19p-A25-7

フォトニック結晶を有するμc-Si 太陽電池の変換効率向上の検討

Investigation on Efficiency Improvement of μc-Si Solar Cells with Photonic-Crystal Structures

京大院工 [1]，京大白眉 [2]　○石崎賢司 [1]，De Zoysa Menaka[1,2]，梅田尚実 [1]，田中良典 [1]，川本洋輔 [1]，藤田奨也 [1]，野田進 [1]

Kyoto Univ.[1], Kyoto Univ. Hakubi Center.[2] ○K. Ishizaki[1], M. De Zoysa[1,2], T. Umeda[1], Y. Tanaka[1], Y. Kawamoto[1], S. Fujita[1], and S. Noda[1]

E-mail: ishizaki@qoe.kuee.kyoto-u.ac.jp, snoda@kuee.kyoto-u.ac.jp

微結晶シリコン（μc-Si）太陽電池において，光吸収係数が減少する波長帯域（600-1100 nm）における光閉じ込め効果の増大は，重要な課題のひとつである．我々は，光の波長程度の周期構造を有するフォトニック結晶における，バンド端（Γ点）の大面積共振作用に注目し，多数の共振モードを活用した広帯域光閉じ込め効果について検討を行ってきた [1,2]．前回の報告では，実際にフォトニック結晶を導入した太陽電池において，バンド端共振作用による光吸収および短絡電流密度の増大効果を実証した．さらに，実験において得られた構造に対する理論解析により，μc-Si 層が 500 nm 程度と薄い場合においても，25.7 mA/cm^2 を超える短絡電流密度が得られ，9.5%以上の光電変換効率が得られることを指摘した．今回，フォトニック結晶構造ならびにμc-Si の成膜条件の探索を行い，変換効率の向上について検討したので報告する．

図 1 に，作製した太陽電池の断面電子顕微鏡写真を示す．円錐状のロッドを周期的に配列したフォトニック結晶構造上に，裏面電極（Ag/GZO），μc-Si の n/i/p 層（i 層厚：～500 nm），表面電極（ITO/櫛状 Ag）を成膜し，太陽電池構造を形成した．今回の構造では，(1) フォトニック結晶構造の格子間隔および，(2) μc-Si の i 層の結晶化率について検討を行った．まず，(1) の格子間隔 a については，図 1 に示されるようなドーム状の表面形状を考慮した場合に，理論的に短絡電流密度が極大値をとる a = 700 nm を採用した．また，格子間隔よりも膜厚が厚くなる領域においてクラック状の欠陥が生じること [3] をも考慮している．(2) のμc-Si の i 層の結晶化率については，フォトニック結晶構造上に成膜したμc-Si 膜全体において，太陽電池応用に有用とされる 50%程度となるように，成膜中のガス流量比を逐次調整した．こうして作製した太陽電池について，光照射時（AM1.5）の電流 - 電圧特性を評価した結果を図 2 に示す．比較のため，前回の結果 [2] についても図示している．同図より，光照射時の電気特性の向上が見て取れる．まず，短絡電流密度の増大から，光吸収の増大・キャリア取り出しの改善が示唆される．加えて，開放電圧，曲線因子の増大から，より欠陥等の抑制された高品質な膜が形成できていることも示唆される．これらの特性の向上の結果として，変換効率は前回の 6.9%から 7.7%にまで増大した．今後，フォトニック結晶構造のさらなる最適化により光吸収電流を増大させていくことで，さらなる効率向上も期待される．詳細は，当日報告する．

[謝辞] 本研究の一部は CREST の支援を受けた．

[参考文献] 1) Y. Tanaka, Y. Kwamoto, M. Fujita, and S. Noda, *Opt. Express* **21**, 20111 (2013). 2) 石崎，野田他, 2014 年春季応用物理学会 18p-E12-1, 3) 梅田，野田 他, 2014 年春季応用物理学会 18p-E16-3.

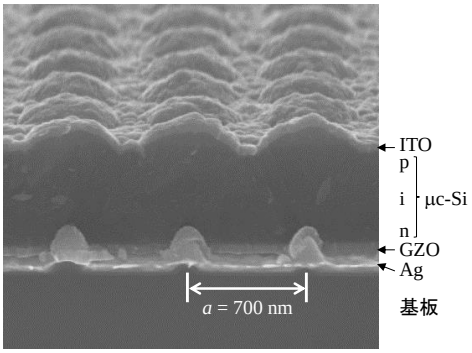


図 1. 作製した太陽電池の電子顕微鏡像．

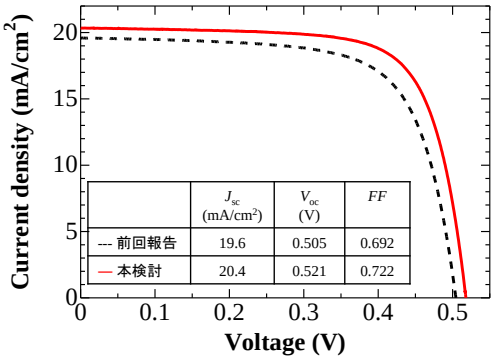


図 2. 光照射時の電流-電圧特性の測定結果．

© 2014 年　応用物理学会