

顕微メスバウア分光装置による単結晶 Si 中の Fe 拡散の研究

The Study of Fe diffusion in single crystal Si by Mössbauer Spectroscopic Microscope

静岡理工科大 ○伊野裕司, 松室和明, 藤田浩享, 渡辺富夫, 吉田豊

Shizuoka Inst. Sci. & Tech. ○Yuji Ino, Kazuaki Matsumuro, Hirotaka Fujita, Tomio Watanabe, and

Yutaka Yoshida

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

【はじめに】我々は、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[1,2]. 今回は、Si 中での鉄成分ごとの拡散挙動を、顕微メスバウア分光装置を用いて調べたので報告する。

【実験】試料として、不純物の種類と濃度を変えた単結晶 Cz-Si(100)ウェハを用いた(①[Sb] = 6×10^{18} , ②[B] = 1×10^{13} , ③ 1×10^{16} , ④ 2×10^{18} /cm³). 鉄汚染は、Si サンプルを洗浄・フッ酸処理の後、真空中で ⁵⁷Fe を 2.0 nm 電子銃蒸着して行った。そして、サンプルを一旦大気中に取り出し電気炉に導入して、真空中で 430°C で 1 時間保持した後、室温まで徐冷して、Si 中へ Fe を拡散させた。この際、一部の試料については、鉄蒸着後に大気中でメスバウア分光を行った後(数ヶ月)、アニールを行った。アニール処理後に、試料に対し 6.2° の斜め研磨処理を行い、EDS と顕微メスバウア分光装置により測定した。

【結果】鉄汚染した試料の EDS 測定から、鉄の拡散係数を求め、[Sb] = 6×10^{18} , [B] = 1×10^{13} , 1×10^{16} , 2×10^{18} /cm³ の試料に対してそれぞれ、0.41, 2.8, 3.3, 2.6×10^{-10} cm²/s の値を得た。格子間位置の鉄に対して、その荷電状態(Fe^{0/+})により拡散係数が異なることが知られており[3], n-Si でのより小さな値は、Fe⁰ のより遅い拡散に対応している。しかし、これらの拡散係数は、430°C での文献値 1.7×10^{-8} cm²/s [3]よりも 2 桁小さい。これは、これらの試料に対して、大気中で長期のメスバウア分光を行った後でアニールを行ったため、表面に酸化物が成長し、熱処理での拡散を抑制した可能性がある。そこで、酸化物の影響を最小限に抑えるため、鉄蒸着後直ちに熱処理を行った試料を準備し測定を行った。この試料の EDS 測定から得られた拡散係数は、[B] = 1×10^{16} /cm³ の試料に対して 1.1×10^{-9} cm²/s とより大きな値が得られた。この試料に対して、透過メスバウア分光と顕微メスバウア分光を行った。透過メスバウア・スペクトルの結果を図 1 に示す。フィッティングから、それぞれ中性の置換格子位置鉄(Fe^{sub}⁰)と、格子間位置の中性(Fe^{int}⁰)と +1 価の鉄(Fe^{int}⁺¹)に割当てられる 3 つの成分の鉄が存在する [4]. これらの成分ごとの拡散を直接観察するために、顕微メスバウア分光装置により成分ごとのマッピングを行っ

た結果を図 2 に示す。図 2(a-c)はそれぞれ、Fe^{sub}⁰, Fe^{int}⁰, Fe^{int}⁺¹ に対するマップで、右方向に向かって斜め研磨を行っている。また、図 2 の下部にそれぞれのラインプロファイルを示す。これらから、各成分の拡散係数を求めたところ、それぞれ $8.3, 8.2, 1.4 \times 10^{-9}$ cm²/s という値が得られた。また、各成分のプロファイルの和から、鉄全体の拡散係数を求めたところ、 5.7×10^{-9} cm²/s という値が得られ、EDS の結果と比較的近いオーダーの値となった。他の不純物濃度の試料に対する詳細は、当日発表する。

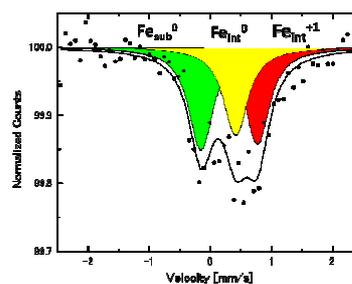


Fig. 1 The Mössbauer spectrum for ⁵⁷Fe diffused p-Si.

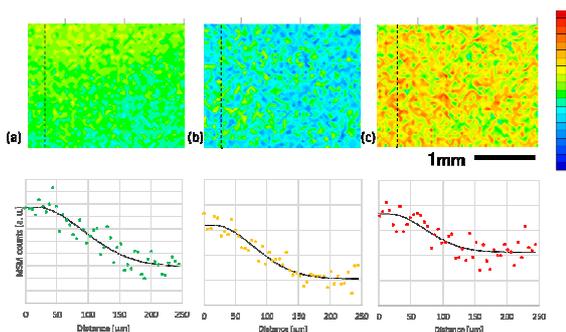


Fig. 2 The maps and line profiles of Mössbauer spectroscopic microscope for (a) Fe^{sub}⁰, (b) Fe^{int}⁰, (c) Fe^{int}⁺¹ of ⁵⁷Fe diffused p-Si.

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 63 回応用物理学会春季学術講演会 (2016) 21a-P8-12.

[2] Y. Ino *et al.*, *Hyperfine Interactions*, **237**:13 (2016).

[3] A.A. Istratov *et al.*, *Appl. Phys. A* **69**, 13-44 (1999).

[4] Y. Yoshida, Y. Ino, and K. Tanaka, *Solid State Phenomena* **242**, 211 (2016).