

シリコン結晶中の低濃度炭素の測定 (XIII) 参照試料とブロックゲージとスペクトル と測定プロセスの共有による高感度高精度測定ネットワーク化と実用化

Measurement of carbon concentration in silicon crystal (XIII) Network and use for production down to 10^{13} cm^{-3}

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

目的と要旨 赤外吸収法による炭素濃度の商用測定法の世界規格は ASTM 規格が筆者を代表とする電子協の提案[1]に基づき 30 年前に改定されたままで、後継の SEMI 規格の detection limit は $5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ [2]、SEMI 規格と整合性のない電子協規格の検出下限は $2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ [3]で、共に実際の濃度 13 乗台にはるかに及ばず有名無実化している。我々は「どこまでも誰でも何でも測れる」ことを目標に第二世代の赤外吸収法測定法の開発と、赤外装置メーカーや分析サービス会社やシリコンメーカーへの技術開示[4]と、赤外吸収関係者や SIMS・放射化分析との相互校正を進め[5]、日進月歩で今や 13 乗に達した低濃度化に対応し、参加を呼び掛け採用者が増えている。今回はその内容について報告する。

先進関係者の協力による参照試料とブロックゲージとスペクトルと測定プロセスの共有 高感度高精度測定には何よりも極低濃度で濃度の分かった参照試料が必須なため、国内外の先進各社の要望に応じて自社製結晶に依る照射参照試料作製を共同で行い $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ までの参照試料を共有している。濃度の分かった広範囲のブロックゲージも同様である。一部については第三者も交互測定に加わって客観的な評価と改善を行っている。測定法と誤差とその原因の解析と対策は筆者論文[6]をベースに共有し、装置の問題点を共同で解決している。この過程で開発された対策も第三者にも共有されている。

$1\text{E}+13\text{cm}^{-3}$ までの測定技術の共有と実用化 この結果世界の先進各社は共有基盤に立って、すでに $1 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ までの検出と測定、 $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$ までの高精度測定を可能にしており製造現場で実用段階に入っている。特に装置に依るばらつきは炭素濃度測定宿命であるが[7]、試料の共有は最善の解決法である。なお、この限界は参照試料と一部装置によるものであり出発結晶の濃度や照射線量の改善に依って早期に 12 乗台を実現する予定である。

2005 年の開始当時から共同研究をさせていただいている世界を先導する各社・各位、特に 1980 年から協力を続けている NBS・ASTM・SEMI 関係者に深く感謝する。

[1] T. Arai, T. Nozaki, K. Endo and K. Mizuma, Proc. ASTM Meeting STP 960, p.365 (ASTM, 1987). [2] SEMI MF1391-1107. [3] 電子協規格 JEITA EM-3503. [4] 井上、後藤、渡邊、関、河村、応物学会 2012 春 17-F11-8. [5] 渡邊、井上、後藤、大淵、関、鶴野、河村、応物学会 2015 春 12p-A18-3. [6] N. Inoue and Y. Kawamura, phys. stat. sol. (c) 13, 842 (2016). [7] 井上、学振 145 委員会研究会資料(2009.5).