

反応動力学研究部門

宇理須 恆 雄 (教授)

A-1) 専門領域：電子シンクロトロン放射光光化学反応

A-2) 研究課題：

- a) 放射光励起反応によるナノ構造形成技術と分子科学新領域 - Molecular nanoscience - の開拓
- b) SR光反応用分光技術の開発
- c) 埋め込み金属層基板赤外反射吸収分光法 - BMLIRRAS - の開拓と反応機構の解明
- d) STMによる放射光光反応のその場観察

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 放射光励起反応の高い空間分解能, 低損傷性, を利用した新しい(任意の形状で, 任意の位置に大量につくれる) ナノ構造形成技術を開拓する。これによって得られる新しいナノ反応場での化学反応を調べる。1999年度は, 放射光励起 Si 表面清浄化(酸化膜除去)において, 熱反応では得られない, 結晶性の良い熱平衡状態の Si 表面が得られることを発見した。
- b) 1998年度に完成した多層膜ミラー分光器や薄膜フィルターを用いて, 放射光励起反応のエネルギー依存性を調べる。今後この分野でのアンジュレータの重要性を考慮し, その利用実験の準備に着手した。
- c) 半導体表面反応のその場観察手法として, 埋め込み金属層(BML)基板による赤外反射吸収分光法 - BML-IRRAS - の開発を進めている。1999年は, Si(100), Si(111) 表面の水素吸着脱離において指紋領域の良好な S/N での測定に成功し, BML-IRRAS の有用性を確実なものとした。
- d) 表面反応が不均一系であること, また, ナノ構造形成においては, 一原子レベルで反応を評価することの必要性から, STMによる放射光励起反応表面のその場観察を1997年より開始した。1999年は, 放射光励起により, Si 原子の表面拡散がエンハンスされることを発見した。また, 酸化膜の下層にも 7×7 構造が形成されることを発見し, 7×7 構造の形成に関する D. Vanderbilt の理論を実験的に証明することができた。

B-1) 学術論文

K. MASE, M. NAGASONO, S. TANAKA, T. URISU, E. IKENAGA, T. SEKITANI and K. TANAKA, "Auger electron photoion coincidence technique combined with synchrotron radiation for the study of the ion desorption mechanism in the region of resonant transitions of condensed H₂O," *J. Chem. Phys.* **108**, 6550-6553 (1998).

S. HIRANO, H. NODA, A. YOSHIGOE, S. I. GHEYAS and T. URISU, "Annealing and Synchrotron Radiation Irradiation Effects on Hydrogen Terminated Si(100) Surfaces Investigated by Infrared Reflection Absorption Spectroscopy," *Jpn. J. Appl. Phys.* **37**, 6991-6995 (1998).

Y. IMAIZUMI, H. MEKARU and T. URISU, "Quantum Yield and Carbon Contamination in Thin Film Deposition Reaction by Core Electron Excitations," *Appl. Organometallic Chem.* **13**, 195-200 (1999).

S. HIRANO, T. YOSHIGOE, M. NAGASONO, J. OOHARA, Y. NONOGAKI, Y. TAKEDA and T. URISU, "Ultra High Vacuum Reaction Apparatus for Synchrotron Radiation Stimulated Process," *J. Synchrotron Radiat.* **5**, 1363-1368 (1998).

M. NAGASONO, K. MASE, S. TANAKA and T. URISU, “State-selected ion desorption from condensed H₂O at 80 K studied by Auger electron-photoion coincidence spectroscopy,” *Chem. Phys. Lett.* **298**, 141-145 (1998).

T. MIYAMAE, H. UCHIDA, I. H. MUNRO and T. URISU, “Direct observation of synchrotron radiation stimulated desorption of thin SiO₂ films on Si(111) by scanning tunneling microscopy,” *Surf. Sci. Lett.* **437** L755-760 (1999).

T. MIYAMAE, H. UCHIDA, I. H. MUNRO and T. URISU, “Synchrotron-radiation stimulated desorption of SiO₂ thin films on Si(111) surfaces observed by scanning tunneling microscopy,” *J. Vac. Sci. Technol., A* **17**, 1733-1736 (1999).

H. MEKARU, Y. TSUSAKA, T. MIYAMAE, T. KINOSHITA, T. URISU, S. MASUI, E. TOYOTA and H. TAKENAKA, “Construction of the multilayered-mirror monochromator beam line for the study of synchrotron radiation stimulated process,” *Rev. Sci. Instrum.* **70**, 2601-2605 (1999).

T. MIYAMAE, T. URISU, H. UCHIDA and I. H. MUNRO, “Scanning tunnelling microscopy for the study of the synchrotron-radiation stimulated process; synchrotron-radiation stimulated desorption of SiO₂ films on Si(111) surface,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **38**, 249-252 (1999).

T. URISU, “Infrared reflection absorption spectroscopy of selective etching and decomposition stimulated by synchrotron radiation,” *MRS Bulletin* **24**, 46-48 (1999).

M. NAGASONO, K. MASE, S. TANAKA and T. URISU, “Study of ion desorption induced by resonant core-electron excitation of isolated NH₃ monolayer adsorbed on a Xe film using Auger electron photoion coincidence spectroscopy,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **38**, 325-327 (1999).

Y. HOMMA, P. FINNIE, T. OGINO, H. NODA and T. URISU, “Aligned island formation using step-band networks on Si(111),” *J. Appl. Phys.* **86**, 3083-3088 (1999).

S. NAGAOKA, K. MASE, M. NAGASONO, S. TANAKA, T. URISU, J. OHSHITA and U. NAGASHIMA, “Site-specific phenomena in Si:2p core-level photoionization of X₃Si(CH₂)_nSi(CH₃)₃ (X = F or Cl, n = 0–2) condensed on a Si(111) surface,” *Chem. Phys.* **249**, 15-27 (1999).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

T. URISU, H. MEKARU, T. MIYAMAE, S. HIRANO and H. NODA, “Energy and polarization control in synchrotron radiation stimulated nano-process,” *SPIE Proceedings* **373**, 340-350 (1999).

B-3) 総説、著書

平野真也、野田英之、吉越章隆、宇理須恆雄, 「埋め込み金属層基板を用いた赤外反射吸収分光法と放射光励起表面反応」, *表面科学* **20**, 875-881 (1999).

B-4) 招待講演

T. URISU, T. MIYAMAE, Y. GAO and H. UCHIDA, “Synchrotron radiation stimulated nanoproces and atom level characterization,” The 1st UK-JAPAN Internal Seminar of Application of Synchrotron Radiation to Studies of Nano-Structured Materials, Okazaki, March 26-27, 1999.

T. URISU, H. MEKARU, T. MIYAMAE, S. HIRANO and H. NODA, "Energy and polarization control in synchrotron radiation stimulated nano-process," SPIE Conference on X-ray Optics Design, Performance, and Applications, Denver (Colorado), July20-21, 1999.

T. URISU, "Synchrotron radiation stimulated surface photochemical reaction and application to nano structure fabrication," Seminar at Yonsei University ASSRC, Seoul, November 25, 1999.

B-6) 学会および社会的活動

学協会役員、委員

レーザー学会評議員(1983-1985).

日本放射光学会評議員(1993-1994).

電気学会 放射光励起プロセス技術調査専門委員会幹事(1992-1994).

電気学会 放射光による材料加工技術調査専門委員会委員長(1994-1997).

大型放射光施設安全性検討委員会委員(1993-).

東北大学電気通信研究所研究評価委員(1995).

日本工業技術振興協会 放射光の半導体への応用技術研究委員会顧問委員(1995-).

新機能素子研究開発協会 新世紀素子等製造評価技術の予測委員会 / ハードフォトン技術研究部会委員(1995).

姫路工業大学ニューズバル利用検討委員会委員(1996-1998).

姫路工業大学ニューズバル新素材開発利用専門委員会委員(1999-).

日本放射光学会評議員(1997-1998).

近畿通産局 超次世代原子デバイスの自己形成技術に関する調査委員会委員(1997-1998).

電気学会 放射光(自由電子レーザープロセス技術調査専門委員会委員(1997-1999).

放射線利用振興協会, 放射線利用技術指導研究員(1997).

日本原子力研究所研究嘱託(1998-).

科学技術庁「顕微光電子分光法による材料, デバイスの高度分析評価技術に関する調査」調査推進委員会委員(1998-1998).

科学技術庁「顕微光電子分光法による材料, デバイスの高度分析評価技術に関する調査」研究推進委員会委員(1999-).

東北大学電気通信研究所外部評価委員(1998).

日本原子力研究所博士研究員研究業績評価委員(1998-1999).

学会の組織委員

第 5-12 回マイクロプロセス国際会議論文委員(1992-).

第 1 回光励起プロセスと応用国際会議論文委員(1993).

VUV-11 組織委員会, プログラム委員会委員(1993-1995).

X 線リソグラフィ及び極端紫外光リソグラフィ国際ワークショップ顧問委員(1995, 1997, 1998).

1999 International Workshop on X-ray and Extreme Ultraviolet Lithography 顧問委員

SRI97 組織委員会プログラム委員会委員(1995-1997).

SPIE's Annual International Symposium on Microlithography 論文委員(1997-1999).

レーザー学会第 19 回年次大会プログラム委員(1998-1999).

The 1st UK-JAPAN International Seminar 組織委員長(1999).

学会誌編集委員

JJAP 特集論文特別編集委員(1992-1993, 1998).

電気学会, 電子情報システム部門誌特集号編集委員(1995-1996).

B-7) 他大学での講義、客員

豊橋技術科学大学非常勤講師, 1999 年 4 月 1 日 - 12 年 3 月 31 日 .

C) 研究活動の課題と展望

放射光励起表面反応による半導体や絶縁物表面へのナノ構造形成を積極的に進める。物質をナノレベルで微細に加工することにより,新しい物性の発現が期待されるほか,多くの生体物質と同程度の寸法となるため,生命科学分野への応用も期待される。実用性の高い加工技術とするためには,表面反応の原子レベルでの評価と制御が重要である。この問題については表面反射吸収赤外分光法とSTMとを組み合わせ, single molecule での内殻励起反応の観察を行い,特に反応の材料選択性やサイト選択性の機構を解明する。