

## ИНТЕРФЕРОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ В ПОСЛЕСВЕЧЕНИИ ИМПУЛЬСНОГО РАЗРЯДА

Ю. Г. Козлов

Интерферометрическим методом наблюдались радиальные акустические колебания в плазме импульсного разряда. Абсолютные измерения показали, что амплитуда колебаний плотности газа в волне  $\rho$  не превышает 0.1  $\rho$  и, следовательно, наблюдаемые процессы можно описывать формулами, взятыми в линейном приближении.

Недавно нами сообщалось об обнаружении стоячих радиальных звуковых колебаний, возникающих при прохождении импульса тока через объем, заполненный газом при давлении 1—20 тор [1]. Существует небольшое число работ других авторов, в которых наблюдались колебания акустической природы. В большинстве из них стоячие звуковые волны регистрировались по колебаниям плотности заряженных частиц в предположении, что концентрация заряженных частиц  $n_e$  изменяется пропорционально плотности нормального газа. Кроме того, сложность и малая чувствительность электрических методов затрудняли анализ колебаний, а тем более их использование в целях диагностики. Нами детектирование колебаний осуществлялось с помощью пьезодатчика, укрепленного на стенке разрядной трубки. Данный метод является более простым и обладает высокой чувствительностью. Было замечено влияние звуковых колебаний на проводимость плазмы в раннем послесвечении импульсного разряда.

Известно, что простые соотношения между частотами собственных колебаний объема и температурой газа верны лишь при условии малости амплитуды колебаний плотности по сравнению с невозмущенной плотностью газа ( $\Delta\rho \ll \rho$ ). Однако ни в одной работе не приведено доказательств, что данное соотношение выполняется.

В данной работе приводятся прямые измерения колебаний плотности газа после прохождения импульса тока с помощью интерферометра Рождественского. Сравнение результатов интерферометрических измерений с пьезоэлектрическими дает возможность определять температуру нормального газа весьма простым и чувствительным пьезоакустическим методом. Кроме того, интерферометрия позволяет определить абсолютное изменение плотности  $\rho$ , таким образом, определить границы выполнения условия  $\Delta\rho \ll \rho$ .

Изменение плотности газа в разрядном промежутке приводит к изменению оптической длины исследуемого объекта [2]. Если мы поместим последний в одно из плеч интерферометра, то в области нормальной дисперсии произойдет сдвиг полос интерференции, по величине которого (определяемого в долях полосы)  $K$  можно вычислить изменение плотности газа по формуле

$$K = \frac{AL\Delta\rho}{\lambda}$$



где  $\Delta\rho$  — изменение плотности газа,  $A$  — константа, зависящая от рода газа,  $L$  — длина исследуемого объекта вдоль интерферирующего пучка,  $\lambda$  — длина волны, в которой ведется наблюдение.

До последнего времени подобные измерения были затруднены из-за большой чувствительности интерферометра к различного рода внешним механическим воздействиям. Эту трудность удалось устранить с помощью предложенного нами недавно активного компенсатора [3]. Сдвиг полос интерференции регистрировался с помощью ФЭУ, расположенного на выходе монохроматора, скрещенного с интерферометром. Выходной щелью вырезалась часть интерференционной полосы, и по изменению интенсивности на щели регистрировалось смещение картины. Уменьшая ширину щели, можно повысить чувствительность схемы примерно до  $1/100$  полосы. Сигнал ФЭУ регистрировался либо с помощью осциллографа, либо после схемы стробоскопирования и интегрирования на самописце при малой амплитуде колебаний плотности. Наблюдения производились при наполнении цилиндрической разрядной трубки неона и ксеноном в интервале давлений 1—20 тор.

Обратимся к результатам измерений. Во-первых, было замечено, что сдвиг полос интерференции имеет различный характер в зависимости от положения диафрагмы на торцах исследуемой трубки. На рис. 1, *а* дается картина изменения плотности в случае, если интерферирующий пучок проходит по оси трубки, рис. 1, *б* при диафрагме, перекрывающей некоторый участок вблизи оси, в то время как периферийные пучки могли интерферировать, и рис. 1, *в* при отсутствии диафрагмирования. Такое явление хорошо объясняется теорией звука [4]. В случае наличия стоячих радиальных колебаний цилиндрической полости самая низкочастотная мода ( $\kappa=1.84$ ) имеет узел колебаний плотности на оси цилиндра, а мода с  $\kappa=3.86$  пучность. Таким образом, нам удалось показать прямым методом присутствие нескольких видов звуковых колебаний в послесвечении импульсного разряда.

Сравним теперь картину колебаний плотности, полученную с помощью интерферометра Рождественского, с сигналом пьезодатчика. Отметим, что пьезодатчик должен регистрировать все типы колебаний, поэтому осциллограмма его сигнала будет выглядеть весьма сложно. Следует воспользоваться либо селективным усилителем, либо выбрать такое положение пьезодатчика, при котором создаются механические условия селектирования. Например, можно воспользоваться зависимостью коэффициента затухания звуковых колебаний от частоты. Мы выбрали последний путь, и на рис. 1, *г* приведен сигнал, снятый с пьезодатчика. Как видно, он хорошо совпадает с интерференционным. Это соответствие дает право считать, что сигнал пьезодатчика соответствует действительной картине акустических радиальных колебаний в плазме, и его анализ может дать некоторые сведения о параметрах плазмы.

Для определения абсолютного значения  $\Delta\rho$  мы пользовались осциллографом С1-16, который может регистрировать не только медленные

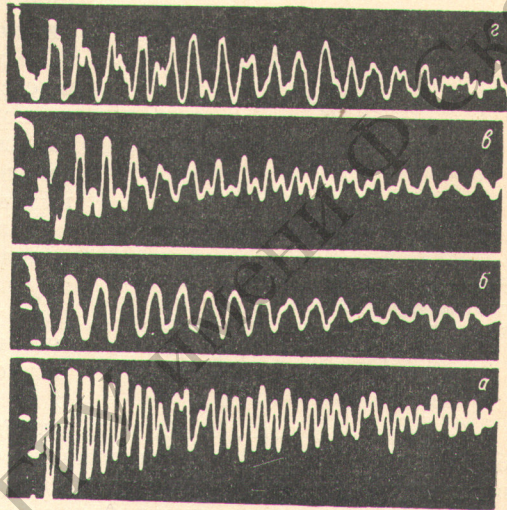


Рис. 1.



колебания, но и постоянную составляющую сигнала. Последнее обстоятельство позволило нам отградуировать сетку осциллографа, наблюдая смещение на целую полосу при повороте плоскопараллельной пластинки компенсатора. Автоматически регистрировалась и рабочая точка, т. е. положение картины интерференции относительно выходной щели монохроматора в момент прохождения импульса тока. Полученные таким образом данные показали, что при энергиях 0.01—0.4 дж, вводимых

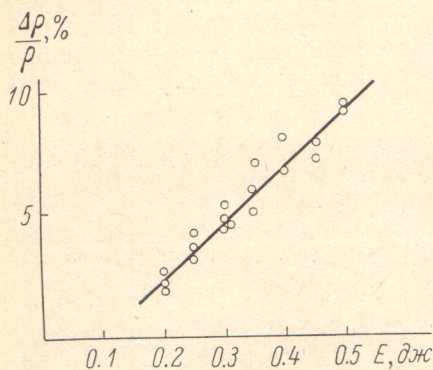


Рис. 2. Относительное изменение плотности за счет присутствия звуковой волны в неоне при изменении энергии, введенной в разряд.

Следует заметить, что при наблюдении некоторых мод колебаний наблюдаются биения. Это явление можно объяснить, по-видимому, наличием в послесвечении импульсного разряда потока газа от стенки трубки к оси, обусловленного остыванием разрядного промежутка. Для выяснения этого вопроса требуются дополнительные исследования.

Таким образом, в работе показано, что в условиях, сходных с нашими, звуковые колебания можно описывать с помощью обычных соотношений теории звука ( $\Delta\rho \ll \rho$ ) и для анализа колебаний можно применять пьезоакустические методы.

#### Литература

- [1] Ю. Г. Козлов, А. М. Шухтин. ЖТФ, 38, 1465, 1968.
- [2] Д. С. Рожественский. Аномальная дисперсия в парах металлов, 1955; А. М. Шухтин. Докт. дисс., Л., 1961.
- [3] Ю. Г. Козлов. Опт. и спектр., 24, 34, 1968.
- [4] Феллей. Теория звука, 2, 292. ГИТТЛ, М., 1955.

Поступило в Редакцию 26 ноября 1969 г.