

## ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие редактора перевода . . . . .	3
Предисловие . . . . .	7
<b>Глава 1. Введение</b>	
Ранние исследования . . . . .	9
Атомы и радикалы в химических реакциях . . . . .	10
Атомы в электрических разрядах . . . . .	12
Радикалы в электрических разрядах . . . . .	14
Прочие работы по атомным явлениям . . . . .	15
Основная терминология . . . . .	15
Типы электрических разрядов . . . . .	16
Современная аппаратура . . . . .	18
Литература . . . . .	21
<b>Глава 2. Химическая природа плазмы</b>	
Плазма из газообразных элементов . . . . .	23
Радикалы в плазме . . . . .	27
Время жизни и рекомбинации частиц . . . . .	29
Рекомбинация атомов (29). Рекомбинация ионов (32). Рекомбинация радикалов (33).	
Сложность плазмохимических реакций . . . . .	34
Температура плазмы . . . . .	35
Прочие методы получения плазмы . . . . .	36
Литература . . . . .	37
<b>Глава 3. Разряды на постоянном токе, низкочастотные и радиочастотные</b>	
Электродные разряды . . . . .	39
Общие сведения (39). Разряд острие — плоскость (44). Ко- рона (44). Озонаторы (44). Электролиз в тлеющем раз- ряде (46).	
Безэлектродные разряды . . . . .	47
Генерирование высокой частоты для безэлектродного раз- ряда (48). Ламповые генераторы (49).	
Плазменная горелка . . . . .	53
Электроны с контролируемой энергией . . . . .	55
Литература . . . . .	57
<b>Глава 4. Микроволновая аппаратура</b>	
Область частот 150—500 Мгц . . . . .	58
Микроволновая техника . . . . .	60

Магнетроны (60). Клистроны или лампы со скоростной модуляцией электронного пучка (62). Другие типы ламп (65).	
Регулировка мощности . . . . .	66
Волноводы и волноводные резонаторы . . . . .	66
Прочие конфигурации резонаторов . . . . .	72
Присоединение к волноводам и объемным резонаторам	76
Защита генераторов . . . . .	77
Измерение мощности . . . . .	77
Рабочая аппаратура . . . . .	78
Микроволновая плазменная горелка . . . . .	81
Литература . . . . .	82
<b>Глава 5. Идентификация и оценка концентрации атомов и свободных радикалов в плазме</b>	
Изменение давления . . . . .	83
Диффузия: манометр Вреде . . . . .	85
Калориметрия . . . . .	86
Каталитический зонд (87). Изотермический калориметр (88). Проточная калориметрия (88).	
Химические методы . . . . .	89
Реакции с твердыми веществами (90). Реакции с газами. Титрование (91). Химическая природа и выход продуктов реакций (93).	
Масс-спектрометрия . . . . .	94
Общее представление (94). Времяпролетный масс-спектрометр (99). Квадрупольный и однополюсный спектрометры (99).	
ЭСР-спектроскопия . . . . .	100
Эмиссионная спектроскопия . . . . .	105
Общее представление (105). Спектроскопия и измерение интенсивности послесвечения (107). Спектры уловленных радикалов (107).	
Абсорбционная спектроскопия . . . . .	108
Атомы (108). Радикалы (110).	
<i>Пара-орто</i> -превращение водорода. Обменные реакции и т. д.	111
<i>Пара-орто</i> -превращение водорода (111). Парамагнетизм радикалов (111). Обменные реакции (111).	
Литература . . . . .	112
<b>Глава 6. Реакции атомов водорода</b>	
Введение . . . . .	115
Рекомбинация . . . . .	116
Реакции замещения или обмена . . . . .	117
Ненасыщенные углеводороды . . . . .	118
Реакции с соединениями углерода, водорода и кислорода	119
Восстановление . . . . .	120
Окислы (120). Галогенозамещенные углеводороды и алкильные галогениды (120). Окись углерода (121). Неорганические галогениды (121).	
Образование гидридов . . . . .	123
Элементы (123). Галогены и галогениды водорода (124).	
Углерод (124). Получение боранов (125).	
Различные реакции . . . . .	125

Реакции с кислородом (125). Реакции с диметиллом ртути (127). Реакции с азотом, аммиаком и гидразином (127). Реакции с HCN (127). Реакции с SO <sub>2</sub> (127). Реакции с NO <sub>2</sub> и NO (128). Реакции в растворе (128). Метка тритием (129).	
Реакции в струе плазмы . . . . .	130
Литература . . . . .	130

#### Глава 7. Реакции атомарного кислорода

Введение . . . . .	132
Рекомбинация атомов кислорода . . . . .	134
Гетерогенная рекомбинация (134). Гомогенная рекомбинация (134).	
Образование озона . . . . .	135
Реакции с углеводородами . . . . .	136
Отщепление водорода (136). Присоединение по двойной связи (137). Внедрение атомов кислорода в С—Н- и С—С-связи (138).	
Реакции с соединениями водорода, углерода и кислорода	139
Реакция с четыреххлористым углеродом . . . . .	140
Реакции с окислами азота . . . . .	140
Реакции с водородом . . . . .	141
Реакции с серой и ее окислами . . . . .	142
Реакции с галогенами . . . . .	143
Реакции с металлами . . . . .	145
Реакции с окисью углерода и углеродом . . . . .	146
Реакции с кремнием . . . . .	147
Реакции с другими соединениями . . . . .	148
Реакции в водных растворах . . . . .	149
Литература . . . . .	149

#### Глава 8. Реакции атомов азота

Введение . . . . .	151
Рекомбинация атомов азота . . . . .	153
Реакции с окислами азота, кислородом и озоном. . . . .	154
Реакция N <sub>2</sub> и O <sub>2</sub> в разрядах (156).	
Реакции с органическими соединениями . . . . .	156
Твердые углеводороды (159).	
Реакции с NH <sub>3</sub> и N <sub>2</sub> H <sub>4</sub> . . . . .	159
Реакция с фосфином . . . . .	160
Реакции с соединениями кремния . . . . .	161
Силан и метилсиланы (161). Тетрахлорид кремния (161).	
Реакции с соединениями германия . . . . .	162
Гидрид германия (162). Тетрахлорид германия (162).	
Реакция с трихлоридом бора . . . . .	163
Реакция с бромистым и хлористым водородом . . . . .	163
Реакция с фтором . . . . .	163
Реакции с окисью углерода и углеродом . . . . .	163
Реакция с молекулярным водородом . . . . .	164
Реакции с серой и серусодержащими соединениями . . . . .	165
Реакция с цианом . . . . .	168
Возбужденные молекулы азота в химических реакциях	168
Реакции в плазменной струе . . . . .	169
Образование циана . . . . .	169

	Стр.
Образование цианистого водорода . . . . .	170
Реакция азот — водород . . . . .	170
Образование нитридов . . . . .	170
Реакция азот — кислород . . . . .	171
Литература . . . . .	171
 <b>Глава 9. Реакции галогенов и других атомов</b>	
Атомы галогенов . . . . .	174
Рекомбинация атомов галогенов . . . . .	176
Реакции галогенов с углеводородами и другими органическими соединениями . . . . .	177
Реакции галогенов с неорганическими веществами . . . . .	182
Молибден и никель (182). Окись углерода (183). Хлористый нитрозил (183). Ксенон (183). Криптон (184).	
Реакции с другими атомами . . . . .	185
Атомы фосфора (185). Атомы серы (185).	
Литература . . . . .	186
 <b>Глава 10. Реакции радикалов</b>	
Введение . . . . .	188
Специфические реакции . . . . .	189
Алкильные радикалы . . . . .	189
Связывание (189). Диспропорционирование (190). Отщепление водорода (190). Отщепление хлора (192). Присоединение к ненасыщенным углеводородам (192). Разложение (193). Прочие реакции (193).	
Метиленовые радикалы . . . . .	194
Присоединение (194). Внедрение (195).	
Радикалы $\text{CH}$ . . . . .	196
Радикалы $\text{CCl}_3$ . . . . .	196
Связывание (196). Отщепление водорода (197). Отщепление хлора (197).	
Радикалы $\text{CF}_3$ , $\text{C}_2\text{F}_5$ и $\text{C}_3\text{F}_7$ . . . . .	197
Связывание (197). Отщепление водорода (197). Присоединение (198). Реакция с $\text{N}_2\text{O}$ (198).	
Радикалы $\text{OH}$ . . . . .	198
Связывание (198). Прочие реакции радикалов $\text{OH}$ (200).	
Реакции разрыва и перегруппировки . . . . .	201
Перегруппировка и полимеризация углеводородов и соединений углерода, водорода и кислорода . . . . .	201
Получение гидразина из аммиака . . . . .	204
Получение других N—H-соединений . . . . .	207
Получение гидридов . . . . .	207
Гидриды бора (207). Гидриды бора — углерода (208). Гидриды мышьяка (208). Гидриды германия (208). Гидриды германия — фосфора и германия — мышьяка (209). Гидриды германия — кремния (209). Гидриды кремния (209). Гидриды кремния — фосфора и кремния — мышьяка (210).	
Образование галогенидов . . . . .	211
Галогениды кремния (211). Кремнийорганические галогениды (211). Галогениды фосфора (213). Галогениды бора (214). Галогениды германия (215).	
Соединения азот — фтор . . . . .	216

	Стр.
Моносulfид углерода . . . . .	216
Литература . . . . .	216
<b>Глава 11. Прочие диссоциации и реакции</b>	
Диссоциация $\text{CO}_2$ . . . . .	221
Диссоциация $\text{CO}$ . . . . .	221
Диссоциация $\text{OH}$ . . . . .	222
Диссоциация фторидов серы . . . . .	223
Диссоциация $\text{SO}_2$ . . . . .	223
Диссоциация галогенидов I, II и III групп . . . . .	224
Галогениды щелочных металлов (224). Галогениды щелочноземельных металлов (225). Галогениды элементов III группы (226).	
Восстановление $\text{SiO}_2$ . . . . .	226
Получение аминокислот и т. п. . . . .	227
Получение водородных бронз . . . . .	229
Получение $\text{BCl}_3 \cdot 2\text{CO}$ . . . . .	230
Реакции в плазменной струе. . . . .	230
Литература . . . . .	230
<b>Глава 12. Разное</b>	
Улавливание свободных радикалов . . . . .	232
Ионно-молекулярные реакции . . . . .	234
Передача положительного атомарного иона и нейтрального атома (235). Передача иона гидрида (236). Реакции конденсации (236). Реакции отрицательного иона (236).	
Измерение скоростей связывания радикалов . . . . .	237
Механизмы реакций . . . . .	239
Энергии активации . . . . .	242
Электроны с контролируемой энергией. Электрические поля . . . . .	244
Литература . . . . .	245
Предметный указатель. . . . .	247

Ф. Мак-Таггарт.

### Плазмохимические реакции в электрических разрядах.

Редактор А. А. Алексеева Худож. редактор А. С. Александров  
 Переплет художника А. И. Шаварда  
 Технический редактор С. А. Бирюкова  
 Корректоры Р. А. Скитева, Е. П. Пьянкова

Сдано в набор 3/VIII 1971 г. Подписано к печати 22/II 1972 г.  
 Формат  $84 \times 108^{1/32}$  Бумага типографская № 2  
 Усл. печ. л. 13,44 Уч.-изд. л. 13,46 Тираж 1500 экз.  
 Цена 1 р. 51 к. Зак. изд. № 69168 Зак. тип. 448  
 Атомиздат, 103031, Москва, К-31, ул. Жданова, 5/7.

Московская типография № 6 Главполиграфпрома  
 Комитета по печати при Совете Министров СССР  
 Москва, Ж-88, 1-й Южно-портовый пр., 17.