

顕微メスバウア分光による mc-Si 太陽電池の表面鉄汚染観察

Iron Contamination near Surface of mc-Silicon Solar Cells Observed by Mössbauer Spectroscopic Microscope

静岡理工科大¹, アプコ², 産総研³ ○伊野裕司¹, 早川一生¹, 行平憲一¹, 森口幸一², 副島啓義¹,
小粥啓子², 原田芳仁², 白澤勝彦³, 高遠秀尚³, 吉田豊¹

Shizuoka Inst. Sci. & Tech.¹, APCO. Ltd.², FREA, AIST³, °Yuji Ino¹, Kazuo Hayakawa¹, Kenichi Yukihira¹, Koichi Moriguchi², Hiroyoshi Soejima¹, Keiko Ogai², Yoshihito Harada², Katsuhiko Shirasawa³, Hidetaka Takato³, and Yutaka Yoshida¹

E-mail: ino.yuji@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、顕微メスバウア分光装置(MSM)の開発を行った[1]。顕微メスバウア分光装置は、集光された γ 線による鉄のメスバウア効果を利用し、鉄不純物の状態ごとの分布を観察することができる。今回、顕微メスバウア分光装置での電子検出に用いるマイクロチャンネルプレート(MCP)を改良し、鉄で故意に汚染していない多結晶シリコン太陽電池の顕微メスバウア分光測定を行った。

【実験】測定に使用した多結晶シリコン太陽電池は、p-Si基板のAl-BSF構造であり、電子検出のため反射防止膜を形成していない。鉄不純物の状態ごとの観察を行なうために、各状態に対応する共鳴速度で γ 線源を運動させてMSM測定を行った。 γ 線はMulti-Capillary-X-ray(MCX) lensで直径250 μm に集光され、サンプルステージマッピングにより γ 線照射箇所を移動させ80 \times 80の点で透過 γ 線とMCPでの電子検出を行い、マッピング像を得た。このマッピング像に対し、 γ 線源の強度低下、メスバウア非共鳴条件でのバックグラウンド、MCXでの γ 線集光サイズを考慮した補正を行った。

【実験】図1(b)は、4 \times 4mm²の領域(図1(a)青線領域)でFe_s⁰, Fe_i⁰, Fe_i⁺, Fe_i²⁺成分に対応する共鳴条件で測定されたMSM電子カウントの補正後マップである。また、赤線で電極の位置を示している。図1(b)から、Fe_i²⁺成分で最も

高いカウントが得られた一方で、Fe_i⁺成分のカウントは最小であった。図1(b)中に黄破線で示す電極付近の1 \times 1mm²の領域を再度測定した図1(c)でも、Fe_i²⁺成分のカウントが最も高く、Fe_i⁺成分のカウントはほとんど見られない。シリコン中の⁵⁷Feから放出された電子は表面に到達するまでにエネルギーを失うため、電子のMSMマップは、表面から数100nmまでの深さに位置する鉄の各状態の分布を表している。今回の試料の場合、この深さ領域はn-Siエミッタ領域に対応するため、Fe_i⁺成分はほぼ存在せず、カウントの統計ゆらぎを反映していると考えられる。一方Fe_i²⁺成分は、これまでのメスバウア分光の研究において多結晶Siでのみ見られるため、結晶欠陥と関連した鉄であると考えられ[2]、今回の太陽電池試料でもその存在が確認された。

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] 伊野裕司ほか, 第64回応用物理学会春季学術講演会, 15p-211-2, (2017年3月15日, 神奈川県横浜市); Y. Ino et al., *Hyperfine Interactions* **237**, 13 (2016).

[2] Y. Yoshida and G. Langouche (Eds.), “Defects and Impurities in Silicon Materials- An Introduction to Atomic-Level Silicon Engineering” in Lecture Note in Physics, (2016), Springer; pp. 373, Chapter 8.

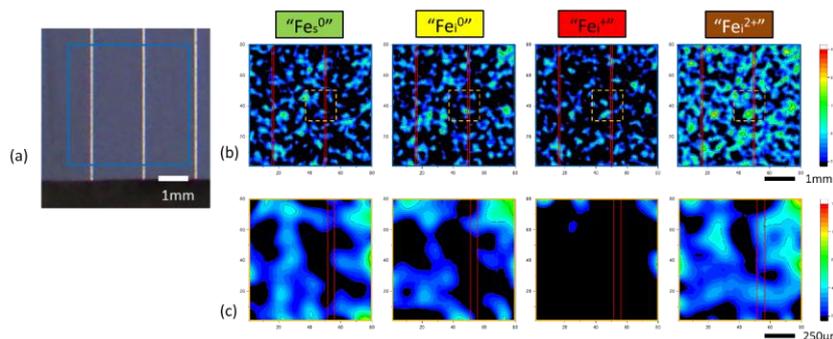


Figure 1: (a) Photograph, and (b) MSM electron maps for “Fe_s⁰”, “Fe_i⁰”, “Fe_i⁺”, and “Fe_i²⁺” in a mc-Si solar cell. (c) Enlarged images (1 \times 1 mm²) corresponding to the dashed line area in (b).