

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

### Омегатрон

Целью настоящей задачи является детальное ознакомление с работой омегатрона и анализ ионов легких масс в составе остаточного газа в лампе.

С этой целью в данной работе используется установка «Измеритель парциальных давлений ИПДО-12», датчиком которого служит омегатронная лампа типа РМО-14С.

ИПДО-12 состоит из следующих функциональных блоков: измерительный блок, выносной блок, электронный самодвижущий потенциометр, электромагнит, омегатронная лампа.

В состав измерительного блока входят:

1. Электрометрический усилитель постоянного тока УЭ-12Б, служащий для усиления и измерения ионных токов датчика.

Диапазон измеряемых токов от  $1 \cdot 10^{-13}$  до  $3 \cdot 10^{-10}$  А.

2. Генератор высокой частоты Г-12 (25 кГц-6,2 МГц), служащий для создания переменного электрического поля и имеющий устройство для автоматической развертки по частоте.

Генератор имеет непрерывный диапазон частот от 25 до 515 кГц, а также частоты 1,5; 2; 3 и 16 МГц. Выходное напряжение генератора регулируется не менее, чем от 0,2 до 2 В на частотах 25-515 кГц и от 0,4 до 4 В на частотах 1,5; 2; 3 и 16 МГц. Напряжение на выходе генератора контролируется вольтметром.

3. Блок питания датчика ( БП-12 ), включающий в себя схему стабилизации тока коллектора электронов (тока луча) и питания генератора.

Название и назначение всех приборов, переключателей и ручек, имеющих на передней панели измерительного блока подробно приведено в описании.

От блока питания к датчику (омегатрону) поступают следующие стабилизированные напряжения постоянного тока (относительно корпуса прибора):

$-100 \pm 10$  В к катоду,

$+10 \pm 1$  В к диафрагме,

от +50 до 100 В к коллектору электронов,

от 0 до +1,5 В к улавливающим пластинам (анализатор ионов).

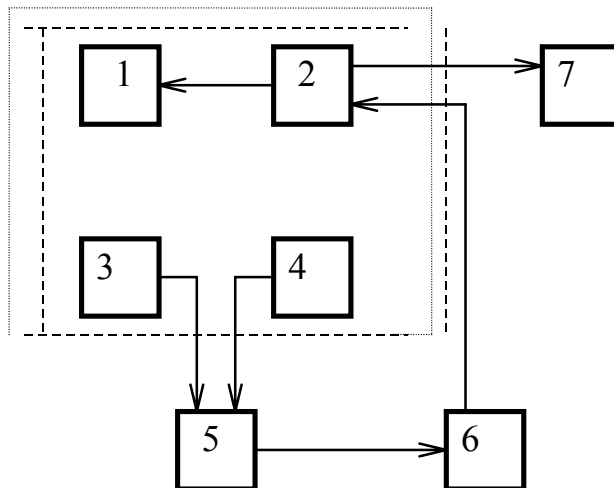


Рис.4. Блок схема установки:

1 - индикатор И-2; 2 - усилитель электрометрический УЭ-2; 3 - блок питания БП-2; 4 - генератор Г-2; 5 - датчик РМО-4С; 6 - выносной блок (предусилитель); 7 - самописец КСП-4.

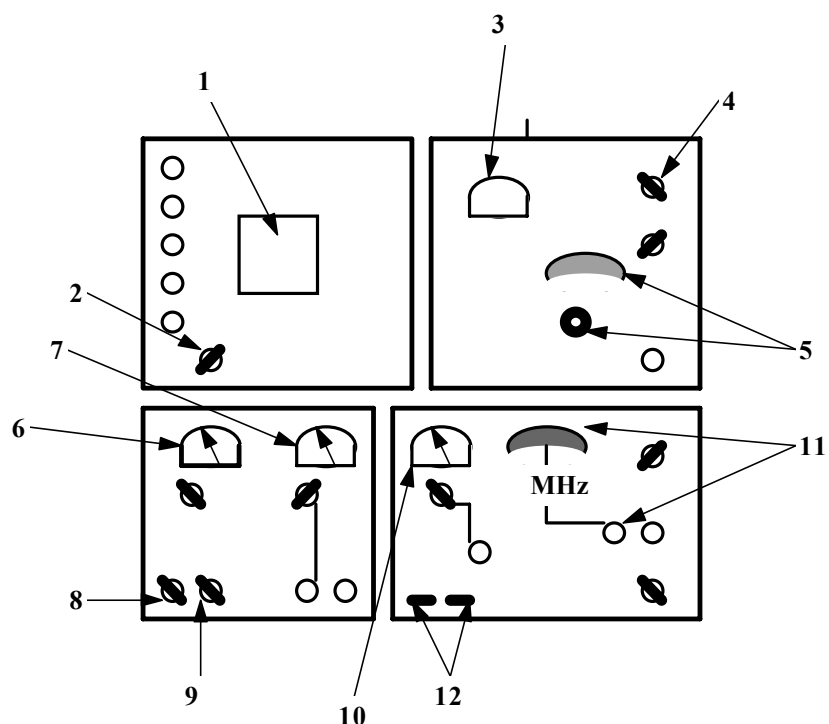


Рис.5. Общий вид передней панели измерительного блока:  
 1-экран индикатора И-2; 2-тумблер включения индикатора; 3-измерительный прибор (амперметр); 4-включение УЭ-2; 5-шкала и переключатель пределов измерения УЭ-2; 6-прибор контроля за режимом работы датчика; 7-прибор контроля тока луча датчика; 8-включение измерительного блока (тумблер «Сеть»); 9-включение катода датчика; 10-вольтметр для измерения напряжения ВЧ; 11-ручка изменения частоты генератора Г-2 и шкала частот (MHz); 12-«Пуск» и «Стоп» автоматической развертки частоты.

Накал датчика осуществляется постоянным током (напряжение 1,3 В).

4.Блок осциллографического индикатора И2, который позволяет наблюдать спектр масс на экране ЭЛТ. На передней панели измерительного блока ИПДО-2 расположены следующие ручки и тумблеры (рис.5.): блок питания БП-2:

- тумблер «Сеть»-для включения и выключения прибора;
- тумблер «Катод»-для включения и выключения тока, питающего катод датчика;
- ручка «Ток луча»-для плавной регулировки ионизирующего тока в цепи коллектора электронов;
- ручка «Напряжение улавливающих пластин»-для плавной регулировки напряжения на улавливающих пластинах;
- тумблер «Ток диафрагмы»-«Напряжение улавливающих пластин» - для переключения стрелочного прибора;
- тумблер " $10\mu A - 30\mu A$ " - для переключения пределов измерения стрелочного прибора;
- кнопка «Ток улавливающих пластин» (нажать) - для измерения стрелочным прибором тока улавливающих пластин;

блок генератора Г-2:

- ручка «Напряжение в.ч.-для плавной регулировки напряжения высокой частоты на датчике;
- ручка «Частота» - для плавной регулировки частоты генератора;
- ручка «Установка нулевых биений» - для установки нулевых биений генератора. При этом шкала частот должна быть установлена на нулевую отметку;
- ручка «Время развертки» - для переключения длительности автоматической развертки генератора;

-тумблер «Полоса обзора» - для переключения полосы обзора при автоматической развертке частоты генератора; в положении «100%» производится развертка всей шкалы генератора; в положении «20%» производится развертка 20% шкалы генератора от любой установленной частоты;

-кнопки «Пуск» и «Стоп» - для включения и остановки автоматической развертки;

-тумблер "2,5V – 5V" - для переключения пределов измерения вольтметра;

#### блок электрометрического усилителя УЭ-2:

-ручка «Выкл-Сеть-Измерение» - для включения электрометрического усилителя;

-ручка «Пределы измерения, амперы» - для переключения пределов измерения тока;

-ручка «Установка нуля» - для плавной установки нулевого уровня на выходе усилителя;

-тумблер «Постоянная времени - Меньше - Больше» - для переключения постоянной времени усилителя. Положение «Больше» используется только при регистрации спектра на ленте электронного потенциометра на шкалах " $1 * 10^{-13} A$ " и  $3 * 10^{-13} A$  ;

#### блок индикатора И-2:

-ручка «Яркость»- для установки необходимой яркости луча;

-ручка «Смещение X» - для управления лучом по горизонтали;

-ручка «Смещение Y» - для управления лучом по вертикали;

-ручка «Освещение шкалы» - для регулировки яркости лампочек освещения шкалы;

- ручка «Усиление У» - для плавной регулировки чувствительности усилителя вертикального отклонения;
- тумблер «Вкл.» - для включения блока.

### Подготовка к измерениям.

1.Тумблеры «Сеть» (блок питания) и «Вкл.» (индикатор) поставить в нижнее положение, ручку «Выкл.-Сеть вкл.-Измерение» поставить в положение «Выкл.»

2.Тумблер «Катод» поставить в нижнее положение, ручку «Ток луча» - в крайнее левое положение, тумблер " $10\mu A - 30\mu A$ " - в положение " $10\mu A$ ". Тумблер «Полоса обзора» в положение «20», ручку «Напряжение в. ч. - в среднее положение.

3.Переключатель «Пределы измерения» поставить в крайнее положение ( $3 * 10^{-10}$ ).

4.Ручку «Яркость» поставить в крайнее левое положение, ручку «Смещение У» - среднее положение.

Положение ручек, не названных выше, может быть любым.

5.Включить тумблер «Сеть» (БП-2), включить индикатор И-2 тумблером «Вкл.». Включить электрометрический усилитель, установив вначале переключатель в положение «Сеть вкл.», а через несколько минут в положение «Измерение».

6.Дать прибору прогреться 30 мин.

7.Включить самопишущий потенциометр тумблером «Прибор». Время прогрева прибора не менее 5 минут.

8.Провести предварительную регулировку генератора: тумблер «Полоса обзора» установить в положение «20»,

тумблер вольтметра в положение «2,5 В», ручкой «частота» установить шкалу на нулевую отметку, плавным вращением ручки «Установка нулевых биений» добиться нулевых биений. Контроль нулевых биений осуществлять по показаниям вольтметра генератора (при наличии нулевых биений показания вольтметра резко падают до нуля), тумблер «Полоса обзора» переключить в положение «100».

**ВНИМАНИЕ!! При переходе с диапазона 20 на 100 необходимо предварительно установить шкалу генератора ручкой «Частота» на нулевую отметку.**

9. Ручку «Яркость» повернуть вправо до появления в левом нижнем углу экрана светящейся точки (луча) небольшой яркости.

10. Ручками «Смещение X» и «Смещение Y» поставить луч на нулевую отметку масштабной сетки индикатора.

11. Ручкой «Установка нуля» установить нулевой уровень на

выходе электрометрического усилителя на пределе  $1 \cdot 10^{-13}$  и вновь установить более грубую шкалу.

12. Установить напряжение улавливающих пластин 0,4 В.

13. Прибор готов к работе и можно приступить к проведению записи спектра, необходимых наблюдений и измерений.

### Проведение измерений.

1. Включить электромагнит (включение осуществляет дежурный персонал).

2. Включить тумблер «Катод». Медленно вращать ручку «Ток луча» до появления тока луча в  $2 \mu A$  (ток диафрагмы при этом не должен превышать  $80 \mu A$  и чем он меньше, тем лучше).

Для настройки на пики ионных токов вручную следует установить переключатель «Постоянная времени» в положение «Больше» и ввести высокочастотное поле  $1,0 \text{ В}$  на частоте  $100 \text{ кГц}$ . Предел измерения электрометрического усилителя должен быть выбран в соответствии с амплитудами пиков в спектре масс (как правило, в нашем случае используются пределы  $3 \cdot 10^{-10} \text{ А}$ ;  $1 \cdot 10^{-10} \text{ А}$ ;  $1 \cdot 10^{-11} \text{ А}$ ).

3. Вначале целесообразно наблюдать полный спектр масс на экране индикатора. Это позволяет достаточно быстро получить представление о качественной картине состава газов.

Луч на экране индикатора перемещается по горизонтали синхронно с изменением частоты генератора.

Для наблюдения спектра масс на экране индикатора необходимо установить переключатель. «Пределы измерения» в одно из положений  $3 \cdot 10^{-10} \text{ А}$ ;  $1 \cdot 10^{-10} \text{ А}$ ;  $1 \cdot 10^{-11} \text{ А}$ , ввести в.ч. поле  $1,0 \text{ В}$  на частоте  $100 \text{ кГц}$ , ручкой «Частота» установить частоту генератора на нуль, ручку «Время развертки» поставить в



положение «16», тумблер «Полоса обзора» - в положение «100» и нажать кнопку «Пуск» автоматической развертки частоты. При необходимости остановки автоматической развертки частоты следует нажать кнопку «Стоп».

4. Записать спектр, включив лентопротяжный механизм самописца тумблером «Диаграмма». Ручку «Время развертки S» ( $\Gamma 2$ ) перед записью спектра поставить в положение «1000».

### Задание.

1. Провести подготовку к измерениям согласно настоящему описанию.

2. Выполнить операции, указанные в разделе «Проведение измерений».

3. Пронаблюдать качественную картину спектра масс на экране осциллографа.

4. Записать спектр масс остаточных газов (т.е. снять зависимость  $I_a = f(\nu)$ ) с помощью самописца. Использовать пределы измерения:  $3 \cdot 10^{-10} A$ ;  $1 \cdot 10^{-10} A$  или  $1 \cdot 10^{-11} A$ . В случае необходимости можно записать интересующий участок спектра, используя более чувствительный предел электрометрического усилителя ( $1 \cdot 10^{-11}$ ).

5. Для одного из пиков (средней интенсивности) исследовать зависимость профиля линии от величины  $E_0$ , для чего записать этот пик при различных амплитудах

напряженности электрического поля. При необходимости скорость протяжки диаграммной ленты можно изменить.

6. Определить массы и отождествить ионы остаточного газа в омегатронной лампе.

7. Для каждого сорта ионов рассчитать число оборотов  $n$ , разрешающую способность  $R$ , длину пути  $S$ , энергию  $W$ .

Расчеты представить в виде таблицы.

Например, (при  $r=0,8$  см.):

$\nu$ , кГц	H, Э	$E_{0^2}$ , В/см	Массовое число	Сорт ионов	R	n	S, см	W, эВ
5200	3400	1	1	H <sup>+</sup>	443	282	708	353
374	3400	1	14	N <sup>+</sup>	32	20	51	25
186	3400	1	28	CO <sup>+</sup> N <sup>2+</sup>	16	10	25	13

8. При помощи графика  $I = f(\nu)$  оценить процентный состав газа в лампе и разрешающую силу для различных ионов.

Величина максимального (в пике) ионного тока  $i_k$  на коллектор при прочих равных условиях пропорциональна концентрации  $N_k$  и  $\sigma_k$  -сечению ионизации атомов (молекул) данного « $k$ » - сорта прямым электронным ударом, т.е.  $i_k \sim N_k \cdot \sigma_k$ . Следовательно,  $\sum i_k = \sum N_k \sigma_k$  (см.[5] стр.9-11, 34-39). Сечения ионизации для атомов (молекул) различных газов приведены в Приложении.

То обстоятельство, что величина ионного тока  $i_k$  на коллектор пропорциональна концентрации атомов  $N_k$ , делает возможным использовать омегатрон в качестве датчика давлений ( $P \sim N \sim i_k$ , что особенно важно при малых давлениях ( $10^{-5} - 10^{-9}$  мм.рт.ст.)). В этом качестве используется омегатрон в приборах ИПДО-1 и ИПДО-2.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Шпольский Э.В. Атомная физика.-М.: Наука, 1974, т.1, гл.11
2. Рик Г.Р. Масс-спектрокопия.-М.:ГИТТЛ, 1953.
3. Современная вакуумная техника (сборник статей)-М.:ИЛ., 1963, с.190-199.
4. Леонтьев Н.И. Удовченко Ю.Н.-ПТЭ, 1959, № 1, с.101.
5. Месси Г. Бархоп Е. Электронные и ионные столкновения. - М.: ИЛ., 1958.
6. Квливидзе В.А., Красильников С.С. - Введение в физику атомных столкновений. 1985, гл.1, гл.3.
7. Мак-Даниель И. Процессы столкновений в ионизованных газах. Мир, 1967, гл.5.