

目 次

1. 薄膜の製作法と膜厚測定法

§1.1 真空蒸着法 (vacuum deposition method)	1	置	23
1.1.1 真空排気の必要性	1	1.2.6 特殊なスパッタリング法	24
1.1.2 蒸発: 平衡蒸気圧と温度および蒸発量	5	§1.3 気相成長法	26
1.1.3 蒸発原子, 分子の形	8	1.3.1 熱分解法 (thermal decomposition method)	27
1.1.4 真空蒸着装置	9	1.3.2 還元法 (reduction method)	28
1.1.5 特殊な蒸着	12	1.3.3 不均等化反応法 (disproportionation reaction method)	29
§1.2 スパッタリング法 (sputtering method)	16	1.3.4 化学輸送反応法 (chemical transfer reaction method)	30
1.2.1 グロー放電とスパッタリング現象	16	§1.4 膜厚の測定法	31
1.2.2 薄膜中へのガス分子の混入	18	1.4.1 多重反射干渉法による形状膜厚の測定法	31
1.2.3 スパッタリングの機構	19	1.4.2 水晶振動子法による質量膜厚の測定法	35
1.2.4 スパッタリングした原子, 分子の形	22	文 献	37
1.2.5 直流二極スパッタリング装			

2. 薄膜の形成と構造

§2.1 薄膜の形成過程と構造の観察	39	一と臨界核	50
§2.2 核生成の現象論的モデル (VWBD の理論)	49	2.2.2 基板上での臨界核の数密度	53
2.2.1 cap shape の自由エネルギー		2.2.3 cap shape 型のクラスターへの原子の衝突頻度	55

2.2.4	現象論的不均質核生成速度	56	§ 2.6	エピタクシー	73
§ 2.3	核生成の原子論的モデル I (Walton の理論)	57	2.6.1	エピタクシーの観測	74
2.3.1	クラスターの数密度の計算	57	2.6.2	エピタクシー発生に対する 原子論的解釈	76
2.3.2	臨界温度の計算	59	2.6.3	擬似的構造と転位の発生	78
2.3.3	核生成速度の計算	60	2.6.4	エピタキシャルな核生成 (epitaxial nucleation)	81
§ 2.4	薄膜形成の確率過程的モデル (Zinsmeister の理論)	62	§ 2.7	核成長のモデル	83
2.4.1	基本方程式	63	2.7.1	ランダム・ウォーク (random walk)による取 扱い	84
2.4.2	衝突係数	64	2.7.2	二次元ガス拡散モデル	87
2.4.3	近似的な解	65	§ 2.8	薄膜中の構造欠陥	89
§ 2.5	核生成の原子論的モデル II (Lewis-Campbell の理論)	68	2.8.1	点欠陥	89
2.5.1	捕獲領域を考えた核生成	68	2.8.2	転位	95
2.5.2	不完全凝縮の場合の安定核 密度と凝縮係数	70	2.8.3	積層欠陥	98
2.5.3	完全凝縮の場合の飽和核密 度	71	2.8.4	その他の構造欠陥	100
			文 献		101

3. 力学的性質

§ 3.1	弾性的性質	105	§ 3.3	内部応力 (internal stress)	127
3.1.1	薄膜の弾性	105	3.3.1	内部応力現象	127
3.1.2	単独膜 (substrate-free film) とその密度	106	3.3.2	内部応力の測定法	127
3.1.3	薄膜の弾性定数	107	3.3.3	内部応力の測定結果	131
3.1.4	薄膜の内部摩擦 (internal friction)	111	3.3.4	内部応力の発生原因	136
§ 3.2	付着	113	3.3.5	内部応力と物理的性質	140
3.2.1	付着現象	113	§ 3.4	引張り特性 (tensile proper- ties)	141
3.2.2	付着力 (adhesive force)	114	3.4.1	薄膜における引張り特性	141
3.2.3	付着力の測定法	114	3.4.2	引張り特性の測定法	141
3.2.4	付着力の測定結果	122	3.4.3	引張り特性の測定結果	144
3.2.5	付着の機構と付着力の増加 法	123	3.4.4	引張り特性の説明	146
			文 献		146

4. 薄膜の電気的性質

§ 4.1 不連続薄膜	151	の理論	168
4.1.1 一般的特徴	151	4.2.3 自由電子論とボルツマンの 輸送方程式	169
4.1.2 熱電子放出過程(thermionic emission process)	154	4.2.4 ボルツマン方程式による薄 膜の電気伝導度の計算 —Sondheimer の理論—	170
4.1.3 活性化トンネル過程 (acti- vated tunneling process)	158	4.2.5 磁場のあるときの電子の輸 送	176
4.1.4 熱電子放出電流と活性化ト ンネル電流の比較	163	4.2.6 結晶粒界での電子散乱を考 慮した Mayadas-Shatz- kes の理論	180
4.1.5 不連続薄膜における電子の 伝導経路	165	4.2.7 量子サイズ効果と電気伝導	183
§ 4.2 連続薄膜	165	4.2.8 熱電能	188
4.2.1 一般的特徴	165	文 献	190
4.2.2 連続薄膜内部での電子の輸 送に関する Sondheimer			

5. 光学的性質

§ 5.1 基礎となる公式	193	5.4.1 光学定数と物性定数	211
5.1.1 スネルの法則と光学定数	193	5.4.2 金属内電子のプラズマ振動	212
5.1.2 フレネルの公式	195	5.4.3 ドルーデ (Drude) の方程 式と複素誘電率	212
5.1.3 吸収体からの反射	196	5.4.4 表面プラズマ	213
5.1.4 薄膜の反射と透過	197	5.4.5 金属薄膜における光プラズ マ	214
§ 5.2 薄膜の光学定数の測定法	200	§ 5.5 特殊な薄膜	218
5.2.1 偏光解析法	200	5.5.1 不均質薄膜 (inhomogeneous films)	218
5.2.2 Abelès の方法	203	5.5.2 島状薄膜	220
5.2.3 Malé の方法	204	5.5.3 多層膜とその応用	225
§ 5.3 光学的性質の測定結果	206	文 献	230
5.3.1 透明体連続薄膜	206		
5.3.2 吸収体薄膜	208		
§ 5.4 金属薄膜における光プラズマ 共鳴	211		

6. 半導体薄膜の特質と特性測定

§ 6.1 半導体の各種特性長と薄膜の 特性 234	§ 6.3 半導体薄膜の特性測定法 250
6.1.1 少数キャリア拡散長 (mi- nority carrier diffusion length) 234	6.3.1 抵抗測定 250
6.1.2 表面空間電荷層 (surface space charge region) . . . 238	6.3.2 容量-電圧測定 (capacita- nce-voltage (C-V) mea- surement) による不純物 濃度分布の測定 251
6.1.3 平均自由行程 (mean free path) 242	6.3.3 ファン・デル・パウの方法 によるホール効果測定 . . . 255
6.1.4 デバイ長(Debye length) . . 243	6.3.4 ステップエッチングと抵 抗・ホール効果測定組 合せ 257
6.1.5 光吸収係数の逆数 (inverse absorption coefficient) . . 244	6.3.5 光学的評価法 257
6.1.6 その他の特性長 245	文 献 261
§ 6.2 単結晶薄膜と非晶質薄膜 . . . 247	

7. 薄膜の磁氣的性質

§ 7.1 自発磁化 (spontaneous mag- netization) 264	る薄膜の磁区構造 290
7.1.1 自発磁化 264	7.3.5 縞状磁区と rotatable aniso- tropy 293
7.1.2 薄膜の自発磁化 266	7.3.6 バブル磁区 295
§ 7.2 薄膜の磁気異方性 269	§ 7.4 薄膜の磁化過程 (magnetiza- tion process) 299
7.2.1 磁性薄膜の形状異方性 . . . 270	7.4.1 静的磁化過程 299
7.2.2 多結晶パーマロイ薄膜の面 内誘導一軸磁気異方性 . . 270	7.4.2 パーマロイ薄膜の高速スイ ッチング 308
7.2.3 多結晶磁性薄膜の垂直磁気 異方性 277	7.4.3 磁壁の運動 313
§ 7.3 薄膜の磁区と磁壁 280	7.4.4 磁気バブルの動特性 319
7.3.1 磁区, 磁壁の観察法 280	§ 7.5 磁気共鳴 (magnetic reso- nance) 323
7.3.2 薄膜の磁壁 283	7.5.1 強磁性共鳴 (ferromagnetic resonance) (一斉回転モ
7.3.3 薄膜の磁区 288	
7.3.4 正の垂直磁気異方性を有す	

ード)	324	文献	329
7.5.2 スピン波共鳴	326		

8. 超伝導薄膜

§ 8.1 超伝導体の一般的性質と薄膜 化の効果	337	8.2.2 ジェセフソン効果	352
8.1.1 超伝導体の一般的性質	337	8.2.3 超伝導接合の応用	359
8.1.2 超伝導薄膜の性質	342	§ 8.3 高臨界温度を有する超伝導体 の研究	370
§ 8.2 超伝導接合とその応用	346	文献	376
8.2.1 超伝導接合	346		

索引	379
--------------	-----