

2 段階水素プラズマ処理によるシリコンナノ結晶/ 酸化シリコン複合膜のパッシベーション性能向上

Improvement of passivation performance of silicon nanocrystal/silicon oxide compound layer by 2-step hydrogen plasma treatment

名大院工¹, 東大生研², ○松見優志¹, 後藤和泰¹, ビルデ マーカス²,
黒川康良¹, 福谷克之², 宇佐美徳隆¹

Graduate School of Eng., Nagoya Univ.¹, Institute of Industrial Sci., The Univ. of Tokyo²

○ M. Matsumi¹, K. Gotoh¹, M. Wilde², Y. Kurokawa¹, K. Fukutani², N. Usami¹

E-mail: matsumi.masashi.j4@s.mail.nagoya-u.ac.jp

【導入】我々が提案したシリコンナノ結晶 (Si-NC) /酸化シリコン (SiO_x) 複合膜 (NATURE contact) は、従来の SiO_x 膜より厚膜ながら高い導電性と結晶シリコン (c-Si) 表面に対する高いパッシベーション性能が期待できる[1]。これまでに、NATURE contact のパッシベーション性能の向上を目的に水素プラズマ処理 (HPT) を行った。結果、500 °C での HPT にて NATURE contact に水素が最も取り込まれ、パッシベーション性能の指標となる implied V_{OC} (i-V_{OC}) が 718 mV まで向上した[2]。一方で NATURE contact 上に堆積する多結晶シリコン (poly-Si) 層への水素導入は確認できず、性能向上の余地がある。そこで、HPT 温度が poly-Si 層からの水素脱離温度である約 400 °C よりも大幅に高い事に着目し、2 段階 HPT を着想した。2 段階 HPT は 500 °C での HPT (1st HPT) で NATURE contact に水素を導入した後に、比較的低温での HPT (2nd HPT) にて poly-Si 層に水素を導入する事で構造全体の水素パッシベーションを狙う手法である。今回は 2 段階 HPT の有用性を検証した結果について報告する。

【実験方法】フッ酸洗浄を行った n 型 c-Si(100) 基板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(30 nm)/a-SiO_y:H(2 nm)/a-SiO_x:H(5 nm)/a-SiO_y:H(1 nm)/c-Si 積層構造を作製した。ここで、 $x < y$ である。続いて N₂ 97%、H₂ 3% の混合雰囲気中で 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、HPT による水素化を行った。1st HPT は温度 (T_{HPT}) を 500 °C、時間 (t_{HPT}) を 15 min、プラズマ出力 (P_{RF}) を 300 W で行い、2nd HPT では T_{HPT} = 300 °C、t_{HPT} = 3 min、P_{RF} = 30 W で行った。擬似定常状態光伝導度法により i-V_{OC} の評価を行い、共鳴核反応法 (RNRA) により水素深さ分布を測定した。

【結果と考察】図 1 は HPT 前、1st HPT 後、および 2nd HPT 後の RNRA 結果である。γ 線

収率と ¹⁵N²⁺ イオンエネルギーは、それぞれ水素濃度と試料深さに対応する。HPT 前の模式構造を図の上部に示す。6385 keV の γ 線収率ピークは、試料表面の水素によるものであり、HPT により水素濃度が増大している。HPT 前の i-V_{OC} は 696 mV に対し、1st HPT のみ用いると i-V_{OC} が 718 mV に向上した。また、1st HPT 後には、HPT 前には無い 6435 keV 付近にブロードなピークが観測され、1st HPT 後に NATURE contact 内に水素が含まれていることが分かる。1st HPT 後に 2nd HPT を行うことで、i-V_{OC} が 723 mV まで向上した。加えて、6435 keV 付近のブロードピークだけでなく、6390~6420 keV の範囲の γ 線収率も増大し、全体的に多くの水素が導入された。これらの結果から、2 段階 HPT は構造全体を水素化し、i-V_{OC} を改善する効果があることが分かった。

【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.*, *ACS Appl. Nano Mater.* **5** 1820-1827 (2022).

[2] M. Matsumi *et al.*, *proceedings of WCPEC-8* 402-405 (2022).

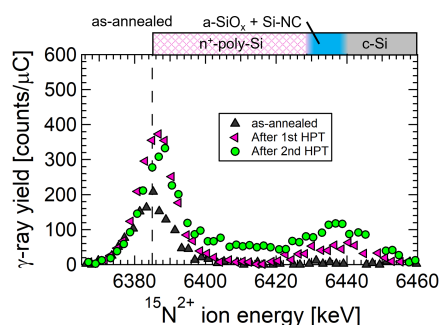


Figure 1. RNRA γ-ray yield curves of the NATURE contact after annealing at 750 °C, 1st HPT, and 2nd HPT.