

目次

1章	はじめに	1
1.1	高度情報化時代とプラズマエレクトロニクス	1
1.2	中性ガスから低温プラズマへ	4
1.2.1	観測される現象	5
1.2.2	支配方程式と境界条件	7
1.2.3	低温プラズマの生成と消滅	8
1.3	環境共生化時代とプラズマ	10
1.4	広がるプラズマ応用技術	14
	参考文献	16
2章	電子やイオンスウォームの運動	17
2.1	位置空間での輸送	17
2.2	速度空間での輸送	21
2.2.1	電子の速度分布と輸送パラメータ	22
2.2.2	イオンの速度分布と輸送パラメータ	27
	参考文献	28
3章	プラズマの特徴	29
3.1	電荷分離の空間的スケールとデバイ長	29
3.2	電荷分離の時間的スケール	30
3.3	熱平衡系を支配する分布則	33

3.4	プラズマの中に入れた荷電物体	37
3.5	プラズマと両極性拡散現象	39
3.6	拡散の空間的・時間的スケール	41
3.7	プラズマ内に置かれた電位壁 (プローブ理論)	43
	参考文献	46
4	章 プラズマの衝突素過程と固体表面相互作用	47
4.1	粒子と波動	47
4.1.1	粒子像と波動像	47
4.1.2	孤立粒子群と波束	49
4.2	衝突と衝突断面積	51
4.2.1	衝突における保存則	52
4.2.2	衝突断面積	53
4.2.3	電子と原子 (分子) の衝突過程	56
4.2.4	電子の生成・消滅過程	68
4.2.5	イオン (励起原子) と原子 (分子) の衝突過程	76
4.3	粒子と固体表面の相互作用	81
4.3.1	金属内の電子のポテンシャル	81
4.3.2	固体からの電子放出	84
4.3.3	固体への原子 (分子) 吸着	90
4.3.4	固体からの原子 (分子) 放出	94
4.4	古典力学による衝突理論	96
4.4.1	軌道関数	97
4.4.2	衝突現象が古典力学で扱える条件	101
4.5	量子力学による衝突理論	102
4.5.1	微分断面積	104
	参考文献	109
5	章 ボルツマン方程式と電子イオン輸送	111
5.1	ボルツマン方程式とは	111
5.1.1	ボルツマン方程式	111
5.1.2	輸送パラメータ	113
5.2	ボルツマン方程式と輸送方程式	116

5.2.1	数密度連続の式	117
5.2.2	運動量の保存式	118
5.2.3	エネルギーの保存式	119
5.3	衝突項	119
5.3.1	衝突項, 衝突積分	119
5.3.2	弾性衝突項	121
5.3.3	励起衝突項	123
5.3.4	電離衝突項	123
5.3.5	電子付着衝突項	124
5.4	電子のボルツマン方程式	124
5.4.1	球面調和関数とその性質	125
5.4.2	電子の速度分布	127
5.4.3	電子の輸送パラメータ	134
5.5	高周波電界と電子輸送	138
5.6	電磁界とマクスウェル方程式	141
5.6.1	クーロンの法則	141
5.6.2	ファラデーの電磁誘導の法則	142
5.6.3	アンペア・マクスウェルの法則	143
5.6.4	マクスウェルの方程式	144
	参考文献	144
6	章 非平衡プラズマのモデリング	145
6.1	連続体 (流体) モデル	146
6.1.1	支配方程式	146
6.1.2	局所瞬時電界近似モデル	150
6.1.3	疑似熱平衡モデル	150
6.1.4	緩和連続モデル	151
6.1.5	位相空間を考慮したモデル	153
6.2	粒子モデル	154
6.2.1	モンテカルロシミュレーション	154
6.2.2	PIC / MCS 法	156
6.3	境界条件	157
6.3.1	表面反応のない理想境界面	157

6.3.2	電荷交換のある境界面	158
6.3.3	物質移動のある境界面	159
6.4	移流拡散方程式と時間発展解法	160
6.4.1	離散化	160
6.4.2	シャファタ = ガンメルの方法	163
6.4.3	誘電緩和時間則	166
6.4.4	ポアソンの式の半陰解法	168
	参考文献	168
7 章	C 結合高周波プラズマ	169
7.1	CCP とは	169
7.2	CCP の維持機構と時空間構造	171
7.2.1	CCP の維持機構	171
7.2.2	低周波プラズマの構造と機能	172
7.2.3	高周波プラズマの構造と機能	174
7.2.4	リアクター形状とプラズマ構造	178
7.3	負イオンの効果	182
	参考文献	183
8 章	L 結合高周波プラズマ	185
8.1	ICP とは	185
8.2	ICP の維持機構と時空間分布	186
8.2.1	ICP の維持機構	186
8.2.2	ICP の時空間構造	187
8.3	プラズマと電磁波の伝搬	189
8.3.1	プラズマと表皮厚さ	189
8.3.2	ICP と表皮厚さ	193
	参考文献	195
9 章	モデリングと応用	197
9.1	反応性イオンエッチングリアクターのデザイン	197
9.2	マグネトロンスパッタリングのデザイン	202

9.3	プラズマ中の微粒子輸送	208
9.3.1	微粒子成長がない系	208
9.3.2	微粒子成長のある系	211
索 引	215
付 表	223
	物理定数とその数値	223
	プラズマ諸量の公式	224