

## 1 総 論

1.1 固体表面基板 .....	1
1.2 単結晶表面の指定 .....	2
1.3 単結晶面上の超周期構造 .....	9
1.4 多結晶表面, アモルファス物質の表面 .....	10
1.5 実用的な基板表面 .....	11

## 2 試料調製法

2.1 表面試料の作製法 .....	15
2.1.1 単結晶の作製 .....	15
2.1.2 単結晶の方位決定 .....	18
2.1.3 単結晶の外形成形 .....	20
2.1.4 結晶面の研磨 .....	22
2.1.5 ビーズ結晶試料の作製 .....	24
2.1.6 金蒸着膜の作製 .....	26
2.2 表面の清浄化 .....	28
2.2.1 超高真空中の清浄表面 .....	28
2.2.2 溶液中の清浄表面 .....	33
2.2.3 空気中で維持できる原子的清浄表面 .....	37
2.3 吸着表面 .....	39
2.3.1 金属蒸着 .....	39
2.4 吸着表面(ガス吸着の制御) .....	47

2.4.1	ガス導入系の構成	47
2.4.2	吸着量計測の概要	52
2.5	めっき法による薄膜作製法	53
2.5.1	めっきプロセスの概略	54
2.5.2	めっき各論	60
2.6	電解重合有機薄膜	69
2.6.1	電解重合法による薄膜調製	69
2.6.2	電解重合条件の選択	72
2.6.3	導電性と電気化学的挙動	73
2.6.4	電解重合膜の応用研究	74
2.7	コロイド粒子	79
2.7.1	コロイド粒子とは	79
2.7.2	金属コロイド粒子	80
2.7.3	半導体コロイド粒子	84
2.7.4	高分子コロイド粒子	87
2.7.5	コロイド粒子の観測法	88

### 3 表面測定法および構造解析法

3.1	オージェ電子分光	93
3.1.1	測定全般に関する原理	93
3.1.2	装 置	96
3.1.3	測定の実際	101
3.1.4	表面清浄化プロセスおよび吸着量決定への応用	103
3.2	光電子分光	106
3.2.1	光電子分光の基礎	106
3.2.2	光電子分光測定	110
3.2.3	研 究 例	115
3.3	X線光電子分光と光電子回折	120
3.3.1	X線光電子分光	120
3.3.2	光電子回折	120
3.4	電子顕微鏡(TEM, REM, LEEM, SEM, PEEM)	140
3.4.1	はじめに	140
3.4.2	電子顕微鏡の種類	141
3.4.3	透過電子顕微鏡(TEM)	143

3.4.4	反射電子顕微鏡(REM) .....	147
3.4.5	低エネルギー電子顕微鏡(LEEM) .....	149
3.4.6	走査電子顕微鏡(SEM) .....	151
3.4.7	光電子顕微鏡(PEEM) .....	154
3.5	放射光, XAS, XES .....	158
3.5.1	放射光施設とは .....	158
3.5.2	X線吸収分光法 .....	164
3.5.3	その他のX線分光法 .....	175
3.6	HREELSとFTIRによる表面振動測定 .....	178
3.6.1	はじめに .....	178
3.6.2	表面振動の分類 .....	179
3.6.3	表面における対称性と選択則 .....	180
3.6.4	高分解能電子エネルギー損失分光(HREELS) .....	182
3.6.5	FTIRを用いた表面振動分光 .....	188
3.7	レーザー非線形分光 .....	195
3.7.1	はじめに .....	195
3.7.2	原 理 .....	195
3.7.3	測 定 装 置 .....	197
3.7.4	応 用 例 .....	200
3.8	反射高速電子線回折(RHEED) .....	205
3.8.1	RHEEDの装置 .....	205
3.8.2	高速電子の散乱・屈折・減衰 .....	206
3.8.3	運動学的な回折 .....	208
3.8.4	RHEEDパターン .....	211
3.8.5	RHEEDによる表面構造解析 .....	212
3.9	低速電子線回折(LEED) .....	214
3.9.1	はじめに .....	214
3.9.2	装 置 .....	214
3.9.3	回折パターン .....	215
3.9.4	表面結晶構造解析 .....	218
3.10	昇温脱離法 .....	223
3.10.1	測定の概要 .....	223
3.10.2	昇温脱離分布の定量解析 .....	229
3.11	FEM, FIM, アトムプローブ .....	233
3.11.1	はじめに .....	233
3.11.2	背 景 .....	233

3.11.3	電解研磨による金属試料の作製	240
3.11.4	電界放射顕微鏡(FEM)	242
3.11.5	電界イオン顕微鏡(FIM)	244
3.11.6	アトムプローブ(AP)	247
3.11.7	FEM, FIM, アトムプローブ関連のウェブサイト	255
3.12	イオンビームによる表面観察	256
3.12.1	はじめに	256
3.12.2	イオンの散乱と二次イオンの放出	256
3.12.3	イオン散乱による表面構造解析	259
3.12.4	SIMS の特徴および実験装置	262
3.12.5	SIMS による表面解析	264
3.13	超高真空低温走査トンネル顕微鏡: STM による分子の研究の発展	267
3.13.1	はじめに	267
3.13.2	低温 STM の装置構成	268
3.13.3	STM による分子とその動きの観察	271
3.13.4	低温 STM による非弾性トンネル電流分光	273
3.13.5	低温 STM による分子操作	279
3.13.6	おわりに	282
3.14	電気化学 STM を用いた溶液中での有機分子の観察	283
3.14.1	はじめに	283
3.14.2	STM を用いた有機分子のサブナノスケール高解像度観察	284
3.14.3	エビ膜と吸着自己組織膜	286
3.14.4	電位制御を利用した吸着自己組織化の誘起	287
3.14.5	実験操作	289
3.14.6	最後に	300
3.15	原子間力顕微鏡(AFM)	301
3.15.1	物質間にはたらく力	301
3.15.2	カセンサーとしてのカンチレバー	303
3.15.3	AFM の測定原理	305
3.15.4	ダイナミックモードの測定原理	307
3.15.5	非接触モードによる測定例	310
3.16	生体試料の原子間力顕微鏡測定	311
3.16.1	試料準備	312
3.16.2	イメージング	313
3.16.3	力学測定	314
3.16.4	最後に	318

3.17	溶液中の分光法	319
3.17.1	高感度反射赤外分光	321
3.17.2	ATR 配置表面増強赤外分光	323
3.17.3	表面選択律と分子配向	326
3.18	表面張力, 接触角, 表面力測定	327
3.18.1	表面張力	327
3.18.2	動的表面張力, 界面張力測定	332
3.18.3	固体の表面張力	333
3.18.4	接 触 角	333
3.18.5	表 面 力	336

---

## 4 表面プロセスの観測

---

4.1	吸着・脱離・化学反応のキネティックス	341
4.1.1	超高真空系内ガス導入で行える化学反応	341
4.1.2	常圧ガス中の表面上の化学反応観測	349
4.1.3	溶液中電極表面の化学反応の動的観測	351
4.2	分子線散乱	355
4.2.1	はじめに	355
4.2.2	超音速分子線散乱技術	357
4.2.3	分子線散乱の計測	364
4.2.4	ま と め	370
4.3	表面化学反応の動的観測	371
4.3.1	その場観察の必要性	371
4.3.2	走査トンネル顕微鏡による観察	372
4.3.3	その他のプローブ顕微鏡	378
4.3.4	光学分光法を用いた動的観察	378
4.3.5	脱離生成物分析による定常触媒反応速度の決定	379
4.4	薄膜成長の観測	382
4.4.1	薄膜成長モード	382
4.4.2	RHEED の基礎	384
4.4.3	RHEED を用いた MBE 成長の解析	385
4.4.4	他の薄膜成長解析法	392
4.5	電気化学的測定	393
4.5.1	硫酸溶液中の金単結晶電極	395

4.5.2	銅のアンダーポテンシャルデポジション	396
4.5.3	ヨウ素修飾金単結晶電極	398
4.5.4	メルカプトプロピオン酸修飾金単結晶電極	399
4.6	電極表面系のインピーダンス測定法	402
4.6.1	電極/電解質界面	402
4.6.2	電気化学系の交流インピーダンス応答測定	402
4.6.3	電気化学系の交流インピーダンス応答の評価	404
4.6.4	電気化学系の等価回路の設計	404
4.6.5	等価回路を用いた電極界面インピーダンス応答の評価	407
4.6.6	電極表面系のインピーダンス測定の利用	408
付 表		411
索 引		419