ＦＰＤ用有機材料の最近の進歩

フラットパネルディスプレイ

― プラスチック基板で何かが起こる ―

2008年9月発行

定価104,500円（消費税込み）

住べリサーチの調査研究レポート

住べリサーチ株式会社
技術調査部
〒140-0002 品川区東品川2-5-8
天王洲パークサイドビル16F
TEL 03-5462-7051
FAX 03-5462-7040

目　　次

はじめに…… 1

第１章　フラットパネルディスプレイ(FPD)の動きとプラスチック基板 …… 2

１．１　プラスチック基板による新規なFPD構成の可能性…… 2
１．１．１　プラスチック基板を使った表示体の実用化状況…… 2
（１）液晶表示体(LCD) …… 3
（２）有機EL表示体(OLED) …… 3
（３）電子ペーパー …… 3
（４）その他…… 3
１．１．２　基板構成の変化…… 4
（１）反射機能を持った基板…… 5
（２）導光板機能を持った基板 …… 5
（３）拡散機能を持った基板…… 5
（４）集光機能を持った基板…… 5
（５）位相差機能を持った基板 …… 6
（６）偏光板機能を持った基板 …… 6
（７）光散乱機能を持った基板 …… 6
１．１．３　光学機能素子の構成の変化…… 7
（１）バックライトユニット…… 7
（２）位相差膜、偏光板 …… 7

１．２　新たに広がるディスプレイの可能性…… 7
１．２．１　プラスチック基板による表示体の形態…… 8
（１）曲がった表示 …… 8
（２）ベンダブルな表示 …… 8
（３）ローラブルな表示 …… 9
（４）フォルダブルな表示 …… 10
１．２．２　プラスチック基板による新しい市場創出…… 11
１．２．３　各種表示体とその展開の可能性…… 12
（１）LCD …… 12
（２）OLED…… 13
（３）電子ペーパー …… 13
（４）プラズマディスプレイパネル(PDP) …… 14

１．３　新たな低コスト、省資源プロセスの可能性…… 14
１．３．１　低温加工…… 14
１．３．２　真空工程から常圧工程へ…… 14
１．３．３　サブトラクト法からアディティブ法への移行…… 15
１．３．４　転写法…… 15
１．３．５　印刷法…… 16
１．３．６　設備の小型化…… 16
１．３．７　Roll to Roll製法(RTR) …… 16
１．３．８　搬送性…… 17
１．３．９　製造効率…… 17
１．３．10　コスト低減 …… 17

１．４　プラスチックによる新しいパネル構成 …… 17
１．４．１　TRADIMの層構成 …… 17
１．４．２　電子ペーパーにおけるRTR製法 …… 18
１．４．３　インセル方式 …… 19
１．５　今後の展望 …… 19

第２章　FPD用基板に要求される性能とプラスチック基板の対応 …… 21
２．１　ガスバリア性（水蒸気、酸素） …… 22
２．１．１　基板に必要とされるバリア特性 …… 22
２．１．２　各種バリア性材料 …… 23
（１）プラスチックフィルム（有機材料）のバリア性 …… 23
（２）無機バリア分散材料 …… 24
（３）無機バリア成膜材料 …… 26
（４）有機バリア成膜材料 …… 31
２．１．３　バリア膜の付与方法（スパッタリング、CDV、コーティング） …… 31
２．１．４　無機膜単独によるバリア性向上の検討 …… 33
（１）イオンプレーティング（IP）法 …… 33
（２）触媒化学気相成長（Cat-CVD）法 …… 33
（３）プラズマ強化化学気相成長PECVD（Plasma Enhanced CVD）法 …… 34
（４）プラズマ補助原子層堆積（PA-ALD：Plasma Assist Atomic layer deposition）法 …… 35
（５）大気圧近傍でのCVD法 …… 36
（６）転写法 …… 37
（７）熱処理による欠陥の除去 …… 37
２．１．５　ゾルーゲルコート法によるバリア性の付与 …… 38
２．１．６　ゾルーゲルコート法とドライ成膜による無機複合バリア膜 …… 40
２．１．７　有機膜と無機バリア膜の積層膜 …… 41
（１）同一設備で無機膜・有機膜を形成する方法 …… 41
（２）ドライ成膜とウェット成膜を使った無機・有機積層膜 …… 43
（３）層状無機粒子複合有機材料と無機バリア膜の積層 …… 45
２．１．８　バリア性付与におけるその他の課題 …… 45
２．１．９　OLEDにおけるバリア材 …… 45
（１）バリアフィルムによる封止 …… 46
（２）バリア薄膜による封止 …… 46
（３）吸湿・吸収機能を有するOLED用基板 …… 47
（４）バリア膜（封止膜）の製造設備 …… 48
（５）ガラス基板によるOLED構造およびOLEDの安定性試験 …… 50
２．１．10　バリア性の評価方法 …… 51
２．１．11　バリア性のまとめ …… 54
２．２　吸水性・吸湿性 …… 56
２．２．１　FPD製造における吸水の発生する工程 …… 56
２．２．２　一般的な基板材料の吸水特性 …… 57
２．２．３　吸水性をカバーする対策 …… 58
（１）樹脂の改質による吸水性の改良 …… 58
（２）コーティング樹脂による吸水性の制御 …… 58
（３）吸水性をカバーするセル化工程 …… 59

２．３　耐熱性 …… 59
２．３．１　基板における耐熱性の要求特性 …… 60
（１）導電膜の形成における加工温度 …… 60
（２）TFTの形成における加工温度 …… 60
（３）CF、隔壁、柱状スペーサ等の形成における加工温度 …… 60
（４）配向膜の形成における加工温度 …… 61
（５）封止工程での加工温度 …… 61
（６）OLEDにおける加工温度 …… 61
（７）電子ペーパーにおける加工温度 …… 61
（８）PDPにおける加工温度 …… 61
２．３．２　プラスチック基板の耐熱性向上 …… 62
２．３．３　各種機能層の低温形成技術 …… 64
（１）導電膜の低温形成 …… 64
（２）TFTの低温形成 …… 65
（３）カラーフィルタ(CF)、有機EL素子の低温形成 …… 66
（４）隔壁、スペーサ、配向膜、シール剤等の低温形成 …… 67
２．３．４　低温加工可能な機能材料の開発状況 …… 67
２．４　CTE(寸法変化) …… 69
２．４．１　プラスチックにおけるCTEの低減検討 …… 69
（１）層状無機粒子材料の複合 …… 70
（２）無機繊維材料の複合 …… 70
（３）有機繊維材料との複合 …… 70
（４）樹脂改質 …… 70
（５）熱処理、延伸等 …… 71
２．４．２　FPD加工時におけるCTE低減の検討 …… 71
（１）ガラス等剛性基板への固定(貼り合せ)によるCTE変化の低減 …… 72
（２）金属薄板とプラスチックフィルム複合基板による透過型LCD基板 …… 72
２．４．３　ソリ防止の検討 …… 72
（１）積層される膜材料と基板材料とのCTEを近づけることによるソリの低減 …… 72
（２）高ヤング率基板 …… 72
（３）対称型の構造を持たせた基板 …… 73
（４）接着層を緩衝層として使用する方法 …… 73
（５）無機膜を、成膜休止期間等を設けて形成する方法 …… 74
（６）表示体パネル全体のソリを低減する方法 …… 74
２．４．４　CTEのまとめ …… 75
２．５　平滑性(平坦性) …… 76
２．５．１　平滑性の要求特性 …… 76
（１）OLEDにおける平滑性(平坦性)の要求特性 …… 76
（２）LCDにおける平坦性の要求特性 …… 77
（３）バリア層形成のための平滑層または基板の平滑性 …… 77
２．５．２　平滑性の付与方法 …… 79
（１）超平滑性を有するPES基板 …… 80
（２）超平滑コーティング層を有するPEN基板材料 …… 80
（３）超平滑コーティング層を有する耐熱PC基板材料 …… 80
（４）超平滑性を有するセルロース系基板材料 …… 80
（５）ガラスクロス等無機繊維材料との複合基板の平坦化法 …… 80

２．５．３　平滑化材料…… 82
（１）オキセタン含有平坦化材料 …… 82
（２）アクリル系コーティングにおける表面自由エネルギーと平滑性…… 82
（３）カルド系紫外線硬化型平滑化コーティング剤 …… 83
（４）金属アルコキシドによる平坦化層(バリア性向上を目的として)…… 83
（５）塗布特性に優れたアクリレート共重合体平滑化材料 …… 84
２．５．４　評価法と課題…… 84
２．６　透明性(光線透過性)…… 84
２．６．１　プラスチック材料の可視光線部での透過性向上…… 84
（１）脂肪族ポリイミド(PI)による透明性向上…… 86
（２）フッ素化ポリイミド(PI)による高い光線透過性フィルム …… 86
２．６．２　無機粒子フィラー複合材料における透明性維持・向上 …… 86
（１）層状無機化合物フィラー分散…… 86
（２）ナノ粒子－有機マトリックス…… 87
（３）粒子分散系エポキシ樹脂基板…… 87
２．６．３　無機繊維、有機繊維との複合基板の透明性維持・向上 …… 87
（１）ガラスクロスと屈折率が近似した基板材料構成 …… 87
（２）ガラスに近いアッベ数を持つ材料選択 …… 88
２．６．４　表面コーティングによる透明性の向上…… 89
２．６．５　紫外部における透過性…… 89
（１）基板に要求される紫外線透過特性 …… 90
（２）紫外部の透過性の良いセルロース形基板材料 …… 90
２．７　複屈折およびレタデーション(位相差)制御…… 91
２．７．１　複屈折とレタデーション(位相差)の発生機序…… 91
２．７．２　基板材料に要求される光学等方性・レタデーション特性 …… 92
２．７．３　固有屈折率の低減の試み…… 93
（１）ナノサイズの針状無機結晶微粒子のドープ…… 93
（２）低分子化合物のドープおよび共重合…… 93
（３）負の固有屈折率を有するポリマーとのブレンド …… 93
２．７．４　光弾性複屈折の制御…… 93
２．７．５　低レタデーション材料開発…… 94
（１）脂肪族ポリエステル基板材料…… 94
（２）脂肪族ポリカーボネート …… 94
（３）シリコーン基板材料 …… 95
２．７．６　ガラス複合材料におけるレタデーション、光漏れの解消 …… 95
（１）繊維の配列を規制したレタデーション制御…… 95
（２）低弾性率樹脂複合基板による光漏れの解消…… 95
（３）偏光板による光漏れの解消 …… 96
（４）負の屈折性を有する液晶のドーピング …… 96
２．８　剛性･弾性率…… 96
２．８．１　高剛性材料…… 97
２．８．２　低剛性材料…… 97
（１）曲げ弾性率が1GPa以下の低剛性基板材料…… 97
（２）もろさを改良したフレキシブル基板材料 …… 97

２．８．３　熱時高弾性を維持する方法…… 97
（１）延伸処理とゲル化処理…… 97
（２）有機無機ハイブリッド…… 97
２．８．４　小さな曲率半径への検討…… 98
２．９　接着性・積層性…… 98
２．９．１　接着性、積層性を親和性の向上により得る方法…… 99
（１）シルセスキオキサン化合物含有ポリマー …… 99
（２）オキセタン環含有エポキシ樹脂 …… 101
（３）酸化炭化珪素もしくは酸化窒化炭化珪素層による接着性向上 …… 101
（４）バリア中間層の有機層を親水化する方法 …… 102
（５）MoN膜形成時に親和性を付与させる方法 …… 103
２．９．２　応力分散層による密着性向上…… 103
２．９．３　粗面化による接着性向上…… 103
２．９．４　接着剤、コーティング剤等の改良…… 104
（１）カラーフィルタ等への密着性に優れた硬化性組成物 …… 104
（２）ポリエステルフィルムへの密着性に優れたコート剤 …… 104
（３）その他…… 104
２.10　化学的安定性(耐薬品性) …… 105
２.10.１　無機膜による耐薬品性の付与…… 105
（１）耐酸性の高い無機膜 …… 105
（２）プラズマ耐性膜のウェットプロセスによる形成 …… 105
２.10.２　有機膜のコーティングによる耐薬品性の付与…… 106
（１）オキセタン環含有エポキシ樹脂コート膜 …… 106
（２）非溶出性脂環式オレフィン樹脂コート膜 …… 106
２.11　価格…… 106
２.12　まとめ…… 107
第３章　プラスチック基板開発の動向 …… 108
３．１　プラスチック基板…… 108
３．１．１　飽和ポリエステル(PET)系樹脂基板…… 108
（１）汎用PETフィルムの表面改質法…… 109
（２）基板用PET材料の開発…… 110
３．１．２　ポリエチレンナフタレート(PEN)樹脂基板 …… 111
（１）平面平滑性に優れた光学用PENフィルム…… 113
３．１．３　架橋フマル酸ジエステル系樹脂基板…… 115
３．１．４　ポリカーボネート(PC)系樹脂基板 …… 116
（１）耐熱性の向上 …… 117
（２）レタデーションの改善…… 120
（３）超バリア性を有するPC樹脂フィルム基板…… 123
３．１．５　ポリエーテルスルフォン(PES)樹脂基板…… 123
（１）バリア性を付与した導電性基板 …… 125
（２）表面平滑化 …… 125
（３）液晶ポリマー(LPS)との共押出し基板 …… 125

３．１．６　ポリスルフォン(PSF，PSU)樹脂基板 …… 126
３．１．７　ポリアリレート(PAR)樹脂基板 …… 126
（１）耐熱性、耐候性に優れたPAR樹脂および基板 …… 126
（２）高耐熱PAR系樹脂基板 …… 128
（３）PARと耐熱支持材料とのハイブリッド …… 128
３．１．８　環状ポリオレフィン(COP，COC)樹脂基板 …… 128
（１）耐熱性の向上 …… 130
（２）CTEを改良したCOP基板 …… 132
（３）ガラス表面への樹脂膜材料(表面コート樹脂) …… 133
３．１．９　セルロース系樹脂基板 …… 134
（１）耐熱性の向上 …… 135
（２）レタデーション特性の改善 …… 136
（３）バリア性の向上した可塑剤減量セルロース系基板 …… 137
（４）その他セルロース系材料の特性向上策 …… 137
３．１．10　ポリイミド(PI)樹脂基板 …… 138
（１）透明性PI基板材料 …… 139
（２）CTEの改善 …… 141
（３）高耐熱・低吸水透明PIフィルム基板 …… 143
（４）高耐熱・高屈折率透明PIフィルム基板 …… 144
３．１．11　ポリアミドイミド(PAI)樹脂基板 …… 145
３．１．12　マレイミドーオレフィン樹脂基板 …… 145
３．１．13　ポリアミド(PA)樹脂基板 …… 148
３．１．14　アクリル系樹脂基板 …… 149
（１）耐熱性の向上 …… 149
（２）CTEの改善 …… 152
（３）低Tgアクリル樹脂基板 …… 154
３．１．15　フッ素系樹脂基板 …… 154
３．１．16　エポキシ系樹脂基板 …… 155
（１）ガラスクロス複合基板 …… 158
（２）拡散機能を有する基板 …… 161
（３）フィラー分散系樹脂基板 …… 163
（４）エポキシ樹脂単体シート基板 …… 166
３．１．17　シリコーン系樹脂フィルム基板 …… 166
３．１．18　ポリベンズアゾール系樹脂基板 …… 169
３．１．19　エピスルフィド化合物による基板 …… 170
３．１．20　液晶ポリマー(LCP)基板 …… 171
３．１．21　シアネート系樹脂基板 …… 171
３．１．22　芳香族エーテル系樹脂基板 …… 172
３．１．23　その他のプラスチック基板 …… 174
（１）酸化ケイ素･樹脂複合基板 …… 174
（２）光学等方性の耐熱フィルム …… 174
（３）耐熱180℃の透明基板フィルム …… 174
（４）バリア性の高いOLED用基板 …… 174
（５）脂肪族系の添加による透明PI基板 …… 174
（６）スーパーエンプラ …… 174

３．２　プラスチック基板の改質 …… 175
３．２．１　無機粒子複合基板 …… 175
（１）ナノ粒子との複合 …… 175
（２）高熱伝導性基板 …… 177
３．２．２　ファイバー複合基板 …… 178
（１）バイオナノファイバー複合基板 …… 178
（２）ガラスフレーク／ガラスファイバーの複合基板 …… 179
３．３　プラスチック基板と無機基板とのハイブリッド基板 …… 179
３．３．１　ガラス／プラスチック …… 179
（１）ガラスをプラスチックで強化した基板 …… 180
（２）ガラス基板とプラスチック基板の組み合せディスプレイ …… 180
３．３．２　金属／プラスチック …… 181
（１）低CTE基板 …… 181
（２）表面平滑性の高い基板 …… 181
（３）反射型、透過型のディスプレイ基板 …… 181
３．３．３　粘土を主成分とする複合耐熱フィルム …… 182
３．４　基板への機能の付与 …… 183
３．４．１　反射型LCDにおける反射機能を持った基板 …… 183
（１）指向性パターンを持つ反射型基板 …… 183
（２）非指向性反射型基板 …… 185
３．４．２　導光板機能を持った基板 …… 186
（１）光ガイド板を基板として使用 …… 186
（２）集光機能・散乱機能を有する接着層による導光板と基板の貼合わせ …… 187
３．４．３　拡散機能を持った基板 …… 187
（１）拡散層をセルの内側に形成した基板 …… 187
（２）微粒子分散型拡散機能を有するエポキシ樹脂基板 …… 188
（３）高屈折樹脂と散乱粒子からなるOLED用拡散機能つき基板 …… 188
３．４．４　集光機能を持った基板 …… 189
３．４．５　偏光機能・位相差機能を持った基板 …… 190
（１）延伸による位相差機能付与 …… 190
（２）液晶化合物塗布法による偏光・位相差機能の付与 …… 192
３．４．６　防眩機能を有する基板 …… 193
３．４．７　多機能膜の複合基板 …… 194
３．４．８　光学補償機能を液晶セル内部に取込む方法（インセル方式） …… 196
３．５　プラスチック基板のまとめ …… 199
３．５．１　プラスチック基板材料の機能向上動向 …… 199
３．５．２　各用途別の基板開発の状況と将来見通し …… 200
（１）電子ペーパー …… 200
（２）LCD …… 200
（３）OLED …… 201
３．５．３　プラスチック基板を使った表示体の将来見通し …… 201
（１）LCDにおける基板の複合化 …… 201
（２）LCDにおけるインセル方式の製造 …… 201
（３）RTR製法 …… 201

第４章　各種光学機能素子およびフィルムの開発動向と複合化の動き…… 203
４．１　LCDにおけるバックライトユニット(BLU) …… 205
４．１．１　バックライトユニットの種類と用途…… 205
４．１．２　BLUを構成するフィルムシート市場…… 205
４．１．３　バックライトユニット(BLU)に要求される性能…… 206
４．１．４　BLUでの機能向上、複合化…… 207
４．１．５　バックライト光源…… 207
（１）点光源(LED)…… 208
（２）面光源①　無機EL(FEL) …… 210
（３）面光源②　有機EL …… 212
４．１．６　導光板…… 213
（１）導光板＋プリズムシート …… 214
（２）逆プリズム導光板＋逆プリズムシート …… 215
（３）マイクロレンズ構造を介し導光板と拡散フィルムを一体化…… 215
（４）ダブルプリズム技術によるメイン／サブの両面表示 …… 216
（５）楔形状を持ったマット／プリズム導光体(MPLG)…… 217
（６）携帯電話用LED光源での薄肉化 …… 218
４．１．７　集光フィルム(プリズムシート)…… 218
（１）プリズムシートの要求特性 …… 218
（２）プリズムシートの概要…… 219
（３）エッジライト型全反射方式プリズムシート…… 220
（４）頂角に極端な非対称性を導入したプリズム…… 221
（５）非モワレタイプのプリズムフィルム…… 222
（６）マイクロレンズ方式の集光フィルム…… 223
（７）ホログラムによる集光フィルム …… 224
（８）拡散機能を有するプリズムシート …… 227
（９）光入射端面の近傍における輝線の発生防止…… 227
４．１．８　拡散フィルム(拡散板)…… 228
（１）拡散板への要求特性 …… 228
（２）拡散フィルムの原理 …… 229
（３）微小ビーズの表面コーティング …… 229
（４）内部拡散方式 …… 230
（５）内部拡散と微小ビーズコーティングの組み合わせ…… 231
（６）光学的表面処理…… 231
（７）光散乱ポリマー導光体…… 233
（８）ポリアミド多孔性球状粒子 …… 233
４．１．９　反射フィルム(シート)…… 233
（１）多層光学フィルムによる可視光全反射フィルム …… 234
（２）拡散性反射フィルムおよび反射機能を有する基板…… 234
４．１．10　輝度向上フィルム …… 235
４．２　偏光板…… 236
４．２．１　偏光板の市場…… 236
４．２．２　概要と要求性能…… 237
４．２．３　新しい偏光子の提案…… 238
（１）ワイヤーグリッド型偏光子 …… 238

（２）LB膜による偏光子 …… 240
（３）液晶性材料による偏光子 …… 240
４．２．４　偏光板製品の種類 …… 241
（１）反射板／半透過反射板つき偏光板 …… 241
（２）楕円偏光板 …… 241
（３）円偏光板 …… 241
（４）高視野角偏光板 …… 242
（５）輝度上昇フィルムつき偏光板 …… 242
（６）温度追随型光学補償フィルム付き偏光板 …… 242
（７）防眩(AG)、反射防止(AR)機能の付与 …… 242
４．２．５　セルロース系偏光子保護フィルム …… 243
（１）偏光板の薄肉化 …… 243
（２）位相差の湿度依存性を改良したセルロース誘導体フィルム …… 244
（３）位相差機能を持った二軸延伸TAC …… 245
４．２．６　セルロース系以外の位相差機能を有する偏光子保護フィルム …… 246
（１）COP系 …… 246
（２）マレイミドーアクリル共重合系 …… 247
（３）架橋フマル酸ジエステル系 …… 248
（４）複屈折を消去できる偏光子保護フィルム …… 248
４．２．７　斜め延伸位相差フィルムによる偏光子保護フィルム …… 249
（１）COP斜め延伸フィルム …… 249
（２）ボーイング現象(軸ズレ現象)を防止できる斜め延伸 …… 250
（３）富士フイルムの斜め延伸フィルム …… 251
（４）斜め延伸のシミュレーション …… 251
（５）斜め延伸装置 …… 251
４．２．８　塗布法による斜め位相差付与偏光保護フィルム …… 251
（１）塗布型補償板付き偏光板 …… 251
（２）視野角拡大機能を付与した塗布型位相差フィルム …… 252
（３）パターン状の光学軸を任意に調整できる光学補償偏光板 …… 252
４．２．９　無機EL表示(ELD)への偏光板の利用 …… 253
４．２．10　偏光板のまとめ …… 253

４．３　位相差フィルム …… 254
４．３．１　屈折率楕円体と位相差フィルムの種類 …… 254
４．３．２　位相差フィルムの必要特性 …… 255
４．３．３　位相差フィルム用材料としてのPCとCOPの比較 …… 256
４．３．４　液晶モードとそれに必要な位相差板および偏光補償 …… 257
（１）STN液晶用位相差フィルム …… 258
（２）TN液晶用位相差フィルム …… 258
（３）VA液晶用位相差フィルム …… 258
（４）IPS液晶用位相差フィルム …… 259
（５）OCB液晶用位相差フィルム …… 261
４．３．５　負の複屈折特性を持つ位相差フィルム …… 261
（１）PS系ポリマー位相差フィルム …… 262
（２）PS/PPOポリマーブレンド位相差フィルム …… 262
（３）マレイミド共重合ポリマー位相差フィルム …… 263

（４）COP系位相差フィルム …… 265
（５）非晶質ポリマー層を含む光学補償フィルム …… 265
（６）正の固有複屈折性添加剤によるレタデーション制御 …… 265
４．４　液晶性材料を使った光学補償フィルム …… 266
４．４．１　液晶性材料の特徴 …… 266
４．４．２　配向基板上に高分子液晶を塗布する方法 …… 267
（１）ディスコティック液晶 …… 267
（２）高分子ネマティック液晶 …… 269
（３）コーティング時の表面欠陥の低減法 …… 271
４．４．３　配向基板上に重合性液晶材料を塗布・重合する方法 …… 271
（１）TN液晶用光学補償フィルム …… 273
（２）ハイブリッド配向による光学補償フィルム …… 273
（３）ディスコティック配向による逆波長分散位相差フィルム …… 274
（４）コレステリック配向の位相差フィルム／偏光子 …… 274
（５）ホメオトロピック配向の重合性液晶／光学補償フィルム …… 275
（６）光配向膜を用いた任意な配向を持つ位相差フィルム …… 277
（７）RTR製法への適用 …… 278
（８）重合性液晶の空気界面付近で起こる配向不良に対する対策 …… 278
４．４．４　光配向性重合性液晶 …… 279
（１）光配向性高分子液晶（PPLC） …… 279
（２）シンナメート基を含むメソゲン性液晶性化合物 …… 280
（３）UV光で配向固定できる重合性液晶材料 …… 281
４．５　各種FPDに共通に用いられる機能性フィルム …… 281
４．５．１　反射防止･防眩フィルム（AR, LR, AG） …… 281
（１）ウェットプロセスによる反射防止膜 …… 282
（２）凹凸形状を有する反射防止膜 …… 283
（３）蛾の目（モスアイ）型反射防止膜 …… 284
４．５．２　ハードコート・防汚コート …… 285
（１）干渉縞（モアレ）の発生のないハードコート剤 …… 285
（２）フッ素系の防汚コーティング材料 …… 285
４．６　OLED用光学フィルム …… 286
（１）輝度向上フィルム …… 286
（２）コントラスト向上用位相差フィルム …… 287
（３）バックライトでの輝度向上フィルムの効果 …… 287
４．７　PDP・FED用光学フィルム …… 287
４．８　まとめ …… 289
（１）LCD用光学フィルム …… 289
（２）OLED用光学フィルム …… 290
（３）FPDに共通する光学フィルム …… 291

第５章　プラスチック基板における表示体の製造 …… 292
５．１　透明導電膜の形成（電極製造） …… 292
５．１．１　無機導電膜のドライプロセスによる成膜 …… 292
（１）ITO導電膜 …… 293

（２）ZnO（ZAO）導電膜…… 296
（３）IZO導電膜 …… 297
（４）IWO導電膜 …… 297
（５）大気圧近傍CVDによる成膜 …… 298
５．１．２　無機導電膜のウェットプロセスによる成膜、回路形成 …… 300
（１）導電材料…… 300
（２）膜形成方法 …… 301
５．１．３　有機導電膜…… 302
（１）有機導電膜材料…… 302
（２）ウェットプロセスによる導電薄膜形成 …… 302
５．１．４　有機導電膜と無機導電膜の積層…… 306
５．１．５　透明導電膜のまとめと課題…… 307
５．２　TFT、TFDの形成 …… 307
５．２．１　a-Si系TFTの形成 …… 308
（１）シリコン膜の低温形成…… 308
（２）高耐熱・低CTE基板を用いた低温a-SiTFT加工 …… 309
（３）低耐熱基板への直接形成 …… 309
（４）プラスチック基板上でのa-SiTFT形成の課題とその解決法 …… 310
５．２．２　p-SiTFTの形成 …… 312
（１）p-Siの直接形成法 …… 312
（２）p-SiTFTの転写法による形成…… 314
（３）トランスファー法 …… 321
（４）プラスチック基板上のp-SiTFTの移動度 …… 322
５．２．３　印刷法による無機系半導体の形成方法…… 322
５．２．４　新規な無機系TFT（TFD）材料…… 323
（１）透明非晶質ー酸化膜トランジスタ（TAOS） …… 323
（２）半導体コロイダルナノドットによるTFT …… 324
（３）CNTによるTFT…… 324
（４）ZnOによるTFT …… 325
５．２．５　有機TFT（O-TFT）の形成…… 325
（１）気相法形成での課題と解決 …… 326
（２）印刷法によるO-TFTの製造 …… 329
（３）有機半導体を使った縦型半導体 …… 333
５．２．６　新規な有機半導体…… 334
（１）生体高分子絶縁膜による強誘電FET型のメモリ素子 …… 334
（２）液晶性有機半導体 …… 335
５．２．７　TFT形成のまとめ …… 337
（１）Si系TFT …… 337
（２）その他の無機系TFT …… 338
（３）有機半導体 …… 338
５．３　カラーフィルタ（CF）の形成…… 338
５．３．１　印刷法…… 340
（１）インクジェット（IJ）法…… 340
（２）ドライオフセット法 …… 342
（３）塗布法等による方法 …… 342

５．３．２　転写法 …… 342
（１）ガラス基板上に形成したCFの転写 …… 342
（２）転写フィルム（ドライフィルム）を用いる方法 …… 344
５．３．３　RGB方式以外のCF方式 …… 345
（１）2色CF …… 345
（２）4色以上の多色CF …… 345
５．３．４　CF形成バインダ材料 …… 345
（１）ITO電極膜の抵抗上昇を防ぐCFバインダ材料 …… 345
（２）CFバインダ材料のポストベークの必要性 …… 346
５．３．５　CF形成の例と作製時の課題解決 …… 346
（１）構成物質を集約したCFの製法 …… 346
（２）プラスチック基板の伸縮を考慮した設計 …… 347
（３）CF形成時の基板の収縮・変形防止 …… 348
（４）CF層の表面平滑化 …… 348
５．４　OLEDの形成 …… 349
５．４．１　低分子系有機EL材料および有機EL素子の形成 …… 350
（１）低分子有機EL材料 …… 350
（２）低分子系の有機EL素子の形成方法 …… 350
５．４．２　高分子系有機EL材料および有機EL素子の形成 …… 351
（１）高分子系有機EL材料 …… 351
（２）高分子系有機EL素子の形成方法 …… 352
（３）色素分散型高分子系有機EL材料 …… 355
５．４．３　リン光系材料と有機EL素子の形成 …… 356
（１）リン光材料 …… 356
（２）リン光材料を使ったOLED …… 358
５．４．４　OLEDの課題解決 …… 358
（１）光学フィルムによる発光効率の向上 …… 358
（２）高いバリア性の付与 …… 358
（３）層構成の検討 …… 359
（４）材料の発光効率向上 …… 359
（５）プラスチック基板における課題 …… 360
（６）その他の課題 …… 360
５．５　その他のLCD、OLED構成材料 …… 361
５．５．１　隔壁形成材料 …… 361
５．５．２　スペーサ …… 363
（１）スペーサ材料 …… 364
（２）スペーサの形成法 …… 367
（３）トップエミッションOLEDにおけるBMを兼ねたスペーサ …… 368
５．６　配向膜 …… 369
５．６．１　配向膜の役割と要求特性 …… 369
５．６．２　液晶の種類と配向モード …… 369
５．６．３　配向膜の成膜 …… 370
５．６．４　配向方法の比較 …… 371
５．６．５　ラビング法 …… 372
（１）傾斜ラビング法 …… 372
（２）課題、解決法 …… 373

５．６．６　光配向膜…… 375
（１）ポリイミド系 …… 375
（２）ポリアミド系 …… 376
（３）シンナモイル系…… 376
５．６．７　カルコン系光配向膜…… 378
（１）カルコン基を側鎖に持つ高分子配向膜 …… 378
（２）カルコン基を側鎖にもつポリイミド配向膜…… 379
（３）カルコニル基を側鎖に有する
ポリメタクリル酸エステルとポリイミドの配向挙動 …… 379
５．６．８　アゾ染料系光配向膜…… 380
（１）低分子アゾ染料系配向膜 …… 380
（２）アゾ誘導体の重合体配向膜 …… 381
（３）重合性アゾ系配向膜 …… 382
（４）アゾ誘導体を高分子で固定した配向膜 …… 383
５．６．９　光配向による配向モードおよび配向法…… 384
（１）配向方法…… 384
（２）垂直配向モード…… 387
（３）その他の液晶の配向モード …… 387
５．６．10　レーザ配向法 …… 388
５．６．11　イオンビーム配向法 …… 388
５．６．12　ポリマー繊維ネットワークによる配向制御 …… 389
５．６．13　パターン配向法 …… 390
（１）マイクロパターン配向…… 390
（２）マルチドメイン垂直配向(MVA) …… 390
５．６．14　無機系配向膜 …… 393
（１）無機配向膜 …… 393
（２）有機無機ハイブリッド配向膜…… 394
５．６．15　その他の配向法 …… 394
５．６．16　配向膜のまとめ …… 394
５．７　液晶注入、インク注入…… 395
５．７．１　滴下法…… 395
（１）滴下法の特徴 …… 396
（２）コーナー部の気泡発生対策 …… 396
５．７．２　印刷法・塗布法…… 397
５．７．３　常圧充填法…… 397
５．８　貼合わせ・切断…… 398
５．８．１　シール材を使わない貼合方法…… 399
５．８．２　シール材(シール剤)…… 400
（１）プラスチック基板用シール材…… 400
（２）ガラス基板用光硬化型シール材 …… 402
（３）滴下法に対応したガラス基板用シール材 …… 403
５．８．３　切断…… 406
５．９　RTR製法と枚葉製法…… 406
５．９．１　RTR製法…… 406
（１）LCDのパネル化…… 407
（２）PDLCD(PNLCD)のRTR製法 …… 408

（３）OLEDのRTR製法 …… 409
（４）電子ペーパーのRTR製法 …… 409
（５）単一基板を使ったセル化法 …… 409
５．９．２　ガラス基板製造ラインを用いる方法 …… 410
５.10　パネル化工程 …… 410
５.10.１　各種光学フィルムとの貼合 …… 410
５.10.２　電極接合 …… 411
５.11　まとめ …… 412

第６章　プラスチック基板による各種FPDの開発状況 …… 414
６．１　液晶表示体（LCD） …… 414
６．１．１　ガラス基板大型LCDの最近の動き …… 416
（１）薄肉化 …… 416
（２）高視野角化 …… 416
（３）高コントラスト化 …… 417
（４）応答速度の向上 …… 417
（５）省電力化 …… 417
６．１．２　ガラス基板モバイルLCDの最近の動き …… 417
（１）薄肉化 …… 417
（２）高精細化 …… 418
（３）省電力化 …… 418
６．１．３　ガラス基板での新規な表示方式 …… 418
（１）CFを使わないカラー表示 …… 418
（２）特殊な視野効果を得る表示方法（主として三次元表示：3D） …… 421
６．１．４　プラスチック基板による静止画及び半動画対応LCD開発 …… 422
（１）STN-LCD …… 423
（２）TN-LCD …… 423
（３）コレステリックLCD（ch-LCD） …… 424
（４）ゲストホスト型液晶（gh-LC） …… 426
（５）高分子分散型LCD（PDLCD、PNLCD） …… 427
（６）LCDPD（Liquid Crystal Dispersed Polymer Display） …… 429
（７）PDLCやPNLCDなどによる表示体の実例 …… 429
（８）強誘電LCD（FLCD） …… 430
６．１．５　プラスチック基板における動画対応LCD開発 …… 431
（１）反射型LCD（AM-LCD） …… 431
（２）透過型・半透過型AM-LCD …… 431
（３）強誘電液晶表示体（FLCD） …… 432
６．２　有機EL表示体（OLED） …… 434
６．２．１　OLEDの市場 …… 436
６．２．２　ガラス基板による低分子系OLEDの開発 …… 437
（１）ガラス基板による低分子系大型OLED …… 437
（２）ガラス基板による低分子系OLEDを使った中小型用途 …… 440
６．２．３　ガラス基板による高分子系OLEDの開発 …… 442
（１）高分子系有機EL材料を使ったOLED-TV …… 442
（２）インクジェット（IJ）法による大型OLED …… 443
（３）ガラス基板による高分子系小型OLED …… 443

６．２．４　ガラス基板によるリン光材料OLEDの開発…… 443
６．２．５　プラスチック基板での低分子系材料によるOLEDの開発…… 444
（１）最初のプラスチック基板OLED…… 444
（２）O-TFTを使ったOLED…… 444
（３）エリアカラー方式のOLED…… 446
（４）フレキシブルOLED…… 446
（５）転写法によるOLEDの製造…… 446
（６）プラスチック基板と金属フォイル封止材を使ったOLED…… 446
６．２．６　プラスチック基板での高分子系材料によるOLED（PLED）の開発 …… 447
（１）グラビア印刷法によるOLED…… 447
（２）IJ印刷法によるOLED…… 448
（３）a-酸化物TFTを使ったAM-OLED…… 448
（４）OTFTを使ったAM-OLED…… 448
（５）マルチフォトン構造の長寿命OLED…… 448
６．２．７　プラスチック基板でのリン光材料によるOLEDの開発…… 449
６．２．８　OLEDのカラー表示構造…… 451
（１）三色塗り分け法とCFとの組み合わせ…… 452
（２）色変換法（CCM）…… 452
（３）白色光源法…… 453
６．２．９　新規なOLED構造…… 453
（１）両面表示のOLED…… 453
（２）シースルーなOLED（TOLED）…… 453
（３）ガラスファイバを使ったフレキシブルなOLED…… 453
（４）多機能OLED電子ペーパー…… 453
６．２．10　OLEDのまとめ…… 454
６．３　電子ペーパーディスプレイ（EP）…… 456
６．３．１　主要用途における動き…… 456
（１）電子書籍…… 456
（２）電子新聞…… 457
（３）携帯端末…… 457
（４）その他の用途…… 457
６．３．２　電気泳動方式の電子ペーパー①　マイクロカプセル型電気泳動 …… 458
（１）ローラブルな携帯端末…… 459
（２）電子ブック…… 460
（３）携帯電話…… 460
（４）高精細表示…… 460
（５）大型カラー表示…… 461
（６）セイコーエプソンのローラブルディスプレイ…… 461
６．３．３　電気泳動方式の電子ペーパー②　垂直電気泳動方式電子ペーパー … 462
（１）SiPixの「マイクロカップ」…… 462
（２）ザ ユニバーシティ オブ ブリティッシュ コロンビアの電気泳動方式…… 463
６．３．４　電気泳動方式の電子ペーパー③　水平電気泳動型（In-Plane方式）… 463
６．３．５　電子粉流体…… 464
６．３．６　ツイストボール…… 466
（１）ツイストボールの製法…… 467
（２）その他のツイスト方式…… 468

６．３．７　トナーディスプレイ …… 468
６．３．８　エレクトロウェッティング …… 468
６．３．９　エレクトロクロミック …… 469
（１）3層タイプのカラー表示 …… 469
（２）新規なエレクトロクロミック材料 …… 470
６．３．10　電解析出方式（エレクトロデポジション方式） …… 470
６．３．11　電子ペーパーのまとめ …… 471
（１）電子ペーパーの目標と課題 …… 471
（２）電子ペーパーの各種システム …… 472
６．４　無機ELディスプレイ（ELD） …… 475
６．５　電界放出ディスプレイ（FED） …… 476
６．６　プラズマディスプレイパネル（PDP） …… 476
６．６．１　PDPの開発動向 …… 477
（１）軽量化、薄肉化 …… 477
（２）省電力化 …… 477
６．６．２　曲げられるPDP（シート状のPDP）プラズマチューブアレイ …… 477
６．６．３　PDPのプラスチック化 …… 478
６．７　タッチパネル（TP） …… 479
６．７．１　タッチパネルの種類と特徴 …… 479
６．７．２　抵抗膜方式（ART） …… 479
６．７．３　静電容量結合（アナログ容量結合）方式（CAP） …… 481
６．７．４　超音波表面弾性波方式（SAW） …… 481
６．７．５　赤外線方式（LED） …… 482
６．７．６　新しい方式のタッチパネル …… 482
（１）振動検出方式（DST方式） …… 482
（２）音響波照合方式（APR方式） …… 483
６．７．７　タッチパネルの新しい動き …… 484
（１）LCDとの一体化 …… 484
（２）表示体へのタッチパネル機能の取り付け …… 484
（３）文字入力など …… 484
６．７．８　タッチパネル用導電フィルム …… 485
６．７．９　タッチパネルメーカー …… 486
６．８　プラスチック基板を用いたFPDのまとめ …… 487
（１）携帯端末 …… 487
（２）据え置き型などの用途 …… 488
（３）タッチパネル …… 488

あ と が き …… 489

略　語　表 …… 490

参 考 文 献 …… 492

付録　主要なプラスチック基板の特性