

## 目 次

## 謝 辞

第1章 緒 論 .....	1
記号一覧表 .....	4

## A 編 物 理 過 程

第2章 分子-分子間および分子-表面間の相互作用 .....	11
2.1 分子間のエネルギー .....	11
2.1.1 ファンデルワールス・エネルギーと原子価エネルギー .....	13
2.1.2 誘起エネルギーと静電エネルギー .....	17
2.2 分子同士の衝突 .....	18
2.3 分子と表面間のエネルギー .....	22
2.3.1 物理吸着のエネルギー .....	22
2.3.2 化学吸着のエネルギー .....	29
2.4 分子と表面間の動的相互作用 .....	37
2.4.1 蒸 気 圧 .....	38
2.4.2 吸 着 等 温 線 .....	40
2.4.3 分子と表面の衝突：適応，凝縮，付着 .....	55
2.4.4 表面からの分子の脱離 .....	75
2.4.5 混合気体の吸着，クライオ・トラッピング，置換 .....	85
2.5 固体に対する気体の拡散，溶解，透過 .....	91
2.5.1 半無限固体，板，円筒，球における気体の溶解と放出 .....	94
2.5.2 真空容器の壁からの気体の溶出と透過 .....	101
2.5.3 拡散方程式の理想的条件における解の変形 .....	104
2.5.4 実際の超高真空における拡散機構の実例 .....	108
第3章 気体中の衝突過程 .....	113
3.1 電子と原子，分子の弾性衝突 ( $e_0/e_0$ ) .....	114
3.2 電子-原子の非弾性衝突 .....	118
3.2.1 イオン化 .....	118
3.2.2 励 起 .....	120
3.3 原子-原子とイオン-原子の弾性衝突 (00/00, 10/10) .....	124

3.4	イオン-原子衝突における非弾性効果	127
3.4.1	電荷移動(10/01)	127
3.4.2	励起(10/10')	129
3.4.3	イオン化(10/11)	130
3.5	光吸収と光イオン化	134
3.6	陽イオンの再結合	136
第4章	荷電粒子と表面の相互作用	139
4.1	表面による電子の散乱	139
4.1.1	散乱電子のエネルギー	139
4.1.2	電子の弾性反射	140
4.1.3	特性エネルギー損失と再拡散電子	157
4.1.4	2次電子放出	165
4.2	電子衝撃脱離	173
4.2.1	吸着層からの電子衝撃脱離	174
4.2.2	厚い層からの電子衝撃脱離	179
4.2.3	状態不明の表面における電子衝撃脱離	181
4.2.4	電子衝撃脱離の理論	183
4.3	高エネルギー原子, イオンによる表面の衝撃	188
4.3.1	後方散乱	193
4.3.2	スパッタリング	200
4.3.3	放射線損傷	213
4.3.4	捕捉と再放出	218
4.3.5	侵入とチャンネルリング	227
4.3.6	電子放出	233
4.4	高温表面からのイオン放出	240
4.4.1	熱イオン放出	240
4.4.2	表面イオン化	242
第5章	放射と表面との相互作用	245
5.1	光電子放出	245
5.2	光子と吸着気体の相互作用	250
第6章	極低圧における材料の機械的性質	255
6.1	凝着または低温溶着	255
6.2	摩擦, 潤滑, 摩耗	258
6.3	クリープ, 疲労, 破壊	260

## B編 圧力測定

第7章 圧力測定に関する一般論	265
7.1 超高真空計の校正	265
7.1.1 圧力の絶対測定	265
7.1.2 マクラウド真空計	266
7.1.3 低い圧力への拡張	268
7.1.4 各種気体に対する相対感度	276
7.2 測定系における気体の排気と放出	277
7.2.1 真空計内の気体の排気作用と再放出	277
7.2.2 高温表面における気体反応	288
7.2.3 配管内における気体の排気と放出(ブレアズ(Blears)効果)	293
7.3 定常でない環境における圧力測定	294
7.4 残留電流	300
7.4.1 軟X線光電子放射	300
7.4.2 電子衝撃脱離	303
7.5 電流測定法	307
7.5.1 超高真空における電流捕集の一般的諸問題	308
7.5.2 DC増幅器による測定	309
7.5.3 電子増倍管	309
7.5.4 変換シンチレーション検出器	312
7.6 陰極および陰極効果	313
第8章 全圧真空計	319
8.1 熱陰極真空計	319
8.1.1 ベアード-アルパート真空計	320
8.1.2 サプレッサー真空計	328
8.1.3 エクストラクター真空計	331
8.1.4 オービトロン真空計	332
8.1.5 磁界を用いた熱陰極真空計	334
8.1.6 その他の熱陰極真空計	337
8.1.7 残留電流の測定	339
8.2 直交電磁界冷陰極真空計	344
8.2.1 ペニング真空計	345
8.2.2 マグネトロン真空計	346
8.2.3 逆マグネトロン真空計	348
8.2.4 電流-圧力特性と振動特性	349
8.3 全圧計の比較	352

第9章 分圧計	355
9.1 質量分析計	355
9.1.1 一般的特性	356
9.1.2 超高真空質量分析計の例	360
9.1.3 分圧分析における計測上の諸問題	368
9.1.4 ふつうよく観測される質量数	370
9.2 脱離スペクトロメーター	371
9.2.1 化学脱離スペクトロメーター	371
9.2.2 物理脱離スペクトロメーター	377
9.3 電界放出あるいは仕事関数の変化を用いた真空計	381

## C 編 超高真空の作成

第10章 超高真空の処理技術	385
10.1 材料の前処理	386
10.2 ベーキング操作	389
10.3 ベーキング後の脱ガス操作	394
第11章 超高真空用ポンプ	397
11.1 分子ドラッグ・ポンプとターボ分子ポンプ	397
11.2 拡散ポンプ	398
11.3 クライオ・ポンプ	401
11.3.1 クライオ・ソープション・ポンプ	403
11.3.2 クライオゼニック・ポンプ	410
11.4 ゲッター・ポンプ	418
11.4.1 ゲッター材料	418
11.4.2 ゲッター・ポンプの形式	422
11.5 イオン・ポンプ	424
11.5.1 スパッター・イオン・ポンプ	426
11.5.2 ゲッター・イオン・ポンプ	430
11.6 超高真空ポンプの特性の比較	435
第12章 超高真空装置の実例	437
12.1 小型ガラスおよび金属装置	437
12.1.1 装 置	437
12.1.2 得られた残留気体の状態	438
12.1.3 到達真空状態を決定する現象過程	442
12.1.4 気体の導入	448

12.2 大型超高真空装置 .....	451
12.2.1 中位寸法( $<10^3$ l)の一般的真空装置 .....	452
12.2.2 クライオゼニック装置 .....	453
12.2.3 加速器真空系 .....	454
12.2.4 プラズマ物理研究装置 .....	455
12.2.5 スペース・シミュレーター .....	456
文 献 .....	457
新しい文献 .....	494
訳者あとがき .....	505
事 項 索 引 .....	507
人 名 索 引 .....	525