

人工合成ダイヤモンドを用いた環境センシング・浄化技術

代 表 吉原佐知雄

所属・職名 宇都宮大学大学院工学研究科学際先端システム学専攻・准教授

連絡先 TEL : 028-689-6150 FAX : 028-689-6150 E-mail : sachioy@cc.utsunomiya-u.ac.jp

メンバー 吉原佐知雄・石川祥久(D3)・石橋 翔太(M2)・浅沼 健太(M1)・柴沼 亮佑(M1)

キーワード ダイヤモンド・導電性・電位窓・電気二重層充電電流・安定性・バンドギャップ

背景および目的

宝石としてよく知られているダイヤモンドはマイクロ波プラズマCVD (Chemical Vapor Deposition) 法により低圧、低温条件下において容易に成膜が可能である。CVD法ダイヤモンド膜の炭素源は普通の炭素を含む有機物質であり、ホウ素をドーピングすることにより半導体、導電性ダイヤモンド膜の作製が可能である。この薄膜は、高硬度、高屈折率といった天然ダイヤモンドの物理的特性を保持したまま、特異な電気化学特性を示す。特に、水溶液中において酸素、水素過電圧が非常に大きい(広い電位窓)、さらには、電気二重層充電電流が極めて低い(小さい残余電流)といった性質を持つ。したがって、CVD法によるダイヤモンドはその物理的特性、化学的安定性を有しながら導電性を制御できることから、電気化学分野においてもHOPGやグラッシーカーボンなどsp²炭素材料に次ぐ、次世代の炭素電極材料としての活用が応用が期待できる。さらには、ダイヤモンド薄膜表面にナノ触媒材料を付与することで機能性電極材料、光デバイスとしての応用の検討がなされている。

本研究では、マイクロ波プラズマCVD法でダイヤモンドを成膜し、そのダイヤモンドを電極として用いて、あらゆる応用について検討を行っている。

プロジェクトの内容

(1) 表面修飾

導電性ダイヤモンド膜は物理的、化学的に優れた特性を有しており、その電気化学的特性の1つとして広い電位窓を有することから電解合成、さらには生体適合性を有することから生体関連への応用が期待されている。CVD法により成膜されたダイヤモンド表面は水素終端構造となり得意な性質を有することからダイヤモンド表面を改質することにより新たな機能性界面を構築することができる。本研究では、世界で初めてボロンドープダイヤモンドを用いた電気化学QCM基板の開発に成功している¹⁾ことから、ボロンドープダイヤモンド表面を化学修飾することで生体分子を固定化することにより、新たな機能性の付与とともに、QCMの特性を利用したバイオセンシングへの応用ならびに検討を行っている。

(2) 電気化学センサー

導電性ダイヤモンドをダイヤモンドQCM (Quartz Crystal Microbalance) として用い、様々な表面改質ダイヤモンドにおける、機能性分子の電気化学挙動を検討を行っている。その結果、各表面改質ダイヤモンドにおいて特異性が見られることが明らかになっている。本研究の結果、CVDダイヤモンドは電気センサーとして、従来使われているグラッシーカーボンと比較し、付加価値を持った新たな材料として優れていることが判明した。

(3) 有害物質分解

中国・インドをはじめとする発展途上国では生活排水等に由来する湖沼の水質汚濁により生態系破壊が累進的に加速しており安全な水資源を確保することも困難な状態にある。汚水には、人体に有害とされる有機酸、化学物質が含まれている。本研究では、これらの有害物質の分解として電解という方法を検討している。従来の電気分解に使用される丈夫な電極として白金が挙げられる。しかし、白金に限らずとも強力な酸化力のある溶液を循環させ使用すると電極消耗が問題となってくる。そこでボロンドープダイヤモンドは物理的、化学的、更には電気化学的特異性を有することから、白金に代わる電極材料として期待されている。

引用文献

1) 特許第3953921号、吉原佐知雄、朝比奈俊輔、張 延栄、白樫高史、ダイヤモンドQCMの作製方法及びそのダイヤモンドQCM

期待される効果・展開

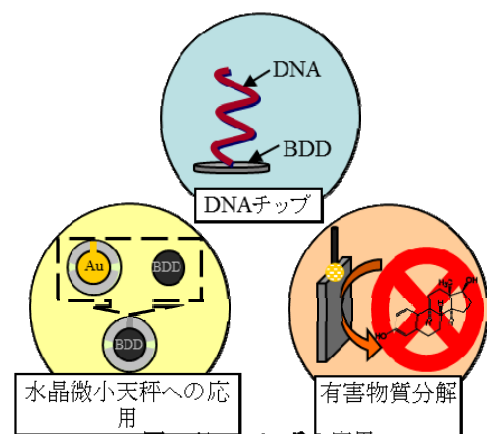


図1 ダイヤモンドの応用