

シリコン結晶中の低濃度炭素の測定

(XV) $1 \times 10^{13} \text{cm}^{-3}$ までの第二世代赤外吸収測定の国際ネットワークMeasurement of carbon concentration in silicon crystal (XV) 2nd generation IR measurement down to 10^{13}cm^{-3} in the international network東京農工大¹, 大阪府大², °井上直久^{1,2}, 河村裕一²°Tokyo U. Agri. Technol.¹, Osaka Pref. U.² N. Inoue^{1,2}, Y. Kawamura²

E-mail: inouen@riast.osakafu-u.ac.jp

はじめに シリコン結晶中の炭素濃度測定について我々は (1)1975 年からの LSI 時代にシリコン単結晶メーカなどの要望に応じて、NBS 訪問を契機として 1980 年代の ASTM 規格改定[1]前後[2]から国際協力し、標準試料の配布[3]や国際貸与なども進めた、しかし前回指摘したように装置に依って吸収の大きさにばらつきがあり[4](図)、規格の検出下限が約 30 年も $5 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ のまま[1]という問題があった。その後標準試料の参照試料の濃度は $2 (1.8-2.6) \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ であることと換算係数は国際協力により定めた規格の $0.82 \times 10^{17} \text{cm}^{-2}$ のままで良いことを確認した[5]。 (2) 2005 年からのパワーデバイス時代はパワーデバイスメーカの要望に応じて感度向上を第二世代赤外吸収法[6]により進め世界の主要単結晶メーカへも技術を開示した。 (3) 2015 年からの poly-FZ 時代では世界の先進ポリシリコンメーカからの要望に応じて協力し、 $1 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ に近づいた poly-FZ 結晶の生産現場での濃度測定と、将来に備えた 10^{13}cm^{-3} までの測定を下記の方法で個々に可能にし国際ネットワーク化している。第三者例えば従来の高濃度測定や単結晶メーカとの互換性も確保している。

実験と結果 (1) 人工参照試料とブロックゲージの共有 一般に測定試料の約 1/10 の濃度の参照試料を用いると極限低濃度としては十分の精度で測定が可能である。そこで各社は個別に我々と協力して 1×10^{13} - $2 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ の参照試料とブロックゲージを 2 組作り、濃度を我々が標準試料で較正して定め双方で共有している。14 乗台まで測定可能な SIMS との互換性も確認している。

(2) 赤外分光装置の検定 各社は個別に測定スペクトルを我々のスペクトルと交換し、フォノン吸収の大きさ、繰り返し測定の再現性と S/N、妨害吸収の大きさなどの基準[7]による我々の検査結果のフィードバックを受けて、社ごとに装置の選定や測定法改善を進めている。

(3) フォノン吸収の妨害対策 各社は個別のスペクトルの交換とフィードバックにより測定条件やスペクトル処理法を改善し、3 点ベースラインや光学的ゼロ位法[7]により、社ごとの試料濃度や装置性能に応じた高感度測定を生産現場で行っている。SIMS 分析について Evans 社の Jane Martin, Man Xu 氏に感謝する。

[1] ASTM F1391 (1989, 現行は SEMI MF1107(2004)). [2] N. Inoue et al., ASTM STP 960, 365 (1987). [3] 新井・井上他、電子協報告書 (1988.5). [4] 同、電子協報告書 (1987.4). [5] 電子協標準試料についての連絡(1997.4). [6] 井上他、応物学会 2015 秋 13-1E-1. [7] N. Inoue, Phys. Stat. Sol. C, (2016) / DOI 10.1002/ pssc.201600068.

