

シリコン結晶の高感度赤外吸収と赤外欠陥動力学

(13) 低濃度窒素の挙動と測定

High sensitivity infrared absorption spectroscopy and infrared defect dynamics of silicon crystal

(13) Shallow thermal donors, behavior and measurement

東京農工大工¹, 大阪府大²○井上直久^{1,2}, 川又修一²Tokyo Univ. Agriculture & Technol.¹, Osaka Pref. Univ.²○N. Inoue^{1,2}, S. Kawamata²

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

経過と目的 我々は CZ シリコン結晶中の格子間窒素対(NN)による赤外吸収と SIMS や放射化分析を検討し窒素濃度測定法規格を制定した[1]。しかし 14 cm^{-3} 未満の低濃度の CZ 結晶では窒素は NO 対を形成し shallow thermal donor (STD)になるため NN の赤外吸収による濃度測定ができなくなる[2]。そこで我々は NO 対の赤外吸収を探索してきた[3]。

実験 試料は NCZ 結晶を色々な温度で熱処理した。NO 関連吸収は NN 関連吸収と近い波数にあって隠れている可能性があるため NN 吸収を Lorentz 関数をフィットして消去した。同時に酸素関連吸収も電子協規格にあるように消去した。その結果見つかったいくつかの吸収の熱処理温度依存性などを調べ、計算値[4]や NN 吸収や STD の遠赤外吸収の挙動と比較し窒素濃度依存性を調べ起源を解明した。

結果と考察 すでに $855, 973, 1002 \text{ cm}^{-1}$ 吸収を見出し 1002 cm^{-1} 吸収を NOO_2 に同定している[4]。また $736, 1064 \text{ cm}^{-1}$ 吸収が報告され 855 cm^{-1} 吸収は ONO に同定されている[5]。今回新たに $769, 946, 1022 \text{ cm}^{-1}$ などの吸収を見出した。いずれも NN 関連や酸素関連の吸収のピークから数 cm^{-1} 以内でそれらを消去することにより初めて見つかったものである。それらを温度依存性などから表のように分類した。4 種の NO 対に対する吸収が同定できたので、それらの和により NN 対を作らない低濃度結晶における NO 対の全濃度を見積もることが可能となった。NN 対関連吸収の重み付き和と NO 対関連吸収の和の温度依存性は一定に近く、それぞれの総和をほぼ求められていると考えられる。

Defect	LVM (cm^{-1})	Defect	LVM (cm^{-1})	Calc. (cm^{-1})	Label	FIR(cm^{-1})
NN	766, 963	NO	769, 946	794, 915	N-O-5	250
NNO	801, 996, 1027	NOO	736, 1022	838, 915, 1025		
NNO ₂	810, 1018	NOO ₂	973, 1002		N-O-2	237
		ONO	855, 1064	856, 1084	N-O-3	240

[1] N. Inoue et al. Silicon Materials Science and Technology X (Electrochem. Soc. 2006) 453, 電子協規格. [2] V. V. Voronkov et al. J. Appl. Phys. 89, 4289 (2001). [3] N. Inoue et al. Sol. State Phen. 108-109, 609 (2005). [4] N. Inoue et al. Mat. Science Engin. B134 202 (2006). [5] H. Ch. Alt and H. E. Wagner, J. Appl. Phys. 106, 103511 (2009).