

Inhaltsverzeichnis

Vorwort IX

1	Einführung	1
2	Nanomaterialien	7
2.1	Nanoteilchen – Nanokomposite	7
2.2	Elementare Konsequenzen der kleinen Teilchengrößen	13
2.2.1	Oberfläche von Nanoteilchen	13
2.2.2	Thermische Phänomene	16
2.2.3	Das Maßstabsgesetz der Diffusion	18
2.3	Makroskopische Nanowerkstoffe	22
	Literatur	28
3	Oberflächen von Nanowerkstoffen	29
3.1	Allgemeine Betrachtungen	29
3.2	Oberflächenenergie	31
3.3	Einfluss der Krümmung auf den Dampfdruck – Dampfdruck kleiner Teilchen	39
3.4	Technische Anwendung der Oberflächenenergie – Hypothetische Nanomotoren	44
	Literatur	47
4	Gasphasensynthese von Nanoteilchen und Nanokompositen	49
4.1	Grundlegende Betrachtungen	49
4.1.1	Kinetik der Teilchenbildung	49
4.1.2	Geladene Teilchen in einem oszillierenden elektrischen Feld	61
4.2	Syntheseverfahren ohne zusätzliches elektrisches Feld	65
4.2.1	Inertgas-Kondensationsverfahren	65
4.2.2	Physikalische und chemische Dampfphasensyntheseverfahren	66
4.2.3	Laserablationsverfahren	71
4.3	Plasmaverfahren	74
4.3.1	Plasmaverfahren mit geladenen Teilchen gleichen Vorzeichens	74
4.3.2	Plasmaverfahren mit geladenen Teilchen beider Vorzeichen	81

- 4.4 Flammensynthesen 85
- 4.5 Synthese beschichteter Teilchen 90
 - Literatur 94

- 5 Ein- und zweidimensionale Nanoteilchen 97**
 - 5.1 Grundsätzliche Betrachtungen 97
 - 5.2 Beispiele ein- und zweidimensionaler Teilchen 101
 - 5.3 Nanostrukturen aufgebaut aus in Schichten kristallisierenden Materialien 106
 - 5.3.1 Nanoteilchen aus Kohlenstoff und Bornitrid 106
 - 5.3.2 Nicht kohlenstoffbasierte ein- und zweidimensionale Nanoteilchen 115
 - 5.3.3 Komposite aus Phyllosilicaten mit einer Polymermatrix 119
 - 5.3.4 Synthese von Nanoröhrchen, Nanostäbchen und Fullerenen 121
 - Literatur 128

- 6 Nanofluide 129**
 - 6.1 Grundlagen 129
 - 6.2 Nanofluide zur Verbesserung des Wärmeüberganges 130
 - 6.3 Ferrofluide 132
 - 6.3.1 Eigenschaften der Ferrofluide 132
 - Literatur 138

- 7 Thermodynamik von Nanoteilchen 141**
 - 7.1 Thermodynamik kleiner Teilchen 141
 - 7.2 Phasentransformationen bei Nanoteilchen 143
 - 7.3 Wärmekapazität von Nanoteilchen 154
 - 7.4 Thermische Instabilitäten in Verbindung mit Phasentransformationen 159
 - 7.4.1 Experimenteller Hintergrund 159
 - 7.4.2 Thermodynamische Beschreibung der Fluktuationsprozesse 163
 - Literatur 170

- 8 Magnetische Nanomaterialien – Superparamagnetismus 171**
 - 8.1 Magnetische Materialien 171
 - 8.2 Physikalische Grundlagen des Superparamagnetismus 179
 - 8.3 Magnetische Anisotropie der Werkstoffe 184
 - 8.4 Superparamagnetische Werkstoffe in der experimentellen Realität 188
 - 8.4.1 Sättigungsmagnetisierung 188
 - 8.4.2 Suszeptibilität 191
 - 8.5 *Mößbauer*-Spektrum superparamagnetischer Teilchen 193
 - 8.6 Ausgewählte Anwendungen von superparamagnetischen Teilchen 199
 - 8.6.1 Ferrofluide 199

8.6.2	Magnetische Kühlung	202
8.7	Austauschgekoppelte magnetische Nanowerkstoffe	206
	Literatur	216
9	Optische Eigenschaften	217
9.1	Einführende Anmerkungen	217
9.2	Einstellung des Brechungsindex und visuell transparente optische UV-Absorber	217
9.3	Größenabhängige optische Eigenschaften – Quanteneinschlussphänomene	223
9.4	Halbleitende Nanoteilchen – Quanteneinschluss	228
9.5	Lumineszenz wechselwirkender Teilchen	236
9.6	Lumineszierende Nanokomposite	240
9.7	Metallische Nanoteilchen – Plasmonenresonanz	253
9.8	Auswahl eines Luminophors oder Absorbers in Hinblick auf technische Anwendungen	258
9.9	Elektrolumineszenz	261
9.10	Foto- und elektrochrome Materialien	266
9.10.1	Grundlagen	266
9.10.2	Fotochromie	267
9.10.3	Elektrochromie	269
9.11	Magnetooptische Anwendungen	273
	Literatur	275
10	Elektrische Eigenschaften	277
10.1	Elektrische Leitfähigkeit nanoskaliger Systeme: Diffusive und ballistische Leitfähigkeit	277
10.2	Experimentelle Befunde zur Leitung des elektrischen Stromes in nanoskaligen Systemen	281
10.3	Kohlenstoff-Nanoröhrchen und Graphen	284
10.4	Weitere eindimensionale elektrische Leiter	290
10.5	Elektrische Leitfähigkeit von Nanokompositen	292
	Literatur	300
11	Mechanische Eigenschaften	301
11.1	Einführende Anmerkungen	301
11.2	Mechanische Eigenschaften nanokristalliner Materialien	304
11.3	Verformungsmechanismen bei nanokristallinen Werkstoffen	310
11.4	Superplastizität	318
11.5	Schwingungen von Nanostäbchen und Nanoröhrchen – Maßstabsgesetze für Schwingungen	321
11.6	Nanokomposite mit Polymer-Matrix	322
11.6.1	Grundsätzliche Betrachtungen	322
11.6.2	Polymer-Matrix-Komposite gefüllt mit nulldimensionalen Teilchen	325

11.6.3	Nanokomposite auf Polymerbasis gefüllt mit Silicat-Plättchen	327
11.6.4	Nanokomposite auf Polymerbasis gefüllt mit Kohlenstoff-Nanoröhrchen und Graphen	331
	Literatur	337
12	Charakterisierung von Nanomaterialien	339
12.1	Spezifische Oberfläche	339
12.2	Bestimmung der Kristallstruktur	343
12.3	Elektronenmikroskopie	350
12.3.1	Grundlagen	350
12.3.2	Aufbau eines Elektronenmikroskopes	354
12.3.3	Wechselwirkung der Elektronen mit der Probe	357
12.3.4	Einige Beispiele aus der Transmissionselektronenmikroskopie	363
12.3.5	Hochauflösende Rasterelektronenmikroskopie	366
	Literatur	369
	Stichwortverzeichnis	371