

量子状態選別 O_2 , H_2 分子ビームの生成と表面反応計測への応用

Production of a quantum-state-selected O_2 , H_2 beam and its application to surface reaction analysis

物材機構 倉橋 光紀

NIMS Mitsunori Kurahashi

E-mail: kurahashi.mitsunori@nims.go.jp

回転、振動、スピン等の内部量子状態を指定した分子ビームにより、分子の配向、振動励起、電子・核スピン等が表面反応に与える影響を調べることができる。分子の量子状態制御を表面科学研究に利用する試みは 80 年代後半に始まり、電場、磁場、レーザー等により、様々な基本分子の量子状態選別ビームが開発されてきた。我々は、磁場選別法により電子スピン・回転状態を指定した O_2 分子ビームを独自に開発し、 O_2 分子の配向や電子スピン状態が吸着・散乱過程に与える影響を明らかにした[1,2]。磁場選別法は、オルト H_2 分子の核スピン・回転状態選別にも応用できる[3]。本講演では、最近の応用例である白金ステップでの配向制御した O_2 吸着実験[2]、量子状態選別オルト H_2 分子ビーム開発[3]について紹介する。

1. 白金ステップ面での配向依存 O_2 吸着実験

白金触媒表面への O_2 吸着は排ガス浄化、燃料電池反応の初期過程として重要であるため、特に平坦表面への O_2 吸着は詳細に研究されてきた。一方、実触媒で重要となるステップ、キンク、欠陥等の反応特性はよく理解されていない。ステップでの配向依存吸着特性を調べるため、回転状態選別 O_2 ビームと Pt 高指数面を用いた実験を行った[2]。本量子状態では O_2 分子回転面が磁場に対して垂直方向を向く。分子回転面がステップに平行の配置 (Cy)の方が垂直の配置(Cz)より吸着確率が高い(右図)。本結果は O_2 分子軸がステップに平行の場合に吸着確率が高いことを意味する。吸着立体効果がステップ構造に依存する点、ステップへのトラッピング確率は配向に依存しない点も示された。

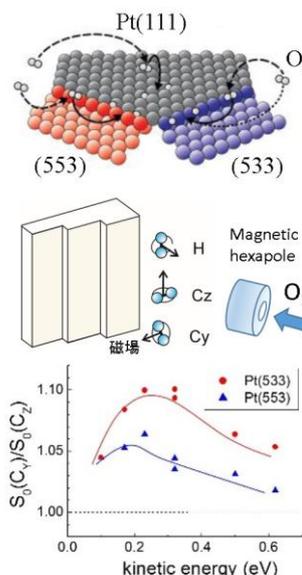


図.Pt ステップ表面における O_2 吸着の配向依存性[2]

2. 核スピン・回転状態選別 o- H_2 分子ビームの開発

o- H_2 分子は水素核スピンが平行配置をとるため磁気モーメントを持つが、その値は分子回転角運動量の向きにより 20%程度異なる。この点に着目し、六極磁子と超音速 H_2 ビームを用いて核スピンと回転状態を指定可能な o- H_2 ビームを生成した[3]。CH₄ の H 核スピン偏極ビームも同じ装置で生成できる点を確認している。本ビームの H_2 吸着、散乱、表面水素 NMR 実験への応用可能性について述べる。

[1]M. Kurahashi, Prog. Surf. Sci., 91, 29 (2016). [2]Cao, Kurahashi, Juurlink 他, PNAS, 116, 13862 (2019).

[3]倉橋、後藤、2019 年 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 20p-E319-1.