

目 次

序 文

1. 真空中における蒸発と凝結

1.1 ま え が き	1
1.2 蒸 発 の 過 程	2
1.2.1 蒸 発 速 度	2
1.2.2 蒸発に必要な熱量	5
1.3 蒸発分子の飛翔過程	12
1.4 膜 の 形 成	13
1.4.1 凝 結 核 の 発 生	13
1.4.2 結 晶 核 の 発 生	17
1.4.3 凝 結 係 数	20
1.4.4 凝 結 核 の 応 用	20
1.4.5 蒸着膜の温度	22

2. 真空蒸着装置

2.1 ま え が き	25
2.2 典型的な蒸着装置	26
2.3 蒸着槽の付属部品	28
2.3.1 導 入 電 極	28
2.3.2 回 転 軸 の 導 入	29
2.3.3 真 空 計	31
2.4 排気系の構成	32
2.4.1 排気系の選択	32
2.4.2 荒抜き、または補助ポンプ	35
2.4.3 蒸気噴射ポンプ	36
2.4.4 バッフル、トラップ	38

2.4.5	バ ル ブ	39
2.4.6	T1ゲッタポンプ	41
2.4.7	T1ゲッタ・イオンポンプ	42
2.4.8	T1スパッタ・イオンポンプ	43
2.4.9	分子ポンプ	44
2.5	高真空蒸着装置の例	44
2.6	超高真空蒸着装置	47
2.6.1	超高真空における蒸着	47
2.6.2	超高真空装置の構成	49
2.6.3	超高真空蒸着装置の例	50
2.7	薄膜素子の多重または連続蒸着装置	55

3. 基板の表面処理

3.1	ま え が き	61
3.2	基 板 の 表 面	61
3.2.1	ガラスの表面構造	61
3.2.2	ガラス, 磁器などの表面形状	64
3.2.3	結晶の劈開面	65
3.3	清浄度の判定	67
3.3.1	呼 気 像	67
3.3.2	静摩擦係数	68
3.3.3	水 の 濡 れ	70
3.3.4	蒸着膜の模様	70
3.4	基板表面の清浄処理	71
3.4.1	洗 剤 処 理	71
3.4.2	化学的洗浄	71
3.4.3	有機溶剤処理	72
3.4.4	超音波洗浄	73
3.4.5	焰による方法	76
3.4.6	イオン衝撃	77
3.5	膜のピンホール	82

4. 蒸 発 源

4.1 ま え が き	85
4.2 耐熱金属のフィラメント形式, ボート形式	86
4.2.1 耐熱金属材料	86
4.2.2 フィラメント蒸発源の形状	88
4.2.3 薄板を用いた蒸発源の形状	90
4.2.4 ヒータ金属による汚れ	90
4.2.5 フィラメントの熱輻射による蒸発形式	91
4.3 炭素材その他の耐熱導電体の利用	93
4.3.1 炭素または黒鉛材を用いた蒸発源	93
4.3.2 炭化物およびホウ素化合物の利用	95
4.4 耐熱酸化物の利用	97
4.4.1 耐熱酸化物材料	97
4.4.2 酸化物被覆ヒータ	99
4.4.3 酸化物ルツボの傍熱加熱	100
4.5 高周波誘導加熱の利用	101
4.6 電子衝撃加熱蒸発源	102
4.6.1 電子ビームによる加熱	102
4.6.2 環状ビームによる加熱方式	104
4.6.3 集束ビームによる加熱方式	107
4.6.4 電子ビームの分解作用	109
4.6.5 イオンビームによる蒸着	112
4.7 電弧放電による蒸発	113
4.7.1 間歇電弧法	114
4.7.2 連続電弧法	115

5. 蒸発源の配置と膜厚分布, マスキングの一般的手法

5.1 ま え が き	117
5.2 蒸着過程についての仮定	117
5.3 微小蒸発源	118
5.3.1 点蒸発源	118

5.3.2	微小平面蒸発源	119
5.4	細長い蒸発源	120
5.4.1	細長い平面蒸発源	120
5.4.2	円柱状蒸発源	121
5.5	環状蒸発源(基板の回転)	122
5.5.1	点蒸発源の環状配置	122
5.5.2	微小平面蒸発源の環状配置	123
5.6	ルツボ型蒸発源	124
5.7	実際の蒸発源の蒸発分布特性	125
5.7.1	微小蒸発源	125
5.7.2	細長い蒸発源	125
5.7.3	コイル状およびバスケット状フィラメント	126
5.7.4	基板の回転	128
5.8	遮蔽によるマスクング	129
5.9	写真的手法によるマスクング(ホットエッチング)	131

6. 膜厚の測定と制御

6.1	ま え が き	133
6.2	触針法による膜厚測定	134
6.2.1	触針式アラサ測定器	134
6.2.2	触針の測定圧	134
6.3	光学的方法による膜厚測定	136
6.3.1	単層膜の光学的性質	136
6.3.2	分光反射率および透過率の測定	138
6.3.3	二光線干渉法	141
6.3.4	繰返し反射干渉法	141
6.3.5	偏光解析法	144
6.3.6	顕微鏡観察	147
6.4	秤量法による膜厚測定	148
6.5	X線による膜厚測定	149
6.5.1	1次固有線法	149
6.5.2	回折法	149

6.5.3	蛍光 X 線法	150
6.6	その他の方法による膜厚測定	151
6.6.1	化学的方法	151
6.6.2	トレーサ法	152
6.7	モーメントムの観測による膜厚制御	152
6.8	光学的方法による膜厚制御	154
6.8.1	干渉色の観察	154
6.8.2	光電測光法	156
6.9	電気的方法による膜厚制御	161
6.9.1	直流抵抗	161
6.9.2	渦電流	163
6.9.3	電気容量	164
6.9.4	水晶振動子の振動数	164
6.9.5	イオン電流	167

7. 蒸着膜の一般的性質

7.1	まえがき	171
7.2	膜の顕微鏡的構造	171
7.2.1	凝結過程と粒状構造	171
7.2.2	蒸着条件による粒状構造の変化	173
7.2.3	蒸着膜の過冷却現象	175
7.3	残留ガスの影響	176
7.3.1	低真空蒸着膜	176
7.3.2	高真空蒸着膜と超高真空蒸着膜	177
7.4	単結晶膜の蒸着	179
7.5	蒸着膜の機械的性質	182
7.5.1	膜の付着力	182
7.5.2	膜のみの機械的強さ	186
7.5.3	内部応力	188
7.6	蒸着膜の光学的性質	190
7.6.1	粒状構造と光学定数	190
7.7	蒸着膜の電氣的性質	194

7.7.1	金属膜の電気伝導の理論	194
7.7.2	半導体内の伝導	199
7.7.3	自己陰影効果による電気的性質の異方性	201
7.8	磁性薄膜の性質	203
7.8.1	磁性薄膜の磁气的性質	203
7.8.2	基板の清浄, 基板温度	204
7.9	超電導体薄膜	206
8. 金属, 合金, 単元素半導体の蒸着		
8.1	ま え が き	209
8.2	合金の蒸着方法	209
8.2.1	単一蒸発源からの蒸発	209
8.2.2	フラッシュ蒸発法および合金線送り込み法	212
8.2.3	同時混合蒸着法	212
8.2.4	交互蒸着法	213
8.3	Al	214
8.3.1	蒸 発 源	214
8.3.2	Al膜の光学的性質	216
8.3.3	Al膜および重ね合わせ膜の経時効果	217
8.4	Cr およびサーメット	219
8.4.1	Cr	219
8.4.2	サーメット薄膜	221
8.5	Ni の 合 金	221
8.5.1	Ni-Cr 合 金	221
8.5.2	Ni-Fe 合 金	223
8.5.3	Ni-Be 合 金	224
8.6	Si	225
8.6.1	蒸 発 源	225
8.6.2	単 結 晶 膜	225
8.7	Ge	227
8.7.1	蒸 発 源	227
8.7.2	Ge単結晶膜	228

8.8	Se	231
9. 弗化物, 酸化物, 金属間化合物半導体		
9.1	弗 化 物	233
9.1.1	水 晶 石	233
9.1.2	MgF ₂	233
9.1.3	CeF ₃ , その他の弗化物	236
9.2	酸 化 物	236
9.2.1	CeO ₂ , その他の稀土類の酸化物	237
9.2.2	ZrO ₂ , Sb ₂ O ₃	239
9.2.3	SiO ₂	239
9.2.4	TiO ₂	243
9.2.5	酸化物薄膜の他の製作法	244
9.2.6	薄い酸化膜の応用——トンネル効果の利用	245
9.2.7	導電性酸化膜	248
9.3	硫 化 物	249
9.3.1	ZnS	249
9.3.2	蒸着蛍光薄膜およびEL薄膜	250
9.3.3	SdS	252
9.3.4	SdS 膜の応用——電界型薄膜トランジスタ	257
9.3.5	PbS	262
9.3.6	Sb ₂ S ₃	263
9.4	金属間化合物半導体	264
9.4.1	CdSe	264
9.4.2	CdTe	265
9.4.3	InAs, InSb	266

10 真空蒸着膜の光学的応用

10.1	ま え が き	269
10.2	多層薄膜の光学理論	269
10.2.1	フレネル係数による取扱い	270
10.2.2	回路網理論による取扱い	271
10.3	光学薄膜材料	274

10.4	反 射 防 止 膜	278
10.5	多層増反射膜, 広帯域干渉フィルタ	281
10.5.1	多層増反射膜	281
10.5.2	冷光鏡 (コールド・ミラー)	284
10.5.3	三色分解フィルタ	285
10.5.4	偏光分割鏡 (偏光フィルタ)	286
10.6	狭帯域干渉フィルタ	286
10.6.1	金属膜干渉フィルタ	286
10.6.2	多層膜狭帯域干渉フィルタ	287
10.6.3	FTR フィルタ	289
10.7	金属膜の応用	290
10.7.1	反 射 鏡	290
10.7.2	透明膜による Al 反射鏡のコーティング	292
10.7.3	反 射 フィルタ	293
10.7.4	金属半透明膜	294
11. プラスチックその他のコーティング		
11.1	ま え が き	297
11.2	プラスチック基板と塗料	299
11.2.1	下塗り塗料に要求される性質	299
11.2.2	上塗り塗料に要求される性質と着色	300
11.2.3	塗料コーティングの方法	301
11.2.4	プラスチック基板と塗料	303
11.2.5	金属基板の塗膜	307
11.3	プラスチック成型品の蒸着装置	307
11.3.1	プラスチックのガス放出	307
11.3.2	蒸 着 装 置	308
11.4	連 続 蒸 着	310
11.4.1	プラスチック・フィルムの連続蒸着装置	310
11.4.2	コンデンサ・ペーパーの連続蒸着	312
12. スパッタリング法		
12.1	ま え が き	317

12.2	スパッタリングの方法と測定法	317
12.3	スパッタリングに影響する因子	319
12.3.1	気体の種類と圧力.....	319
12.3.2	イオン・エネルギー.....	320
12.3.3	イオン入射角, その他の影響.....	321
12.4	工業的なスパッタリング装置	323
12.4.1	グロー放電の特性.....	323
12.4.2	スパッタリング装置の電極配置.....	324
12.4.3	工業的なスパッタリング装置.....	325
12.5	スパッタリングによる膜の性質	327
12.6	反応性スパッタリング	328
索 引	331