シリコンナノ結晶/酸化シリコン複合膜に対する水素化処理の検討

Effect of hydrogenation process on passivation performance of silicon nano-crystal/silicon oxide compound layer

名大工[1]，名大院工[2]，東大生研[3]，○松見　優志[1]，後藤　和泰[2]，ビルデ　マーカス[3]，黒川　康良[2]，福谷　克之[3]，宇佐美　徳隆[2]

School of Eng., Nagoya Univ.[1], Graduate School of Eng., Nagoya Univ.[2], Institute of Industrial Sci., The Univ. of Tokyo[3]

○ M. Matsumi[1], K. Gotoh[2], M. Wilde[3], Y. Kurokawa[2], K. Fukutani[3], N. Usami[2]

E-mail: matsumi.masashi@e.mbox.nagoya-u.ac.jp

【導入】極薄の酸化シリコン（SiO_2）をパッシベーション層に用いた太陽電池は、25%超の高い変換効率を示すことから注目されている。そのキャリア輸送機構は、トンネル効果やピンホールを介した伝導であるため、プロセスのロバスト性や長期信頼性に課題がある。これらの観点からは、厚い SiO_2 膜が有利であるが、キャリア輸送に課題がある。我々は、厚い酸化膜においてもキャリア輸送を可能とするため、酸化シリコン(SiO_x)膜中にシリコンナノ結晶（Si-NC）を生成し、それをキャリア輸送経路として利用する新規保護膜を提案し研究を進めてきた[1]。しかし、そのパッシベーション性能は、現状では高性能な接合層として十分ではない。本研究では、パッシベーション性能の向上を目的とし、新規保護膜に対して水素化処理のプロセスを検討した。

【実験方法】フッ酸洗浄を行った n 型 Si(100)基板(c-Si)の両面にプラズマ援用化学気相堆積法を用いて n^+-a-Si:H/a-SiO_y:H/a-SiO_x:H/a-SiO_y:H/c-Si 積層構造を作製した。ここで膜厚は記載順に 30, 2, 5, 1nm であり、$x < y$ の関係がある。続いて N_2 97 %、H_2 3%の混合雰囲気で 750 °C、30 分の熱処理を行い、SiO_x 母材中に Si-NC を形成した。その後、フォーミングガスアニール(FGA)・水素プラズマ処理(HPT)による水素化を 300, 400, 500 °C で行い、擬似定常状態光伝導度（QSSPC）法による implied V_{OC} (i-V_{OC})測定と共鳴核反応法(NRA)による水素深さ分布の評価を行った。

【結果と考察】図 1 に熱処理後、FGA 後、HPT 後それぞれにおける、i-V_{OC} と処理温度(T)の関係を示す。いずれの処理温度においても水素化により i-V_{OC} が向上した。加えて、HPT 後の i-V_{OC} は FGA 後の i-V_{OC} より高い値が得られている。図 2 は NRA で得られた試料のγ線収率である。測定試料の水素密度（C_H）は、標準試料を用いて定量した。横軸は試料の深さに対応しており、上部の挿入図に試料の断面図を示している。熱処理後の試料と比較すると、HPT 後の試料では新規保護膜内の水素密度が顕著に上昇しているが、FGA 後の試料では水素密度の目立った変化はない。したがって、観測された HPT 後のパッシベーション性能の向上は、保護膜内とヘテロ界面近傍の欠陥が水素により効率的に終端されたためと考えられる。

【謝辞】本研究は JSPS 科研費 20K15127 および新学術領域研究ハイドロジェノミクス、NEDO の支援の下行われた。

【参考文献】

[1] R. Tsubata *et al.*, 9p-Z13-4 第 81 回応用物理学会秋季学術講演会, Online, September 2020

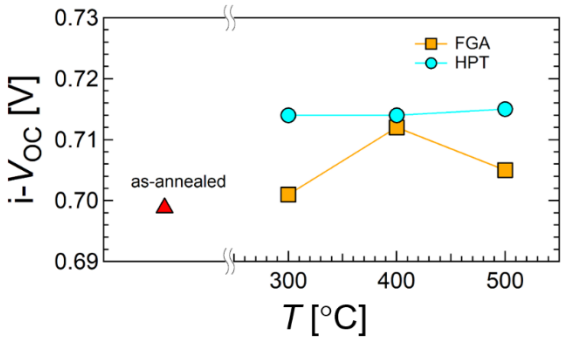

Fig. 1. Implied V_{OC} in the samples after annealing, FGA and HPT as a function of temperature.

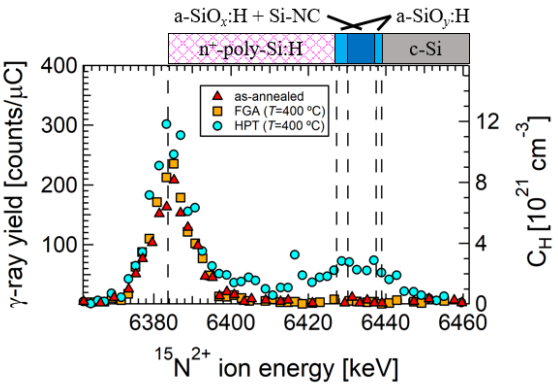

Fig. 2. NRA γ-ray yield curves of as-annealed, FGA-treated and HPT-treated samples.

© 2021年 応用物理学会