

目次

出版にあたって	i
執筆者一覧	iii

基礎編

第1章 序論

(竹村 文男).....3

- 1 マイクロ・ナノ熱流体とは 5
- 2 スケールの違いから見たマイクロ・ナノ熱流体现象 6
- 3 連続体におけるマイクロ・ナノ熱流体 7
- 4 ナノ材料とマイクロ計測・加工技術 12
- 5 本ハンドブックの構成 13

第2章 分子・ナノ熱流体

17

第1節 分子動力学

(丸山 茂夫).....19

- 1 古典分子動力学法 19
- 2 運動方程式とポテンシャル関数 20
- 3 ポテンシャル関数の例 20
- 4 運動方程式の数値積分 23
- 5 境界条件(時空間スケール) 24
- 6 熱力学および動力学の物性の導出 24
- 7 初期条件と温度や圧力の制御とアンサンブル 25
- 8 動的物性値の予測 25
- 9 分子動力学法シミュレーションの例題 26

第2節 気体運動論

(大宮司 啓文).....33

- 1 背景 33
- 2 状態方程式 33
- 3 気体運動論 34
- 4 分子間力 36
- 5 熱力学と統計力学 37

第3節 非平衡系の統計力学から連続体へ〈高木 周〉.....40

- 1 ボルツマン方程式 40
- 2 ランジュバン方程式と拡散係数 41
- 3 揺動散逸定理 44

第4節 固体の熱伝導〈宮崎 康次〉.....47

- 1 ナノ構造と熱伝導 47
- 2 格子振動 47
- 3 フォノン 49
- 4 フォノン輸送と熱伝導率 50
- 5 ボルツマン輸送方程式によるフォノンの扱い 51
- 6 ナノ構造物の熱伝導に関する実験 53

第3章 マイクロ熱流体57

第1節 ストークス流れの基礎〈高木 周〉.....59

- 1 ストークス流れ 59
- 2 定常ストークス流れの支配方程式 59
- 3 ストークス流れの基本的性質 61
- 4 ストークス流れの特異点解法 63
- 5 境界積分方程式による表記 65

第2節 マイクロ混相流〈高木 周〉.....67

- 1 マイクロ分散相 67
- 2 分散系混相流に関するストークス流れの解 68
- 3 バイオ流体分野におけるマイクロ混相流 70
- 4 分散相流れの多重スケール構造とマイクロ分散相の挙動 71

第3節 マイクロバブルの力学〈竹村 文男〉.....77

- 1 球形気泡の膨張・収縮運動 77
- 2 気泡の並進運動と気泡界面を通じた物質移動 80
- 3 界面への界面活性剤の吸着 86

第4章 界面と相変化89

第1節 界面・表面の基礎〈永井 二郎〉.....91

- 1 界面・表面とは 91
- 2 固体表面の特徴 91
- 3 液体表面の特徴 93
- 4 表面張力と表面自由エネルギー 94
- 5 界面の熱力学 94
- 6 ぬれ 95
- 7 超撥水・超親水面 98

第2節 沸騰・蒸発〈永井 二郎〉.....100

- 1 界面現象としての沸騰・蒸発 100

2 蒸発の動力学 100

3 気泡核生成 101

第3節 結晶成長〈稲田 孝明〉.....104

1 結晶成長の基礎 104

2 拘束された空間における結晶成長 106

3 界面制御による結晶成長の抑制 108

第5章 マイクロチャネル111

第1節 流れの特性〈鈴木 雄二〉.....113

1 マイクロスケールの流れ 113

2 スケール効果 114

3 希薄気体効果 115

4 スリップ流れの境界条件 117

5 マイクロ流路製作技術 119

第2節 単相流、気液二相流、沸騰熱伝達〈大竹 浩靖〉.....122

1 マイクロチャネル内の熱流動 122

2 単相流 123

3 気液二相流 128

4 沸騰二相流 132

第3節 マイクロ混合〈市川 直樹〉.....139

1 混合の基礎 139

2 マイクロミキサ 140

3 マイクロミキサの特性評価 146

第6章 電場駆動流151

第1節 電場駆動流〈鈴木 雄二〉.....153

第2節 電気二重層〈大宮司 啓文〉.....155

1 電気二重層の概念 155

2 拡散電気二重層 156

3 対イオンの特異吸着 157

4 ナノフルイディクス 159

第3節 電気泳動・電気浸透流〈小原 拓〉.....164

1 電気泳動現象 164

2 電気浸透流 165

3 電気泳動法 165

第4節 誘電泳動〈鈴木 雄二〉.....177

1 直流電場における誘電泳動 177

2 交流電場における誘電泳動 178

3 誘電泳動の応用例 181

第5節 エレクトロウェットティング〈吉田 英生〉.....183

- ❶ 界面張力の電氣的制御の利用 183
- ❷ 原理 183
- ❸ 応用例 187

第7章 トライボロジー189

第1節 マイクロトライボロジー〈鈴木 健司〉.....191

- ❶ マイクロトライボロジーの概念 191
- ❷ 表面間の相互作用力 193
- ❸ 毛管凝縮とメニスカス力 197
- ❹ スティックション 199
- ❺ 微小荷重下の摩擦力 200

第2節 ナノ液体潤滑膜〈加藤 孝久〉.....204

- ❶ 磁気記録装置とナノトライボロジー 204
- ❷ ナノ潤滑剤の特異性 204
- ❸ 固体面の影響 208
- ❹ これからの課題 209

第3節 ナノ気体潤滑膜〈福井 茂寿〉.....212

- ❶ ナノ気体潤滑の特質 212
- ❷ ナノ気体潤滑膜の確率・統計的な解析手法 213
- ❸ 熱励起形ナノメートル浮上メカニズム 223

第8章 ナノ材料229

第1節 カーボンナノチューブ〈丸山 茂夫〉.....231

- ❶ さまざまなカーボンナノチューブ 231
- ❷ 単層カーボンナノチューブの幾何学構造と電子状態 232
- ❸ 単層カーボンナノチューブの共鳴ラマン散乱 234
- ❹ 単層カーボンナノチューブの合成 235
- ❺ アルコール CCVD 法による合成 236
- ❻ カイラリティ分布 240
- ❼ 基板上直接合成と垂直配向単層カーボンナノチューブ膜 243

第2節 ミクロ/メソポーラス物質内部の吸着現象〈大宮司 啓文〉.....248

- ❶ ミクロ/メソポーラス物質 248
- ❷ 吸着平衡論 248
- ❸ 吸着現象の分子論的描像 251

第3節 超微粒子〈瀬戸 章文〉.....255

- ❶ 超微粒子の特性 255
- ❷ 超微粒子の生成過程 255
- ❸ 超微粒子の形態制御と粒径選別技術 258
- ❹ 超微粒子の応用例 261

第9章 計測技術263

第1節 微小スケール計測技術の基礎〈松本 潔〉.....265

- ❶ 微小スケール計測の分類 265
- ❷ メカニカルなプローブを用いる計測 265
- ❸ 電子をプローブとする計測 268
- ❹ 光子をプローブとする計測 272
- ❺ イオンをプローブとする計測 275

第2節 微小流れ場の計測〈染矢 聡〉.....277

- ❶ マイクロスケールの流れ 277
- ❷ マイクロ PIV 277
- ❸ レーザー誘起蛍光法 278

第10章 加工技術289

第1節 MEMS 加工技術〈鈴木 健司〉.....291

- ❶ 基本的なプロセスフロー 291
- ❷ 表面マイクロマシニングとバルクマイクロマシニング 292
- ❸ MEMS 加工に用いられる基板 293
- ❹ 洗浄技術 294
- ❺ フォトリソグラフィ 295
- ❻ 薄膜の形成 297
- ❼ エッチング 298
- ❽ ヒンジ構造 304
- ❾ SU-8TMプロセス 306
- ❿ 接合技術 306

第2節 MEMS 実装技術〈松本 壮平〉.....309

- ❶ MEMS における実装技術 309
- ❷ ウェハのダイシング 309
- ❸ ワイヤボンディング 310
- ❹ 流体実装 311

第3節 微細機械加工技術〈芦田 極〉.....313

- ❶ 機械的微細加工技術の分類 313
- ❷ 切削・研削加工 313
- ❸ 放電加工 318
- ❹ 成形加工 320
- ❺ ラヒッドプロトタイピング 324
- ❻ マイクロ・ナノ領域における機械加工への期待 327

活用編

第1節 マイクロバブル超音波造影診断〈神山 直久〉.....331

- 1 はじめに 331
- 2 マイクロバブル造影の歴史 331
- 3 超音波造影法の原理 332
- 4 超音波造影剤としてのマイクロバブル 333
- 5 マイクロバブルの音響的特徴 334
- 6 マイクロバブルを利用した映像法 336
- 7 おわりに 338

第2節 マイクロバブル洗浄技術〈宮本 誠・上山 智嗣〉.....340

- 1 はじめに 340
- 2 マイクロバブルとは 340
- 3 マイクロバブルによる油汚れの除去原理 342
- 4 気泡融合防止剤による微細気泡の高密度化 342
- 5 マイクロバブル洗浄システムとその特徴 343
- 6 具体的な洗浄例 344
- 7 まとめ 347

第3節 マイクロバブルによる腫瘍焼灼〈高木 周〉.....348

- 1 はじめに 348
- 2 強力集束超音波 348
- 3 マイクロバブルと強力集束超音波を併用した腫瘍焼灼技術 349

第4節 マイクロバブルによる結石破碎〈高木 周〉.....354

- 1 はじめに 354
- 2 体外衝撃波結石破碎術 354
- 3 超音波キャビテーションの利用 355
- 4 まとめ 360

第5節 マイクロバブルによる水処理〈高木 周〉.....361

- 1 マイクロバブルと水処理 361
- 2 微細気泡発生手法 363
- 3 ペンチュリ管を用いたマイクロバブル発生手法 365
- 4 まとめ 367

第6節 超音波キャビテーションによる氷生成〈稲田 孝明〉.....368

- 1 はじめに 368
- 2 キャビテーションによる氷の核生成 369
- 3 超音波振動による氷の微細化 373

4 超音波による氷生成の応用技術 374

5 おわりに 376

第7節 マイクロポンプとマイクロバルブ〈松本 壮平〉.....378

1 マイクロ流体デバイス 378

2 マイクロポンプ 380

3 マイクロバルブ 391

第8節 マイクロフライト〈村山 英晶〉.....398

1 はじめに 398

2 MAV の特徴 400

3 MAV の開発 403

4 まとめ 410

第9節 マイクロスラスタ〈高橋 厚史〉.....412

1 はじめに 412

2 スラスタの種類と性能 412

3 マイクロスラスタ誕生の背景 413

4 各種マイクロスラスタ 415

5 マイクロスラスタと超小型衛星の現状と展望 421

第10節 燃料電池〈伏信 一慶〉.....423

1 概論 423

2 燃料電池に関する研究事例 426

3 おわりに 430

第11節 マイクロ燃料電池システム〈田中 秀治〉.....433

1 はじめに 433

2 DMFC 433

3 燃料改質器付 PEFC 439

4 MEMS 技術を用いたマイクロ燃料電池 445

5 おわりに 448

第12節 マイクロガスタービン〈三木 則尚〉.....451

1 はじめに 451

2 MIT マイクロガスタービンと全体設計 451

3 マイクロガスタービンのスケール効果と詳細設計 453

4 おわりに 465

第13節 マイクロ熱交換器〈鹿園 直毅〉.....467

1 はじめに 467

2 熱交換器小型化技術 467

3 熱交換器の熱抵抗低減技術 471

4 まとめ 475

第14節 マイクロ冷凍機〈中込 秀樹〉.....478

1 はじめに 478

- ② 基本事項 481
- ③ 各種冷凍方式 482
- ④ マイクロ・ナノ領域への応用 494
- ⑤ まとめ 495

第15節 マイクロヒートパイプ〈白樫 了〉.....496

- ① はじめに 496
- ② マイクロヒートパイプの現状と必要性—毛管型と自励振動型の熱輸送能力の比較— 496
- ③ 自励振動型ヒートパイプ 498
- ④ まとめ 502

第16節 マイクロ/ナノトライボロジーとその応用〈松岡 広成〉.....504

- ① はじめに 504
- ② ファンデルワールス力を考慮した磁気ヘッドスライダの浮上特性解析 505
- ③ 長波方程式による薄膜気液界面の変形解析 513
- ④ メニスカスの動特性解析 521
- ⑤ 液体超薄膜における分子効果の発現 529
- ⑥ おわりに 535

第17節 ナノチューブ光デバイス〈山下 真司〉.....539

- ① はじめに 539
- ② 単層カーボンナノチューブの可飽和吸収特性 540
- ③ 単層カーボンナノチューブ型可飽和吸収素子の応用 544
- ④ 単層カーボンナノチューブを用いたモード同期光ファイバーレーザー 546
- ⑤ おわりに 550

第18節 カーボンナノチューブ応用〈中山 喜萬〉.....552

- ① はじめに 552
- ② ナノチューブの応用分野 552
- ③ エレクトロメカニカルシステム分野 553
- ④ エレクトロニクス応用分野 561
- ⑤ 高機能材料分野 567
- ⑥ エネルギー分野 568
- ⑦ おわりに 568

第19節 ナノスケール温度・熱物性計測〈中別府 修〉.....570

- ① はじめに 570
- ② SThM 開発の背景 570
- ③ AFM を基礎とした SThM 571
- ④ 受動温度計測法 574
- ⑤ 能動温度計測法 579
- ⑥ SThM による熱物性計測 586
- ⑦ おわりに 588

第20節 レーザー間接加工〈新納 弘之〉.....590

- ① はじめに 590
- ② レーザー間接加工法の実用例 591

第21節 レーザー直接微細加工(松岡 芳彦・河野 正道).....599

- 1 はじめに 599
- 2 軸状集光ビーム 600
- 3 集光素子とレーザービームのアライメント 602
- 4 実験光学系 604
- 5 点加工 604
- 6 ドリル加工 605
- 7 加工ダメージの低減 607
- 8 アクシコンアレイを用いた同時多点微細加工 608
- 9 まとめ 610

第22節 DNA マニピュレーション(小穴 英廣).....612

- 1 はじめに 612
- 2 DNA 分子の水溶液中での広がり 613
- 3 DNA 分子の弾性論 614
- 4 単分子実験による DNA 分子の弾性および強度測定 616
- 5 流れ場中での DNA 分子の振舞い 617
- 6 光ピンセットによる DNA 単分子操作 621
- 7 DNA 分子の伸張固定 622
- 8 DNA 分離法 623
- 9 おわりに 624

第23節 マイクロ化学システム(北森 武彦・火原 彰秀・杉井 康彦).....627

- 1 はじめに 627
- 2 マイクロ単位操作と連続流化学プロセス 628
- 3 検出技術 634
- 4 応用例 636
- 5 おわりに 640

略語一覧643

索引653