

2.4.3 プラズマプロセスのためのプラズマ生成	21
--------------------------	----

目次

第 I 部 プラズマ物理入門 1

■ 第 1 章 物質の四態——固体・液体・気体・プラズマ	2
1.1 水素の状態図	3
1.2 物質の第 4 の状態——プラズマ	7
1.3 さまざまなプラズマ	9
1.3.1 分類の指標	9
1.3.2 温度・密度によるプラズマの分類	10
1.4 プラズマの応用	12
■ 第 2 章 放電とプラズマの生成	13
2.1 身近な放電の応用と原理	14
2.1.1 蛍光灯	14
2.1.2 プラズマディスプレイ	15
2.1.3 ネオンサイン	15
2.2 気体放電のタウンゼント理論	16
2.3 直流放電と高周波放電	18
2.3.1 直流放電	18
2.3.2 高周波放電	19
2.4 プラズマプロセスのためのプラズマ生成	19
2.4.1 半導体集積回路作成のプロセス	19
2.4.2 半導体ドライプロセスにおけるプラズマの応用	20

■ 第 3 章 電磁界中の荷電粒子の運動	24
3.1 電界中の運動	25
3.2 定常磁界中の運動	26
3.2.1 一様定常磁界中のサイクロトロン運動	27
3.2.2 プラズマ反磁性	29
3.3 一様定常磁界と一様定常な力——ドリフト運動	30
3.4 時間・空間変化する磁界と磁気モーメントの断熱不変性	32
3.4.1 時間変化する磁界	32
3.4.2 収束・発散する磁界	34
3.4.3 磁気鏡による反射と磁気ピンによる閉じ込めの原理	35
■ 第 4 章 核融合	39
4.1 エネルギー消費とエネルギー源の現状	40
4.2 原子核の質量欠損と核エネルギーの起源	42
4.3 核融合反応の断面積	45
4.4 ローソン条件	47
4.5 プラズマ閉じ込めの方法	49
4.5.1 磁界による閉じ込め	49
4.5.2 慣性による閉じ込め	51
■ 第 5 章 プラズマの統計力学	53
5.1 理想気体	53
5.2 遮蔽のデバイ-ヒュッケル理論	54
5.3 相関エネルギーと分布関数・相関関数	60
5.4 ビリアル定理——相関エネルギーと圧力の関係	63
5.5 動的な遮蔽と阻止能	64

第 II 部 プラズマ中の波動 67

■ 第 6 章 物質中の電磁界——マクスウェル方程式と電気伝導率・誘電率	68
6.1 微視的な方程式から巨視的な方程式へ	68
6.2 線形応答	71
6.3 電気伝導率	73
6.4 フーリエ成分で表したマクスウェル方程式	75
6.5 誘電率 (テンソル)	76
6.6 電気伝導率・誘電率の簡単な例 (磁界=0)	79
■ 第 7 章 物質中の電磁界の波動	81
7.1 線形波動の分散関係	81
7.2 真空中の電磁波	82
7.3 冷たいプラズマ中の波動とプラズマ振動数	83
7.4 屈折率	85
7.5 遮断と共鳴	87
■ 第 8 章 磁界中の冷たいプラズマの波動	89
8.1 磁界中の冷たいプラズマの電気伝導率	89
8.2 ホール効果 (直流)	92
8.3 磁界中の冷たいプラズマを伝わる波動の分散関係	95
8.4 磁界に平行に伝わる波動	96
8.4.1 プラズマ振動	96
8.4.2 R 波	97
8.4.3 L 波	98
8.4.4 低振動数の R 波・L 波	99
8.4.5 ファラデー回転	100
8.5 磁界に垂直に伝わる波動	102
8.5.1 正常波 (O 波)	102

8.5.2 異常波 (X 波)	103
8.5.3 低振動数の波動	103

第 III 部 強結合プラズマの世界 105

■ 第 9 章 一成分プラズマモデル	106
9.1 正電荷成分と負電荷成分の違い	106
9.1.1 質量の違いの効果——古典的粒子か量子論的粒子か	106
9.1.2 2つの一成分プラズマ——古典プラズマと量子 (縮退) プラズマ	111
9.2 イオンの一成分プラズマ——古典プラズマ	111
9.2.1 無次元パラメータ	112
9.2.2 計算機シミュレーション	114
9.2.3 古典一成分プラズマの相変化	114
9.3 電子の一成分プラズマ——量子 (縮退) プラズマ	115
9.3.1 無次元パラメータ	116
9.3.2 縮退電子系の相変化	116
9.4 一成分プラズマの全体的相図	117
■ 第 10 章 非中性プラズマ	120
10.1 He 液面の電子系——2次元古典一成分プラズマ	120
10.2 イオントラップ	123
10.2.1 ペニング-マルンバーグ・トラップ	123
10.2.2 ポールトラップ	124
10.3 トラップ中の非中性プラズマ	125
10.3.1 ペニング-マルンバーグ・トラップ中の非中性プラズマ	125
10.3.2 閉じ込めポテンシャル	126
10.3.3 プラズマ結晶	128
10.3.4 冷却の方法	130

■ 第11章 ダストプラズマ	133
11.1 ダストプラズマとは	133
11.2 典型的な密度・温度	134
11.3 微粒子の電荷	135
11.4 微粒子間の相互作用	136
11.5 重力の影響とプラズマ結晶	138
11.6 プラズマプロセスと微粒子（ダスト）	141
■ A. ビリアル定理とプラズマの圧力	143
A.1 ビリアル定理	143
A.2 プラズマの圧力	144
A.3 ビリアル定理の証明	145
■ B. フーリエ変換とラプラス変換	148
B.1 フーリエ変換	148
B.2 畳み込みと畳み込みのフーリエ変換	148
B.3 ラプラス変換	149
■ C. 波 動	151
C.1 波動方程式	151
C.1.1 1次元空間の波動	151
C.1.2 3次元空間の波動	153
C.2 正弦波と複素表示	153
C.3 重ね合わせの原理とフーリエ分解	156
C.4 波束と群速度	156
C.5 縦波と横波	158
C.6 波動の例	160

■ D. 誘電率と透磁率	161
D.1 電気分極・磁気分極の定義	161
D.2 等方的な物質の場合の例	163
■ 参考図書・文献	166
■ 章末問題解答	168
■ 索 引	181