

令和 5年 2月 9日

埼玉工業大学大学院工学研究科長殿

学位論文審査委員会

主 査 丹羽 修



副 査 長谷部 靖



副 査 熊澤 隆



副 査 松浦 宏昭



副 査 佐藤 進



学位（課程博士）論文及び最終試験の審査結果について（報告）

専攻名：博士後期課程 生命環境化学 専攻

学籍番号： 2023001

院生氏名： 太田 早紀

論文題目：窒素化プラズマ処理によるスパッタカーボン薄膜電極の電極活性向上と電気化学分析への応用に関する研究

上記の学位（博士）論文について、令和 5年 2月 9日に審査および最終試験を行い、その結果を下記のとおり報告します。

記

1 学位論文の内容の要旨

本論文はプラズマ表面処理により窒素を含む官能基を表面に導入したスパッタカーボン薄膜電極の構造や特性評価と電気化学分析への応用に関する論文である。本論文では、窒素を含む官能基による活性の向上と生体適合性などの安定な電気化学分析を可能とする電極の開発を目的とした。

カーボン材料は導電性が良く、加工が容易であり小型化も可能であることから電気化学バイオセンサの電極として利用されている。生体適合性にも優れている一方で、血液中や汗中にはタンパク質や脂質など巨大な分子が含まれていることから、電極汚染性分子の吸着を抑制する表面処理が必要である。そこで、プラズマにより窒素を含む官能基及び酸素を含む官能基で表面処理することで、正電荷と負電荷の両方の性質を有する平坦な電極材料の開発を目的とした。窒素化カーボン電極によるタンパク質の吸着抑制効果と疎水性低分子の電気化学分析の安定性向上について検討した。その結果、アンモニアプラズマ処理した電極では、窒素を含む置換基が導入され表面が親水化された。この電極でサイクリックボルタメトリ測定を行っても電子移動が余り低下せず、タンパク質の吸着が抑制されたことが分った。また、血液試料の様なタンパク質を多量に含む溶液中での拡散係数の正確な評価や薬物の検出への応用についても検討を行い、血清を模した試料でも電気化学活性種の拡散係数が正確に評価できた。更に血清を模した溶液中で薬物試料であるアセトアミノフェンを安定に測定することに成功した。一方、電気化学反応後に疎水性になり電極に吸着する性質があり、神経伝達分子として知られるセロトニンとその誘導体についても吸着を抑制し、繰り返し測定を行うことができた。

上記のような表面処理は、カーボン薄膜電極表面に修飾された金属ナノ粒子の特性にも影響を及ぼすことを発見した。窒素を含む官能基で修飾した電極表面は正電荷を有しており、その電極上に金属ナノ粒子をめっきすることで、担体である窒素と金属ナノ粒子間の担体相互作用（マトリックス効果）が生じる。窒素化カーボン電極上にニッケルナノ粒子をめっきし、ナノ粒子の構造や表面の水酸化物の酸化還元反応に窒素化が及ぼす影響を調べた結果、ニッケル表面の触媒作用をもつ水酸化物の酸化還元速度が窒素化カーボン上で飛躍的に向上し、より低い電位で糖の酸化に成功した。窒素化されていないカーボン膜上に形成したニッケルナノ粒子と比較し、アルカリ水溶液中でより大きな酸化電流が得られることを見出した。

2 審査意見：本審査では、太田早紀氏は、上記1の要旨の内容について、3年間研究を進め、博士（学位）論文として提出した。得られた結果は、電気化学分析や材料関係の外部投稿論文（査読付き、英文）に2報筆頭著者、第2共著者として他1報の英文誌へも掲載されている。2月9日に行われた本審査では、これまでの研究成果について、成果の独自性、意義が明確に分かる様に説明し、研究内容に関する質疑に対しても十分に回答し議論することができたため、優れた結果であったと認められる。よって、太田早紀氏は、博士（工学）の学位を受けるのに十分な資格を有すると認める。

3 学位に付記する専攻分野の名称（いずれかを○で囲む）

工学

学術

4 学位を授与できるか否かの意見

1) 審査結果（いずれかを○で囲む）

① 学位論文及び最終試験の判定

合格

不合格

2) 意見

審査委員会では、太田早紀氏より学位（博士）申請がなされた学位論文について、審査を行い、本学の学位（博士）審査基準に照らしても、博士の学位授与に十分値するものであるという結論に達し、全会一致で学位論文及び最終試験を合格と判定した。