

シリコン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}, 成田 昌平^{*3}

A Study on Plasmaless Dry Texture Process for Silicon Solar Cells

Yoji SAITO^{*1}, Tadashi MOMMA^{*2}, Shohei NARITA^{*3}

ABSTRACT Reflection loss of silicon solar cells can be reduced by texturization of the surfaces. In this study, crystalline silicon substrates were treated with chlorine trifluoride (ClF_3) to create the groove- and honeycomb-textured structures. We mainly investigated optical and electrical properties of the textured surfaces. By the treatment with ClF_3 gas, the reflectance of the groove- and honeycomb-textured surfaces were obtained to be about 17% and 21%, respectively, at the wavelengths of 600nm. The solar cells using the textured substrates were fabricated and their performance was evaluated.

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

(Received September 26, 2008)

1. 結 論

太陽電池の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ー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、表面のテクスチャー化は短波長から長波長にわたり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ー化は、 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ー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。

我々が提案している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⁽³⁾、または、より作製の容易なグループ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。

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 、室温においてドライエッチング処理し、ハニカム構造またはグループ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熱拡散してpn接合を形成し、さらに、表面に櫛状Al電極、裏

*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

面全面にAl電極を形成して、太陽電池を作製した。

3. 実験結果および検討

ドライエッチング処理により、ハニカム構造またはグループ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にそれぞれ示す。ハニカム構造においては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。一方、グループ構造の方では、U字溝が形成されていることがわかる。

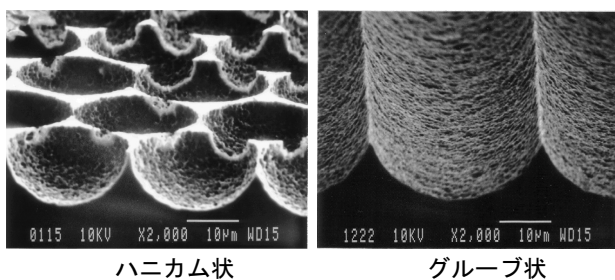


図1 テクスチャー基板のSEM像

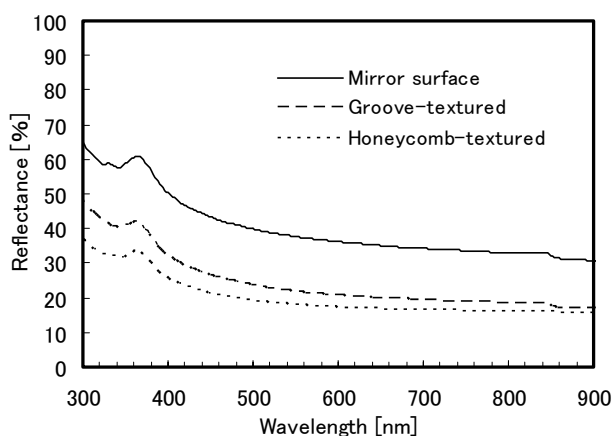


図2 テクスチャー基板の反射スペクトル

これら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、いずれの構造においても600nmにおいて20%程度の反射率となり、未処理鏡面基板の半分程度の反射率となった。単純に計算すると約1.3倍の光を吸収することになる。

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(100mW/cm²)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、いずれのテクスチャー化においても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。反射率低減においては、エッチング面が滑らかな場合、理論的にはグループ構造の方が不利であるが、電気的特性においては差があまり無かった。この理由として、エッチング面の細かい凹凸により乱反射が起き、両構造間の多重反射の仕方の差があまり無いこと、構造が単純な方が、電流経路を短く出来ることなどが考えられる。

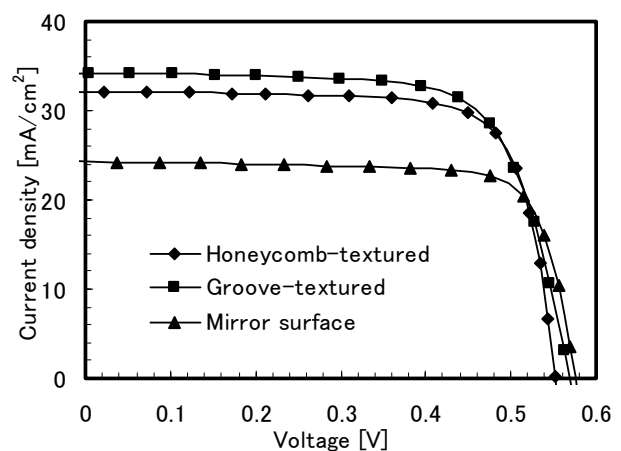


図3 作製した太陽電池のAM1.5光照射時における電流電圧・電力電圧特性

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およびグループ状テクスチャー化を行った。その結果、可視光領域において反射率は半分程度となった。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、いずれの構造においても発電効率が3割程度向上できることを確認した。

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)