

УСКОРЕНИЕ ИОНОВ В ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКАХ

*А.А.Плюто, П.Е.Беленцов, Е.Д.Корон, Г.П.Мхеидзе,
В.Н.Рыжков, К.В.Суладзе, С.М.Темчин*

Процесс ускорения ионов в электронных пучках был обнаружен в 1960 г. в экспериментах по формированию ионных [1] и электронных пучков из плазмы вакуумных искр.

Принципиальная схема экспериментов приведена на рис.1. Из искрового источника [2] (1) через отверстие эмиссии (2) плазма вытекает в ускоряющий промежуток ℓ . К промежутку прикладывается переменное или постоянное (ускоряющее электроны) напряжение V . В момент включения напряжения плазма может отсутствовать в промежутке, либо заполнять его частично или полностью. Ускорение ионов развивается в неустойчивых режимах протекания электронного тока. Сущность явления сводится к тому, что в момент срыва электронного тока некоторое количество ионов плазмы ускоряется в направлении движения электронного пучка, т.е. против приложенной извне разности потенциалов. Ускорение осуществляется в промежутке ℓ и полости электрода (3) самоогласованными полями. Энергии ионов возрастают с увеличением V . Максимальные энергии ионов могут в 10 – 100 раз превосходить eV . В частности, при $V = 200-300$ кВ были получены протоны с энергией до 4-5 Мэв и ионы углерода с энергией до 15-20 Мэв. Среднее количество ускоренных протонов или дейтронов в отдельном импульсе достигало $10^{11} - 10^{12}$.

Из масс-спектрограмм ионов (метод парабол) следует, что усредненный энергетический спектр ионов весьма широк (рис.2, см.вкл.). Максимальные энергии ионов не зависят от кратности заряда.

Ускорение тяжелых ионов (Mg, Cd и т.д.) в электронных пучках осуществляется при использовании вакуумных дуг [3] в качестве источника плазмы. В этом случае ускорительный процесс повторяется с частотой релаксаций электронного тока в неустойчивом режиме [4]. Такого рода релаксационные колебания наблюдались также при отборе электронных токов на дуоплазматроне*.

Механизм ускорения ионов в электронных пучках недостаточно ясен. Высокие значения напряженностей внутренних, ускоряющих ионы полей до $10^5 - 10^6$ в/см (для искр) указывают на развитие сильных коллективных взаимодействий. Об этом также свидетельствует размытие электронного пучка по энергии и возбуждение широкого спектра колебаний. Генерируемые при этом волны могут осуществлять ускорение ионов.

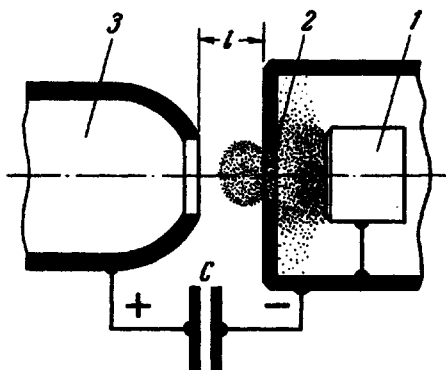


Рис. 1. Принципиальная схема эксперимента

Наблюдаемые на опыте энергии и количество ускоренных ионов могут быть объяснены, исходя из механизма когерентного ускорения, предложенного В.И.Векслером [5,6]. Однако реальная картина ускорения ионов представляется более сложной и ее уточнение требует дальнейших экспериментов.

Авторы благодарят А.Т.Капина, Б.А.Цхадая, И.В.Головина, принимавших участие в экспериментах.

Поступило в редакцию
29 апреля 1967 г.

Литература

- [1] А.А.Плютто. ЖЭТФ, 39, 1589, 1960.
- [2] А.А.Плютто, И.Ф.Кварцхава, К.Н.Кервалидзе. Атомная энергия, 3, 153, 1957.
- [3] А.А.Плютто, В.И.Рыжков, А.Т.Капин. ЖЭТФ, 47, 494, 1964.
- [4] П.Е.Беленсов, А.Т.Капин, А.А.Плютто, В.И.Рыжков. ЖТФ, 34, 2120, 1964.
- [5] В.И.Векслер. Атомная энергия, 2, 427, 1957.
- [6] В.И.Векслер. УФН, 66, 99, 1958.

* Авторы выражают благодарность Р.А.Демирханову, Ю.В.Курсанову и Л.П.Скрипало за содействие в проведении эксперимента.