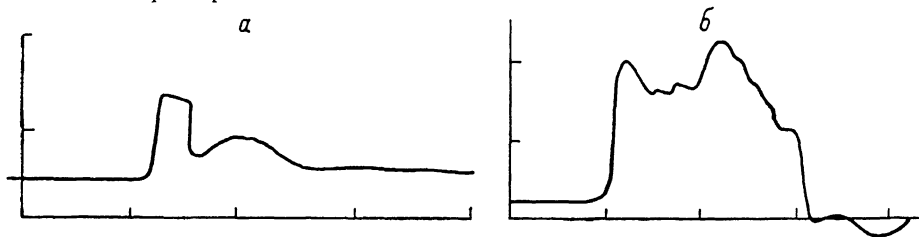


ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИГНАЛЫ НА МЕДНО-МАГНИЕВОЙ ПАРЕ ЭЛЕКТРОДОВ В УДАРНО-СЖАТЫХ ГАЗАХ

И. И. Зубков

Экспериментально обнаружены электрические сигналы ~ 1 В на медно-магниевой паре электродов, контактируемых с низкотемпературной плотной плазмой, полученной при ударном сжатии газов.

Эксперименты проводились в цилиндрическом канале из оргстекла $\varnothing 28$ и длиной 100 мм. Для получения сравнительно однородной плазмы, движущейся вдоль оси канала, использовалось сжатие газа плоской ударной волной (УВ), возбуждаемой специальным генератором. Одна пара электродов ($\varnothing 5$ мм, расстояние между центрами 10 мм) устанавливалась заподлицо в торцевой стенке канала, на которой происходило отражение УВ, и измерения производились в практически покоящейся плазменной пробке (ПП), чем исключалось возможное влияние магнитного поля. Другая пара электродов ($\varnothing 1.6$ мм, расстояние между центрами 7.5 мм) устанавливалась заподлицо в боковой стенке канала на расстоянии 40 мм от торца с первой парой электродов и служила для измерения сигналов с разнородных электродов, контактируемых с движущейся ПП. Таким образом, в одном эксперименте регистрировались сигналы с двух одинаковых пар электродов, находящихся в контакте с плазмой, существенно отличающейся своими параметрами.



Одновременно для синхронизации процесса и определения скорости УВ регистрировалось ее свечение на установке СФР в режиме фоторегистратора. Исследования проводились в атмосфере воздуха и технически чистых азоте, гелии и аргоне. В разных экспериментах использовались нагрузочные сопротивления 50, 150 и 500 Ом. Величины сигналов от сопротивлений нагрузки не зависели. В приводимых ниже экспериментах сопротивления нагрузки торцевых электродов 500 Ом; электродов, контактирующих с движущейся ПП, 150 Ом. Перед экспериментом поверхности электродов освобождались от окислов, другой специальной обработке они не подвергались. Во всех экспериментах медный электрод заземлен. Материал электродов — электротехническая медь и магний.

Специальными экспериментами и съемкой на СФР установлено, что начало сигналов совпадает с моментом прихода к электродам фронта УВ с точностью $2 \cdot 10^{-7}$ с.

Для контроля проводились эксперименты с электродами из одинакового материала. Сигнал с электродов, контактируемых с движущейся ПП, знакопеременный; сигнал с электродов в торце канала по амплитуде значительно (~ 3 раза) меньше сигнала с разнородных электродов. Полярность сигнала меняется от эксперимента к эксперименту. Возможно, появление этих сигналов связано с неоднородностью структуры ПП.

Во всех экспериментах независимо от характера изменения сигнала во времени полярность напряжения на разнородных электродах в проходящей волне отрицательна. Полярность сигнала на электродах, контактирующих с покоящейся ПП в отраженной УВ в воздухе, азоте и аргоне, положительна, в гелии — отрицательна.

На рисунке приведены типичная осциллограмма сигнала с электродов, контактирующих с движущейся ПП (азот, скорость УВ 7.2 км/с) (а), и осциллограмма сигнала с электродов на торце канала (б).

В воздухе, гелии и аргоне сигнал в движущейся ПП нарастает за время ≈ 0.15 мкс; затем некоторое время, зависящее от сорта газа, остается постоянным и спадает. В азоте через 0.3 мкс падает почти в два раза, затем растет, достигая иногда почти максимального значения, и снова уменьшается. Максимальное значение сигнала в воздухе при скорости УВ $D \approx 7$ км/с от 0.6 до 1.5 В, общая продолжительность сигнала $\tau \approx 1.5$ мкс. В азоте

$D \approx 7.2$ км/с, $V = 0.5 \div 1$ В, $\tau \approx 2.5$ мкс; в гелии $D \approx 10$ км/с, $V = 0.2 \div 0.5$ В, $\tau < 1$ мкс; в аргоне $D \approx 5.7$ км/с, $V = 0.7 \div 1$ В, $\tau > 7$ мкс.

Если бы длительность сигнала определялась размерами движущейся ПП, то в идеальном случае вычисленная по ударным адиабатам [1], она была бы равна в воздухе и азоте 1.2 мкс, в аргоне 2.4 мкс, в гелии 2.2 мкс.

Максимальное значение сигнала па торцевых электродах от 1.6 до 3.3 В в воздухе, от 1.3 до 3.5 В в азоте, от 1.6 до 3 В в гелии (отрицательный) и от 1.2 до 3.3 В в аргоне. В воздухе в большинстве экспериментов основному сигналу предшествует отрицательный выброс ≈ 1 В длительностью меньше 0.2 мкс.

Ранее в [2-5] обнаружены аналогичные сигналы в ударно-сжатой воде, органических соединениях и продуктах детонации конденсированных взрывчатых веществ. Полярность сигналов совпадает с полярностью сигналов на электродах, контактирующих с движущейся ПП, и с полярностью сигнала в отраженной УВ в гелии; в воздухе, азоте и аргоне в отраженной УВ полярность противоположна.

В приведенных выше экспериментах на всех участках цепи электронная проводимость. При термодинамическом равновесии всех элементов в такой цепи ток протекать не может [6]. В нашем же случае, точно так же как и в [2-5], элементы цепи далеки от равновесия, поэтому возможно возникновение эдс, для выяснения физической природы которой требуются дополнительные исследования.

В заключение следует отметить, что авторы [2-5] на основании зарегистрированных сигналов на разнородных электродах в детонационных и УВ в воде и органических соединениях сделали вывод о преимущественно ионном механизме проводимости. Наши эксперименты являются примером возникновения сигналов на разнородных электродах, контактирующих с ударно-сжатыми газами, электропроводность которых носит заведомо электронный характер.

Литература

- [1] Цикулин М. А., Попов Е. Г. Излучательные свойства ударных волн в газах. М.: Наука, 1977.
- [2] Якушев В. В., Розанов О. К., Дремин А. Н. Письма в ЖЭТФ, 1968, т. 7, № 5, с. 165—168.
- [3] Дремин А. Н., Розанов О. К., Якушев В. В. ПМТФ, 1968, № 5, с. 53—57.
- [4] Якушев В. В., Дремин А. Н. ЖФХ, 1971, т. 15, в. 1, с. 97—101.
- [5] Якушев В. В., Дремин А. Н. ДАН СССР, 1975, т. 221, № 6, с. 1143—1144.
- [6] Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Электродинамика сплошных сред. М.: Наука, 1957.

Институт гидродинамики
СО АН СССР
Новосибирск

Поступило в Редакцию
17 сентября 1986 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СПЕКТРА ЭЛЕКТРОНОВ ПРИ ВАКУУМНОМ СВЧ ПРОБОЕ

С. А. Новиков, С. В. Разин, П. Ю. Чумерин, Ю. Г. Юшков

В процессе тренировки высокочастотным полем разрядного промежутка вакуумного интерференционного переключателя в формирователе мощных наносекундных СВЧ импульсов, основанном на накоплении и быстром выводе энергии из резонатора [1], зарегистрированы электроны с энергией, превышающей энергию, соответствующую приложенному высокочастотному напряжению.

В данном сообщении приведены результаты измерения энергетического спектра электронов из разрядного промежутка в зависимости от числа тренирующих импульсов СВЧ и частоты их следования.

Эксперименты проводились на установке, аналогичной [2], в которой возбуждение накопительного резонатора формирователя осуществлялось от магнетронного генератора мощностью 1.3 МВт, работающего на частоте 2.86 ГГц, с длительностью импульсов $3 \cdot 10^{-6}$ с и частотой повторения до 50 Гц. Накопительный резонатор и интерференционный переключатель