

Si 基板上のストロンチウムシリケート薄膜の固定電荷の起源 The origin of fixed charge for strontium silicate film on silicon substrate

○谷脇将太, 吉田晴彦, 新船幸二, 佐藤真一, 堀田育志 (兵庫県立大学)

○Shota Taniwaki, Haruhiko Yoshida, Koji Arafune,
Shin-ichi Satoh, and Yasushi Hotta (Univ. of Hyogo)

E-mail: eu15m002@steng.u-hyogo.ac.jp

【はじめに】近年、金属シリケート薄膜は、High-k ゲート膜や太陽電池のパッシベーション膜など様々なシリコンデバイスへの応用が見込まれている。特に、アルカリ土類金属を含むシリケート材料はシリコンに対して熱力学的に安定で、シリコン基板上への薄膜作製過程において界面シリコン酸化物(SiO_x)を形成しないため、シリコン基板上に直接成膜する事ができる。 SiO_x 形成を抑制できることによって、電気特性の劣化を引き起こす界面準位密度の増加を防ぎ、また、絶縁膜容量を左右する換算膜厚の増加を防ぐことが可能であることから、今後シリコンデバイスでの応用が期待される材料である。これまで、我々の研究では、ストロンチウムシリケート(Sr_2SiO_4)を選択し、シリコン基板上への薄膜化及び膜厚変化に対する膜中実効固定電荷量について調査し、 400°C でのアニール処理で最大固定電荷量 $1 \times 10^{13} \text{cm}^{-2}$ が得られた^{1, 2, 3)}。その際に、アニール処理の温度が上昇すると固定電荷の量が減少する事を見出した。図1に各シリケート薄膜試料の実効固定電荷密度(Q_{eff})と膜厚の関係を各アニール条件でプロットしたものを示す。今回は、この現象の考察から、界面でのシリケート反応および、固定電荷の起源について報告する。

【試料作製・評価方法】パルスレーザー堆積(PLD)法により、 Sr_2SiO_4 多結晶ターゲットを用いて、p 型 Si(100) 基板上に成膜を行った。 Sr_2SiO_4 薄膜は、基板温度が室温、成膜雰囲気が高真空($<10^{-6} \text{Pa}$)、レーザーエネルギー密度が 2J/cm^2 で作製した。試料の膜厚は 5, 10, 15, 25, 40 nm と変化させた。成膜後に $400, 500, 600^\circ\text{C}$ の酸素雰囲気中で 6 時間のポストアニール処理を行った。評価は容量-電圧(C-V)測定と X 線光電子分光法(XPS)を使って行った。

【考察・検討結果】図2に図1の膜が 15nm 以下の薄い領域を拡大したものを、また、各アニール温度について最小二乗法による直線フィッティングを行った結果を示す。アニール温度が上昇するにつれて、フィッティング直線の傾きが小さくなっている。また、その直線の実効固定電荷密度の 0 軸との交点が、アニール温度の上昇に伴って負方向に移動している事が分かる。これは、アニール温度の上昇により、シリケート膜が Si 基板側にシフトしていることを示している。また、XPS 測定による Si 2p 内殻光電子スペクトルの結果からシリケート膜厚が増加している結果が得られていることから、アニール温度の上昇によってシリケート膜がシリコン基板側に広がり、それが Sr イオンと酸素イオンの拡散を招き固定電荷の消滅に影響していると考えられる。今回の結果から、固定電荷の起源がイオンの拡散現象によるものだと分かった。

【参考文献】1) S. Taniwaki, et al., J. Vac. Sci. Technol. **A 34**(6), 061506 (2016.) 2) 第 63 回応用物理学会春季学術講演会 21a-H103-4 3) S. Taniwaki. et al., J. Appl. Phys., **121**, 225302 (2017)

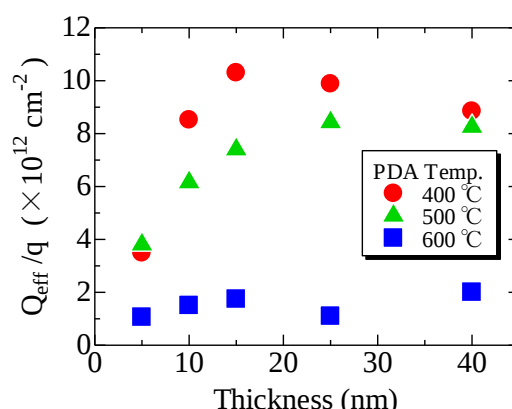


図1 各アニール条件における固定電荷の膜厚依存性

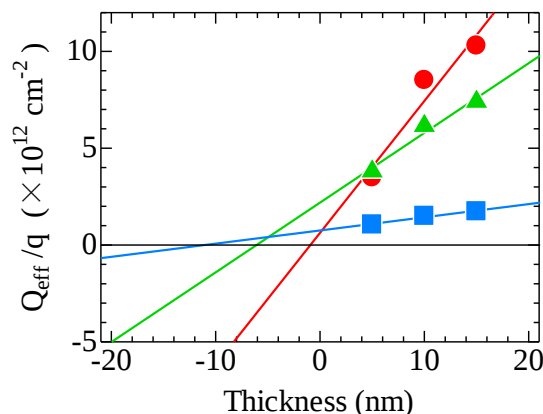


図2 膜の薄い領域における固定電荷の膜厚依存性