

多結晶 Si 太陽電池評価のための顕微メスバウア分光装置の開発

Mössbauer Spectroscopic Microscope for mc-Si solar cell evaluation

○伊野裕司¹, 副島啓義¹, 早川一生¹, 行平憲一¹, 藤田浩享¹, 渡辺富夫¹,

森口幸一², 小粥啓子², 原田芳仁², 吉田豊¹ (1. 静岡理工科大, 2. アプコ)

○Y. Ino¹, H. Soejima¹, K. Hayakawa¹, K. Yukihiro¹, H. Fujita¹, T. Watanabe¹, K. Moriguchi², K. Ogai²,

Y. Harada², and Y. Yoshida¹ (1. Shizuoka Inst. Sci. & Tech., 2. APCO. Ltd.)

E-mail: y-ino@ob.sist.ac.jp

【はじめに】我々は、シリコン太陽電池中での鉄不純物の挙動を明らかにするために、動作中の太陽電池中の鉄不純物の状態ごとの分布が観察可能な顕微メスバウア分光装置の開発を行っている[1-3]. 今回、顕微メスバウア分光装置に SEM, EBIC, EBSD を組み合わせ、同一視野で鉄不純物分布と結晶粒界との関連を観察可能にした. また、顕微メスバウア分光装置に電子分光器を搭載し、メスバウア効果に起因する電子のエネルギー検出を行うことで、鉄の深さ方向分布の情報を得ることを試みた.

【実験装置】顕微メスバウア分光装置では、メスバウア効果による顕微マッピング像を得るために、⁵⁷Co γ 線源をリニアアクチュエータで運動させ、ドップラーシフトさせた 14.4keV γ 線を、マルチキャピラリーレンズ (MCX, 浜松ホトニクス) によって試料表面に集光し、ステージによるマッピング計測を行う. 集光スポット内でのメスバウア効果による γ 線吸収と内部転換電子放出は、それぞれ Si-PIN ディテクタとマイクロチャンネルプレート (MCP, 浜松ホトニクス) で計測される. これに、同一視野観察のため、SEM/EBIC (アプコ), EBSD (Bruker) を組み合わせている. また、メスバウア効果起因電子のエネルギー計測のため、電子分光器 (HV-CSA, FOCUS) を搭載している.

【結果】多結晶シリコン太陽電池の EBIC, EBSD, 顕微メスバウア分光による同一視野の観察結果を図 1 に示す. 光学写真像中の赤線で囲まれた領域に対して EBIC, EBSD 観察を、青破線で囲まれた領域 (4×4mm²) に対して顕微メスバウア分光マッピングを行った. この測定の際、 γ 線源は中性の格子間鉄成分に対応する速度で運動させた. 顕微メスバウア分光の透過 γ 線マッピングでは、太陽電池の銀電極 (幅 100 μ m) の存在が確認でき、顕微メスバウア分光

装置が 100 μ m 以下の空間識別能を持つことを示す. また、MCP 電子マッピングでは、観察領域内でコントラストが見られ、結晶粒界を重ねて示した像から、観察領域の右上と左下にある結晶粒で電子カウントがより多く、また左上の粒でカウントがより少なくなっている. 透過 γ 線マッピングでコントラストが見られない一方で、電子マッピングでコントラストが見られた理由は、⁵⁷Fe 核での大きな内部転換係数のため、 γ 線吸収に比べてより多くの内部転換電子・オージェ電子が放出され、鉄分布に対して電子マッピングがより高い感度を持つためだと考えられる. また電子マッピングの結果は、多結晶 Si 太陽電池において、中性の格子間鉄原子が結晶粒ごとに不均一な分布をしていることを示唆する.

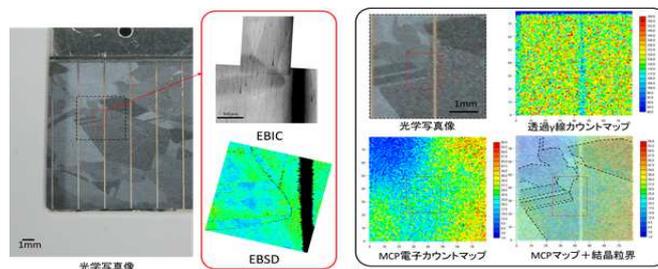


図 1 多結晶 Si 太陽電池の EBIC, EBSD, 顕微メスバウア分光による同一視野観察結果.

謝辞 本研究は JST「先端計測分析技術・機器開発事業」として行われた.

[1] K. Hayakawa, *et al.*, *Hyperfine Interact.* **206** (2012) 79-82.

[2] 伊野裕司ほか, 第 61 回応用物理学会春季学術講演会 (2014) 19p-E12-10.; 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会 (2014) 17a-PB4-1.

[3] Y. Ino *et al.*, *Proc. of ICAME 2015* (2015) 100