

О НЕЛИНЕЙНЫХ ИОННО-АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ В ПЛАЗМЕ

С.Г.Алиханов, В.Г.Белан, Р.З.Сагдеев

Как известно [1], в редкой плазме с горячими электронами ($T_e \gg T_i$, где $T_{e,i}$ — температура электронов, ионов) могут распространяться ионно-акустические колебания. Закон дисперсии для таких колебаний $\omega = \omega(k)$ (в пренебрежении малым затуханием) имеет вид

$$\omega^2 = \frac{4\pi n e^2}{M} \frac{k^2}{k^2 + \kappa^2},$$

и в предельном случае больших длин волн, $k \ll \kappa$ ($1/\kappa$ — дебаевский радиус) соответствует закону с показателем адиабаты $\gamma = 1$.

Ионно-акустические волны малой амплитуды интенсивно исследовались в последнее время в газоразрядной плазме [2,3]. Большой интерес вызывает нелинейная динамика распространения таких волн, особенно по той причине, что неизотермическая плазма представляет собой пример сильно диспергирующей среды с малым поглощением.

В такой среде возможно распространение нелинейных устойчивых элементарных волн, например, солитонов сжатия [4–6], а любое начальное возмущение, вообще говоря, с течением времени будет распадаться на совокупность таких элементарных колебаний с длинами волн порядка характерной длины дисперсии (дебаевский радиус, в данном случае).

Ниже кратко описан эксперимент, в котором удалось наблюдать, как первоначально гладкое возмущение большой амплитуды в неизотермической плазме в результате нелинейной деформации распадается на элементарные колебания с характерным пространственным размером порядка дебаевского радиуса.

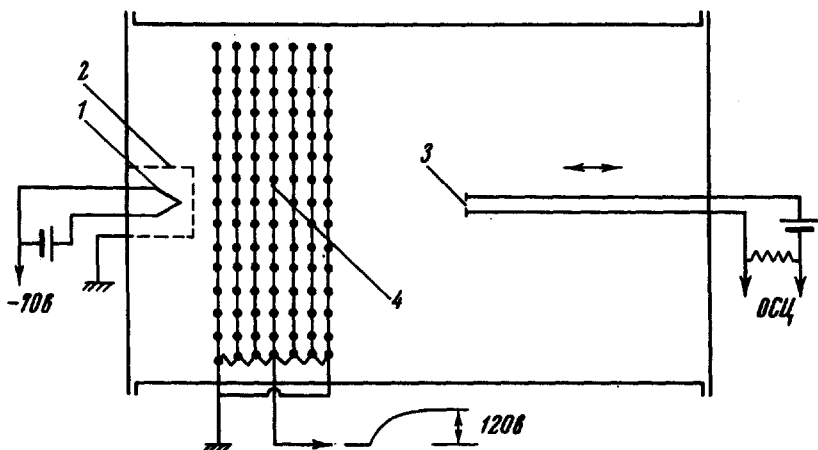


Рис.1. Схема установки: 1 – накаливаемый катод, 2 – сетка, 3 – поглотитель плазмы, 4 – источник плазмы

Плазма образовывалась в металлической цилиндрической камере (диаметром 90 см, длиной 120 см) ионизацией газа потоком электронов от накаливаемого катода ($I_K = 1$ ма). Опыты проводились в инертных газах: ксеноне, аргоне и гелии при давлении $1+2 \cdot 10^{-4}$ мм рт.ст. Температура и концентрация электронов в такой плазме определялись из зондовых характеристик. В описываемом эксперименте $T_e = 5$ эв, $n = 10^6$ см⁻³. Для создания волны возмущения в "спокойной" плазме был использован специально разработанный для этой цели источник плазмы, представляющий собой цилиндр диаметром 80 см и длиной 20 см, набранный из последовательно включенных плоских сеток 4. К центральной сетке (см. рис.1) прикладывался положительный потенциал с регулируемым фронтом нарастания.

Изменение потока в волне регистрировалось с помощью поглотителя плазмы, состоящего из набора параллельных пластинок, установленных вдоль движения волны. Приложенное к ним напряжение рассасывало плазму, и сигнал, пропорциональный току, подавался на вход дифференциального усилителя. Частотная характеристика измерительной цепи была линейной вплоть до 1 МГц.

На рис.2 приведены осциллограммы при некоторых положениях измерителя, показывающие эволюцию формы волны в ксеноновой плазме по мере ее распространения. Скорость фронта равна $3 \cdot 10^5$ см/сек, что соответствует числу Маха $M = 1,5$. Видно как по мере распространения

волны происходит уменьшение ширины фронта вплоть до некоторого уровня порядка 2 см , что примерно равно дебаевскому радиусу, а за фронтом возникают колебания с длиной волны порядка дебаевского ра-

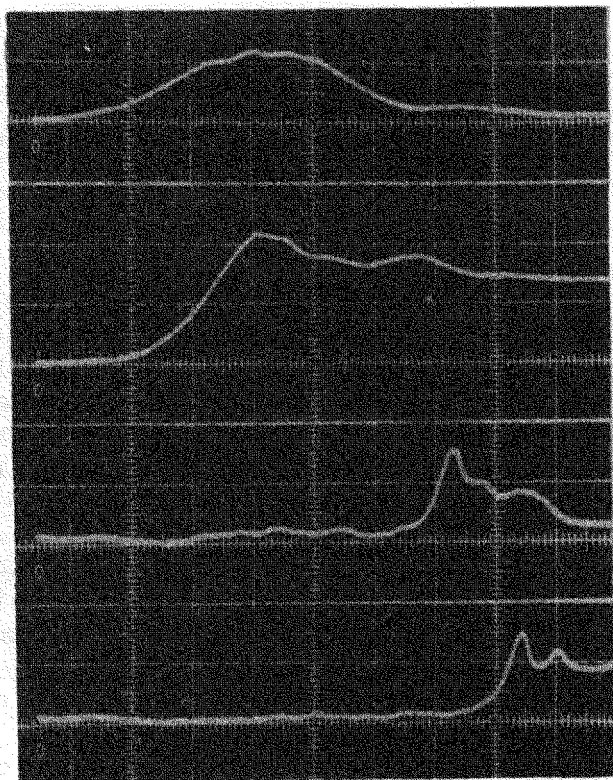


Рис.2. Осциллограммы сигналов с поглотителя на расстояниях 1, 3, 12, 19 см от источника (на рис. сверху вниз). Масштаб времени и концентрации, соответственно, 20 мксек и $2 \cdot 10^5\text{ см}^{-3}$ на большое деление

мера. С помощью электростатического зонда, перемещающегося перпендикулярно распространению волны, было установлено, что отклонение от плоской формы по всему фронту не более 1 см .

Институт ядерной физики
Академии наук СССР
Сибирское отделение

Поступило в редакцию
20 марта 1968 г.

Литература

- [1] L.Tonks, I.Langmuir. Phys. Rev., 33, 195, 1929.
- [2] I.Alexeff, R.V.Neidigh. Phys. Rev., 129, 516, 1963.
- [3] I.Alexeff, W.D.Jones. Phys. Rev. Lett., 15, 286, 1965.
- [4] Р.З.Сагдеев. Сб. Вопросы теории плазмы, вып.4, М., Госатомиздат, 1964, стр.20.

[5] V.I.Karpman, Phys. Lett., 25A, 708, 1967.

[6] C.S.Gardner, J.M.Greene, M.D.Kruskal, R.M.Miura, Phys. Rev. Lett.,
19, 1095, 1967.