

真空紫外吸収分光法による小型 ECR 窒素プラズマ中の窒素原子密度計測 —活性窒素種の表面吸着確率評価のために—

Measurement of atomic nitrogen density in a miniature ECR nitrogen plasma by VUV absorption spectroscopy –toward estimation of adsorption probability of reactive nitrogen species–

北大工¹, 北大触媒研², ○(M1) 植林 彰吾¹, 佐々木 浩一¹, (D3) 魯 邦², 高草木 達², 朝倉 清高²

School of Engineering, Hokkaido Univ.¹, Institute for Catalysis, Hokkaido Univ.²,

○S. Uebayashi¹, K. Sasaki¹, B. Lu², S. Takakusagi², and K. Asakura²

E-mail: buckman-7510@eis.hokudai.ac.jp

本研究の背景および目的 プラズマと触媒を併用したアンモニアの合成プロセスでは、触媒表面での吸着現象を支配する活性窒素種が気相をプラズマ化しない場合と異なることが予想されるが、表面での吸着過程の詳細は調べられていない。本研究では、真空搬送が可能な XPS 装置に付置できる小型 ECR 窒素プラズマを用い、清浄コバルト表面における窒素被覆率の時間発展とプラズマ気相の診断結果を比較することにより、プラズマに晒された触媒表面での窒素吸着を支配する活性窒素種を同定すると共に、表面吸着確率を評価することを目指している。本講演では、小型 ECR 窒素プラズマ中の窒素原子密度の絶対値を真空紫外吸収分光法を用いて測定した結果を報告する。

実験方法 永久磁石を用いた小型 ECR プラズマ源を別の ECR 窒素プラズマ (真空紫外光源) および真空紫外分光器を用いてサンドイッチし、光源として用いた ECR プラズマで発生する窒素原子の共鳴発光 ($4S^{\circ} - 4P$ 遷移, 波長 120 nm) の小型 ECR プラズマ中の窒素原子による吸収から、基底状態 ($4S^{\circ}$) 窒素原子の絶対密度を求めた。光源とする ECR プラズマと測定対象の小型 ECR プラズマの間、および、小型 ECR プラズマと真空紫外分光器の間は MgF_2 窓を用いて分離した。表面被覆率の時間発展の測定を容易にするためには、低密度プラズマを用い、表面被覆率が数 10 秒の時間スケールで増加する実験条件が必要であったので、小型 ECR プラズマの窒素ガス圧は 0.5 Pa とし、マイクロ波 (2.45 GHz) 電力は 10 W とした。また、真空搬送 XPS 装置では排気ポートの制約から窒素ガス流量を 0.5 sccm の低流量にする必要があったので、窒素原子密度測定においても同程度の低ガス流量・低排気速度において実験を行った。流量の調整にはフルスケールが 1 sccm のマスフローコントローラを用いた。

実験結果および考察 窒素ガス流量を 0.05–1 sccm の範囲で変化させ、窒素原子密度を測定した結果を図 1 に示す。この結果は、流量 1 sccm から測定をスタートし、0.05 sccm まで低下させたところで折り返し、再び流量を 1 sccm まで増加させることにより得られた。流量を変化させるとき、排気速度を調整してガス圧を 0.5 Pa に保つ必要があるため、流量を変化させる度に放電を数分間停止している。流量を 1 sccm から 0.4 sccm まで低下させたときには窒素原子密度はあまり変化しなかったが、0.4 sccm 以下の流量範囲で窒素原子密度が増加した。流量 0.05 sccm において一旦放電を停止し、再び同条件での測定を行ったときには窒素原子密度が増加していた。その後、流量を増加させて測定を行うと、流量を低下させながら測定を行ったときよりも高い窒素原子密度が観察され、流量 0.8 sccm 以上で元の値に戻った。このようなヒステリシスは、ステンレス真空容器表面における窒素原子の損失確率が履歴を有して変化していることを示唆している。講演では、清浄コバルト表面における窒素の被覆率の時間発展の結果を示して議論する予定である。なお、本研究は JST CREST (JPMJCR19R3) のサポートを受けている。

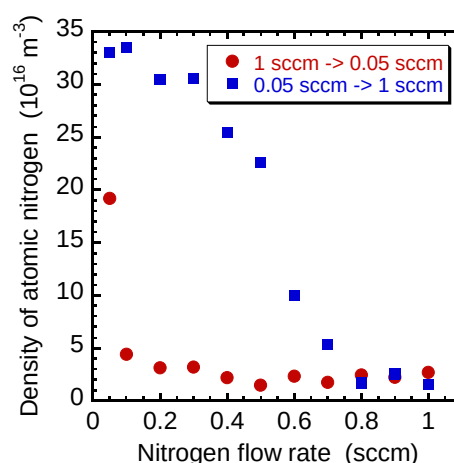


図 1: 窒素原子密度の窒素流量依存性