

## 多結晶シリコン太陽電池における三フッ化塩素ガス および酸溶液によるテクスチャ化の最適化

齋藤 洋司<sup>\*1</sup>, 久保田 祥<sup>\*2</sup>, 三田 隆裕<sup>\*2</sup>

### Optimization of Texture Process of Multi-crystalline Silicon Solar Cells Using a Chlorine trifluoride Gas and an Acid Solution

Yoji SAITO<sup>\*1</sup>, Akira KUBOTA<sup>\*2</sup>, Takahiro SANDA<sup>\*2</sup>

**ABSTRACT** : We have been trying to improve the characteristics of crystalline silicon-related solar cells by random texture process using dry etchant. However, the improvement has not been enough by the texture process only with the dry etching. In this study, we tried to improve cell performance by the two step texturing process with combination of dry and wet etching

**Keywords** : multi-crystalline silicon, chlorine trifluoride, texture, solar cell

#### 1. 緒論

太陽電池の高効率化のためには反射損失を低減することが必要である。反射損失の方法として、太陽電池表面を凹凸に加工するテクスチャ処理がある。

我々は、結晶系シリコンに三フッ化塩素(CIF<sub>3</sub>)ガスをさらすことによるプラズマレスドライエッチングによりランダムテクスチャ処理が可能であることを示してきた<sup>1)</sup>。しかしながら、ドライエッチングによるテクスチャ化表面にリンを拡散して太陽電池を形成した場合、その特性の改善が不十分であることが分かり、その原因は表面の凹凸が微細すぎるためと考えられた<sup>2)</sup>。そこで本研究では、ドライエッチング後にフッ硝酸酸溶液でエッチングを行って、表面の凹凸構造を変化させ、性能の改善を試みる。これまで単結晶基板において性能の改善を確認しているが<sup>3)</sup>、多結晶基板でも同様な改善が可能か検証する<sup>4)</sup>。

#### 2. 実験方法

P型多結晶Si基板のカット面付近の結晶欠陥を除去す

るため、フッ硝酸酸(2:3:6)で3分間ミラーエッチングを行った。CIF<sub>3</sub>ガスを用いて室温でドライエッチング(CIF<sub>3</sub>分圧:2.7Torr)を行い、その後、室温でフッ硝酸酸溶液でエッチングを行った。エッチング後、リン拡散源溶液をスピンコートし、窒素雰囲気中950℃で40分熱拡散を行った。次に、受光面側にAl膜を蒸着し、パターンニングを行った。その後、受光部分以外のn層をフッ硝酸酸溶液で除去した。さらに裏面にAl電極を作製し、窒素雰囲気中450℃20分で熱処理を行い、セルを完成させた。

#### 3. 実験結果および検討

##### 3.1 表面構造及び反射スペクトル

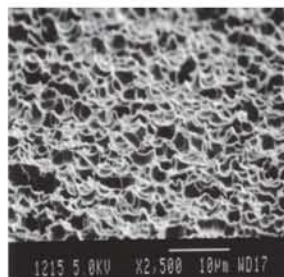


図1 ドライエッチング後の基板表面SEM像

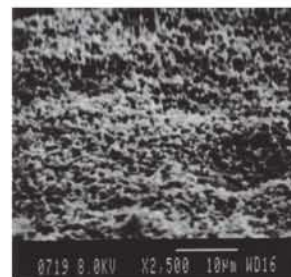


図2 さらにフッ硝酸酸処理した基板表面SEM像

基板の表面構造を走査型電子顕微鏡(SEM)によって観

\*1 : 理工学部エレクトロメカニクス学科教授  
yoji@st.seikei.ac.jp

\*2 : 理工学研究科理工学専攻

察した。図1にドライエッチング(全圧:4Torr,  $\text{ClF}_3$ 分圧:2.7Torr, 処理時間5分)を行った基板のSEM像を、図2にドライエッチング後、フッ硝酸(2:3:6)溶液で10秒間エッチングを行った基板のSEM像を示す。

図1において、ドライエッチングのみの場合、微細な凹凸があることが確認できる。図2において、ドライエッチング後、酸エッチングを行った基板表面では、酸エッチングすることによりドライエッチングのみの場合より凹凸が大きくなっていることがわかる。

次に図3に反射スペクトルを示す。図3において、ドライエッチングのみの反射率は、多重反射による反射率低減が起こり、ミラーエッチング後(ほぼ鏡面)に比べ、全体的に下げることができる。さらに酸エッチングを行うと、凹凸が大きくなると同時にアスペクト比が小さくなるためドライエッチングのみの反射率よりもわずかに上昇している。

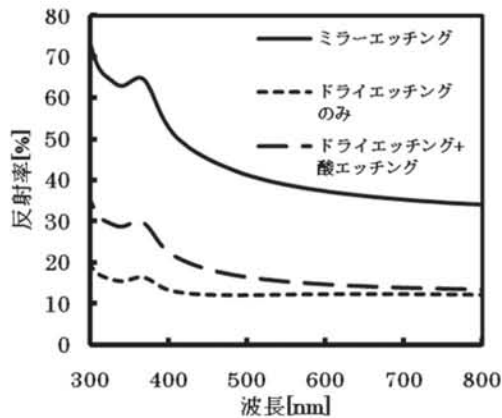


図3 反射スペクトル

### 3. 2 太陽電池の評価

ドライエッチングを5分行った後、フッ硝酸(2:3:6)でエッチングを10秒行った多結晶Si太陽電池、ドライエッチングのみを行った太陽電池、ミラーエッチングのみの太陽電池それぞれの電気的特性をAM1.5相当の光照射を行いながら測定した。表1に太陽電池の性能パラメータ測定結果を示す。

表1よりミラーエッチングのみの太陽電池に対して、ドライエッチングのみの太陽電池は、特性が少ししか向上していない。原因として、本研究ではテクスチャ後に拡散を行っているため、表面凹凸形状の先端部分の幅が不純物の拡散深さよりも薄い部分で、左右から拡散され拡散層が重なると考えられる。その結果、不純物が他の部分に比べて多くドーピングされ、凹凸の先端部に高濃度不純物領域が形成されてしまい、少数キャリアの拡散長が低下してしまうと予想される。そのため、短波長側の光の

表1 測定結果

	開放電圧 [mV]	短絡電流密度 [ $\text{mA}/\text{cm}^2$ ]	変換効率 [%]	曲線因子
ミラーエッチング	586	30.3	13.7	0.77
ドライエッチングのみ	583	30.8	14.1	0.79
ドライエッチング+酸エッチング	586	36.2	16.2	0.77

多くが高濃度不純物領域で吸収され、そこで発生した少数キャリアがp-n接合の接合面まで到達できずに再結合してしまい、電流に寄与することができず、内部量子効率が低下してしまうと考えられる。

次にミラーエッチングの太陽電池に対して、ドライエッチング後に酸エッチングを行った太陽電池は、効率が向上した。原因として酸エッチングにより凹凸の凸部分の先端部が占める高濃度不純物領域の面積を低減し、内部量子効率が低い領域を小さくすることができたため特性が改善したと考えられる。

### 4. 結論

多結晶Si太陽電池において、 $\text{ClF}_3$ ガスによるテクスチャ処理を行った後、フッ硝酸溶液でエッチングすることにより、表面を低反射率に保ちつつ凹凸形状の周期を大きくすることができた。

$\text{ClF}_3$ 分圧2.7Torr, 処理時間5分でドライエッチング後、フッ硝酸(2:3:6)で10秒エッチングした場合に変換効率16.2%が得られ、特性改善が確認できた。

### 参考文献

- 1) 門馬正, 石崎芳宜, 齋藤洋司, 「三フッ化塩素処理によるシリコンのテクスチャ化と光学的評価」電子情報通信学会誌C-II, vol. 80-C-II, No. 11, pp. 412-413 1997年11月.
- 2) H. Kohata and Y. Saito, "Maskless texturization of phosphorus-diffused layers for crystalline Si solar cells by plasmaless dry etching with chlorine trifluoride gas", Solar Energy Materials and Solar Cells vol. 94, pp.2124-2128, 2010
- 3) 幸畑隼人, 三田隆裕, 門馬正, 齋藤洋司, 「シリコン太陽電池における三フッ化塩素ガス及び酸溶液によるテクスチャ化の検討」第57回応用物理学関係連合講演会予稿集, 19a-TG-1, 2010年3月

- 4) 三田隆裕, 久保田祥, 高橋昌樹, 幸畑隼人, 門馬 正, 齋藤洋司, 「多結晶シリコン基板における三フッ化塩素ガス及び酸溶液によるテクスチャ化の検討」第71回応用物理学会学術講演会予稿集, 15p-ZB-7, p. 16-088, 2010年9月