

NANOTECHNOLOGIA

CHEMIA I MEDYCYNA

KAMIŁA
ŻELECHOWSKA

GDAŃSK 2016

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
WYDAWNICTWA POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

Janusz T. Cieśliński

RECENZENT

Tadeusz Pałko

REDAKCJA JĘZYKOWA

Agnieszka Frankiewicz

AUTOR ZDJĘCIA NA OKŁADCE

Radosław Radziejewski

Wydanie I – 2014

Wydano za zgodą
Rektora Politechniki Gdańskiej

Oferta wydawnicza Politechniki Gdańskiej jest dostępna pod adresem
<http://www.pg.edu.pl/wydawnictwo/katalog>
zamówienia prosimy kierować na adres wydaw@pg.gda.pl

Utwór nie może być powielany i rozpowszechniany, w jakiegokolwiek formie
i w jakikolwiek sposób, bez pisemnej zgody wydawcy

© Copyright by Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2016

ISBN 978-83-7348-674-4

WYDAWNICTWO POLITECHNIKI GDAŃSKIEJ

Wydanie II. Ark. wyd. 6,9 ark. druku 6,25, 1135/943

Druk i oprawa: Totem.com.pl, sp. z o.o., sp. k.
ul. Jacewska 89, 88-100 Inowrocław, tel. 52 354 00 40

SPIS TREŚCI

| | |
|--|----|
| 1. PODSTAWOWE WIADOMOŚCI O NANOMATERIAŁACH | 5 |
| 1.1. Podział nanomateriałów | 5 |
| 1.2. Właściwości nanomateriałów | 5 |
| 1.3. Wiązania w nanotechnologii | 8 |
| 2. METODY OTRZYMYWANIA NANOSTRUKTUR | 16 |
| 2.1. Rozdrabnianie i budowanie od podstaw | 16 |
| 2.2. Reakcje chemiczne | 17 |
| 3. NANOCZĄSTKI ZEROWYMIAROWE (0D) | 19 |
| 3.1. Nanocząstki metaliczne | 19 |
| 3.1.1. Chemiczne metody otrzymywania nanocząstek metalicznych | 20 |
| 3.1.1.1. Redukcja w roztworze | 20 |
| 3.1.1.2. Redukcja w mikroemulsji, czyli tzw. metoda odwróconych miceli | 20 |
| 3.1.2. Metoda elektrochemiczna | 21 |
| 3.1.3. Metoda fotochemiczna (wykorzystująca promieniowanie UV) | 21 |
| 3.1.4. Metoda sonochemiczna | 22 |
| 3.1.5. Metody biologiczne | 22 |
| 3.1.6. Parametry wpływające na kształt i wielkość nanocząstek | 23 |
| 3.1.7. Przykłady zastosowań nanocząstek metalicznych | 26 |
| 3.2. Nanocząstki tlenków metali | 29 |
| 3.2.1. Metody otrzymywania | 29 |
| 3.2.1.1. Metoda zol-żel w rozpuszczalnikach niewodnych | 32 |
| 3.2.2. Magnetyczne tlenki żelaza | 32 |
| 3.2.3. Metody otrzymywania nanocząstek tlenków żelaza | 34 |
| 3.2.3.1. Zastosowanie nanocząstek magnetycznych | 35 |
| 3.2.4. Półprzewodnikowe nanocząstki tlenków metali | 36 |
| 3.2.4.1. Nanocząstki ditlenku tytanu | 36 |
| 3.2.4.2. Nanocząstki tlenku cynku | 38 |
| 3.3. Kropki kwantowe | 39 |
| 3.4. Nanocząstki ze związków organicznych | 43 |
| 3.4.1. Nanocząstki polimerowe | 43 |
| 3.4.2. Liposomy | 45 |
| 3.4.3. Dendrymery | 46 |
| 3.5. Fulereny | 47 |
| 3.5.1. Reakcje uwodornienia | 47 |
| 3.5.2. Utlenianie | 48 |
| 3.5.3. Halogenofulereny | 48 |
| 3.5.4. Cykloaddycja | 49 |
| 3.5.5. Polifulereny | 50 |

| | |
|--|----|
| 4. STRUKTURY 1D | 51 |
| 4.1. Metody wytwarzania | 52 |
| 4.1.1. Kontrolowany wzrost w fazie gazowej lub ciekłej | 52 |
| 4.1.2. Synteza według szablonu | 53 |
| 4.1.3. Samoorganizacja | 54 |
| 4.2. Właściwości i zastosowanie struktur jednowymiarowych | 56 |
| 4.3. Nanorurki węglowe | 57 |
| 4.3.1. Chemia nanorurek | 58 |
| 4.3.1.1. Modyfikacja na końcach i w miejscach defektów | 59 |
| 4.3.1.2. Modyfikacja ścian bocznych | 61 |
| 4.3.1.3. Modyfikacja niekowalencyjna | 65 |
| 4.3.2. Metody charakteryzowania nanorurek | 68 |
| 4.3.3. Wybrane zastosowania chemicznie modyfikowanych nanorurek węglowych | 70 |
| 5. STRUKTURY 2D | 72 |
| 5.1. Warstwy monomolekularne | 72 |
| 5.1.1. Lipofilizacja i funkcjonalizacja powierzchni | 72 |
| 5.1.2. Samoorganizacja | 74 |
| 5.1.2.1. Tiole, sulfidy i disulfidy | 75 |
| 5.1.2.2. Kwasy karboksylowe, aminy i alkohole | 75 |
| 5.1.3. Osadzanie warstw monoatomowych (<i>Atomic Layer Deposition</i>) | 75 |
| 5.1.4. Warstwy Langmuira i Langmuira-Blodgett | 76 |
| 5.1.4.1. Metoda Langmuira | 76 |
| 5.1.4.2. Metoda Langmuira-Blodgett | 78 |
| 5.2. Cienkie warstwy | 81 |
| 5.2.1. Chemiczne osadzanie z fazy gazowej | 81 |
| 5.2.1.1. Prekursory | 82 |
| 5.2.1.2. Podłoże | 83 |
| 5.2.1.3. Reakcje | 83 |
| 5.2.2. Elektrochemiczne osadzanie z fazy gazowej (EVD – <i>Electrochemical Vapour Deposition</i>) | 85 |
| 5.2.3. Techniki epitaksji z wiązki molekularnej | 86 |
| 5.2.4. Zastosowanie cienkich warstw | 87 |
| 5.3. Grafen | 88 |
| 5.3.1. Chemia grafenu | 93 |
| LITERATURA | 94 |