しているが、これは面内のエッチングレートが不均一であることを示し、面内の膜密度が不均一であることを意味する。また、界面に近づくにつれてラフネスは飽和していることが分かる。それに対して SiC では、界面近傍でラフネスが顕著に増加している。界面近傍において、面内の膜密度は不均一性を持つ、あるいは C 起因の不純物が不均一に存在することで面内のエッチングレートが不均一になることが推察される。この界面近傍の不均一なエッチング特性を示す領域が界面遷移層である。ただし、膜中央付近に対してはラフネスの変化は小さい。この領域は界面で形成された後にしばらく熱履歴を受けてきた部分である。つまり、酸化の進行過程で、徐々に均一な膜に改質されたと言える。この界面遷移層の改質過程は、TEOS-CVD-SiO₂ 膜のアニール処理による改質過程によく似ている[2]。界面遷移層に含まれる C 不純物は酸化雰囲気中で脱離され、脱離後に生じる空隙が熱緩和で縮小されることで膜の均一化が起こることが推測される。また、不活性ガス雰囲気中で熱処理を施しても、界面近傍のラフネス増加は低減されない(Fig. 2)。面内で不均一なエッチング特性を示す界面遷移層は、酸化雰囲気での熱処理によって均一化されることが分かる。

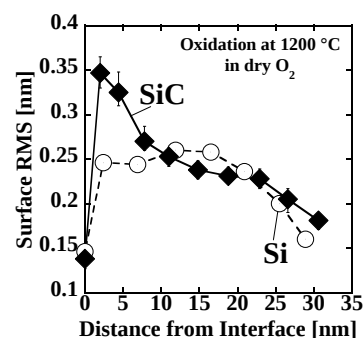


Fig. 1. SiC および Si 熱酸化膜において、ステップエッチングした際の表面ラフネス変化。酸化膜厚はおよそ 30 nm である。

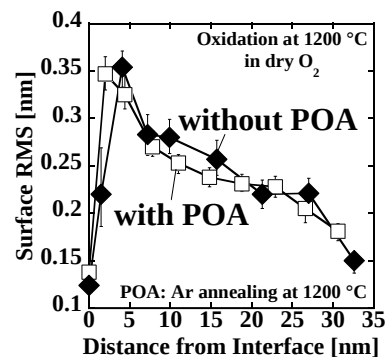


Fig. 2. 酸化後に Ar アニールしたサンプルのステップエッチングによるラフネス分布。アニール前後でラフネス分布は変わらない。

[1] T. Zheleva, A. Lelis, G. Duscher, F. Liu, I. Levin, and M. Das, *Appl. Phys. Lett.* **93**, 022108 (2008).

[2] M. Sometani, R. Hasunuma, M. Ogino, H. Kuribayashi, Y. Sugahara, and K. Yamabe, *Jpn. J. Appl. Phys.* **48**, 05DB03 (2009).