

表面フォトニックナノ構造における光透過特性と光閉じ込め効果

Light trapping by direction-dependent light transmission at surface photonic nanostructures

京大化研¹, 名大工² ○太野垣 健¹, 岸本 裕子¹, 星 裕介², 宇佐美 徳隆²

Kyoto Univ.¹, Nagoya Univ.², °Takeshi Tayagaki¹, Yuko Kishimoto¹, Yusuke Hoshi², Noritaka Usami²

E-mail: tayagaki@scl.kyoto-u.ac.jp

近年、大規模普及への対応の観点から、結晶 Si 薄膜太陽電池の高効率化技術の開発が注目されている。我々は Ge 量子ドット積層構造をベースとしたフォトニックナノ構造体を結晶 Si 太陽電池表面に形成することで[Fig. 1(a)], エネルギー変換効率が增大する可能性を示してきた[1]。これまでに、表面フォトニックナノ構造によって、表面反射率が低減することや近赤外光吸収による光キャリア生成効率が增大することなどを明らかにしてきた[2-4]。

本研究では、表面フォトニックナノ構造が光閉じ込め効果に及ぼす効果について、電磁波シミュレーションを用いた検討を行った。計算には、Fig. 1(b)のようなモデルを用いた。裏面は完全反射(PEC)を仮定した。Fig.1(c)は、波長 1000nm の光照射における、結晶 Si 内部の電場強度のフォトニック構造ディップ深さ依存性を示す。ディップ深さ増大に伴い、電場強度も増大する。まず、散乱光角度分布を調べ、表面フォトニックナノ構造による角度分布は非常に狭く、通常の表面テクスチャのような全反射による光閉じ込めとは異なる機構であることが示唆された。次に、Fig.1(d) は表面フォトニックナノ構造の反射率と内部反射率を示す。ディップ深さ増大により、内部反射率が增大することが分かった。これは、通常の反射防止 (AR) 膜のような反射率および内部反射率がともに低下する特性[Fig.1(d) : ■印]とは異なる。このような特異な光透過特性は、フォトニックナノ構造による光閉じ込め効果の起源であり、表面反射損失低減と光閉じ込め効果増大を両立させる光マネジメント技術に寄与すると期待される。

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)の支援を受けて行われた。

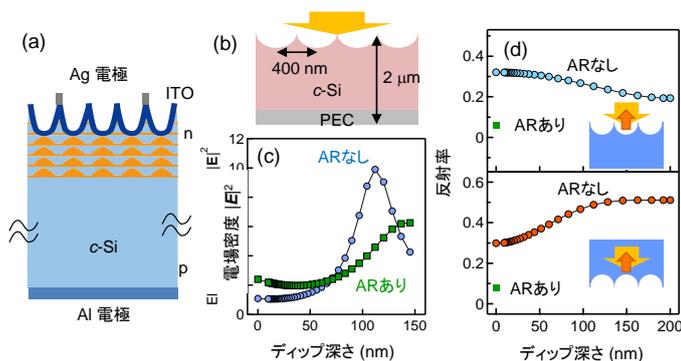


Fig. 1 (a) フォトニック構造太陽電池の概念図。(b) 電磁波シミュレーションのモデル。(c) 光閉じ込め効果のフォトニック構造ディップ深さ依存性。(d) フォトニック構造表面における反射率 (上図) と内部反射率 (下図) のディップ深さ依存性。AR: 反射防止膜。

[1] Usami *et al.* Nanotechnology **23**, 185401 (2012). [2] Hoshi *et al.* Jpn. J. Appl. Phys. **52**, 080202 (2013).

[3] Hoshi *et al.* Thin Solid Films **557**, 338 (2014). [4] Tayagaki *et al.* Opt. Express **22**, A225 (2014).