



# 目 次

## 第 1 章 太陽電池の歴史と種類

1.1 太陽電池とは .....	1
1.2 太陽電池の歴史と種類 .....	2
1.3 結晶シリコン Si 系太陽電池 .....	11
1.4 太陽光のスペクトル, エネルギー, および光子 .....	12
1.5 太陽光の分光放射照度とエアマス (AM=Air Mass) .....	19
1.6 太陽電池の変換効率 .....	20
1.7 変換効率を制限するもの .....	22

## 第 2 章 太陽電池の発電原理

2.1 半導体中の電子のエネルギー .....	24
2.2 エネルギーバンドの形成 .....	25
2.3 価電子帯 .....	28
2.4 印加電圧によるバンド構造の傾きと電流の流れ .....	29
2.5 不純物半導体 .....	30
2.6 固体の電気伝導度とバンド構造 .....	33
2.7 n 形半導体および p 形半導体のフェルミ準位 .....	34
2.8 pn 接合のバンド構造 .....	34
2.9 コンデンサ内の電界 .....	35
2.10 2 枚の電極間の電界 .....	36
2.11 印加電圧による pn 接合のバンド構造の変化 .....	36
2.12 太陽電池の電流電圧 ( $I-V$ ) 特性 .....	39
2.13 $I-V$ 特性に影響を及ぼす因子 .....	42
2.14 太陽電池の等価回路 .....	46
2.15* $I-V$ 曲線の数学的記述 .....	48
2.16* 開放電圧 $V_{oc}$ の数学的記述 .....	52
2.17* 太陽電池の直列抵抗 .....	52
2.18* 太陽電池の電極パターンの設計 .....	53
2.19 太陽電池出力特性の温度依存性 .....	54

2.20 人工衛星用太陽電池の出力特性 .....	57
---------------------------	----

### 第3章 太陽電池の材料および作製法

3.1 化学用語 .....	59
3.2 多結晶シリコンの製造 .....	61
3.3 結晶シリコン基板およびアモルファスシリコン薄膜の作製 .....	64
3.4 各種半導体ガスの特性 .....	69
3.5 太陽電池製造用設備 .....	70

### 第4章 太陽電池のデバイス化と評価装置

4.1 太陽電池作製工程 .....	75
4.2 基板のクリーニング .....	75
4.3 拡散炉による pn 接合の形成 .....	79
4.4 電極形成法 .....	80
4.5 反射防止膜の光学特性と形成 .....	84
4.6 ITO (インジウムスズ酸化物) の特性 .....	89
4.7 光学特性, 表面粗さ, 不純物濃度分布の測定法 .....	90

### 第5章 各種シリコン系太陽電池の構造と特性

5.1 結晶シリコン系太陽電池の pn 接合 .....	96
5.2 BSF (Back Surface Field) 太陽電池 .....	97
5.3 BSR (Back Surface Reflection) 太陽電池 .....	98
5.4 ブラックセル .....	99
5.5 集光形太陽電池 .....	101
5.6 ハニカム状太陽電池 .....	102
5.7 球状シリコン系太陽電池 .....	102

### 第6章 GaAlAs/GaAs 系太陽電池

6.1 直接遷移形半導体と間接遷移形半導体 .....	105
6.2 $Ga_{1-x}Al_xAs$ の物性 .....	107
6.3 GaAlAs/GaAs 系太陽電池の構造 .....	108
6.4 液相成長法(LPE)による GaAlAs/GaAs 系太陽電池の作製 .....	109
6.5 有機金属気相成長法(MOCVD) .....	112

6.6 GaAlAs/GaAs 系太陽電池の開発競争 .....	113
6.7 シリコン基板上への GaAlAs/GaAs 系太陽電池の作製 .....	115

## 第7章 アモルファスシリコン太陽電池と微結晶シリコン太陽電池

7.1 アモルファスシリコン太陽電池 .....	119
7.2* 微結晶シリコン太陽電池 .....	122

## 第8章 タンデム（多層構造）形太陽電池

8.1 タンデム（多層構造）形太陽電池の構造 .....	127
8.2 トンネル効果 .....	128
8.3 アモルファスシリコンタンデム形太陽電池の例 .....	130
8.4 ハイブリッド形太陽電池 .....	132
8.5 3重接合タンデム形太陽電池 .....	133

## 第9章 結晶シリコン系太陽電池モジュールの構造と作製

9.1 結晶シリコン系太陽電池モジュールの種類と構造 .....	136
9.2 モジュール関連用語 .....	139
9.3 ラミネータの構造 .....	146
9.4 モジュールの作製法 .....	147
9.5 モジュールの出力特性 .....	147

## 第10章 CuInGaSe 系太陽電池

10.1 元素の「族数」とは .....	149
10.2 アルカリハライドの色中心 .....	150
10.3 結晶中の原子の拡散 .....	152
10.4 CdS 系太陽電池 .....	153
10.5 CuInGaSe <sub>2</sub> (CIGS) 系太陽電池 .....	154

## 第11章 色素増感太陽電池と有機太陽電池

11.1 酸化と還元 .....	163
11.2 ハロゲン元素とヨウ素結晶 .....	163
11.3 電子親和力 .....	164
11.4 ヨウ素分子 I <sub>2</sub> の形成 .....	165

11.5	ヨウ素結晶の形成	166
11.6	イオン $I_3^-$	167
11.7	アセトニトリル	168
11.8	色素	168
11.9	太陽電池に用いられる色素	170
11.10	二酸化チタン( $TiO_2$ )表面層の構造	171
11.11	色素増感太陽電池の発電機構	172
11.12	固体電解質を用いた色素増感太陽電池	174
11.13	色素増感太陽電池の出力特性	175
11.14	有機太陽電池	175

## 第 12\*章 プラズモン太陽電池

12.1	プラズモンの物性	179
12.2	プラズモンの ITO 膜への応用	182
12.3	プラズモン太陽電池	183

## 第 13 章 太陽電池の評価試験

13.1	太陽電池セルの信頼性テスト	185
13.2	太陽電池モジュールの信頼性テスト	186

## 第 14 章 太陽光発電システム

14.1	用語	190
14.2	モジュール設置に関する用語	191
14.3	太陽光発電システムの用途	193
14.4	太陽光発電システムの系統	193
14.5	太陽電池モジュールの設置手順	195
14.6	日射量と太陽電池モジュールの設置・施行	196
14.7	12 V 独立系発電システムの設計演習	211
14.8	太陽追尾形モジュール	216
14.9	集光形太陽電池	217
14.10	集光を利用した太陽熱発電所	218
14.11	サテライト・パワー・システム(SPS : Satellite Power System)	219
14.12	太陽光発電システムの価格	220

## 第15章 太陽電池関連用語集（日英）

15.1	太陽電池関連略語（英）	224
15.2	大気圏・太陽光日射	225
15.3	半導体・基板	226
15.4	太陽電池セル	227
15.5	太陽電池モジュール・アレイ	230
15.6	太陽光発電システム関連装置	231
15.7	太陽光発電システム	232
15.8	太陽電池関連研究機関	234

## 第16章 水溶液形二次電池

16.1	用語	235
16.2	黒鉛の物性	239
16.3	過充電防止回路	239
16.4	過放電防止回路	240
16.5	鉛蓄電池	242
16.6	ニッケル・カドミウム蓄電池	242
16.7	ニッケル・水素蓄電池	249
16.8	アルカリ乾電池	250

## 第17章 非水系二次電池

17.1	リチウムイオン二次電池	252
17.2	LiAl合金-リチウム含有二酸化マンガン二次電池	257

## 第18章 車載用二次電池

18.1	二次電池のモジュールおよびパック	259
18.2	電気自動車(EV)用二次電池	260
18.3	車載用リチウムイオン二次電池	261

## 第19章 スーパーキャパシタ

19.1	キャパシタとは	264
19.2	静電容量の測定法	266
19.3	二次電池とスーパーキャパシタの違い	267

19.4	電気二重層スーパーキャパシタの電解液	269
19.5	レドックスキャパシタと電極材料	271
19.6	非対称ハイブリッドキャパシタ	273
19.7	スーパーキャパシタの充電法	274
19.8	電気二重層スーパーキャパシタの出力特性	274
19.9	バス・トラックへの応用	275

## 第20章 二次電池関連用語集

### 第21章 水素吸蔵合金

21.1	水素の生成	281
21.2	水素吸蔵合金とは	281
21.3	水素吸蔵合金の種類	283
21.4	水素吸蔵合金の特性	284

### 第22章 燃料電池の基礎と関連用語

22.1	燃料電池の歴史と発電原理の概要	287
22.2	燃料電池の基本構造	291
22.3	用語	292

### 第23章 固体高分子形燃料電池

23.1	固体高分子形燃料電池の構造	297
23.2	ガス拡散層	299
23.3	電解質ナフィオン膜	301
23.4	触媒の劣化	304
23.5	発電効率および標準起電力	306
23.6	燃料電池の出力電圧の電流密度依存性	307

### 第24章 固体酸化物形燃料電池

24.1	固体酸化物形燃料電池(SOFC)の構造	309
24.2	燃料ガスの種類と反応	312
24.3	イオンの伝導機構	312
24.4	SOFCの特徴	313

24.5	SOFCの電気的特性, 応用, 課題 .....	313
------	--------------------------	-----

## 第25章 熔融炭酸塩形燃料電池

25.1	熔融炭酸塩形燃料電池(MCFC)の構造 .....	316
25.2	単セルの構造 .....	317
25.3	発電機構 .....	318
25.4	MCFCの特徴 .....	319
25.5	電気的特性 .....	319
25.6	問題点 .....	319

## 第26章 リン酸形燃料電池

26.1	リン酸形燃料電池(PAFC)の構造 .....	320
26.2	単セルの構造 .....	322
26.3	リン酸の生成 .....	323
26.4	発電の機構 .....	323
26.5	PAFCの特徴 .....	324
26.6	課題 .....	324

## 第27章 燃料電池関連用語 .....

325

## 第28章 風力発電

28.1	風力発電と電気自動車の類似技術 .....	332
28.2	風車の出力エネルギー .....	332
28.3	風車の発電原理 .....	333
28.4	増速機 .....	336
28.5	整流方法 .....	336
28.6	風力発電システム(増速式風車) .....	338

## 第29章 水の電気分解と応用

29.1	水の電気分解の原理 .....	339
29.2	燃料電池への応用 .....	341



## 第 30 章 環境関連用語集

30.1	規格に関する略語	342
30.2	機関（米国・EU・日本・国連）	342
30.3	環境関連略語	345
30.4	ISO 14001 関連	345

## 第 31 章 新世界経済機構（NEWS）

31.1	温暖化問題と再生可能エネルギー普及政策（固定価格買取制度）	354
31.2	固定価格買取制度の詳細	355
31.3	世界の新エネルギー源	356
31.4	日本における環境意識	359
31.5	新世界経済機構（NEWS；New Economic World System）	361

参考文献	367
------	-----

付録 I	シート抵抗の測定法	377
付録 II	四端針法による電気抵抗測定法	378
付録 III	任意形状試料の電気抵抗測定法	379
付録 IV	結晶 Si 系太陽電池の具体的パラメータ	381

付表 I	382
付表 II	383
付表 III	384
付表 IV	385
付表 V	386

索引	388
----	-----

