

プラズマ誘起欠陥の発生と修復 ～低温パッシベーションにおける Ar イオンの効果～ Plasma-induced defects ~ Positive effects of Ar ions on low-temperature Si surface passivation~

産総研, °布村 正太, 坂田 功, AIST, °Shota Nunomura, Isao Sakata

E-mail: s.nunomura@aist.go.jp

太陽電池等のオプトエレクトロニックデバイスにおいて、シリコン(c-Si)等の活性層の表面パッシベーションは重要な役割を担う。表面パッシベーションは、表面の欠陥 (dangling bond 等) を終端しキャリアの再結合を低減する技術で、一般に、ワイドギャップ材をプラズマ CVD 法により c-Si 上に成膜することによって実現される。通常、良質なパッシベーションを得るためには、百数十℃以上の成膜温度を必要とするが、用途によっては、フレキシブル基材等の制約により、100℃以下の低温で成膜することが求められる。そこで今回、低温における水素化アモルファスシリコン (a-Si:H) の成膜を一例として取り上げ、Ar プラズマを用いた後処理によるパッシベーション性能の向上について調べたので報告する。

図 1 に実験装置の概要を示す[1]。SOI(silicon on insulator) 基板上に水素希釈シランプラズマを用いて a-Si:H の成膜を行った。成膜温度を 80℃とした。成膜時に、レーザー(波長 520nm、出力 1mW)を a-Si:H/SOI に照射し、SOI 内の光電流を実時間その場計測した。SOI には、p 型結晶シリコン (300nm、150-300Ω cm、100 配向)を用いた。SOI 表面には光電流計測用の電極 (ITO/Ag/ITO) を設けた。SOI は成長前に DHF 洗浄し、表面の自然酸化膜を除去し水素終端した。SOI 内の光電流は、a-Si:H/c-Si 界面の欠陥を反映し、光電流の低下は欠陥の発生に対応する [2]。

図 2 に、a-Si:H の成長及びプラズマ処理中の光電流(I_p)の時間変化を示す。図より、光電流は、最初の極薄膜の成長 (膜厚約 3nm) により減少し (図中の 1)、その後の膜成長 (膜厚約 12nm) において変化しないことが確認できる (図中の 2-4)。また、成長後の a-Si:H 膜に水素プラズマ処理を施した場合でも、光電流が増加しないことが確認できる (図中の 5)。これらの結果は、低温成長の a-Si:H 膜は、欠陥を非常に多く含み、パッシベーション膜として機能しないこと、さらに、単純な水素プラズマ処理ではパッシベーション性能の改善を得ることができないことを意味する。

一方、図中の 6-9 では、低パワーかつ短時間の Ar プラズマ処理を施すことで、光電流が大幅に増加することが確認できる。この結果は、Ar プラズマ処理を適切な条件で施すことで、パッシベーション性能を大幅に向上させることができることを示す。但し、過度な Ar プラズマ処理は光電流の低下を招くことから (図中の 10-12)、パッシベーション性能がむしろ低下することもわかる。講演では、実験方法及び結果の詳細を紹介し、膜構造の変化、水素拡散を含めて欠陥の発生と修復について考察する。

謝辞：科研費 (課題番号 18K03603) 受け実施されました。

[1] S. Nunomura *et al.*, *J. Appl. Phys.* **128**, 033302 (2020).

[2] S. Nunomura *et al.*, *Phys. Rev. Appl.* **10**, 054006 (2018).

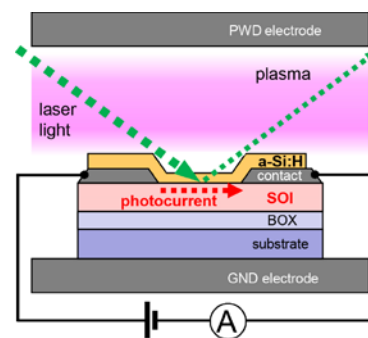


図 1 光電流のその場計測。
a-Si:H 成膜中に SOI の光電流を計測[1]。

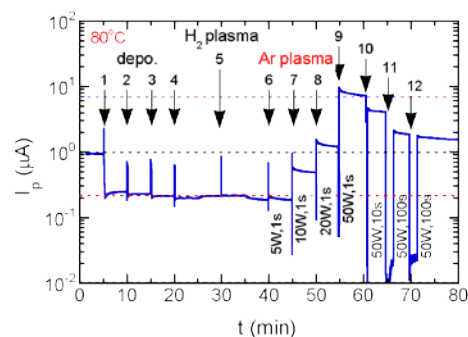


図 2 プラズマプロセス時の光電流 (I_p)の時間発展。a-Si:H 成長(1-4)。水素プラズマ処理(5)。Ar プラズマ処理(6-12)。処理条件を図中に示す。