

ドレスト光子フォノン援用アニールによる 結晶シリコン太陽電池の高効率化

Increasing efficiency of a crystal silicon based solar cell using the dressed photon assisted annealing

東大工, ○川添 忠, 牧山真子, 水島彩子, 大津元一

Univ. of Tokyo, °Tadashi Kawazoe, Shinko Makiyama, Ayako Mizushima, and Motoichi Ohtsu

E-mail: kawazoe@ee.t.u-tokyo.ac.jp

現在、太陽電池の主役である結晶シリコン(Si)光電変換素子は太陽光スペクトルに最適化され、波長 550–650 nm 付近で最大の量子効率を持つように作製されている。前回までに、我々は量子ドットと色素を含む透明樹脂薄膜(フロントフィルム)を用い、太陽光の 400 nm より短波長成分を 550–650 nm に長波長波長変換することで効率 18 %の Si 太陽電池を最大で 20 %にすることが可能である事を報告してきた[1–3]。また、赤外光照射によるドレスト光子フォノン援用アニールによって、Si-pn 接合受光素子の受光感度が赤外領域に拡大することも報告している[4]。今回、結晶 Si 太陽電池そのものをドレスト光子フォノン援用アニールによって加工し、効率向上を確認したので報告する。

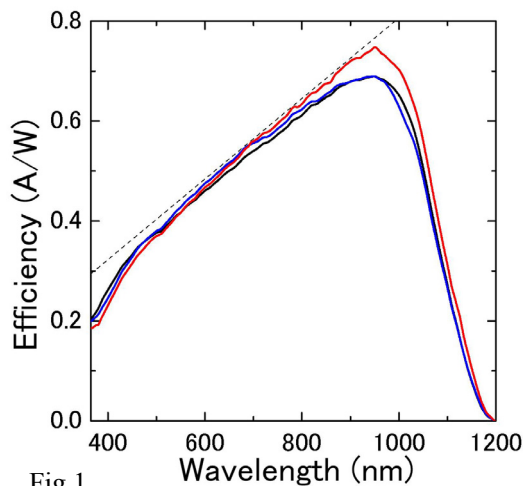


Fig.1

Fig.1 中の黒線はアニール前の効率 18 %の結晶 Si 太陽電池の光電流変換効率(分光感度特性)である。なお、図中の破線は量子効率 100 %を示す。赤線と青線はそれぞれ:温度 20 °Cと-15 °C(ペルチェ冷却)、電流密度 12 A/cm²と 4.4 A/cm²、照射光パワー密度 0.1 W/cm²、アニール時間 30 分間と 60 分間の条件でドレスト光子フォノン援用アニールした結晶 Si 太陽電池の分光感度特性である。照射光源にはソーラーシミュレーターの擬似太陽光を用いた。分光感度はドレスト光子フォノン援用アニール前の素子と比較して両条件とも大きくなった。高温、高電流密度(20 °C, 12 A/cm²)条件の方が変化がより大きく、増加量は+1.2 % (アニール前の素子に対して+6.6 %)であった(赤線)。一方、低温、低電流密度(-15 °C, 4.4 A/cm²)でアニールした素子の増加量は+0.4 % (アニール前の素子に対しては+2.2 %)になった(青線)。なお、分光感度は短絡電流を計測しており、量子効率に比例する値である。

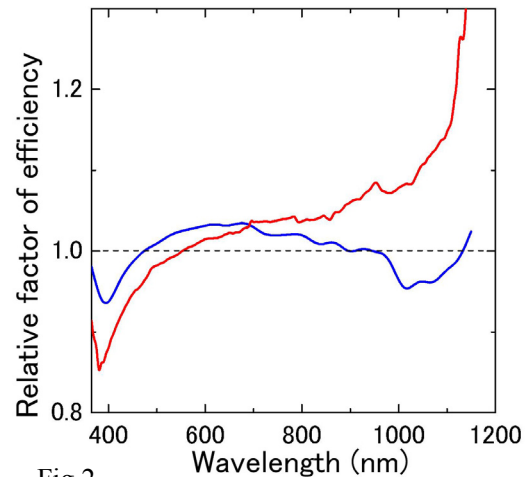


Fig.2

ドレスト光子フォノン援用アニールの波長依存性を明瞭にするために、Fig.2 はアニール後の分光感度スペクトルとアニール前の分光感度スペクトルの比を示したものである。高温、高電流密度(20 °C, 12 A/cm²)でアニールした素子は波長 1000 nm より長波長側で大きく分光感度が増加した(赤線)。一方、低温、低電流密度(-15 °C, 4.4 A/cm²)でアニールした素子では 500–800 nm 帯に分光感度増加領域が現れた(青線)。高温、高電流密度では、照射光に加え素子自身も赤外領域で EL 発光するため、長波長側で分光感度増加起こったと考えられる。また、低温、低電流密度アニールでは擬似太陽光のスペクトルを反映し照射光密度(光子密度)が高い波長領域である 500–800 nm 帯に分光感度増加領域が現れたと考えられる。

分光感度では、これまで最大で+2 % (素子性能向上率: +11%) が得られているが、太陽電池の性能指標としては電力変換効率がより重要である。現在、得られている電力変換効率は最大で+1 % (素子性能向上率: +5%) である。この違いの主要因は配線劣化による電圧低下であることを示す観測結果を得ており、アニール温度等の最適化によって解決可能である。

本研究は独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の資金を基に、平成 24 年度に受託した開発課題「ドレスト光子利用太陽電池技術の研究開発」に関するものである。

[1] 川添他、2013 年春 応物講演会, 28p-A1-11.

[2] 川添他、2013 年秋 応物講演会, 18p-C14-16.

[3] 川添他、2014 年春 応物講演会, 18a-F12-6.

[4] H. Tanaka, et al., Appl. Phys. B-Lasers and Optics, **108**, 51-56 (2012).