

量子知能デバイス研究室 佐藤威友

半導体ポーラスナノ構造の応用（1） ～ 化学・バイオセンサー

電解液中の陽極反応を利用して形成される「半導体ポーラス（多孔質）構造」は、直径数nm～数 μm の孔（あな）が高密度に配列した半導体ナノ構造です。前回の報告では、インジウムリン（InP）を使ったポーラス構造について、孔の直径や深さ、壁の厚さが、電気化学的条件で制御されることを紹介しました。これまで、このユニークな構造的特徴を活かした様々な素子応用が考えられていますが、今回は、InPポーラス構造を利用した「化学・バイオセンサー」の高性能化に関する取り組みを紹介します。

InPポーラス電極センサー

InPポーラス構造を使って、溶液中の化学物質の濃度を電極電流の変化量として検出する「電流検出型センサー」を試作しました。図1(a)に測定装置の模式図を示します。ポーラス構造を取り付けた作用電極（WE）と参照電極（SCE）との間に、検出する化学物質を電気分解するための電圧（ V_s ）を印加し、WEと対向電極（CE）との間に流れる電流を測定します。溶液中の化学物質が増えると電気分解が進行するため、加えた化学物質の量は、反応電流の増加量として検出することができます。InPポーラス電極の表面には無数の孔が高密度に配列しており、非常に大きな表面積を持っています（図1(b)）。平板電極に比べて電極効率の向上が期待できるため、化学センサーの高感度化に繋がると考えられます。

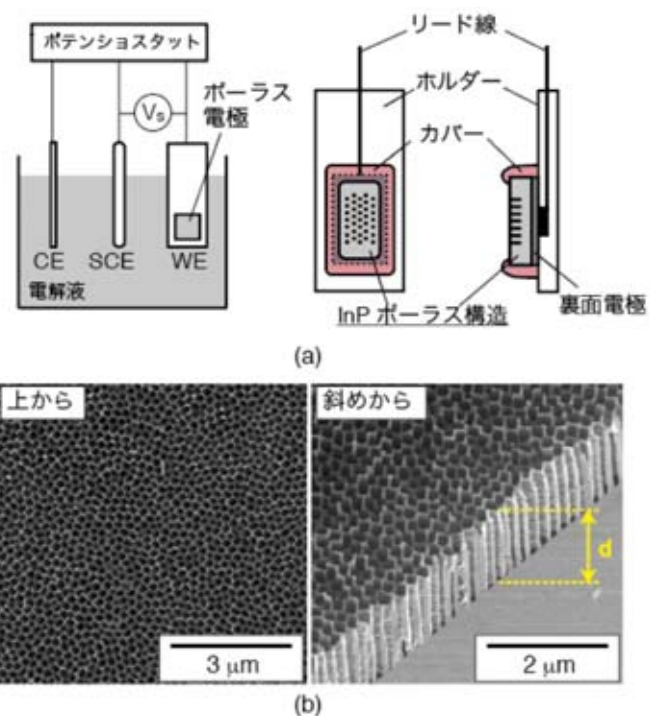


図1 (a) InPポーラス電極センサーと(b) 電極表面の電子顕微鏡写真

過酸化水素(H_2O_2)の検出特性

電流検出型化学センサーの性能を調べる際に、よく用いられる対象化学物質として、過酸化水素（ H_2O_2 ）があげられます。過酸化水素は、およそ0.5V以上の正電圧により以下のように分解され、電子を放出することが知られています。



今回は、式(1)の反応電流（陽極電流）を検出するために、ポーラス電極に0.65Vを印加して計測することにしました。図2(a)は、pH=7.4に調整さ

れたリン酸緩衝液 (PBS) 200mlに過酸化水素を滴下した際にポーラス電極に流れた電流の時間変化を示します。図中の↓は、過酸化水素を滴下したタイミングを表しています。比較のため測定したInP平板電極では、過酸化水素の滴下に対して、電流はほとんど変化しませんでした。これに対し、深さ5.4 μm のポーラス電極では、滴下のタイミングにあわせて電流値が階段状に増加することが分かりました。また滴下量を50 μl から100 μl に増やすと、電流値が増加することが分かりました。これは、表面のポーラス化により実効的な表面積が増大し、平板電極と比較して、反応効率（この場合 H_2O_2 の分解効率）が向上したことを示唆しています。

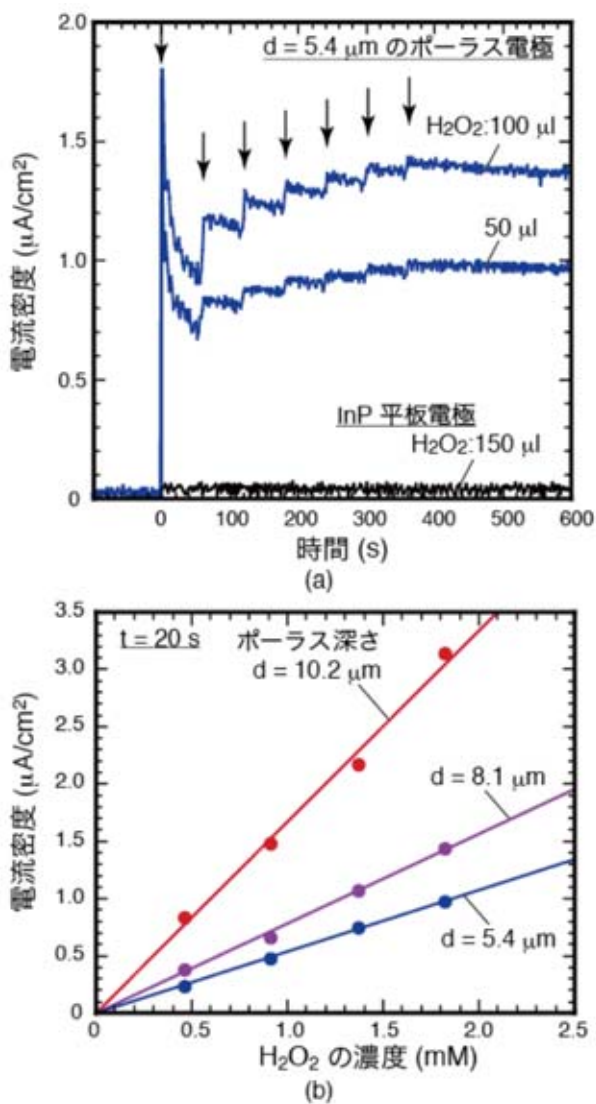


図2 (a) 過酸化水素を滴下した時の電流変化
(b) 孔の深さの違いによる検出感度の変化

さらに、電解液中の過酸化水素濃度と陽極電流との関係を調べました (図2 (b))。深さの異なる3つの試料を測定しましたが、いずれも、過酸化水素の濃度と電流は良好な線形関係にあることが分かりました。これは、InPポーラス電極が、電流検出型の過酸化水素センサーとして有望であることを示しています。また、孔の深さが深くなるにつれて曲線の傾きが大きくなり、検出感度が増大することも分かりました。このことから、ポーラス構造が持つ細孔内部の大きな表面積が、反応表面として機能的に働いていると言えます。

過酸化水素の検出に成功すると、様々な生体活動や酵素反応を利用したバイオセンサーへの応用に道が拓けます。例えば、グルコースオキシターゼ (GOx) という酵素は、グルコースの酸化反応を触媒しますが、その結果、グルコン酸と過酸化水素が生成されます。GOxをうまくセンサー素子の一部として機能させると、表面に到達したグルコースを、酸化反応により生成した過酸化水素の分解電流を測定することにより間接的に検出することができるのです。我々の研究グループでは、ポーラス電極にGOxを固定化する手法を開発し、グルコースセンサーの試作にも成功しています。

まとめ ~ 今後の展望

InPポーラス構造を用いた過酸化水素センサーを試作し、多孔質構造がもつ大きな表面積が電気化学的の反応場として有効に働くことを示しました。この特徴的なナノ構造は、まだ多くの可能性を秘めています。ポーラスナノ構造の電子物性・光学物性を明らかにし、新機能デバイスへの応用を目指していきたいと思ひます。

参考) T. Sato et al: APEX vol. 1, no.5, (2008), 051202

佐藤威友 (さとうたけとも) / 准教授

北海道大学情報科学研究科 量子知能デバイス研究室

居室: 量子集積エレクトロニクス研究センター 302室

E-mail: taketomo@rciqe.hokudai.ac.jp

HP: <http://hydrogen.rciqe.hokudai.ac.jp/~taketomo/home/index.html>

Tel: (81) 011-706-7175, Fax: (81) 011-716-6004