



次

- 監修のことば
- 超精密生産技術大系 全4巻 第4巻発刊によせて
- 第4巻発刊のことば
- 執筆者一覧

第1編 総論

第1章 超精密生産技術の概要

まえがき	3	2. 超精密計測・評価法	4
1. 超精密加工法	3	あとがき	4

第2章 超精密生産技術の応用

第1節 基本加工技術	5	4. 超精密部品の研削加工の実際的手法	11
まえがき	5	5. 超精密加工機の応用事例	13
1. 超精密加工における設計の重要性	6	あとがき	19
2. 超精密加工の流れ	7		
3. 切削屑/研削屑創成の機構の把握	9		
第2節 装置化技術	20	6. 平均化原理による加工	22
まえがき	20	7. 加工変質層	24
1. 除去加工・成形加工・付加加工	20	8. 計測技術	25
2. 母性原理と平均化原理	21	9. プロセス技術のケーススタディ	25
3. 母性原理による加工	21	10. RIEのケーススタディ	26
4. 母性原理による接触加工	21	あとがき	28
5. 母性原理による非接触加工	22		
第3節 応用分野——部品・装置への適用	29		
まえがき	29	2. 超精密生産技術の適用部品・装置	29
1. 高性能部品製作への要求条件	29	あとがき	31

第2編 半導体素子の超精密生産技術

第1章 概 要

..... <安永暢男> ... 35

第2章 半導体素子とデバイス

第1節 半導体製造技術の概要	<中島 蕃>...	38	
1. 半導体の物理.....	38	2.7 CMOS回路.....	47
1.1 エネルギー・バンド.....	38	3. LSIの種類	47
1.2 導体, 半導体, 絶縁体.....	39	3.1 LSIの分類	47
1.3 電子と正孔.....	39	3.2 DRAMのメモリセル構造と動作原理	48
1.4 n形半導体とp形半導体.....	40	3.3 EEPROMのメモリセル構造と書換え動作.....	49
1.5 フェルミ準位.....	41	4. LSIの製造技術	50
2. 半導体素子の基本的な動作.....	41	4.1 基本的な製造技術.....	50
2.1 pn接合	41	4.2 基板工程の製造フロー.....	54
2.2 バイポーラトランジスタ.....	43	4.3 配線工程の製造フロー.....	56
2.3 MOSダイオード	44	4.4 故障解析技術.....	58
2.4 MOSFET	45		
2.5 スケーリング則.....	46		
2.6 ホットキャリア効果.....	46		
第2節 GaAs集積回路	<浅井和義>...	59	
まえがき.....	59	2. GaAs集積回路	61
1. GaAsデバイスの種類と特徴	59	2.1 GaAs・LSI	61
1.1 GaAsデバイスの種類と構造	59	2.2 超高速IC.....	61
1.2 GaAsデバイスの性能と微細化技術	60	2.3 MMIC.....	61
		あとがき.....	62
第3節 光電変換素子——太陽電池	<津田信哉>...	64	
まえがき.....	64	3. アモルファスシリコン太陽電池.....	67
1. 単結晶シリコン太陽電池.....	64	3.1 基本的な製造プロセス.....	67
1.1 製造プロセス.....	64	3.2 製造プロセスの進展.....	67
1.2 素子構造と特性.....	65	3.3 素子構造と特性.....	67
2. 多結晶シリコン太陽電池.....	66	3.4 集積型構造.....	68
2.1 製造プロセス.....	66	4. その他の太陽電池.....	69
2.2 素子構造と特性.....	66	あとがき.....	70
第4節 半導体センサ——ひずみ, 力学量, 感圧	<五十嵐伊勢美>...	71	
まえがき.....	71	3.1 半導体ひずみゲージ.....	74
1. シリコンの特徴.....	71	3.2 マイクロ血圧計.....	75
2. シリコンのピエゾ抵抗効果.....	72	3.3 小形圧力・流速複合センサ.....	75
3. 各種センサ.....	74	あとがき.....	76

第5節 液晶ディスプレイ素子 .....			.....<角田 市良>...	77
1. 液晶ディスプレイの有用性.....	77	4.2 TFT方式		79
2. セグメント形表示方式.....	78	4.3 ダイオード方式.....		81
3. 単純マトリックス (DM) 形表示方式	78	4.4 MIM方式		82
4. アクティブマトリックス (AM) 形		4.5 バリスタ方式.....		83
表示方式.....	78	5. 液晶ディスプレイの将来の展開と課題...		83
4.1 MOS形FET方式	78			

第6節 弾性表面波 (SAW) デバイス .....			.....<山本 泰司>...	86
1. SAWデバイスの概要	86	2.3 SAWデバイスの機能		89
1.1 SAWの特徴	86	2.4 SAWデバイスの構造		90
1.2 SAWデバイスの応用分野	86	3. SAWデバイスの製造工法		90
2. SAWデバイスのしくみ	87	3.1 ウェーハ工程.....		90
2.1 すだれ状電極 (IDT)	87	3.2 組立工程.....		91
2.2 圧電基板.....	88	あとがき.....		91

■第3章 ウェーハ製造プロセス技術

第1節 単結晶成長装置 .....			.....<千川 圭吾>...	93
1. Si 結晶成長方法と原理	93	の発展.....		94
1.1 結晶成長方法の分類と用途.....	93	2.1 無転位化と大形化.....		95
1.2 FZ法の原理と特徴	93	2.2 酸素濃度制御と磁界技術.....		95
1.3 CZ法の原理と特徴	94	2.3 連続引上げ技術.....		98
2. CZ法 Si 単結晶成長技術および成長装置				

第2節 ウェーハ加工装置 .....			.....<木下 正治>...	100
まえがき.....	100	2. ポリッシング装置.....		105
1. スライシング装置.....	100	2.1 片面研磨装置.....		105
1.1 内周刃切断装置.....	100	2.2 両面研磨装置.....		106
1.2 マルチワイヤソー.....	104	2.3 枚葉式研磨装置および全自動研磨		
1.3 マルチブレードソー.....	105	装置.....		107

第3節 結晶膜成長装置 .....			.....<前田 和夫>...	110
1. 半導体デバイスにおける結晶膜成長技術	110	4. 結晶膜成長装置の実際.....		112
2. 結晶膜形成方法の分類.....	110	4.1 エピタキシャル膜形成装置.....		112
3. 結晶膜形成装置の基本技術.....	111	4.2 ポリシリコン膜形成装置.....		112
3.1 装置の基本要素.....	111	4.3 アモルファスシリコン膜形成装置...		116
3.2 プロセス要素.....	112	5. 今後の展望.....		117
3.3 装置の基本特性.....	112			

第4節 接合形成装置 .....			.....<鎌田 正/鈴木 匡>...	118
1. イオン打込み装置.....	118	2.1 高精度温度制御技術.....		124
1.1 中電流イオン打込み装置.....	118	2.2 炉内気流制御技術.....		124
1.2 大電流イオン打込み装置.....	119	2.3 装置クリーン化技術.....		125
1.3 高エネルギーイオン打込み装置.....	123	2.4 省エネルギー化技術.....		125
2. 酸化熱処理装置.....	123	2.5 今後の展望.....		125

第5節 電極形成装置	……………<天沢 敬生>…		127
まえがき	127	2. 電極配線形成装置の種類と変遷	128
1. ウェーブプロセスに用いられる電極配線材料	127	3. 電極配線形成装置の構成	129

第6節 空気清浄化関連装置	……………<大塚 一彦>…		133
はじめに	133	2.1 エアフィルタ	134
1. クリーンルームと空気清浄度	133	2.2 天井システム, クリーンベンチ	135
2. 空気清浄化関連装置	134	2.3 パーティクルカウンタ	137

■第4章 微細露光装置

第1節 光学露光装置	……………<三村 義昭>…		139
まえがき	139	——「ステップ」	143
1. 光露光技術の原理	139	6.1 ステップの構成	143
2. 露光方式による分類	139	6.2 KrFエキシマステップ	149
3. リソグラフィ技術に必要な性能	140	6.3 各種超解像技術	149
4. コンタクト/プロキシミティ露光	141	6.4 その他の性能改善技術	151
5. ミラープロジェクトション露光	142	あとがき	151
6. 縮小レンズプロジェクトション露光			

第2節 電子ビーム露光装置	……………<飯田 康夫>…		153
1. 応用分野	153	3. 描画速度の高速化に伴う課題	157
2. 露光原理とシステム的な発展	154	4. 今後の課題	157

第3節 X線露光装置	……………<宇根 篤暢>…		158
1. X線露光法	158	5. SORステップ	162
2. SORリソグラフィシステム	158	5.1 ステップの構造	162
3. SORリング	159	5.2 総合性能	164
4. ビームライン	160		

第4節 精密機構技術	……………<東条 徹>…		168
1. 機構技術を支える要素・機器	168	2.1 縮小投影露光装置	173
1.1 案内面	168	2.2 X線露光装置	173
1.2 アクチュエータおよび駆動方法	169	2.3 電子ビーム描画装置	175
1.3 位置検出と位置制御	171	あとがき	177
2. 半導体製造装置での機構技術例	173		

■第5章 微細加工装置

第1節 マスク製造装置	……………<鈴木 和夫/斎藤 之雄>…		180
1. 成膜装置	180	4. レーザビーム露光装置	184
2. レジストコータ	181	5. プロセッサ	186
3. 電子ビーム露光装置	181	6. 寸法測定機	186
3.1 ベクタースキャンタイプ	181	6.1 ㈱ニコン製 MPA-3	186
3.2 ラスタースキャンタイプ	184	6.2 ㈱ニコン製 LASER XY-5 i	186

7. 欠陥検査機	187	8. 修正機	190
7.1 米国KLA Instruments Corp.製 KLA331	188	8.1 セイコー電子工業株式会社製 SIR-1500	190
7.2 イスラエルORBOT Instruments LTD.製RT-8000	189	8.2 MICRION社製 MICRION8000	190
7.3 株式会社ニコン製 RMX-3P改	189	9. 洗浄機	191
第2節 レジスト処理装置		<平井博之>	
1. 概要	192	2.5 低パーティクル	194
1.1 技術の流れ	192	2.6 高スループット, その他	194
1.2 各部の解説	193	2.7 安全性	195
2. 装置の特徴	193	3. プロセス性能	195
2.1 省スペース	193	3.1 レジスト膜厚均一性	195
2.2 ハーフミクロン対応	194	3.2 レジスト線幅均一性	195
2.3 タクト管理	194	4. 今後の装置	196
2.4 SIノズル現像	194		
第3節 ドライエッチング装置		<塚田 勉>	
まえがき	197	2.2 RIE装置	199
1. エッチング機構	197	2.3 ECR等の装置	201
2. ドライエッチング装置の種類	198	2.4 イオンビームエッチング装置	202
2.1 プラズマエッチング装置	199	3. 最近のエッチングプロセス	202
第4節 微粒子噴射加工装置		<三島彰生>	
まえがき	204	2.2 基板とレジストマスクの選択比に及 ぼす影響因子	206
1. 開発装置の概要	204	2.3 面加工への応用	207
2. 加工実験結果	205	あとがき	208
2.1 噴射加工量に及ぼす影響因子	205		
■第6章 アッセンブリー・パッケージング装置			
第1節 ダイシング装置		<荒井一尚>	
まえがき	209	2.2 パッケージの薄形化	217
1. ダイシング加工とは	209	2.3 デュアルダイサーの加工例	218
2. デュアルダイサー	217	3. 最近の装置傾向	222
2.1 デュアルダイサーの要求	217		
第2節 レーザトリミング装置		<坂口 巧>	
まえがき	223	2.2 光学系	227
1. レーザトリミング	223	2.3 測定器	228
1.1 概要	223	2.4 ハンドリング装置	228
1.2 抵抗材料	223	2.5 制御系	228
1.3 加工プロセス	223	2.6 ソフトウェア	228
1.4 ファンクショントリミング	226	3. 安全	228
2. レーザトリミング装置	227	あとがき	228
2.1 レーザ発振器	227		

第3節	パッケージング装置——モールドイング ……………	<堤 康次/柳谷孝二>…	229
1.	低圧トランスファ成形とパッケージング装置の概要……………		229
1.1	低圧トランスファ成形……………		229
1.2	低圧トランスファ成形用パッケージング装置の概要……………		229
2.	パッケージング装置の詳細と装置技術……………		229
2.1	ローダユニットの詳細……………		230
2.2	成形プレスの詳細……………		230
2.3	アウトローダの詳細……………		232
3.	封止用モールド金型の精密加工……………		232
3.1	モールド金型の加工精度の必要性……………		232
3.2	モールド金型の加工の概要……………		232
4.	パッケージング装置の自動化と今後の動向……………		233
4.1	装置のフレキシブル化……………		233
4.2	装置の自動管理……………		234
4.3	FA化とインライン化……………		234
5.	最近のパッケージング装置……………		235
第4節	プローバ——全自動ウェーハプロービング装置 ……………	<水村 勉>…	236
1.	フルオートプローバの構成, 基本動作……………		237
1.1	ローダ……………		237
1.2	ウェーハアライメント……………		237
1.3	ステージ……………		237
2.	フルオートプローバの新技术……………		238
2.1	自動針合せ……………		238
2.2	高周波測定対応……………		238

第3編 情報処理関連機器の超精密生産技術

■第1章 概 要

……………	<三宅正二郎> …	243
-------	-----------	-----

■第2章 磁気記録装置

第1節	磁気ディスク装置 ……………	<三浦義正>…	246
まえがき……………			246
1.	磁気ディスク装置技術の動向……………		246
2.	HDDの機構と制御……………		247
2.1	ディスク回転機構……………		247
2.2	ヘッド位置決め機構……………		248
2.3	ヘッド・ディスク・インタフェース:HDI……………		248
3.	ディスク媒体……………		250
4.	磁気ヘッド技術……………		251
あとがき……………			253
第2節	ハードディスク用アルミ基板 ……………	<川久保洋一>…	254
まえがき……………			254
1.	磁気ディスク記憶装置および塗布型磁気ディスクの概要……………		254
2.	超精密切削加工の導入……………		255
3.	超精密切削加工の改良……………		255
3.1	バイト寿命の向上の検討……………		255
3.2	反射回折光を用いた自動化の検討……………		256
3.3	バイトの初期角度設定の自動化……………		257
あとがき……………			258
第3節	ハードディスク用ガラス基板 ……………	<上村 宏>…	259
まえがき……………			259
1.	基板に要求される特性……………		259
2.	ガラス基板の特長……………		259
2.1	ガラスの種類と物性……………		259
2.2	ガラス基板の特長……………		259
3.	加工プロセス……………		260
3.1	内外径加工……………		261
3.2	ラッピング……………		261
3.3	研 磨……………		261
3.4	洗 浄……………		262

3.5 化学強化	262	3.7 検査	264
3.6 テクスチャ加工	263	4. 今後の展望	264
第4節 ハードディスク媒体・保護膜・潤滑剤塗布 ……………<柳沢雅広>… 265			
まえがき	265	2. 媒体・保護膜・潤滑膜の特性と材料および成膜法	266
1. ハードディスクの構成と材料, 成膜法	265		
第5節 磁気ヘッド—薄膜ヘッド, フェライトヘッド ……………<三宅正二郎>… 272			
1. 薄膜ヘッド	272	1.2 磁性薄膜の成膜法	273
1.1 薄膜ヘッドの製作プロセス	272	2. フェライトヘッド成形加工	274

■第3章 プリンタ

第1節 光プリンタ—光走査系としてのポリゴンスキャナ技術 ……………<堀川 宏>… 276			
まえがき	276	3. ポリゴンミラーの特性と加工	282
1. レーザプリンタとポリゴンスキャナ	276	3.1 ミラーの特性	282
2. ポリゴンスキャナの性能と特性	277	3.2 ミラーの加工	284
2.1 ジッタとその要因	278	あとがき	284
2.2 駆動方法	281		
第2節 インクジェットプリンタ ……………<中 隆廣>… 286			
まえがき	286	2.3 感光性樹脂	289
1. インクジェットヘッドの動作原理	286	3. ノズル形成	290
2. 流路形成	286	4. アクチュエータ	290
2.1 ガラス流路	287	5. 今後の課題	291
2.2 プラスチック成形流路	288		
第3節 ワイヤドット ……………<永井 武>… 292			
まえがき	292	1.7 コントロール部	295
1. シリアルワイヤドットプリンタの構成	293	2. ワイヤドットラインプリンタ	295
1.1 印字ヘッド機構	293	3. ワイヤドットプリンタに使われる材料	296
1.2 文字生成機構	294	3.1 ワイヤ	296
1.3 スペース機構	295	3.2 ヘッド—ワイヤ先端のガイド	296
1.4 改行機構	295	3.3 アーマチュア—電磁マグネット	296
1.5 紙送り機構	295	3.4 フラットケーブル	296
1.6 インクリボンおよびその送り機構	295	3.5 ワイヤの中間部を支えるガイド	296

■第4章 ディスプレイ

第1節 液晶ディスプレイ ……………<川田忠通>… 297			
1. 液晶	297	3.2 液晶セル製造における問題点	299
2. LCDの動作と種類	297	3.3 モジュール組立て	299
2.1 TN-LCDの動作	297	4. アクティブマトリックスLCD	299
2.2 マトリックス表示	297	4.1 TFT-LCDの製造法	299
3. LCDの構造および製造法	298	4.2 a-Si TFTとpoly-Si TFT	300
3.1 液晶セル製造工程	298	4.3 アクティブマトリックスLCD	

の今後	301		
第2節 フラットCRT		<野々村欽造>	302
1. 単電子源構成フラットCRT	302	3.2 大型MDS方式	304
2. 線電子源構成フラットCRT	303	3.3 冷陰極フラットCRT	306
3. 面電子源構成フラットCRT	304	4. フラットCRTの展開	306
3.1 MDS方式	304		
第3節 プラズマディスプレイ		<加藤俊宏>	308
まえがき	308	3. 40型PPMパネルの試作	309
1. PDPの発光原理と基本構造	308	3.1 大型スクリーン印刷機	310
1.1 PDPの発光原理	308	3.2 大型ブレードコータ	311
1.2 PDPの基本構造と動作	308	4. 開発段階の各種パネル製作技術	311
2. 平面構成パルスメモリパネル	309	あとがき	311
■第5章 実装			
第1節 電気コネクタ		<安田圭一>	313
1. 電気コネクタの役割	313	3. コネクタを支える技術	316
2. コネクタの使用形態と種類	313	3.1 材料技術	316
2.1 パッケージコネクタ	314	3.2 加工技術	317
2.2 ケーブルコネクタ	315	3.3 基本接続技術	318
2.3 IC・LSIソケット/MCMコネクタ	316	あとがき	319
第2節 光コネクタ		<安東泰博>	320
1. 光コネクタの役割	320	——低反射化	324
2. 光ファイバ接続に関する基本的な事項	321	3.3 光コネクタの締結構造	
2.1 光ファイバ	321	——操作性	326
2.2 接続損失の要因	321	4. 光コネクタの実例	326
2.3 フレネル反射	322	5. 今後の動向	327
3. 光コネクタの要素技術	322	5.1 小形/高密度/多心化	327
3.1 光ファイバの高精度整列技術		5.2 現場組立て性の向上	328
——低損失化	322	5.3 多様化/複合化	328
3.2 光コネクタの端面処理		5.4 経 済 化	328
第3節 通信系装置用高速・高周波パッケージング技術		<山口 悟/富室 久/大崎孝明>	330
まえがき	330	1.2 将来のモジュール	332
1. パッケージング技術	330	あとがき	334
1.1 要素技術	330		

第4編 オプトエレクトロニクス関連機器の超精密生産技術

第1章 概 要

..... <安永暢男> ... 339

第2章 光応用システム

第1節 光ネットワークシステム <勝部義生> ... 342

まえがき.....	342	3.2 加入者系光ネットワーク.....	350
1. 光ファイバ.....	343	3.3 光海底中継伝送システム.....	351
1.1 光ファイバの種類.....	343	4. 光情報映像伝送システム.....	352
1.2 光ファイバケーブル.....	344	5. 光LANシステム.....	356
2. 光ファイバ通信の基本.....	346	5.1 LANの種類.....	356
3. 公衆通信における光ファイバ通信.....	348	5.2 LANの標準化動向と光LAN.....	358
3.1 中継伝送系光ネットワーク.....	348	5.3 光LANの応用.....	362

第2節 光ディスク <畠山 巖> ... 365

まえがき.....	365	2.1 マスタリング工程.....	367
1. 光ディスクの構造.....	365	2.2 レプリケーション工程.....	368
2. 光ディスクの作製.....	367	3. 光ディスクの規格.....	370

第3章 オプトニクスデバイス

第1節 レーザ素子・発振器 <田口 昇> ... 372

1. 半導体レーザー.....	372	2.2 CO ₂ レーザー.....	374
2. 気体レーザー.....	373	2.3 エキシマレーザー.....	375
2.1 He-Neレーザー.....	373	3. 固体レーザー——YAGレーザー.....	376

第2節 ダイオード・トランジスタ <山田 晃三> ... 378

1. 発光ダイオード.....	378	3. フォトトランジスタ.....	382
1.1 原 理.....	378	3.1 原 理.....	382
1.2 構造・特性.....	378	3.2 構造と特性.....	383
1.3 電氣的・光学的特性.....	379	3.3 用 途.....	384
1.4 用 途.....	379	4. CdS光導電素子.....	384
2. フォトダイオード.....	380	4.1 原 理.....	384
2.1 構造と原理.....	380	4.2 構造および特性.....	384
2.2 フォトダイオードの種類.....	381	4.3 CdSセルの応用.....	386
2.3 用 途.....	382	あとがき.....	386

第3節 CCDの超精密生産技術 <鶴田 壽郎> ... 388

1. CCDの動向.....	388	3.2 VCCD.....	392
2. CCDの原理.....	388	3.3 HCCD.....	393
3. CCDの構造.....	390	3.4 SA.....	393
3.1 PD.....	390	4. CCDの超精密生産技術.....	393

4.1 光電変換制御技術	394	4.3 画像欠陥制御技術	400
4.2 微弱電流制御技術	398		

第4節 光半導体部品	……………<吉年慶一/山口隆夫>…		403
まえがき	403	3. 受光素子	406
1. 高出力半導体レーザ	403	あとがき	407
2. 短波長半導体レーザ	405		

■第4章 オプティカルデバイス

第1節 金属コート石英光ファイバ	……………<黒羽敏明>…		409
まえがき	409	3.2 端末アレー	410
1. 構造	409	3.3 斜め研磨光ファイバ	411
2. 耐熱・耐火・難燃性	409	3.4 先球加工光ファイバ	411
2.1 耐火特性	410	4. 切断および接続	411
2.2 難燃性	410	4.1 電解剥離	412
3. 端末加工	410	4.2 接続および補強	412
3.1 はんだ付性	410	あとがき	412

第2節 レンズ・プリズムの加工	……………<高橋光明>…		413
まえがき	413	1.6 心取り	418
1. レンズの加工	413	2. プリズム加工	419
1.1 レンズ	413	2.1 プリズム	419
1.2 レンズの加工工程	413	2.2 プリズムの加工工程	419
1.3 球面研削	413	2.3 平面研削	419
1.4 精研削	415	2.4 平面研磨	421
1.5 研磨	417		

第3節 コンタクトレンズの鏡面仕上げ加工	……………<武野仲勝>…		422
-----------------------------	--------------	--	-----

第5編 航空・宇宙・船舶用・自動車関連機器の超精密生産技術

■第1章 概要

……………	……………<三宅正二郎>…		429
1. 航空・宇宙・船舶用関連機器の超精密生産技術の問題点および課題	429	ボット	430
2. 宇宙・航空用ピボットの加工	430	2.2 ワイヤ放電加工	431
2.1 通信衛星アンテナ駆動機構用弾性ピ		2.3 弾性ピボットの疲労強度	431

■第2章 航空

第1節 エンジン	……………<坂田公夫>…		433
1. 航空用エンジン要素の使用材料と加工法	433	2.1 成形加工	435
2. 各加工法の詳細	434	2.2 孔あけ/除肉加工	438

2.3	その他の加工法	441	3.	今後の展望	441
第2節 ジャイロ .....<瀧岡 泉/伊藤 匡>... 442					
まえがき		442	2.1	加工工程の概要	444
1.	加工に対する要求	442	2.2	加工の詳細	444
1.1	鏡の面に対する要求	443	3.	成膜技術	446
1.2	ブロックおよびミラーの形状加工への要求	444	4.	評価技術	447
2.	加工技術	444	4.1	面粗さの評価	447
			4.2	散乱の評価	447
■第3章 宇宙					
第1節 アンテナ・構造 .....<井上登志夫>... 449					
1.	宇宙用アンテナの種類	449	2.3	ハニカムサンドイッチパネルのCTE	453
2.	ソリッド・アンテナの鏡面精度	450	3.	メッシュアンテナの鏡面精度	453
2.1	鏡面精度を阻害する要因	450			
2.2	鏡面の熱変形	451			
第2節 機構部 .....<道岡英一/富田雅行/迎 久幸>... 455					
まえがき		455	2.1	アンテナはね上げ機構	455
1.	人工衛星搭載用機器の特徴	455	2.2	アンテナ駆動機構	458
1.1	環境的な特徴	455	2.3	太陽電池パドル	460
1.2	メンテナンスフリー	455	2.4	加工表面処理	461
2.	人工衛星搭載機器	455			
第3節 アクチュエータ .....<本田登志雄>... 462					
まえがき		462	2.2	潤滑方法	464
1.	宇宙ステーションマニピュレータ用アクチュエータ	462	2.3	固体潤滑剤	464
2.	潤滑	463	3.	軸受	465
2.1	宇宙での摩擦	463	4.	歯車	468
			あとがき		470
第4節 ロケット用ターボポンプの軸受と軸シール .....<野坂正隆>... 471					
まえがき		471	4.	軸シール	478
1.	ターボポンプの軸受と軸シール	471	4.1	シールシステム	478
2.	極低温でのトライボロジー	473	4.2	メカニカルシール	479
3.	軸受	473	4.3	フローティングリングシール	480
3.1	軸受の潤滑	473	4.4	セグメントシール	481
3.2	保持器の潤滑性	475	4.5	シール面の潤滑	481
3.3	軸受の性能	476			
第5節 X線望遠鏡 .....<山下広順>... 484					
まえがき		484	1.3	解像力	485
1.	X線望遠鏡光学系	484	2.	斜入射型X線望遠鏡	486
1.1	X線の反射	485	2.1	非球面型	487
1.2	集光力	485	2.2	多重薄板型	488

2.3 非球面多重薄板型	488	3. 直入射型X線望遠鏡	489
2.4 性能評価	489	あとがき	489

■第4章 船 舶

第1節 エンジン	<朝鍋定生/土佐陽三/前川和彦>		491
1. 船舶用エンジンの概説	491	3. ピストンリング・シリンダライナ	497
2. 燃料噴射系部品	494	4. その他のエンジン部品	500
第2節 シール	<朝鍋定生/佐木邦夫>		501
1. 船舶シールに要求される性能	501	2.3 シールメカニズム	502
2. リップシール方式船尾管シール	501	2.4 シールの診断, 冗長システム	502
2.1 シール構造	501	3. 無公害型船尾管シール	502
2.2 リップシールのマイクロな潤滑機構	501		
第3節 表面処理—耐海水	<朝鍋定生/柴田昭男>		504
1. 目的	504	3.2 各種基準の対比	507
2. 鋼材表面状態, 調整グレードを示す記号 および表面粗さ	504	4. 一次表面処理およびショップライマー 塗装	507
2.1 鋼材表面処理記号	504	5. 二次表面処理	508
2.2 表面粗さ	504	5.1 二次表面処理作業	509
3. 各種表面処理基準の内容と対比	506	5.2 除錆程度の設定	510
3.1 各種表面処理標準の概要	507	5.3 二次表面処理検査要領	510

第6編 バイオメディカルエンジニアリング関連機器の 超精密生産技術

■第1章 概 要

		<藤井定美>		515
1. バイオメディカルエンジニアリング関連 機器の範囲と分類	515	3. バイオ機器の特徴	517	
2. メディカル機器の特徴	515	4. マイクロマニピュレータの特徴	517	

■第2章 メディカル機器

第1節 補助人工心臓	<福留 明>		519
まえがき	519	2.1 開発上の問題点	521
1. 人工心臓の構成	519	2.2 抗血栓性	522
1.1 血液ポンプ	519	2.3 耐久性	524
1.2 制御駆動装置	521	2.4 主要の部品	524
2. 補助人工心臓の開発	521	あとがき	525
第2節 人工腎臓	<横田一憲/大坪 修/杉本久之>		527
まえがき	527	2. 人工腎臓(血液透析)の概要	528
1. 腎臓の働き	527	2.1 人工腎臓の種類	528

2.2	人工腎臓の分類	528	4.	透析液供給装置	532	
3.	透析膜	530	5.	透析液	533	
3.1	膜素材	530	6.	透析用希釈水	536	
3.2	透析膜の特性	531	7.	除水制御監視装置	537	
3.3	今後透析膜に求められること	532	あとがき		537	
第3節 血液ポンプ					<梅津光生>	538
まえがき		538	1.2	ターボ型血液ポンプ	540	
1.	血液ポンプの分類	538	あとがき		543	
1.1	容積型血液ポンプ	538				
第4節 人工骨					<勇田敏夫/西村生哉>	546
1.	人工骨の背景	546	3.	実用・臨床例	548	
2.	人工骨材料	547	3.1	金属材料	548	
2.1	金属材料	547	3.2	セラミックス	549	
2.2	セラミックス	547	あとがき		549	
第5節 人工関節					<立石哲也/大森健一>	551
1.	人工関節用材料概説	551	3.1	細胞毒性試験	560	
1.1	人工関節とは	551	3.2	動物実験	561	
1.2	高機能人工関節の開発	551	4.	人工股関節の設計——ケーススタディ	562	
1.3	生体の妙に近づく知能材料	551	4.1	製品のコンセプト	562	
2.	人工関節材料の創製とキャラクターゼーション	552	4.2	人工関節適用材料の選定	562	
2.1	人工関節材料の特性	552	4.3	人工股関節の形状設計	563	
2.2	金属材料	553	5.	人工股関節の製造	567	
2.3	高分子材料	557	5.1	粉末焼結チタン合金による部品製造	567	
2.4	セラミックス材料	558	5.2	放電加工による接触面形状の製造	568	
3.	材料の生体適合性評価	559	5.3	ジルコニアセラミックス部品の製造	568	
第6節 微小手術ロボット					<舟久保熙康/小山浩幸>	571
まえがき		571	3.	微小手術ロボットの将来	572	
1.	微小手術	571	4.	マイクロマシンの先駆けとして	572	
2.	微小手術ロボット	571	あとがき		574	

■第3章 バイオメディカル機器

第1節 DNA合成装置					<岩崎 功>	576
1.	DNA合成の基礎	576	2.4	キャッピング反応	578	
1.1	塩基部のアミノ基の保護	577	2.5	クリーベッジ反応	578	
1.2	糖の水酸基の保護	577	2.6	脱保護	578	
1.3	リン酸エステルの保護	577	3.	試薬	579	
2.	合成のプロセス	577	4.	装置	579	
2.1	脱トリチル反応	577	4.1	試薬供給部	579	
2.2	縮合反応(カップリング)	577	4.2	反応部	579	
2.3	酸化反応	577	4.3	制御部	580	

第2節 電気式細胞融合装置	<岩崎 功>...	581
1. 電気融合法の原理.....		581
2. 融合プロセスとパラメータ.....		581
3. 装置.....		582
第3節 バイオメディカルにおけるディスペンサー	<小能見恭一>...	585
まえがき.....		585
1. 液体定量吐出・供給装置の種類.....		585
1.1 加圧ON-OFF型.....		585
1.2 流路ON-OFF型.....		585
1.3 容積計量方式.....		587
2. 微小量吐出対応高精度ディスペンサー.....		588
あとがき.....		589
第4節 マイクロチャンバを用いた細胞操作	<河村 喜雄>...	590
1. 1対1細胞融合.....		590
2. 細胞操作用微細ツール.....		590
3. 1対1細胞融合装置.....		591
3.1 細胞の吸引搬送.....		592
3.2 供給細胞の懸濁濃度.....		592
3.3 細胞の保護.....		592
4. 雑種細胞の生成.....		593
4.1 雑種細胞の生成率.....		593
4.2 細胞の分級技術.....		593
4.3 細胞の耐久力の定量化技術.....		593
あとがき.....		594
 ■第4章 マイクロマニピュレータ		
第1節 手動マイクロマニピュレータ	<藤井 定美>...	595
まえがき.....		595
1. 構成と特色.....		595
2. 種類.....		595
2.1 軸の動きの方向による分類.....		595
2.2 縮小機能の方式による分類.....		596
3. 縮小機構の例.....		596
3.1 Leitz形		596
3.2 ねじ式.....		596
4. 粗動用3方向マイクロマニピュレータ.....		597
5. ねじ、歯車のガタ防止.....		598
6. 滑り面の仕上げとはめあい.....		599
あとがき.....		599
第2節 油圧マイクロマニピュレータ	<松島 皓三>...	600
まえがき.....		600
1. 生検用マイクロマニピュレータシステム.....		600
1.1 スレーブサーボの構成.....		600
1.2 パイラテラルサーボ系の設計.....		601
2. 生体組織の触診への応用例.....		603
あとがき.....		605
第3節 電気駆動のマイクロアクチュエータとマイクロマニピュレータ	<坂野 進>...	606
まえがき.....		606
1. 寸法と駆動エネルギー.....		606
2. 圧電素子を用いたマイクロハンドの開発.....		606
2.1 マイクロハンドの構成.....		606
2.2 力の検出方法.....		606
2.3 圧電素子を組み合わせたマイクロマニピュレータの駆動システム.....		607
2.4 マイクロロボットマニピュレータ.....		610
3. 圧電素子により駆動されるマイクロ管路走行ロボット.....		611
3.1 ロボットの構成と動作.....		611
3.2 マイクロ移動ロボットの性能.....		611

第7編 計測制御関連機器の超精密生産技術

第1章 概要

..... <三宅正二郎> ... 615

第2章 分析装置・顕微鏡

第1節 電子・イオンビーム——光学系 <岡山重夫> ... 618

- | | | | |
|------------------------|-----|-------------------------|-----|
| 1. 透過電子顕微鏡..... | 618 | 3. 収差補正レンズ..... | 622 |
| 1.1 電子銃および加速管..... | 618 | 3.1 3段低収差プローブ形成レンズ..... | 622 |
| 1.2 磁界型対物レンズ..... | 619 | 3.2 4段完全開口収差補正レンズ..... | 623 |
| 1.3 試料移動機構..... | 620 | あとがき..... | 626 |
| 2. イオンビーム装置用電界レンズ..... | 621 | | |

第2節 回折格子などの光学素子 <佐野一雄> ... 628

- | | | | |
|------------------|-----|-------------------------|-----|
| 1. 回折格子の製作法..... | 628 | 2. ホログラフィック光学素子の製作..... | 634 |
|------------------|-----|-------------------------|-----|

第3節 超音波顕微鏡の音響レンズ <阿部千幹> ... 637

- | | | | |
|-------------------|-----|--------------------------------|-----|
| まえがき..... | 637 | 3. 各種生産技術を駆使した音響レンズ..... | 640 |
| 1. 音響レンズ概説..... | 637 | 3.1 非球面音響レンズ..... | 640 |
| 1.1 構成..... | 637 | 3.2 凹面圧電トランスデューサを用いた音響レンズ..... | 640 |
| 1.2 分解能..... | 638 | あとがき..... | 640 |
| 2. 生産および検査技術..... | 639 | | |

第3章 SPM

第1節 STM <坂井文樹> ... 641

- | | | |
|------------------------------|-----|------------------------------|
| まえがき..... | 641 | 3.1 大気中STM 643 |
| 1. STMの原理 641 | | 3.2 光学顕微鏡と複合化したSTM 643 |
| 2. STMの基本構成および要素技術 642 | | 3.3 液体中（電気化学）用STM 645 |
| 2.1 装置の基本構成..... 642 | | 3.4 超高真空用STM 645 |
| 2.2 要素技術..... 642 | | あとがき..... 647 |
| 3. 装置の例..... 643 | | |

第2節 AFM, FFM——探針, 駆動系 <岡田孝夫> ... 648

- | | | | |
|----------------------------|-----|-------------------|-----|
| まえがき..... | 648 | 3.2 変位検出センサ..... | 651 |
| 1. SPMの構成および原理 648 | | 3.3 微動走査システム..... | 653 |
| 2. FFMの動作原理 648 | | 4. APM, FFMの今後の展望 | |
| 3. AFM, FFMの装置構成 648 | | ——探針, 駆動系..... | 653 |
| 3.1 探針つきカンチレバー..... | 648 | | |

第3節 SPMを用いた超精密加工	655	3.2 垂直移動の例	656
1. 原子レベルの超精密加工	655	4. 原子や分子を動かして、新物質や新デバイスを作る	657
2. 原子レベルの究極の微細加工例	655		
3. 原子・分子マニピュレータ	655		
3.1 水平移動の例	655		

■第4章 長さ・形状計測

第1節 レーザ干渉装置	659	1.3 光ファイバ結合レーザ干渉測長器	660
1. 長さ・変位の計測	659	1.4 レーザ干渉測長器の高精度化	661
1.1 レーザ干渉測長器の原理	659	2. 表面形状測定装置	662
1.2 ヘテロダイン型レーザ干渉測長器	660		
第2節 触針式表面形状測定装置	665	3. 構成要素を実現するための設計製作技術	666
まえがき	665	3.1 駆動部真直度の設計と製作	666
1. 触針式表面測定装置の構成	665	3.2 検出器直線性の設計と製作	667
2. 構成要素の必要条件	666	3.3 検出器高追従性の設計と製作	668
2.1 駆動部真直度	666	3.4 触針の製作について	668
2.2 検出器直線性	666	あとがき	669
2.3 検出器追従性	666		
2.4 演算装置の分解能	666		

■第5章 センサ

第1節 力覚・圧力・触覚センサ	670	3. 触覚センサ	671
1. 力覚センサ	670	4. 加工技術	672
2. 圧力センサ	671		
第2節 光センサⅠ——ファイバ型センサ,光導波路型センサ,光励起振動子センサ	674	3. 光励起振動子センサ	675
1. ファイバ型センサ	674		
2. 導波路型センサ	675		
第3節 光センサⅡ——光マイクロエンコーダ	679	3.1 一括大量生産可能なエンコーダ	680
まえがき	679	3.2 プロセス	681
1. 半導体レーザと一体化したマイクロレンズ	679	4. 従来エンコーダとの性能比較	683
2. 従来のエンコーダ	679	あとがき	683
3. 開発したマイクロエンコーダ	680		
第4節 においセンサ・味覚センサ	684	2. 酵素を用いた味覚センサ	687
まえがき	684	3. 合成脂質膜を用いたにおいセンサ・味覚センサ	688
1. 金属酸化物半導体を用いたにおいセンサ	685	あとがき	689
1.1 半導体式においセンサの概要	685		
1.2 薄膜型半導体式においセンサとマイクロ化においセンサ	686		

第8編 駆動機器および関連機器の超精密生産技術

第1章 概要

まえがき	693	1.2 油圧エネルギー式	693
1. アクチュエータの分類と生産技術上の 特色	693	1.3 空気圧エネルギー式	693
1.1 電気エネルギー式	693	2. アクチュエータ以外の油圧, 空気圧機器, 関連部品, 伝導機器	693

第2章 圧電アクチュエータ

第1節 圧電素子——積層型, バイモルフ型	695	3. 新しい発想による圧電素子	698
まえがき	695	3.1 圧電ねじりアクチュエータ	698
1. 圧電素子——積層型, バイモルフ型	696	3.2 圧電ムーニーアクチュエータ	699
2. 積層型圧電素子と変位量拡大機構の開発 経緯	696	3.3 内部電極に交差指電極を用いた積層 型圧電素子	699
2.1 積層型圧電素子の構造開発	696	あとがき	701
2.2 変位量拡大機構の開発動向	697		
第2節 超音波モータ	702		
1. 超音波モータの構造と動作原理例	702	2.4 PZT加工	705
2. 加工技術	703	2.5 摩擦材加工	705
2.1 平面度と面粗度加工	703	2.6 超音波モータに必要なエンコーダと その加工	705
2.2 外形加工と Δf_r	704	あとがき	706
2.3 接着加工	704		

第3章 電磁型モータ

第1節 同期電動機	707	5.1 引入れトルク	710
1. 外観・構造	707	5.2 脱出トルク	710
2. 回転原理	707	5.3 制御用電動機 (ACサーボモータ, ステッピングモータ) のトルク	710
3. 電機子反作用	708	6. 同期化力	712
4. 同期電動機のベクトル図	708	7. 乱調	713
4.1 入力	708	あとがき	713
4.2 出力	708		
5. 同期電動機のトルク	710		
第2節 直接駆動モータ	714		
まえがき	714	2.4 位置決め時間	717
1. DDモータの種類と特徴	714	2.5 静的精度	717
2. DDモータの選定条件	715	2.6 動的精度	717
2.1 負荷イナーシャ	715	2.7 環境条件	718
2.2 負荷荷重	716	3. 応用例	719
2.3 位置決め精度	716	3.1 ウェーハスライシング	719

3.2 拡散炉	720	3.5 ダイシング	722
3.3 イオン注入装置	721	3.6 チップ検査機	722
3.4 ウェーハ搬送	722	あとがき	723

■第4章 油空圧機器

第1節 空気圧シリンダ		……………<鹿野道雄>…		724
1. 空気圧アクチュエータの利点と欠点	724	4. 空気圧シリンダの種類	728	
2. 空気圧シリンダの標準仕様	724	4.1 空気圧シリンダの分類	728	
3. 標準空気圧シリンダの構造および生産技術	725	4.2 標準シリンダ+簡易付加機能	729	
3.1 チューブとカバーの接続	725	4.3 ロッドレスシリンダ	730	
3.2 ピストンキット	726	4.4 薄形シリンダ	730	
3.3 ロッドカバーキット	726	4.5 非円形ピストンシリンダ	730	
3.4 クッション機構	726	4.6 パラレルシリンダ	730	
3.5 チューブ	727	4.7 シリアルシリンダ	730	
3.6 ロッド	727	4.8 位置センサ内蔵シリンダ	731	
3.7 パッキン材	728	4.9 クリーンルーム用シリンダ	731	
3.8 超精密加工との関連	728	4.10 その他の特殊シリンダ	731	
		5. ガススプリング	731	
第2節 油圧パルスモータ		……………<高谷晴久>…		733
まえがき	733	2. 電気—油圧デジタルアクチュエータ	735	
1. ロータリ制御弁 (RCV)	733	あとがき	738	
第3節 油圧サーボ弁		……………<田村博久>…		739
まえがき	739	3.5 オリフィス加工—マイクロホール	743	
1. サーボ弁と生産機械	739	3.6 表面処理および熱処理	745	
2. サーボ弁の構成要素と各要素の特徴	739	3.7 バリ取り	745	
2.1 サーボ弁の構造	739	4. サーボ弁の組立て調整技術	745	
2.2 サーボ弁の電磁アクチュエータ	739	4.1 ボール溶接	745	
2.3 油圧パイロット—前段増幅部	740	4.2 トルクモータ組立て調整	745	
2.4 スプール弁—四方案内弁	741	4.3 パイロット系の組立て	745	
3. サーボ弁の加工技術	741	5. サーボ弁の特性計測	745	
3.1 スプール外径研削	742	5.1 サーボ弁の流量特性と計測方法	745	
3.2 端面研削加工	742	5.2 圧力ゲイン特性と計測方法	746	
3.3 スリーブ穴加工	743	5.3 サーボ弁の周波数特性と計測方法	746	
3.4 スリーブ端面放電加工	743			
第4節 空気圧サーボ弁		……………<香川利春>…		747
1. 空気圧サーボ弁の種類と構造	747	2.1 スプール型空気圧サーボ弁	748	
2. 空気圧サーボ弁の特性と表示	748	2.2 ノズルフラツパ型空気圧サーボ弁	751	

■第5章 駆動関連機器

第1節 クラッチ——電磁クラッチ・ブレーキの種類と特性 ……………<藤沼愛一郎>… 752	
1. 電磁クラッチ・ブレーキの種類…………… 752	5. 湿式多板電磁クラッチ・ブレーキ…………… 759
2. 乾式単板形電磁クラッチ・ブレーキ…………… 754	5.1 トルク特性…………… 759
2.1 トルク特性…………… 755	5.2 動作特性…………… 760
2.2 動作特性…………… 755	6. かみ合い式電磁クラッチ…………… 761
2.3 許容仕事率…………… 756	6.1 電磁ツースクラッチ…………… 761
2.4 MP形高速制御用クラッチ・ブレーキ…………… 757	6.2 定位置かみ合いクラッチ…………… 762
2.5 マイクロ電磁クラッチ・ブレーキ…………… 758	7. 空隙式電磁クラッチ・ブレーキ…………… 762
3. 乾式多板電磁クラッチ・ブレーキ…………… 758	7.1 パウダ形クラッチ・ブレーキ…………… 762
4. 無励磁作動形電磁ブレーキ…………… 758	7.2 ヒステリシス形クラッチ・ブレーキ…………… 763
4.1 トルク特性…………… 759	8. 電磁クラッチ・ブレーキの選定にあたって…………… 763
4.2 動作特性…………… 759	
第2節 減速機——歯車 ……………<永田 浩>… 764	
まえがき…………… 764	2.1 ウォーム状砥石を用いるもの…………… 765
1. ホブ切りおよび切削…………… 764	2.2 歯車形砥石を用いるもの…………… 766
2. 歯車研削…………… 765	2.3 成形（総形）砥石を用いるもの…………… 767
第3節 シール ……………<田上寛男/初澤秀雄>… 769	
1. メカニカルシール…………… 769	2.2 磁性流体…………… 773
1.1 メカニカルシール概論…………… 769	2.3 磁性流体シールの性能…………… 773
1.2 メカニカルシールのしゅう動面…………… 769	3. オイルシール…………… 774
1.3 メカニカルシールにおける密封特性に及ぼす表面形状の影響…………… 769	3.1 オイルシール概論…………… 774
2. 磁性流体シール…………… 772	3.2 オイルシールの性能…………… 774
2.1 磁性流体シール概論…………… 772	3.3 低摩擦化…………… 775
第4節 スチールベルト ……………<佐久間 優>… 778	
1. スチールベルトによるモーションエンジニアリングの背景…………… 778	6. 具体的な用途例…………… 782
2. スチールベルトの特徴…………… 778	7. スチールベルトの性能の評価…………… 784
3. スチールベルトの種類と製法…………… 779	8. スチールベルトの設計…………… 784
4. スチールベルト材質…………… 781	9. スチールベルト駆動の性能と今後の課題…………… 786
5. 製作可能範囲…………… 782	
第5節 ベアリング ……………<於勢好史>… 787	
まえがき…………… 787	3. 無人化への取組み…………… 792
1. ユニット商品の加工への取組み…………… 787	あとがき…………… 792
2. 高精度化への取組み…………… 790	
第6節 超精密主軸 ……………<武野仲勝>… 794	
1. ボールベアリングスピンドルの製作…………… 794	製作…………… 800
2. ハイドロリックスライドベアリングの	3. ハイドロスタティック・スライドの

第9編 真空関連機器の超精密生産技術

■第1章 概 要

.....<小野俊郎>... 805

■第2章 真空制御技術

第1節 真空排気システム——コンダクタンス, 排気速度.....<山科俊郎/広畑優子>... 808

第2節 極高真空の現状<清水 肇>... 814

まえがき.....	814	3. 極高真空の実現.....	815
1. 極高真空と科学技術の関わり.....	814	4. 計測法の実現.....	816
2. 極高真空へのブレークスルー.....	814	4.1 電離真空計の改善.....	816
2.1 ガス放出の問題.....	814	4.2 レーザ励起真空計.....	817
2.2 ポンプの限界.....	815	あとがき.....	818
2.3 計測の限界.....	815		

第3節 真空環境制御<高橋主人>... 819

まえがき.....	819	2.2 ステンレス鋼のガス放出量.....	819
1. 真空環境の作成.....	819	3. アルミニウム合金のガス放出速度.....	822
2. ガス放出の低減.....	819	4. その他のガス放出低減法.....	823
2.1 ガス放出低減方法.....	819	あとがき.....	823

■第3章 真空応用装置

第1節 小型SOR装置——超精密生産技術, 応用技術<細川照夫>... 825

まえがき.....	825	3. 小型SOR装置	827
1. SORの特性	825	4. 小型SOR装置の実際	827
2. 放射強度.....	826		

第2節 大型加速器の真空装置<石丸 肇>... 830

1. 大型加速器真空装置の技術的背景.....	830	2.1 トリスタン真空系.....	831
1.1 ビームの劣化や損失が少ない真空...	830	2.2 Bファクトリ真空系.....	832
1.2 ビームと真空容器の相互作用.....	830	2.3 スーパー加速器SSCの真空系.....	832
1.3 その他の考察.....	831	3. 超精密加工の応用技術.....	832
2. 大型加速器の真空装置.....	831		

第3節 LSI用スパッタ装置<鴨志田和良>... 834

まえがき.....	834	2.2 積層金属配線.....	836
1. スパッタリングの原理.....	835	2.3 ステップカバレッジの改善.....	837
2. LSI配線技術の問題点とスパッタ装置 ...	835	2.4 ダメージ.....	838
2.1 真空度.....	835	2.5 パーティクル.....	838

3. LSI用スパッタ装置の今後の動向	838	あとがき	838
第4節 減圧プラズマ溶射装置		<武田 紘一>	841
1. 減圧プラズマ溶射法の特徴	841	6. 応用	846
2. 減圧プラズマ溶射装置の構成	841	6.1 耐食性被覆	846
3. プラズマによる前処理, 母材温度制御	842	6.2 耐熱性被覆	846
4. 減圧プラズマジェットの温度・速度場	843	6.3 耐摩耗性被覆	846
5. 皮膜特性	844	6.4 傾斜機能材料製造	846
5.1 密度, 組織	844	6.5 反応性プラズマ溶射被覆	846
5.2 界面の接合強度	845	6.6 溶射成形部材製造	847
5.3 皮膜内粒子間結合強度	845		
■第4章 真空ポンプ			
第1節 油回転真空ポンプ		<尾松 啓>	848
まえがき	848	3.1 水蒸気対策	851
1. 種類と構造	848	3.2 有害ガス対策	852
1.1 回転翼形油回転ポンプ	848	3.3 ダスト・粉塵対策	852
1.2 カム形油回転ポンプ	849	4. ポンプの運転と注意	852
1.3 揺動ピストン形油回転ポンプ	849	4.1 真空ポンプ油	852
2. 性能と特性	850	4.2 始動, 停止時の注意	852
2.1 排気速度	850	4.3 油蒸気の逆流	853
2.2 到達圧力	850	4.4 排気油煙対策	853
2.3 動力特性	851	4.5 油回転ポンプの配管	853
3. 吸引ガスによるトラブルと対策	851		
第2節 ルーツ真空ポンプ		<吉田 恵一>	854
1. 構造	854	4.1 材質	855
2. 分類	854	4.2 クリアランス	856
3. 用途	855	4.3 加工法	856
4. 生産技術	855		
第3節 ドライポンプ——構造, 分類, 用途, 生産技術		<山本 博義>	857
1. ドライポンプ (dry vacuum pump) とは	857	3.4 スクロール (scroll) 形	860
2. ドライポンプの発展	857	3.5 ターボ (turbo) 形	861
3. ドライポンプの種類と特長	859	3.6 その他	861
3.1 ルーツ (roots) 形	859	4. 生産技術	861
3.2 クロー (claw) 形	860	4.1 製造上の留意点	861
3.3 スクリュー (screw) 形	860	4.2 設計上の留意点	863
		あとがき	864
第4節 ターボ分子ポンプ		<琴浦 貞行 / 曾我美 晋>	865
まえがき	865	4. ターボ分子ポンプの分類	866
1. ターボ分子ポンプの特徴	865	4.1 軸受形成による分類	866
2. ターボ分子ポンプの構造	865	4.2 翼構成による分類	867
3. ターボ分子ポンプの排気原理	865	4.3 その他	868

5. ターボ分子ポンプの用途	868	6.2 動翼のバランスング	869
6. ターボ分子ポンプの加工法	868	あとがき	869
6.1 動翼の加工法	868		
第5節 クライオポンプ			<中山 宏> 870
1. クライオポンプとは	870	4. 再 生	872
2. 構造と排気原理	870	5. メンテナンス	873
3. 性 能	871	6. 特種なクライオポンプ	873

■第5章 真空部品

第1節 真空計			<小野雅敏> 874
まえがき	874	3. 熱伝導真空計	875
1. 液柱差を利用する真空計	874	4. 摩擦真空計	876
2. 弾性変形を利用する真空計	875	5. 電離現象を利用する真空計	877
第2節 真空バルブ			<伊藤 一男> 879
まえがき	879	1.7 試験検査	880
1. アルミニウム合金製ゲードバルブ	879	2. ウルトラクリーンゲートバルブ	881
1.1 概 要	879	2.1 概 要	881
1.2 構 造	879	2.2 構 造	881
1.3 材 質	879	2.3 製造工程	881
1.4 溶 接	880	2.4 試験結果	882
1.5 部品の加工精度	880	2.5 今後の課題	882
1.6 組 立 て	880		
第3節 搬送駆動機構			<藤井定美> 884
まえがき	884	4.2 オイルシール	889
1. 使用雰囲気と材料	884	4.3 磁性流体シール	890
2. 搬送駆動機構の種類	886	4.4 軸 受	891
2.1 動力源の位置による分類	886	4.5 溶接ベロース	892
2.2 動作法による分類	887	4.6 ボールねじ	892
2.3 動作方向	887	4.7 ボールスプライン	892
3. 被駆動部および伝達系の構造例	887	4.8 歯 車	893
4. 被駆動部および伝達系の構成要素	888	5. 高温度対策	894
4.1 Oリング	888		

■第6章 真空材料

第1節 ステンレス系金属材料および加工技術			<馬場吉康> 895
まえがき	895	2.2 クリーン表面の創成	896
1. 電解複合研磨 (ECB) とは	895	2.3 ECB適応材料と研磨性	897
1.1 ECB原理	895	3. ウルトラクリーンテクノロジーへの適用	898
1.2 加工特性	895		
2. ECB加工の特長	896	3.1 高純度ガス用タンク, タンクロー	898
2.1 サブミクロン表面粗さ	896	リー	

3.2	高純度ガスシリンダ	898	4.	超高真空 (UHV) 装置への適用	899
3.3	ガス供給系構成部品	899	5.	極高真空 (XHV) 装置への適用例	900
第2節 アルミニウム系金属材料および加工技術 ……………<平田招佑>…					902
まえがき		902	4.	自然酸化皮膜の制御	906
1.	実在表面の微視的構造	902	5.	表面処理	907
2.	アルミニウムおよびその合金	903	6.	アルミニウム合金製真空部品	907
3.	種々の前処理と放出ガス	906			
第3節 無機材料 ……………<徳田和平>…					908
1.	真空用無機材料	908	6.	封 着	912
2.	ガラス	908	6.1	ガラス間の封着	912
3.	セラミックス	910	6.2	ガラスと金属の封着	912
4.	雲母 (マイカ)	912	6.3	セラミックスの封着	912
5.	黒鉛 (グラファイト)	912			
第4節 有機材料 ……………<野口正敏>…					914
まえがき		914	2.	エラストマー	918
1.	プラスチック	914	2.1	ニトリルゴム	920
1.1	フッ素樹脂	915	2.2	フッ素ゴム	920
1.2	ポリイミド (表4参照)	917	3.	シーラント	921

第10編 超精密生産技術を支える特殊環境設備

■第1章 概 要

……………<土肥俊郎>… 927

■第2章 特殊環境設備

第1節 超恒温室設備——高精度温度コントロール ……………<前川博之>…					929
1.	恒温室設備	929	2.2	気流と温度の均一化	931
2.	超恒温ユニットの構成	929	2.3	超恒温ユニットの外周条件	931
2.1	気流と温度の安定化	929	あとがき		932
第2節 ドライルーム空調設備——超低湿室 ……………<柴田義人/細井亀夫>…					933
まえがき		933		の実施例	936
1.	ドライルーム空調設備	933	4.2	実施例(2): 全外気式低湿空気発生装置の実施例	937
2.	低湿空気発生装置の構成	934	5.	ドライルームの湿度計	937
3.	乾式除湿機の特性	935	あとがき		938
4.	ドライルームの実施例	936			
4.1	実施例(1): 循環式低湿空気発生装置				

第3節 高浄度クリーンルーム	<平山昭二>...		939
まえがき.....	939	——ダウンフロー方式.....	945
1. クリーンルームの定義.....	939	7.2 水平層流方式	
2. クリーンルームが対象とする微粒子径...	940	——クロスフロー方式.....	945
3. クリーンルーム規格.....	940	7.3 非層流(乱流)方式	
4. クリーンルームの適用分野.....	941	——コンベンショナル方式.....	946
5. クリーンルームの原則.....	941	7.4 ハードウォール式——築造式.....	946
5.1 塵埃を持ち込まない.....	941	7.5 ユニット式.....	946
5.2 塵埃を発生させない.....	941	7.6 プレハブ式.....	946
5.3 塵埃を堆積させない.....	942	7.7 クリーンルームの基本応用組合せ	
5.4 発生塵埃の速やかな除去.....	942	方式.....	946
6. クリーンルームの前室機構と付属設備...	943	8. クリーンルームの浄度測定.....	947
7. クリーンルームの基本方式.....	943	9. クリーンルームの性能評価.....	948
7.1 垂直層流方式		あとがき.....	948

■第3章 超精密加工に伴う洗浄技術と廃液処理

第1節 洗浄技術とその効果的な加工液	<渡辺正博>...		949
まえがき.....	949	2.3 油脂に対する洗浄.....	952
1. 加工方法と表面の汚れ.....	949	2.4 加工変質有機物の除去.....	952
2. 加工技術と洗浄技術.....	950	3. その他の加工.....	953
2.1 プレス加工と洗浄.....	950	4. 乾燥工程.....	954
2.2 切削, 研削, 研磨加工と洗浄		あとがき.....	954
——微小異物の除去.....	950		
第2節 超精密加工液の廃液処理	<富田洋司>...		955
まえがき.....	955	3.3 凝集沈殿.....	957
1. 超精密加工廃液について.....	955	3.4 固液分離.....	957
2. 一般的廃液処理の技術.....	955	4. 固液分離装置の代表例.....	958
3. 超精密加工廃液処理.....	956	4.1 フィルタプレス.....	958
3.1 廃液処理プロセス.....	956	4.2 PCセパレータ	959
3.2 前処理のポイント.....	956	あとがき.....	959