

Inhaltsverzeichnis

Vorwort *IX*

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

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