17p-PA2-7

フォトニック結晶を導入した uc-Si 太陽電池の電子線誘起電流法による評価 Investigation of µc-Si Solar Cells on Photonic Crystals by Electron Beam Induced Current Method 京大院工¹, 京大白眉² °梅田尚実¹, 石崎賢司¹, De Zoysa Menaka^{1,2}, 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 Center² °T. Umeda¹, K. Ishizaki¹, M. De Zoysa^{1,2}, Y. Tanaka¹, Y. Kawamoto¹, S. Fujita¹, and S. Noda¹

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

[序] 我々は、薄膜太陽電池の変換効率向上に向けて、2 次元フォトニック結晶(PC)のバンド 端共振効果を活用した広帯域の光吸収増大法を提案してきた。これまでに、理論解析により、微 結晶シリコン(uc-Si)太陽電池における、バンド端波長での光吸収増大効果を明らかにしてき た ¹⁾。また、前回、PC を導入した厚さ 500 nm 程度と薄い太陽電池の作製法について検討し ²⁾、 得られた構造に対する理論解析を行った結果、光吸収量が大幅に増大し、短絡電流密度が 25.7 mA/cm²程度と平坦な構造に比べ、1.5倍以上となることを明らかにした³⁾。さらに、初期的な実 験検討により、PC の導入により、光吸収の大幅な増大とともに、短絡電流が向上することも報 告した⁴⁾。今回は、PCを導入した太陽電池において、電子線誘起電流(EBIC)法などを用いて、 より詳細な評価を行った。[試料構造] PC として、正方格子ロッド型構造を採用した。PC の格 子定数は 600~700 nm 程度とし、µc-Si 成膜中に形成される欠陥を減少させるために、PC ロッド をテーパー状にしている⁵⁾。SiO₂を加工して形成した PC ロッド上に、裏面電極として Ag/GZO を成膜し、その上に、n、i、pの順にμc-Siを成膜し、最後に表面電極(ITO/櫛形 Ag)を成膜し た。i 層の厚さは~500 nm とした。ここで、µc-Si の結晶化率について、50%程度と厚さ方向で一

様になるように調整した。 [測定方法及び **結果] EBIC** 法による評価においては、短絡 状態の太陽電池断面に電子線を照射し、発生 した多数の電子正孔対による電流を測定し た。このとき、nip 接合における内部電界に より、電子正孔対が分離されることで、電流 として取り出される。なお、電子線を二次元 的に走査しながら、電流を測定することで、 キャリアの応答を二次元像として表すこと ができる。今回は電子線の加速電圧を 10 kV とした。まず、PC 上に作製した太陽電池の 断面 SEM 像を図 1(a)に、EBIC 応答を同図(b)



Fig.2 Flat µc-Si Solar Cell (a)SEM image (b)EBIC image に示す。併せて白点線上のラインプロファイルも示す。同図より、成膜方向に対して EBIC 応答 に分布があり、p 層付近では比較的強い応答が観測されたことが見て取れる。PC を導入した太 陽電池では、特に、長波長域において、μc-Siの厚さ方向全体に渡り、光を吸収させるため、n 層付近で EBIC 応答が相対的に小さいことは、電流の取り出し効率低下の一因となると考えられ る。比較のために、PCを導入しない平坦な太陽電池の特性を図2に示す。平坦試料においても、 PCを導入したものと同様に、p層側に偏った応答分布が得られた。PC 導入時および平坦な場合 の両方において EBIC 応答に偏りを生じる一因として、i 層における内部電界が一様ではなく、 分布を有している可能性が挙げられる。計算との比較や、TEM による評価も含め、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。[文献] 1) Y. Tanaka, S. Noda, et al., Opt. Express 21, 20111 (2013). 2) 梅田他, 2014 年春季応物 18p-E16-3. 3) 田中他, 2014 年春季応物 18p-E16-4. 4) Menaka 他, 2014 年春季応物 18p-E16-5. 5) M. De Zoysa 他, 2013 年秋季応物 18a-A3-7.