

目 次

1. 非平衡プラズマの基礎	1
1.1 非平衡プラズマの意義	1
1.2 放電・プラズマの基礎過程	2
1.2.1 プラズマ粒子の基本的性質	2
1.2.2 荷電粒子の基礎過程	5
1.2.3 荷電粒子の運動	13
1.2.4 プラズマの物性	19
1.3 非平衡プラズマ現象	22
1.3.1 放電開始	22
1.3.2 定常放電	25
1.3.3 非定常放電	30
1.3.4 プラズマ境界現象	33
2. プラズマ診断	37
2.1 診断法に求められる条件	37
2.2 発光・吸収分光法	39
2.3 レーザ分光法	43
2.4 電気探針法	50
2.5 マイクロ波法	54
2.6 質量分析法	56
3. 光によるイオン化・励起と反応	63
3.1 光と原子・分子の相互作用—イオン化・励起—	63
3.1.1 イオン化に要するエネルギー	63
3.1.2 光吸収に伴う原子・分子の電子状態遷移	65
3.2 イオン化・励起から反応へ	68

3.3	光の作用と電子の作用の比較	71
3.4	光源と窓材質	74
4.	熱プラズマの基礎と診断	81
4.1	熱プラズマの概要	81
4.1.1	定義	81
4.1.2	特徴	81
4.1.3	利用	82
4.1.4	発生方法	83
4.2	熱プラズマの性質	84
4.2.1	組成	84
4.2.2	熱力学的物性	85
4.2.3	輸送係数	86
4.3	熱プラズマの輸送現象	88
4.3.1	基礎式	88
4.3.2	プラズマ伝熱	89
4.4	熱プラズマの診断	91
4.4.1	熱的診断	91
4.4.2	分光学的診断	93
4.4.3	電磁波による診断	94
4.4.4	静電探針法	95
4.4.5	温度と流速の同時測定	95
5.	プラズマ CVD の基礎	99
5.1	直流グロー放電	99
5.1.1	プラズマ CVD	99
5.1.2	放電機構と放電の構造	101
5.1.3	DC プラズマ CVD 装置	103
5.2	高周波放電	104
5.2.1	RF プラズマ	104
5.2.2	RF プラズマ CVD 装置	105

5.3	マイクロ波放電	108
5.3.1	MW プラズマ	108
5.3.2	MW プラズマ CVD 装置	111
6.	プラズマ CVD プロセス	117
6.1	プラズマ CVD プロセスの概要	117
6.2	プラズマ CVD 膜の形成法	118
6.2.1	プラズマ CVD 反応	118
6.2.2	プラズマ CVD 膜の種類	119
6.2.3	プラズマ CVD 装置の基本構造	120
6.3	プラズマ CVD 膜の性質とその評価	121
6.3.1	プラズマ CVD 膜の基本的物性	121
6.3.2	プラズマ CVD 膜の評価項目	122
6.3.3	シリコン窒化膜	122
6.3.4	シリコン酸化膜	126
6.3.5	リンシリケートガラス (PSG) 膜	128
6.3.6	オキシナイトライド膜	129
6.3.7	アルミニウム膜	129
6.4	プラズマ CVD プロセスとその応用	130
6.4.1	半導体デバイスへの応用	130
6.4.2	プラズマ CVD 膜とデバイスの信頼性	132
6.4.3	パッシベーション膜に要求される特性	134
6.5	プラズマ CVD 用量産装置	135
6.6	今後の動向	136
7.	光 CVD	139
7.1	光 CVD の歴史	139
7.2	光 CVD の機構	141
7.2.1	電子状態の励起による光化学反応	141
7.2.2	振動状態の励起による光化学反応	143
7.2.3	熱反応による光 CVD	143

7.3 光 CVD による膜形成	144
7.3.1 光 CVD による半導体膜の形成	144
7.3.2 光 CVD による金属膜の形成	146
7.3.3 光 CVD による酸化膜の形成	147
7.3.4 光 CVD によるその他の膜の形成	148
7.4 光 CVD による不純物ドーピング	148
7.5 光 CVD 用装置	150
7.6 光 CVD で形成した膜の性質	151
7.6.1 半導体膜の性質	151
7.6.2 金属膜の性質	153
7.6.3 酸化膜その他の膜の性質	154
7.7 光 CVD の応用	154
7.7.1 半導体膜の応用	154
7.7.2 金属膜の応用	155
7.7.3 その他の膜の応用	156
8. プラズマ重合	161
8.1 有機プラズマ重合膜の作製と特徴	161
8.1.1 重合装置と重合反応	161
8.1.2 プラズマ反応制御因子	162
8.2 プラズマ重合の機構・構造・性質	164
8.2.1 重合機構	164
8.2.2 重合膜の構造	165
8.2.3 重合膜の性質	166
8.3 プラズマ重合膜の応用	167
8.3.1 保護膜	167
8.3.2 分離膜	168
8.3.3 電極表面でのキャラクタリゼーション	175
8.3.4 半導体素子への応用	177
8.4 プラズマ開始重合	180
8.4.1 プラズマ開始重合の特徴と機構	180
8.4.2 プラズマ還元反応	184

8.4.3 超高分子量重合体の合成と応用	184
9. 有機材料のプラズマ表面処理	191
9.1 プラズマを用いた有機材料表面処理の特徴	191
9.2 装置と方法	192
9.3 プラズマ処理法による表面改質	194
9.3.1 プラズマ表面処理の機構	194
9.3.2 プラズマ表面処理の応用	198
9.4 プラズマ重合法による表面改質	201
9.4.1 プラズマ重合による表面改質の機構と応用	201
9.4.2 プラズマグラフト重合による表面改質	203
9.4.3 プラズマ前処理グラフト重合	204
9.4.4 プラズマ開始グラフト重合	205
10. プラズマエッチングの基礎	211
10.1 VLSI の発展とプラズマエッチング技術	211
10.2 ドライエッチング機構と特性	213
10.2.1 エッチングの機構と分類	213
10.2.2 等方性と異方性エッチング	215
10.2.3 プラズマと表面の相互作用と選択性	218
10.3 ドライエッチング装置と方法	225
10.3.1 ドライエッチング装置	227
10.3.2 エッチング因子・条件の効果	231
11. プラズマエッチングプロセス	239
11.1 各種材料のエッチングプロセスと問題点	239
11.1.1 SiO_2 , Si_3N_4	239
11.1.2 多結晶 Si	241
11.1.3 シリサイド, ポリサイド, 耐熱性金属	242
11.1.4 単結晶 Si	243
11.1.5 Al	247

11.1.6	レジスト	249
11.1.7	Ⅲ-V 族半導体	250
11.2	反応性イオンエッチングの他技術への応用	252
11.2.1	エッチバック平坦化法	252
11.2.2	LDD	253
11.2.3	素子分離	253
11.3	照射損傷とごみ問題	254
11.3.1	照射損傷	254
11.3.2	ごみ源	257
11.4	自動化と安全性	258
11.4.1	自動化	258
11.4.2	安全性	261
11.5	今後の動向	263
12.	光エッチング	267
12.1	プラズマ反応系と光励起反応系	267
12.2	レーザアシストエッチングの原理	269
12.2.1	ガス-個体反応にもとづくエッチング	269
12.2.2	ガス-表面相互作用	273
12.3	レーザアシストエッチングの実例	275
12.4	デバイス形成技術への応用	281
12.5	今後の課題と問題点	283
13.	プラズマ表面反応	287
13.1	プラズマ-表面相互作用	287
13.2	プラズマによる表面層の生成	288
13.2.1	プラズマ酸化	288
13.2.2	イオン窒化	289
13.2.3	プラズマ窒化	291
13.2.4	プラズマホウ化	296
13.3	プラズマ CVD による硬質薄膜の生成	296

13.3.1	炭化チタンおよび窒化チタン膜の析出	296
13.3.2	炭素質膜の析出	297
14.	気相熱プラズマプロセス	305
14.1	プラズマプロセスのモデル化	306
14.1.1	熱プラズマの温度および流れ場	306
14.1.2	プラズマの急冷過程	309
14.1.3	不均一系のモデル化	312
14.1.4	均一系のモデル化	316
14.2	プラズマ反応炉の設計・開発	319
14.3	応用	321
14.3.1	装置と方法	322
14.3.2	実例	323
15.	プラズマ製錬・プラズマ溶解	331
15.1	プラズマトーチ	331
15.2	プラズマ製錬	332
15.2.1	酸化鋳の直接還元	333
15.2.2	金属酸化物の炭素溶融還元	337
15.2.3	鋳石の分解処理	339
15.2.4	製錬副産物からの有価成分の回収	342
15.2.5	塩化物の還元および化合物の合成	343
15.3	プラズマ溶解	344
15.3.1	特殊鋼の溶解	344
15.3.2	活性金属の溶解	346
15.3.3	高融点金属の溶解精錬	348
15.3.4	その他の応用例	349
16.	プラズマ表面処理プロセス	355
16.1	プラズマ溶射プロセス	355
16.1.1	装置の基本構成	355

16・1・2	溶射方法	357
16・1・3	セラミック溶射	359
16・1・4	減圧雰囲気中溶射	362
16・2	プラズマ浸炭	366
16・2・1	プラズマ浸炭技術の概要	367
16・2・2	炭素濃度および深さの制御	368
16・2・3	処理方法	369