

# 目次

第1章 序論	1
1-1 表面とは	1
1-2 低速電子および低速イオンを用いた表面物性測定	2
1-3 走査プローブ顕微手法による表面物性測定	4
1-4 表面測定手法の新しい応用分野	5
第2章 表面構造測定	7
2-1 はじめに	7
2-2 表面応答	8
2-2-1 入射ビームの方向	9
2-2-2 入射ビームのエネルギー	10
2-2-3 ビームから波の描像へ	10
2-2-4 表面構造決定の要点	11
2-3 動力学的回折理論と運動学的回折理論	11
2-4 表面構造と回折強度	12
2-4-1 運動学的回折強度式	12
2-4-2 結晶表面の回折強度式	12
2-4-3 表面幾何学と回折強度	14
2-4-4 逆格子の強度分布とエバルト球	16
2-4-5 原子配置と回折強度	19
2-5 回折実験	19
2-5-1 実験方法と特徴	19
2-5-2 LEED 装置と実験法	20
2-5-3 RHEED 装置と実験法	23

2-5-4	電子顕微鏡をつかった RED, TED の実験法	27
2-5-5	X 線回折の実験法	31
2-6	SOR を利用した表面構造解析法	34
2-6-1	SOR	34
2-6-2	X 線定在波法の実験	35
2-6-3	X 線光電子回折の実験	37
2-6-4	表面 EXAFS の実験	38
2-7	まとめ	39
	文献	40
<b>第 3 章 表面組成</b> -----43		
3-1	表面組成分析	43
3-2	表面分析法	45
3-2-1	オージェ電子分光法	45
3-2-2	2 次イオン質量分析法	50
3-2-3	イオン散乱分光法	55
3-3	スパッタプロファイリング	61
	文献	63
<b>第 4 章 表面電子構造</b> -----67		
4-1	光電子分光	67
4-1-1	はじめに	67
4-1-2	原理と特徴	68
4-1-3	装置	69
4-1-4	光電子分光の測定例	72
4-2	逆光電子分光	75
4-2-1	はじめに	75
4-2-2	原理	75
4-2-3	装置	76
4-2-4	IPES の測定例	78
4-3	エネルギー損失分光	80

4-3-1	はじめに	80
4-3-2	入射電子のエネルギー損失過程	81
4-3-3	EELS の特徴	83
4-3-4	EELS の測定法	86
4-3-5	EELS の測定例	87
4-4	仕事関数	97
4-4-1	はじめに	97
4-4-2	熱電子放出法	98
4-4-3	光電子放出法	100
4-4-4	振動容量法	102
	文献	103
<b>第 5 章 表面原子振動</b> -----105		
5-1	表面原子振動	105
5-1-1	共鳴振動モードと局在振動モード	105
5-1-2	レイリーの定理と表面原子振動	108
5-1-3	3 次元格子の表面フォノン	110
5-1-4	巨視的表面フォノン	112
5-2	表面原子振動の計測法	113
5-2-1	高分解電子エネルギー損失分光法	113
5-2-2	He 原子散乱分光法	115
5-2-3	赤外吸収分光, 非線形光学分光	117
5-2-4	走査非弾性トンネル分光法	118
5-3	表面フォノンの分散曲線	119
5-3-1	単体金属の表面フォノン	119
5-3-2	岩塩型結晶構造の表面フォノン	120
5-3-3	層状化合物の表面フォノンおよび単原子層膜の フォノン	123
	文献	127

## 第6章 走査プローブ顕微鏡 129

- 6-1 走査トンネル顕微鏡と走査トンネル分光法 129
- 6-2 走査トンネル顕微鏡/分光法の理論 131
  - 6-2-1 トンネル電流の表式 132
  - 6-2-2 走査トンネル分光法の表式 135
- 6-3 走査トンネル顕微鏡/分光法における空間分解能 137
- 6-4 走査トンネル顕微鏡/分光法の装置と測定法 139
- 6-5 走査トンネル顕微鏡/分光法の測定例 144
  - 6-5-1 半導体表面のSTM像と電子状態 144
  - 6-5-2 金属表面のSTM像と電子状態 152
- 6-6 走査トンネル顕微鏡を用いたその他の分光法 153
- 6-7 固液界面の走査トンネル顕微鏡 156
- 6-8 走査プローブ顕微鏡と原子間力顕微鏡 159
  - 6-8-1 走査プローブ顕微鏡 159
  - 6-8-2 走査プローブ顕微鏡の分解能 160
  - 6-8-3 原子間力顕微鏡 161
  - 6-8-4 走査プローブ顕微鏡を用いた極微細加工法 163
- 文献 165

## 第7章 吸着・脱離 169

- 7-1 昇温脱離法 169
- 7-2 光励起・電子励起脱離の原理 174
  - 7-2-1 ESD法の特長 174
  - 7-2-2 電子励起イオン脱離の原理 175
  - 7-2-3 脱離イオンの性質 178
  - 7-2-4 電子励起イオン脱離法とその応用 180
  - 7-2-5 ESDの半導体表面への応用 196
  - 7-2-6 水素表面分析の2次元イメージ化の方法 199
- 文献 203

## 第8章 超高真空技術 205

- 8-1 超高真空技術の基礎 205
  - 8-1-1 はじめに 205
  - 8-1-2 基礎的な概念と関係式 207
  - 8-1-3 希薄気体の流れ 210
- 8-2 真空計測 215
  - 8-2-1 種々の真空計の原理と特徴 215
  - 8-2-2 測定に関わる問題点 222
  - 8-2-3 真空計の校正 227
- 8-3 排気プロセスとポンプ 229
  - 8-3-1 ポンプの排気速度 229
  - 8-3-2 排気方程式と圧力平衡 231
  - 8-3-3 真空ポンプ 237
- 8-4 真空装置の設計と製作 252
  - 8-4-1 シールと接合 252
  - 8-4-2 機械部品 257
  - 8-4-3 真空材料と表面処理 261
  - 8-4-4 真空装置の設計と製作 269
    - 真空装置用シンボル 273
- 文献 274

## 第9章 放射光利用技術・測定手法 279

- 9-1 分光器 279
  - 9-1-1 分光器に要求される性能 280
  - 9-1-2 分光器の選択 283
  - 9-1-3 利用形態 283
- 9-2 光電子分光 284
  - 9-2-1 表面・界面と光電子分光 285
  - 9-2-2 角度分解光電子分光実験装置 288
  - 9-2-3 単結晶清浄表面の作製、保持と評価 289

9-2-4 光電子分光の一般論 290  
9-2-5 角度分解光電子分光の測定原理 294  
9-2-6 解析例 300  
9-2-7 そのほかの放射光光電子分光の測定手法などについて 304

文献 304

第10章 荷電粒子の分析器 ————— 307

10-1 静電偏向型エネルギー分析器 308  
10-1-1 平行平板型分析器 308  
10-1-2 共軸円筒型分析器 310  
10-1-3 同心半球型分析器 310  
10-1-4 円筒鏡型分析器 311  
10-1-5 2次元表示型球面鏡エネルギー分析器 312  
10-1-6 飛行時間型エネルギー分析器 312

文献 314

第11章 トピックス——スピン偏極電子分光 ————— 315

11-1 はじめに 315  
11-2 スピン分解（偏極）光電子分光 316  
11-2-1 強磁性ニッケルの価電子帯スペクトル 320  
11-2-2 S/Fe(001) のスピン分解光電子スペクトル 321  
11-3 スピン分解（偏極）逆光電子分光 323  
11-3-1 スピン偏極電子源 324  
11-3-2 Gd(0001) 表面電子状態のスピン分解逆光電子スペクトル 327

文献 328

付録 超高真空関連部品購入先リスト ————— 331

索引 ————— 343