

目 次

1. ジョセフソン効果の基礎

1.1 超伝導	1
1.1.1 はじめに	1
1.1.2 量子凝縮状態の性質	2
1.1.3 ロンドン方程式	5
1.1.4 熱力学的性質	8
1.1.5 微視理論	9
1.1.6 電子対凝縮状態と超伝導性	18
参考文献	22
1.2 ジョセフソン効果	22
1.2.1 波動場の干渉によるビート (beat) 現象	22
1.2.2 超伝導接合における秩序パラメーターと超伝導電流	23
1.2.3 dc および ac ジョセフソン電流	26
1.2.4 マイクロ波照射時の電圧電流特性	29
1.2.5 磁界印加時の接合電流	30
1.2.6 接合領域における位相分布の動的特性	34
参考文献	37
1.3 等価回路・シミュレーション	38
1.3.1 微小面積のジョセフソン接合	38
1.3.2 位相差の空間変化	43
参考文献	50

2. ジョセフソン効果の応用

2.1 SQUID	52
2.1.1 dc SQUID	52
2.1.2 rf SQUID	61
2.1.3 信号入力回路	70
2.1.4 SQUID の分解能と雑音	74
資 料	79
参考文献	80
2.2 ジョセフソン効果による電圧標準の実現	81
2.2.1 はじめに	81

2・2・2	電圧ステップ	82
2・2・3	トンネル形素子によるステップ	85
2・2・4	ポイントコンタクト形素子によるステップ	90
2・2・5	発生電圧の恒常性	91
2・2・6	回路の実例	93
	参考文献	96
2・3	ジョセフソン効果による電磁波検出	97
2・3・1	電磁波に対する応答	97
2・3・2	広帯域検波器	103
2・3・3	狭帯域検波器	105
2・3・4	最近の研究	109
	参考文献	111
2・4	ジョセフソン素子のスイッチング特性	112
2・4・1	スイッチング素子としての基本動作	113
2・4・2	基礎方程式と機械モデル	115
2・4・3	電圧状態を維持するための最低駆動電流	117
2・4・4	零電圧状態および電圧状態での振舞い	119
2・4・5	臨界電流の磁界依存性	121
2・4・6	計算機シミュレーションによるスイッチング動作例	127
2・4・7	まとめ	129
	参考文献	129

3. ジョセフソン効果応用の期待される分野

3・1	電気標準	131
3・1・1	まえがき	131
3・1・2	測定・単位・標準	131
3・1・3	電気標準の沿革	132
3・1・4	SI 単位	134
3・1・5	電気単位の導き方と標準の決め方	135
3・1・6	1976 年以降の国際標準の決定法	136
3・1・7	電気単位の絶対測定と量子標準	137
3・1・8	最近の標準値	141
3・1・9	ジョセフソン電圧量子標準の及ぼす影響	141
3・1・10	むすび	143
	参考文献	143
3・2	精密計測	144
3・2・1	ジョセフソン効果と精密計測	144
3・2・2	ジョセフソン効果および rf SQUID	144
3・2・3	精密計測への応用	150
3・2・4	むすび (今後への期待)	155
	参考文献	157

3.3 超高層大気物理学	157
3.3.1 はじめに	157
3.3.2 プラズマ低周波波動	159
3.3.3 大気物理学への応用	162
3.3.4 人工衛星搭載の可能性——冷却の問題——	164
3.3.5 あとがき	165
参考文献	172
3.4 磁気探査	172
3.4.1 概 説	172
3.4.2 磁気探査における SQUID 磁力計への期待	173
3.4.3 電磁探査における SQUID 磁力計への期待	175
3.4.4 SQUID 磁力計の利用	179
3.4.5 む す び	180
参考文献	180
3.5 医学・生体計測	181
3.5.1 序 論	181
3.5.2 生体の磁界の発生機序とその計測	182
3.5.3 Magnetocardiography とその解釈	186
3.5.4 その他の生体磁気情報	189
3.5.5 結 語	192
参考文献	193
3.6 極低温度測定	194
3.6.1 はじめに	194
3.6.2 交流ジョセフソン効果を用いた熱雑音温度計	194
3.6.3 SQUID を用いた熱雑音温度計	199
3.6.4 SQUID を用いた磁気温度計	200
3.6.5 国際実用温度目盛 (IPITS)	201
参考文献	202
3.7 天体観測	203
3.7.1 天文学の発展	203
3.7.2 ミリ波天文学	205
3.7.3 赤外線天文学	212
参考文献	217
3.8 論理回路・計算機	219
3.8.1 はじめに	219
3.8.2 超伝導とジョセフソン効果	219
3.8.3 ジョセフソントンネルゲート	220
3.8.4 具体的応用 (メモリーおよび処理装置)	223
3.8.5 大形集積と素子の試作技術	231
3.8.6 む す び	231
参考文献	231

4. ジョセフソン素子作成の諸相

4.1 微細加工	233
4.1.1 はじめに	233
4.1.2 微細パターンの作画および複写法	233
4.1.3 選択的微細加工法	241
4.1.4 むすび	246
参考文献	246
4.2 薄膜技術	247
4.2.1 真空蒸着	247
4.2.2 カソードスパッタリング	251
4.2.3 超伝導薄膜	256
参考文献	262
4.3 ジョセフソン素子の作成	263
4.3.1 はじめに	263
4.3.2 ブリッジの製作	265
4.3.3 トンネル接合の製作	278
4.3.4 点接触 JJ の製作	286
参考文献	290

5. 関連する基礎技術

5.1 液体ヘリウムを用いる実験技術	292
5.1.1 液体ヘリウムの性質と取り扱い	292
5.1.2 実験用クライオスタットとその設計	302
5.1.3 温度の測定と制御	318
付録——実験装置および材料の入手先——	325
参考文献	325
5.2 冷凍装置	327
5.2.1 液化の原理	327
5.2.2 実験室を対象とした冷凍装置	335
参考文献	337
5.3 磁気シールド	338
5.3.1 はじめに	338
5.3.2 大都市における地球磁界	339
5.3.3 磁気しゃへの主な方法とその目的	342
5.3.4 強磁性しゃへい	344
5.3.5 超伝導しゃへい	353
5.3.6 おわりに	355
参考文献	355