シリコン結晶中の低濃度炭素の測定(XII) 10^{13}cm^{-3}迄の検出と10^{14}cm^{-3}までの高精度測定

Measurement of carbon concentration in silicon crystal (XII) Detection of 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. Kawamura[2]

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

目的と要旨　赤外吸収法のピーク感度は既に2014年に炭素濃度にして1x10^{12}cm^{-3}に達し[1]窒素濃度測定は1x10^{14}cm^{-3}以下も容易である[2]。1x10^{13}cm^{-3}迄の参照試料とブロックゲージを準備できたので色々な誤差の対策を進めた。炭素固有の誤差原因は(1)参照試料、(2)フォノン吸収による妨害の他に、(3)市販中赤外汎用装置の保証限界である、感度の低波数端400cm^{-1}に近く5%未満の低透過率域でのバックグラウンド吸光度0.7に対する10^{-4}(濃度1x10^{14}cm^{-3}の場合)域の測定誤差がある。評価技術の高度化には装置の高度化が不可欠なため、世界の主要な赤外装置メーカと協力や評価をしている。装置の問題点と対策、参照試料とブロックゲージの効果、誤差の装置や測定条件依存性、誤差を評価して対策する方法、などを関係各位と協力して進めている。

測定と解析　(1)参照試料効果：出発結晶と照射した参照試料の差を求めることにより出発結晶と参照試料の全濃度を見積もり誤差を下げる[3]。最低濃度の照射試料を各社への参照試料として会社をまたがり適用できる。(2)フォノン吸収：妨害吸収の装置依存性を調べ測定条件やスペクトル処理により低減した。(3)装置性能：透過率誤差、測定再現性などを13－14乗の領域で検討した。

結果　(1)参照試料とブロックゲージの効果：測定試料より参照試料の濃度が1桁低いと吸光度の決めやすさと精度が格段に向上する。ブロックゲージで校正すると誤差を減らせる。(2)フォノン妨害吸収対策：装置により妨害吸収の出方は異なる。妨害の少ない装置ほど低濃度で対策が容易で精度が良くなる。試料温度などの測定条件を測定試料と参照試料で同じにする。積算回数や繰り返し平均を増やすことや、フォノンフィッティングなどで消去して改善する[3]。(3)装置性能の評価と対策：フォノンのピーク吸光度のばらつきは装置性能の指標である。差吸収スペクトルの再現性は評価基準となる。以上により 1x10^{14}cm^{-3} までは軽微な問題のある装置でも高精度測定が可能で、良い条件では 1x10^{13}cm^{-3} を測定できる。装置により妨害吸収の出方や再現性は異なる。問題の少ない装置ほど低濃度測定が可能で、フォノンピークの大きさなどにより評価できる。試料温度などを測定試料と参照試料で同じにすると改善できる[4]。積算回数や繰返平均を増やすことや、フォノンフィッティングなど数学的処理により改善する[3]。1x10^{14}cm^{-3} までは軽微な問題のある装置でも誤差の小さい測定が可能である。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、特に赤外装置メーカと分析サービス会社に深く感謝する。

[1] N. Inoue, Y. Goto, T. Sugiyam and Y. Kawamura, Phys. Stat. Sol., (c)9, 1931 (2012). [2] N. Inoue, K. Shingu and K. Masumoto, Semiconductor Silicon 2002, p. 875 (Electrochem. Soc. 2002). [3] 中津、井上、応物学会 2005 春 29a-ZN-8. [4] N. Inoue, M. Nakatsu and V. D. Akhmetov, Silicon Materials Science and Technology X, p. 461(Electrochem. Soc. 2006).

© 2017年 応用物理学会