

SOMMAIRE

— CHAPITRE 1 — Introduction au NANOMonde

1. Définitions	2
1.1. Echelle nanométrique	2
1.2. Nanoscience.....	2
1.3. Nanomatériaux	3
1.3.1. Nanomatériaux naturels	3
1.3.2. Nanomatériaux fabriqués.....	4
1.4. Nanotechnologies	4
2. Intérêt des nanotechnologies.....	4
3. Histoire de la nanotechnologie	5
3.1. Discours de Feynman	5
3.2. Avènement de la nanotechnologie	5
3.3. Miniaturisation de l'électronique	6
4. Domaines d'application	7
4.1. Application en nanoélectronique.....	8
4.2. Application en biotechnologies.....	9
4.3. Application en biomédical.....	9
4.4. Application dans le secteur spatial	10

— CHAPITRE 2 — Nanomatériaux

1. Qu'est-ce qu'un matériau nanostructuré ?.....	12
2. Particularité des matériaux nanostructurés.....	12
3. Classification des nanomatériaux	13
3.1. Nanomatériaux biomimétiques	13
3.2. Nanomatériaux auto-assemblés	14
3.3. Semi-conducteurs nanocristallins	15
3.3.1. Silicium	15
3.3.2. Du silicium massif au silicium amorphe	15
3.3.3. Géométries des nanocristaux de silicium	17
3.4. Nanomatériaux à base de carbone.....	18
3.4.1. Variétés allotropiques du carbone	18
3.4.2. Matériaux synthétisés à base de carbone.....	19
3.5. Polymères et nanocomposites	20
3.6. Nanomatériaux pour l'optique	21
3.6.1. Cristaux photoniques.....	21
3.6.2. Microcavités à semiconducteurs	21
4. Autres applications des nanomatériaux	22

— CHAPITRE 3 — Effets fondamentaux dans les nanomatériaux

1. Avènement de la physique quantique.....	26
2. Frontière du monde quantique.....	26
3. Phénomènes physiques à l'échelle nanométrique	28
3.1. Effets de taille	28
3.2. Effets quantiques.....	28
3.3. Importance des liaisons chimiques	30
4. Propriétés de surface.....	31
4.1. Importance des atomes de surface	32
4.2. Importance de la morphologie	32
4.3. Energie de surface	32
4.4. Réactions de surface.....	33
4.4.1. Catalyse	33
4.4.2. Détection	35
5. Impact des effets fondamentaux.....	35
5.1. Propriétés électriques	35
5.1.1. Effet du confinement quantique	36
5.1.2. Nanomatériaux aux propriétés exceptionnelles.....	36
5.2. Propriétés optiques.....	36
5.2.1. Effet du confinement quantique	36
5.2.2. Interaction lumière-matière	36
5.2.3. Plasmons de surface	37
5.2.4. Couleur dans les nanocristaux semi-conducteurs.....	38

— CHAPITRE 4 — Techniques de fabrication des nanomatériaux

1. Salles blanches.....	40
1.1. Circulation de l'air dans les salles blanches.....	41
1.2. Classification des salles blanches.....	42
2. Méthodes top-down	43
2.1. Lithographie conventionnelle.....	43
2.1.1. Principe	43
2.1.2. Classification	44
2.2. Photolithographie UV.....	44
2.2.1. Photolithographie en mode contact	45
2.2.2. Photolithographie en mode projection.....	45
2.3. Photolithographie EUV	46
2.4. Lithographie électronique.....	46
2.5. Lithographie par faisceau d'ions	46
2.6. Lithographie par nano-impression.....	47
2.7. Lithographie électronique multifaisceau	49
2.8. Lithographie à sonde à balayage	49
3. Méthodes bottom-up	50
3.1. Procédé à plasma d'arc	50
3.2. Dépôt chimique en phase vapeur.....	51
3.2.1. Dépôt chimique en phase vapeur à basse pression	52
3.2.2. Dépôt chimique en phase vapeur assisté par plasma	53
3.3. Épitaxie par jet moléculaire.....	54
3.4. Synthèse sol-gel	54
3.5. Auto-assemblage moléculaire	55

— CHAPITRE 5 — Techniques de caractérisation des nanomatériaux

1. Microscopie optique et ses limites.....	58
2. Microscopies électroniques	59
2.1. Microscopie électronique à balayage	60
2.1.1. Interaction de surface.....	61
2.1.2. Que contient un MEB ?	62
2.2. Microscopie électronique à transmission	65
2.3. Microscopie électronique à transmission à balayage	67
3. Microscopies à sonde	69
3.1. Microscope à effet tunnel	69
3.1.1. Principe de fonctionnement du STM.....	69
3.1.2. Comment les images sont-elles créées ?.....	70
3.2. Microscope à force atomique	71
4. Spectroscopie	74
4.1. Spectroscopie à rayons X	74
4.2. Spectroscopie Raman	75
5. Exemples sur les problèmes pratiques	76
5.1. Comment déterminer la morphologie de surface et, la taille et la forme des nanoparticules ?	76
5.2. Comment déterminer la composition élémentaire ?	77
5.3. Comment déterminer le type de structure et les liaisons ?	77
6. Récapitulatif des techniques utilisées en recherche scientifique	77