

目次

第1章 プラズマ化学反応の特徴 小駒 益弘

1. 大気圧プラズマの温度 ..... 3  
2. 大気圧グロー放電 ..... 6  
2.1 大気圧グロー放電の生成 ..... 6  
2.2 大気圧グロー放電装置 ..... 9  
2.3 大気圧グロー放電条件 ..... 11  
3. 大気圧高温プラズマ ..... 11

第2章 大気圧プラズマの基礎

第1節 大気圧プラズマの基礎特性 枋久保 文嘉

はじめに ..... 19  
1. プラズマ中の基礎過程 ..... 20  
2. 気体の絶縁破壊 - タウンゼント理論とストリーマ理論 - ..... 23  
3. プラズマシミュレーションの方法 ..... 24  
4. 大気圧プラズマ中の化学反応 ..... 26  
5. マイクロ放電を伴う誘電体バリア放電 ..... 27  
6. 大気圧グロー放電 ..... 30  
7. 大気圧タウンゼント放電 ..... 33

第2節 大気圧プラズマの発生とその諸特性 高木 浩一

はじめに ..... 35  
1. プラズマの分類とその特徴 ..... 35  
2. 荷電粒子の生成(電離)と絶縁破壊 ..... 39  
3. グロー放電の構造とアーク転移 ..... 42  
4. 大電流グロー放電プラズマの諸量 ..... 46  
5. パルス電圧を用いた大気圧グロー放電の発生とその特性 ..... 47

第3章 大気圧プラズマによる粒子設計と粉体処理

第1節 大気圧プラズマによる粉体の表面処理とナノ粒子合成 小駒 益弘

1. 大気圧低温プラズマによる粉体表面処理 ..... 57  
1.1 研究の背景 ..... 57  
1.2 粉体処理実例と評価 ..... 58  
1.2.1 ポリマー粉体のバルク表面改質 ..... 58

1.2.2 ポリエチレン(PE)表面の酸化 ..... 59  
1.2.3 実験 ..... 59  
1.2.4 化学修飾法 ..... 60  
1.2.5 結果と考察 ..... 61  
1.3 PE粉体の表面臭素化 ..... 63  
1.3.1 プラズマ臭素化 ..... 63  
1.3.2 結果と考察 ..... 64  
1.3.3 コアシェルポリマーのグラフト重合 ..... 66  
1.4 化粧品原料用有機、無機顔料超微粉体への大気圧プラズマによるシリカ薄膜堆積 ..... 68  
1.4.1 実験 ..... 69  
1.4.2 結果と考察 ..... 70  
1.4.3 結論 ..... 72  
2. 大気圧高温プラズマを用いたシリカ超微粒子合成とバイオ応用 ..... 73  
2.1 高温プラズマ装置 ..... 73  
2.1.1 RF-ICP放電装置と実験 ..... 73  
2.2 結果と考察 ..... 74  
2.2.1 粉体の分析 ..... 74  
2.3 シリカ粉体の生体関連物質吸着特性 ..... 76  
2.3.1 研究の背景 ..... 76  
2.3.2 実験 ..... 77  
2.3.3 結果と考察 ..... 77  
2.3.4 結論 ..... 79

第2節 大気圧プラズマ技術を利用したナノメディカル粒子による新しい生体防御理論構築と、ヘルスバイオサイエンスへの経済学的考察

竹田 篤

はじめに ..... 81  
1. 従来技術の問題点と副作用 ..... 81  
1.1 研究背景：従来の治療戦略 ..... 81  
1.2 従来の治療戦略における問題点 ..... 82  
2. 新たな治療戦略に基づいた炎症制御 ..... 82  
3. 新技術の基となる研究技術 ..... 83  
4. 各共同研究機関とそれぞれの役割の基本的概要図(見尾原図を竹田が補正) ..... 84  
5. プラズマ合成ナノ粒子のプラズマ合成概念図 ..... 84  
6. プラズマ合成シリカナノ粒子へのタンパク質吸着実験 ..... 85  
6.1 プラズマ合成アルミドープ酸化チタンナノ粒子に対するチトクロムCCCの吸着 ..... 86  
6.2 プラズマ合成シリカナノ粒子への牛血清アルブミンの吸着 ..... 86  
6.3 プラズマ合成ナノ粒子とタンパク質吸着のまとめ(pH = 6.0) ..... 87

6.4 プラズマ合成, ナノ粒子群による有機蛍光体の吸着結果.....	87
7. 動物細胞レベルでの細胞毒性に関する検討.....	89
7.1 ラット赤血球に対する酸化チタンナノ粒子の影響.....	89
7.2 ラット腹腔肥満細胞の形態におよぼす酸化チタンナノ粒子と紫外線照射の影響.....	91
8. 最新の炎症抑制実験.....	92
8.1 ホルボールエステル誘発皮膚炎症モデルに対するプラズマ合成アルミニウムドーブ酸化チタンならびにプラズマ合成シリカナノ粒子含有クリーム的作用.....	92
8.2 接触性皮膚炎モデルに対するアルミニウムドーブ酸化チタンならびにシリカナノ粒子含有クリーム的作用.....	94
8.3 ヘアレスマウスにおける紫外線誘発皮膚炎症反応に対するナノ粒子含有クリームの効果.....	95
8.4 ナノ粒子に対する脂肪酸誘導体吸着実験.....	96
9. ヒト皮膚のスキンケア結果の代表例.....	96
10. プラズマ合成粒子によるヘルスバイオサイエンスへの経済学的考察.....	98
10.1 経済学的見地からみた最近の化粧品業界の動向と規制.....	99
10.2 ナノメディカルとスキンケア製品の問題の実例.....	99
10.3 ナノメディカルスキンケアへのアプローチとケーススタディー.....	99
10.4 多機能プラズマ合成シリカ粒子の別な戦略的用途展開と市場性.....	101
10.4.1 吸着機能による色素吸着排除.....	101
10.4.2 変質しない保湿効果.....	101
10.4.3 発色性の改善.....	101
10.4.4 市場性.....	102
10.4.5 プラズマ合成ナノメディカル粒子応用製品のゴールと経済性.....	102
10.4.6 より具体的な新規のナノメディカル・ビジネスの試算.....	103
10.4.7 大気圧プラズマ合成ナノメディカル粒子の経済性の検討評価結果.....	105
10.4.8 ナノメディカルスキンケアの展開予測.....	106

## 第4章 大気圧プラズマによる表面改質と洗浄

### 第1節 電子材料・部品の洗浄, 改質 澤田 康志

はじめに.....	111
1. 大気圧プラズマ.....	111
2. ダイレクト方式大気圧プラズマの応用.....	113
2.1 銅とエポキシ樹脂の新しい接着方法.....	113
2.2 水素プラズマによる酸化銅の還元挙動.....	115
3. リモート方式大気圧プラズマの応用.....	116
3.1 液晶パネル端子電極部の洗浄.....	116
3.2 半導体実装部品への応用.....	117
3.2.1 半導体実装部品の電極部洗浄による接合信頼性の改善.....	117

3.2.2 ICのチャージアップダメージ評価.....	118
3.3 プリント配線板のめっき前処理への応用.....	119
3.4 樹脂の接着性改善.....	120
3.4.1 PPS樹脂の接着強度評価.....	120
3.4.2 PPS樹脂の表面状態分析.....	121
おわりに.....	122

### 第2節 大気圧プラズマによる大型液晶基板の洗浄 湯浅 基和

はじめに.....	124
1. 大気圧プラズマ発生原理.....	125
2. 液晶ガラス基板用洗浄技術.....	125
3. 洗浄メカニズム解析.....	127
4. 洗浄装置.....	129
まとめ.....	130

### 第3節 高分子材料のぬれ性制御と接着性改善 伊藤 茂樹

はじめに.....	132
1. 大気圧プラズマ処理技術.....	133
1.1 基本技術.....	133
1.2 工業技術.....	134
2. 高分子材料に対する大気圧プラズマ処理.....	135
2.1 大気圧プラズマ処理の目的.....	135
2.2 撥水性付与処理.....	135
2.3 銅張り積層板向け処理.....	139
2.4 フッ素系樹脂材料に対する大気圧プラズマ処理.....	142
おわりに.....	145

### 第4節 大気圧グロープラズマを用いたフッ素系高分子の接着性改善 田中 邦翁

はじめに.....	146
1. 官能基導入を目的としたプラズマ処理.....	147
1.1 実験と評価法.....	147
1.2 結果と考察.....	148
1.3 結論.....	149
2. ホウ素源を用いたフッ素原子除去処理.....	149
2.1 実験と評価法.....	150
2.2 結果と考察.....	152

2.3 結論.....	155
まとめ.....	156

## 第5節 大気圧マイクロ波プラズマによるPENフィルムの表面処理

湯地 敏史 赤塚 洋

はじめに.....	157
1. マイクロ波プラズマジェットによるPENフィルムの表面処理.....	157
1.1 マイクロ波プラズマジェット.....	157
1.2 PENフィルムにおけるプラズマ表面処理.....	158
2. PENフィルムの材料特性の変化とプラズマパラメータの関係.....	161
2.1 PENフィルムの表面元素分析.....	161
2.2 大気圧プラズマ処理によるPENフィルムの特性変化と、 発光分光計測による窒素分子第2正帯の回転温度との関係.....	165
おわりに.....	167

## 第6節 大気圧プラズマグラフト重合処理による航空宇宙機用繊維強化複合材料の強度向上

青井 達治 黒木 智之 大久保 雅章

はじめに.....	169
1. 大気圧プラズマ重合処理.....	170
2. プラズマグラフト重合処理を適応した有機系繊維材料の特性.....	171
3. プラズマグラフト重合処理の航空宇宙機用繊維強化複合材料への応用.....	174
3.1 プラズマグラフト重合処理装置.....	174
3.2 有機系繊維材料の仕様.....	175
3.3 プラズマグラフト重合処理を適用した有機系繊維の接着性評価.....	176
3.4 大気圧プラズマグラフト重合処理を適用した有機系繊維強化複合材料の強度特性.....	177
3.4.1 有機系繊維強化複合材料の成形方法.....	177
3.4.2 有機系繊維強化複合材料の強度評価方法.....	177
3.4.3 強度評価結果及び考察.....	178
おわりに.....	181

## 第7節 繊維、紙、木材のぬれ性改質 上原 徹

はじめに.....	183
1. エチレンのセロハン上での重合.....	184
1.1 試料, 大気圧プラズマ処理および接触角測定.....	184
1.2 セロハンの表面自由エネルギー.....	184

1.3 赤外吸収スペクトル.....	185
1.4 X線光電子分光分析.....	185
2. 紙のプラズマ処理.....	186
2.1 試料, プラズマ処理および物性評価.....	186
2.2 ステキヒト・サイズ度試験.....	187
3. 木材表面のはっ水性化.....	188
3.1 実験方法.....	188
3.2 はっ水性.....	188
3.3 耐水試験.....	189
3.4 色差.....	189
3.5 木材処理の特殊性.....	190
4. 大気圧プラズマによる綿布帛への透湿防水性付与.....	190
4.1 試料および処理.....	190
4.2 綿布帛のはっ水性.....	191
4.3 綿布帛の透湿性.....	191
5. 木材-プラスチック複合体への応用.....	192
5.1 メタクリル酸メチル.....	192
5.2 スチレン.....	193
おわりに.....	194

## 第5章 大気圧プラズマによる膜形成

### 第1節 大気圧プラズマCVDによるシリコン薄膜の形成

安武 潔 垣内 弘章 大参 宏昌

はじめに.....	197
1. 低温Siエピ成長技術.....	197
2. 低温エピ成長技術の課題.....	198
2.1 雰囲気清浄度.....	198
2.2 成長速度.....	199
2.3 結晶品質.....	199
3. 実験方法.....	199
3.1 回転電極型大気圧プラズマCVD法.....	199
3.2 多孔質カーボン電極型大気圧プラズマCVD法.....	200
3.3 成膜および評価方法.....	201
4. 回転電極型大気圧プラズマCVD法による低温Siエピ成長.....	202
4.1 H <sub>2</sub> /SiH <sub>4</sub> ガス組成依存性.....	202
4.2 基板温度およびVHF電力依存性.....	203
4.3 プラズマ端部でのエピ成長の乱れ.....	204
5. 多孔質カーボン電極型大気圧プラズマCVD法による低温Siエピ成長.....	205

5.1 結晶性の評価.....	205
5.2 Siエピ層の不純物分析.....	207
5.3 エピ成長速度の温度依存性.....	209
5.4 Siエピ層のフォトルミネッセンス評価.....	210
5.5 Siエピ層中のキャリア生成寿命.....	212
5.6 <i>in situ</i> ドープSiエピタキシャル成長.....	213
おわりに.....	215

## 第2節 大気圧プラズマCVDによる酸化物堆積 齊藤 法利 湯浅 基和

はじめに.....	220
1. 装置構成・基本プロセス.....	221
2. 優れた被覆性.....	223
3. 犠牲層膜への応用.....	225
まとめ.....	227

## 第3節 大気圧プラズマCVDによる高ガスバリア性炭素膜の合成

児玉 英之 鈴木 哲也 白倉 昌

はじめに.....	228
1. 非晶質炭素膜とは？.....	229
2. 非晶質炭素膜の食品包装容器への応用.....	232
3. 高周波パルス大気圧プラズマCVD法による非晶質炭素膜の合成および ガスバリア性評価.....	233
4. マイクロ大気圧プラズマCVD法による非晶質炭素膜の合成および ガスバリア性評価.....	239
おわりに.....	242

## 第6章 エッチング・加工技術

### 第1節 Siエッチング 奥村 智洋

はじめに.....	247
1. 大気圧プラズマによるSiエッチング技術.....	247
2. 線状マイクロプラズマエッチング装置の構成.....	248
3. プラズマの微細線化とフッ素ラジカル生成効率の向上.....	252
4. シリコン微細線エッチングプロセス.....	254
5. 基板加熱の影響.....	257
6. 流体シミュレーションによる考察.....	258
おわりに.....	260

### 第2節 SiO<sub>2</sub>エッチング 堀 勝

はじめに.....	262
1. マイクロ波励起大気圧非平衡プラズマを用いたSiO <sub>2</sub> 膜の超高速加工.....	264
1.1 はじめに.....	264
1.2 実験装置.....	264
1.3 実験結果及び考察.....	265
1.4 まとめ.....	269
2. 大気圧非平衡パルスプラズマを用いたシリコン酸化膜高速エッチング加工と気相診断.....	269
2.1 はじめに.....	269
2.2 実験装置.....	270
2.3 実験結果及び考察.....	271
2.4 まとめ.....	273
おわりに.....	274

### 第3節 プラズマCVMによる超精密形状創成とプラズマ援用研磨による表面仕上げ

山村 和也 佐野 泰久 森 勇藏

はじめに.....	276
1. プラズマCVMによる形状創成加工.....	278
1.1 数値制御による形状創成の概念.....	278
1.2 硬X線反射ミラーの作製.....	280
1.3 SOIウエハ厚さの均一化・薄膜化.....	283
1.4 水晶ウエハ厚さの均一化.....	285
2. プラズマ援用研磨による難加工硬脆材料の超平滑仕上げ.....	290
2.1 プラズマ援用研磨の概念.....	290
2.2 単結晶4H-SiC(0001)ウエハの超平滑化.....	291
おわりに.....	296

### 第7章 大気圧プラズマCVDによる単層カーボンナノチューブ合成 野崎 智洋

はじめに.....	301
1. 大気圧プラズマの特徴とCVDへの応用.....	302
1.1 実験装置の概略.....	303
1.2 低周波で駆動される大気圧グロー放電.....	304
1.3 高周波駆動による大気圧グロー放電の高度化.....	305
1.4 大気圧RF放電(APRFD)のモード遷移とシースパラメーター.....	306
2. プラズマCVDとCNT合成.....	308
2.1 リモートプラズマCVD(減圧)による単層CNT合成.....	309

2.2 大気圧プラズマCVDとCNT合成.....	310
3. 大気圧プラズマ (APRFD) によるCNT合成と反応メカニズム.....	313
3.1 実験装置および方法.....	313
3.2 圧力の影響と単層/多層CNT成長制御.....	314
3.3 メッシュ法による活性種生成の制御.....	315
3.4 プラズマによる原料CH <sub>4</sub> の活性化.....	317
3.5 微量アセチレンによるCNT成長促進.....	318
3.6 水素の役割.....	319
4. 展望：大気圧プラズマを用いた二層CNTの合成と化学修飾.....	321
おわりに.....	322

## 第8章 大気圧プラズマによる滅菌およびバイオ分野への応用

### 大気圧プラズマ放電による滅菌—エンドポイントとキャリアのダメージ評価

秋津 哲也 長幡 昌平 渡辺 俊 大川 博司 平山 けい子

Siti Khadijah binti Zaaba 清水 尚博 今西 雄一朗

概要.....	327
1. 序論.....	327
2. 大気圧プラズマ実験装置.....	329
3. 大気圧窒素ストリーマ滅菌.....	335
4. コロニー計数法による滅菌特性の評価.....	337
5. バイオロジカルインジケータの問題点.....	345

## 第9章 液中プラズマ

### 第1節 液中プラズマプロセスとその応用技術 野村 信福 豊田 洋通

はじめに.....	353
1. 液中プラズマを発生させる方法.....	353
2. 液中プラズマの特徴.....	357
3. 液中プラズマによるダイヤモンド合成.....	359
4. ナノテク材料の合成.....	363
おわりに.....	364

### 第2節 ソリユーションプラズマによるナノ粒子合成 高井 治

はじめに.....	367
1. ソリユーションプラズマ.....	368
2. ソリユーションプラズマ・プロセッシング (SPP).....	370
3. ソリユーションプラズマ・プロセッシングによるナノ粒子の合成.....	371

3.1 金ナノ粒子の合成.....	371
3.2 実験装置.....	371
3.3 合成条件.....	372
3.4 合成結果と評価.....	372
おわりに.....	376

## 第3節 水中非平衡プラズマによる難分解有機物の分解 安岡 康一

はじめに.....	378
1. 水中非平衡プラズマによる水処理研究.....	378
1.1 アークプラズマと非平衡プラズマ.....	378
1.2 プラズマによる水処理方式.....	379
1.3 水中非平衡プラズマを使った有機物分解研究.....	381
2. 水処理用大気圧プラズマの生成.....	383
2.1 水面・水中プラズマの生成と利用方式.....	383
2.2 大気圧マイクロホローカソード放電から水中気泡内プラズマへ.....	384
3. 水中気泡内プラズマを使った難分解有機物分解.....	385
3.1 水中気泡内パルスプラズマによる酢酸分解.....	385
3.2 水中気泡内直流プラズマによる有機フッ素化合物分解.....	385

## 第10章 大気圧マイクロプラズマとその材料プロセスへの応用 寺嶋 和夫

はじめに.....	391
1. 大気圧マイクロプラズマ.....	391
2. マイクロプラズマ.....	393
2.1 はじめに.....	393
2.2 各種のマイクロプラズマ.....	394
2.2.1 直流マイクロプラズマ.....	394
2.2.2 DBDマイクロプラズマ.....	395
2.2.3 UHF (Ultra High Frequency) マイクロプラズマジェット.....	395
2.2.4 マイクロ波マイクロプラズマ.....	396
2.3 マイクロプラズマの材料プロセス応用.....	397
まとめ.....	400
補足；この5年間の展開について.....	400

## 第11章 アルゴンプラズマ凝固法の原理と応用 林 照夫

はじめに.....	405
1. アルゴンプラズマ凝固法の原理.....	405

1.1 電気手術器.....	405
1.2 電気手術器の凝固出力.....	406
1.3 アルゴンプラズマ凝固 (APC).....	407
2. アルゴンプラズマ凝固法 (APC) の組織への効果と特徴.....	408
3. アルゴンプラズマ凝固装置の構成.....	408
4. 応用例.....	410
5. 注意点.....	410
6. 新しい APC.....	410
6.1 Forced APC.....	411
6.2 Pulsed APC.....	411
6.3 Precise APC.....	411
おわりに.....	411