

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЭЛЕКТРОННО-ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В УСИЛИТЕЛЕ НА ЭФФЕКТЕ СМИТА-ПАРСЕЛЛА

ст. преп. Кривец А.С., студ. Садовой С.А.

Развитие науки и техники требует создания высоко когерентных, нерелятивистских источников, миллиметрового и субмиллиметрового диапазона длин волн. Значительные успехи в этом направлении достигнуты при использовании когерентного дифракционного излучения. Ранее была предложена теоретическая модель усилителя работающего на эффекте Смита-Парселла возникающего в объеме открытого волновода (ОВ). Для такой системы развита линейная теория, проведено экспериментальное моделирование. Однако данная теория не позволяет учитывать влияние конечной величины фокусирующего магнитного поля на энергообмен между полем ОВ и электронным пучком (ЭП), что и определило тематику данной работы.

Исследуемая модель усилителя образована открытым волноводом, состоящим из параллельно расположенных друг относительно друга металлического зеркала и периодической структуры типа <<гребенка>>, вдоль которой распространяется плоский, нерелятивистский ЭП.

Решение электродинамической задачи проводилось в самосогласованной постановке при использовании слабосигнального приближения методом частичных областей. А именно: область между металлическим зеркалом и ЭП, область электронного потока, область между ЭП и периодической структурой и область самой периодической структуры. Особенностью данной работы является в представлении уравнения описывающего поле в электронном потоке, как двумерной функции. Это позволило учитывать

циклотронные частоты и высокочастотные смещения электронов вдоль продольной и вертикальной осей электродинамической системы усилителя. Совместно решая уравнения описывающие электромагнитные поля в каждой из областей, с учетом граничных условий, применяя метод перерасложения системы функций полной на одном интервале, по системе функций полной на другом интервале, было получено дисперсионное уравнение общего вида. Выделив из бесконечной суммы уравнения резонансный и дифракционный члены, а также учитывая слабое влияние пучка на собственные режимы структуры, что позволило разложить уравнение холодной структуры в ряд Тейлора и, отбросив все члены выше первой степени, воспользовавшись методом графической аппроксимации перейдем к упрощенному степенному уравнению 7-степени относительно добавки к волновому числу.

Теоретический анализ полученного упрощенного дисперсионного уравнения проводился построением, графических зависимостей действительной и мнимой частей инкремента нарастания волн, распространяющихся в волноводе, от относительной скорости ЭП. Анализ показал, что в отличие от приближения идеальной фокусировки ЭП, в объеме ОВ распространяются семь волн близких по фазовым скоростям с быстрыми и медленными волнами пространственного заряда ЭП, быстрым и медленным циклотронным волнам пространственного заряда и объемной волны периодической структуры. Определены области взаимодействия волн ЭП с волной открытого волновода.

Полученные результаты, могут быть полезны для построения нелинейной теории усилителя на эффекте Смита-Парселла и при практической реализации устройств данного типа.