

自己組織化 3 次元量子ナノ構造の作製と高効率太陽電池応用

Self-Organized Growth of 3D Quantum Nanostructures and

Application to High-Efficiency Solar Cells

東大先端研¹ °岡田 至崇¹, 庄司 靖¹, 曾我部 東馬¹RCAST, Univ. of Tokyo¹ °Yoshitaka Okada¹, Yasushi Shoji¹, Tomah Sogabe¹

E-mail: okada@mbe.rcast.u-tokyo.ac.jp

中間バンド太陽電池では、各バンド間のキャリアの遷移は光学遷移が支配的で、熱励起・熱放出が極力抑えられた構造である必要がある。3 次元閉じ込めの量子ドットの場合、伝導帯あるいは価電子帯とはエネルギー的に完全に分離された準位が形成可能なため、準位間の熱的遷移を原理的に抑制することができる。量子ドット超格子を導入した量子ドット太陽電池は、筆者のグループを含めいくつかのグループにより開発されており、ホスト半導体材料のバンドギャップ以下のエネルギー帯における光感度や、短絡電流の増大が報告されている¹⁻³⁾。

太陽電池では、吸収と再結合は常に競合する関係にある。したがって一般には吸収レートを上げる(吸収係数の大きい材料を利用)、再結合寿命を長くするといったことを考慮する。一方、量子ドットが形成する中間バンドを介した赤外の長波長光の吸収率を増大させるためには、中間バンドに十分なキャリア密度が存在していることが必要であり、集光(photo-filling)が有効である⁴⁾。

図 1 に著者のグループが開発した世界初の量子ドット集光モジュールの構造と外観写真である⁵⁾。約 12cm 角の集光レンズ(通常フレネルレンズ)で集めた太陽光を 5.5mm 角の各セルに導入する構造としている。効率は集光倍率とともに増大し、105 倍集光時に量子ドット集光モジュールで 15.3%、単接合 GaAs 集光モジュールで

19.0%を記録した(図 2)。今後の課題として、(1)直列抵抗を下げる、(2)セルの小型化、(3)量子ドットの総数を増やすために層数を 20~30 層に増やす、などの改善策が挙げられる。

本研究は NEDO 革新的太陽光発電技術研究開発の委託の下で行われた。

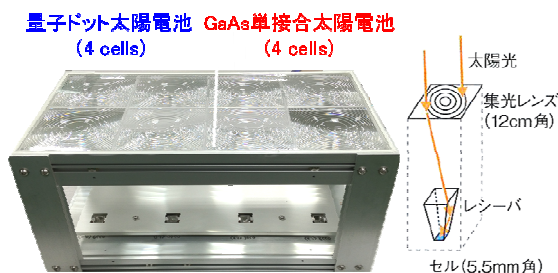


図 1 開発した量子ドット集光モジュール

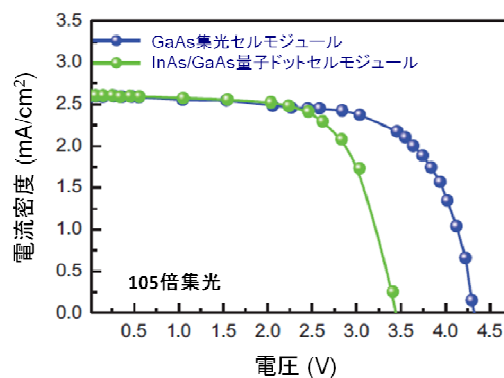


図 2 集光モジュールの特性(105 倍集光時)

参考文献

- 1) R. Oshima et al, APL **93** (2008) 083111
- 2) S. M. Hubbard et al, APL **92** (2008) 123512
- 3) A. Luque et al, Nature Photonics **6** (2012) 146
- 4) K. Yoshida et al, JAP **112** (2012) 081451046
- 5) T. Sogabe et al, CPV-9, Miyazaki, April 2013