

## 奨励賞

本間芳和氏 (NTT 境界領域研究所・主幹研究員, 工学博士)



(業績) 二次イオン質量分析法による高精度定量分析の研究

本間芳和君は、東北大学大学院理学研究科修士課程を1978年に修了後、日本電信電話公社武蔵野電気通信研究所に入社し、以後一貫して半導体材料の分析技術の研究に携わり、1981年以降は、二次イオン質量分析法(SIMS)による半導体中の微量不純物分析の研究に従事している。1987年には、東京大学より「二次イオン質量分析法による半導体材料の評価に関する研究」に対して工学博士の学位を得た。また、1987年9月から1988年3月まで、ドイツ放射線・環境研究所(GSF) Dr. K. Wittmaackのもとに研究員として招聘され、イオン照射に伴う不純物の表面偏析現象の研究を行った。

本間君の業績は、軽元素分析の高感度化をめざした超高真空SIMS装置の開発やイオン照射に伴う試料表面変成の解析、SIMSによる半導体材料中の微量不純物の定量分析法の確立など多岐に及んでいる。これらの中で、奨励賞受賞対象となった研究は、SIMSによる微量不純物定量分析法の確立に関するものである。この研究は、従来のSIMSによる定量性についての固定観念を打破し、不純物の高感度な定量分析法としてのSIMSの位置を確固たるものとすると共に、二次イオン生成の基礎現象を解明し、SIMS分析技術の標準化に向けての指針を明らかにしたものである。この業績は、質量分析的見地からも極めて重要で高く評価されるべきものとして大きな学術的価値を有し、実用上も、有用な分析技法を提供し産業界における微量元素制御技術やプロセス開発技術などの発展にも大きく寄与した。

SIMSは感度の高い元素分析法であるが、その基礎過程の二次イオン生成が試料表面の状態に強く依存し、同一元素のイオン収率が母材や一次イオン照射条件等により大きく変動するため、定量分析を行う上で問題を抱えている。

本間君は、半導体試料について二次イオン生成の問題解決に精力的に取り組み、母材間・装置間のイオン収率の違いを克服できる統一的な解釈を与え、SIMS分析において、半導体素子開発に要求される高い定量精度を実現可能とした。同君は、まず、二次イオン生成機構の解明には普遍性の高い基礎データの蓄積が重要との観点から、種々の半導体材料中の不純物に関し、化学分析で定量された高濃度ドーパ結晶を標準試料として、主要元素の相対感度係数(RSF)を明らかにした。これにより高精度の定量分析が可能なることを示し、更にSi系材料やIII-V族化合物半導体中の母材効果の実用的補正法を提案した。とりわけ、酸素一次イオン照射下での正二次イオン収率が一次イオンの入射角に強く依存することを示し、異種装置間のデータの違いの主要な原因は一次イオン入射角の違いに起因することを解明したことは画期的であった。即ち、入射角による材料のスパッタ率の違いがイオン照射表面の酸素濃度に影響を与え、同一元素の二次イオン収率を数倍も変化させる原因であることをつきとめ、二次イオン収率を入射角で整理すれば、異種装置間のデータの違いが統一的に説明できることを示した。従来、装置間で母材効果の大きさに関して矛盾する報告がなされていた点についても、一次イオン入射角が異なるデータを比較していたためであることを指摘した。

本間君の確立したSIMS定量分析法は、半導体材料中の微量不純物評価に既に広く活用されているが、中でも際だった貢献は、GaAs結晶中の炭素の定量分析に基づき、フーリエ変換型赤外吸収測定(FTIR)に対する信頼度の高い感度校正係数を導出したことである。同君は、従来のFTIRの感度校正係数が実際より約3倍高い濃度を与えていたことを初めて明らかにし、その新しい感度係数の妥当性が広く認められるところとなっている。これにより、微量炭素と結晶格子欠陥に起因する準位が関与したGaAs結晶の半絶縁化機構の解明に大きく寄与した。

また、同君は日本学術振興会第145委員会でのGaAs結晶中不純物のラウンド分析を統括し、SIMS定量分析の標準化にも大きく貢献している。これは上記SIMS分析における定量化研究の延長上にあり、SIMSが高精度な定量分

析手法であることを実証し、RSFが機種間では異なるが同一機種の間ではばらつきが小さいことを明らかにした。この結果と上記イオン収率のイオン入射角依存性の結果を合わせ、入射角別RSFを用いることにより、標準試料を要しない定量分析が可能であることを示し、入射角別RSFのデータベース構築によるSIMS定量分析の標準化を提唱している。

以上のように、本間芳和君はSIMSの定量分析の可能性への途を先導する多彩でユニークな研究を行い、その成果は、国内のみならず国際的にも高く評価されている。また、ISO表面化学分析国際標準化委員会SIMS部会の幹事として活躍中であり、今後のSIMS定量分析標準化の発展への本間君の貢献にも大きな期待が寄せられる。

これらの業績は、質量分析学の将来の発展に大きく貢献するものであり、日本質量分析学会奨励賞に値するものと認められた。

#### 主要論文リスト

- 1) Y. Homma, H. Tanaka and Y. Ishii, Oxygen Effect on Secondary Ion Yield in Oxygen-Doped Silicon, "Secondary Ion Mass Spectrometry SIMS IV, (ed. A. Benninghoven *et al.*)," Springer Verlag, Berlin (1984), p. 98.
- 2) S. Kurosawa, Y. Homma, T. Tanaka and M. Yamawaki, SIMS Quantitative Analysis of Impurities in GaAs Using Multi-Element-Doped GaAs, "Secondary Ion Mass Spectrometry SIMS IV, (ed. A. Benninghoven *et al.*)," Springer Verlag, Berlin (1984), p. 107.
- 3) Y. Homma, Y. Ishii, T. Kobayashi and J. Osaka, Quantitative Analysis of Carbon in Liquid-Encapsulated Czochralski GaAs, *J. Appl. Phys.*, **57**, 2931 (1985).
- 4) Y. Homma and T. Tanaka, Ion Yields of Impurities in Gallium Arsenide for Secondary Ion Mass Spectrometry, *Anal. Chem.*, **58**, 1108 (1986).
- 5) T. Tanaka, Y. Homma and S. Kurosawa, Secondary Ion Mass Spectrometric Ion Yields and Detection Limits of Impurities in Indium Phosphide, *Anal. Chem.*, **60**, 58 (1988).
- 6) Y. Homma and K. Wittmaack, Effect of Matrix Composition and Impact Angle on the Fractional Ion Yield of Be<sup>+</sup> Sputtered from Oxygen-Bombarded Silicon and Compound Semiconductors, *J. Appl. Phys.*, **65**, 5061 (1989).
- 7) Y. Homma, Quantitative SIMS Analysis of Impurities in III-V Compound Semiconductors, "Secondary Ion Mass Spectrometry SIMS VII, (ed. A. Benninghoven *et al.*)," John Wiley, Chichester (1990), p. 425.
- 8) 本間芳和, 二次イオン質量分析法, ふんせき, No. 9, 684 (1991).
- 9) Y. Homma, M. Yamawaki, A. Igo and S. Ochiai, Stability of Relative Sensitivity Factors in Secondary Ion Mass Spectrometry, 質量分析, **40**, 217 (1992).