

〈シリコンナノクリスタル層/結晶シリコン〉太陽電池における ナノ構造が電池特性へ与える効果

Effect of nanostructure on characteristics of <nanocrystalline Si layer/crystalline Si> solar cells

○(M2) 榮 佑弥, 黒崎 千香, 今村 健太郎, 小林 光 (阪大産研, CREST-JST)
○Yuya Sakae, Chika Kurosaki, Kentaro Imamura, Hikaru Kobayashi (ISIR, Osaka Univ., CREST-JST)
E-mail: sakae42@sanken.osaka-u.ac.jp

Surface Structure Chemical Transfer 法では, シリコンナノクリスタル層が, シリコンウェーハを HF/H₂O₂ 溶液に浸漬し, 白金箔を貼り付けたローラーを 10~15 秒接触させることで形成される。シリコンナノクリスタル層の層厚は 200~300 nm で, 3~10 nm のシリコンナノクリスタルが存在し, 深さ方向に対し粒径が大きくなる。また空孔率が深さと共に減少する密度勾配が存在するため, 屈折率が深さと共に増加し, その結果広い波長域で 3% 以下の極低反射率を得られる。本研究では, シリコンナノクリスタル層を表面に形成し, それと形成後除去した太陽電池の特性を比較することで, ナノクリスタル層が電池特性に与える影響を調べた。

シリコンナノクリスタル層に APM (NH₄OH/H₂O₂) エッチングを加えると, 720 nm 付近にみられる PL ピークが消失した(Fig.1)。このピークはシリコンナノクリスタルの band-to-band 遷移に帰属できることから, APM エッチングによりシリコンナノクリスタル層が除去されたことが分かった。また<シリコンナノクリスタル層/結晶シリコン>太陽電池の特性は, APM エッチングによりナノクリスタル層を除去すると開放起電力(V_{oc}), 短絡電流密度(J_{sc})が僅かに減少し, 変換効率(η)は 19.7 %から 19.3 %に低下した(Table 1)。また 300~500 nm における内部量子効率が 10~20 %低下した(Fig.2)。この波長域の光はシリコンナノクリスタル層でほとんど吸収される[1]ことから, シリコンナノクリスタル層は表面での光キャリアの再結合を抑制していることが明らかになった。そのメカニズムは, シリコンナノクリスタルのサイズが深さと共に増加する結果, バンドギャップが深さと共に減少する graded band-gap structure [2]により電子-ホール対の分離が促進され, 表面再結合が抑制されるためと結論付けた。

【参考文献】

[1] K. Imamura, D. Irishika, H. Kobayashi, Progress in Photovoltaics, 25, 358-366 (2017).
[2] 今村, 他, 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会, 6p-A204-9 (2017).

Table 1. Characteristics of <nanocrystalline Si layer / p-Si> solar cells: (a) without APM etching, (b) with APM etching to remove a nanocrystalline Si layer.

	V _{oc} (V)	J _{sc} (mA/cm ²)	FF	η (%)
(a)	0.618	41.0	0.777	19.7
(b)	0.613	40.8	0.773	19.3

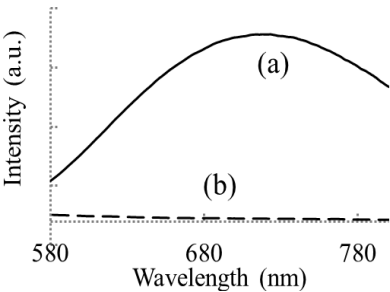


Fig.1. PL spectra for the <nanocrystalline Si layer /crystalline Si> structure: (a) without APM etching, (b) with APM etching.

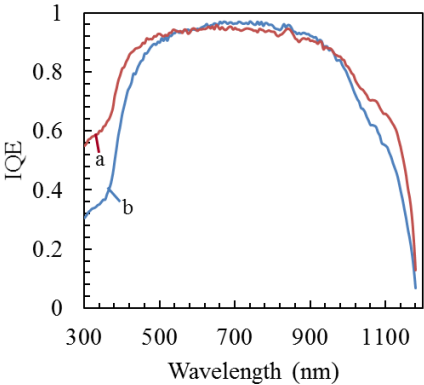


Fig.2. IQE for the <nanocrystalline Si layer/p-Si> solar cells: (a) without APM etching, (b) with APM etching.