

目 次

| | | |
|----------|-----------------------------|-----------|
| 1 | 放電プラズマの基礎とバリア放電の位置づけ | 1 |
| 1.1 | 放電の形態 | 1 |
| 1.1.1 | 放電の過程 | 1 |
| 1.1.2 | 各種放電の形態 | 4 |
| 1.2 | バリア放電の研究と応用の歴史 | 9 |
| 1.2.1 | 研究の始まり | 9 |
| 1.2.2 | 応用研究の歩み | 11 |
| 1.3 | バリア放電とは | 13 |
| | 参考文献 | 14 |
| 2 | 電子衝突と運動論 | 18 |
| 2.1 | 電離度と熱平衡 | 18 |
| 2.2 | 速度分布と衝突断面積 | 19 |
| 2.2.1 | 平均速度 | 19 |
| 2.2.2 | 速度分布関数 | 20 |
| 2.2.3 | 衝突断面積と平均自由行程 | 23 |
| 2.3 | 荷電粒子の基礎過程 | 24 |
| 2.3.1 | 弾性衝突と非弾性衝突 | 24 |
| 2.3.2 | 電離と励起 | 27 |
| 2.3.3 | 粒子の移動と拡散 | 31 |
| 2.4 | スウォームパラメータ | 32 |
| 2.4.1 | ボルツマン方程式 | 32 |

| | | |
|----------|---------------------------|-----------|
| 2.4.2 | スウォームパラメータの導出 | 39 |
| 2.5 | 原子・分子反応 | 46 |
| 2.5.1 | 酸素原子からのオゾン生成 | 46 |
| 2.5.2 | オゾンの分解反応 | 48 |
| | 参考文献 | 51 |
| 3 | バリア放電の現象 | 52 |
| 3.1 | 低周波バリア放電 | 53 |
| 3.1.1 | 概要 | 53 |
| 3.1.2 | 放電の現象と電気特性 | 55 |
| 3.1.3 | 放電の形態 | 66 |
| 3.1.4 | 放電機構としての位置づけ | 80 |
| 3.1.5 | 分光特性—発光スペクトルによる放電気体温度の計測— | 82 |
| 3.2 | 高周波バリア放電 | 91 |
| 3.2.1 | 放電の現象 | 91 |
| 3.2.2 | 等価回路と放電電力式 | 93 |
| 3.2.3 | 放電特性 | 95 |
| 3.2.4 | 発光特性 | 97 |
| 3.3 | 低周波、高周波バリア放電の電気回路論的比較 | 104 |
| 3.3.1 | 低周波バリア放電の印加電圧波形の影響 | 104 |
| 3.3.2 | 高周波バリア放電の印加電圧波形の影響 | 106 |
| 3.3.3 | リサージュ図形への浮遊容量の影響（測定上の注意点） | 109 |
| 3.3.4 | V_{gap} - I リサージュの計測 | 111 |
| 3.4 | 急峻矩形波バリア放電 | 113 |
| 3.4.1 | PDPの構造と動作の概要 | 113 |
| 3.4.2 | 放電実験装置と測定方法 | 118 |
| 3.4.3 | 実験結果 | 120 |
| 3.4.4 | 放電電力の式 | 123 |

| | | |
|----------|-----------------------------------|------------|
| 3.5 | まとめ | 126 |
| | 参考文献 | 128 |
| 4 | バリア放電の物理モデル | 129 |
| 4.1 | マクロ放電モデル | 129 |
| 4.1.1 | モデルの概要 | 129 |
| 4.1.2 | マクロ放電モデルの基本形式 | 130 |
| 4.1.3 | バリア放電負荷と回路の連成シミュレーション | 132 |
| 4.1.4 | 初期過程から定常解へ | 133 |
| 4.1.5 | バリア放電の3つの領域の定常解 | 138 |
| 4.1.6 | 放電維持電圧 V^* の物理的意味 | 141 |
| 4.2 | バリア放電負荷の電源技術 | 143 |
| 4.2.1 | オゾナイザの電源技術 | 143 |
| 4.2.2 | CO ₂ レーザの電源技術 | 147 |
| | Appendix A: マクロ放電モデルのパラメータの物理的裏づけ | 151 |
| | Appendix B: PDPの回路技術 | 151 |
| | 参考文献 | 154 |
| 5 | オゾン生成への応用 | 155 |
| 5.1 | オゾン発生の基礎 | 155 |
| 5.1.1 | 基本的反応過程 | 155 |
| 5.1.2 | 換算電界強度 E/N | 159 |
| 5.1.3 | 酸素原子生成効率 | 161 |
| 5.1.4 | 電子衝突によるオゾンの分解 | 167 |
| 5.1.5 | 放電空間のガス温度 | 169 |
| 5.1.6 | オゾン発生特性の数値解析のために | 171 |
| 5.2 | オゾン発生器の構造 | 173 |
| 5.2.1 | 円筒多管オゾナイザ | 173 |
| 5.2.2 | 平板積層オゾナイザ | 174 |
| 5.3 | 酸素原料オゾン発生器の特性 | 175 |

| | | |
|----------|-------------------------------|------------|
| 5.3.1 | オゾン発生特性に与える放電ギャップ長の影響 | 175 |
| 5.3.2 | 換算電界強度 E/N の影響 | 181 |
| 5.3.3 | ガス温度の影響 | 182 |
| 5.4 | 空気原料オゾン発生器の特性 | 184 |
| 5.4.1 | 空気原料におけるオゾン生成—全体像— | 184 |
| 5.4.2 | 空気原料オゾナイザの特性 | 186 |
| 5.4.3 | 空気原料オゾナイザの特性を支配する要因 | 189 |
| 5.4.4 | 副生成物：窒素酸化物の発生（詳細） | 193 |
| 5.5 | オゾンの産業応用 | 195 |
| 5.5.1 | 水処理への応用 | 195 |
| 5.5.2 | 半導体への応用 | 200 |
| 5.5.3 | パルプ漂白への応用 | 203 |
| 5.5.4 | 生物付着防止システムへの応用 | 204 |
| | 参考文献 | 208 |
| 6 | CO₂ レーザへの応用 | 210 |
| 6.1 | CO ₂ レーザの基礎 | 210 |
| 6.1.1 | 発振理論 | 210 |
| 6.1.2 | 換算電界強度とスウォームパラメータ | 218 |
| 6.2 | 三軸直交型 CO ₂ レーザ装置 | 226 |
| 6.2.1 | 構造 | 226 |
| 6.2.2 | 小信号利得 | 227 |
| 6.2.3 | レーザ励起効率：他方式との比較 | 229 |
| 6.2.4 | レーザ発振特性 | 230 |
| 6.2.5 | 高出力産業用 CO ₂ レーザの特性 | 232 |
| 6.3 | 軸流型 CO ₂ レーザ装置 | 235 |
| 6.3.1 | 低速軸流型発振器 | 235 |
| 6.3.2 | 高速軸流型発振器 | 236 |
| 6.4 | CO ₂ レーザの産業応用 | 244 |
| 6.4.1 | 切断 | 245 |

| | | |
|----------|---------------------|------------|
| 6.4.2 | 溶接 | 246 |
| 6.4.3 | プリント基板の穴開け | 248 |
| 6.4.4 | 表面焼入れ | 248 |
| | 参考文献 | 250 |
| 7 | バリア放電の展望 | 251 |
| | 参考文献 | 254 |
| | 索引 | 255 |
| | ◆エピソード | |
| | リサージュ図は放電の本質を示している | 126 |
| | 飲み屋の割り箸袋 | 153 |
| | 2時間の奇跡 | 207 |
| | まるでわが子が他人に虐められているよう | 249 |