



ПЛАЗМЕННОЕ ЭХО

Авторы: Н. С. Ерохин

ПЛАЗМЕННОЕ ЭХО, когерентный отклик плазмы (ответный электромагнитный сигнал) на внешнее электромагнитное воздействие (сигнал), происходящий с пространственным или временным сдвигом относительно этого воздействия; обусловлен обращением процесса бесстолкновительной релаксации возбуждений за счёт нелинейности или неоднородности плазмы.

В зависимости от постановки эксперимента различают пространственное и временное П. э. Пространственное П. э. возникает, когда разнесены области электромагнитного воздействия (источника) и когерентного отклика плазмы, но действие источника и отклик плазмы происходят практически одновременно. Если источник и отклик плазмы пространственно совмещены, но отклик плазмы возникает с некоторым запаздыванием во времени, то говорят о временном П. э. Возможен и комбинированный вариант – пространственно-временное эхо, возникающее, напр., при воздействии на плазму двумя последовательными электрич. импульсами с помощью разнесённых в пространстве сеток. П. э. может наблюдаться в изотропной плазме, в плазме с внешним магнитным полем, в столкновительной плазме полупроводников, в сильно вырожденной электронной плазме.

П. э. приводит к нелокальному нелинейному преобразованию электромагнитных волн, просветлению закритич. плазменных слоёв и др. явлениям. Его можно использовать для [диагностики плазмы](#), изучения зонной структуры полупроводников и металлов, взаимодействия частиц с ограничивающими стенками, для исследования слаботурбулентных процессов в плазме, увеличения поглощения электромагнитных волн при нагреве плазмы в магнитных ловушках и др.

Возникновение П. э. обусловлено существованием непрерывного спектра колебаний плазмы и отражает наличие «памяти» о внешнем воздействии на микроскопич. уровне

системы. Обращение процесса бесстолкновительной релаксации возбуждений, выявляющее эту скрытую память, происходит благодаря фазовой фокусировке мод непрерывного спектра. В реальных условиях для наблюдения пространственного П. э. необходимо, чтобы эффективная длина свободного пробега частиц плазмы значительно превышала расстояние от источника до места возникновения П. э. Временное П. э. наблюдается, если время между столкновениями частиц значительно больше интервала между электромагнитными импульсами.

Нелинейное П. э. в изотропной плазме возникает в связи с тем, что одновременно с ленгмюровскими волнами источник возбуждает незатухающие моды, соответствующие модулированным микропотокам частиц плазмы. Нелинейная интерференция этих мод приводит к спонтанному возникновению макроскопич. электрич. поля в области фазовой фокусировки микропотоков. С увеличением амплитуд внешних источников сигнал П. э. вначале возрастает, достигает насыщения, а затем убывает при дальнейшем увеличении амплитуды источника.

Линейное П. э. в неоднородной плазме связано с изменением условий распространения волн и линейным механизмом фазовой фокусировки мод непрерывного спектра. При наличии внешнего магнитного поля П. э. может возникать и на разностной, и на суммарной частотах внешних источников.

Литература

Лит.: Кадомцев Б. Б. Затухание Ландау и эхо в плазме // Успехи физических наук. 1968. Т. 95. Вып. 5; Алиев Ю. М., Ревенчук С. М. Гидродинамическая теория эха в сильнонеоднородной плазме // Журнал экспериментальной и теоретической физики. 1986. Т. 90. Вып. 3; Павленко В. Н., Ситенко А. Г. Эховые явления в плазме и плазмоподобных средах. М., 1988.