反応動力学研究部門

宇理須 恒 雄 (教授)

A-1) 専門領域：電子シンクロトロン放射光化学反応

A-2) 研究課題：

- a) 放射光励起反応によるナノ構造形成とSTMによる観察
- b) 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
- c) STM技術の開拓と、光反応のその場観察・生体物質観察への応用
- d) Si表面への生体物質の堆積と物性の研究

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と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。放射光励起によるSi表面酸化膜の除去により650–700 °Cの低温で熱平衡状態の表面が得られることを見出した。この現象について二次元ガスモデルによる解析を行い、電子励起により、二次元ガス密度の増大と表面ホッピング速度の増大が起こっていることを明らかにした。また、この現象を利用して、10 nmレベルのナノ構造を自己組織化現象を利用して領域選択的に作成できる見通しを得た。
- b) 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。この手法によりSi(100)表面での水素吸着反応を調べ、変角振動領域に現れる二重項ピークが、単独SiH₂と隣接SiH₂によることを明らかにした。また、モノハイドライド終端のSi(100)理想表面を得ることに成功した。この結果を利用して、Si(100)表面への生体物質堆積の新技术を提案したいと考えている。また、基板張り合わせ法などの新しい方法によるBML基板の製作の準備を進めた。
- c) 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。放射光施設環境下でSi(111)表面の原子像観察を確認し、上記a)の研究に応用した。今後、アンジュレータ光利用にむけて放射光照射とSTM観察を同時に行う観察技術の開発および、生体物質観察に必要な技術を開拓する予定である。
- d) 上記a)及びb)の成果を利用して、Si基板表面に、配置や配向を制御して、脂質やタンパク質を堆積しこれらの物性や表面反応特性を調べる研究を新たにスタートした。2000年度は、クリーンルーム、超純水設備、化学反応器具などの実験設備の準備を進めた。

B-1) 学術論文

Y. KOBAYASHI, K. SUMITOMO, K. SHIRAISHI, T. URISU and T. OGINO, "Control of Surface Composition on Ge/Si(001) by Atomic Hydrogen Irradiation," *Surf. Sci.* **436**, 9 (1999).

Y. GAO, H. MEKARU, T. MIYAMAE and T. URISU, "Scanning Tunneling Microscopy Study of Surface Morphology of Si(111) after Synchrotron Radiation Stimulated Desorption of SiO₂," *J. Vac. Sci. Technol., A* **18**, 1153 (2000).

Y. GAO, H. MEKARU, T. MIYAMAE and T. URISU, "Scanning Tunneling Microscopy Study of Si(111) Surface Morphology after Removal of SiO₂ by Synchrotron Radiation Illumination," *Appl. Phys. Lett.* **76**, 1392 (2000).

Y. NONOGAKI, H. HATATE, R. OGA, S. YAMAMOTO, Y. FUJIWARA, Y. TAKEDA, H. NODA and T. URISU, "SR-Stimulated Etching and OMVPE Growth for Semiconductor Nanostructure Fabrication," *Mater. Sci. Eng., B* **74**, 7 (2000).

H. NODA and T. URISU, "Assignments of Bending and Stretching Vibrational Spectra and Mechanisms of Thermal Decomposition of SiH₂ on Si(100) Surfaces," *Chem. Phys. Lett.* **326** 163 (2000).

K. MASE, S. TANAKA, S. NAGAOKA and T. URISU, "Ion Desorption Induced by Core-Electron Transitions Studied with Electron-Ion Coincidence Spectroscopy," *Surf. Sci.* **451**, 143 (2000).

B-4) 招待講演

T. URISU, "Atom-molecular level evaluation on SR stimulated surface chemical reactions," Workshop on Surface and Interface Study Using Synchrotron Radiation, SPring-8 Hyogo, March 2000.

T. URISU, "SR stimulated process and STM observation," SPring-8 Hyogo, July 2000.

T. URISU, "Atom level observation of SR illuminated Si(111) surface by STM," 65th Okazaki Conference-Advantages of Utilization of SR in Nanostructure Creation-, Okazaki, January 2000.

T. URISU, "SR stimulated process and STM observation," 2nd UK-Japan International Seminar of Application of Synchrotron Radiation to Studies of Nano-Structured Materials, Spring-8 Hyogo, July 2000.

T. URISU, "Photochemistry research using synchrotron radiation in UVSOR IMS," Pacificchem 2000-Symposium on Chemical Application of Synchrotron Radiation, Honolulu; Hawaii (U. S. A.), December 2000.

宇理須恒雄,「放射光励起によって得られる熱平衡シリコン表面」,第12回日本MRS学術シンポジウム「物質科学における放射光利用:その場測定とプロセス」,KSP川崎,2000年12月.

宇理須恒雄,「放射光励起反応プロセスと反応表面のSTMによる観察」,固体・表面光化学反応討論会,三重大学,津,2000年11月.

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(1983-85).

日本放射光学会評議員(1993-94, 97-98, 2001-02).

電気学会、放射光励起プロセス技術調査専門委員会幹事(1992-94).

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(1994-97).

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スバル利用検討委員会委員(1996-98).

姫路工業大学ニュースバル新素材開発利用専門委員会委員(1999-2000).

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(1997-98).

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(1997-99).

放射線利用振興協会 放射線利用技術指導研究員(1997.11).

日本原子力研究所 研究嘱託(1998.4-2001.3).

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).

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(1999-2000).

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(1998-99).

佐賀県シンクロトロン光応用研究施設整備推進委員会委員(2000-2001).

学会の組織委員

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(1993-95).

International Workshop on X-ray and Extreme Ultraviolet Lithography顧問委員(1995-).

SR197組織委員会プログラム委員会委員(1995-97).

SPIE's 23rd Annual International Symposium on Microlithography論文委員(1997).

SPIE's 24th Annual International Symposium on Microlithography論文委員(1998).

SPIE's 25th Annual International Symposium on Microlithography論文委員(1999).

レーザー学会第19回年次大会プログラム委員(1998-99).

UK-JAPAN International Seminar組織委員長(1999, 2000).

Pacificchem 2000, Symposium on Chemical Applications of Synchrotron Radiation, 組織委員(2000).

学会誌編集委員

JJAP特集論文特別編集委員(1992-93).

電気学会 電子情報システム部門誌特集号編集委員(1995-96).

JJAP特集論文特別編集委員(1998).

B-7) 他大学での講義、客員

T. URISU, "In situ observation of SR stimulated surface chemical reaction by STM and IRRAS," Temple University Philadelphia, October 2000.

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。また、形成したナノ構造を利用してシリコン表面への脂質やタンパク質などの生体物質の配置と配向を制御して堆積することを試みる。このような新分野の学術をきちんと追究するために、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(IRRAS)とSTMとを組み合わせ、single moleculeでの内殻励起反応の観察や生体物質の物性測定を行う。