

電子線照射によるシリコン酸化膜の還元に伴う表面変形

Surface Shrink of SiO₂ Layer with Reduction Reaction by Electron-Beam Irradiation

弘前大院理工 ○秋元 恭汰, 藤森 敬典, 遠田 義晴

Hirosaki Univ. ○Kyota Akimoto, Keisuke Fujimori, Yoshiharu Enta

E-mail: h20ms101@hirosaki-u.ac.jp

はじめに 薄膜シリコン酸化膜(SiO₂)に高電流密度電子線を照射すると、照射された領域で還元反応が生ずることが知られている。前回我々は 20nm 以上の厚膜でも同様の反応が生じ、還元領域を起点として、選択的に SiO₂ 膜が熱分解され SiO₂ 貫通穴を形成できることを報告した[1]。今回は、還元反応と同時に照射領域が収縮陥没することを見出したので、その結果を報告する。

実験方法 Si(100)基板上にドライ酸化で形成した SiO₂ 膜を試料とした。照射電子線エネルギーは 5, 10, 30keV、電子線直径は 10~70nm、電流値は 1~20nA の範囲で行なった。還元反応の観測は走査型オージェ電子顕微鏡(SAM)、表面プロファイルの観測は原子間力顕微鏡(AFM)で行った。SAMは電子線照射直後であるが、AFMは試料を SAM 装置から取り出し後、大気中で行っている。

結果 Fig.1 は、20nm 厚 SiO₂ 膜試料に 5keV, 20nA で 2 秒おきに 2~30 秒間、15 箇所（左から順に 2 秒おき）に電子線を照射し、その後 Si LVV オージェ（赤）と O KLL オージェ（緑）電子強度のラインプロファイルを測定した結果である。電子線照射領域で Si が増加し O が減少していることから還元反応が生じていること、照射時間とともに反応が大きくなっていることが明瞭にわかる。Fig. 2 は、同様の試料に 5keV, 10nA で 1~30 分間照射したときの AFM 像のラインプロファイルである。照射領域が体積収縮により陥没していることがわかる。その深さは、1 分照射ですでに 5nm 以上に及び、時間とともに深くなり 30 分では SiO₂ 膜厚の半分程度までに達している。また同時に陥没穴直径も大きくなっている。注意深く見ると、陥没穴周辺がわずかに隆起していることもわかった。SiO₂ の還元に伴う体積の収縮は、O が選択的に表面から脱離したことを示す。

[1] 秋元ら、2020 年 第 81 回 応用物理学会 秋季学術講演会。

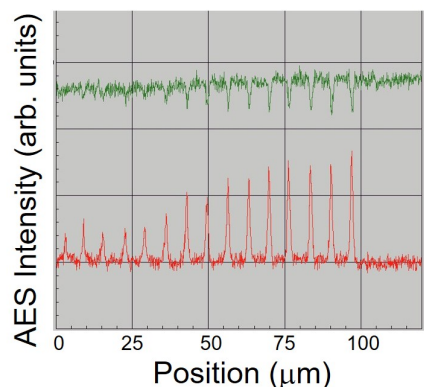


Fig. 1 Line profiles for intensities of Si LVV (red line) and O KLL (green line) Auger electrons.

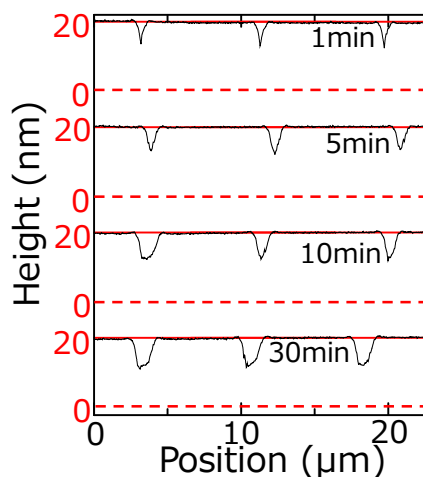


Fig. 2 Line profiles of AFM images.