

## РЕЗОНАНСНОЕ ВОЗБУЖДЕНИЕ ИОННО-ЦИКЛОТРОННЫХ КОЛЕБАНИЙ ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ПЛАЗМЕ

*А.М.Рожков, К.Н.Степанов, В.А.Супруненко В.И.Фареник,  
В.В.Власов*

В настоящей работе исследуются коллективные взаимодействия в плазменной магнетронной линзе [1], в которой радиальное электрическое поле  $E_r$  и продольное магнитное поле  $H_z$  приводят к вращению плазмы с угловой частотой  $\omega_{вр} \sim c E_r / a H_z$  ( $a$  – радиус плазмы).

Обнаружено резонансное возбуждение ионной циклотронной неустойчивости, когда ионная циклотронная частота  $\omega_{H1}$  становится кратной угловой частоте вращения ( $\omega_{H1} \sim 2\omega_{вр}$ ). В этом случае в разряде возбуждаются интенсивные продольные колебания, приводящие к эффективному нагреву ионов (до 100 эв) и мощному надтепловому радиоизлучению.

Причиной этой неустойчивости может являться взаимодействие ионного потока, обусловленного центробежной силой и неоднородностью плазмы, с электронами в условиях резонанса.

Энергия ионов измерялась многосеточным зондом по методу задерживающего потенциала. Плотность плазмы (порядка  $10^{10} \text{ см}^{-3}$ ) и электронная температура плазмы ( $T_e \sim 10 \text{ эВ}$ ) измерялись двойным модифицированным зондом Ленгмюра. Электромагнитные поля, возбуждающиеся в плазме, детектировались как электростатическими, так и магнитными зондами. Специальное координатное устройство позволяло помещать эти зонды в любой точке разряда без нарушения вакуума.

Экспериментально четко различаются два режима работы разряда. Первый режим:  $\omega_{\text{вр}} \gg \omega_{\text{HI}}; H < H_{\text{кр}}$ . Второй режим:  $\omega_{\text{вр}} \leq \omega_{\text{HI}}; H \geq H_{\text{кр}}$ .

В первом режиме частота электромагнитных колебаний пропорциональна напряженности электрического поля и обратно пропорциональна напряженности магнитного поля. Колебания в этом режиме могут быть отождествлены с продольными колебаниями неоднородной вращающейся плазмы с частотой  $\omega \sim \omega_{\text{вр}} \gg \omega_{\text{HI}}$ , возбуждающимися вследствие развития пучково-центробежной неустойчивости [2].

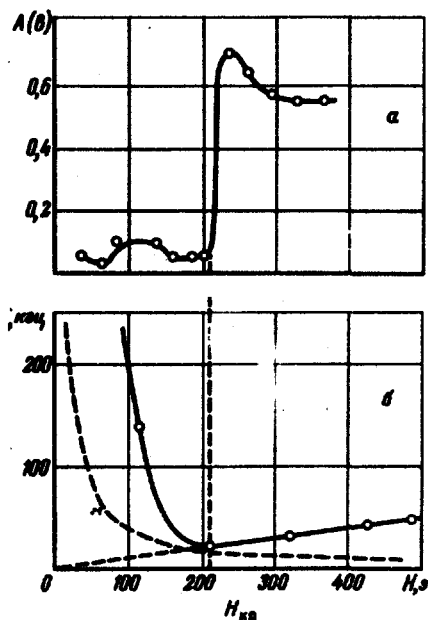


Рис. 1

Второй режим генерации сопровождается резким увеличением амплитуды колебаний и принципиальным изменением характера зависимости частоты от электрического и магнитного полей. Кривая на рис. 1, а

показывает зависимость амплитуды излучения от величины магнитного поля. Как видно из рис. 1, а, б, когда выполняется условие  $2\omega_{вр} \approx \omega_{H\pm}$ , амплитуда колебаний возрастает более, чем на порядок, и происходит резонансное возбуждение серии гармоник ионно-циклотронных колебаний.

На рис. 2, а представлена форма плазменных колебаний, принимаемых электростатическим зондом и их спектральный анализ. Спектр определялся либо посредством гармонического анализа на электронной вычислительной машине  $\sigma$ , либо с помощью панорамного радиоприемника б.

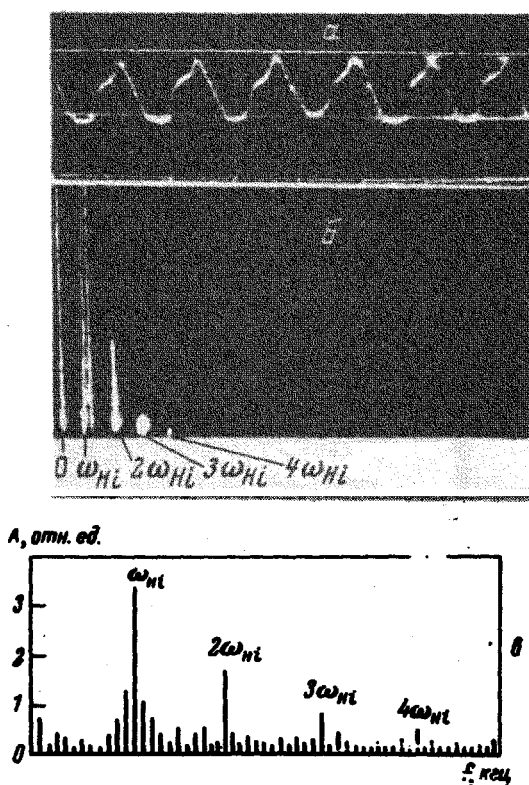


Рис. 2

Корреляционные измерения сдвига фаз этих колебаний показали, что по азимуту укладываются две длины волны и радиальный волновой вектор ( $K_r \sim 1 \text{ см}^{-1}$ ) значительно больше продольного ( $K_{\parallel} \leq 3 \cdot 10^{-2} \text{ см}^{-1}$ ). Это указывает на то, что исследуемые волны распространяются в направлении почти перпендикулярном магнитному полю.

Полученные результаты могут быть полезны для понимания ряда экспериментов по удержанию и нагреву плазмы, в которых радиальное электрическое поле создается специально либо образуется самопроизвольно [4, 5].

В заключение авторы выражают благодарность проф. В.Т.Толоку за постоянный интерес к работе и полезные дискуссии, О.М.Швецу, В.Г.Маринину, В.В.Долгополову за участие в обсуждении результатов, М.Г.Кривоносу за помощь при проведении экспериментов.

Физико-технический институт  
Академии наук СССР

Поступила в редакцию  
5 июня 1969г.

#### Литература

- [1] A.Gabor. Nature, 160, 89, 1947.
  - [2] А.Б.Михайловский, В.С.Цыпин. Письма в ЖЭТФ, 3, 247, 1966.
  - [3] И.М.Подгорный. Лекции по диагностике плазмы. М., Атомиздат, 1968г.
  - [4] И.С.Иоффе, Р.И.Соболев, В.Г.Тельковский, Е.Е.Юшманов. ЖЭТФ, 39, 1602, 1960.
  - [5] I.G.Gorman, L.H.Th.Rietjens. Phys. Fluids, 9, 12, 1966.
-