

ナノ光計測研究部門

松本吉泰(教授)(2003年4月1日着任)

A-1) 専門領域：表面科学、分子分光学

A-2) 研究課題：

- a) 時間分解第二高調波発生による固体表面核波束ダイナミックスの研究
- b) 時間分解和周波分光における金属表面上での振動ダイナミックス
- c) 和周波顕微分光装置の試作
- d) チタニア表面での金ナノクラスターの構造と反応

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 本研究課題では電子状態間の遷移に伴いどのように吸着種の振動がコヒーレントに励起でき(振動核波束の生成)、また、その振動核波束のダイナミックスをフェムト秒領域でのポンプ・プローブ表面第二高調波発生の実験により調べた。本年度はPt(111)表面に吸着したKにおけるコヒーレント振動(K-Pt伸縮振動モード)の減衰挙動に関する被覆率依存性を詳細に調べた。その結果、Kがとる超構造に応じてK-Pt伸縮振動の周波数が異なること、コヒーレント振動の位相緩和にはKの横方向の低波数モードとの結合が重要であることを見出した。
- b) 時間分解和周波分光法によりPt(111)表面と氷の超薄膜との界面に吸着したCO単分子層の振動励起・失活ダイナミックスについて研究を行った。可視光の励起パルスにより金属表面中の電子温度は急速に上昇し、このホット電子はCOの表面方向の低波数モードを励起する。この励起・脱励起のダイナミックスは和周波スペクトルにおけるCO伸縮振動モードのピーク形状の時間変化をモニターすることにより知ることができる。水分子と相互作用することにより、COはより金属のホット電子との相互作用が強くなることを見出した。
- c) 可視・赤外和周波は、中心対称性が崩れた場所で発生するため、これを利用した分光法は表面や界面に鋭敏な振動分光として、また、不整炭素を持つキラルな分子への応用など幅広い応用が考えられる。そこで、より局所的なプローブとしてこの分光法を用いるために和周波顕微分光装置を開発、試作した。これを用いて、金基板上のチオールの自己組織化膜のパターンの観測に成功した。
- d) チタニア表面上の金ナノクラスターはCOの酸化反応などにおいて触媒能を示すことで注目されている。表面科学的な研究では通常チタニア単結晶上に金を真空蒸着させることにより金ナノクラスターを生成しているが、ここでは佃グループとの共同研究により湿式で調整し、サイズ選択されたアルカンチオールを保護基とした金ナノクラスターをチタニア単結晶表面にコートし、これを真空中で酸素、および、水素プラズマエッチングにより保護膜を除去する方式をとった。走査型トンネル顕微鏡により、チオール保護基を持った金ナノクラスターはチタニア表面とは弱い相互作用をするが、保護基を除去すると表面と強く相互作用することが観察された。また、酸素エッチング時に金ナノクラスター間の部分的な融合が起きることも明らかになった。

B-1) 学術論文

D. YAMAGUCHI, K. WATANABE, N. TAKAGI and Y. MATSUMOTO, "Photochemistry of Cyclohexane on Cu(111)," *Phys. Chem. Chem. Phys.* **8**, 179–185 (2006).

M. FUYUKI, K. WATANABE and Y. MATSUMOTO, “Coherent Surface Phonon Dynamics at K-Covered Pt(111) Surfaces Investigated by Time-Resolved Second Harmonic Generation,” *Phys. Rev. B* **74**, 195412 (6 pages) (2006).

B-3) 総説、著書

Y. MATSUMOTO and K. WATANABE, “Coherent Vibrations of Adsorbates Induced by Femtosecond Laser Excitation,” *Chem. Rev.* **106**, 4234–4260 (2006).

B-4) 招待講演

Y. MATSUMOTO, “Coherent excitation and control of surface phonons,” American Physical Society March Meeting, Baltimore (U.S.A.), March 2006.

松本吉泰, 「表面光化学における超高速ダイナミクス」日本化学会春季年会, 船橋, 2006年3月.

K. WATANABE and Y. MATSUMOTO, “Coherent nuclear motions at alkali covered metal surfaces,” 46th IUVSTA Workshop & 5th International Symposium on Ultrafast Surface Dynamics, Abashiri (Japan), May 2006.

K. WATANABE, M. FUYUKI and Y. MATSUMOTO, “Ultrafast vibrational dynamics of adsorbates on metal surfaces,” Into-Japan Joint Workshop on New Frontiers of Molecular Spectroscopy, Kobe (Japan), September 2006.

Y. MATSUMOTO, “Thermal and Photochemical Reactivity of Oxygen Atoms on Gold Nanocluster Surfaces,” The University of Tokyo International Symposium and The tenth ISSP International Symposium (ISSP-10) on Nanoscience at Surfaces, Kashiwa (Japan), October 2006.

松本吉泰, 「フェムト秒非線形分光による表面ダイナミクスの観測」NIMSナノ計測センター研究成果発表会, つくば, 2006年10月.

松本吉泰, 「時間分解非線形分光による表面超高速ダイナミクスの観測」理研シンポジウム, 和光, 2006年11月.

渡邊一也, 「表面吸着種の振動コヒーレンス」第25回吸着分子の分光学的研究セミナー, 2006年12月.

B-6) 受賞、表彰

Hanse Wissenschaftskolleg (Fellow of Hanse Institute for Advanced Studies), Germany (2002).

日本化学会学術賞 (2006).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員、委員

日本化学会東海支部代議員 (1993-1994).

学会の組織委員

第1回 日米分子科学若手ワークショップ 組織代表者 (1991).

第8回 化学反応討論会 プログラム委員 (1992).

第51回 岡崎コンファレンス 組織委員 (1994).

分子研研究会「分子 - 表面ダイナミクス」組織委員 (1995).

大阪大学50周年記念シンポジウム「固体表面動的過程」組織委員 (1995).

IMS International Conference 組織委員 (1997).

分子構造総合討論会 プログラム委員 (1997).
Ninth International Conference on Vibrations at Surfaces 組織委員 (1997).
2000環太平洋国際化学会議 組織委員 (2000).
第2回表面エレクトロニクス研究会 実行委員長 (2000).
第2回分子科学研究会シンポジウム 組織委員 (2003).
10th International Workshop on Desorption Induced Electronic Transition プログラム委員 (2004).
分子構造総合討論会運営委員会 幹事 (2004-2006).
5th Symposium on Ultrafast Surface Dynamics 組織委員長 (2004-2006).
The tenth ISSP International Symposium (ISSP-10) on Nanoscience at Surfaces 組織委員 (2005-2006).
分子科学研究会 幹事 (2005-2006).
第22回化学反応討論会実行委員長 (2005-2006).

文部科学省、学術振興会等の役員等

日本学術振興会学術参与 (1999-2004).
科学技術・学術審議会学術分科会科学研究費補助金審査部会理工系委員会委員 (2003-2005).
日本学術振興会科学研究費専門委員 (2006).
科学技術振興機構「戦略的創造研究推進事業」領域アドバイザー (2006-).
日本学術会議連携会員 (2006-).

科学研究費の研究代表者、班長等

総合研究大学院大学グループ研究「光科学の新展開」研究代表 (1997-1999).

その他

総合研究大学院大学光科学専攻長 (1999-2001).
総合研究大学院大学先導科学研究科科長 (2001-2005).

B-8) 他大学での講義、客員

名古屋大学大学院理学研究科、「表面における光化学と超高速過程(物理化学特別講義4)」2006年7月13日-14日.

B-9) 学位授与

山口 大、「金属表面におけるシクロヘキサンの光化学および光励起メカニズムに関する研究」2006年3月, 博士(理学)

B-10)外部獲得資金

基盤研究(A)(2),「表面ナノ構造物質を用いた反応制御」松本吉泰 (1999年-2001年).
特別研究員奨励費,「金属表面上の自己組織化膜におけるフェムト秒電子移動ダイナミクス」松本吉泰 (2001年-2002年).
基盤研究(B)(2),「表面光反応の2次元サブナノマッピング」松本吉泰 (2002年-2003年).
特定領域研究(A)(2),「金属酸化物単結晶・色素吸着系における電子ダイナミクス」松本吉泰 (2001年-2004年).
特定領域研究(A)(2),「チタニア表面上での金ナノ構造物質の電子状態と電子ダイナミクス」松本吉泰 (2005年-2006年).
基盤研究(S),「時空間マッピングによる固体表面反応機構の解明」松本吉泰 (2005年-2010年).

C) 研究活動の課題と展望

表面科学反応研究としては「固体表面上でのレーザー誘起反応ダイナミクス」の研究課題のもとで金属や半導体の清浄表面に吸着した分子種の光誘起過程に関する研究に従事してきた。これをさらに発展させる方向で、2光子光電子分光、表面第2高調波発生などの非線形分光により固体表面における超高速現象の解明、表面コヒーレントフォノンの実時間観測と制御など、新しい観点から光誘起過程の機構と動的挙動に関する分子論的な理解を深めることに研究の主眼を置いている。また、原子・分子レベルの分解能を持つ走査型トンネル顕微鏡による実空間観測により、吸着種の幾何学的構造と固体表面における反応の空間・時間発展を明らかにすることも主要な研究課題の一つである。さらに、和周波発生分光などを用いた化学種を識別する能力を持った時間・空間分解スペクトロスコープやマイクロスコープの手法を新たに開発し、不均一反応の根源的な理解を促進する。