Общая теория ионизационных и ионизационно-полевых неустойчивостей в плазменном слое

Двинин С.А., Довженко В.А.1, Синкевич О.А.2

Московский Государственный Университет имени М.В.Ломоносова, физический  
 факультет, Москва, Россия, [s\_dvinin@mail.ru](mailto:s_dvinin@mail.ru)  
1Институт Физики Атмосферы имени А.М.Обухова РАН, Москва, Россия  
2Национальный Исследовательский Университет Московский Энергетический  
 Институт, Москва, Россия, [oleg.sinkevich@itf.mpei.ac.ru](mailto:oleg.sinkevich@itf.mpei.ac.ru)

Рассмотрена задача о развитии ионизационной неустойчивости в бесконечном плазменном слое с высокой плотностью электронов *ne*, которая может быть как выше, так и ниже критической *nc*, поддерживаемом СВЧ волной с частотой ω0. В отличие от работы [1], угол падения СВЧ волны предполагается произвольным.

При перпендикулярном падении СВЧ волны, поддерживающей разряд, на плазменный столб, частоты и волновые числа стоксовой ω1–, *k*1– и антистоксовой ω1+, *k*1+ волн, возбуждающихся в плазме при резонансной неустойчивости, близки из-за малости частоты ионизации по сравнению с частотой поля. Поэтому плотности электронов, для которых наблюдается резонанс, также близки и обе волны возбуждаются одновременно. При косом падении вследствие выполнения условий синхронизма ω1±=ω0±Ω, *k*1±=*k*0cosθ±*K* длины волн антистоксовых и стоксовых возмущений поля различны. Плотности электронов в разряде, при которых наблюдается резонанс, различны тоже. Поэтому при косом падении флуктуации плотности электронов с частотой Ω и длиной волны *Λ*=2π/*K* могут приводить к возбуждению только стоксовой или только антистоксовой волны.

В приближенной модели взаимодействия распределение плотности и температуры электронов по ширине плазменного слоя предполагается однородным. В отсутствие ионизационной нелинейности решение уравнений диффузии и теплопроводности для изотропной плазмы и уравнений Максвелла для электромагнитного поля содержит две диффузионно-теплопроводностных моды, описывающие затухание возмущений в пространстве, и электродинамические моды, включающие поверхностную волну (при *n*e>2*n*c) и вытекающие волны [2, 3]. При учете ионизационной нелинейности перекачка энергии от волны накачки к стоксовой и антистоксовой волнам меняет эффективный коэффициент затухания волн, а при определенных условиях – приводит к их усилению (конвективной неустойчивости).

Абсолютная неустойчивость в бесконечной системе возможна по аналогии с [4] в тех случаях, когда идет взаимодействие стоксовой и антистоксовой электромагнитных волн, либо электромагнитной и одной из кинетических мод (резонансная неустойчивость) [1], либо диффузионной и теплопроводностной мод (страты).

Предлагаемый метод расчета позволяет также рассмотреть неустойчивость в ограниченном в продольном направлении плазменном слое при учете отражения волн от торцов плазмы. В этом случае область параметров, при которых наблюдается абсолютная неустойчивость, расширяется, так как включается дополнительная обратная связь за счет отраженной от границ волны.

Литература.

1. Двинин С.А., Довженко В.А., Синкевич О.А. XLIV Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, 13 – 17 февраля 2017 г., с. 192.
2. Tamir T., Oliner A.A. Proceedings IEE, 1963, **B110**, №2, 310, 325.
3. Шевченко В.В. Плавные переходы в открытых волноводах. М.: Наука, ГРФМЛ, 1969.
4. Bobroff D.L., Haus H.A. J. Apple. phys., 1967, **38**, №1, p. 390.