

Spis treści

Streszczenie	7
Summary	8
Przedmowa	9
1. Wprowadzenie	11
1.1. Definicje	11
1.2. Budowa nanomateriałów	15
2. Podział metod wytwarzania nanomateriałów	17
3. Procesy top-down stosowane do produkcji nanomateriałów	19
3.1. Mechaniczna synteza	19
3.2. Reaktywne mielenie	28
3.3. Metoda HDDR	32
3.4. Litografia	34
3.5. Metody dużego odkształcenia plastycznego – <i>Severe Plastic Deformation (SPD)</i>	43
3.5.1. Przeciskanie przez kanał kątowy – <i>Equal Chanel Angular Pressing (ECAP)</i>	44
3.5.2. Wyciskanie hydrostatyczne – <i>Hydrostatic Extrusion (HE)</i>	48
3.5.3. Metoda skręcania pod wysokim ciśnieniem – <i>High Pressure Torsion (HPT)</i>	50
3.5.4. Cykliczne walcowanie materiału wielowarstwowego – <i>Accumulative Roll Bonding (ARB)</i>	52
3.5.5. Wyciskanie przez skręconą matrycę – <i>Twist Extrusion (TE)</i>	54
3.6. Proces laserowego odkształcania – <i>Laser Shot Peening (LSP)</i>	56
4. Procesy bottom-up	60
4.1. Metoda zol-żel	60
4.2. Chemiczne metody otrzymywania nanocząstek	68
4.2.1. Redukcja w roztworze	69
4.2.2. Redukcja w mikroemulsji	71

4.3. Metoda osadzania warstw atomowych – <i>Atomic Layer Deposition</i> (ALD)	75
4.4. Metoda chemicznego osadzania powłok z fazy gazowej – <i>Chemical Vapour Deposition</i> (CVD)	77
4.5. Metoda fizycznego osadzania powłok z fazy gazowej – <i>Physical Vapour Deposition</i> (PVD)	83
4.5.1. Rozpylanie z użyciem wiązki elektronów – <i>Electron Beam Physical Vapour Deposition</i> (EB-PVD)	87
4.5.2. Rozpylanie magnetrone	89
4.5.3. Osadzanie powłok wspomagane wiązką jonów – <i>Ion Beam Sputter Deposition</i> (IBSD)	93
4.5.4. Osadzanie powłok laserem impulsowym – <i>Pulsed Laser Deposition</i> (PLD)	94
4.5.5. Osadzanie powłok impulsową wiązką elektronów – <i>Pulsed Electron Deposition</i> (PED)	103
4.6. Nanoelektroosadzanie	107
4.7. Techniki wzrostu epitaksjalnego	114
4.7.1. Epitaksjalny wzrost cienkich warstw z wiązek molekularnych – <i>Molecular Beam Epitaxy</i> (MBE)	115
4.7.2. Epitaksjalny wzrost cienkich warstw z fazy gazowej – <i>Vapour Phase Epitaxy</i> (VPE)	116
4.7.3. Epitaksjalny wzrost cienkich warstw z fazy ciekłej – <i>Liquid Phase Epitaxy</i> (LPE)	118
4.8. Technologie jonowe	119
5. Zagrożenia dla człowieka i środowiska	
wynikające ze stosowania nanomateriałów	125
Literatura	131