

目次

序章 有機光電変換系の可能性と課題 吉川暹, 上原赫

1	はじめに	1
2	有機光電変換系の可能性	1
2.1	有機薄膜太陽電池研究の進歩	1
2.2	色素増感太陽電池 (Gratzel セル) の進展	3
2.3	有機 EL 素子における進歩	5
2.4	光合成系研究の進展	5
2.5	超高効率化への期待	6
3	おわりに	7
第1章 基礎理論と光合成		
1	光合成細菌における光電変換反応の機構とそれを支える反応場	9
1.1	はじめに	9
1.2	光合成細菌の誕生と種類	9
1.3	光化学反応中心複合体	10
1.4	紅色光合成細菌の光化学反応場	11
1.5	紅色光合成細菌の光電変換反応	13
1.6	アンテナ系の構造と機能	15
1.7	反応場の単一性と生物の多様性	16
2	バクテリアの光合成初期過程における励起子移動と電荷分離	19
2.1	はじめに	19
2.2	励起子生成と移動	19
2.2.1	紅色光合成細菌のアンテナ色素系の励起子移動	19
2.2.2	カロテノイドによる励起三重項状態の BChl の消光	21
2.2.3	緑色イオウ光合成細菌のクロロゾーム	22
2.2.4	コヒーレントなエネルギーと反応中心への移動	22
2.3	電荷分離と再結合の速度	23
2.4	おわりに	26
3	有機半導体の電荷輸送とその機構内藤裕義	28
3.1	はじめに	28
3.2	有機結晶半導体	28
3.3	電荷移動度評価法	29
3.4	有機アモルファス半導体	30

3.5	まとめ	32
4	有機薄膜太陽電池の基礎理論の概念	藤枝卓也, 吉川蓮 34
4.1	太陽電池セルの等価回路	34
4.2	分子性固体の電子構造	35
4.3	非局在化	37
4.4	バンド伝導	38
4.5	出力電圧と擬フェルミ準位	39
4.6	有機薄膜太陽電池の構造	41
4.7	おわりに	42
5	人工光合成系の構築	小夫家芳明 44
5.1	はじめに	44
5.2	光合成を構成するシステムー光捕集アンテナと光合成反応中心	44
5.3	電荷分離中心機能体の構築	45
5.4	環状光捕集機能体	47
5.5	展開	50
6	アンテナ色素の合成とモデル系の構築	柴田麗子, 民秋均 51
7	光合成細菌の光電変換材料を用いたデバイスへの応用	永田衛男, 南後守 56
7.1	はじめに	56
7.2	光合成膜での光電変換	56
7.3	アンテナ系タンパク質/色素複合体の光電変換能	57
7.3.1	LB 膜法	58
7.3.2	SAM 法	58
7.3.3	脂質二分子膜への組織化	59
7.3.4	モデルタンパク質を用いた光電変換機能	60
7.4	まとめ	61
第2章 有機薄膜太陽電池のコンセプトとアーキテクチャー		
1	有機薄膜太陽電池の原理と新アーキテクチャーの可能性	上原赫, 吉川蓮 63
1.1	はじめに	63
1.2	有機薄膜太陽電池の原理と光合成の初期過程	33
1.3	最近の有機薄膜太陽電池の素子構造と新アーキテクチャーの可能性	64
1.3.1	有機ヘテロ接合素子	64
1.3.2	バルクヘテロ接合型素子	65
1.3.3	カーボンナノチューブを用いたバルクヘテロ接合型素子	66
1.3.4	ナノコンポジット型素子	66
1.3.5	D-O-A 色素と酸化亜鉛ナノピラー電極を組み合わせた 3 次元素子	66
1.3.6	デュアルヘテロ接合(タンデム)型素子	68

1.3.7	電極の外部に色素増感層を持つ素子構造	68	
1.4	おわりに	70	
2	有機ヘテロ接合型薄膜太陽電池	大佐々崇宏, 松村道雄	72
2.1	はじめに	72	
2.2	初期の有機薄膜太陽電池	72	
2.3	有機ヘテロ接合型太陽電池	73	
2.4	有機ヘテロ接合型素子における動作	74	
2.5	有機/有機界面の微細構造制御	76	
2.6	おわりに	77	
3	p-i-n 接合を持つ有機薄膜太陽電池	平本昌宏	79
3.1	はじめに	79	
3.2	ナノ構造制御された共蒸着層を i 層として持つ p-i-n 接合型セル	79	
3.3	非常に厚い透明 NTCDA 保護層によるショート問題の解決	81	
3.4	NTCDA 蒸着膜の pn 制御とオーミック接合形成	83	
3.5	長期安定性試験	84	
3.6	おわりに	85	
4	バルクヘテロ接合型有機薄膜太陽電池	内田聡一, 錦谷禎範	87
4.1	はじめに	87	
4.2	バルクヘテロ接合型太陽電池のしくみ	88	
4.3	光電変換特性モデル	89	
4.4	低分子系バルクヘテロ接合型太陽電池の実際	90	
4.4.1	CuPc : C60 の共蒸着膜をバルクヘテロ接合層とする太陽電池	90	
4.4.2	CuPc : PTCBI の共蒸着膜をバルクヘテロ接合層とする太陽電池	92	
4.5	共蒸着により得られる低分子系バルクヘテロ接合膜の構造	93	
4.6	おわりに	94	
5	共役系ポリマーを用いた有機薄膜太陽電池	高橋光偉, 村田和彦, 中村潤一	96
5.1	はじめに	96	
5.2	仕事関数の異なる電極で有機物固体を挟んだ時の閉回路平衡状態における有機膜にかかる電位プロフィール	97	
5.3	バルクヘテロジャンクション型太陽電池	98	
5.3.1	低分子混合型太陽電池	98	
5.3.2	共役系高分子混合型太陽電池	99	
5.4	共役系高分子浸透構造型太陽電池	101	
5.5	開放光電圧を支配する因子	103	
6	ナノコンポジット型有機太陽電池及びスクリーン印刷法の適用	阪井淳, 安達淳治	105

6.1	はじめに	105
6.2	ナノコンポジット型有機太陽電池の発電原理	106
6.3	化合物半導体ナノ結晶の生成	107
6.4	ナノコンポジット太陽電池の特徴	108
6.5	ナノコンポジット有機太陽電池の課題	109
6.6	有機薄膜太陽電池へのスクリーン印刷法の適用	110
6.7	おわりに	112
7	分子素子型有機薄膜太陽電池	今堀博, 梅山有和 114
7.1	はじめに	114
7.2	色素増感・バルクヘテロ接合型太陽	115
7.2.1	ポルフィリン dendrimer と フラレーン を用いた有機太陽電池	115
7.2.2	ポルフィリン修飾金ナノ微粒子とフラレーンを用いた有機太陽電池	117
7.3	今後の展開	119
第3章 有機薄膜太陽電池: 光電変換材料		
1	有機デバイス用色素の基本特性	八木繁幸, 中澄博行 121
1.1	緒言	121
1.2	電子移動ドナー-アクセプター対の構築	122
1.3	ジアリール尿素骨格を連結部位とする亜鉛ポルフィリン二量体と ビオロゲンとの錯形成を介した光誘起電子移動	122
1.4	亜鉛ポルフィリン上双極子配列を有するビオロゲン認識レセプター の開発	124
1.5	長寿命電荷分離を目指したポルフィリンヘテロ二量体型ビオロゲン認識 レセプター	125
1.6	結言	126
2	有機色素の分子配向制御	上田裕清 128
2.1	はじめに	128
2.2	エピタキシャル成長とは	128
2.3	有機色素のエピタキシャル成長	129
2.4	高分子配向膜 (PTFE 摩擦転写膜) を基板とする有機色素の配向制御	132
3	ポルフィリン J 会合体のナノ構造制御と励起子物性	瀬川浩司 137
3.1	はじめに	137
3.2	ポルフィリン J 会合体の吸収スペクトル	137
3.3	非水溶性ポルフィリン J 会合体 Langmuir-Blodgett 膜の作成	138
3.4	非水溶性ポルフィリン J 会合体 Langmuir-Blodgett 膜の構造	139
3.5	非水溶性ポルフィリン J 会合体ヘテロ Langmuir-Blodgett 膜	141
3.6	自己組織化によるポルフィリン J 会合体単分子膜の酸化チタン上への形成と	

色素増感太陽電池への応用	141
3.7 まとめ	141
4 ν -オキソ架橋型フタロシアニン二量体の開発	山崎康寛 144
4.1 機能性フタロシアニン色素	144
4.2 太陽電池で検討されるフタロシアニン色素	144
4.3 ν -オキソ架橋型フタロシアニン二重体	145
4.3.1 ν -オキソ架橋型ホモ金属(Ⅲ) フタロシアニン二量体	145
4.3.2 ν -オキソ架橋型ヘテロ金属(Ⅲ)フタロシアニン二量体	147
4.3.3 感光体一次電気特性評価	148
4.4 D-6-A型色素モデル化合物としての μ -オキソ架橋型フタロシアニン二量体	
4.4.1 デバイス化	148
4.4.2 評価方法と結果	149
4.5 「D-6-A」型フタロシアニン二量体の選択的合成	151
4.5.1 μ -オキソ架橋型ヘテロ金属フタロシアニン二量体	151
4.5.2 μ -オキソ架橋型ヘテロ金属ミクストダイマーへの応用	152
4.5.3 光電変換材料等の光機能性材料への応用	153
4.6 結語	154
5 電子活性な有機フラレーンの合成と性質	大野敏借 156
5.1 はじめに	156
5.2 フラレーンの修飾	157
5.3 電子活性な有機フラレーン	157
5.3.1 C60-ドナー連結系: トリアリールアミンを有するメタノフラレーンの合成と性質	158
5.3.2 c60-アクセプター連結系	161
5.4 まとめ	162
6 フラレーン反応化学: 材料設計に使うフラレーン修飾反応	中村洋介, 今野高志, 西村淳 165
6.1 はじめに: フラレーンの物性と反応性	165
6.2 フラレーンと機能要素材料(または材料表面)との結合形成に利用される反応	166
6.2.1 Prato 反応	166
6.2.2 Bingel 反応	167
6.2.3 Diels-Alder 反応及び関連反応	167
6.2.4 その他	168
6.3 材料の機能化に用いるビルディングブロックとしてのフラレーン試薬	168
6.3.1 フラレーン部位と特定の官能基の間に起こり得る反応による制約	168
6.3.2 材料表面との反応を想定した官能基の導入	169

6.4 おわりに	170
第4章 有機薄膜太陽電池:キャリアー移動材料と電極	
1 1D ナノ材料の創製とエネルギー変換材料への応用	吉川暹 172
1.1 はじめに	172
1.2 1D ナノ材料の光電変換系における利用	173
1.3 1D ナノ材料の創製	174
1.4 TiO ₂ ナノワイヤーの色素増感太陽電池への応用	175
1.5 部分ナノワイヤー化 TiO ₂ の色素増感太陽電池への応用	176
1.6 まとめ	179
2 キャリア輸送性有機材料の開発とその応用	荒木圭一, 市川結, 谷口彬雄 180
2.1 はじめに	180
2.2 高移動度電子輸送材料	180
2.3 Bpy-OXD の電子輸送性クラッド層への応用	182
2.4 高耐熱性ホール輸送材料とウェットプロセスへの応用	184
2.5 まとめ	185
3 ホールブロッキング材料の性能と積層効果	森竜雄 186
3.1 はじめに	186
3.2 ホールブロッキング材料の多結晶化現象	186
3.3 BA q と BCP のホールブロッキング性の比較	187
3.4 BCP のホールブロッキング性	188
3.5 BA q のホールブロッキング性の消失 (再結合領域の移動)	189
3.6 まとめ	191
4 導電性高分子・フラーレンの泳動電着	小野田光宣 193
4.1 はじめに	193
4.2 導電性高分子の溶液物性	195
4.3 導電性高分子コロイド懸濁液の調整	196
4.4 MEHPPV および C60 懸濁液	198
4.5 MEHPPV-C6 複合懸濁液	199
4.6 MEHPPV-C60 複合膜	200
4.7 まとめ	202
5 新しい表面:濃厚ポリマーブラシ	福田猛, 辻井敬亘 205
5.1 はじめに	205
5.2 ポリマーブラシの精密合成:表面開始リビングラジカル重合	206
5.3 濃厚ポリマーブラシの構造と物性	208
5.4 おわりに	211
6 有機薄膜型ならびに酸化物ヘテロ接合型太陽電池への酸化亜鉛の応用	伊崎昌伸 214

6.1	酸化亜鉛 (ZnO).....	214
6.2	ZnO 層の電気化学的形成.....	214
6.3	硝酸還元反応を用いた半導体 ZnO 膜の陰極析出.....	216
6.4	室温紫外発光 ZnO 膜のヘテロエピタキシャル陰極析出.....	217
6.5	硝酸還元反応を用いた酸化亜鉛層の化学析出.....	218
6.6	有機薄膜型太陽電池用 ZnO ナノピラー電極.....	219
6.7	ZnO を用いた酸化物系ヘテロ接合型太陽電池.....	220
第5章 有機薄膜太陽電池:有機 EL と有機薄膜太陽電池の周辺領域.....		222
1	アモルファス分子材料を用いる有機 EL.....城田靖彦.....	222
1.1	はじめに.....	222
1.2	有機 EL 素子用アモルファス分子材料.....	224
1.2.1	正孔注入材料.....	224
1.2.2	正孔輸送材料.....	225
1.2.3	電子輸送材料.....	226
1.2.4	正孔ブロッキング材料.....	226
1.2.5	発光材料.....	228
1.3	アモルファス分子材料を用いる有機 EL 素子の作製と性能.....	229
1.3.1	新しい正孔注入材料, 正孔輸送材料を用いた緑色発光素子.....	229
1.3.2	青紫色発光有機 EL 素子.....	229
1.3.3	赤色発光有機 EL 素子.....	230
1.3.4	多色発光有機 EL 素子.....	230
1.4	おわりに.....	231
2	フレキシブル有機 EL 素子とその光集積デバイスへの応.....大森裕.....	233
2.1	はじめに.....	233
2.2	ウェットプロセスで作製した高輝度・高効率燐光素子.....	233
2.2.1	緑色燐光素子.....	233
2.2.2	赤色燐光素子.....	235
2.3	有機 EL の光集積デバイスへの応用.....	236
2.4	まとめ.....	238
3	OLEDs and Solar Cells : Novel Device Structures and Materials Designed for Each Application 有機発光ダイオードと有機薄膜太陽電池:新素子構造と材料設 -----Mark Thompson, Biwu Ma, Peter Djurovich, Jian Li, Elizabeth Mayo, Stephen Forrest, Barry Rand, Rhonda Salzman, 上原赫.....	240
4	有機 EL から光電変換素子へー発光層と受光層を有する有機複合素子の開発	

.....	近松真之, 坂口幸一, 吉田郵司, 阿澄玲子, 八瀬清志	244	
4.1	はじめに	244	
4.2	光応答型有機 EL 素子	245	
4.3	光応答型有機 EL 素子の高効率化	247	
4.4	おわりに	248	
5	ビススチリルベンゼン誘導体を活性層とする有機 DFB レーザーの発振特性	中野谷-, 安達干波矢	250
6	有機薄膜における光・電気双方向変換を利用した光機能デバイス	横山正明	258
6.1	はじめに	258	
6.2	有機/金属界面現象としての光電流増倍現象	258	
6.2.1	有機薄膜における光電流増倍現象	258	
6.2.2	光電流増倍機構	259	
6.3	光電流増倍現象を利用した新規光デバイス	261	
6.3.1	光-光変換デバイス	261	
6.3.2	光増幅デバイス	262	
6.3.3	光スイッチング	263	
6.3.4	光演算デバイス	263	
6.4	おわりに	266	
第 6 章 有機薄膜太陽電池: 応用の可能性			
1	透明太陽電池の研究・開発	外岡和彦	268
1.1	太陽光エネルギーの利用	268	
1.2	透明な太陽電池のための材料	269	
1.3	透明な半導体 pn 接合から太陽電池へ	271	
2	デザイン自在のカラフル太陽電池: 電気自動車用太陽電池塗装をめざして	吉田司	275
3	プラスチック色素増感太陽電池の高効率化とモジュール化	矩鳥優二郎, 宮坂力	282
3.1	はじめに	282	
3.2	プラスチック電極に用いる半導体の低温成膜法	282	
3.3	エネルギー変換効率の改善	284	
3.4	プラスチック DSC モジュールの製作	285	
3.5	今後の開発に向けて	286	
4	色素増感半導体を用いる光キャパシタの開発	宮坂力, 村上拓郎, 手島健次郎	288
4.1	はじめに	288	
4.2	光充電機能を持つキャパシタ “光キャパシタ”	288	
4.3	光キャパシタの充放電性能	289	
4.4	おわりに	291	
5	導電性ポリマーを用いたエネルギー貯蔵型色素増感太陽電池	瀬川浩司	293

5.1	色素増感太陽電池とエネルギー貯蔵	293
5.2	エネルギー貯蔵型色素増感太陽電池の構造	293
5.3	導電性高分子を用いた ES-DSSC	294
5.4	セパレータの改良	297
5.5	電荷蓄積電極の改良	298
5.6	おわりに	299
6	宇宙太陽光発電長期計画	篠原真毅, 松本紘 301
6.1	はじめに	301
6.2	宇宙太陽発電所 SPS	301
6.3	SPS に必要な太陽電池	304
6.4	SPS 長期計画	305
6.5	おわりに	306
	付録	
	用語の解説	311
	仕事関数	313