

目 次

序 文

訳者序文

転載と著作権に対する謝辞

1 気 体

1・1	原子の質量と番号	1
1・2	運動エネルギーと温度	1
1・3	平均速度	2
1・4	Maxwell-Boltzmann 分布	3
1・5	圧 力	4
1・6	分 圧	5
1・7	圧力の単位	5
1・8	Avogadro の法則	6
1・9	気体の密度	6
1・10	入射量	7
1・11	単原子層の形成時間	8
1・12	平均自由行程	8
1・13	衝突確率	9
1・14	衝突周波数	11
1・15	二体衝突でのエネルギー転移	11
1・16	気体の流れ	13
1・17	気体の流れの型	13
1・18	排気速度と排気量	14
1・19	気体流量の測定	15
1・20	レジデンスタイム	16
1・21	流 速	16
1・22	コンダクタンス	17

2 気相の衝突過程

2・1	衝突断面積	19
2・2	弾性衝突と非弾性衝突	21
2・3	平均衝突過程	23
2・3・1	エレクトロンボルト	23
2・3・2	弾性衝突	23
2・3・3	電 離	25
2・3・4	励 起	28
2・3・5	緩 和	30
2・3・6	再結合	32
2・4	その他の衝突過程	35
2・4・1	解 離	35
2・4・2	電子付着	35
2・4・3	イオン-中性原子衝突	36
2・4・4	準安定原子衝突	40
2・4・5	全衝突断面積	42
2・4・6	プラズマ	42

3 プラズマ

3・1	電子温度とイオン温度	45
3・2	プラズマポテンシャル	47
3・3	フローティング基板でのシースの形成	50
3・4	Debye シールド	53
3・5	プローブ特性	56
3・5・1	実用上の問題点	58
3・5・2	正バイアスプローブ	60
3・6	シース形成と Bohm 基準	61
3・6・1	フローティングポテンシャル	65
3・7	プラズマ振動	65

3・7・1	電子振動	66
3・7・2	イオン振動	68
3・8	両極性拡散	68

4 直流グロー放電

4・1	放電構造	72
4・2	放電の維持	75
4・3	2次電子放出	76
4・3・1	電子衝撃	76
4・3・2	イオン衝撃	79
4・3・3	中性粒子衝撃	86
4・3・4	光子衝撃	86
4・3・5	まとめ	88
4・4	カソード領域	88
4・4・1	シース中の電離	90
4・4・2	シース中の電荷交換	93
4・4・3	高速電子の発生	97
4・4・4	空間電荷制限電流	98
4・4・5	カソードシースの構造	105
4・5	アノード領域	106
4・5・1	アノードシースの構造	106
4・5・2	2次電子放出	106
4・5・3	空間電荷制限アノード電流	107
4・5・4	アノードシースの極性	107
4・5・5	アノード領域のおもな作用	108
4・6	グロー領域	108
4・6・1	負グロー中の電離	109
4・6・2	電子エネルギー分布	116
4・6・3	放電中のエネルギー消費	118
4・6・4	放電中の電子同士のエネルギー転移	120

5 高周波放電

5・1	なぜ高周波を用いるか？	127
5・1・1	絶縁物表面の帯電	127
5・1・2	交流放電の利用	129
5・2	高周波電極の自己バイアス	130
5・3	高周波放電の効率	134
5・4	高周波ソース——衝突と変調	138
5・5	整合器	139
5・6	なぜ 13.56 MHz か？	142
5・7	高周波装置の電圧分布	143
5・7・1	Koenig モデルの一般化	145
5・7・2	電圧分布モデルの実験結果	145
5・7・3	スパッタリングと反応性イオンエッチング装置への応用	148
5・7・4	プレーナダイオード反応室への応用	148
5・8	対称型装置	150
5・9	非対称型装置とプラズマポテンシャルの測定	154
5・10	高周波放電の等価回路	156
5・11	プラズモイド	158

6 スパッタリング

6・1	スパッタリングとは	161
6・2	イオンと表面の相互作用	161
6・2・1	スパッタリング機構	162
6・2・2	スパッタリングターゲット力学	164
6・2・3	全体のプロセスのまとめ	167
6・3	スパッタリングの応用	168
6・3・1	スパッタエッチング	168
6・3・2	スパッタデポジション	168
6・3・3	スパッタリングの限界	169

6・4	一般の直流スパッタリング装置	170
6・4・1	スパッタリングガスの選定	171
6・4・2	ガス圧力の選定	172
6・4・3	グロー放電の電氣的条件の選定	173
6・4・4	まとめ	177
6・5	絶縁物のスパッタエッチングとデポジション	177
6・5・1	高周波スパッタリング	177
6・5・2	反応性スパッタリング	178
6・6	スパッタリング装置の現状	178
6・6・1	アースシールド	179
6・6・2	シャッター	181
6・6・3	ターゲットの冷却	181
6・6・4	基板温度の制御	181
6・6・5	電極電圧の測定	183
6・7	デポジションプロセスとしてのスパッタリング	183
6・7・1	薄膜形成	183
6・7・2	基板の寿命	186
6・7・3	放射損傷：発生と除去	196
6・7・4	バイアス技術	197
6・7・5	多成分膜のデポジション	218
6・8	スパッタエッチング	225
6・8・1	パターンの形成	225
6・8・2	エッチング形状	230
6・8・3	表面分析	234
6・8・4	表面洗浄	234
6・8・5	バイアススパッタリングの含み	236
6・9	その他のスパッタリング装置	236
6・9・1	電離の促進	237
6・9・2	ホットフィラメント放電	239
6・10	磁界を用いたスパッタリング装置	240

6・10・1 軸磁場	241
6・10・2 マグネトロン	243
6・11 分析技術とモニタリング技術	250
6・12 イオンビーム装置	251
6・12・1 イオンビーム源	251
6・12・2 イオンビームスパッタリング	252
6・12・3 イオンビームデポジション	255
6・13 イオンプレーティング	256
6・14 活性化反応性蒸着	258
6・15 薄膜の付着力	259
6・15・1 付着力に影響を与える方法	260
6・16 まとめ	263

7 プラズマエッチング

7・1 プラズマアッシング	265
7・2 プラズマエッチング	266
7・3 等方性か“異方性”エッチングか?	267
7・4 反応装置	274
7・5 エッチング機構	276
7・6 選択的エッチングとプラズマ重合	289
7・7 反応室のグロー放電的考察	291
7・8 その他の反応装置	294
7・8・1 化学的ドライエッチング	294
7・8・2 3極型プラズマエッチング	295
7・9 ガス流量の効果	298
7・9・1 低流量領域	299
7・9・2 高流量領域	303
7・9・3 流量依存性	304
7・10 アルミニウムとアルミニウム合金のエッチング	305
7・11 塩素放電中の Si エッチング	308

7・12 エッチングプロセスのモニタリング	309
7・13 プラズマデポジション	309
7・14 まとめ	310

付 録

付録1 気体の物理定数と換算係数	311
付録2 アルゴンの実効的な線励起断面積	312
付録3 基礎データ	316
付録4 基本式	319
(1) 準安定原子の電離度	319
(2) 電子散乱断面積のエネルギー依存性	320
(3) 電子-電子(および電子-イオン)衝突	321
(4) イオンと電子の速度	325
付録5 基礎データ	326
付録6 イオン質量分析データ	329
付録7 スパッタ率データ	334
付録8 その他のスパッタ率データ	343
付録9 参考文献	357

索引	387
----	-----