

目 次

I. 概 説

1. 電子光学機器	上田良二	
1.1 はしがき	1	
1.2 電子レンズ	3	
1.3 種々の型の電子顕微鏡	6	
A. 通常型透過電子顕微鏡…(6)/	B. 投影型電子顕微鏡…(7)/	C.
エネルギー分析型電子顕微鏡…(8)/	D. 放射型電子顕微鏡…(8)/	
E. 走査型電子顕微鏡…(8)/	F. 電子鏡型電子顕微鏡…(10)/	G.
Müller 型顕微鏡		
1.4 X線顕微鏡とX線マイクロアナライザー	11	
A. 投影X線顕微鏡…(11)/	B. X線マイクロアナライザー…(13)	
文 献	12	

2. 透過型電子顕微鏡	上 田 良 二
2.1 はしがき	15
2.2 照射系	18
2.3 結像系	20
2.4 収差と分解能	22
2.5 制限視野回折	25
2.6 試料技術と応用	26
文 献	31
3. 像と回折図形	上 田 良 二
3.1 はしがき	33
3.2 孔による回折	34
3.3 回折収差	37
3.4 回折格子	38
3.5 Fresnel 回折	41
3.6 振幅物体と位相物体	44
文 献	46
4. 電子顕微鏡像の解釈	上 田 良 二
4.1 はしがき	47
4.2 原子による電子の散乱	48
4.3 非晶体の像	49
4.4 結晶体の像	51
A. 等傾角の干渉模様…(51) / B. 等厚の干渉模様…(52)	
4.5 結晶体における吸収	53
4.6 格子欠陥の像	55
4.7 格子像	57
文 献	60

II. 透過型電子顕微鏡の構造と機能

5. 電子レンズ	丸 勢 進
5.1 軸対称電界内の電子軌道	61
5.2 電界レンズの特性.....	65
5.3 軸対称磁界内の電子軌道	67
5.4 磁界レンズの収差.....	69
A. 広義の球面収差…(70)/ B. 色収差…(72)	
5.5 ベル形磁界分布による近似	73
A. 近軸電子軌道…(73)/ B. 焦点位置と焦点距離…(75)/ C. 物面と像面…(76)	
5.6 磁界レンズの特性.....	77
A. レンズ形状と磁界分布…(77)/ B. レンズ強度と焦点距離…(79)/	
C. レンズ強度と収差係数…(81)/ D. 中間レンズと投射レンズ…(83)	
5.7 軸非対称収差とその補償	85
A. 軸非対称収差の原因…(85)/ B. 非点補正装置…(87)	
文 献	88

6. 照射系	丸 勢 進
6.1 電子銃の構造	89
6.2 日比陰極の製作と調整	91
6.3 照射電子流密度	93
6.4 電子線の輝度	94
6.5 輝度の不变性	96
6.6 熱電子放出型電子銃での軸上輝度	98
6.7 電界放出型電子銃での軸上輝度	100
6.8 平均輝度	102
6.9 電子銃の特性	104

A. バイアス電圧と輝度の測定値…(104)/	B. フィラメントの温度
と寿命…(105)	
6・10 集束レンズ	106
A. 集束レンズの強さと試料照射の開き角…(106)/	B. 2重集束レ
ンズ…(107)/ C. 試料照射角…(108)	
文 献	108
7. 試料装置と観察装置 丸 勢 進	
7・1 試料汚染	111
7・2 観察装置の構造	115
A. 観察室とカメラ室…(115)/ B. 自動シャッター…(115)	
7・3 融光板	116
A. 融光物質の性質…(116)/ B. 拡大鏡…(117)	
7・4 写真フィルム	118
A. 電子顕微鏡像における量子雑音…(118)/ B. 写真フィルムの特	
性…(118)	
文 献	120
8. 電 源 装 置 丸 勢 進	
8・1 高電圧電源	121
A. 直流高電圧発生回路…(121)/ B. 高電圧安定回路…(123)/ C.	
バイアス電圧電源と陰極加熱電源…(124)	
8・2 励磁電流電源	126
III. 試料技術と操作法	
9. 一般的な事項と試料支持膜 美 浜 和 弘	
9・1 はしがき	127
9・2 試料作成室とその備品	128

A. 化学天秤…(128)/	B. 恒温槽…(128)/	C. 超音波洗净器…(128)/
D. 蒸留水作成装置…(128)/	E. 実体顕微鏡…(128)/	F. 真空蒸着装置…(129)
9.3 メッシュ	129	
9.4 コロジオン膜	129	
9.5 カーボン膜	130	
9.6 マイクログリッド	133	
9.7 最近の試料支持膜	134	
9.8 水面上の薄膜をメッシュにすくう方法	136	
文 献	138	

10. 粉体試料およびレプリカ法

美 浜 和 弘

10.1 粉体試料	139
A. 直接法…(139)/	
B. 懸濁法…(140)/	
C. ペースト法…(141)	
10.2 シャドウキャスティング法	141
10.3 レプリカ法の種類	143
10.4 レプリカ1段法	144
A. 酸化被膜法…(144)/	
B. カーボン蒸着法…(146)/	
C. 白金-カーボン膜による簡便法…(147)/	
D. 抜けがらレプリカ法…(147)	
10.5 レプリカ2段法	148
文 献	150

11. 膜 状 試 料

美 浜 和 弘

11.1 劈開による薄膜	151
11.2 真空蒸着装置	154
A. 蒸発源…(154)/	
B. 試料の蒸発…(157)/	
C. 下地(基板)とその保持部…(158)	
11.3 蒸着膜の膜厚	159
11.4 蒸着膜の構造	161

文 献	164
-----------	-----

12. 厚い材料からの薄片試料作成	美 浜 和 弘
12・1 予備的操作	167
12・2 電解研磨法	168
A. Bollmann 法, または尖端陰極孔あけ法…(169)/	B. 窓あけ法
…(170)	
12・3 化学研磨法	171
12・4 イオン衝撃法	172
12・5 その他の方法	173
A. 電子線フラッシュ法…(173)/	B. 超薄切片法…(175)/
C. 金属の溶液からの薄膜作成…(175)	
文 献	175

13. 電子顕微鏡の操作と諸量の検定	美 浜 和 弘
13・1 装置の調整	177
13・2 加速電圧の検定	180
A. 回折環による検定…(181)/	B. 菊池線による検定…(183)
13・3 倍率の検定	186
A. 回折格子のレプリカによる検定…(187)/	B. ポリエチレンラテックス球を用いる方法…(187)/
C. モアレ縞および結晶格子像による倍率の検定…(187)	
13・4 制限視野回折図形に対する顕微鏡像の回転角	189
文 献	191

IV. 電子顕微鏡像の解釈

14. 非晶質物体のコントラスト	神 谷 芳 弘
14・1 はしがき	193

14・2 散乱吸収の古典論	194
14・3 散乱吸収係数の測定と実験式	196
14・4 レプリカ膜のコントラスト	198
14・5 電子の散乱の波動論（弾性散乱と非弾性散乱）	199
14・6 電子波の干渉	201
14・7 位相コントラスト	203
14・8 高分解能像における位相コントラスト	208
文 献	211

15. 電子回折の理論

神 谷 芳 弘

15・1 はしがき	213
15・2 運動学的回折理論	214
A. 回折条件…(214)/ B. Ewald の作図法と強度領域…(217)	
15・3 回折図形の解析（I）	219
A. 多結晶の回折環の指数づけ…(219)/ B. 単結晶の回折斑点の解 析…(220)	
15・4 回折図形の解析（II），菊池图形	221
15・5 回折図形の解析（III）	226
A. 2重回折…(226)/ B. 有限結晶の効果…(227)	
15・6 回折コントラスト	228
15・7 動力学的回折理論序説	231
15・8 結晶中の電子波	234
A. 電子の受ける結晶ポテンシャル…(234)/ B. Bloch 波…(235)/ C. 吸収…(238)	
15・9 境界条件と回折強度	239
15・10 多波の動力学的回折理論	242
A. 電子計算機による計算…(242)/ B. 対称性を利用した計算…(245)	
15・11 等厚干渉縞	248
文 献	249

16. 格子欠陥のコントラスト	神 谷 芳 弘
16.1 はしがき	251
16.2 積層欠陥	252
16.3 積層欠陥像の概要	253
A. 積層欠陥の試料中での傾き…(255)/ B. 積層欠陥によるずれ… (255)	
16.4 積層欠陥像の動力学的理論	256
A. 積層欠陥が入射面に近い場合…(257)/ B. 積層欠陥が出射面に 近い場合…(258)	
16.5 積層欠陥縞	258
A. 1枚の積層欠陥…(258)/ B. 重なった積層欠陥…(259)/ C. 積層欠陥縞のコラム近似によらない説明…(260)	
16.6 小角境界面 (δ フリンジ)	261
16.7 境界干渉縞	265
16.8 転位像の概要	266
16.9 歪の回折に及ぼす効果	269
A. 一般的な事柄…(269)/ B. 転位線による変位量…(270)	
16.10 転位像の運動学的理論	271
16.11 転位像の動力学的理論	275
16.12 特殊な例	278
A. 転位ループの符号の決定…(278)/ B. 転位の立体観察…(279)/ C. weak beam 法…(279)	
16.13 析出物のコントラスト	280
16.14 多波動力学的理論による計算法 (コラム近似)	281
A. 積層欠陥…(281)/ B. 転位線像…(282)	
文 献	282

17. 周期構造の電子顕微鏡像

神 谷 芳 弘

17.1 はしがき	285
17.2 2波, 3波の干渉による格子像	286

A. 2波の干渉…(286)/ B. 対称入射の3波干渉…(288)/ C. 分解能と干渉縞…(290)	
17・3 多波の効果	292
A. 1次元格子像…(292)/ B. 2次元格子像…(294)	
17・4 結晶の単位胞の電子顕微鏡像	295
17・5 モワレ模様	298
A. 回転モワレ…(298)/ B. 平行モワレ…(298)/ C. 平行-回転モ ワレ…(298)/ D. モワレ縞による格子欠陥の観察…(299)	
文 献	300
18. 非弾性散乱電子による結像	神 谷 芳 弘
18・1 はしがき	303
18・2 非弾性散乱電子による像	304
A. 等傾角干渉縞…(304)/ B. 格子欠陥像…(305)	
18・3 非弾性散乱の分類	306
A. プラズマ励起…(306)/ B. 内殻電子励起…(307)/ C. 温度散 漫散乱…(308)/ D. 非弾性散乱の全断面積の測定…(310)	
18・4 結晶による非弾性散乱	311
A. 一般論…(311)/ B. プラズマ散乱…(314)/ C. 温度散漫散乱 …(315)	
18・5 非弾性散乱のコントラスト効果	316
A. 菊池帯…(316)/ B. 等厚干渉縞…(319)/ C. 積層欠陥像… (319)/ D. 吸収を考慮した動力学理論の限界…(321)	
文 献	323

V. 走査型電子顕微鏡 (SEM) と関連装置**19. 基 本 的 事 項**

市ノ川竹男

19・1 歴史的発展	325
------------------	-----

19・2 装置の原理	327
A. 電子光学系…(327)/ B. 検出系…(330)/ C. 観測系…(331)	
19・3 電子と固体との相互作用	332
A. 電子の固体中へ侵入する深さ…(333)/ B. 電子の固体中での振 舞い…(334)/ C. 放出信号…(337)	
19・4 解像度を決める要素	340
19・5 結像とコントラスト	343
19・6 画像処理	346
文 献	348

20. 試料作成法と各種の信号による像

市ノ川竹男

20・1 絶縁物試料	351
20・2 生物試料	353
A. 臨界点乾燥法…(353)/ B. 凍結乾燥法…(354)	
20・3 検出信号の種類	354
20・4 2次電子像	355
20・5 後方散乱電子像	358
20・6 吸収電子像	361
20・7 陰極熒光像(CL像)	363
20・8 オージュ電子像	365
文 献	367

21. 透過型走査電子顕微鏡

市ノ川竹男

21・1 序 説	369
21・2 種々の電子銃	370
A. 熱電子放射電子銃…(370)/ B. 热電解放射電子銃…(372)/ C. 電界放射電子銃…(373)	
21・3 STEM の基礎	376
21・4 STEM による電子線エネルギー損失分光	380

21・5 走査法による制限視野回折	384
A. SEM(反射法)による制限視野回折…(384)/B. STEM(透過法) による制限視野回折…(387)	
文 献	390
22. X線微量分析計	市ノ川竹男
22・1 序 説	393
22・2 X線分光器	395
A. 波長分散型X線分光器…(395)/ B. エネルギー分散型X線分光 器…(396)	
22・3 定量分析の基礎	397
22・4 ZAF法	399
A. 原子番号効果の補正…(399)/ B. 吸収効果の補正…(400)/ C. 2次蛍光X線効果の補正…(401)	
22・5 薄膜試料の定量分析	402
22・6 応 用	404
A. 不均質相の成分と分布…(404)/ B. 拡散…(405)/ C. 表面か らの深さ方向の濃度分布…(405)/ D. 薄膜試料…(405)	
22・7 X線顕微鏡と Kossel 図形	406
文 献	409

付 錄

1. 逆格子と回折図形	411
2. 元素に対する諸定数	415
3. 格子の幾何学	420
4. V , λ , β , β^2 , V^*	422
5. 化学研磨法	423
6. 電解研磨法	427
7. 電子に対する原子散乱因子	434
8. 電子顕微鏡の本	435
索 引	439