

# Механізми генерації іонно-звукової турбулентності в геліконній плазмі з антенами різних типів

*В.Ф. Вірко, Ю.В. Вірко, В.М. Слободян, Г.С. Кириченко, К.П. Шамрай*

Інститут ядерних досліджень НАН України

В доповіді представлено результати досліджень НЧ коливань, що виникають в геліконному розряді при його збудженні на першій азимутальній ( $m=1$ ) або на азимутально симетричній ( $m=0$ ) модах геліконних хвиль. Встановлено, що в обох випадках НЧ коливання з неперервним шумовим спектром в діапазоні до 1 МГц виникають пороговим чином і лише в присутності магнітного поля. Вони мають мінімум амплітуди на осі розряду і розповсюджуються похило: азимутально – в напрямку циклотронного обертання електронів, а радіально – до периферії плазми. Фазова швидкість для всіх частот близька до швидкості іонного звуку  $\sim 3 \times 10^5$  см/с. При збільшенні магнітного поля ширина НЧ спектру зростає, а азимутальна довжина кореляції окремих частотних складових зменшується. В радіальному напрямку довжина кореляції мала, порядку довжини хвилі.

У розряді  $m=1$  відносна амплітуда флуктуацій густини плазми була порядку 10%, а інтегральна по спектру енергія флуктуацій потенціалу порядку  $2 \times 10^{-4}$  від теплової енергії плазми. У розряді  $m=0$  відносна амплітуда флуктуацій густини плазми складала лише 1%, однією з можливих причин чого є те, що антена була електростатично екранована від плазми. Окрім неперервного шумового спектра, в цьому випадку виникають також інтенсивні дискретні складові в діапазоні 0,1–0,2 МГц, які розповсюджуються вздовж азимута на периферії плазми і виявляються глобальними іонно-звуковими азимутальними модами високого порядку ( $m=10-17$ ). Напрямок їх розповсюдження співпадає з напрямком азимутального дрейфу електронів, визначеного з вимірювань діаманетизму плазми.

У високочастотній області шумові бокові смуги частоти накачки, виміряні ємнісними зондами, не відповідають потенціальним хвилям. Найбільш ймовірною причиною їх виникнення є модуляція ВЧ сигналу зонда іонно-звуковими хвилями. В той же час сателіти накачки, виміряні магнітними зондами, виявляються хвилями, що поширюються азимутально з фазовими швидкостями  $(2,5-4,5) \times 10^7$  см/с. На відміну від ємнісного сигналу, магнітний сигнал в спектрі бокових смуг є асиметричним, з переважанням „червоного” компонента, амплітуда якого досягає 30% від амплітуди накачки. Дискретні спектральні компоненти в низькочастотній області та в області бокових смуг накачки задовольняють умовам параметричного розпаду.

Одержані результати свідчать, що НЧ турбулентність в геліконному розряді виникає внаслідок як параметричних процесів, так і азимутальних дрейфових електронних струмів.