

多結晶シリコン太陽電池テクスチャ化処理のための新規混酸溶液の開発

齋藤 洋司*¹, 春山 智史*², 江口 陽平*², 渡邊 良祐*³,
阿部 秀司*⁴, 斉藤 哲也*⁴, 鈴木 竜暢*⁴, 江尻 康清*⁴, 坂本 昭二*⁴

Development of a New Acid Solution for Texturing of Multi-crystalline Silicon Solar Cells

Yoji SAITO*¹, Satoshi HARUYAMA*², Yohei EGUCHI*², Ryosuke WATANABE*³,
Syuji ABE*⁴, Tetsuya SAITO*⁴, Tatsunobu SUZUKI*⁴, Yasukiyo EJIRI*⁴, and Syoji SAKAMOTO*⁴,

ABSTRACT: We developed a new mixed acid solution for texturing of multi-crystalline silicon solar cells. The structures and reflectance of the textured surfaces were mainly investigated. Moreover, solar cells were fabricated using the textured surfaces, and their electrical performances were evaluated. We confirmed that the developed solution would be effective for texturing to improve the performance of multi-crystalline silicon solar cells.

Keywords : multi-crystalline silicon, mixed acid solution, texture, solar cell

(Received August 29, 2013)

1. 緒論

単結晶Si太陽電池では、反射損失低減のためアルカリ溶液を用いて表面を凹凸構造にするテクスチャ化処理が行われる。しかし、ウェハ内に様々な結晶面方位を持つ多結晶Si基板では、アルカリ溶液を用いて面内に均一なテクスチャ形成を行うことができないため、フッ酸、硝酸、酢酸を主体とした混酸溶液を用いたテクスチャ化処理が検討されている。この溶液では、処理の初期段階では結晶欠陥を優先的に削ることにより凹凸表面が形成できるが、時間がかかること、一方、組成を変えて処理を早くすると平坦化されてしまう問題点がある。本研究では、フッ硝酸溶液を用いたテクスチャ化処理を試み、その評価を行った。

2. 実験方法

抵抗率 0.5~2Ωcm, 厚さ約 200μmの p 型多結晶Si基板を用いた。主に表 1 に示す組成のフッ硝酸溶液を用いて 25°Cでエッチングを 60 秒間行い、テクスチャ構造を形成した。

基板を 22mm×30mmにカットし、リン拡散源溶液をスピコートし、950°Cで熱拡散を行い、基板表面に n 型層を形成した。次に、受光面側にAl膜を蒸着し、パターニングを行った。その後、受光部分以外の n 型層をフッ硝酸溶液で除去した。さらに裏面にAl電極を作製し、窒素雰囲気中 450°Cで熱処理を行い、セルを完成させた。

表 1 混酸の組成 (容量比)

番号	フッ酸	硝酸	硫酸	水
S-8	1.0	1.6	8.1	0.9
S-11	1.0	0.6	4.5	1.2

*1: 理工学部システムデザイン学科教授
(yoji@st.seikei.ac.jp)

*2: 理工学研究科理工学専攻

*3: 理工学部システムデザイン学科助教

*4: 日本化成株式会社

3. 実験結果および検討

3.1 表面構造および反射率

図 1, 図 2 に表 1 の S-8, S-11 の組成の溶液でテクスチ

ヤ形成した多結晶Si基板表面の走査電子顕微鏡(SEM)像をそれぞれ示す。

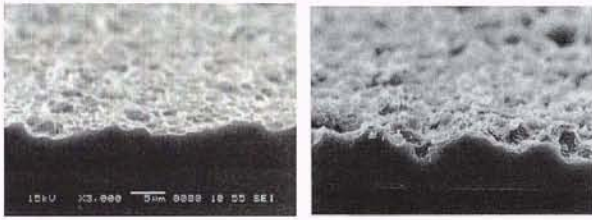


図1 テクスチャ処理した多結晶Si基板のSEM像(S-8) 図2 テクスチャ処理した多結晶Si基板のSEM像(S-11)

図1, 図2より, 60秒間の短時間の処理により凹凸構造が形成されていることがわかる。エッチング初期には, フッ硝酸溶液の場合と同様, 基板スライス時に生じた表面付近の結晶欠陥が優先的に削れて凹凸を生じるが, その後も速いエッチング速度の状況で, 大きな粘度の硫酸により溶液の対流が妨げられ, 反応熱が逃げにくく, 局所的な反応が進むため凹凸構造を保つと考えている。また, 図1より図2の方が, 細かい凹凸に加えて大きな凹凸が見られた。なお, いずれもエッチング深さは5μm程度と推定される。

次に, これらの表面の反射率測定を行ったところ, S-8, S-11の組成の溶液でテクスチャ形成した表面の波長600nmにおける反射率はそれぞれ約26%, 約17%であり, S-11の組成の場合の方が低い結果が得られた。

3. 2 作製した太陽電池の出力特性

作製した太陽電池にソーラーシミュレータ光源を用いてAM1.5相当の光照射を行い, 基板温度25℃にて電流電圧特性を測定した。S-8の組成とS-11の組成でそれぞれテクスチャ形成した多結晶Si基板から作製した太陽電池の出力特性を表2に示す。ここで, 比較試料としてフッ硝酸溶液(2:3:6)を用いて鏡面(ミラー)エッチング処理した太陽電池の特性も示した。

表2 作製した太陽電池の出力特性

	短絡電流密度 [mA/cm ²]	変換効率 [%]	FF
mirror①	27.0	11.7	0.76
mirror②	26.3	11.1	0.75
S-8①	36.4	16.4	0.77
S-8②	35.0	14.5	0.72
S-11①	34.5	14.2	0.73
S-11②	32.1	14.0	0.75

テクスチャ化した太陽電池の特性は鏡面の場合と比べて効率等の性能が向上していることがわかる。混酸溶液の組成として硫酸の多いS-8を用いた場合の方が, 反射率は高いものの, より良い太陽電池特性が得られた。S-11の組成の溶液でテクスチャ形成した場合, エッチングの不均一性が大き過ぎ, その後形成した拡散層が不均一となり, 吸収された光が十分に電流に変換できなかったためと考えている。テクスチャ構造により反射率を低減する場合, 太陽電池構造に悪影響を与えることがあるため, 反射率が低いほど太陽電池性能が良くなるとは限らない。

4. 結論

多結晶Si太陽電池において, フッ硝酸溶液を用いてテクスチャ処理を行った。60秒以内の処理により数μm周期の凹凸表面が形成され, 比較的低反射率な表面を得ることができた。

硫酸濃度の大きい溶液を用いた場合に高い変換効率15-16%が得られ, 特性改善が確認できた。本溶液の実用化により, 太陽電池製造工程の低コスト化に寄与できると考えられる。

参考文献

- 1) 江口陽平, 春山智史, 大賀佑磨, 遠藤辰之輔, 齋藤洋司, 阿部秀司, 斉藤哲也, 鈴木竜暢, 江尻靖清, 坂本昭二: 「多結晶シリコン太陽電池における混酸溶液によるテクスチャー形成の評価」日本材料科学会平成24年度学術講演大会予稿集, pp.55-56, 2012年6月
- 2) 江口陽平, 遠藤辰之輔, 大賀佑磨, 春山智史, 齋藤洋司, 阿部秀司, 斉藤哲也, 鈴木竜暢, 江尻康清, 坂本昭二: 「多結晶Si太陽電池における混酸溶液によるテクスチャー形成の評価」, 第73回応用物理学会学術講演会予稿集, 100μm厚高効率・低コスト結晶シリコン太陽電池の実現をめざして(応用電子物性分科会企画シンポジウム), 11p-F7-7, 2012年9月
- 3) R.Watanabe, S.Abe, S.Haruyama, T.Suzuki, M.Onuma, Y.Saito: "Evaluation of a new acid solution for texturization of multicrystalline silicon solar cells," Int. J.Photoenergy 2013, 951303, 2013年10月