

フォトン・フォトキャリア直交型マルチストライプ半導体太陽電池に向けた周期配列放物線鏡付テーパー非対称導波路構造

Periodic Parabolic Mirrors for Asymmetric Waveguide-coupled Multi-stripped Orthogonal Photon-Photocarrier Propagation Solar Cells

北大電子研 ○石橋 晃, 河西 剛, 近藤憲治, 澤村信雄

RIES Hokkaido Univ., ○A. Ishibashi, T. Kasai, K. Kondo, N. Sawamura

E-mail: i-akira@es.hokudai.ac.jp

従来型の太陽電池では光進行方向と生成フォトキャリア移動方向が平行であることに起因する光吸収とフォトキャリア収集の間のトレードオフが存在するのに対し、図1に示す新型光電変換素子では、太陽光の進行方向とキャリアの移動方向を直交させることができ(図1左下断面図参照)、このトレードオフを解消することができる。そこでは太陽光の吸収とフォトキャリアの収集効率の最適化が両立可能となり、異なるエネルギーギャップを有する半導体マルチストライプを用いて全太陽光スペクトルに亘って光電変換を実行することで究極の変換効率に肉迫することができる。その際、空間伝搬光を効率的に2次元導波光化することが重要である。回折格子構造を設けることで、空間伝搬光の2次元導波光化は可能であるが[1]、波長依存性が大きいため、周期性のこなる複数の回折格子を用いても、太陽光スペクトル全体に亘る2次元導波光化は容易ではない[2]。より根源的な問題として、空間反転(左右)対称性を持つ構造では、時間反転対称性と相まって、3次元より2次元導波光化した光が再び3次元光化することの抑制が難しいが、左右非対称な導波路(WG)では、この制約から解放され、変換効率向上へ繋がると期待される。

3次元伝播太陽光を2次元伝播光化する導波路(リディ렉션導波路)の一つの候補として、図1左下内挿図に示すような周期配列した放物線鏡を作製し、更に今回WGとしてテーパー非対称導波路を採用した。本系は、反射光学系を成すので、回折光学系と異なり、導波効率の波長依存性を小さく抑えることができる。図1右下に示すように良好な導波特性が期待される。この導波路端には、在来の面入射型の(タンデム型を含む)太陽電池を結合することもできる。多角的に最適なシステムへと進化させることで高い光電変換効率の実現が期待される。

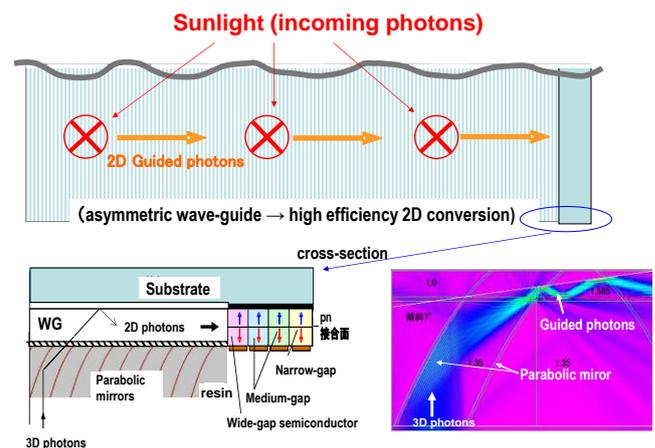


図1. 非対称導波路結合フォトン・フォトキャリア直交型マルチストライプ半導体太陽電池(上面図)。左下: 同断面図、右下: テーパー非対称導波路の場合の導波シミュレーション図。

謝辞: 本研究の一部は、文部科学省特別経費ナノマクロ物質・デバイス・システム創製アライアンス、物質・デバイス領域共同研究拠点事業、JST産学共同シーズイノベーション化事業(顕在化ステージ)、及び、科学研究費補助金基盤研究(B)の支援により行われた。

参考文献:

1. A. Ishibashi, H. Kobayashi, T. Taniguchi, K. Kondo and T. Kasai, 3D Res (2016) 7:33, DOI 10.1007/s13319-016-0109-4
2. A. Ishibashi, H. Kobayashi, N. Sawamura, K. Kondo, and T. Kasai, IEEE-ICASI 2017, Meen, Prior & Lam (Eds) pp. 1477-1479