

顕微メスバウア分光装置による多結晶 Si 太陽電池での鉄不純物と結晶欠陥の観察

The Observation of Fe Impurities and the Crystal Defects in mc-Si Solar Cells
by Mössbauer Spectroscopic Microscope

静岡理工科大¹, アプコ² ○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

Shizuoka Inst. Sci. & Tech.¹, APCO. Ltd.², ○Y. Ino¹, H. Soejima¹, K. Hayakawa¹, K. Yukihiro¹,
H. Fujita¹, T. Watanabe¹, K. Moriguchi², K. Ogai², Y. Harada², and Y. 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、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た[1]。今回、顕微メスバウア分光装置と EBIC, EBSD を組み合わせ、同一視野で鉄不純物の状態ごとの分布と結晶欠陥との関連を調査した。

【実験】試料の多結晶 Si 太陽電池は、意図的な鉄汚染を行っておらず、メスバウア効果に起因する電子を検出するために、反射防止膜を形成していないものを使用した。鉄不純物の状態ごとの観察を行なうために、鉄不純物の各状態に対応する共鳴速度で ^{57}Co γ 線源を運動させて顕微メスバウア分光測定を行った (-0.259mm/s for Fe_{sub}^0 , $+0.291\text{mm/s}$ for Fe_{int}^0 , $+0.691\text{mm/s}$ for Fe_{int}^+ , $+0.891\text{mm/s}$ for 欠陥関連 Fe_{int}) [2]。その後、粒界分布とキャリア再結合中心の分布を調べるために、同一領域で EBSD, EBIC 観察を行った。

【結果】図 1 に、多結晶シリコン太陽電池の顕微メスバウア分光測定による結果と粒界分布を示す。図 1(a)の光学写真像中の赤線で囲まれた領域($4\times 4\text{mm}^2$)に対して顕微メスバウア分光測定と EBSD 観察を行った。図 1(b)に EBSD 測定に基づいた粒界分布を示し、 $\Sigma 3$ 粒界の他に、測定範囲の左上の領域に $\Sigma 9$ 粒界や少傾角粒界 (SA) が存在する。図 1(c)-(f)は、顕微メスバウア分光測定の結果を示し、それぞれ(c) Fe_{sub}^0 , (d) Fe_{int}^0 , (e) “欠陥と関連した Fe_{int} ” に対する電子マップと (f)透過 γ 線マップを示す。図 1(f)では、中央と右端に $100\mu\text{m}$ 幅の Ag 電極に対応する透過 γ 線強度の低下が見られる。図 1(c)-(e)では、粒界との対応を確認するために、顕微メスバウアマップに粒界分布を重ねて表示している。これらから、 Fe_{int}^0 成分と比べて、 Fe_{sub}^0 及び “欠陥と関連した Fe_{int} ” の成分がより多く検出されている。粒界分布との対応についての詳細は当日発表する。

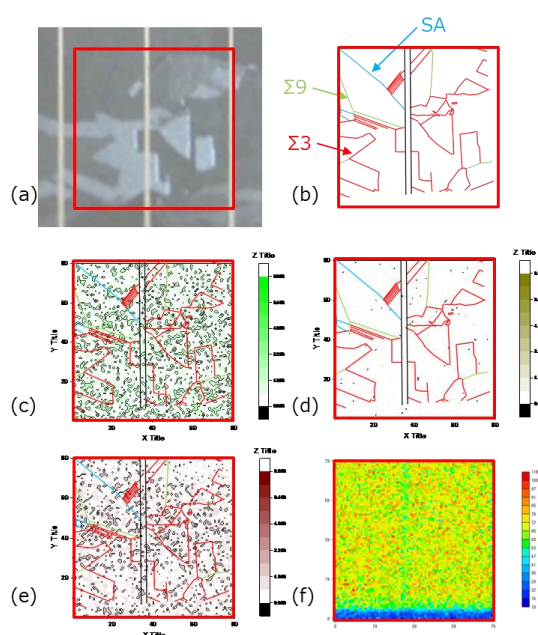


図 1 多結晶 Si 太陽電池の(a)光学写真像。(b)EBSD 測定をもとにした粒界分布。顕微メスバウア分光による Fe の状態ごとの分布：(c) Fe_{sub}^0 , (d) Fe_{int}^0 , (e) “欠陥と関連した Fe_{int} ”, 及び(f)透過 γ 線像。

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。多結晶シリコン太陽電池を提供いただいた京セラ株式会社の山谷宗義氏、新楽浩一郎氏、白澤勝彦氏に感謝いたします。

[1] 伊野裕司ほか, 第 63 回応用物理学会春季学術講演会, 21a-P8-12, (2015 年 21 日, 東京都目黒区); Y. Ino et al., Hyperfine Interactions 237, 13 (2016).

[2] G. Langouche and Y. Yoshida, in: Y. Yoshida and G. Langouche (Eds.), “Defects and Impurities in Silicon Materials”, Springer Verlag, Japan, 2015, p. 375.