

結晶系半導体太陽電池のプラズマレスドライテクスチャー化プロセス

齋藤 洋司^{*1}, 門馬 正^{*2}, 小菅 雄史^{*3}

A Study on Plasmaless Dry Texture Process for Crystalline Semiconductor Solar Cells

Yoji SAITO^{*1}, Tadashi MOMMA^{*2}, Takeshi KOSUGE^{*3}

ABSTRACT : Reflection loss of silicon solar cells can be reduced by texturization of the surfaces. In this study, single- and multi-crystalline silicon substrates were treated with chlorine trifluoride (ClF_3) to create honeycomb-textured structures. We investigated surface structures and optical properties of the textured surfaces. By the treatment with ClF_3 gas, the reflectance of the textured surface without antireflection coating was obtained to be below 20% at wavelengths between 300 and 800 nm. The solar cells using the textured substrates were fabricated and their improved performances were demonstrated.

Keywords : multi-crystalline silicon, texturization, chlorine trifluoride gas

(Received October 2, 2007)

1. 緒 論

太陽電池では変換効率の一層の向上と低コスト化が望まれている。高効率化法の一つとして反射率を低減させて反射損失を低減する方法があり、その方法として表面を凹凸構造とするテクスチャ化により多重反射を起こす方法と反射防止膜による方法がなされている。反射防止膜はある特定の波長に対して反射率を大きく低減させるが、表面のテクスチャ化は短波長から長波長において全体的に反射率を低減させる特徴がある。

単結晶シリコン太陽電池のテクスチャ化は、 KOH や NaOH 等のアルカリ性溶液を用い、結晶方向のエッチングレート差を利用した異方性エッチングによって、ウェハ表面にランダムなピラミッド構造を形成できる。また、パターニングしたマスクを用いれば、逆ピラミッド構造やV字溝などの構造が形成できる。しかし、現在電力用としてもっとも多く生産されている多結晶シリコン太陽電池では結晶方位が不規則であるため、これらの技術は効果的ではない。一方、 RIE を用いたテクスチャ化の試みもなされている⁽¹⁾。この場合は多結晶の場合も適用可能であるが、プラズマ条件の設定が難しいこと、イオンによる基板へのダメージ、低いスループットによるコス

ト増大などが実用化において懸念される。

これまで、フッ硝酸系溶液を用いた同様の試みが行われているが、材料間のエッチング速度の選択比が十分でない問題点があった。ガスと基板材料との純粋な化学反応によるプラズマレスドライエッチングでは、先ず、等方性エッチングであること、次に、大きな選択比が期待でき⁽²⁾、さらに比較的簡便な装置で大量処理が可能であると思われる。

本研究では、パターニングを行った酸化膜マスクを用いて、三フッ化塩素ガスを用いてエッチングを行い、Si基板表面に半球状の窪みを並べたハニカム状テクスチャー構造の作製を試みた。光学的特性として主に積分球を用いた反射率測定を行った。さらに、この基板を用いて太陽電池を作製し、発電特性の評価を行った⁽³⁾。

2. 実験方法

先ず(100)方位、 p 型 $1\Omega\text{cm}$ の単結晶Si上に 1000°C 酸素中で熱酸化膜を形成した。直径 $10\mu\text{m}$ 程度の小孔を間隔 $30\mu\text{m}$ で形成し、マスクとした。全圧 1.2kPa 、 ClF_3 ガス分圧 0.6kPa 、室温において17分間ドライエッチング処理し、ハニカム構造の形成を行った。

ハニカムテクスチャー化単結晶基板表面にリンを 1000°C 40分間熱拡散してpn接合を形成し、さらに、表面に櫛状Al電極、裏面全面にA1電極を形成して、太陽電池を作製した。

*1 成蹊大学理工学部エレクトロメカニクス学科教授
yoji@st.seikei.ac.jp, Professor,
Department of Mechanical and Electrical Engineering

*2 成蹊大学理工学部エレクトロメカニクス学科助手

*3 成蹊大学大学院工学研究科電気電子工学専攻

3. 実験結果および検討

17分間のドライエッチング処理により、ハニカム構造の形成を行った後、酸化膜マスクを除去した基板表面の走査電子顕微鏡（SEM）像を図1に示す。半球状の窪みが形成できているが、鏡面部分が一部残っていることがわかる。

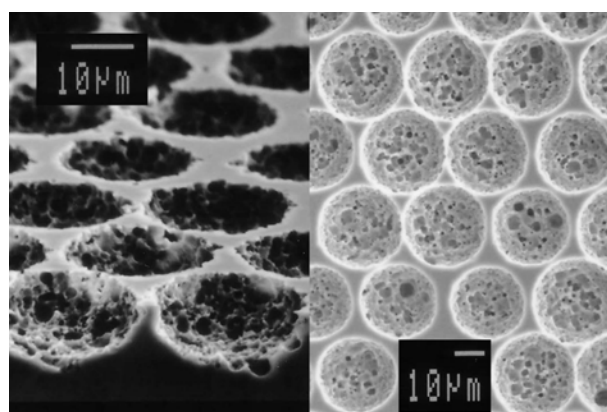


図1 ハニカム状テクスチャー基板のSEM像

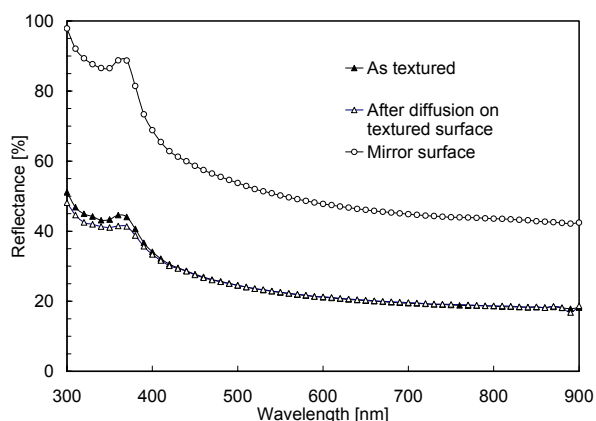


図2 ハニカム状テクスチャー基板の反射スペクトル

この表面の反射スペクトルを測定すると、図2に示すように、600nmにおいて20%程度の反射率となり、未処理基板の半分程度の反射率となった。単純に計算すると1.4～1.5倍の光を吸収することになる。なお、図2の反射率測定では 10° の角度スペーサを試料に挟み、鏡面反射を含んだ値となっているが、角度スペーサを入れずに鏡面反射を除去すると反射率はさらに約半分となった。そこで、図2における反射率のおよそ半分は、残留する鏡面部分の影響と考えられる。ハニカム状テクスチャー化単

結晶基板表面にリンを熱拡散してpn接合を形成し、さらに、表面に櫛状Al電極、裏面全面にAl電極を形成して、太陽電池を作製した。AM1.5相当($100\text{mW}/\text{cm}^2$)の光照射における発電特性を図3に示す。テクスチャー化を行っていない鏡面の太陽電池の特性も比較として示した。この図において、テクスチャー化により短絡電流が30%程度増加し、最大電力も同程度増加していることがわかる。従って、テクスチャー化による発電特性改善効果が確認できた。開放電圧の低下が見られないことから、テクスチャー化による格子欠陥の発生がないことも確認できた。

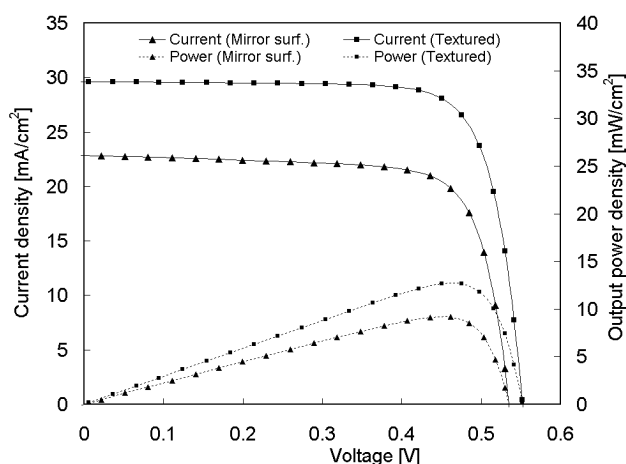


図3 作製した太陽電池のAM1.5光照射時における電流電圧・電力電圧特性

4. 結論

単結晶シリコンに対してプラズマレスドライエッチングによるハニカム状テクスチャー化を行った。可視光領域において反射率は半分以下となった。このテクスチャー化基板を用いて太陽電池を作製し、評価したところ、発電効率が3割程度構造することが確認できた。

参考文献

- 1) O.Shultz, G.Emanuel, S.W.Glunz, G.P.Willeke, Proc. The 3rd World Conf. on Photovoltaic Solar Energy Conversion, p.1360 (2003)
- 2) Y.Saito, Sensors and Materials 16, p.191 (2004)
- 3) Y. Saito and T. Kosuge, Solar Energy Materials and Solar Cells vol. 91, p.1800 (2007)