

フォトニック・テクスチャダブル構造を利用した太陽電池の作製

Fabrication of solar cells by coupling photonic nanostructures with textured substrates

名大院工¹, 京大化研²

○星 裕介¹, 青沼 理¹, 太野垣 健², 宇佐美 徳隆¹

Nagoya Univ.¹, Kyoto Univ.²

○Y. Hoshi¹, O. Aonuma¹, T. Tayagaki², N. Usami¹

E-mail: yhoshi@numse.nagoya-u.ac.jp

現在、太陽光発電の大規模普及化に向けて Si 系材料による太陽電池の高効率化技術開発が注目されている。これまで我々は、自己形成 Ge 量子ドット構造上にマスクレスウェットエッチングでフォトニックナノ構造を形成したナノ構造体・結晶シリコン融合構造を利用することで、太陽電池のエネルギー変換効率が增大する可能性を示す[1]とともに、励起密度の増加により量子ドットからのキャリア取出しが増大する現象を見出した[2]。しかし、太陽電池作製時の熱処理による量子ドットのバンドギャップ増加の抑制と、光閉じ込めの改善が課題となっていた。本研究では、テクスチャ構造とフォトニックナノ構造の両方を有するフォトニック・テクスチャダブル構造を利用した太陽電池により、これらの課題の解決を試みたので報告する。

アルカリエッチングで作製した p-Si (100) 片面テクスチャ基板のテクスチャ形成側表面にリンイオンを熱拡散することで N⁺層を形成した。次に、テクスチャを形成していない側の表面上にガスソース MBE を用いて成長温度 650°C で 8ML の Ge coverage、20nm 膜厚の Si スペース層の Ge/Si 構造を 50 周期成長し、自己形成 Ge 量子ドット構造を作製した。熱拡散後に量子ドットの成長を行うことで、量子ドットへの熱負荷を劇的に低減することができる。テクスチャ形成表面に SiO₂ 膜を堆積した後、HF/HNO₃ 溶液で Ge ドット領域を選択的にエッチング[3]することで、フォトニックナノ構造を形成した。これにより、図 1 (a) に示すようなフォトニック・テクスチャダブル構造の作製を試みた。この試料のテクスチャ構造上に反射防止膜として ITO を堆積し、フォトニックナノ構造側に Al、ITO 膜上に楕型 Ag 電極を形成することでフォトニック・テクスチャダブル構造太陽電池を作製した。また、参照用として p-Si (100) 片面テクスチャ基板上に i-Si 層を 1 μm 成長した試料を用いて太陽電池を作製した。

図 1 (b) と (c) にテクスチャ構造側とフォトニックナノ構造側表面の走査型電子顕微鏡 (SEM) 像を示す。HF/HNO₃ によるウェットエッチング後においてもピラミッド型のテクスチャ形状が維持されており、フォトニック・テクスチャダブル構造を作製できていることが確かめられた。図 2 にフォトニック・テクスチャダブル構造太陽電池の近赤外領域における内部量子効率スペクトルを示す。フォトニック・テクスチャダブル構造では参照用試料と比較して 1000-1250 nm 付近で Ge ドットでの光吸収に起因した内部量子効率の増大が見られる。テクスチャ構造とフォトニックナノ構造の形状最適化により、近赤外領域における内部量子効率のさらなる増大が期待される。

本研究は、科学技術振興機構の先端的低炭素化技術開発 (ALCA)、豊田工業大学のナノテクノロジープラットフォーム事業の支援を受けて行われた。

[1] N. Usami et al., *Nanotechnology* **23**, 185401 (2012)

[2] T. Tayagaki et al., *Appl. Phys. Lett.* **101**, 133905 (2012)

[3] Y. Hoshi et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **52**, 080202 (2013)

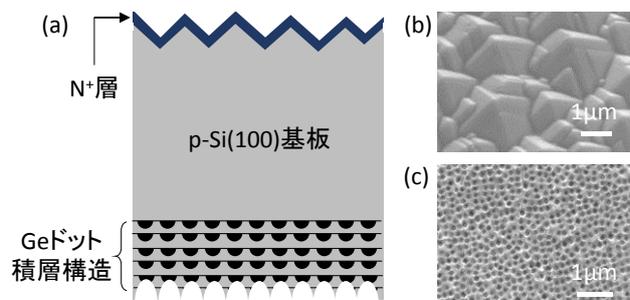


図 1. フォトニック・テクスチャダブル構造の(a)外略図と(b)テクスチャ構造側、(c)フォトニックナノ構造側の走査型電子顕微鏡像

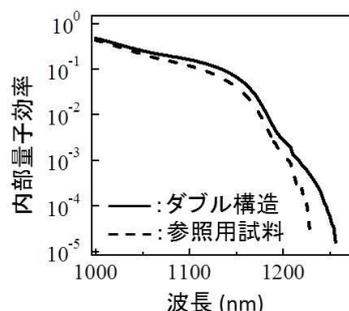


図 2. フォトニック・テクスチャダブル構造と参照用試料を用いて作製した太陽電池の内部量子効率スペクトル