

平成 24 年度工学系共通経費による顕彰と研究助成 成果報告書

所 属	電子物理工学専攻
研究者 (ふりがな)	宮島 晋介 (みやじま しんすけ)
タイトル	対向ターゲットスパッタ法による低ダメージ Si ヘテロ接合の形成
助 成 名	他機関から採用となった准教授 (講師) への研究推進のための助成
採択金額	1,200,000 円

研究の背景

高い効率が得られるヘテロ接合型結晶シリコン太陽電池には、高品質な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が使用されている。この a-Si:H の作製には爆発性の強いシラン (SiH<sub>4</sub>)、毒性の強いジボラン (B<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) およびフォスフィン (PH<sub>3</sub>) といった特殊なガスを使用する。安全なプロセスによる高品質 a-Si:H/結晶シリコン (c-Si) ヘテロ接合の形成を目標として、対向ターゲットスパッタ法によって作製した a-Si:H/c-Si ヘテロ接合に注目した。

結果と考察

対向ターゲットスパッタ法により c-Si 基板上に a-Si:H 膜を堆積し、フーリエ変換赤外分光法 (FTIR) を用いて膜の特性を評価した。また、a-Si:H/c-Si 界面の特性は、透過型電子顕微鏡観察および少数キャリアライフタイム測定により評価した。対向ターゲットスパッタ法による試料の作製には、FTS Corporation および精密工学研究所の秦研究室 (現在は名古屋大学) にご協力をいただいた。基板には抵抗率 1-5 Ωcm の n 形 FZ シリコン基板を用いた。

スパッタリングの条件 (ガスの水素濃度、製膜圧力、基板温度、電源周波数など) を適切に設定することにより、膜中に Si-H<sub>2</sub> 結合の少ない a-Si:H 薄膜を堆積できることが明らかとなった。膜中水素量は製膜条件によって多少異なるが、FTIR 測定より 10%程度と求められている。この値は良質なプラズマ CVD 膜の値 (10-20%) と同程度である。また、図 1 に示す様に、膜厚方向の水素の分布は均一である。酸素、炭素といった不純物濃度はそれほど高くないが、更なる低減が必要である。

プラズマ CVD 膜における過去の研究により、Si-H<sub>2</sub> 結合の少ない a-Si:H 膜は膜中の欠陥が少なく、デバイス応用に適していることが分かっている。従って、この結果は対向ターゲットスパッタ

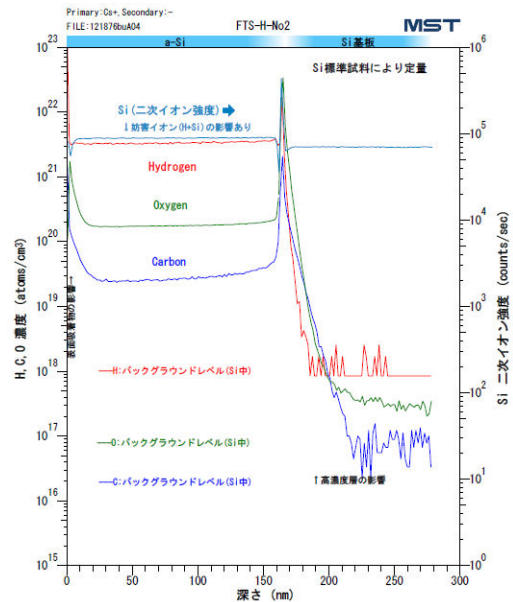


図 1 対向ターゲットスパッタリング法により作製した a-Si:H 膜中の水素、酸素、炭素濃度

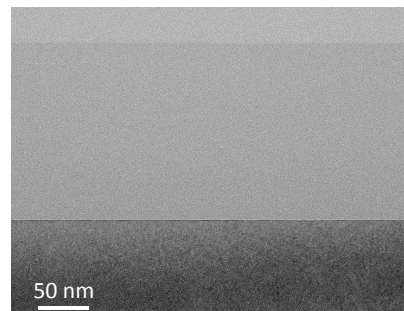


図 2 対向ターゲットスパッタリング法により作製した a-Si:H と c-Si 基板界面の断面 TEM 像

法により、良質な a-Si:H 膜の堆積が可能であることを示している。

上記で実現した良質な a-Si:H 膜を用いて、a-Si:H/c-Si 界面の特性を評価した。図 2 に界面の断面 TEM 像を示す。平坦な界面が得られており、スパッタリング時に大きなダメージが存在しないことが明らかである。界面特性をより詳しく調べるために、a-Si:H/c-Si/a-Si:H というサンドイッチ構造の試料を作製し、少数キャリアライフタイム測定を行った。図 3 に少数キャリア注入量と表面再結合速度（バルクライフタイムを無限大と仮定した場合）の関係を示す。試料には 300°C 程度の温度で熱処理を加えている。得られた表面再結合速度は 75 cm/s 程度である。変換効率 20% を超える高効率太陽電池を実現するためには、表面再結合速度を 10 cm/s 以下にする必要がある。现阶段での値は十分ではないが、熱処理条件および製膜前の界面処理を工夫することにより、プラズマ CVD 膜と同程度のパッシベーション効果が得られる可能性がある。

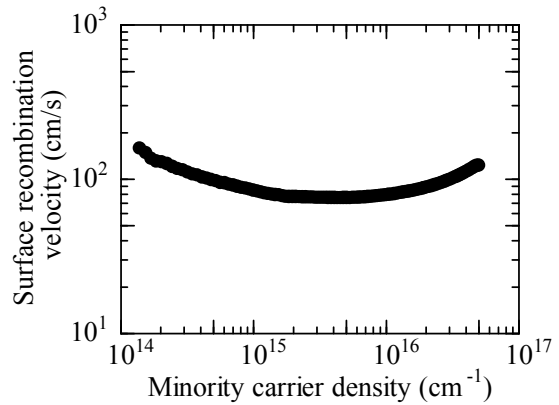


図 3 対向ターゲットスパッタリング法により作製した a-Si:H によりパッシベーションを行った c-Si の表面再結合速度

結論と今後の課題

対向ターゲットスパッタリング法による a-Si:H の c-Si に対するパッシベーション効果を評価した。これまでに、表面再結合速度 75 cm/s が得られている。この値は、高効率太陽電池の実現には不十分であるが、本手法の可能性を示すものである。

さらなる再結合速度低減のためには、膜中水素濃度の広い範囲での制御、製膜前の基板表面処理、製膜後の熱処理条件の最適化などが必要である。酸素・炭素といった膜中不純物の低減も重要である。また、太陽電池作製のためにはドーピング層の作製が必要である。

使用内訳書

費目	内訳	金額
備品 1	なし	0
備品 2	なし	0
消耗品	FZ シリコン基板、ヒートラベル	733,800
旅費	なし	0
その他	TEM および SIMS 測定 2 試料	466,200
合計		1,200,000

記入上の注意：

備品は、品名ごとに記入。

差額が生じた場合は、消耗品で調整。

消耗品を購入しなかった場合は、経費の差額と補填した予算科目名を合計額の内訳欄に記入。