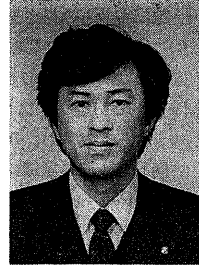


## 奨励賞

吉岡芳明氏〔(株)松下テクノロジーサーチ, 主任研究員〕

### 〔業績〕 SIMS の高精度化と半導体キャラクタリゼーションへの適用



吉岡芳明君は室蘭工業大学工業化学科卒業後、同大学大学院工業分析化学専攻において、マグネシウムの表面電離質量分析計の研究に従事した。同大学院課程終了後松下電器産業㈱に入社し、松下通信工業㈱において質量分析計の開発に従事した後、松下電器中央研究所に転じ、二次イオン質量分析装置の開発および二次イオン質量分析応用技術開発を担当した。昭和59年㈱松下テクノロジーサーチに出向し、上記の業務を続け現在に至っている。

吉岡芳明君の研究は、大きく分類して次の3項目になる。

- 1) 四重極マスフィルタを分析計とした、二次イオン質量分析装置の開発。
- 2) 酸素ガスふんいき中の二次イオン放出特性に関する基礎的研究。
- 3) SIMS よる半導体のキャラクタリゼーション。

1) SIMS は1970年代に入ってから急速に発達した固体表面の分析法であるが、当初のSIMS装置はすべて静磁場と静電場を組合わせたいわゆる偏向型の質量分析計を採用していた。吉岡君は四重極マスフィルタが、超高真空に適していること、質量選択が速いこと、イオンの加速エネルギーが小さくて済むことなど、偏向型より優れた特長をもつことに着目し、いち早くマスフィルタをSIMSにとり入れた。(1975) これはわが国では初めての試みであったのみならず、世界的にも先駆的な試みであった。このSIMS装置は極めて良好に作動し以下の研究を行うのに役立った。

2) 初期のSIMS装置は、どの装置も多かれ少なかれ二次イオン強度の再現性に問題があったので、分析装置としての有用性に疑問を持つものもあった。吉岡君は試料室の残留ガスのうち、酸素分子や酸素を含む分子の分圧が二次イオンの放出特性に大きく関与していることを見出し、酸素分圧と二次イオン生成効率や二次イオンのエネルギー分布の関係を種々の試料や二次イオン種について精細かつ系統的に調べた。また、一次イオンの電流密度や入射角との関係も明らかにすることにより、二次イオン放出がスパッタリングのもとで動的平衡にある表面酸素濃度に支配されていることを見出した。これらの結果は1975年ハワイで開催された日米セミナーで報告され、出席者から高く評価された。

これらの基礎的研究の結果、試料室に酸素ガスを導入することにより、多くの正の二次イオン種の強度が著るしく増大することが分った。さらに酸素分圧がある程度以上大きければ、二次イオン強度は酸素分圧によらずほぼ一定であることが分り、二次イオン強度の再現性が著るしく向上することが分った。このことはまた、試料表面や界面の酸化物による見かけの二次イオン強度の増大効果を相対的に抑えるのに役立ち、200 Å程度の薄膜中のデプスプロファイルを正確に求めることが可能となった。さらに酸素導入時と未導入時の二次イオン強度から、表面の酸化状態を測定する新しい手法を見出した。

3) 1), 2)の業績をもとにSIMSを半導体のキャラクタリゼーションに適用し、つぎのような成果をあげた。

- (1) InGaAsP/InP 超格子を用いて深さ方向の分解能に影響を与える諸因子について検討し、界面の急峻性が16 Å以下であることを示した。この分解能は現在世界的にみても最高級のものである。
- (2) GaAs結晶中の不純物分析を行ない、各元素の検出限界、問題点について検討し、 $10^{16}$ atoms/cm<sup>3</sup>程度の不純物は20%の定量精度で分析可能であることを示した。
- (3) InPにイオン注入したZnの再分布について検討しその再分布が基板の性質に大きく依存することを示し、

電気特性との対応を明らかにした。

- (4) GaAs 結晶にイオン注入した Si, S の再分布について調べ、電気特性との対応を明らかにした。
- (5) Si 中の軽元素の測定法について検討し、各元素の検出限界、問題点を明らかにした。
- (6) (5)にもとづいて、a-Si:H と透明電極との相互作用について検討し、透明電極成分が気相および固相(拡散)を介して混入し、電気特性に影響を与えることを見出した。

吉岡君は上記の業績にみられるように、豊かな独創力を持ち、着実に研究を行ってきた。このことから、同君は将来 SIMS の分野で大きな成果をあげることが期待される若手研究者であると判断される。よって、同君は日本質量分析学会奨励賞受賞者に値すると認められた。

#### 主要論文リスト

- 1) K. Kusao, Y. Yoshioka, N. Nakamura and F. Konishi, The 23th Annual Conference on Mass Spectrometry and Allied Topics, P. 368 (1975), "Improvement in Quantitative Analysis of Solids by SIMS"
- 2) F. Konishi, K. Kusao, Y. Yoshioka, and N. Nakamura, Japan-US Joint Seminar on "Quantitative Technique in SIMS", Hawaii (1975), "Effect of Ambient Oxygen on Quantitative Analysis of Solid Surface by SIMS"
- 3) 草尾・吉岡・小西, ナショナル・テクニカルレポート, **23**, 14 (1977), "四極子マスフィルタを用いた二次イオン質量分析計(QSIMS)とその応用"
- 4) K. Kusao, Y. Yoshioka, and F. Konishi, 質量分析, **25**, 305 (1978), "Use of SIMS to Determine Pure and Oxidized Elements in a Solid Surface"
- 5) K. Kusao, Y. Yoshioka, and F. Konishi; Japan-US Joint Seminar on SIMS, Takarazuka, (1978) P. 36, "The Use of SIMS to Determine Pure and Oxidized Elements in a Solid Surface"
- 6) 草尾・吉岡・小西, 質量分析, **28**, 21 (1980), "SIMS における酸素の効果"
- 7) T. Sakashita, A. Tamura, T. Onuma and Y. Yoshioka, Proc. of the 2nd Symp. on Ion Beam Technol. Hosei, (Hosei Univ., Tokyo, 1983) P. 27, "A Study of Atomic and Carrier Concentration Profile for Si implanted Semi-Insulating GaAs"
- 8) M. Kitagawa, K. Mori, S. Ishihara, M. Ohno, T. Hirao, Y. Yoshioka and S. Kohiki. *J. Appl. Phys.*, **54**, 3269 (1983), "Interaction of Hydrogenated Amorphous Silicon Films with Transparent Conductive Films"
- 9) 平尾・吉岡, 応用物理, **53**, 501 (1984), "二次イオン質量分析"
- 10) 吉岡, 日本学術振興会第141委員会第12回 Local Meeting 資料 (1984), "SIMS の半導体への応用—現状の問題点について—"
- 11) T. Uno, K. Inoue, Y. Yoshioka, H. Serizawa, and N. Hase, Proc. of the 3rd Symp. on Ion Beam Technol. Hosei (Hosei Univ., Tokyo, 1984), P. 63, "Zn Ion Implantation into InP and its Application to the Fabrication of JFET"
- 12) K. Kusao, K. Tsukamoto, Y. Yoshioka, and F. Konishi, Proc. of the 4th International Conference on SIMS IV., A. Benninghoven, J. Okano, R. Shimizu, and H. W. Werner eds., Springer-Verlag, New York, P. 92 (1984), "Relative Sensitivity Factor of Compound Semiconductor by SIMS"
- 13) F. Konishi, Y. Yoshioka, K. Kusao, Proc. of the 4th International Conference on SIMS IV., A. Benninghoven, J. Okano, R. Shimizu, and H. W. Werner, eds., Springer-Verlag, New York, (1984). "The Use of SIMS for Semiconductor Processing Technology: The Influence of Oxygen at Depth Profiling"
- 14) Y. Sasai, Y. Yoshioka, and N. Hase, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **23**, L700 (1984), "Auto-Doping Phenomena for the InGaAsP DH Structure Grown by LPE"
- 15) T. Sakashita, A. Tamura, Y. Yoshioka, and T. Onuma, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **24**, L485 (1985), "A Study of Carrier Concentration Profiles for Heavily Si-Implanted Semi-Insulating GaAs"
- 16) K. Inoue, H. Sakaki, J. Yoshino, and Y. Yoshioka, *Appl. Phys. Lett.*, **46**, 973 (1985), "Effects of Substrate Temperatures on the Doping Profiles of Si in Al GaAs/GaAs Heterojunction Systems Grown by MBE"
- 17) 黒沢・本間・中村・野村・吉岡・柴田・横山・干川・小川, 応用物理, **54**, 1074 (1985), "GaAs 単結晶中不純物のラウンドロビン分析 (1) - 19 機関による化学分析 - SSMS・SIMS 分析 -"