

**УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ
БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЯХ**

Ю. Н. СУХУШИН, В. П. РОТШТЕЙН, Б. Е. ВЕЛЕДНИЦКИЙ, Ю. А. ЗАХАРОВ

(Представлена научным семинаром лаборатории химии твердого тела)

В последнее время значительно расширились исследования химических процессов, возникающих при экстремальных значениях величин возбуждающих параметров, образовав новый раздел химии — химию высоких энергий [1]. В нем важное место как для теории, так и для практики занимает изучение реакций, возбуждаемых действием электрического поля в газах (плазмохимия, газовая электрохимия [1, 2]) и в конденсированных средах (например [3, 4, 5]). Эти процессы также представляют определенный интерес для изучения ряда явлений, сопровождающихся электрическими эффектами, таких, как взаимодействие лазерного излучения [6] и ударных волн [7] с веществом, детонация конденсированных взрывчатых веществ [8] и некоторых других.

При исследовании электрических способов возбуждения химических процессов большое значение представляет возможность работы при кратковременном контролируемом воздействии напряжения, то есть в импульсном режиме. Методической основой таких исследований должны служить успехи современной импульсной электротехники и электроники [9, 10, 11, 12]. Однако область применения современной импульсной техники (техника высоких напряжений, радиотехника, квантовая радиоэлектроника, приборы ядерных исследований, термоядерный управляемый синтез и т. д.) редко касается диапазона энергий и напряжений, удобных для возбуждения процессов в газах и твердых телах.

Нами разработана установка, предназначенная для исследования возбуждения быстропротекающих процессов в твердых телах, которая позволяет изучать процессы на прямоугольных и косоугольных импульсах напряжения от 0,01 до 10 кВ в интервале времен воздействия от 5 нсек до нескольких часов.

Схема установки представлена на рис. 1. Установка состоит из 3-х взаимосвязанных блоков. Блок А предназначен для работы с малыми энергиями и короткими импульсами; блок Б — для работы с длительными импульсами и большими энергиями; блок В — для работы на постоянном или медленно-меняющемся напряжении.

Блок А. Генерирующая емкость $C_{Г1} = 10 \text{ нф} \div 0,5 \text{ мкф}$ через зарядное сопротивление, ограничивающее ток зарядки емкости $R_{З1} = 10 \text{ Мом}$ заряжается от источника высокого напряжения УПУ—1М. Ударным переключателем — разрядником (конструкцию рис. 2а) $C_{Г1}$ разряжается на линию l_1 , из коаксиального кабеля РК-2 длиной 50 м. Применение данной конструкции переключателя обеспечивает короткий фронт им-

пульса (до 1,5 нсек) и высокую безопасность работы. Включение перед L_1 переменной индуктивности L_Φ позволяет увеличивать длительность вплоть до 1 мксек. Для осциллографирования напряжения в схеме А удобен активный кабельный делитель: впаянное в экран кабеля сопротивление $R_{д1}$ образует делитель с волновым сопротивлением кабеля. При монтаже желательно избегать паразитной индуктивности подпайки. При паразитной индуктивности 2 мкГн расчет показывает, что без иска-

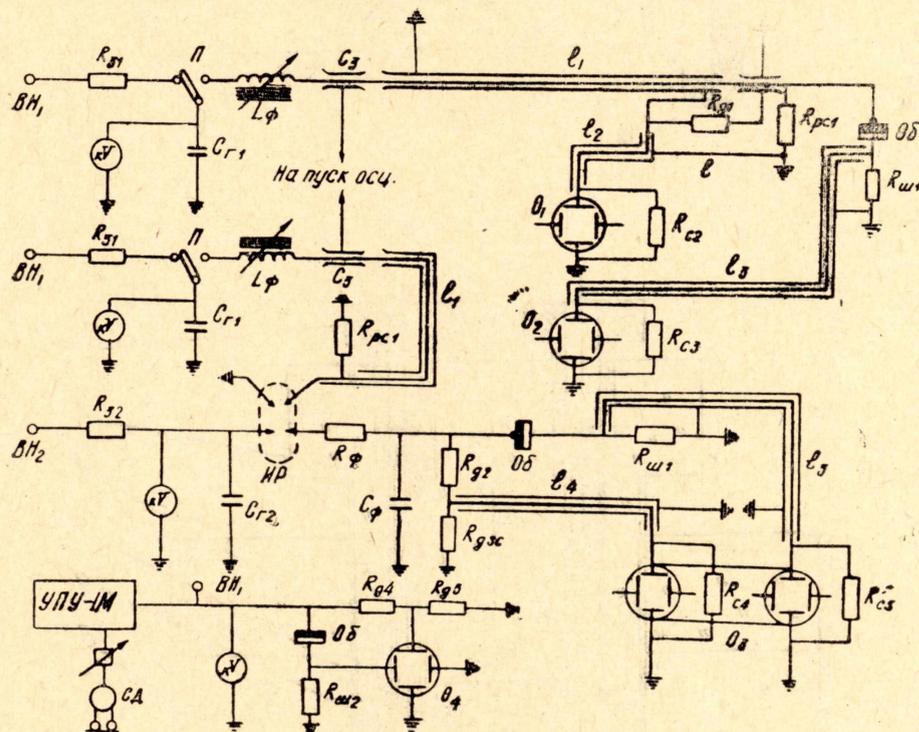


Рис. 1. Схема установки для исследования возбуждения химических процессов электрическим полем

жения передается фронт длительностью от 1 нсек и выше. Для осциллографирования тока применяется малоиндуктивный токовый шунт сопротивлением 1 ом, набранным из 10 параллельно запаянных коаксиально кабелю сопротивлений по 10 ом каждое.

Градуировка делителя напряжения проводится при отключенной T_Φ , а градуировка токового шунта путем подачи импульса напряжения от схемы А непосредственно на шунт. Для осциллографирования использовался двухтрубный осциллограф ОК-19 или 2 однолучевых скоростных осциллографа СИ—II.

Вопрос синхронизации осциллограммы тока и напряжения решается автоматически, так как осциллографы СИ—II имеют разброс по времени срабатывания не хуже, чем 0,1 нсек, а кабели подвода сигналов тока и напряжения l_2, l_3 — одинаковую длину. Блок А обеспечивает жесткую синхронизацию сигналов с запуском осциллографов и возможность работы в широком интервале напряжений и длительностей фронтов импульсов. Дальнейшее увеличение длительности фронта связано с увеличением разрядного сопротивления или генерирующей емкости. В схеме А первая возможность неосуществима, так как R_{pc1} выбирается равным волновому кабелю, для устранения искажения импульса, а вторая — ограничивается мощностными возможностями коммутатора II.

Блок Б. Позволяет работать с импульсами длительностью от 1 мксек и до 1000 мксек и более, а также с импульсами большой мощности. Ге-

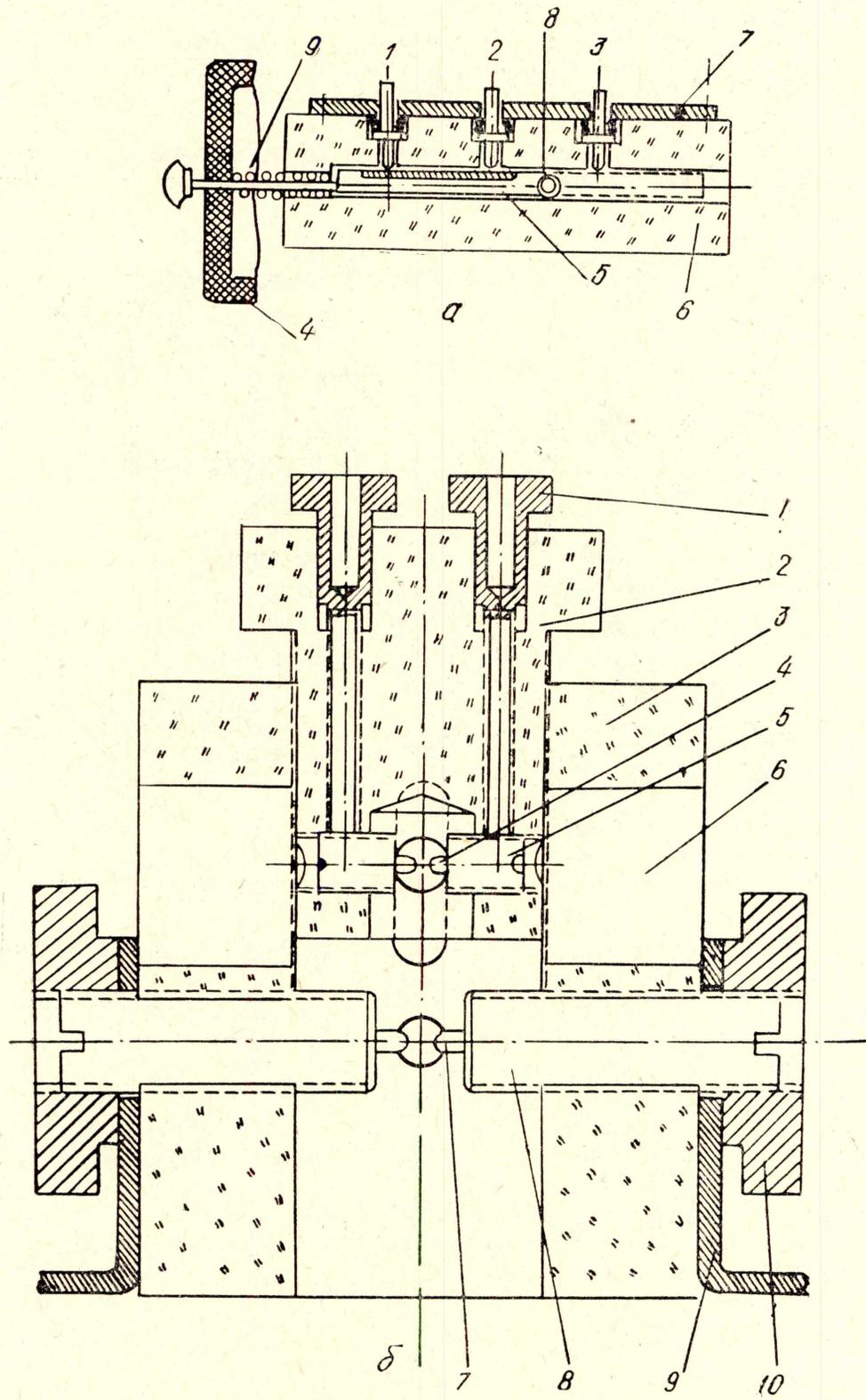


Рис. 2. Конструкция коммутаторов 1 а — ударный переключатель — разрядник, б — четырехэлектродный искровой разрядник.

а) 1, 2 — контакты, 4 — корпус переключателя, 5 — скользящий контакт, 6 — обойма переключателя, 7 — стопорная пластинка, 8 — фиксатор, 9 — ручка;

б) 1 — вводы поджигающего импульса, 2 — регулятор зазора между поджигающим и основным разрядником, 3 — корпус ИР, 5, 7 — молибденовые острия, 6, 8 — регуляторы зазоров искровых промежутков, 9 — шины, 10 — фиксирующая гайка

нерирующая емкость коммутируется на разрядное сопротивление — активный делитель $R_{д2}$ и $R_{д3с}$ мощным разрядником ИР (рис. 2 б), который запускается искровым разрядом от схемы А. Наличие фронтового сопротивления $R_{ф}$ и емкости $C_{ф}$ позволяет регулировать фронт импульса в очень широких пределах. Регистрация тока и напряжения осуществляется 2-лучевым осциллографом С1—7. Особых требований к конструкции активного делителя не предъявляется.

Блок В. Наряду с исследованием импульсного возбуждения быстротекущих процессов большой интерес представляют явления, возникающие при длительном воздействии напряжения, так как в этом случае в процесс вовлекаются малоподвижные носители заряда (например, тяжелые ионы), придавая процессу своеобразный характер или даже полностью меняя его механизм. Для этих исследований нами использовались установка типа УПУ—ИМ, в которой при помощи редуктора и синхронного двигателя обеспечивался автоматический подъем напряжения, которое регистрируется при помощи высокоомного делителя на осциллографе. Ввиду того, что скорость изменения напряжения жестко контролируется, возможна регистрация токовых явлений и напряжения на однолучевом осциллографе, подавая на горизонтальные отклоняющие пластины напряжения с делителя, а на вертикальные — ток с токового шунта. Для этого необходимо на пластины любого однолучевого осциллографа непосредственно подать сигналы тока и напряжения.

Таким образом, описанная схема позволяет проводить исследования в широком диапазоне времен и энергий воздействующих напряжений. Статья представляет интерес для лиц, приступающих к работе в области возбуждения химических процессов в электрическом поле.

ЛИТЕРАТУРА

1. Элементарные процессы химии высоких энергий. Тр. симпозиума, Москва, 1963. «Наука», М., 1965.
2. Газовая электрохимия. Изд. МГУ, М., 1962.
3. Р. Боуден, А. Иоффе. Быстрые реакции в твердых телах. ИЛ., М., 1963.
4. Ю. А. Захаров, Ю. Н. Сухушин. Тр. конференции молодых ученых-химиков. Томск, 1965, Изд. ТГУ, Томск, 1970.
5. Ю. Н. Сухушин, Ю. А. Захаров. Физика горения и взрыва. В печати.
6. В. В. Коробкин, Р. В. Серов. ЖЭТФ ПР, 4, 3, 103, 1966.
7. Я. Б. Зельдович, Ю. П. Райзер. Физика ударных волн и высокотемпературных гидродинамических явлений. Физматгиз, М., 1963.
8. J. N. Маусок, D. E. Grabenstein. Scienc, 152, 3721, 508, 1966.
9. Г. А. Воробьев, Г. А. Месяц. Техника формирования высоковольтных наносекундных импульсов. Госатомиздат, М., 1963.
10. Л. А. Моругин, Г. В. Глебович. Наносекундная импульсная техника, «Советское радио», М., 1964.
11. Л. А. Маерович, Л. Г. Зеличенко. Импульсная техника «Советское радио», М., 1953.
12. И. Г. Катаев. Ударные электромагнитные волны. «Советское радио», М., 1963.