

【基盤研究(S)】

理工系 (総合理工)



研究課題名 原子間力顕微鏡を用いた絶縁体表面でのナノ構造体構築と気体反応メカニズム解明

大阪大学・大学院工学研究科・教授 すがわら やすひろ
菅原 康弘

研究課題番号: 16H06327 研究者番号: 40206404

研究分野: 走査型プローブ顕微鏡

キーワード: 原子間力顕微鏡、ナノ構造、電荷移動、気体反応メカニズム

【研究の背景・目的】

絶縁体表面上のナノ構造体の物性解明は、センサー、触媒、電子デバイスへの応用に際して極めて重要である。原子数個から数十個からなるナノ構造体は、強い量子サイズ効果を示し、閉じ込められた電子のエネルギー状態は、バルク材料のものとは全く異なる。他方、絶縁体表面の欠陥は、不飽和な結合サイトであり、電荷の供与体あるいは受容体として作用する。そのため、絶縁体表面上のナノ構造体の電荷状態は、表面欠陥との電荷移動により大きく影響を受ける。実際、絶縁体表面上のナノ構造体の物理・化学的性質は、表面の欠陥構造により劇的に変化する。従って、新しい機能を有するナノ構造体を思い通りに設計するには、絶縁体表面の欠陥とナノ構造体との間の電荷移動を含めた相互作用の理解が本質的に重要である

本研究は、様々な環境（極低温・超高真空中、および、室温・反応ガス中）で動作する非接触原子間力顕微鏡を駆使して、絶縁体表面の欠陥とナノ構造体との間の電荷移動現象を解明するとともに、ナノ構造体の構造と電荷状態が触媒メカニズムにどのように関係するかを原子スケールで解明することを目的とする。

【研究の方法】

- (1) 原子間力顕微鏡と3次元静電気力分光法を用いて、絶縁体表面の欠陥構造と電荷状態を明らかにする。表面の欠陥としては、原子空孔などの点欠陥及びドメイン境界の線欠陥などを取り上げる。
- (2) 絶縁体表面上のナノ構造体に CO, O₂, NO_x などのガスを吸着させ、ガス吸着に伴うナノ構造体の構造変化と局所電荷状態の変化を原子レベルで明らかにする。
- (3) 絶縁体表面上のナノ構造体に CO, O₂, NO_x などのガスを吸着させ、探針増強ラマン分光装置を用

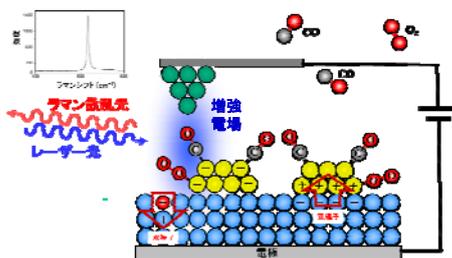


図1 研究方法の概要

いて、吸着ガスの局所的な吸着状態を解明する。
(4) 反応ガス中でのナノ構造体の局所電荷状態と反応ガスの局所吸着状態を比較検討する。第一原理計算による解析と触媒化学的な考察を加えて、絶縁体表面上でのナノ構造体の触媒メカニズムを解明する。

【期待される成果と意義】

不活性元素の代表である金がナノ構造体として絶縁体表面に担持されると、触媒として大きな活性を示す事が発見されている。このように絶縁体表面上にナノ構造体を構築し、その新奇な物性を探索することにより、新たな機能を見いだせると期待される。このような学問分野は、世界的にみても未開拓の学問分野であり、学術的な研究課題の宝庫である。本研究により、「絶縁体表面上のナノ構造体の物理・化学」という学問分野の開拓が期待される。

本研究により得られる絶縁体表面上のナノ構造体に関する貴重な知見は、触媒表面での様々な課題や燃料電池の電極表面での課題を解決すると期待される。また、革新的な高感度ガスセンサーなどの開発につながる。したがって、このような研究は、21世紀の環境・エネルギー分野の発展を支える基礎的研究として必要不可欠である。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- J. Bamidele, S. H. Lee, Y. Kinoshita, R. Turanský, Y. Naitoh, Y. J. Li, Y. Sugawara, I. Štich, and L. Kantorovich, "Vertical atomic manipulation with dynamic atomic-force microscopy without tip change via a multi-step mechanism", *Nature Communications*, 5, 4476(1-7), 2014.
- Y. J. Li, J. Brndiar, Y. Naitoh, Y. Sugawara, and Ivan Štich, "Atomic force microscopy identification of Al-sites on ultrathin aluminum oxide film on NiAl(110)", *Nanotechnology*, 26, 505705(1-5), 2015.

【研究期間と研究経費】

平成 28 年度 - 32 年度 139,100 千円

【ホームページ等】

<http://nanophysics.ap.eng.osaka-u.ac.jp/>
sugawara@ap.eng.osaka-u.ac.jp