GDAŃSK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

DESCRIPTION OF DOCTORAL DISSERTATION

The Author of the doctoral dissertation: Aiswarya Manohar

Title of doctoral dissertation: Engineering Laser-Induced Graphene for Multifunctional Electrochemical Interfaces

Title of doctoral dissertation in Polish: Inżynieria laserowo indukowanego grafenu do tworzenia wielofunkcyjnych interfejsów elektrochemicznych

Language of doctoral dissertation: English

Supervisor: Prof. dr. hab. inz Jacek Ryl

Auxiliary supervisor*: Dr Mohsen Khodadadi Yazdi

Date of doctoral defense :

Keywords of doctoral dissertation in Polish: Słowa kluczowe: Grafen indukowany laserowo, inżynieria powierzchni, platformy elektrochemiczne, interfejsy hydrożelowe, elektroanaliza

Keywords of doctoral dissertation in English: Laser-Induced Graphene (LIG), Surface Engineering, Electrochemical platforms, Hydrogel Interfaces, Electroanalysis

Summary of doctoral dissertation in Polish: Indokowany laserowo grafen (LIG) jest obiecującym materiałem elektrodowym ze względu na szybki, skalowalny i ekonomiczny proces jego wytwarzania, który pozwala na dostosowanie jego właściwości końcowych. Na parametry użytkowe materiału istotny wpływ mają warunki wytwarzania, dobór prekursora oraz modyfikacje powierzchni. W niniejszej pracy opracowano metodologię wytwarzania LIG, inżynierii powierzchni, ilościowej analizy elektrochemicznej oraz projektowania materiałów w oparciu o dobór prekursora. Parametry procesu laserowego poddano systematycznej optymalizacji i powiązano z właściwościami fizykochemicznymi, elektrycznymi oraz elektrochemicznymi materiału LIG. Następnie zoptymalizowany LIG poddano modyfikacjom z wykorzystaniem ekologicznych membran hydrożelowych, nanozymów Ir-Pt, wielofunkcyjnego kopolimeru o właściwościach antyadhezyjnych i antybakteryjnych oraz biofunkcjonalizacji oksydazą glukozową, co pozwoliło na precyzyjne kształtowanie transportu międzyfazowego, aktywności katalitycznej i funkcjonalności biochemicznej. Kompleksowa analiza i charakterystyka pozwoliły na ustalenie ilościowych zależności między strukturą, właściwościami a parametrami użytkowymi materiału. Opracowane platformy zweryfikowano z użyciem modelowych analitów. Dalsze badania wykazały potencjał wytwarzania LIG z prekursorów celulozowych i fluoropolimerowych oraz zastosowania metody transferu LIG wspomaganej polimerem PEGDA. Opracowane procedury inżynierii powierzchni mogą znaleźć zastosowanie w elastycznych i noszonych urządzeniach elektrochemicznych, platformach mikroprzepływowych, interfejsach bioelektronicznych, układach elektrokatalitycznych oraz innych technologiach elektrochemicznych.

Summary of doctoral dissertation in English: Laser-induced graphene (LIG) is a promising material due to its rapid, scalable, cost-effective and customizable fabrication. Its performance is strongly influenced by fabrication parameters, precursor selection and surface modifications. This dissertation establishes methodology for the LIG fabrication, surface engineering, quantitative electrochemical analysis and precursor-dependent materials design. Laser parameters were systematically optimized and correlated with the physicochemical, electrical and electrochemical properties of LIG. The optimized LIG was subsequently engineered using sustainable hydrogel membranes, Ir-Pt nanozymes, antifouling and antibacterial multifunctional copolymer and glucose oxidase biofunctionalization to tailor interfacial transport, catalytic activity and biological functionality. A comprehensive analysis and characterization established quantitative structure-property-performance relationships. The developed platforms were validated using model analytes. The extended future investigations showed the possibility to fabricate cellulose-derived LIG, fluoropolymer-derived LIG and PEGDA-assisted LIG transfer. The established surface engineering protocols have the potential to be extended to flexible and wearable electrochemical devices, microfluidic platforms, bioelectronic interfaces, electrocatalytic systems and other electrochemical technologies.