

硝酸酸化膜を用いるアンモニアプラズマによる基板 Si の直接窒化防止とシリコン太陽電池の効率向上

Prevention of direct nitridation of Si substrates and improvement of energy conversion efficiency of Si solar cells by use of Nitric Acid Oxidation of Si (NAOS) method

阪大産研, CREST-JST ○松本 健俊, 廣瀬 諒, 小林 光

Osaka Univ., CREST-JST, ○Taketoshi Matsumoto, Ryo Hirose, Hikaru Kobayashi

E-mail: h.kobayashi@sanken.osaka-u.ac.jp

Si 基板を硝酸水溶液中に浸漬するだけで、1.1~1.4 nm の厚さの極薄硝酸酸化膜を形成できる。この硝酸酸化膜は、界面準位密度が極低で、高い原子密度を持つことを明らかにしてきた[1]。また、Si/SiN 界面に硝酸酸化膜を挿入することにより、シリコン太陽電池特性を向上できた[2]。本研究では、硝酸酸化膜の NH₃ プラズマダメージ低減の効果について検討した。

Si 基板と反射防止膜である SiN 膜の界面に硝酸酸化膜を挿入することにより、n 型シリコン単結晶太陽電池では、エネルギー変換効率が 17.2%から 18.9%に向上し、p 型シリコン単結晶太陽電池では、16.5%から 17.5%に増加した。n 型および p 型シリコン太陽電池の両方で変換効率が向上していることから、固定電荷ではなく、硝酸酸化膜と Si 基板界面の界面準位密度の低減が、変換効率の向上に寄与していることを示している。C-V 曲線から求めた固定電荷密度は、硝酸酸化膜の存在によってほぼ変化しないことが分かった。また、Si 基板表面を NH₃ プラズマ処理をした時の表面状態を検討した。硝酸酸化

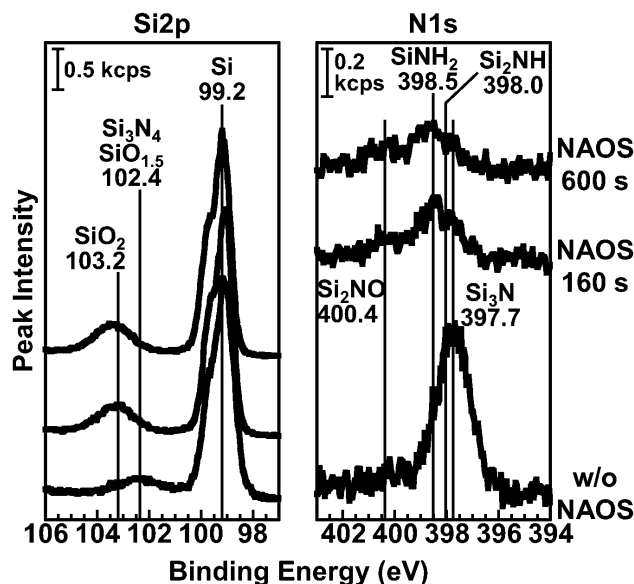


図 1 硝酸酸化 (NAOS) 膜を形成後、アンモニアプラズマ処理を行った Si(100)表面の XPS スペクトル

化膜がない場合には、Si 基板表面が NH₃ プラズマ中で直接窒化され、~0.5 nm の SiN 膜が形成されており、Si/SiN 界面では、界面準位密度やトラップ準位密度が増加しているものと考えられる。一方、硝酸酸化膜が存在する場合、SiO₂ 表面に 0.2 nm 以下の極薄 SiN 層が形成されるものの、基板 Si は直接窒化されることが分かった。このように、硝酸酸化膜を形成することにより、SiN 反射防止膜形成中に基板 Si の直接窒化とプラズマダメージが防止されると共に極低界面準位密度が得られるために、太陽電池の変換効率の向上につながったものと考えられる。

[1] Asuha, T. Kobayashi, O. Maida, M. Inoue, M. Takahashi, Y. Todokoro, H. Kobayashi, Appl. Phys. Lett. 81 (2002) 3410.

[2] F. Shibata, D. Ishibashi, S. Ogawara, T. Matsumoto, C.-H Kim and H. Kobayashi, J. Solid State Chem. 3 (2014) Q137.