プラズマ誘起欠陥の発生と修復 ～モバイル水素の役割と考察～

Generation and annihilation of plasma-induced defects ~ roles of mobile H ~

産総研 [1]，名大 [2]，○布村 正太 [1]，坂田 功 [1]，堤 隆嘉 [2]，堀 勝 [2]

AIST[1], Nagoya Univ. [2], °S. Nunomura[1], I. Sakata[1], T. Tsutsumi[2], M. Hori[2]

E-mail: s.nunomura@aist.go.jp, tsutsumi@plasma.engg.nagoya-u.ac.jp

先端半導体における欠陥と水素のマネージメントは、デバイス性能と信頼性の両面から極めて重要である。デバイス内の欠陥は、作製に用いるプラズマプロセスによって形成されることが多いが[1]、水素原子（ラジカル）との関連については十分に解明されていない。水素原子は、バルク材の欠陥を生成する一方で、界面におけるダングリングボンド等の欠陥を終端する。したがって、水素原子の振る舞いを理解し制御することが必要である。今回、太陽電池用途の水素化アモルファスシリコン(a-Si:H) パッシベーション膜付 c-Si ウエハにアルゴン(Ar)イオンを照射し、a-Si:H/ c-Si 界面の欠陥の発生と修復をモバイル水素の観点から考察を進めたので報告する [2]。

図１にイオン照射実験の概要を示す。二周波容量結合型放電を採用し、Ar ガス雰囲気中で上部電極に高周波(100MHz)を供給しプラズマを生成し、下部電極に低周波(2MHz)を印加しイオンエネルギーを調整した。サンプルは、p-i stack a-Si:H(7-34nm) / n-type FZ textured c-Si(280μm) / i-n stack a-Si:H(20nm)構造を有し、下部電極上に設置した。パッシベーション膜厚（p-i stack a-Si:H:7-34nm)を変えたサンプルを準備し、イオン照射による欠陥の発生及びアニールによる欠陥の修復を c-Si の少数キャリアのライフライムにより評価した。ライフタイムの測定には QSSPC 法を用いた[3]。

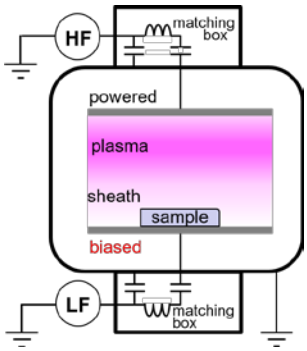

図１ 実験装置の概要。サンプルを下部電極に設置しイオンを照射。

図２にイオン照射前、照射後及びアニール後のライフタイム(τ)の変化を示す。比較のため、ライフタイムはイオン照射前の初期値(τ_{ini})で規格化した。初期値のライフタイムの値は約 5ms であり、太陽電池デバイスグレードのパッシベーション膜を準備した。図より、イオン照射に伴い、ライフタイムが低下し、a-Si:H/c-Si 構造の界面近傍で欠陥が発生することが確認できる。また、このライフタイムの低下は、パッシベーション膜厚の減少によって増大することから、より多くの界面欠陥が発生していることがわかる。一方、イオン照射後のサンプルをアニールすることで、ライフタイムが回復することも確認できる。講演では、Ar イオン照射に伴うモバイル水素の発生、拡散、反応等のモデルを紹介し、界面欠陥の発生との関連を詳細に考察する。

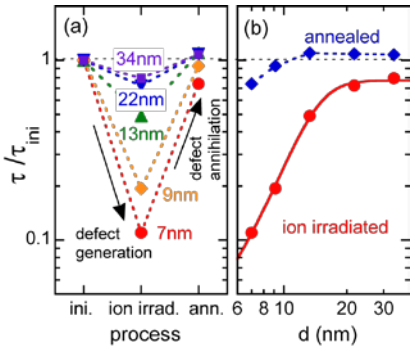

図２ イオン照射前、照射後、アニール後の c-Si 基板のライフタイムの変化。ライフタイムの低下は欠陥の発生を意味する[2]。

謝辞：本研究は科研費（18K03603）の助成を受け実施された。イオン照射実験は、名古屋大学低温プラズマ科学研究センターにおける共同利用・共同研究として実施された。

[1] 布村正太, 応用物理 **90**, 91 (2021).

[2] S. Nunomura *et al.*, to be submitted.

[3] https://www.sintoninstruments.com/products/wct-120/