

目 次

第1編 気 体

第1部 基 礎

第1章 気体粒子の運動……………(1)

1.1 完全気体の状態方程式 ……(1)

1.2 粒子の速度分布則 ……(1)

1.2.1 Maxwell-Boltzmann 分布 …(1)

1.2.2 Maxwell-Boltzmann 分布  
における平均速度, 平均  
エネルギー, 平均粒子束 …(2)

1.2.3 放電中の電子分布 ……(2)

1.3 衝 突 ……(2)

1.3.1 弾性衝突断面積 ……(2)

1.3.2 衝突周波数 ……(4)

1.4 平均自由行程 ……(5)

1.4.1 平均自由行程 ……(5)

1.4.2 気体分子の平均自由行程 …(5)

1.4.3 気体分子中の電子の平均  
自由行程 ……(6)

1.4.4 2種類の気体中の平均自  
由行程 ……(6)

1.4.5 自由行程の分布 ……(7)

1.4.6 気体の平均自由行程の数  
値例 ……(7)

1.4.7 補正係数 ……(7)

第2章 励起ならびに電離……………(7)

2.1 原子・分子の励起と電離 ……(7)

2.1.1 原子・分子の励起状態  
(エネルギー準位) ……(8)

2.1.2 励起断面積と電離断面積 …(13)

2.2 気体の電離係数・励起係数 ……(21)

2.2.1 電離係数 $\alpha$ の理論的表現 …(21)

2.2.2 電離係数の測定方法 ……(21)

2.2.3 電離係数の測定値 ……(22)

2.2.4 電離係数の近似式 ……(23)

2.2.5 励起係数と解離係数 ……(24)

2.3 熱 電 離 ……(27)

2.4 電 子 分 離 ……(27)

2.5 二次機構 ……(29)

2.6 スペクトル ……(30)

2.6.1 概 説 ……(30)

2.6.2 グロー放電 ……(30)

2.6.3 アーク放電 ……(31)

2.6.4 火花スペクトル ……(31)

第3章 電子放出……………(33)

3.1 二次電離機構 ……(33)

3.2 熱電子放出 ……(33)

3.2.1 金属の熱電子放出 ……(33)

3.2.2 単原子皮膜の熱電子放出 …(34)

3.2.3 半導体の熱電子放出 ……(34)

3.2.4 ショットキー効果 ……(34)

3.3 光電子放出 ……(34)

3.4 電界放出 ……(35)

3.5 粒子射突による電子放出 ……(35)

3.5.1 正イオンによる電子放出 …(35)

3.5.2 準安定原子による電子放  
出 ……(36)

3.6 二次電離係数 ……(36)

3.6.1 概 説 ……(36)

3.6.2 陰極面における二次機構  
と電離係数 ……(36)

3.6.3  $\gamma_i$  ……(37)

3.6.4  $\gamma_p$  ……(37)

3.6.5  $\gamma_m$  ……(38)

3.6.6 $\gamma$ .....	(38)
<b>第4章 荷電粒子の消滅</b> .....	(39)
4.1 電子付着 .....	(39)
4.2 測定法 .....	(40)
4.3 付着測定値 .....	(41)
4.4 再結合 .....	(42)
4.5 イオン再結合 .....	(42)
4.6 $\alpha_i$ の測定値 .....	(43)
4.7 電子再結合 .....	(44)
4.8 $\alpha_e$ の測定値 .....	(44)
<b>第5章 荷電粒子の運動</b> .....	(46)
5.1 移動度 .....	(46)
5.1.1 概 説 .....	(46)
5.1.2 電子のドリフト速度 .....	(47)
5.1.3 イオンの移動度 .....	(48)
5.1.4 電荷交換(転移) .....	(54)
5.1.5 測定法の概説 .....	(54)
5.2 拡 散 .....	(56)
5.2.1 概 説 .....	(56)
5.2.2 両極性拡散 .....	(58)
5.2.3 磁界中の拡散 .....	(59)
5.2.4 非定常拡散 .....	(61)
5.2.5 混合ガス中の拡散 .....	(62)
5.2.6 相互斥反 .....	(63)
5.3 電子の平均エネルギー .....	(63)
5.3.1 Einstein の関係式 .....	(63)
5.3.2 電子の平均エネルギー .....	(64)
5.3.3 電子の平均エネルギーの 測定 .....	(64)
5.4 電子の損失係数 .....	(65)
<b>第6章 静 電 界</b> .....	(67)
6.1 電界強度・等電位面 .....	(67)
6.2 電界計算法 .....	(67)
6.2.1 解析の方法 .....	(67)
6.2.2 数値解法 .....	(68)
6.3 各種電極形状と電界 .....	(69)
6.3.1 平行板電極 .....	(69)
6.3.2 球 電 極 .....	(69)
6.3.3 円筒電極 .....	(70)
6.3.4 そ の 他 .....	(71)
6.4 電界の測定 .....	(71)
<b>第7章 空間電荷伝導の一般的性質</b> .....	(72)
7.1 電離のない場合の空間電荷伝 導例 .....	(72)
7.1.1 初速度と拡散を省略した 場合 .....	(72)
7.1.2 正負両空間電荷による伝 導 .....	(73)
7.1.3 Maxwell 分布をずらす初速 度を考えた場合 .....	(73)
7.1.4 その他の場合 .....	(74)
7.2 相 似 則 .....	(74)
<b>第2部 放電現象</b>	
<b>第1章 放電現象概論</b> .....	(83)
1.1 放電形式 .....	(83)
1.1.1 気体放電 .....	(83)
1.1.2 非自続放電 .....	(83)
1.1.3 自続放電 .....	(83)
1.1.4 タウンゼント放電 .....	(83)
1.1.5 グロー放電 .....	(83)
1.1.6 アーク放電 .....	(84)
1.1.7 火花放電 .....	(84)
1.1.8 コロナ放電 .....	(84)
1.1.9 放電破壊 .....	(84)
1.1.10 全路破壊と局部破壊 .....	(84)
1.1.11 平等電界破壊と不平等電 界破壊 .....	(84)
1.1.12 空間放電と沿面放電 .....	(85)
1.1.13 放電形式と放電領域 .....	(85)
1.2 運動電荷による電流 .....	(85)

1.2.1 基礎表式 .....	(85)	2.1 当初荷電粒子供給 .....	(91)
1.2.2 電流波形の観測 .....	(86)	2.1.1 概 説 .....	(91)
1.3 電子なだれ .....	(86)	2.1.2 連続的供給 .....	(91)
1.3.1 概 説 .....	(86)	2.1.3 瞬時的供給 .....	(91)
1.3.2 単一電子なだれ .....	(86)	2.2 電圧電流特性 .....	(91)
1.3.3 多重電子なだれ .....	(86)	2.2.1 概 説 .....	(91)
1.3.4 不平等電界における電子 なだれ .....	(86)	2.2.2 静 特 性 .....	(92)
1.3.5 電子なだれの統計的分布 .....	(86)	2.2.3 当初電流 .....	(93)
1.3.6 電子なだれの観測 .....	(87)	2.3 放電開始 .....	(93)
1.4 ストリーマ .....	(87)	2.3.1 概 説 .....	(93)
1.4.1 概 説 .....	(87)	2.3.2 放電開始条件 .....	(94)
1.4.2 正ストリーマ .....	(87)	2.3.3 自続条件 .....	(94)
1.4.3 負ストリーマ .....	(87)	2.3.4 空間電荷効果 .....	(94)
1.4.4 ストリーマ進展の理論的 解析 .....	(88)	<b>第3章 火花放電</b> .....	(95)
1.4.5 ストリーマ像の観測 .....	(88)	3.1 火花放電の定義 .....	(95)
1.5 電子なだれよりストリーマへ の転換 .....	(88)	3.1.1 放電電圧電流特性を対象と する定義 .....	(95)
1.5.1 平等電界における単一電 子なだれ—ストリーマ転 換 .....	(88)	3.1.2 放電形式を対象とする定 義 .....	(95)
1.5.2 平等電界における多重電 子なだれ—ストリーマ転 換 .....	(89)	3.1.3 分光学の方面からの定義 .....	(95)
1.5.3 不平等電界における電子 なだれ—ストリーマ転換 .....	(89)	3.2 火花放電形式 .....	(95)
1.6 リーダ .....	(90)	3.2.1 放電領域と遷移放電形式 .....	(95)
1.6.1 リーダとストリーマ .....	(90)	3.2.2 放電領域と火花放電 .....	(96)
1.6.2 ストリーマからリーダへ の転換 .....	(90)	3.3 火花放電過程 .....	(96)
1.7 電離電圧波 .....	(90)	3.3.1 概 説 .....	(96)
1.7.1 概 説 .....	(90)	3.3.2 火花形成過程 .....	(97)
1.7.2 電離電圧波の多様性 .....	(91)	3.3.3 火花導電過程 .....	(98)
<b>第2章 暗 流</b> .....	(91)	3.3.4 階段放電現象 .....	(98)
		3.4 火花放電特性 .....	(99)
		3.4.1 概 説 .....	(99)
		3.4.2 火花電圧 .....	(99)
		3.4.3 火花形成時間 .....	(100)
		3.4.4 火花抵抗 .....	(100)
		3.4.5 火花放電の制御 .....	(100)
		3.4.6 磁界中の火花放電 .....	(101)

3.5 火花放電機構……………(101)	5.2.1 陰極降下の理論……………(107)
3.5.1 概 説……………(101)	5.2.2 正規グローと異常グロー の諸量……………(111)
3.5.2 タウンゼント理論……………(101)	5.2.3 負グローとファラデー暗 部……………(111)
3.5.3 ストリーマ理論……………(102)	5.2.4 スパッタリング……………(112)
<b>第4章 コロナ放電</b> ……………(102)	5.3 陽 光 柱……………(113)
4.1 コロナ放電の定義……………(102)	5.3.1 理 論……………(113)
4.1.1 概 説……………(102)	5.3.2 電 子 温 度……………(118)
4.1.2 放電外観からの定義……………(103)	5.3.3 陽光柱のその他の諸量……………(120)
4.1.3 電圧電流特性を対象とする 定義……………(103)	5.3.4 磁界中陽光柱……………(121)
4.2 コロナ放電形式……………(103)	5.3.5 光条(綫)陽光柱……………(122)
4.2.1 波形からみた正コロナ放電 形式の分類……………(103)	5.3.6 収縮陽光柱……………(126)
4.2.2 波形からみた負コロナ放電 形式の分類……………(103)	5.4 陽 極 部 分……………(127)
4.2.3 放電領域とコロナ放電……………(104)	5.4.1 陽光柱の中の陽極……………(127)
4.3 コロナ放電進展過程……………(104)	5.4.2 Faraday 暗部中の陽極……………(129)
4.3.1 前駆コロナ放電……………(104)	5.4.3 陽極降下の実験結果……………(130)
4.3.2 正ストリーマ放電……………(104)	5.5 混合気体中のグロー放電……………(130)
4.3.3 負ストリーマ放電……………(104)	5.5.1 混合気体中の陰極部分……………(130)
4.4 コロナ放電特性……………(105)	5.5.2 混合気体中の陽光柱……………(130)
4.4.1 放電開始特性……………(105)	5.6 特殊グロー放電
4.4.2 電圧-電流特性……………(105)	5.6.1 高気圧グロー……………(132)
4.5 タウンゼント放電……………(105)	5.6.2 グロー放電の種々の型……………(132)
4.5.1 平等電界ギャップにお けるタウンゼント放電……………(105)	5.6.3 磁界中のグロー放電……………(135)
4.5.2 不平等電界ギャップにお けるタウンゼント放電……………(106)	5.6.4 高周波グロー……………(135)
<b>第5章 グロー放電</b> ……………(106)	5.7 グロー放電とアーク放電との間 の移行……………(135)
5.1 グロー放電の構造と機構……………(106)	<b>第6章 アーク放電</b> ……………(139)
5.1.1 放電形式と電圧-電流特 性……………(106)	6.1 アーク放電とは……………(139)
5.1.2 構造ならびに各部の名称……………(106)	6.1.1 アーク放電とグロー放電……………(139)
5.1.3 発 光 特 性……………(107)	6.1.2 電圧-電流特性……………(139)
5.2 陰 極 部 分……………(107)	6.1.3 陰 極 現 象……………(140)
	6.1.4 陽 光 柱……………(140)
	6.1.5 熱 平 衡……………(140)
	6.2 真空アーク……………(141)

6.2.1 概 要……………(141)	6.3.1 概 説……………(144)
6.2.2 陰極輝点からの金属蒸気 の蒸発……………(141)	6.3.2 安定化された陽光柱の形 態……………(144)
6.2.3 陰極輝点の電流密度……………(141)	6.3.3 電圧-電流特性……………(145)
6.2.4 アーク電圧……………(142)	6.3.4 陽 光 柱……………(146)
6.2.5 陽光柱内の粒子分布……………(143)	6.3.5 陰極放電部分……………(151)
6.2.6 真空アークの最低維持電 流……………(143)	6.3.6 陽極放電部分……………(156)
6.3 高気圧アーク……………(144)	6.3.7 定常アークの特殊な現象……………(157)
6.3.1 概 説……………(144)	6.4 実用機器におけるアーク現象……………(158)
6.3.2 安定化された陽光柱の形 態……………(144)	6.4.1 絶縁耐力回復特性……………(158)
6.3.3 電圧-電流特性……………(145)	6.4.2 シャ断アーク……………(160)
6.3.4 陽 光 柱……………(146)	6.4.3 逆 弧……………(163)
6.3.5 陰極放電部分……………(151)	6.4.4 異 常 電 圧……………(163)
6.3.6 陽極放電部分……………(156)	6.4.5 接点アーク……………(163)
6.3.7 定常アークの特殊な現象……………(157)	6.4.6 照明アーク……………(165)
6.4 実用機器におけるアーク現象……………(158)	6.4.7 溶接アーク……………(166)
6.4.1 絶縁耐力回復特性……………(158)	<b>第3部 特殊条件下の放電</b>
6.4.2 シャ断アーク……………(160)	<b>第1章 長ギャップ放電</b> ……………(181)
6.4.3 逆 弧……………(163)	1.1 長ギャップ放電の機構……………(181)
6.4.4 異 常 電 圧……………(163)	1.1.1 概 説……………(181)
6.4.5 接点アーク……………(163)	1.1.2 長ギャップ放電の進展過 程……………(181)
6.4.6 照明アーク……………(165)	1.1.3 正極性放電の進展機構と モデル……………(183)
6.4.7 溶接アーク……………(166)	1.2 長ギャップ放電の諸特性……………(186)
	1.2.1 フラッシュオーバー電圧とギ

1.2.2 フラッシュオーバー電圧と印 加電圧波形との関係……………(187)	1.2.3 フラッシュオーバー電圧とフ ラッシュオーバー時間との関 係……………(189)
1.2.4 フラッシュオーバー率……………(189)	1.2.5 フラッシュオーバー経路……………(190)
1.2.6 相対空気密度および湿度 の補正……………(191)	<b>第2章 雷 放 電</b> ……………(192)
2.1 概 説……………(192)	2.2 雷雲の発生……………(192)
2.2 雷雲の発生……………(192)	2.3 雷放電の諸相……………(192)
2.3 雷放電の諸相……………(192)	2.3.1 雷放電の種類……………(192)
2.3.1 雷放電の種類……………(192)	2.3.2 雷放電の過程……………(193)
2.3.2 雷放電の過程……………(193)	2.3.3 雷放電に関する諸量……………(195)
2.3.3 雷放電に関する諸量……………(195)	2.4 雷放電のスペクトル……………(196)
2.4 雷放電のスペクトル……………(196)	2.5 雷放電の機構……………(197)
2.5 雷放電の機構……………(197)	<b>第3章 高気圧気体、負性気体中の 放電</b> ……………(197)
<b>第3章 高気圧気体、負性気体中の 放電</b> ……………(197)	3.1 負性気体とその利用……………(197)
3.1 負性気体とその利用……………(197)	3.2 高気圧気体、負性気体の放電 電圧……………(198)
3.2 高気圧気体、負性気体の放電 電圧……………(198)	3.2.1 平等電界に近い場合の特 性……………(199)
3.2.1 平等電界に近い場合の特 性……………(199)	3.2.2 不平等電界での特性……………(201)
3.2.2 不平等電界での特性……………(201)	3.3 放 電 機 構……………(203)
3.3 放 電 機 構……………(203)	3.3.1 平等電界に近い場合……………(203)
3.3.1 平等電界に近い場合……………(203)	3.3.2 不平等電界……………(205)
3.3.2 不平等電界……………(205)	3.4 高気圧混合気体の放電特性……………(207)
3.4 高気圧混合気体の放電特性……………(207)	3.4.1 平等電界に近い場合の特 性……………(207)
3.4.1 平等電界に近い場合の特 性……………(207)	3.4.2 不平等電界の特性……………(208)
3.4.2 不平等電界の特性……………(208)	3.5 高気圧気体中の沿面放電……………(209)
3.5 高気圧気体中の沿面放電……………(209)	

<b>第4章 真空中の放電</b> ……………(211)	5.3.2 背後電極が存在しない場 合……………(227)
4.1 真空中の放電現象……………(211)	5.3.3 背後電極が存在する場合…(227)
4.1.1 真空放電の理論……………(211)	5.4 高気圧ガス中の沿面放電…(230)
4.2 真空中の火花電圧に影響を及 ぼす因子……………(212)	5.4.1 平等電界形の場合……………(230)
4.2.1 ギャップの長さの影響……………(212)	5.4.2 背後電極が存在する場合…(230)
4.2.2 電極の影響……………(213)	5.5 特殊条件下における沿面放電…(231)
4.2.3 印加電圧の影響……………(218)	5.5.1 ケーブル末端の沿面フラッ シオーバ……………(231)
4.2.4 圧力の影響……………(218)	5.5.2 移動誘電体板上の沿面放 電……………(231)
4.2.5 外部回路の影響……………(219)	5.5.3 気中放電と沿面放電の組 み合わせ……………(232)
4.3 真空中の沿面フラッシオーバ…(219)	5.5.4 高真空中の沿面放電……………(232)
4.3.1 電極材料の影響……………(219)	5.5.5 圧着面の沿面放電……………(232)
4.3.2 絶縁物材料の影響……………(219)	5.5.6 結晶面上の沿面放電……………(232)
4.3.3 絶縁物の厚さと沿面状態…(220)	5.5.7 人体への模擬雷撃実験…(233)
4.3.4 圧力の影響……………(221)	<b>第6章 高周波放電</b> ……………(233)
4.3.5 絶縁物の形状……………(221)	6.1 展 望……………(233)
<b>第5章 沿面放電</b> ……………(222)	6.2 理 論……………(234)
5.1 ま え が き……………(222)	6.3 空気中の放電……………(235)
5.2 沿面放電の性質……………(222)	6.4 実 験 式……………(236)
5.2.1 沿面放電の進展過程……………(222)	6.5 真空中の放電……………(237)
5.2.2 各種放電形式の出現する 電圧……………(224)	6.6 繰り返し放電……………(237)
5.2.3 沿面放電の進展速度……………(224)	6.7 空気以外のガス……………(239)
5.2.4 Back Discharge……………(224)	6.8 不平等電界……………(240)
5.2.5 沿面放電の放電電流……………(226)	6.9 電界, 磁界の影響……………(241)
5.2.6 沿面放電の機構……………(226)	6.10 水蒸気と水銀蒸気の影響……………(241)
5.2.7 気圧の影響……………(226)	6.11 無電極放電……………(242)
5.2.8 気体の種類による影響……………(226)	6.12 レーザによる破壊……………(243)
5.2.9 磁界による影響……………(226)	6.13 高周波コロナ放電……………(243)
5.2.10 誘電体の表面形状による 影響……………(226)	6.14 火 焰 放 電……………(243)
5.3 空気中における誘電体の沿面 フラッシオーバ電圧……………(226)	6.15 高周波グロー放電……………(244)
5.3.1 電極配置による沿面フラ ッシオーバ特性の二大別…(226)	6.16 高周波アーク放電……………(245)

<b>第7章 レーザ放電</b> ……………(245)
-----------------------------

7.1 緒論 気体レーザー……………(245)	7.1.1 反転分布……………(246)
7.1.2 誘導放出……………(246)	7.1.3 コヒーレンス……………(247)
7.2 レーザ発振と気体放電……………(247)	7.2.1 ポンピング源としての気 体放電……………(247)
7.2.2 気体放電の構造とレーザ 発振機構……………(249)	7.3 レーザ管における雑音特性…(256)
7.3.1 放 電 雑 音……………(256)	7.3.2 レーザ雑音……………(257)
<b>第8章 トリガ放電</b> ……………(257)	8.1 緒 言……………(257)
8.2 電氣的トリガ……………(258)	8.2.1 トリガatron……………(258)
8.2.2 電界歪形ギャップ……………(259)	8.2.3 真空ギャップ……………(260)
8.2.4 低気圧ギャップデカップ ルススイッチ……………(260)	8.2.5 その他の火花ギャップス イッチ……………(261)
8.3 レーザトリガ……………(261)	8.3.1 LTSG (レーザトリガギャ ップ)の種類……………(261)
8.3.2 LTSG のトリガ機構……………(261)	8.3.3 LTSG の基本特性……………(262)
8.3.4 LTSG の応用……………(263)	<b>第9章 オゾナイザ放電</b> ……………(263)
9.1 オゾナイザ放電……………(263)	9.1.1 概 説……………(263)
9.1.2 放 電 形 式……………(264)	9.1.3 オゾナイザ放電の電気特 性……………(265)
9.1.4 オゾナイザ放電の開始電 圧……………(267)	9.2 オゾナイザについて……………(268)
9.2.1 オゾナイザの設計法……………(268)	9.2.2 オゾナイザの特性……………(269)

<b>第4部 プラズマ</b>	<b>第1章 概 説</b> ……………(281)
1.1 プラズマの概念……………(281)	1.2 特性および基本的性質……………(281)
1.2.1 プラズマ振動……………(281)	1.2.2 デバイ長……………(282)
1.2.3 磁界中の異方性……………(282)	1.2.4 クーロン相互作用……………(282)
1.3 プラズマの基礎量……………(283)	1.3.1 電 離 度……………(283)
1.3.2 電子温度とイオン温度……………(283)	1.3.3 主要なプラズマ諸量……………(284)
1.4 プラズマの生成……………(284)	1.4.1 直流放電プラズマ……………(284)
1.4.2 後方拡散型プラズマ……………(285)	1.4.3 PIG 放電プラズマ……………(285)
1.4.4 低周波放電プラズマ……………(285)	1.4.5 高周波放電プラズマ……………(285)
1.4.6 マイクロ波放電プラズマ…(288)	1.4.7 レーザによるプラズマ……………(288)
1.4.8 表面電離プラズマ……………(288)	1.4.9 合成プラズマ……………(289)
1.4.10 電子および重い粒子の ビームによる電離……………(289)	1.4.11 誘導放電……………(289)
1.4.12 衝撃波による電離……………(290)	1.4.13 焰……………(290)
1.4.14 アフターグロー……………(290)	1.4.15 プラズマ銃……………(291)
1.5 プラズマの加熱……………(291)	1.5.1 断熱圧縮……………(291)

1.5.2 衝撃波加熱……………(291)	3.4.4 チャレンコフ放射……………(310)
1.5.3 乱流加熱……………(291)	3.5 非線型波動現象……………(310)
1.5.4 波動による加熱……………(292)	3.5.1 不安定の飽和と Van der
1.5.5 高エネルギー粒子ビーム 加熱……………(292)	Pol 方程式……………(310)
1.5.6 ジュール加熱……………(292)	3.5.2 非線型イオン音波……………(310)
1.5.7 レーザ光加熱……………(292)	3.5.3 その他の非線型波動現象……………(311)
1.5.8 磁気ポンプ加熱……………(292)	3.5.4 乱流プラズマ……………(312)
<b>第2章 プラズマの物理定数</b> ……………(292)	<b>第4章 プラズマ診断法</b> ……………(312)
2.1 電磁界中の荷電粒子の運動方 程式……………(293)	4.1 プローブ測定法……………(312)
2.1.1 静磁界, 静電界の解……………(293)	4.1.1 Langmuir プローブ……………(312)
2.1.2 静磁界, 交流電界の解……………(295)	4.1.2 フローティングダブル ローブ……………(315)
2.2 プラズマの熱伝導率……………(298)	4.1.3 磁界中プローブ……………(316)
2.3 緩和時間……………(299)	4.1.4 高周波プローブ……………(316)
<b>第3章 プラズマ中の波動と放射</b> ……………(299)	4.1.5 パルスプローブ……………(318)
3.1 分散式を導くためのプラズマ の運動方程式……………(299)	4.1.6 流れプラズマプローブ……………(318)
3.1.1 ボルツマン方程式……………(299)	4.1.7 電子のエネルギー分布の 測定法……………(318)
3.1.2 Vlasov 方程式……………(300)	4.1.8 空間電位の測定法……………(319)
3.2 プラズマ中の波動……………(301)	4.1.9 統一解方式プローブ理論 によるプラズマ密度の決 定法……………(320)
3.2.1 一様な冷たいプラズマ中 の波動の分散式……………(301)	4.1.10 その他のプローブ……………(322)
3.2.2 有限温度の一様なプラズ マ中の静電波の分散式……………(304)	4.2 マイクロ波測定法……………(322)
3.2.3 円筒プラズマの波動……………(305)	4.2.1 電子密度の測定……………(322)
3.2.4 不均一プラズマ中の波動 (ドリフト波)……………(307)	4.2.2 放射による電子温度測定……………(325)
3.3 波動の励起……………(307)	4.2.3 散乱測定……………(326)
3.3.1 電子プラズマ振動の励起……………(307)	4.3 分光学測定法……………(326)
3.3.2 イオン音波の不安定……………(308)	4.3.1 スペクトル線形……………(326)
3.4 プラズマからの放射……………(309)	4.3.2 線および連続スペクトル 強度……………(327)
3.4.1 黒体放射……………(309)	4.4 レーザビーム法……………(329)
3.4.2 制動放射……………(309)	4.4.1 レーザ光干渉法……………(329)
3.4.3 サイクロトロン放射……………(310)	4.4.2 レーザ光散乱法……………(329)

## 第2編 固体

### 第1部 固体物性基礎

<b>第1章 固体の原子論</b> ……………(337)
1.1 原子間力……………(337)
1.2 結晶……………(338)
1.3 格子不整……………(339)
1.4 格子振動……………(340)
<b>第2章 固体の電子論</b> ……………(341)
2.1 電子エネルギー帯……………(341)
2.2 電子統計……………(346)
2.3 輸送現象……………(348)
<b>第3章 非晶質固体</b> ……………(349)
<b>第4章 高分子</b> ……………(350)
4.1 高分子の種類ならびに形態……………(350)
4.2 固体の構造……………(351)
4.2.1 無定形構造……………(351)
4.2.2 多結晶構造……………(351)
4.3 分子運動および粘弾性……………(352)
4.4 電気的性質……………(353)
<b>第2部 固体誘電体の複素誘電率</b>
<b>第1章 概説</b> ……………(355)
<b>第2章 分極と誘電率</b> ……………(355)
2.1 分極と内部電界(局部電界)……………(355)
2.1.1 分極電荷による電界……………(356)
2.1.2 空洞表面上の分極電荷に よる電界……………(356)
2.1.3 空洞内の双極子による電 界……………(356)
2.2 分極と誘電率……………(357)
2.3 無極性固体の静誘電率……………(357)
2.4 有極性固体の静誘電率……………(358)
<b>第3章 複素誘電率</b> ……………(360)
3.1 吸収電流と複素誘電率……………(360)
3.2 誘電率の周波数変化と誘電損

率の周波数変化との関連……………(362)
3.3 無極性固体における複素誘電 率……………(363)
3.4 有極性固体における複素誘電 率……………(366)
3.4.1 配向分極率……………(366)
3.4.2 誘電緩和……………(367)
3.4.3 誘電緩和時間の分布……………(368)
3.5 イオンの遷移分極による複素 誘電率……………(370)
3.6 複合体の誘電的取り扱い……………(371)
3.7 強い電界での誘電正接……………(373)
3.7.1 $\Delta \tan \delta$ ……………(373)
3.7.2 Garton 効果……………(374)
<b>第3部 固体の電気伝導</b>
<b>第1章 固体の電気伝導とは</b> ……………(376)
<b>第2章 固体の電気伝導理論</b> ……………(377)
2.1 電子性伝導……………(377)
2.2 イオン性伝導……………(379)
2.2.1 イオン結晶中のイオン伝 導……………(379)
2.2.2 高分子のイオン伝導……………(379)
2.3 移動度の測定……………(381)
2.4 電圧-電流特性による電導機構 の分類……………(383)
2.4.1 空間電荷制限電導……………(383)
2.4.2 ショットキー型電導……………(384)
2.4.3 プール・フレンケル型電 導……………(384)
2.4.4 $I \propto \sinh \alpha V$ 型電導……………(385)
2.4.5 トンネル電導型電流……………(386)
2.4.6 電子なだれ電導……………(387)
<b>第3章 電気伝導現象</b> ……………(388)
3.1 時間依存性……………(388)
3.2 周波数依存性……………(390)

3.3 温度特性……………(392)	3.2 破壊電圧と電圧波形……………(429)
3.4 環境(圧力, 真空, 湿度, 諸気体)の影響……………(394)	3.2.1 直流, 交流, パルス……………(429)
3.4.1 圧力依存性……………(394)	3.2.2 高周波電圧による絶縁破壊……………(430)
3.4.2 気体の影響……………(395)	3.2.3 レーザによる絶縁破壊……………(432)
3.5 不純物の影響……………(398)	3.3 破壊電圧と温度……………(433)
3.6 電界依存性……………(399)	3.3.1 固体結晶……………(433)
3.7 ラジオアイソトープの利用……………(403)	3.3.2 非晶質固体……………(434)
3.8 可そ剤の影響……………(404)	3.3.3 極低温での絶縁破壊……………(438)
3.9 電極依存性……………(405)	3.4 破壊電圧と機械的圧力……………(439)
3.10 結晶化度依存性……………(406)	3.5 破壊電圧と方向性……………(442)
3.11 放射線, X線, 光照射の影響……………(407)	3.6 破壊電圧と格子欠陥(不純物)……………(443)
<b>第4部 固体誘電体の絶縁破壊</b>	3.7 破壊電圧と放射線, X線……………(445)
<b>第1章 概 説</b> ……………(414)	3.8 破壊電圧と厚さ……………(446)
<b>第2章 絶縁破壊理論</b> ……………(415)	3.8.1 通常の厚さの破壊……………(446)
2.1 緒 言……………(415)	3.8.2 薄い誘電体の破壊……………(449)
2.2 電子的過程……………(416)	3.9 破壊電圧と電極……………(449)
2.2.1 伝導電子のエネルギー平衡……………(416)	3.9.1 周辺効果……………(449)
2.2.2 真性破壊……………(417)	3.9.2 電極材料および表面処理効果……………(450)
2.2.3 電子なだれ破壊……………(420)	3.9.3 極性効果……………(450)
2.2.4 ツェナー破壊(電界放出破壊)……………(421)	3.10 破壊電圧の変動……………(451)
2.2.5 自由体積破壊……………(421)	3.10.1 破壊値のばらつき……………(451)
2.3 純熱的過程……………(422)	3.10.2 寸法効果……………(451)
2.3.1 代表的な2形式……………(422)	3.11 各種誘電体の絶縁破壊値……………(453)
2.3.2 衝撃熱破壊理論……………(422)	<b>第5部 放電による固体誘電体の破壊</b>
2.3.3 定常熱破壊理論……………(424)	<b>第1章 概 説</b> ……………(458)
2.4 電気・機械的過程……………(425)	<b>第2章 アークおよびトラッキング破壊</b> ……………(459)
2.5 絶縁破壊と二次的因子……………(425)	2.1 緒 言……………(459)
<b>第3章 絶縁破壊現象</b> ……………(426)	2.2 大電流アークによる破壊……………(460)
3.1 破壊電圧と時間効果……………(426)	2.3 小電流アークによる破壊……………(461)
3.1.1 電圧印加時間と破壊電圧……………(426)	2.4 トラッキングによる破壊……………(463)
3.1.2 短時間破壊における破壊の遅れ……………(427)	2.4.1 トラッキング現象……………(463)
	2.4.2 耐トラッキング性試験法……………(463)

2.4.3 トラッキングに及ぼす諸因子……………(467)
2.5 アークおよびトラッキングによる破壊の抑制……………(471)
<b>第3章 部分放電による破壊</b> ……………(472)
3.1 緒 言……………(472)
3.2 部分放電の性質……………(473)
3.2.1 部分放電の定義……………(473)
3.2.2 部分放電の発生状態……………(473)
3.2.3 部分放電の強さ……………(474)
3.2.4 部分放電の強さの測定……………(478)
3.3 部分放電による劣化と破壊……………(479)
3.3.1 寿命の電圧依存性……………(479)
3.3.2 部分放電劣化試験方法と劣化機構……………(480)
3.3.3 部分放電による破壊の抑制……………(487)
<b>第4章 トリーイングによる破壊</b> ……………(487)
4.1 緒 言……………(487)
4.2 トリーイング現象……………(488)
4.3 トリーイングの実験方法……………(489)
4.3.1 実験方法……………(490)
4.3.2 測定方法……………(491)
4.3.3 その他……………(492)
4.4 トリーの発生と進展……………(492)
4.4.1 トリー発生原因……………(492)
4.4.2 トリーの進展……………(494)
4.4.3 トリー発生の抑制……………(498)
4.5 水トリーおよび化学トリー……………(500)
4.5.1 水トリー……………(500)
4.5.2 化学トリー……………(500)

## 第3編 液 体

### 第1部 液体の電氣的性質

<b>第1章 液体の誘電的性質</b> ……………(505)
--------------------------------

1.1 液体誘電率の概要……………(505)
1.1.1 無極性液体と有極性液体……………(505)
1.1.2 強い電界における誘電率……………(508)
1.1.3 状態変化に伴う誘電率の変化……………(509)
1.2 液体の複素誘電率と誘電緩和……………(510)
1.2.1 複素誘電率……………(510)
1.2.2 複素誘電率と温度周波数……………(511)
1.3 誘電特性と電子論……………(512)
<b>第2章 液体の熱的性質</b> ……………(514)
2.1 熱伝導率と比熱……………(514)
2.2 沸点と凝固点……………(515)
2.3 粘 性……………(515)
2.4 その他の諸量……………(516)
<b>第3章 電解質溶液の電氣的性質</b> ……………(520)
3.1 水溶液の電気伝導……………(520)
3.1.1 電解質溶液……………(520)
3.1.2 導電率と濃度……………(521)
3.1.3 イオン輸率……………(522)
3.2 高電界の影響……………(522)
3.2.1 Wien 効果……………(522)
3.2.2 弱電解質のWien 効果に対するOnsagerの説……………(523)
<b>第2部 液体誘電体の電気伝導</b>
<b>第1章 液体誘電体の電気伝導の概説</b> ……………(525)
1.1 緒 言……………(525)
1.2 低電界伝導と高電界伝導……………(525)
<b>第2章 低電界電気伝導</b> ……………(526)
2.1 低電界伝導……………(526)
2.1.1 本然の伝導(暗流)……………(526)
2.1.2 電位分布……………(530)
2.1.3 キャリアの発生……………(530)
2.1.4 残留電位……………(531)
2.1.5 電流に伴う液体の流動……………(531)

2.1.6	放射線により誘起される 伝導および電荷注入伝 導……………	(532)
2.2	イオン移動度……………	(533)
2.2.1	測定法と測定値……………	(533)
2.2.2	温度依存性……………	(535)
2.2.3	粘性依存性……………	(535)
2.2.4	電界依存性……………	(537)
2.2.5	圧力依存性……………	(538)
2.2.6	溶解ガスの影響……………	(538)
2.2.7	電極ギャップの長さ による変化……………	(538)
2.2.8	液体の流動の影響……………	(539)
2.2.9	電子の移動度……………	(539)
2.2.10	ホッピングによるモデル……………	(539)
2.3	イオンの再結合……………	(540)
2.4	イオンの拡散……………	(541)
2.5	低電界伝導の理論……………	(542)
<b>第3章</b>	<b>高電界電気伝導……………</b>	<b>(543)</b>
3.1	高電界中の伝導……………	(543)
3.2	高電界伝導の基礎過程……………	(544)
3.2.1	解離……………	(544)
3.2.2	電子放出……………	(544)
3.2.3	衝突電離……………	(545)
	<b>第3部 液体誘電体の絶縁破壊</b>	
<b>第1章</b>	<b>緒言……………</b>	<b>(551)</b>
1.1	歴史的考察……………	(551)
1.2	平等電界と不平等電界……………	(552)
<b>第2章</b>	<b>電極効果……………</b>	<b>(553)</b>
2.1	電極の処理による影響……………	(553)
2.2	電極材料の影響……………	(555)
2.3	電極形状および配置による影 響……………	(557)
<b>第3章</b>	<b>液体効果……………</b>	<b>(558)</b>
3.1	ギャップの長さによる影響……………	(558)

3.2	分子構造と絶縁破壊の強さ……………	(560)
3.3	温度による影響……………	(562)
3.4	圧力による影響……………	(563)
3.5	不純物による影響……………	(564)
3.5.1	液体不純物……………	(565)
3.5.2	固体不純物……………	(566)
3.5.3	気体不純物……………	(566)
3.5.4	絶縁油以外の液体に対す る不純物の影響……………	(566)
3.6	付加物による効果……………	(567)
<b>第4章</b>	<b>電圧波形による影響……………</b>	<b>(569)</b>
4.1	電圧上昇速度と絶縁破壊の 強さ……………	(569)
4.2	印加時間と絶縁破壊の強さ……………	(570)
4.3	高周波電圧による絶縁破壊……………	(572)
<b>第5章</b>	<b>液体絶縁物の破壊理論……………</b>	<b>(572)</b>
5.1	電子論的破壊理論……………	(572)
5.1.1	電子の衝突電離に基づく 破壊説……………	(573)
5.1.2	液体の分子振動による破 壊説……………	(573)
5.1.3	空間電荷による破壊説……………	(575)
5.2	気泡による理論……………	(577)
<b>第6章</b>	<b>極低温液体の電気伝導と 絶縁破壊……………</b>	<b>(579)</b>
6.1	極低温液体……………	(579)
6.2	極低温液体の抵抗率……………	(579)
6.3	極低温液体の誘電率……………	(579)
6.4	極低温液体の誘電体損失……………	(579)
6.5	極低温液体の破壊電圧……………	(580)
	<b>第4部 液体誘電体の実験技術</b>	
<b>第1章</b>	<b>概説……………</b>	<b>(584)</b>
1.1	緒言……………	(584)
1.2	実験技術の諸問題……………	(584)
<b>第2章</b>	<b>液体誘電体の精製……………</b>	<b>(585)</b>

2.1	不純物の種類……………	(585)
2.2	実験的精製……………	(586)
2.3	実用的精製法(脱気, 脱水)……………	(587)
2.3.1	不純物のろ過……………	(588)
2.3.2	不純物の吸着精製……………	(588)
<b>第3章</b>	<b>テストセルと電極……………</b>	<b>(588)</b>
3.1	テストセル……………	(588)
3.2	電極……………	(589)
<b>第4章</b>	<b>電荷注入法……………</b>	<b>(591)</b>
4.1	紫外線による注入……………	(591)
4.2	X線による注入法……………	(592)
4.3	放射性物質による方法……………	(593)
4.4	薄膜トンネルエミッタおよび 半導体接合エミッタによる注 入法……………	(593)
4.5	電界放出による注入法……………	(594)
4.6	二層誘電体法……………	(594)
<b>第5章</b>	<b>測定技術……………</b>	<b>(595)</b>
5.1	シュリーレン法による液中放 電の観測……………	(595)
5.2	泡箱による液体中電子放出の 観測……………	(596)
5.3	カー効果……………	(598)
5.3.1	カー効果……………	(598)
5.3.2	カー定数……………	(599)
5.3.3	カー効果の応用……………	(599)
5.4	電荷凶……………	(600)
5.5	リヒテンベルグ図形……………	(602)
5.6	ドップラー効果を用いた移動 速度測定……………	(602)
	<b>第5部 実用液体絶縁物の諸特性</b>	
<b>第1章</b>	<b>液体絶縁物の種類と特性……………</b>	<b>(606)</b>
1.1	液体絶縁物の種類……………	(606)
1.2	鉱油系絶縁油……………	(606)
1.2.1	化学組成……………	(606)

1.2.2	物理的特性……………	(606)
1.2.3	電気的特性……………	(608)
1.2.4	絶縁油の劣化……………	(610)
1.2.5	ガス吸収性……………	(611)
1.3	合成絶縁油……………	(612)
1.3.1	アルキルベンゼン……………	(612)
1.3.2	ポリブデン……………	(613)
1.3.3	塩素化合成絶縁油……………	(613)
1.3.4	シリコン油……………	(613)
1.3.5	その他の合成油……………	(614)
<b>第2章</b>	<b>絶縁破壊試験法……………</b>	<b>(614)</b>
2.1	各国の試験法規格……………	(614)
2.2	サンプリング……………	(616)
2.3	電極構造による破壊電圧の相 違……………	(616)
2.4	試験条件による破壊電圧の相 違……………	(617)
2.4.1	温度の影響……………	(617)
2.4.2	電圧上昇速度の影響……………	(617)
2.4.3	電圧印加時間の影響……………	(618)
<b>第3章</b>	<b>油浸複合絶縁物……………</b>	<b>(618)</b>
3.1	油中沿面放電……………	(618)
3.1.1	衝撃電圧油中沿面放電……………	(618)
3.1.2	交流電圧油中沿面放電……………	(620)
3.1.3	油中沿面フラッシュオーバ 電圧……………	(620)
3.2	油の部分放電による固体絶縁 物の破壊……………	(621)
3.2.1	油中部分放電の特性……………	(621)
3.2.2	油中部分放電による絶縁 物の損傷……………	(622)
3.3	油浸紙の破壊電圧……………	(624)
3.3.1	油浸紙破壊電圧の複合誘 電体的考察……………	(624)
3.3.2	油浸紙の交流破壊電圧……………	(626)

- 3.3.3 油浸紙の衝撃破壊電圧……(627)
- 3.3.4 開閉インパルスによる  
絶縁破壊……(627)
- 3.3.5 直流電圧による絶縁破壊…(629)
- 3.4 極低温液体含浸絶縁物の破壊…(630)

付 録

- 物 理 定 数
- 単 位 換 算 表
- 原子量, 電子配置
- 元素の周期律表