

TEOS-CVD-SiO₂ 膜の熱処理に伴う界面酸化量の評価

Evaluation of amount of Interfacial Oxidation during Thermal Annealing of TEOS - CVD - SiO₂ Film

筑波大学¹, [○]川村 浩晃¹, 蓮沼 隆¹, 山部 紀久夫¹

Tsukuba Univ.¹, [○]Hiroaki Kawamura¹, Ryu Hasunuma¹, and Kikuo Yamabe¹

(E-mail:bk201210988@s.bk.tsukuba.ac.jp)

1. 研究背景・目的

SiC は、熱酸化時に界面に残留した C 不純物による界面特性の劣化があると指摘されており、その優れた物性値ほどのデバイス特性は得られない。そこで我々は SiO₂ 堆積膜で TEOS (Tetraethoxysilane)を用いた CVD 膜について検討している。TEOS-SiO₂ 膜は、一般に成膜後においては膜中に多量の未分解 TEOS を含み、電氣的に極めて粗悪であるが、SiC 上、Si 上りともに 1200°Cでの熱処理によって電気特性が熱酸化 SiO₂のそれに近くなる。前回、我々は熱処理に伴う絶縁破壊寿命の向上速度が堆積する基板により異なることを報告している²⁾。これは熱処理中に TEOS-CVD-SiO₂ 膜中に含まれる不純物が基板と反応し、界面に熱酸化膜を形成する速度が異なるためであると考えている。そこで、今回は実際に TEOS-CVD-SiO₂ 膜堆積過程および成膜後の熱処理中に界面に形成される酸化膜厚を評価することを試みた。

2. 実験

RCA 洗浄を施した 4H-SiC(0001) n 型基板上および Si(100) n 型基板上に乾燥酸素雰囲気中で 200 nm 程度の熱酸化膜を形成した。その後、希フッ酸により熱酸化膜を部分的にエッチングし、基板の一部を露出させた。続いて TEOS をソースガスとした低圧 CVD 法により CVD-SiO₂ 膜を 750°Cで約 35nm 堆積した。その後 1200°C乾燥 Ar 雰囲気下で熱処理を行った。熱処理時間は 30~240 分とした。熱処理後 TEOS-CVD-SiO₂ 膜および熱酸化膜を希フッ酸により全剥離した。最後に剥離後に現れた界面形状を AFM で観察した。

3. 結果と考察

Fig. 1 に、熱処理を 30 分行った試料について、SiO₂ 膜を剥離した後の基板界面の AFM 像を示す。コントラストが明るい部分は高く、暗い部分は低いことを意味する。図中、明るく見える領域 (a) は熱酸化膜上に TEOS が堆積された領域であり、暗く見える (b) は基板上に直接 TEOS が堆積された領域である。これを見ると、b 領域においては熱処理中に膜中不純物による界面酸化が進行したことがうかがえる。一方、熱酸化膜が存在した領域ではこれが TEOS 膜中不純物の拡散障壁となることが期待され、ここでは酸化が全く進行しなかったとすれば、図中に見られる段差から熱処理中に界面に形成された熱酸化膜厚を見積もることが可能である。

Fig.2 に、段差から求めた、熱処理中に形成された酸化膜厚を示す。算出には Si の分子量 28.09 g/mol、SiO₂ の分子量 60.08 g/mol、Si の密度 2.33 g/cm³、SiO₂ の密度 2.21 g/cm³を用いた。また、酸

化による体積膨張が膜厚方向のみであると仮定した。図より、Si、SiC ともに熱処理時間の増加に伴い、界面熱酸化膜が増加していることが分かる。また、どちらも TEOS-CVD-SiO₂ 膜堆積直後の時点で界面に熱酸化膜が形成されていることが分かる。また、すべての熱処理時間において SiC の界面酸化膜厚が薄いことが分かる。このことは一般的に知られている、SiC の熱酸化速度が Si よりも遅い、という事実と矛盾がない。我々はこれまでに、Si 基板上のラジカル酸化膜が、成膜後に追加して行うわずかな熱酸化によって改質することを報告しており、膜の改質が界面熱酸化に伴って放出された Si によってもたらされていると結論づけている³⁾。今回の TEOS-SiO₂ の改質においても同様の現象が起きていると考えられる。前回報告した、SiC 上 TEOS-CVD-SiO₂ 膜の熱処理による改質が遅い²⁾のは界面酸化が起きにくいためであると結論付けた。

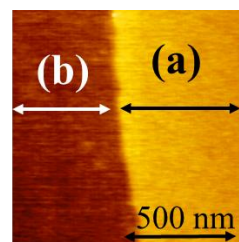


Fig.1. Si(100)における SiO₂ エッチング後の AFM 像。(a)は酸化膜上に TEOS が堆積した領域、(b)は基板上に直接 TEOS が堆積した領域である。

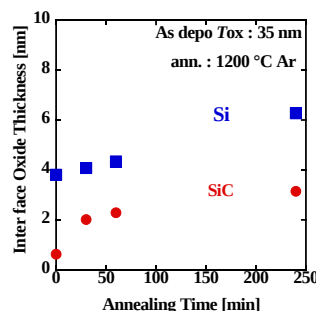


Fig.2 段差から求めた、界面で形成された熱酸化膜厚。

References

- 1) M.Sometani *et.al.*, Jpn. J. Appl. Phys. 51, 021101, 2012.
- 2) 川村浩晃, 前田貫太, 蓮沼隆, 山部紀久夫, 第 64 回応用物理学会春季学術講演会 17a-301-12
- 3) Y. Kabe *et. al.*, ECS Trans. vol. 25, 6, pp. 371-378, 2009.