

1. Авторы.; Шварцбург Александр Борисович, Ерохин Николай Сергеевич
 2. Название. Широкополосная и широкоугольная генерация второй гармоники электромагнитной волны в магнитоактивной плазме: двойной резонансный эффект
 3. Ссылка на публикацию. Принята к печати: Физика Плазмы, 2018, т.43, № 2, с.
 4. Общая формулировка научной проблемы и ее актуальность; В работе в рамках нелинейного подхода исследованы условия фазового синхронизма между микроволнами на частотах ω и 2ω при их распространении в магнитоактивной плазме включая косое (к внешнему магнитному полю) распространение. Рассмотрена эффективность генерации волны на удвоенной частоте с учетом возможности двойного резонанса. Задача важна для целого ряда нелинейных процессов в плазме, в том числе, для ее эффективного нагрева электромагнитным излучением, для реализации параметрической неустойчивости и понимания возможной динамики турбулентности и нелинейных структур как в лабораторной, так и в космической плазмах.
 5. Конкретная решаемая в работе задача и ее значение. Для исследования генерации второй гармоники (ГВГ) электромагнитной волны в работе выполнены следующие этапы задачи: а) определены параметры плазмы, способствующие эффективному ГВГ-эффекту для разных спектральных диапазонов, поляризации и направленности взаимодействующих волн (реализация синхронизма гармоник); б) проведен анализ нелинейной динамика преобразования волны накачки во вторую гармонику; в) исследован особый двойной резонанс, обеспечивающий усиление эффективности ГВГ для волны накачки с частотой, равной половине электронной циклотронной частоты. Решаемая в работе задача по эффектам нелинейной трехволновой связи в плазме имеет большое значение для понимания сложной динамики процессов взаимодействия электромагнитного излучения с плазмой включая явления в слабой плазменной турбулентности, взаимодействие лазерного излучения с плазмой, распространение волн через ограниченную плазму, динамику ультранизкочастотных мод в магнитосфере Земли, волн в космической плазме и др. Решение данной задачи необходимо и для корректной интерпретации данных наблюдений взаимодействия электромагнитного излучения с космической плазмой, зависимости динамики этого взаимодействия от характеристик системы.
 6. Используемый подход, его новизна и оригинальность.;
- В работе использован анализ поставленной задачи на основе аналитических и численных расчетов уравнений при учете в слоях резонансов вклада столкновений частиц для ограничения полей волн. Новизна данного подхода связана с анализом рассматриваемого

эффекта в зависимости от угла распространения волн относительно внешнего магнитного поля, поляризации волн и учета возможности реализации в системе двойного резонанса.

Результаты расчетов представлены серией графиков, наглядно демонстрирующих поведение исследуемых характеристик в зависимости от исходных параметров задачи (угол распространения волн, плотность плазмы и величина магнитного поля, поляризации волн и др.). В целом описанный подход оригинален и несомненно он будет использован при последующем развитии данного направления исследований.

7. Полученные результаты и их значимость.

Исследованы разнообразные режимы возникновения фазового синхронизма для наклонного распространения волн с частотами ω и 2ω , представлены обобщенные графики, связывающие нормированную плотность плазмы и магнитное поле с поляризациями волн и направлениями их распространения. Показано существование широких спектральных полос для режимов синхронизма, в которых обеспечивается удвоение резонансной частоты, а также широкий спектр направленности и поляризации взаимодействующих волн для реализации ВГВ.

Проведен анализ эффективности взаимодействия трех волн для мод, движущихся вблизи режима фазового синхронизма в столкновительной и гетерогенной замагниченной плазме.

Расчетами показано, что двойной резонанс в системе волн может существенно повысить эффективность генерации в нестандартном режиме (электронная циклотронная частота равна частоте второй гармоники) волн на удвоенной частоте при их распространении в замагниченной столкновительной плазме. Так поле второй гармоники при этом может увеличиться на два порядка и более.

Значимость полученных результатов обусловлена возможными их приложениями для эффективного нагрева плазмы электромагнитным излучением, для реализации в плазме параметрической неустойчивости, преобразования частотного спектра волн и понимания возможной динамики нелинейных процессов как в лабораторной, так и в космической плазмах.