

極薄ウェーハを用いた a-Si:H/c-Si ヘテロ接合太陽電池の検討(2)

a-Si:H/c-Si heterojunction solar cells with very thin silicon wafers (2)

産総研¹, 筑波大², コマツ NTC (株)³ °齋 均¹, (D)海汐 寛史^{1,2}, 松井 卓矢¹, 布村 正太¹,
河津 知之³, 高遠 秀尚¹, 松原 浩司¹

AIST¹, Tsukuba Univ.², Komatsu NTC Ltd.³ °Hitoshi Sai¹, Hiroshi Umishio², Shota Nunomura¹,
Takuya Matsui¹, Tomoyuki Kawatsu³, Hidetaka Takato¹, Koji Matsubara¹

E-mail: hitoshi-sai@aist.go.jp

【はじめに】結晶シリコン (c-Si) 太陽電池の分野では、発電コスト低減の観点から Si ウェーハの薄型化が志向され、適合するウェーハスライス技術の開発が進められている。ウェーハの薄型化は、体積に比例するバルク再結合損失を低減させるため、良好な表面パッシベーション及び光閉じ込め技術を援用すれば、コスト低減のみならず発電効率の向上にも寄与し得る。Richter らは、限界効率に関する詳細検討を行い、理想的な c-Si 太陽電池ではウェーハ厚が約 110 μm のときに最大効率 29.4% が得られ、ウェーハ厚 30 μm 程度までは効率低下がわずかなことを報告している[1]。しかし実験的検証は十分ではない。我々は、ウェーハの薄型化が c-Si 太陽電池特性に与える影響を実験的に検証することを目的として、表面再結合が極小化できる a-Si:H/c-Si ヘテロ接合 (SHJ) 太陽電池[2]を用いた検討を進めている。前回の報告では、光吸収量及び implied V_{OC} 値についてウェーハ厚の影響を検討した[3]。今回はより広範なウェーハ厚に対して詳細な検討を行うとともに、SHJ セルの作製・評価を実施したので報告する。

【実験】同一の n 型、抵抗率約 3 Ωcm の CZ-Si インゴットから c-Si ウェーハ (厚さ 50~400 μm 、面方位(100)) を作製し、KOH エッチングによりピラミッド型テクスチャを形成した。ウェーハ洗浄後に両面に PECVD 法で a-Si:H 層を製膜して表面をパッシベーションし、Quasi Steady State Photo-Conductance (QSSPC) 法にて implied V_{OC} 値 (iV_{OC}) を評価した。また、一般的な ITO/(p-i) a-Si:H/c-Si/(i-n) a-Si:H/ITO/Ag の積層からなる SHJ セルを作製し、発電特性を評価した。

【結果と考察】a-Si:H でパッシベーションした Si ウェーハの iV_{OC} 値を図 1 に示す。データにばらつきはあるものの、 iV_{OC} の上限値はウェーハ厚の減少に伴って単調増加し、極薄ウェーハ (~30 μm) にて 0.760 V を超える高い値が得られた。この iV_{OC} の増加挙動は、バルクライフタイムと表面飽和電流密度を一定として計算した V_{OC} の挙動と良く整合した。一方、テクスチャ形成済みの Si ウェーハの光吸収量を実験的に評価し、 $\text{IQE} = 1$ を仮定して期待し得る最大の J_{SC} (iJ_{SC}) を見積もった。両者の積 ($iV_{\text{OC}} \times iJ_{\text{SC}}$) は到達可能な発電効率の指標と見做せる。結果として、 $iV_{\text{OC}} \times iJ_{\text{SC}}$ はウェーハ厚 100 μm で最大値を与え、Richter らの検討と比較的良く一致した。また、実際に SHJ セルを作製し評価した結果、効率の絶対値には改善余地があるものの、ウェーハ厚減少に伴う J_{SC} 低下と V_{OC} 向上のトレードオフにより、ウェーハ厚 60 – 300 μm の範囲に渡って発電効率がほぼ維持されることが実験的に確認された。以上の結果から、極薄ウェーハであっても高い発電効率を実現できる可能性が実験的に明らかとなった。

【謝辞】本研究は NEDO の委託を受けて実施した。またテクスチャエッチング液の提供を受けた攝津製油 (株) の大八木様、山本様に感謝致します。

【文献】[1]Richter et al., IEEE J. Photovolt. **3** 1184 (2013) [2]Taguchi et al., IEEE J. Photovolt. **4** 96 (2014). [3]齋ほか, 第 64 回応物春講演予稿集 17a-211-6 (2017).

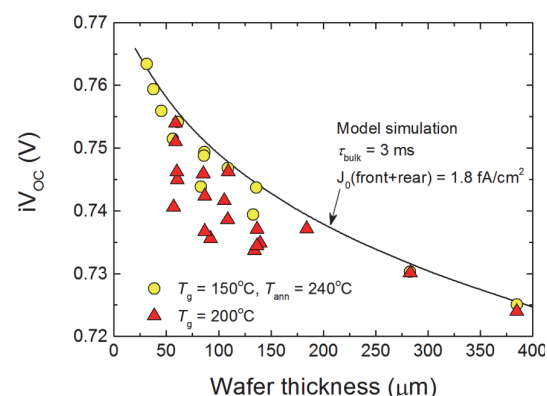


図 1. (i)a-Si:H/c-Si/(i)a-Si:H 構造の implied V_{OC} のウェーハ厚依存性。実線は一定のバルクライフタイムと表面飽和電流密度を仮定した場合に期待される V_{OC} のウェーハ厚依存性 (計算)。