

ФИЗИКА ПЛАЗМЫ

УДК 533.951.2

DOI: 10.17223/00213411/65/9/131

ОТРАЖЕНИЕ ПЛАЗМЕННОЙ ВОЛНЫ ОТ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО БАРЬЕРА,
РАЗМЕР КОТОРОГО СОИЗМЕРИМ С ДЛИНОЙ ВОЛНЫ

А.И. Матвеев

Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Рассматривается отражение плазменной волны от потенциального барьера, размер которого соизмерим с длиной волны. Так как потенциал барьера значительно больше потенциала волны, то в области этого барьера плазменные колебания существовать не могут. Сохраняется лишь модуляция по плотности в пучках электронов с разными энергиями, которые движутся в потенциальном поле барьера. Отраженная волна формируется в результате интерференции промодулированных пучков, отраженных от потенциального барьера. Отражение волны анализируется на двух конкретных примерах: отражение от линейного и параболического барьеров. Показано, что если отражение происходит за время, меньшее времени релаксации, то независимо от профиля барьера коэффициент отражения равен единице. Найдено запаздывание по фазе отраженной волны относительно фазы падающей волны.

Ключевые слова: плазменные волны, отражение от потенциального барьера, сносные колебания в пучках электронов, интерференция конвективных волн плотности в отраженных пучках.

Введение

В литературе [1–3] плазменные колебания, как правило, рассматривались в неограниченной плазме. Однако при решении практических задач необходимо учитывать, что объем, в котором происходят колебания плазмы, должен быть ограничен. Поэтому развитие теории плазменных колебаний в ограниченном пространстве представляет большой интерес для использования этих колебаний в технических приложениях.

Основной проблемой при рассмотрении плазменных колебаний в ограниченном объеме является описание отражения этих колебаний от границы плазмы. Важная роль отражения колебаний от границы плазмы обусловлена тем, что затухание плазменных колебаний в ограниченном объеме зависит от потери энергии в процессе этого отражения. Если потери энергии плазменных колебаний из-за столкновений электронов с заряженными частицами плазмы на расстоянии, соизмеримом с размером ограниченного объема, очень малы, то плазму можно считать бесстолкновительной. Затухание волны в такой плазме будет определяться ее коэффициентом отражения от границы. В [4] показано, что плазменная волна полностью отражается от плоской границы плазмы, которая удерживается в полупространстве ступенчатым потенциальным барьером. С другой стороны, если волна распространяется в слабо неоднородной плазме, плотность которой плавно уменьшается до нуля, то отражения волны не происходит, она полностью затухает [2, 5]. Возникает вопрос, каким будет отражение плазменной волны от потенциального барьера, в пределах которого на расстоянии, соизмеримом с длиной волны, происходит быстрое уменьшение плотности плазмы? Возможно, в этом случае, как и в случае скачкообразного уменьшения плотности плазмы, волна будет полностью отражаться от границы.

1. Плазменная волна перед потенциальным барьером

Рассмотрим поведение плазменной волны с потенциалом

$$\varphi = \varphi(\psi), \quad \psi = kz - \omega t, \quad (1)$$

где ψ — фаза волны, набегающей на потенциальный барьер, ширина которого соизмерима с длиной волны или меньше ее. Потенциальный барьер в плазме возникает под действием потенциальных сил статических электрических или магнитных полей. Предполагаем, что в области $z \leq z_0$ потенциальная энергия $U(z)$ внешнего поля не меняется с увеличением z , а в области $z > z_0$ эта по-

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>