

ナノ構造電極上における気泡観測に基づく電気化学酸化反応活性の評価

(北大理¹・北大院総化²・北大院理³・JST-さきがけ⁴)

○石岡 優¹・芦澤 大輝²・板谷 昌輝³・福島 知宏^{3,4}・村越 敬³

Evaluation of Oxidation Reaction Activities on Nanostructured Electrodes via Bubble Observation (^{1,3}Faculty of Science, Hokkaido University, ²Graduate School of Chemical Sciences and Engineering, Hokkaido University, ⁴JST-PRESTO) ○ Yu Ishioka¹, Daiki Ashizawa², Masaki Itatani³, Tomohiro Fukushima^{3,4}, Kei Murakoshi³

Improvement of the activity of electrochemical oxidation reactions is essential for realizing a sustainable energy society. In this study, we fabricated nanostructured electrodes with precisely controlled sizes and shapes and aimed to establish a catalytic activity evaluation method based on bubble-dynamics analysis. Nanostructures were fabricated on FTO substrates using electron-beam lithography, and electrochemical measurements in alkaline solution were conducted while synchronously recording bubble formation induced by oxygen evolution reaction. Deep-learning-based image analysis enabled simultaneous evaluation of the catalytic activity of a large number of nanostructured electrodes.

Keywords : Electrochemical Oxidation Reaction; Nanostructured Electrode; Electron-beam Lithography; Bubble Dynamics Analysis

【序論】水の電気化学酸化反応においては、反応機構の多段階性に起因する低反応効率の改善が求められている。その様な背景の中、真空場の量子ゆらぎと物質の電子分極エネルギーの相互作用により、電子移動が促進しうることが提案されている。本研究ではサイズと形状を精密制御した共振器ナノ構造電極を作製し、酸素発生反応 (OER) における触媒活性評価手法の確立を目指した。

【実験】電子線リソグラフィ及び蒸着法を用いて、Ti 2 nm, Au 30 nm, Ni 5 nm の順に積層したナノ構造電極を作製した。作用極をナノ構造電極とし、1.0 M NaOH 水溶液中にて Hg/HgO 参照極と白金黒対極を用いて電気化学計測を行った (Figure (a))。その際の気泡発生挙動を撮影して、深層学習画像解析により、異なるナノ構造電極における触媒活性を一括評価した。

【結果・考察】一辺 60-350 nm のサイズ及び周期で制御された Au 柱状配列ナノ構造上において、貴側への電位掃引に伴い、酸素気泡の発生及び成長・脱離が観測された (Figure (b))。気泡の体積変化から各構造電極上での局所 OER 発生量、すなわち局所電流密度の見積もりが可能な定量的な観測手法を確立した。平滑電極との比較により、ナノ構造電極における OER 活性の向上は、電子移動や局所 pH の変調を含む分子プロセスの違いに起因する可能性が示唆された。

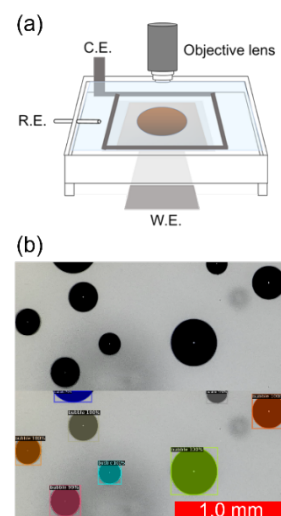


Figure. (a) Illustration of bubble observation setup. (b) Deep-learning-based image analysis of evolved oxygen bubbles at 1.82 V vs. RHE.