

目次

CONTENS

第1部 真空系の基礎設計

はじめに3

第1章 真空排気系の基礎設計

1 高真空排気ポンプの選択6

1.1 油拡散ポンプ (DP) が適合する場合6

1.2 ターボ分子ポンプ (TMP) が適合する場合6

2 高真空排気ポンプの排気速度の決定7

2.1 体積排気特性7

2.2 定常排気特性 (表面排気)7

3 粗引きポンプの排気速度の決定7

3.1 体積排気特性7

4 補助排気ポンプの排気速度の決定8

4.1 過大ガス負荷領域をすみやかに通過させるために9

4.2 空間ガス負荷対策9

4.3 クロスオーバーにおけるガス放出負荷対策12

4.4 油拡散ポンプ (DP) 排気系の制御12

4.5 ターボ分子ポンプ (TMP) 排気系の制御13

第2章 真空ポンプ

1	油回転ポンプ (RP) とルーツポンプ	14
1.1	翼型油回転ポンプ	15
1.2	ルーツポンプ (別名: メカニカルブースターポンプ)	16
2	ドライポンプ	17
3	油拡散ポンプ (DP)	19
3.1	油蒸気の逆流特性	20
3.2	ポンプの作動油	21
4	ターボ分子ポンプ (TMP)	25
4.1	ターボ分子ポンプ (TMP) の排気系	25
4.2	TMP 排気系の運転	26
5	スパッタイオンポンプ (SIP)	26
5.1	排気のマニズム	26
5.2	放電強度	27
5.3	不活性ガスの排気	29
6	チタンサブレーションポンプ (TSP)	39
7	非蒸発ゲッターポンプ (NEG)	41
8	クライオポンプ (CP)	42
8.1	排気特性	43
8.2	排気系	44
8.3	排気系の設計上の注意	44
8.4	再生作業と保守	45

第3章 圧力測定

1	真空計	57
1.1	機械的真空計	57
1.2	熱伝導真空計	61
1.3	電離真空計	63
2	残留ガス分析計	81
2.1	磁場セクター型ガスアナライザー	81
2.2	4重極子マスフィルター	83

第4章 洗 浄

1	洗浄工程	97
1.1	洗浄の種類と工程	97

1.2	各種材料の洗浄工程	98
1.3	結 論	108
2	有機溶剤による洗浄	109
2.1	溶剤の物性	109
2.2	有機溶剤の引火性と毒性	109
2.3	水系洗浄溶液による洗浄	111
3	プラズマ洗浄	112
4	洗浄に関する論文	112

第5章 リークテスト

1	ヘリウム漏れ試験方法	117
1.1	分析管の動作原理	117
1.2	試験装置	118
1.3	真空吹き付け法 (スプレー法)	118
1.4	真空外覆法 (真空フード法)	119
1.5	真空積分法	119
1.6	吸い込み法 (スニッファー法)	120
1.7	加圧積分法	123
1.8	吸盤法 (サクシジョンカップ法)	126
1.9	真空容器法 (ベルジャー法)	126
1.10	浸漬法 (ボンピング法)	126
2	その他のリークテスト	129
2.1	ヘリウムリークディテクターが利用できる場合	129
2.2	残留ガス分析計 (マスフィルターなど) が利用できる場合	129
2.3	電離真空計が備わっている場合	130

第6章 構成材料のガス放出

1	ガス放出のプロセス	131
1.1	熱励起ガス放出	131
1.2	電子励起脱離 (ESD)	136
2	ガス放出速度の測定方法	136
2.1	差動的圧力上昇法	137
2.2	可変コンダクタンス法	140
2.3	新しい3点圧力法	143
2.4	新しい2点圧力法	144
2.5	1点圧力法	145

2.6	コンダクタンス変調法 (CM 法)	145
2.7	流路切り替え法	146
2.8	各種測定方法の比較	148
3	ガス放出速度のデータ	150
3.1	熱励起ガス放出	150
3.2	電子励起脱離 (ESD)	154
4	超高真空用金属材料の表面処理	155
4.1	ステンレス鋼	155
4.2	アルミニウム合金	167
4.3	銅と銅合金	169
4.4	チタン	172

第7章 圧カシミュレーション

1	真空回路の基礎	181
1.1	従来の圧力解析	181
1.2	真空ポンプの排気機能	182
1.3	チャンバー壁のガス放出機能	183
1.4	真空回路	183
2	ガスフローによる空間圧力分布	185

第2部 マイクロ・ナノ電子ビーム装置の真空システム技術

第1章 電子顕微鏡の真空排気系

1	電子顕微鏡の真空中的特徴	191
1.1	透過型電子顕微鏡 (TEM) の鏡体各部の構造と材料	191
1.2	鏡体各部の機能と真空	193
2	電子顕微鏡の油拡散ポンプ排気系	193
2.1	透過型電子顕微鏡 (TEM) の DP 排気系	195
2.2	走査型電子顕微鏡 (SEM) の DP 排気系	202
3	電子顕微鏡と表面分析装置の超高真空系	202
3.1	透過型電子顕微鏡 (TEM) の超高真空系	204
3.2	表面分析装置の超高真空系	207
3.3	構成材料の表面処理	210
3.4	真空装置内のほこり (パーティクルコンタミネーション) 対策	211

第2章 電子顕微鏡における各部圧力のシミュレーション

1	真空回路の設計	213
2	抵抗回路網シミュレータによる圧力解析	214
3	コンピュータによるマトリックス解析	216
4	真空回路による高真空系の解析事例	219

第3章 微細電子ビーム照射によって誘起される試料汚染

1	炭化水素ガス分子の輸送	221
1.1	Ennos の実験	221
1.2	Christy の解析	225
1.3	Wall の解析	227
1.4	Yoshimura <i>et al.</i> の実験	228
2	二次電子像 (SEI) の暗化	231
2.1	Gressus <i>et al.</i> の実験	232
2.2	Yoshimura <i>et al.</i> の実験	232
3	カーボン試料のエッチング現象	232
3.1	Heide の実験	234
3.2	ノウハウ技術	235
4	汚染となる材料	236

第4章 真空中での放電

1	インシュレータ沿面放電	239
1.1	放電に関わる因子	239
1.2	インシュレータの表面の帯電	240
1.3	沿面放電のメカニズム	241
1.4	インシュレータの表面性状	246
1.5	カソード側のインシュレータ・電極接合部 (トリプルジャンクション) の形状	249
1.6	SF ₆ ガス中での沿面放電	251
2	電極ギャップ放電	251
2.1	アノード開始説	251
2.2	イオン交換現象と全電圧効果	254
2.3	電極表面上のウィスカー	259
2.4	電極表面のガス分子	259

第5章 微細電子ビームエミッタ

1	タングステン(W)-FE エミッタ	267
1.1	Crewe <i>et al.</i> のFE 電子線源をもつ電子銃の研究	268
1.2	エミッション特性とエミッションノイズ	275
1.3	リモルディング処理とビルドアップ処理	277
2	ZrO/W エミッタ	280
2.1	ZrO/W エミッタのエミッション特性	280
3	ランタンヘキサボライド (LaB ₆) エミッタ	287
3.1	Lafferty のホウ化物の熱電子放出特性の研究	287
4	その他の電子線源	292

第3部 真空技術の基礎の諸式とJIS資料

1	真空技術用語	299
1.1	真空技術一般用語	299
1.2	圧力の単位	302
1.3	真空ポンプ関連用語	303
1.4	真空計および関連用語	306
2	真空装置用図記号	309
2.1	真空ポンプと関連部品	309
2.2	真空フランジ・排気管・弁などの図記号	310
2.3	真空ゲージの図記号	311
3	真空装置用フランジ	312
3.1	真空装置用フランジ	312
3.2	真空装置用クランプ形継手	315
3.3	真空装置用ベークブルフランジ	317
4	気体分子の運動	322
4.1	蒸気圧	322
4.2	入射頻度	322
4.3	平均自由行程	323
4.4	コンダクタンス	323
4.5	排気特性	326
4.6	吸着	326
4.7	脱離	327
4.8	拡散	328
4.9	表面排気	328