

シリコン結晶中の低濃度炭素の測定

(XIV) $1 \times 10^{13} \text{cm}^{-3}$ までの赤外用人工ブロックゲージの作製と共有Measurement of carbon concentration in silicon crystal (XIV) Fabrication of reference sample and block gauge down to 10^{13}cm^{-3} for IR measurement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 前回[1]までの発表において第二世代赤外吸収法(電子線照射人工参照試料[2]とフォノン吸収妨害対策のスペクトル処理(3点ベースライン)[3]と高性能装置の使用[3])によって世界の先進ポリシリコンメーカーで濃度測定用の poly-FZ 結晶の約 10^{13}cm^{-3} までの検出を達成し、国際ネットワーク内の情報の共有により約 10^{14}cm^{-3} までの精度と互換性と信頼性を確保し実用化したことを報告した。今回はその具体的方法と進展について述べる。

実験 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な精度で測定が可能である。また実際の照射量により置換型炭素は 1/5-1/10 に減らすことができる。先進ポリシリコンメーカーが炭素濃度測定のために成長する FZ 結晶の濃度は $1 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ に近づいている。そこで個々のポリシリコンメーカーと共同で $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ から $1 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ までの poly-FZ 結晶を線量を変えて照射して、 $1 \times 10^{13} \text{cm}^{-3}$ までの任意の濃度の試料を 2 組作製し既存の濃度既知の標準試料を用いて校正し、メーカーと共有した。また SIMS 測定可能な $1 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ 以上では SIMS とも校正した。

結果 置換型炭素ピーク吸光度の低減量の照射線量依存性の例として(1) $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ (初期吸光度 $A_0=0.001$) 前後の場合の例を図に示す。照射線量 $F=10^{15} (\text{cm}^{-2})$ 以上で有意の減少があり減少量は $-A=0.2A_0(\log F-15)$ という単純な式で表される。

(2) 一方メーカーの異なる初期濃度 $5 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ (初期吸光度 $A_0=0.00005$) 以下の試料(一部は SIMS でも測定)について日を変えて単一の線量 $3 \times 10^{17} \text{cm}^{-2}$ で照射した場合には残留置換型炭素は $1 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ 程度以下となり、再現性、制御性が確かめられた。

(3) さらに $1 \times 10^{14} \text{cm}^{-3}$ (初期吸光度 $A_0=0.0001$) 前後の場合、低減量は $-A=0.22A_0(\log F-13.5)$ と高濃度と同様で消去率がやや高くなる結果が得られた。

以上により濃度の知られた標準試料の最低濃度 $2 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ [4] から $1 \times 10^{13} \text{cm}^{-3}$ までの間の任意の試料を作製し、標準試料を用いた校正を行い、ポリシリコンメーカーや分析サービス会社と共有し、各社の生産現場での感度精度を向上させた。

電子線照射について高崎量子応用研究所の伊藤久義、花屋博秋、宇野定則、山崎翔太氏に感謝する。

[1] 井上、河村、応物学会 2017 秋 6p-A503-8-10. [2] 井上他、応物学会 2008 春 29p-X-15 他. [3] N. Inoue, Phys. Status Solidi C, (2016) / DOI 10.1002/pssc.201600068. [4] 電子協標準試料についての連絡(1997.4).

