

目次

1章 プラズマとは

1.1 プラズマの発生と維持	1
1.1.1 自然界のプラズマと人工的につくられたプラズマ	1
1.1.2 プラズマの発生	3
1.1.3 プラズマの維持	3
1.2 プラズマの発生と性質	4
1.2.1 プラズマのエネルギー	4
1.2.2 荷電粒子は衝突する—電離と励起—	7
1.2.3 プラズマ中の損失	9
1.2.4 非熱平衡プラズマと熱平衡プラズマ	10
1.2.5 電子放出と放電回路	11
1.2.6 プラズマと空間電荷層—イオンシース—	13
1.2.7 プラズマの特徴と応用	15
演習問題	23

2章 プラズマの発生形態と回路技術

2.1 放電の形態	25
2.1.1 グロー放電とアーク放電	25
2.1.2 真空アーク放電	30
2.1.3 コロナ放電	31
2.1.4 誘電体バリア放電	32
2.1.5 沿面放電	34
2.2 プラズマの生成	35
2.2.1 プラズマ生成のモデルと定常放電プラズマ	35
2.2.2 直流プラズマ	37
2.2.3 高周波プラズマ (high-frequency plasma)	39
2.2.4 マイクロ波プラズマ	43
2.2.5 パルスプラズマ	46
2.3 電源・回路技術	47
2.3.1 直流放電と電源回路	47

2・3・2 高周波・マイクロ波回路	49
2・3・3 パルス回路	52
演習問題	56

3章 気体および荷電粒子の運動

3・1 熱平衡と非熱平衡	57
3・1・1 物質中の熱エネルギーの移動と熱平衡	57
3・1・2 格子振動のエネルギー	58
3・2 粒子の分布	60
3・2・1 速度分布則	60
3・2・2 衝突断面積と平均自由行程	63
3・2・3 粒子の移動と拡散	66
3・3 電離と励起	70
3・3・1 弾性衝突と非弾性衝突	70
3・3・2 電離と励起過程	72
3・4 密度と温度	74
3・4・1 密度と圧力	74
3・4・2 プラズマのもつエネルギー	75
3・5 電子放出	76
3・5・1 正イオンや準安定原子による電子放出	76
3・5・2 熱電子放出	76
3・5・3 光電子放出	77
3・5・4 電界放出	77
3・6 プラズマの発生	78
3・6・1 タウンゼント理論	78
3・6・2 パッシェンの法則	80
3・7 電界中の運動	81
3・8 一様定常磁界中の運動	84
3・9 一様定常磁界と電界中の運動	86
3・10 水素原子の模型	87
3・10・1 電子の軌道半径	87
3・10・2 核外電子のエネルギー	89
演習問題	93

4章 プラズマの集団的性質とプラズマ計測

4・1 プラズマの集団現象	95
4・1・1 デバイ遮へい	95

4・1・2 プラズマ振動	98
4・1・3 電子プラズマ波	100
4・1・4 プラズマ中の電磁波の伝搬	102
4・2 イオンシースの形成	105
4・2・1 イオンシースとは	105
4・2・2 容器の内壁に形成されるイオンシース	106
4・2・3 負電圧を加えた電極に形成されるシース	108
4・3 プラズマの計測	109
4・3・1 ラングミュアプローブ法(単探針法)	109
4・3・2 エミッシブプローブ法	112
4・3・3 マイクロ波計測法	114
4・3・4 発光分光法	117
演習問題	126

5章 環境改善へのプラズマ応用

5・1 環境問題とプラズマ	127
5・2 空気をきれいに	129
5・2・1 大気汚染物質	129
5・2・2 コロナ放電を利用した窒素酸化物処理	131
5・2・3 誘電体バリア放電を利用したオゾン生成	134
5・2・4 コロナ放電を利用した微粒子捕集	137
5・2・5 室内空気清浄	139
5・3 水をきれいに	141
5・4 資源を大切に	143
5・4・1 アークプラズマによる都市ごみ処理	143
5・4・2 リサイクル	144
演習問題	145

6章 材料プロセスへのプラズマ応用

6・1 集積回路について	147
6・2 微細構造の作製プロセス	148
6・3 プラズマ装置とプラズマの役割	150
6・4 プラズマに接した固体表面で何が起こるか	151
6・4・1 物理的作用により起こる表面現象	152
6・4・2 入射粒子の化学反応が表面現象に及ぼす効果	154
6・5 集積回路製造用プラズマ材料プロセスの具体例	158
6・5・1 スパッタリングプラズマ源による金属薄膜の堆積	158

6.5.2 金属配線間の絶縁膜の堆積	159
6.5.3 シリコン酸化膜のエッチング	160
6.6 まとめ	162
演習問題	162

7章 光源へのプラズマ応用

7.1 プラズマによる発光	165
7.2 照明用光源	167
7.2.1 ナトリウムランプ	167
7.2.2 蛍光灯	168
7.2.3 水銀ランプ	169
7.2.4 無電極放電ランプ	171
7.3 紫外線の応用	171
7.3.1 硬化や接着	171
7.3.2 農業・漁業への応用	171
7.4 真空紫外の発生とその応用	173
7.4.1 分子の結合エネルギー	173
7.4.2 真空紫外線の放射	174
7.4.3 エキシマランプ	174
7.4.4 エキシマレーザ	177
7.4.5 プラズマテレビ	179
7.4.6 分子の切断, 置換	180
7.4.7 光CVD - 薄膜形成	181
7.4.8 エキシマレーザリソグラフィ	182
7.4.9 EUV リソグラフィ	182
演習問題	182

8章 熱プラズマ加工技術

8.1 熱プラズマ加工技術について	185
8.2 熱プラズマとは	185
8.2.1 熱プラズマの概要	185
8.2.2 熱プラズマ発生方式	187
8.2.3 減圧下での熱プラズマ	189
8.3 熱プラズマ成膜技術	191
8.3.1 溶射法	191
8.3.2 熱プラズマ蒸着法	196
8.4 熱プラズマ加工技術	198

8.4.1 溶接・切断 (溶断)	199
8.4.2 プラズマ溶解 (溶融)・精錬	201
8.4.3 放電加工	203
演習問題	206

付 録	207
演習問題解答	213
参 考 文 献	223
索 引	229